

Boros Anita – Torma András
(szerk.)

Innovatív újrahasznosítás a zöld építésgazdaság területén



Szerkesztők:

Prof. Dr. Boros Anita

Dr. Torma András

Szerzők:

Dr. Bozsaky Dávid

Dr. Buruzs Adrienn (alprojektvezető)

Dr. Kozma Katalin

Dr. Orbán Zoltán

Fátrai Júlia

Koji László

Lekics Gábor

Macher Gergely Zoltán

Németh Péter

Salacz Ádám

Prof. Dr. Boros Anita

Dr. Torma András

Az egyes fejezetek, alfejezetek konkrét szerzőinek neve az adott fejezet, alfejezet címéhez kapcsolódó lábjegyzetben került feltüntetésre.

Közreműködő szakmai szervezetek: Építési Vállalkozók Országos Szakszövetsége, Magyar Közút Nonprofit Zrt., Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádigosok Magyarországi Szövetsége, Ingatlanfejlesztői Kerekasztal Egyesület, Magyar Bányászati Szövetség, Magyar Cement-, Beton- és Mészipari Szövetség, Magyar Építész Kamara, Magyar Építőanyag és Építési Termék Szövetség, Magyar Építőkémi és Vakolatszövetség, Magyar Mérnöki Kamara, Magyar Kereskedelmi és Iparkamara, Magyar Nemzeti Bank, Magyar Projektmenedzsment Szövetség, Szilikátipari Tudományos Egyesület, Magyar Környezettudatos Építés Egyesülete, Magyar Bankszövetség, Magyar Kerámia Szövetség

Aborítón látható fotót Koji Melinda készítette a Land-bau Kft. közreműködésével.

A fotó egy betontörő gépet ábrázol.

Szakmai lektor: Koji László

Technikai szerkesztő: Szólik Eszter

Kiadja: Universitas-Győr Nonprofit Kft.

A mű szerzői jogilag védett. Minden jog, így különösen a sokszorosítás, terjesztés és fordítás joga fenntartva. A mű a kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül részeiben sem reprodukálható, elektronikus rendszerek felhasználásával sem dolgozható fel, azokban nem tárolható, azokkal nem sokszorosítható és nem terjeszthető.

A kötetben megjelenő írások az egyes szerzők saját álláspontját tükrözik. Annak tartalmáért és az ott megjelenített a szerzői jogról szóló törvény hatálya alá eső alkotások felhasználásának jogszerűségéért kizárólag a szerzőket terheli a felelősség.

ISBN 978-615-5776-92-2 Ö; ISBN 978-615-5776-87-8

A kötet létrejöttét az Innovációs és Technológiai Minisztérium támogatta.

(<https://kormany.hu/innovacios-es-technologiai-miniszterium>)

A kézirat lezárva: 2022. március 12.

TARTALOMJEGYZÉK

A fenntartható építés hulladékgazdálkodási vonatkozásai – gondolatok az „Innovatív újrahasznosítás a zöld építésgazdaság területén” című kiadvány margójára (Boros Anita, Torma András, Koji László)	5
I. Rész Az építési és bontási hulladék hasznosítása	20
1. Az építési-bontási hulladék fogalma, szabályozási karakterisztikája	20
1.1. Az építési-bontási hulladék (Kozma Katalin).....	20
1.2. Az építőipar jelentősége az Európai Unióban és a hazai anyag- és energia-felhasználásban (Macher Gergely Zoltán).....	30
1.3. Az Európai Unió és a hazai célok az építési-bontási hulladék vonatkozásában (Kozma Katalin)	41
1.4. Az építési-bontási hulladékok kezelésének, felhasználásának jelenlegi helyzete (Macher Gergely Zoltán).....	49
1.5. Problémafelvetés, összegzés (Buruzs Adrienn)	57
2. Az építési-bontási hulladékáram jellemzése a körforgásos gazdaság szempontjából	60
2.1. Az építési-bontási hulladék és a körforgásos gazdaság lehetősége kapcsolódása (Buruzs Adrienn)	60
2.2. A visszanyerés, újrahasználat, hasznosítás jelenlegi trendjei, gyakorlata (Buruzs Adrienn)	74
2.3. Az építési-bontási hulladék életciklus-elemzésének módszerei, lehetőségei (Németh Péter).....	88
2.4. A hagyományos és újszerű bontási technológiák az építési-bontási hulladékok kezelésében (Lekics Gábor)	102
2.5. Problémafelvetés, összegzés (Buruzs Adrienn)	108
3. Best practices az építési-bontási hulladék újrahasznosítása területén	114
3.1. Újrahasznosított anyagok felhasználásával tervezett és épített kortárs épületek hazai és nemzetközi példái (Salacz Ádám).....	114
3.2. Nemzetközi benchmark (Lekics Gábor).....	128
3.3. Legjobb építési-bontási, újrahasznosítási gyakorlatok bemutatása (Lekics Gábor, Orbán Zoltán)	142
3.4. Problémafelvetés, összegzés (Lekics Gábor)	200
4. Az építési bontási hulladék hasznosítási technológiái	205
4.1. A hasznosító/feldolgozó művek (Buruzs Adrienn).....	207
4.2. Az építési-bontási hulladékot kezelő művek a hulladékgazdálkodásban (Buruzs Adrienn)	215
5. Összegző javaslatok.....	221
5.1. Az építési-bontási hulladék újrahasznosítására vonatkozó jövőbeli trendek (Buruzs Adrienn)	221

II. Rész Az újrahasznosítás és újrafelhasználás a hazai tégl- és cserépiparban	229
1. A hazai tégl- és cserépipar ágazati elemzése	229
1.1. Nemzetközi kitekintés az európai és regionális folyamatokra (Macher Gergely Zoltán).....	229
1.2. A hazai ágazat elemzése (Kozma Katalin).....	255
2. A tégl- és cserépipar újrahasznosítási technológiái	276
2.1. Az újrahasznosítás jelenleg alkalmazott technológiái (Bozsaky Dávid)	276
2.2. A tégl- és cserépgyártmányokkal szemben támasztott követelmények (Bozsaky Dávid)	300
3. Best practices a tégl- és cserépipar területén	300
3.1. Fátrai Júlia - Kerámiatermékek felhasználásával tervezett és épített kortárs épületek hazai és nemzetközi példái.....	300
3.2. A legjobb gyakorlatok bemutatása a tégl- és cserépépítészet területén (Fátrai Júlia)	315
4. A magyarországi tégl- és cserépipar továbbfejlesztésének lehetőségei	336
4.1. Jogi visszasságok, rendeletek átvizsgálása: selejt, melléktermék fogalma (Kozma Katalin).....	336
4.2. Az elérhető legjobb technológiák a tégl- és cserépgyártásban (Macher Gergely Zoltán)	342
4.3. Az anyag-, víz és energiagazdálkodás a tégl- és cserépgyártásban (Macher Gergely Zoltán)	366
4.4. Lépések a karbonsemlegesség irányába (Macher Gergely Zoltán).....	373
4.5. Elvárások a kerámiaipari hasznosított anyagokkal kapcsolatban (Lekics Gábor)	382
5. Összegző javaslatok	389
5.1. Jövőbeli trendek (Lekics Gábor).....	389
Az építési-bontási hulladék újrahasznosításának lehetséges fejlesztési irányai. Összegző gondolatok az „Innovatív újrahasznosítás a zöld építésgazdaság területén” című kötethez (Boros Anita, Torma András)	402
Felhasznált irodalom	429
Rövidítések jegyzéke	456
Tárgymutató	457
Függelékek	462

A FENNTARTHATÓ ÉPÍTÉS HULLADÉKGAZDÁLKODÁSI VONATKOZÁSAI – GONDOLATOK AZ „INNOVATÍV ÚJRAHASZNOSÍTÁS A ZÖLD ÉPÍTÉS-GAZDASÁG TERÜLETÉN” CÍMŰ KIADVÁNY MARGÓJÁRA¹

1. A HAZAI ÉPÍTŐIPAR JELLEMZŐI²

A magyarországi építőipar 2016. évtől folyamatosan, látványos növekedési pályán van. A járvány előtti 2019. évben elérte a gazdasági válság (2008-2014) előtti termelési szintet, ami összehasonlítható áron 4.381,6 Mrd Ft volt.

A COVID járvány elsődlegesen a magasépítési épületépítési munkákat lassította le és 2020. évben 9,8%-os *termelés visszaesést* eredményezett.

A 2021. év nagy kihívása volt a világkereskedelmi árváltozások begyűrűzése a magyar építési piacra is. A 48 %-os nagyságrendben import termékeket beépítő magyar építési piacon 15-160 % közötti *építőanyag és alapanyag áremelkedések* történtek. Az anyagihiányt a kormányzati intézkedések segítségével sikerült elkerülni, de az áremelkedés nem volt kivédhető. Jelentős anyagár visszarendezésekre ezidáig nem került sor, de a legnagyobb árnövekedést mutató fa-acél-réz és alumínium alapú termékeknél 2021 év végéig 10-15 %-os ármérséklődés volt tapasztalható.

Az anyagár változások ellenére az *építési kereslet magas szintje* 2022 év elején is fennmaradt. A járvány miatt ezidáig elhalasztott építési beruházási igények erőteljesen és egyszerre jelennek meg a magyar építési piacon is, amelynek eredményeképpen 2022 év elején 6,7%-kal alacsonyabb lett a *szerződésállomány volumene*, mint egy évvel korábban volt.

Jelenleg az ágazat 375 ezer főt foglalkoztat, amely mintegy 25 ezer fővel több a járvány előtti foglalkoztatottak számánál az ágazatban. 125 ezer vállalkozás működik, melyek nagy többsége mikro- és kisvállalkozás. A 2021. évre prognosztizált építés-szerelési munkák értéke elérheti a 5.100 Mrd Ft nagyságrendet.

A vállalkozások nagy többségének a *kapacitása* 80% feletti leköötöttséggel bír. A közepes és nagy vállalkozások kapacitása csaknem teljesen leköötött.

A fizetőképes kereslet további bővülése 2022-ben differenciáltan várható. A parlamenti választások évében az állami és önkormányzati megrendelések 2022. évben vélhetően *visszafogottabbak* lesznek és a lakásépítés, lakásfelújítás, az ipari szektor létesítményei és a logisztikai beruházások tudják minden bizonnyal leginkább felfelé húzni az ágazat teljesítését.

Az építőipar, beleértve a tervezés, kivitelezés, mérnöki szolgáltatás és üzemeltetés területét, várhatóan 2023-ban is növekedési pályán marad, bár üteme várhatóan jelentősen mérséklődni fog.

A termelés bővülését szakmunkás- és mérnök-hiányos munkaerőpiaci környezetben kell végrehajtani. Az elmúlt években évről-évre átlagosan 8-10 % közötti bérfejlesztésre került sor az ágazatban. Ennek eredményeként 2021. II. félévben a szakmunkásoknál az *átlagkereset* eléri a 400.000 Ft-ot, a mérnöki körben pedig 650.000-900.000 Ft között szóródik a munka bonyolultságának függvényében.

¹ A fejezet Boros Anita egyetemi tanár, Torma András tanszékvezető, egyetemi docens írása (az 1. pontot kivéve).

² Az 1. pont Koji László elnök írása.

Összességében azonban a jelenlegi ágazati foglalkoztatotti átlagkereset még mindig csak a versenyszféra 82%-a körül van 340.000 Ft/hó értékkel.

A hazai munkaerőpiacról felvett új munkaerő *szakmai képzetlensége* rengeteg nehézséget okoz. Az élő munka melletti betanítás, képzés nagy kihívás elé állítja a vállalkozásokat.

A *lánctartozás* mértéke 2017-2018. években jelentősen csökkent, de annak mértéke 2021. év végén is magas szinten volt, becslések szerint elérte a 150 milliárd Ft-ot, melynek fele valószínűleg soha sem lesz kifizetve, mert mögötte az adós eltűnt, tönkrement, illetve a 3-5 évig elhúzódó gazdasági perek lezártaig a cégmegszűnések lehetetlenítik el a tartozások megfizetését.

A benyújtott vállalkozói számlák 10%-a továbbra sincs *határidőben* kifizetve, 3-4%-a pedig lánctartozásba kerül.

Az építési ágazat jövedelmezőségi helyzete 2016-2019 években javult, átlagosan 15% közötti volt, de nagy szóródást mutatott. 2021. évben a járványhelyzet és a nem várt mértékű magas építőanyagár-emelkedések hatására romlott az ágazat árbevétel-arányos jövedelmezősége. Átlagos szintjét 10-12%-ra becsülik.

A vállalkozások meghatározó többségének pénzügyi tartaléka továbbra sincs, a likviditási helyzetük nem kielégítő. Ez különösen a mikro- és kisvállalkozásokra jellemző. Ez is hozzájárul ahhoz, hogy a vállalkozásoknak a képzésben, innovációban és egyéb társadalmi szerepvállalásban betöltött helye alacsony szintű. A gazdaságélénkítő hitelprogramba csak kevés építési vállalkozás tudott bekapcsolódni. Jelentős változást hozott 2018. évtől a kormány által felkarolt építőipari kapacitásbővítést, hatékonyságjavítást szolgáló *ágazati beruházási támogatási program*.

Az uniós forrásból is finanszírozott létesítményeknél a kivitelezők forráshoz jutása sokat javult és az előlegek rendszere is működik. Ugyanakkor a 30 napon túli (kivételes esetekben 60 napon túli) késedelmes fizetés esetén fizetendő jegybanki alapkamat, valamint a további 8% *késedelmi kamat* összegét a jogosultak különböző okokból (általában a megrendelő erőfölénye miatt) a közbeszerzési piacon továbbra sem érvényesítik.

A recesszió elfedte, az élénkülés pedig felerősítette az ágazat régóta meglévő *szakmunkaerő* problémáit. Valamennyi építőipari alapszakma *hiányszakmának minősíthető* az egész ország területén. Az építőipar *legnagyobb nehézsége* a szakemberhiány (mind a mérnöki, mind a szakmunka terén), és a modern gépi eszközök, technológiák hiánya.

Kellő mértékben *nem gyorsultak fel* az állami és önkormányzati beruházások előkészítései, nem rövidültek a gazdasági perek és nem valósult meg a piac erőteljesebb ellenőrzése sem.

A 2022. évi várakozásokat tekintve a rendelésállományt és a cégek véleményét figyelembe véve az építőipar vélhetően 2022-ben is tovább tud növekedni. *A növekedés üteme* várhatóan már nem kétszámjegyű, hanem 5-6%-os lesz a tavalyi évhez viszonyítva. 2021 során megközelítőleg 5100 milliárd forint termelési értéket realizált az ágazat.

Az egyes *alágazatok teljesítménye* meglehetősen eltérően alakulhat. Lesznek olyan területek, ahol nem várható növekedés. Ilyen szegmens a mélyépítés, az út, vasút és infrastruktúra építés. Az idei évben továbbra is a lakásépítés és felújítás, valamint az ipari szektor részére készülő csarnoképületek és logisztikai létesítmények húzzhatják az építőipar teljesítményét.

A választások éve mindig egy beruházási ciklus vége, ami nem magyar sajátosság. Az idén így kevesebb állami és önkormányzati megrendelésre lehet számítani, amely elsősorban az infrastrukturális

beruházásokat érinti. A magánszektorban ez ugyanakkor jó hír, hiszen több lesz az elérhető szabad kapacitás. 2022 év végére a kereslet-kínálat közel egyensúlyi helyzetbe kerülhet.

Jelenleg nagyságrendileg 35 ezer lakás, új építésű ingatlan áll kivitelezés alatt. Ebből megközelítőleg 25 ezer készülhet el a mostani szerződésekből kiindulva. Ezzel párhuzamosan az idén körülbelül 250 ezer lakás kerülhet felújításra.

Jelenleg 6,7 százalékkal alacsonyabb az építőipar *rendelésállománya*, mint egy évvel ezelőtt. A rendelésállomány tárgyát képező ingatlanok egy része ráadásul nem ebben az évben, hanem a későbbi években valósul meg. Emellett az állami megrendelések későbbi időpontokra történő részleges átütemezése várható.

A foglalkoztatotti létszám várhatóan 2022-ben a 375 ezer fős szinten marad. A várható teljesítmény mögött 2022-ben is komoly nehézségek húzódnak meg. A járványhelyzet továbbra is lassítja és drágítja a kivitelezéseket. Emellett a képzett munkaerő hiánya és az alapanyagok áremelkedése szintén mérsékli az ágazat teljesítőképességét.

Az építőanyagoknál 10 és 15 százalék közötti áremelkedés bontakozhat ki az első negyedév végére 2021 végéhez képest. Ez a duplája az elmúlt évek elején tapasztalt 5 és 9 százalék közötti árváltozásnak. Azoknál az építőipari anyagoknál várható számottevőbb áremelkedés, amelyek előállításához az átlagosnál nagyobb energiafelhasználásra van szükség. Az energiaárak drasztikus emelkedése ugyanis kihat a termékek árára.

Az elmúlt öt évben az építőipar tevékenységét legnagyobb mértékben akadályozó tényező a szakmunkás- és mérnökhány. A 2022-es év legnagyobb kihívása is a *foglalkoztatási nehézségek* lesznek. A 2013. évi foglalkoztatási mélyponthoz képest jelenleg mintegy 125 ezer fővel foglalkoztat többet az ágazat. A jelenlegi mintegy 375.000 fős foglalkoztatotti létszám 25 ezerrel több a járvány előtti 2019. évi foglalkoztatotti létszámnál. A létszámbővülés meghatározóan a segédmunkás és betanított munkások körének bővülését jelentette.

A munkaerőpiacot elsődlegesen az extenzív, a létszámtöbblettel történő munkavégzés jellemzi. A járvány időszaka csaknem két éve visszafogja a foglalkoztatási hatékonyság növekedését, a foglalkoztatás extenzív bővítési lehetőségei kerültek előtérbe, ami csak részleges megoldást jelenthet a megfelelő építőipari kapacitás rendelkezésre állásához.

Az építőipari *munkaerőpiacot* 2022-ben is erősen sújtja a 2008-2014 évek intenzív munkaerő elvándorlása, a munkaerő elöregedése és a generációváltás nehézségei, az iskolarendszerből kikerülő szakemberek alacsony számossága.

A magyar munkaerő kevésbé mobil, mint más országoké, sokan nem hajlandók az országon belül sem költözni egy munkahelyért.

A munkaerőpiacot továbbra is jellemezni fogja a keletről nyugati irányba történő munkaerőáramlás. Bővíthet a külföldi vendégmunkások száma, ahol elsősorban a szakképzett munkaerőre kell a hangsúlyt helyezni. Az építési ágazatban a nemzetközi munkaerőpiacon kell versenyben lenni a képzett munkaerőért. Pozitívum azonban, hogy idén várakozásaink szerint nem mennek el többen az országból, mint amennyien hazajönnek. Rövid távon így 2022-ben is a jelenleginél nagyobb figyelmet indokolt fordítani az unión kívüli, harmadik országból érkező szakmunkások és mérnökök hazai foglalkoztatására.

A felnőtt továbbképzés szempontjából is egyelőre nehezen alakulnak ki azok a struktúrák, szervezeti műhelyek, amelyek megfelelő nagyságrendben tudnák segíteni a továbbképzést.

2022. évben az építőipari vállalkozások 10-15% közötti *bérfejlesztést* terveznek.

Jelenleg egészségtelenül magas a segéd munkások és betanított munkások aránya az összes építőipari foglalkoztatott létszámon belül. A minimálbérek és a bérminimum jelentős emelkedése az építőiparban magával húzhatja a magasabb bérkategóriák emelését is, amely jelentős emelkedést hozhat a rezsioradíjknál.

2022. I. félévében velünk marad az *ellátási láncok* akadozása. Nemcsak Európából, hanem a Távoll-Keletről is jelentős mennyiségben importálunk alapanyagokat és építési termékeket. Utóbbi esetben a hosszú szállítási útvonalak komoly kihívást jelentenek.

Várakozásaink szerint az importőrök és kereskedők minden erővel próbálják megoldani a felmerülő problémákat. Ennek fényében az ellátási láncok érezhetőbb helyreállása az idei év második felétől kezdődhet el.

A lakásépítés területén kiemelten fontos az MNB zöld otthonteremtési programja, mely a magasabb inflációs környezetben is kedvező kamatozású hitellel segíti a lakásépítést. Itt érdemes kiemelni, hogy ez év július 1-től csak a magasabb energetikai elvárásoknak megfelelő lakóingatlanok kaphatnak használatbavételi engedélyt. A jogszabályi megfelelési kötelelem miatt még energiatakarékosabbak lesznek az átadásra kerülő lakóingatlanok.

A vállalkozások várakozásai szerint a 2022-es évben az építésgazdaság területén is erősödnek a *körforgásos gazdaság elemei*, az innovatív újrahasznosítás.

Az ENSZ 2021-ben a globális építőiparról kiadott jelentése szerint³ az összes globális energiával kapcsolatos szén-dioxid-kibocsátásból 36% az épületekhez és az építőiparhoz kapcsolódik. Ez a tendencia 2020-ban 2019-hez képest jelentősen mérséklődött, vélhetően elsősorban a járványhelyzethez kapcsolódó beruházási bizonytalanságoknak köszönhetően. A jelentés ugyanis a kereslet csökkenéséről nem számol be. Az épületek energiahatékonysága érdekében eszközölt beruházások mértéke folyamatosan növekszik, 2015-höz képest globális szinten 2020-ban 40%-os növekedés volt tapasztalható ezen a területen. Az energiahatékonyság-növelő beruházásokra fordított források 2020-ban globálisan meghaladták a 180 milliárd dollárt is.⁴

Ezeknek a beruházásoknak a jellege igen eltérő technológiai módszertanon alapul. Az bizonyos, hogy az épületek gazdaságosabbá és energiahatékonyabbá tétele az építés vagy felújítás során nagyon fontos prioritássá vált az elmúlt években.⁵ Az energiahatékonysági kérdések mellett szintén fontos környezetvédelmi kérdés és ennek megfelelően az utóbbi években prominens kutatási témakörként is megfogalmazódott annak a vizsgálata is, milyen módon lehet a bontásra ítélt épületekből kinyerhető alapanyagokat ismét felhasználni az új építkezések vagy a régi épületek rekonstrukciója során, vagy, ha az újrahasználat lehetősége nem adott, hogyan lehet ezeket az anyagokat hasznosítani. E két témakör nem csak műszaki, hanem környezetvédelmi és gazdasági szempontból is jelentős potenciálokat hordozhat magában. A kérdés tudományos szempontból is foglalkoztatja a kutatókat több szempontból is: egyfelől tudományos vizsgálatok (is) folynak arról, hogyan lehet megbecsülni a bontási hulladék mértékét, illetve megtervezni az épületek bontását a későbbi hatékony alapanyag újrafelhasználásának biztosítása érdekében. Számos kutatás foglalkozik emellett azzal is, hogy a

³ Global Status Report for Buildings and Construction 2021 <https://globalabc.org/resources/publications/2021-global-status-report-buildings-and-construction> (A letöltés dátuma: 2022. január 21.), 6.

⁴ Global Status Report for Buildings and Construction 2021 <https://globalabc.org/resources/publications/2021-global-status-report-buildings-and-construction> (A letöltés dátuma: 2022. január 21.).

⁵ ESTOKOVA Adriana, SAMEŠOVA, Dagmar (2021): Sustainable Building Materials and Life Cycle Assessment. *Sustainability*, 13. évf. 4. sz. 2.

bontott alapanyag milyen módszerekkel helyezhető el gazdaságosan, illetve pontosan milyen alapanyagokat, milyen további feldolgozási módszerrel lehet könnyen beépíthetővé tenni. A kutatók arra is keresik a választ, hogy energiahatékonysági, időjárásállósági, tartóssági szempontból milyenek a bontott anyagok tulajdonságai és azok miként használhatók fel új építőanyagok gyártása során, vagy hogyan használhatók fel a meglévők tulajdonságainak javításához. Szintén érdekes kutatási és egyben műszaki kérdés is, hogy hogyan lehetséges már az építmény tervezése, majd később kivitelezése során adatbázisba rendezni a felhasznált építőanyagokat, megkönnyítve a későbbi bontás során azok újrahasználatra, vagy hasznosításra való terelését. Mindennek lehetséges standardizálása jelentős mértékben támogatná a fenntarthatóbb és gazdaságosabb megoldások megszületését.⁶

Tanulmányunk az Innovatív újrahasznosítás a zöld építésgazdaság területén című kötet bevezető gondolatait fogalmazza meg azzal a céllal, hogy némi betekintést biztosítson az említett tudományos kutatások eredményeibe és az „Innovatív újrahasznosítás a zöld építésgazdaság területén” című kiadvány kutatási fókuszterületeibe.

2. AZ ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉKOK HULLADÉKGAZDÁLKODÁSI JELEN-TŐSÉGE

Az építés környezeti hatásai rendkívül szerteágazóak, az ágazat igen energiaigényes és egyúttal jelentős hulladék-kibocsátású. Ezeknek a kedvezőtlen jellemzőknek az enyhítésére számos módszer került kidolgozásra. A kihívások ellenére az elmúlt években jelentős előrelépés történt az építési-bontási hulladékok körforgásos gazdasági modellbe való integrálásában. Jelen kötet kiemelten az építésgazdaság hulladékkeletkezésének csökkentési megoldásaival, a keletkező hulladékok körforgásba való vezetésének lehetőségeivel foglalkozik.

A hatékony hulladékgazdálkodás egyik alapvető rendeltetése a keletkező hulladék mennyiségének a mérséklése. Ennek a célkitűzésnek az elérése egy rendkívül szerteágazó, ágazatspecifikus megfontolásokat is tükröző, összehangolt eszközrendszer kialakítását és gyakorlati alkalmazását feltételezi, hiszen a hulladék csökkentés a termékek megtervezésétől a csomagoláson át, az újrahasznosításig mind a vállalkozásoktól, mind a fogyasztóktól környezettudatos magatartást vár el. Ugyanez igaz a kérdés társadalmi, gazdasági és környezeti fenntarthatósági aspektusaira is. A hulladékgazdálkodáson belüli elvárt prioritásokat az Európai Unió vonatkozó keretirányelve (2008/98/EK irányelv) rögzíti, mely szerint a legfontosabb a hulladékkeletkezés megelőzése, ezt követi a keletkezett hulladékok lehetséges újrahasználata, majd az újrahasznosítás, ha mindez nem lehetséges, akkor pedig a keletkező hulladék ártalmatlanítása.⁷

Az infrastrukturális és gazdasági fejlődéssel párhuzamosan a hulladék mennyisége is növekszik. A globális szilárdhulladék-termelési ráta az 1900-as években kevesebb mint napi 0,3 millió tonna volt, ez azonban 2010-re több mint 3,5 millió tonnára nőtt, és a becslések alapján 2025-ben megduplázódik, 2100-ra pedig megháromszorozódik majd.⁸ A világ három legnagyobb építési-bontási hulladék termelője Kína, az Egyesült Államok (a továbbiakban: USA) és az Európai Unió (a továbbiakban: EU).⁹ A mennyiségi növekedésen túl a beruházási és az urbanizációs hatásoknak köszönhetően az

⁶ K. ANASTASIADES – J. GOFFIN – M. RINKE – M. BUYLE – A. AUDENAERT – J. BLOMA (2021): Standardisation: An essential enabler for the circular reuse of construction components? A trajectory for a cleaner European construction industry. *Journal of Cleaner Production*, vol. 298.

⁷ Az Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről

⁸ HOORNWEG Daniel – BHADA-TATA Perinaz (2012): What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. *Urban development series; knowledge papers* no. 15. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388> (A letöltés dátuma: 2021.12.04.).

⁹ KABIRIFAR Kamyar et al. (2020): Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. *Journal of Cleaner Production*, 263. sz. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620313123> (A letöltés dátuma: 2022.01.22.)

építési-bontási hulladék környezeti és biztonsági kockázatai is fokozódnak, melyeket az elmúlt évtized során számos tudományos kutatás is vizsgált, leginkább a keletkezés módozataira, az épületek életciklusának értelmezésére, valamint a tényleges környezeti hatásokra fókuszálva.¹⁰

Az Európai Bizottság szerint a bontási hulladék újrahasznosítása és anyagában történő hasznosítása tagállamonként változó, heterogén képet mutat egészen a 10% alatti és 90% feletti szélső értékekkel.¹¹ Ugyanakkor az építőipar jelentős szerepet tölt be az európai gazdaságban, a GDP csaknem 10%-át állítja elő, és 20 millió munkahelyet biztosít, melyek túlnyomó része mikro- és kisvállalkozásokban található, így az építőipar teljesítménye nagymértékben befolyásolhatja a teljes gazdaság alakulását, – áll az uniós építőipar és az abban működő vállalkozások fenntartható versenyképességi stratégiájában.¹²

Az Európai Unió a hulladékgazdálkodás uniós alapjainak megteremtése érdekében megteremtette az uniós hulladékgazdálkodás keretrendszerét a keletkezett hulladék mennyiségének csökkentése, az újrahasznosítási részarány növelése, az ilyen hulladékok kezelésének környezetbarát módozatainak támogatása és a körforgásos gazdaságra történő átállás érdekében.¹³ Ennek a keretrendszernek az integrálása révén a tagállamok is számos intézkedést tettek a nemzeti hulladékgazdálkodási rendszerek klímacélokhoz alárendelhető megújítása érdekében. Ezeknek az intézkedéseknek az egyik fő mozgatórugója, hogy – a mennyiségi csökkentés mellett – a keletkező hulladékokra ne mint ártalmatlanítandó, hanem mint gazdasági értelemben is hasznosítható, értékkel bíró dologra tekintsünk és ezzel is próbáljunk elmozdulni az anyagok körforgásos rendszerben tartása irányába.

A fent részletezett hulladékgazdálkodási prioritások igazak az építkezésekhez kapcsolódó hulladékokra is. Itt azonban van egy nagyon fontos különbség, más hulladéktípusokhoz képest: az építkezések során beépített anyagok életciklusa akár több száz év is lehet. Ez az életciklus az épületek felújításával, vagy lebontásával meghosszabbítható és le is rövidíthető. Ez a jellegzetesség alapvetően megnehezíti a hulladékgazdálkodási tervezést, valamint a körforgásos megoldások megvalósítását ezen a területen. Az életciklus végén kinyerhető anyagok kezeletlen voltukban a természetben nem bomlanak le (inert hulladékok). Ugyanakkor az infrastrukturális beruházások óriási alapanyag igényűek, így tehát meg kell találni a kínálati és a keresleti oldal közötti kapcsolódási lehetőségeket és az életciklusuk végéhez érő anyagokat olyan állapotba kell hozni, hogy azt az új beruházások használják, hasznosítani tudják, vagy visszavezethetőek legyenek az alapanyaggyártási folyamatokba.

3. AZ EURÓPAI UNIÓS TAXONÓMIA RENDELET HATÁSA AZ ÉPÍTÉS-GAZDASÁG TERÜLETÉRE

A fenntartható befektetések előmozdítását célzó keret létrehozásáról, valamint a 2019/2088 (EU) rendelet módosításáról szóló 2020/852 EU rendelet (a továbbiakban: az uniós taxonómia rendelet, vagy taxonómia rendelet) szintén kiemeli az építési ágazat bontási tevékenységét. Az uniós taxonómia egy keretrendszer, amelynek célja, hogy meghatározza, pontosan milyen gazdasági tevékenységek minősülnek környezetvédelmi szempontból fenntarthatónak. Ehhez igazolni kell, hogy az adott gazdasági tevékenység jelentős mértékben hozzájárul a környezeti célkitűzések legalább egyikéhez és nem okoz jelentős kárt a többi környezeti célkitűzés területein. A rendelet ezzel azt szeretné elérni, hogy a jövőben a tőke a fenntarthatóbb tevékenységek felé áramoljon.

¹⁰ KUNYANG Chen – JIAYUAN Wang – BO Yu – HUANYU Wu – JINGRONG Zhang (2021): Critical evaluation of construction and demolition waste and associated environmental impacts: A scientometric analysis, *Journal of Cleaner Production*, vol 287.

¹¹ https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en (A letöltés dátuma: 2021.12.12.).

¹² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52012DC0433&from=EN> COM/2012/0433 final (A letöltés dátuma: 2021.12.12.).

¹³ https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en (A letöltés dátuma: 2021.12.12.).

Az építési-bontási tevékenység a körforgásos gazdaságra való átálláshoz történő lényeges hozzájárulás kapcsán kerül nevesítésre a rendeletben. Ez alapján egy adott tevékenység akkor járul hozzá lényegesen a körforgásos gazdaságra való átálláshoz, amennyiben a természeti erőforrásokat – beleértve a fenntartható forrásból származó bioalapú és egyéb nyersanyagokat – hatékonyabban használja az előállítás során, elsősorban az elsődleges nyersanyagok használatának csökkentése, illetve a melléktermékek és a másodlagos nyersanyagok használatának növelése, vagy erőforrás- és energiahatékonysági intézkedések révén, továbbá amennyiben növeli a termékek tartósságát, javíthatóságát, korszerűsíthetőségét vagy újrahasználatosságát, különösen a tervezési és gyártási tevékenységek során. Szintén megfelel a lényeges hozzájárulás feltételeinek az a gazdasági tevékenység is, amely növeli a termékek újrafeldolgozhatóságát – beleértve az ezen termékekben található egyes anyagok újrafeldolgozhatóságát is –, többek között a nem újrafeldolgozható termékek és anyagok helyettesítésével vagy csökkentett használatával, különösen a tervezési és gyártási tevékenységek során, valamint lényegesen csökkenti a veszélyes anyagok tartalmát és helyettesíti a különös aggodalomra okot adó alapanyagokat az anyagokban és a termékekben a teljes életciklusuk során, az uniós jogban meghatározott célkitűzésekkel összhangban, többek között ezen alapanyagok biztonságosabb alternatívákkal való felváltásával és a nyomonkövethetőség biztosításával.

Az építési-bontási hulladékokkal összefüggésben a rendelet a körforgásos gazdaságra történő átállás feltételei között említi a termékek használatának a meghosszabbítását is, többek között újrahasználat, a hosszú élettartamot célzó kialakítás, a rendeltetés módosítása, szétszerelés, újragyártás, fejlesztés és javítás, valamint termékmegosztás révén. Szintén e körben kerül nevesítésre az olyan gazdasági tevékenységek köre is, amelyek növelik a másodlagos nyersanyagok használatát és azok minőségét, beleértve a hulladékok kiváló minőségű újrafeldolgozását, megelőzik vagy csökkentik a hulladékkeletkezést, beleértve az ásványi nyersanyagok kitermeléséből származó hulladék, valamint az építési és bontási tevékenységekből származó hulladék keletkezését is, illetve növelik a hulladékok újrahasználatra és újrafeldolgozásra történő előkészítését.

Végezetül megfelelhet egy gazdasági tevékenység a taxonómia rendeletnek úgy is, hogy növeli a megelőzéshez, az újrahasználatra és az újrafeldolgozásra történő előkészítéshez szükséges hulladékkezelési infrastruktúra fejlesztését, biztosítva ugyanakkor, hogy a hasznosított anyagokat kiváló minőségű másodlagos nyersanyagként újrafeldolgozzák és az előállításba újra bevonják, elkerülve ezáltal az értékcsökkentő újrahasznosítást és minimálisra csökkenti a hulladékégetést, valamint elkerüli a hulladékártalmatlanítást, beleértve a hulladéklerakást is, a hulladékhierarchia-elvekkel összhangban, továbbá elkerüli és csökkenti az elhagyott hulladékot.¹⁴

4. AZ ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉK FOGALMÁNAK ÉRTELMEZÉSI TARTOMÁNYA

Az építési-bontási hulladékok legfőképpen építőanyagok, például sóder, beton, fa, papír, fém, szigetelő, műanyag és üveg heterogén keverékei, amelyek általában festékekkel, kötőelemekkel, ragasztókkal, falburkolatokkal, szigeteléssel és különféle szennyeződésekkel terheltek.¹⁵ Ugyanakkor az építési és bontási hulladék fogalmának tényállási elemei nem határozhatóak meg egyértelműen, hiszen azt számos tényező befolyásolhatja, mint például a bontással érintett felépítmény jellege, elhelyezkedése, típusa, felépítése, tervezése, életkora, főbb szerkezeti elemei és alapanyagai. Ennek megfelelően az építési-bontási hulladékok esetében egy heterogén hulladékáramról beszélünk, mely vegyesen

¹⁴ Lásd a rendelet 13. cikkét.

¹⁵ EL-HAGGAR, Salah M. (2007): Sustainable Industrial Design and Waste Management. In.: *Sustainability of Construction and Demolition Waste Management*. Oxford, Academic Press. 275.

tartalmaz újrahasználható, hasznosítható, vagy éppenséggel ártalmatlanítással (például lerakással) kezelhető, vagy más megközelítésben veszélyes, illetve nem veszélyes hulladékokat. Ez egyúttal az építési és bontási hulladékkezelési problémák általános megoldását is megnehezíti.¹⁶

Ha egy összegző definíciót szeretnénk meghatározni, azt mondhatjuk, hogy az építési-bontási hulladék az épület építése vagy annak lebontása során keletkező hulladék, ideértve az épületek bontásából, építéséből, valamint felújításából származó hulladékokat.

Emellett természetesen a szakirodalom és a jogi szabályozók számos egyéb megfogalmazást is alkalmaznak és többféle szempont szerint határozzák meg az építési-bontási hulladék fogalmát.¹⁷ Amennyiben az építésgazdaság teljes, hulladékhoz kapcsolódó lábnyomát tekintjük, akkor persze nem szabad elfeledkeznünk az alapanyagok gyártása, valamint az épület működtetése, karbantartása során keletkező hulladékokról sem. Mindennek a megértését nagyban segíti az életciklus-értékelés (a továbbiakban: LCA vagy Life-cycle Assessment) módszerének alkalmazása az építési bontási hulladékok esetében.¹⁸

Az építési-bontási hulladék jelentős részét jelenleg nem használják fel újra vagy nem hasznosítják újra, hanem hulladéklerakókban végzi, nem egyszer illegálisan. Az elérhető statisztikai adatok megítélését az is nehezíti, hogy számos esetben az építési-bontási hulladék újrahasznosításának körébe eltérő tevékenységeket sorolnak, a bontási hulladék földmunkákhoz, útépitéshez, vagy talajminőség javítóként¹⁹ kerül beépítésre.

A hulladékstátusz megszűnése az építési-bontási hulladék tekintetében is kiemelt jelentőséggel bír, amelyhez elengedhetetlenek az egyértelmű szabályozói kritériumok.

5. HULLADÉKCSÖKKENTÉSI LEHETŐSÉGEK AZ ÉPÜLETEK ÉLETCIKLUSA MENTÉN

Az *épületek életciklusát* a legtöbb szakirodalmi forrás négy fő szakasz mentén elemzi. Ezek az építőanyag gyártás, az épületek építése vagy felújítása, az üzemeltetés, végezetül az utolsó szakasz az épület lebontása az életciklusa végén,²⁰ melyet aztán az alapanyagok újrahasznosítása és újrafelhasználása révén egy újabb életciklus követ(het) (EoL = End of Life fázis).²¹ Egyes szerzők emellett a tervezési szakaszt is meghatározónak találják az épület életciklusa tekintetében. A későbbiekben látni fogjuk, hogy a szerzők javaslata alapján az életciklus „kezdetét” lényegesen korábbra helyeznék, a projektelőkészítés szakaszába, hiszen így biztosítható a leginkább, hogy a teljes projekt során a lehető legkevesebb hulladék keletkezzen.

Ez azért is nagyon fontos kérdés, mert úgy véljük, hogy mind energiahatékonysági, mind pedig hulladékgazdálkodási szempontból tartós eredményeket csak akkor lehet elérni, ha már a nulladik lépésnél, azaz az új épület megépítése vagy a meglévő állomány felújítása ötletének megszületésekor a

¹⁶ ELGIZAWY, Sally M., EL-HAGGAR Salah M., NASSAR Khaled (2016): Approaching Sustainability of Construction and Demolition Waste Using Zero Waste Concept. *Low Carbon Economy*. 7. évf. 1. sz. <https://scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=64373> (A letöltés dátuma: 2022. 01.08.).

¹⁷ Lásd ehhez: PAPAPOULOS A. et al. (2003): Generation and Management of Construction and Demolition Waste in Greece –An Existing Challenge. *Resources Conservation and Recycling Journal*, 40 sz. 81-91.; SKOYLES, E.R. (1976): Materials Waste - A Misuse of Resources. Batiment International. *Building Research and Practice*, 4, 232.

¹⁸ Giulia BORGHI, Sara PANTINI – Lucia RIGAMONTI (2018): Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy). *Journal of Cleaner Production*, vol. 184., 815-825.

¹⁹ MALKANTHI S.N. – WICKRAMASINGHE W.G.S. – PERERA A.A.D.A.J. (2021): Use of construction waste to modify soil grading for compressed stabilized earth blocks (CSEB) production. *Case Studies in Construction Materials*. 15. sz. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509521002321> (A letöltés dátuma: 2022.01.22.)

²⁰ DE BRITO Jorge, SILVA Ana (2020): Life Cycle Prediction and Maintenance of Buildings. *Buildings*, 6. évf. 10. sz. 1.

²¹ BUYLE Matthias et al. (2015): Towards a more sustainable building stock: Optimizing a flemish dwelling using a life cycle approach. *Buildings*. 5, 424.

döntéshozók birtokában van minden releváns – az építésszakmai paramétereken is túlmutató – információ, hogy olyan újat hozzanak létre, amely a zöld építésgazdaság minden előnyeit ki tudja aknázni és hosszú távon a lehető legfenntarthatóbb lesz. A megfelelő koncepció kiválasztása (legyen az akár városépítészeti vagy funkciót érintő, tervezési és anyaghasználati stb.) révén biztosítható az, hogy a gazdasági szempontok mellett a fenntarthatósági szempontok is kellőképpen érvényesüljenek. A projekt előrehaladása során, a későbbi életciklusokban egyre kevesebb lehetőség adódik a hulladékgazdálkodási kérdésekbe való beavatkozásra (legyen az akár hulladék anyagok újrahasználat, újrahasznosított anyagok beépítése, vagy éppen hulladékszegény megoldások alkalmazása) és kedvezőbb állapot elérésére. Ezért kiemelten fontosnak tartjuk, hogy a fenntarthatósági elvárások, jelen esetben kifejezetten a hulladékokra fókuszálva, már a projektelőkészítés, koncepciótervezés és a tényleges építészeti tervezés során kiemelt szempontként szerepeljenek. Ehhez szükséges ezen diszciplínák döntéshozói, tervezői gyakorlatba való átültetése, az érintett szereplők ezirányú képzése, a megfelelő iránymutatások és adatbázisok rendelkezésre állása, továbbá a nyitottság a beruházó részéről is.

Az építőipari alapanyagok másodlagos piaca egy fejlődőben lévő terület, azonban az újrahasznosításhoz kapcsolódó tudományos kutatások intenzitását látva, ez a felnövekvő másodlagos piac a következő években további jelentős fejlődésen fog átesni.

6. AKADÁLYOK AZ ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉKOK HASZNOSÍTÁSA TERÉN

Az építési és bontási hulladék újrahasznosításának egyik akadálya, hogy gyakran hiányoznak azok a megfelelő szabályozók, illetve minőségbiztosítási, tanúsítási eljárások, amelyek az újrahasznosított szükséges követelménynek való megfelelést igazolják. Ez az újrahasznosított anyagok minőségébe vetett bizalom hiányát eredményezi, továbbá a szakmai előírások szerint nem teszi lehetővé az ilyen jellegű építőanyagok beépítését.²²

Emellett a környezeti tehermentesítés vagy éppen az újra beépíthetőség érdekében szükséges kiegészítő beruházások (például bontás, válogatás, feldolgozás, tördelés, zúzás, porítás, vegyi tisztítás) költsége az anyag életciklusa elején sem a primer anyagok árába, sem pedig annak végén a lerakási díjba nem kerül beépítésre, amely az újrahasznosított másodlagos nyersanyag magasabb árát eredményezi. A gyakran magasabb piaci ár arra is visszavezethető, hogy bontást követően az újrahasznosítás érdekében felmerülő költségek viszonylag magasak, ugyanakkor az újrahasznosított anyagok felhasználásából eredő hasznok a gyártás során, általában egy – a bontást megvalósító személytől különböző – másik piaci szereplőnél realizálódnak. Ez keresleti bizonytalanságot generál a bontással foglalkozó vállalatok számára.²³

Szintén növeli a költségeket, hogy a különböző hasznosítható anyagok külön gyűjtése plusz munkaerőt és plusz területet is igényel, melyek sok esetben nem, vagy csak jelentős többletköltség révén állnak rendelkezésre, melynek utólagos érvényesítésére kevés lehetőség kínálkozik.

Problémaként jelentkezik mindezek mellett az ösztönzők (mind pénzügyi, mind pedig szabályozásoldali) hiánya, melyek nélkül a beruházók kevésbé élnek ezekkel a lehetőségekkel.

Számos esetben, főképp a régebbi építésű ingatlanok bontása során, olyan anyagok keletkeznek, melyek már nem felelnek meg a jelenleg érvényes műszaki, beépíthetőségi előírásoknak, így azok újrahasználatára eredeti, vagy eredetihez hasonló funkcióban nem megoldható.

²² https://ec.europa.eu/growth/news/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-2018-09-18_en (A letöltés dátuma: 2022.01.13.).

²³ A Bizottság közleménye - Erőforrás-hatékony lehetőségek az építőiparban (COM/2014/0445 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52014DC0445&from=en> (A letöltés dátuma: 2021.12.13.).

Az említett problémák megoldásához az Európai Bizottság 2016-ban tette közzé az uniós legjobb gyakorlatokat az építési és bontási hulladékokról szóló iránymutatásában,²⁴ amely összefoglalja az irányadó definíciókat is, valamint útmutatást nyújt a gyakorlók szakemberek számára. Ezen túlmenően pedig az építési-bontási hulladék az EU-körforgásos csomagjának is markáns részét képezi, ezzel is hatékonyabb – egységes uniós elvek mentén értelmezhető – fellépésre ösztökélve a tagállamokat.²⁵

7. INNOVATÍV MEGOLDÁSOK AZ ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉKOK HASZNOSÍTÁSA TERÉN

Az építési hulladék keletkezésének környezeti hatása és az új hulladéklerakók létrehozásához szükséges területek hiánya megerősítette az *innovatívabb hulladékgazdálkodási* gyakorlatok alkalmazásának szükségességét.²⁶ Az építésgazdaság területén értelmezendő körforgásos gazdaság lezárna a kapcsolódó építő- és egyéb ipari ökoszisztémák hurkát azáltal, hogy a redukált újrafelhasználás és újrahasznosítás elvét alkalmazza, amely megakadályozza a hulladékkeletkezést, és a hulladékokat erőforrásokká alakítja.²⁷

A legújabb szakirodalom képviselői számos lehetőségre hívják fel a figyelmet, így különösen a várostervezés újragondolására a nagyszabású városfelújítások elkerülése érdekében,²⁸ a keletkező hulladék megfelelő (akár helyben történő) kezelési gyakorlatára és a keletkezett hulladékokra kifejlesztett hulladék-menedzsment folyamatokon²⁹ át, egészen az épületinformációs modellezés építési-bontási hulladék számszerűsítésének automatizálásáig tartó folyamatra.³⁰ Az elmúlt években különösen előtérbe kerültek a Building Information Modeling (a továbbiakban: BIM) rendszer biztosította adatgazdagsági, vizualizációs és szimulációs lehetőségek is az építési folyamatokhoz kapcsolódó hulladékgazdálkodási kihívások kezelése vonatkozásában.³¹ Az előbbi rendszer által kezelt adatbázis építőanyagokra vonatkozó kibővítése remek alapot nyújtana az épület későbbi bontása során keletkező hulladéktípusok és azok várható mennyiségének előrejelzésére, mely alapul szolgálhatna a megfelelő hulladékgazdálkodási folyamat és az újrahasználati, hasznosítási lehetőségek megtervezéséhez. Szintén érdekes és újszerű kutatási terület a BIM módszer összekapcsolása az életciklus-értékelés módszerével. Az ennek kapcsán végzett kínai kutatás a BIM rendszerből származó adatokat használta az életciklus végén jelentkező környezeti hatások számításához, mely által pontosabb kép alkotható egy épület jövőbeli környezeti lábnyomáról.³² De például kínai kutatók a bontási hulladék keletkezésének meghatározási lehetőségeit is vizsgálva, kifejlesztettek egy hibrid módszert a városfelújítás során keletkező nagyméretű bontási hulladékok előrejelzésére a

²⁴ EU Construction & Demolition Waste Management Protocol, September 2016 <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/> (A letöltés dátuma: 2021.12.13.).

²⁵ Lásd ehhez: Az anyagkörforgás megvalósítása – a körforgásos gazdaságra vonatkozó uniós cselekvési terv. COM/2015/0614 final.

²⁶ GUERRA Beatriz et al. (2019): BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams, *Waste Management*, 87. sz., 825.

²⁷ ZHANG Chunbo et al. (2022): An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of The Total Environment*, 803. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721049676> (A letöltés dátuma: 2022.01.22.)

²⁸ DUAN Huabo et al. (2019): Construction debris becomes growing concern of growing cities. *Waste Management*, 83 sz. 1.

²⁹ BAKCHAN Amal, FAUST Kasey M. (2019): Construction waste generation estimates of institutional building projects: Leveraging waste hauling tickets. *Waste Management*, 87. sz. 310.

³⁰ GUERRA Beatriz et al. (2019): BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams, *Waste Management*, 87. sz., 826.

³¹ GUERRA Beatriz, LEITE Fernanda, FAUST Kasey (2020): 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams. *Waste Management*, 116. sz. 79.

³² JINGJING Wang – JIAJIA Wei – ZHANGSHENG Liu – CHUN Huang – XIULI Du (2022): Life cycle assessment of building demolition waste based on building information modeling, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 178.

hulladékkeletkezési arány és a bruttó alapterület mutatói alapján.³³ A módszer eredményei javítják a meglévő előrejelzési módszerek pontosságát és időigényét.³⁴

Az ún. C&DW kvantifikációs modellek (C&DW = Construction and Demolition Waste) az építési projektekből származó hulladék mennyiségének kiszámítására szolgálnak. Általában ezek a modellek a hulladék indexek vagy arányok összesítésén alapulnak. Ezeket az arányokat úgy kapjuk meg, hogy a keletkezett C&DW mennyiségét (térfogatban vagy tömegben) elosztjuk a vásárolt anyagok mennyiségével vagy a projekt bruttó alapterületével (m²). Ezek a mutatók könnyen használhatók a C&DW kezelés legjobb gyakorlatainak előre történő megtervezésére, valamint a hulladékkonténerek méretének és csere gyakoriságának meghatározására.³⁵

Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítási lehetőségeivel már számos nemzetközi kutatás is foglalkozott. Kairói egyetemi kutatók például azt vizsgálták, hogy a *bontott hulladékanyagoknak mennyire nehézkes az újrahasznosítása*.³⁶ Megállapították, hogy a vasfém, a színesfém és a papír vagy karton a legkönnyebben újrahasznosítható anyagok, míg a beton-, üveg- és kerámialap kevésbé hatékonyan újrahasznosítható. A falazat, a töltőanyagok és a márvány újrahasznosítása tekintetében a legjelentősebb problémát a nagy mennyiségű zúzás során keletkező por vagy finom anyagok jelentik, amelyek a legtöbb esetben még nem újrahasznosíthatók. A gipszkarton, a hungarocell és az ásványgyapot szigetelés újrahasznosítási technikái az újrahasznosított termékek minősége szempontjából még továbbfejlesztésre szorulnak.

A *fenntartható tervezési technológiák* alkalmazása érdekében az elmúlt években számos olyan számítási modell került kidolgozásra, amelyek segítenek a fenntartható épülettervezési alternatívák és a rendelkezésre álló technológiák közötti választásban. Nagyon fontos szerepe van a projekt előkészítési fázisban a tervező szakembereknek is, különösen a hulladék tervezéssel történő minimalizálása vonatkozásában. A hulladék minimalizálásának elősegítésére vonatkozó tervezői folyamatra fókuszáló tanulmányok egyértelműen felhívják a figyelmet a tervezők hulladék újrahasznosításra vonatkozó ismereteinek bővítését célzó képzések és szabályozói, ágazatspecifikus, a hatékony épületbontást befolyásoló kritikus tervezési elveket³⁷ megfogalmazó útmutatások szükségességére.³⁸

Az életciklussal kapcsolatban említett nézetet részint osztva úgy véljük, hogy az épületek életciklusa még korábban, már a *konceptiótervezés* és a *projekt-előkészítés* szakaszában befolyásolható: amennyiben ugyanis a megfelelő felépítmény a rendeltetésének leginkább megfeleltethető, a környezeti tényezők (időjárási viszonyok, földrajzi adottságok, az igénybe vehető energiaforrások, a beépítettség) együtthatóit optimalizáló ingatlanra kerül, az energiahatékonysági mutatói lényegesen kedvezőbbé válhatnak. Erre való figyelemmel érdemes projekt szinten az építési-bontási hulladékok kezelésére vonatkozó tervek elkészítése, és annak ütemezett végrehajtása a beruházás egyes szakaszaiban. Természetesen ennek hatékonyságát a kötelező normatív szabályok és a hatósági ellenőrzések

³³ WUA Huanyu et al. (2016): Demolition waste generation and recycling potentials in a rapidly developing flagship megacity of South China: Prospective scenarios and implications. *Construction and Building Materials*, 113. évf. 15.sz. 1007.

³⁴ YUA Bo et al. (2019): Prediction of large-scale demolition waste generation during urban renewal: A hybrid trilogy method. *Waste Management*, 89. évf. 15. sz. 1, 9.

³⁵ MÁLIAA Miguel et al. (2013): Construction and Demolition Waste Indicators. https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Brito-13/publication/234124429_Construction_and_demolition_waste_indicators/links/5597ff0b08ae793d137e0cb8/Construction-and-demolition-waste-indicators.pdf (A letöltés dátuma: 2021. 12.21.).

³⁶ ELGIZAWY, Sally M, – EL-HAGGAR Salah M. – NASSAR Khaled (2016): Approaching Sustainability of Construction and Demolition Waste Using Zero Waste Concept. *Low Carbon Economy*. 7. évf. 1. sz. <https://scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=64373> (A letöltés dátuma: 2022. 01.08.).

³⁷ AKINADE Olugbeng O., et al. (2015): Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS). *Resources, Conservation and Recycling*, 105, Part A, 173-174.

³⁸ INGRU Lia Vivian – J.W.Y. Tamb – Jian ZUOC – Jiaolan ZHUD (2015): Designers' attitude and behaviour towards construction waste minimization by design: A study in Shenzhen, China. *Resources, Conservation and Recycling*, 105. sz. Part A, 29-30.

jelentősen növelhetik.³⁹ Már a koncepciótervezés szakaszában lehetőség nyílik ezeknek a szempontoknak a tudatos figyelembevételére. A beruházási döntéshozatal során a hulladék-gazdálkodási szempontok beemelése lehetőséget nyújt arra, hogy a későbbiekben a kivitelezés során minimálható legyen a keletkező hulladék mennyisége, továbbá maximálható a beépített újrahasználatra kerülő, vagy újrahasznosított összetevőt tartalmazó építőanyagok mennyisége. Szintén befolyásolható a leendő bontás során keletkező hulladékok mennyisége és hasznosíthatósága. Adott esetben egy tervezett funkció, meglévő épületbe való emelésével az építési tevékenység is elhagyható, így értelemszerűen a keletkező hulladékmennyiség is minimalizálható. Általában egy építési beruházásnál csak ritkán fordul elő, hogy a bontott anyagok újrahasznosítására is külön figyelmet szentelnek már a projektelőkészítési szakaszban is, noha például az ahhoz szükséges terület és kapacitásbecslések elengedhetetlenek lennének az újrahasznosítás megfelelő hatékonyságának az eléréséhez.⁴⁰ Az egyik kritikus tényező az építési projektekből származó hulladék pontos becslésének szükségessége.⁴¹ A különböző hulladékarámok építési szakasztól függően eltérő jellemzői okán a legtöbb szerző javasolja a helyszínen rendelkezésre álló hulladéklerakó kialakítása mellett, az ahhoz kapcsolódó projektmenedzsment feladatok konzekvens meghatározását is.⁴² Ennek azért is van nagyon fontos szerepe, mert ha a keletkezés helyén nem különítik el az építési-bontási hulladékfajtákat, akkor az veszélyes anyagot is tartalmazhat, például oldószereket és azbesztet, amelyek azon túlmenően, hogy környezetszennyezőek, lényegesen megnehezítik az újrahasznosítást, továbbá a későbbiekben a válogatás csak magasabb költséggel végezhető el.⁴³

Szintén nagyon fontos jelentősége van a projekttervezés, a projekt előkészítés szakaszában annak is, hogy a létrehozandó épület tekintetében milyenek az új, létrehozandó vagy a meglévő *épített környezeti elemre vonatkozó előírások*: amennyiben ugyanis az irányadó jogszabályok, szabályozók hiányosak, vagy a konkrét beruházás során a fenntarthatósági elvárások nem egyértelműen kerülnek megfogalmazásra, az hosszú évtizedekre leronthatja az adott épület környezetterhelési képességeit. Erre való figyelemmel az épületek életciklus kilátásai szempontjából, kiemelkedő jelentőséggel bír az új épületek létrehozására és a meglévők felújítására vonatkozó szabályozási környezet és azok projektszintű integrálása, a fenntarthatósági célokat támogató ösztönző rendszer (így például a támogatáspolitikai rendszer, az egyszerűsített engedélyezési és egyéb eljárási szabályok), a fenntarthatósági kritériumokat interdiszciplináris szemlélettel megfogalmazni tudó szakemberállomány.

A teljes épület élettartamát elsősorban a teherhordó részeinek, alapanyagainak, berendezéseinek, felszereléseinek élettartama határozza meg. Élettartamának végén az épületet és egyes funkcionális részeit le kell bontani.⁴⁴ A kutatási eredmények azt mutatják, hogy az építmények kapcsán a falazat képezi a legnagyobb hulladékarámot.⁴⁵

A korábbi felfogással szemben, manapság már nem csak az ártalmatlanítás, hanem a korábbi szerkezetrészek, alapanyagok újbóli felhasználása is egy perspektíva lehet.⁴⁶ Ez egyfelől egyes

³⁹ MERINO Mercedes del Río – GRACIA Pilar Izquierdo – AZEVEDO Isabel Salto Weis (2010): Sustainable construction: construction and demolition waste reconsidered. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 28 évf. 2. sz. 121.

⁴⁰ PENG Chun-Li – SCORPIO Domenic E. – KIBERT Charles J. (1997): Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations. *Construction Management and Economics*, Taylor & Francis Journals, 15. évf. 1. sz. 49-58.

⁴¹ Li YASHUAI – Xueqing ZHANG – Guoyu Ding Zhouquan FENG (2016): Developing a quantitative construction waste estimation model for building construction projects. *Resources, Conservation and Recycling*, 106. sz. 9.

⁴² BAKCHAN Amal – FAUST Kasey M. (2019): Construction waste generation estimates of institutional building projects: Leveraging waste hauling tickets. *Waste Management*, vol. 87., 310.

⁴³ https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en (A letöltés dátuma: 2021.12.12.).

⁴⁴ BIOLEK Vojtěch – HANÁK Tomáš (2019): Estimation Model: A Construction Material Perspective. *Buildings*, 8. évf. 9. sz. 12.

⁴⁵ BAKCHAN Amal – FAUST Kasey M. (2019): Construction waste generation estimates of institutional building projects: Leveraging waste hauling tickets. *Waste Management*, 87. sz. 308.

⁴⁶ WAN Shiyu – DING Grace – RUNESON Goran – LIU Yisheng (2022): Sustainable Buildings' Energy-Efficient Retrofitting: A Study of Large Office Buildings in Beijing. *Sustainability*, 14. sz. 3. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/2/1021/htm> (A letöltés dátuma: 2022. január 21.).

alapanyagok szűkös rendelkezésre állása miatt a többszöri életciklusok biztosítását is támogatja, más esetben az újrafeldolgozás révén új alapanyag típusok gyártását is lehetővé teszi. A keletkezett építési-bontási hulladék zárt körforgásba való vezetése, amellett, hogy az életciklus végi fázisban csökkenti a környezeti terheket, a primer nyersanyagok kiváltása révén jelentősen redukálhatja az alapanyag-előállítás életciklus mentén mért környezeti lábnyomát is, azaz egyszerre kínál megoldást a szűkös lerakási kapacitásokra és az erőforrások kimerülésére is.

A granadai és a valdiviai egyetem kutatói a városi lakóházak és épületek építési folyamatai során keletkező hulladékokra fókuszálva különböző célú, de közös építési felülettel rendelkező építési projekteket vizsgáltak szimulációk segítségével. A kutatások eredményeként megállapítást nyert, hogy a vizsgált építések – családi ház, ikerház, öt emeletes lakóház, tíz emeletes társasház, húsz emeletes társasház és negyven emeletes lakóháztömb – közül, az ún. lineáris konstrukciók nagyobb mennyiségű hulladékot termelnek, mint a vertikális építkezések.⁴⁷

8. AZ ÉPÍTÉSI-BONTÁSI ALAPANYAGOK ÚJRAHASZNOSÍTHATÓSÁGA

Az építési és bontási hulladékok újrahasznosítása számos előnnyel jár mind környezeti, mind gazdasági és erőforrásgazdálkodási szempontból.⁴⁸

Az *építési-bontási alapanyagok újrahasznosítási módszereinek* is számos válfaja ismeretes: a betont például gyakran újrahasznosítják természetes adalékanyagok, például zúzott kő, homok és kavics kiegészítéseként.

A fahulladék felhasználható talajjavítóként, komposztként vagy cellulóz- és papírtermékek gyártási összetevőjeként, valamint talajtakarás-ként, vagy kívánatosabb kazántüzelőanyagként helyszíni felhasználásra alkalmas terméké örlhető.⁴⁹

A bontott vagy zúzott téglák természetes adalékanyagok helyettesítője lehet, így például anyag mennyiségben használt homok és kavics helyett alkalmazható.⁵⁰

Az ipari salakok nagy mennyiségben történő előállítása miatt nagy igény mutatkozik azok újrahasznosítására és a hulladéklerakókba való lerakásuk elkerülésére. Egy török-spanyol kutatás megállapította, hogy bizonyos ipari salakok újrahasznosítása is lehetséges a téglagyártásban. A kutatók különféle fizikai, mechanikai és tartóssági vizsgálatok alapján megállapították, hogy a vizsgálataik során előállított, ipari salakot tartalmazó téglák nyomószilárdsága, porozitása és időjárásállósága is kedvezőbb, mint a hagyományos tégláké.⁵¹ Sőt, egyes szerzők szerint a téglahulladék újrahasznosított téglaporra őrlése a cement helyettesítésére is alkalmas lehet.⁵²

A gipszkartonok szétbontása általában nem jelent problémát, azonban többnyire a más hulladéknemekkel való szennyezettsége miatt még meglehetősen szűkös a felvásárlásra nyitott másodlagos piac.

⁴⁷ CARPIO Manuel et al. (2016): Construction waste estimation depending on urban planning options in the design stage of residential buildings. *Construction and Building Materials*, 113. sz. 561-570.

⁴⁸ A Bizottság közleménye - Erőforrás-hatékony lehetőségek az építőiparban (COM/2014/0445 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52014DC0445&from=en> (A letöltés dátuma: 2021.12.13.).

⁴⁹ B. J. CLARK (szerk.) (1977): *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues* (McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering) 1st Edition. McGraw-Hill Book Co., New York. 545-557.

⁵⁰ ELGIZAWY, Sally M. – EL-HAGGAR Salah M. – NASSAR Khaled (2016): Approaching Sustainability of Construction and Demolition Waste Using Zero Waste Concept. *Low Carbon Economy*. 7. évf. 1. sz. <https://scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=64373> (A letöltés dátuma: 2022. 01.08.).

⁵¹ GENCEL Osman – Muhammad Junaid MUNIR – Syed Minhaj Saleem KAZMI – Mucahit SUTCU – Ertugrul ERDIGMUS – Pedro Muñoz VELASCO – Dolores Eliche QUESADAGH (2021): Recycling industrial slags in production of fired clay bricks for sustainable manufacturing *Ceramics International*, 47. évf. 21. sz. 30430-30432.

⁵² ZIMING He et al. (2021): Research progress on recycled clay brick waste as an alternative to cement for sustainable construction materials. *Construction and Building Materials*, 274. sz. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820341167> (A letöltés dátuma: 2022.01.12.)

Számos esetben az egyes építési-bontási hulladéktípusok esetében rendelkezésre állnak azok az iparági szabványok, előírások és szabályozók, melyek megadják az egyes hulladékok lehetséges hasznosítási módjait és arányait. Azonban ezeknek a szabályozásoknak a köre nem teljeskörű és nem minden esetben aktuális, ezért azok célzott és hasznosítást támogató szemléletű felülvizsgálata indokolt.

A Bizottság egyik közleménye⁵³ szerint az újrahasznosítás nem csak az adott anyaggal való takarékos gazdálkodást teszi lehetővé, hanem egyúttal más építőanyagok takarékos felhasználását is támogatja. A Bizottság kiemelte, hogy például a síkúveg esetében egy tonna újrahasznosított anyag 1200 kg primer anyag, 25 % energia és 300 kg CO₂-kibocsátás megtakarítást eredményez. Az utóbbi érték az üvegyapot újrahasznosítása során is megfigyelhető.

A kutatási eredmények azt igazolják, hogy épület élettartamán túli újrahasznosítása, újrahasználata révén, például a melegen hengerelt acélszerkezetes építési rendszerben 10%-kal kevesebb az életciklus során felvett energia, míg a könnyű acélszerkezetes építési rendszerben 68%-kal volt kevesebb ez az energia. Hasonlóképpen csökkent a CO₂-kibocsátás mennyisége is az újrahasznosított anyagok alkalmazásával megvalósult beruházásoknál: a melegen hengerelt acélszerkezetes építési rendszer életciklusa során 29%-kal kevesebb üvegházhatású gáz (a továbbiakban: ÜHG) kibocsátással rendelkezett, míg az a könnyű acélszerkezetes rendszer életciklusa során 62%-kal kevesebb ÜHG-kibocsátást mutatott, szemben a vasbeton szerkezetű építési rendszerekkel, amelyek a Leadership in Energy and Environmental Design (a továbbiakban: LEED) rendszerben nulla kreditpontot kaptak.⁵⁴

Az újrahasznosítás kapcsán gyakran felmerül a porózus jellegből adódó környezetterhelés problémája is. Egyes szerzők szerint az építési és bontási hulladékokból előállított újrahasznosított por hidratálatlan cementrézecskeinek környezetszennyező hatását mérsékelni lehet, ha újrahasznosított port használnak cementáló anyagként. Újrahasznosított por felhasználásával a reaktív porbetonban részben a szilícium-dioxid füstöt vagy cementet helyettesítik, hogy környezetbarát és költségkímélő, nagy teljesítményű reaktív porbetonkeveréket fejlesszenek ki.⁵⁵ A kutatási eredmények azt is megállapították, hogy az újrahasznosított agyagtégla adalékanyag is felhasználható szerkezeti beton előállítására.⁵⁶

Projekt szinten a kutatók különböző technikákat alkalmaztak az építési-bontási hulladékok későbbi felhasználására vonatkozó adatgyűjtéshez, mint például: terepi megfigyelések, helyszíni válogatás és súlymérés, teherautó-nyilvántartások és felmérések.⁵⁷

Az Egyesült Királyság Környezetvédelmi Ügynöksége például a legtöbb építési-bontási alapanyagra nézve útmutatókat bocsát ki arról, hogy milyen újrahasznosítási módszerek alkalmazása esetén veszíti

⁵³ A Bizottság közleménye - Erőforrás-hatékony lehetőségek az építőiparban (COM/2014/0445 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52014DC0445&from=en> (A letöltés dátuma: 2021.12.13.).

⁵⁴ ABOUHAMAD Mona – ABU-HAMD Metwally (2021): Life Cycle Assessment Framework for Embodied Environmental Impacts of Building Construction Systems. *Sustainability*, 13. sz. 19.

⁵⁵ ZHU Peng et al. (2016): Investigation of using recycled powder from waste of clay bricks and cement solids in reactive powder concrete. *Construction and Building Materials*. 113.sz. 250-254.

⁵⁶ OLOFINNADE Oluwarotimi, Ogara Joshua (2021): Workability, strength, and microstructure of high strength sustainable concrete incorporating recycled clay brick aggregate and calcined clay. *Cleaner Engineering and Technology*, 3. sz. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790821000835> (A letöltés dátuma: 2022. 01.23.).

⁵⁷ VILLORIA Paola, CÉSAR Sáez, MERINO Porras-Amores Mercedes del Río (2020): Estimation of construction and demolition waste. In.: *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling, Management, Processing and Environmental Assessment*. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. 14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128190555000024> (A letöltés dátuma: 2022. január 21.).

el egy bontott alapanyag a hulladék minőségét és válik ismét építési alap- vagy adalékanyaggá az újrahasznosítás révén.⁵⁸

Az építési-bontási hulladék újrahasznosításának egyik legnagyobb kihívása az újrahasznosítás eredményeként létrejövő új anyagok felvevőpiacának a megtalálása. Mivel a hulladéklerakó kapacitások világszerte szűkösek, illetve jelentősen növekedett az illegális hulladékelhelyezés mértéke is, – mely az építési-bontási hulladékok vonatkozásában igen intenzíven érzékelhető – az újrahasznosítási lehetőségek kiterjesztése egyre inkább a kutatások egyik fő kérdésévé válik. A fent említett okok miatt idővel a hasznosított anyagok építésgazdaságban való felhasználásának gazdasági mutatói javulni fognak, mely támogatni fogja szélesebb körű elterjedésüket.

Az újrahasznosítás egyúttal számos lehetőséget is hordoz, hiszen lehetővé teszi a *kinyert alapanyagok felhasználásával újak létrehozását*. Az építési-bontási hulladékból kinyert hasznosítható anyagok többnyire könnyen újra feldolgozhatók és a legtöbb, bontás során kinyert alapanyag feldolgozási technológiája is ismert. Az ilyen új alapanyagok körében említhető például egy új típusú beton, amelyet az építési hulladék és a cukornád-hamu-homok keverékéből állítanak elő.⁵⁹ A kutatások arra is rámutattak, hogy a zúzott hulladékbetonokból készült újrahasznosított adalékanyagok alkalmasak a természetes adalékanyagok helyettesítésére a betongyártásban annak ellenére, hogy kisebb a sűrűségük és nagyobb a felszívódásuk, mint a természetes adalékanyagoknak, megfelelő mennyiségben hozzáadva azonban jó teljesítményű hagyományos betonok készíthetők belőlük.⁶⁰

Az elkövetkező fejezetekben a szerzők részletesen megvizsgálják az építésgazdaság kapcsán jelentkező hulladékgazdálkodási kérdések lehetséges megoldásait, az esetlegesen felmerülő akadályozó tényezőket és javaslatokat hoznak azok feloldására és új, innovatív módszerek bevezetésére. Szintén vizsgálat alá kerülnek a téglá és cseréptermekek újrahasználati és hasznosítási lehetőségei is.

⁵⁸ <https://www.gov.uk/government/collections/quality-protocols-end-of-waste-frameworks-for-waste-derived-products#quality-protocols-review> (A letöltés dátuma: 2022. 01.08.).

⁵⁹ MORETTI Juliana P. et al. (2016): Joint use of construction waste (CW) and sugarcane bagasse ash sand (SBAS) in concrete. *Construction and Building Materials*, 113. évf. 15. sz. 317-323

⁶⁰ SEÑAS Lilia, PRIANO Carla, MARFIL Silvina (2016): Influence of recycled aggregates on properties of self-consolidating concretes. *Construction and Building Materials*, 113.évf. 5. sz. 498-505

I. RÉSZ

AZ ÉPÍTÉSI ÉS BONTÁSI HULLADÉK HASZNOSÍTÁSA

1. AZ ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉK FOGALMA, SZABÁLYOZÁSI KARAKTERISZTIKÁJA⁶¹

Napjainkban a környezetvédelem területei közül az egyik meghatározó kérdéskört a hulladékok keletkezése, annak csökkentése és a hulladékkal való gazdálkodás adják. Kiemelkedő fontosságát az is bizonyítja, hogy az EU is kiemelt figyelmet fordít e témakör szabályozására, ugyanis nagymértékben megnőtt a hulladék gazdasági életben betöltött szerepe és jelentősége. Felismerték ugyanis annak a fontosságát, hogy a keletkező hulladék nagy része jelentős energia- és nyersanyagforrássá válhat, melynek feldolgozása, újrahasználata és/vagy újrahasznosítása csökkentheti az országok függőségét a nyersanyagimporttól.

A keletkező hulladékok speciális formáját képezik az építési-bontási hulladékok és az elérhető statisztikák jól mutatják, hogy éves szinten kiemelkedő mennyiségben képződnek hazánkban és az Európai Unió más tagországaiiban is. A helyzet kezelése érdekében egyre több jó megoldás születik, egyre több szabályozási rendszer módosul, melyek együttes célja a körforgásos gazdaság szempontjainak érvényesítése és megvalósítása a hulladékgazdálkodáson belül.

1.1. Az építési-bontási hulladék

1.1.1. Az építési-bontási hulladék fogalma, fajtái

A hulladék fogalmát a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény (a továbbiakban: Ht.) 2. § (1) bekezdése 23. pontja határozza meg. Az általános megfogalmazáson túl a hulladékok további fő csoportokba sorolhatóak aszerint, milyen tulajdonságokkal rendelkeznek.

A Ht. 2. § (1) bekezdése 10. pontja szerint az „*építési-bontási hulladék* az épített környezet alakításáról és védelméről szóló törvény szerinti építmény építéséből vagy bontásából származó hulladék.”⁶² Az építési-bontási tevékenységek végzése során képződött hulladékok számos anyagból állhatnak, többek között betonból, téglából, cserépből, kerámiából, fából, üvegből, műanyagból, bitumenkeverékekből, szénkátrány- és kátránytermékekből, fémekből (beleértve azok ötvözeit is), kábelekből, földből (ideértve a szennyezett területekről származó kitermelt földet), kövekből és kotrési meddőből, szigetelőanyagokból és gipszalapú építőanyagokból. Az építőipari tevékenység során döntő többségében a szilárd, szerves, nem veszélyes hulladékok csoportjába tartozó hulladékok képződnek, azonban a veszélyes hulladékok körével is számolni kell, hiszen az építés során olyan anyagok is felhasználásra kerülnek, melyekből hulladékká válásuk során veszélyes hulladék képződik. A szakirodalmi megfogalmazások alapján *építési-bontási hulladéknak* tekintünk minden olyan hulladékot, amely az épületek és építmények felújítása, illetve bontása során keletkezik. Ebbe a kategóriába beletartozik a kitermelt föld, az útbontási hulladék, az építési hulladék és a kevert építési hulladék is.⁶³

Az építési és bontási hulladékok fajtáinak köre eltérő részletességgel ugyan, de több jogszabályban is megjelenik. Így az építési és bontási hulladékok fajtáinak köre megjelenik az azok kezelésének részletes

⁶¹ Az 1. alfejezet Kozma Katalin egyetemi docens írása.

⁶² A hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény.

⁶³ LÁSZLÓ Erika (2019): Az építési-bontási hulladékok kezelése és szabályozásának aktuális kérdései a védelmi szférában. *Hadtudományi Szemle*, 12. évf. 2. sz. 111-128.

szabályairól szóló 45/2004. (VII. 26.) BM–KvVM együttes rendelet 1. sz. mellékletében is, mely felsorolja az építési-bontási hulladékok típusait azokat anyagi minősége szerint csoportosítva, valamint feltünteti azok azonosító kódjait és a rájuk vonatkozó mennyiségi küszöbértékeket (tonna) is. Az 1. táblázat részletesebb képet ad a 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet és a 4/2019. (VII.1.) építésügyi műszaki irányelv tárgyi hatálya alá tartozó építési-bontási hulladéktípusokról. Ezek a kategóriák a megfelelő előkészítés és kezelés után, inert újrahasznosított szemhalmaz termékeként építőipari vagy építőanyag-ipari funkciókra alkalmassá tehetők.

Építési-bontási hulladéktípusok⁶⁴

A hulladék anyagi minősége szerinti csoportok		A hulladék azonosító kódja
Építési-bontási hulladékok	Föld és kövek, amelyek nem tartalmaznak veszélyes anyagokat	17 05 04
	Kotrás meddő, amely nem tartalmaz veszélyes anyagokat	17 05 06
	Beton	17 01 01
	Tégla	17 01 02
	Cserép és kerámia	17 01 03
	Beton, tégl, cserép és kerámia frakció vagy azok keveréke, amely nem tartalmaz veszélyes anyagokat	17 01 07
	Beton, tégl, cserép és kerámia frakció vagy azok keveréke, amely veszélyes anyagokat tartalmaz	17 01 06
	Üveg	17 02 02
	Kevert építési-bontási hulladék, amely nem tartalmaz veszélyes anyagokat	17 09 04
	Gipsz-alapú építőanyag, amely nem tartalmaz veszélyes anyagot*	17 08 02

Forrás: 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet és a 4/2019. (VII.1.) ÉPMI alapján.

1.1.2. Az építési és bontási hulladék keletkezési forrásai

A hulladék az ember termelő és fogyasztó tevékenysége során egyaránt keletkezik, jellemzője, hogy az adott anyag a keletkezés helyén feleslegessé válik. Attól függően, hogy hol keletkezik ez a feleslegessé váló anyag, két nagy csoportot különböztetünk meg:

- a települési vagy más néven kommunális hulladékokat és
- a termelési hulladékokat.

A *települési hulladék* az emberi szükségletek kielégítése folytán keletkező hulladék. Ide tartozik a lakosság fogyasztási, kereskedelmi, vendéglátó és intézményi tevékenységéből, valamint a közterületekről kikerülő hulladéka. Összetétele, mennyisége többek között függ az aktuális gazdasági helyzettől, a lakosság életszínvonalától, a fogyasztási szokásoktól, a keletkezés helyének megfelelően az adott település szerkezetétől (lakótelep, családi házas övezet stb.). Ezzel szemben a *termelési hulladék* elsősorban a kitermelő, feldolgozó, szolgáltató, fenntartó és szállítási tevékenység során keletkezik. Eredete szerint lehet ipari, mezőgazdasági és közlekedési hulladék, valamint lehetnek technológiai eredetű (termelési tevékenységből, anyagátalakításból származó) és amortizációs eredetű (leselejtezett

⁶⁴ 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékjegyzékről és a 4/2019. (VII.1.) ÉPMI – Építési-bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben alapján. Megjegyzés: az újrahasznosított beton-adalékanyag és cementhabarcs-adalékanyag hulladék üveget vagy gipszet – tekintettel a szulfátduzzadás és az alkáli-adalékanyag reakció miatti duzzadás kockázatára – legfeljebb 2 tömegszázalékban tartalmazhat.

berendezések, eszközök) hulladékok. Közös jellemzőjük, hogy tervezhető mennyiségben és a termelési folyamatoktól függően általában konkrétan megadható összetétellel rendelkeznek.⁶⁵

Ezeket a fogalmakat a Ht. is tisztázza. A 2. § (1) bekezdésének 43. pontja szerint a települési hulladék nem foglalja magában az építési-bontási hulladékot. A hivatkozott jogszabály alapján elmondható, hogy az építési-bontási hulladékok köre a termelési hulladékok csoportjába tartozik. Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény (a továbbiakban: Étv.) 2. § 36. pontja megfogalmazza mi minősül építési tevékenységnek, amelybe az építési-szerelési és bontási munka végzése is beletartozik.

Magyarországon évente több millió tonnás nagyságrendben keletkezik termelési hulladék, melynek közel 30%-át az építő- és az építőanyagipar adja.⁶⁶

A hulladék forrása ebben az esetben kettős lehet: egyrészt termelési oldalról több ipari ágazat, úgymint a mész- és cementgyártás, a téglá-, cserép- és üvegyipar, a kőbányászat, valamint a betonelem gyártó technológiák többségében szervesen keletkező hulladékot (tégla, betontörmelék, meddő stb.) bocsátanak ki. Másrészt az ipari ágazatok mellett jelentős a bontásból származó hulladékok mennyisége is. A hazánkban keletkező termelési hulladékok közül az építési-bontási hulladékok teszik ki az egyik legnagyobb mennyiséget és egyúttal a legnagyobb térfogatot is, így ezek kezelése napjainkban kiemelkedő jelentőséggel bír. Az Egységes Hulladék Informatikai Rendszerben (a továbbiakban EHIR) elérhető adatok alapján 2019-ben az építési-bontási hulladékok részaránya 41,8% volt az összesített termelési hulladék mennyiségéből.

A köznyelv legtöbbször az építési és bontási hulladékokat síttként vagy kitermelt földként ismeri, sok esetben azonban az inert hulladékok megnevezéssel is találkozhatunk. Az ilyen hulladékok legnagyobb része ugyan inertnek tekinthető, viszont ez nem a teljes mennyiségre igaz, hiszen sok esetben veszélyes anyagokat tartalmazó komponensek is kerülnek a hulladékká váló anyagtömegbe. Jellemzői alapján az inert hulladék vízben nem oldódik, nem ég, illetve más fizikai vagy kémiai módon nem reagál, nem bomlik le biológiai úton, illetve nincs kedvezőtlen hatással a vele kapcsolatba kerülő más anyagra oly módon, hogy a környezetet szennyezne vagy az emberi egészségre káros hatással lenne, továbbá a keletkező csurgalékvize és annak szennyezőanyag-tartalma jelentéktelen, így az nem veszélyezteti a felszíni vagy felszín alatti vizeket.⁶⁷

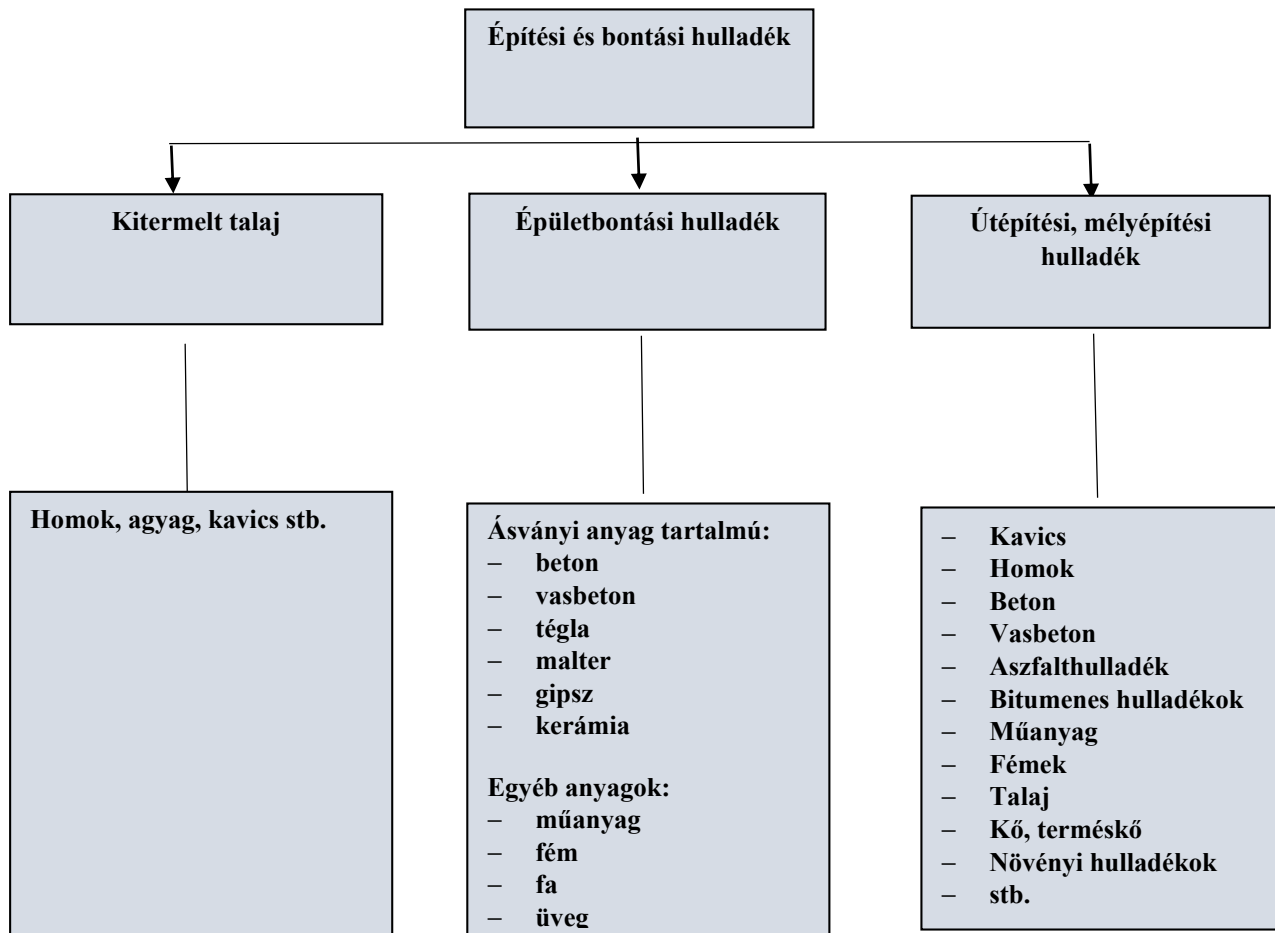
Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv (továbbiakban: OHT) (2014-2020) az építési-bontási hulladékokat keletkezésüknek megfelelően az alábbi ábra szerint különíti el.

⁶⁵ ZSENI Anikó – PESTINÉ RÁCZ Éva (2017): *Környezetvédelem elektronikus tananyag*. Győr, Széchenyi István Egyetem. 282.

⁶⁶ BENKŐ Gyöngyi (2008): Az építési tevékenység alkalmával keletkező hulladékok és helyes kezelésük. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Munkaanyag. 18.

https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/9_068_1_019_100915.pdf (A letöltés dátuma: 2021. 08. 15.)

⁶⁷ BÁNDI Gyula (2011): *Környezetjog*. Budapest, Szent István Társulat. 511.



Forrás: OHT 2014-2020. alapján a szerző saját szerkesztése.

Az építési-bontási hulladékok keletkezés szerinti csoportosítása⁶⁸

1.1.3. Az építési és bontási hulladék összetétele, mennyisége, trendek, anyagáramok az EU-ban és Magyarországon

Az Európai Unió kiemelt figyelmet fordít arra, hogy ezen ipari ágazatban is érvényesüljenek a körforgásos gazdaságra jellemző irányelvek és prioritások mintegy ösztönözve azt a tendenciát, amely az iparágon belül keletkezett hulladékok lerakóban történő elhelyezésének a csökkentésére irányulnak. Az Európai Bizottság tájékoztatása alapján Európában évente kb. 2,5 milliárd tonna hulladék keletkezik, melyből legalább 600 millió tonna újrahasználatos és újrahasznosítható nyersanyag kerül lerakókba.⁶⁹

Az építési-bontási hulladékok által okozott környezetvédelmi problémák nagyságát jól tükrözi az éves szinten keletkezett mennyiségük. Az Európai Unióban keletkezett teljes éves hulladéktömeg legnagyobb hányadát az építőipar adja. 2019-ben az építési és bontási hulladék az EU-ban keletkező

⁶⁸ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020. 297. (https://2015-2019.kormany.hu/download/f/a6/d1000/OHT%202014-2020_egys%C3%A9ges%20szerkezetben.pdf) (A letöltés dátuma: 2021. 09. 10.)

⁶⁹ <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20180328STO00751/hulladekkezeles-az-eu-ban-trendek-es-statisztikak-infografika> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 10.).

összes hulladék 25-30%-át tette ki.⁷⁰ Az ilyen típusú hulladékok nagy „erőforrás-értékkel” bíró anyagokat tartalmaznak, mint például fémek, fa, üveg, beton stb. Ennek okán az Európai Unió az építési-bontási hulladékokat a nagy térfogatuk és nagy mennyiségük miatt *kiemelt „hulladékárammá”* minősítette és 2020-ig az Unióban termelődő mennyiség 70%-ának újrahasznosítását tűzte ki célul.⁷¹ Az EU kiemelte az építési és bontási hulladékok fontosságát a körforgásos gazdaságra vonatkozó direktíváiban is, és az ilyen hulladékok köre egyike annak az öt kiemelt területnek, amelyekkel az említett körforgásos gazdaság csomag foglalkozik.⁷²

A hasznosítás szintje jelentősen eltér – 10%-tól 90%-ig – a tagállamok között, ami azt mutatja, hogy a gyengébb teljesítményt nyújtó tagállamok minden bizonnyal javíthatnak a legmagasabb újrafeldolgozási arányokkal rendelkezők által alkalmazott legjobb gyakorlatok bevezetésével. Az építőipar erőforrás-hatékonysága jelentősen növelhető az építési és bontási hulladékok újrahasznosítási arányának növelésével.⁷³ Az Európai Bizottság nagy lehetőségeket lát az építési-bontási hulladékok újrahasznosításában és újrafelhasználásában.

Ezáltal jelentős erőforrás-hatékonyság-növelés érhető el az építőiparban az ÉBH újrahasznosítási arány növelésével.

Erre az egyik lehetséges politikai eszköz a közmegrendelések területén a *zöld közbeszerzés*. A zöld közbeszerzés részeként kiválasztási kritériumokat lehet meghatározni az építéshez használt anyagok újrahasznosítási kvótáira. Az Interreg Europe GPP4Growth⁷⁴ projekt célja többek között a kihívások kezelése és a 2016 áprilisa óta hatályos új uniós közbeszerzési rendszer bevezetésével kapcsolatos lehetőségek kiaknázása. A GPP4Growth új lehetőségek megteremtését támogatja a hatóságok számára az ökoinnováció, az erőforrás-hatékonyság és zöld növekedés, főként új közbeszerzési kritériumok alkalmazásával a felhívásokban és pályázatokban, amelyek különös figyelmet fordítanak a környezetvédelmi szempontokra.⁷⁵

Az Országos Hulladékgazdálkodási Tervben (2014-2020) szereplő adatok alapján az EU27-ben átlagosan 17,34 %-kal csökkent ugyan az építőipari termelés volumene, azonban a termelődő hulladék mennyiségében ez a csökkenés nem mutatható ki (lásd a lenti ábrát). Uniós szinten az építéságazat GDP-arányos hozzájárulása az elmúlt években 8-9,5% százalék között volt, míg hazánkban 5-6% között mozgott.⁷⁶

⁷⁰ European Construction Sector Observatory. Country profile Hungary December 2020, 38.

<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/23747/attachments/1/translations/en/renditions/native> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 06.).

⁷¹ Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről.

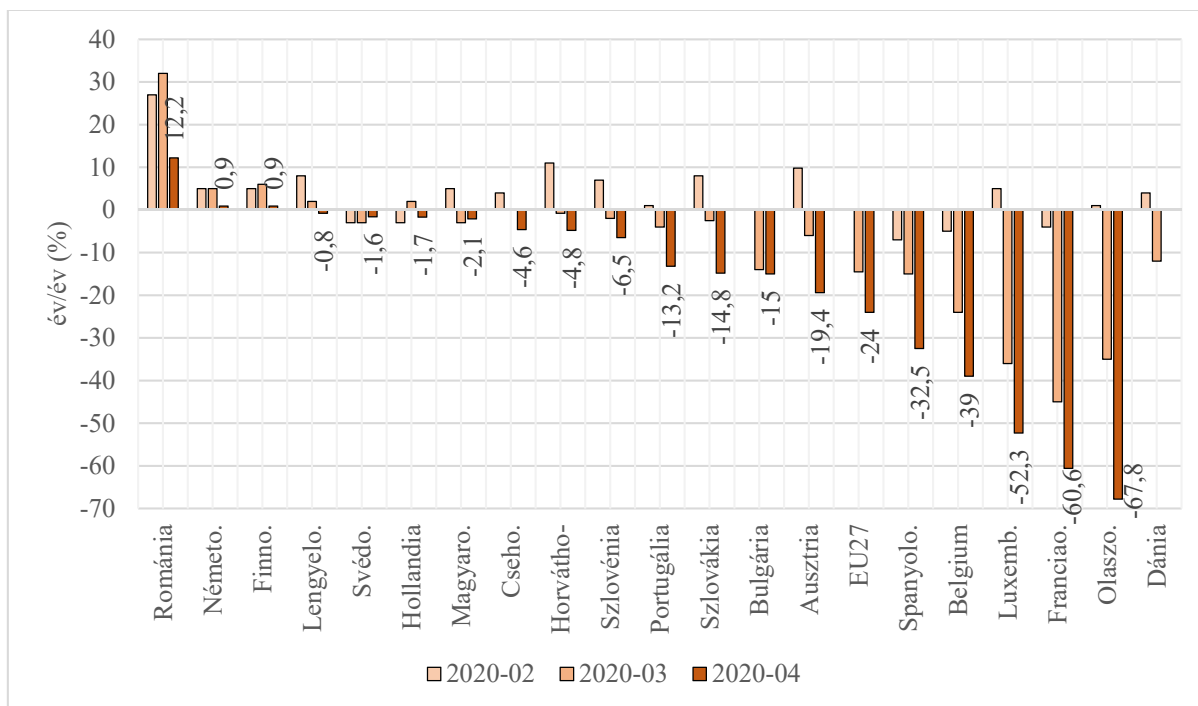
⁷² Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy COM/2015/0614 final.

⁷³ www.interregeurope.eu (A letöltés dátuma: 2021.10.08.).

⁷⁴ <https://www.interregeurope.eu/gpp4growth/> (A letöltés dátuma: 2021. november 15.).

⁷⁵ <https://www.interregeurope.eu/policylearning/news/1770/construction-and-demolition-waste/> (A letöltés dátuma: 2021. november 15.).

⁷⁶ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020. 297. (https://2015-2019.kormany.hu/download/f/a6/d1000/OHT%202014-2020_egys%C3%A9ges%20szerkezetben.pdf) (A letöltés dátuma: 2021.09.10.).



Forrás: Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia 2021-2023 alapján, a szerző saját szerkesztése.

Az építőipari termelés volumenváltozása az EU-ban (2020)⁷⁷

Hazánkban az építőipar a nemzetgazdaság 8 kiemelt gazdasági ágának egyike. Az építési-bontási hulladékok kezelése magyarországi viszonylatban is jelentős, megoldandó feladatot jelentenek a hulladékgazdálkodás területén. A 2014-2020 közötti időszakra vonatkozó Országos Hulladékgazdálkodási Tervben olvasható, hogy az építési-bontási hulladékok elkülönített módon történő átvétele, valamint hasznosítása csak igen kis mértékben megoldott hazánkban. Ugyancsak erre utal a 2021-2027-es időszakra elkészült OHT ide vonatkozó megállapítása, miszerint az építési-bontási hulladékoknak még mindig jelentős része kerül a települési hulladék ártalmatlanítására szolgáló hulladéklerakókba.

Abban az esetben, ha megvalósulna az építési-bontási hulladékok elkülönített gyűjtése és megfelelő szakszerű kezelése, akkor jelentős mennyiségű és jó minőségű alapanyagot lehetne belőle kinyerni költséghatékony módon. A lenti táblázat mutatja a jellemzően előforduló legnagyobb építési-bontási hulladékok csoportjait összetételi jellemzőik alapján.

⁷⁷Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia 2021-2023: Az építésgazdaság hatékonyságjavítását, teljesítménynövelését és az épített környezet fenntartható fejlesztését célzó középtávú stratégia. Innovációs és Technológiai Minisztérium. 81. <https://kormany.hu/publicapi/document-library/nfe-strategia/download> (A letöltés dátuma: 2021.10.10.).

Jellemző építési-bontási hulladékok⁷⁸

Megnevezés	Összetételei jellemzők
Kitermelt föld	Építési munkáknál keletkező természetes ásványi anyagokból álló maradékanyagok, melyek nem tartalmaznak hátrányosan változó laza és kemény követ. Részarányuk az építési hulladékok között a legnagyobb.
Építési törmelék	Az építmények részleges, vagy teljes elbontásakor keletkező szilárd anyagok, melyek alkotórészei főként ásványi eredetűek, továbbá a magas- és mélyépítésben alkalmazott építőanyagok. Összetételük az építés módja, kora és az építmény rendeltetése szerint erősen változó.
Útbontási törmelék	Közlekedési felületeken végzett építési, bontási tevékenységnél keletkező maradékanyagok, melyek szilárd ásványi anyagokból állnak. Összetevőik lehetnek hidraulikus kötőanyagú beton, bitumenkötésű anyagok, aszfaltok, burkoló és szegélykövek.
Kevert építési és bontási hulladékok	Minden olyan hulladék, amely az építés, épület felújítás különböző tevékenységei során képződik, és anyagát tekintve keverten képződik. Összetevői nagy részét könnyű anyagok (főként papír, karton, fólia, csomagolóanyagok, fa- és műanyag hulladékok, gyakorta festék-maradványok, estenként azbeszt szigetelőanyagok) ásványi eredetű vegyes törmelékkel keverve. Rendszerint a szilárd kommunális hulladékkal együtt kezelik, leggyakoribb gyűjtési szállítási módja a konténeres megoldás.

Forrás: Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020.

Az alábbi táblázat, majd az azt követő ábra adataiból kitűnik, hogy a Magyarországon képződő összes hulladékhoz képest az *építőiparból származó hulladékok aránya* folyamatosan növekvő tendenciát mutat az EU-hoz hasonlóan. 2004-ben az építési és bontási hulladékok aránya még 9,81% volt a keletkezett össztömeghez képest, azonban ez az adat 2019-re 40,7%-ra nőtt. A feltüntetett adatok által mutatott tendencia valós ugyan, de azt is meg kell említeni, hogy az építési-bontási hulladékok tekintetében hiányosságok vannak a nyilvántartás és az adatszolgáltatás területén egyaránt. Sok esetben nem teljesen ismert a *képződés helye* és *nincsenek elválasztva* egymástól a lakosságnál kis mennyiségben és a nagy beruházások esetében nagyobb mennyiségben képződő építési-bontási hulladékok a szabályozás szerint.⁷⁹

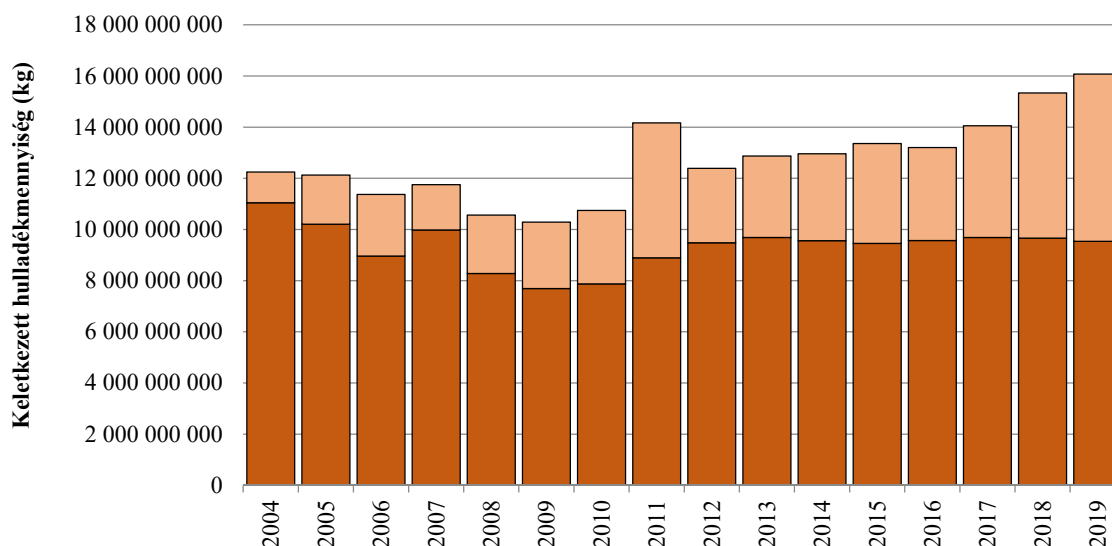
⁷⁸ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020. 297. (https://2015-2019.kormany.hu/download/f/a6/d1000/OHT%202014-2020_egys%C3%A9ges%20szerkezetben.pdf (A letöltés dátuma: 2021. 09. 10.))

⁷⁹ LÁSZLÓ Erika (2019): Az építési-bontási hulladékok kezelése és szabályozásának aktuális kérdései a védelmi szférában. *Hadtudományi Szemle*, 12. évf. 2. sz. 111-128.

A keletkezett építési-bontási hulladék mennyiségének részaránya az éves hulladék mérlegekből
(Összesített hulladékképződési adatok)⁸⁰

Év	Keletkezett hulladék összmenyisége (kg)	Építési-bontási hulladék (kg) (beleértve a szennyezett területekről kitermelt földet is) (17-es kóddal)	Építési-bontási hulladék %-os részaránya a keletkezett hulladék összmenyiségéből
2004	12.242.814.475	1.201.322.733	9,81
2005	12.129.582.888	1.923.413.243	15,86
2006	11.369.446.170	2.409.929.183	21,20
2007	11.752.110.641	1.768.708.773	15,05
2008	10.565.048.279	2.283.845.011	21,62
2009	10.289.011.223	2.598.285.900	25,25
2010	10.742.743.544	2.867.433.257	26,69
2011	14.164.995.262	5.275.085.838	37,24
2012	12.387.122.253	2.906.877.577	23,47
2013	1.287.4218.664	3.184.752.011	24,74
2014	12.956.591.839	3.396.819.135	26,22
2015	13.358.543.755	3.901.406.587	29,21
2016	13.202.894.393	3.634.390.700	27,53
2017	14.052.887.731	4.368.456.779	31,09
2018	15.333.578.508	5.668.890.030	36,97
2019	16.075.434.357	6.537.781.647	40,67

Forrás: Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer adatbázis alapján, a szerző saját készítése.



*Megjegyzés: sötét színnel jelölve a keletkezett építési-bontási hulladék mennyiségének részaránya

Forrás: Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer adatbázis alapján, a szerző saját szerkesztése.

A keletkezett építési-bontási hulladék mennyiségének részaránya az éves hulladék mérlegekből⁸¹

⁸⁰ Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer (a továbbiakban: OKIR) adatbázisa.

⁸¹ OKIR adatbázis.

Ezen belül megvizsgálva a magyarországi régiókban tapasztalható változásokat, a keletkezett építési és bontási hulladékok arányáról az alábbiakat mondhatjuk el (lásd a lenti táblázatot). A 2004-es adatokhoz képest az ország teljes területén egyértelmű növekedés tapasztalható az építési-bontási hulladékok keletkezését tekintve. Ezen belül is kiemelkedik Pest megye, valamint a Dél-Dunántúl területe, ahol a 15 év viszonylatában mintegy tizenháromszorosára növekedett az ilyen hulladéktípus képződési aránya. További jelentős növekedés tapasztalható a Közép-Dunántúli régióban is, ahol a 2004-ben termelődött hulladék mennyisége 2019-re a nyolcszorosára növekedett, valamint Nyugat-Dunántúl és Budapest viszonylatában is, ahol a vizsgált időszakban mintegy hatszoros növekedés tapasztalható. A kapott eredményekből meglepő a dél-dunántúli régió kiemelkedő szerepe, mely az alábbiakkal magyarázható. Ebbe a régióba tartozik a Balaton déli partja is, ahol az elmúlt időszakban nagyon megugrott az építkezések száma. Az M7-es autópályának köszönhetően egyre több budapesti költözik a Balaton déli partjára, amely így egész Pest megyéhez elkezdett szervesen „kapcsolódni”. Ahogy azt egy 2019-ben megjelent cikk is bemutatja 2018-ban „Budapest és Győr után Balatonlellén készült el a legtöbb értékesítésre szánt új otthon. Összesen 9537 lakás épült értékesítési céllal, ebből csak Balatonlellén 278 új lakást adtak át 2018-ban”.⁸² A térségben megkétszereződött a kiadott lakásépítési engedélyek száma, főként Siófok és Fonyód vonzáskörzetére koncentrálódik a növekedés.⁸³ A megvalósított beruházások többsége pedig feltételezhetően hozzájárult a régióban keletkezett építési és bontási hulladékok képződéséhez.

Építési-bontási hulladékok keletkezésének régiónkénti alakulása Magyarországon⁸⁴

Régió neve	Keletkezett hulladék mennyisége (kg)	
	2004	2019
Budapest	251.654.450	1.588.463.150
Dél-Alföld	335.369.063	437.102.918
Dél-Dunántúl	34.756.764	453.334.617
Észak-Alföld	159.680.840	396.257.244
Észak-Magyarország	77.630.651	296.702.340
Közép-Dunántúl	98.273.763	818.490.995
Nyugat-Dunántúl	89.350.527	532.002.762
Pest	154.606.670	2.015.427.621
Összesen	1.201.322.733	6.537.781.647

Forrás: Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer adatbázis alapján, a szerző saját készítése.

Ha megvizsgáljuk az egyes hulladékfrakciók mennyiségének változását, az alábbi táblázatban nevesített eredményeket kapjuk. Az elmúlt 15 évben az alábbi táblázatban megjelölt hulladéktípusok mennyiségi értékei egyértelmű növekedést mutatnak, a képződött mennyiség a vizsgált időszakban átlagosan megkétszereződött. Kiugró értéket képvisel azonban az ón és a cink aránya, a növekedés az ón esetében 13-szoros, míg a cink esetében 20-szoros. A két kiugró értékre az alábbi magyarázat valószínűsíthető. Az ón a bádóg egyik anyaga, amely nagyon népszerű manapság a modern házakon, mert sokkal időtállóbb, ellenállóbb az időjárással szemben, így gyakorlatilag nem is kell cserélni őket, ellentétben a kerámia cserepekkel. Ezen tulajdonságai miatt használják nagymértékben az építőiparban. Valamint

⁸² <https://24.hu/belfold/2019/05/04/orult-epitkezes-megy-a-balatonnal/> (A letöltés dátuma: 2021.10.25.).

⁸³ <https://magasepito99kft.hu/hirek/epitesi-bumm-a-balatonnal-fonyod-es-siofok-huzza-az-epitoipart> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 25.).

⁸⁴ OKIR adatbázis.

az építőiparban használják még ereszek, párkányok, homlokzati díszek alapanyagaként is. A megjelölt fémek gazdasági értéke magas, így a hulladékképződési adatok is egyértelműen rámutatnak arra, hogy a keletkezett hulladékok megfelelő kezelés és előkészítés után értékes nyersanyagokká válhatnának, és mint szekunder alapanyagok felhasználhatóak jelentős értéket képviselve az ipari ágazatokban.

Építési-bontási hulladékok egyes frakcióinak mennyiségi alakulása (2004-2019)⁸⁵

Hulladékfrakció típusa	Keletkezett hulladék mennyisége (kg)	
	2004	2019
alumínium	7.527.162	18.510.438
cink	14.586	296.999
fa	3.006.912	4.908.173
fémkeverék	2.685.670	5.224.357
műanyag	1.139.405	2.066.849
ólom	281.881	229.358
ón	4.690	60.321
üveg	402.832	817.471
vas és acél	119.050.685	301.553.351
veszélyes anyagokat tartalmazó föld és kövek	10.2069.901	41.378.889
vörösréz, bronz, sárgaréz	2.789.050	7.217.502

Forrás: Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer adatbázis alapján, a szerző saját készítése.

A Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia 2021-2023 felhívja a figyelmet arra is, hogy az építési hulladék újrahasználatra való előkészítése, újrafeldolgozása, út- és egyéb építésben történő hasznosítása hazánkban még nem elterjedt megoldás. E hulladékok jelenlegi hasznosítását nagyjából 30-40 % között határozza meg. Ennél fogva a stratégia kitér arra, hogy az építésgazdasági szektorban tapasztalható megnövekedett nyersanyag kitermelés mellett a tömedékanyagok, másodnyersanyagok (például meddők) és hulladékok nagyobb arányú jövőbeni felhasználása bizonyos esetekben megoldást jelenthet arra az esetre, ha ellátási nehézségek adódnának, természetesen a megfelelő minőségi szempontok szem előtt tartásával.⁸⁶

A fenti adatokból jól kitűnik, hogy a keletkezett hulladékok révén, azok nagy és egyben egyre növekvő mennyisége miatt az építőipar az egyik legkörnyezetterhelőbb ágazat. Az építési és bontási hulladék sok értékes anyagot tartalmaz, melyek elkülönített gyűjtésével és kezelésével fontos alapanyagok nyerhetők ki költséghatékonyan, valamint használhatók fel, mint szekunder anyagforrás. Ezáltal a hulladékok elhelyezési problémái is csökkenthetők lennének. A keletkezett építési-bontási hulladékok közel 80%-a újrahasználható lehetne a megfelelő rendszerek kiépítésével (mint például befogadó udvarok, hasznosító kapacitások), megfelelő ösztönző szabályozás kialakításával a forgalmazási lehetőségek megteremtése mellett.⁸⁷

⁸⁵ OKIR adatbázis.

⁸⁶ Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia 2021-2023: Az építésgazdaság hatékonyságjavítását, teljesítménynövelését és az épített környezet fenntartható fejlesztését célzó középtávú stratégia. Innovációs és Technológiai Minisztérium. 81. <https://kormany.hu/publicapi/document-library/nfe-strategia/download> (A letöltés dátuma: 2021.10.10.).

⁸⁷ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020. 297. (https://2015-2019.kormany.hu/download/f/a6/d1000/OHT%202014-2020_egys%C3%A9ges%20szerkezetben.pdf) (A letöltés dátuma: 2021. 09. 10.).

1.2. Az építőipar jelentősége az Európai Unióban és a hazai anyag- és energia-felhasználásban⁸⁸

Az építőipar jelentős szerepet tölt be az európai gazdaságban: a Bruttó Hazai Termék (GDP) csaknem 10%-át állítja elő, és 20 millió munkahelyet biztosít, melyek túlnyomó része mikro- és kisvállalkozásokban található. Az építőipar emellett köztes termékek (nyersanyagok, vegyi anyagok, elektromos és elektronikus eszközök stb.) és az ezzel kapcsolatos szolgáltatások fontos fogyasztója is. Gazdasági jelentősége miatt az építőipar teljesítménye nagymértékben befolyásolhatja a teljes gazdaság alakulását.⁸⁹ Amellett, hogy új munkahelyeket teremt, elősegíti az uniós és az állami szintű gazdasági növekedést, megoldásokat és lehetséges alternatívákat kínál az egyes társadalmi, éghajlati és energetikai kihívásokra. Ebből kifolyólag e szektor fenntarthatóbbá válása az Európai Unió egyik legfontosabb prioritása kell, hogy legyen.

Egy gazdasági vagy ipari szektor versenyképességének meghatározását számos szempont mentén meg lehet közelíteni. Az építőipar esetében ez az *ipari termelési érték változásával*, a változási *folyamatok irányával* és *mértékével fejezhető ki*. Ennek értékét megadhatjuk tényleges számadatokkal, vagy az építőipari szektor volumenindexének nagyságával is.

Az EU-s építőipar teljesítményét mutató index változását az alábbi táblázat foglalja össze a 2000 és 2020 közötti időszakokra vonatkozóan. Jelen esetben ez egy naptári évhez igazított (2015), de szezonálisan nem kiigazított mutatószám.

Az építőipari termelés volumenindexe az Európai Unióban (2000-2020)

Tagállam\Év	2000	2005	2010	2015	2020	Vált. '00-'20
EU-27 (2020-)	110,1	113,8	107,6	100,0	105,5	-4,18%
EU-28 (2013-2019)	103,2	109,0	103,7	100,0	-	-
Csehország	73,0	103,4	107,5	100,0	102,5	+40,4%
Magyarország	82,9	132,6	91,7	100,0	139,8	+68,6%
Lengyelország	77,0	60,7	97,3	100,0	116,4	+51,2%
Szlovákia	70,2	93,9	100,2	99,9	85,4	+21,7%

Forrás: EUROSTAT⁹⁰ adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A táblázatból kiderül, hogy csupán néhány tagállam kivételével változott a termelési volumen negatív irányba. Az építőipar csak 2019-ben, az EU-28 tagállamára nézve 833 875 300 000 eurós összeget tett ki az uniós gazdasági számlaösszesítésből, mely az eddigi valaha mért legnagyobb számadat. Ennek ellenére, ez csupán 5,66%-át tette ki a 2019. évi EU-28-as gazdasági számlának. Az összes szektort és ágazatot magába foglaló végösszeg közel 14.734.687.200.000 euró körül alakult. Szintén ebben az évben, Magyarország 7.110.600.000 eurós építőipari értékkel rendelkezett, mely nemzeti szinten szintén maximum érték volt. A hazai ágazat szinte azonos módon, mintegy 5,74%-át szolgáltatta a nemzeti számlának (a teljes számla: 123.711.100.000 euró). Hazánk esetében 2000 és 2020 között +68,6%-kal növekedett a két év viszonylatában az építőipari volumenindex. Az évenkénti átlagos változás érték ezzel szemben már jóval szerényebb, +3,46%/év. A 2008-as gazdasági világválságot megelőzően, Magyarország volumenindexe minden egyes évben 110 feletti indexértékek körül tendált.

⁸⁸ A 1.2. alfejezet Macher Gergely Zoltán tanszéki mérnök írása.

⁸⁹ A Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak (2012): Az uniós építőipar és az abban működő vállalkozások fenntartható versenyképességi stratégiája. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A52012DC0433>

⁹⁰ EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Termelés az építőiparban - éves adatok (STS_COPR_A). Elérhető: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/STS_COPR_A__custom_1190510/default/table (A letöltés dátuma: 2021.09.22.).

Ezzel szemben már 2008 után 100 alatti indexértékek is kirajzolódtak. A minimum év a 2012-es volt, ugyanis a magyarországi volumenindex már csak 78,8-es nagyságú volt, melyet azóta ugyan kisebb csökkenő értékekkel tarkított, de növekedő tendencia jellemez.

1.2.1. Az építőipari nyersanyagok belföldi felhasználásának anyagáramlási mértéke

Az elmúlt évszázad során a globális népesség és az anyagfelhasználás ~4-szeresére, illetve ~10-szeresére nőtt.⁹¹ Ugyanezen tanulmány szerint az építőipari ásványok felhasználása 42-szeresére nőtt. Az egy főre jutó éves anyagfelhasználás drámai növekedése 792 Gt anyag felhalmozódását eredményezte az épületek, infrastruktúra és egyéb használatban lévő készletekben. Ez 23-szor nagyobb készletfelhalmozást jelent, mint a huszadik század elején.⁹²

Világviszonylatban az építőipar és az épített környezet fogyasztja a legnagyobb részarányt az anyagokból⁹³, és egyben a helyi hulladéktermelés legmagasabb arányát is képviseli.⁹⁴ Az építőipar jelentősége az anyagfelhasználás szempontjából a jövőben várhatóan tovább fog növekedni.⁹⁵ A nemzetgazdaságok teljes anyagfelhasználásának- és kibocsátásának elemzésére az anyagáramlás-számlák, és az azokhoz kapcsolódó mutatószámok állnak rendelkezésre. Az anyagmérleg az adott gazdasági tevékenységet mérlegszerűen, monetáris egységben vizsgálja az anyagáramlási folyamatok leírásakor. Az input oldalon a környezetből a gazdaságba, az output oldalon pedig a gazdaságból a környezetbe áramló anyagáramok szerepelnek. A soron következő elemzések megfigyelési időszaka (2000-2019) aszerint került lehatárolásra, hogy a 2019-es adatok egyszer már átestek felülvizsgálati és rekalkulációs eljárás, továbbá a 2020-as adatok nem érhetőek el. A legkisebb lehatárolható területi egység a tagállami nemzetgazdasági és nem a szektorális szint. A vizsgált anyagcsoportok a következők:

- homok és kavics;
- márvány, gránit, homokkő, porfir, bazalt, más díszítő vagy építő kő;
- mészkő és gipsz;
- agyag és kaolin (II. részben kerül kifejtésre).

Az Európai Unió 2000 és 2020 közötti bővülése okán több geopolitikai kategória is elemezhető, így 2013 és 2020 között fennálló 28 tagállamból álló szint, valamint a 2020-ban történő BREXIT következtében előálló 27 tagállami uniós szint. A vizsgált kategóriákhoz tartozó adatok több esetben is vissza vannak vezetve a 2000-es évig, így lehetséges azok idősoros elemzése. Mivel anyagfelhasználásról és a 2000 és 2019 (ahol adat elérhető) közötti időszakról esik szó, a következő elemzések során az EU-28 visszavezetett adatai kerülnek megvizsgálásra, hiszen azok mibenlétéhez jelentős mértékben hozzájárult még az Egyesült Királyság e szektorra gyakorolt gazdasági hatása és húzóereje is.

⁹¹ KRAUSMANN Fridolin - GINGRICH Simone - EISENMENGER Nina - ERB KARL Heinz - HABERL Helmut - FISCHER -KOWALSKI Marina (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics*, vol. 68. no. 10. 2696 – 2705.

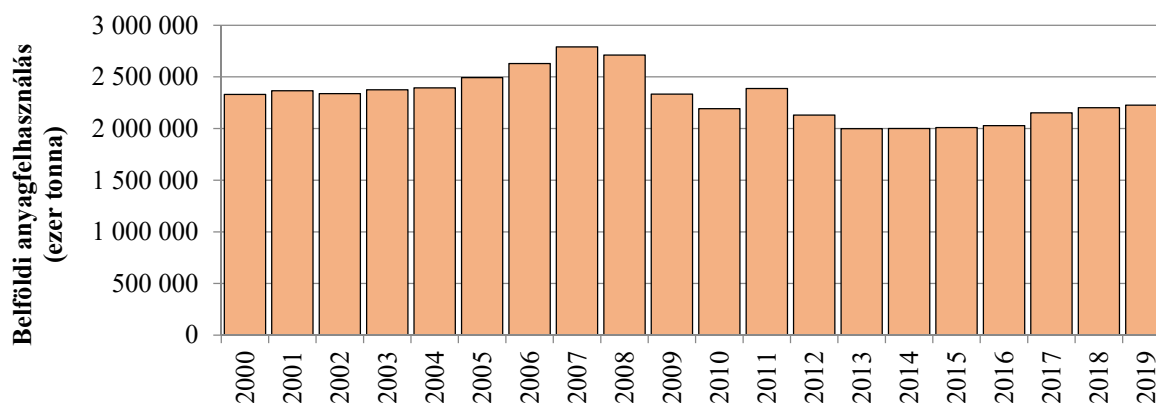
⁹² KRAUSMANN Fridolin - WIEDENHOFER Dominik - LAUK Christian - HAAS Willi - TANIKAWA Hiroki - FISHMAN Tomer - MIATTO Alessio - SCHANDL Heinz - HABERL Helmut (2017): Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Open Access. vol. 114. no. 8, 1880 – 1885.

⁹³ SCHANDL Heinz - FISCHER-KOWALSKI Marina- WEST James – GILJUM Stefan – DITTRICH Monika – EISENMENGER Nina – GESCHKE Arne – LIEBER Mirko – WIELAND Hanspeter - SCHAFFARTZIK Anke – KRAUSMANN Fridolin – GIERLINGER Sylvia – HOSKING Karin – LENZEN Manfred – TANIKAWA Hiroki – MIATTO Alessio – FISHMAN Tomer (2016): Global Material Flows and Resource Productivity. Assessment Report for the UNEP International Resource Panel. United Nations Environment Programme.

⁹⁴ ATHANASSIADIS Aristide - BOUILLARD Philippe - CRAWFORD Robert H. – KHAN Ahmed Z. (2016): Towards a dynamic approach to urban metabolism: tracing the temporal evolution of brussels' urban metabolism from 1970 to 2010. *Journal of Industrial Ecology*. 10.1111/jiec.12451.

⁹⁵ FISHMAN Tomer – SCHANDL Heinz - TANIKAWA Hiroki (2016): Stochastic analysis and forecasts of the patterns of speed, acceleration, and levels of material stock accumulation in society. *Environmental Science and Technology*, 50 (7) 3729-3737, 10.1021/acs.est.5b05790.

A 2000 és 2019 közötti időszakban az EU-28 anyagfelhasználásának nagysága 1,998 és 2,79 milliárd tonna között váltakozott a *homok és a kavics* vonatkozásában. 2000-ben a 28 tagállam együttes felhasználása majdnem elérte a 2,33 milliárd tonnát, mely 2019-re egy kisebb hullámzást követően kicsivel több, mint 2,22 milliárd tonnára emelkedett vissza (lásd a lenti ábrát). A változás értéke -4,4%.



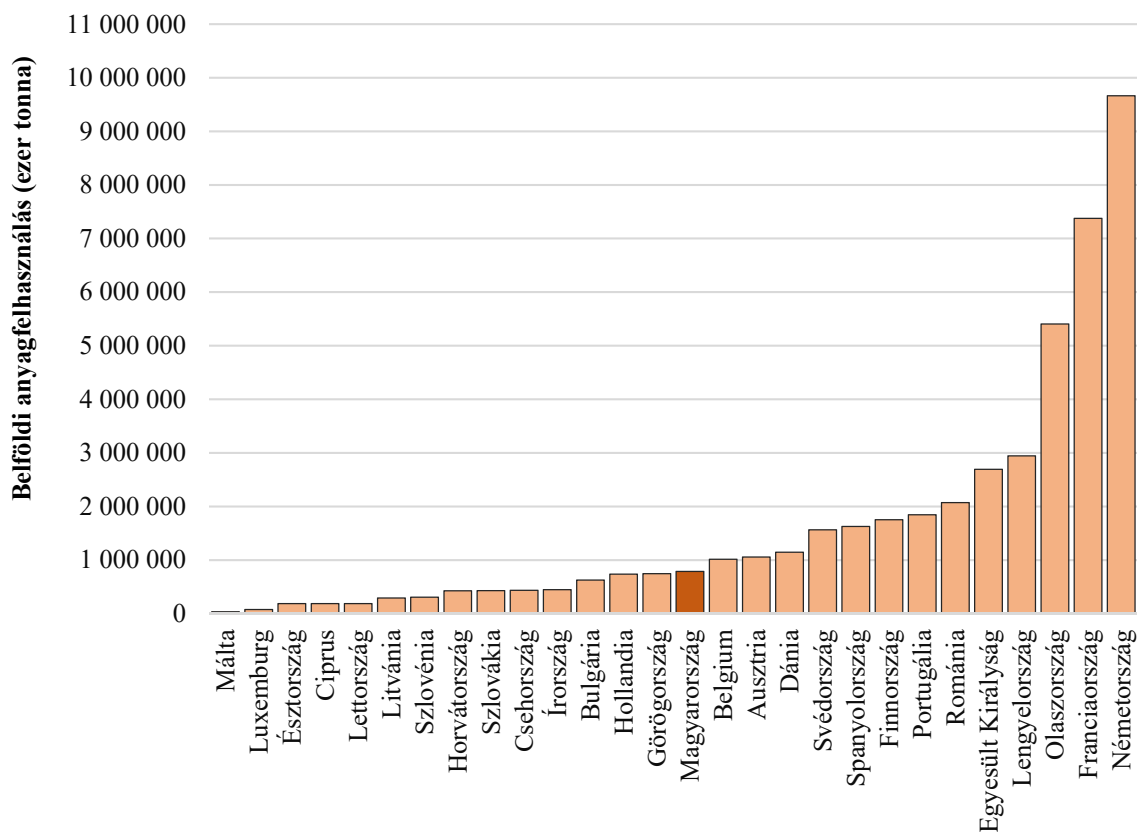
Forrás: EUROSTAT⁹⁶ adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A homok- és kavics felhasználásának alakulása az EU-ban (ezer tonna, 2000-2019)

Tagállami szinten vegyes összkép mutatkozott. 15 tagállam esetében (köztük Magyarországon is) növekedés volt tapasztalható. Románia (+635,8%), Észtország (+472,2%) és Lettország (+336,1%) produkálta a legnagyobb emelkedést. Az összesítésben Magyarország a nyolcadik helyen áll, +108,4%-os növekedéssel. Ezzel szemben 13 államban (mai értelemben 12) csökkenés volt jellemző, azok közül is Szlovénia (-36,1%), Spanyolország (-45,7%) és Olaszország (-54,2%) áll az utolsó három helyen.

Az összesített tagállami felhasználási adatok szerint szintén jelentős eltéréseket lehet kimutatni. Németország egymaga a többszörösét használta fel a lista végén álló országok együttes értékének. A pontos adat több mint 9,66 milliárd tonna. A második helyen Franciaország áll (7,375 milliárd tonna), míg a képzeletbeli dobogó harmadik fokára Olaszország jutott fel, közel 5,4 milliárd tonnával.

⁹⁶ EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Anyagáramlási számlák (ENV_AC_MFA). Elérhető: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AC_MFA__custom_1190443/default/table (A letöltés dátuma: 2021.09.26.).



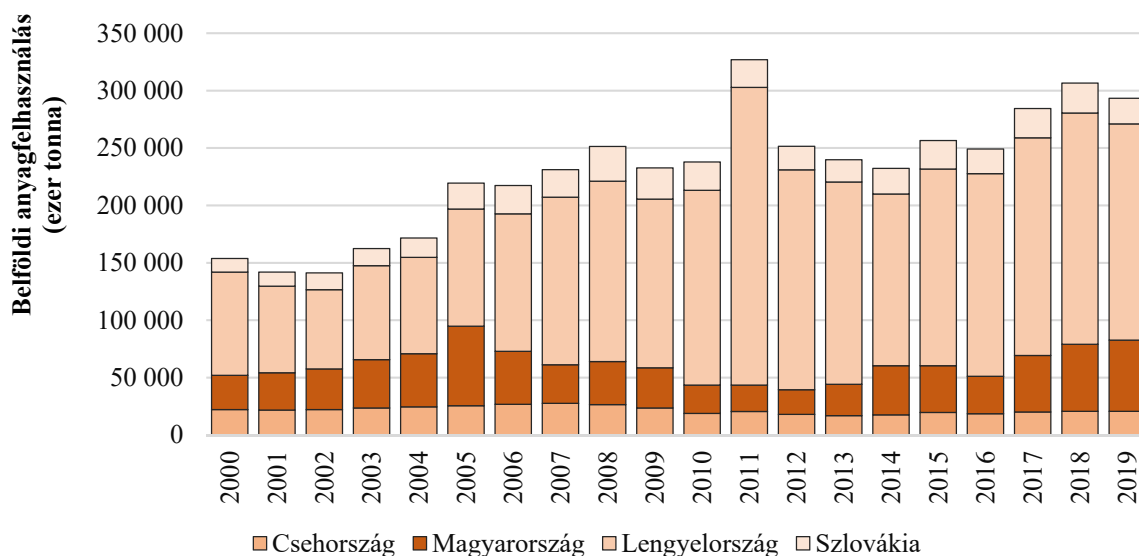
Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A tagállami szintű homok- és kavicsfelhasználás alakulása (ezer tonna, 2000-2019)

Magyarország a lista középmezőnyében, a tizennegyedik (mai értelemben tizenharmadik) helyen áll, hiszen 2000 és 2019 között több mint 798,98 millió tonna homokot és kavicsot használt fel. A sorrend utolsó három helyezettje Észtország, Luxemburg és Málta.

Magyarország V4-en belüli helyzete hullámzó és kis részarányú volt. A négy tagállam közül Lengyelország képviselte a legnagyobb részesedést minden egyes évben. A 2011-es év – ahogy az a 3. ábrán is látható – kimagaslik a többi évhez képest. A 2008-as válság hatása Magyarország esetén is érezhető volt, hiszen egy 2012-ig tartó visszaesésen ment keresztül az amúgy is csekély részesedés. Hazánk belföldi anyaginputjának nagysága 21,4 millió és 69,2 millió tonna között alakult. A nyitóév (2000) és a záróév (2019) között mégis növekedés volt, melynek nagysága jelentős, mértéke pedig +108,4%.

2000-ben a százalékos részesedésünk 19,4% körülire volt tehető, mely 2011-re már 7,07%-ra esett vissza. Azóta egyenletes növekedésen megy keresztül a részesedés, így 2019-ben már 21,17%-ot tett ki a magyarországi input a Visegrádi Együttműködés tagállamai között.

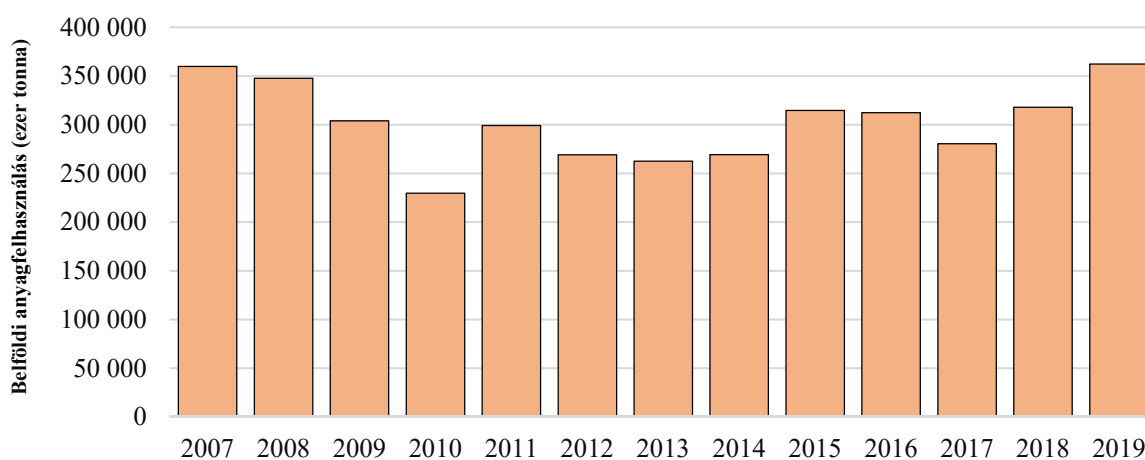


Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Homok- és kavicsfelhasználás a V4 tagállamokban (ezer tonna, 2000-2019)

Márvány, gránit, homokkő, porfír, bazalt, más díszítő vagy építő kő

Az EU-28 belföldi anyagfelhasználásának nagysága a 2007 és 2019 közötti időszakban 229,7 millió és 362,4 millió tonna között alakult. A 28 tagállam együttes felhasználása 2007-ben még 359,9 millió tonna volt, mely 2019-re 362,4 millió tonnára emelkedett. 2008 után egy folyamatos visszaesést lehet észrevenni az EU-s felhasználásban egészen 2010-ig. 2016 óta azonban egy markánsabb növekedés volt megfigyelhető, mely egészen 2019-ig volt tapasztalható. Így elmondható, hogy a nyitó és záróév közötti változás dinamikus ingadozásnak köszönhetően is csak +0,678%-os volt. Ahogy az alábbi ábrán is látható, a felhasználás volumene nem mutat tehát egységes, lineáris képet, hanem hullámzó tendenciát követ.

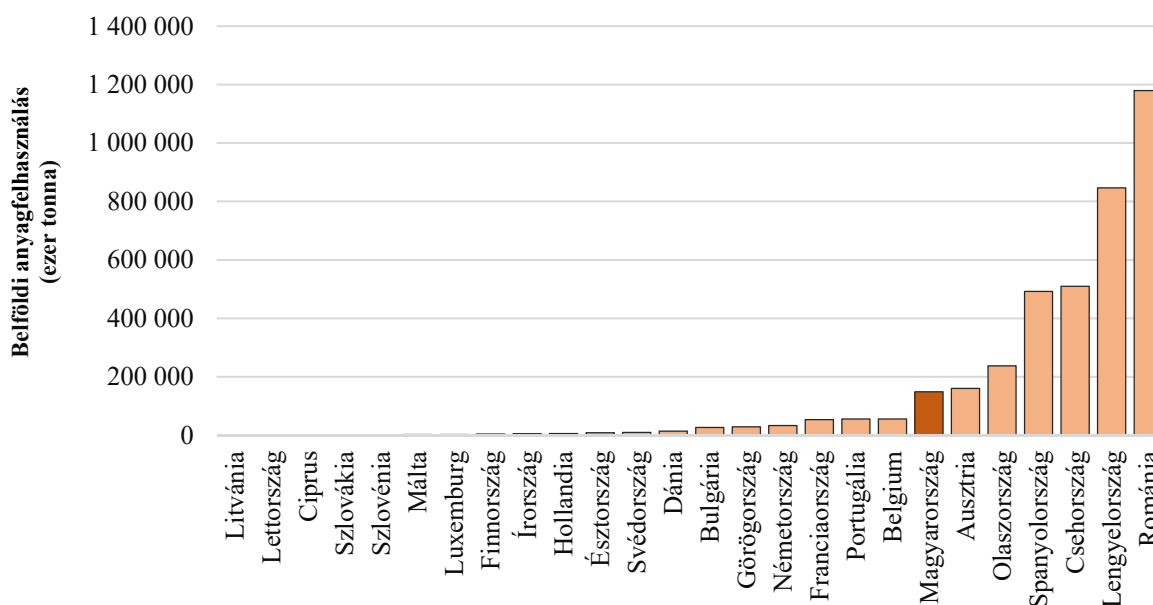


Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A márvány, gránit, homokkő, porfír, bazalt, más díszítő és építő kő felhasználásának alakulása az EU-ban (ezer tonna, 2007-2019)

A nemzetgazdasági helyzetkép feltárására ezzel szemben már rendelkezésre állnak tagállami szintű, hitelesített adatok a 2000 és 2019 közötti időszakra. Tagállami szinten szintén vegyes összkép mutatkozott a felhasználás mértékében. Noha az egykori tagállam (Egyesült Királyság), valamint Horvátország esetében nem áll rendelkezésre kellően értelmezhető és vizsgálható adat, mégis elmondható, hogy 10 tagállamnál növekedés volt jellemző, közülük kettő jelentős mértékben növelte az anyagfelhasználását: Franciaország esetében +226,2%-os, míg Szlovákia esetében +122,3%-os a növekedés. Nagymértékű emelkedést produkált még Lengyelország, Svédország, valamint Magyarország is (+42,7%). Ezzel szemben 16 esetben jelentős visszaesés volt tapasztalható. A legnagyobb csökkenés Görögország (-98,9%) esetében volt tapasztalható, melyet Finnország előzött meg a -97,9%-os visszaesésével, míg Lettország produkálta a harmadik legnagyobb felhasználásbeli csökkenést (-78,3%).

A százalékos változás mellett célszerű megnézni még a tagállami szintű felhasználási értékeket is. Az EU tagállamok között tekintélyes eltérések mutatkoznak. Mivel egyes országok esetében nem áll rendelkezésre 2007 előtti adat, jelen esetben is az határolja le a vizsgálati időszakot.



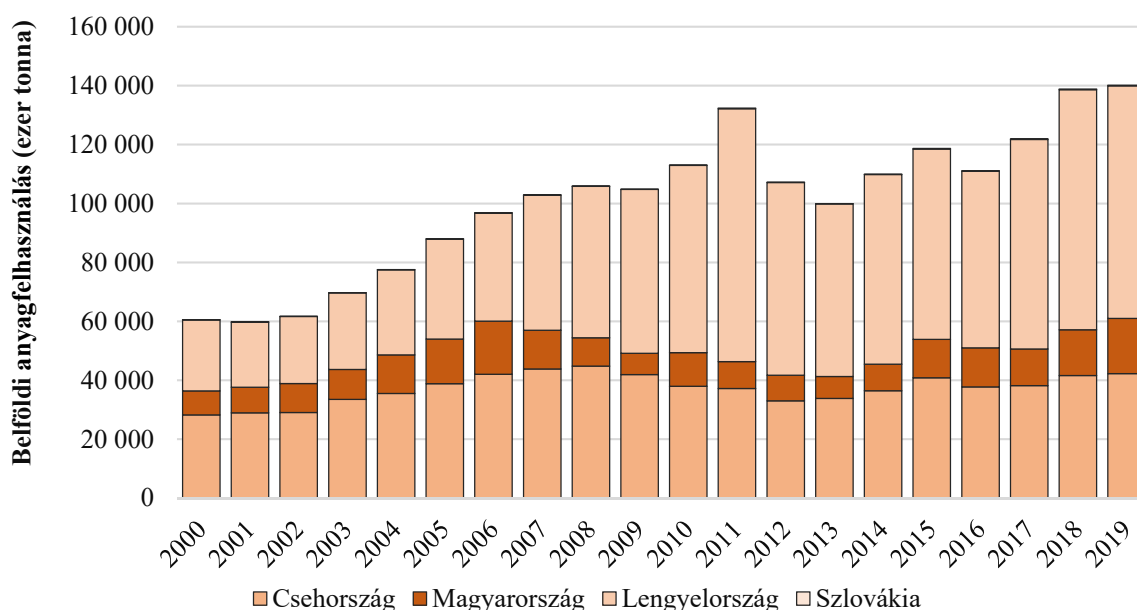
Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A tagállami szintű márvány, gránit, homokkő, porfir, bazalt, más díszítő és építő kő felhasználásának alakulása (ezer tonna, 2007-2019)

Noha Románia (továbbá Bulgária és Horvátország) az egyik olyan tagállam, amely esetében nem állnak rendelkezésre 2007 előtti adatok, az ábrából látható, hogy így is egymaga több nyersanyagot használt fel, mint a legtöbb EU-s tagállam összesítve. 1,18 milliárd tonnányi értéke közel 1719-szer tudná fedezni Litvánia, vagy 7,94-szer Magyarország értékét. A második helyen Lengyelország áll 846,78 millió tonnával, melyet Csehország követ (509,84 millió tonna). Magyarország a 7. helyen áll az összesítésben (148,6 millió tonna). Ezzel szemben Litvánia a mindösszesen 686.270 tonnás értékével az utolsó az Európai Unió tagállamai sorában. Előtte Lettország helyezkedik el 737.890 tonnával,

melyet Ciprus előzött meg (1,496 millió tonna). Az egyetlen nem említett V4 tagállam (Szlovákia) a lista második felében helyezkedik el, hiszen 1,85 milliós értéke a 22. helyre volt elegendő.

Magyarország helyzetét érdemes még a Visegrádi Együttműködés (V4) tagállamainak vonatkozásában is elemezni. *Hazánk 2000 és 2019 között harmadik helyen szerepelt a négy tagállam között a márvány, gránit, homokkő, porfír, bazalt, más díszítő és építő kő felhasználásában. Összehasonlításképpen, Magyarország részesedése 6,87% (2011) és 18,61% (2006) között ingadozott. Hazánk belföldi anyagfelhasználásának nagysága a 2000 és 2019 közötti időszakban 7,23 millió és 18,7 millió tonna között változott. A 2008-as válság hatása már kevésbé megállapítható, ahogy az alábbi ábrán is látható.*



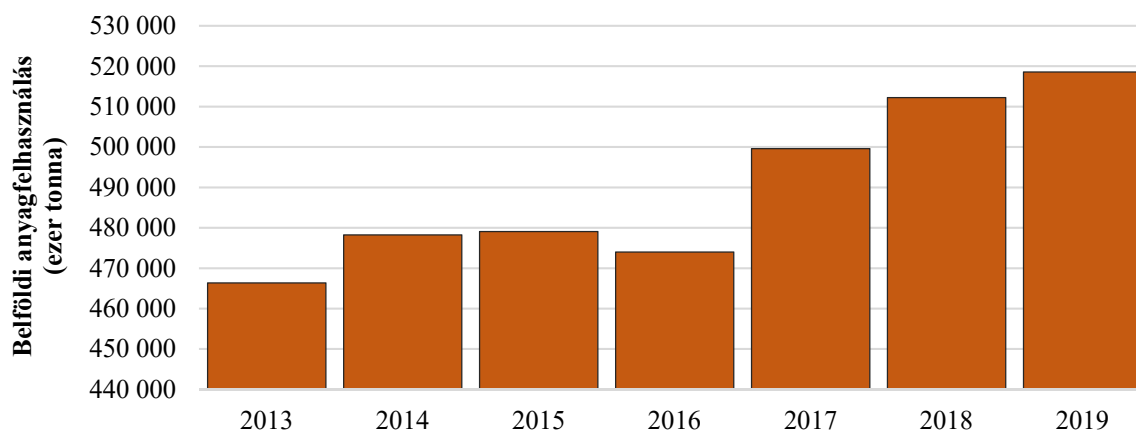
Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A márvány, gránit, homokkő, porfír, bazalt, más díszítő és építő kő felhasználásának alakulása a V4 tagállamokban (ezer tonna, 2000-2019)

Az EU-28 tagállamaira együttesen nem áll rendelkezésre 2000-ig visszavezetett hitelesített adatsor a *mész- és gipszfelhasználás* vizsgálatához, így az elérhető adatok alapján az elemzés 2013-ig végezhető csak el visszamenőleg. Ez a megjegyzés csak az összesített eredményekre vonatkozik, tagállami szinten a felülvizsgált adatok továbbra is rendelkezésre állnak pár kivétellel (Románia). Az EU-28 anyagfelhasználásának nagysága a 2013 és 2019 közötti időszakban, 466,4 millió (2013) és 518,6 (2019) millió tonna közöttire volt tehető (lásd a lenti ábrát). Az élénkülő európai építőipar eredményeképpen jobbra egy egyenletes növekedés figyelhető meg (mindössze a 2016-os évben csökkent 5 millió tonnával az uniós felhasználás). A nyitó- és a záróév közötti változás +11,2%-t tett ki, vagyis növekvő mértékről beszélhetünk.

Jelen esetben is vegyes összképet mutat a tagállami szintű anyammérleg. Elmondható, hogy 13 tagállam esetében növekedés ment végbe, közülük is Málta sokszorozta meg jelentősen a 2000-es évhez viszonyított fogyasztását (+8168,7%). A lettországi inputváltozás már kézzelfoghatóbb (+390,03%),

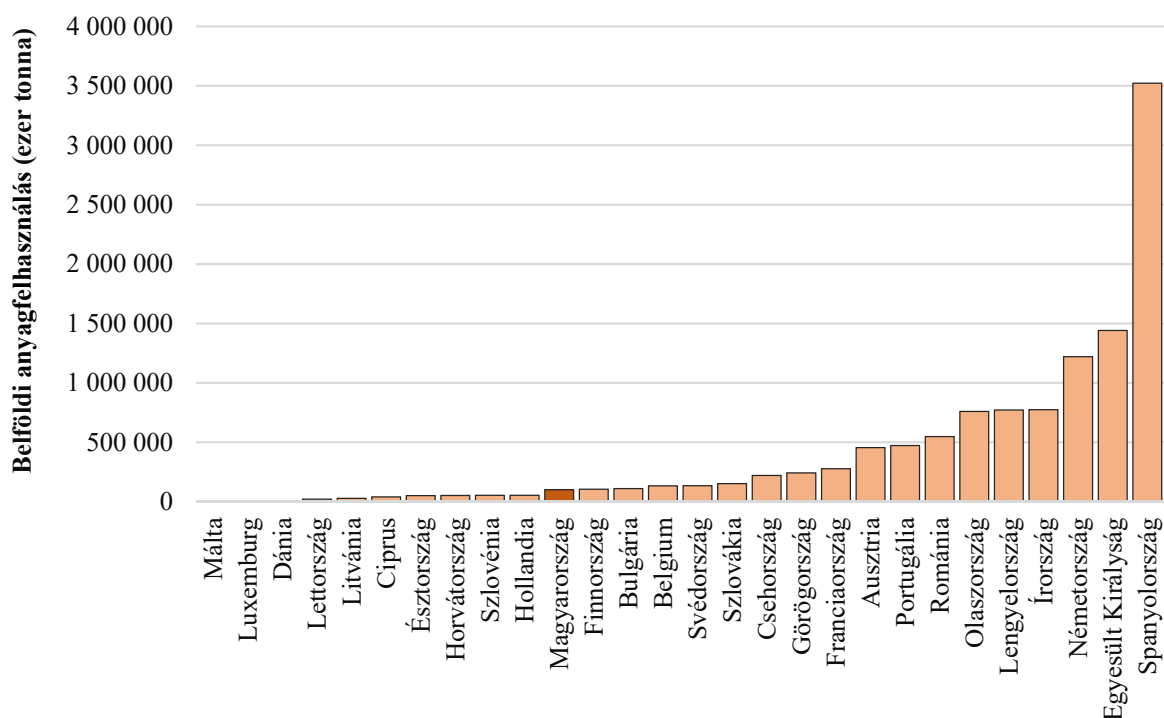
míg Litvánia már szerényebb értékkel, +91,4%-kal növelte a fogyasztást. Ezzel szemben a tagállamok többségében (Magyarországon is) csökkenés volt jellemző. Kiemelendő Görögország és Spanyolország esete, ahol több mint a felére esett vissza a felhasználás, míg a legnagyobb mértékű (-253,7%) visszaesést Dánia produkálta. Az összesített adatok feldolgozását és összehasonlítását hátráltatja, hogy a Romániához kapcsolódó adatok csak 2013 és 2019 között érhetőek el.



Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A mész- és gipsz felhasználásának alakulása az EU-ban (ezer tonna, 2013-2019)

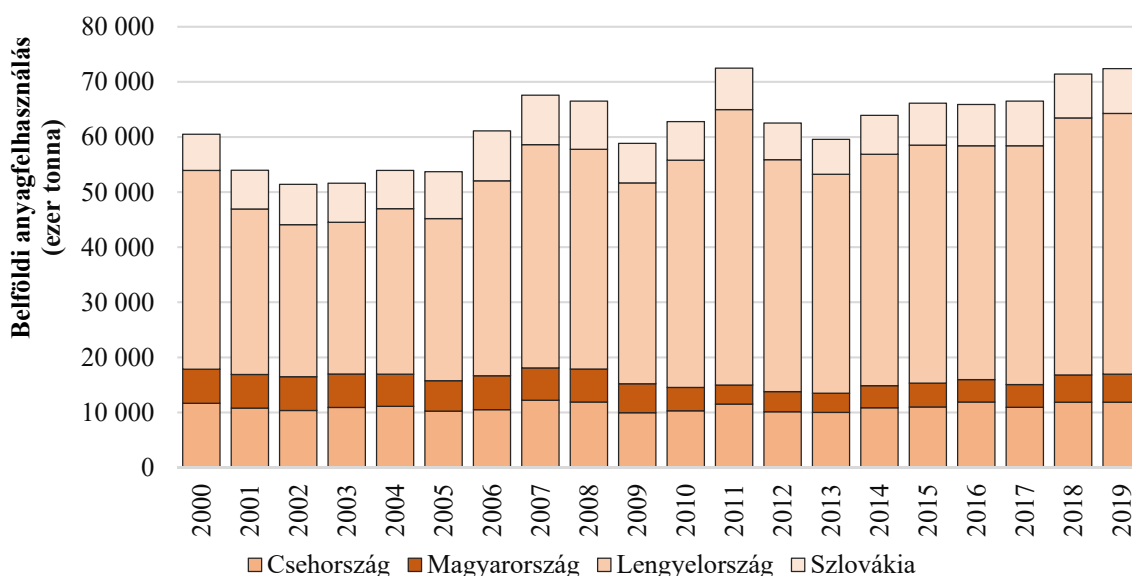
Jelen esetben már Spanyolország anyaginputja teszi ki (több mint 3,5 milliárd tonna) a tagállamok összfogyasztásának többszörösét.



A tagállami szintű mész- és gipszfelhasználás alakulása (ezer tonna, 2000-2019)

A második helyen a ma már csak egykoron EU-tag Egyesült Királyság áll, így mai viszonylatokban a valódi második EU-tagállam Németország (1,22 milliárd tonna), melyet Írország (773,9 millió tonna) követ. Magyarország a lista középmezőnyében, a tizennyolcadik (mai értelemben tizenhetedik) helyen áll, mivel közel 100,5 millió tonna mészkövet és gipszet használt fel. Az utolsó három helyen Dánia, Luxemburg és Málta helyezkedett el.

Magyarország V4-en belüli helyzete viszonylag egyenletesnek mondható. A négy tagállam közül szintén Lengyelországé volt a legnagyobb részesedés minden egyes évben. Hazánk anyaginputjának mértéke 3,47 millió és 6,17 millió tonna között váltakozott. A nyitó- és a záróév közötti változás mégis csökkenő tendenciájú (-17,36%). A 2008-as válság hatása nem érintette jelentős mértékben a mészkő- és gipszfelhasználást, visszaesés nem volt kimutatható. Ugyanakkor 2007 előtt Magyarország részesedése 10% fölött alakult, mégis az azt követő időszakban 4-9% közötti értékeken váltakozik. A legrosszabb arány 2011-ben fordult elő (4,79%). Ezzel szemben elmondható, hogy azóta egy enyhén hullámzó, de növekedő tendenciát követő részesedés bontakozik ki (2019: 7,04%).



Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Mészkő- és gipszfelhasználás a V4 tagállamokban (ezer tonna, 2000-2019)

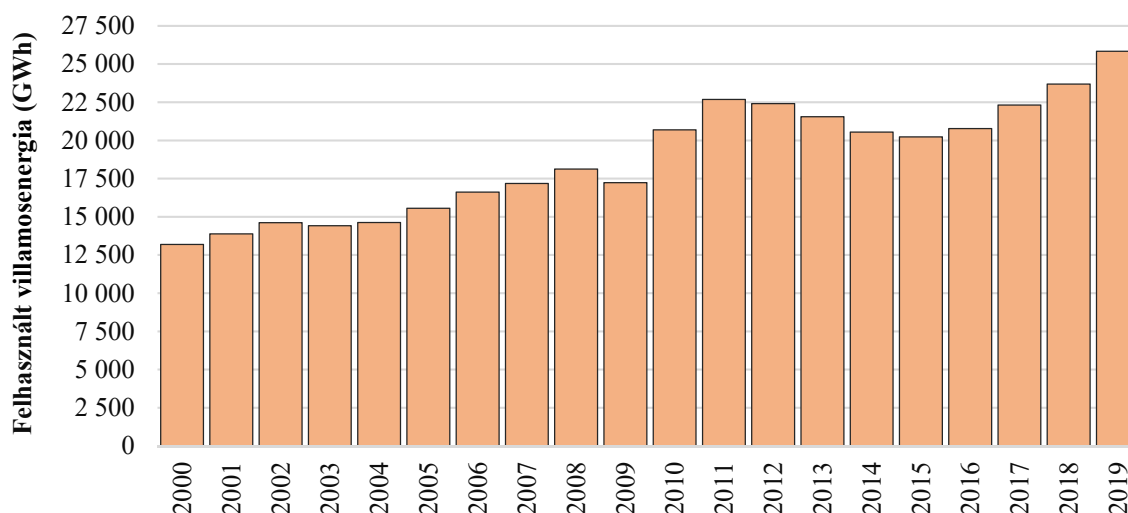
1.2.2. Az Európai Unió építőipar villamosenergia-fogyasztásának mértéke

Az Európai Unió vizsgált 28 tagállama 2000 és 2019 között összesen 21.534.329,5 ktoe (kilotonna olajegyenérték) energiamennyiséget használt fel, mely átszámítva 250.444.251,6 GWh-t tesz ki. Ennek 26,0 %-át az ipari szektornak szolgáltatott mennyiség tette ki (65.134.109,2 GWh), melyen belül csak 2,71% köthető az építőiparhoz.⁹⁷ Ebbe az energiamennyiségbe beleszámít minden energiahordozó, így a felhasznált kőolaj, földgáz, hőenergia, nukleáris energia és maga a villamosenergia is.

⁹⁷ EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Energia mérlegek – Végső energiafogyasztás – régi metodika. Adattáblák elérhetők: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances> (A letöltés dátuma: 2021.10.09.).

Az építőipari villamosenergia-felhasználás több egymást erősítő vagy gyengítő tényező együttes hatásának eredménye. Az energiafogyasztás mértékében döntő befolyással bír az építőipari teljesítmény alakulása, továbbá az ellátásbiztonság kérdése, melyet az energiaellátó-rendszer infrastrukturális elemeinek kiterjedtsége és érzékenysége, valamint az alkalmazott technika energetikai fejlettségének alakulása korlátozhat. Az Európai Unió tagállami szintű energiafogyasztási mérlegeinek leírása az adott gazdasági tevékenység mentén, jelen esetben az építőipart monetáris egységben kifejezve történik, a fogyasztási egységek felépítése ennek megfelelően mérlegszerű. A vizsgálati időszak (2000-2019) a korábban is alkalmazott módszertan alapján került lehatárolásra, mivel a 2019-es adatok egyszer már átestek felülvizsgálati eljáráson. Az anyagmérlegekkel szemben, itt már minden egyes tagállamra vonatkozóan rendelkezésre áll szektorális adat.

Az EU-28 villamosenergia-fogyasztásának nagysága a 2000 és 2019 közötti időszakban 13.187,5 GWh (2000) és 25.831,6 GWh (2019) közöttire volt tehető, nagyon enyhe hullámlás mellett, alapvetően növekvő a tendencia, mely az élénkülő európai építőipar eredményeképpen állhatott elő. A változás üteme +95,9%.



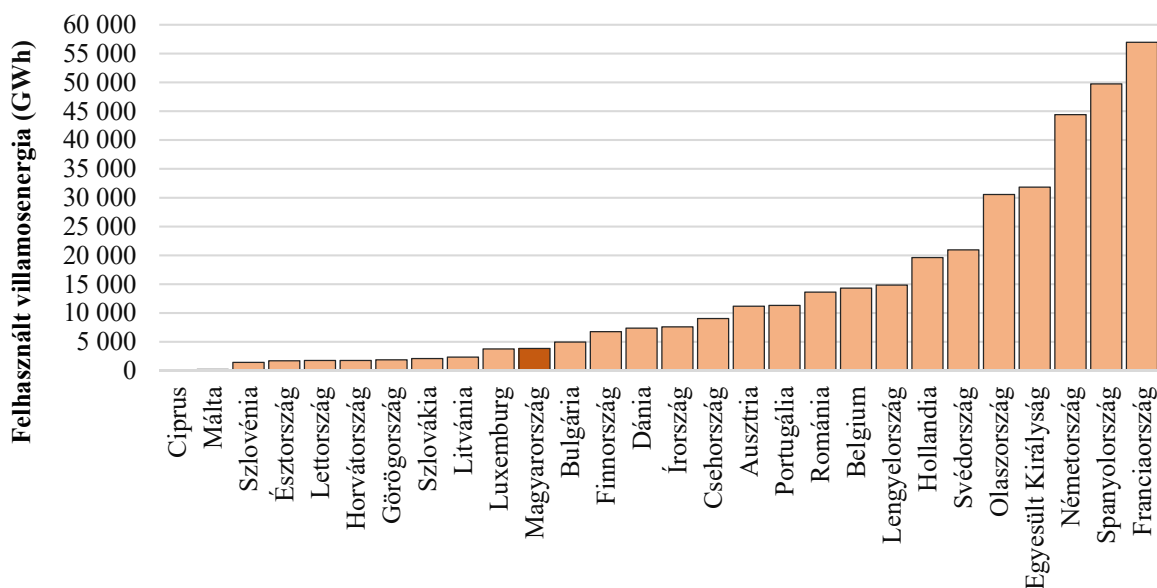
Forrás: EUROSTAT⁹⁸ adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Az építőipar összesített villamosenergia-fogyasztása az EU-ban (GWh, 2000-2019)

Az építőipari villamosenergia-fogyasztást illetően, 21 tagállam esetében jelentős mértékű növekedés ment végbe. A lista első helyén Málta áll, melyet drasztikus emelkedés (+1859,3%) jellemez. Második helyen már Magyarország található, hiszen 2000 és 2019 között 673,1%-os növekedés jellemezte az építőipar villamosenergia-igényét. Harmadik helyen Görögország helyezkedik el, mely szintén jelentős (+515,6%) változáson ment keresztül. Ezen 21 tagállamból, 100%-ot meg nem haladó növekmény 10 esetben volt kimutatható. Ugyanakkor 8 államban (vagyis mai értelemben 7 tagállam esetén) csökkenés ment végbe. Azok közül is Romániában csökkent az építőipari villamosenergia-fogyasztás a legnagyobb mértékben (-36,2%). Szomszédos államaink közül egyedül még Szlovákia sorolható e csoportba, mivel -27,8%-os visszaesés jellemezte.

⁹⁸ EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Villamosenergia-ellátás, -átalakítás és -fogyasztás (NRG_CB_E). https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_CB_E__custom_1190626/default/table (A letöltés dátuma: 2021.09.28.).

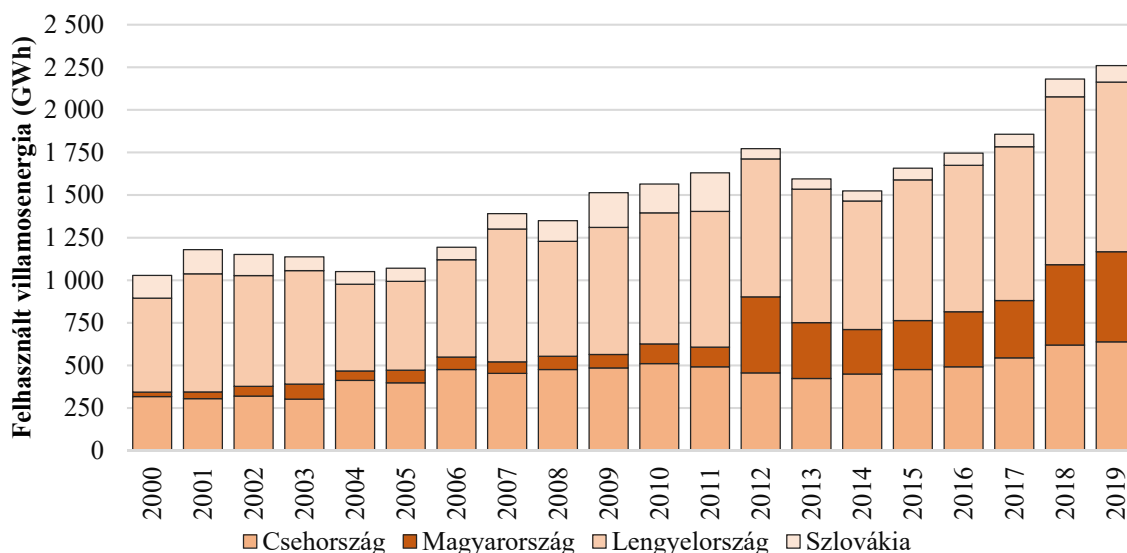
Az összesített tagállami adatok alapján jelentős, de az anyagfelhasználáshoz képest kiegyensúlyozottabb különbségeket lehet kimutatni az egyes tagállamok összehasonlításában. Jelen esetben Franciaország áll az élen, hiszen 2000 és 2019 között az építőipari energiaigénye összesen 56.937,56 GWh-t tett ki. Ez az érték legalább 14,7-szer tudná fedezni Magyarország építőiparának villamosenergia-szükségleteit. A 2000-es referenciaévhez (fogyasztás mértéke: 1.496,0 GWh) viszonyítva, Franciaország energiafelhasználásában mintegy +176,3%-os növekedés ment végbe. Második helyen Spanyolország található (összesen 49.722,0 GWh-os energiaigénnyel), melyet Németország követ (összesen 44.418,0 GWh fogyasztással). Előbbi esetében a 2000-es referenciaértékhez viszonyított változás mértéke +131,9%, míg Németország esetében már +515,6% (azaz, több mint az ötszörösére növekedett az energiaigény. Mivel a negyedik helyen az Egyesült Királyság szerepel, mai értelemben Magyarország a 17. helyen (UK-val együtt 18.) áll a maga 3.854,0 GWh-s értékével. Az utolsó három helyen Észtország, Málta és Ciprus található. Vagyis Málta ismét egy példája annak, hogy a legnagyobb változásbeli érték nem feltétlenül párosul a legnagyobb felhasználásbeli összesített értékkel, hiszen közel 146,2 GWh-s fogyasztását 26,3-szor tudná Magyarország fedezni. A lista két végén álló országok között közel 389,5-szörös eltérés mutatható ki, mely bizonyítja, hogy az uniós építőipar mind a mai napig nem mutat egységes képet, még ha csak a villamosenergia-fogyasztást vizsgáljuk.



Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Tagállami építőipari villamosenergia-felhasználás alakulása (GWh, 2000-2019)

Magyarország V4-en belüli helyzete egy egyenletesnek mondható, növekvő tendenciát követett (lásd a lenti ábrát). A négy tagállam közül jelen esetben is Lengyelország képviselte a legnagyobb részesedést.



Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Építőipari villamosenergia-fogyasztás a V4 tagállamokban (GWh, 2000-2019)

A 2011-es évet követően Magyarország részaránya hirtelen növekedett, 2012-ben már 25,2%-on (maximum érték), 2019-ben pedig 23,4%-on állt. A 2008-as gazdasági világválság hatása nem érezhető, jelentősebb visszaesés nem volt kimutatható. A hazai értékek jelentősen emelkedtek a 2000 és 2019 közötti időszakban (2000: 27.000 GWh, 2019: 529.000 GWh). A két év közötti változás – ahogyan korábban is szerepelt – EU-s szinten kiemelkedő, nagysága +1859,3%.

Vagyis, az építőipari szektor jelen fejezetben vizsgált tématerületeit tekintve elmondható, hogy mind a mai napig nem mutatkozik egységes helyzetkép az Európai Unió tagállamai között. Ebből kifolyólag az előttünk álló idők kihívása nem csak az lesz, hogy az építőipart fenntarthatóbbá és a körforgásos gazdálkodás szemléletmódját tükrözően anyag- és erőforráshatékonyra tegyük, hanem feladat lesz az is, hogy az intézkedések egységes és kiegyensúlyozott mértékben menjenek végbe minden egyes tagállamban.

1.3. Az Európai Uniós és a hazai célok az építési-bontási hulladék vonatkozásában⁹⁹

A hulladékgazdálkodás Európai Unióban alkalmazott jogi kereteinek kialakítása az 1970-es években történt meg az első hulladék keretirányelv elkészítésével.¹⁰⁰ Azóta számos szempontrendszer változott a közösségen belül, a környezet védelmének egyes célterületei sokkal mélyebben és részletesebben kerültek meghatározásra, melynek eredményeként a hulladékgazdálkodást érintő stratégiai kérdések és célok is konkrétabb és egyre inkább előre mutató célrendszerrel egészültek ki.

⁹⁹ Az 1.3. alfejezet Kozma Katalin egyetemi docens írása.

¹⁰⁰ A Tanács 75/442/EGK irányelve (1975. július 15.) a hulladékokról.

A jelenleg hatályos szabályozás központi elemévé a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről szóló 2008/98/EK irányelv vált, amely a hulladékgazdálkodás általános szabályait határozza meg.¹⁰¹

Jelenleg a közösségi szabályozásban a hulladék egyre inkább, mint potenciális erőforrás jelenik meg. A 2008/98/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv 4. cikke szerint „*az ... hulladékhierarchiát elsőbbségi sorrendként kell alkalmazni a hulladékmegelőzésre és -gazdálkodásra vonatkozó jogszabályok és politika terén: megelőzés; újrahasználásra való előkészítés; újrafeldolgozás; egyéb hasznosítás, például energetikai hasznosítás; valamint ártalmatlanítás*”.¹⁰²

Ennek megfelelően a hulladékgazdálkodás engedélyhez kötött, meghatározott lépésekből álló folyamat, amely során szigorú garanciák (bejelentés, adatszolgáltatás, nyilvántartás és tájékoztatás kötelezettsége, hatósági ellenőrzés stb.) biztosítják a megfelelő működést.

Az említett irányelv 11. cikke szól az „*Újrahasználást és újrafeldolgozást*”-ról, melyek mentén, „*az európai újrafeldolgozó társadalom irányába való elmozdulás érdekében*” előirányozza azt, hogy a tagállamok megteszik az itt meghatározott célokhoz kapcsolódó szükséges intézkedéseket. Az építési és bontási hulladékok vonatkozásában a 2. pont b) bekezdése az alábbiakat határozza meg: „*2020-ig a nem veszélyes építési és bontási hulladékok újrahasználásra történő előkészítését, újrafeldolgozását és az egyéb, anyagában történő hasznosítását, ideértve a feltöltési műveleteknél más anyagok helyettesítésére történő használatot, de nem beleértve a természetesen előforduló, a hulladékjegyzék 17 05 04-es kategóriájában meghatározott hulladékokat, tömegében minimum 70 %-ra kell növelni*”.¹⁰³

Az Európai Bizottság honlapján 2021-ben megjelent adat szerint Európai Unióban az összes képződött hulladék több mint 35 százaléka az építőiparból származik.¹⁰⁴ Az anyagkitermelésből, az építési termékek gyártásából, valamint az épületek építéséből és felújításából származó üvegházhatásúgáz-kibocsátás becsült értéke a teljes nemzeti ÜHG-kibocsátás 5-12%-a. A nagyobb anyaghatékonyság megvalósulása a kibocsátás 80%-át takaríthatja meg, ezért olyan intézkedéseket szorgalmaznak a jövőben bevezetni, amelyek meghosszabbítják az épületek élettartamát. Így követelményeik között szerepel az építőanyagok CO₂-lábnyomának csökkentésére vonatkozó célok megfogalmazása, valamint az erőforrás- és energiahatékonyságra vonatkozó minimális követelmények is. Mindezek teljesülése előmozdítja a körkörösség elveit az épületek teljes életciklusa során.¹⁰⁵

Az Európai Parlament említett szabályozói ellenére az EU a 2016-ban közzétett építési-bontási hulladékokra vonatkozó protokolljában arról számol be, hogy a keletkezett építési és bontási hulladékok újrafeldolgozása és újrahásznosítása még mindig nem az elvárható ütemben valósul meg. Ennek oka elsősorban az építési-bontási hulladékokból előállított anyagokkal szemben minőségi és egészségügyi kockázati szempontból tapasztalható *bizalmatlanságban* mutatkozik meg. Ebből kifolyólag a jövőben az EU nagy hangsúlyt kíván fektetni az újrafeldolgozott anyagok piacának megteremtésére a tekintetben, hogy az építési-bontási hulladékok feldolgozásának aránya minél nagyobb mértékben növekedjen a jövőben.^{106 107}

¹⁰¹ Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről.

¹⁰² Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről.

¹⁰³ Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről.

¹⁰⁴ https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/buildings-and-construction_hu (A letöltés dátuma: 2021.11.26.).

¹⁰⁵ <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/priorities/kreislaufwirtschaft> (A letöltés dátuma: 2021.11.26.).

¹⁰⁶ ASZTALOS István (2018): *Az építési-bontási hulladékok kezelésének protokollja az EU elvárásai alapján. Erőforrás hatékonyság a hazai építőiparban. – Jó gyakorlatok a körforgásos gazdaság és az öko-innováció terén.* PPT bemutató. Budapest, CONSRUMA 2018 – 2018. április 13.

<http://fissacproject.eu/wp-content/uploads/2018/06/LL-HU-03-Istvan-Asztalos.pdf> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 26.).

¹⁰⁷ LÁSZLÓ Erika (2019): Az építési-bontási hulladékok kezelése és szabályzásának aktuális kérdései a védelmi szférában. *Hadtudományi Szemle*, 12. évf. 2. sz. 111-128.

1.3.1. Az építési-bontási hulladék a hazai szabályozás rendszerében

Magyarországon napjainkban az érvényes szabályozás az Étv.-n alapszik. Az EU-s direktíváknak az évek során a hazai jogi szabályozásnak is meg kellett felelnie. Az integráció elve alapján az előirányzott célt, direktívát, jogi aktust a hazai jogi szabályozásba is be kellett építeni. Ennek megfelelően fejlődött hazánkban is a hulladékokat érintő szabályozási kör, így 2004-ben a magyar jogalkotás a már meglévő EU jog alapján szabályozta az építési és bontási hulladékokra vonatkozó előírásokat.¹⁰⁸

Az építési-bontási hulladékkal kapcsolatos jogszabályi előírások alapját a Ht., valamint az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól szóló 45/2004. (VII.26.) BM-KvVM együttes rendelet fekteti le. Az építési és bontási hulladék definíciója az Étv., és a Ht. által lefektetett fogalom meghatározások alapján határozottan és tisztán lehatárolhatóvá vált. Az Étv. további felelősségi szabályokat határoz meg. Kimondja, hogy az építető és a kivitelező együttesen felel azért, hogy az építésügyi hatóság által meghatározott időtartamon belül az építmény környezetéből az építőipari kivitelezési tevékenység során keletkezett építési hulladékot elszállíttassa, a munkaterületet és környezetének állapotát a munkavégzés megkezdése előtti állapotra rendezze, valamint amennyiben szükséges, a környezetben okozott károkat megszüntesse.¹⁰⁹

Az építési és bontási tevékenységet végzők munkáját további rendeletek is szabályozzák. A hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről szóló 309/2014. (XII.11.) Korm. rendelet az építési és bontási tevékenységekből származó hulladékok kezelésének és nyilvántartásának feladatait írja elő. A rendelet mennyiségi értékeket állít fel, előírja, hogy az építési és bontási hulladékot annak fajtája szerint elkülönítetten kell gyűjteni és kezeléséről gondoskodni kell. Legvégső esetben, amennyiben a hulladék további hasznosítása nem megoldható, az megfelelő lerakóba kell, hogy kerüljön.¹¹⁰

A ilyen hulladékok nagy része – jelentősebb technológiai beruházás nélkül is – hasznosítható lenne egyéb építésgazdasági ágazatokban (például betontörmelék útalapba történő beépítése).

A nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettség előírása alapján készült el az építési napló vezetésének kötelezettségét előíró, az építőipari kivitelezési tevékenységről szóló 191/2009. (IX. 15.) Korm. rendelet. E rendelet 12. § (2) bekezdés c) pontja szerint az építési munkaterületen képződött építési-bontási hulladék mennyiségét és fajtáját folyamatosan vezetik az építési naplóban, melynek folyamatos vezetése a kivitelező feladata. Ez 2013. október 1. óta elektronikus alapon történik.¹¹¹

Az építési és bontási tevékenységet végzők kötelessége a tevékenység végzése során keletkezett hulladékot megfelelően gyűjteni, tárolni és szükség szerint kezelni. Erre jó példa a 2010-ben a Legfelsőbb Bíróság által tárgyalt ügy. A megállapított tényállás szerint több száz tonna, épület bontásából származó, EWC 170102 kódszámú ömlesztett téglahulladék került elhelyezésre egy telepen, mely az elsőfokú környezetvédelmi hatóság megállapítása szerint engedély nélkül végzett begyűjtésnek, a tárolás pedig hulladékkezelésnek minősül.¹¹² Az épületbontásból származó ömlesztetten tárolt bontott téglahulladék, melynek kezelése (begyűjtése, tárolása) engedélyköteles tevékenység.¹¹³ Emellett kötelezték a tevékenységet végzőt, hogy a fellelt téglahulladékot engedéllyel rendelkező kezelőnek adja át és annak megtörténtét határidőn belül igazolja.¹¹⁴

¹⁰⁸ BÁNDI Gyula (2011): *Környezetjog*. Budapest, Szent István Társulat. 511.

¹⁰⁹ Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény.

¹¹⁰ 309/2014. (XII.11.) Korm. rendelet a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről.

¹¹¹ 191/2009. (IX. 15.) Korm. rendelet az építőipari kivitelezési tevékenységről.

¹¹² EH 2011.2372: Legf. Bír. Kfv. II. 37.882/2010.

¹¹³ 2000. évi XLIII. törvény 3. §, 14. §, 49. §-ai.

¹¹⁴ <https://adoc.pub/queue/7-szamu-iteletet-hatalyaban-fenntartja.html> (A letöltés dátuma: 2021. 12. 09.).

A hazai jogi szabályozás következetesen egymásra épülő, jogforrások által szabályozzák az építési és bontási hulladékok keletkezésének és hasznosításának feladatait, mégis az építési-bontási hulladékoknak még mindig jelentős része kerül települési hulladéklerakókba. Ennek magyarázata az lehet, hogy sok esetben nincs meg az a technológiai lehetőség és/vagy rendelkezésre álló felület, amely segítené a szelektív gyűjtés megvalósíthatóságát, valamint a települési hulladéklerakók sűrű elhelyezkedése könnyebbé teszi az építési-bontási területen keletkezett hulladékok egy, a területhez közeli lerakóba történő szállítását, amely révén jelentős költségmegtakarítás érhető el. Az építési és bontási hulladékok azonban nagy tömegben és térfogatban keletkeznek, így a lerakókba kerülve elfoglalják a helyet a valóban oda való hulladékoktól, emellett jelentős mértékben csökkenti a lerakók létesítéskor tervezett élettartamát. Emellett a tapasztalatok azt mutatják, hogy az építési-bontási hulladékot sok esetben nem is lehetne befogadni a helyi lerakókba.

Foglalkozni kell az illegálisan lerakott hulladékok kérdésével is, ugyanis az ilyen hulladékok esetében magas az építési és bontási hulladékok aránya. Ez nem csak tájészttikai és jogi szempontból jelent kiemelkedő problémát, hanem sok esetben az ilyen hulladékok jelentős mennyiségben tartalmazhatnak toxikus anyagokat, amely további környezeti problémákat vethet fel.

A hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről szóló 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet 1.§ 1. bekezdése szerint a rendelet hatálya kiterjed a „Ht. hatálya alá tartozó, lerakással ártalmatlanítható hulladékokra, valamint a hulladéklerakó létesítésével, üzemeltetésével, rekultivációjával és utógondozásával kapcsolatos tevékenységre, valamint ezek engedélyezésére”.¹¹⁵ A rendelet 2/A.§ a) és b) bekezdéseiben kitér az EU hulladék keretstratégiájához illeszkedően a körforgásos gazdaság követelményeire is. A követelmények által kitűzött célok eléréséhez „csökkenteni kell a hulladék és különösen az újrafeldolgozásra vagy egyéb hasznosításra alkalmas hulladék hulladéklerakóban való lerakását és a hulladéklerakó teljes életciklusa alatt a lerakás környezetet, valamint az emberi egészséget veszélyeztető hatását”.¹¹⁶ A rendelet második számú melléklete határozza meg „a hulladék hulladéklerakókban történő átvételével kapcsolatos eljárások és követelmények kereteit”, melynek 2.1.-1. táblázata mutatja az alapjellemezéshez szükséges vizsgálatok nélkül átvehető inert hulladékok körére is kitérve.

A bontási tevékenységről az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról szóló 312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet (is) rendelkezik (a továbbiakban jelen alfejezet vonatkozásában: Korm.rendelet). A Korm.rendelet nem csak magát a bontási tevékenységet szabályozza, hanem a tevékenység során keletkező hulladékok nyilvántartásáról is rendelkezik. A Korm.rendelet 40.§ -ának 8. pontja írja elő a bontási tevékenységet végző számára a keletkezett építési és bontási hulladékok nyilvántartó lapjaira vonatkozó kötelező érvényű feladatokat.¹¹⁷ A jogszabályi előírás által becsülhetővé, tervezhetővé, követhetővé válik az építési és bontási tevékenység során képződött hulladék. Ezt a megállapítást erősíti meg a 309/2014. (XII.11.) Korm. rendelet a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről, melynek hatálya kiterjed a hulladéktermelőre, a hulladékbirtokosra, a szállítóra, a közvetítőre, a kereskedőre és a hulladékkezelőre egyaránt. A nyilvántartásnak tartalmaznia kell a telephelyre belépő és onnan kilépő anyag és a telephelyen képződő hulladék anyagforgalmi egyenlegét.¹¹⁸

¹¹⁵ 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről.

¹¹⁶ 191/2009. (IX. 15.) Korm. rendelet az építőipari kivitelezési tevékenységről.

¹¹⁷ 312/2012 (XI. 8.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról.

¹¹⁸ 309/2014. (XII.11.) Korm. rendelet a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről.

Az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól szóló 45/2004. (VII. 26.) BM–KvVM együttes rendelet határozza meg. A rendelet hatálya kiterjed az építmények építése és bontása során keletkezett hulladéokra, azok kezelésére, a keletkezett hulladék tervezésére és elszámolására. E rendelet alapján *építési és bontási hulladéknak* minősül az építmények építőipari kivitelezése során keletkező hulladék.¹¹⁹ A Kúria a Kfv. VI. 37.379/2011/5. számú ügy kapcsán kiemelte, hogy ha a hulladékok elszállítása a vállalkozási tevékenységhez kapcsolódóan rendszeresen, több fordulóban történt, ellenérték fejében a szállítás végzése csak az erre vonatkozó engedély birtokában valósulhatott volna meg.

A jelenlegi jogi szabályozási gyakorlat a keletkező *hulladék mennyiségére* is befolyással bír. Egyrészt kereteket szab az építési és bontási tevékenységet végzőnek a tevékenységi körükhöz kapcsolódóan, előírásokat fogalmaz meg a keletkezett hulladékokra vonatkozóan, így átláthatóvá és tervezhetővé teszi a hulladékokkal való gazdálkodás lehetőségét. A jövőben szabályozási módok olyan irányú fejlesztése felé kell lépni, mely a hulladék birtokosát nagymértékben ösztönöznék arra, hogy a keletkezett építési és bontási hulladékokat környezetkímélő módon hasznosítsa eredeti céljára, vagy mint szekunder nyersanyag elérhetővé tegye más gazdasági ágazatok számára.

A Kúria Kfv.37742/2018/9. számú határozata kiemelte, hogy a tevékenység során keletkezett anyag vagy termék hulladékstátuszának és/vagy melléktermékké válásának tisztázása és pontosítása nagy fontossággal bír egy tevékenység kapcsán, mivel minden esetben más jogszabályi előírások és más feladatok vonatkoznak rá.¹²⁰

1.3.2. Az építési és bontási hulladék keletkezése csökkentésének lehetőségei

Az építéssel, az építőanyagok és szerkezetek készítésével, valamint a felújításokhoz kapcsolódó bontási tevékenységgel együtt jár a *hulladék, illetve gyártási selejt* keletkezése. A keletkezett építési hulladék legnagyobb részben hasznosítható vagy adott esetben újrahasználható lenne. Számos szakirodalmi forrás számol be arról, hogy az építési nyersanyagforrások korlátozottak, ezért a velük való takarékoság is az újrahasznosításukat indokolja.^{121 122} Napjainkban az EU is kiemelt figyelmet fordít a témakör szabályozására, ugyanis bizonyos nyersanyagok részbeni vagy egyes esetekben teljes mértékű helyettesítésével megnőhet a hulladék gazdasági életben betöltött szerepe és jelentősége. Emellett a bontott építőanyagok jelentős energiamennyiséget hordoznak magukban, ezért feldolgozásukkal energia-megtakarítás érhető el.¹²³

Az építőiparban a legtöbb hasznosított anyag nem minősül a természeti környezet számára veszélyes anyagnak, azonban bizonyos esetekben alkalmaznak olyan anyagokat is, amelyek károsak a környezetre (például azbeszt tartalmú anyagok, egyes beton adalékszerek stb.). Ez utóbbiak kezelésére külön előírások vonatkoznak. Az építési hulladékok újrahasznosíthatóságát erősen megszabja azok anyagminőség szerinti összetétele, mely viszont erősen függ attól, hogy honnan származik az adott hulladék (például autópálya bontása, gyártási selejt, épületek bontása).¹²⁴ A keletkezett hulladék abban

¹¹⁹ 45/2004. (VII. 26.) BM–KvVM együttes rendelet az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól.

¹²⁰ <https://jogbogozo.hu/elvi-tartalmu-kuriai-dontesek/elvi-tartalmu-kozigazgatasi-birosagi-dontesek-2018/> (A letöltés dátuma: 2021.12.09.).

¹²¹ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

¹²² POLGÁR András (2016): *Építőanyagok környezeti életciklus-elemzése*. 15th International Conference on Applications of Natural, Technological and Economic Sciences. 275-283. https://www.researchgate.net/publication/316700842_Epitoanyagok_kornyezeti_eletciklus_elemzese (A letöltés dátuma: 2021. 11. 14.)

¹²³ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

¹²⁴ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

az esetben válik hasznosíthatóvá, ha azokat már a keletkezésük során szelektíven kezelik, majd a hulladék birtokosa a tárolásuk során is szem előtt tartja ezt a szempontot. Az építési-bontási tevékenység során keletkezett hulladék utólagos szétválasztása és kezelése jelentősen megdrágítja a folyamatot és plusz költséget jelent a hulladék birtokosa vagy átvevője számára. Jelenleg az ilyen típusú hulladékok közül leginkább a bontott aszfalt újrahasznosítása a jellemző, mely mára olyan szintet ért el, hogy a fejlett országok többségében az ilyen hulladéktípus 90-95%-át hasznosítják.¹²⁵ A *bontott aszfalt* esetében kétféle technológia alkalmazott a leggyakrabban, a *keverőtelepen való feldolgozás és a helyszíni felújítás*.

A bontási hulladékok, sajátos tulajdonságokkal rendelkeznek (például összetétel) és a keletkezett törmelékdarabok mérete is változó lehet. Ezen két fontos szempont alapján újrahasznosításuk sok esetben többfokozatú előkészítést igényel (például aprítási és szétválasztási fokozatok számának megválasztása).

További szempont a hulladékkezelésben, hogy a keletkezett hulladék *szennyezett-e* valamilyen anyaggal és az milyen mértékben jelentkezik.

Az építési-bontási hulladékok közül a bontott aszfalon túlmenően legnagyobb mértékben, a beton és egyéb épületbontási anyagok, úgymint téglatörmelék és faanyag kerülnek újrahasznosításra. A betonhulladék a megfelelő előkészítést követően, – amely elsősorban törésből, osztályozásból és tisztításból áll– a természetes adalékanyagot helyettesítve vagy ahhoz hozzáadagolva kerül újbóli felhasználásra. Ugyanilyen célra alkalmas a téglatörmelék is, azonban az így keletkezett beton minősége elmarad a természetes nyersanyagból készült betonétól, így felhasználásuk előtt fokozott ellenőrzésre van szükség. Végül a *bontott faanyagok* hasznosítása is lehetséges, mint további építési faanyag, faforgács alapanyag és tüzelőanyag, mely utóbbi esetében már energetikai hasznosításról beszélhetünk.¹²⁶

Az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól szóló 45/2004. (VII. 26.) BM-KvVM együttes rendelet 3.§ (1) bekezdése alapján a tevékenységet végző köteles az adott csoporthoz tartozó hulladékot – a hulladék további könnyebb hasznosíthatósága érdekében – a többi csoporthoz tartozó hulladéktól elkülönítetten gyűjteni mindaddig, amíg a hulladékot a kezelőnek át nem adja. A (4) bekezdés szerint pedig a tevékenységet végző az elkülönítetten gyűjtött hulladékot, amennyiben az műszakilag lehetséges, az építés során felhasználja vagy azt a hulladékkezelőnek átadja.¹²⁷

Emellett az OHT is foglalkozik a hasznosított építési-bontási hulladékok körével és kiemelt feladatként határozza meg a jövőre nézve az ilyen hulladékok hasznosítási arányának növelését.

Összességében elmondható, hogy az építési és bontási hulladékok keletkezése csökkentésében az alábbi szempontok lehetnek meghatározóak:

- a már érvényben lévő, építési és bontási tevékenységre vonatkozó jogi szabályozás;
- szelektív gyűjtés és annak megfelelő tárolás megvalósulása már a hulladék keletkezési helyén;
- előkészítést követő hasznosítás megvalósítása, valamint
- további, szükséges gazdasági és jogi eszközök megteremtése az építési-bontási hulladékok hasznosítási arányának emeléséhez.

¹²⁵ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

¹²⁶ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

¹²⁷ 45/2004. (VII. 26.) BM-KvVM együttes rendelet az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól.

1.3.3. Hulladékmegelőzésre, -csökkentésre vonatkozó célok meghatározása

A jelenlegi hulladékkezelési rendszerek problémáinak megoldását és hatékonyabbá tételét az Európai Unió kiemelt célként határozta meg. Ennek érdekében számos stratégiát, irányelvet és jogszabályt alkotott a hulladékgazdálkodással kapcsolatban. A korábbiakban hivatkozott uniós jogforrások előírásai azt, hogy a nem veszélyes építési és bontási hulladékok újrahasználatra történő előkészítését, újrafeldolgozását és az egyéb, anyagában történő hasznosítását, tömegében minimum 70 %-ra kell növelni, valamint hogy a tagállamok intézkedéseket hoznak a szelektív bontás támogatására, valamint létrehozzák az építési és bontási hulladék válogatási rendszereit legalább a fa, ásványi eredetű anyagok (beton, téglák, cserép és kerámiák, kövek), fém, üveg, műanyag és gipsz esetében. Ennek teljesülése érdekében a körforgásos gazdaság felé való elmozdulás érdekében a tagállamoknak meg kell tenniük a kitűzött célértékek eléréséhez szükséges intézkedéseket.¹²⁸

Az EU stratégiai irányokhoz illeszkedően hazai vonatkozásban is előremutató célkitűzéseket fogalmaz meg számos hulladékkal foglalkozó stratégiai dokumentum. Ezen dokumentumok közül kiemelendő az OHT 2021-2027, mely szerint a fenntarthatóság elvei mentén új fejlesztéspolitikai irányelvekre van szükség.

További célkitűzés, hogy a hulladék, mint erőforrás jelenjen meg, csökkenjen a hulladéklerakás mértéke, és a jövőben csak az a hulladék kerüljön lerakásra, amelynek a hasznosítása nem megoldható. „A középtávú stratégiai célkitűzés, hogy a magyar hulladékgazdálkodási ágazat a körforgásos gazdaság egyik mintaeértékű modellje legyen Európában.”¹²⁹ E jövőkép eléréséhez az alábbi átfogó célkitűzéseket határozta meg:

- körforgásos gazdaságra való fokozatos átállás;
- hasznosítási arányok növelése;
- hulladékképződés csökkentése;
- elkülönített gyűjtés kialakítása és fejlesztése, valamint
- a hulladékká vált termékek újrahasználatra alkalmas összetevőinek elkülönítése, javítása és ismételt felhasználása.¹³⁰

Az OHT részét képezi az Országos Megelőzési Program is, amely tartalmazza a hulladékképződés megelőzésével kapcsolatos – a 1704/2021. (X. 6.) Korm. határozattal elfogadott, 2021–2027 közötti időszakra szóló Nemzeti Környezetvédelmi Programmal összhangban álló – célkitűzéseket, és az ezek elérése érdekében megvalósítandó intézkedéseket.

Az OMP egyik fő célja az ésszerű gazdasági növekedés és a hulladékképződés által okozott környezeti hatások közötti összefüggés megszüntetése. Az OMP táblázatos formában mutatja be az Európai Unió által meghatározott direktívákat és definiálja az egyes hulladékfajták újrafeldolgozási célértékeit 2035-ig (például az Európai Unió által meghatározott újrahasznosítási és újrafeldolgozási kötelezettségek anyagáramonként, 2019).¹³¹

¹²⁸ A Bizottság emellett 2024. december 31-ig fontolóra veszi bizonyos hulladékok, köztük az építési és bontási hulladékok újrahasználatra való előkészítésére és újrafeldolgozására vonatkozó célértékek meghatározását, mely célból a Bizottság adott esetben jogalkotási javaslattal kiegészített jelentést nyújt be az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak. Európai Parlament és a Tanács 2018/851. irányelve (2018. május 30.) a hulladékokról szóló 2008/98/EK irányelv módosításáról.

¹²⁹ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2021-2027. 303. (<https://kormany.hu/dokumentumtar/orszagos-hulladeggazdalkodasi-terv-2021-2027>) (A letöltés dátuma: 2022. 01. 20.)

¹³⁰ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2021-2027. 303. (<https://kormany.hu/dokumentumtar/orszagos-hulladeggazdalkodasi-terv-2021-2027>) (A letöltés dátuma: 2022. 01. 20.)

¹³¹ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020. 297. (https://2015-2019.kormany.hu/download/f/a6/d1000/OHT%202014-2020_egys%C3%A9ges%20szerkezetben.pdf) (A letöltés dátuma: 2021. 09. 10.)

Itt érdemes utalnunk a 2021. évi II. törvényre (a továbbiakban: Hulladékgazdálkodási Kódex), amely elfogadását a hazai és az uniós környezetvédelmi előírásokban tapasztalt szigorítások tették lehetővé, így különösen a keletkező hulladék mennyiségének a csökkentése, valamint a minél hatékonyabb hulladékkezelés és hulladékfeldolgozás.¹³² Olyan hulladékgazdálkodási rendszer működtetése a cél, mely a teljes hulladékáramra kiterjedően működik. Ahhoz, hogy az uniós előírások szerinti célokat teljesíteni tudjuk és a körforgásos gazdaságra való átállás is megvalósulhasson, jelentős változtatásokra van szükség mind infrastrukturális, mind technológiai szinten is.¹³³

1.3.4. Az engedélyezési eljárások, folyamatok

A korábbi évtizedekben a bontási tevékenység engedélyhez vagy bejelentéshez kötött volt, az alapokat az egyes építményekkel, építési munkákkal és építési tevékenységekkel kapcsolatos építésügyi hatósági engedélyezési eljárásokról szóló 46/1997. (XII. 29.) KTM rendelet fektette le, (ez 2009 márciusa óta hatálytalan). 2013. január 1-jétől a bontási engedélyhez kötött épületek köre jelentősen szűkült, és a jogalkotó bevezette a *bontási tudomásulvételi eljárást*, amely 2016. június 14. napjával megszűnt, és a bontási engedély előírásai is változtak. A tevékenység jelenleg ismét engedélyhez kötött, melyről a korábban hivatkozott Korm. rendelet rendelkezik. Ugyancsak e Korm. rendelet írja elő a bontási tevékenységet végző számára szükséges kötelező érvényű feladatokat is,¹³⁴ valamint a „*Bontási tevékenységhez kapcsolódó engedélyezési eljárási rendet*”. Ennek keretében a hivatkozott Korm.rendelet határozza meg

- a bontási engedély iránti kérelem és mellékleteire;
- a bontási engedély iránti kérelem elbírálására, a döntés meghozatalára; valamint
- a döntés közlésére és hatályára vonatkozó szabályokat.¹³⁵

A bontási engedély a véglegessé válásának napjától számított egy évig hatályos, mely meghosszabbodik, ha a hatályossága alatt a bontási engedély hatályát az építésügyi hatóság meghosszabbította, vagy a tényleges bontási tevékenységet megkezdték, azt folyamatosan végzik és a bontási tevékenység megkezdésétől számított három éven belül befejezik. Az építetőnek a bontási tevékenység befejezését a befejezéstől számított tizenöt napon belül közölnie kell az építésügyi hatósággal. Ehhez a bontási tevékenységet végzőnek egy kitöltött adatlapot kell mellékelni, melyet a Korm. rendelet 9. melléklete tartalmaz. Kiemelendő, hogy a melléklet 7. pontja a megszűnt épület (lakás) falazatára vonatkozó információkat kér a bontási tevékenységet végző magán- és/vagy jogi személytől, ami alapján a keletkező építési és bontási hulladék összetétele is várhatóan ismertté válik, így a bontási tevékenység során keletkező hulladék célzott kezelése is megoldható lenne. A hivatkozott Korm.rendelet mellékletének 7. pontja elvárásként jeleníti meg a bontási tevékenységet végzőtől az összetételre vonatkozó információkat is. Azonban, hogy a gyakorlatban is megvalósul-e ez, milyen gyakorisággal történik bevallás, egyáltalán valós adatokkal, mennyire lehet ezeket az adatokat felhasználni, egyáltalán közzé teszik e ezeket valahol, erre vonatkozóan nincsenek elérhető információk.

¹³² Egyes energetikai és hulladékgazdálkodási tárgyú törvények módosításáról szóló 2021. évi II. törvény. Magyar Közlöny 30. szám.

¹³³ BOROS Anita (2021): A hulladékgazdálkodási (köz)szolgáltatás megszervezésének új hazai modellje. In: ÁRVA, Zsuzsanna – BARTA, Attila (szerk.): *Évtizedek a magyar közigazgatás szolgálatában. : Ünnepi tanulmányok Balázs István Professzor 65. születésnapjára* [elektronikus kiadás] Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem, Állam- és Jogtudományi Kar 518.

¹³⁴ 312/2012 (XI. 8.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról.

¹³⁵ 312/2012 (XI. 8.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról.

De tény, ha ez maradéktalanul megvalósulna, akkor az építési-bontási hulladékok jelentős körének összetétele ismertté válna és talán az anyagában történő hasznosítás felé hatékonyabban tudnánk fordulni ebből az irányból is.

1.4. Az építési-bontási hulladékok kezelésének, felhasználásának jelenlegi helyzete¹³⁶

Az urbanizáció és a népességnövekedés egyre jelentősebb nyomást gyakorol az építőiparra azáltal, hogy növekszik az épületek építése iránti igény annak érdekében, hogy megfeleljenek a jövő, de inkább a jelen generációk elvárásainak.¹³⁷ Az építési-bontási hulladék a bruttó hulladéktermelés elsődleges hulladékárama a modern társadalomban. Az építési-bontási hulladékok mennyisége a jelenlegi világméretű urbanizációval együtt növekszik.¹³⁸

Az építési-bontási hulladékok hasznosítására irányuló törekvések a fejlett ipari országokban főként a hulladéklerakási, valamint az ebből adódó környezetvédelmi és területfelhasználási problémákra vezethetők vissza és csak kisebb mértékben származnak nyersanyagellátási gondokból.¹³⁹

Az EU esetében jelentős a *hiány az egységes és homogén adatok terén a tagállamok esetében*, ezért az építési- és bontási tevékenységből származó hulladékok témaköre mind a mai napig nehezen jellemezhető. A jelenlegi helyzet értékelése nem könnyű, a jövőbeni trendeket csak óvatos becsléssel lehet számítani. Azonban bizonyos, hogy az uniós építőipar egyik kulcskérdése lesz azon innovációk és módszertanok megjelenése, amelyek lehetővé teszik ezen anyagok körforgásba történő visszavezetését.

Az alábbi táblázat az Európai Unió tagállamok építési-bontási hulladék újrahasznosítási arányának változását szemlélteti, jól látható, hogy 2018-ra szinte az összes tagállam magas rátaértékkel rendelkezik. Magyarország tökéletes példája annak, hogy ilyen rövid idő alatt is, mint a 2010 és a 2018 közötti időszak, jelentős mértékben lehet növelni e ráta mértékének nagyságát, hiszen míg 2010-ben 61%-os újrahasznosítási aránnyal bírt, addig ez a szám 2018-ra szinte teljes körű lett, 99%-kal. Így felmerülhet a kérdés, hogy egyáltalán miért is van szükség az építőipar további fejlesztésére, a keletkező hulladékok életútjának további figyelésére? A válasz természetesen egyszerű, az indikátor megtévesztő lehet, hiszen csak az ásványi hulladékokat veszi számításba.¹⁴⁰

Három tagállam már 2018-ra elérte a 100%-os hasznosítási arányt (Málta, Hollandia, Írország). Ezzel szemben a legrosszabb aránnyal Bulgária rendelkezett. A V4 tagállamok tekintetében Magyarország élen jár, hiszen 99%-os értéke a régió egyik vezető hasznosítási rátája. A második helyen álló Csehországra ugyan sajnos nem áll rendelkezésre 2018-as adat, viszont feltételezhető, hogy hasonlóan az előző évekhez 90% körüli értékkel rendelkezik. Lengyelország értéke már viszonylag alacsonyabb, a lista utolsó harmadában helyezkedik el a maga 84%-os értékével, míg Szlovákia rendkívül alacsony értéket, 51%-ot produkált a 2018-as évben.

¹³⁶ Az 1.4. alfejezet Macher Gergely Zoltán tanszéki mérnök írása.

¹³⁷ MUHAMMAD Shahzad Aslam – BEIJIA Huang – LIFENG Cui (2020): Review of construction and demolition waste management in China and USA. *Journal of Environmental Management*, vol. 26415. no. 110445.

¹³⁸ ZHANG Chungo – HU Mingming – DI Francesco – SPRECHER Benjamin – YANG Xining – TUKKER Arnold (2022): An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of The Total Environment*, vol. 803, 149892.

¹³⁹ Köztisztasági Egyesülés munkacsoport (2003): *Az építési-bontási hulladékok kezelése – Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 6.* Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Hulladékgazdálkodási és Technológiai Főosztály, Budapest.

¹⁴⁰ EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Építési és bontási hulladék hasznosítási aránya - éves adatok (CEI_WM040). Elérhető: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.10.19.).

Az építési- és bontási eredetű ásványi hulladékok újrahasznosítási aránya (% , 2010-2018)

Területi lehatárolás (Tagállam)	2010	2012	2014	2016	2018
Európai Unió (27 tagállami szint, 2020-)	NA*	NA*	87	87	88
Európai Unió (28 tagállami szint)	NA*	NA*	89	89	90
Belgium	17	18	32	95	97
Bulgária	62	12	96	90	24
Csehország	91	91	90	92	NA*
Dánia	NA*	91	92	90	97
Németország	95	94	NA*	NA*	93
Észtország	96	96	98	97	95
Írország	97	100	100	96	100
Görögország	0	0	0	88	97
Spanyolország	65	84	70	79	75
Franciaország	66	66	71	71	73
Horvátország	2	51	69	76	78
Olaszország	97	97	97	98	98
Ciprus	0	60	38	57	64
Lettország	NA*	NA*	92	98	97
Litvánia	73	88	92	97	99
Luxemburg	98	99	98	100	98
Magyarország	61	75	86	99	99
Málta	16	100	100	100	100
Hollandia	100	100	100	100	100
Ausztria	92	92	94	88	90
Lengyelország	93	92	96	91	84
Portugália	58	84	95	97	93
Románia	47	67	65	85	74
Szlovénia	94	92	98	98	98
Szlovákia	NA*	NA*	54	54	51
Finnország	5	12	83	87	74
Svédország	78	81	55	61	90
Egyesült Királyság	96	96	96	96	98

Jelmagyarázat: NA* - nincs adat

Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

1.4.1. Az építési és bontási hulladékok gyűjtése és szállítása

A hatékony építési és bontási hulladékkezelés mind környezeti, mind társadalmi-gazdasági előnyökkel járhat a kapcsolódó érdekelt felek és az építési projektek számára.¹⁴¹

Az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól szóló 45/2004. (VII. 28.) BM–KvVm együttes rendelet¹⁴² értelmében, ha a keletkező építési vagy bontási hulladék mennyisége meghaladja az 1. számú mellékletben foglalt mennyiségi küszöbértéket, az építetű köteles az adott csoporthoz tartozó hulladékot – a hulladék további könnyebb hasznosíthatósága érdekében – a többi csoporthoz tartozó hulladéktól elkülönítetten gyűjteni mindaddig, amíg a hulladékot a kezelőnek át nem adja. Ennek megfelelően az építetű mindezt a keletkezés helyszínén vagy amennyiben az nem lehetséges a hulladékkezelő létesítményben köteles megvalósítani. Annak érdekében, hogy az építési- és bontási hulladékok hasznosíthatósága megvalósulhasson, a hulladékokat kezelni szükséges (aprítás, osztályozás, minőségjavítás, tisztítás). Ebben az esetben meg kell tervezni, vagy legalábbis meg kell közelíteni a keletkező és hasznosítható hulladékok mennyiségét, a munkálat végeztével pedig el kell számolni annak mennyiségével is. Ennek alapja, hogy az építési-és bontási tevékenység során, viszonylagos közelítő pontossággal megtervezhető a keletkező hulladékok mennyisége.

A nem hasznosítható vagy az építés során hasznosításra nem került hulladékmennyiségek esetében gondoskodni kell a hulladékok elszállításáról és a szabályos hulladéklerakásról. Az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól a rendelet 1. számú mellékletében meghatározza azon mennyiségeket, ami felett az építetűnek tervezési, engedélyeztetési, bejelentési, nyilvántartási kötelezettségei is vannak.¹⁴³ Amennyiben a keletkezett hulladék mennyisége nem éri el ezeket az értékeket, az építetű mentesül az előbbi teendőkötől és a hulladékgazdálkodási közszolgáltatás végzésének feltételeiről szóló 385/2014. (XII. 31.) Korm. rendeletben¹⁴⁴ meghatározott ártalmatlanítási szabályait kell alkalmazni. A fontosabb és jellemző építési- és bontási tevékenységből származó hulladékok csoportjairól már korábban esett szó, így itt most csak röviden utalunk rá. Elmondható, hogy a legkisebb küszöbérték (2 tonna) a fém-, valamint a műanyag hulladékokra, legnagyobb (40 tonna) érték pedig az ásványi eredetű hulladékokra vonatkozik. A Ht., valamint az azt egyes pontokban módosító 2014. évi XXXIX. törvény¹⁴⁵ szerint, a hulladéktermelő a hulladék gyűjtését az ingatlan területén hulladékgazdálkodási engedély nélkül legfeljebb 1 évig végezheti. Maximális mennyiséget természetes személy a közszolgáltatásba nem tartozó hulladék esetén 3 m³-t, építési-bontási hulladék esetén 10 m³-t gyűjthet.

Az építési- és bontási hulladékok szállítása alatt a gyűjtőhelyről, azon kívül történő anyagmozgatást értjük. E hulladékok közül is kiemelt figyelmet érdemel a veszélyes építési-bontási hulladékok szállítása. Ennek megfelelően a hulladékszállítóknak számos követelménynek kell megfelelniük, továbbá jogosultságukat megfelelő módon igazolniuk is kell.

¹⁴¹ KABIRIFAR Kamyar – MOJTAHEDI Mohammad – WANG Cynthia Changxin – TAM Vivian W.Y. (2021): Effective construction and demolition waste management assessment through waste management hierarchy; a case of Australian large construction companies. *Journal of Cleaner Production*, vol. 312. 127790.

¹⁴² 45/2004. (VII. 26.) BM–KvVm együttes rendelet az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól.

¹⁴³ BENKŐ Gyöngyi (2008): *Az építési tevékenység alkalmával keletkező hulladékok és helyes kezelésük*. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest. 2-5.

¹⁴⁴ 385/2014. (XII. 31.) Korm. rendelet a hulladékgazdálkodási közszolgáltatás végzésének feltételeiről.

¹⁴⁵ Egyes törvényeknek a költségvetési tervezéssel, valamint a pénzügyi és a közüzemi szolgáltatások hatékonyabb nyújtásával összefüggő módosításáról szóló 2014. évi XXXIX. törvény.

A hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről szóló 309/2014. (XII. 11.) Kormányrendelet legfontosabb rendelkezései röviden a következők:

- hulladékszállítás esetén a hulladéktermelő bizonylatot állít ki, mely tartalmazza a szállítás időpontját, a hulladék keletkezésének helyét (településnév, településkód), a hulladék típusának megnevezését, azonosító kódját, mennyiségét és halmazállapotát;
- a veszélyes hulladék szállítója a nyilvántartás-vezetési kötelezettséget úgy teljesíti, hogy a veszélyes hulladékkal kapcsolatos egyes tevékenységek részletes szabályairól szóló 225/2015. (VIII. 7.) Korm. rendelet 7. §-ában meghatározott, teljeskörűen kitöltött szállítási lapot időrendben, papír vagy elektronikus formában tárolja és megőrzi, valamint az illetékes hatóságnak ellenőrzés céljából rendelkezésre bocsátja;
- a szállító, veszélyes hulladék esetén, a veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek részletes szabályairól szóló kormányrendelet szerinti, a nyilvántartás részét képező fuvarokmányt és szállítási lapot a szállítás megkezdésének időrendje szerint rendezve 10 évig megőrzi;
- a szállító, nem veszélyes hulladék esetén az egyes hulladékszállítványra vonatkozó, a nyilvántartás részét képező fuvarokmányt a szállítás megkezdésének időrendje szerint rendezve 5 évig megőrzi.

A közelmúltban, e fogalmak direkt vagy indirekt félre értelmezése és jogértelmezési nehézségei révén számos olyan jogeset állt elő, amelyek során e jogi szabályozás teljesülése meghíúsult. Ilyen problémák lehetnek:

- a hulladéktermelői bizonylat kiállításának elmulasztása, annak hiányos és nem taxatív kitöltése;
- engedélykötelezett szállítási tevékenység végzése engedély nélkül;
- üzletszerű szállítványozási tevékenység gyakorlása;
- nyilvántartási kötelezettség elmulasztása a veszélyes hulladékok szállítója által;
- a szállítási lap kiállításának elmulasztása, annak hiányos és nem taxatív kitöltése veszélyes hulladékok esetében;
- a szállítványozási dokumentáció megőrzési idejének nem teljesítése.

1.4.2. Ártalmatlanítás és lerakás jelenlegi hazai helyzete

Jelenleg az építési-bontási hulladék általában szétválasztás és újrahasznosítás nélkül kerül lerakásra, különösen a legtöbb fejlődő országban, ami nemcsak nagy mennyiségű földet emészt fel, hanem komoly talaj- és vízszennyezést is okoz.¹⁴⁶

Az építési-bontási hulladékok lerakása olyan lerakón történhet, amely inert vagy nem veszélyes-hulladéklerakó kategóriába sorolható. Noha az építési- és bontási hulladékok EU-s kezelési módszerei között mind a mai napig jelen van a lerakással történő ártalmatlanítás, fontos kihangsúlyozni, ez egyre visszaszorulóban van és előtérbe kerül az újrahasználat, a hasznosítás lehetőségeit szem előtt tartó hulladékkezelési gyakorlatok, a hulladékhierarchia alkalmazása, mely a Ht. értelmezése szerint az alábbi szintekre tagolható:

- a hulladékképződés megelőzése;
- a hulladék újrahasználatra való előkészítése;
- a hulladék újrafeldolgozása;

¹⁴⁶ LI Yuanyuan – LI Min – SANG Peidong (2020): A bibliometric review of studies on construction and demolition waste management by using CiteSpace. *Waste Management*. 108 (2020), 137-143.

- a hulladék egyéb hasznosítása, így különösen energetikai hasznosítása;
- a hulladék ártalmatlanítása.

Az OKIR adatai szerint Magyarországon 2020-ban mintegy 11.406.578.846, azaz 11.406.578,9 tonna építési-bontási hulladék került kezelésre. A 2. táblázat összehasonlítóképpen foglalja össze a 2004-es és a 2020-as magyarországi adatok alakulását különös tekintettel a lerakással ártalmatlanított hulladékok mennyiségére. 2020-ban mintegy 87.629.166 kg, azaz közel 87.629,2 tonnányi építési-bontási hulladék került lerakásra, ebből 24.437,3 tonna (24.437.257 kg) mennyiséget talaj felszínén vagy a talajban, mint közegben ártalmatlanítottak lerakással. A fennmaradó 63.191,9 tonna (63.191.909 kg) már műszaki védelemmel ellátott lerakóban került ártalmatlanításra. Ez azt jelenti, hogy előbbi közel 0,21%-át, utóbbi csak 0,55%-át tette ki az összesen kezelt hulladékmennyiségnek (együtt közel 0,77%).

Vagyis, 2020-ban a lerakással ártalmatlanított építési-bontási hulladék mennyisége 1%-nyi sem volt. A legszélesebb körben alkalmazott kezelési mód 2020-ban a *szervetlen anyagok visszanyerésére* irányult, melybe beszámításra került a talaj hasznosítását eredményező talajtisztítás és a szervetlen építőanyagok újrafeldolgozása is. E kategóriába mintegy 8.011.765,3 tonnányi építési-bontási hulladék tartozott, s a kezelési módszerek közül 70,24%-os részesedést tulajdonított el. Emellett már jóval szerényebb részarányokat tartalmazott a többi kezelési módszer. A második helyen álló talajban történő hasznosítás már csak 8,08%-ot, a harmadik helyen álló aprítás pedig már csak 6,59%-ot tett ki.

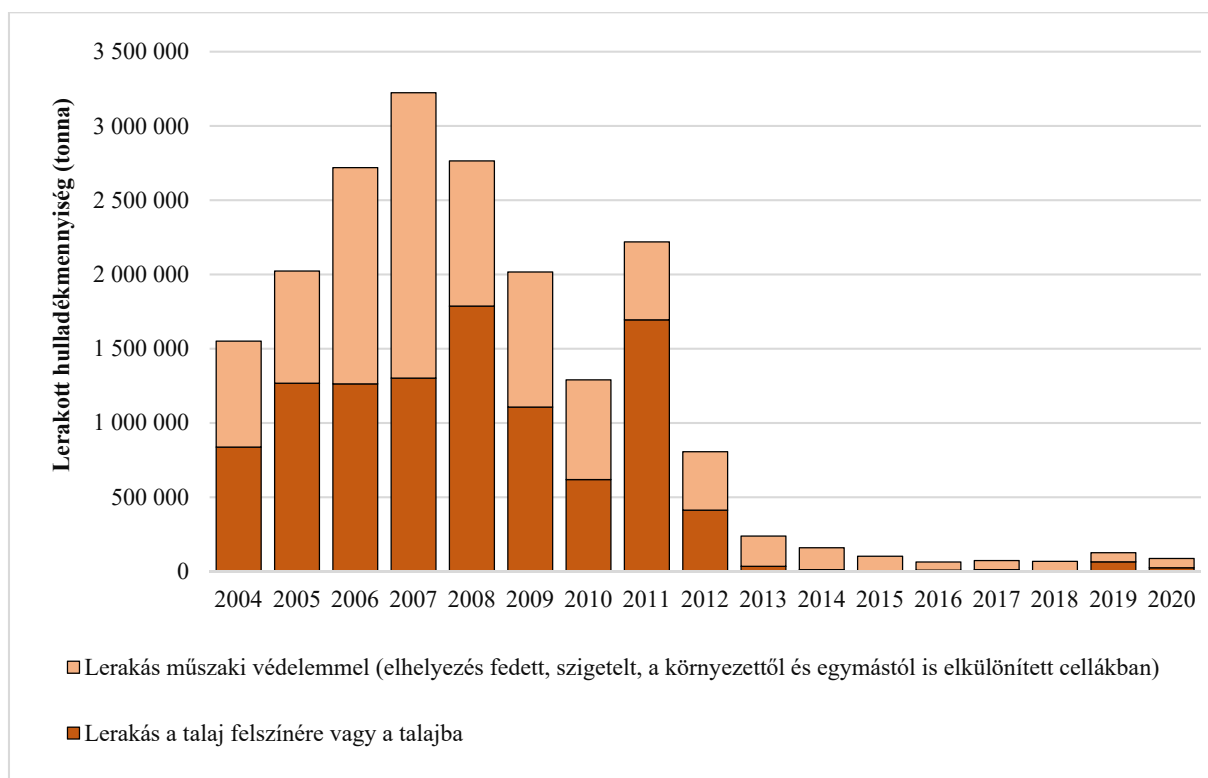
Az építési-bontási hulladékok kezelési módszereinek változása Magyarországon

Kezelési módszer megnevezése	Kezelt hulladékmennyiség (kg)	
	2004	2020
Egyéb szervetlen anyagok visszanyerése, újrafeldolgozása	33.068.954	8.011.765.307
Fémek és fémvegyületek visszanyerése, újrafeldolgozása	53.104.525	267.542.093
Hulladékégetés szárazföldön	1.781.245	688.016
Lerakás a talaj felszínére vagy a talajba	837.661.361	24.437.257
Lerakás műszaki védelemmel (elhelyezés fedett, szigetelt, a környezettől és egymástól is elkülönített cellákban)	713.665.489	63.191.909
Oldószerként nem használatos szerves anyagok visszanyerése, újrafeldolgozása	10.116.456	111.751.577
Talajban történő hasznosítás, amely mezőgazdasági vagy ökológiai szempontból előnyös	36.116.855	921.366.440

Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Ezzel szemben 2004-ben jóval kevesebb, 2.349.264.024 kg, azaz 2.349.264,024 tonnányi építési-bontási hulladék került kezelésre valamilyen formában. Ez a mennyiség a 2020-as érték 20,6%-a, a két év közötti változás nagysága pedig drasztikus mértékű, +385,5%. 2004-ben mintegy 1.551.326.850 kg, azaz 1.551.326,9 tonnányi építési-bontási hulladék került lerakásra, ebből 837.661,4 tonna (837.661.361 kg) mennyiséget talaj felszínén vagy a talajban, mint közegben ártalmatlanítottak lerakással. A fennmaradó 713.665,5 tonna (713.665.489 kg) már műszaki védelemmel ellátott lerakóban került ártalmatlanításra. Szabad szemmel is jól látható, hogy jelentős különbségek mutatkoznak a két év értékei között. Míg előbbi esetében a 2004-es számadat 34,3-szorosa a 2020-as értéknek, utóbbi esetében az arány szintén magas, 11,3-szoros. Külön kiemelandő, hogy Magyarországon 2004-ben jelentős részarányt tulajdonított az építési-bontási hulladékok terén a

lerakással történő ártalmatlanítás, hiszen e két említett kategória együttesen a kezelési módszerek megoszlásában 66,03%-ot tulajdonított. Vagyis 2004 és 2020 között egy jelentős mértékű, és drasztikus fejlődés tapasztalható az építési-bontási hulladék kezelésének terén.



Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A lerakással ártalmatlanított építési és bontási hulladék mennyisége Magyarországon (tonna, 2004-2020)

Magyarország huzamosabb ideig lemaradást mutatott az európai hulladékgazdálkodási, különösen az építési- és bontási hulladékokkal való gazdálkodás tervezésének folyamatában. Az első jelentősebb jogszabályt, amely magában foglalta a hulladékgazdálkodási tervezést, a hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. törvény jelentette. A mára már hatályát veszített törvény még nem ismerte és nem is vizsgálta a melléktermék fogalom- és tárgykörét. A jelentősebb fellendülést, az Európai Unióhoz való csatlakozás, de különösképpen az uniós irányelvek és keretdirektívák térnyerése, illetve ennek megfelelően a jogharmonizáció eredményezte.

1.4.3. Az építési-bontási hulladékok képződésének megelőzése, csökkentésének stratégiája

Az Európai Unió egy korábban meghozott célja, hogy az építési- és bontási tevékenységből származó összes hulladék újrafeldolgozásában, újrahasznosításában- és használatában, és az anyagában történő közvetlen vagy közvetett hasznosítás terén el kell, hogy érje a 70%-os rátát. Ennek integrálása azonban mind a mai napig tart, megvalósíthatósága pedig megkérdőjelezhető.

Az építési- és bontási hulladékok képződését befolyásoló jelenlegi politikák és szabványok osztályozhatók és 5 fő kategóriába sorolhatók:^{147,148}

- hulladéklerakásra vonatkozó előírások: a hulladéklerakás szigorúbb ellenőrzése;
- hulladék-keretpolitikák: a hulladékra vonatkozó nemzeti politikák vagy szabályozások;
- az építési- és bontási hulladékokra vonatkozó hulladékpolitikák: speciálisan e frakciókba sorolható hulladékok képződésével foglalkozó, azt közvetlenül szabályozó szakpolitikai és jogi dokumentumok;
- másodlagos nyersanyag szabályozás és szabványok: minőségi szabványok kidolgozása az építési-bontási hulladékokból származó másodlagos anyagok használatára;
- építőipari előírások és szabványok: épületekre vonatkozó követelmények az építési-bontási hulladékok kezelésére vonatkozó szabályok fényében.

Akadályok és hajtóerők az építési-bontási hulladékok képződésének megelőzése kapcsán:¹⁴⁹

Ad a) Gazdasági akadályok és hajtóerők: a korlátozott rendelkezésre állás, a magas költségek a már meglévő és egyszer már felhasznált anyagok másodlagos használatát ösztönzik. Az építési-bontási hulladékok legnagyobb hányadát mind a mai napig a beton, falazati anyagok, aszfalt, ásványi hulladékok, kövek, homok, kavics, téglá- és cseréphulladékok teszik ki. E hulladékok újrahasznosításának fő akadálya az ásványi frakció hozzáférhetősége és olcsósága. A lerakás elkerülését, az újrahasznosítást fokozhatja a magas lerakási illetékek alkalmazása, másodlagos nyersanyagpiac-teremtés, adók alkalmazása.

Konkrét intézkedési elem lehet a jövőben az újrahasznosításra és visszaforgatásra alkalmas anyagok esetében a lerakási díjak megemlése, anyagcsoport- és frakció specifikus díjak bevezetése, valamint a materiális szempontok szerint, az anyagáramba nem visszavezethető hulladékok (pl.: azbesztcement hulladékok, azbeszttartalmú hulladékok) megszabott díjcsökkentése. Emellett a másodlagos piac megteremtését célzóan illetékcsoökkentést lehetne bevezetni a másodnyersanyagok felhasználása és beépítése kapcsán, továbbá irányzott szubvenciók keretrendszerét lehetne kidolgozni az effajta építkezések támogatására.

Ad b) Határokon átnyúló akadályok és hajtóerők: az építési-bontási hulladékok exportjának egyik fő mozgatórugója mind a mai napig a hulladéklerakási költségek nemzetek közötti és regionális különbségei (például gipszexport). Ez elkerülhető lenne, ha megtörténne a tagállamok közötti hulladéklerakási szabályozások, követelmények és költségek harmonizálása.

Konkrét intézkedési elem lehet az Európai Unió minden egyes tagállamára kiterjedő egységes és szabványosított hulladékkezelési- és ártalmatlanítási keretrendszer lefektetése, bevezetése és alkalmazása. Ezáltal elkerülhetőek lennének a tagállamok közötti különbségek, továbbá elősegítheti a másodnyersagnak egyébiránt alkalmas anyagcsoportok és hulladékfrakciók termékáramba történő visszaáramoltatását.

¹⁴⁷ Country Factsheets on Construction and Demolition Waste management (2015): *Construction and Demolition*

Waste management in Hungary, V2. Elérhető: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en (A letöltés dátuma: 2021. október 05.).

¹⁴⁸ European Commission (2011): *Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste*. Bio Intelligence Service S.A.S., France, Paris. 9-36.

¹⁴⁹ European Commission (2011): *Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste*. Bio Intelligence Service S.A.S., France, Paris., 55-64.

Ad c) Szemléletmódból származó akadályok és hajtóerők: a fő probléma a tévhit, miszerint az újrahasznosított termékek minősége alulmúlja a primer nyersanyagok és termékek minőségét és termékbiztonságát. Ennek leküzdésében lehet hajtóerő az egységes termék- és nyersanyag minősítés megléte, keretirányelvek létrehozása, kommunikáció, a szemléletformálás és az új technológiák, valamint módszerek megosztása a tapasztalathány kiküszöbölésére.

Konkrét intézkedési elem egy, a környezetbarát termékek megjelölésére szolgáló védjegy mintájára kialakított építőipari termékcsoporthoz tartozó jelölés, mely egy egységes, az EU minden tagállamára kiterjedő szabványosított és tanúsított minősítőrendszer kialakítását teremtene meg. Ennél fogva elkerülhetőek lennének az egyes országok közötti minőségbeli eltérések. A környezeti teljesítményértékelő rendszerek mintájára kialakítható lenne egy olyan auditált minősítőrendszer, mely megteremtene az EU-n belüli termékbiztonságot, ezáltal az effajta termékek iránti építőipari és lakossági bizalmat is.

Ad d) Technikai akadályok és hajtóerők: a probléma alapvetően az EU-s tagállamok, valamint egy adott nemzeten belüli régiókra és térségekre jellemző technikai fejlettségbeli különbségekben keresendő. Így az akadály elsősorban az építőipar technikai fejlettségének különbsége, a határfok mibenléte, a nem kellő hatékonyságú hulladékválogatás és a hulladékáram szennyeződése. Ebből kifolyólag ösztönözni kell az építési-és bontási hulladékok forrásnál történő válogatását, törekedni kell a minél szélesebb spektrumban történő szelekcióra, a minél pontosabb azonosításra, az inert hulladékfrakció védelmére a szennyeződések kiküszöbölésére. Mindezt ki kell terjeszteni továbbá a kevésbé értékesnek tűnő frakciókra is (műanyag, üveg) annak érdekében, hogy az építőiparra megvalósulhasson a nemzetszintű körforgásos anyag-és hulladékgazdálkodás eszme-és eszközrendszere.

Mindennek fényében sokakban megkérdőjelezhető a 70%-os újrahasznosítási arány realitása, holott, ha a korábban ismertetett 2018-as indikátor adatokat megvizsgáljuk, azt láthatjuk, hogy igen is lehetséges és reális. A legjobb példa pedig pont Magyarország, ahol rövid idő alatt nagymértékű fejlődés volt kivitelezhető. Azok az országok, ahol nagyon alacsony az újrahasznosítási arány, minden bizonnyal jelentős kihívásokkal néznek szembe a 70%-os cél elérése érdekében, mivel az megköveteli a megfelelő infrastruktúra fejlesztését, valamint a kellőképpen szabályozott és koordinált piacát is az újrahasznosított építőipari termékeknek. Ez utóbbi azonban olyan kihívás, amely minden egyes tagállamra egyaránt érvényes meglátás. Az építőipar legtöbb alszektorára, mint a legtöbb környezetterheléssel járó tevékenységre, rendelkezésre állnak olyan dokumentumok, amelyek az aktuálisan elérhető legjobb technológiai eljárásokat, eszközöket, infrastrukturális elemeket és technológiai megoldásokat sorakoztatják fel. Mégis, mind a mai napig jelentős eltérések jelentkeznek ezek alkalmazhatóságát tekintve az egyes tagállamokban, hiszen míg annak alkalmazása az egyik tagállamban gazdaságilag megtérülő, addig a másik tagállam esetében ezzel ellentétes gazdasági hatást válthat ki. A megoldás elsődlegesen a technológiai ismeretek és eljárások megosztásában keresendő, ugyanakkor azt sem szabad elfelejteni, hogy ennek révén az egyes termékgyártó csoportok versenypiaci szempontjai, érdekei-érdekeltségei és jogai sérülhetnek, így valójában a legfőbb problémát a gazdasági lehetőségek korlátozottsága és jelentős különbsége válthatja ki.

1.5. Problémafelvetés, összegzés¹⁵⁰

1.5.1. Az építési-bontási hulladék fogalma

Az előző fejezetekben elemeztük az építési-bontási hulladékok és az inert hulladékok fogalmi kereteit. Az EUROSTAT adatai alapján elmondható, hogy a *bányászati és építőipari tevékenységek* azok, amelyek a legnagyobb mennyiségben állítanak elő inert és építési-bontási hulladékot az Európai Unió területén, és ez a tendencia tartósan tűnik.

Az Unió építési-bontási hulladékok csökkentésére és gazdasági keringésben tartására vonatkozó terveit elemezve megállapítható, hogy azok végrehajtása számos kihívást rejt magában.

Ahogy arra a korábbiakban már utaltunk az *építési-bontási hulladékok* olyan anyagok, amelyek az építési és bontási tevékenységek során elkerülhetetlenül keletkeznek. Más meghatározás szerint az építési-bontási hulladék az „épületek bontása során keletkező törmelék, beton, acél, fa, téglák, föld, valamint az építési-kivitelezési területeken végzett tevékenységek során keletkező, különféle összetételű anyagok, beleértve a földkitermelést, az építmények és egyéb építőipari létesítmények kivitelezését, valamint a bontással, az útépítéssel és az épületek felújításával kapcsolatos tevékenységeket”. Az építési hulladék egy részét (például bontott téglát, nyílászárókat) újra fel lehet használni. A beton-és téglatörmeléket (más néven inert hulladék) is lehet hasznosítani, például útépítésnél.¹⁵¹

Mások szerint az építési-bontási hulladékot az újrafelhasználásra és újrahasznosításra való alkalmasságuk és lehetőségek alapján osztályozzák (bővebben lásd A best practices a téglák és cserépipar területén című fejezetet). Ezeket a hulladékokat a környezetet és az emberi egészséget nem veszélyeztető módon, az előírásoknak megfelelően hatékonyan kell kezelni, ártalmatlanítani. Az építési-bontási hulladék újrahasználata, hasznosítása számos gazdasági, környezeti és társadalmi előnnyel járhat és a természeti rendszerekre gyakorolt pozitív hatáshoz vezethet. Ezért alapvető fontosságú egy olyan koncepció kidolgozása, amely segíti az *építési és bontási hulladékgazdálkodással* kapcsolatos döntéshozatalt és támogatja, hogy az építési-bontási hulladék legnagyobb része körforgásba vezetődjön.

Az építőipari hulladékok döntő többségükben a szilárd, szerves, nem veszélyes hulladékok csoportjába tartoznak, azonban itt is felhasználásra kerülnek veszélyes anyagok és termelődnek veszélyes hulladékok.¹⁵²

A vonatkozó szakirodalomban található arra vonatkozó utalásokat, hogy az építési-bontási hulladék optimális kezelése környezeti, sőt társadalmi-gazdasági előnyökkel is járhat mind az építési projektek, mind a projektekhez kapcsolódó érdekelt felek számára. A hatékony építési és bontási hulladékgazdálkodás fenntartása elengedhetetlen különösen a hulladéklerakók élettartamának minél hosszabb távú megőrzéséhez, a munkahelyteremtéshez, a projektek összköltségének csökkentéséhez. Az építési és bontási hulladékgazdálkodás hatékonysága értékelésének fő szempontja egyrészt az, hogy az alkalmazott kezelési és ártalmatlanítási eljárások hatékonyság miként határozható meg, másrészt pedig az, hogy mennyi vezetődik vissza a gazdasági körforgásba. Emellett számos kutatásban vizsgálták több

¹⁵⁰ Az 1.5. alfejezet Buruzs Adrienn egyetemi docens írása.

¹⁵¹ <http://hasznositsd.hu/fogalomtar/epitesi-hulladek-sitt> (A letöltés dátuma: 2021. november 15.).

¹⁵² BENKŐ Gyöngyi (n.é.): Az építési tevékenység alkalmával keletkező hulladékok és helyes kezelésük. Építőipari kivitelezés előkészítése. 0681-06. SzT-019-50.

szempontból az építési és bontási hulladékgazdálkodás teljesítményét is. Egyes tanulmányokban^{153 154} például az építési és bontási hulladékgazdálkodás teljesítményét fenntarthatósági szempontból elemezték, ideértve a környezeti-gazdasági-társadalmi hatásokat, míg más tanulmányokban a projekt életciklusának, az érdekelt felek döntéseinek, az alkalmazott eszközöknek és technológiáknak az építési és bontási hulladékgazdálkodás teljesítményére gyakorolt hatását vették figyelembe. Ugyanakkor hiányzik a kutatásoknak az a szegmense, amely keretében az építési és bontási hulladékgazdálkodás teljesítményét befolyásoló más összetevőket is elemezik. Ebben az esetben a kutatási cél *egy fogalmi-értékelési keretrendszer megalkotása lenne*, és a cél elérése érdekében meg kell határozni az építési-bontási hulladék hatékony kezeléséhez hozzájáruló összetevőket.

Ennek a fogalmi-értékelési keretrendszernek a kidolgozásával az építési és bontási hulladékgazdálkodás értékelésének területén jelentős előrelépés várható. A szóban forgó keretrendszer kimunkálása során választ kaphatunk az alábbi kérdésekre is¹⁵⁶:

- milyen fogalmi-értékelési keretrendszer alkalmas az építési és bontási hulladékgazdálkodás hatékonyságának értékelésére, illetve
- mely elmélet(ek) támogathatják és igazolhatják az építési-bontási hulladékkal összefüggő kutatások hatékony megvalósítását?

Reméljük, hogy a jelen kötet némiképp hozzájárul ezeknek a kérdéseknek az eldöntéséhez.

1.5.2. Az építési-bontási hulladék szabályozási karakterisztikája

Az Unió hangsúlyozza az építési-bontási hulladék fontosságát a *körforgásos gazdaságra vonatkozó cselekvési tervben* is.¹⁵⁷ A cselekvési terv meghatározza Európa útját a körforgásos gazdaság és a versenyképesség növelése felé, az építési-bontási hulladék ennek megfelelően egyike annak a hét kiemelt területnek (elektronika és IKT, akkumulátorok és járművek, csomagolás, műanyagok, textilipar, építőipar és épületek, élelmiszerek, víz és tápanyagok), amelyekkel a körforgásos gazdaság cselekvési terv foglalkozik. Az építési és bontási hulladékra vonatkozó hasznosítási célértékek felülvizsgálata során a Bizottság különös figyelmet fog fordítani a növekvő hulladékáramot eredményező szigetelőanyagokra is.

2016 novemberében bevezetésre került az EU Építési és Bontási Hulladék Protokollja,¹⁵⁸ amely az építési-bontási hulladék kezelésével kapcsolatos iránymutatásokat tartalmazza. A Protokollhoz kapcsolódik az *építésgazdaság hatékonyságjavítását, teljesítménynövelését és az épített környezet fenntartható fejlesztését célzó középtávú stratégiáról és intézkedési tervről szóló 1337/2021. (VI. 1.) Korm. határozat*.¹⁵⁹ Az *Erőforrás-hatékonysági lehetőségek az építőiparban* című közlemény¹⁶⁰ bevált gyakorlatokat tartalmaz az EU egész területéről: tartalmazza a definíciók áttekintését és egy ellenőrző listát is a gyakorló szakemberek számára. Az iránymutatások célcsoportjai a helyi, regionális és nemzeti

¹⁵³ WU et. al. (2019) A review of performance assessment methods for construction and demolition waste management. *Resour. Conserv. Recycl.* 150, 104407.

¹⁵⁴ MARZOUK et. a. (2014). Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics. *Resour. Conserv. Recycl.* 82, 41–49.

¹⁵⁵ ESA et. al. (2017) Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia. *Resour. Conserv. Recycl.* 120, 219–229.

¹⁵⁶ KABIRIFAR et. al. (2020): A conceptual foundation for effective construction and demolition waste management. *Cleaner Engineering and Technology* 1, 100019.

¹⁵⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/?uri=COM:2020:98:FIN> (A letöltés dátuma: 2021. november 15.).

¹⁵⁸ https://ec.europa.eu/growth/news/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-2018-09-18_hu (A letöltés dátuma: 2021. november 15.).

¹⁵⁹ 1337/2021. (VI. 1.) Korm. határozat az építésgazdaság hatékonyságjavítását, teljesítménynövelését és az épített környezet fenntartható fejlesztését célzó középtávú stratégiáról és intézkedési tervről.

¹⁶⁰ Régiók Bizottsága: Vélemény. Erőforrás-hatékonysági lehetőségek az építőiparban. ENVE-V-049. 111. plenáris ülés – 2015. április 16–17.

hatóságok, iparági szakemberek, építőipari, hulladékkezelő, szállítással és logisztikával, valamint újrahasznosítással foglalkozó cégek. A közlemény világosan kimondja azt is, hogy a jó hulladékgazdálkodási gyakorlatok mellett az egyértelmű és szigorú szakpolitikai és keretfeltételek megalkotása kulcsfontosságú az építési-bontási hulladék újrahasznosítási arányának növelésében. Ez az arány ugyanis jelentősen különbözik – 10 %-tól 90 %-ig – az EU egyes tagállamaiban, amely azt mutatja, hogy a gyengébb teljesítményt nyújtó tagállamok minden bizonnyal javíthatják teljesítményüket a magasabb újrahasznosítási arányt elérő tagállamok legjobb gyakorlati példáinak adaptálásával. Ezáltal jelentős erőforrás-hatékonyság-növelés érhető el az építőiparban az építési-bontási hulladék újrahasznosítási arány növelésével.

Erre az egyik lehetséges politikai eszköz a *zöld közbeszerzés*.

1.5.3. *A fenntartható építési és bontási hulladékkezelésre vonatkozó előírások*

Számos kutatás alátámasztja, hogy a *fenntarthatóság* és a *körforgásos gazdaság* koncepciója az építési és bontási hulladékgazdálkodás egyik alapja.

Ahogy arról a korábbiakban szintén szóltunk, az építési-bontási hulladékot az inert, illetve nem inert anyagok szétválasztásával lehet tovább definiálni, például a betont, a kőzeteket és a talajt az inert anyagok közé, míg a fát, az üveget és a műanyagot a nem inert anyagok kategóriájába soroljuk. Ahogy az előző fejezetekben kiemeltük, az építési-bontási hulladékot a kivitelezési, felújítási és bontási folyamatok során keletkező hulladékként is értelmezik. Az építési-bontási hulladék egyik legfrissebb definíciója szerint az a különböző anyagok keverékeként került meghatározásra, amelyek veszélyes, illetve nem veszélyes és inert, illetve nem inert anyagokat, valamint olyan anyagokat tartalmaz, amelyeket a természeti katasztrófák (például szökőár, hurrikánok és földrengések) pusztító hatása eredményez.

A fenntartható építési és bontási hulladékkezelésre befolyásoló legfontosabb tényezők az alábbiak:

- A természeti erőforrások megőrzése, az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentése, a hulladéklerakókba kerülő hulladék mennyiségének csökkentése, a talaj degradációjának és szennyeződésének megelőzése, a levegő és a víz szennyeződésének megakadályozása, a kormányzati politikák és a globális felmelegedéssel kapcsolatos félelmek mind olyan tényezők, amelyek az építési-bontási hulladék kezelésének környezetvédelmi szempontjaival szorosan összefüggnek.
- Az anyaghasználattal kapcsolatos költségek, az építési-bontási hulladékkal kapcsolatos költségek (például a hulladéklerakás költségei), a termelékenység csökkenése, az általános költségek, a szállítási költségeket, az újrahasználat és újrahasznosítás költségei olyan tényezők, amelyek gazdasági szempontból befolyásolják az építési-bontási hulladék kezelését.
- Az anyagok újrahasznosításával kapcsolatos egészségügyi és biztonsági kérdések a begyűjtéstől a szállításig és az újrahasznosításig, az építési-bontási hulladék érdekelt feleinek döntési mechanizmusa, az építési-bontási hulladék kezelésével kapcsolatos közvélemény és tudatosság, a bontást végző szakemberek hozzáállásának megváltoztatására irányuló ösztönzők, valamint a társadalmi aggályok az illegális szemétkerakás mind, az építési-bontási hulladék kezelését befolyásoló tényezők.¹⁶¹

¹⁶¹ KABIRIFAR et. al. (2020): A conceptual foundation for effective construction and demolition waste management. *Cleaner Engineering and Technology* 1, 100019.

2. AZ ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉKÁRAM JELLEMZÉSE A KÖRFORGÁSOS GAZDASÁG SZEMPONTJÁBÓL

2.1. Az építési-bontási hulladék és a körforgásos gazdaság lehetséges kapcsolódása¹⁶²

2.1.1. Lineárisból a körforgásos gazdaságba

Az európai építőipar stratégiai jelentőségű a legtöbb ország gazdasága számára. Európában tíz ház közül körülbelül négy épült 1960 előtt, amikor az építési gyakorlat a mai szabványok szerint gyenge volt. Elsődleges szempont a már megépített épületállomány fenntartása és megőrzése. Amennyiben felújításra vagy bontásra van szükség, célul kell kitűzni, hogy ez történjen körforgásos megközelítésben, ahol az anyagok nem hulladékká válnak, hanem visszaforgatjuk azokat az építőiparba.¹⁶³

Az épített környezet társadalomra és természetre gyakorolt hatása megkerülhetetlen, ha fenntarthatóságról, körforgásos gazdaságról beszélünk. Emiatt is kiemelten fontos az építőiparban fellelhető körforgásos kapcsolódási pontok kiaknázása. A környezetre gyakorolt hatás a kivitelezés befejezésével sem zárul le, hiszen épületeink használati élettartama során is terhelik a környezetet: a primer energiafogyasztás több mint 40 %-a köthető hozzá, és a károsanyag-kibocsátások is számottevőek. Az életciklus végeztével pedig a bontás környezetre gyakorolt hatása is jelentős.

Az épített környezet magában foglalja környezetünk ember alkotta elemeit, az épületeket, az infrastruktúrát, beleértve a közlekedést, a távközlést, az energiát, a víz- és hulladékkezelési rendszereket. A tervezés és az építés hozzájárul az épített környezet minőségéhez, ami jelentős hatással van az emberi egészségre, a jólétre és a termelékenységére.

Mivel a világon a városi lakosság száma naponta nagyságrendileg 200.000 fővel növekszik, szükség van az infrastruktúra fejlesztésére. A következő 40 évben várhatóan 230 milliárd négyzetméternyi új építmény épül majd, megduplázva ezzel a jelenlegi globális alapterületet. Ez egyenértékű azzal, mintha Párizs beépített területét hetente hozzáadnánk a bolygóhoz.

Világszerte az építőipari ágazat a legnagyobb nyersanyag- és egyéb erőforrás-fogyasztó; hárommilliárd tonna nyersanyagot és a világon előállított összes acél körülbelül 50 %-át használja fel évente. 2018-ban az épületek és az építőipar képviselte a végső energiafelhasználás 36 %-át, valamint az energiafelhasználáshoz és az operatív folyamatokhoz kapcsolódó CO₂-kibocsátás közel 40 %-át.¹⁶⁴ Míg az építőipar energiaintenzitása – négyzetméterenkénti energiafelhasználása – átlagosan évente 1,5 %-kal csökkent, ezt az arányt felülmúlja a növekvő energiaigény és a növekvő teljes globális alapterület, amely az épületek teljes CO₂-kibocsátásának éves 1 %-os növekedéséhez vezetett 2010 óta, ideértve az építőipar és a termékek (épületek) energia-felhasználását is.

Spanyolországban egy lakóépület minden négyzetméteréhez összesen 2,3 tonna, több mint 100 különböző anyagra van szükség. Ha az egységnyi szolgáltatásra jutó anyagintenzitást (az anyagok előállításához szükséges összes erőforrást) vizsgáljuk, akkor ez 6 t-át jelent négyzetméterenként.¹⁶⁵

Az épületek építése és bontása a globális anyagfelhasználás és hulladéktermelés körülbelül egyharmadát teszi ki. Továbbá a városi hulladékáramokban található szilárd hulladékok közel 40 %-a az építési-bontási hulladékból származik. Ennek a hulladéknak azonban csak 20-30 %-a kerül újrafelhasználásra vagy hasznosításra. Európában például a keletkező építési-bontási hulladék több

¹⁶² A 2.1. alfejezet Buruzs Adrienn egyetemi docens írása.

¹⁶³ <https://urbact.eu/%C3%A1tr%C3%A9r%C3%A9s-k%C3%B6rforg%C3%A1sos-gazdas%C3%A1gra-az-%C3%A9p%C3%ADt%C5%91ipar-ereje-jobb-v%C3%A1rosok-kialak%C3%ADt%C3%A1s%C3%A1ban> (A letöltés dátuma: 2021. október 4.).

¹⁶⁴ Background Materials for Circular Economy. Sectoral Roadmaps. Smart Prosperity Institute, Construction, February 2021.

¹⁶⁵ REZA, Ali – GÓRECKI, Jarosław et al. (2019): Circular economy in construction sector. Conference: CEPPIS 2019At: Bydgoszcz, Poland, Project: Construction Management.

mint felét hulladéklerakókba helyezik el. Az ilyen magas erőforrás-felhasználási arány mellett az *építőipar* számára számos lehetőség kínálkozik a *körforgásos gazdaság* gyakorlatának alkalmazására, a környezeti hatások csökkentése érdekében. Annak ellenére, hogy az építőipart hagyományos iparágnak tekintjük, az elmúlt években az innovatív technológiák és technikák bizonyították az ágazat környezeti hatásainak csökkentésére irányuló potenciálját, párhuzamosan a gazdasági és társadalmi előnyökkel.

A Föld véges erőforrásainak egyre növekvő kitermelése mellett a keletkezett hulladék oly mértékben növekszik, amelyet már képtelenek vagyunk kezelni.

Az *Európai Unió* kiemelt célja az áttérés a körforgásos gazdaságra, amelyben a termékek, alapanyagok és erőforrások értékét a lehető legtovább megőrzik a gazdaságban, a hulladék keletkezését pedig a minimálisra csökkentik. Az európai versenyelőny biztosításának alapja a fenntartható, karbonszegény, erőforrás-hatékony és egyben versenyképes gazdaság kialakítása. Megoldás a *körforgásos gazdasági modell*, amelyben nincsenek hulladékok, és amelyben a ma termékei egyben a jövő alapanyagai.

A termékeknek van egy *életciklusa*, mely az első ipari forradalom során vált lineárisra, azaz az ipar a nyersanyagokat kitermelte, termékeket állított elő, majd ezek használatba kerültek, végül pedig használttá, feleslegessé válásuk után megszabadultunk tőlük. Az *erőforrások szűkössége* (az ezzel együtt járó költségnövekedés), a technológia fejlődése, az új generációk felelős gondolkodása magával hozta a XX. század végére a *fenntarthatóság* elvét: „A fenntartható fejlődés olyan fejlődési folyamat, amely kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy csökkentené a jövő generációk képességét, hogy ők is kielégítsék a saját szükségleteiket”.¹⁶⁶ A fenntarthatóság jegyében három területnek kell szimbiózisban lennie: a gazdaságnak, a társadalomnak és a természeti környezetnek.

A fő cél, hogy ez a három terület úgy fejlődjön, hogy egymást erősítsék.

A XXI. század egyre *gyorsuló technológiai fejlődése* hatékonyabbá teszi a gazdasági folyamatokat, egyben olyan megoldásokat tesz lehetővé, amelyek során a hulladék visszakerül az *értékkeresési folyamatokba*. Ez a szemlélet nem új, sok tudóst évtizedek óta foglalkoztat, beszivárgott a köztudatba is, a gazdasági szabályozásokban, de a vállalati stratégiákban is egyre nagyobb teret nyer. A *körforgásos gazdasági szemlélet* előtérbe kerülésének mozgatórugói az alábbiak:

- Az átalakuló fogyasztói igények: kutatások^{167 168 169} igazolják, hogy a fogyasztók 30-40 %-a hajlandó többet fizetni a környezetbarát vagy fenntartható alapanyagokból készült termékekért. Ez különösen fontos az Y és Z generációknak (35-20-15 évesek), ezzel is kikényszerítve a vállalatoktól, hogy felelősen működjenek.
- A szűkös erőforrások: a népesség növekedése egyre több erőforrást igényel, miközben a Föld erőforrásai korlátozottak. Ma már ott tartunk, hogy a WWF (World Wide Fund for Nature - Természetvédelmi Világalap¹⁷⁰) által meghatározott „*Earth Overshoot Day*” (egy éven belül meghatározott dátum, amikor a Föld regenerációs képességén túl használjuk ki a természeti erőforrásokat) egyre korábbra tolódik (2021-ben július 29. volt¹⁷¹), vagyis adott éven belül ezt a dátumot meghaladó időszakban a jövő generáció természeti nyersanyagait vesszük igénybe.

¹⁶⁶ United Nations World Commission on Environment and Development, ed. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Oxford: *Oxford University Press*, 1987.

¹⁶⁷ BISWAS – ROY (2016): A Study of Consumers' Willingness to Pay for Green Products. *Economics*. 8(5), 494.

¹⁶⁸ <https://hbr.org/2019/07/the-elusive-green-consumer> (letöltés dátuma: 2022. január 23.)

¹⁶⁹ LAROCHE et al. (2001): Targeting consumers who are willing to pay more for environmentally friendly products. *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 18 Iss 6 pp. 503 – 520.

¹⁷⁰ <https://wwf.org/> (A letöltés dátuma: 2021. október 21.)

¹⁷¹ <https://www.overshootday.org/about-earth-overshoot-day/> (A letöltés dátuma: 2021. október 21.)

Az erőforrások szűkössége a nyersanyagárak jelentős ingadozását is okozza, amely hátrányos a vállalatok, végső soron pedig a fogyasztók számára is.

- A technológiai áttörések: a *negyedik ipari forradalom* időszakát éljük, amelyet a digitalizáció és a hatalmas mennyiségű adat, illetve annak feldolgozása jellemez. Ellentétben az első ipari forradalommal (megismerkedtünk a hulladékkal), a negyedikben rejlik annak lehetősége, hogy a hulladékot megszüntesse, de legalábbis nagymértékben csökkentse. Az ipar 4.0 olyan technológiai modell, amely megújuló erőforrásokat használ, a Föld készleteiből származó *véges anyagokat végtelen körforgásban tartja*. A gazdaság, a társadalom és a természeti környezet szimbiózisán alapuló fenntarthatósági szemléletet a körforgásos modell a termékek akár iparágakon és országhatárokon átívelő újrahasználásával, újragyártásával, vagy újrahasznosításával terjeszti ki.¹⁷²

Az épületek energiatanúsítási folyamatában az *LCA* módszerének alkalmazása hozzájárul az alacsony energiafogyasztású és nagy hatékonyságú, fenntartható épületek elterjedéséhez, valamint támogatja az építőipari innovációt.

Ezért a megújuló energiaforrások és az energiahatékony berendezések használata mellett kiemelten kell kezelni

- a *bioklimatikus tervezést*, amely olyan passzív, a környezet által kínált természetes előnyöket, illetve épületszerkezeti kialakításokat foglal magában, amelyek használata külön energiát nem igényel, viszont nagy hatással van az adott épület energiafogyasztására;¹⁷³
- a *biokonstrukciót*, amelynek célja egészséges és kényelmes otthonok létrehozása;¹⁷⁴
- a lokálisan elérhető természetes, újrahasznosítható anyagok felhasználását, valamint a *vízfogyasztás minimalizálását* (az épületek esővízgyűjtő rendszereinek és szürkevíz-hálózatainak és a zöldtetők tervezésével).

2.1.2. Stratégiák, gyakorlatok és elvek

Tekintettel az építőipar nyersanyag-igényének mértékére, ebben az ágazatban sok jógyakorlat a csökkentett erőforrás-fogyasztásra összpontosít. Ennek egyik képviselője az ún. *ökodizájn* kulcsfontosságú a stratégia céljainak elérésében. A *környezetbarát tervezésnek* számos más eszköze is van, például a fa előnyben részesítése az acéllal és a betonnal szemben, valamint innovatív megoldások által olyan beton fejlesztése, amelynek előállítása kevesebb CO₂ kibocsátásával jár.

A termékek és alkatrészek *élettartamának meghosszabbítása* egy másik stratégia. Az épületeket kifejezetten a karbantartás, javítás és felújítás szem előtt tartásával lehet megtervezni. Az ARUP vállalat például Skóciában egy teljesen integrált szerkezeti állapotfelügyeleti rendszert tervezett, ezer érzékelő elhelyezésével, hogy figyelmeztetéseket adjon a szerkezeti meghibásodások esetén. Szintén az épületek meghibásodásának egyik eszköze a magukat regenerálni képes anyagok kidolgozása. Henk Jonkers például olyan öngyógyító betont fejlesztett ki, amely baktériumokat tartalmaz. Ezek kitöltik a repedéseket, amikor a beton vízzel érintkezik.¹⁷⁵

Az épületek *szétbonthatóra történő tervezése* szintén egy hatékony gyakorlat, mivel lehetővé teszi az épületek egyes alkotóelemeinek egyszerű újrafelhasználását az épületek elbontásakor a hulladéklerakás alternatívájaként. A „zöld szigetelések” terén is történtek már fejlesztések, ahol a szigetelőanyagot

¹⁷² URBÁN Ferenc (2020): *Az építőanyag-ipar szerepe a körforgásos gazdaságban. Lehetetlen küldetés vagy reális jövő?* CeMBeton.

¹⁷³ <https://www.epitesimegoldasok.hu/bioklimatikus-tervezesi-modszerek.html> (A letöltés dátuma: 2021. december 2.).

¹⁷⁴ <https://www.renovablesverdes.com/hu/bioconstruccion/> (A letöltés dátuma: 2021. december 2.).

¹⁷⁵ Background Materials for Circular Economy. Sectoral Roadmaps. Smart Prosperity Institute, *Construction*, February 2021.

parafából, újrahasznosított papírból származó cellulózból, használt textíliákból (például pamutból, farmerből) állították elő.

Sok egyéb lehetőség van arra, hogy az erőforrások új életet kapjanak az építőiparban. Az Európai Bizottság strukturált tervet¹⁷⁶ dolgozott ki az építési hulladékok kezelésére, hogy biztosítsa a maximális mennyiségű *újrafelhasználást* és *újrahasznosítást*. Az újrahasznosított anyagok felhasználásával az építőipar hasznos építőanyaggá alakíthatja a más iparágakból származó hulladékot. Az újrahasznosítás különösen fontos az építőipar számára, tekintettel a bontások során keletkező hulladék hatalmas mennyiségére. Az építési hulladék energiaforrássá is alakítható, ezáltal lehetővé téve az energia hasznosítását is. Például a brit kolumbiai Richmondban található Lafarge cementgyár fosszilis tüzelőanyagok égetése helyett építkezésekből származó hulladékokat használ fel működtetéséhez.¹⁷⁷

Az építőipar egyike azon ágazatoknak, ahol nagy a lehetőség a *körforgásos stratégiák* megvalósítására, különösen a környezetbarát termékek és technológiák bevezetése révén. A körforgásos gazdaság elvének meghonosítása az építőiparban elősegíti a fenntartható anyagok használatát, maximalizálja az anyaghasznosítást, és elkerüli a szükségtelen hulladékkeletkezést. A körforgásos gazdaság elveinek az európai épített környezetben való alkalmazásával várhatóan 2030-ig 350 milliárd eurót lehet megtakarítani erőforrás- és energiaminimalizálással¹⁷⁸. Ezt a szektort azonban erős projektalapú intézményesített gyakorlat és piaci mechanizmusok jellemzik, amely szempontok sok esetben nem könnyítik meg a körforgásos gazdaság elveinek beépítését. Az építési projektek esetében azok megvalósításához nagyszámú érdekelt fél közreműködésére van szükség egy komplex ellátási láncon belül, ahol minden láncszem hozzájárul a környezeti hatásokhoz és az épületgyártás költségeihez. Ebben az összefüggésben egyértelmű, hogy az európai kormányoknak kulcsszerepet kell játszaniuk abban, hogy megfelelő iránymutatásokat és szakpolitikai beavatkozásokat alakítsanak ki az építőipar számára a körforgásos gazdaságra való átállás támogatására.¹⁷⁹

2.1.3. Az építőipar és a körforgásos gazdaság szimbiózisa

Az építési és bontási hulladékok az épületek teljes élettartama során keletkezhetnek, azonban a legmeghatározóbb fázis az élettartam vége. Ez abból adódik, hogy a bontási tevékenységek során nagy mennyiségű hulladék keletkezik és az építőanyagok nagy részét az élettartam végén nem hasznosítják újra, hanem lerakással vagy égetéssel ártalmatlanítják. Ennek legfőbb oka, hogy az építőipar *lineáris közgazdasági modellt* alkalmaz, amely a „take, make, dispose” (vedd el, használd, dob ki) elvén alapul. Ebben a modellben az első fázis, hogy a nyersanyagokat kitermelik, amelyeket aztán építőanyaggá alakítanak és az építkezésen használnak fel. Az elhasználódásuk – hulladékká válásuk – után ártalmatlanítják azokat.

Ezzel szemben az elmúlt évtizedekben kialakuló másik gazdasági modell a körforgásos gazdaság, amelynek alapelve a hatékonyabb erőforrás-gazdálkodás. Az *Ellen MacArthur Alapítvány*¹⁸⁰ számos tanulmányon keresztül népszerűsíti a körforgásos gazdaság ötleteit és lehetőségeit, olyan regeneratív rendszerként definiálva a gazdaságot, amelynek célja, hogy *az anyagokat a legmagasabb értékükön zárt körben tartsa*.

A körforgásos gazdaság koncepciója az ipari ökológiából fejlődött ki. „Egy kalap alá” próbálja összegyűjteni a különböző tudományterületekről származó, már létező módszereket és

¹⁷⁶ https://ec.europa.eu/growth/news/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-2018-09-18_hu (A letöltés dátuma: 2021. október 22.).

¹⁷⁷ Background Materials for Circular Economy. Sectoral Roadmaps. Smart Prosperity Institute, *Construction*, February 2021.

¹⁷⁸ Ellen MacArthur Foundation (2015): Growth within: a Circular Economy Vision for a Competitive Europe, Ellen MacArthur Found.

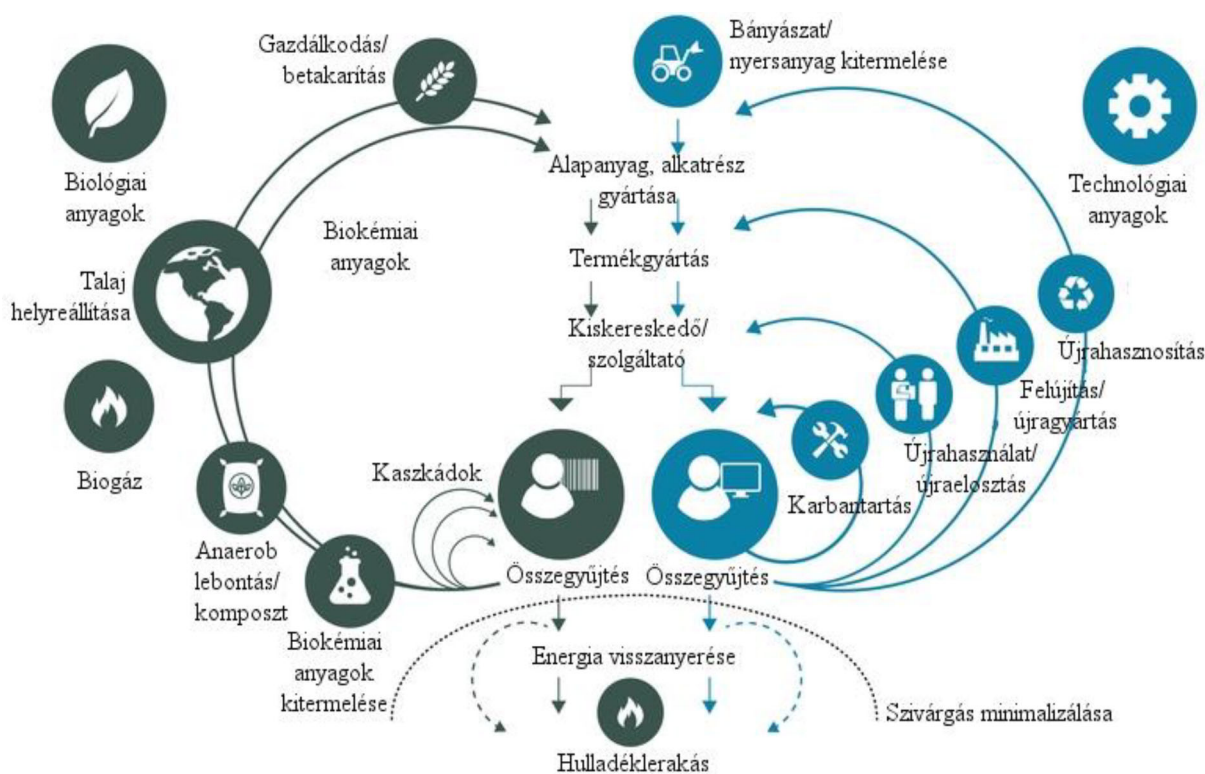
¹⁷⁹ NOROUZI, Masoud et al. (2021): Circular economy in the building and construction sector: A scientific evolution analysis. *Journal of Building Engineering* 44., 102704.

¹⁸⁰ <https://ellenmacarthurfoundation.org/> (A letöltés dátuma: 2021. október 22.)

megközelítéseket, így például ipari ökoszisztémák és ipari szimbiózisok, a 3R-elv, a tisztább termelés, az ökohatékonyság, a bölcsőtől bölcsőig tervezés vagy éppen a biomimikri. Az ilyen irányú megközelítések megkövetelik az anyagáramlási hurkok lezárását a hulladékok és erőforrások újrafelhasználásával, valamint lassítását hosszú élettartamú, újrafelhasználható termékek fejlesztésével.¹⁸¹

A körforgásos gazdaságnak nincsen általánosan elfogadott meghatározása, a tapasztalatok azt mutatják, hogy a koncepciónak megannyi értelmezése létezik.

A *körforgásos gazdaság két köre* a technológiai anyagok és a biológiai anyagok köre. Ezt a vonatkozó szakirodalom *pillangó-diagram*nak hívja. Fontos, hogy ahhoz, hogy az anyagok az újrahazsnálat, újragyártás, hasznosítás során körforgásban maradjanak, a megfelelő körön kell végighaladniuk. A két kör anyagai nem keverhetők egymással, fizikailag (biológiailag-kémiailag-vegyészetileg) ez lehetetlen. A lineáris rendszerekben manapság ennek a két körnek az összekeverésével keletkeznek a hibrid termékek, például az élelmiszeripar csomagolásai, az életciklusok és anyagok összehangolatlanságából eredően, így nehezebb és költségesebb az újrahazsnálat, a pillangókörre helyezése a termékeknek a következő „életükben”.¹⁸² (Az ábra magyar nyelvű változata más forrásból nem elérhető. Az eredeti angol nyelvű változat az Ellen Macarthur Foundation oldalon található.)



Forrás: HORVÁTH Bálint (2019): Körforgásos gazdasági modellek és hatékonyságuk mérése.¹⁸³

A biológiai és technológiai anyagok áramlása a körforgásos gazdaságban

¹⁸¹ NOROUZI, Masoud et al. (2021): Circular economy in the building and construction sector: A scientific evolution analysis. *Journal of Building Engineering* 44., 102704.

¹⁸² <https://www.facebook.com/korforgasosgazdasag/photos/107421567972734> (A letöltés dátuma: 2021. október 10.)

¹⁸³ HORVÁTH Bálint (2019): Körforgásos gazdasági modellek és hatékonyságuk mérése. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem, Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola, Gödöllő.

Az építőipar és a körforgásos gazdaság kapcsolata rendkívül összefonódik, melyet számos tudományos mű alátámaszt. (Lásd például: Charlotte et. al. (2020),¹⁸⁴ Lopez et al. (2020),¹⁸⁵ Jingkuang et. al. (2021),¹⁸⁶ Uzzal et al. (2020),¹⁸⁷ Adams K. (2017)).¹⁸⁸

Egy körforgásos gazdaságban nem a tényleges anyagkörforgás megvalósítása az elsődleges, hanem az, hogy *mind inkább elszakadjunk az anyaghasználatától* vagy minimalizáljuk azt. Ennek az egyik módja, hogy minél *hosszabb élettartamú termékeket* gyártunk. E termékek a használatuk során „*anyagbank*”-ként működnek, amelyeket ezen idő alatt nem tudunk és nem is akarunk hasznosítani.¹⁸⁹

A körforgásos gazdaság modelljében az elhasználadott építőanyagokat újra fel kell használni, hogy az új épületek anyagbankjaiként működjenek, zárt körben tartva az építőelemeket és -anyagokat, ahogyan az EMF javasolja az általános körforgásos gazdaság koncepciójában.

Ez az újfajta megközelítés azonban még további tudásbázis és eszköz fejlesztést igényel ahhoz, hogy szélesebb körben elterjedjen az iparban. Különösen az építőiparban, ahol az innováció megvalósítása jellemzően több időt vesz igénybe. Az épületek építése legtöbbször egyedi projekt, amely nagy ellátási láncal rendelkezik, amely csak tovább növeli a folyamat bonyolultságát.

Az építésgazdaság fenntarthatósága további szempontok szerint is vizsgálható.

Számos egyéb ágazathoz hasonlóan a környezeti, társadalmi és kormányzati (a továbbiakban: *ESG szempontok*, Environmental, Social and Governmental) szempontok mérlegelése elengedhetetlen az építőiparban. Az egészséggel kapcsolatos és a fenntarthatóság különböző szempontjaira való fókuszálást csak súlyosította a COVID-19 világvilágjárvány és a jelentős éghajlati viszonyok és a klímaváltozással összefüggésbe hozható események.

A fogyasztók, a befektetők és más érdekelt felek fokozott társadalmi és környezeti tudatosságának köszönhető, hogy az elmúlt időszakban a vállalatok ESG-teljesítményét jelentős figyelem övezte. Az építőipari ágazat repertoárjában az e koncepciókat tükröző új gyakorlatok, programok és mérőszámok jelennek meg – különösen az éghajlatváltozás globális hatásai és a folyamatban lévő világvilágjárvány fényében. Az ESG-kezdeményezések bevezetése várhatóan növekedni fog, ahogy a kormányok és az érdekelt felek egyre inkább a kibocsátás csökkentésére, a projektek fenntarthatóságának javítására és a nagyobb befektetői stabilitás biztosítására összpontosítanak. Ezért az iparág szereplői számára elengedhetlenné válik, hogy politikákkal és stratégiákkal rendelkezzenek az ESG kezelésére.¹⁹⁰

A *European Green Deal* az EU új növekedési stratégiája, amelynek célja, hogy az EU-t egy igazságosabb és virágzóbb társadalommá alakítsa át, modern, erőforrás-hatékony és versenyképes gazdasággal. A fő cél az alacsony kibocsátású technológiák, fenntartható termékek és szolgáltatások globális piacain rejlő jelentős potenciál kiaknázása annak érdekében, hogy 2050-re elérjük az klímaseglegességet. A klímasegleges és körforgásos gazdaság, beleértve az építésgazdaságot is, megvalósításához azonban az ipar teljes mozgósítására van szükség. Valamennyi ipari értéklánc, beleértve az energiaintenzív ágazatokat is, kulcsszerepet fog játszani.¹⁹¹

¹⁸⁴ CHARLOTTE et. al. (2020) Building design and construction strategies for a circular economy. *Architectural Engineering and Design Management*. 1-21.

¹⁸⁵ LOPEZ et. al. (2020): The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach. *Cleaner Production*, vol. 248, 119238.

¹⁸⁶ JINGKUANG et. al. (2021) Explore potential barriers of applying circular economy in construction and demolition waste recycling. *Journal of Cleaner Production*. vol. 326, 129400.

¹⁸⁷ UZZAL et al. (2020): Circular economy and the construction industry: Existing trends, challenges and prospective framework for sustainable construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 130, 109948.

¹⁸⁸ ADAMS K. (2017): Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers. *Waste and Resource Management*. 1-11. DOI: 10.1680/jwarm.16.00011.

¹⁸⁹ HORVÁTH Bálint (2020): Hollandia újragondolva – anyagbankok, tulipánfesték, gombakoporsó. *Földgömb, Körforgásban Különszám*, XXXVII. évfolyam, 344. lapszám, 44-54.

¹⁹⁰ <https://mcmillan.ca/insights/evidence-of-esg-in-the-construction-and-development-industry/> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

¹⁹¹ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/industry-and-green-deal_en (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

Az Európai Bizottság 2021 áprilisában ambiciózus és átfogó intézkedéscsomagot fogadott el annak érdekében, hogy Unió-szerte ösztönözze a pénzügyi forrásoknak a fenntartható tevékenységek felé irányuló áramlását. Azáltal, hogy lehetővé teszik a befektetők számára, hogy a befektetéseket fenntarthatóbb technológiák és vállalkozások irányába tereljék, az elfogadott intézkedések kulcsfontosságúak lesznek ahhoz, hogy Európa 2050-re klímasemlegessé váljon. Ezekkel az intézkedésekkel az EU globális vezető szerepet vállal a fenntartható finanszírozás normáinak meghatározásában.

Ennek az alapjogszabálya az ún. Taxonómia rendelet, melyet számos jogi aktus kiegészít majd. Többek között ilyen módon kerülnek majd meghatározásra a technikai vizsgálati kritériumok is, amelyek alapján eldönthető mely tevékenységek járulnak hozzá jelentősen a *taxonómiai rendelet* szerinti két környezetvédelmi célkitűzéshez: az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodáshoz és az éghajlatváltozás mérsékléséhez. Ez a felhatalmazáson alapuló jogi aktus a tőzsdén jegyzett vállalatok mintegy 40 %-ának gazdasági tevékenységére vonatkozna azokban az ágazatokban, amelyek a közvetlen üvegházhatásúgáz-kibocsátás közel 80 %-áért felelősek Európában. Olyan ágazatok tartoznak a hatálya alá, mint az energia, az erdészet, a feldolgozóipar, a közlekedés és az építőipar.¹⁹²

A kutatók az építésgazdaságon belül az elmúlt évtizedben kiemelt figyelmet fordítottak a fenntarthatóságra, az energiahatékonyságra, életciklus-értékelésre, megújuló energiák használatára és az újrahasznosításra. Azonban néhány területen szükséges a további kutatás-fejlesztés, ezek az alábbiak:

- alternatív építőanyagok fejlesztése és használata;
- körforgásos üzleti modellek kidolgozása az építőipar számára;
- az intelligens városok és az Ipar 4.0 kapcsolódása a körforgásos gazdasághoz.

Ezek akár potenciális jövőbeli kutatási témáknak tekinthetők.

Fontos hangsúlyozni, hogy a jövőbeni *kutatási irányok* kijelölésében (pl. intelligens városok és az ipar kapcsolata) indokolt áttekinteni, hogy hogyan lehet csökkenteni a felhasználásra kerülő építési termékek, építőanyagok igen magas importarányát, kutatási kérdésként megfogalmazható, hogy az importtermékek és az innovatív újrahasznosításnak vannak-e sajátosságai, az import csökkentésével a hazai körforgásos építésgazdasági folyamatok mennyiben észszerűsíthetők?

Az építési és bontási projektek felelősek az EU-ban keletkező összes hulladék mintegy harmadáért.

Az előrejelzések szerint a jelenlegi *népességnövekedési ütem* mellett a középosztály 2030-ra 2 milliárdról több mint 4 milliárd főre fog növekedni, ezért több városi épületet kell építeni, mint amennyit az elmúlt 4000 évben megépült. Egy másik fontos kérdés a *nyersanyagok árának* emelkedése, amely az építőipart a hatékony erőforrás- és az alternatív anyagok használatára ösztönzi, például újrafelhasználással és újrahasznosítással. Ezzel összefüggésben megállapítható, hogy az építőiparra sürgető nyomás nehezedik: a jelenlegi paradigmáról (lineáris gazdaság) át kell térni a fenntarthatóbb paradigmára (körforgásos gazdaság), mely megközelítés lehetőséget nyújt a fentebb részletezett kihívások kezelésére és a fenntartható, zöld építési szektor kialakítására.

Ugyanakkor itt érdemes kiemelni azt is, hogy bizonytalanságra ad alapot az a tény, hogy a körforgásos gazdaság – az eddigi környezet alapú kezdeményezésekkel ellentétben – nem csupán egyetlen ökológiai aspektust képvisel (például klímavédelem). Sokkal inkább egy *új fejlesztési paradigmát* jelent, amelynek

¹⁹² https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/hu/IP_21_1804 (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

a *holisztikus látásmódja* sokoldalúan integrálja a fenntarthatóság pilléreinek (gazdaság, társadalom és környezet) különböző alrendszerit.¹⁹³

Ennek következtében a körforgásos gazdaság nemcsak az építőanyagok gyártásában, felhasználásában jelenik meg, hanem az üzemeltetésben és fenntartásban, végül az elöregedett épületek rehabilitációjában, bontásában és a keletkezett hulladékok kezelésében is.

Az építményeinket hosszú távra tervezzük, élettartamukat végigkíséri a javítás-karbantartás. A funkcióját veszített épületeknél egyre gyakoribb a kisebb anyagvesztéssel és környezeti terheléssel járó rekonstrukció, ami a régi szabványok és technológiák miatt komoly mérnöki kihívás, és a szándék ellenére sokszor kiderül, hogy műszakilag vagy gazdaságilag nem rentábilis.

Az építőipar legnagyobb „hulladéktermelése” a bontás során valósul meg. A bontási és feldolgozási technológiák fejlődésével, a bontási hulladékok szétválasztásával – szükség esetén további kezelésével – gyakorlatilag szinte minden építési elem hasznosulhat anyagában vagy energetikailag a körforgásos gazdasági modellben.

Magyarország egyik mintaprojektje volt egy pécsi magasház bontása, amelyből több mint 22 ezer tonna betontörmelék keletkezett. Ez jól hasznosítható volt feltöltéshez, útépítéshez, de akár betonkészítéshez is. A technológiák rendelkezésre álltak, és ez a projekt bebizonyította, hogy a jól megtervezett bontási folyamat miként szolgálja az elbontott anyagok újrafelhasználását.¹⁹⁴

A *negatív externáliák minimalizálása* a körforgásos gazdaság alapvető célja. Az épített környezetben ezek közé tartozik a klímaváltozás, a víz-, a talaj-, a zaj- és a légszennyezés.

Ezek az externáliák egyaránt vonatkozhatnak az épületek üzemeltetésére, az anyagok és alkatrészek beszerzésére, gyártására, szállítására, beépítésére és szétzerelésére.

E hatások megelőzése vagy minimalizálása kritikus fontosságú a természeti tőke növeléséhez, vagy legalábbis megtartásához, valamint az erőforrások felhasználásának és értékének maximalizálásához. A negatív externáliák költségének és az ökoszisztéma-szolgáltatások értékének számszerűsítésére irányuló intézkedések egyre fontosabb szerepet játszanak ebben a folyamatban.

Az *erőforrásokért folyó verseny* és az *ellátási zavarok* már most is hozzájárulnak az anyagárak ingadozásához, ami rövid távon bizonytalanságot okoz, és összességében növeli a költségeket. A *sérülékeny ökoszisztémák* védelmét célzó szigorúbb globális környezetvédelmi szabályozások is megnehezítik és költségesebbé teszik bizonyos erőforrások kitermelését és felhasználását. Az épített környezetre egyre nagyobb nyomás nehezedik a hatások minimalizálása érdekében. A körforgásos megközelítés segíthet az ágazatnak abban, hogy csökkentse a környezeti lábnyomát, és elkerülje a növekvő költségeket.

A ReSOLVE keretrendszer^{195a} a McKinsey Center for Business and Environment kutatásának kulcsfontosságú eredménye, amely hat intézkedést vázol fel a körforgásos gazdaságra való átmenet irányítására az alábbiak szerint: regenerálás, megosztás, optimalizálás, hurkok, virtualizálás, csere.

A hat elem alkalmazható a termékekre, az épületekre, a városrészekre, a városokra, a régiókra vagy akár egész gazdaságokra is.

¹⁹³ HORVÁTH Bálint (2019): Körforgásos gazdasági modellek és hatékonyságuk mérése. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem, Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola, Gödöllő.

¹⁹⁴ URBÁN Ferenc (2020): *Az építőanyag-ipar szerepe a körforgásos gazdaságban. Lehetetlen küldetés vagy reális jövő?* CeMBeton.

¹⁹⁵ McKinsey Center for Business and Environment (2016): *The circular economy: Moving from theory to practice*. Special edition.

A ReSOLVE keretrendszer

Regenerálás (Regenerate)	A természeti tőke regenerálása és helyreállítása.	Az ökoszisztémák védelme, helyreállítása és ellenálló képességének növelése. Értékes biológiai tápanyagok biztonságos visszajuttatása a bioszférába.	Az épített környezetben a regeneráció hatékony és körforgásos teljesítményt tesz lehetővé a negatív externáliák, az elsődleges erőforrás-felhasználás és a hulladékok csökkentésével. Ez segít megóvni, helyreállítani és növelni az ökoszisztémák ellenálló képességét, csökkenteni az épített környezet negatív társadalmi, környezeti és gazdasági hatásait is – beleértve a szennyezőanyagok kibocsátását és a hulladékok keletkezését.
Megosztás (Share)	Az eszközök kihasználtságának maximalizálása.	Az eszközök használatának összevonása. Az eszközök újrafelhasználása.	Az eszközhasználat optimalizálása lehetővé teszi az épített környezeti szektor számára a terek, az infrastruktúra és a járművek hatékonyabb felhasználását. Az épített környezetben az ingatlantulajdonosok bérbe adhatnak vagy megoszthatnak kihasználatlan tereket, építő- és építőanyagokat, berendezéseket.
Optimalizálás (Optimize)	A rendszer teljesítményének optimalizálása.	Egy eszköz élettartamának meghosszabbítása. Az erőforrás-felhasználás csökkenése. Fordított logisztika megvalósítása.	Az optimalizált eszközök, termékek és rendszerek azok, amelyek maximális hatékonysággal és teljesítménnyel működnek. Hogyan érhető el tehát az optimalizálás az épített környezetben? A kulcs az anyagok és alkatrészek legmagasabb értéken tartása, miközben tervezési és építési folyamatokat alkalmaznak a hatékonyság maximalizálása, a hulladék kiküszöbölése, valamint az újrafelhasználás és újrahasznosítás érdekében.
Hurkok (Loop)	A termékek és anyagok ciklusban tartása, a belső hurkok prioritása.	Termékek és alkatrészek újragyártása és felújítása. Anyagok újrahasznosítása.	Az anyagok és alkatrészek hurkolása mind a tápanyag-, mind a műszaki ciklusban megtörténik, új felhasználási lehetőségeket teremtve az anyagoknak az újragyártás és újrahasznosítás révén. A rendszeres karbantartás, felújítás és javítás segíti az eszközök és termékek maximális hasznosságát. A tervezési szakaszban a szétszerelésre való összpontosítás növeli az alkatrészek és anyagok hatékony második felhasználásának és újrafelhasználásának esélyét. Lehetővé teszi a más iparágakból származó újrahasznosított anyagok és alkatrészek nagyobb integrálását is.

Virtualizálás (Virtualise)	Az erőforrás-használat felváltása virtuális használattal.	Fizikai termékek és szolgáltatások helyettesítése virtuális szolgáltatásokkal. Fizikai helyekre cserélni a virtuális helyeket. Szolgáltatások teljesítése távolról.	Egyre bővülő számú alkalmazás és szolgáltatás használja ki a digitális technológiák előnyeit a fizikai piacterek felváltására. A kínálatot gyakorlatilag a kereslethez igazítják, megkönnyítve az áruk és szolgáltatások megosztását és cseréjét, ezáltal időt és pénzt takarítanak meg a felhasználók számára. A digitális szolgáltatások a korábban fizikai beavatkozást igénylő, valós idejű karbantartási feladatokat és az ezekhez kapcsolódó költségeket is csökkentik. Az épített környezetben a virtuális piacterek, például a Peerby és a Streetbank összekötik a felhasználókat, akik ritkán használt háztartási cikkeket, például fűnyírót, sátrat és fűrógépet szeretnének kölcsönadni vagy kölcsönkérni.
Csere (Exchange)	Az erőforrások és a technológia bölcs megválasztása.	Megújuló energiára és anyagforrásokra váltás. Alternatív anyagbevitel használata. A hagyományos megoldások felváltása fejlett technológiával. A termékközpontú szállítási modellek cseréje új szolgáltatásközpontúakra.	A fenntartható energia és anyagok, valamint az optimalizált, rugalmas és felhasználó-központú tervezést lehetővé tevő fejlett technológiák lassan felváltják a statikus termékeket és szolgáltatásokat, valamint a felülről lefelé irányuló tervezési és üzemeltetési megközelítéseket. Ezen erőforrások és mechanizmusok kiválasztása lehetővé teszi a hatékonyság növelését és minimalizálja a hulladékokat és az egyéb negatív externáliákat. Az új üzleti modellek, mint például a lízing és a rugalmas felhasználási tervezés szintén növelik a hatékonyságot.

Forrás: McKinsey alapján, a szerző saját szerkesztése.¹⁹⁶

Bár továbbra is kihívást jelent az épített környezet minden aspektusának összekapcsolása egy teljesen inkluzív és átfogó körforgásos gazdaságon keresztül, számos körforgásos példa létezik az iparág minden szintjén. Rengeteg lehetőség kínálkozik ezek további integrálására is, amely minden érintett fél számára előnyös lehetőségeket kínál.

Jelenleg a körforgásos gyakorlatok általában az egyes komponensek vagy eszközök szintjén fordulnak elő. Ezek magukban foglalják többek között a moduláris, előregyártott és a helyszínen kívüli építést, a szétszereléshez szükséges tervezést, az anyagok újrafelhasználását és újrahasznosítását, valamint a hulladékok tervezését.

A körforgásos gazdaság irányába való globális elmozdulás az építésgazdaság terén még messze van, de az iparág kezdi meglátni ennek értékét, és ennek megfelelően alkalmazkodik. Olyan együttműködésre van szükség, amely a körforgásos gazdaság magas szintű alapelveit iparág-specifikus mérőszámokká, folyamatokká és dinamikákká, célokká és szabályozásokká, jó gyakorlatokká tudja lefordítani. Az ARUP¹⁹⁷ egy olyan körforgásos gazdasági modellt készített az építőipar és az ingatlanfejlesztés számára, amelyben azonosították azokat a pontokat, ahol a körforgásos megközelítések a legnagyobb lehetőséget kínálják a hatékonyság növelésére, valamint a költségek és a környezeti hatások csökkentésére. Ennek sémáját és a megfogalmazott javaslatokat az alábbiakban ismertetjük:

¹⁹⁶ McKinsey Center for Business and Environment (2016): *The circular economy: Moving from theory to practice*. Special edition.

¹⁹⁷ The circular economy in the built environment. ARUP 2016, London.

a) Ökoszisztéma: a körforgásos gazdaságban az épületeket a teljes életciklusra tervezik, nem csupán végfelhasználásra. A szabályok és az előírások arra ösztönzik majd az ügyfeleket, hogy a tervezéstől az üzemeltetésen át a szétszerelésig, illetve a szétbontásig teljes életciklusra szóló szerződéseket kössenek, valamint törekedjenek az életciklus-tanúsítványok megszerzésére. A részelemeket és szerkezeti elemeket gyakran bérbe veszik, nem pedig megvásárolják. A teljesítményalapú szerződések értelmében a bérlők a szolgáltatások biztosításáért fizetnek (például a világításért), nem pedig megvásárolják az egyedi szerelvények vagy termékeket (például izzó). Ez biztosítja, hogy az egyes alkotóelemek rugalmasan felcserélhetők és nagymértékben „testreszabhatók” legyenek, és egyben javítják a felhasználók környezeti élményét.

A körforgásos modellben az épület építését integrálni kell más iparágak erőforrás- és újrahasználati ciklusába. Üzemeltetése során az épület megújuló erőforrásokat, valamint lehetőség szerint helyben elérhető és használt anyagáramot használ.

b) Tervezés: a nyílt forráskódú tervezés bevett gyakorlattá válik, és az építészek, mérnökök és tervezők megosztják egymással terveiket, és egymás munkájára építenek. Az épülettervezők gondolkodásmódja megváltozik, és a szerkezeteket és az épületeket lehetőség szerint újrafelhasználják. A design több lesz, mint pusztán forma, szerkezet és tér. A működés és a teljesítmény beépül a tervezési folyamatokba, hogy teret adjanak az energiahatékonysági elveknek.

c) Erőforrások: az anyagok kitermelése a jövőben drasztikusan visszaszorulhat, mivel az erőforrások egyre korlátozottabb mennyiségben állnak rendelkezésre. A *modularitás* kulcsfontosságú elemei lesznek a körforgásos épített környezetben történő tervezésnek. Az épületek rugalmas, tartós, újrafelhasznált és újrahasznosítható elemekből épülnek fel. A bioanyagok felhasználása szintén bővülni fog. A nem szabványosított anyagokat és alkotóelemeket, amelyek a lineáris gazdaság hosszú távú örökségeként maradtak, a lehető legnagyobb mértékben újra kell használni (például a betonelemek átalakíthatók más épületmodulokká).

d) Építés: az előregyártás segít az építkezéseken keletkező hulladék kezelésében. A tervezést az anyagfelhasználás minimalizálása érdekében kell elvégezni.

e) Működtetés: minden épületet és építményt magas hatékonysági szabványok szerint terveznek, minimalizálva az externáliákat és a környezeti hatásokat. Ezek közé tartoznak a belső körforgásos erőforrás-ciklusokkal rendelkező rendszerek, például a(z eső)vízgyűjtés és -szűrés. Az épületek energiatárolókkal rendelkeznek. A bérlők és az épülethasználók berendezési tárgyakat és szolgáltatásokat bérelnek. A karbantartás rendszeres és folyamatos. Ezt az alacsony energiaigényű és olcsó szenzortechnológia teszi lehetővé, amely segít csökkenteni a költségeket, minimalizálni a zavarokat, valamint maximalizálni az épület és szerelvényeinek hasznos élettartamát, továbbá például az energiahatékonyságot is. A *rugalmas használat és megosztás* segít növelni a kihasználtságot.

f) Megújítás: az épületek és szerkezetek funkciói és az azokkal szemben támasztott követelmények folyamatosan változnak. A körforgásos világban az épületek dinamikus platformok lesznek, amelyek nagyobb alkalmazkodást és rugalmasságot tesznek lehetővé. Például a tervek lehetővé teszik az épületgépészeti szolgáltatásokhoz való könnyű hozzáférést vagy leszerelhető és újrakonfigurálható homlokzati rendszereket alkalmaznak. Az irányelvek és az iparági szabványok biztosítják, hogy a különböző gyártók és szolgáltatók termékei felcserélhetők legyenek.

g) Szétszerelés, szétbontás: a körforgásos világban a *bontás iránti szükséglet minimálisra csökken*. Az újszerű tervezési módszerekkel innovatív épülettervek készülnek, amelyek lehetővé teszik a szerkezeti változtatásokat és a szétszerelést. Ennek eredményeként az épületek rendkívül mobilak, sokoldalúak és rugalmasak lesznek – meghosszabbítva hasznos élettartamukat.

h) Újrahasznosítás: a körforgásos épített környezet maximálisan kihasználja az alkotórészeket és anyagokat, körforgásban tartja azokat az épületek és projektek között, és a lehető legmagasabb értéken és teljesítményen tartja őket. Amikor egy bizonyos idő elteltével az alkotóelemek már nem lesznek alkalmasak ugyanabban a környezetben való használatra, akkor újra kell őket hasznosítani, újra kell gyártani.¹⁹⁸

A körforgásos gazdaság három alapelven alapul, amelyeket a tervezés vezérel:

- kerüljük el a hulladékok és szennyezőanyagok keletkezését,
- a termékeket és az anyagokat tartsuk körforgásban (a legmagasabb értékükön),
- adjunk időt a természetnek a regenerálódásra.

Ezt a folyamatot a megújuló energiákra és anyagokra való átállás támogatja. A körforgásos gazdaság elválasztja a gazdasági tevékenységet a véges erőforrások felhasználásától. Ez egy olyan rugalmas rendszer, amely hasznára válik az üzletnek, az embereknek és a környezetnek.

A körforgásos gazdaság elveinek¹⁹⁹ az épített környezetben teljes rendszerszemléletű kontextusában való alkalmazásáról csekély mértékű kutatás zajlott eddig. Európa-szerte a legtöbb kutatás a hulladékok kezelésére szolgáló csövégi megoldásokra összpontosított. Ez az építési-bontási hulladékok kezelésének általános javulásához vezetett. Ennek a hulladéknak a nagy részét azonban ártalmatlanítják vagy oly módon hasznosítják, ahol az értéke, a minősége és a funkcionalitása alacsonyabb, mint az eredeti terméké (*down-cycling*).

A körforgásos gazdaságra épülő üzleti modell egyik feltétele, hogy megköveteli a gyártóktól, hogy felelősséget vállaljanak a termékeikért, ha azok elérnek az élettartamuk végére. Ez az elvárás nyilvánvaló az olyan ágazatokban, ahol a közepes élettartamú fogyasztási cikkek játszanak főszerepet, az épített környezetben azonban ez nagyrészt hiányzik. További akadályok közé tartozik a holisztikus megközelítés hiánya az ellátási láncban, a rövid távú gondolkodás és sokféle építési termék alacsony értéke az élettartam végén. Mindazonáltal a körforgásos gazdaság elveinek alkalmazására felbukkan néhány példa, elsősorban az anyagválasztással és a tervezési szempontokkal kapcsolatban.

A körforgásos gazdaság elvein megvalósuló épület életciklusának kulcsfontosságú szempontjait az alábbi táblázat mutatja be.

¹⁹⁸ The circular economy in the built environment. ARUP 2016, London.

¹⁹⁹ <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

A körforgásos gazdaság szempontjai az épület különböző életciklus-szakaszaiban

Életciklus-szakasz	A körforgásos gazdaság szempontja
Tervezés	Szétszerelhetőre tervezés. Alkalmazkodóképességet és rugalmasságot biztosító kialakítás. Tervezés szabványosítás alapján. Hulladékok tervezése. Moduláris tervezés. Hasznosítható anyagok figyelembevétele.
Gyártás és szállítás	A környezetbarát tervezés alapelvei. Kevesebb anyag használata/az anyagfelhasználás optimalizálása. Kevésbé veszélyes anyagok használata. Élettartam növelése. A termék szétszerelhetőre tervezése. Tervezés szabványosítás alapján. (Design for Disassembly) Újrahasznosított anyagok alkalmazása. Betétdíjas, visszavételi rendszerek. Fenntartható, reverz logisztika.
Építkezés	A hulladékok mennyiségének csökkentése. Újrahasznosított és újrafelhasznált anyagok beszerzése. Újrahasznosított és újrafelhasznált anyagok beépítése.
Használatban, felújítás alatt	A hulladékok mennyiségének csökkentése. Energiahatékonyság, karbonlábnyom csökkentése Minimális karbantartás. Könnyű javíthatóság és felújítás. Alkalmazkodóképesség. Rugalmasság.
Az életciklus végén	Szétszerelhetőség. Szelektív bontás. Termékek és alkatrészek újrafelhasználása. Zárt hurkú újrahasznosítás. Nyílt hurkú újrahasznosítás.
Minden szakaszban: információk kezelése, beleértve a mérőszámokat és az adatkészleteket.	

Nagy a bizonytalanság a jövő anyagi erőforrásainak árait illetően, ami azt eredményezi, hogy nehéz megjósolni az anyagok potenciális értékét az élettartam végén, különösen a hosszú élettartamú termékek esetében. Ezen túlmenően sok építési termék az élettartama végén a mai áron alacsony értékű, így gazdaságtalan az újrafelhasználás. Ahhoz, hogy lehetővé tegyünk az anyagok intenzív körforgását, és ezáltal a lehető legmagasabb értéken tartsuk azokat, komoly technikai kihívásokat kell leküzdeni. Ezek a kihívások az anyag, a termék vagy az épület szintjén jelentkezhetnek. Ez jelenti a meglévő, nem körforgásosra tervezett épületállomány esetében a fő kihívást. Ezt a megközelítést erősítheti az *energiahatékony épületek, a korszerű építési módok és az intelligens épületek irányába történő elmozdulás*, amely ösztönözheti a nehezebben újrafelhasználható és visszanyerhető termékek nagyobb mértékű felhasználását. A körforgásosság megvalósulása érdekében az épületek élettartamának növelése révén a tervezés során figyelembe kell venni a különböző felhasználási módzatokhoz való alkalmazkodóképességet és a rugalmasságot, valamint az élettartam végén történő szétszerelhetőséget. Miközben ezeket a területeket továbbra is fokozott érdeklődéssel kutatják a terület szakértői, hiányosak az ismereteink arról, hogy az épületek, alkotórészek és termékek tervezése

hogyan befolyásolhatja körforgásukat. Ez a hiány azonban valószínűleg csökkenni fog, mivel az anyagútlevél és anyagbankok fogalma fejlődésnek indul, bár jelenleg még gyerekcipőben jár.²⁰⁰

2.1.4. Anyagútlevél

Mindenekelőtt, szükséges azt kihangsúlyozni, hogy minden körforgásos gazdaság-megoldás alapja az, hogy legyen elegendő információ, adat, monitoring. Ebben például nagy segítség az anyagútlevél. Az *anyagútlevél* az anyagok „személyazonossági okmánya” és a körforgásos gazdaság megalapozásához szükséges döntések egyik eszköze. Az anyagútlevél segítségével az anyagokat és termékeket azonosíthatjuk, számszerűsíthetjük és ezt követően elhelyezhetjük az építési térben, hogy a végfelhasználási ciklus végén a további hasznosításuk biztosítva legyen.

Egy épületben minden téglának, gerendának vagy üvegdarabnak van értéke. Ezeket az anyagokat az épület helyreállítása vagy bontása után általában nem használják fel újra, hanem jellemzően ezek az építési-bontási anyagok hulladékként a hulladéklerakóba kerülnek.²⁰¹

Az anyagútlevél olyan dokumentum, amely a termékekben és az épületekben található összes anyagot tartalmazza. Tartalmazza azokat az adatokat, amelyek meghatározzák a termékekben lévő anyagok jellemzőit, amelyek információt adnak az újrafelhasználás és hasznosítás szempontjából. Így a bontás során könnyebben beazonosíthatóvá válnak a felhasznált anyagok és ez nagyban segíti azok továbbhasználatát, illetőleg -hasznosítását. A koncepció mögött meghúzódó alapötlet az, hogy az anyagútlevél hozzájárulhat a körforgásos gazdaság céljainak eléréséhez, amelyben az anyagok további hasznosítása biztosítható.

Az anyagútlevél elismeri, hogy létezik az adott anyag az adott formában egy adott épületben. Ezzel biztosítja, hogy az anyag értéket kapjon és képviseljen az épület lebontása utáni esetleges újrahasználattal. Így, a magánútlevélhez hasonlóan az anyagútlevél is lehetővé teszi az anyag „utazását”. Az anyagútlevél minden termékre vagy építményre alkalmazható.

Egy épület esetében az anyagútlevél az összes konstrukciós elem (lépcsőház, ablak, kemence stb.), építőelem (vasgerenda, üvegtábla stb.) és alapanyag (fa, acél stb.) teljes leírását tartalmazhatja. Ideális esetben ez az adatbázis az építés során jön létre, és ezt követően folyamatosan naprakészen kell tartani. Abban az esetben, ha egy meglévő épület még nem rendelkezik anyagútlevéllel, különféle módszerekkel (például tervelemzés, digitális 3D szkennelés) elkészíthető.²⁰²

Az épület célja, hogy inspiráló, egészséges környezetet biztosítson használóinak. Az anyagútlevél gondoskodik az alkotóelemek nyilvántartásáról, így azok a szétszerelést követően teljes mértékben újrahaznosíthatók.²⁰³ Az anyagútlevél általában arra ösztönzi a beszállítókat, hogy gyártsanak, a fejlesztőket/menedzsereket/felújítókat pedig arra, hogy egészséges, fenntartható és körforgásos anyagokat/építési termékeket válasszanak. Egy szélesebb és növekvő mozgalomba illeszkednek, amelynek célja a körkörös épületek üzleti modelljei fejlesztése. Az anyagútlevél révén az épületekben az egyes anyagok azonosításával olyan új tulajdonosi struktúrák kialakítását lehetne elősegíteni, amelyek szolgáltatásként több funkciót kínálnának.

²⁰⁰ ADAMS, K. et al (2017): Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management*, 170 (1), 15-24.

²⁰¹ <https://www.construcia.com/en/material-passport/> (A letöltés dátuma: 2021. október 25.).

²⁰² BENACHIO et al. (2020): Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production* 260, 121046.

²⁰³ HORVÁTH Bálint (2020): Hollandia újragondolva – anyagbankok, tulipánfészték, gombakoporsó. *Földgömb, Körforgásban Különszám*, XXXVII. évfolyam, 344. lapszám, 44-54.

2.1.5. Anyagbank

Az épületek anyagbankként való fejlesztése (vagy más néven Building Materials as Material Bank, BAMB) a pazarlás megszüntetését és a szimbiózis kialakítása tűzte ki célul az ellátó iparágakban.

További célok között szerepel, hogy csökkenjen a hulladékok mennyisége és az új anyagok felhasználása az építőiparban Európában. A körforgásos (építő)iparban az anyagok a lehető legtovább használatban, körforgásban maradjanak; ehhez a kulcs az anyagok, a termékek és az alkatrészek értékének megőrzése.

A szándék az, hogy a jövőben hasznosítható alkatrészekből álló, elhasználdott épületállományt hozzanak létre, amely hasznos marad a szabványok, a technológia, a gazdasági és a társadalmi igények előre nem látható változásai esetén is.²⁰⁴

2.2. A visszanyerés, újrahasználat, hasznosítás jelenlegi trendjei, gyakorlata²⁰⁵

A XXI. század fogyasztói társadalmának egyik legnagyobb kihívása, hogy miközben folyamatosan kitermeli a Föld erőforrásait, megoldást kell találnia a termelt hulladékok elhelyezésére. Emiatt társadalmunk közös célja a *hulladékmentes világ* elérése kell, hogy legyen. Becslések szerint a termékgyártás során felhasznált anyagok csupán 1 %-a marad „használatban” 6 hónappal²⁰⁶ az értékesítés után, és szinte követhetetlen, mi történik a többi 99 %-kal. A nagyvállalatok egyre nagyobb hányada tekinti stratégiai célnak, hogy az általuk felhasznált anyagok folyamatosan használatban maradjanak. Ez a koncepció a *körforgásos gazdaság*, amely a *fenntarthatóságot kereső fogyasztók*, az egyre kritikusabban *csökkenő nyersanyagkészletek*, és a *negyedik ipari forradalom* részeként áttöréseket hozó *új technológiai megoldásoknak* köszönhetően vált a nagyvállalati stratégiák hangsúlyos elemévé.

Ez a rendszer jóval túlmutat a *fenntartható fejlődésen*. A körforgásos gazdaság egy olyan modell, amelyben nincsenek hulladékok és amelyben *a ma termékei egyben a jövő alapanyagai*. A mai fogyasztói társadalmakra épülő rendszer jellemzően *lineáris*, ahol a terméket legyártjuk, felhasználjuk, majd kidobjuk (take – make – dispose).

A víz után a *beton* a második leggyakrabban használt anyag a Földön, ami egyben az építőipar legnagyobb tömegben használt anyaga is. Évszázados hagyományokra tekint vissza, mégis innovatív, tartós, biztonságos és sokféleképpen használható. Jelentőségéből adódóan éppen ezért az életciklusának végén ebből az anyagból keletkezik a legtöbb hulladék is.

A beton egyik legfontosabb összetevője a cement, melynek előállítása jelentős károsanyag-kibocsátással jár: 1 kg cement előállítása során nagyjából ugyanennyi szén-dioxid keletkezik. A világon felhasznált beton mennyisége ráadásul a növekvő népességgel együtt évről évre rohamosan nő, fontos tehát az építőiparban fellelhető körforgásos kapcsolódási pontok kiaknázása a gazdaságos és fenntartható fejlődéshez.

Az életciklus végeztével pedig elérkezik a bontás ideje, amely a kivitelezéshez hasonlóan kiugró mennyiségű káros anyagok termel és juttat a környezetbe, a légkörbe. Nem elég tehát „jól” építkezni, fontos, hogy „jót” is építsünk.²⁰⁷

²⁰⁴ COLIN R. et. al. (2018): Characterising Existing Buildings as Material Banks (E-BAMB) to Enable Component Reuse. *Proceedings of the Institute of Civil Engineers: Engineering Sustainability*. 1-42. DOI: 10.1680/jensu.17.00074.

²⁰⁵ A 2.2. alfejezet Buruzs Adrienn egyetemi docens írása.

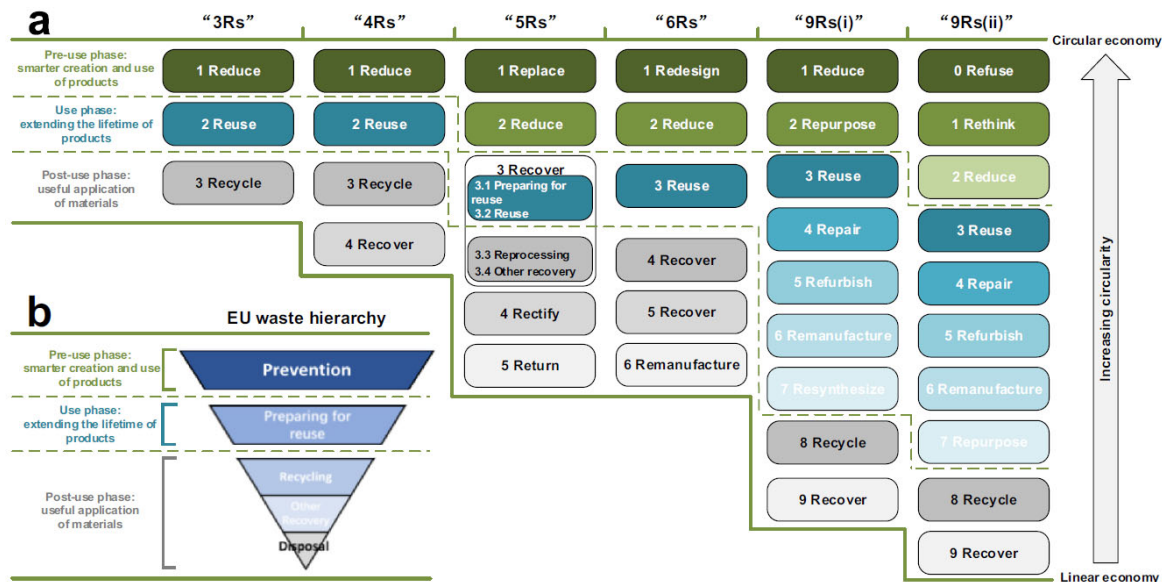
²⁰⁶ CeMBeton az építés alapja (2020): *Az építőanyag-ipar szerepe a körforgásos gazdaságban: lehetetlen küldetés vagy reális jövő?* https://www.cembeton.hu/userfiles/Korforgasos_gazdasag_web.pdf (A letöltés dátuma: 2021. november 10.).

²⁰⁷ Ha a kör bezárul – a körforgásos gazdaság jelentősége és lehetőségei. 9 körforgásos eszköz, 70+ vállalati esettanulmány, Ipar 4.0 kitekintés www.pwc.com/hu (A letöltés dátuma: 2021. november 10.).

2.2.1. Az építési-bontási hulladékok kezelési gyakorlata Európában, tekintettel a hulladékhierarchia keretrendszerére

A körforgásos gazdaság elsősorban három fő cselekvésen, azaz a 3R szabályon (csökkentés, újrafelhasználás, újrahasznosítás) keresztül jelenik meg a szakirodalomban. Az Európai Uniót kívül más országok, például Kína, Japán, az USA, Korea és Vietnam is a 3R-t választották, és a „csökkentés” opciót helyezték előtérbe, mint a hulladékgazdálkodási politika alapvető elvét. Bevezetésre került a negyedik R is, a „visszanyerés”, így kialakult a 4R keretrendszer, amely tükrözi az EU jelenlegi hulladékhierarchiáját. A szakterület képviselői kiterjesztették az R-alapú keretrendszert, így kialakult az 5R, a 6R és a 9R (lásd lenti ábra).

A körforgásos gazdaság R-alapú elvei szorosan összefüggnek a hulladékhierarchiával. Életciklus szempontjából mind a hulladékhierarchia, mind a körforgásos gazdaság figyelembe veszi a termék teljes életciklusát, beleértve a felhasználás előtti, a használati és az életciklus végi szakaszt is.



A körforgásos gazdaság (a) és a hulladékhierarchia (b) keretrendszerének összehasonlítása²⁰⁸

Mind a hulladékhierarchia, mind a körforgásos gazdaság úgy fejlődött az idők során, hogy már a hulladékká válás előtt hangsúlyozzák a termék tervezésének és használatának fontosságát. Láthatjuk tehát, hogy a körforgásos gazdaság és a hulladékhierarchia közös filozófián alapul, amelynek célja a felhasznált anyagok s technológiák újragondolásával, újratervezésével és újrahasznosításával, javítsa az erőforrás-hatékonyt és csökkentse a hulladékok keletkezését, valamint azok káros közegészségügyi és környezeti hatásait. Az egyetlen „apró” különbség az, hogy a hulladékhierarchia továbbra is megengedi az ártalmatlanítást, míg a körforgásos gazdaság keretei nem adnak teret ennek a kezelési módnak.

²⁰⁸ ZHANG et al. (2022): An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of the Total Environment* 803, 149892.

Az EU-irányelveken keresztül a hulladékhierarchia hatással van az EU-tagállamok hulladékgazdálkodási gyakorlatára. Kutatók egy csoportja kiválasztott 13 mutatót – ezek közül például az építési-bontási hulladékra vonatkozó jogi szabályok, a hulladékpolitika, a hulladéklerakók működtetése, az újrahasznosítási és újrahasználati gyakorlat, valamint a hulladékmegelőzés –, hogy átfogóan értékelje az építési-bontási hulladék kezelésének szintjét az EU 28 tagállamában.²⁰⁹ A vizsgálatban rámutattak, hogy az észak- és nyugat-európai tagállamok magasabb pontszámmal rendelkeznek e tekintetben, azaz jobb az alkalmazott gyakorlat náluk. Hollandia jár az élen, a legjobb építési-bontási hulladék-kezelési gyakorlatot alkalmazza a többi tagállam viszonylatában. A hulladékhierarchia elemeihez kapcsolódó tevékenységek mutatói – a megelőzés, a hasznosítás és a hulladéklerakás – értéke tagállamonként eltérő. Az élmezőnyben Hollandia mellett az Egyesült Királyságot, Dániát és Luxemburgot találjuk az építési-bontási hulladék keletkezésének megelőzésével, visszanyerésével és a lerakással kapcsolatos összes tevékenységre vonatkozóan.

A hulladékmegelőzés a hulladékhierarchia legfőbb alapelve. Egyes uniós tagállamok hulladékmegelőzési programjaiban az építési-bontási hulladék megelőzését gyakran a keletkező építési-bontási hulladék mennyiségének csökkenésén keresztül mérik. Franciaország például az építési-bontási hulladék keletkezésének stabilizálását tűzte ki célul 2020-ig; Svédország 2014-hez képest csökkenteni kívánja az egységnyi alapterületre jutó építési-bontási hulladék keletkezését; Wales a 2006-os szinthez képest 2050-ig minden évben 1,4 %-kal tervezi csökkenteni az építési-bontási hulladék mennyiségét.

Az Eurostatnak nincs közvetlen statisztikája a teljes építési-bontási hulladék mennyiségről, de ahogyan a korábbiakban már láttuk, az építési-bontási hulladék fő tömegét az ásványi eredetű anyagok képezik, amely az EU-ban keletkező összes építési-bontási hulladék több mint 80 %-át teszi ki. Ezért az egyes tagállamokban keletkezett építési-bontási hulladék becslését az építésből és bontásból származó ásványi hulladékra vonatkoztatva kell elvégezni. Az EU-28 tagállama 2018-ban hozzávetőlegesen 372 Mt építési-bontási hulladékot állított elő, míg a bruttó építési-bontási hulladék-termelés csaknem megháromszorozódott (977 Mt), ha a kitermelt talajokat is figyelembe vesszük. Németországban, Franciaországban, az Egyesült Királyságban, Olaszországban, Hollandiában és Spanyolországban megtermelt építési-bontási hulladék az EU-28 bruttó építési-bontási hulladékának 88 %-át teszi ki. Egyes tagállamok, mint például Málta, Ausztria, Belgium és Észtország, még mindig növekvő tendenciát mutatnak az építési-bontási hulladék termelésében. Néhány tagállam, így például Luxemburg, Németország, Franciaország, Hollandia és az Egyesült Királyság, továbbra is viszonylag stabil a keletkező építési-bontási hulladék mennyiségét illetően. Más tagállamok, mint például Szlovénia, Spanyolország, Lettország, Írország és Görögország ingadozó tendenciát mutatnak. Finnországban meredek csökkenés mutatkozott 2010 után, ami valószínűleg a 2010 előtti intenzív bontási tevékenységek, nem pedig a megelőzési stratégiák eredménye.²¹⁰

Az európai országok az építési-bontási hulladék visszanyerési aránya tekintetében öt típusba sorolhatók: magasan fejlett, fejlett, gyorsan fejlődő, ingadozó, valamint lassú fejlődésű típusokba. A magasan fejlett országokban (Hollandia, Luxemburg, Olaszország, Írország és az Egyesült Királyság) 2010 óta 90 % feletti a visszanyerési arány. A lassan fejlődő országok, Szlovákia és Montenegró,

²⁰⁹ MONIER et al. (2017): Resource Efficient Use of Mixed Wastes: Improving Management of Construction and Demolition Waste. http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/2011_CDW_Report.pdf (A letöltés dátuma: 2022. január 24.)

²¹⁰ EUROSTAT, 2021: Generation of waste by waste category, hazardousness https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_wasgen/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2022. január 24.)

hasznosítási aránya 2018-ig 60 % alatt maradt. Általában véve a nem veszélyes ásványi hulladékok kezelése alapján az EU-28 kiváló teljesítményt nyújtott az építési-bontási hulladék-hasznosításában.²¹¹ A lerakással történő ártalmatlanítás a legkevésbé előnyös művelet a hulladékhierarchiában, és ezt lehetőség szerint mindig el kell kerülni. Az építési-bontási hulladék néhány típusa – például az éghető anyagok, a fa és a műanyagok – kivételével a legtöbb építési-bontási hulladék inertnek tekinthető és az ásványi összetevőkön túl a hulladéklerakókba kerül. Feltételezhető ez alapján, hogy a vissza nem nyert építési-bontási hulladékot hulladéklerakással ártalmatlanítják.

2.2.2. Technológiai lehetőségek az építési-bontási hulladék kezelésének javítására az Európai Unió hulladékhierarchia keretrendszerén belül

Az építési-bontási hulladék különböző anyagok összetételéből áll, a keletkezési forrás méretétől, helyétől és típusától függően. Az építési-bontási hulladék összetételére vonatkozó szakirodalmi adatok azt mutatják, hogy az építési-bontási hulladék jellemzően betont és egyéb ásványi eredetű hulladékot, fémeket, aszfaltot, fát, üveget, műanyagot és szigetelőanyagokat tartalmaz.

A vizsgálatokban a kutatók az újrahasznosítás értelmezését az „*upcycling*” és „*downcycling*” fogalmakra is kiterjesztették, a másodlagos termék céljától, illetve értékétől függően a kiindulási anyaghoz képest. A recycling-gal szemben az upcycling egyfajta értéknövekedést jelez, azaz egy adott – hulladékként kezelendő – anyagból valami olyat alkotnak, amely értéktobblettel bír; többel, mint csupán az alapanyag maga. Erre jó példa a PET-palackból pulóver készítése, esetleg bőrmaradékokból táskák készítése. Az értékcsökkentő újrahasznosítás vagy degradáció, downcycling olyan újrahasznosítási eljárás, amelynek során a fölöslegessé vált anyagot gyengébb minőségűként hasznosítják újra. Erre példa a műanyagok vagy a papírok „újrahasznosítása” (utóbbi újként fehér színű és jó minőségű, majd sárgás és rosszabb állagú lesz, ezek után papírszatyor, majd csomagolás lesz belőle, végül kidobják és elégetik). A probléma ezzel az eljárással az, hogy a természet véges eltartókéességéből fakadó problémákat nem oldja meg, hanem csak kitolja az anyag végleges eldobásáig és megsemmisítéséig (elégetéséig vagy elásásáig) tartó időt.²¹²

Például a hulladékbeton feldolgozása útalap-építéshez downcycling, még az üveghulladék feldolgozását az adalékanyagok helyettesítőjeként a betongyártásban recycling-nak nevezhetjük.

Az EU hulladékhierarchiája alapján a *betonhulladék* keletkezés megelőzésének három szempontja van:

- a) a keletkező mennyiség csökkentése,
- b) a termelés során keletkező káros hatások csökkentése és
- c) a károsanyag-tartalom csökkentése.

A betonhulladék keletkezés megelőzésére szolgáló stratégiák közé tartozik a környezetbarát tervezés, az intelligens szétszerelés és a szelektív bontás.

Az építési-bontási hulladék megelőzése nagymértékben függ a terméktervezéstől, mivel az előre gyártott konstrukciók a leginkább alkalmasak az építési-bontási hulladék mennyiségének csökkentésére. Az építési szakaszban az előregyártott épületek a hagyományos épületekhez képest 0,91 t/m²-ről 0,77 t/m²-re tudják minimalizálni az építési hulladékok mennyiségét. A betont illetően az előregyártott betonelemek alkalmazása várhatóan felére csökkenti a betonhulladék keletkezését. A hulladék tervezése (a továbbiakban: *Design of Waste, DoW*) egy Angliából és Írországból eredő

²¹¹ EUROSTAT, 2021: Recovery rate of construction and demolition waste.

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2022. január 23.)

²¹² <https://greenfo.hu/hir/mi-az-upcycling-es-recycling/> (A letöltés dátuma: 2022. január 23.)

koncepció, amely az épület életciklusának későbbi szakaszaiban (felújítás vagy bontás) keletkező hulladékok mennyiségét kívánja befolyásolni.

A használati szakaszban az épületek, építőelemek és -anyagok tartósságának növelése általánosan elfogadott módja a hulladékkeletkezés csökkentésének. A *termék élettartam meghosszabbítása* egy üzleti modell, amely lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy a termékek és eszközök hasznos élettartamát különböző módokon meghosszabbítsák. A termékekben megtestesülő értéket, amely máskülönben hulladék formájában örökre elveszne, javítással, felújítással, újragyártással, vagy újraértékesítéssel meg lehet tartani, sőt akár növelni is lehet. A kiterjesztett használatnak köszönhetően pedig addicionális árbevételre lehet szert tenni. E modell alkalmazása révén a vállalat elérheti, hogy a termék minél tovább gazdaságosan működjön, és a termékfelújítás célzottabban menjen végbe (például egy elavult alkatrészt lehessen pótolni egy újjal a termék teljes cseréje helyett).²¹³ Az életciklus végén (a továbbiakban: *End-of-Life, EoL*) a szétszerelhető és újrahasznosítható épületrendszer lehetővé teszi az elemek és a részegységek újrafelhasználását. Az ilyen tervezési sémák a szétszerelésre tervezés (a továbbiakban: *Design for Disassembly, DfD*), újrahasznosításra tervezés (a továbbiakban: *Design for Recycling, DfR*) és dekonstrukciós tervezés (a továbbiakban: *Design for Deconstruction, D4D*) néven ismertek.

A tervezésen túl az intelligens szétszerelés és a szelektív bontás csökkenti a hulladékként kezelendő EoL anyagok mennyiségét is. Az intelligens szétszerelés és a szelektív bontás az építőanyagok és részegységek külön gyűjtését helyezi előtérbe a közvetlen újrafelhasználás és újrahasznosítás helyett. A szétszerelés a bontás előtti folyamat, melynek célja, hogy az épület vázáról épségben eltávolítsák a rögzítőelemeket és más anyagokat (például a szőnyeget, lámpákat, gipszkarton-falakat, ajtókat).

A veszélyes hulladékokat (pl. azbeszt) a szétszerelés előtt szakképzett munkaerővel kell eltávolítani. A szétszerelés után szelektív bontást alkalmaznak az épület megsemmisítésére, hogy a betonhulladékot szétválasszák a más jellegű anyagoktól. Hollandiában a szelektív bontással, a hulladékbeton szétválasztásával a fa 40%-a, a műanyagok 50%-a és az acél 50%-a eltávolítható.

A fent említett EU-hulladékhierarchia csak általános iránymutatást ad az építési-bontási hulladék kezeléséhez. A hulladékhierarchiában minden egyes intézkedésre vonatkozó irányelv és szabályozás rugalmasan adaptálható az adott helyzetre vonatkozóan.

²¹³ <https://circularpoint.com/termek-elettartam-meghosszabbitas> (A letöltés dátuma: 2021. december 3.).

Waste hierarchy



Forrás: Waste Framework Directive.²¹⁴

Hulladékhierarchia

Ahogy a fenti ábrán is látható *megelőzés* továbbra is a legfontosabb. A hulladékhierarchiában a hulladék megelőzést tekintik a legelőnyösebb lehetőségnek. Az építőiparban az építési-bontási hulladék keletkezésének megelőzését főként a hulladék tömegének csökkentésén keresztül mérik a nyersanyag-kitermelés, az építési-bontási hulladék-termelés mutatói segítségével. A becslések szerint az EU28-ban az építési-bontási hulladék-termelés körülbelül 350 Mt-ban stabilizálódott, de nem mutat csökkenő tendenciát. Az építési-bontási hulladék-kezelés elsődleges célja a jövőben az építési-bontási hulladék tömegének csökkentése kell, hogy legyen.

A *felkészülés az újrahasználatra* ugyan ígéretes a jövőben, de jelenleg jelentős kihívást jelent. A *ReMark*²¹⁵ ír projekt célja például, hogy fellendítse a másodlagos vagy javításon átesett áruk piacát egy újrafelhasználási szabvány létrehozásával, amely alkalmazható az újrafelhasznált termékek kezelésére. A ReMark logó az újrafelhasznált áruk biztonságának és minőségének tanúsítására szolgál. Ehhez hasonlóan Skócia is bevezette a *Revolve*²¹⁶ minőségi szabványt az újrafelhasznált áruk kereskedelmére. Az alkotóelemek újrafelhasználásán túl, az új termékek előregyártásának tervezése elterjedhet Európában, ami jó jel az építőelemek és –anyagok jövőbeni lehetséges újrafelhasználására. Az építőelemek újrafelhasználása azonban a terjedelmesség és a műszaki nehézségek miatt még mindig ritka. Az újrafelhasználható elemek esetében szigorú szerkezeti integritási követelményeket kell figyelembe venni a szétszereléskor, szállításkor és tároláskor. A szerkezeti betonelemekre újrafelhasználás esetén még szigorúbb követelmények vonatkoznak, mint a nem szerkezeti elemekre. Az építőiparban az újrahasználat fellendítésének kulcsfontosságú megoldásai a technológiai innováció, a minőségi tanúsítványok és a szabványosítás.²¹⁷

²¹⁴ https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_it (A letöltés dátuma: 2021. november 2.).

²¹⁵ <https://crni.ie/re-mark/> (A letöltés dátuma: 2021. október 21.).

²¹⁶ <https://www.zerowastescotland.org.uk/revolve> (A letöltés dátuma: 2021. október 21.).

²¹⁷ ZHANG et al. (2022): An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of the Total Environment* 803, 149892.

2.2.3. Szétszerelés és szétbontás

A szétszerelési és bontási elemző rendszerek (például Disassembly and Deconstruction Analytics System, vagyis a D-DAS²¹⁸) három kulcsfontosságú funkciója az épület teljes élettartamának elemzése, az épületbontási folyamat elemzése és a szétszerelhetőre tervezés (Design for Deconstruction, vagy más néven a D4D). Ez a rendszer képes biztosítani, hogy az épületek tervezése során olyan szétszerelési és bontási elveket alkalmazzanak, amelyek garantálják az anyagok hatékony hasznosítását, továbbá döntéstámogató platformként is szolgálhat, amelyet az épülettervek körforgásos gazdasági és fenntarthatósági követelményeknek való megfelelésének értékelésére lehet használni.

Az építési, bontási és egyéb termelési folyamatokból származó hulladékok felhasználása csökkenti az építési költségeket és biztosítja az anyagok beépült energiájának megőrzését.

A fentiekből látható, hogy az épületek intelligens szétszerelésére, -bontására és a költséghatékony folyamatok optimalizálásának módjaira kell összpontosítani. Az építési-bontási hulladék éves képződött mennyisége szoros összefüggést mutat az építőipari ágazat fejlődésével vagy válságával. Ha az építőiparban kevesebb a megrendelés, akkor az a képződött hulladék csökkenő mennyiségében is érezheti a hatását.

Az építési-bontási hulladékkal kapcsolatos jogszabályi előírások kereteit a Ht., illetve az építési-bontási hulladék rendelet tartalmazza.

A szabályozási oldalhoz kapcsolódóan meg kell említeni az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének előírásait, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól szóló 275/2013. (VII. 16.) Kormányrendeletet is, mely az építési-bontási hulladék feldolgozásával előállított másodlagos építőanyagok felhasználását érinti. Az építési tevékenységből származó hulladék nyilvántartásához és a hulladék keletkezéséhez, gyűjtéséhez, kezeléséhez kapcsolódó adatszolgáltatási kötelezettségekről a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről szóló 309/2014. (XII. 11.) Kormányrendelet rendelkezik. A rendelet szerint az adatszolgáltatást a hulladéktermelő telephelyenként és hulladéktípusonként teljesíti a telephelyén képződött hulladékról. Nem veszélyes építési-bontási hulladék keletkezése esetén a hulladéktermelőnek abban az esetben keletkezik adatszolgáltatási kötelezettsége, ha a telephelyén a tárgyévben képződött és birtokolt nem veszélyes építési-bontási hulladék mennyisége meghaladja az 5000 kg-ot.

Az építési-bontási hulladék feldolgozását a hatóság által a 17-es főcsoportban szereplő hulladék kódokra kiadott engedélyek alapján végzik a hulladékkezelők. Az engedélyek tartalmát tekintve jellemzően R3, R4, R5, R10, R11, R12, R13 hulladékkezelési kódokra, illetve különböző hulladék előkezelési kódokra, továbbá D kóddal (ártalmatlanítás és lerakás) vonatkozó engedélyek kerültek kiadásra.

Az építési-bontási hulladék hasznosításával kapcsolatban alapvetően két eset különböztethető meg: az egyik esetben a hulladék a képződés helyén kerül felhasználásra, a másik esetben kikerül az építési tevékenység területéről és hulladékkezelő létesítménybe szállítják.

²¹⁸ LUKMAN. et. al. (2019): Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 223 (2019) 386-396.

Hasznosításra kerülő építési-bontási hulladékok

Feldolgozott hulladék	Forrás	Újrafeldolgozott termékek	Felhasználási lehetőségek
Betontörmelék	utak, hidak, ipari létesítmények	aprított betontörmelék	Kötés nélküli útlapok, alacsonyabb rendű útlapok. Cementkötésű útlapok. Mezőgazdasági utak, adalékanyag beton előállításához, töltőanyag, vízelvezető rétegek
Aszfalttörmelék	utak	aprított aszfalttörmelék	Kötőanyag nélküli felső útalap, alsó útalap. Kötőanyaggal ellátott útalap. Mezőgazdasági utak. Adalékanyag aszfalt előállításához.
Aszfalt és betontörmelék	utak, hidak, közterületek, térburkolatok	aprított keverék: beton, aszfalt, természetes kövek	Kötőanyag nélküli felső útalap, kötőanyaggal ellátott felső útalap, mezőgazdasági utak.
Építési törmelék	építmények, ipari létesítmények	építési homok, építési apríték (téglartalom 25%-nál kevesebb)	Stabilizált feltöltések és alapozások. Sportpályák alapozásai.
Téglatörmelék	építmények	építési homok, építési apríték (téglartalom 25% felett)	Adalékanyag falazóblokkok előállításához. Beton és könnyűbeton adalékanyag. Stabilizálások. Töltés, alapozás. Padlóburkolatok.
Kevert ásványi eredetű építési törmelék	építmények, ipari létesítmények	ásványi építési zúzalék	Feltöltések, alapozások, sportpályák alsó rétegén, vízelvezetések.

Forrás: OHT 2021-2027, ITM.

A feldolgozási arány folyamatos növeléséhez a helyszíni hasznosítást elősegítő beruházások fokozott támogatása, valamint regionális hasznosító központok létrehozása szükséges.

Emellett intézkedéseket kell hozni az elkülönített bontás támogatására az újrahasználat és a magas minőségű újrafeldolgozás megkönnyítése, valamint annak biztosítása érdekében, hogy létrehozzák az építési-bontási hulladék válogatási rendszereit legalább a fa, ásványi eredetű anyagok (beton, tégl, cserép és kerámiák, kövek), fém, üveg, műanyag és gipsz esetében.²¹⁹

A hulladéklerakás azonban továbbra is az építési-bontási hulladék hulladékok kezelésének gyakori módja, amely a jelenlegi kezelés nem megfelelő voltát mutatja.²²⁰

Az építési-bontási hulladék minimalizálása a *Building Information Modeling (a továbbiakban: BIM)* használatával elősegíthető, különösen a tervezési szakaszokban. Az infokommunikációs technikák és eszközök – például a BIM – alkalmazásának és hatásának fontossága az építési-bontási hulladék csökkentése érdekében az épülettervezés és -kivitelezés során kiemelkedő jelentőségű. Így például ebbe a körbe sorolható a betonacélból keletkező hulladékok mennyiségének csökkentése, az erőforrás-hatékonyság, a bontási hulladékok kezelése, a helyszíni hulladékgazdálkodás fejlesztése. A kutatók a BIM lehetséges felhasználását javasolták a hatékony építési-bontási hulladék -kezelésre az építési projektek különböző fázisaiban. Kutatások igazolták továbbá azt is, hogy a BIM-alapú tervezési, validációs folyamat – amely magában foglalja a tervezési felülvizsgálatot és a BIM alkalmazásával

²¹⁹ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2021-2027, ITM. <https://kormany.hu/dokumentumtar/orszagos-hulladeggazdalkodasi-terv-2021-2027> (A letöltés dátuma: 2021. december 3.).

²²⁰ GHAFAR et al. (2020). Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery. *Journal of Cleaner Production* 244., 118710.

történő 3D koordinációt – az építési-bontási hulladék mennyiségének 4,3-15,2 %-os csökkenését eredményezte, szemben a BIM alkalmazása nélkül keletkező hulladékok mennyiségével.²²¹

Az építési projektekben a hulladékgazdálkodás teljesítményének javítása érdekében kritikus szerepe van annak, hogy a projektben érdekelt felek elkötelezzék magukat az *erőforrások fenntartható használata és a környezet védelme mellett*. Fontos továbbá az újrahasznosított építési termékek piacának kialakítása az építési projektekben történő felhasználás előmozdítása érdekében.

Az Európai Unióban a körforgásos gazdaság szellemében az építőiparban az a törekvés, hogy a termékek, alapanyagok megőrizzék értéküket. A szakterület kutatói egy tervezési döntéshozatali keretrendszerrel javasolnak az építési-bontási hulladék minimalizálására, amely alkalmazható az építési projektek tervezési szakaszában.

2.2.4. A körforgásos gazdaság elvein megvalósuló projektek

Az alábbiakban bemutatásra kerül néhány olyan projekt és esettanulmány,²²² amelyek a tervezés és kivitelezés, illetve a fenntartás és üzemeltetés terén innovatív megoldásokat vonultatnak fel, felhasználva a körforgásos gazdaság elveit.

Ad a) Rekonstrukció

A funkciójukat veszített épületek nagy többsége bontásra kerül, és bár a törmelék egy részét újra lehet hasznosítani, a kisebb anyagvesztéssel és környezeti terheléssel járó újrafelhasználás magasabb szinten képviseli a körforgásos gazdaság elvét. Komoly mérnöki és építészeti kihívást jelent egy régi szabványok és technológia szerint épült, eltérő funkciót ellátó épület mai követelmények szerinti rekonstrukciója, és a legtöbb esetben nem is költséghatékony. Azonban mégis találunk számos kitűnő példát arra, hogyan lehet megőrizni letűnt korok épületeit és a mai igényeknek megfelelően átalakítani. Egy kiemelkedő városrehabilitációs program valósult meg az egykori németországi iparvárosban, Essenben, ahol az 1980-as években leépített szénbányászati és acélgépgyártás ipari épületeit rehabilitálták. A ma már Krupp parkként ismert hajdani Krupp acélgépgyár szimbólummá vált a környezettudatos városrehabilitáció terén, a híres Zollverein szénbánya és üzem pedig, múzeumparkká lett átépítve.

²²¹ REZA et al. (2019): Circular economy in construction sector. Conference: CEPPIS, At: Bydgoszcz, Poland, Project: Construction Management.

²²² Ha a kör bezárul – a körforgásos gazdaság jelentősége és lehetőségei. 9 körforgásos eszköz, 70+ vállalati esettanulmány, Ipar 4.0 kitekintés.



Forrás: By Eichental is licensed under CC BY-ND 2.0.²²³

Krupp Park



Forrás: © Ruhr Tourismus, Jochen Schlutius by Dein Nordrhein-Westfalen is licensed under CC BY-NC-SA 2.0²²⁴

UNESCO-Világörökség Zollverein Essen

A további, közösségi közlekedést támogató infrastrukturális fejlesztések, csatornaépítések és fatelepítési programok lévén Essen egykori iparvárosként elsőként kapta meg „Európa zöld fővárosa”

²²³ <https://search.creativecommons.org/photos/1e127fc8-72d4-42e2-bd92-ef47b86410a3> (A letöltés dátuma: 2021. december 3.).

²²⁴ <https://search.creativecommons.org/photos/48022eb0-1d2d-4b19-a214-82fc2f38c818> (A letöltés dátuma: 2021. december 3.).

címet 2017-ben. Az esseni példa utat mutathat számos a múltból visszamaradt, funkciójukat veszített épületekkel küszködő európai nagyvárosnak.

Ad b) Betongyártás

Az építőipar által felhasznált hihetetlen mennyiségű, évi 5,2 milliárd tonna cement előállítása jelentős hatást gyakorol a környezetre, gyártása több mint 5 %-át adja az éves CO₂-kibocsátásnak. Számos kutatás és projekt fókuszál az építéshez szükséges beton mennyiségének csökkentésére, illetve a gyártás során keletkezett káros anyagok csökkentésére.

Ezek közül az egyik legígéretesebb a körforgásos gazdaság szempontjából az úgynevezett *Earth Friendly Concrete* (EFC, földbarát beton), melyet az ausztrál Wagner kivitelező vállalat fejlesztett ki. A beton egyik legszennyezőbb összetevőjét, a Portland cementet váltották ki sikeresen az acélglyártás melléktermékével, a nagyolvasztói kohósalakkal, illetve a szénerőművek melléktermékével, a pernyével. A Portland cement kiváltása 90 %-kal csökkenti a termelés során az üvegházhatású gázok kibocsátását, ráadásul az EFC betont nagyjából annyiba kerül előállítani, mint a sima változatát.

A zöld betont, amely valóban zöldes árnyalatú, a brisbane-i Wellcamp repülőtér kivitelezése során is felhasználták, amely így megkapta a „legzöldebb repülőtér” címet.



Forrás: By Toowoomba Region is licensed under CC BY-NC-ND 2.0²²⁵

Wellcamp Airport

Számos egyéb kutatás célozza meg a Portland cement kiváltását, ami azonban egy jó ideig még nem fog kiszorulni az építőiparból, mivel a nemzeti szabványok általános megfeleléségi okokból megkövetelik bizonyos mennyiség használatát.

Ad c) Bontási törmelék újrafelhasználása – az építőipar integrációja a körforgásos gazdaságba

Az épületek bontása során keletkező hulladék az egyik „leglátványosabb” hulladékfajta, hiszen – bár az ember nem feltétlenül találkozik vele minden nap – a szálló por és a hulladék mennyisége jelentősen terhelik a környezetet. Az építőipari technológiák korszerűsítésével a fenntartható fejlődést szem előtt tartva azonban jelentősen csökkenthető a szektor által okozott környezetterhelés.

²²⁵ <https://search.creativecommons.org/photos/d8c2142c-6dda-4053-97d3-bfb71d1414cf> (A letöltés dátuma: 2021. december 3.).

Ennek egyik lehetséges eszköze a bontási hulladék „körforgásossá” tétele és építési terméként való felhasználása. A törmelék aprítás és osztályozás után számos ellenőrzési és minőségbiztosítási lépést követően újra felhasználható többek között beton gyártásához. A bontásból sok esetben az építőelem feldolgozás nélkül újrahasznosítható marad: a téglák és cserép, valamint a nyílászárók „épen” visszanyerve sok esetben felhasználhatóak. Magyarországon a minősítést az Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft. (a továbbiakban: ÉMI) végzi, valamint a jogszabályi környezet is támogatja a bontási hulladék újrafelhasználását. Az építőanyag gyártók felelőssége szintén megkerülhetetlen, akik számára a jogszabályi megfelelésen túl, anyagilag is kifizetődő az újrahasznosított építési-bontási hulladék értékesítése, valamint a nyersanyag-függőséget is mérsékli. A világ legnagyobb építőanyag gyártója, a LafargeHolcim-csoport például éves szinten 54 millió tonna építési-bontási hulladékot használ fel, valamint 6,5 tonna aggregátumot gyártott építési-bontási hulladékból.²²⁶

A cél tehát, hogy tudatosítsuk az építési-bontási hulladékkal összefüggő pazarlás kockázatát és törekedjünk megoldásokat találni úgy, hogy helyettesítő anyagokat, újrahasznosított termékeket kutatunk fel. A feladat tehát az, hogy az elsődleges, kimerülő nyersanyagok helyett, használjunk megújuló, újrafeldolgozható, hulladékból, vagy hulladékok felhasználásával előállított másodlagos vagy biológiailag lebomló nyersanyagokat. Ez azt jelenti, hogy például az építőiparban az elsődleges aggregátumok helyett, tört betonból is lehet készíteni másodlagos aggregátumokat. Ami a ritkaföldfémeket illeti kutatások és fejlesztések folynak annak vizsgálatára, hogy szintetikus (például nano) anyagokkal helyettesítsék azokat. Törekednünk kell arra, hogy kiiktassuk a beszerzéssel összefüggő bizonytalansági tényezőket.²²⁷

Ad d) Épületek moduláris tervezése

A *moduláris tervezést* széles körben alkalmazzák az építőiparban. A moduláris tervezés több szempontból is hozzájárul a körforgásossághoz. Először is, a keletkező hulladék mennyisége könnyebben csökkenthető ellenőrzött körülmények között, ahol az anyagok újrahasznosítása és a készletek ellenőrzése könnyebben megvalósítható, mint magán az építkezésen. A moduláris építkezés általában kevesebb anyagszállítást igényel, ami kevesebb károsanyag-kibocsátást eredményez. Ezen túlmenően a moduláris épületek szétszedhetők és a modulok áthelyezhetők vagy felújíthatók, újrafelhasználhatók, csökkentve ezáltal a nyersanyagigényt és minimalizálva az energiafelhasználás iránti igényt, amely az új épületek létrehozásához szükséges. A szétszerelhető építőanyagok, épületszerkezetek potenciális újrafelhasználhatósága növeli az igény szerint cserélhető, újrahasznosítható vagy mozgatható épületrészek viszonteladási értékét. Ez azonban kérdéseket vet fel az épületek általában hosszú élettartama (50-100 év) miatt, hiszen annak a veszélyét hordozza magában, hogy a modulok elavulnak, mire újrafelhasználhatóvá válnak. Végül, egy másik fontos előnye a moduláris építészetnek, hogy ezek az elemek lehetővé teszik az anyagok vagy alkotóelemek javítását, karbantartását anélkül, hogy az épület alapszerkezetébe be kellene avatkozni.²²⁸

Az építőipar fenntarthatósági törekvései során fokozott figyelmet kell fordítani az építőanyagok előállításának energia- és szén-dioxid-kibocsátására. Vizsgálatok során megbecsülték a főbb szolgáltatások erőforrásigényét, valamint a környezeti kibocsátásokat és hulladékokat az Egyesült Államok építőipari ágazatában. Azt találták, hogy az ágazat általában kevesebb erőforrást használ fel,

²²⁶ Ha a kör bezárul – a körforgásos gazdaság jelentősége és lehetőségei. 9 körforgásos eszköz, 70+ vállalati esettanulmány, Ipar 4.0 kitekintés.

²²⁷ Útmutató kkv-k részére a körforgásos gazdaságról – HOZD MAGADKÖRFORGÁSBA! A projekt az Interreg Europe Programból, az Európai Regionális Fejlesztési Alap támogatásával, az Európai Unió és Magyarország társfinanszírozásával valósul meg. Budapest, 2019.

²²⁸ Circular by design. Products in the circular economy. Reuse, repair, redistribute, refurbish, remanufacture. *EEA Report 6/2017*.

és alacsonyabb a környezeti kibocsátási és hulladékkibocsátási arányuk, mint azt a GDP-hez viszonyított arányuk sugallná.²²⁹ Ez azt üzeni, hogy a megtermelése nem feltétlenül függ össze arányosan az erőforrások felhasználásával és a hulladékok termelésével. Más kutatók a fa helyettesítési potenciálját vizsgálták az új épületek esetében Finnországban. Meghatározták a különböző épületek építésénél felhasznált anyagok teljes mennyiségét, valamint a fahasználat növelésének kereskedelmi potenciálját.²³⁰

Egy másik vizsgálatban, az építőanyagok gyártásához és szállításához felhasznált energia az Egyesült Királyság primerenergia-fogyasztásának közel 8 %-át tette ki. Rámutattak arra is, hogy helyi anyagok felhasználásával akár 215 %-kal is csökkenthető az épülettel járó energiaigény és 435 %-kal a közlekedés, illetve szállítás hatása.

A fából vagy téglából épült közép-európai családi házak is a vizsgálatok fókuszába kerültek. A kutatók az elemzésükben az építési-bontási hulladék fosszilis tüzelőanyagok helyettesítésére való hasznosítását vették figyelembe, és megállapították, hogy az üvegházhatású gázok nettó kibocsátása a visszanyert fa mennyiségének növekedésével csökkent.

Az építési projektek hulladékainak csökkentése érdekében a tervezési szakaszban nagyobb figyelmet kell fordítani a hulladékgazdálkodásra.

Hongkongi kutatók a meglévő hulladékgazdálkodási tervek végrehajtásának hatékonyságát elemezték a helyi építőiparban. Ebben a tanulmányban rámutattak, hogy a hulladékcsoökkentés és a -leválasztás terén az anyagok helyszíni újrafelhasználásával lehet a legjobb eredményeket elérni.

Az előregyártott építőelemek használata növelheti a hulladékok megelőzésének és csökkentésének hatékonyságát. Kutatások hangsúlyozzák az építési-bontási hulladék keletkezésének mielőbbi megelőzését és ennek fontosságát. Például a hulladéklerakókban való elhelyezés helyett, a megfelelő anyagok leválasztásának tervezése a tervezési folyamat korai szakaszában segítene előmozdítani az újrahasznosítási mechanizmust.²³¹

A bontási hulladék részét képező téglákat elszállítják a helyszínről, és gyakran hulladéklerakókba ártalmatlanítják. Könnyen belátható, hogy ez nem a fenntartható és körforgásos módja az építési-bontási hulladék kezelésének.

Nézzünk néhány olyan megoldást, amelyek segíthetnek lezárni az anyagáramok hurkait, vagyis a téglá képes lesz részben vagy egészben folytatni vagy újraindítani az életciklusát. A hurok lezárásának egyik lehetősége az újrahasznosítás. A téglák aprítás után másodlagos nyersanyagként használhatók fel, és különféle építőipari tevékenységekben hasznosíthatók, például útalapként. Ily módon próbálják megtartani az építőanyag értékét, és új – másodlagos – építőanyagként hasznosítani azokat. A kötet 2-része részletesen foglalkozik a témával.

Sajnos, az újrahasznosítás technológiai jelenleg nem működnek energiahatékonyan, és hiányzik a megfelelő infrastruktúra, ami azt eredményezi, hogy gazdaságilag kevésbé kivitelezhető megoldás az újtahasznosítás.

A legjobb megoldás az újrahasználat lenne. A téglafalak szétszedhetők, és a habarcs eltávolítása után a téglák újra felhasználhatók. A téglafal szétbontása azonban veszélyes, a habarcs eltávolítása pedig nehéz és időigényes lehet. Ennek elkerülése érdekében a termékeket már a tervezési fázisban lehet úgy tervezni, hogy könnyen szétszerelhetők, -bonthatók és újrafelhasználhatók legyenek. Jó példa erre a

²²⁹ HENDRIKSON – HORVATH (2000): Resource use and environmental emissions of US construction sectors. *J. J. O. C. E. & Management*, 126, 38-44.

²³⁰ THORMARK, C. (2001): Conservation of energy and natural resources by recycling building waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 33, 113-130.

²³¹ REZA et al. (2019): Circular economy in construction sector. Conference: CEPPIS, At: Bydgoszcz, Poland, Project: Construction Management.

kialakításra a Drystack téglá.²³² A téglák összekötésére használt habarcsot műanyag elemek váltják fel, ami megkönnyíti a téglák szétválasztását és újrafelhasználását. Ez az alkalmazás csökkenti a téglák környezeti hatását, mivel meghosszabbítja életciklusukat és csökkenti az új termékek iránti igényt.

Ahhoz, hogy ez a beavatkozás pozitív irányú legyen, a tervezés szakaszában előre át kell gondolni, hogyan lehet meghosszabbítani az épület vagy az építőanyagok életciklusát, vagy visszanyerni és újrafelhasználni a bennük megtestesülő anyagot. Ezeket a döntéseket még a gyártás előtt, a terméktervezés során szükséges meghozni. Az építőipari termékek tervezése határozza meg, hogyan használhatók fel az anyagok a hurkok lezárására.

A kortárs építőanyagok (beton, acél, vas) használatának egyik alternatívája lehet a bioalapú anyagok alkalmazása. A növényekből (fából) vagy állati részekből előállított építőanyagokat *bioalapú (a továbbiakban: bio-based) építőanyagok*nak nevezzük. Néhány példa az ilyen típusú építőanyagokra: fa, szalma, bőr, növényi eredetű anyagok, például kender, len, kókuszszál. A 21. század elején a növényi alapú anyagok nagy népszerűsége tettek szert, mivel hatékonyak és környezetbarátak bizonyultak. A növényi alapú anyagok előnye a következők lehetnek:

- energiahatékonyság,
- helyi erőforrások felhasználása és a szállítás minimalizálása,
- megújuló anyagok és energiaforrások felhasználása,
- a bontási hulladék csökkentése,
- építési-bontási hulladék újrahasznosítási lehetősége.

A bio-based erőforrások a következő előnyökkel járhatnak az építőanyagokban:

- a szén megkötése és tárolása,
- növények fenntartható termelése (beleértve a kultúrnövények mezőgazdasági hulladékait), hosszabb betakarítási ciklusú erdőgazdálkodás,
- az élettartam végén biológiai lebomlás (az anaerob rothasztóban az ellenőrzött bomlás szerves trágyát és bio-metánt is termel az energiaellátáshoz),
- kivételesen alacsony vagy csaknem nulla lineáris hőtágulási együttható, gyakran ugyanolyan értékű vagy jobb, mint sok mesterségesen előállított termék esetében,
- nedvesség jelenlétében pufferként működik és kiegyensúlyozza a beltéri környezet páratartalmát,
- alacsony hőátadás,
- kiváló teljesítmény, illetve tömeg arány.

Ad e) A bio-based anyagok szerepe

A bio-based anyagok javíthatják az építkezés környezeti hatásait. A mezőgazdasági hulladékok felhasználásával gyártott anyagok használata így körforgásban tartható.

Az építőanyagok és -elemek sérülésmentesen szétszerelhetőek (itt fontosak az építkezés közben alkalmazott csatlakozások), így egyszerű, közvetlen újrafelhasználást tesznek lehetővé.

Az építőanyagok és -elemek jövőbeni újrafelhasználásának érdekében a csatlakozásokat úgy kell megtervezni és kialakítani, hogy azok kompatibilisek legyenek a jövőbeli építési megoldásokkal. Ellenkező esetben nem használhatók újra és hulladékká válnak.²³³

²³² <https://drystack.nl/> (A letöltés dátuma: 2021. december 2.).

²³³ ESCALEIRA et. al. (2019): Connections and joints in buildings: Revisiting the main concepts on building materials life cycle's circularity. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.

2.3. Az építési-bontási hulladék életciklus-elemzésének módszerei, lehetőségei²³⁴

2.3.1. Az életciklus növelésének lehetőségei

Annak érdekében, hogy az építési bontási hulladékok életciklusának növelése a lehető leg szélesebb körű áttekintéssel kerüljön megvizsgálásra, szükségszerű az életciklus fogalmának és számos ehhez a tudományterülethez tartozó szakkifejezésnek a meghatározása.

A *LCA* egy termék vagy folyamat teljes életútja során keletkezett, környezetre ártalmas hatásokat elemzi. A teljes életciklus magában foglalja a termék alapanyagainak előállításától kezdődően az összes hozzá köthető folyamatot egészen az EoL-i lerakásig vagy ártalmatlanításig. Ez a bölcsőtől-sírig (cradle-to-grave) szemlélet kiegészülhet a körkörös gazdaság gyakorlatával, amely esetben már bölcsőtől a bölcsőig („cradle-to-cradle”) látásmód kerül vizsgálatra, amelyről majd a későbbiekben esik szó.

A teljes életciklus lépései az alábbiak:

- alapanyagok kitermelése és feldolgozása;
- gyártás;
- szállítás;
- használat;
- újrahasználat, újrahasznosítás;
- hulladéklerakás, ártalmatlanítás.

Az életciklus-elemzés összegzi a termék, folyamat, szolgáltatás környezeti hatásait a teljes életcikluson keresztül, melynek lépései a leltárfázis, a hatásbecslés és a fejlesztés analízise. Az életciklus-leltár képezi az életciklus-hatásvizsgálat alapját, amely eredményeként a környezeti hatások mennyiségi meghatározását kapjuk meg. Továbbá a leltár tartalmazza az összes léghőri és vízbe történő emissziót, valamint a keletkező hulladékok nagyságrendjét is.

Az életciklus-elemzés segíti:

- a vizsgált rendszer tényleges környezetre gyakorolt hatásának megítélését;
- a termék életciklusának minden pontján a környezeti szempontú fejlesztési lehetőségeket;
- az ipari, kormányzati döntéshozatalt;
- a környezeti kommunikációt és a környezeti marketing tevékenységet,
- valamint a stakeholderek elvárásainak kielégítését.

Az életciklus-elemzés első lépéseként a termék életciklusát részekre kell osztani, majd minden egyes részben meghatározásra kerülnek az inputok (energia és nyersanyag) és az outputok (környezeti emisszió) különböző adatbázisok felhasználásával. Ezt a folyamatot életciklus leltárnak (a továbbiakban: LCI – Life Cycle Inventory) hívjuk.

Következő lépésként a feltárt inputokhoz és outputokhoz köthető környezeti hatások számszerűsítése zajlik. Ez az életciklus hatásértékelés fázisa (a továbbiakban: LCIA – Life Cycle Impact Assessment). Környezeti hatásként kerül figyelembevételre például a savasodás, az ózonréteg vékonyodása vagy az éghajlatváltozás. A környezeti hatások figyelembe veszik az emberekre, más élőlényekre, vagy az élőhelyekre potenciális veszélyt jelentő tényezőket.

A leltárelemzés során összegyűjtött inputok környezeti hatását a hatáselemzés során megállapított, adott elemzéshez használni kívánt karakterizációs tényezőre vetítve kell megadni. A leg szélesebb körben elterjedt az üvegházhatású gázok globális felmelegedési potenciáljának a meghatározása. Ez az

²³⁴ A 2.3. alfejezet Németh Péter PhD-hallgató írása.

érték megmutatja, hogy a vizsgált folyamat vagy termék mekkora mértékben járul hozzá Földünk globális felmelegedéséhez, azaz mekkora a karbonlábnyoma. Mértékegysége a szén-dioxid egyenérték, amely súlyozva veszi figyelembe az egyes üvegházhatású gázokat a szén-dioxidhoz viszonyítva. A CO₂ globális felmelegedésének potenciáljának értéke 1, amelyhez képest az üvegházhatású gázok döntő többsége környezetszennyezőbb, például a dinitrogén-oxid globális felmelegedésének potenciáljának értéke 298, tehát 298-szor környezetkárosítóbb, mint a CO₂.

Az életciklus-elemzés fiatal tudományterületnek tekinthető, mivel a 20. század második felében kezdtek el a kutatók ezzel a témakörrel foglalkozni. Az életciklus-elemzéssel kapcsolatos érdeklődés fokozatosan növekedett az 1980-as évek derekától, amikor egy svájci kutatók által készített tanulmányban a szerzők súlyozó faktorokat alkalmaztak a környezeti terhelés megállapítására és egyben a döntéshozatal segítésére. Az 1990-es évektől az LCA-módszertan ugrásszerű fejlődést mutat. Ezzel párhuzamosan megtörtént a módszer szabványosítása is a Nemzetközi Szabványügyi Testület (a továbbiakban: ISO, International Organization for Standardization) részéről. Az LCA a vállalati döntéshozatalban, valamint a környezetvédelmi politikán belül, elsősorban a termékek ökcímkezésénél és a csomagolási szabályok kialakításánál jelent meg fontos eszközként. Az életciklus-elemzés így vált a termék folyamatos fejlesztésének eszközévé.

Az LCA alkalmazásának egyik előnye, hogy az érintett szervezet képessé válik a környezet hatásait megismerni, intézkedéseket meghatározni azok minimálisra csökkentésére, a környezet kockázatait kezelni, a profitot növelni és javítani a szolgáltatások, valamint a termékek menedzsmntjét. Az LCA az alkalmazó szervezet számára új lehetőségeket és egy olyan megközelítést kínál, amely könnyedén alkalmazható a szervezetnél már érvényben lévő környezetvédelmi célokkal és környezeti politikával.

Napjainkban világunk számos környezetvédelmi problémával kell, hogy megküzdjön, így például a globális felmelegedés, a hulladékkezelés, a tengerszint emelkedése, vagy az ózon réteg vékonyodása. Ezek közül is kiemelkedő jelentősége van a természetes élőhelyek pusztításának, az erdőirtásnak és az ezek által okozott biodiverzitás-csökkenésnek. Ahhoz, hogy a lehető legjobb döntéseket lehessen meghozni a környezetvédelem témájában, elengedhetetlen *egy komplex, átfogó szemlélet* alkalmazása. A különböző alrendszerek egyesével történő vizsgálata és külön-külön optimalizációja magában hordozza azt a veszélyt, hogy az egyik alrendszerben megtakarított emissziót nem eltávolítjuk a gazdaságból, csupán áttoljuk másik országba vagy iparágba, vagy éppen a folyamat egy más részére.

A Föld számos pontján tapasztalható magas életszínvonal az élet számos területén túltermeléshez, túlfogyasztáshoz vezet. Az ENSZ 2021-ben kiadott Food Waste Index jelentése szerint évente 930 millió tonna élelmiszer kerül hulladékba, amely a megtermelt élelmiszerek 17%-át jelenti. Átlagosan, egy lakosra vetítve 74 kg étel kerül hulladékba évente.²³⁵ Nem kivétel a túltermelés alól az építésgazdaság sem, amely nagy energiaigényű iparág szerte a világon. A korábban bemutatott elemzési módszertant figyelembe véve, életciklusuk minden egyes lépésénél az épületek energiát fogyasztanak kivétel nélkül az építéstől a lebontásig. Továbbá azt is szükséges megfontolni, hogyha az egyik lépésben valamely költséges és magas karbon intenzitású alkotóelemet (például hőszigetelés) kihagyunk, akkor a használati szakaszban ennek hiánya plusz költséget és környezetterhelést fog jelenteni a megnövekedett hőigény miatt. Az épületek energiaigényét az alábbiak szerint oszthatjuk fel:²³⁶

- direkt: építés, üzemeltetés, felújítás, lerombolás,
- indirekt: alapanyag előállítás, műszaki (épületgépeszeti) kivitelezés.

²³⁵ Hamish FORBES et al. (2021): Food Waste Index Report 2021. United Nations Environment Program. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/35280?show=full> (A letöltés dátuma: 2021.11.12.)

²³⁶ Luisa F. CABEZA et al. (2014): Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Energy Analysis (LCEA) of Buildings and the Building Sector: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29. évf. 394–416.

Az életciklus-elemzés mára már egyre szélesebb körben elterjedt, így az építészet kapcsolódásában sem lehet és nem is ildomos kikerülni ezt a témakört, mivel ahhoz, hogy egy termék, jelen esetben épület valós környezetterhelését meg tudjuk állapítani, szükséges felmérni az életciklusa minden egyes állomásán jelentkező környezeti terheket, például az emittált szén-dioxidot. Minden esetben el kell érni azt a pontot, ahol már az életciklus-elemzés nem csupán egy marketing fogás vagy érdekesség, hanem a döntéselőkészítés és döntéshozatal szerves része. Számos előny és korlát megfigyelhető az életciklus-elemzés építőipari alkalmazásával kapcsolatban is.²³⁷

Az előnyök és ösztönző tényezők az alábbiak:

- magas marketing érték;
- egyszerűsített adatgyűjtés (kis mennyiségek elhanyagolása megfelelő rendszerhatárok definiálásával);
- épületek környezeti minősíthetősége, tanúsíthatósága;
- környezetvédelmi célok alkalmazása az építészeti szektorra is országonként;
- hitelek, állami és Európai Unió támogatások a környezeti hatások csökkentésére.

A nehézségek és korlátozó tényezők az alábbiak:

- előítéletek az LCA bonyolultságáról, pontatlanságáról és az eredmények önkényes alakíthatóságáról;
- hiányos ismeretek az egyes építési és bontási anyagok környezeti hatásairól és ezek számszerűsítéséről;
- korábbiakban alacsony igény ilyesfajta elemzések elkészítésére, az eredmények felhasználására;
- bonyolult számítási módszerek, magas költségek;
- szabványosított interfészek hiánya az építőiparban használt szoftverekkel (CAD, épületgépészet, költségvetéskészítő);
- gyenge együttműködés a szoftvergyártók és a potenciális felhasználók között;
- nehézségek az LCA eredmények megértésében és alkalmazásában;
- jogi keretrendszer hiánya és hiányos ösztönző lehetőségek;
- laza kapcsolat az energiatanúsítási gyakorlattal, alkalmazásokkal.

A fentiekben felsorolt nehézségek ellenére is elengedhetetlen az életciklus-elemzés alkalmazása az épületgazdaságban a nagy nyersanyag- és energiafelhasználás miatt. Ahogyan arra már többször utaltunk az építőipar használja fel a világgazdaságba belépő nyersanyagok 40%-át, az energia 30-40%-át és ezen iparág felelős 40-50%-ban az üvegházhatású gáz kibocsátásért és a savas esőért.²³⁸ Ezek olyan nagyságrendű számok, amelyek esetében szükséges egy átfogó, az építkezés közel összes anyagáramát figyelembe vevő adatbázis elkészítése és a környezetterhelési értékek meghatározása. Mivel rendkívül nagy anyagmennyiségekről van szó az építőipar esetében, elengedhetetlen a legújabb technológiák alkalmazása ezek nyilvántartására, elemzésére. Az egyre szélesebb körben elterjedő Big Data adatfeldolgozó rendszerek az elkövetkezendő években ebben az iparágban is jelentős szerephez fognak jutni. Különböző életciklus-elemző szoftverek állnak rendelkezésünkre annak érdekében, hogy

²³⁷ Ignacio ZABALZA BRIBIÁN – Alfonso ARANDA USÓN – Sabina SCARPELLINI (2009): Life Cycle Assessment in Buildings: State-of-the-Art and Simplified LCA Methodology as a Complement for Building Certification. *Building and Environment* 44. évf. 12. sz. 2510–2520.

²³⁸ Muhammad ASIF – Tariq MUNEER – R. KELLEY (2007): Life Cycle Assessment: A Case Study of a Dwelling Home in Scotland. *Building and Environment* 42. évf. 3. sz. 1391–1394.

megállapítható legyen egy termék életciklusa alatt kibocsátott üvegházhatású gázok mennyisége. Vannak olyanok, amelyek általános célú használatra készültek és különböző bővítmények segítségével lehet specifikus területeket vizsgálni velük, ide tartozik a GaBi és az OpenLCA. Továbbá vannak olyan tudományterület specifikus programok is, amelyek kimondottan építésgazdaságtannal, épületek életciklus értékelésével foglalkoznak, ide tartoznak különösen az alábbiak:

- LEGEP,²³⁹
- IZUBA,²⁴⁰
- ATHENA.²⁴¹

Mellett létezik számos további adatbázis is, amelyek habár nem alkotnak külön szoftvert, de mint adatbázis széles körben használatosak.

A BEDEC adatbázis eredetileg katalán rövidítése az „építőanyagok strukturált adatbázisa” szóösszetételnek, és 1981-ben azzal a céllal hozták létre, hogy legyen egy olyan homologizált adatbank az építési szektorban, amely parametrikus, racionális és nyitott forrású. 2003-ban egészült ki az adatbázis az energiaköltségek, szén-dioxid kibocsátási adatok, és a hulladék mennyiségek megállapításával.²⁴² Jelenleg ezek az adatbázisok átfogó műszaki adatokat, gazdasági és környezeti mennyiségi és minőségi információkat, építési és bontási költségvetéseket, műszaki értékeléseket tartalmaznak, ezáltal megbízható referencia értéként használatosak a döntéselőkészítés, döntéshozatal során.

Ahogy arról már a fentiekben szó esett, a világ nyersanyag-felhasználásának 40%-áért az építésgazdaságtan felel, így vizsgálatunkat az építőanyagok oldaláról szükséges kezdeni. A legősibb építőanyag a fa, amely évezredekken keresztül az építészet fő és közel egyetlen alapanyagaként szerepelt, kiegészítve a kővel. Az alapozástól a tetőfedésig e két alapanyag alkotta az épületeket, legyen szó személyes használatú vagy termelő létesítményről. Az évszázadok során megjelentek különböző alternatív építőanyagok is, amelyek segítségével, nagyobb, kecsesebb, látványosabb épületeket lehetett felépíteni, ide tartozik az acél, beton, alumínium és a 20. századtól kezdődően a műanyag is. Egy épület életciklus-elemzése során elengedhetetlen, hogy minimum a következő beépített építőanyagokat, alkotóelemeket, berendezéseket és mindezek gyártásával összefüggő hatásokat figyelembe vegyük:²⁴³

- tereprendezés, kivitelezők felvonulása az építési területre,
- alapozás,
- falazat, vasbeton, téglá, könnyűszerkezetes elemek,
- fém szerkezet, fémgerenda, kötések,
- tetőfedés, tetőszerkezet,
- hőszigetelés, vízzárás, tömítőanyagok.
- fal- és padlóburkolatok, csempék, járólapok, parketta, vinil padló.
- festékek, tapéták,
- épületgépészet, vízvezetékek, használati melegvíz,
- hűtés, fűtés, légkezelés,
- ablakok, ajtók vasalata, műanyag elemek, üvegezés,

²³⁹ <https://legep.de/?lang=en> (A letöltés dátuma: 2021.11.12.).

²⁴⁰ <https://www.izuba.fr/> (A letöltés dátuma: 2021.11.12.).

²⁴¹ <http://www.athenasmi.org/> (A letöltés dátuma: 2021.11.15.)

²⁴² FISSAC. 2017. "ITeC: Example of an Existing Construction Elements Database."

²⁴³ Muhammad ASIF – Tariq MUNEER – R. KELLEY (2007): Life Cycle Assessment: A Case Study of a Dwelling Home in Scotland. *Building and Environment*. 42. évf. 3. sz. 1391–1394.

- bútorok: fa, műfa és műanyag elemek, vasalatok,
- napelem, napkollektor, inverter, egyéb kapcsolódó elektronika,
- talajszonda kiépítés, hőszivattyú,
- díszítő elemek,
- térkövezés, kerítés.

Az ISO 14044:2006 szabvány szerint az életciklus-elemzés során figyelembe veendő folyamatokat a rendszerhatárok megállapítása határozza meg. E rendszerhatárok megállapításánál arra kell törekedni, hogy az adott kutatás célját a lehető legjobban lefedje a vizsgált folyamatok halmaza, de kerülni kell az apró részletekben való elmélyedést, mert az elaprózhatja a kutatást és nem szolgálja a végeredménynek érdemi pontosítását.

A legtöbb életciklus-elemzés a „bölcstől a sírig” (a továbbiakban: „cradle-to-grave”) módszerével vizsgálja a termékek életciklusát, amely a gyártás, felhasználás és EoL-i folyamatokat foglalja magában. Ahhoz, hogy az építési bontási hulladékokat ne csupán lerakásra szánt hulladékként tartsuk számon, LCA szempontjából elengedhetetlen egy tágabb rendszerhatár alkalmazása.

A körforgásos gazdaság koncepciójához legközelebb a bölcstől a bölcsőig (a továbbiakban: „cradle-to-cradle”) megközelítés áll, amely magában foglalja a gyártási, felhasználási és EoL-i folyamatokon túl, a hulladék különböző formában történő visszavezetését a gazdaságba, mint a következő termék alapanyaga. Ez már tartalmazza az újrahasználat, újrahasznosítható alapanyagok gazdaságba történő visszavezetésével megtakarított szén-dioxid mennyiségét is, amely megmutatja, hogy mekkora környezetterhelést lehet elkerülni környezettudatos hulladékkezeléssel.

A legtöbb építőipari LCA a legkisebb funkcionális egységként – amely az életciklus értékelés alap vizsgálati egysége – az egy négyzetméterre vetített üvegházgáz kibocsátást (CO_2 ekv./ m^2) használja. A végeredményt nagyban befolyásolja, hogy az életciklus használati fázisát mekkora időtartamra számítjuk. Ehhez elengedhetetlen megvizsgálni lakóépületek és ipari épületek esetében ezek reális használati élethosszát. Lakóépületeknél ez 40-100 év, míg ipari létesítményeknél 40-75 év, de mindkét esetben a kutatók széles körben az átlagos 50 évvel számolnak.²⁴⁴

A rendszerhatárok meghatározása után az LCI elkészítése a következő lépés annak érdekében, hogy a rendszerhatárokon belül eső folyamatoknál számszerűsíteni lehessen az anyag- és energiaáramokat. Az alábbi ábra ezt a folyamatot szemlélteti vázlatos módon.

²⁴⁴ Ahmad Faiz ABD RASHID – Sumiani Binti YUSOFF (2015): A Review of Life Cycle Assessment Method for Building Industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45. évf. 244–248.



Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Anyag- és energiaáramok az épületek teljes életciklusa során

Legkézenfekvőbb a beépített vagy beépítésre szánt építőanyagok mennyiségének a meghatározása. Az épületek CAD terveiből megállapítható az építőanyagok mennyisége, amelyeket át lehet vezetni az LCI-be is. Ezek különböző telephelyekről történő beszerzése, különböző szállítási távolságokat és ezzel együtt eltérő környezetterhelést jelentenek. A legyártott építőanyagok rendelkeznek egy kvázi beépített szén-dioxid tartalommal az alapanyag bányászatból és előállításukból kifolyólag. Ehhez adódik hozzá a szállítási kibocsátás a gyár és a telephely, valamint a telephely és az építkezés helyszíne között. A rendszerhatárok különböző megállapítására jó példával szolgál a szállítás témaköre. Kétféleképpen dönthetünk e folyamat vizsgálatánál. Az egyszerűbb megközelítés esetében a szállítást végző tehergépjármű tank-to-wheel (kipufogógáz) emissziója kerül figyelembevételre. Részletesebb, mélyebbre menő elemzés elkészítésénél szükséges megfontolni a szállítás során megtett kilométerre vetített szén-dioxid mennyiséget a jármű teljes életciklusát tekintve. Konkrét esetben, ha a téglá építési területre történő szállítása során összesen 400 km-t tesz meg tehergépjárművön, akkor ezt a távolságot el kell osztani az adott jármű elméleti maximális futásteljesítményével. Így megkaphatjuk az adott távolsághoz tartozó valós, teljes környezetterhelést a szállító jármű tekintetében.

A fent említett két alternatíva között a választást mindig az adott életciklus-elemzés mélysége és az igényelt információk felhasználási célja határozza meg, de a második eset sokszor túl részletesnek bizonyulhat, csak energiát és költséget emészthet fel, jelentős információs nyereség nélkül. A szállításhoz hasonlóan az építkezés folyamata sem képvisel jelentős környezetterhelési szerepet, mivel itt csak a keletkező hulladékokat szokás figyelembe venni az LCA során és egyes források ezt a felhasznált anyagmennyiség 5 %-ával azonosítják egyszerűsítésként.²⁴⁵

Az épület életciklusa során a használati életszakasz emittálja abszolút értékben a legnagyobb mennyiségű üvegházhatású gázt. Ennek legnagyobb része az elektromos áramhoz köthető környezetterhelés. Jelentős mértékben járul hozzá még az épületek hőigénye, amely adott esetben például a fűtésre felhasznált földgáz üvegházhatású gáz emisszióját jelenti. A legjelentősebb energiafogyasztók az épületgépészeti berendezések, ezeken belül is a fűtő berendezések, kazánok, légkezelők, szellőztetők, világítótestek, informatikai és híradástechnikai eszközök, légkondicionálók, légkezelők és sütők. A használati szakaszhoz tartozik a fenntartási és javítási munkálatok karbonlábnyoma is. Amennyiben a rendszerhatárok meghúzósa során figyelembe vesszük, akkor ide

²⁴⁵ Ahmad Faiz ABD RASHID – Sumiani Binti YUSOFF (2015): A Review of Life Cycle Assessment Method for Building Industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 45. évf. 244–248.

tartoznak a folyamatos karbantartási munkák (kertrendezés, takarítás). A jelentősebb felújítások képviselnek itt nagyobb környezetterhelést, festés, új bútorok, világítótestek cseréje, ablakcsere, utólagos falszigetelés, tetőfedés cseréje, javítása.

Az életciklus végi (továbbiakban End-of-Life, EoL) folyamatok szerepe az életciklus-elemzésen belül akkor értékelődött fel, amikor előtérbe került a bontási hulladékok újrahasználati vagy újrahasznosítási potenciálja.

Az épület életciklusának különböző szakaszai között történő eloszlása a karbonlábnyom vonatkozásában nagyban függ az épület elhelyezkedésétől is. Például szélsőséges időjárási viszonyok között (trópusi vagy sarkvidéki égöv) a hűtés-fűtés fog a legnagyobb szerepet játszani a kibocsátási adatok között. A világítás és ezzel együtt az épület elektromos áramfogyasztása, mint az egyik legfőbb használati kibocsátó, nagyban függ az épület használati időszakától és céljától.

Az életciklus-elemzés különböző lépéseit amellet, hogy egymásra épülésüket lineárisan megvizsgáljuk, szükséges abból a szempontból is elemezni, hogy amennyiben egyik életszakasz kibocsátásán változtatunk másfajta technológia vagy alapanyag felhasználásával, akkor az, milyen hatással van az azt nem közvetlenül követő lépésekre. A gyakorlati életben ez azt jelenti, hogyha már az építésnél figyelmet fordítunk arra, hogy a beépített nyersanyagok nagy számban és magas hatékonysággal lehessenek újrahasznosíthatók, akkor az életciklus végén jelentős környezetterhelést tudunk elkerülni azáltal, hogy a következő építkezésnél a jelen bontási hulladékokat nagy mennyiségben tudjuk újrahasználni vagy újrahasznosítani. Hasonló példa például az épületek hőszigetelése, melynek megválasztása egyrészt hatással van az építőanyagok gyártási fázisának emisszióira, de jelentősen befolyásolja a használati fázis környezeti lábnyomát is.

Az előzőekben leírtak alapján számos lehetőség van az épületek életciklusának növelésére. Az alapanyag előállítás és gyártás során a minőség növelésével az egyes építőanyagok életciklusa meghosszabbítható. A speciálisabb építőanyagok, fejlett szigetelések az építési fázisban többlet beépített szén-dioxidot eredményeznek, mivel az alapanyaguk értékesebb, kifinomultabb kitermelési eljárást igényel, továbbá az előállításukhoz többlet energiára van szükség. Viszont az épület életciklusa során elér egy olyan pontot, ahol ez a kezdeti többlet környezetterhelés megtérül, mivel alacsonyabb lesz az épület energiaigénye, amely a használati fázis karbonlábnyomát fogja csökkenteni. Továbbá a nagyobb értékű építőanyagok életciklusa is hosszabb, mint a hagyományosoké és így az épület élettartama is növekedni fog, amely a beépített emisszió jobb eloszlását fogja okozni az életciklus során.

2.3.2. *A reciklálás környezeti és gazdasági hatásai*

A körforgásos gazdálkodás egy fenntartható alternatívája a *lineáris gazdaságnak*, amely a termék gyártásával kezdődik, használatával folytatódik és az EoL-i hulladék lerakással zárul. Ezzel szemben a reciklálás arra törekszik, hogy az utolsó lépésben a lehető legnagyobb mennyiségű hulladék kerüljön visszaforgatásra a gazdaságba alapanyagként. A környezetvédelem a gyakorlatban is megvalósul azáltal, hogy a felesleges hulladékot és termelést elkerüljük a reciklálás alkalmazásával. A környezeti előnyök mellett gazdasági vonatkozásban is rendkívül előremutató gyakorlat ez, mivel a jelentős alapanyag előállítási költségek ezáltal elkerülhetők. Végül az utóbbi időben egyre instabilabbá váló ellátási láncok miatt is előnyös a lehető legnagyobb mértékű újrahasznosítása az építési-bontási hulladékoknak (is), mivel az akadozó termelés és szállítás miatt a nyersanyaghiány már közel minden iparágat érint kisebb vagy nagyobb mértékben. A következőkben bemutatásra kerül több lehetséges stratégia annak

érdekében, hogy az építésgazdaság a lehető legnagyobb mértékben bekapcsolódhasson a körkörös gazdaságba.²⁴⁶

Amint ahogyan az már korábban említésre került, a lehető legtöbbet úgy tehetünk környezetünk megóvásának érdekében, hogyha a *túltermelést és a hulladéktermelést drasztikusan lecsökkentjük*. Az építésgazdaságban a körkörös gazdaság felé megtehető első lépés, hogy a tradicionális lineáris ellátási láncok alkalmazását megpróbáljuk a lehető legalacsonyabb szintre visszazorítani. A jelenlegi építési környezetben, ahol nagy arányban fordulnak elő pályázati finanszírozású beruházások, ezt a szempontot már a tender kiírásakor priorizált helyen lehet feltüntetni. Ehhez nagymértékben járulhat hozzá az előregyártott elemek alkalmazása, mivel ez esetben a gyártó üzem a telephelyén végzi az összeszerelés egy részét. Ezáltal a keletkező hulladékok nem kerülnek szállításra az építés helyszínéig és vissza, hanem közvetlen a gyártó vállalat helyben tudja visszaforgatni az újrahasznosítási láncukba. Mindemellett ez lehetőséget kínál arra, hogy a részletes számítógépes tervrajzok alapján már a gyártás is egyedi módon történjen, így a lehető legkevesebb hulladék fog keletkezni az előzetes telephelyi összeszerelés során, majd az építési helyszínen történő beépítés közel hulladékmentessé tud válni. A körkörös gazdasági modell alkalmazhatóságát tovább növeli, ha a funkciók nélküli vagy gyér hasznosíthatóságú, csupán a designt szolgáló elemeket elhagyjuk az épületekből. Természetesen a megjelenés és a kreativitás fontos szerepet tölt be az építészetben, így célszerű lehet ezek alkalmazhatóságát olyan szempontból vizsgálni és kutatni, hogy az esztétikum mellett funkcionálisak és újrahasznosíthatóak legyenek. Összefoglalva tehát: már a tervezési fázisban számos eszközünk van arra, hogy alakítsuk az adott épülethez kapcsolódó környezeti hatásokat és lépjünk a hatékonyabb megoldások irányába.

Mint minden piacot, az *újrahasznosított építési alapanyagok kínálatát* is a kereslet határozza meg. Amíg alacsony a kereslet az ilyen építőanyagokra, egész addig a körkörös gazdaság csak lassan fog fejlődni ebben az iparban. Sok félelem van az újrahasznosított építőanyagok strukturális jellemzőivel kapcsolatban. Vannak érvek, amelyek alacsonyabb minőségűnek tartják ezen anyagokat, mint az újonnan előállított társaikat, így statikai megfontolásból nem alkalmazzák ezeket. Amennyiben egyes esetekben az újrahasznosítási technológia még nem képviseli azt a színvonalat, hogy az így előállított termék fel tudja venni a versenyt az új elemekkel, akkor az újrahasznosított elemeket nem szerkezeti célokra, csupán olyan esetekben kell alkalmazni, ahol nincsenek szigorú statikai kritériumok. Jó példa ilyen alkalmazásokra a zúzott beton felhasználása közúti aljzatokban, vízelvezető csatornáknál vagy alapozásnál.

Olyan esetekben, ahol az *építési bontási hulladékok nem alkalmasak* az újrahasználatra, újrahasznosíthatónak kell lenniük. Az épületek bontása során előnyös, ha a hulladékok szétválasztásra kerülnek egy erre alkalmas telephelyen. Nagyban megnehezíti az építési-bontási hulladékok újrahasznosíthatóságát az, ha nagy mennyiségben fordul elő vasbeton ezekben a szerkezetekben. A kémiai kötések által összetartott építőelemek szétválasztása rendkívül nagy energiaigényű, esetekben kivitelezhetetlen folyamat. Hiába alkotják újrahasznosítható anyagok – vas és beton – ezek csupán külön-külön lennének újrahasznosíthatók, együtt nem. Mindez igaz a hagyományos tömítőanyagokra, ragasztókra, tömítésekre is. Ezekkel szennyezett újrahasznosítható alapanyag sem tud bekerülni a körkörös gazdaságba. Ezen példa jól mutatja, hogy a teherviselő falak anyagainak és gyártástechnológiájának megválasztásánál is figyelemmel kell lenni az EoL-i hasznosíthatóság mértékére is.

²⁴⁶ Roberto MINUNNO et al. (2018): Strategies for Applying the Circular Economy to Prefabricated Buildings. *Buildings* 8. évf. 9. sz.

Az épület egyes nagy értékű *berendezéseimél* célszerű figyelmet helyezni a könnyű beépíthetőség mellett az egyszerű szervizelésre és az EoL-i kibontásra is. Amennyiben egy épület tervezésénél csak a könnyű és gyors beépíthetőség van szem előtt tartva, – például a liftek esetében– akkor a későbbi karbantartás akár rombolással is járhat. Nem beszélve arról, hogy az épületek bontása során a bonyolult kiserelhetőség miatt nem valósul meg ezen eszközök körkörös gazdaságba történő visszavezetése. Célszerű már a tervezési fázisnál figyelembe venni az életciklus közbeni javítási, alkatrész cserélési munkálatok megvalósíthatóságát, valamint az egyszerű eltávolítást az épületszerkezetből. Mindezek hozzájárulnak ahhoz, hogy a lehető legnagyobb mértékben lehessen újrahasználni vagy újrahasznosítani ezen eszközöket. Ennek ösztönzésére a szerződéses háttér megteremtése biztosítja a legjobb gyakorlatot, mivel ha már a tervezési és kivitelezési szerződés ki van egészítve fenntartási és későbbi bontási feladatokkal, kötelezettségekkel, akkor a gyártó törekedni fog a fent leírt szempontok figyelembe vételére.

Amennyiben az épületek *tervezési* fázisában már figyelembe van véve a relatív hosszú, 40-50 éves, vagy ennél is hosszabb életciklusuk alatt történő felhasználási cél módosulása, az is számos előnyt hordoz magában. A felgyorsult gazdaság és infokommunikáció a gazdasági élet szereplőit eddig még nem látott alkalmazkodóképesség kialakítására és használatára készíti. Így gyakran fordul elő, hogy az említett fél évszázados életciklusa alatt az épület különböző célokat szolgál, eltérő felhasználási irányelvek mentén kerülnek átalakításra a belső terei. Jó példa erre a mozgatható, mobil falak alkalmazása ipari célú belső terekben, irodáknál. A COVID-19 járvány előtt nagyon kevesen engedhették meg maguknak, hogy távmunkából dolgozzanak, így az irodák nagy területet foglaltak el a vállalati épületekből. Az elmúlt két évben eltolódott a munka a home office irányába, így a felszabaduló irodákat alternatív célokra, főként raktározásra tudják alkalmazni a vállalatok. De a digitális megoldások lehetőséget nyújtanak akár a közösségi használat, pl. desk-sharing bevezetésére is, mellyel szintén jelentős irodaterület szabadítható fel. Vizsgáljuk meg egy divatcég esetét, aki mind üzletekkel, mind online rendelési felülettel rendelkezik. Ahogy a munka helyszíne, úgy a vásárlás is eltolódott otthonunk irányába. Drasztikusan megnövekedett az online vásárlások száma, így az ilyen cégek esetében a vásárlói igények kiszolgálásának érdekében, raktár kapacitás bővítésre van szükség. Amennyiben az épület tervezésénél már mobil falakat alkalmaztak nem teherviselő térelválasztó elemként, akkor ilyen, gyors reagálást igénylő helyzetekben alacsony hulladék keletkezésével tudják újraprendezni a belső tereket az új felhasználási céloknak megfelelően.

Az épületek tervezése során célszerű minél nagyobb mértékben arra törekedni, hogy a könnyen átrendezhető belső terek kerüljenek kialakításra, így a használati fázis alatti hulladékot jelentős mértékben lehet csökkenteni.

Az építési bontási hulladékok újrahasználatát vagy újrahasznosítását technológiai lehetőségek mellett a BIM ezen a területen történő alkalmazásával is lehetne növelni, valamint jobban nyomon követni. Amennyiben az előregyártott építőelemek mindegyikét ellátnák vonalkóddal vagy QR-kóddal, akkor hosszútávú azonosítási és nyomon követési rendszert lehetne ezáltal felépíteni (lásd például az anyagútleveletről korábban írtakat).

2.3.3. *Downcycling vs. recycling vs. upcycling az építési-bontási hulladékok esetében*

Annak érdekében, hogy az épületek *teljes életciklusát* vizsgáljuk és megértsük elengedhetetlen, hogy az életciklusuk végét is részletezzük. Habár a korábban említettek szerint az egyik legjelentősebb környezeti hatása a használati fázisnak van, szükségesszerű az EoL-i folyamatok vizsgálata is ahhoz, hogy az épületet, mint komplex rendszert tudjuk értékelni. Nem csupán a környezetünkbe kibocsátott

szén-dioxid mennyisége miatt jelentős a bontási, lerakási, újrahasznosítási folyamatok számszerűsítése, hanem a hulladékkezelés szempontjából is. Az építési bontási hulladékok különbözőképpen élhetnek tovább az évszázadok során. A történelem során számos alkalommal láthatunk olyan példát, amikor egy épület elvesztette funkcióját és építőelemeit az adott város más építkezéseinél használták fel. Ezt egyrészt a nyersanyaghiány, valamint a nehézkes kitermelés tette szükségessé, másrészt pedig jelentős költségmegtakarítás is volt, harmadrészt pedig a lehető legjobb gyakorlat a környezetvédelem érdekében. Ez esetben nem is újrahasznosításról, hanem újrahasználatról beszélhetünk. Változatlan funkciójukban kerültek az építőelemek (például kő falazat) felhasználásra. Így például, ha egy templom vagy városfal már használaton kívül kerül, vagy jelentősen megrongálódott és nem volt cél vagy lehetőség az újjáépítése, akkor a település lakóházainak falazatában gyakran tűntek fel a romos épület építőkövei. A környezetvédelem első és egyben legfontosabb lépése a szükségtelen (ki)termelés elkerülése. Az építőanyagokra vonatkoztatva a fenti történelmi példa jól mutatja, hogy egyes építőanyagok azonos funkciójukban tovább használhatók egy másik épület építőelemeként is. Bármiféle emberi tevékenységhez természeti hatásokat társíthatunk, lefordítva hétköznapi gyakorlatra, nem tudunk úgy (jelentősebb) tevékenységet végezni, hogy az ne legyen kihatással a természeti környezetünkre. A tevékenység súlyától függően kisebb vagy nagyobb mértékben hagyunk nyomot környezetünkön. Vannak olyan tevékenységek (például a fakitermelés), amely hosszú évek folyamán regenerálódni képes és újabb erdők ültetésével pótolni lehet az emberi beavatkozást. Ellenben vannak olyan beavatkozások is környezetünkben, amelyek irreverzibilis nyomokat hagynak maguk után. Ide tartozik a külszíni és mélységi bányászat, kőfejtés, kőolaj és földgáz kitermelés. Ezek mind olyan iparágak, amelyek „sebhelyet” hagynak Földünkön vagy szabad szemmel is látható módon vagy bolygónk felszíne alatt. Emiatt rendkívüli fontosságú, hogy ezeket a tevékenységeket a lehető legszükségesebb mértékben végezzük, és ahol tudunk újrahasznosítással, újrahasználatával kerüljük el az újbóli kitermelés, bányászat szükségességét. Az ésszerű EoL-i gondolkodással és cselekvéssel jelentős mennyiségű építési bontási hulladékot tudunk elkerülni, amely a hulladékgazdálkodás jelenleg sem egyszerű helyzetét nem nehezíti tovább. Amint fogy a Föld nyersanyag készlete, egyre ritkábban és nehezebben lehet kitermelni ezen alapanyagokat, amely ezáltal megnövekedett energiafelhasználáshoz vezet, így a kapcsolódó környezetterhelés további károkat okoz környezetünkben. A szakma egybehangzó véleménye szerint az Európai Unióban előállított energia 40%-át az építőipar használja fel, valamint a hulladéktermelés 40%-áért is ezen iparág a felelős. Ez abszolút értékben évi 180 millió tonna építési-bontási hulladékot jelent, amely kb. 480 kg fejenként az EU-ban, amelynek 75% lerakásra kerül.²⁴⁷

Az építési bontási hulladékok esetében az életciklusuk végén az alábbi lehetőségek állnak rendelkezésre:

- újrahasználat;
- újrahasznosítás;
- égetés;
- lerakás.

Amint az a fentiekben már említésre került, az *újrahasználat* a leginkább környezetkímélő mind a szén-dioxid kibocsátás, mind pedig a hulladékgazdálkodás szempontjából. Az újrahasznosítás nagyobb energiaigényű folyamat, amely során a hulladékképződés is számottevő lehet, de az alapanyagok újrahasznosítása jelentős többlet kitermelési és feldolgozási emissziót, hulladékot és

²⁴⁷ Luiz H MacCarini VEFAGO – Jaume AVELLANEDA (2013): Recycling Concepts and the Index of Recyclability for Building Materials. *Resources, Conservation and Recycling* 72. évf. 127–135.

környezetrombolást kerül el. Azon bontási hulladékok esetében, amelyeknél sem újrahasználati, sem újrahasznosítási megoldások nem alkalmazhatók, az égetés lehet egy energetikailag még hasznos folyamat. Amennyiben az adott hulladék alkalmas az égetés útján történő kezelésre, akkor a folyamat során felszabaduló energiát közvetlen hőenergiaként vagy elektromos áram előállítására is fel lehet használni. Az égetőmű szén-dioxid kibocsátását a szén-dioxid-leválasztás és -tárolás (a továbbiakban: Carbon Capture and Storage – CCS) technológiájával lehet csökkenteni. A lehető legrosszabb bármiféle hulladék esetében az EoL-i lerakás. Ez esetben nem csupán elmulasztjuk a lehetőségét az újbóli felhasználásnak vagy lehetséges energiatermelésnek, hanem hasznos földterületet is használunk a deponáláshoz, amely rendkívül nagy kihívások elé fogja állítani a következő generációkat.

Az újrahasznosítás esetében megkülönböztetünk további csoportokat is. Ahogyan arról már a korábbiakban is szó esett, a downcycling-ról az esetben beszélhetünk, amikor egy hulladéknak az újrahasznosítási folyamat során csökken a minősége, értéke és a várható élettartama. A recycling mint újrahasznosítási fogalom, olyan termékek esetében használható, amelyek bár keresztül mennek különböző feldolgozási fázisokon, de mind használati céljukat, mind értéküket, mind pedig minőségüket tekintve nem térnek el életciklusuk előző fázisában történt felhasználási céljától. Upcycling elnevezés pedig azon folyamatra utal, amikor a hulladék újrahasznosítása során egy magasabb minőségű, hosszabb élettartamú és értékesebb termék kerül létrehozásra, mint annak előző életszakaszában.²⁴⁸ Ezen gyakorlatok közül a legnagyobb hozzáadott értéket az upcycling folyamata, míg a legkisebbet a downcycling képviseli. Annak érdekében, hogy az építési hulladékgazdálkodás a lehető legnagyobb hatékonysággal tudjon működni, az újrahasználatra nem alkalmas anyagok újrahasznosítása során törekedni kell az upcycling megvalósítására. Egyes források előszeretettel használják a „repurposing” kifejezést, amely arra utal, hogy az upcycling során új felhasználási célt társítanak az adott termékhez. Annak érdekében, hogy az újrahasznosítás hatékony legyen, már az építési területen célszerű a hulladékok szétválogatása. Azok esetében, amelyek alkalmasak az újrahasználatra – akár az adott építési projekt során is megtörténhet ez – elkülönített tárolás szükséges, míg az újrahasznosítandó anyagokat az elszállításig az építési helyszínen szintén elkülönítve célszerű tárolni. Ez az egyszerűsített begyűjtés és szállítás mellett a költséghatékonyságot is növeli, amennyiben a szegregált gyűjtésre alkalmas az építési terület. Az upcycling folyamat számos kihívással néz szembe napjainkban. A fejlett országok inkább a könnyen hozzáférhető újonnan kitermelt nyersanyagot támogatják, amelyekből már jelenleg is hiány van a Föld egyes pontjain. Épületszerkezeti szempontból szükséges megvizsgálni, hogy az újrahasznosított anyagok milyen módon hasznosíthatók anélkül, hogy szerkezeti, állékonysági problémák adódnának.

Vannak jó gyakorlatok az iparágban, ahol kiemelten figyeltek az építési bontási hulladékok újrahasznosítására. Ezek közül kiemelkedő a 2012-es Nyári Olimpiai Játékok helyszínéként szolgáló londoni olimpiai park. Építése során az építési területen korábban elhelyezkedő bontásra szánt épületek bontási hulladékának 90%-a újra lett hasznosítva az új épületekben, továbbá az olimpiai helyszínek építőanyagainak 25%-a származott már újrahasznosított forrásokból.²⁴⁹ Az építés során a fenntarthatóság célját számos területen képviselték az építetők. Figyelembe vették az alvállalkozók kiválasztásakor, a szerződések megfogalmazásánál, a döntéshozatalnál, az adatgyűjtésnél és az építőanyagok tárolásánál is. Az építés közben keletkezett beton hulladék esetében helyszíni tárolást és

²⁴⁸ Luiz H MacCarini VEFAGO – Jaime AVELLANEDA (2013): Recycling Concepts and the Index of Recyclability for Building Materials. Resources, Conservation and Recycling 72. évf. 127–135.

²⁴⁹ Abioye A. OYENUGA – Rao BHAMIDIMARRI (2017): Upcycling Ideas for Sustainable Construction and Demolition Waste Management: Challenges, Opportunities and Boundaries. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 6. évf. 3. sz. 4066–4079.

újrahasznosítást valósítottak meg, felhasználva járdák burkolataként az olimpiai parkon belül, így elkerülve a nagy tömegű beton hulladék távolra történő szállításával járó környezetterhelést.

Az újrahasznosítás mellett továbbra is a legjelentősebb környezetmegóvási lépésnek a hulladék keletkezésének az elkerülése, amely sok esetben csak ésszerű tervezés és körültekintő kivitelezés kérdése. Azzal tudunk a legtöbb szén-dioxidot megtakarítani, ha nem használunk fel feleslegesen építőanyagokat, amelyek később hulladékként végzik. A fel nem használt anyagok mennyiségével egyenértékű anyagmennyiséget így nem kell legyártani, szállítani, raktározni, elszállítani, ártalmatlanítani, újrahasznosítani. A túltermelés és túlfogyasztás elkerülése a nulladik lépés Földünk védelme szempontjából.

2.3.4. Számszerűsítés lehetősége – miért jobb a körforgásosság?

A körkörös gazdaság koncepciója és gyakorlata lehetőséget biztosít arra, hogy az EoL-i égetés vagy deponálás helyett az építési bontási hulladékokat vissza tudjuk vezetni a gazdaságba. Sok alkalommal lehet hallani ennek szükségességéről, de általában a hulladék-elkerülés oldaláról. A teljes életciklus-elemzés módszertanára támaszkodva, inkább a szén-dioxid megtakarítási potenciált emelnénk ki a körforgásos gazdaság alkalmazásánál. Minden egyes építőanyag, gépészeti berendezés, kiegészítő legyártása egy jól körülhatárolható energiamennyiséget von maga után. Ezt az energiát nevezhetjük az adott termék „beépített energiájának”. Ez azt jelenti, hogy egységnyi mennyiségű termék legyártásához ekkora mennyiségű energiát használ fel az ipar. Az energiával arányosságban áll a beépített széntartalom és szén-dioxid is. Ezek a mérőszámok mutatják meg a környezetterhelési értékét az egyes anyagoknak. A hulladéktermelés elkerülése, illetve a gazdasági megtakarítások mellett itt fedezhető fel a körforgásosság harmadik nagy előnye. A gazdaságba visszaforgatott építési-bontási hulladékok beépített szén-dioxid tartalmát nem kell újra teljes mértékben létrehozni, hanem csupán az újrahasznosítási folyamat környezetterhelése adódik hozzá, amely jóval alacsonyabb, mint az új alapanyag előállításával járó karbonlábnyom. Ezáltal úgy gondolkozhatunk a bölcsőtől-bölcsőig szemlélettel, hogy a visszaforgatott hulladékok alkalmazásával megtakarítjuk ezt a gyártási beépített szén-dioxidot mindamelllett, hogy költséget és hulladékot kerülünk el vele. Az alábbi táblázat tartalmazza az egyes építőanyagok beépített energia, szén és szén-dioxid tartalmát.

Építőanyagok beépített energia, szén és szén-dioxid tartalma

Anyag	Beépített energia: MJ/kg	Beépített szén: kg C/kg	Beépített szén- dioxid: kg CO ₂ /kg
Falazóelem			
Kerámia falazóelem	3	0,06	0,2202
Mészkö	0,85	–	–
Cement			
Általános	4,6 ± 2	0,226	0,82942
Portland cement, nedves technológia	5,9	0,248	0,91016
Portland cement, fél-nedves technológia	4,6	0,226	0,82942
Portland cement, száraz technológia	3,3	0,196	0,71932
Portland cement, fél-száraz technológia	3,5	0,202	0,74134
Szálcement	10,9	0,575	2,11025
Habarcs (1:3 cement : homok keveréke)	1,4	0,058	0,21286
Habarcs (1:4 cement : homok keveréke)	1,21	0,048	0,17616
Habarcs (1:0,5:4,5 cement : mész : homok keveréke)	1,37	0,053	0,19451
Habarcs (1:1:6 cement : mész : homok keveréke)	1,18	0,044	0,16148
Habarcs (1:2:9 cement : mész : homok keveréke)	1,09	0,039	0,14313
Talaj stabilizáló cement (jet habarcs)	0,85	0,038	0,13946
Beton			
Általános (1:2:4 három szint alatti épületek építésénél)	0,95	0,035	0,12845
Előregyártott beton, cement : homok : adalékanyag	2	0,059	0,21653
1:1:2 (nagyzilárdságú)	1,39	0,057	0,20919
1:1,5:3 (födémlemezekben használják, oszlopok és teherhordó szerkezetek)	1,11	0,043	0,15781
1:2,5:5	0,84	0,03	0,1101
1:3:6 (nem teherhordó szerkezeti beton)	0,77	0,026	0,09542
1:4:8	0,69	0,022	0,08074
Pórusbeton (AAC)	3,5	0,076 - 0,102	0,27892 - 0,37434
Szálerősített beton	7,75	0,123	0,45141
Útépitési beton	1,24	0,035	0,12845
Fabeton	2,08	–	–
Üveg			
Általános üveg	15	0,232	0,85144
Üvegszál (üvegyapot)	28	0,417	1,53039
Hőkezelt üveg	23,5	0,346	1,26982

Anyag	Beépített energia: MJ/kg	Beépített szén: kg C/kg	Beépített szén- dioxid: kg CO ₂ /kg
Acél			
Általános (42,3% újrahasznosított tartalom)	24,4	0,482	1,76894
Általános, elsődleges nyersanyagból	35,3	0,749	2,74883
Általános, másodlagos nyersanyagból	9,5	0,117	0,42939
Rúdacél és betonacél (42,3% újrahasznosított tartalom)	24,6	0,466	1,71022
Rúdacél és betonacél, elsődleges nyersanyagból	36,4	0,73	2,6791
Rúdacél és betonacél, másodlagos nyersanyagból	8,8	0,114	0,41838
Gépacél, másodlagos nyersanyagból	13,1	0,185	0,67895
Horganyzott lemez, elsődleges nyersanyagból	39	0,768	2,81856
Cső, elsődleges nyersanyagból	34,4	0,736	2,70112
Acéllemez, elsődleges nyersanyagból	48,4	0,869	3,18923
Acélszelvény (42,3% újrahasznosított tartalom)	25,4	0,485	1,77995
Acélszelvény, elsődleges nyersanyagból	36,8	0,757	2,77819
Acélszelvény, másodlagos nyersanyagból	10	0,12	0,4404
Laposacél, elsődleges nyersanyagból	31,5	0,684	2,51028
Huzal	36	0,771	2,82957
Rozsdamentes acél	56,7	1,676	6,15092
Faanyagok			
Természetes faáru	8,5	0,125	0,45875
Rétegelt ragasztott tartó (RRT)	12	–	–
Kemény farostlemez	16	0,234	0,85878
MDF lap	11	0,161	0,59087
Forgácslap (OSB)	9,5	0,139	0,51013
Rétegelt lemez	15	0,221	0,81107
Keményfa fűrészáru	7,8	0,128	0,46976
Puhafa fűrészáru	7,4	0,123	0,45141
Bútorlap	23	0,338	1,24046

Forrás: Geoffrey P. HAMMOND – Craig JONES (2008): Embodied Energy and Carbon in Construction Materials.
250

Ezek alapján tisztán látható, hogy az egyes építőanyagok előállítása mekkora környezeti lábnyommal jár. Ennek segítségével már egy életciklus központú épülettervezési módszertan kerülhet kialakításra, amely arra törekszik, hogy az épület életciklusát tekintve a lehető legalacsonyabb legyen a környezetterhelés. Az újrahasznosítás korábban említett előnyeit támassza alá például az acélgyártás esetében az elsődleges és másodlagos nyersanyagból készült acél beépített szén-dioxid tartalma közötti különbség. Jóval alacsonyabb környezetterheléssel jár a nagyrészt újrahasznosított alapanyagokból álló, másodlagos nyersanyagból készült acél előállítása.

Az előző alfejezetekben bemutatott életciklus alapú módszertan alkalmazása az építési-bontási hulladékok esetében nagymértékben hozzájárulhat az építési iparág jelentős *környezetterhelésének csökkentéséhez*.

²⁵⁰ Geoffrey P. HAMMOND – Craig JONES (2008): Embodied Energy and Carbon in Construction Materials. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Energy* 161. évf. 2. sz. 87–98.

2.4. A hagyományos és újszerű bontási technológiák az építési-bontási hulladékok kezelésében²⁵¹

A bontási munkák szakszerű elvégzése magában foglalja a hatékony helyszíni hulladékszelektálást, mely környezeti hatásai mellett költségmegtakarítást is jelenthet.²⁵² Emellett a bontási feladatokat körültekintően, a környezet lehető legkisebb mértékű terhelésével kell végrehajtani. A bontás során a porszennyezést minimalizálni kell, illetve a folyamatokkal járó zajhatások terén is törekedni kell a legkisebb zajterhelésre.²⁵³

A hulladékok megfelelő szétválasztásáért mind az épület tulajdonosa, mind az építési vállalkozó felelősek. A szelektálás során a lehető legtrisztább anyaghalmozok létrehozása a cél. Ez történhet gépi, kézi vagy ezek együttese útján.

Ennek alapja a megfelelő válogatáson és anyagkezelésen múlik. Elsősorban a veszélyes és nem veszélyes anyagok elkülönítése a cél. Ez abból a szempontból is fontos, mivel a környezetre, illetve egészségre káros anyagok az újrahasznosítási folyamatokból egyébiránt is kiszűrendők.

A keletkezett hulladékokat, illetve potenciális alapanyagokat az alábbi frakciókra érdemes bontani a helyszíni feladatok során:

- fahulladék,
- fémhulladék,
- ásványi hulladék (beton, aszfalt),
- egyéb hasznosítható anyagok.

Építkezési hulladék:

- egyéb (például biogén hulladék, műanyag hulladék),
- veszélyes hulladék: (azbeszt, CFC-k a szigetelőanyagokban).

A hatékony hulladék-visszaforgatás segít a vállalatok költségmegtakarításában.²⁵⁴ Az elkülönítés történhet zsákokban, gyűjtőedényekben, leggyakrabban konténerekben, vagy közvetlenül teherautóra gyűjtve. Ez megkönnyíti a feldolgozók feladatait, hiszen így már egy előválogatott halmazból kell kiszűrni az esetleges bennmaradt, a hasznosítás során nem felhasználható elemeket, anyagokat. A megfelelő válogatás kulcseleme a válogatást végző személyzet képzettsége. Egyaránt fontos az egyes épületelemek bontási sorrendjének és technológiájának ismerete a kibontott anyagok hasznosítási technológiájának ismeretében. Mindemellett, mivel a szerelő jellegű feladatok élők munkáigényesek, ezáltal jelentős költséggel bírnak, ezért a gépi bontási és válogatási technológiák alkalmazása tudja gazdaságossá tenni ezeket a folyamatokat.

A továbbiakban bemutatjuk egy-egy épületszerkezet bontási technológiáját.²⁵⁵

²⁵¹ A 2.4. alfejezet Lekics Gábor építészmérnök, épületszerkezeti konstruktor, okleveles létesítménymérnök, épületenergetikai szakmérnök írása.

²⁵² <https://epitesimegoldasok.hu/epuletbontasok-robbantas-vagy-bontokalapacs.html> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

²⁵³ CHENG, Chun-Wen – SHEU, Gwo-Tarng – CHOU, Jing-Shiuan – WANG, Pei-Han – CHENG, Yu-Chun – LAI, Chane-Yu (2021): Fine particulate matter PM2.5 generated by building demolition increases the malignancy of breast cancer MDA-MB-231 cells. *Chemosphere*. vol. 265. 129028.

²⁵⁴ WANG, Haizi – PAN, Xinming – ZHANG, Shibin – ZHANG, Pengfei (2021): Simulation analysis of implementation effects of construction and demolition waste disposal policies. *Waste Management*. vol. 126. 684-693.

²⁵⁵ VAN DEN BERG, Marc – VOORDIJK, Hans – ADRIAANSE, Arjen (2020): Recovering building elements for reuse (or not) – Ethnographic insights into selective demolition practices. *Journal of Cleaner Production*. vol. 256. 120332

2.4.1. A radiátor és az épületgépészeti szerelvények eltávolítása

Az épületgépészet elemeinek eltávolítása kezdőpontja lehet egy épület bontásának. Az épületgépészet technológiai fejlődése folyamatos, ezért ritka esetben találkozunk bontás során olyan, még korszerűnek mondható berendezésekkel, melyek tovább használata indokolt lenne. Más a helyzet például egy csempéből rakott cserépkályha esetén, mely más otthonnak díszé lehet még. Az ilyen, esztétikai szempontból is megőrzendő épületgépészeti elemek elbontásakor szakembert kell felkérnünk, aki tisztában van a helyes bontási sorrenddel.

A szanálendő berendezések ennek megfelelően a legtöbb esetben anyagukban kerülnek hasznosításra. Az előregedett réz, fűtőcsövek, radiátorok, kazánok bontásával vas és egyéb fémhulladék szelektálható.

A bontási folyamat mindig az adott rendszer leürítésével kezdődik. Vizes vagy folyadékös rendszerek esetén azok leeresztését követően meg kell győződni, hogy nem maradt pangó maradék a rendszerben. Robbanásveszélyes közegek, például földgáz esetén fokozatosan figyelemmel kell lenni a rendszer minden elemének leeresztésére.

A víztelenítés után a termosztatikus- és radiátor szelepek, szivattyúk, csapok leszerelése történik. A radiátorok, fűtő és hűtőtestek eltávolítása során a függesztő- vagy rögzítő konzolok a csavarok meglazításával, vagy esetleg vágókorongos bontásával távolíthatók el.

A fém anyagú hulladék várható mennyiségének felmérésekor meg kell különböztetnünk lemez vagy öntöttvas berendezéseket. A 3,5 mm falvastagság felett térfogatra vetítve magasabb átvételi árral kalkulálhatunk, azonban ezek mozgatására esetenként gépi erő bevonására is szükség lehet.

A beépített szaniterok, mint például zuhanytálcák, WC csészék vagy mosdótálcák jellemzően csempével vagy járólappal körbeburkoltak. Ezeknél szükség lehet a burkolatok felvésésére. Esetenként a csatlakozó csatornacsövek, vízvezetékek gallérjait és tömítéseit el kell távolítani a szaniter biztonságos kiemeléséhez. Porcelán anyagú berendezések külön gyűjtésére is figyelmet kell fordítani, ugyanis tiszta hulladékként lehetőség van ezek újrahasznosítására.²⁵⁶

Jó állapotú zuhanytálcák, szaniterok újbóli felhasználására is van lehetőség, ekkor viszont a bontásnál fokozott figyelmet kell szentelni azok sértetlenségének megőrzésére. Érdemes már a helyszínen védőcsomagolással ellátni, így mozgatás során is minimalizálható az esetleges csorbulás, törések esélye.²⁵⁷

2.4.2. A műanyag és fém nyílászáró szerkezetek bontása

Az ablakokról általánosságban elmondható, hogy az elmúlt 50 évben hatalmas technológiai fejlődésen mentek keresztül. A kapcsolt gerébtokos fakeretes ablakok még a történeti pallótokos nyílászárók származtatott típusai voltak. Az egyesített szárnyú ablakok már komolyabb hőtechnikai igényeket elégítettek ki, majd a hőszigetelő üvegezések megjelenésével fokozatosan jutottunk el a napjainkban használatos gáztöltetű, felület bevonatos háromrétegű üvegezéssel ellátott nyílászáróig. Ez a viszonylag rövid idő alatt lezajlott fejlődés hozza magával azt a problémát, hogy külső ablakot és ajtót újrafelhasználásra kibontani csak akkor indokolt, ha az képes kielégíteni napjaink szigorú követelményeit, vagy olyan történeti értékkel bír, mely indokolja tovább használatát.

²⁵⁶ <https://www.totousa.com/about-toto/living-toto-library/sustainably-recycling-porcelain> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.).

²⁵⁷ DAXBERG, Hans – BRAUNEIS, Lisa – GASSNER, Andreas – LEMMEL, Hubert – NEUMAYER, Stefan – BUSCHMANN Heinz – HIPFACHER Hannes (2015): *Rahmenbedingungen für den Aufbau und Initiierung eines regionalen Wiederverwendungsnetzwerkes für Bauteile aus dem Bauwesen als Beitrag zur Ressourcen-schonung*. Bécs, Ressourcen Management Agentur (RMA), 22-55.

A másik lehetőség a szerkezet egyes elemeinek további hulladékhasznosítási eljárás során való felhasználása.

A műanyag keretes nyílászárók eltávolítása szerelési-bontási technológiával megoldható. Elsősorban épületen belülről elvégzendő művelet, de ily módon nem hozzáférhető nyílászárók esetében állványzat építésére is sor kerülhet. Első lépésben a rögzítőcsavarok eltávolítása a feladat, melyek a keretszerkezetet rögzítik az ablakbélletbe. Nagyméretű, várhatóan nagy tömegű ablakok esetén a nyílászárnyak előzetes eltávolításával könnyíthetjük a keret kibontását. A rögzítőcsavarok eltávolítása mellett az ablakbéllet csatlakozó falfületeinek vésés technológiával történő vakolat eltávolítására is sor kerülhet. Az így feltárt beépítési hézagból a szerelési tömítő habot el kell távolítani, ami jellemzően PUR vagy egyéb építési fújható hab, esetleg habarcsréteg. Ezután a keret kibuktatható a falnyílásból. A továbbhasználatra szánt ablak esetén azt óvni kell a kibontás során a mechanikai sérülésekből. A részeiben újrahasznosítandó szerkezetek esetén üveg, PVC és fém frakciókra kell elkülöníteni a kibontott szerkezeteket. Ezt részben a bontási helyszínen, részben a már erre szakosodott újrahasznosító üzemben kell megtenni.²⁵⁸

2.4.3. A fa szerkezetű nyílászárók bontása

A fa szerkezetű ablakok hasonló módon bonthatók az előzőekben tárgyaltokhoz, ugyanakkor egyes történeti szerkezetek esetén fűrészeléssel gyorsítható a bontási folyamat, amennyiben a nyílászárót nem eredeti rendeltetésének megfelelően kívánjuk hasznosítani.

Az ajtók esetében mindig a nyílászárnyak eltávolításával kell kezdeni, mert így a keretszerkezetek bontása is gyorsabb és biztonságosabb. Ezután a küszöb eltávolítása következik, végül a tokszerkezetet, annak elemeire szedésével távolítjuk el a falnyílásból.

A bontás során akkumulátoros csavarhúzó, véső és bontókalapács, feszítővasak, ékek alkalmazása javasolt, nagyméretű és nagy tömegű nyílászárók esetén az egyes szerkezeti elemek mozgatásához daru vagy csörlő használata is indokolt lehet.

A faszerkezetek jellemzően festéssel vagy páccal vannak ellátva, ezek eltávolítása indokolt lehet a hasznosítási eljárás ismeretében.

Ökológiai szempontok alapján minden nyílászáró szerkezet hasznosítása indokolt. Gazdasági és műszaki szempontok egyaránt befolyásolják, hogy azt eredeti funkciójával megegyező felhasználási területen, vagy egyes alkotó elemeinek hasznosítási technológiáiba vonjuk be.

A faanyagú termékek esetében azonban ki kell hangsúlyozni, hogy amennyiben a szerkezet rovar vagy gombafertőzött, úgy további felhasználása tilos, ebben az esetben gondoskodni kell a fertőzött szerkezet megsemmisítéséről.

A kinyert faanyag aprításával építőlemezek, tömbösített ragasztásával négyszög keresztmetszetű fatermékek készülhetnek vagy égetésével termikus hasznosítás érhető el.

Az üveg tiszta kinyerésével annak gyártásba való visszaforgatása vagy egyéb adalékanyag frakció állítható elő.²⁵⁹

²⁵⁸ DAXBERG, Hans – BRAUNEIS, Lisa – GASSNER, Andreas – LEMMEL, Hubert – NEUMAYER, Stefan – BUSCHMANN Heinz – HIPPOCHER Hannes (2015): *Rahmenbedingungen für den Aufbau und Initiierung eines regionalen Wiederverwendungsnetzwerkes für Bauteile aus dem Bauwesen als Beitrag zur Ressourcen-schonung*. Bécs, Ressourcen Management Agentur (RMA), 13-21.

²⁵⁹ DAXBERG, Hans – BRAUNEIS, Lisa – GASSNER, Andreas – LEMMEL, Hubert – NEUMAYER, Stefan – BUSCHMANN Heinz – HIPPOCHER Hannes (2015): *Rahmenbedingungen für den Aufbau und Initiierung eines regionalen Wiederverwendungsnetzwerkes für Bauteile aus dem Bauwesen als Beitrag zur Ressourcen-schonung*. Bécs, Ressourcen Management Agentur (RMA), 22-29.

2.4.4. A burkolatok

Padló-, fal- és födémburkolatok kül- és beltérben egyaránt használatosak. Anyaguk tekintetében faalapú, kerámia alapú, beton és műanyag termékekről egyaránt beszélhetünk. Hasznosíthatóságuk elsősorban anyaguktól és építési technológiájuktól függ. Ritka esetben nyílik lehetőség újbóli felhasználásukra, de ilyen lehet például a homlokzatburkoló kőlapok területe. Ezeket jellemzően függesztő vagy akasztó szerkezetek rögzítik, így szerelési munkával eltávolíthatók. A burkolási laptermékek jellemzően habarcságyba ragasztottak. Ezeket szükség esetén véséses technológiával lehet eltávolítani.

A faburkolat eltávolítása során ügyelni kell a rögzítőelemek (csavarok, szegek) eltávolítására, mert az aprítási, darálási technológiában nem kívánatos anyagnak minősülnék. Parketták és hajópadlók az építés sorrendjével ellentétesen bonthatók, jó állapot esetén újra beépíthetők.²⁶⁰

2.4.5. A tetőfedés bontások

Megkülönböztetünk magas- és lapostetőket. Ezek anyaghasználatban és szerkezeti felépítésben jelentősen eltérnek egymástól, ezért külön tárgyaljuk ezeket.

Magastetők esetén ismerünk pikkelyes fedéseket, melyek lehetnek kerámia- vagy beton cserepek, fazsindelyek, mű- vagy természetes pala, kiselemes bitumenzsindely vagy kiselemes fémlemez fedés. Ezek jellemzően egyszerű visszasedéssel eltávolíthatók, illetve megfelelő műszaki állapot esetén könnyen újra felhasználhatók. Tervezett újrahasználat esetén gondoskodni kell a bontott elemek épségéről, mind visszasedés, mind pedig a tárolás és szállítás során. A rakatokat úgy állítják össze, hogy azok védve legyenek az időjárási és mechanikai hatásoktól, valamint megfelelően mozgathatók legyenek.

Nagytablás vagy rétegezett tetőfedések jellemzően a fémlemez, korcolt, vagy cserepeslemez fedések, valamint a bitumenes lemezfedések. Ezeket építési technológiájuk miatt kevésbé lehet újra felhasználni, így anyaguk szerint külön gyűjtve deponálják. Ugyanez igaz a már fel nem használható kiselemes tetőfedő elemekre.

Fontos egy terméktípusra külön felhívni a figyelmet, ugyanis azbesztásványt tartalmazó kiselemes (síkpala) vagy nagytablás (hullámpala) fedéssel gyakran találkozunk 1992 előtt épült épületek esetén. Ezek bontása és hulladékkezelése során fokozott figyelemmel kell lenni a környezeti hatások minimalizálására. Az azbesztpala törése során felszabaduló por tüdőkárosító azbeszt kristályokat tartalmaz, ezért az ilyen típusú tetőfedések csak mentesítési munkatervek, előzetes hatósági engedély birtokában, megfelelő szakkivitelező cég által hajtható végre. A bontás után a hulladékkezelő üzembe való eljuttatás is rendszerint a szakkivitelező feladata.²⁶¹

Lapostető fedések terén jellemzően lemez vagy fólia kialakítású vízszigetelő, tablás hőszigetelő és kavics, betonelemes, talaj vagy egyéb leterhelő rétegekkel találkozunk. Ezek újbóli felhasználása szerkezeti kialakításuk miatt nem lehetséges, de szelektált visszabontásuk esetén anyagukban újrahasznosíthatók. Ehhez rétegenként távolítják el az egyes szerkezeteket, lecsupaszítva a tetőlemezt a teherhordó födémig.

²⁶⁰ DAXBERG, Hans – BRAUNEIS, Lisa – GASSNER, Andreas – LEMMEL, Hubert – NEUMAYER, Stefan – BUSCHMANN Heinz – HIPPOCHER Hannes (2015): *Rahmenbedingungen für den Aufbau und Initiierung eines regionalen Wiederverwendungsnetzwerkes für Bauteile aus dem Bauwesen als Beitrag zur Ressourcen-schonung*. Bécs, Ressourcen Management Agentur (RMA), 73-80.

²⁶¹ Útmutató az azbeszt bontási terv összeállításához. pdf

https://www.nincsbalet.hu/dokumentumok/download/29_385103c4f104d08874cae0016e8d3e82 (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

Általánosan igaz a tetőszerkezetekre, hogy a szerelvények (szellőzők, hófogó rácsok, villámhárítók, leesés elleni védelmet biztosító szerkezetek, korlátok, egyebek) bontása megelőzi a szerkezeti rétegek eltávolítását. A tetőn való munkavégzés fokozottan balesetveszélyes, ezért csak megfelelő munkavédelmi biztosítás mellett végzik ezeket a feladatokat.²⁶²

2.4.6. A faszerkezeti elemek bontása

Teherhordó és nem teherhordó szerkezeteket széleskörűen építünk különböző fafajok felhasználásával. A magastetők jellemzően ácsolt vagy mérnöki faszerkezetek, melyek négyszög keresztmetszetű szerkezeti fa felhasználásával készülnek. Az épületek födém szerkezete kapcsán is gyakran találkozunk fagerenda vagy gerendás födémekkel. A jó minőségű, száraz és károsítóktól mentes faanyag újból felhasználható, ezeket külön rakatolják. A kisebb elemek vagy törött, de jó állapotú anyagok aprítékként, vagy termikus hasznosításra előkészítve vonhatók be az újrahasznosítás láncolatába. Ezen szerkezeteket jellemzően gépi erővel bontják, mely idő és élőmunka takarékos megoldást jelent. A bontás során az építési sorrenddel ellentétesen kell haladni, tehát először a cseréplécek, ellenlécek, ferde merevítők eltávolítására kerül sor, majd a keretállások következnek. A tetőszerkezet lebontása után kezdenek hozzá a födém gerendáinak bontásához, melyet gyakran oldalirányban, tengelyükre merőlegesen, kanalas kortóval húznak le a falakról.

A faanyagú termékek esetében azonban ki kell hangsúlyozni, hogy amennyiben a szerkezet rovar vagy gombafertőzött, úgy további felhasználása tilos, ebben az esetben gondoskodni kell a fertőzött szerkezeti elemek megsemmisítéséről.²⁶³

2.4.7. A hőszigetelő termékek bontása

A hőszigetelő termékek manapság az épületek határolófelületein körbemenően megtalálhatók. Az energetikai követelmények szigorodásával ezek vastagsága és anyagválasztéka is fokozatosan nőtt. 1990 előtt épült házak esetében még csak elvétve, és kis rétegvastagságban találkozhatunk velük, ugyanakkor a 2000-es évek elejétől folyamatosan szélesedett ezek alkalmazási területe. A tekercses ásványgyapot hőszigetelések jellemzően egyéb tartószerkezeti elemek közé lettek fektetve, így ezek kivétele egyszerűbb feladatot jelent. A polisztirol termékek gyakran egyéb anyagokkal kerültek összeépítésre. A homlokzatokra jellemzően bevonatréteggel ellátott, többretegű, ragasztott táblás homlokzati hőszigetelő rendszer került, melyet ragasztással és mechanikai rögzítéssel egyaránt az alapfelülethez kapcsolnak. Ezek bontása során elsőként az üvegszövethálóval erősített külső vékonyvakolat lehántolása zajlik. Ennek egyszerűsítéséhez feszültségmentesítő hosszanti vágásokat képeznek függőleges sávokban.

A polisztirol vagy kőzetgyapot táblák műanyag vagy fém beütőszeges dübelekkel vannak rögzítve, így ezek eltávolításakor a dübeleket is bontanunk kell. Legegyszerűbb módja kanalaskotró alkalmazása. A homlokzati falra felhordott ragasztóréteg a falszerkezettel együtt kerül bontásra és kezelésre. Így a kivitelezési irányt megfordítva távolíthatjuk el ezeket a szerkezeti rétegeket.²⁶⁴ Termikus hasznosítás

²⁶² DAXBERG, Hans – BRAUNEIS, Lisa – GASSNER, Andreas – LEMMEL, Hubert – NEUMAYER, Stefan – BUSCHMANN Heinz – HIPPOCHER Hannes (2015): *Rahmenbedingungen für den Aufbau und Initiierung eines regionalen Wiederverwendungsnetzwerkes für Bauteile aus dem Bauwesen als Beitrag zur Ressourcenschonung*. Bécs, Ressourcen Management Agentur (RMA), 56-63.

²⁶³ DAXBERG, Hans – BRAUNEIS, Lisa – GASSNER, Andreas – LEMMEL, Hubert – NEUMAYER, Stefan – BUSCHMANN Heinz – HIPPOCHER Hannes (2015): *Rahmenbedingungen für den Aufbau und Initiierung eines regionalen Wiederverwendungsnetzwerkes für Bauteile aus dem Bauwesen als Beitrag zur Ressourcenschonung*. Bécs, Ressourcen Management Agentur (RMA), 64-72.

²⁶⁴ Magyar Építőkémia és Vakolat Szövetség (MÉSZ) (2014): *Kivitelezési irányelv bevonatréteggel ellátott, többretegű, ragasztott táblás homlokzati hőszigetelő rendszerek (ETICS-HR) kivitelezése*.

során égetéssel hőenergia nyerhető, de egyes alkotóelemekre való szelektálás után kémiai, vagy fizikai hasznosítási folyamatokba forgathatók a bontási anyagok.

2.4.8. Tartószerkezetek

Az épületbontások során ismerünk nedves technológiával készített szerkezeteket, ilyenek a vályogfal, a tömör-, lyukacsos vagy vázkerámia falazóelemekből készült falak, a monolit vasbeton falak, a födémek stb., valamint szerelt építéstechnológiával készült szerkezeteket, úgy, mint acél- vagy favázás építőlemez szerkezetek, modulokból felépült falak. A kiselemes, tömör vagy kevéslyukú falazóelemek megfelelő szilárdsággal rendelkeznek ahhoz, hogy bontásuk során minimális károsodással szétszedhetőek legyenek. Ebből fakadóan a bontott téгла felhasználása jellemzően ezek termékek esetén lehetséges gazdaságosan.²⁶⁵

A vázkerámia falazóelemből készült szerkezetek vékony falvastagságuknak köszönhetően könnyen törnek, így az ilyen szerkezetek bontása során újrahasznosítható kőanyag halmazként vesszük figyelembe az elemeket.

A monolit beton vagy vasbeton szerkezetek szintén kőanyag-halmazként hasznosíthatóak újra. Alaptestek, falak, gerendák, pillérek, födémek tekintetében széleskörűen alkalmazott anyagról beszélhetünk. Bontásuk során a vasbetonszerkezetekből származó betonacél betétek külön gyűjtendőek, anyagukban jól újrahasznosíthatók.

Előregyártott vasbeton szerkezetek esetén, azok megfelelő állapota esetén elképzelhető újbóli felhasználás, viszont gyakran félmonolit vagy monolit szerkezetekkel építik egybe ezeket, melyek károsodás nélküli szétbontására kevés lehetőség van.

A vályogtéгла, csömöszölt vagy döngölt falak újrahasznosítása anyagában történhet, de ennek napjainkban történő felhasználása szűk körű.²⁶⁶

2.4.9. A bontási technológiák

A hagyományos kézi erővel végzett bontás napjainkban már gazdaságtalan megoldásnak számít. Az előmunka költsége és a munkavédelmi kockázatok miatt megtérülőbb az egyes gépi módokon történő épületbontások alkalmazása, így az élőmunka csupán a szerelésigényes műveletekhez szükséges.

A korszerű bontási technológiák alapvető eleme a gépi döntés és húzás. Ennek során az épületszerkezeteket (pillérek, födémek, falak, gerendák) húzó- vagy tologógépek segítségével döntik le. A döntési pozíciót úgy határozzák meg, hogy a döntési irányba eső munkaterületen lehetőség nyíljon a ledöntött szerkezet aprítására, osztályozására és kihordására. Vegyes szerkezet esetén meghatároznak döntési sorrendet is, valamint ezen esetben is az építési folyamattal ellentétes irányban haladnak. Egyes nagyméretű, vagy akár előregyártott szerkezet esetében kiegészítheti ezt daruzás is, ekkor célszerű közvetlenül szállítójárműre helyezni a leemelt épületelemet, így kisebb felvonulási tér biztosítása szükséges a helyszínen.

Gyárkémények, nagyméretű pillérvázak szerkezetek esetén gyorsítja a bontás folyamatát, ha irányított robbantás segítségével döntik a szerkezeteket. Ennél a folyamatnál robbantási tervet készítenek, ami a biztonság mindenekelőtti figyelembevételével határozza meg a robbantás elvégzésének lépéseit. Elsőként az épületből eltávolítanak minden olyan szerkezetet, mely további hasznosításra kerül, vagy biztonsági és baleseti kockázatot jelent. Ilyenek például az üvegezett szerkezetek, melyekből a

²⁶⁵ THORMARK, Catarina (2000): Újrafelhasznált építőanyagokból készült épület környezeti szempontú elemzése, Technológiai Intézet Lund, Építéstudományi Osztály, Svédország.

²⁶⁶ DAXBERG, Hans – BRAUNEIS, Lisa – GASSNER, Andreas – LEMMEL, Hubert – NEUMAYER, Stefan – BUSCHMANN Heinz – HIPPACHER Hannes (2015): *Rahmenbedingungen für den Aufbau und Initiierung eines regionalen Wiederverwendungsnetzwerkes für Bauteile aus dem Bauwesen als Beitrag zur Ressourcen-schonung*. Bécs, Ressourcen Management Agentur (RMA), 30-38.

robbantás hatására szerte szálló szilánkok könnyen sérüléshez vezetnek. A robbantás irányát a környező házak, létesítmények határozzák meg. Amennyiben kevés hely áll rendelkezésre, úgy az épület magába roskadó irányban kerül összedöntésre. Ekkor viszont a törmelékkupac elhordása során kell fokozottan figyelni a törmelékkúp omlására, megfolyására. Kedvezőbb helyzet, ha elegendő üres terület áll rendelkezésre az épület mellett, ahova biztonságosan eldönthető az építmény. Például kémények bontásakor előszeretettel alkalmazzák az oldalra döntést.²⁶⁷

Régen gyakran alkalmazták az úgynevezett rombológolyós bontást, ám ez hosszabb ideig tartó, és jelentősebb porterhelést eredményező folyamatot jelent, így mára kikerült a használatos technológiák közül.

További speciális bontási technológiák is ismertek, azonban ezek alkalmazása csak különleges követelményeket támasztó esetekben gazdaságos, azaz amikor a hagyományos módszerekkel nem, vagy csak korlátozottan lenne elbontható az építmény. Ilyenek lehet az égetéses bontás, ahol tüzeléssel pusztítják el az éghető szerkezeteket. További példája a vízsugárral vagy porlándzsával történő bontás, ahol nagy nyomással kiáramló sugarak mozdítják el helyükről az épületelemeket. Nagyon ritkán alkalmazott technológia a jéggel való repesztés, illetve a helikopteres bontás.

A bontási folyamatból kikerülő újrahasznosítható anyagok akkor lehetnek gazdaságosan kitermelhetők, ha a bontás jól tervezett, és a bontott elemek a bontási helyszínen a lehető legkevesebb időt töltik. Egyrészt minimalizálható a bontási terület nagysága, továbbá a helyszíni munka költségei is alacsonyabbak. Célszerű a bontás során leemelt vagy kitermelt anyagokat rögtön szállítóautókra helyezni, illetve nagyobb frakciójú törmelékek aprítását helyben felállított lánctalpas törőgépekkel elvégezni.²⁶⁸

A bontási feladatok hatékonyságának növelésében nagy lehetőséget jelent a BIM eszközök alkalmazása. Az épület, előzetes 3 dimenziós felmérés során összeállított épületmodell BIM-ben történő feldolgozásával hatékonyan tervezhető az épület optimális bontási módja, valamint az egyes anyagok megfelelő hasznosítása.²⁶⁹ Emellett a BIM eszközök alkalmazásával a várható környezetterhelés is pontosabban számolhatóvá válik.²⁷⁰

2.5. Problémafelvetés, összegzés²⁷¹

A körforgásos gazdaság támogatói arra mutatnak rá, hogy a fenntartható világ nem jelenti a fogyasztók életminőségének csökkenését, hanem az a gyártók bevételkiesése vagy többletköltsége nélkül elérhető. Az érvelés alapja az, hogy a körforgásos üzleti modellek ugyanolyan nyereségesek lehetnek, mint a lineáris modellek. A gazdaságilag és környezetileg fenntartható modellek elérése érdekében a körforgásos gazdaság olyan területekre összpontosít, mint az átgondolt tervezés, a rendszerszemlélet, a termékek élettartamának meghosszabbítása és az újrahasznosítás.

Elmondható, hogy az anyaghasznosítás magas szintjeinek elérése lényeges feladatokkal látja el mind a közzsféra, mind a versenyszféra szereplőit egyaránt. Fontos, hogy az Európai Unió által meghatározott főbb irányvonalak mentén kedvező feltételeket alakítsunk ki a hazai közigazgatás segítségével az

²⁶⁷ <https://www.boon.hu/magyarorszag/2018/03/video-robbantassal-bontottak-le-a-volt-olajgyar-kemenyet-gyorben> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

²⁶⁸ MUELLER OTHMÁR, Dr. (1985): *Korszerű épületbontás*, Műszaki könyvkiadó, Budapest. 110-131.

²⁶⁹ HU, Xingyi – ZHOU, Yin – VANHULLENBUSCH, Simon – MESTDAGH, Robbe – CUI, Zhongyu – LI, Jiabin (2022): Smart building demolition and waste management frame with image-to-BIM. *Journal of Building Engineering*.

²⁷⁰ SU, Shu – LI, Shimeng – JU, Jingyi – WANG, Qian – XU, Zhao (2021): A building information modeling-based tool for estimating building demolition waste and evaluating its environmental impacts. *Waste Management*. vol. 134. 159-169.

²⁷¹ A 2.5. alfejezet Buruzs Adrienn egyetemi docens írása.

építési-bontási hulladékok újrahasznosítása tekintetében. A körforgásos gazdaság által kitűzött cél megvalósításában fontos szerepe van a közigazgatásnak és a gazdasági szereplőknek egyaránt. Lényeges lenne, hogy javuljon a termelők, a feldolgozók, és a felhasználók közötti információáramlás, legyen a nem építésiengedély-köteles építési-bontási tevékenységek tekintetében egyértelműen meghatározott és lefektetett eljárási szabályozás. Fontos lenne továbbá, hogy legyen elválasztva egymástól a lakosságnál kis mennyiségben, valamint a nagy beruházások esetében nagy mennyiségben képződő építési-bontási hulladékok szabályozása, és legyen egyértelmű előírás az egyes hulladékoknak a szétválasztására, valamint a szelektív bontásra és az elkülönített gyűjtésre vonatkozóan. A szelektív bontás és a későbbi újrahasználat ugyanis nagymértékben csökkentené ennek a hulladékáramnak a mennyiségét. Az építési-bontási hulladékok kezelésére kiadott engedélyek tekintetében legyen elsődleges cél ezeknek a hulladékoknak a tényleges újrahasznosítása és a gazdasági keringésbe történő visszajuttatása a lerakással történő ártalmatlanítással és a depóniatesten történő technológiai célú hasznosítással szemben. Kulcsfontosságú, hogy a technológiai célú hasznosítás során az engedélyezett mennyiségek reálisak legyenek, és az engedélyben előírt új feltételeket minden esetben ellenőrizték rendszeresen a területileg illetékes hatóságok. Az engedélyesek munkájának segítése érdekében legyenek az építési-bontási hulladékok feldolgozására és a feldolgozásból előállított termékekre vonatkozó részletszabályok egzaktak, valamint a feltételrendszerek álljanak rendelkezésre. Szükség lenne továbbá a hulladékstátusz megszűnésére vonatkozó kritériumok és az ahhoz tartozó tanúsítási rendszerek kidolgozására is. Az új együttes rendelettel összefüggésben pedig a szakmai körök (hulladékgyűjtők, lerakók, kezelők) részére fontos lenne módszertani, tájékoztató kiadványokat készíteni, valamint növelni kell az olyan szakmai konferenciák számát, amelyek minden érintett személy számára megfelelő tájékoztatást nyújtanak az új kormányrendelet alkalmazása tekintetében.²⁷²

A körforgásos gazdasággal kapcsolatos döntéshozatal történhet *operatív* (a termelési folyamat egyes részeihez kapcsolódó) vagy *taktikai* (teljes folyamatokhoz kapcsolódó és stratégiai teljes szervezethez kapcsolódó) szinten. Mind az építőipari vállalatokra, mind az olyan építési projektekre vonatkozhat, ahol az építőipari vállalat az egyik érdekelt fél.

Az ágazatban jelentős erőforrás-hatékonysági teljesítőképesség jelezhető előre, újra kell gondolni az építőipari értékláncot és folyamatokat. Az építési termékek gyártásának fejlődése, a fenntartható beépítési eljárások, a környezetet lényegesen kevésbé terhelő korszerű technológiák, alpanyagok új lehetőségeket teremtenek az iparág számára.

Az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről szóló 305/2011/EU rendeletbe, valamint a nem harmonizált területet szabályozó az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól szóló 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendeletbe az építményekre vonatkozó követelmények új elemeként bekerült a természeti erőforrások fenntartható használata. Mind a szabályozás, mind a gyártók gazdasági érdeke abba az irányba hat, hogy a körforgásos gazdaság eszközeit a vállalati felelősségvállalás részeként kezeljék, beruházásaikat és fejlesztéseiket e szempontoknak vessék alá.

Az európai ipari szektornak (beleértve az építőipart is) szén-mentesnek, körforgásosnak kell lennie, miközben versenyképesnek is kell maradnia, ez azonban nem könnyű feladat a globális világban.²⁷³

²⁷² LÁSZLÓ Erika (2019): Az építési-bontási hulladékok kezelése és szabályozásának aktuális kérdései a védelmi szférában. *Hadtudományi Szemle*, 12. évf. 2. sz. 111-128.

²⁷³ CeMBeton az építés alapja (2020): *Az építőanyag-ipar szerepe a körforgásos gazdaságban. Lehetetlen küldetés vagy reális jövő?* https://www.cembeton.hu/userfiles/Korforgasos_gazdasag_web.pdf (A letöltés dátuma: 2022.02.28.)

A *körforgásos gazdaság perspektívái* ígéretesek és vonzóak. A körforgásos gazdaság elméleti és gyakorlati kereteivel kapcsolatos ismeretek általános bővítése, valamint a jelenlegi építőipari projektek monitorozása alapvető fontosságú a koncepció fejlődése, előrehaladása szempontjából Európában és világszerte. A legfontosabb tényező, amely jelentős fejlesztésre szorul, az építőipari tervezők, kivitelezők és a felhasználók tudatossága.

A körforgásos gazdaság koncepciójának alkalmazása még gyerekcipőben jár az építőiparban, jelenleg nagyrészt az építési hulladék minimalizálására és újrahasznosítására korlátozódik. Ezen a területen még csekély a kutatási eredmény, sok a felderítésre váró terület, amely azt célozná, hogy az újfajta üzleti modellek hogyan segíthetnék az építőanyagokban rejlő érték megőrzését.

A szakirodalomban továbbá hiányoznak az építési-bontási hulladék tervezése során a keletkező mennyiség csökkentésére szolgáló döntéshozatali eszközök. A publikációkban találunk utalásokat arra vonatkozóan, hogy nincsenek olyan, a BIM-hez kapcsolódó eszközök, amelyek támogatnák a hulladékminimalizálás tervezését az épületek tervezési szakaszában. Ez tehát következtetni enged arra, hogy átfogó vizsgálatra van szükség a BIM-ben rejlő lehetőségek feltárására az építési-bontási hulladék csökkentésének elősegítésére.

A tervezőknek a tervezési szakaszban át kell gondolniuk a jövőbeni cselekvési irányokat, és döntéseket kell hozniuk arra vonatkozóan, hogy melyik projektváltozat fenntartható és alkalmas a körforgásos gazdaság megvalósítására.²⁷⁴

A körforgásos gazdaság modellje innovatív megoldást kínál a fenntarthatósági törekvések megvalósításához az építőipari szektorban is. Ennek a koncepciónak az alkalmazásával az ágazat képes lesz kevesebb erőforrás felhasználásával csökkenteni a káros környezeti hatásokat, és kevésbé támaszkodni a természeti erőforrások érzékeny és sérülékeny kínálatára. A körforgásos gazdaság elveinek implementálásával növelhető a reziliencia képessége, továbbá rugalmasságot és többletkapacitást teremthet különböző léptékekben: egyedi épületek, közösségek, városok vagy akár egész gazdaságok szintjén.

Ennek a lehetőségnek a kiaknázásához olyan rendszerszintű megközelítésre van szükség, amely az épületek, a városrészek, a városok, a régiók és a teljes nemzetgazdaságok számára adaptálható.

Azonban hiányzik egy olyan konkrét épített környezeti keretrendszer, amely összekapcsolja a meglévő és a jövőben kialakítandó tervezési elveket és megközelítéseket. Egy *együttműködésen alapuló, mindenre kiterjedő keretrendszert kell létrehozni*, amelyet nem az egyes összetevők működése, hanem a teljes értéklánc körforgásos funkcionalitása határoz meg.

A körforgásos gazdaságban rejlő lehetőségek kiaknázásához tehát újfajta megközelítésre van szükség az értéklánc minden szintjén. Ide értendő a finanszírozás, a beszerzés, a tervezés, az építés, a kivitelezés, az üzemeltetés, a karbantartás, az újrahasználat és az újrahasznosítás. *Paradigmaváltásra van szükség* a rendszerszintű gondolkodásban, a tervezésben, a technológiákban és a gazdasági megközelítésekben. Az összekapcsolhatóság és a digitalizálás elősegíti az innovációt, amely a hatékonyság maximalizálása, a rugalmasság ösztönzése és a hulladék csökkentése révén a körforgásosság felé való elmozdulást segíti elő.

Az építés egy épület vagy infrastruktúra felépítésének folyamata. Ez abban különbözik a gyártástól, hogy a gyártás jellemzően hasonló cikkek tömeggyártását jelenti, kijelölt vásárló nélkül, míg az építkezés jellemzően a helyszínen történik ismert megrendelő számára.

²⁷⁴ REZA et al (2019): Circular economy in construction sector. Conference: CEPPIS, At: Bydgoszcz, Poland, Project: Construction Management.

Az építési projekt általában tervezéssel és a finanszírozás megalapozásával kezdődik, és addig tart, amíg egy épület vagy építmény meg nem épül és használatra kész nem lesz. Valójában azonban a projekt még sok éven át „él” és akkor ér véget, amikor a szerkezetet lebontják vagy jelentős mértékben újjá-, átépítik. Az alábbiakban az újrafelhasználás korlátai, valamint a körforgásos gazdaság megvalósításának lehetőségeit mutatjuk be, amelyek elősegíthetik az építőipari ágazat fejlődését.

Az újrafelhasználás korlátai:

a) Gazdasági akadályok

Költségek – Az újrahazsnálat összköltsége gyakran magasabb, mint a hagyományosan új vagy újrahazsnosított anyagokból történő építés. A *termék piaci bevezetése* költséges tanúsítást igényelhet, beleértve az anyagvizsgálatokat is. A tervezési költségeket növelik a régi elemekből történő építés során végzett további módosítások és az új épületek bontási tervezése. Ez a rövid távú előzetes költségekre vonatkozik, nem pedig a társadalmi, gazdasági vagy környezeti külső költségekre, amelyek hosszú távúak lehetnek.

Piac – Az újrahazsnálható termékek, elemek piaca kicsi. Az ilyen jellegű termékek, építőelemek számára rendelkezésre álló *hasznosító létesítmények hiánya*, valamint a tervezett és folyamatban lévő bontásokból származó rendelkezésre álló komponensekre vonatkozó információk hiánya megakadályozza a nagyobb léptékű újrafelhasználást.

Koordináció – A megrendelők megfontolhatják a régi elemek beépítését az új épületekben, de a bontott épületből az építőelemek összegyűjtésének összehangolása költségesebb, mint a hagyományos építőanyag-források használata. Sőt, nehéz megtalálni a bontásra szakosodott megfelelő cégeket, a használt elemekből tervező tervezőket és a használt elemekből építkező építőipari cégeket.

Átirányítás más kezelési területre – Gyakran olcsóbb az anyagok lerakással történő ártalmatlanítása vagy újrafeldolgozása. Az alacsony lerakási díjak rendszere akadályt jelent a hulladékhasznosító művekbe investálásnak.

Biztosítás – Az újrahazsnosított anyagok felhasználásával épített épületek biztosítási díja magasabb lehet, még akkor is, ha az épület biztonságát általában ugyanazok a tervezési szabályok szerint garantálják, mint az új épületeknél.

b) Társadalmi akadályok

Jogszabályok – A jogi szabályozási terület új (a gyakorlatban nem tesztelt) vagy hiányos. Egyes jogszabályok az építőelemek dokumentálására és tanúsítására vonatkozó nagyon magas követelmények miatt visszatartják az újrahazsnálatot. Használt elemek alkalmazása esetén nehézkes lehet a helyi hatóságok építési engedélyének megszerzése. Az EU politikáiban nincs egyértelmű cél az építőelemek és -anyagok újrafelhasználásának megvalósítására.

Szabványok – Nincsenek vagy hiányosak a megfelelő, a tervezésre, a szétszerelésre, -bontásra vagy a termék tanúsításra vonatkozó szabványok. A tervezési szabványok nem ismerik el a különbséget az új és az újrafelhasznált vagy hasznosított termékek között. Nincs elég szabály a szétszerelés, illetve szétbontás tervezéshez. Az újrahazsnosított építőanyagok tanúsítása nehézkes.

Tudatosság – Az újrahazsnálat koncepciója nem elterjedt, és jelenleg nehézkes elfogadni a szektor számára. Az újrafelhasználás módjait disszeminálni kell a szakmai körökben. A nyilvánosan elérhető információk (internet, folyóiratok) mennyisége sem elégséges. Az építőipar alapvetően konzervatív, az új koncepciók átültetése a gyakorlatba időigényes folyamat.

Érzékelés – Az emberek általában negatívan vélekednek a használt anyagokról. A fa és néhány ódon tégl és csempe kivételével úgy gondolják, hogy az új termék értékesebb, mint a használt.

Egészség és biztonság – A hasznosításra szétbontott építőelemek veszélyes anyagokat tartalmazhatnak, ezért ezeket a további felhasználás előtt tesztelni kell. A szétbontás több kézi munkát

igényel, mint a hagyományos bontás, ezért szigorúbb biztonsági előírások vonatkoznak erre a folyamatra. A használt építőelemek szállítása és átrakása kockázatosabb lehet, mint az új elemek esetében.

c) Környezeti akadályok

Hatások – Az újrafelhasználás nem mindig jobb, mint az újrahaznosítás vagy más hulladékkezelési eljárás, figyelembe véve az anyagok és a termékek teljes életciklusát. Az épület teljes életciklus-teljesítményét csak kevés esetben vizsgálják.

Szállítás – Az elemek, anyagok szállítása és kezelése jelentős környezeti hatással járhat. A bontott építőanyagokat néha hatalmas távolságokra szállítják. A telephelyről telephelyre történő szállításhoz többnyire környezetvédelmi szempontból nem túl hatékony teherautókra van szükség. Egyes épületelemeket gyakran szükségtelenül szállítanak, hiszen előfordul, hogy azokat nem építik be az új épületbe, mivel ezek rossz minőségét, alkalmatlanságát csak a helyszínen ismerik fel.

d) Technológiai akadályok

Termékek – A jelenlegi építőipari termékek gyakran nem alkalmasak újrafelhasználásra. A meglévő elemekből új épület tervezése nagyon idő- és költségigényes folyamat. A fémrácsok és a -keretek nagyok és nehezen mozgathatók. A teljes épületegységek újrafelhasználása kevés rugalmasságot biztosít az építések számára.

Anyagok – A szerkezeti anyagokat általában úgy kombinálják, hogy az épület élettartamának végén nehéz szétválasztani őket. A tartósság kérdéses a faelemek várható élettartamával kapcsolatban. Néhány összekötés problémás lehet (ragasztás, szegelés). A beton szerkezetek szétszerelése erőforrás- és költségigényes.

Alkalmazások – Hiányoznak az ismeretek egy adott elem lehetséges alternatív alkalmazásairól vagy egy adott alkalmazás lehetséges alternatív elemeiről. Az esetleges alacsonyabb szintű alkalmazásokról nem sok információ van. Az elemek (még ha kellő szilárdságúak és megfelelő minőségűek is) nem rendelkeznek optimális alakkal a szerkezeti használatra.²⁷⁵

Az alábbi lépések a körforgásos gazdaság szempontjából elősegíthetik az építőipari ágazat fejlődését:

a) A körforgásos gazdaság jövőképe és a hozzá tartozó üzleti modellek kidolgozása:

- hatékony körforgásos gazdaság alapelveket és tervezési keretrendszereket kell meghatározni az iparág számára, valamint ütemtervet a cél eléréséhez;
- új üzleti modelleket és szolgáltatásokat kell elemezni és fejleszteni, ide tartozik többek között:
 - az alternatív tulajdonosi modellek, beleértve a lízing- és teljesítményalapú modelleket,
 - az anyagútlevelek és anyagbankok rendszerét,
 - az újrahazsnálatra és újragyártásra történő tervezés.

²⁷⁵ HRADIL Petr (2014): Barriers and opportunities of structural elements re-use. Technical Report. VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland.

b) Együttműködés:

- folyamatos kommunikáció az érdekelt felekkel,
- együttműködés kezdeményezése a stratégiai partnerségek lehetőségeinek azonosítása érdekében,
- a várható előnyök számszerűsítése és kommunikációja (a mintaprojektek és jó gyakorlatok közvetlen pénzügyi és tágabb társadalmi-gazdasági értékei és előnyei, például szén-dioxid-megtakarítás vagy reziliencia),
- projektadatbázis létrehozása, amely bemutatja az egyes szolgáltatásokon belüli hozzáadott értéket vagy költségmegtakarítási lehetőségeket, segíti a körforgásos kezdeményezéseket fontolgató ügyfelek és vállalkozók döntéshozatalát,
- ezen jó gyakorlatok és példák disszeminálása jól ismert iparági csatornákon, platformokon és eseményeken keresztül.

c) Edukáció és tudatosság növelése:

- az érdekelt felek megismertetése a körforgásos gazdaság koncepciójával és elveivel,
- a képzési programok kidolgozása a munkavállalók (kifejezetten például a tervezők) részére a tudatosság növelése érdekében, célzott képzések indítása a vezetők és a projektmenedzserek számára.

d) Esettanulmányok és példák kidolgozása:

- közös kutatások, fejlesztések és azok eredményeinek megosztása, olyan területeken, amelyek kihívást jelenthetnek az iparág számára a körforgásos gazdaság elveinek alkalmazásában,
- mintaprojektek, jó gyakorlatok megosztása a körforgásos megközelítésekre szakmai hálózatokon keresztül, javaslattétel az érintett ügyfelekkel folytatott megbeszéléseken,
- beszélgetések kezdeményezése az ügyfelekkel, ösztönözve őket arra, hogy alkalmazzák a körforgásos elveket a projektjeikben,
- a digitális technológiákban rejlő lehetőségek bemutatása mintaprojekteken, prototípusokon és partnerekkel közösen végzett kísérleteken keresztül (például a dolgok internete, IoT).

e) Innováció:

- az iparági innováció ösztönzése versenyeken és bemutatókon keresztül,
- kísérleti projektek végrehajtása a tudás és készségek bővítése, a kapacitásépítés és az innováció ösztönzése érdekében az építőipari szektorban,
- fejlett digitális képességek fejlesztésébe történő beruházás, azok különböző léptékű projekteken való tesztelése,
- a finanszírozási lehetőségek feltárása és kihasználása.²⁷⁶

²⁷⁶The circular economy in the built environment (2016) ARUP, London.

3. BEST PRACTICES AZ ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉK ÚJRAHASZNOSÍTÁSA TERÜLETÉN

3.1. Újrahasznosított anyagok felhasználásával tervezett és épített kortárs épületek hazai és nemzetközi példái²⁷⁷

A bemutatott példák kiválasztása azzal a céllal történt, hogy a hazai újrahasznosítási lehetőségek alkalmazására inspirációt adjanak, hasznos mintákat nyújtsanak esetleges jövőbeni megvalósulásokhoz. Emiatt az összegyűjtött példák igyekeznek egy széles palettát bemutatni az épület léptéke, az újrahasznosítás mértéke, milyensége, elérhetősége szerint. Valamint olyan helyekről kerültek be a megvalósult épületek, ahol a magyarországihoz hasonló éghajlati körülmények vannak, illetve nincsenek nagy különbségek gazdasági, társadalmi, kulturális értelemben az országok között.

Az újrahasznosítás gyűjtőfogalom, ennek számos pontosítható megközelítése van. Újrahasználat – ez tekinthető egy közvetlen újrahasznosításnak, amikor egy tárgy, építőelem, szerkezet már nem kell az eredeti célra és az új „tulajdonosa” egy-az-egyben fel tudja használni új vagy hasonló célra. Javítás – az újrahasználatnál annyiban különbözik, hogy kisebb karbantartás szükség ahhoz, hogy újra használható terméket kapjunk. Újragyártás – ez nem feltétlenül gyakori az építőiparban, de a lényege, hogy a tartós és drága alkatrészeket visszaveszi a gyártó és ezek felhasználásával új termék készül. Újrahasznosítás – egy terméket alkotóelemre bontanak, és újrahasznált alapanyagként kerül vissza a körforgásba. Az újrahasznosítás esetében megkülönböztethetünk a folyamatokat aszerint, hogy az anyag a hasznosítás után, milyen minőségben hasznosul: downcycling (alacsonyabb) – recycling (azonos) – upcycling (magasabb). Végül pedig beszélhetünk közvetett újrahasznosításról, ami az épületek esetében leegyszerűsítve annyit tesz, hogy hova építünk.

Az esettanulmányok bemutatása időrendi, megvalósulási sorrendben történik. Oka, hogy egy-egy példa több újrahasznosítási elvet, irányvonalat, fogalmat képvisel, így a fogalmak menti kategorikus tárgyalásuk problémásabb. Az idővonalra felfűzött házak jobban szemléltetik, hogy térben és időben mikor, milyen tendenciák, hol jelentek meg. A példák bemutatása igyekszik tárgyilagos lenni, fókuszban tartani az épülethez kapcsolódó újrahasznosítás bemutatását és melléteni a hozzá tartozó építészeti koncepciót, esetleg a megvalósítás körülményeit. Az általános következtetések pedig a tárgyalás után, minden eset tapasztalatait összevetve olvashatók.

A kronologikus felvezetés előtt, meg kell említeni Zalotay Elemér (1932, Szentes – 2020, Svájc) nevét. 1957-ben diplomázott a Műszaki Egyetemen, 1973-ban Svájcba emigrált. Különleges és kiemelkedő építészeti pályafutásában jelentős szerepet töltött be, mai szóval élve a recycling. 1978-tól évtizedeken keresztül építette, bővítette saját, hulladék anyagokból emelt házát a Bern közelében található Ziegelriedben. Szomszédai nem igazán szimpatizáltak ezzel a metodikával, de Svájcban Zalotay mégis több megértésre lelt, mint itthon. Az épületet 1992-ben negyven évre védetté nyilvánították.

1) *Villa Welpeloo*

Építész: Superuse Studio

Építés éve: 2009

Helyszín: Rotterdam, Hollandia

Alkalmazott környezetbarát megoldások: újrahasználat, javítás, újrahasznosítás

A lakóház (Villa Welpeloo) egy műgyűjtő pár számára készült. A Superuse az újrahasznosított anyagok minél nagyobb felhasználására törekedett. A tervezők felderítették és megvizsgálták, hogy a helyszín szomszédságában, közeli környezetében milyen anyagok elérhetők, illetve felhasználhatók a ház

²⁷⁷ A 3.1. alfejezet Salacz Ádám egyetemi tanársegéd, doktorandusz, építészmérnök írása.

kivitelezéséhez. A kutatás sikerrel járt, az acél tartószerkezet, a másodlagos fatartók, a padlót alkotó építőlemezek, a hőszigetelés, a beépített bútorok korpusza újrahasznosított, ill. újrahasznált anyagból készült. A talált anyagok új formákat és új építési módokat eredményeznek. A ház teherhordó szerkezete egy páternoszterből származó acéltartókból készült, amit korábban a közeli textil gyárban használtak. Egy ilyen gép elég volt az egész villa felépítéséhez. Ezért a kuriózumért nem csak elszánt kutakodásra volt szükség, de eltökéltségre a megvalósításért, mivel a tartószerkezet engedélyeztetése bonyolult folyamat volt. Az engedélyeztető hatóságot (önkormányzat) meg kellett győzni, hogy ez a szerkezet alkalmas lesz a terhek viselésére.

A holland lakóépületekre jellemző, hogy a földszinti padlót eltartják a földtől, így nincsen teljes felületű vízszigetelésre szükség. A padló alatti földrétegre kagylóhéjakból készült réteget terítettek szét, mely jól szabályozza a nedvességet.²⁷⁸ A fürdőszobák falai olyan vízálló műanyagból készültek, melyet újrahasznosított kávéspoharakból készítettek.²⁷⁹

A homlokzat burkolat a Twente kábelgyár kábeltekerceihez használt fa kábeldob elemeiből áll. A festmények megfelelő megjelenítése érdekében a belső tér színei és anyagai meglehetősen visszafogottak. A házhoz tartozó lift nem látszódik, de ez sem új, az acél tartószerkezet készítéséhez használt építőipari liftet használták fel. A műalkotásokat használt esernyők bordáiból készült lámpatestek világítják meg. Ezeket kifejezetten ehhez a villához tervezte az En-Fer stúdió.

A stúdió honlapján²⁸⁰ az áll, hogy ~90%-os CO₂ redukcióval járt a szerkezet és a homlokzat megvalósítása új építőanyagok előállításához, helyszínre szállításához képest.

2) Asztalos üzem környezetbarát megoldásokkal

Építész: Deppisch Architekten

Építés éve: 2010

Helyszín: Freising, Németország

Alkalmazott környezetbarát megoldások: újrahasznosítás, moduláris építészet

Ez a különleges asztalos üzem, München melletti Pulling település határában van. Az épület tömege, formája a belső tartószerkezet logikájából következik, melynek felépítése és részletei egyszerűek és tárgyilagosak. A keleti, déli, nyugati homlokzata a háznak feketére pácolt fa lécekkal, deszkákkal van burkolva. Az északi homlokzaton a cellás falú, újrahasznosított polikarbonát táblák biztosítják a csarnok természetes megvilágítását, anélkül, hogy a fény kápráztatna, vagy vakítana. Három nagy méretű üvegezett porta szakítja meg a nagy áttetsző felületet, amik nem csak a ki és betekintést biztosítják, hanem a nagyméretű szerkezetek mozgását is. A beltér fényes és tágas.

A kezeletlen fa (tartó) szerkezetek és a beton padló igényes és praktikus munkateret teremt. Az előregyártott fa keretek gyorsították az építkezést. Azon túl, hogy a megrendelő vállalta az újrahasznosított építőanyagból való kivitelezést, a részletek megtervezése és megvalósítása szoros együttműködésben jöhetett létre. A nyitott alaprajzú, raszter hálóra szerkesztett csarnok munkaterét is „újra lehet használni”, mivel flexibilisen tud alkalmazkodni különböző használati módokra. A technológiai installációk modulokra bonthatók, így könnyen bővíthetők.

3) Családi ház újrahasznosított alapanyagokkal

Építész: Bártfai-Szabó Gábor és Bártfai-Szabó Orsolya

Építés éve: 2010

Helyszín: Budakeszi, Magyarország

Alkalmazott környezetbarát megoldások: újrahasználat, újrahasznosítás, tervezett bővíthetőség

²⁷⁸ www.isoschelp.nl (A letöltés dátuma: 2021.11.25.)

²⁷⁹ www.smile-plastics.com (A letöltés dátuma: 2021.11.25.)

²⁸⁰ www.superuse-studios.com/projectplus/villa-welpelo (A letöltés dátuma: 2021.10.09.)

Az építész páros saját magának tervezett egy családi házat, mely elnyerte 2010-ben az Év Háza díjat a gazdaságos szemlélet által is indokolható egyszerűség, természetesség, tisztaság mellett a szokatlanul komplex, az élet megannyi szegmensét átfogó tervezői szemlélet miatt, ami egyben jelentős tervezői szemléletváltozásról is tanúbizonyságot adott.

„Ötven évre előre végiggondoltuk, hogy az egyes életfázisokban mekkora házra lesz szükségünk. Ha majd egyszer kirepülnek a gyerekek, visszaalakítjuk a fűtött tereket az eredeti garzonméretre, a bővítmény pedig télikert, nyári lakrész lesz, tehát fűtetlen” – mondja a megoldásról Szabó-Bárfai Orsolya.²⁸¹

Az épület akkori árfolyamokon nézve is kiemelkedően olcsónak számított (160.000.- Ft/nm). A falszerkezet réteges felépítésű: 25 centiméter vastag bontott téglá, amit Karcagról szállítottak Budakeszire, a ház tartószerkezete 30 centiméter tűzgtató adalékanyaggal és rágcsálóirtóval kezelt újságpapír-darálékból készült hőszigetelés. Ebből összesen egy tonnányit építettek be, de Ausztriából hozatva is feleannyiba került, mint a hagyományos műanyag szigetelőhab ára. A maradékot a cég elszállította, nem szaporította az építési hulladékot. 12 centiméter vastag (szintén bontott) téglafal a homlokzat burkolat. Ennek a falszerkezetnek a hőátbocsátása mindössze harmada volt az akkori korszerű, 38 centiméter vastag téglafalénak (igaz hőszigetelés nélkül). A házat az eredeti szellemiségben bővítették. A tudatosság és ésszerűség felülírta a konvenciókat. Az, hogy az eredeti bontott cserép és a toldáskor feltett cserép eltérő és kirajzolódik a váltás síkja, csak üres esztétikai szempontok szerint lehet zavaró.

4) Lakóhajó régi uszályból

Építész: Rost Niderehe Architekten und Ingenieure

Építés éve: 2011

Helyszín: Hamburg, Németország

Alkalmazott környezetbarát megoldások: közvetett újrahasznosítás, újrahasználat

2006-ban Hamburg egy pályázatot hirdetett „Élet a vízen” címmel egy olyan korábban munkásnegyedként működő területen, melynek a népszerűsége folyamatosan növekedett a központi elhelyezkedése miatt. A győztes egy régi uszályból átalakított lakóhajót készített, amelyben azóta is életvitelszerűen lakik.

5) Nyaraló - Seaweed House *angolnafű és egyéb természetes anyagok felhasználásával*

Építész: Tegnestuen Vandkunsten Építésziroda, Koppenhága

Építés éve: 2013

Helyszín: Læsø, Dánia

Alkalmazott környezetbarát megoldások: természeti anyagok újrahasznosítása, „szétszerlelésre tervezett”

A dániai Læsø szigetén régi építési hagyomány, hogy hínár, pontosabban angolnafű felhasználásával fedik le a házak tetejét. Az építész csapat ezt a hagyományt élesztette fel és értelmezte tovább, hogy egy friss kortárs épület jöjjön létre.

A Seaweed House kísérleti építmény lett. A ház műszaki megoldásai új javaslatot adnak a hínár mint megújult és kortárs építőanyag felhasználására, amely tiszteletben tartja Læsø tradícióit. Az otthonosság miatt a ház hagyományos kialakítású, magas tetővel, nagy és központi nappalival, ehhez kapcsolódónak a hálószobák. Az épület formáját, méretét és kelet-nyugati tájolását tekintve a helyi építési hagyományt követi. Az épület elsősorban anyagaiban és részleteiben tűnik ki az átlagos házak

²⁸¹ <https://www.origo.hu/idojaras/20111215-autonom-haz-olcson-havi-negyzerbe-kerul-kifuteni-a-2010es-ev.html> / (A letöltés dátuma: 2021.10.21.).

közül. Az angolnafű szigetelőképessége közel azonos az ásványgyapotéval, így kiválóan alkalmas az épület szigetelésére. A padló, a homlokzat és a tető teherhordó szerkezetei közé helyezték azt. Az angolnafüvet hálós zsákokba tömködve homlokzat- és tetőburkolatként is alkalmazták. Ahol nincs hínár, ott fa van. A vörösfenyőből, fenyőből és lucfenyőből készült deszkákat építményekhez, padlókhöz, belső burkolatokhoz és konyhai lapokhoz használták. A fa semleges, ismert és barátságos építőanyag a szokatlan hínár burkolatokhoz. Az épületet a „szétszerelésre tervezett” elvek alapján tervezték, hogy az anyagai a lehető legkésőbb kerüljenek elégetésre, megsemmisítésre, minél könnyebben újrahasznosíthatók legyenek. Az előregyártott szerkezetek alkalmazása hozzájárult az építési költségek alacsonyan tartásához.

6) *Borterasz és Venyige Spa újr felhasznált alapanyagokból*

Építész: Gereben Marián Építészek

Építés éve: 2014

Helyszín: Eger, Magyarország

Alkalmazott környezetbarát megoldások: helyi építőanyag, újragyártás, újrahasználat

A különleges megbízói igény és az építészpáros kísérletező hozzáállásából kivételes épületegyüttes született. Építészeti értékeit, a magyar borászati épületek soraiban elfoglalt helyét, előképeit Szabó Levente méltatta.²⁸² Most az építés módja és az újrahasznosítás aspektusai állnak a fókuszban.

A megrendelő által adott építészeti program a következő volt: egy borterasz és három kis konyhá (kétszemélyes szállásépület) telepítése a szőlőbe. Az épületek nyári szezonális üzemeltetése szokatlan feltételeket teremtett a tervezésre nézve. Az időszakos kihasználtság a beruházási költségek csökkentését nem feltétlenül váltja ki, de ebben az esetben kézenfekvő volt ez a szándék. Az anyagi természetű kötöttség mellett épületfizikai hatása is van az egy évszakos használatnak, mentesül rengeteg – a hazai éghajlatra jellemző – épületszerkezeti követelmény alól. Tehát, ami az egyik oldalon negatívumként, az a másik oldalon pozitívumként jelentkezett.

Az épületek anyaghasználata nem marad meg a megrendelői igény primer szintű kiszolgálásánál, tovább megy. A konyhók falai homogének, vastag földbetonból készültek. A környék jellegzetes anyaga a tufakő. A helyi pincék kiválásakor keletkező kőzúzalék hulladékként jelentkezik. A falak ezek felhasználásával épültek, a vályogépítés technológiáját alapul véve. A földnedvesen csömösölt, rétegesen rakott, zsaluzott és döngölt földbeton falak megidézik a pincék klímáját, atmoszféráját és egyben visszautalnak a helyi szőlőkultúrához kapcsolódó történeti épületek vályogfalaira. Elsőre ez nem szükségszerűen evidencia egy látogató számára, de az egyértelmű, hogy ezek a házak a tájhoz tartoznak, természetesen illeszkednek a helyhez, ami az anyagválasztásból, az építésmódból és a ház formájából fakad. A tervezők kísérletező kedve a megvalósítás pillanatáig jelen volt, a kivitelezővel együtt 5-6 mintafalat készítettek a megfelelő eredmény érdekében.

A költséghatékonyság csak az egyik szempont volt a további anyagok újr felhasználásában. Meglévő ajtólapok alkalmazása, bontott téglá és használt cementlap járófelületek fűzik tovább a helyhez, környezethez való kötődés szálait. A rézcsövekből készített lámpák, csapok kereskedelmi forgalomban nem kapható elemek, melyek erősítik az épület egyediségét. A kísérletezés nyitott kimenetelű folyamat, ezt támasztják alá a fent említett tárgyak, ugyanis ezek nem előre tervezett berendezések voltak, hanem az építés folyamán született spontán, rendhagyó megoldások.

²⁸² <http://meonline.hu/archivum/a-formatol-az-anyagig-es-vissza-2/> (A letöltés dátuma: 2021.10.26.).

7) *Spooroost adaptív építészeti módszerek*

Építész: Rotor

Építés éve: 2017-2018

Helyszín: Antwerpen, Belgium

Alkalmazott környezetbarát megoldások: adaptív építézet, újrahasználat, újrahasznosítás

A művészeti megbízást tervezési együttműködéssé alakítva a Rotor hozzájárult ahhoz, hogy az egykori ipari területet többcélú közterületté alakítsák át: részben park, sportpálya, nagyszabású rendezvények helyszíne és rendezvényparkoló.

A Spoor Oost egy 100.000 m²-es terület, amely csaknem egy kilométer hosszan húzódik az Antwerpen városát körülvevő vasút mentén. Ez az elhagyott konténervasút terminál vitatott területté vált, mivel a város 2013-ban megválasztott politikai többsége üzleti parkká akarta tenni. A helyi közösségek azonban azt kívánták, hogy közparkká váljon. Ez megvalósulni látszott, amikor úgy tűnt, hogy Antwerpennek ideiglenes rendezvényparkolóra van szüksége, mivel a szomszédos Sportpaleis parkolói eltűntek a nagyszabású infrastrukturális munkálatok során. A többnyire betonlapokkal és járólappal borított telket alkalmasnak ítélték e funkció ideiglenes befogadására. Ugyanennyi ideig, becslések szerint 9 évig a telek nagyszabású rendezvényeknek is otthont adna, és publikus rekreációs térként is funkcionálna. A város ingatlanforgalmazó cége, az AG Vespa, amely a munkálatokat megrendelte, úgy érezte, a tervből hiányzik az a „jelentésréteg”, amely a helyszínnek sajátos identitást adna. A tervek átdolgozott változata ennek eredményeként készült el a fő tervezőcsapat (Technum) irányításával, a Rotor, az AG Vespa és más projektpartnerek folyamatos közreműködésével. Ahelyett, hogy egy autonóm, hozzáadott jelentésréteg szintjén maradtak volna, hozzájárulásuk a projekt különböző léptékű szintjeire csordogált, a fő tervtől az útfestési grafikáig. Számos funkció nyitva maradt a jövőbeli fejlesztések előtt, vagy alvállalkozásba adták harmadik és többnyire helyi feleknek.

A módosított alapterv lehetőség szerint megtartja a telek meglévő adottságait, többnyire a szabad teret. A meglévő betonburkolat állapotát inkább tervezési támpontnak, semmint javítandónak tekintették. Az intenzív karbantartást igénylő, újonnan telepített parkrészek a telek mindkét végében, a környékek közelében maradnak. Az adaptált kialakítás lehetővé teszi, hogy a parkolási funkció szükség esetén rendezetten működjön, miközben elkerüli a parkolási esztétikát, amikor az autók eltűnnek (parkolóház). Kevés anyagot evakuáltak az építkezésről. A beton burkolatblokkokat leszerelték, és máshol újra felhasználták a helyszínen, a kiásott földet használták fel a domb építésére, ahol a telek nagy részét borító betonlapot feltörték, a maradványokat pedig rusztikus ásványkertek kialakítására használták fel.

A tereprendezés szempontjából a legszembetűnőbb hozzáadott jellemzők a dudor és a vonal. A dudor egy füves mesterséges domb a déli park területén, amely akadálytalan kilátást tesz lehetővé a kilométeres területre. A vonal egy gyalogos autópálya, amely gerincként fut a helyszín felett. A sima, újrahasznosított betonból készült ösvény a korcsolyázók, a kerékpárosok, az egykerekesek és a gyalogosok számára egyaránt gyors kapcsolatot biztosít északról délre. Az egyenes út egyszer kanyarodik, ahol találkozik az egyetlen fennmaradt facsoporttal a helyszínen.

8) *Családi ház a környezethez való alkalmazkodás jegyében*

Építész: V. Marton Rozália, Villányi Norbert

Építés éve: 2017

Helyszín: Budakeszi, Magyarország

Alkalmazott környezetbarát megoldások: szárazépítés, újrahasznosítás, közvetett újrahasznosítás

Különleges helyzet, amikor egy építész saját magának tervezhet házat, egy személyben megrendelő és alkotó. A ház tervezésénél a gondolati piramis csúcsán a környezethez való alkalmazkodás állt, minden ebből lett kibontva. Kezdvé attól a trivialitástól, hogy maga a család felépítése és térhasználati igénye mit kívánt mint elsődleges közvetlen környezet. Két hagyományos felépítésű ház tömegeből áll az épület, így a különböző életterek elválaszthatók. Az egyikben vannak a gyerekszobák (négy darab), a másikban a szülői háló, a nappali-étkező-konyha. A két részt pedig egy előtér kapcsolja össze. A következő lépés a kicsit tágabb környezet vizsgálata volt, vagyis az, hogy a telken belül hol érdemes elhelyezni a házat. A meglévő növényzet, fák és a tájolás figyelembevételével a nyári hőterhelés csökkent. A gépi szellőztetés helyett, a természetes légáramlat biztosítása is cél volt, megfelelő szellőzőablakok és szellőző légrések vannak a házon. Nem utolsó sorban pedig a tágan vett környezet megóvása volt a cél a műszaki, kivitelezési megoldásokkal, hogy minél kisebb legyen a környezeti beavatkozás, ami az építési hulladékok minimalizálását jelentette, és ha szükség úgy hozná, akkor az épület szinte nyom nélkül tűnhessen. Ezért az épület előregyártott fapanelekból készült. A szárazépítés, a szerelhető technológia, egyszerű kivitelezhetőség mind csökkentették a természetes környezet terhelését. Az egyik házrész faburkolat kezeléséhez, a svédországi Falunban bányászott réz melléktermékeként kitermelt vasoxid felhasználásával, tradicionális recept alapján az építészek maguk főzték meg a festéket, a kalandvágyon túl az anyagi keret alacsony tartása miatt.

9) Nyaraló – újrahasznosított cellulóz szigetelés

Építész: V. Marton Rozália, Villányi Norbert

Építés éve: 2018

Helyszín: Pusztaszemes, Magyarország

Alkalmazott környezetbarát megoldások: szárazépítés, újrahasznosítás, közvetett újrahasznosítás

Az építész párosnak a családi házuk megépítésével és alkalmazott elveikkel és felhasznált anyagaikkal pozitív tapasztalataik volt. Ezért is valósult meg hasonló kivitelezési megoldásokkal a nyaralójuk is. Természetesen nem pusztán másolásról van szó, az új funkcióhoz adaptálták a családi ház koncepcióját. Ez leginkább a ház méretében érhető tetten. A nyaraló traktusszélessége mindössze 3,6 méter. Hosszú kísérlet eredménye ez, mely annak köszönhető, hogy a hagyományos értelemben vett közlekedőket minimalizálták. Szem előtt kellett tartani, az egyszerű és olcsó kivitelezést, ugyanakkor cél volt, hogy ez a kis ház relatív nagy térélménnyel járuljon hozzá a pihenéshez. Az újrahasznosított vastag, cellulóz hőszigetelés miatt, a ház üzemeltetése is alacsony környezeti terhelést jelent.

10) Trailer – áthelyezhető építési módszer

Építész: Invisible Studio

Építés éve: 2018

Helyszín: Egyesült Királyság

Alkalmazott környezetbarát megoldások: moduláris építészeti, javítás, újrahasználat

A Trailer elnevezésű projekt célja egy saját építésű, áthelyezhető, olcsó ház prototípus létrehozása, mely építési hulladékból származó anyagokból és helyben termesztett kezeletlen fából készül. Ezt az épületet úgy tervezték, hogy közúton legálisan szállítható legyen, és állandó vagy ideiglenes szállásként használható legyen. Kerek utánfutója kihúzható a ház alól, ha nem mozdítják. Kívülről a trailer hullámos üvegszál és acéllemezes, belül pedig használt, de megtisztított zsutaból (rétegelt lemez) van bevonva. Az összes asztalos anyag rétegelt lemezből készült, beleértve a két lépcsőt is. A kapaszkodók egy korábbi projektjükből²⁸³ megmaradt kék kötél levágataiból készültek. Sok

²⁸³ Studio in the Woods.

természetes fényt biztosít az oromzat mindkét vége, amelyek cellásfalú, egymásba illeszkedő polikarbonáttal vannak „üvegezve”. Minden tartószerkezethez felhasznált fa keresztmetszete ugyanakkora: 125 x 50 mm. Ez sokkal gazdaságosabbá tette a kivitelezést. Ez az első befejezett ilyen épülete ennek az irodának. Ez az építési módszer az Invisible Studio által kezelt erdők faanyagának hatékony felhasználására vonatkozó erdőgazdálkodási tervhez is kapcsolódik. A stúdiójuk körül lévő erdőjük, amit ők kezelnek nyersanyag forrás is egyes kísérleti projektjükhez, és a saját stúdiójuk²⁸⁴ is ebből épült fel. A projekt célja, hogy egy rendkívül alacsony költségű, sokoldalú, használható teret biztosítson, amely mintaként szolgálhat bárkinek, aki saját maga szeretne építeni. Bár otthoni térnek tervezték, könnyen funkcionálhat munkaterületként vagy valami másként.

11) *Frankie and Johnny - modulárisan*

Építész: Holzer Kobler Architekten

Építés éve: 2019

Helyszín: Berlin, Németország

Alkalmazott környezetbarát megoldások: moduláris építészet, újrahasználat

A High Cube Containers 40', egyenként 2,40 m x 12,19 m x 2,90 m (LWH) méretű, moduláris rendszerként előre gyártott, ISO szabvány szerinti konténer. Ebből több, mint 420 darab van egymásra rakva, három hosszú tömegben, amelyek a berlini treptow-i Frankie & Johnny diákotthont alkotják. A szállítókonténerek jellegzetes architektúrát hoznak létre, és egyben teret teremtenek a kooperatív élet élénk és lendületes új formájának. Az egységek elsősorban szimpla 25 m² alapterületű lakóegységek, de két konténer összenyitásával dupla és dupla mini egységekké is alakíthatók. A rövidebb végei a konténereknek teljesen üvegezettek. A konténerek hőszigeteltek és konyhával, valamint fürdővel felszereltek. Az épületegyüttes szívet a szabadtéri terek, vagyis az épületek közötti bejárati galériák alkotják. A kommunikatív köztes zóna a találkozás helye, amely egyben közös erkélyként is szolgál. A projekt elnyerte a 2018-as German Steel Construction Prize és az Architecture MasterPrize (AMP) elnevezésű díjakat 2018-ban.

12) *„Újrahasznosítóház”*

Építész: Cityförster

Építés éve: 2019

Helyszín: Hannover, Németország

Alkalmazott környezetbarát megoldások: „szétszerelésre tervezett”, újrahasználat, újrahasznosítás, javítás

Ez a családi ház kiugrik a standard műszaki megoldásoknak köszönhetően uniformizált szomszédos házak közül. Elsőre a szokatlan homlokzata miatt, ami nem csak az újrahasznosított anyagok miatt van. Rendezett horizontális sávokra strukturálódik, melyek váltakozva tartalmaznak fekete szálcement panelokat és profil üvegeket. Ez a három emelet magas tömör fa szerkezetű ház elemeinek 90%-a egy másik, már befejezett projekthez tartozott. A Cityförster építésziroda és a megrendelő - egy ingatlan és kivitelező iroda – közösen fejlesztett egy kísérleti lakást annak érdekében, hogy kipróbálják a különböző nézőpontjait a körforgásos gazdaságnak a való életben. Az építési iparág fogyasztja több mint a felét a globálisan elérhető nyersanyagforrásoknak. Különböző statisztikák eltérnek a pontos százalékokban (36,4% -50%), de abban mindegyik megegyezik, hogy az építőipar a vezető szegmense a hulladék keletkezésnek. Az újrahasznosított anyagok alkalmazása nyersanyagot és energiát takarít meg. Mégis a tervezők a céljaikat még magasabbra pozícionálták. Pusztán az „off-the-self”

²⁸⁴ Visible Studio.

(rendelkezésre álló, legyártott) újrahasznosított termékek ciklikus használata helyett, az építészek betervezték korábban már használt szerkezeti építőelemeket is. Három évbe telt megtervezni ezt a kísérleti házat, ami nagyfokú rugalmasságot igényelt. Gyakran szükséges volt spontán módon reagálni, amint egy építési alkotóelem elérhetővé vált. Ennek eredményeként, a részletek, csomópontok megtervezése akkor kezdődhetett el, amikor a szerkezetépítés már folyamatban volt. A kihívás az volt, hogy se normák, se előírások nem léteztek korábban már használt építőelem komponensek használatára, betervezésére. Az eredeti elképzelés az volt, hogy egy korábbi raktárcsarnok acél szerkezetét összegyűjtik és abból fog megépülni a ház váza. A tervezők aztán elvetették ezt az ötletet, mivel minden egyes acél tartóelem alkalmazása egyedi engedélyt igényelt volna, hogy igazolják a teherbíró képességét. Ehelyett egy tömör fa szerkezetet választottak. Az összegyűjtött elemek nem tartalmaznak ragasztót, hanem bükkfa csapokkal vannak összekapcsolva. Ezek a rögzítő alkatrészek lehetővé teszik a szétszerelést is, így miután lejárt a használatukra való igény, anyagminőség sérülés nélkül kerülhetnek vissza az anyag-körforgásba. A süllyesztett (épület tömegébe beharapott) bejárati terület vörösfenyő lécekkal van burkolva, amelyek egy korábbi sport központ szauna padjai voltak. A földszint nappaliból és konyhából áll, ahol a különböző anyagok keveredése, alkalmazása komfortos légkört hoz létre. A terazzo burkolatot egyben öntötték ki, ami téglaforgácsot és –töredéket tartalmaz, így harmonizál a látszó, bontott téglaválaszfalakkal. A bontott téglaválaszfal egy régi istállóból származik. Történelmi tölgy gerendákból készült a lépcsőház fala, mely kezeletlenül maradt, különösen figyelemfelkeltő és kontrasztban áll az új tömör fa mennyezettel. A legfelső szinten egy fényes folyosó vezet a hálósobákhoz. Ahol egy dekoratív és praktikus szekrény van, amit egy kereskedelmi építőipari cég használt korábban beépített szekrénynek és könnyűszerkezetes válaszfalak burkolatához. Annak érdekében, hogy megfeleljenek a jelenlegi szabványoknak, az épület gépészet, a szaniterek, a fűtésrendszer és szellőztető rendszer teljesen új. Szinte az összes gépészeti vezeték látható módon a falon kívül van szerelve, annak érdekében, hogy minél könnyebben újrahasznosíthatók maradhassanak az anyagok. A tervezőknek sikerült megalkotni egy prototípus házat, ami képviseli a körforgásos anyaghasználati modellt.

13) Bánáti + Hartvig új iroda az újrahasználat, újrahasznosítás jegyében

Építész: Bánáti + Hartvig Építész Iroda

Építés éve: 2020

Helyszín: Budapest, Magyarország

Alkalmazott környezetbarát megoldások: újrahasználat, közvetett újrahasznosítás, minimális építés
„Amit lehet, használj fel újra, ne burkolj, ne fess semmit csak azért, hogy szép legyen!”²⁸⁵

²⁸⁵ <https://www.octogon.hu/epiteszet/ne-burkolj-ne-fess> (A letöltés dátuma: 2021.11.28.).



Forrás: a szerző által készített fotó.

Bánáti + Hartvig Építész Iroda

A Bánáti + Hartvig Építész Iroda 25 éves praxisa alatt tudatosan, folyamatos módon sajátították el a környezetünkhöz és anyagi erőforrásainkhoz való érzékeny hozzáállást. Ez a mentalitás az új irodaépületük esetében csúcsonyult ki, ami elnyerte a Média Építészeti Díját a legjobb épület kategóriában.

A vezető építész páros a körforgásos gazdaság és körkörös építészet szellemiségében kereste és kívánta megvalósítani új helyüket. Így találtak rá Újbuda központnál az egykori Alba Regina étterem épületére, mely a megvétel pillanatában használaton kívül volt.

A körforgásos építészet irányelvei már abban megnyilvánultak, hogy az új épület helyett egy meglévőt mentettek meg, és ezáltal az épített környezetének is emelkedett a minősége. A renováció során több bontásra került építőelemet – akár eltérő funkció szerint – visszaépítettek az épületbe. A külső nyílászárók már nem feleltek meg az energiahatékony szigetelés elvárásainak, ezért cserére szorultak. Ezek a homlokzati acélszerkezetű üvegportálok azonban jó állapotban voltak, így az alagsori tárgyalótermek válaszfalaiként funkcionálnak tovább. Hasonló történt az üvegtéglákkal is, melyek az emeleti falakból kibontásra kerültek, szintén a tárgyalók elválasztásában kaptak szerepet. Néhány régi öntöttvas radiátort is sikerült megmenteni, amelyek szükség esetén újra működésbe léphetnek.

A környezetbarát és körforgásos építészet elveit követve egy olyan – ma még talán szokatlan – döntést is hoztak a tervezők, hogy csak az esztétikum kedvéért semmit nem burkolnak (el) és nem festenek le. Így a kivitelezés során feltárt felületek bontott állapotukban maradtak: a betongerendák nem kaptak borítást, a nyers téglafalakra nem került glettelés, festék. Ez a gesztus mellett, hogy kíméli a környezetet, az épület történetébe is betekintést nyújt. Látni engedi az elmúlt hatvan év során zajlott átalakítások nyomait, a gondos és olykor gondatlan kezek munkáját. Az újonnan beépített elemek is eredeti formájukat mutatják, így a mennyezeti hangszigetelő táblák vagy a gépészet sem kapott burkolatot. Egyedül ott fedtek be felületet, ahol az elengedhetetlen volt, például az alagsorban

vízszigetelés került a falakra. A precízen beépített új építőanyagok és a nyers őszinteséget sugalló eredeti elemek együttese egy újfajta, ám koherens esztétikát eredményez.



Forrás: a szerző által készített fotó.

A tárgyalók válaszfalai bontott üvegtégglából és homlokzati nyílászárókból

Talán joggal merül fel a kérdés, mi lesz az emberrel, a használóval egy ilyen puritán környezetben, lecsupaszított anyagok között. Kétféle megközelítése is van ennek a kérdésnek: egy szubjektív és egy objektív. Utóbbit bizonyítja, hogy Bánáti + Hartvig iroda 2018 óta alkalmazza a WELL nemzetközi zöld épületminősítési rendszert, melynél az ember áll a középpontban. Ez egy tíz pontos szempontrendszer, ami a dolgozók egészségét, jólétét segíti, támogatja. Ezek mentén tervezték meg és valósították meg az iroda belső tereit. A WELL minősítésnek négy fokozata van, ennél az irodaháznál nem is volt cél a minősítés megszerzése, a hangsúly felhasználók tudatosításán és elvek megismerésén valamint alkalmazásán volt. A felújítás során a terek természetes bevilágítását növelték, optimalizálták a térkapcsolatokat, újraszervezték az épületét bejáratát és amennyire lehetett zöld környezetre fordították az épület irányultságát a forgalmas Fehérvári út helyett. A cél az volt, hogy az iroda ne csak a munkavégzést, hanem a testi-lelki egyensúlyt is elősegítse. A szubjektív értelmezés pedig a bontott felületekre ráakódott emberi lenyomatok olvashatósága. A használók könnyebben tudnak érzelmileg kapcsolódni a házhoz, a történetéhez, mert látható módon hordozza magán az emberi tulajdonságok jellegzetességeit egy-egy nyomban, amit a kivitelezők, munkások hagytak a szerkezeteken. Ahol nem minden a tökéletesség látszatáról szól, mint egy szép álmennyezet, ami ki tudja, mit rejt. Ez az emberi analógia igaz a ház egészére is. Kívülről egyszerű, visszafogott, homogén vakolt homlokzata van a háznak, időzjelben viselkedik a városi környezetében, más szóval illeszkedik épített környezetéhez. Ezzel kontrasztban áll a belső világ, amit a gazdag, sokféle anyagok és változatos, izgalmas, barátságos terek jellemeznek.



Forrás: a szerző által készített fotó.

Teakonyha megmentett öntöttvas radiátorral, újrahasznált lámpatestekkel, vakolatlan téglafallal. A szellemi, érzelmi megközelítés mellett fontos megemlíteni a gazdasági mutatóit egy ilyen beavatkozásnak. Hartvig Áron Dénes közgazdasági elemző – Hartvig Lajos fia – kimutatta, mennyi CO₂ kibocsátással járt volna egy azonos paraméterekkel rendelkező új épület megvalósítása a jelenlegi helyén. Az építőanyagok előállítás, helyszínre szállítása, valamint a meglévő épület bontása és a törmelék elszállítása kb. 385 tonna CO₂ kibocsátással járt volna. Ezek a rendkívül energaintenzív folyamatok nagymértékben terhelik a környezetet. Az anyagok újrahasznosítása ehelyett inkább munka-, mint energaintenzív folyamat. Költségek szempontjából közel azonos a két eset, de a környezetterhelő folyamatok helyett a munkaerő megfizetése mindenképp kedvezőbb eredményhez vezet.

3.1.1. Konklúzió

Az összegzésben a tervezési szempontok, a jogszabályi környezet, az anyagok, az idő, a hozzáférhetőség, a kivitelezői hozzáállás értékelésén keresztül kerül bemutatásra az újrahasznosított anyagok használatának lehetősége, feltételei, előnyei, okai.

Az újrahasznosított anyagok alkalmazása egy fontos eszköz a *tervezés* során. Ugyanakkor ennek szellemi, filozófiai háttere is van, ami tovább gazdagíthat egy komplex szemléletű építészeti víziót, koncepciót. Egyre fontosabb, hogy az építészek ne csak a tervezés pillanatát lássák szemük előtt, hanem beépüljön az a gondolkodásmód a tervezésbe, ami a ház anyagait, szerkezeteit teljes életciklusban

vizsgálja. Vagyis honnan származik, ha több komponensből áll, mit tartalmaz, mi történik az épület átalakítása, bontása után az anyagokkal, hogyan kerül vissza a körforgásba. A *Bölcsőtől bölcsőig tervezési szemlélet* egy ilyen holisztikus rendszer felfogást követ, melyet William McDonough építész és Michael Braungart vegyész dolgoztak ki, mint *általános tervezési metodika*. Elméletük a 2002-ben publikált könyvükkel²⁸⁶ nyert szélesebb nyilvánosságot. Ezt bármelyik tudományterület, így az építészet, építőipar is képes adaptálni. Lényege, hogy a *tervezést és a tudományt integrálja*, oly módon, hogy a *teljes életciklus alatt jelentkező környezethasználatokat* veszi számba és amely ily módon tartós előnyöket biztosít a társadalom számára a biztonságos nyersanyag források használatával a körforgásos gazdaságban, és csökkenti a pazarlást. Vagyis egy „tárgy” esetében a következőt jelenti: minél több ciklust, mely minél kevesebb energiaigényes megújulási folyamattal jár és minél tovább használható. Itt visszautalnánk a bevezetőben említett fogalmakhoz: újrahasználat, javítás, újragyártás, újrahasznosítás. E sorrend szemlélteti a növekvő energia igényt is, ami a folyamat megvalósulásához szükséges. A holisztikus anyag szemlélet mellett egy szintén újszerű szerepkör társult az építészekhez az újrahasznosított anyagok alkalmazása kapcsán. Ez pedig a közvetítő szerepe mint egy médium, aki összetartja azt a sok szereplőt, aki részt vesz egy olyan folyamatban, ahol adott esetben több új, ismeretlen anyaggal, megoldással, szemlélettel kell megvalósítani egy házat, közteret, beavatkozást.

A több résztvevő koordinálása mellett *az építészek felelőssége abban is megnőtt*, hogy a kiálljanak olyan értékes épületek, szerkezetek, anyagok mellett, amiket csak esztétikai vagy esetleg anyagi alapon ítélnének bontásra és felhívják a figyelmet arra, hogy ezek megmenthetők, újrapozicionálhatók.

Az utolsó szempont, amit érdemes kiemelni mint tervezési folyamatot befolyásoló tényezőt, az a *lehetőségekre való nyitottság*. Amennyiben szem előtt van tartva az újrahasznosított anyagok alkalmazása és ezek döntő százalékban határozzák meg egy ház összetevőit, akkor bizony nehéz lehet mindent egy előre eltervezett programnak és képnek alávetni. Az elérhető anyagok készlete hatással lesz a ház szerkesztésére, szerkezetére, megjelenésére. Olyan, mint egy nagy doboz Lego, amiből izgalmas házat lehet építeni, de vannak korlátai és sajátos szabályrendszer szerint lehet építeni, azaz dinamikus tervezési és kivitelezési megoldásokat kell alkalmazni.

A tervezési folyamatokra vonatkozó Magyarországon hatályban lévő jogszabályi környezet *kettős hatással van az újrahasznosított anyagok* alkalmazására. Az általános rendelkezések²⁸⁷ hangsúlyozzák a természeti környezet védelmét és arra szólítanak fel, hogy lehetőség szerint törekedni kell a természeti erőforrások fenntartható használatára.²⁸⁸ Tehát egyik oldalról a rendszer támogató. Ha a további, részletes jogszabályokat megvizsgáljuk, akkor kiderül, hogy rengeteg egyéb olyan rendelet, törvény²⁸⁹ van, amelyek viszont egyelőre nem segítik, inkább körülményessé teszik az újrahasznosított, bontott építőanyagok alkalmazását. Általános érvényű rendelet, hogy minden szerkezetnek, anyagnak, berendezésnek, ami az épületbe kerül meg kell felelnie a magyar nemzeti szabványnak.²⁹⁰ Az újrahasznosított építőanyagok esetében ez mindig egy egyedi tanúsítvány kiváltását jelenti (kivéve, ha újrahasznosított alapanyagból készült új termékről van szó, ami már rendelkezik tanúsítvánnyal, ami igazolja a magyar nemzeti szabványnak való megfelelést), ami időigényes és költséges folyamat. Vannak helyspecifikus jogi szabályozások is. A helyi építési szabályzat²⁹¹ a település közigazgatási területének felhasználásával és beépítésével, továbbá a környezet természeti, táji és épített értékeinek védelmével

²⁸⁶ Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things.

²⁸⁷ Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény, I. Fejezet – Általános rendelkezések.

²⁸⁸ Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Kormányrendelet 56/B. §-a.

²⁸⁹ Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Kormányrendelet.

²⁹⁰ Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Kormányrendelet, IV. fejezet 50. § (3a) bekezdése.

²⁹¹ Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény 3. §-a.

kapcsolatos, a telkekhez fűződő sajátos helyi követelményeket, jogokat és kötelezettségeket állapítja meg. Ennek adott esetben csak közvetetten van hatása az alkalmazott anyagokra. Ezzel szemben a településképi rendeletben²⁹² a településképhez való illeszkedését biztosító anyaghasználatára (is) vonatkozó településképi követelményt tartalmazhatja. Erről általánosságban lehetetlen következtetéseket levonni, mivel minden település más és más. De az megállapítható, hogy ez egy olyan esztétikán alapuló rendelet, ami az újrahasznosítás, a körkörös építészet számára nem ismeretlen, de pont ennek létjogosultságát kérdőjelezi meg és „küzd” ellene, hogy vannak egyéb szempontok is egy ház megjelenésével kapcsolatban. Természetesen ez nem azt jelenti, hogy seholy sem indokoltak a településképi rendeletek esztétikai elvárásai, de bizonyos esetekben az nem feltétlenül indokolt, hogy az építendő anyagi (és a környezet) terhére legyenek meghatározva bizonyos anyagok kizárólagos alkalmazása.

Idő – tér – hozzáférhetőség. E hármas egység szorosan összefügg, és kihatással van az újrahasznosítás metodikájára. Elsőként azzal kell számolni, hogy a tervezési fázis jóval hosszabb időt vesz, vehet igénybe, mint a kereskedelmi forgalomban kapható építőanyagokat alkalmazó házak esetében. Ez az időfaktor igaz a kivitelezési időszakokra is. Az újrahasznosított anyagokhoz a hozzáférhetőség sem olyan kézenfekvő, mint általános esetekben. Nehezebben beszerezhetőek, és ha sikerült is találni valamit, akkor nem feltétlenül mindent egyszerre. Így praktikus, ha átmenetileg van egy tér, ahol lehet tárolni ezeket az anyagokat a felhasználásig. Az ilyen jellegű nehézségek leküzdésére Hollandiában több honlap²⁹³ is létrejött, melyek akár időszakos jelleggel, vagy hosszabb távon segítik az információ áramlást az építetők, a tervezők, a felhasználók között arról, hol, milyen elérhető használt, újrahasznosított anyag van, milyen tapasztalatok vannak egyes megvalósult példák esetében. Magyarországon például a Clean-Way Kft. foglalkozik azzal, hogy összekapcsolja a beruházókat az elérhető újrahasznosítható építőanyagokkal.

Az újrahasznosított anyagokkal való tervezési és megvalósítási folyamatban kritikus pont *a kivitelező hozzáállása*. Legfőképpen azért, mert nem csak a tervezés, de a megvalósulás is más hozzáállást követel. Sok esetben nincs lehetőség arra, hogy „nem baj, ha csúnya lesz, majd a vakolat, vagy a glettelés mindent eltakar”.

A példák sokszor kísérleti jellegűek vagy maguk az építészek voltak a megrendelők és építetők is egyben. Ez az újrahasznosított anyagok igényes alkalmazásának szempontjából ideális eset, de nem egy széleskörű felhasználást reprezentál. Viszont jó példaként állhatnak a megrendelők előtt, hiteles álláspontot tudnak képviselni a körkörös szemlélet mellett. Három szóval lehetne összegezni az újrahasznosítás elvei mentén épült házakat: környezet-, ember-, pénztárcabarát. Az szintén nyomós érv, hogy a szén-dioxid kibocsátás csökkentésével segítünk a (globális) környezeten (is). Az biztos, ha ennek a folyamatnak a gazdasági mutatóit nézzük, és azok azt mutatják, hogy olcsóbb egy ilyen épületet megvalósítani egy teljesen újjal szemben, akkor az szélesebb körben népszerűsíti az újrahasznosítást. Ezen túl pedig olyan szubjektív élmények sora adódik a megvalósítás folyamatához hozzá, ami megfizethetetlen. A megvalósult példák bizonyítják, hogy egy használt anyagokból készült ház nem csúnya, rossz állapotú épületet eredményez. *A használt anyagokba fektetett többletmunka és gondosság megjelenik* az építményen, ami miatt az szerethető lesz és különleges, nem utolsó sorban egyedi megjelenést kölcsönöz a háznak. A körkörös építészet szemléletével, a helyben talált építőanyagokból történő építkezés minden szinten erősebb kötődést képes kialakítani a ház, a helyszín és a megrendelő kapcsolati háromszögében.

²⁹² A településképi védelméről szóló 2016. évi LXXIV. törvény, 3. § (1) bekezdése.

²⁹³ oogskaart.nl – már nem működik; insideflows.org; cyclifier.org (A letöltés dátuma: 2021.12.01.).

A fenti példák igazolják, hogy számos esetben a megrendelői oldalról jelentkezik az igény, amely alapján elvárás az *újrahasznosított anyagokkal való tervezés és kivitelezés*. Szükséges és indokolt tehát, hogy a célok elérése érdekében ez az igény szélesebb megrendelői bázis részéről is kialakuljon, és a megrendelői igény esetében erőteljesebben megfogalmazódjon a hulladékhasznosítás fontossága.

3.2. Nemzetközi benchmark²⁹⁴

A nemzetközi kitekintés során első sorban a hazánkkal egy régióba eső, Európai Unió tagországok újrahasznosítási és hulladékkezelési volumenét és gyakorlatait tekintjük végig. A vizsgált időszak 2010-2018, melyen belül szemügyre vehetők egyes anyagkezelési és kezelési volumenek változásai.

1) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Ausztriában

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Ausztriában²⁹⁵

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	5.908.180	92
2012	6.285.962	92
2014	9.160.040	94
2016	10.009.516	88
2018	10.548.788	90

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Az összes keletkezett hulladék több mint harmadát a beton törmelék teszi ki az országban. Az építési-bontási hulladék 87% százalékát hasznosították újra 2013-ban. 2018-ra ez az érték 90 %-ra emelkedett.²⁹⁶ Az osztrák szövetségi tartományok adatai szerint jelenleg mintegy 418 létesítmény áll rendelkezésre a hulladék feldolgozására.²⁹⁷

2) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Belgiumban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Belgiumban²⁹⁸

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	123.515	17
2012	243.167	18
2014	222.219	32
2016	472.985	95
2018	585.408	97

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

²⁹⁴ A 3.2. alfejezet Lekics Gábor építészmérnök, épületszerkezeti konstruktőr, okleveles létesítménymérnök, épületenergetikai szakmérnök írása.

²⁹⁵ EUROSTAT: Treatment of waste by waste category, hazardousness and waste management operations – Mineral waste from construction and demolition. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASTRT_custom_1978778/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

²⁹⁶ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

²⁹⁷ Construction and Demolition Waste management in Austria V2 – September 2015. Deloitte.

²⁹⁸ EUROSTAT: Treatment of waste by waste category, hazardousness and waste management operations – Mineral waste from construction and demolition. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/view/ENV_WASTRT (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

Az elmúlt évtizedben jelentős fejlődésen ment át a hulladékhasznosítási szektor. Míg 2012-ben a keletkezett hulladékok csupán 18%-a került feldolgozásra, addig 2018-ra ez az érték 97%-ra emelkedett.²⁹⁹ 4 inert hulladéklerakója és 50 mobil létesítmény működött Flandriában 2013-ban. 242 darab inert építési hulladék válogatására/újrahasznosítására és bontására jogosult vállalat került bejegyzésre, de közülük csak 150 építőipari vállalkozó van, aki el tudja tárolni a hulladékát. 28 darab aszfalt- és betonüzem foglalkozik építési és bontási hulladék felhasználással a gyártás során.³⁰⁰

3) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Bulgáriában

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Bulgáriában³⁰¹

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	48.877	62
2012	487.036	12
2014	682.013	96
2016	611.674	90
2018	525.966	24

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Bulgária 2012-ben 12%, míg 2018-ban 24%-ban hasznosította újra az építési-bontási hulladékokat. Azonban időnként jelentős kiugrások tapasztalhatók, 2014-ben elérték a 96 %-os szintet is.³⁰² Ennek hátterében az országban zajló nagy volumenű beruházások anyagfelvétele (például metróépítés) áll. A 2013. szeptemberi adatok azt mutatják, hogy az országban 12 települési építési hulladéklerakó található.³⁰³

4) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Cipruson

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Cipruson³⁰⁴

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	160.251	0
2012	138.221	60
2014	111.232	38
2016	187.343	57
2018	219.631	64

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

²⁹⁹ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁰⁰ Screening template for Construction and Demolition Waste management in Belgium V2 – September 2015. Deloitte

³⁰¹ Lásd EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁰² EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁰³ Construction and Demolition Waste management in Bulgaria. Deloitte.

³⁰⁴ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

2012-ben a keletkezett mennyiség 60%-át, míg 2018-ban 64%-át hasznosították újra. Azonban 2010-ben 0 %-át dolgozták fel, így jelentős a növekedés ezen a téren.³⁰⁵

Cipruson két engedélyezett építési-bontási hulladék-kezelő létesítmény található, és egy további átmenetileg üzemben kívül.³⁰⁶

5) Az építési-bontási hulladékok újrahasonosítása Csehországban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Csehországban³⁰⁷

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasonosított anyagok aránya (%)
2010	2.986.424	91
2012	3.502.831	91
2014	3.583.425	90
2016	4.893.384	92
2018	7.411.884 (részadat)	-

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Csehország az elmúlt évtizedben jellemzően magas fokon folytatta a keletkezett építési-bontási hulladék újrahasonosítását. 2010-2012 közötti időszakban 91 %, 2014-ben 90 %, 2016-ban 92% volt ez az érték.³⁰⁸ A fejezet írásakor 298 hulladéklerakó működik az építési-bontási hulladék számára Csehországban. A legtöbb városban rendelkezésre állnak építési-bontási hulladék-újrahasonosító létesítmények. Azonban a vidéki területeken általában nincs ilyen létesítmény, ezért a vidéki területek építési projektjei gyakran választják a legközelebbi hulladéklerakók nyújtotta lehetőséget.³⁰⁹

6) Az építési-bontási hulladékok újrahasonosítása Dániában

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Dániában³¹⁰

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasonosított anyagok aránya (%)
2010	2.188.962	-
2012	2.743.145	91
2014	3.297.001	92
2016	3.471.625	90
2018	4.090.287	97

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

³⁰⁵ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁰⁶ Construction and Demolition Waste management in Cyprus V2 – September 2015. Deloitte.

³⁰⁷ Lásd EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁰⁸ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁰⁹ Construction and Demolition Waste management in Czech Republic V2 – September 2015. Deloitte.

³¹⁰ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

Dánia nagy hangsúlyt fektet a magas szintű újrahasznosításra, ez elmúlt 10 évben 90 és 97% között ingadozott ennek mértéke. Teszik mindezt úgy, hogy előrejelzéseik szerint 2012 és 2030 között várhatóan 47%-kal növekszik az építési-bontási hulladék mennyisége.³¹¹ Az országban jelenleg 39 építési bontási hulladéklerakó működik. Ezen kívül a magáncégek saját hulladéklerakókat üzemeltethetnek a saját maguk által termelt hulladékok ártalmatlanítására.³¹²

7) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása az Egyesült Királyságban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége az Egyesült Királyságban³¹³

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	53.018.460	96
2012	49.817.511	96
2014	56.175.681	96
2016	60.336.741	96
2018	61.700.534	98

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Az országban a 2010-es 96 %-ról 98%-ra nőtt az bontott, illetve újrahasznosított hulladék mértéke 2018-ra.³¹⁴

Az Egyesült Királyságban 27 hulladékkezelési telephely található.

Az égetéssel kezelt hulladékot égetőművekben hővé alakítják, ezekből összesen 87 darab működik, 8,38 millió tonna éves kapacitással. Újrahasznosító telephelyekből összesen 3.542 működött a vizsgált időszakban. Hulladéklerakó 594 helyen működik, 633 millió m³ befogadó kapacitásban állt rendelkezésre.³¹⁵

8) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Észtországban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Észtországban³¹⁶

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	608.427	96
2012	543.081	96
2014	724.210	98
2016	509.531	97
2018	1.026.665	95

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

³¹¹ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³¹² Construction and Demolition Waste management in Denmark V2 – September 2015. Deloitte.

³¹³ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³¹⁴ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³¹⁵ Construction and Demolition Waste management in United Kingdom V2 – September 2015 (revised 27/1/16). Deloitte.

³¹⁶ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

Észtország 2013-ban elérte a 87%-os hasznosítási arányt, sőt 2018-ra ez már 95%-on állt.³¹⁷ Ez nagyon magas hasznosítási arány, ami azt jelenti, hogy az Észtországban keletkezett építési-bontási hulladék mennyiségét javarészt így vagy úgy hasznosítják, és így eltérítik a hulladéklerakóktól. A Környezetvédelmi Minisztérium tájékoztatása szerint eddig az ásványi építési-bontási hulladék nagy részét visszatöltési műveletekre (régii kőbányák rekultivációja, építési munkák során történő felhasználás stb.) használják. Ez azt jelenti, hogy a 91%-os visszanyerési arány nagy része visszatöltésből áll. Észtországban 2011-ben hat nem veszélyes hulladéklerakó működött. Az építési-bontási hulladék egyetlen lerakóhelye nem veszélyes hulladékok lerakója, nem pedig inert hulladéklerakó. A tallinni egy korábbi agyagbánya helyén található, és főleg építési és bontási tevékenységekből származó hulladékkal töltik fel. Az egyetlen inerthulladék-lerakó kizárólag az olajpala bányászatból származó inert ásványi hulladékot fogadja be.³¹⁸

9) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Finnországban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Finnországban³¹⁹

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	24.787.784	5
2012	4.370.197	12
2014	1.727.279	83
2016	2.057.185	87
2018	1.213.288	74

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

A skandináv országban gyors ütemben futott fel az építési-bontási hulladék újrahasznosítás volumene. 2010-ben mindössze 5% volt, 2012-ben 12%, 2014-re ez már 83%-ra nőtt., 2018-ban az összes mennyiség 74 %-át tette ki.³²⁰ A hulladékkezelésre vonatkozó hivatalosan közzétett adatok nem tesznek különbséget azon gazdasági tevékenység között, ahol a hulladék keletkezik. A Finn Statisztikai Hivatal azonban 2013-ban adott ki jelentést a 2011-es lakásépítésről. Összességében 1,7 millió tonna lakásépítés során keletkezett hulladékot használtak fel vagy szállítottak el hasznosítás céljából 2011-ben. A hasznosításra felhasznált vagy kezelt ásványi hulladék összege 1,3 millió tonna, a fémhulladék pedig 100 000 tonna volt. Az energiatermelés 250 000 tonna építési fahulladékot használt fel. Körülbelül 250 000 tonna építési hulladék került a hulladéklerakókra. 2011-ben az építési hulladék teljes mennyisége 2,2 millió tonna volt. A számok nem tartalmazzák az építkezés során keletkező talajhulladékot és kotrási szennyezést.³²¹

³¹⁷ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³¹⁸ Construction and Demolition Waste management in Estonia V3 – September 2015. Deloitte.

³¹⁹ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³²⁰ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³²¹ Construction and Demolition Waste management in Finland V3 – September 2015. Deloitte.

10) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Franciaországban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Franciaországban³²²

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	65.061.585	66
2012	61.818.603	66
2014	60.551.785	71
2016	63.998.536 (becsült)	71 (becsült)
2018	68.965.855	73

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

A 2010-es 66%-os újrahasznosítási és hasznosítási arányt jelent. 2018-ban az EUROSTAT szerint az összesített arány már 73%.³²³2006-ban még csak körülbelül 12 létesítmény foglalkozott inert hulladékok újrahasznosításával. 2012-re Franciaországban már 16 gépesített válogatósor működött. Ezen válogatósorok kezelési kapacitása kb. 800Kt nem veszélyes hulladék (a nem veszélyes hulladék összmennyisége megközelíti a 14Mt-t, melynek 50%-a vegyes hulladék).³²⁴

11) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Görögországban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Görögországban³²⁵

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	1.544.754	0
2012	604.369	0
2014	140.112	0
2016	138.099	88
2018	718.860 (ideiglenes)	97 (ideiglenes)

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

2012-ben mintegy 815 ezer tonna építési-bontási hulladék keletkezett Görögországban, amelyből csak 2,7 ezer tonnát sikerült visszanyerni (beleértve a visszatöltést is), míg a többit hulladéklerakókba szállították. A veszélyes építési-bontási hulladékot (azbesztet) megfelelő kezelés céljából Németországba exportálják. Görögországban nem léteznek inert építési-bontási hulladék hulladéklerakók. Többnyire általános célú hulladéklerakók vannak, amelyek a veszélyes hulladék

³²² Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³²³ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³²⁴ Construction and Demolition Waste management in France V2 – September 2015. Deloitte.

³²⁵ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

kivételével mindenféle hulladékot fogadnak. 2013-2020 között 13 új hulladéklerakó kialakítását tervezték inert építési-bontási hulladék számára Görögország területén.³²⁶ Ezek kialakítása megkezdődött, 2016-tól 88-97% volt az építési-bontási hulladék feldolgozási aránya.³²⁷

12) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Hollandiában

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Hollandiában³²⁸

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	20.079.722	100
2012	19.420.519	100
2014	18.892.255	100
2016	19.409.926	100
2018	20.189.875	100

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Hollandia az elmúlt évtizedben 100%-os arányban hasznosította újra az építési-bontási hulladékokat.³²⁹ Az építési-bontási hulladék újrahasznosítási szektor szervezete 65 feldolgozó üzemet számlál. Ezek főként újrahasznosító (törő és válogató) cégek. Új hulladéklerakó helyek megvalósítása jelenleg nincs folyamatban, mivel elegendő kapacitás áll rendelkezésre.³³⁰

13) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Horvátországban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Horvátországban³³¹

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	44.352	2
2012	250.193	51
2014	287.439	69
2016	450.954	76
2018	305.411	78

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

³²⁶ Construction and Demolition Waste management in Greece V2 – September 2015. Deloitte.

³²⁷ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³²⁸ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³²⁹ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³³⁰ Screening template for Construction and Demolition Waste management in The Netherlands V2 – September 2015. Deloitte.

³³¹ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

2010-ben a teljes mennyiség csupán 2%-át kezelték újrahasznosítás céljából, majd ez fokozatosan 2018-ra 78%-os arányra növekedett.³³² Zágráb városában, 2009 óta három újrahasznosító központban gyűjtenek az építési-bontási hulladékot a lakosságtól. Elsőként, kizárólag építési-bontási hulladék újrahasznosítására szolgáló létesítményként a Prudinec-Jakuševac (Zágráb) hulladéklerakó 2006 júniusában kezdte meg működését. A létesítmény építési-bontási hulladék újrahasznosítási kapacitása 80 000 t/év volt. Ehhez csatlakoztak a további feldolgozó üzemek az elmúlt években, jelenleg 5 ilyen üzem működik.³³³

14) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Írországbán

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Írországbán³³⁴

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	458.963	97
2012	286.405	100
2014	398.461	100
2016	444.150	96
2018	877.569	100

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Az országban 96-100 %-os mértékben folyt az építési-bontási hulladékok hasznosítása.³³⁵ Írországbán jelenleg nyolc hulladéklerakó van feljogosítva arra, hogy ártalmatlanításra fogadjanak nem veszélyes vagy inert építési-bontási hulladékot. Összesített teljes fennmaradó engedélyezett kapacitásuk a becslések szerint 14 829 000 tonna, a fennmaradó feldolgozó kapacitás pedig 2 043 760 tonna.³³⁶

15) Lengyelország

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Lengyelországban³³⁷

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	3.173.454	93
2012	3.016.359	92
2014	5.109.453	96
2016	3.730.719	91
2018	4.354.088	84

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

³³² EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³³³ Screening template for Construction and Demolition Waste management in Croatia V2 – September 2015. Deloitte.

³³⁴ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³³⁵ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³³⁶ Construction and Demolition Waste management in Ireland V2 – September 2015. Deloitte.

³³⁷ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

2012-ben Lengyelország hivatalosan összesen 3 016 359 tonna építési és bontási ásványi hulladék keletkezéséről számolt be. A fenti táblázatból látható, hogy ennek mennyisége széles határok között mozog.³³⁸ Érdekesség, hogy 2018-ra a korábbi 91-96%-ról 88%-ra esett vissza az újrahasznosítás aránya.

16) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Lettorszáiban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Lettorszáiban³³⁹

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	146.712	-
2012	155.323	-
2014	113.431	92
2016	112.528	98
2018	396.407	97

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Az EUROSTAT számára csupán 2014-től szolgáltatnak adatokat az újrahasznosítás mértékét illetően, ám ekkortól 92-98%-ra tehető az újrahasznosítási arány.³⁴⁰

Tizenegy szabályozott lerakó nem veszélyes hulladékok, két lerakó pedig veszélyes hulladékok számára áll szolgálatban.³⁴¹

17) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Litvániában

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Litvániában³⁴²

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	320.869	73
2012	457.263	88
2014	575.433	92
2016	764.791	97
2018	661.381	99

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

³³⁸ Construction and Demolition Waste management in Poland V2 – September 2015. Deloitte.

³³⁹ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁴⁰ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁴¹ Construction and Demolition Waste management in Latvia V2 – September 2015. Deloitte.

³⁴² Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

2010-ben a nem veszélyes hulladékok 73%-át újrahasznosították, 15,5%-a visszatöltésre került. A fennmaradó 11,5% pedig lerakókban került elhelyezésre. 2018-ra a keletkezett anyagmennyiség közel 100% újrahasznosításra került. A lerakók számáról és típusairól nem áll rendelkezésre információ. ³⁴³

18) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Luxemburgban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Luxemburgban³⁴⁴

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	539.297	98
2012	539.297	99
2014	539.297	98
2016	539.297	100
2018	539.297	99

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

A táblázatban vizsgált időszakban az építési-bontási hulladékok 98-100%-a került újrafelhasználásra. 2010-ben a regionális inerthulladék-lerakók országos hálózata 11 lerakót foglalt magában. ³⁴⁵

19) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Máltán

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Máltán³⁴⁶

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	756.585	16
2012	507.563	100
2014	788.308	100
2016	1.030.298	100
2018	1.759.923	100

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Máltán nincsenek inert hulladéklerakók, mivel az inert építési-bontási hulladékot a kimerült kőbányák helyreállítására használják visszatöltési műveletek révén. Az egyéb építési-bontási anyagokat pedig újrahasznosításra exportálják. ³⁴⁷

³⁴³ Construction and Demolition Waste management in Lithuania V2 – September 2015. Deloitte.

³⁴⁴ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁴⁵ Construction and Demolition Waste management in Luxembourg V2 – September 2015. Deloitte.

³⁴⁶ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁴⁷ Construction and Demolition Waste management in Malta V2 – September 2015. Deloitte.

20) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Magyarországon

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Magyarországon³⁴⁸

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	2.374.434	61
2012	1.923.520	75
2014	2.415.994	86
2016	2.580.731	99
2018	3.478.197	99

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

2013-ban az építési-bontási hulladék 19%-a került lerakásra Magyarországon (709 000 tonna), ami 29%-os csökkenést jelent 2009-hez képest. 2004-ben az összes nem veszélyes építési-bontási hulladék körülbelül 91%-a került lerakásra. 2016-ra már 99% volt az EUROSTAT felé jelentett hulladékok újrahasznosításának aránya.³⁴⁹

A magyarországi építési-bontási hulladék újrahasznosítási, illetve hasznosítási szolgáltatók többnyire előkezelési tevékenységet végeznek. A legnagyobb üzemeltetők Bodrogkeresztúr, Eger és a budapesti agglomeráció területén vannak. A kiadott engedélyek száma körülbelül 100 darab. A mobil újrahasznosító, illetve visszanyerő létesítmények használata magas.³⁵⁰

21) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Németországban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Németországban³⁵¹

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	74.824.387	95
2012	75.561.613	94
2014	76.384.581	(nem nyilvános)
2016	83.796.189	(nem nyilvános)
2018	83.042.460	93

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Az uniós statisztikák szerint az újrahasznosítási ágazat 93-95%-os arányban dolgozza fel a keletkezett építési-bontási hulladékot.³⁵²

2010-ben Németország 2073 különböző építési-bontási hulladék-kezelő létesítményt számlált, amelyek 30%-a Bajorországban volt.³⁵³

³⁴⁸ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁴⁹ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁵⁰ Construction and Demolition Waste management in Hungary V2 – September 2015. Deloitte.

³⁵¹ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁵² EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁵³ Construction and Demolition Waste management in Germany V2 – September 2015. Deloitte.

22) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Olaszországban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Olaszországban³⁵⁴

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	31.130.088	97
2012	30.865.123	97
2014	31.389.371	97
2016	34.092.663	98
2018	40.364.355	98

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

A hasznosító üzemek száma nem ismert pontosan, ám 97-98%-os hatékonysággal működnek.³⁵⁵ Az összes hulladéklerakó 404 darab, ebből inert hulladék számára fenntartott lerakó 186 darab.³⁵⁶

23) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Portugáliában

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Portugáliában³⁵⁷

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	526.638	58
2012	576.904	84
2014	503.805	95
2016	879.274	97
2018	935.368	93

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

A feldolgozási arány az utóbbi években 93-97% volt.³⁵⁸ Az egyes feldolgozóüzemek által kezelt anyagtípusok az alábbi táblázatban szerepelnek.

³⁵⁴ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁵⁵ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁵⁶ Construction and Demolition Waste management in Italy V2 – September 2015. Deloitte.

³⁵⁷ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁵⁸ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

Az építési-bontási hulladékok kezelésére szakosodott üzemek Portugáliában³⁵⁹

Kód	Megnevezés	Üzemek száma
17 01	Beton, téglá, csempe és kerámia	17
17 02	Fa, üveg és műanyag	7
17 03	Bitumenes keverékek, kőszénkátrány és kátrányos termékek	8
17 04	Fémek (beleértve ötvözeteiket is)	6
17 05	Talaj (beleértve a szennyezett területekről kitermelt talajt), kövek és kotrási szennyeződés	13
17 06	Azbeszt tartalmú építőanyagok és szigetelések	4
17 08	Gipsz alapú termékek	6
17 09	Egyéb építési-bontási hulladékok	17

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

24) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Romániában

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Romániában³⁶⁰

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	881.671	47
2012	787.277	67
2014	657.901	65
2016	1.156.358	85
2018	585.992	74

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Jelenleg nagyon kevés hulladéklerakó található inert építési-bontási hulladék számára. Ennek nagy részét kommunális hulladéklerakókban vagy illegálisan helyezik el.³⁶¹

³⁵⁹ Construction and Demolition Waste management in Portugal V2 – September 2015. Deloitte.

³⁶⁰ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁶¹ Construction and Demolition Waste management in Romania V2 – September 2015. Deloitte.

25) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Spanyolországban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Spanyolországban³⁶²

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	11.383.724	65
2012	27.393.121	84
2014	7.097.160	70
2016	9.148.448	79
2018	14.495.808	75

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Spanyolországi tisztítótelepek, átrakóállomások és engedélyezett hulladéklerakók hálózata az egész országot lefedik. Ennek eredményeként 70-80% a kezelt építési-bontási hulladékok aránya.³⁶³

26) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Svédországban

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Svédországban³⁶⁴

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	801.565	78
2012	627.599	81
2014	1.017.767	55
2016	1.480.338	61
2018	1.254.820	90

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Svédországban 30 darab hulladéklerakó található inert építési-bontási hulladék számára. A lerakók kapacitása várhatóan csökkenni fog, mivel nem terveznek új hulladéklerakókat Svédországban.³⁶⁵

³⁶² Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁶³ Construction and Demolition Waste management in Spain V2 – 31/08/2015. Deloitte.

³⁶⁴ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁶⁵ Construction and Demolition Waste management in Sweden V2 – September 2015. Deloitte.

27) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Szlovákiában

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Szlovákiában³⁶⁶

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	499.762	-
2012	435.228	-
2014	435.389	54
2016	408.993	54
2018	354.486	51

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

2012-ben Szlovákiában 17 inert hulladéklerakó működött. 89 hulladéklerakó volt nem veszélyes, 12 pedig veszélyes hulladék számára.³⁶⁷ A hasznosítási arány 50% körül mozog.³⁶⁸

28) Az építési-bontási hulladékok újrahasznosítása Szlovéniában

Az építési-bontási hulladékok keletkezett mennyisége Szlovéniában³⁶⁹

Év	Összes keletkezett építési-bontási hulladék (tonna)	A keletkezett mennyiségből újrahasznosított anyagok aránya (%)
2010	686.217	94
2012	312.540	92
2014	524.347	98
2016	596.321	98
2018	1.012.160	98

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Szlovéniában 71 olyan üzem működik, amely legalább egy fajta építési-bontási hulladékot kezel, határfokuk a vizsgált időszakra vonatkozóan 97-98%.^{370 371}

³⁶⁶ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁶⁷ RE4: Slovakia: Legal Framework – Waste Management Plans and Strategies.

³⁶⁸ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁶⁹ Lásd: EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

³⁷⁰ Construction and Demolition Waste management in Slovenia V2 – September 2015. Deloitte.

³⁷¹ EUROSTAT: Recovery rate of construction and demolition waste
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

3.3. Legjobb építési-bontási, újrahasznosítási gyakorlatok bemutatása³⁷²

Ebben a fejezetben az egyes építési termékek és építőanyagok területén jellemző újrahasznosítási gyakorlatokat mutatjuk be, valamint két esettanulmány bemutatásával ezek komplex alkalmazásával elérhető előnyöket is érzékeltetjük.

1) Az aszfalt újrahasznosítása

Jelen alfejezetben azokat a hasznosítási eljárásokat mutatjuk be, melyek az építőiparban használt kőolajszármazékok felhasználásával előállított termékek újrahasznosításában hatékony megoldást jelentenek.

a) Aszfalt burkolatok

Az aszfalt termékek újrafelhasználása bevett gyakorlat az utépítésben. Erről Ütügyi Műszaki Előírások fogalmazznak meg alapvető követelményeket. Az utépítési és útrekonstrukciós feladatok során felmarrt aszfaltok *szemmagyságát és kötőanyag tartalmát* minden esetben vizsgálati úton kell meghatározni, valamint származási helye szerint kell azonosítani a későbbi beépítés során.³⁷³

A felmarrt aszfalt építéshelyszínen való visszadolgozására a melegremix eljárást alkalmazzák. A felmarrt anyag összetétele és tulajdonságai mentén határozzák meg, hogy hozzáadott anyag nélkül dolgozzák fel az újbóli beépítés során, vagy szükséges bitumen vagy zúzott kőtermék hozzáadásával történő teljesítményjavítás.³⁷⁴

b) Bitumenes vízszigetelés újrahasznosítása

A Derbigum vállalat 1990 óta foglalkozik elhasználdott bitumenes vastag és vékonylemez vízszigetelések újrahasznosításával. A hasznosítás során kinyert alapanyagot pedig saját termékeinek gyártása során fel is használja. Az *üvegszövetre* kasírozott modifikált bitumenes szigetelő lemez termékeik 25-30 %-ban tartalmaznak épületbontásokon és kivitelezéseken keletkezett vágási hulladékokból származó alapanyagot. Emellett a Derbigum NT névre hallgató szigetelés teljes mértékben újrahasznosítható, ezáltal életútja végén újra visszakerül a gyártásba.

Mint minden újrahasznosítási eljárásnál, úgy itt is a bemenő anyag, azaz a hulladék tisztasága az első fontos paraméter. Erre vonatkozóan a vállalat hosszútávú stratégiát fektetett le, miszerint minden 1.500 m² feletti tetőfelületre, melyet saját termékeivel fednek, visszavételi garancialevelet állít ki. Ezzel tehát biztosítja, hogy ismert tulajdonságú anyagot tud visszaforgatni a gyártási folyamatba, az építetők és beruházók pedig biztosak lehetnek abban, hogy nem kell veszélyes hulladékként kezelni az épület felújítása vagy bontása során a lapostető szigetelő rendszer elemeket. Fenti módszerrel a nyersolaj igény is csökken a gyártás során, így javítva tovább a termék környezeti szempontjait.³⁷⁵

2) A fa újrahasznosítása

Jelen fejezetben azokat a hasznosítási eljárásokat mutatjuk be, melyek az építőiparban használt faanyagok felhasználásával előállított termékek újrahasznosításában hatékony megoldást jelentenek.

³⁷² A 3.3. alfejezet Lekics Gábor építészmérnök, épületszerkezeti konstruktőr, okleveles létesítménymérnök, épületenergetikai szakmérnök írása, kivéve a 10-es alpontot, ami Orbán Zoltán egyetemi docens írása.

³⁷³ e-UT 05.02.15 (ÚT 2-3.301-8) Utépítési aszfaltkeverékek. Visszanyert aszfalt. Utügyi Műszaki Előírás.

³⁷⁴ e-UT 05.02.55 (ÚT 2-3.709) Ut-pályaszerkezeti aszfaltrétegek helyszíni újrafelhasználása melegremix eljárással.

³⁷⁵ <https://norooftowaste.be/fr/processus-de-recyclage/> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.).

a) Szerkezeti fa

Európa országaiban változó mértékben szerepel az újrahaznosítási vagy újrahazsnálati piacon a szerkezeti fa termékköre, illetve az alkalmazott fafajok is változatosak, igazodva az adott ország éghajlati viszonyaihoz és építési kultúrájához. A nagy faépítészeti hagyományokkal rendelkező országokban, gondolhatunk itt akár az Egyesült Államokra, de több európai ország is ide sorolható, *nagy hagyománya van a bontott faanyagok újbóli felhasználásának*. Hazánk templomainak, kastélyainak tetőszerkezetei is sok olyan esetről árulkodnak, amikor építésük idején, más elbontott faszervezetek elemeit használták újra kivitelezésük során. A faanyagok, megfelelő környezetben és védettség esetén akár több 100 évig is ellátják funkciójukat. Amennyiben nedvességtől és rovar vagy gombakárosítóktól védett helyen alkalmazzuk ezeket, úgy lehetőség nyílik az építmény bontása után eredeti funkciójukban való hasznosításukra. Ebben az esetben, viszont műszaki és geometriai paramétereikben is ki kell elégíteniük az új szerkezeti elemekre vonatkozó követelményeket. A szerkezeti fa harmonizált szabvánnyal rendelkezik, tehát Európai Unió szinten vonatkoznak rá egyazon követelmények.

Az EN 14081-1:2016+A1:2019 szabvány rögzíti azokat az előírásokat, és a szükséges vizsgálatokat, melyek alapján minősíthető további felhasználás szempontjából.³⁷⁶ Magyarországon és Európa jelentős részén túlelű fajták adják az építési fatermékek jelentős hányadát.

Ugyanakkor történeti tetőszerkezeteknél találkozhatunk lombos fafajokkal is, mint például a tölgyfával. Az *újrahazsnálatt szempontjából minősített fa* felhasználható födémek gerendáiként, oszlopokként, szarufa és szelemen elemekként egyaránt. Amennyiben tartószerkezeti szerep betöltésére már nem alkalmas az adott elem, de állapotát tekintve megfelelő, azaz fertőzésmentes, úgy burkolatként, vagy bútor alapanyagként is felhasználható. Ehhez szükség lehet gyalulásra, több darabba történő felvágásra, vagy egyéb átalakításra.

A lécek, deszkák, pallók visszabontás után szintén osztályozandók. Amennyiben állapotuk megengedi, úgy újbóli felhasználásukra lehetőség van. A rövid, sérült, vagy elégtelen keresztmetszetű elemek további hasznosításának jó példája a rétegelt ragasztott tartók gyártása, amelynél jellemzően rövidebb elemek, hossz- és keresztmetszeti toldásával, ragasztás útján hoznak létre gerenda, palló vagy lemez termékeket. Ennek termékkövetelményeit az EN 14080 szabvány tartalmazza.³⁷⁷ Ennek keretén belül készülhetnek *tartószerkezeti elemek* lucfenyő, erdei- és vörösfenyő, egyéb fenyőfélék, nyárfa és cédrus felhasználásával egyaránt. Általánosságban elmondható, hogy a ragasztott termékek ára jelentősen meghaladja a fűrészelt tömör faanyagokét, ugyanakkor a 2021-es évben lezajlott fűrészáru drágulás megmutatta, hogy alternatívák után kell nézni. Hosszú távon is indokolt új megoldások keresése, mivel az éghajlat folyamatos változásával földrajzi környezetünkben eltűnőben vannak azok a fajok, melyek jelenleg az építőipari felhasználás jelentős részét teszik ki. A Soproni Egyetemen kutatás indult az olyan hazai fafajok kutatására, melyek alkalmasak rétegelt-ragasztott fatermékek előállítására.^{378 379}

Általános követelmény minden felhasznált faszervezeti elemmel kapcsolatban, hogy gondoskodni kell azok nedvességgel, illetve károsítókkal szembeni védelmükről. Ennek egyik formája a vegyi anyagokkal

³⁷⁶ MSZ EN 14081-1:2016+A1:2019 Faszervezetek. Szilárdság szerint osztályozott, téglalap keresztmetszetű szerkezeti fa. 1. rész: Általános követelmények. ICS: 79.040 Fa, fűrészipari rönk és fűrészáru. Megjelenés dátuma: 2019.12.01.

³⁷⁷ MSZ EN 14080:2013 Faszervezetek. Rétegelt-ragasztott fa és ragasztott tömör fa. Követelmények. ICS: 79.060.99 Egyéb fa alapanyagú lemezek. Megjelenés dátuma: 2013.11.01.

³⁷⁸ <https://www.epitesimegoldasok.hu/hazai-fafajokkal-lehetne-helyettesiteni-az-egyre-nehezebben-elrhető-import-fenyő-epuletfat.html> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.).

³⁷⁹ <https://www.epitesimegoldasok.hu/uj-magyar-megoldas-a-dragulo-illetve-hianyzo-fenyő-epuletfá-kivaltasara.html> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.).

történő favédelem kialakítása. Amennyiben viszont ökológiai szempontok alapján kerülni szeretnénk ezeknek a szereknek a használatát, egyéb módszerek is rendelkezésre állnak, ezekre hozunk pár példát lentebb.

b) *Faanyag tartósítás*

A faanyag tartósítására régóta ismert eljárás a faanyag hőkezelése. A technológiai eljárást Finnországban kísérletezték ki az 1990-es években. Elsősorban a nedvességfelvétel csökkentése és a farontó gombáknak és rovaroknak való ellenállás javítása volt a fő cél. A *vegyszermentes folyamatot* egyes gyártók 215 °C-os hőmérsékleten, száraz gőzzel telített kamrában végzik.³⁸⁰

A *hőkezelés* önmagában egy olyan modifikálási eljárás, mely során a nedvességtartalom szintjét olyan alacsonyra viszik le, hogy az a faanyag károsítói számára már ne biztosítsa a működésükhöz szükséges körülményeket. A kezelés akkor lehet eredményes, ha a faanyag teljes keresztmetszetében sikerült a kívánt hőfokra felvinni a hőmérsékletet. A kezelés időtartama szintúgy fontos tényező, ám ennek során ügyelni kell a fokozatos és egyenletes hőmérséklet emelésre. Az előmelegítéssel kiküszöbölhetjük a faanyag nemkívánt repedéseinek megjelenését. A kezelés során a nedvesség távozásával a sejtfal degradálódik, illetve a faanyag színében is több árnyalatnyi sötétedés figyelhető meg. A hőkezelés előnyei mellett tekintettel kell lennünk arra, hogy a kezelés során lejátszódó folyamat a faanyagot ridegbbé teszi, illetve annak tömege és szilárdsága is csökken.

A Soproni Egyetem 2021-es kutatása³⁸¹ e kedvezőtlen szilárdságvesztés csökkentésére vállalkozott. A vizsgálatok során a *hőkezeléssel együttesen alkalmazott paraffinnal való telítés* hatásait értékelték. A telítési eljárások lényege, hogy valamely folyadékot nagy nyomású zárt kamrában belepréselnek a kezelésre behelyezett faanyagba. A faanyag tulajdonságai és a telítés időtartama, valamint nyomása figyelembevételével választják meg a megfelelő technológiát, melynek célja, hogy az anyag teljes keresztmetszetében lejátszódjon a telítődés. A faanyag sűrűsége, nedvességtartalma, keresztmetszeti méretei és szövetszerkezete alapvetően meghatározza telítődési paramétereit. A lombos anyagok ezért könnyebben telíthetők a tűlevelű fákhoz képest.

A kutatás során paraffin viaszt alkalmaztak, mely 47-64 °C-on kezd olvadni, sűrűsége pedig 0,9 g/cm³. A paraffin hőtároló képessége jó, ezért gipszkarton termékek gyártásánál is használják, hogy javítsák a táblák hőtároló képességét. Ezt a tulajdonságot kihasználva a beltérben alkalmazott faanyagburkolatok hőkapacitását emelhetjük. A *faanyag méretváltozásai* elsősorban a felvett nedvesség hatására játszódnak le az anatómiai irányokban eltérő mértékben. A vizsgálatok során bükk és fenyő anyagok telítését és hőkezelését végezték el, 180 és 200 °C-os hőmérsékleten. Mint fentebb említésre került, a hőkezelést fokozatosan emelték a hősokk elkerülése végett.

A kísérletek bemutatták, hogy a faanyag hőkezelésével a faanyag tartóssági tulajdonságai jól javíthatók, a technológia alkalmazásával biológiai károsítókkal szemben kevésbé ellenálló faanyagok is tartósíthatók.

³⁸⁰ <https://finnfatelep.hu/mi-az-hokezelt-fa/> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.).

³⁸¹ KELEMEN Norbert – NÉMETH Róbert – BÁDER Mátyás (2021): *Paraffinnal telített és hőkezelt faanyagok vizsgálata 1-6. rész*, Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet. 83-121.; RÉTFALVI Tamás (szerk.) (2021): „*Termeljünk együtt a természettel!- Az agrárerdészt, mint új kiterjesztési lehetőség*” Projektzáró tanulmánykötet, Soproni Egyetem kiadó, 914.

c) Kompozit termékek előállításához felhasználható fahulladék

A fahulladék feldolgozására szolgáló berendezések közé tartoznak aprítógépek, darálók, mágneses szeparátorok és különféle szitarendszerek. Az ipari melléktermék fa újbóli felhasználását ipari méretekben adaptálták a *forgácsolóiparban és a faalapú kompozitok gyártásában*. Az építési-bontási hulladék fa nagyarányú újrafelhasználása nem gyakori annak változó minősége és kínálata miatt. A bontott fában lévő szennyeződések közé tartozhat a festékből származó ólom vagy nehézfémek, például az arzén, a króm és a réz. A jelenlegi gyakorlat szerint a szennyezett újrahasznosított fát speciális létesítményekben égetik el, ahol a keletkező füstgázokat megtisztítják, majd a hamut biztonságosan lerakják.

Ökológiai szempontból előnyösebb felhasználási mód, ha a faaprítékot *Wood-Plastic Composite - Fa-műanyag kompozit* (a továbbiakban: WPC) gyártásához alkalmazzuk. A felhasználás során a fahulladékot először megszáritják, majd megfelelő méretűre őrölik. Ez azonban megnöveli a feldolgozás költségeit, emiatt jellemzően csak tiszta, kezeletlen farost anyagot használnak a kompozitgyártáshoz.

Olyan fröccsöntött elemek, mint például az elektromos burkolatok, a csomagolások és egyes épületszerkezetekhez használt anyagok is gyakran WPC-kből készülnek. A cellulóz szálakat a műanyag merevségének javítására használják, és alacsony költségük miatt töltőanyagként használják. A cellulóz szálak hidrophil természete káros hatással van a szálak a hidrofób műanyag mátrixhoz való tapadására, ami gyakran rossz szilárdsági tulajdonságokat és szálkihúzóerőt eredményez nagy terhelés esetén. Bár az újrahasznosított fahulladék kompozitokban való felhasználása nem általános ipari gyakorlat, kísérletek történtek ennek az anyagnak a felhasználására új termékek, például, falpanelek, akusztikai akadályok, terasz- és padlóburkolatok és kültéri bútorok gyártására. A fa és más lignocellulóz tartalmú *töltőanyagok lebomlási hőmérséklete* körülbelül 200 °C, ami határt szab a feldolgozási módszereknek és más anyagokkal való kombinációknak. Az újrahasznosított anyagok akár 20%-a is hozzáadható adalékanyagok nélkül, hogy könnyebb és kellően jó mechanikai tulajdonságokkal rendelkező termékeket készítsenek. A farostok hozzáadása a hővezető képességet is csökkentette, ami szintén kedvező tulajdonság.³⁸²

3) A fémek újrahasznosítása

A bontási folyamatok során kinyert fémeket a legtöbb esetben a gyártási folyamat során vezetik vissza az új termékek előállítási folyamataiba. Az acélszerkezeti elemek, betonacél betétek könnyedén külön szeparálhatók, illetve erre szakosodott hulladékátvevő telepeken tömegmérés alapján díjazás ellenében leadhatók.

a) Kompozit termékek előállításához felhasználható fémhulladék

A fémek újrahasznosítási aránya az építési-bontási hulladékok közül a legmagasabb a jól fejlett piacok és a viszonylag könnyű szétválasztás miatt. Mivel a fémtermékek élettartama hosszú, az építőanyag-ipar kezdete óta a fémek felhalmozódása tapasztalható. A bontási hulladékban lévő fém becsült mennyisége általában a teljes térfogat 1–4%-a. Az építőipari fémhulladékok fő összetevői az acél, alumínium és réz. Amikor a fémhulladék-konténereket a feldolgozó létesítménybe szállítják, a fémeket manuálisan vagy mágnesesen szétválasztják, és előkészítik aprításra és méretezésre. Ezt követően a

³⁸² SORMUNEN Petri – KARKI Timo (2019): Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. *Journal of Building Engineering*, 24. 100742. 6-7.

sűrűségi és örvényáramú elválasztások kombinációjával válogatják szét az előző szakaszokon visszaradott színesfémeket. A hasznosított hulladékot közvetlen adják el a kereskedőknek vagy a fémiparnak, ahol megolvasztják, és ötvözés, illetve utófeldolgozás után új tömböt vagy lemezt készítenek belőle. Az EU-ban a vas-, acél- és alumíniumhulladékok felhasználását a 333/2011. számú, élettartam végére vonatkozó tanácsi rendelet szabályozza.³⁸³ A *fémek újraolvasztása és ötvözése* jelenleg az egyetlen út az újrahasznosított fémek kompozitgyártásba történő bevezetéséhez. A fémmátrixú kompozitokat csúcstechnológiai megoldásokban használják. Használat előtt azonban mérlegelni kell az újrahasznosított fémekben lévő szennyeződések kockázatát, ugyanis egyes fémek, vagy más szennyezők keménységük miatt a hasznosító berendezések kopását okozhatják.³⁸⁴

4) A téglá újrahasznosítása

a) Égetett agyag burkolóelemek

Égetett agyag járólapokat burkolatként több ezer éve használ az emberiség. Napjainkra a klinker téglának nevezett, hosszabb égetési idővel készülő termékek terjedtek el a kültéri burkolatok piacán. Ezen téglák könnyen felismerhetők homogén felületükről, illetve összeütve őket élesen csengő hangot adnak. Továbbá a hosszabb égetési eljárásnak köszönhetően sötétebb színűek is, mint hagyományos társaik.³⁸⁵

Fal- és útburkolásra egyaránt használatosak, különösen nagy hagyománya van a tégláépítésnek a Benelux államokban, a Skandináv országokban, valamint az angol és német nyelvű területeken.

Az Egyesült Államokban *alapozások és kémények készítéséhez használták* ezt az építőanyag típust.

Robosztusságának és tömörségének köszönhetően kevés vízfelvétellel rendelkeznek, hiszen az égetés hatására pont a külső felületei üvegesednek, elzárva a víz útját a belső pórusok felé. Ennek köszönhetően élettartamuk is kimondottan hosszú, akár bőven 100 év felett is lehet. Így a használt építőanyagok piacán előszeretettel hozzák újra forgalomba ezeket, hiszen könnyen visszanyerhetők és bontás során tisztításuk is egyszerűbb, mivel kevésbé hajlamosak a törésre, csorbulásra, mint a normál égetett agyagtermékek.

Azonban a tömörségnek ára is van, hőtechnikai tulajdonsága kedvezőtlenebb, mint a tömör égetett tégláké. Az előző 0,93 W/mK hővezetési értékkel rendelkezik, míg utóbbiak jellemzően $\lambda=0,72$ W/mK tulajdonsággal bírnak. Ennél fogva újrafelhasználás esetén a szerkezetek hőtechnikai méretezésénél figyelemmel kell lennünk erre a különbségre. Általános esetben éppen ezért átszellőztetett homlokzatburkolat, vagy úgynevezett előtétfal formájában alkalmazzák ezeket, így lehetőség van vastag hőszigetelő réteg kialakítására a fal magjában.

A normál égetésű falazóelemeket évszázadokon át tömör kivitelben készítették, azokat mészhabarccsal, vagy egyes területeken agyagot, hamut, egyéb anyagokat tartalmazó lágy habarccsal kötve össze őket a falszerkezetben. Az 1950-70-es években azonban általánosan elterjedt a cementhabarcs használata, mely jóval keményebb és szilárdabb fugák kialakítását tette lehetővé. Ugyanakkor a bontás során a téglák tisztítását nehezebbé teszi a cementhabarcs eltávolítása, mert a gyengébb égetett agyag könnyebben sérül. Fokozottan igaz ez, a falazóelemek fejlődésével megjelent

³⁸³ A Tanács 333/2011/EU Rendelete egyes fémtörmelék típusoknak a 2008/98/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv szerinti hulladék jellegének megszűnését meghatározó kritériumok megállapításáról (A letöltés dátuma: 2021.12.12.).

³⁸⁴ SORMUNEN Petri – KARKI Timo (2019): Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. *Journal of Building Engineering*, 24. 100742. 7-8.

³⁸⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Clinker_brick (A letöltés dátuma: 2021.12.12.)

üreges téglákra. A napjainkban széleskörűen használt vázkerámia falazóelemek pedig a legritkább esetben nyerhetők vissza egész elemként, mert a ridegre égetett kerámia a kis mechanikai behatásokra is üvegszerűn törik.

Fentiekből következik, hogy az 1950-70-es évek előtt épült építmények bontása során mutatkozik nagyobb lehetőség a falazóelemek olyan szintű visszanyerésére, amikor tisztítás után újra eredeti funkcióban használhatjuk fel azokat.

A bontott téglával jellemzően *dekor burkolatok készülnek, legtöbbször beltérben*. Esztétikus és otthonos megjelenést biztosít a lakás falain megjelenő téglafelület, azonban a téglák méretei változók lehetnek, ezért eredeti formában való beépítésük helyett szeletekre vágják őket. A szeletek vastagsága megegyezik, jellemzően 1-1,5 cm, így egységes felület alakítható ki belőlük, mely a belső hasznos lakótérből sem vesz el feleslegesen helyet.

Eredeti formájukban és funkciójukban jellemzően *műemlékek felújításakor* találkozhatunk velük, de készülnek kerítések, kemenceburkolatok is kisméretű téglák falazásával.

Törés, aprítás után feltöltések anyagaként, vagy könnyűbetonok adalékanyagaként hasznosíthatják.

b) Kerámia tetőcserepek

A kerámia tetőcserepek használata több ezer évvel ezelőttre vezethető vissza. Már a római időkben is széles körben alkalmazták tetőfedésre, főként a megfelelő alapanyagban gazdag földrajzi területeken. Napjainkban is jelentős hányadát teszik ki a tetőfelületeknek a kerámia cseréppel burkolt tetők. Kialakításuknak köszönhetően, illetve megfelelő gyártási eljárás alkalmazása esetén tartós, hosszú élettartamú termékek, újbóli felhasználásuk minősítés után lehetséges.

A vonatkozó termékszabvány³⁸⁶ előírásokat fogalmaz meg a *geometriai tulajdonságokra, víztartó képességre, hajlítással és töréssel szembeni ellenállásra, fagyállóságra* kitérően. Alakilag sokféle tetőcserep használata elterjedt. *Az egyenes vágású vagy hódfarkú cserepek* mellett kialakultak az oldal-, illetve véghornys cserepek, barát- és apácacserepek, valamint az ezekhez illeszkedő kiegészítő cserepek.

A cserepek vetemedettsége és görbültsége nem haladhatja meg a 2 %-ot, 300 mm-nél hosszabb elem esetén a 1,5 %-ot. A *vízmeztartó képesség* fontos tulajdonság, hiszen a cserepek nem eresztetik át a nedvességet a védendő tér irányába. Amennyiben mégis történik áteresztés, azokat az elemeket csak olyan tetőfelületeken szabad alkalmazni, ahol nedvességet át nem eresztő alátettető kerül kivitelezésre a külső fedés alatt. De ebben az esetben is legfeljebb 0,95 cm³/cm²/nap lehet az áteresztés mértéke.

Fagyállónak akkor lehet minősíteni egy tételt, ha a vizsgálati próbatesteken a fagyasztási ciklusok után sem látható sérülés, lepattogzás. Hazánkban a fagyállóságot 150 ciklussal vizsgálják, de egyes mediterrán országok (Görögország, Olaszország, Portugália és Spanyolország) esetén ez csupán 90. Ezen országokból hazánkba érkező import bontott cserepek esetén tehát mindig figyelemmel kell lenni erre.

A cserepek *minősítő vizsgálatait* az EN 538³⁸⁷, EN 539-1³⁸⁸, EN 539-2³⁸⁹ szabványok alapján kell elvégezni. Fontos megjegyezni, hogy az újbóli felhasználásra a szabványok által támasztott követelményeknek való megfelelés után van mód.

³⁸⁶ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői. ICS: 01.040.91 Építőanyagok és építés (Szakkifejezések gyűjteményei); 91.100.25 Égetett agyag építőanyagok. Megjelenés dátuma: 2013.09.01.

³⁸⁷ MSZ EN 538:1996 Átfedéses elhelyezésű égetett agyag tetőcserepek. A hajlító-törő erő vizsgálata. ICS: 91.100.25 Égetett agyag építőanyagok. Megjelenés dátuma: 1996.12.01.

³⁸⁸ Átfedéses elhelyezésű égetett agyag tetőcserepek. A fizikai tulajdonságok meghatározása. 1. rész: A víztartó képesség vizsgálata. ICS: 91.100.25 Égetett agyag építőanyagok. Megjelenés dátuma: 2006.04.01.

³⁸⁹ MSZ EN 539-2:2013 Átfedéses elhelyezésű égetett agyag tetőcserepek. A fizikai tulajdonságok meghatározása. 2. rész: A fagyállóság vizsgálata. ICS: 91.100.25 Égetett agyag építőanyagok. Megjelenés dátuma: 2013.09.01.

5) *A megszokott építési szerkezeteket újra felhasznált, újrahasznosított és természetes építőanyagokból összeállított szerkezetekkel való kiváltása – esettanulmány*

Jelen esettanulmány 2012-13 során szakdolgozat formájában került összeállításra. Fő kutatási témája egy olyan épület összehasonlító elemzése, ahol a megszokott építési szerkezeteket újra felhasznált, újrahasznosított és természetes építőanyagokból összeállított szerkezetekkel váltjuk ki. Az összehasonlítás során vizsgáljuk az egyes anyagok és szerkezetek környezetterhelését, valamint környezetvédelmi alszámokban definiált skálán értékeljük ezek környezetterhelési megtakarításait.

a) *Bevezetés*

A tanulmány témaválasztásnál elsődleges szempont volt, hogy olyan épülettel foglalkozzon, mely eleget tesz a jelen kor technikai követelményeinek, sőt tudatos energiafelhasználásával a jövőre is tekintettel van.

Manapság sokféle energiatakarékos megoldással találkozhatunk az építészetben. Építhetünk alacsony energiafelhasználású házat, szolárházat, passzív házat, aktív házat, autonóm házat és még sokféle energiatudatos épületet. Általánosságban véve energiatudatos épületen olyan házat értünk, mely működéséhez a lehető legkevesebb energiát használja fel, vagy adott esetben, például az aktív háznál, még plusz energiát is termel. Viszont ahhoz, hogy egy épületet megépítsünk, energiát kell befektetnünk. És általában az ilyen épülettípusok építőanyagainak legyártása és beépítése jóval több energiát emészt fel, mint egy normál lakóépület esetében. A vizsgálat fő szempontja annak kimutatása volt, hogy lehetséges-e olyan épületet tervezni, mely nem csak működés közbeni energiafelhasználásában gazdaságos, hanem építőanyag-választékában is kevesebb befektetett energiát igényel.

Ezáltal esett a választás a *bontott és újrahasznosított építőanyagok felhasználására*. Rohamosan terjeszkedő városainkban sok régi épület kerül lebontásra. Az ezekből a bontásokból származó építőanyagok sokszor a hulladéklerakóban végzik, pedig köztük rengeteg újra felhasználható anyag van. A modern technológiáknak köszönhetően, ma már az újrahasznosító ipar is sok újrahasznosított anyagból készült terméket állít elő.

A tervezés során a természetes építőanyagokat is bátran felhasználhatjuk. Például a vályog jó páratechnikai tulajdonságai segítségünkre vannak az épület páraháztartásának szabályozásában. Továbbá jó hőtároló tömeg is. Megfelelő erdőgazdálkodás során előállított fatermékek is széleskörűen alkalmazhatók épületeinkben. De ugyanúgy alkalmazhatunk bontott, újrafelhasználható faelemeket újonnan előállítottak helyett.

Ezeket a célkitűzéseket figyelembe véve került újratervezésre a tanulmány alapját képező BIO-ÖKO ház elnevezésű épület. A tervezett épület összehasonlítása és értékelése egy szokványos építőanyagokból kivitelezett alacsony energiafelhasználású épülettel történt. Az összehasonlíthatóság első kitétele volt az épületek geometriai kialakításának egyezése. Ebből az okból került sor egy *meglévő terv elemzésére és a szerkezeti újratervezésre*. Így már lehetővé vált, hogy hitelt érdemlően összehasonlításra kerüljenek az épületek. A vizsgálat alapjául Horváth Tamás építész által 2011-ben a Győr-Moson-Sopron megyei Gyarmat településre tervezett kétszintes családi ház szolgált.³⁹⁰ Ebből került átalakításra a BIO-ÖKO épület terve. De hogyan is definiálhatjuk a BIO-ÖKO házat?

A bio a biológia szó rövid változata. A biológia görög eredetű szó, *bios* - 'élő' és *logos* - 'tudomány' szavakból ered. Az élőlények felépítésével, eredetével, és ami számunkra fontos, a környezettel való

³⁹⁰ HORVÁTH Tamás (2011): 9126 Gyarmat, József utca, hrsz.: 359/2 cím alatti lakóház engedélyezési tervdokumentációja és műszaki leírása. Győr.

kapcsolatának megismerésével foglalkozik. Ezen belül a minket érintő tudományterület az épületbiológia, mely az életmód és a lakókörnyezet közötti összefüggéseket elemzi, a lakókörnyezet lakókra gyakorolt hatásait vizsgálja. Fő szemléletei közé tartozik, hogy lehetőleg kerülni kell a környezet károsanyag-terhelését, építésnél csak olyan anyagokat szabad felhasználni, amelyeknek nincs sem légnemű, sem szilárd károsanyag-kibocsátásuk. A zavaró *geológiai adottságokat* (például vízerek, sugárzások), valamint az utak, vasutak, áramvezetékek és ipari berendezések helyzetét is figyelembe kell venni a tervezés során.

A továbbiakban az ÖKO rövidítés magyarázatával ismerkedünk meg. Az ökológia görög eredetű szó, a „ház” jelentésű *oikosz* szóból származtatható. Jelentése környezettan, amely az élőlények és környezetük viszonyával foglalkozó tudományág. Az építészetben egy *ökoépület* fontos feladata, hogy megtartsa az *egyensúlyt a használók energiafelhasználása és a környezet lehetőségei között*. Teheti ezt úgy, hogy helyben fellelhető és elkészíthető építőanyagokból épül, olyan műszaki megoldásokat tartalmaz, melyek segítségével a természeti erőforrásokat nem fogyasztja, hanem használja a környezet túlterhelése nélkül, a lakók táplálékforrása és vízellátása is helyben megoldott, valamint a keletkezett hulladékot újrahasznosítják.

Ezeket az alapelveket szem előtt tartva került sor a *szerkezeti átalakítások kimunkálására*. Fontos cél volt, hogy a lehető legnagyobb mértékben kerüljön sor bontott és újrahasznosított anyagok, valamint természetes építőanyagok alkalmazására.

A terv elkészülte után építésökölógiai szempontból került elemzésre az épület. Ebben nagy segítséget nyújtott egy a Magyar Környezetgazdasági Központ megbízásából, a Tisztább Építési Anyagok Munkacsoport együttműködésével, a Független Ökológiai Központban, az „Építési anyagok termékdíja” kutatás keretében készült értékelés. Ez az építési anyagok építésökölógiai és biológiai elemzésével foglalkozik.³⁹¹

Az elemzésen túl kiszámolásra került az újratervezett épület *kivitelezési költsége szerkezetkész* állapotig. A gépészet bekerülési költségéről csak becslések álltak rendelkezésre az eredeti épületnél is, tehát itt is csak körülbelüli irányértékeket számolására került sor. A gépészet tekintetében az eredeti épületben is energiatakarékos rendszerek kerültek betervezésre. Ez csupán egy hőszivattyú betervezésével változott, valamint az eredetileg tervezett faelgázosító kazán került elhagyásra. Ez azonban csupán két lehetséges verzió a gépészet kialakításához. További gépészeti eszközök és energiaforrások is rendelkezésünkre állnak, ezért egy ajánlót is elkészítésre került, hogy milyen rendszereket lehetne még alkalmazni, hogy alacsony energiafelhasználású legyen az épületünk.

A fentiekben túl energetikai elemzés is készült a tervhez, WINWATT nevű programmal.³⁹²

Kilenc tervlapon került bemutatásra az alaptól a tetőszerkezetig, hogy hogyan is épül fel szerkezetileg az épület, valamint egy összehasonlító épületszerkezeti műszaki leírásban szemléltetésre kerül, hogy mik változtak az eredeti szerkezeti megoldásokhoz képest.

b) A BIO-ÖKO ház szerkezeti kialakítása

A szakdolgozat készítésének első lépése volt, olyan lakóépületet választani, melyet szerkezetileg a lehető leghabzababban át lehet alakítani. Így esett a választás Horváth Tamás okleveles építészmérnök egyik saját munkájára, a 2011-ben készült Győr közeli településen, Gyarmaton, egy újonnan nyitott utcában zöldmezős beruházásként tervezett 250m²-es szabadon álló családi ház tervére. A felhasznált

³⁹¹ A szakértői kutatást Medgyasszay Péter vezetésével dr. Lányi Erzsébet, Novák Ágnes és Tiderenczl Gábor készítették 2000-ben.

³⁹² A program egy moduláris felépítési fűtéstechnikai tervező program.

terv az első tervváltozat volt a lakóépület kialakítására. Itt a fűtött teret egy téglatest foglalta magába, ez alatt 90 fokban elfordítva egy szintén egyszerű térhatárolású pinceszint kapott helyet.

Ebben a pontban az összehasonlítás szintjén kerül bemutatásra az eredeti terv műszaki leírása, valamint a szerkezeti átalakítások. Az épületszerkezeti műszaki leírásban az adott szerkezeti elemek tárgyalásánál az eredeti épületszerkezetek leírását minden esetben a 9126 Gyarmat, Józsahegyi utca, hrsz.: 359/2 cím alatti lakóház engedélyezési tervének műszaki leírásából kerül idézésre.³⁹³

Az eredeti szerkezeti megoldások bemutatása után a BIO-ÖKO ház *ugyanazon szerkezeti eleme kerül összehasonlításra* az eredetivel. Külön kitérünk arra is, hogy miért szükségesek a változtatások. A beillesztett ábrák minden esetben a BIO-ÖKO ház szerkezeti megoldásait mutatják be.

Mindenekelőtt az épület tervezési körülményeinek megismertetéséhez az általános szerkezetekkel tervezett épület műszaki leírás áll rendelkezésre:

Az előzmények kapcsán az alábbiak emelendők ki:

„Két telek összevonásával keletkezett dupla telek Gyarmat községben található, a Józsahegyi utca tervezett nyugati irányú folytatásában. A területen korábban szőlőművelés folyt vékony nadrágszűj telkeken, melyeknek újraosztását a község szabályozási terve szerint a közelmúltban megkezdték. A telek észak-déli irányban erősen lejt (mintegy 6 m-t). A domboldali fekvésének köszönhetően az a telken járva gyönyörű panoráma tárul elénk. Az építési telek gyeppel borított, néhány kisebb fa található még csak rajta. A szomszédos telkeken épület jelenleg még nem áll, a keleti szomszéd telkén kisebb fás terület található.”³⁹⁴

Az építészeti koncepció vonatkozásában az alábbiak emelendők ki:

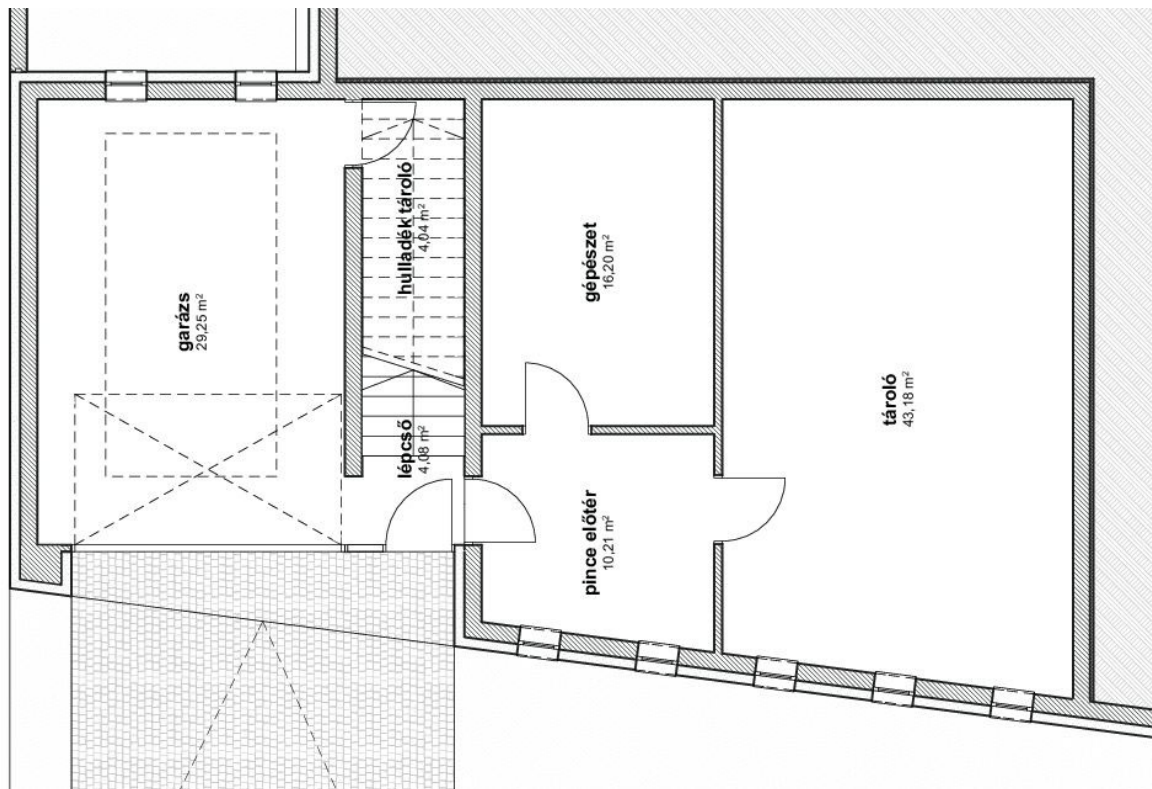
„A megrendelői egyeztetések alatt kialakított tervezési program szerint egy a tágas nappali terek mellett három háló- és egy dolgozószobával rendelkező családi házat terveztem, melyhez több kiegészítő funkció is társult, úgymint a garázs és a pince tárolói.”

„Már a tervezés kezdetekor úgy gondoltuk, hogy az épületnek szervesen kell illeszkednie a terephez. Az illeszkedés megvalósításához támfalakat és feltöltéseket készítünk a ház körül. A terep nagy lejtése ellenére a lakáson belül nincs padlószint váltás. A ház kétszintes. A pinceszinten fűtetlen kiegészítő funkciók kaptak helyet. Ez a szint alaprajzát tekintve keresztben áll a telken és illeszkedik a telek oldalvonalára az oldalhatáron álló beépítés követelményét kielégítve. A pinceszint belesimul a terepbe, déli fala a telek hátrahúzott kerítésében folytatódik.”³⁹⁵

³⁹³ Az eredeti műszaki leírást Horváth Tamás okleveles építészmérnök készítette 2011. augusztus 22-én.

³⁹⁴ Az eredeti műszaki leírást Horváth Tamás okleveles építészmérnök készítette 2011. augusztus 22-én.

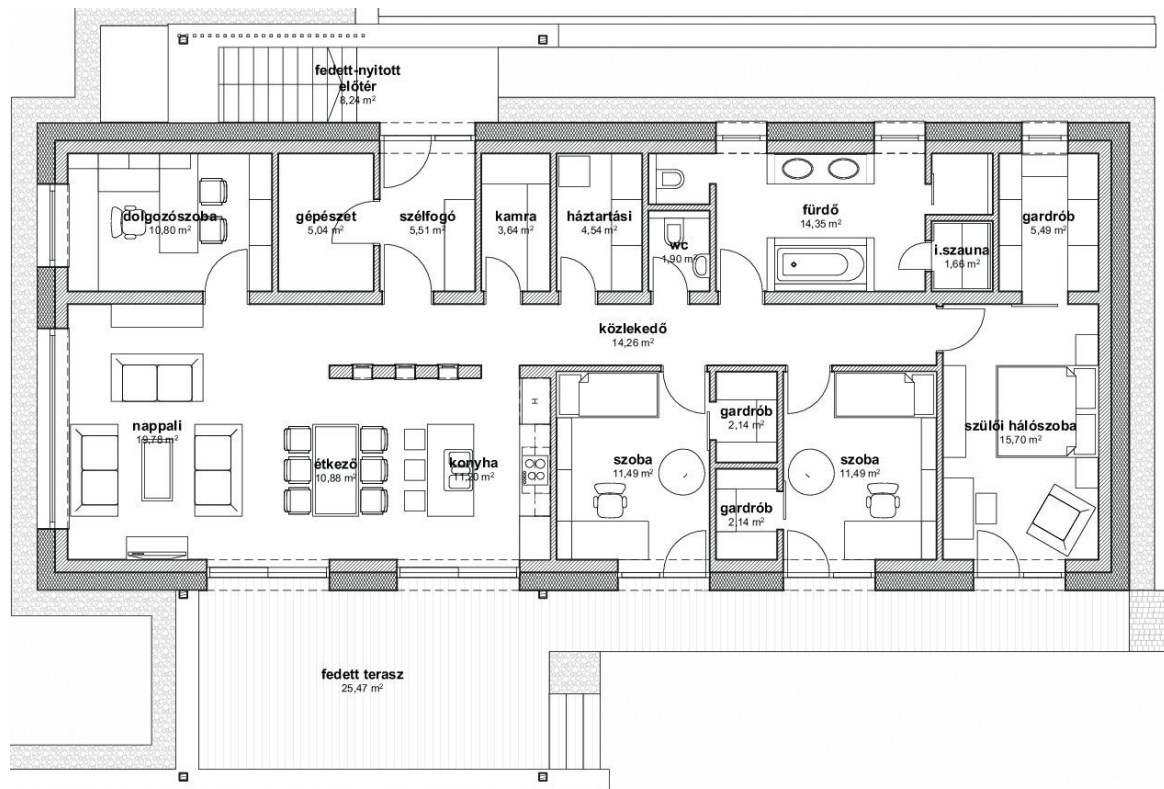
³⁹⁵ Az eredeti műszaki leírást Horváth Tamás okleveles építészmérnök készítette 2011. augusztus 22-én.



Eredeti épület pincésztje³⁹⁶

A pincére és talajfeltöltésre ültettem a földszintet, észak-déli hossziránnyal. Így valójában csak a földszinti épületrészt érzékeljük épületnek. A földszint legnagyobb részén a lakás található, mintegy 153,45 m² területen. A lakást egy a pincészintről induló lépcsőn közelíthetjük meg, melyen a földszintre egy reprezentatívan kialakított térbe érkezünk. A földszint padlószintje az épület hátsó északi részén eléri a terep eredeti talajszintjét. A közös helyiségeket főként keletre tájoltam a síkra töltött udvar irányába. Az étkező pedig nagy felületű üvegezést kapott a panoráma irányába, délre. A földszinti tömeg, megrendelői kérésre, egy minden irányban kontyolt, 25°-os hajlásszögű magastetővel lett lefedve. A hajlásszög minimalizálása az esztétikai szempontokon túl a tetőtér beépíthetlensége miatt is indokolt. Az épületen és a belső terekben is törekedtem az anyagszerűsége, a rusztikus anyaghasználatra, a terméskő, a téglá, a hagyományos cserépfedés és a fa megjelenítésére. A földszinti tömeg vakolt felületképzést kap.”

³⁹⁶ LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.



Eredeti épület földszinti szintje³⁹⁷

„Az épületet az energiatudatos épülettervezés általános irányelveinek a megrendelői igényekkel kompromisszumra hozott szempontrendszer szerint terveztem. Tudatosan törekedtem a fűtött és fűtetlen terek szétválasztására, a fűtött térfogat minimalizálására. Az épületburkot intenzív hőszigeteléssel láttam el. A nyílászárók nagy felületűek és osztatlanok, a lehető legjobb hőtechnikai jellemzők elérése érdekében. A nyílászárók tájolásánál figyelembe vettem a téli szoláris hőnyereség lehetőségét, és a nyári árnyékolás szükségességét. Az árnyékolást a terasz teteje, az eresz kiállása és redőnyök biztosítják, melyek egyúttal a téli hővesztés csökkentésében is szerepet játszanak. Kisméretű nyílászárók beépítésére azért nincs szükség, mert az épület mesterséges szellőztető rendszerrel készül, melynek kiépítése lehetővé teszi az állandó friss és megfelelő hőmérsékletű levegő jelenlétét a lakás minden terében. A szellőzési rendszer egy nagy hatásfokú hővisszanyerő berendezéssel lesz kialakítva, így minimalizálni tudjuk a filtrációs hővesztéséget. A beszívott levegő előmelegítését szolgálja majd egy talajkollektor. Az épület fűtési és melegvíz készítői hőigényét egy faelgázosító kazán látja el. A használati melegvíz előállításban napkollektorok is fognak segédkezni.”

Épületszerkezeti leírás, összehasonlítás

Az *alapozás* tekintetében az alábbiakat érdemes megemlítenünk:

„Az épület változó szélességű helyenként vasalt beton sávalapok segítségével adja át terheit a talajnak a talajmechanikai szakvélemény által javasolt a felső termőrétteg és a fagyhatár (90 cm) alatti szürke erősen meszes sovány agyagtalajban. Az alapincézett épületrész és az alapincézetlen épületrész között

³⁹⁷ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.

az alapozás lépcsőzése szükséges a talajtermészetes rézsűszögének megfelelően. Az alapozás pontos geometriáját és szerkezeti kialakítását a kiviteli tervek fogják megadni.”

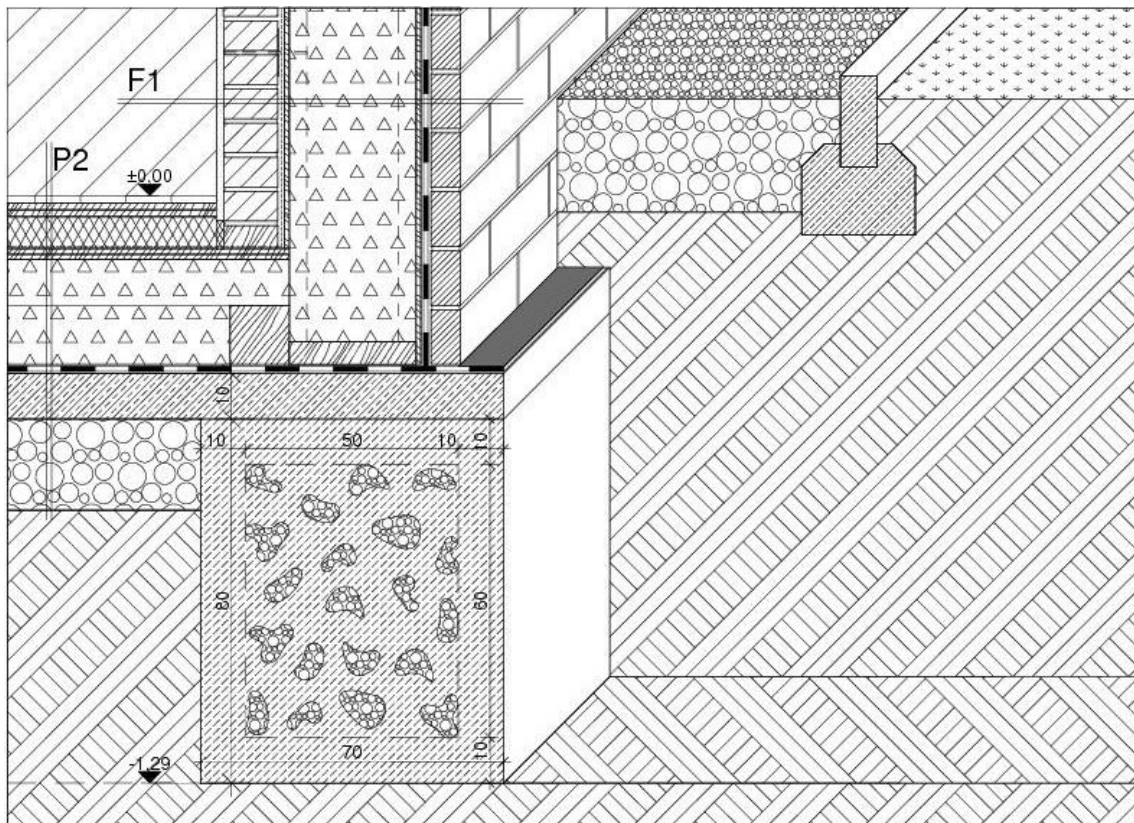
A BIO-ÖKO ház esetében az eredetileg tervezett beton sávalapok úsztatott betonnal kerültek helyettesítésre, melynek teherbírási tulajdonságai megfelelőek, viszont a készítésekor hozzá adott betontörmeléknek köszönhetően kevesebb friss beton szükséges a szerkezet elkészítéséhez. Azonban ennél az alapozási típusnál gondosan oda kell figyelni a kivitelezésre. Az alaptest 40% térfogatrésznyi betontörmelékot tartalmaz. A betontörmelék egy belső magban helyezkedik el.

Kialakításánál figyelemmel kell lenni arra, hogy a nagyobb betondarabok legalább 10 cm mélyen legyenek az alaptest külső síkjaitól, valamint az alapozásban lévő törmelékek legalább 8 cm-re legyenek egymástól. Így biztosítható az úsztatott beton sávalap teherbíró képessége.

Érdemes 5-8 cm átmérőjű betondarabokat használni, mert ekkora méretnél még könnyen betarthatóak az elhelyezési szabályok. A lenti ábrán látható módon a földszinti főfalak alatti 70 x 80-es sávalapban egy 40 x 45 cm-es mező áll rendelkezésre a betondarabok elhelyezésére.

Költségtakarékossági szempontból előnyös ez a fajta alapozási módszer, azonban nem elhanyagolható, hogy csökkent a kivitelezéshez szükséges beton, így a cement mennyiségét is, ezáltal ökológiailag kedvezőbb ezen módszer alkalmazása. Továbbá, mivel a felhasznált betondarabok más épületek elbontásakor keletkezett törmelékéből származnak, csökkentjük a hulladéklerakóba kerülő anyag mennyiségét, azaz újrahasznosítunk.

Ökológiai szempontból ajánlható alapozási mód még a bontott téglából, vagy a helyi kőből készült alaptestek használata. Ezek méretezésére és kivitelezésére azonban különös gondot kell fordítani.



Földszinti főfal úsztatott beton alapteste³⁹⁸

³⁹⁸ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.

A *talajnedvesség elleni szigetelés* kapcsán megállapításra került, hogy „a talajmechanikai szakvéleményhez készített két kutató furásnál talajvízzel nem találkoztak a geotechnikusok, a nyár esős volta ellenére. A pinceszint legteljesebb védelme érdekében, a talajvíz viszonyok jövőbeni esetleges változását feltételezve, a pinceszint aljzata két réteg bitumenes vastaglemez vízszigeteléssel készül. Felmenő falain szintén két réteg bitumenes vastaglemez szigetelés készül. A földszinti padlónál már csak talajnedvességre kell számítanunk, így itt egy réteg bitumenes vastaglemezből készült vízszigetelés is elegendő. A szigetelési munkáknál a gyártó alkalmazástechnikai utasításait szigorúan be kell tartani.” Az eredetileg betervezett bitumenes szigetelés helyett a BIO-ÖKO ház esetében, műanyag lemezes vízszigetelés került alkalmazásra. Ennek környezetvédelmi okai vannak, ugyanis annak ellenére, hogy a műanyaglemez gyártása során egy kilogrammra vetítve több káros anyag, például: szén-dioxid és kén-dioxid keletkezik, mint a bitumenes vízszigetelés esetében, kevesebb anyagot kell beépíteni belőle, így összesített ökológiai mutatója mégiscsak kedvezőbb, mint a bitumenes lemezé, ahogy az alábbi táblázatban is látható. Ebben az eredeti épületbe beépítésre kerülő egy réteg bitumenes lemezes szigetelés és a BIO-ÖKO házba kerülő egy réteg műanyaglemez szigetelés ökológiai mérlegének összehasonlítását láthatjuk. A pontos technikai adatok az ökológiai értékelési mellékletben találhatóak.

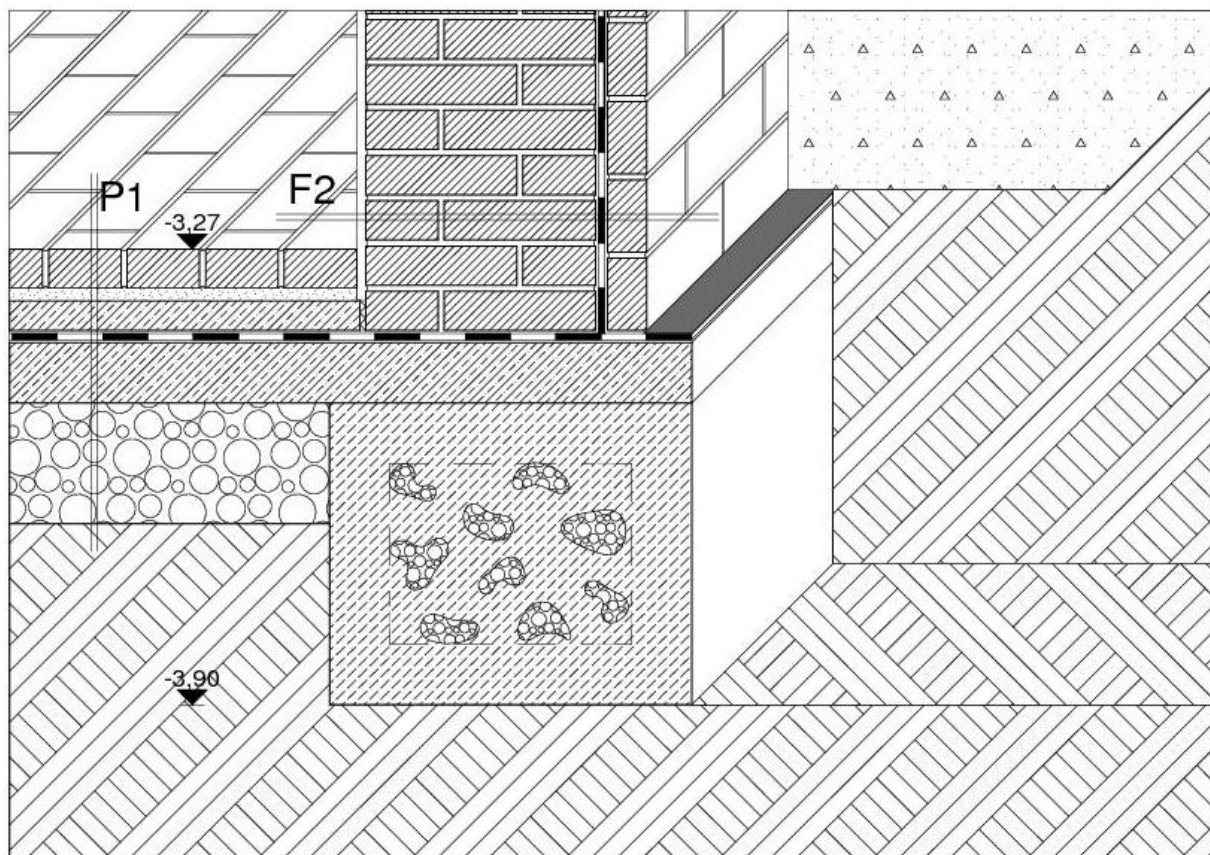
A változtatás másik oka, hogy a modern újrahasznosítási technológiáknak köszönhetően már olyan anyagot is be tudunk szerezni, mely teljes egészében újrahasznosított műanyagból készül. A pincefalra ragasztásos technológiával rögzítik a szigetelést.

A *pinceszinti felmenő szerkezetek* legfontosabb paramétereit közül kiemelendő, hogy „a pincefalak 30 cm-es teherhordó Leier zsaluköből készülnek, utólagos vasalással és kibetonozással. A vízszigetelés általános esetben a felmenő falra lesz felragasztva. A talajfeltöltésnél készülő falak esetében 20 cm vastag szigetelés tartó fal készül szintén Leier zsaluköből, utólagos vasalással és kibetonozással. A vasalás módját a kiviteli tervek fogják megadni. Az alappincézetlen épületrész alatt lábazati falat készítünk az alaplépcsőzés felett. Ez a fal szintén 30 cm-es Leier zsaluköből készül, utólagos vasalással és kibetonozással. A homlokzatképzésben részt vevő pincefalak 15 cm vastag réteges terméskő burkolatot kapnak.”

A BIO-ÖKO ház esetében a pincefalak égetett kisméretű tömör téglából készülnek 38 cm-es vastagságban. Ennek külső oldalán a műanyag lemezes vízszigetelés védelme érdekében 6,5 cm vastag, kisméretű téglából falazott szigetelést védő fal kerül kivitelezésre. A vízszigetelés ragasztásos technológiával van rögzítve a 38 cm-es falazatra. A pinceszint közbenső falai szintén kisméretű tömör téglából készülnek. A földszint főfalait alátámasztó falszakaszokat 38 cm-es, a földem acélgerendáit tartó falakat 25 cm-es, a válaszfalakat pedig 12 cm-es vastagságban falazzák. A pinceszinti falszerkezet metszetét és alapozását a lenti ábrán láthatjuk. Az építéshez felhasznált égetett kerámia téglá, hasonlóan az úsztatott betonnál használt betondarabokhoz, szintén újrahasznosított építőanyag. Amellett, hogy költségtakarékos megoldást jelent, széleskörűen lehet alkalmazni az építés során. Nem utolsó sorban pedig, mivel újra felhasznált anyagról beszélünk, gyártási energiaigénye és ezzel együtt járó károsanyag-kibocsátása nincs.

A pincefalak fűtetlen helyiségeket határolnak, ezért hőszigetelés nem kerül beépítésre. A falak mézshabarcs vakolatot kapnak.

Az eredeti utólagosan kibetonozott zsaluköből készült beton pincefal ökológiai hátránya a megnövekedett előállításkori energiaigény. A cementgyártás energia igénye kétszer nagyobb, mint a kerámia téglá kiégetéséhez szükséges energia. Mivel vasalt betonfal szerepelt az eredeti tervben, ez a különbség csak tovább nő.



Pincefal alapozási csomópontja³⁹⁹

A *pince padló* rétegrendjét vizsgálva megállapításra került, hogy a 20 cm vastag kavicságy anyaga a környékbeli, például az abdai kavicsbányából történő szállítása olcsó és ökológiailag is kedvező, ugyanis a lehető legrövidebb szállítási útvonalat választva ezzel, mind a költség, mind a járművek környezeti terhelése a lehető legkisebb.

A kavicságyra készülő 10 cm-es vasalt aljzatbeton teherviselési szerepe miatt nem módosítható. Az erre kerülő egy réteg műanyag lemezes vízszigetelést egy 6 cm-es teherelosztó aljzatbeton védi. A padlóburkolat fogadásához 2 cm homokágyazatot terítenek le. Erre lapjára fektetett kisméretű tömör téglákból készül natúr kivitelben a padlóburkolat. Az eredeti terven szereplő cementsimítás elhagyásával jelentős ökológiai terhelés redukálódott nullára, ugyanis az ide beépített téglák szintén bontott építőanyag, tehát előállításuk nem terheli a környezetet.

Ez a padló rétegrend fűtetlen helyiségeket határol, így hőszigetelés nem kerül beépítésre.

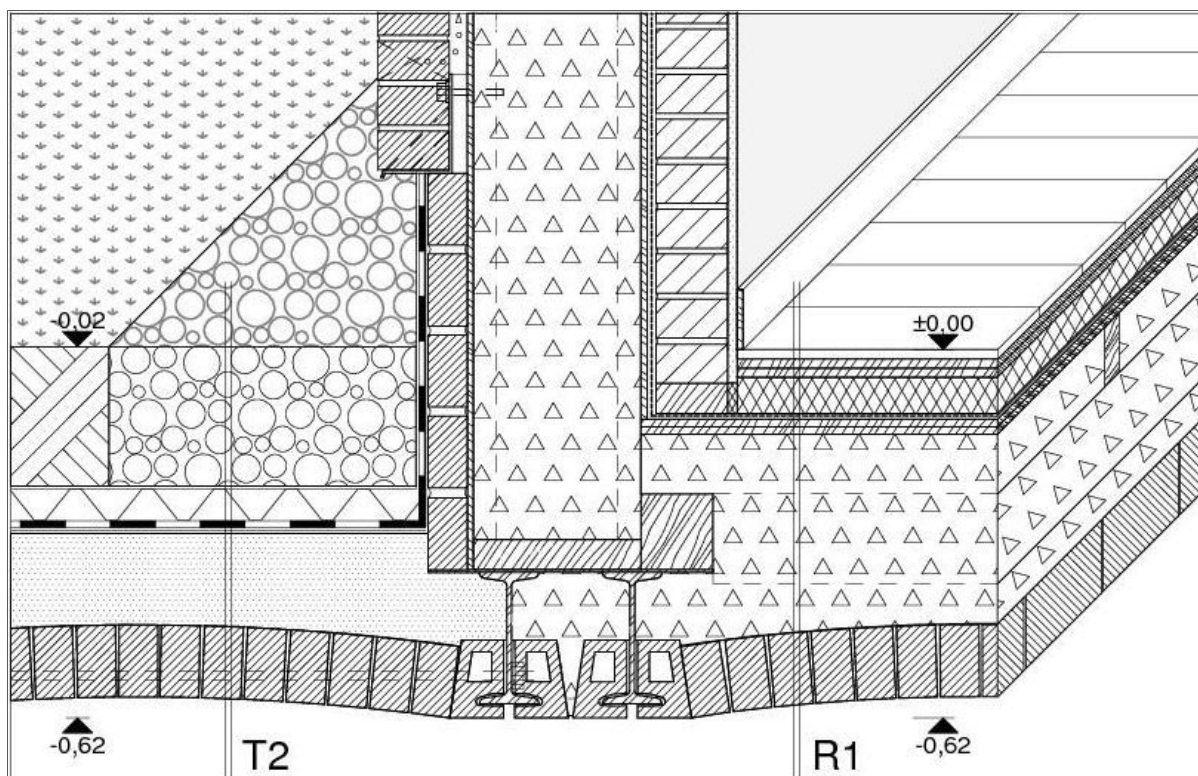
A pincefödém „monolit vasbeton szerkezetű, 20 és 22 cm vastagságú. A vastagság növelésére a gépkocsi állások feletti nagy fesztáv és nagy rétegvastagság miatt van szükség. A pincefödémrel együtt attikák készülnek, melyek közül a bejárat feletti a teherviselésben is részt vesz, mint felülborda. A födém pontos szerkezeti kialakítását a kiviteli terv fogja megadni.”

A tervezett pincefödém poroszsüveg boltozatos födém formájában készül. Az 1800-as évek közepétől építették ezt a födém típust. Az acélgyártás fejlődése tette lehetővé e szerkezetek kivitelezhetőségét. Egyszerűségük abban rejlett, hogy nem kellett speciális elemeket gyártani a födémekhez, a széles körben használatos kisméretű tömör téglák felhasználásával lehetett építeni ezeket a födémeket.

³⁹⁹ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.

Ezért került kiválasztásra ez a födém típus, hiszen a bontott téglá ehhez a szerkezethez is felhasználható. Ellenérv lehetne a felhasznált acélgerendák miatt, hogy az acélgyártás energiaigénye nagy, mely ökológiai szempontból nem előnyös, ám feltételezzük, hogy bontott szerkezeti elemekről van szó. Az acél tartószerkezeti elemek szakszerű kibontás után újra felhasználhatók. Jelen esetben I 200, I 220 és U 200 jelű acélgerendák kerülnek beépítésre. Hogy a téglaboltozat jól üljön az acéltartók alsó övére, szükség van egy fogadóelemre, melyet orrtéglának hívnak. Sajnos ma már ez nem elterjedt, és bontásoknál sem nagyon találkozunk vele, ezért ennek beszerzése kicsit nehezebb. Azonban vannak még olyan téglagyárak, akik rendelésre még tudnak ilyen elemeket csinálni, tehát megoldható az újbóli legyártás. Ilyen például a tatai téglagyár, amely vállalja egyedi téglák készítését. Készültek orrtégla nélküli példák is ebből a födém típusból, azonban ezeknél a megoldásoknál az I tartók talpa a födém alján kilátszik, és ezt sokkal nehezebb vakolni, mint az orrtéglás kivitel. Több pincehelyiségben vakolat nélkül készül a födém, ám az orrtégla használata lehetővé teszi a későbbi vakolást.

A falakat merevítő koszorúk vasbetonból készülnek, ennek anyagváltása épületmerekvségi szempontból nem lehetséges. Viszont merevítési és teherbírási képessége több szempontból is kihasználásra került. Nem csak merevíti a pincefalat, illetve átadja annak a felülről érkező terheket, hanem segíti a födém szélső boltozatainak teherátadását is a falakra. Mindezt felhajlított végükkel bebetonozott vonórudak segítségével érjük el. Erre azért van szükség, mert a poroszüveg boltozatos födém mezői egymásnak adják át a feszültséget, azonban a szélső mezőkben nagy oldalnyomás nehezedne a falakra. Ezért készül a vonórudas lehorgonyzás a koszorúba, mely segíti leredukálni a födémmezőben ható erőket.



Pincefödém rétegrendi kialakítása a földszinti főfal alatti csomópontban⁴⁰⁰

⁴⁰⁰ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.

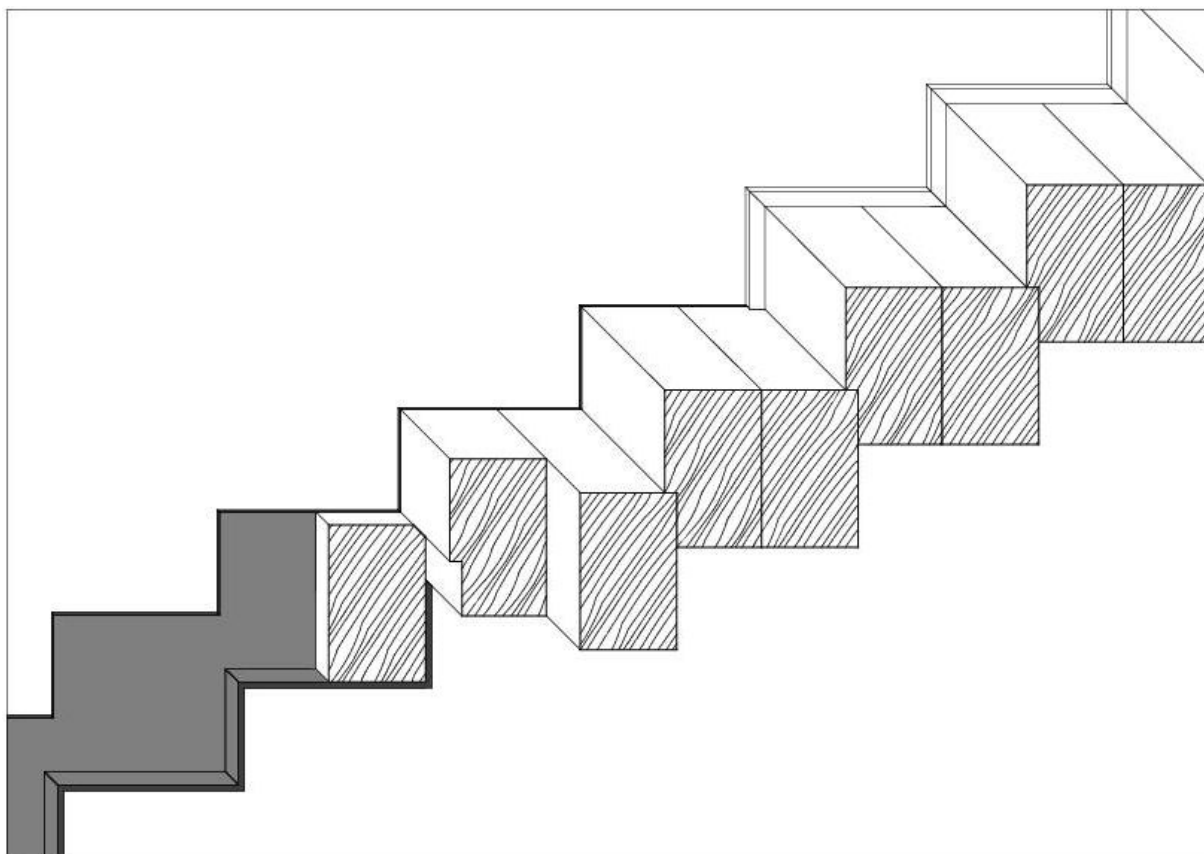
Ennek a födém típusnak nem csak anyagai vonatkozásban rejlenek előnyei. Beépítés után rögtön terhelhető, azonban kialakításánál fokozottan kell figyelni a szélső mezők esetében. Ahogy ez a koszorú kialakításánál is említve lett, az oldalnyomás mezőről mezőre adódik, ám a szélső mezőknél a falra nehezedne az oldalnyomás. Ezt 20 mm átmérőjű vonórudak elhelyezésével mérsékelhetjük, melyeket 1,00 méterenként helyezünk el. Az utcai homlokzati fal nem derékszögben találkozik a többi pincefallal, ezért háromszög alakú födém sávok alakulnak ki. Mivel ide nem lehet szép boltívet készíteni, ezért monolit vasbeton lemez készül ezeken a helyeken. Ez azonban segíti a teherátadást a vonórudak mellett, tehát a beépített vasbeton rosszabb ökológiai mutatóit ellensúlyozza statikai szerepe.

Mivel ez a födém a fűtött teret határolja, megfelelő hőszigeteléssel kell ellátni, hogy teljesülhessenek az igények az alacsony energiafelhasználással kapcsolatban. A boltmezők feletti feltöltés pallóváz közötti cellulóz hőszigetelés befűvésével történik.

Azonban az itt rendelkezésre álló tér nem elegendő, hogy elérjük a kívánt hőszigetelés mértékét. Ezen okból kerültek elhelyezésre az acéltartók tetejére ültetve a 5/15 cm-es, erre pedig merőlegesen 5/10-es fa pallók. A válaszfalak alatt 10/10-es gerendák kerülnek, hogy biztosított legyen a megfelelő teherelosztás. Az így kialakult gerendarács már lehetővé teszi, hogy további 25 cm cellulóz hőszigetelést helyezünk el a födémbe. A pontszerűen kialakult hőhidak nem jelentenek nagy problémát, ugyanis a fa nem rendelkezik jó hővezetési tulajdonságokkal. A gerendarács tetejére 2 réteg 15 mm vastag OSB lap kerül. Tervezésnél külön ügyelni kellett arra, hogy a gerendák a válaszfalak alatt fussanak, azok közvetlenül a gerendákra adják át a terheket, és ne a gerendák közti OSB lap mezőkre. Az OSB rétegek tetején polietilén párazáró fólia kerül elhelyezésre. Ez az anyag is elérhető újrahasznosított műanyagból készült kivitelben. Erre egy 6 cm vastag lépésálló kender lépéshangszigetelés készül. Gyártás során a kenderrostot mint természetes alapanyagot lemezzé, filccé és tekerccsé képesek alakítani. Előállításuk nem okoz nagy terhelést a környezetnek, ezért ökológiai szempontból előnyös. Jó éghetőségét nátrium-karbonáttal csökkentik. Szintén előnyére válik, hogy a kártevőknek adalékszer hozzáadása nélkül ellenáll, tehát ebből a szempontból külön kezelést nem igényel. Jó hő- és hangszigetelő, valamint hőtároló képessége is jónak mondható, ezért került alkalmazásra a padló szerkezet lépéshang csillapító rétegeként, valamint jó hőtechnikai tulajdonságai miatt a felső födém hőtároló rétegeként is.

A kenderréteg tetejére kétszer 15 mm-es teherelosztó OSB réteg majd szalagparketta-burkolat kerül.

A pinceszintről a földszintre vezető teraszra vezető *lépcső* szintén az újrahasznosítás jegyében készült. Az eredeti vasbeton lépcső ökológiai szempontok miatt került áttervezésre. Helyébe faanyagú lépcső került, mely a használatos anyagok közül a legmegfelelőbb ezen szempontok szerint. Mivel kültéri szerkezetéről van szó, fontos szempont volt az időállóság. Megfelelően kezelt és impregnált bontott faanyagot nehéz találni. Erre a célra csak olyan faanyag felel meg, mely eredetileg is ki volt téve az időjárás viszontagságainak, és ezeket jól is tűrte, azaz újratervezhető. Ezen szempontok figyelembe vételével esett a választás a régi bontott tölgyfa vasúti talpfákra, melyeket manapság is könnyen be lehet szerezni. Alacsony áruk ellenére körültekintő válogatással könnyen beszerezhető a kívánt minőségű és mennyiségű talpfa. Egy lépcsőfokot kétféle élére állított vasúti talpfa alkot. Az előlső talpfa alsó feléből előregyártó üzemből egy 2x10 cm-es darab kifűrészelésre kerül. Az így kialakult fogazattal ül rá a talpfa az alatta lévő talpfára. Az együttdolgozást ragasztott keményfa csapokkal is segítik, melyekből lépcsőfokként 2-2 kerül elhelyezésre.

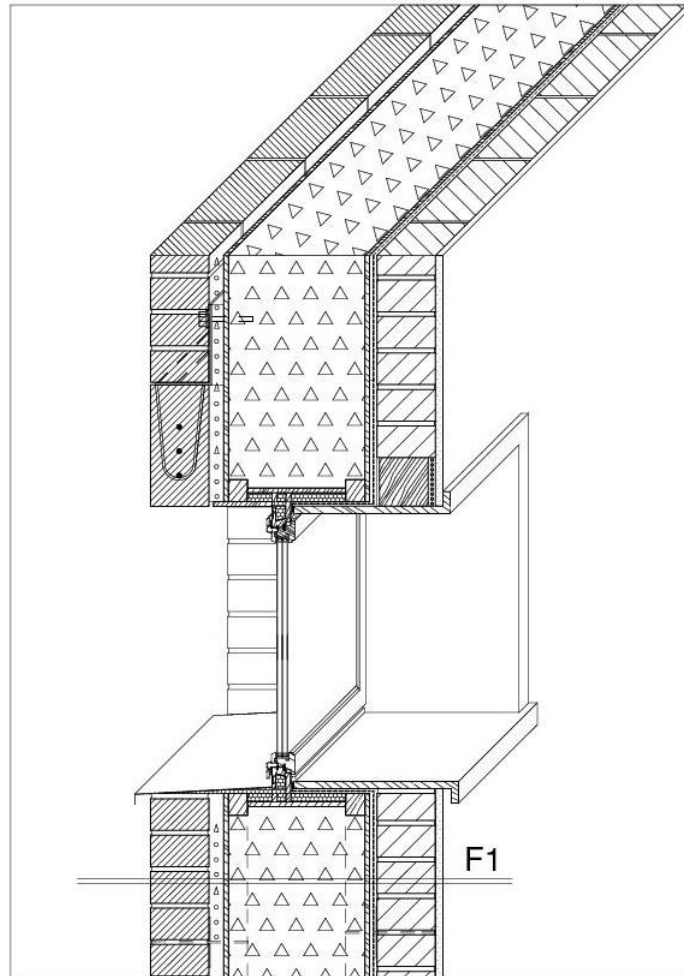


Vasúti talpfák felhasználásával készített lépcső kialakítása⁴⁰¹

A lépcső alátámasztása aláfalazással történik. Mindkét oldalról 12 cm-es lépcsőzés fut végig a teherhordó falszerkezetben. Ennek érintkező felületére bitumenes alátétlemez kerül. Erre fekszenek fel a körfűrészsel megfelelően kialakított vasúti talpfákból álló lépcsőfokok. Bitumenes lemez és kikenés kerül a lépcsőfokok és a fal síkja közé is. Ennek eltakarására takarószegély kerül.

A földszinti felmenő szerkezetek közül „a földszint külső, teherhordó falai és egyes belső teherhordó falai BakonyTherm N+F falazóelemekkel készülnek. A belső teherhordó falak többsége kisméretű téglá falazat, melyeknek legalább egy oldala vakolatlanul maradnak belsőépítészeti okokból. A válaszfalak Porotherm 12N+F válaszfaltéglából készülnek.”

⁴⁰¹ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezet-tani Tanszék.



Földszinti főfal metszete⁴⁰²

Az eredeti falszerkezethez képest a BIO-ÖKO ház esetében gyökeresen megváltoztatásra került a földszinti külső fal szerkezete. A fűtött teret határoló falszerkezet könnyűszerkezetes falként került újratervezésre. A teherviselő szerkezetet ebben a falszerkezetben a 30 cm magas karcsúgerincű fa anyagú I-tartó (TJI) csökkentett gerincű fa tartók alkotják. Ez egy speciális falváz oszlop, mely I tartó szerűen van kiképezve. Két tömörfa övét egy csökkentett vastagságú falemez köti össze. Minderre hőtechnikai szempontból van szükség, ugyanis a csökkentett gerinc keresztmetszet kevesebb hőveszteséget tesz lehetővé. A tömörfa profillal összehasonlítva 20 %-kal rosszabb hővezetésre képes. A függőlegesen felállított TJI tartók két oldalára 1-1 OSB lap kerül elhelyezésre. A tartók egy 5 cm vastag rétegelt ragasztott pallórol indulnak, mely az alaptesthez van rögzítve. A szerkezet felső lezárása szintén egy ilyen pallóval van megoldva. Ezáltal biztosított a szerkezet tökéletes merevsége. Mivel a főtartókat és az indító, illetve lezáró pallókat előregyártó üzemben készítik, a helyszínen csak szerelési munka szükséges a beépítéshez. Ezzel a megoldással csökkenteni tudjuk a helyszínen keletkező hulladék mennyiségét, tehát ökológiai szempontból optimalizáljuk a felhasznált anyag mennyiségét. TJI tartók helyett alkalmazhatunk normál keresztmetszetű rétegelt ragasztott pallókat is, ám ez esetben hőhidasabb lesz a falszerkezetünk.

⁴⁰² Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezet-tani Tanszék.

A főtartók között kialakult teret 30 cm vastagságban cellulóz hőszigeteléssel töltik ki. A cellulóz hőszigetelés újrahasznosított újságpapírból készül. Ez ökológiai szempontból előnyös, hiszen más hőszigetelésekkel összehasonlítva kevesebb előállítási energiaigénye van. Az újságpapírt aprítják és darálják, majd bór vagy borax hozzáadásával tűz- és kártevők elleni védelmét biztosítják. Beépítése a kialakított szerkezetbe való befűtés útján történik. Ez abból a szempontból nagyon előnyös, hogy a legkisebb helyekre is képes behatolni, tehát maximálisan kitölti a rendelkezésre álló teret. Jó hő- és hangszigetelő tulajdonsága mellett szabályozza a nedvességet, ugyanakkor ellenáll a penészesnek. Páraháztartás szempontjából diffúzió-áteresztő. Esetleges bontáskor elszívás után újra felhasználható. Nem utolsó sorban előállítás és beépítése jóval olcsóbb a többi használatos hőszigeteléshez viszonyítva. Könnyűszerkezetes építésmód esetén falváz- és födémgerendák közé fűjük be, ahogy ezt a mi példánk is jól mutatja.

A falszerkezet belső oldalán kap helyet a párazáró fólia, melyet ragasztásos technológiával rögzítenek. Napjainkban már elérhetőek az újrahasznosított műanyagból készült párazáró fóliák is, tehát ökológiai szempontból is előnyös ezek használata.

A belső oldalon 12 cm-es vastagságban vályogtégla falazat készül. Ez biztosítja a helyiségek megfelelő páraháztartását. Jó hőtárolási és akusztikai tulajdonságokkal rendelkezik. Előállítása nagyságrendekkel kevesebb energiát igényel, mint az égetett tégláé. Esetleges kibontása után teljes mértékben újrahasznosítható, nem terheli a környezetet. A vályogtégla falazat képes mérsékelni az elektroszmogot, a másodlagos kozmikus és a mesterséges rövidhullámú sugárzások erőtereinek hatását, valamint természetes radioaktivitásuk is kisebb más építőanyagokhoz viszonyítva. Gyártás közbeni energiaigényük és károsanyag-kibocsátásuk is minimális.

A vályogtéglaakat vályoghabarcs felhasználásával építik össze. A belső oldalán vályogvakolat felületképzést készítenek. Mivel szilárd zárófödém nem készül, ezért egy 12/2,5-ös pallót rögzítenek a szeglemezes tartók alján futó lécvázhoz. Ennek segítségével merevítik a válaszfalakat. Külön figyelni kell a sarkok kialakítására is, ide üvegszövet hálót építenek be, hogy a későbbi esetleges mozgások ne tudják megrepeszteni a vakolatot. A vályogtermékeket a közeli Pápa-Tapolcafőn található téglagyárból kedvező áron lehet beszerezni, így a rövid szállítási útvonal ökológiailag is megfelelő.

Az áthidalások szempontjából „a pinceszinti ablakok esetében külön kiváltó nem kerül elhelyezésre, az ablaknyílások áthidalását a monolit vasbeton födém fogja megoldani. A földszinti nyílások felett szükség van áthidalásokra, ezek a külső falak esetében monolit vasbeton szerkezetűek, vasalásukat a kiviteli terv fogja megadni. A belső teherhordó falakban lévő nyílások vagy a födémig nyúlnak, ez esetben a monolit vasbeton födém oldja meg az áthidalást, vagy előregyártott áthidaló (A10, A12) kerül beépítésre, melyek felett kisméretű tömör téglá kifalazás készül, mint nyomott zóna. A válaszfalaknál szintén előregyártott áthidalók (A10, A12) lesznek beépítve.”

A pinceszinten a nyílásáthidalások egyenes övű kisméretű téglából falazott boltövekkel készülnek. Ebben az esetben is ökológiai szempontok miatt került kiválasztásra ez a szerkezeti megoldás. Az eredeti vasbeton áthidalás a födém szerkezet megváltozása miatt sem lenne megoldható, hiszen a vasbeton koszorú mérete minimalizálásra került. Gerendás áthidalókat sem volt ajánlott használni, mivel ezen szerkezeteknek is – anyagtól függően változó mértékben – van gyártási energiafelhasználásuk. Kézenfekvő volt tehát a régi módszert alkalmazni a nyílások áthidalására, ez pedig a boltöv falazása. Cél volt az ívek használatának elkerülése a nyílások felett, ezért készül egyenes boltöv minden nyílás fölé. Anyagszükséglet tekintetében a már amúgy is rendelkezésre álló bontott kisméretű tömör téglára és mészhabarcsra van szükség.

A földszinten a könnyűszerkezetes falak esetében vízszintbe fordított TJI tartókkal valósult meg a nyílásáthidalás. A nyílások mérete és elrendezése optimális, mivel a hosszanti főfalakra nehezedik a tető terhe, ezeken pedig kisebb szélességű nyílások vannak. Azonban nem csak a könnyűszerkezetes falakban kell áthidalásokat alkalmazni, meg kell oldani a belső oldali vályog falazat nyílásáthidalását is. Ez a válaszfalakhoz hasonlóan fagerendák beépítésével oldódott meg. A kisebb fesztávokra, azaz az egy méter körüli nyílások fölé 10/10-es gerendákat kerültek beépítésre. A teraszajtók, ablakok illetve a bejárati ajtó falnyílásának esetében már 10/15-ös gerenda alkalmazása vált szükségessé. A legjobban megnyitott déli homlokzatra pedig nem nehezedik nagy teher, tehát megoldható a nagyobb nyílások áthidalása is. Itt található egy 4 méteres ablak, ide egy 10/20-as gerenda került a vályog falazatba. Ekkora keresztmetszet képes elviselni a rá rakott vályogtégla-sorok terhét. A bontott kisméretű téglahomlokzatburkolat áthidalását PROFIX kengyelfuratos diafragmás, függesztő kengyeles konzolprofil beépítése oldotta meg. Az így kialakult külső nyílásáthidalás olyan képet ad, mintha egyenes boltív készült volna a téglafalazatban.

A földszinti vályogtéglaból készülő válaszfalak esetében az előbb említettekhez hasonlóan 10/15-ös fagerendákat kerültek alkalmazásra nyílásáthidalóként. Ökológiai szempontból a faanyag használata a legkedvezőbb, a többi áthidaló típussal szemben. A fa hátrányos tulajdonsága, hogy nem képes megtartani a vakolatot, így az áthidalók vakolandó felületeire nádazás kerül. A beltéri ajtók fa tokszerkezete is jól illeszthető az áthidalóhoz.

Amennyiben nem szeretnénk fa áthidalót alkalmazni, ökológiai szempontból a mészhomokból készült YTONG áthidaló alkalmazása is javasolható ennek gyártásba fektetett energiaigénye kevesebb, mint az acélbetétes várkerámia papucsos előregyártott áthidalóé.

A földszint feletti földem „egységesen 18 cm vastag, monolit vasbeton szerkezetű. Pontos kialakítását és vasalását a kiviteli tervek tartalmazzák majd.”

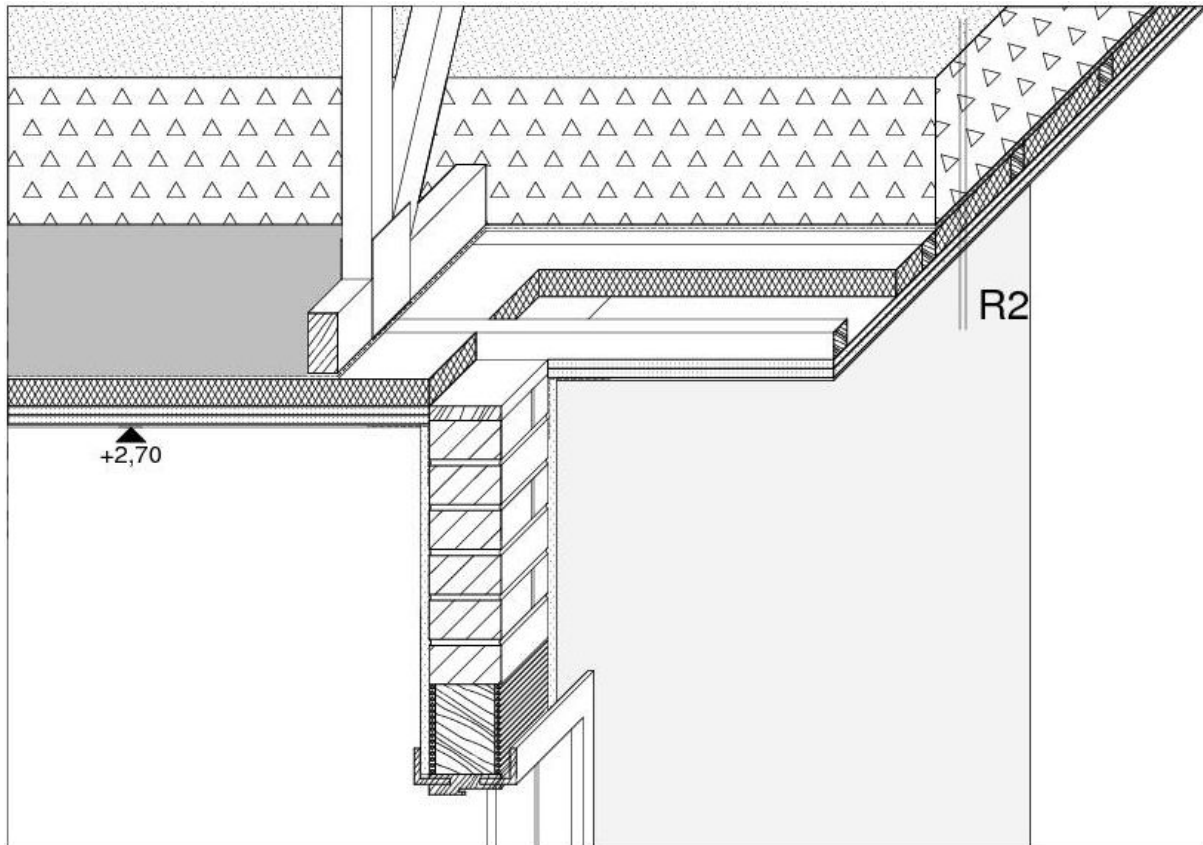
A BIO-ÖKO házba hagyományos értelemben vett földem nem kerül beépítésre. Ennek szerepéről a szeglemezes tartók aljára függesztett könnyűszerkezetes mennyezet gondoskodik. Mivel a padlásteret a továbbiakban nem kívánjuk használni, ezért nem volt követelmény a járható szilárd földem kialakítása. Ha esetleg a későbbiekben mégis szükség lenne a padlástérben történő közlekedésre, úgy kell kialakítani a szeglemezes tartókat, hogy lehetőség legyen járópalló elhelyezésére. Ez egyben azt is jelenti, hogy az eredetileg tervezett megoldás által okozott környezeti lábnyom keletkezése megelőzhető.

A *tetőszerkezet* felépítését tekintve „a földszinti épületrész felett hagyományos faszerkezetű tető készül. A tetőszerkezet statikai vázát a tartószerkezeti műleírás tartalmazza. A mértékadó szelvények méretezése megtörtént. A tető hajlásszöge 25°-os. Az észak-déli gerincű tetőtest két állószékes szerkezettel készül, melyet könyökök és fogópárok merevítenek. A teherátadás a két talp- és a két középszelemenen (15/15 cm) történik. Az ehhez csatlakozó három kisebb tetőtest egy állószékes fedélként készül. A teherátadás itt a két talpszelemenen (15/15 cm) és a taréjszelemenen (15/15 cm) történik. A kisebb tetőtestek taréjszelemeinek a nagyobb tetőtest középszelemeinek magasságában vannak. A terveken gondosan ügyeltünk a talpszelemenek felső síkjának egy síkban tartására. A talpszelemen és az oszlopok (15/15 cm) a monolit vasbeton földemnek adják át terhüket. A fedett terasz és a lépcsőház felett nagyobb keresztmetszetű talpszelemenekre van szükségünk, itt a talpszelemenek mérete 15/20 cm. A fedett terasz oszlopai közötti mintegy 4,30 m-es fesztávolság szintén acél szelemen beépítését kívánja meg. Ide egy HEA120 profilú acéltartót terveztünk, melyre a szaruzat fogadása miatt egy 15/8 cm keresztmetszetű fa gerendát erősítünk. A szarufák

keresztmetszete 10/15 cm, maximális tengelytávolságuk 1,00 m lehet. A kis hajlásszög miatt fellépő nagy vízszintes erőhatások miatt különös gondot kell fordítani a talpszelemen szakszerű lehorgonyzására és a szarufák rögzítésére. A faszerkezeteket méretre vágás után, közvetlenül a beépítés előtt gomba és rovarölő, valamint ezekhez illeszkedő égéskésleltető szerekkel kezelni kell a védőszerek gyártóinak alkalmazástechnikáját betartva. Az ereszcaphornyos, gyalult deszkaburkolattal burkolt, kiállása 58 cm. A fedett terasz és a lépcsőház felett hasonló anyagú álmennyezet készül, melyet fogópárok tartanak majd. A tető pontos szerkezeti kialakítását és csomópontjait a kiviteli terv fogja megadni.”

Az eredetileg tervezett hagyományos faszerkezetű tető szeglemezes tartókból álló fedélszerkezettel került helyettesítésre. Az üzemi előregyártás lehetővé teszi, hogy a lehető legkevesebb hulladék keletkezzen, minimalizálva így a faanyag felhasznált mennyiségét. Esetünkben 5/10-es pallókból készülnek a tartók szeglemezes kapcsolattal. Mivel a tartószerkezet önsúlya csekély, ezért felhasználásukkal könnyebb fedélszék készíthető, mint a hagyományos tető esetében. A tartók két végükön alátámasztott rácsostartóként működnek, tehát feleslegessé teszik a közbenső alátámasztó falakat, mint ahogy ez esetünkben is megfigyelhető. Ezzel az anyagtakarékossággal szintén óvjuk a környezetet. A tartók tengelytávolságának kiosztásakor az optimális méretekre törekedve, 80-85-90 cm között változnak az osztások. A terasztető tartói a főtartókra merőlegesen helyezkednek el. A megfelelő kialakítás érdekében a csökkentett magasságú tartók a fióktetőben a főtartókra ülnek fel. A teraszok feletti tetők teljes magasságú tartóit 2-2 talpszelemenre ültetjük.

Mint ahogy arról az előző részben is szó esett, az eredetileg tervezett vasbeton födém helyett könnyűszerkezetes függesztett rácsos szerkezetű mennyezet tervezésére került sor. A 80-90 centiméterenként elhelyezett szeglemezes tartók kínálták magukat egy új födém szerkezet kialakításához. Két réteg összesen 2,50 cm vastagságú gipszkarton réteg került a lakótér fölé. Ennyi gipszréteg már jótékony hatással van a helyiségek páratartalmának megfelelő szinten tartására. Erre 5 cm vastagságú kender anyagú hőszigetelő réteg kerül. Mivel a kender jó hőtároló képességgel rendelkezik, valamelyest ellensúlyozza a könnyűszerkezetű födém azon rossz tulajdonságát, hogy nem képes hosszú távon elraktározni a hőt. A kender réteg és a szeglemezes tartók alsó pallója közé tudjuk rögzíteni a falszerkezetben és a pincefödémekben is jelen lévő párazáró fóliát. Így valósul meg tökéletesen épületünk párazárása. A szeglemezes tartók közé 25 cm vastag szórt cellulóz hőszigetelő réteg készül.



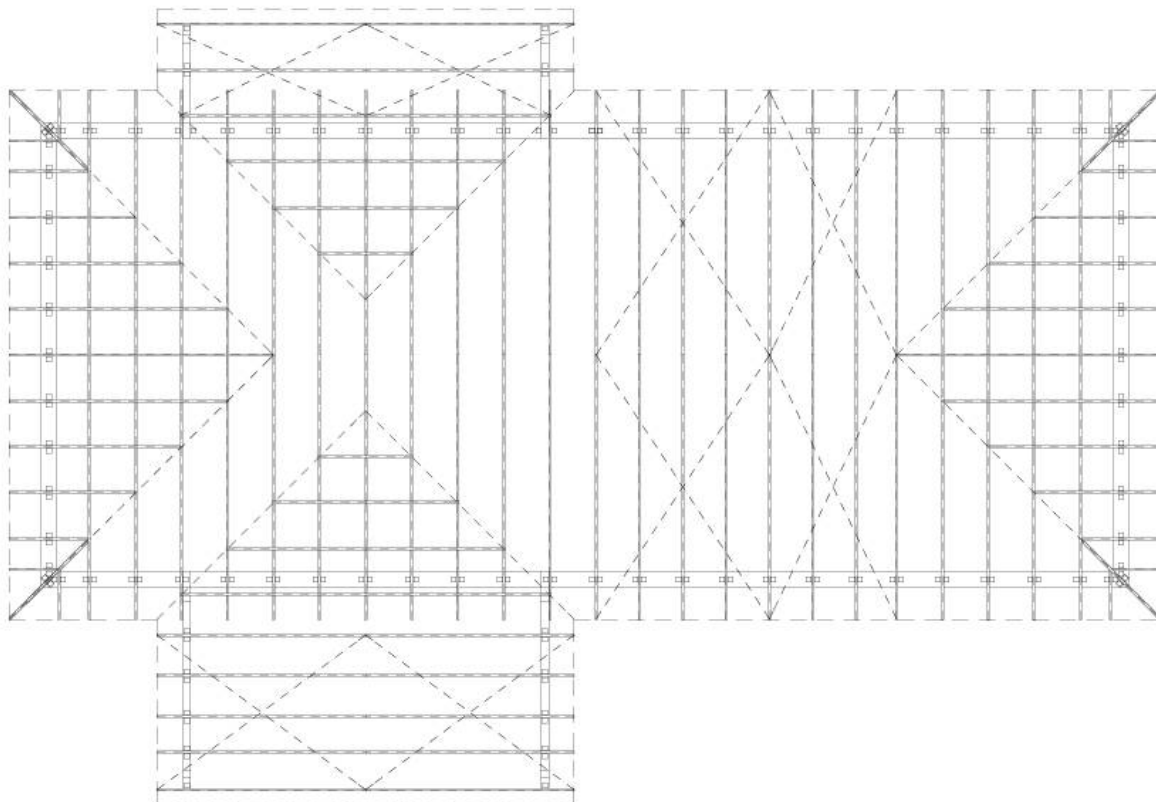
Függesztett álmennyezet szerkezeti kialakítása⁴⁰³

A tető hajlásszöge 25° , ahogy az eredeti terven is szerepelt. A tetőre kerülő egyenes vágású hornyolt tetőcserep esetében ez a megengedhető legkisebb hajlásszög. A legkisebb hajlásszög alkalmazására azért van szükség, hogy minél könnyebb tetőszerkezet készülhessen, továbbá a faanyag-felhasználás is a lehető legkevesebb legyen. Ez biztosítja azt, hogy ökológiai szempontból is megfelelő legyen a tető. Ezt megkönnyítette az is, hogy a továbbiakban a padlástér nem lesz hasznosítva. Az előző pontban tárgyalt könnyűszerkezetes zárófödém is e feltétel miatt készülhetett el. A födém anyagválasztásánál is cél volt, hogy minél kevesebb súllyal terhelődjének meg a szeglemezes tartók.

Üzemi előregyártás után teherautók segítségével szállítják a tartókat az építés helyszínére. Itt daruzás után 100.100.8-as L-acélok segítségével rögzítik őket a falszerkezetet lezáró vízszintes helyzetű 5 cm vastag pallókhöz. A tervezés folyamán különösen figyelni kellett arra, hogy a teherbíró falszerkezetben futó TJI tartók lehetőleg a szeglemezes tartók alá essenek. Ez fontos volt a megfelelő teherátadás biztosítása érdekében. A nyílásoknál a szeglemezes tartókról érkező terheket a nyílásokat két oldalról szegélyező tartókra közvetítik az áthidalók. A szerkezet sajátos kialakítása lehetővé teszi a déli homlokzat nagyobb mértékű megnyitását, mivel a kéttámaszú tartók a két hosszanti főfalra terhelnek. A hosszanti főfalakon a nyílások elosztásánál fontos volt az erőátadások biztonságos megoldását.

A tetőszerkezet merevítését andráskereszt alakban elhelyezett lyukszalagos merevítők szolgálják. Azokon a helyeken, ahova nem kerültek lyukszalagok, a vápa- illetve az élszarufák látják el a merevítés szerepét.

⁴⁰³ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.



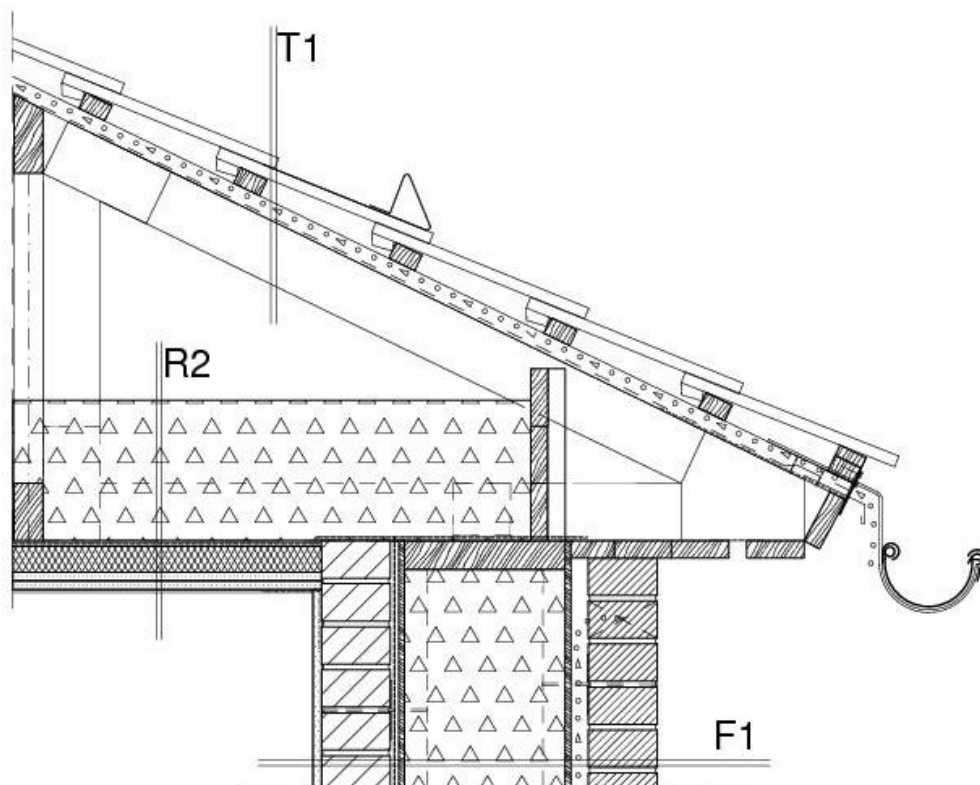
Szeglemezes tetőszerkezet kialakítása⁴⁰⁴

A padlástér megközelítése a keleti terasztető aljában kiképzett padlásfeljárón keresztül történik. A teraszok alsó borításaként széthúzott deszkaburkolat készül, melynek közeit rovarhálóval látják el. Ekképpen egy jól átszellőztetett padlástér alakul ki. A padlásfeljáró lenyitható ajtaja illeszkedik a burkolat raszterébe, így nem tűnik ki a burkolatból.

A padláson való esetleges közlekedés pallójárdákon történik. A szeglemezes tartók gyártásakor alakítják ki a pallók fogadoszerkezetét a szeglemezes tartókon. Legegyszerűbben a rácsrudak közt keresztben elhelyezett vízszintes merevítővel oldható meg a pallók elhelyezése.

A tetőfedés és bádogos munkák kapcsán kiemelésre került, hogy „a magastető sajtolt, hullámos, égetett anyag cserépfedést kap, vörös színben (pl. Tondach Palotás). A tető részletképzései a cserépgyártó alkalmazástechnikája szerint készülnek, a szükséges és előírt rendszerkomponens kiegészítők (szellőzőelemek, kúpcserepek, oromszegélyek, hófogók stb.) alkalmazásával. A bádogos munkák hagyományosan horganyzott acéllemezből készülnek. A függő ereszcatorna félkör keresztmetszetűek és vörös színű felületkezeléssel rendelkeznek. A bádogostechnikai előírások, szabványok szigorúan betartandók. Az ereszcatornákból a vizet az épület körül 9 helyen láncok mentén vezetjük le függőlegesen, kavicskutakba, ahol azok gond nélkül el tudnak szikkadni.”

⁴⁰⁴ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.



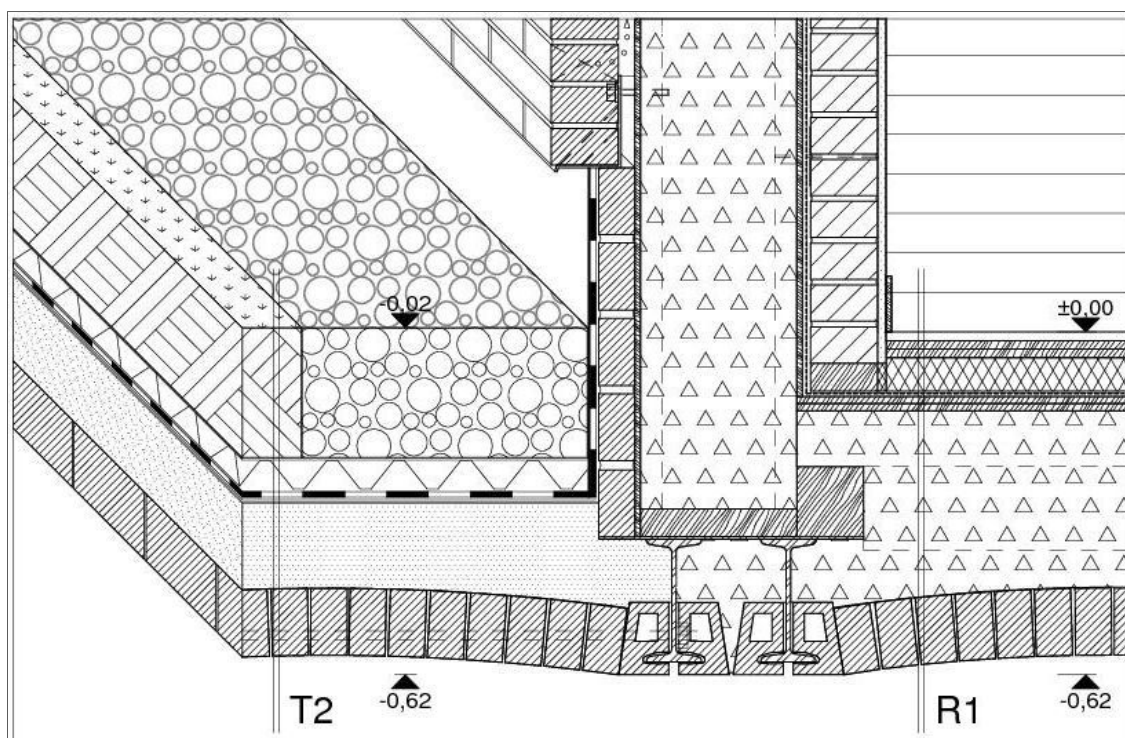
Szeglemeztes tető ereszkialakítása⁴⁰⁵

Ökológiai szempontok alapján bontott egyenes vágású hornyolt cserépfedés került megtervezésre. Ez a fajta cseréptípus sok régebbi épületen megtalálható, így hozzájutni is egyszerű. Darabárban jóval olcsóbb bármely újonnan gyártott cserépnél, és megfelelő válogatással kitűnő állapotú cserépeket vásárolhatunk. A tetőcserepek tartószerkezetét jelentő 50/30-as cserépléceket szintén 50/30-as ellenléceken helyezük el. Az ellenlécek alá kerülő porhó elleni fólia újrahasznosított műanyagból készül. A cserépfedés kialakításánál ügyelni kell arra, hogy az alacsony hajlásszög miatt 10 cm-es átfedésben kerüljenek fel a cserépek.

A bádogos munkák hagyományosan horganyzott acéllemezből készülnek. Az eredetileg tervezett láncos esővíz elvezetést megmaradt, ugyanis így kevesebb acéllemez szükséges. Ezek az ereszcatornákból az épület körül 8 helyen vezetik le a csapadékvizet kavicskutakba.

Egyes esetekben *lapostető* került kialakításra: „a pince egy része felett lapostető készül a metszeten szereplő rétegrenddel 2 réteg bitumenes vastaglemez szigeteléssel. A lapostető jelentős részére vastag mosott kavicsréteg kerül, azonban egy részén zöld tető kerül kialakításra. Itt gyökérálló vízszigetelés, vagy külön gyökérálló réteg beépítése szükséges. A zöldsötőt a csatlakozó épületszerkezetektől 50 cm széles kavicsávval kell elválasztani. A szigetelési munkáknál a gyártó alkalmazástechnikai utasításait szigorúan be kell tartani.”

⁴⁰⁵ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.



Lapostető rétegrendi kialakítása⁴⁰⁶

A megváltozott födém szerkezetnek köszönhetően a lapostető kialakítási módja is változott. A pincefödémnél látható cellulózfeltöltés helyett a hagyományos homokfeltöltés alkalmazására került sor. A homokfeltöltés megfelelő tömörségét biztosítani kell. Tömörítés után egy polipropilén elválasztó rétegre kerül az egy réteg műanyag lemez vízszigetelés. Ezen egy újabb réteg elválasztó filc és drénlemez kap helyet. Az extenzív zöldtető talajkeverék zárja a rétegrendet. Az attikafalak és az épület falai körül 50 cm-es elválasztó kavicságy kerül kialakításra. A csapadékvíz elvezetéséhez a lapostető két mezőre osztódik. Az egyik rész a garázs feletti északi attikafalra leejt, ahol az attikafalon keresztül vízköppökkel van kivezetve a víz a garázs mögé. A másik oldalon a keleti pincefal síkja felé van leejtve a szigetelés. Itt a pincefal külső síkján van levezetve a felesleges csapadékvíz. Ezekkel a megoldásokkal elkerülhető a lefolyók alkalmazása.

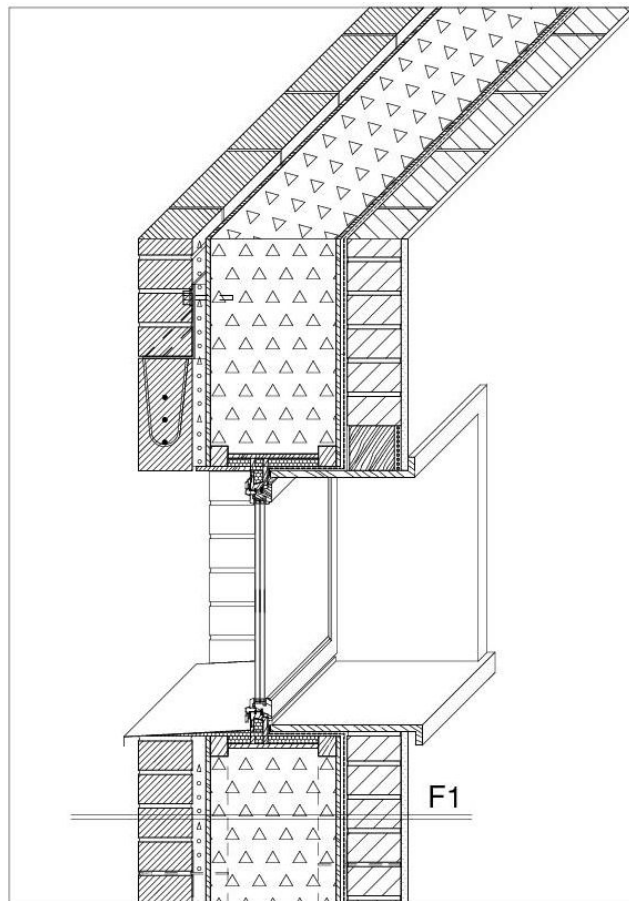
A *nyílászárók* kialakítása: „a lakótér nyílászárói műanyag tokszerkezetű, 3 rétegű üvegezésű ajtók és ablakok, külső oldalukon vörös, belső oldalukon fehér színben (pl. Internorm). Az üvegezés és a tokszerkezet hőátbocsátási tényezője egyaránt 0,8 W/m²K alatt legyen. A nyílászárók nagyméretűek és osztatlanok. Néhány nyílászáró fix üvegezésű, költség- és energiatakarékossági szempontból. A nyílászárókat úgy kell beépíteni, hogy azok külső síkja megegyezzen a falazott falszerkezet külső síkjával. A hőszigetelést úgy kell elkészíteni, hogy 4 cm-t ráakarjon a nyílászárók tokszerkezetére. A nyílászárók beépítésénél fokozottan ügyelni kell a nyílászáró és a falszerkezet közötti szerkezeti hézag légzáró tömítésére. A légzárást itt külső és belső légzáró ragasztó szalagok felragasztásával kell biztosítani. A nyílászárók felett alumínium paláttal rendelkező redőnyök kerülnek beépítésbe a hőszigetelés síkjában. A redőnytokok vakolhatóak. Kívülről elérhető, sötétvörös alsó felületük bontható. A redőnytokok beépítés miatt keletkező hőhídhatás csökkentése érdekében a külső

⁴⁰⁶ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.

nyílászárók feletti áthidalásoknál 10 cm extrudált polisztirolhab hőszigetelés kerül be közvetlenül a nyílászáró fölé. A pincszint ablakai 2 rétegű üvegezésű, külső oldalukon vörös, belső oldalukon fehér színű szerkezetek. A pincszinten található ajtók és kapuk, valamint a műhely kapuja fémszerkezetű (pl. Hörmann). A lakótér belső nyílászárói faszervezetűek. A nyílászárók pontos paramétereit a kiviteli terv konzignációs munkarésze tartalmazza majd.”

Az épületek legnagyobb hőáteresztő felületei a nyílászárók. A legtöbb hő ezeken keresztül tud kiszökni a fűtött térből, ezért különösen nagy hangsúlyt kell fektetni ezek helyes megválasztására. Az eredeti épületbe is magas minőségű, kiváló hőszigetelő képességű műanyag tokszerkezetű Internorm nyílászárók lettek tervezve. A BIO-ÖKO házban viszont a műanyag felületeket idegennek tűnhetnek, ezért ugyanazon gyártó fa, termohab, alumínium rétegfelépítésű ed[it]ion fantázianevű ablakaira cserélődtek az ablakok. Ezek az ablakok háromrétegű SOLAR+ üvegezéssel $U_w = 0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényezővel rendelkeznek.

A tele kivitelű se[le]ction nevű ajtó $U_D = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényezővel rendelkezik. Minden nyílászáró kívülről barna színű alumínium borítást kap. Az ajtó belülről fa színezetet kap, hogy minél jobban illeszkedjen az ablakok fa kiviteléhez. A nyílászárókat úgy kell beépíteni, hogy azok a TJI tartós függőleges vázszerkezet síkjának közepébe essenek. A nyílások kávája úgy van kialakítva, hogy 4 cm-t rátaakarjon a nyílászárók tokszerkezetére, az esetleges hőhidak méretét minimalizálva.



90/60-as Internorm ablak beépítési módja⁴⁰⁷

⁴⁰⁷ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.

A tökéletes légzárást külső és belső ragasztott fóliákkal lehet elérni. Ezeket a falazatban futó párazáró fóliával felületfolytonossá kell tenni.

A belső tér ajtói üvegezett és tele kivitelben készülnek. A pinceszint nyílászáróinál két rétegű üvegezéssel ellátott fa tokszerkezetű nyílászárók kerülnek beépítésre, hagyományos módon. A garázsajtó felnyíló Hörmann típusú garázsajtó, ahogy az eredeti terven is szerepelt.

A nyílászárók árnyékolása ROMA Compendium típusú rejtett tokszerkezetű redőnyökkel van megoldva.

A *burkolatok* kapcsán kiemelendő, hogy az utcaszintű épületrész, a pince burkolása az eredeti terv szerint természetes kő burkolat. A kő és a földszinti épülettömbön megjelenő bontott téglák jól harmonizál egymással és környezetével. Ezt kiegészíti a bontott egyenes vágású hornyolt cserépből készült héjazat is.

A pincehelyiségekben homokágyba fektetett bontott kisméretű tömör téglából készült burkolat került. Ez megjelenésében remekül párosul a poroszsüveg boltozatos födém vakolatlan felületével. A lépcső megjelenése folytatódik a bejárati ajtó teraszán is. A vasúti talpfákat félbevágva 8 cm pallókat kapunk. Ezeket kavicságyra elhelyezve hajópadló szerű burkolatot eredményez, mely ellenáll az időjárás viszontagságainak. A földszinti kisméretű tömör homlokzatburkolat a fedett terasz, valamint a teraszablakok előtt futó járda burkolataként is megjelenik.

A fűtött térben szalagparkettával és kerámia burkolattal találkozhatunk. Kerámia lapburkolatból használt, illetve bontott anyagot nehéz találni. Ennek vagy minőségi okai vannak, vagy az eladásra kínált burkolat mennyisége nem megfelelő, ezért újonnan gyártott mázas kerámia kerül beépítésre. Parketta esetében már nagyobb esélyünk van találni megfelelő anyagot, így kivitelezhetjük bontott anyagból is a parketta burkolatot.

Lenolaj tartalmú természetes linóleumot is alkalmazhatunk helyiségeink padlóburkolataként. Ez is környezetbarát megoldást jelent.

A *festett felületek* tekintetében a beltéri festékek kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy harmóniában legyen az alkalmazott építőanyagokkal. Ezért került kiválasztásra a VEGA vályogfesték, mely kiválóan alkalmas vályogfelületek és gipszkarton festésére. A festék vízbázisú, kötőanyaga fehérje-enyv és fehér agyag, tehát természetes anyagok. Jó páratechnikai tulajdonsága kiegészíti a vályog és a gipsz eme tulajdonságát. A pinceszinten hagyományos mészfestékekkel készül a falfestés. A vegyi anyagokat és szinterikus elemeket tartalmazó műanyag festékeket lehetőleg kerülni kell, mert gátolják a páraháztartás megfelelő működését.

c) Építési anyagok építésökölógiai és biológiai értékelése

Manapság a legtöbb energiatudatos épület esetében az energiafelhasználási mutatói alapján beszélünk egy adott épületről. Azonban egy épület energetikai mérlege nem az átadáskor kezdődik. A építőanyagok előállítás, helyszínre szállítása és beépítése során rengeteg energiát használunk fel. BIO-ÖKO épület esetében sor került annak vizsgálatára is, hogy mennyi energiát használunk fel az épület átadásáig, azaz mekkora a valós energiamérlege, hogyan áll az átadás pillanatában. Azért, hogy legyen mihez hasonlítani az adatokat, kiszámolásra kerültek az eredeti terv ugyanezen értékei is annak érdekében, hogy bemutathassuk, a tervmódosításokkal mennyi energiafelhasználást spórolhatunk.

Mindenekelőtt az eredeti kutatás körülményei kerülnek bemutatásra a kutatási anyagból⁴⁰⁸ származó részletekkel.

⁴⁰⁸ A szakértői kutatást Medgyasszay Péter vezetésével dr. Lányi Erzsébet, Novák Ágnes és Tiderenczl Gábor készítették 2000-ben.

A kutatás módszere kapcsán az alábbiak emelendők ki az első lépcsős értékelés módszere keretében:⁴⁰⁹ az építőanyagok építésökológiai, -biológiai értékelési rendszereinek nemzetközi szakirodalmának tanulmányozása után a következő módszert dolgozták ki a kutatás szerzői:

A kiválasztott termékcsoportokat jellemző alkalmazási területük, rétegvastagságuk, élettartamuk szerint vizsgálták. Az általános technológiai adatok mellett feltüntettük az ökológiai alapadatokat is. Az ökológiai alapadatokat jellemzően a BauBioDataBank-ból⁴¹⁰ vették, figyelembe véve az egyéb nemzetközi adatokat is.

A termékcsoportok környezetre gyakorolt hatását teljes életciklusuk alatt végigtekintették. Az elemzés a közel azonos jelentőségűnek tekintett tulajdonságokról ad átfogó információt, úgy mint:

- belföldi elérhetőség,
- előállítás energiatartalma, káros anyag kibocsátása,
- beépítés energiatartalma, káros anyag kibocsátása,
- használat energiatartalma, káros anyag kibocsátása,
- bontási folyamat alatti káros anyag kibocsátás,
- hulladék állapot újrahasznosíthatósága.

Az első lépcsős tájékoztató értékelésben az ismert kvantitatív adatok közlése mellett az anyagok ökológiai minőségét jellemző értékelést is adnak minden vizsgált életciklusra vonatkoztatva. A környezeti értékelést minősítő sokszor szubjektív számot *kv_szám*-nak ("környezet védelemi" szám) nevezték el. Az egyes tényezők közötti súlyozás megalapozottabb kidolgozása meghaladta a kutatás kereteit, ezért az egyes tényezők mértani átlagából képezték az összesítő *kv_szám*ot. Ez az elméleti egyszerűsítés nem vezetett az értékelés torzulásához. Az értékelés során ugyanis ügyeltek arra, hogy a lényegtelen aspektusok, "nem jellemző" besorolást kapjanak, így ezen tényezők nem módosítják az átlagot. Továbbá a gyakorlat azt mutatta, hogy az anyagok, életciklusaikat tekintve, tendenciájukban pozitív, vagy negatív hatással vannak környezetükre.

Az áttekintő táblázat könnyebb megértése, az egyszerűbb összehasonlítás kedvéért a közelítő numerikus adatokat is minősítő értékeléssé degradáltuk, hogy összehasonlíthatóak legyenek a nem numerikus adatokkal.

A *kv* számok alapján megállapított ajánlási fokozatok az alábbiak:

- 3: Kiemelten ajánlott
- 2: Kiseb hátrányai ellenére ajánlott
- 1: Jelentékeny hátrányai miatt nem ajánlott
- 0: Kerülendő
- n.j.: Nem jellemző paraméter
- n.a.: Közelítő információ sem ismert

A táblázat kvantitatív adatai az általános építőipari technológiai adatok mellett ökológiai indikátorokat is tartalmaznak, úgy mint befektetett energiatartalom, szén-dioxid és kén-dioxid egyenérték. Ezen adatok nagyrészt a Tisztább Építési Anyagok Munkacsoport (TEAM) tulajdonában lévő nemzetközi adatbázisból, a BauBioDataBank-ból származnak (GIBB, BauBioDataBank).

A műszaki élettartamnál közölt értékek svájci mintát követve, névlegesen felvett, irányadó minimum értékek, átlagos körülményekre értelmezve.

⁴⁰⁹ A szakértői kutatást Medgyasszay Péter vezetésével dr. Lányi Erzsébet, Novák Ágnes és Tiderenczl Gábor készítették 2000-ben.

⁴¹⁰ <https://www.gesundes-haus.ch/baubiologiebauoekologie/datenbank.html> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

A kutatócsoport szakértői véleménye szerint ezen adatok sok helyen vélhetőleg pontatlanok, nem tükrözik a tényleges magyar helyzetet. Az adatok pontosítása alapos alapkutatást igényel a hazai termékgyártók bevonásával. Ennek ellenére a kapott eredmények mégis irányadóak a két változat összehasonlítása szempontjából.⁴¹¹

A kutatás általános elvei kapcsán az alábbiak kerültek kiemelésre:

- Megújulónak tekintették azokat a forrásokat, melyek felelős gazdálkodást feltételezve, a természet által egy emberöltő alatt újratermelődnek (például fa), valamint a korlátlanul rendelkezésre álló forrásokat (például nap, szél).
- A primer energiatartalomba (PET) a forrásként használt BauBioDataBank háttérkutatása alapján az építési anyagok előállításának nyersanyag és energia igényét értették. Az építési helyszínre szállítás és a beépítés, karbantartás és bontás energiaigénye nem képezi e primer energia részét.
- A primer energia megújuló és nem megújuló energiafelhasználása része a használt adatbázis szerint egyrészt az előállításához használt villamos energia forrásából (víz, szél stb.), valamint a CO₂ semleges anyaghasználatból adódik. Az elektromos áram megújuló, illetve nem megújuló hányada tekintetében a használt BauBioDataBank európai átlag áramarányra vonatkozó adatait vettük figyelembe. Hangsúlyozandó, hogy a Magyarországi megújuló energiaforrásból származó áramtermelés az EU átlagértéke alatt van.

A CO_{2eq} érték a szakirodalom⁴¹² szerint az üvegházhatást okozó gázokat jellemzi. A CO₂ gázon kívül más gázok is üvegházhatást okoznak, a CO₂-hoz képest, az alábbi táblázat szerinti súlyozással. Minél nagyobb egy anyag előállításához szükséges CO_{2eq} érték, annál inkább járul hozzá a globális üvegházhatáshoz.⁴¹³

A CO_{2eq} értékbe súlyozással számított egyes elemek⁴¹⁴

Emisszió	Súlyozás
CO ₂ - széndioxid	1
CH ₄ - metán	24,5
N ₂ O - generátorgáz	320
R134a - FKW	1300
R22 - FCKW	1700
H 1301 - halon	5600

- Az SO_{2eq} érték a kénesedést okozó gázokat jellemzi. Az alább felsorolt gázok a légkör nedvességtartalmával lépnek kémiai reakcióba. A nedvesség kicsapódása során az így keletkező csapadék az épített, művelt és természeti környezetet károsítja. Az itt felsorolt gázok hatása SO_{2eq} értékre van átszámítva.

⁴¹¹ A szakértői kutatást Medgyasszay Péter vezetésével dr. Lányi Erzsébet, Novák Ágnes és Tiderenczl Gábor készítették 2000-ben.

⁴¹² STEIGER, P. (1995): Hochbaukonstruktionen nach oekologischen Gesichtspunkten. SIA- Dokumentation D 0123, Zürich, Switzerland.

⁴¹³ A szakértői kutatást Medgyasszay Péter vezetésével dr. Lányi Erzsébet, Novák Ágnes és Tiderenczl Gábor készítették 2000-ben.

⁴¹⁴ A szakértői kutatást Medgyasszay Péter vezetésével dr. Lányi Erzsébet, Novák Ágnes és Tiderenczl Gábor készítették 2000-ben.

Az SO_{2eq} értékbe súlyozással számított egyes elemek⁴¹⁵

Emisszió	Súlyozás
NO _x - nitrogén-oxidok	0,7
HCl - sósav	0,88
SO _x - kén-oxidok	1
HF - floursav	1,6
NH ₃ - ammónia	1,88

- A kutatócsoport hangsúlyozza, hogy az alacsony és magas frekvenciájú sugárzások elnyelő képességével is foglalkozni kell, azonban jelenleg ezek az adatok kutatás alatt állnak, az értékelő, minősítő szemléletű szempontrendszerbe nem illeszthetők bele. Egyes háttérsugárzások káros, más sugárzások pozitív hatással vannak az emberi szervezetre. Az elnyelő képességet ezért nem lehet pozitívan vagy negatívan értékelni.

A BIO-ÖKO ház építőanyagainak építésökölógiai és biológiai értékelésére vonatkozó táblázat az 1. számú függelékben található.

Az építésökölógiai és biológiai értékelés összegzéseként az alábbi megállapítások emelendők ki:

Alapadatok:

Épület helye: Gyarmat, Józanhegyi utca hrsz.: 359/2

Épület típusa: Lakóház

Kialakítása:

Fűtetlen pinceszint :102,51 m²

Fűtött földszint :153,45 m²

Épület hasznos alapterülete: 255,96 m²

Ökológiai számítás az eredeti terv szerint alkalmazott építőanyagok esetén:

Építőanyagok gyártásához felhasznált energia: 291.955 kWh

Környezetterhelés: CO_{2eq} : 97.905 kg

SO_{2eq} : 406,08 kg

1 m²-re jutó gyártási energiafelhasználás: 1.140,63 kWh/m²

Ökológiai számítás a BIO-ÖKO ház terve szerint alkalmazott építőanyagok esetén:

Építőanyagok gyártásához felhasznált energia: 144.363 kWh

Környezetterhelés: CO_{2eq} : 35.438 kg

SO_{2eq} : 256,47 kg

⁴¹⁵ A szakértői kutatást Medgyasszay Péter vezetésével dr. Lányi Erzsébet, Novák Ágnes és Tiderenczl Gábor készítették 2000-ben.

1 m²-re jutó gyártási energiafelhasználás: 564,01 kWh/m²

Ökológiai számítás a BIO-ÖKO ház terve szerint újonnan gyártott építőanyagok esetén:

Építőanyagok gyártásához felhasznált energia: 325.193 kWh

Környezetterhelés: CO_{2eq} : 82.934 kg

SO_{2eq} : 480,90 kg

1 m²-re jutó gyártási energiafelhasználás: 1270,48 kWh/m²

A kapott eredmények *megfelelnek a várt értékeknek*. Ebből láthatjuk, hogy tudatos tervezéssel és az újrahasználat, valamint az újranaszosított anyagok szisztematikus alkalmazásával lehet *alacsony energia-befektetéssel épülő alacsony energiafelhasználású és csökkentett környezeti hatású házat* úgy létrehozni, hogy az *minden jelenkori követelménynek maradéktalanul megfeleljen*. Továbbá költségek terén is kedvező, ha bontott építőanyagokat is felhasználunk épületünkhöz.

Az építésökológiai számítás érdekessége, hogy abban az esetben, ha *BIO-ÖKO házunkat teljes mértékben újonnan gyártott építőanyagokból építjük fel, több energiába telik az épület megépítése, mint az eredeti építőanyagok felhasználásakor*. A befektetett energia mutatója a *tégla égetésébe* fektetett hatalmas mennyiségű energia miatt toródik el ennyire. Ebből levonhatjuk azt a következtetést, hogy az újonnan gyártott kisméretű téglából készült falak helyett, *válasszuk inkább a korszerű falazóblokkokat*, hiszen ott kevesebb tömegű kerámia kiegészítés révén érünk el jobb hőtechnikájú falazatot.

Jól látszik a tervekből és a számításokból, hogy jól átgondolt szerkezetekkel és megfelelő építőanyagválasztékkal igazán *környezetbarát épületet* tudunk létrehozni. A jelen épületnél alkalmazott anyagok és szerkezeti megoldások csak egy példát mutatnak be. Azt, hogy melyek az optimális építőanyagok és szerkezeti kialakítások, mindig az adott tervezési körülmények szabják meg.

Végül szeretnék bemutatni egy megvalósult épületet annak bizonyítékául, hogy a megfogalmazott elvek nem csak elméletben, hanem gyakorlatban is tökéletesen működnek.⁴¹⁶

6) Környezeti hatáselemzés – esettanulmány

Az építési szektorban a környezeti hatások csökkentése érdekében emelkedik az újrahasznosított építési anyagok használata. Különböző építési projekteket gyakran elemzünk a gazdaságosság szempontjából, ugyanakkor kevésbé szólnak tanulmányok a környezeti hatásokról. Ez a tanulmány egy 1997-es beruházás környezeti hatáselemzését mutatja be, ahol nagymértékben alkalmaztak újra felhasznált építőanyagokat és épületszerkezeteket. Két elemzés készült, egyrészt nagymértékben újrafelhasznált anyagokból és szerkezetekből készített épületet, másrészt teljesen új anyagokból kivitelezett házat vizsgálva. Az eredmények azt mutatták, hogy a környezeti hatások 55 százaléka az

⁴¹⁶ Lásd LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezettani Tanszék.

építőanyagok újonnan gyártásából származik. Az agyagtégglák és agyagcserepek újbóli felhasználása jelentősen képes csökkenteni ezeket a környezeti hatásokat.⁴¹⁷

a) Bevezetés

Az 1997-es Svéd Építési Kiállításra egy egylakásos lakóépület épült nagyrészt újra felhasznált építőanyagok, épületszerkezetek és újrahasznosított anyagok felhasználásával. Az építőanyagok napjaink újrahasznosítási szokásaitól merőben eltérő módon kerültek újrahasznosításra. Az épületet "Újrahasznosított ház"-nak nevezték, és nagy érdeklődésre tartott számot. A projektet a Svéd Nemzeti Lakásügyi-, Építési és Tervezési Tanács támogatta, bízva az újrafelhasznált termékek bővülésében a svéd piacon.

Az újrahasznosítás esetünkben az újrafelhasználás, anyag újrahasznosítás és égetéssel való hővisszanyerés teljes területét jelenti. Az újrahasznosítás legfőbb előnyei a nyersanyag takarékoság, az energiamegtakarítás, a károsanyag kibocsátás csökkenése és hulladékelhelyezés helyigényének csökkentése. Az előnyök mértéke függ az anyag típusától és az újrahasznosítás formájától is. Az újrahasznosításnak emellett gazdasági előnyei is vannak, azonban ezeket jelen tanulmány nem vizsgálja.

Az *Újrahasznosított ház* jó példa arra, hogy az épületekből származó környezeti hatások csökkenthetőek. A bemutatott tanulmány célja az újrahasznosított építőanyagok felhasználásával elérhető környezeti hatások vizsgálata.

A tanulmány célja elsődlegesen az volt, hogy összehasonlítsa a manapság szokatlan, nagymértékben újrahasznosított anyagokból épülő ház, valamint az általánosan alkalmazott, új építési termékekből készített lakóépület jelentette környezeti hatásokat.

Az *újként* definiált építőanyagok körébe a napjainkban általános módon előállított anyagok tartoznak. Az új anyagok változó mértékben tartalmazhatnak újrafelhasznált anyagokat is. Erre jó példa lehet az acél, a gipszkarton lemezek vagy az ásványgyapot. Ezáltal a széleskörű újrahasznosítás jelentette hatások összehasonlíthatóak a napjainkban alkalmazott gyakorlatok környezeti hatásaival.

A második cél az újrafelhasznált agyagtégglák szállításából eredő környezeti hatások összehasonlítása az újonnan gyártott agyagtégglák szállításával szemben. Ez az összehasonlítás az újrafelhasznált téglák szállításáról szóló fejezetben olvasható.

Az ilyen típusú elemzések iránt növekvő társadalmi érdeklődés figyelhető meg az újrafelhasznált építőanyagok feltételezett előnyei kapcsán. A célközönség leginkább az építési szektor szereplői közül kerül ki. Az eredmények az építőanyagok újrahasznosításához kapcsolódó törvényhozás számára is érdekesek lehetnek.

Az új anyagokra vonatkozó folyamat tartalmazza a termékek előállítását (nyersanyag bányászata, termék üzemi gyártása, szállításra kész állapotig, cradle to gate + gate to gate) és az anyagok a gyárból az építési területre való szállítását. Az újrahasznosított anyagok folyamata a bontást, feldolgozást, bontási területről az ideiglenes depóba, majd onnan az építési területre való szállítást tartalmazza. Viszont nem tartalmazza az épület használata majd bontása során mutakozó hatásokat.

Az épület részeibe annak alapozása, külső és belső falai, földemei és tetőszerkezete tartoznak. Egy korábbi kutatás tapasztalatai alapján ezek a szerkezetek az épület össztömegének több, mint 97 %-át teszik ki.

⁴¹⁷ THORMARK, Catarina (2000): Environmental analysis of a building with reused building materials. Lund Institute of Technology, *Department of Building Science*, Svédország.

A környezeti hatások vizsgálatának alapjául szolgáló 150 m² nettó hasznos alapterületű szabadonálló egylakásos családi ház 1997-ben épült. Az épület tartalmaz továbbá garázs és tároló helyiségeket is, melyekkel együtt 195 m² a teljes alapterület. Az épületszerkezetek átlagos U értéke 0,26 W/m²K. Az alapozás beton lemezalap. A lakóterek külső falai agyagtégla falazatok ásványgyapot borítással. A garázs és a tároló külső falai könnyűbetonból készültek. Szerkezeti megerősítés céljából acél teherhordó elemek is beépítésre kerültek. A tető faszervezetű fedélszékből, agyagcserép fedéssel készült, rostlemez, ásványgyapot hőszigetelés, polietilén fólia és gipszkarton lemez vagy falemez belső burkolat rétegrendi felépítéssel. A belső falak többsége favázis gipszkarton fal, de található néhány agyagtégla fal is. A jelentősebb újrafelhasznált anyagokat a későbbiekben szerepeltetett táblázat tartalmazza.

A kutatási módszer vonatkozásában az alábbiakat érdemes kiemelni: a környezetünk tudatos védelme egyre nagyobb fontossággal bír, így a gyártott és fogyasztott termékek környezeti hatásaival kapcsolatos elemzési módszerek fejlesztésére egyre nagyobb az igény, hogy pontosan megérthessük és csökkenthessük ezeket. Az e célra fejlesztett technikák egyike a már többször említett életciklus-értékelés. Az LCA egy termék vagy szolgáltatás teljes életciklusára vonatkozó értékelés, melynek segítségével megadható a vizsgált egység környezeti hatása. A környezeti hatások a természeti erőforrás igényre, levegőbe-, vízbe- és talajba történő kibocsátásokra és a szilárd hulladéokra is vonatkoznak többek között. Az életciklus tartalmazza a folyamatokat és szállításokat, úgy mint nyersanyag kitermelés, feldolgozás, termékgyártás, felhasználás és hulladékkezelés.

Az LCA négy különböző részből áll: cél és alkalmazási terület (cél és rendszerkörnyezet definiálása), leltárvizsgálat (adatgyűjtés és számítás a vizsgálat rendszer bemeneti és kimeneti oldalain), életciklus hatáselemzés (életciklus alatti hatások környezetre gyakorolt hatásának értékelése a leltárvizsgálat eredményei alapján), eredmények értékelése (a jelentős környezeti kibocsátások azonosítása, az ezekből levonható fontos megállapítások és ajánlások meghozatala). A hatáselemzés végződhet nem tudományos alapú, hanem érték alapú mérlegelési lépéssel is.

Az életciklus-értékelésnek mint minden technikának, vannak korlátai. Egyféle korlátozást jelentenek az LCA készítése során hozott döntések, feltételezések, úgy mint rendszerhatárok, adatok forrásai és hatáskategóriák, melyek mind lehetnek egyedileg meghatározottak. Továbbá a leltárvizsgálat vagy a környezeti hatábecsés során alkalmazott modellek is alapulhatnak feltételezéseken, illetve előfordulhat, hogy nem minden hatásra alkalmazhatók. Ezen felül az életciklus-értékelés vizsgálatok pontosságát befolyásolhatják a releváns adatok hozzáférhetőségi korlátai, valamint ezek adatminősége egyaránt. Mindezeket a problémákat természetesen az elérhető, tudományos konszenzuson nyugvó elemzési módszerek és adatbázisok használatával jelentősen lehet csökkenteni. Végezetül az értékalapú mérlegelés során is alkalmazhatunk különféle súlyozási módszereket, melyekkel más-más eredményhez juthatunk. Ezen okok miatt fontos, hogy az információk határai tudatosan, jelen tanulmányhoz hasonlóan kerüljenek meghatározásra, ahol is az eredmények értékelése tudatos döntési folyamat alapján történik.

A vizsgált rendszerek, valamint a rendszerhatárok külön ábrán kerülnek bemutatásra jelen alfejezetben. A funkcionális egység (az életciklus értékelés vizsgálati egysége, amire minden környezeti hatást vonatkoztatunk) az egész épületet jelenti a különféle fázisokban, beleértve az építőanyagok helyszínre való szállítását is.

A termékgyártás – a bölcsőtől a kapuig és a kaputól a kapuig elv szerint – fázisába az előállító üzemektől az építési területre való szállítás is beleértendő. Az újrafelhasznált építőanyag csomagolása és kezelése megegyezik az új építőanyagéval. A bemutatott tanulmányban az újrafelhasznált anyagok típusa és minősége a használat és fenntartás ideje szempontjából nem lett megkülönböztetve az

újonnan gyártott termékekétől. Jelen vizsgálat szempontjából nem releváns információk, mivel a beépítés, üzemeltetés, fenntartás szakaszai nem képezik részét az elemzésnek. Mindazonáltal a beépítés, üzemeltetés és fenntartás szakaszai nincsenek hatással az újrahasznosított anyagok alkalmazására, amennyiben teljesítményjellemzőik megegyeznek az újonnan beépített termékekével.

A környezeti hatások összehasonlíthatósága szempontjából az újrafelhasznált anyagokból épült épület és a teljesen új anyagokból készült épület az alábbi két rendszerben kerültek meghatározásra:

- Újrahasznosított anyagokból épült ház,
- Teljesen új anyagokból épült épület.

A rendszerhatárok úgy lettek meghatározva, hogy a két eset összehasonlítható legyen. A rendszerek több építőanyagot és folyamatot tartalmaznak annál, mint hogy pusztán megállapíthatóak legyenek a különbségek az „újra” eset és az „új” eset között. Ez amiatt szükséges, hogy a széleskörűen újrahasznosított anyagok alkalmazásával felépült ház hatásai és az új anyagokból napjainkban jellemző módon készült épület hatásai között megállapítható legyen a kapcsolat.

A betonacél Svédországban acélhulladék felhasználásával készül. Habár az acélbetétek esetén egyaránt tartalmaznak újrahasznosítható és érc forrásból származó alapanyagot is. Ennek okán a felhasznált acél mennyisége nem változik.

Az újrafelhasznált anyagok *bölcső szakasza* a bontási folyamatot megelőző, elhagyott épület állapotára értendő. Következésképpen a bontás, a bontott termék tisztítása és előkészítése, úgy mint a termékek szállítása beleértendő a vizsgálatba. Feltételezve volt, hogy a beton, fa és acélszerkezetek, valamint a tetőcserepek bontását nem befolyásolta azok újbóli felhasználása iránti szándék. E körülmény miatt és megfelelő adatok hiányában a beton-, fa és acél szerkezetek bontási folyamatait nem tartalmazza az elemzés.

Az előbbieket mentén látható, hogy az anyagok és elemek újrafelhasználása nem bevett gyakorlat napjainkban. Amennyiben az ilyen anyagok nem jelen tanulmány szerint kerülnek újrahasznosításra, úgy a következő felhasználási módok jellemzőek: a faanyagból égetés útján hőenergiát nyernek. Amennyiben a gyúlékony hulladék nem elegendő az igények fedezésére, természetes gázt is használnak energiahordozóként. Az újrahasznosított faanyag nettó fűtőértéke szolgált alapul a fűtéshez szükséges földgáz mennyiségi kalkulációjánál az „újra” rendszerében. A faanyag biomassza erőműbe történő szállításához szintén energiára van szükség, mely figyelembe lett véve, ám semmilyen további átalakítás nem szükséges az erőműben az elégetés előtt. A betonacélt beolvasztják és alapanyagul szolgál az acélgyártás során.

Az allokációs folyamat során az adott rendszerre jellemző anyagok, energiaáramok valamint a rendszerhez tartozó környezeti kibocsátások hozzárendelésre kerülnek a rendszer különböző funkcióihoz. Például az újrahasznosítás egy olyan rendszer, ahol előkerül az allokáció problémája, azaz egy funkció melléktermékéből egy másik funkció nyersanyaga válik.

Jelen tanulmányban az allokáció szűkítési módszer mentén készült, azaz minden egyes termékhez csupán a saját maga által a környezetre gyakorolt hatása lett figyelembe véve. A további lehetőségek és más allokációs módszerek hatásai későbbi fejezetben találhatóak.

Egyes környezetterhelési adatok számíthatók, mint például az a agyagtégla falazatok bontása során mutatózó terhelések. Más anyagok, folyamatok esetén szakirodalmi adatokat alkalmaztunk. A szakirodalmi adatok 1993-1997 időszakból származnak, többségük 1995-ből svéd és dán forrásokból. Az adatok egyaránt származnak iparági átlagértékekből és terület specifikus forrásokból. Három anyagra nem volt elérhető adat, ezeknél hasonló anyagok adatai kerültek felhasználásra. Az agyag tetőcserepekhez az agyag falazóelemek alapadatai kerültek felhasználásra, további 10%-os energiafelhasználás figyelembe vételével, mely a cserepek eltérő égetési módjából adódik⁴¹⁸. Vasbeton gerendákhoz az előregyártott vasbeton födémelemek adatai lettek alkalmazva, mivel nagyon kismértékű az eltérés a két anyag között. A tetőrétegrendben alkalmazott farostlemezhez a faforgácslap adatai lettek hozzárendelve a hasonló gyártástechnológia miatt.

A következő *hatáskategóriák* kerültek vizsgálatra: éghajlatváltozás, savasodás, eutrofizáció, fotokémiai oxidáció. A besorolási és jellemzési tényezők szakirodalom⁴¹⁹ alapján lettek meghatározva. A kiválasztott kategóriák egyezményesen elfogadottak a hatáskategóriák szempontjából. Továbbá, mind politikai, mind környezetvédelmi szempontból kiemelt fontosságú kategóriáknak számítanak. A természetes erőforrások felhasználása csupán azok tömege alapján kerül bemutatásra. Hulladék felhasználásával készült termékek esetén azok az ártalmatlan és környezetre veszélyes alkotók tömegarányában kerülnek bemutatásra.

A tanulmány az alábbi *korlátozásokkal* készült:

- Az *Újrahasznosított ház* esetében mészhabarc került felhasználásra, megkönnyítendő az agyagtéglák későbbi újrafelhasználhatóságát. Mivel a mészhabarc használata nem követelménye az agyagtéglák újbóli felhasználhatóságának, így azért, hogy az eltérő habarc alkalmazása ne befolyásolja a vizsgálat eredményeit, csak a mész-cement habarc lett figyelembe véve.
- Az elektromos áram kétféle módon lett számítva. A teljes energiafelhasználás két százalékát kitevő kisebb rész, jórészt nukleáris és vízi energián alapuló svéd villamosenergia előállítás alapján lett figyelembe véve. Minden más villamosáram felhasználás az európai villamos szektor átlagértékein alapul. Az energiaforrások tekintetében az európai adatok 40 %-os nukleáris, 38 % széntüzelésű, 10 % ásványolaj, 8 % gáz forrás felhasználását tartalmazzák. A fennmaradó részarányt vízi és biomassza források teszik ki.⁴²⁰
- A tanulmány a külső környezetre gyakorolt hatásokra korlátozva készült. A jellemzők a nyersanyag felhasználást, energiahasználatot, levegőbe, vízbe és talajba történő kibocsátásokat tartalmazzák.
- Bölcsőtől a kapuig és a kaputól a kapuig lettek felhasználva az adatok. Az építőanyagok értékesítési pontokról a beruházás helyszínére való szállítási távolságai a telekhez legközelebbi kereskedéstől lettek számítva, nem túlbecsülve az újrahasznosított anyagok használatának előnyeit.

A *hatásbecslés menete* esetünkben a négy határkategóriában leltárba gyűjtött adatok elemzésével zajlik. A jellemzéshez szükséges karakterizációs tényezőket Hauschild 1998-ban megjelentetett szakirodalma szolgáltatta.

Abból a célból, hogy a leltárvizsgálat és az elemzés további szempontjai is biztosítottak legyen, súlyozásos módszert is alkalmaztak. Jelen tanulmányban a súlyozás az LCI teljes tartományán alkalmazásra került, nem csak a négy hatáskategóriát érintve. Súlyozással az eredmények tovább

⁴¹⁸ The Danish Ministry of Environment (1996): Report 39. Koppenhága, Dánia.

⁴¹⁹ HAUSCHILD M. - WENZEL H. (1998). Environmental Assessment of products. Vol 2. Technical University of Denmark, The Danish Ministry of Environment, Copenhagen.

⁴²⁰ FREES N. – PEDERSEN M.A. (1996). Enhedsprocedatbase. Technical University of Denmark, Copenhagen.

rangsorolhatók, összegezhetők. A súlyozás értékítéleten alapul, eltérő lehet különféle egyéni szemléletek, szervezeti és társadalmi normák mentén, következésképpen a különféle súlyozási módszerek eltérő eredményekkel szolgálhatnak. Összesen háromféle súlyozási módszer lett alkalmazva. Két súlyozási módszer a Svédországban feltételezett mértékadó ökológiai terhek alapján és a svéd politikai célkitűzésekhez alkalmazkodóan lett kiválasztva. A harmadik módszer pedig az OECD átlagpolgárai fizetési hajlandóságát feltételezi, a negatív ökológiai hatások elkerülése érdekében. Mindhárom súlyozási módszer közös alapon nyugszik a súlyozási tényezők tekintetében. Az alkalmazott módszerek a következők:

- Környezetközpontú módszer (ET - The Environmental Theme Method): ezt az 1992-ben Heijungs által Hollandiában kifejlesztett módszert adaptálták a svéd politikai célok és számottevő környezeti terhelések mutatószámai alapján. Az itt használt mutatószámok a számottevő környezeti terheléseken alapulnak. A súlyozások hosszú távú adatbázisból nyert adatok vizsgálatán, a súlyozási tényezők tanulmányon⁴²¹ alapulnak.
- Ökológiai szűkösség módszere (ECO – The Ecological Scarcity Method): ez a rendszer Ahbe által 1992-ben megállapított politikai célkitűzéseken alapul. A mutatószámok Miljömassiga 1993-as dokumentumából származnak. Ebben a rendszerrel a kibocsátások közvetlenül egymással kerülnek összehasonlításra. Az ökológiai szűkösség módszere a mértékadó környezeti hatásokat az összes még megengedhető környezeti hatás (környezetpolitikai célok alapján számított kritikus áram) arányában veszi figyelembe a földrajzi elhelyezkedés ismeretében. A módszert hatósági célokra is alkalmazzák. Jelen tanulmányban a Svéd Környezetvédelmi Ügynökség 2021-ig megszabott célkitűzésein alapuló súlyozási tényezők használatosak.⁴²²
- Környezetközpontú stratégiák a termékfejlesztésben (EPS – The Environmental Priority Strategies in product design): a módszer Svédországban Steen és Ryding fejlesztette 1992-ben. Ez a módszer az OECD átlagpolgárai fizetési hajlandóságát feltételezi öt védelmezési területet illetően. A területek: biológiai diverzitás, emberi egészség, termelés, esztétikai értékek és természeti erőforrások. A súlyozási tényezők terén jelen tanulmányban az 1996-ban Steen által frissített tényezőket alkalmaztuk.

A *számítás* számítógépes szoftverrel készült, LCA Adatbázis és Leltár eszköz 2.38-as verziójával, melyet 1999-ben a Dán Építőipari Kutató Intézetben került kifejlesztésre. A számítás alapját képező modell négy szintre oszlik: nyersanyagok, építési termékek, épületszerkezetek és az épület maga. A szoftverben a felhasználó adja meg a kibocsátási paramétereket. Továbbá összeállítja az osztályozást és definiálja a jellemzési tényezőket. A szoftver az alkalmazott számítási modellekbe teljes betekintést tesz lehetővé.

A felhasznált anyagok *mennyiségét, és az újrahasznosított termékek arányát* az „új” és az „újra”épület tekintetében a lenti táblázat tartalmazza. Az „újra” házban a faanyag felhasználás magasabb, mert az újrafelhasznált faanyag keresztmetszeti méretei nagyobbak. Az agyagtéglák összmennyisége szintén magasabb újrafelhasználás esetén. Az újrafelhasznált téglák tömör falazóelemek, míg az új téglák feltételezhetően üreges kialakításúak. A régi téglák falazásakor felhasznált habarcs mennyisége a kőművestől függ, hogy ugyanolyan legyen, mint az új falazóelem esetén.

Az összes felhasznált anyag tömege 389 tonnát tesz ki. Az újrafelhasznált anyagok mennyisége ennek 30 %-át teszik ki, illetve 40 %-át, ha az alapozásnál felhasznált tört köveket is bele vesszük. Az összes

⁴²¹ LINDFORS L-G. (1995). Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment. Nord 1995:20. Nordic Council of Ministers, København.

⁴²² BENGTTSSON et al. (1997). Life Cycle Assessment of Wastewater Systems. Report 1997:9. Chalmers University of Technology, Technical Environmental Planning. Göteborg, Sweden.

szükséges falazóelem és tetőcserép újrafelhasznált termékként került beépítésre. A teljes szükséges faanyag mennyiségének 32 %-át teszik ki az újrafelhasznált faanyagok. Az acéligényt tekintve 70 % származik újrahasznosításból.

A felhasznált energia mennyisége az újrahasznosított ház esetében az új épület igényének 60 %-a. A teljes energiamegtakarítás megegyezik az épület 13 évnyi fűtési energiaszükségletével. (Amennyiben a nyersanyaggal bevitt energiát nem vesszük számításba, úgy az „újra” ház energiaigénye 54 %-a az „új” házénak, mely 9 évnyi fűtési energiával egyenlő.

Az újrahasznosított épület esetén kevesebb nyersanyag került felhasználásra az építőanyagok előállításánál, valamint a szállítási igények is csökkentek. A legfőbb felhasznált alapanyagok: kőzetek, homok, agyag és faanyag (közel 30 %-kal kevesebb) és fosszilis energiahordozók termékei (közel 25 %-kal kevesebb). A felhasznált különféle kémiai anyagok mennyisége közel 80 %-kal csökkentek.⁴²³ Manapság majdnem minden acéltermék újrahasznosított acélból készül, így közel nulla a nyersanyag primerenergia tartalma.

Feltételezve, hogy a közeljövőben a keletkező ásványi hulladékok összegűzésre kerülnek és ágyzatba lesznek beépítve, így az újrafelhasznált anyagot nem kell hulladéklerakóra szállítani az „újra” ház esetében.

Mindemellett az anyaggyártásból származó hulladék mennyisége csökkent az újrafelhasznált anyagok miatt. A környezetre ártalmas hulladék mennyisége 50 %-kal, az egyéb hulladékok mennyisége 30 %-kal csökkent.

Az új és újrahasznosított építőanyagok mennyiségi kimutatásai a két esetben⁴²⁴

Anyag	Mértékegység	Újrahasznosított ház		Új ház
		Újra felhasznált	Új	Új
Zúzottkő	tonna	–	110	110
Betonacél	tonna	–	0,454	0,454
Beton, részben tört beton adalékanyaggal	tonna	94,5 (anyag újrahasznosítás)	–	–
Beton, zúzottkő adalékanyaggal	tonna	–	94,5	94,5
Előregyártott betonelemek	tonna	–	2,28	2,28
Klinkertégla	tonna	–	7,78	7,78
Könnnyűbeton	tonna	–	8,7	8,7
Agyag téglá	tonna	90,576	83,028	90,576
Tetőcserép, agyag	tonna	12,510	12,51	12,510
Habarcs	tonna	–	38,6	38,6
Faanyag (400 kg/m ³)	m ³	10,656	17,151	11,624
Szerkezeti acél	tonna	1,015	1,015	–

⁴²³ Lásd THORMARK, Catarina (2000): Environmental analysis of a building with reused building materials. Lund Institute of Technology, Department of Building Science, Svédország.

⁴²⁴ Lásd THORMARK, Catarina (2000): Environmental analysis of a building with reused building materials. Lund Institute of Technology, Department of Building Science, Svédország.

Farostlemez (400 kg/m ³)	m ³	–	1,286	1,286
Furnérlemez (400 kg/m ³)	m ³	–	0,09	0,09
Gipszkarton lemez	tonna	–	2,683	2,683
Ásványgyapot	tonna	–	1,909	1,909
EPS szigetelés	tonna	–	0,625	0,625
PE párazáró fólia	tonna	–	0,028	0,028
Összesen	tonna	202,86	382,64	389,15

Az újrahasznosított háznál felhasznált fa *megnövekedett földgáz felhasználást* eredményez. Következésképpen, ez eltérést eredményez a biomassza és földgáz égetése során keletkező kibocsátások összetételében. A biomassza égetése során felszabaduló CO₂ mennyisége nullának tekintendő, mivel csak a biomassza körfolyamata során megkötött mennyiség szabadul fel, illetve a felszabaduló mennyiség elhanyagolható⁴²⁵. Földgáz égetése során jelentősen kevesebb CO szabadul fel, mint biomassza esetén. Továbbá, bizonyos szállítási feladatok szükségtelessé válnak újra felhasználás esetén.

A *súlyozás* kapcsán három különböző módszert használtunk: a környezetközpontú módszert (a továbbiakban e fejezet alkalmazásában: ET), az ökológiai szükségesség módszerét (a továbbiakban e fejezet alkalmazásában: ECO), valamint a környezetközpontú stratégiák a termékfejlesztésben módszert (a továbbiakban e fejezet alkalmazásában: EPS). A módszerek (és a súlyozási tényezők forrásai) részletezése a későbbi fejezetben találhatóak. A súlyozás eredményét a lenti táblázat tartalmazza.

A súlyozás eredményei a három módszer szerint⁴²⁶

	Teljesen új (mutatószám)	Újrahasznosított (mutatószám)	Újrahasznosított/Új (%)
ECO	62.532.856	38.200.324	61
ET, hosszú	5.881.116	3.754.346	64
EPS	588.646	480.053	82

Az újrahasznosításból eredő *előnyök* vizsgálatokor figyelembe kell venni a szállításból eredő környezeti hatásokat is. Továbbá, az újrafelhasznált és az újonnan gyártott téglák készítése és szállítása során megjelenő hatásokat is összehasonlítottuk. A tanulmányban a környezeti kibocsátásokat az alábbi hatáskategóriákra adtuk meg: globális felmelegedés, savasodás, eutrofizáció, fotokémiai oxidáció.

Az újrafelhasznált téglák nehezebbek, mint az új gyártmányok. A téglák újbóli felhasználása napjainkban nem igazán elterjedt, ezért nehéz pontos számadatokat szerezni a téglák szállításával kapcsolatban.

⁴²⁵ BRÄNNSTRÖM B.-M. (1996). El & miljö. Livscykelanalys för vattenfalls elproduktion. (In Swedish). Vattenfall . Stockholm.

⁴²⁶ Lásd THORMARK, Catarina (2000): Environmental analysis of a building with reused building materials. Lund Institute of Technology, Department of Building Science, Svédország.

Azonban eddig az újrafelhasználható téglákat rövid távokon szállították, a modern téglákkal összehasonlítva, valamint általában kisebb teherautókat használnak ehhez.

Összehasonlítottuk *435 darab téglá szállítását*. A darabszám kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy 435 darab üreges téglá tömege 1 tonna. Az újrafelhasználható téglák átlagos tömege 3,6 kg/téglá. Újonnan gyártott üreges téglák tömege 2,3 kg/üreges téglá, míg 1 darab tömör téglá 3,2 kg-ot nyom. A szállításhoz rendelkezésre álló *erőforrásokat* egyenlőnek vettük a két téglatípusnál. Egy közepes teherbírású teherautó össztömege megrakva 24 tonna, a kalkulált szállítási kilométer 0-200 km. A teherautó raktere 50 %-os telítettségű. Egy pótkocsi nehéz teherautó, megrakva 40 tonna össztömegű, mely 300 vagy több kilométerre viheti az alapanyagot. Ezt 70 %-os telítettségűnek vettük.

A *fogyasztási adatokat* üzemanyag liter/km és kibocsátás/liter tényezőkre vonatkozóan az 1-es besorolású 1993-1995 között gyártott dízel motorra. Az új téglákat 1993-ban Dániában, akkori viszonylatban korszerű üzemben gyártották.⁴²⁷ Az üzem földgázt és elektromos áramot használ, az elektromos áram használatának mértéke 6 %-ra tehető, összetétele az európai átlag alapján került meghatározásra.

Minden esetben, az *eutrofizáció és a fotokémiai oxidáció* hatásai a bontott téglá esetén sokkal rövidebb úton szállított üreges téglával egyeznek meg, vizsgálva a globális felmelegedés és a savasodás hatásait is.

Svédországban gyártott tégláról nem érhető el adat. Megfelelő számítással a Petersminde-i gyár adataiból, de az európai átlagérték helyett a svéd villamos energiamixet behelyettesítve nyertek adatokat. A fotokémiai oxidáció továbbra is meghatározó tényező, melynek viszonylag rövid távon metszéspontja is van.

A grafikonok tanulmányozásakor meg kell említeni, hogy Svédországban már csak három téglagyár üzemel. Emellett a helyi gyártású téglák gyakran szoros versenyben vannak a külföldi termékekkel. Például a Stockholm külvárosában üzemelő téglagyár jelentős versenyben van a dán téglagyárakkal. Ez azt vonja magával, hogy az új téglákat gyakran nagy távolságból szállítják.

A fentiek a tetőcserepekre is nagyrészt igazak. Azonban van néhány eltérés. Az újrafelhasznált régi és az újonnan gyártott cserepek között jóval kisebb a súlybeli eltérés. Továbbá a cserepek gyártása még több energiát igényel, mint a tégláké. Mindkét különbség az újrafelhasznált termék előnyeit gazdagítja. Előnyeik maximális kihasználása érdekében, az újrafelhasznált téglákat a környező régióból kellene az új építkezés helyére szállítani. További előnyt jelent, ha a bontási területről közvetlenül az új építési területre szállítják a téglákat.

A hatáskategóriák kiértékelése azt mutatta, hogy a teljesen új házhoz képest: *éghajlatváltozás 70 %, savasodás 50 %, eutrofizáció 70 % és fotokémiai oxidáció 61 %*.

A súlyozási módszerek által adott eredmény azt mutatta, hogy *a teljesen új házhoz képest*: a környezetközpontú módszer (ET) 64 %, az ökológiai szűkösség módszere (ECO) 61 %, míg a környezetközpontú stratégiák a termékfejlesztésben módszer (EPS) 82 %-os értéket mutat.

Az újrafelhasznált anyagok vizsgálata kapcsán megjegyzendő néhány gondolat. Az újra beépített anyagok rövidebb élettartammal bírhatnak, mint az új anyagok. A karbantartási feladatok terén is lehetnek eltérések a használt és új anyagok között. A bemutatott tanulmányban, habár az anyagok típusára és minőségére nem volt pontos utalás, ebben is különböznek a használt és új anyagok.

Az agyag *téglák* és tetőcserepek újbóli felhasználása környezeti szempontból *előnyösnek tűnik*. A téglák újra felhasználása mészhabarc vagy egyéb gyenge falazóhabarc, illetve mészcement vakolat

⁴²⁷ PETERSMINDE. (1993). Teglværk A/S, Assensvej 154, DK-5771 Stenstrup. Denmark: Stenstrup

alkalmazása esetén lehetséges. Ugyanez igaz az üreges téglákra is. Ez a tanulmány bemutatja az agyagtéglák újbóli felhasználásában rejlő számottevő előnyöket. A lehetőség és az előnyök ellenére a téglák ilyen módon való felhasználása napjainkban elég ritka. Ennek különböző okai vannak. Az egyik, hogy a téglák *megtisztításának nincs gazdaságos és ésszerű módszere*. Másrészt megfelelő *roncsolásmentes vizsgálati módszerek sem állnak rendelkezésre*, habár folyamatosan fejlesztik ezeket.

Az elemzésesetünkben egy meglévő épület 1996-ban történt bontásából származó teljes építőanyag mennyiséggel számol.⁴²⁸ Az agyagtéglák a teljes épületszerkezet össztömegének 12 %-át tették ki. A keletkező bontási hulladék tömegének pedig 7 %-át. Azonban nehéz kalkulálni hány darab falazóelem használható fel újra. Alapvetően minden téglafajta felhasználható a kéménytégla kivételével.⁴²⁹ A téglák felhasználhatósága nagyban függ a falazóhabarcs minőségétől. Nagy szilárdságú mész-cement habarcs esetén az újbóli felhasználásra nincs mód. A mész-cement habarcsok használata Svédország különböző vidékein eltérő időben terjedt el. Jelenleg nincsenek olyan kimutatások, amelyek megmutatnák, mennyi épület készült meszhabarcs vagy egyéb gyenge falazóhabarcs felhasználásával. Általánosan elmondható, hogy a második világháború lezárása óta *fokozatosan csökken az újrafelhasználható téglák mennyisége*. Ezenkívül a téglák építőipari felhasználása is csökken ezekben az épületekben. Következésképpen a meglévő épületszerkezetekből kinyerhető, újrafelhasználható téglák véges forrást jelentenek.

Az Újrafelhasználott házba nagy mennyiségű újrafelhasznált anyag került beépítésre. Ezt azonban még tovább lehet fokozni. A könnyübeton és könnyű adalékanyagok napjainkban nem újrafelhasználhatóak, de más típusú habarcs alkalmazása esetén erre is nyílik lehetőség. Továbbá, minden szerkezeti faanyag újrafelhasználható. Ezekkel maximalizálható az Újrafelhasználott házba beépített újrafelhasználható anyagok mennyisége. Az összenergia felhasználás pedig így 55 %-a a teljesen új anyagokból épület házának.

Az újrafelhasználható építőanyagok előnyei jelen tanulmányban új anyagokkal való összehasonlításban lettek értelmezve. Az új anyagok alatt napjainkban gyártott építőanyagokat értünk. Habár feltételezhető, hogy a jövőben mind az újrafelhasználott, mind az újrafelhasznált anyagok általánosan elterjednek az építőanyag gyártás területén, így nyilvánvalóan egy hasonló tanulmány során való összehasonlításban az új és újrafelhasznált elemek közötti különbség csökkenni fog. Ebből következően az újrafelhasználott anyagok növekedésével a környezeti hatások változnak, értelemszerűen attól függően, hogy mennyi ilyen anyagot tartalmaz az adott épület.

Amennyiben a *faanyag* másra nem kerül felhasználásra, *égetésével energia nyerhető*. Azt feltételeztük, hogy faanyag hiány esetén földgázzal helyettesítik. A számítás során feltételeztük, hogy egyéb helyettesítő anyagok is felhasználhatóak, mint olaj, szén és egyéb biomassza. Az erről készült értékelés a lenti táblázatban található, és a teljesen új épülethez %-os arányban viszonyított eredményt adja meg (teljesen új épület = 100%).

⁴²⁸ Kartläggning av materialflöden. (1996). Report 4695. National Board of Housing, Building and Planning. Sweden, Stockholm.

⁴²⁹ TEGEL (1998). Boverket. Swedish Board of Housing, Building and Planning. Karlskrona, Sweden.

A hőenergia előállítás során alkalmazott különféle termékek értékelési eredményei, százalékos arányban megadva az újrahasznosított épület kiterjesztett határait értelve és a teljesen új épülethez viszonyítva⁴³⁰

	Gáz	Olaj	Szén	Biomasszák
Savasodás	50	61	61	51
Éghajlatváltozás	70	74	76	62
Eutrofizáció	70	70	70	70
Fotokémiai oxidáció	61	63	62	94

A használt módszer több szempontból is korlátokkal bír. Számos tényező, úgy mint zaj- és rezgés hatások, baleseti kockázat stb. figyelembe vételére jelenleg nincs egyezményes módszer.

Jelen tanulmányban a számításhoz felhasznált adatok minősége és az allokációhoz alkalmazott tényező befolyásolja a kapott eredményeket. Az alábbiakban tárgyaljuk e tényezőket.

Az épületek és a legtöbb építőanyag nagyobb, hosszú üzemelési és várható élettartammal rendelkezik, valamint a legtöbb fogyasztói termék elemzése nagyon bonyolult. Ebből kifolyólag többé-kevésbé lehet megbecsülni, hogy egy terméket hányszor hasznosítanak újra, vagy egyáltalán lehetséges-e annak újrahasznosítása.

Jelen tanulmányban az *allokáció problémája* három termék esetében kiemelkedő: az acél, a téglák és a szerkezeti fa kapcsán. Mindhárom anyag típus esetén három használati mód került meghatározásra az alábbi funkciókkal: szerkezeti acél (acél, acél, acél), téglák (tégla, tégla, ágyazati anyag), és szerkezeti fa (szerkezeti fa, szerkezeti fa, tüzelőanyag). Mindezt pedig azzal a feltételezéssel egészítettük ki, hogy a téglák és a szerkezeti fa esetén nincs észlelhető minőségi változás az első és a második élettartam között. Ekvál 1997-es tanulmányában összesen nyolcféle allokációs módszert határozott meg. A fenti feltevést a minőség, élettartam és gyártás során fellépő kibocsátások tekintetében a nyolc módszer kétféle úton kezeli: vagy ráterhelik az első élettartam szakaszára vagy egyenlő arányban megosztják az első-második élettartam szakasz között. Azonban ez kedvezőtlen, kivéve talán a téglák és szerkezeti fa ipart, ha elfogadnak egy, az újrafelhasznált termékekre vonatkozó allokációs módszert.

Az acél tekintetében más a helyzet. Az acél újra és újra feldolgozható észrevehető minőségváltozás nélkül. Továbbá az érc alapú acélok is tartalmaznak újrafelhasznált acélt.

Ezért az allokáció során a három élettartam szakasz között egyenlő arányban osztja szét az első gyártás során jelentkező hatásokat. Ezáltal az újrahasznosítási folyamatok elfogadhatóak és tisztességesek. Ahol allokáció kerül használatra, az egész épületre vonatkozó eredmények kevesebb, mint egy százalékot változnak a különféle határkategóriák, az eutrofizáció kivételével.

A *hatásértékelés* technikáinak mindegyikére igaz, legyen szó tárgyról vagy folyamatról, hogy *korlátokkal rendelkeznek*. Fontos, hogy a döntési folyamat előkészítésekor kiértékelt eredmények terén a *rendszerhatárok* körültekintően legyenek definiálva az ilyen típusú tanulmányokban.

A tanulmány eredménye jól mutatja, milyen *tekintélyes környezeti előnyök származnak a bontott agyagtéglák, cserepek használatából az újak helyett*. Ezen anyagok újbóli beépítése jelentős mértékben hozzájárul az egész épületre vetített környezetterhelések csökkenéséhez. Fontos tényező azonban, hogy a téglákat milyen messziről szállítják. A *szállítás* lehetséges *távolságait* minden esetben elemezni kell. A legfontosabb tényező az ésszerű távolságban lévő, új téglák forgalmazójától számított útvonal,

⁴³⁰ Lásd THORMARK, Catarina (2000): Environmental analysis of a building with reused building materials. Lund Institute of Technology, Department of Building Science, Svédország.

az új téglák minősége és a szállítás paraméterei. Amennyiben a környező régióban elérhető felhasználható bontott téglák, úgy környezeti hatásait tekintve az jelentős előnnyel bír.

Az újrahasznosítható anyagok környezeti előnyeit illetően, az égetés útján hőenergia termelésre használt tételek esetén meg kell vizsgálni a régió erőműveinek kapacitását.

A hulladék mennyisége *nem minden esetben csökken* az újrahasznosítás révén, amennyiben a régió megfelelő építési hulladékgazdálkodási rendszerrel bír. Csupán az újrahasznosítás *módja más és következésképpen a környezeti előnyök is*.

Az újrahasznosított építőanyagok mentén megmentett *természeti erőforrások fajtái és aránya széles skálán* mozoghat. Függenek az erőforrások használatától és az anyagok kiválthatóságától is. Az építőanyagok újrahasznosíthatósága *komplex* rendszert alkot, nehéz általánosításokat tenni. Minden anyagot önállóan kell értékelni.

Az újrahasznosításból származó potenciális előnyök megfontolása és az újrahasznosítás szemlélete része kell, hogy legyen egy új épület *tervezési feladatának*, illetve azokat úgy kell megtervezni, hogy lehetőség legyen a beépített anyagok későbbi újrahasznosíthatóságára.

7) Az üveg újrahasznosítása

Az építési és bontási folyamatokból származó üvegtörmelékét üveggyártásban használják az energia- és nyersanyag-költségek csökkentése miatt. Az üveg fő összetevői szerint az alábbi típusokba sorolható: *üveges szilícium-dioxid, alkáli-szilikát, nátronmész, boroszilikát, ólom, bárium és alumínium-szilikát üvegtípusra osztható*. Az építési *síküvegek* nátron-mészüveg típusúak.

Elméletileg az üvegyanyag minőségromlás nélkül *korlátlan ideig újrahasznosítható*. A hulladék szemcsék újrahasznosítási folyamata a következő lépéseken keresztül történik: mosás, szárítás, válogatás, őrlés, olvasztás és új termékekkel alakítás. A törmelék mosása tiszta, és vegyszeres vízzel történik. A mosott szemcsét szétválogatják és üveg-, illetve kerámiaminőségű homok frakcióra őrlik, és eladják a megfelelő termékgyártóknak. Az üveg-újrahasznosítás kihívásai a különböző színű szemcsék leválasztásával és a szennyeződések, például kerámia, műanyag, papír és fém eltávolításával kapcsolatosak. A *leválasztott szemcsékből* csiszolóanyagok, puccolán adalékok, üvegpelletek, üvegcsempék, üvegszálak, üveggyapot, habosított üvegek, tartályüvegek és új síküvegek készíthetők. Az üveget műanyag kompozitokban *töltőanyagként* használják, üvegdarabok, szálak, csiszolt üveg vagy üreges mikrogömbök formájában. Az üvegszál erősítésű műanyagokat széles körben használják az építőiparban, például *burkolatok, szerkezeti vagy nem teherhordó* falpanelek, ablakkeretek, tartályok, fürdőszobai egységek, csövek és csatornák formájában. Az újrahasznosított üveg egyéb felhasználási területei a kerámia- és betonkompozitok, a polimer mátrix alapú *kompozitok, az üveghab és az üvegkompozitok*. Újrahasznosított üveget használnak az üvegbeton kompozit munkalapok egyedi megjelenése érdekében is. Az 1960-as évektől kezdődtek a legkorábbi kísérletek a cementbetonhoz történő üvegaggregátumok hozzáadására. A legnagyobb probléma az üvegaggregátumokat tartalmazó betonrendszerek *repedése* volt. Ennek oka, hogy a nyomó-, hajlító- és húzószilárdság a betonkeverékek hulladéküveg-tartalmának növekedésével arányosan csökken. Az üveg-beton kompozitok funkcionalitása az alkáli-szilícium-dioxid reakció okozta károsodások ellenőrzésén alapult a szemcseméret, a tartalomtérfigat és az adalékanyagok megválasztásán keresztül. Az újrahasznosított üvegport puccolános tulajdonságai miatt *pernye helyettesítésére* is használják cementkötésű kompozitokban.⁴³¹

⁴³¹ SORMUNEN Petri – KARKI Timo (2019): Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. *Journal of Building Engineering*, 24. 100742. 8.

8) A kő újrahasznosítása

a) Természetes kőanyagú építési termékek újra hasznosítása

Természetes kőanyagú építési termékek széles körben kerültek alkalmazásra az elmúlt évszázadokban. Manapság az út- és vasútépítésben, valamint műemléki környezetben alkalmaznak nagyobb mennyiségű természetes kő terméket. Régi épületek, építmények jellemzően a bányászható kövekben gazdag régiókban készültek jelentős kőfelhasználással.

Mivel a kőanyagok *nagy arányban visszanyerhetők* egy bontás során, ezért robotstus burkolóanyagok bőségesen elérhetők a rekultivációs piacon. Egyes építési vállalkozók a bontásból visszanyert anyagokat saját körben hasznosítják újra, vagy más kereskedőknek továbbítják, akik megtisztítják a szennyeződésektől, válogatják és tovább értékesítik azokat. Az újrahasználati piac nagymértékben követi a történelmi és regionális különbségeket. Például az újrahasznosított porfir burkolólapok, magmás eredetű burkolatok vagy agyagklinkerek elsősorban (de nem kizárólag) azokban a régiókban kaphatók, ahol jellemző a bányászatuk, valamint az érintett kő típusának, illetve az anyagot előállító kőfeldolgozásnak hagyománya van. Szinte minden természetes kő burkolóanyagról elmondható, hogy *rendkívül moduláris, és általában könnyen visszabontható, majd újra beépíthető.*⁴³²

b) Természetes szegélykövek

A természetes kőszegélyeket nagyobb volumenben a múlt században bányászták, ma már ritkán használt anyagnak számítanak az útépítés ezen területén.

Feldolgozásuk egyaránt történt kézi és gépi eszközökkel. Míg a legtöbb burkolókövet bazalt, mészkő, dolomit vagy gránitból készülni szokott, a rekultivációs piacon kisebb porfirból és egyéb kőzetből készült tételek is kaphatók. Feldolgozás során fűrészelik, vésik, csiszolják a bontott termékeket, hogy azok alkalmassá váljanak a megfelelő beépítésre. Általánosságban viszont elmondható, hogy manapság *beton anyagú szegélyköveket* alkalmaznak nagy számban, melyek ára jelentősen kedvezőbb, mint a természetes köveké, így a természetes szegélyköveket jellemzően meglévő kőburkolatok kiegészítésére vagy műemléki, esetleg reprezentatív környezetben használják fel ezeket újra.

Európai szinten harmonizált szabvány foglalkozik a természetes *útszegélykövek minősítésével* és forgalomba hozatalával. Az EN 1343⁴³³ jelű, 2013-ban kiadott szabvány magába foglalja azokat a vizsgálati előírásokat is, melyekkel minősíthetők az újra beépítésre szánt készletek. A méretpontosság és felületi megmunkálás alapján 0., 1. és 2. osztályba sorolhatók az elemek. Egyenes szegélykövek esetén vizsgálni kell a felső felület síkkal párhuzamos és arra merőleges élegyenességét, a felső felület alakeltéréseit, valamint a merőlegességet felső és oldalfelületek között.

A látszó felületekre értelemszerűen *szigorúbb követelmény* érvényes. A kültéri, időjárási tényezőknek kitett építési termékek esetén fontos tulajdonság a *fagyállóság*. Útépítési felhasználás esetén az olvasztósókkal szembeni ellenállóképességet is vizsgálni kell. Mechanikai szempontból a törő- és hajlítószilárdsági minősítést kell elvégezni. A *testsűrűség* és vízfelvétel vizsgálat szoros összefüggésben van a porozitással, ezért meg kell határozni ezeket a teljesítményjellemzőket is. Amennyiben a szükséges vizsgálatok elvégzése mellett az újrahasznosító vállalat üzemi gyártásellenőrzési rendszer működtet, úgy CE jel feltüntetésére is jogosult, tehát az Európai Unió és az Európai Gazdasági Közösség országaiban jogszerűen forgalomba hozhatók a visszanyert természetes kő szegélyek.

⁴³² Reuse TOOLKIT (2021): Bordure en pierre naturelle 1.10v.01_2021_FR.

⁴³³ MSZ EN 1343:2013 Természetes útszegélykövek kültéri elhelyezésre. Követelmények és vizsgálati módszerek. ICS: 93.080.20 Útépítő anyagok. Megjelenés dátuma: 2013.04.01.

c) Természetes kő laptermékek és burkolatok

Régi utak, járdák esetében széles körben alkalmazott technológia volt azok természetes kövekkel való burkolása. Manapság műemléki vagy reprezentatív környezetben találkozunk ilyen burkolási igénnyel, azonban a bontott kőanyagú burkolóelemek nagy arányban újból felhasználhatók projektek esetében. Időtállóságuk meghaladja a legtöbb betonburkolatét, így alkalmazásuk környezetbarát megoldásnak számít.

Kő anyagú útburkolatok jellemzően *gránit, bazalt, porfir* anyagokból készülnek, de találkozhatunk más kőanyagú burkolatokkal is. Közös jellemzőik, hogy kitermelés után *kézi vagy gépi úton formáztattak*, ennek mentén durva vagy finom megmunkált felülettel rendelkeznek.

Burkolólapokat nem csak utak, hanem épületek járófelületein is alkalmaznak. Ezek lehetnek kültéri vagy beltéri beépítések egyaránt. A *kőlapok* padlóburkolatként való használata nagy múltra tekint vissza, nem egy templomban, vagy történeti építményben találkozhatunk egykori falburkoló lapokkal, melyek újbóli felhasználásuk során padlóburkolatként lettek újra felhasználva. Amennyiben napjaink építéstechnikai környezetében szeretnénk felhasználni ezeket, úgy szükséges lehet a bontott kőlapok méretre vágására.

A másik nagy felhasználási területet az *épületek homlokzatainak* burkolására szolgáló kőlapok jelentik. Ezek jellemzően függesztő tuskékre támaszkodnak, így eltávolításuk szerelő jellegű munkát jelent. Ez pedig magával hozza, hogy újbóli felhasználásuk is könnyen megoldható, amennyiben állapotuk megfelelőnek bizonyul.

A burkoló lapok és kövek jellemzően *négyszögletes* formájúak, így *raszterben* könnyen alkalmazhatók. A falburkoló lapok márvány, mészkő, gránit, homokkő és egyéb anyagválasztékban érhetőek el.⁴³⁴

Teljesítményjellemzőik meghatározásáról szintén harmonizált szabvány fogalmaz meg kritériumokat. Az EN 1341 szabvány a szegélykövek esetében megismert paramétereken túl, külön vizsgálja a kopásállóság és a csúszási, valamint súrlódási ellenállás jellemzőit.⁴³⁵

Napjainkban elterjedt alkalmazási területük a *lépcsők, párkányok, küszöbök* készítése. Európában elterjedt a kőanyagok használata, illetve a geológiai sokféleségnek köszönhetően változatos anyagtípusok alkalmazása jellemző.

Hazánkban burkolatként elterjedt a mészkő, homokkő, gránit, dolomit, bazalt kövek használata, esetenként márvány, mely importként érkezik hazánkba. Európa más országai között is jellemző az egyes kőtípusok exportja, például a belga kék mészkő, a yorkshire-i homokkő vagy bourgogne-i mészkő sok országban keresett termékek.

A visszanyert kőelemek *csiszolásával, méretre vágásával* könnyen előállíthatók a szükséges új elemek. A *vékonyra szeletelt kőlapok* azonban nehezen visszabonthatók, ugyanis hajlamosak sérülésre, repedésre, főként akkor, ha cement alapú ragasztóhabarccsal kerültek beépítésre.

d) Természetes építőkövek

A kő felhasználása épületek létrehozására évezredek történelemmel bír. Úgy Európában, mint hazánkban jellemzően az építőkövekben gazdag régiókban örvendett széleskörű használatnak a kőanyagok falazóelemként való alkalmazása. Más a helyzet ugyanakkor a történeti épületek: templomok, várkastélyok, erődítmények esetén, ahol *akár több ezer kilométerről odaszállított*

⁴³⁴ <https://opal.is.eu/en/materials/flagstones> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

⁴³⁵ MSZ EN 1341:2013 Természetes kő burkolólapok kültéri elhelyezésre. Követelmények és vizsgálati módszerek. ICS: 93.080.20 Útépítő anyagok. Megjelenés dátuma: 2013.04.01.

kőanyagok használtak fel építésük során. Majd az ilyen épületek avulásakor gyakran a környező lakóházak építésénél használták fel ezeket az építőelemeket. A természetes kőfalak manapság ritkán alkalmazottak, ugyanakkor épületek bontásakor kinyerhetők kőanyagú falazóelemek.

e) Előregyártott beton útburkoló lapok és szegélykövek

Napjainkban az *útburkoló és útszegély* kövek helyettesítésére előregyártott beton elemeket alkalmaznak. E termékek bontott formában ritkán található meg a kereskedelemben, ugyanis alacsony értékük miatt a legtöbb esetben gazdaságtalan kihazataluk, újrahasználatak, továbbá az időjárásnak való kitettség miatt sok esetben a további használatot akadályozó károsodást szenvednek. Ezeket a visszabontott térkő és szegély elemeket, tört anyagként hasznosítják, amennyiben eredeti funkciójukban való hasznosításuk nem lehetséges.⁴³⁶

f) Tetőfedésre használt kőtermékek

A *kőanyagok* egyes típusait nem csak járófelületként, hanem tetők borítására is alkalmazzák. Ilyen például a természetes pala kőzet. A pala egy metamorf kőzet, amelyet évszázadok óta használnak tető- és falburkolatként, mivel könnyen hasad vékony rétegekre. Ez a termék főként a *bányászati hagyományokkal* rendelkező régiókban található, például az Egyesült Királyságban, valamint Csehország, Franciaország és Belgium egyes területein. Újabban Spanyolországból, Ázsiából és Dél-Amerikából importált palák is kezdenek megjelenni a rekultivációs piacon. Megjelenésük a gyártási régiótól függően eltérő, sokféle színben, méretben és formában megtalálhatóak. A bontásból visszanyert pala fal- és tetőfedő elemek főként (de nem kizárólag) azokban a régiókban érhetők el, ahol az ilyen típusú tetőfedő anyagok visszanyerése és gyártása is előfordult.

A pala elemek visszabontása után az EN 12326-1 szabvány követelményei alapján kell eldönteni, hogy újból beépíthető-e az adott termék.⁴³⁷

Meg kell különböztetnünk az úgynevezett karbonátos pala termékeket, amely olyan filloszilikát tartalmú kőzet, melynek látszólagos kalcium-karbonát tartalma legalább 20 %, valamint réteghasadása kiemelkedő. Ebben az esetben el kell tekinteni a termék kültéri viszonyok közt történő alkalmazásától, viszont beltéri falburkolatként megfelelően felhasználható lehet.

A *palafedés* elemeinek a felhasználás körülményeihez igazodva alacsony 0,6 % alatti vízfelvétellel kell rendelkezniük. Amennyiben meghaladják ezen értéket, úgy külön fagyállósági vizsgálatot kell elvégezni a tételen. A palákat szemrevételezéssel is meg kell vizsgálni, nem fogadható el lepattogzás, repedezés vagy jelentős szerkezeti változás. Fontos tulajdonság továbbá a törési és hajlítási ellenállás, valamint a méretek, vastagsági értékek tűrései.

A mintavétel során minden egyes tételből véletlenszerűen kell kiválasztani a vizsgált tételeket, hogy minden pala esetén biztosítva legyen a kiválasztás azonos esélye. A kiválasztott vizsgálati példányokat meg kell jelölni, hogy később is be lehessen azonosítani a pontos származási tételét.

A pala kőzet megjelenése változatos lehet, ez a származási helyüktől és az adott kőbányában futó különböző ásványi erektől függ.

A *palatetők* építési módszereire vonatkozóan tagországokként eltérő előírások és ajánlások érhetők el. Míg Belgiumban az STS 34⁴³⁸ ajánlásai, Csehországban egy önálló könyvkiadvány⁴³⁹ foglalkozik ezzel.

⁴³⁶ <https://opalis.eu/en/materials/pavers-kerbs-and-sets> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.).

⁴³⁷ MSZ EN 12326-1:2014 Pala és kő átfedéses elhelyezésű tetőfedő és kültéri falburkoló termékek. 1. rész: Pala- és karbonátos palatermékek követelményei. ICS: 91.100.15 Ásványi anyagok és termékek. Megjelenés dátuma: 2014.12.01.

⁴³⁸ STS 34.8 Dakbedekkingen: Dakafdichtingen és STS 34: 03.6 Dakbedekkingen: Natuurleien.

⁴³⁹ A pala, a nád és a szalma lerakására, valamint a padlástér megvilágítására vonatkozó gyakorlati kódex (ISBN 80-239-0248-2).

Franciaországban szabványok⁴⁴⁰ kereteibe foglalt a termék felhasználása, míg Németországban a Schiefer által kiadott műszaki szabályzat⁴⁴¹ vonatkozik a termék felhasználására, melyben még a palafedésbe illesztett napelem panelek elhelyezési előírásaira is található vonatkozó fejezet.

Amennyiben egy forgalmazó kifejezetten újraértékesítés céljából foglalkozik a bontott pala termékekkel, úgy a termékszabvány lehetőséget ad CE jel elhelyezésére a terméken, mellyel Európai Unió szinten jelenhet meg a piacon.

g) Kőanyag tisztítási eljárás Hollandiából

Az eljárás során a vasúti pályaszakaszok felújítása és bontása során kikerülő vasúti ballasztanyag atmoszférájával az idők során ráakódott homok és egyéb szennyeződésektől megtisztítják a zúzott anyagot. A *vasúti pályafenntartással* foglalkozó vállalkozások együttesen koordinálják a hulladék- és melléktermék áramlást, így több vállalat munkaterületéről ide kerül a tisztítandó anyag. A *vasúti ágyazat* zúzott köveinek megtisztításával azok újból felhasználhatók, akár újbóli vasúti pálya építésére, vagy egyéb magas- vagy mélyépítési feladatokra. A ballasztanyagból kimosott hordalék sem vész el, annak mosásával, ülepítésével és osztályozásával kis frakciójú kavicsot és homokot különítenek el, melyek akár transzportbeton gyártásban is felhasználhatók.

A technológia a vasúti anyagok mellett *törtbeton* mosására is alkalmas. A technológiát vasúti és közúti kapcsolattal rendelkező telephelyre telepítették, így az anyagok be- és kiszállítása környezetbarát módon szervezhető. A mosás útján történő szétosztályozással olyan újrahasznosított kőanyag halmazok keletkeznek, melyek az újonnan előállított termékekhez képest jelentősen kisebb CO₂ terhet jelentenek a környezetre vonatkozóan.⁴⁴²

h) Kompozit termékek előállításához felhasználható kö- és inerthulladék

Az *inert* anyagok, mint például a beton, kerámia, téglá, csempe, kő és a szennyezetlen talaj alkotják az építési és bontási hulladékok legnagyobb arányát, mind térfogatban, mind tömegben. Az inert anyagok mennyisége az összes építési-bontási hulladék körülbelül 75–95%-a, tagországoként változó mértékben. A beton, csempék és kerámiák újrahasznosítási folyamata a szennyeződések eltávolításából és meghatározott méretű aggregátumokká aprításából áll, a tervezett felhasználásnak megfelelően. Néha ezeket az ásványi anyagokat *új építési termékek* is feldolgozzák, például olcsó téglákká, üveg-beton kompozitokká, útalapok töltőanyagává és új beton adalékanyagáivá. A visszanyert kőanyag *töltőanyagaként* való használata olyan előnyökkel jár, mint például a hulladék eltérítése a hulladéklerakókról, nem megújuló erőforrások alacsonyabb mértékű felhasználása, energiamegtakarítás a betongyártás során, és ennek megfelelően az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenése. A betonban használt *alternatív anyagok* gazdasági előnyei akkor érhetők el a legjobban, ha költségük alacsonyabb, mint a cementporé, miközben összehasonlítható teljesítményt nyújtanak. Az újrahasznosított adalékanyag használata azonban energiaigényesebb lehet az esetleges tisztítási eljárások miatt.

i) Gipszkarton termékek újrahasznosítása

A belga New West Gypsum Recycling (a továbbiakban: NWGR) vállalat fő profilja *gipszkarton termékek* újrahasznosítása. Tevékenységük során igyekeznek közel 100 %-ban feldolgozni az

⁴⁴⁰ AFNOR - NF P32-201 DTU 40-11 - Building works - Roof covering made of slates - Part 1: technical specifications - Part 2: special clauses.

⁴⁴¹ SCHIEFER Bibel: Anwendungstechnik für Dach und Fassade. Rathscheck Schiefer.

⁴⁴² <https://www.spoorpro.nl/spoorbouw/2013/03/12/strukton-neemt-hergebruik-spoorballast-in-eigen-beheer/?gdpr=accept> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.).

épületbontásokból származó gipszkarton törmeléket vagy kivitelezésekből származó vágási hulladékokat. A tudatos és szelektív *gyűjtés* sem nyújt tökéletesen tiszta bemenő anyagot, így az összegyűjtés során, valamint az újrahasznosítási folyamat kezdő lépéseként szelektálják az anyagokat. Ez a folyamat jellemzően átrakodó állomásokon zajlik, ahonnan további feldolgozásra már csak a tiszta hulladékanyag kerül. Ezzel a szállítási költségeket is csökkentik, hiszen csakis az újrahasznosítás szempontjából alkalmas anyagokat viszik be a folyamatba. Nagy volumenű hulladék, vagy melléktermék forrásnál lehetőség van közvetlenül a helyszínre települni, így szállítási költségek nélkül tudják hasznosítani az anyagot.

Amennyiben az előállított gipsztermékre helyben is igény van, *szimbiózisban működő létesítményekről* beszélhetünk. Ilyen eset például az a gipszkarton gyár, ahol a vágási és selejt hulladékok visszaforgatásában segít a technológia. Ez mindkét fél számára előnyös, hiszen a selejt minimalizálása mellett költséghatékonyabb módon folyhat a gyártás.

A gipszkarton hulladékok *jellemző összetétele* 94 % gipsz, 6 % papír, és további 1 % fém anyagokból áll. A feldolgozás során eltávolított papír és fém anyagok *másodlagos alapanyagként* szintén visszakerülnek a gyártási folyamatokba. A gipszkarton termékek mellett speciális gipsz anyagokat is átvesznek, mint például a porcelángyártók gipsz formái.

A feldolgozás folyamata a következő lépésekből áll:

1. A beérkező nedves és száraz rakományokat, azaz a hulladék fellemezterméket az NWGR üzem billenő padlójára dobják, és kézzel megtisztítják a fém-, műanyag- és egyéb törmeléktől. (előválogatják)
2. A nyersanyag-gipszhulladékot egy nagy adagolótölcsérbe töltik, amely a hulladékot egy válogatószalagra továbbítja, ahol a minőség-ellenőrzésért felelős személy át tudja válogatni az anyagot, hogy biztosítsa a gyártó alapanyagának való megfelelést. Ezután egy szállítószalag egy elektromágnes alatt mozgatja az anyagot, amely eltávolítja a mágnesezhető fémhulladékok apró darbjait.
3. Az anyagot ezután egy zárt feldolgozási területre szállítják, ahol a papírborítás zúzással történő elválasztása zajlik a gipszmagtól. A szétszerelt anyagokat külön gyűjtik.
4. Az újrahasznosításra előkészített gipszet a gipszkarton gyártókhoz szállítják, ahol szűz vagy szintetikus gipszsel összekeverik új fellemez elkészítéséhez.
5. A papírt az újrahasznosítás előtt további feldolgozási fázisoknak vetik alá, függően a tervezett felhasználási körtől.
6. Ahol lehetséges, az összegyűjtött fémek külön újrahasznosítási áramba kerülnek.

A gipszfrakció jellemző *szemcsemérete* 1 mm, de ez a felhasználási területtől függően változhat. Az NWGR újrahasznosító létesítményei óránként átlagosan 25 tonna kevert nedves és száraz gipsz gipszkarton anyag feldolgozására képesek. Az egyes üzemek jelenlegi kapacitása évi 100 000 tonna. Az elmúlt években közel 5 millió tonna gipsz gipszkarton anyagot hasznosítottak újra. Az összes újrahasznosító létesítményt kombinálva az NWGR évente akár 1 000 000 tonna gipsz gipszkarton anyagot is képes újrahasznosítani.

Valamennyi újrahasznosító létesítmény egy fellemezgyártó létesítmény közvetlen közelében vagy annak területén található. Ez segít csökkenteni az anyagszállítással kapcsolatos szénlábnyomot.

Az újrahasznosított gipsz nyers gipsszel kombinálva megfelelő konzisztenciát eredményez *új gipsz alapú* termékek előállításához.

Az NWGR számos *innovatív megoldást* fejlesztett ki annak érdekében, hogy az újrahasznosító üzemek környezeti hatása minimális legyen. A legfigyelemreméltebb az NWGR által kifejlesztett *helyszíni kerékmű* rendszer, amely eltávolítja a porszennyeződések a járművekről, mielőtt azok elhagynák a telephelyet. Ezenkívül az NWGR légszűrő rendszereket fejlesztett ki a levegőben szálló gipszpor minimalizálására.⁴⁴³

j) Kompozit termékek előállításához felhasználható gipszhulladék

A gipszkarton a belső falak építéséhez napjaink egyik legszélesebb körben használt építőanyaga. Következésképpen a hulladékban lévő relatív aránya a jövőben nyilvánvalóan növekedni fog. Az EU-27 tagállamában az ebből keletkező építési hulladék mennyiségét hozzávetőlegesen 1,77 millió tonnára becsülték, ennek több mint 93%-a hulladéktelepen került lerakásra. Az építésből származó gipszkarton hulladékot általában megtisztítják és elkülönítik. A bontási hulladék azonban nagyobb fizikai szennyezettséggel rendelkezik, és nehezebb újra feldolgozni jó minőségű termékekké. Amikor a hulladékválogató létesítmény átveszi a hulladékot, azt felaprítják, hogy gipszre, papírra és szennyeződésekre különítsék el. Problémát jelent a gipsz *más anyagokkal való keverése*. A gipszagglomerátum papírtartalma az újrahasznosítás után a becslések szerint 0,5% alatti. Újrahasznosított gipszsel is végeztek kísérleteket új gipszkarton termékek előállítására, de jelenleg a termék költsége hasonló lenne, mint a szűz anyagokból előállítotté. A *hulladékból származó gipsz* emellett felhasználható előregyártott termékekben és a gipszgyártás során is.

Számos tanulmány készült az újrahasznosított gipsz más anyagokkal való kombinálásával készített termékekre vonatkozóan, például hőre lágyuló műanyag, papírszalak, gumi és ásványgyapot. Az újrahasznosított gipszet por formájában juttatják a keverékbe, és gyakran használnak folyadékot más anyagokkal való megfelelő keveredés elősegítésére. A kompozit gyártási módszer magában foglalja az öntést, az extrudálásos habosítást, a préselést és a vákuumos víztelenítést.

A *vákuumos víztelenítési technikával* előállított újrahasznosított cellulózpéppel megerősített gipszkompozitok mechanikai tulajdonságai terén a cellulóz szálak hozzáadása növelte a kompozit rugalmasságát és szakadási modulusát a 90% gipszet és 10% mészkövet tartalmazó referenciamintákhoz képest. A HDPE/gipszhulladék kompozitok háromszor alacsonyabb égési sebességet mutatnak, mint a 100% HDPE-t tartalmazó referenciaminta. A HDPE arányának növelésével csökken a vízfelvétel, és a műanyag javítja a gipszrendszer mechanikai ellenállását is.

Csőhab szigeteléséből származó *őrölt gumi* felhasználásával kompozit gipszvakolat készíthető. Az őrölt habgumi alkalmas a gipsz alapú kompozit termékekbe való bedolgozásra, például egy könnyű, kemény felületű gipszkarton termék magjába ágyazva. A nagyobb szemcseméretű töltőanyagok használata azonban veszélyezteti a gipszkompozit mechanikai viselkedését.

Fa és gumi töltőanyagokkal készített gipszmátrixú kompozit téglák gyártásával is kísérleteztek, ám a kutatás során úgy találták, hogy jelentős mértékű adagolás esetén nagymértékben csökkent mindkét töltőanyag esetében a próbatestek nyomószilárdsága. Ezért a fa vagy gumi aránya nem haladhatja meg a 25%-os térfogatarányt a gipszmátrixban. Ugyanakkor a gipsz-fa kompozit szigetelőképesége a fatartalom növelésével javul, egyúttal az anyag sűrűsége csökken. Az újrahasznosított faanyagot tartalmazó minták hajlítószilárdsága és keménysége kisebb volt, mint az adalékanyagok nélküli referenciaanyagé.

⁴⁴³ <https://www.nwgvps.com/our-process/index.html> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.).

Gipsz és újrahasznosított *ásványgyapot szálak* a keverékben a gyapot maximális mennyisége 1-10% között optimális. A gipszmátrix kompozit felületi keménysége és hajlítoszilárdsága a szálak hozzáadásával nőtt.

Préselt kompozitok újrahasznosított HDPE és gipszkarton lapokból újrahasznosított gipsz keverékből készülhetnek. Emellett fát, üvegszálat, ásványgyapotot és szappankövet is használhatnak újrahasznosított szemcsés töltőanyagként, magas, 40% és 60% töltőanyag tartalommal. A gipszszemcsék használata növeli az újrahasznosított műanyag szakító modulusát, de jelentősen csökkenti a szakítószilárdságot. A töltőanyag hatása meglehetősen hasonló a különböző összetételeknél, ami rávilágít a részecskegeometria fontosságára, amikor az alapanyag megerősítése a tervezett cél.

A *kerámiahulladék* és XPS hulladék keveréke használható gipszhabarcs készítéséhez, amely megfelel a jelenlegi szilárdsági előírásoknak, azonban az újrahasznosított anyag hozzáadása csökkentheti a kedvező mechanikai tulajdonságokat.

Könnyű gipsztermékek EPS és XPS gyöngyök vagy műanyag darabok adagolásával készíthetők, melyek a perlit és vermikulit helyettesítésére kerülnek bele. Az újrahasznosított műanyag javítja a felületi keménységet és a vízfelvételt, de kisebb a nyomó- és hajlítoszilárdsága.

Általánosan elmondható, hogy a *hulladékanyag gipszhez való hozzáadása gyengíti a mechanikai tulajdonságokat*, de így is meghaladják a szabvány követelményeit, azonban a hulladékanyag növeli a gipszkeverékek kötési idejét is. Ezáltal többféle hulladék alapú töltőanyag használható gipsztermékek előállításához. A hulladék alapú töltőanyagok gipsztermékekben történő alkalmazásának lehetséges hátránya, hogy *a kompozit következő újrahasznosíthatósága nehezebb, mint egy teljes (tiszt) gipszterméké.*⁴⁴⁴

9) Műanyag hőszigetelés újrahasznosítása

Bontásuk során lehetőség van anyagukban történő visszanyerésre, vagy kevert építési hulladék válogatására, és frakciónkénti hasznosítására.

A visszanyert szigetelő termékek lehetnek:

- Poliuretán (PU) vagy poliizocianurát (PIR) hab panelek,
- Polisztirol (PS) hab panelek,
- „Szendvics” panelek ipari hangárok szétszereléséből.

Általánosan elmondható, hogy a polisztirol és kőzetgyapot termékek gyakran *nedves technológiával kerülnek beépítésre*, melynek során cement vagy műgyanta alapú ragasztóréteggel rögzítik őket. Ennél fogva, bontásuk *jelentős károsodás nélkül nem oldható meg*. Visszanyerésük jellemzően tört anyag formájában történik. Ekkor a bontási területen big-bag zsákokba gyűjtik az anyagot, melyet újrahasznosító üzemekbe szállítanak. A beérkezett anyagot minden esetben válogatják, és megtisztítják a bent maradt ragasztó- és vakolóanyagtól. A polisztirol tiszta anyagként több formában is újra felhasználható. Az újrahasznosításra minden esetben *darálással* készítik elő. Ez abból a szempontból is előnyös, miszerint szállítás során optimálisabb polisztirol gyöngyökkel teli zsákokat fuvarozni, mint a jelentős hézagtérfogattal rendelkező darabos tört anyagot.

⁴⁴⁴ SORMUNEN Petri – KARKI Timo (2019): Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. *Journal of Building Engineering*, 24. 100742. 8-9.

A polisztirol hőszigetelések gyártása során is adagolnak tört szemeket a habosítandó anyaghoz, így szennyeződésmentes tételek közvetlenül felhasználhatók. A tört szemeket egyúttal *könnnyűbetonok adalékanyagaként* is széleskörűen alkalmazzák.

További alkalmazott eljárás, amikor a hulladékfeldolgozó telepre beérkező polisztirol törmelék egy nagy nyomású és magas hőmérsékletű hőprésbe töltik be. Ebben az anyag tömbökké tömörödik, melyek raklapra gyűjtve gazdaságosan tovább szállíthatók a feldolgozók felé.

a) A CreaSolv technológia

A polisztirol termékekből kémiai eljárás útján visszanyerhető az eredeti polimer alapanyag, mely értékes bemenőanyag a habosított hőszigetelő anyagok gyártása során.

A CreaSolv eljárás olyan *újrahasznosított műanyagokat* állít elő, amelyek eredeti anyagtulajdonságaikkal rendelkeznek. Az oldószer alapú CreaSolv eljárás hatékonyan távolítja el azokat a szennyeződéseket és adalékanyagokat, amelyek rontják a hagyományos újrahasznosítási eljárásokkal előállított újrahasznosított műanyag minőségét. Ez azt jelenti, hogy a nagyon tiszta műanyagok széles választéka hasznosítható még akkor is, ha kezdetben a vegyes műanyag hulladékban vannak. Az újrahasznosított műanyagok kiváló minősége lehetővé teszi azok újrahasznosítását műanyag termékek előállításához.

A folyamat első lépésként a célpolimert szelektíven oldják fel egy speciális oldószeres készítményben. Csak olyan oldószereket használnak, amelyek nem veszélyesek a felhasználókra és a környezetre, és amelyek a GHS-kritériumok (a továbbiakban: Globally Harmonized System - Globálisan Harmonizált Rendszer)⁴⁴⁵ szerint tanúsítottak. A polimerek specifikus oldhatósága lehetővé teszi a nagy tisztaságú kinyerést. A nem veszélyes oldószerek magas lobbanásponttal rendelkeznek, és garantálják az üzem biztonságos működését.

A fel nem oldódott összetevőket mechanikusan távolítják el. Az oldott anyagokat (például nem célpolimerek, nyomdafestékek, alumínium-oxid, szaganyagok, veszélyes anyagok) speciális tisztítási lépésekkel molekuláris szinten távolítják el. A tisztítás után a célpolimer makromolekuláinak oldata marad meg. Ezeknek a makromolekuláknak a mérete és molekulatömeg-eloszlása megegyezik a szűz anyagokéval. A célpolimert kicsapással nyerik ki az oldószerből, majd szárítási folyamat következik. Az eljárás során felhasznált oldószer desztilláció után visszavezetésre kerül az újrahasznosítási folyamatba. *Az újrahasznosított műanyag kiváló minőségű, és másodlagos nyersanyagként kiválóan használható a gyártási ciklusban.*

A CreaSolv eljárás további előnye, hogy *szelektív elválasztáson alapul*, így lehetővé teszi a tiszta *polimerek kinyerését* összetett műanyagkeverékekből is. A célműanyag hatékonyan elkülönül más anyagoktól, például fémtől, fától és a fel nem oldott polimerektől. Vegyes műanyag hulladékok és kompozit műanyagok, például laminált fóliák és aprítóanyagok az elhasznált járművek, valamint az elektronikai és elektromos berendezések selejtezéséből, amelyeket eddig hőenergia-hasznosítással, hulladéklerakóval vagy exporttal kellett ártalmatlanítani ma már fenntartható módon újrahasznosítható.

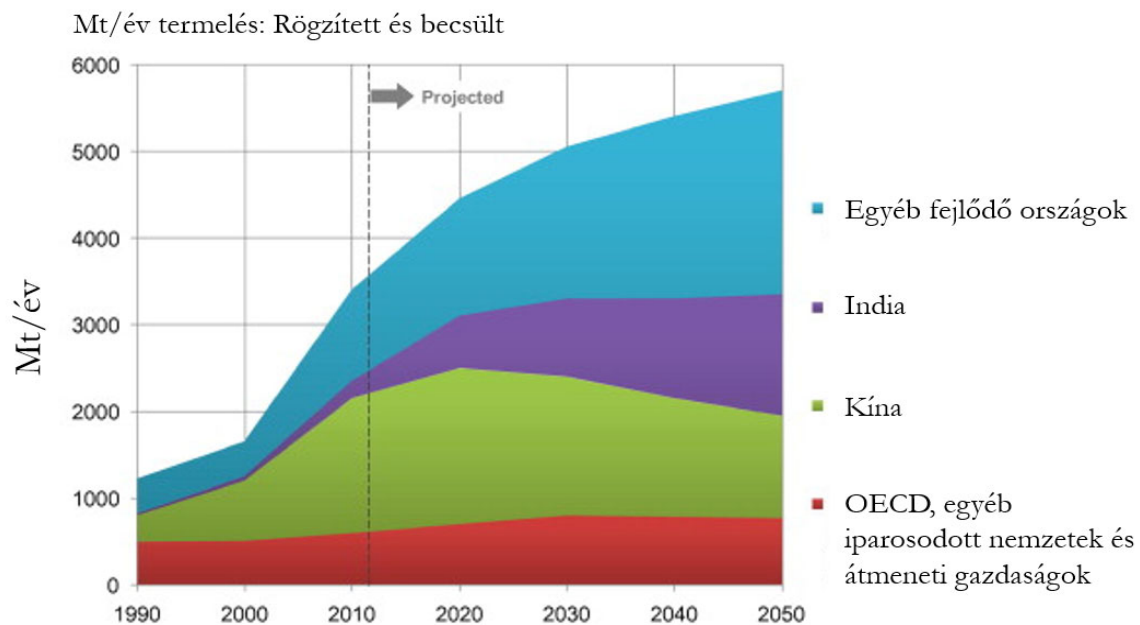
A kompozit műanyagokból és a vegyes műanyag hulladékból származó újrahasznosított anyagok szinte *eredeti minőségűek*, és a körforgásos gazdaság érdekében visszavezethetők a gyártási folyamatokba. A speciális tisztító modulok lehetővé teszik a nem kívánt kis molekulatömegű anyagok elválasztását is. A

⁴⁴⁵ <https://unece.org/about-ghs> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

CreaSolv eljárás ezért először teszi lehetővé a szennyezett műanyag hulladékok, például az égésgátlókkal kevert polisztirol tartalmú építési hulladékok zárt láncú újrahasznosítását.⁴⁴⁶

10) A bontási betonhulladék újrahasznosítási lehetőségei⁴⁴⁷

A víz után a beton a *második legnagyobb tömegben felhasznált anyag* a világon és becslések szerint egyre nagyobb mennyiségben fogják használni a jövőben. A beton előállítása és építőipari felhasználása ugyanakkor a jelenleg alkalmazott technológiák mellett még hatalmas CO₂ emisszióval jár. A beton anyagú szerkezetek építését a jövőben az is nehezíti majd, hogy a beton készítéséhez hagyományosan használt adalékanyag egyre nehezebben érhető el, ugyanis nem megújuló nyersanyag, készletei kimerülőben vannak, kitermelése egyre nagyobb energia ráfordítással és környezetkárosítással oldható meg.



Forrás: IMBABI, M., et. al. (2012): Trends and developments in green cement and concrete technology.⁴⁴⁸

Beton felhasználásának alakulása világon

Beton- és vasbeton anyagú szerkezeteink folyamatosan használódnak. Állapotromlásuk és avulásuk észlelhető tendenciái miatt, idővel várhatóan el kell majd bontani őket. Az épített környezetünkben található *beton anyagú építmények volumene* alapján, azok életciklusának végén, ebből az anyagból *keletkezik a legtöbb hulladék*. A betonhulladék tárolása napjainkra az egyik legnagyobb hulladékgazdálkodási problémává lépett elő, ugyanis évről évre növekszik az építőiparból származó deponált beton anyagú hulladék mennyisége.

⁴⁴⁶ SCHLUMMER, Martin, Dr. – FELL, Tanja M.Sc – MAURER, Andreas, Dr. – ALTNAU, Gerald, Dr. (2020): The Role on Chemistry in Plastics Recycling. *Kunststoffe international*. 5/2020. 24-27.

⁴⁴⁷ A 3.3.10. alpont Orbán Zoltán egyetemi docens írása.

⁴⁴⁸ IMBABI, M., et. al. (2012): *Trends and developments in green cement and concrete technology*, International Journal of Sustainable Built Environment, 1, 194–216.

Az említett okok miatt az építési betonhulladékok megfelelő kezelésének és újrahasznosításának megoldása egyre nagyobb jelentőséggel bír a társadalom számára, ezért ennek a technológiai folyamatnak a megoldása egyre inkább a mérnöki szakma rutinszerű feladatává fog válni. Sajnos az *újrahasznosítás tekintetében Magyarország jelentősen elmarad* még az élenjáró európai országoktól. Az Európai Adalékanyag Szövetség statisztikái (UEPG, 2020) alapján⁴⁴⁹ 2018-ban Magyarországon az újrahasznosított adalékanyag előállítási aránya 0% volt az összes előállított beton adalékanyaghoz viszonyítva. Ez az arány Hollandiában 24%, Belgiumban 20%, Németországban pedig 12% volt, míg Ausztriában és Szlovákiában 4%, Romániában 1%. A statisztika jól mutatja, hogy hazánkban van még fejlődési lehetőség az újrahasznosított adalékanyag, illetve újrahasznosított beton területén.

Örömteli tendencia viszont, hogy ma már a hazai építőipari gyakorlatban is egyre többször találkozhatunk az építési-bontási hulladékok szelektív gyűjtésével, újrahasznosításra való előkészítésével. Ezt Magyarországon az építési-bontási hulladék rendelet szabályozza, miszerint ha a beton törmelék 20 tonnánál nagyobb mennyiségben keletkezik egy bontás során, akkor azt külön kell gyűjteni és gondoskodni kell annak kezeléséről.

A szabályozás gyakorlati alkalmazásának egyik szép példája a pécsi „Magasház” 2016-os bontásából származó hulladék kezelése, melyből önmagában 22 549 tonna törmelék keletkezett.⁴⁵⁰



Forrás: a fotó a szerző saját készítése.

A pécsi „Magasház” bontása

⁴⁴⁹ UEPG (Európai Adalékanyagok Szövetsége) (2020): Elérhető: [https://uepg.eu/mediatheque/media/UEPG-AR20192020_V13_\(03082020\)_spreads.pdf](https://uepg.eu/mediatheque/media/UEPG-AR20192020_V13_(03082020)_spreads.pdf) (A letöltés dátuma: 2021.11.30.).

⁴⁵⁰ JAKAB Róbert (2018): *A pécsi magasház bontásából származó hulladékok kezelése, utóhasznosítása*, Beton szakmai lap, XXVI. évfolyam III. szám, 13.

Az épület bontási folyamatában a toronydaru segítségével földre leengedett vasbeton elemeket egy roppantó fejjel ellátott „krokodil” bontógép szállítható méretű darabokra széttroncsolta, elkülönítve belőle az újrahasznosítható betonacél armatúrát. A szelektíven gyűjtött törmeléket ezt követően a deponálás helyszínére szállították, ahol darológépekkel kisebb méretű darabokra törték. Az itt keletkezett kisebb mennyiségű acélhulladékot zárt konténerekben tovább szállították egy másik befogadó telephelyre.

Annak ellenére, hogy az elbontott beton törmelék jó minőségű alapanyagként tekinthető, a *viszonylag homogén, beton alapanyagként történő újrahasznosítása még nem valósult meg*. Jelentős része még most is a deponáló területen van, további felhasználásra várva.

Hazai viszonylatban is jellemző, hogy a szelektíven gyűjtött beton hulladékot többségében *feltöltéshez, útépitéshez* használják fel, pedig nagy része megfelelne akár magasabb minőségi követelményeket teljesítő beton adalékanyagként is.



Forrás: a fotó a szerző saját készítése.

A pécsi „Magasház” bontása és elemeinek darabolása



Forrás: a fotó a szerző saját készítése.

A pécsi magasház bontott betonanyagának deponálása Pécssett

a) Külföldi példák újrahasznosított beton felhasználására

Számos országban már régóta foglalkoznak a beton újrahasznosításának technológiai lehetőségeivel. Vannak olyan európai országok akik ebben élen járnak. Kiemelkedő eredményeket ért el e tekintetben például Nagy Britannia vagy Hollandia, ahol 2017-es adatok szerint a felhasznált beton adalékanyag több mint 20 %-a újrahasznosításból származott.⁴⁵¹ Ezekben az országokban a hulladékgazdálkodás általában élen jár, emellett a jó minőségű természetes adalékanyagokban is jelentős hiány mutatkozik. Éppen ezért kiemelt prioritást élvez számukra a betontörmelék újrahasznosítási problémájának megoldása.

Európa szerte több országba külön brand-et építettek az újrahasznosított beton köré. Ilyen például Hollandiában az Ecocrete.⁴⁵² Ennek egyik kiemelt alkalmazási példája az amszterdami De Eenhoorn projekt, melynél újrahasznosított betont használtak fel.⁴⁵³

A beton újrahasznosítása nem csak Európában terjedt el. A Hong Kong Wetland Parknál C20-C35 nyomószilárdsági osztályú betonokat állítottak elő újrahasznosított adalékanyag felhasználásával, ahol C20 nyomószilárdsági tartományban a durva adalékanyag frakciót ($d_{max} > 4\text{mm}$) 100%-ban helyettesítették újrahasznosított beton adalékanyaggal.⁴⁵⁴

Az említetteken túl számos olyan követendő, jó példa áll előttünk külföldön az újrahasznosított beton felhasználására, akár magasépítési szerkezetek esetében is, melyek segíthetik a beton újrahasznosítás kultúrájának hazai elterjedését. Ezt mutatja, hogy hazánkban is egyre több projekt valósul meg, melyeket olyan külföldi cégek rendelnek vagy finanszíroznak, akik más országokban már szembesültek az újrahasznosított beton alkalmazásának igényével és lehetőségével. Meg kell említeni azonban, hogy a hazai gyakorlatban az újrahasznosított beton magasépítési célú felhasználása egyelőre még gyerekcipőben jár.

⁴⁵¹ Európai Adalékanyagok Szövetsége (UEPG): <http://www.uepg.eu/statistics/estimates-of-production-data> (A letöltés dátuma: 2021.11.30).

⁴⁵² ECOCRETE (2021): <https://www.mebn.nl/nl/ecocrete> (A letöltés dátuma: 2021.11.30).

⁴⁵³ ECOCRETE (2021): <https://www.mebn.nl/nl/node/6443> (A letöltés dátuma: 2021.11.30).

⁴⁵⁴ FONG, W.F.K. et. al. (2004): Hong Kong experience of using recycled aggregates from construction and demolition materials in ready mixed concrete. In: *Proceedings of International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology*, Beijing, 267–276.

b) Hazai szabályozás az újrahasznosított betonra vonatkozóan

A hazai szabályozás kapcsán fontos különválasztani az útépitési betonokat és az általános beton anyagú szerkezeteket.

Az Útügyi Műszaki Előírások már 2008 óta foglalkoznak a betonhulladékok újrahasznosításával,⁴⁵⁵ melynek gyakorlata napjainkra már általánossá vált. 2019-ben jelent meg egy új előírás a betonburkolatból visszanyert beton adalékanyagként történő újrafelhasználásának témájában (e-UT 05.02.54). Jellemző, hogy az Útügyi Műszaki Előírások általában szigorú követelményeket támasztanak az újbóli hasznosításra kerülő adalékanyaggal szemben, viszont akár C50/60 nyomószilárdsági osztály esetén is megengedi a durva frakció 100%-ban újrahasznosított adalékanyaggal történő kiváltását.⁸

Az általános betonszerkezetekkel kapcsolatban az újrahasznosított beton fogalma először az MSZ 4798:2016 szabványban került bevezetésre, előtte csak műszaki irányelv⁴⁵⁶ létezett a felhasználhatóságának kritériumairól és lehetőségeiről. Megfelelő szabályozás hiányában ezért korábban csak kísérleti projektek szintjén készültek újrahasznosított beton adalékanyagot tartalmazó termékek. Elsők között, kézi betonelemekben (béltestestek, folyókaelemek, járólapokban) alkalmaztak újrahasznosított beton adalékanyagot.

Az MSZ 4798:2016 szabvány környezeti osztálytól, nyomószilárdsági osztálytól, illetve a felhasználandó újrahasznosított adalékanyag összetételétől függően legfeljebb 50%-ban ajánlja felhasználni az újrahasznosított beton adalékanyagot a durva frakció kiváltására, abban az esetben pedig, amikor a betonnal szemben kitéti (környezeti) osztályra vonatkozó kritérium is elő van írva, legfeljebb 30%-ban. A technológia széleskörű elterjedése a mennyiségi korlátozás mellett több technikai problémába is ütközik.

c) Gátak és út az újrahasznosított beton széleskörű elterjedéséhez

Hazánkban jelenleg több gátja is van az újrahasznosított beton széles körű elterjedésének. Ezek közül az első, hogy általában hiányzik a megrendelői igény. Számos külföldi országban jelentős előnyben részesülnek azon építési projektek, melyek környezetbarát (például újrahasznosított beton) technológiákat alkalmaznak, így ezen országokban hajlandó a megrendelő magasabb összeget is fizetni az újrahasznosított betonért. Ezzel szemben hazánkban jellemzően az a *megrendelői felfogás*, hogy az újrahasznosított beton minősége „biztosan gyengébb”, így kevesebbet, de legfeljebb ugyanannyit fizetnek az újrahasznosított betonért, mint a szokványos összetételű betonért. További gát, hogy jelenleg az újrahasznosított beton alapanyagának beszerzése, felhasználása általában többletköltséggel jár a betonüzemek számára. Éppen ezért, amíg nem történik meg egy teljes körű szemléletváltás (új támogatási rendszer és új előírások bevezetésével), addig nem igazán lehet számítani az újrahasznosított beton széleskörű hazai elterjedésére. Megemlítenéd, hogy az utóbbi időben egyre több olyan megrendelő jelenik meg hazánkban, akik a LEED minősítés⁴⁵⁷ miatt kíván újrahasznosított betont beszerezni.

Az elterjedés szempontjából további nehézséget jelent, hogy az újrahasznosítással foglalkozó üzemek általában nincsenek felkészülve arra, hogy a jó minőségű bontási beton anyagot a „szokványos” vagy „gyenge” minőségű alapanyagoktól *elkülönítve gyűjtsék* és megfelelő méretűre osztályozzák. Jelenleg a

⁴⁵⁵ e-ÚT 05.02.31 /ÚT 2-3.710/ (2008): Útbeton betonhulladék újrahasznosításával.

⁴⁵⁶ fib Magyar Tagozata (2005): *Betonkészítés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék újrahasznosításával*, Beton- és Vasbetonépítési Műszaki Irányelvek BV-MI 01:2005 (H), Budapest, 176.

⁴⁵⁷ Leadership in Energy and Environmental Design – zöldépület- minősítő rendszer, Elérhető: <https://www.usgbc.org/leed> (A letöltés dátuma: 2021.11.30).

legtöbb újrahasznosító üzem általában 0-150 mm nagyságúra töri a beton törmelékét, míg egy betonüzem ezzel szemben 32 mm-nél (inkább 24 mm-nél) nagyobb szemnagyságot nem használ betontermékek gyártásához. Megfelelő méretű, jó minőségű és főleg megfelelő dokumentációval rendelkező újrahasznosított adalékanyag ezért jelenleg még nehezen elérhető a piacon.



Forrás: a fotó a szerző saját készítése.

Feldolgozás utáni tipikus betontörmelék

Az előbbieken túl problémát jelent a *folyamatos anyagellátás* kérdése is. A legtöbb újrahasznosító telepre változó minőségű bontási törmelék jellemzően esetenként szállítanak és nem a telep „kutatja fel” a megfelelő minőségű anyagot, előre meghatározott ipari alkalmazás céljából. Egy transzportbeton üzem viszont csak akkor tudna ezzel a típusú alapanyaggal rendszeresen számolni, illetve merne rá szerződni, ha az alapanyag ellátás folyamatosan biztosított lenne.

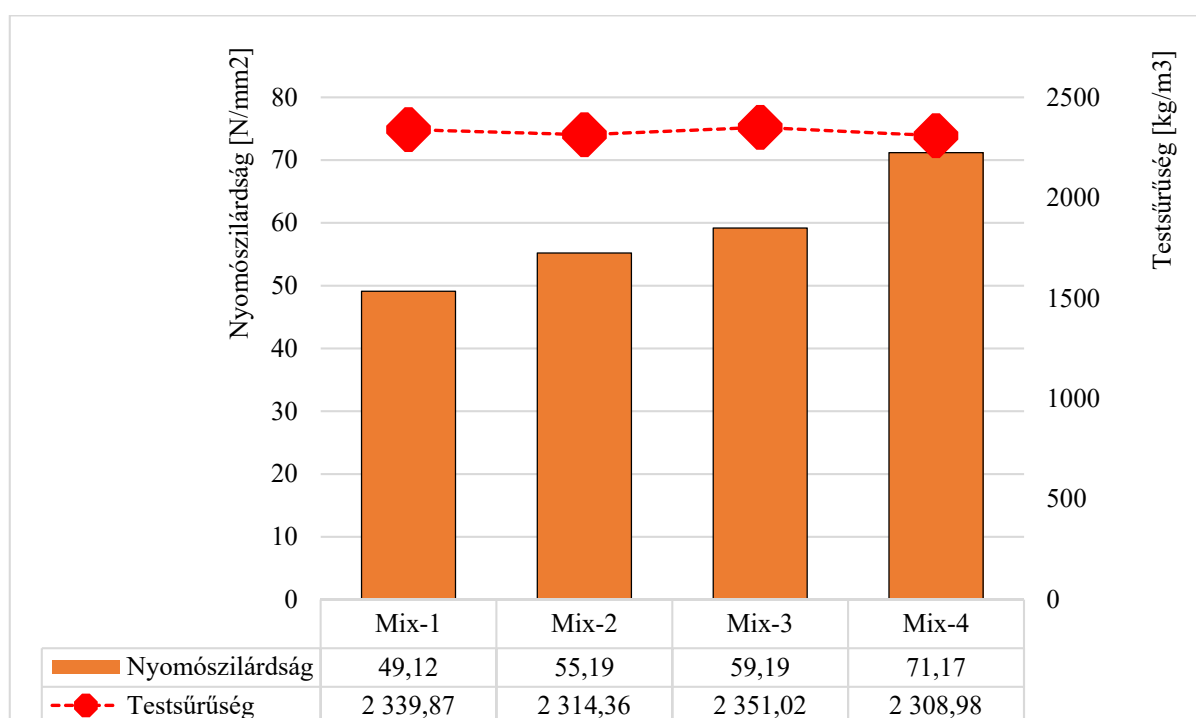
A betonüzemeknek komoly korlátot jelent az a jelenlegi szabályozásból eredő előírás is, hogy a durva adalékanyagnak legfeljebb csak egy bizonyos részét (50%-át, illetve 30%-át) helyettesíthetik újrahasznosított adalékanyaggal, mert így külön aktív és passzív tárolót kell biztosítaniuk a természetes adalékanyag mellett az újrahasznosított adalékanyagnak is. Utóbbit nem helyezhetik egyszerűen a természetes adalékanyag helyére, így a legtöbb üzemben (ha egyáltalán van rá elég hely) ez többlet beruházási igényt jelent.

A jelenlegi nehézségek ellenére is egyértelmű, hogy a beton újrahasznosításában van a jövő. Az építőipar által nagy mennyiségben felhasznált beton idővel bontási hulladékká válik, ennek újra felhasználásáról gondoskodni kell. Mindamellet már hazánkban is látható, hogy a kitermelhető természetes adalékanyag lelőhelyek fogytán vannak. Amennyiben nem kívánunk új természetvédelmi és biológiailag produktív területeket feláldozni, elengedhetetlen, hogy elkezdjük szélesebb körben alkalmazni az újrahasznosított beton adalékanyagot. A széleskörű elterjedés elősegítésének egyik kulcsa a technológiában rejlő lehetőségek jobb megismerése a kutatás-fejlesztési aktivitás növelése révén.

d) Jelenlegi kutatások a beton újrahasznosíthatósága terén

A Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kara ipari partnerekkel⁴⁵⁸ kiterjedt kutatást végez a beton újrahasznosíthatósága témakörében. A kutatás egyik fő célja, hogy a hazai helyzet ismeretében, széleskörű betontechnológiai ismerettel és labor háttérrel segítsék a beton újrahasznosítással kapcsolatos gátak felismerését és leküzdését.

A program keretében számos vizsgálat készült különféle újrahasznosított és visszanyert beton adalékanyagok felhasználhatóságáról. Többek között elemzésre került a korábban már említett pécsi magasház bontásából származó beton adalékanyag. A vizsgálatok kimutatták, hogy a közhiedelemmel ellentétben akár nagyobb nyomószilárdság is elérhető újrahasznosított adalékanyag alkalmazásával, mintha kizárólag természetes adalékanyagot használnánk, lényegében azonos összetétel mellett. A lenti ábrán nyomószilárdsági eredmények kísérleti összehasonlítása látható. A Mix-1 jelű minta 100%-ban természetes eredetű durva adalékanyagot, míg a Mix-2 minta 50%-ban a pécsi „Magasházból” származó újrahasznosított adalékanyagot tartalmazott durva frakcióként. A Mix-3 minta 50%-ban beton próbakockából visszanyert, tört adalékanyagot, a Mix-4 összetétel pedig 100%-ban visszanyert tört adalékanyagot tartalmazott durva frakcióként. A vizsgálatok szerint a fő problémát nem a megfelelő nyomószilárdság elérése jelenti, hanem az összetétel optimalizálása annak érdekében, hogy a keverék megfelelő frissbeton tulajdonságokkal (konzisztencia, eltarthatóság, bedolgozhatóság) rendelkezzen.



Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Nyomószilárdság és megszilárdult beton testsűrűség 28 napos korban⁴⁵⁹

⁴⁵⁸ Beton Technológia Centrum Kft. és Duna-Dráva Cement Kft. valamint a PTE MIK Anyag- és Szerkezetanalitikai Kutatócsoport közös K+F programja, 2020-tól.

⁴⁵⁹ CZOBOLY Olivér – KASHKASH Saied – ORBÁN Zoltán (2021): Újrahasznosított és visszanyert, tört adalékanyag alkalmazhatósága betonban, *Magyar Építőipar*, 01-02. sz. 25-28.

e) *A kutatás további irányai*

Az újrahasznosított betonok széleskörű ipari alkalmazásához nem csak a végtermékek anyagjellemzőinek optimalizálására van szükség. Fontos szempont lehet az *újrahasznosítás* egészségügyi kockázatainak elemzése, az előállított termékek életciklusra vetítve minimalizált CO₂ kibocsátásának megvalósítása, valamint más ipari szektorok számára nyersanyag vagy innovatív energiatároló megoldások lehetőségeinek felkutatása. Negatív CO₂-mérleg CO₂ elnyelésével valósítható meg, amit pl. gyorsított karbonátosodással lehet előidézni.

A *széleskörű építőipari alkalmazáshoz* általában szükséges az ilyen módon előállított betontermékek teljesítőképességének és az előállítási folyamat biztonságának növelése. Ez nem csak a szilárdsági jellemzőket érintheti, hanem egyéb, például tartóssággal, bedolgozhatósággal kapcsolatos jellemzők javítását is. A folyamat optimalizálásához fejleszteni szükséges a jelenlegi tervezési eljárást, valamint a betontervezést megelőző vizsgálati módszertant. Ez alapján egy adott betonhulladék alapanyag (ez lehet akár még a bontást megelőző állapotban is) mérhető tulajdonságaiból kiindulva adott felhasználási területekre optimalizálhatjuk az újrahasznosított betonkeverék összetételét.⁴⁶⁰

Az épületek bontásakor keletkezett anyagok újrahasznosítása során számolni kell azzal, hogy az *1950-90-es évek között nagyon sok beton anyagú épületet építettek ipari hulladékanyagok*, például szénégetés melléktermékei (kohósalak, pernye, szénsalak stb.) *felhasználásával*. Ezen épületek egy jelentős részének ma már aktuális a bontása. A bontási anyagot nagy arányban újra fel lehet használni, de figyelembe kell venni, hogy ezek *bizonyos fokú radioaktivitással* illetve egyéb *egészségkárosító* hatással (különösen egyes vegyi üzemek esetében) rendelkezhetnek, így újrahasznosításuk egészségügyi korlátozásba ütközhet.⁴⁶¹

A természetes karbonátosodási folyamat révén a betonok teljes életciklusuk alatt jelentős mennyiségű *szén-dioxidot nyelnek el*.⁴⁶² Ez az elnyelő képesség a mai technológiákkal előállított cement CO₂ kibocsátásának akár 25 százalékát is elérheti. A jelenség azonban nagyon lassú lefolyású és általában a betonszerkezetek légkörrel érintkező felület közeli tartományát érinti. Megfigyelések és szakirodalmi adatok⁴⁶³ alapján a természetes karbonátosodás jelensége az érintett betontartomány szilárdsági és egyes fizikai paramétereit kedvezően befolyásolja.

Kutatásaink egyik célszerű iránya a betonok újrahasznosítási folyamata során egy olyan CO₂ kezelési eljárás kidolgozása, amely alkalmas csökkentett idő alatt, ipari méretekben is *számottevő mennyiségű szén-dioxidot elnyeletni* az erre a célra megfelelően előkészített újrahasznosított alapanyaggal. Az eljárás így fontos szerepet tölthet be a *cementgyártás során* keletkezett CO₂ megkötésében is.

A betonhulladékok újrahasznosítási eljárása során, az eddigi gyakorlat szerint, elsősorban a nagyobb szemcseméretű ($D_{\max} < 4\text{mm}$) és az adalékanyag szemcsékhez tapadt cementkővet csak limitált mennyiségben tartalmazó elemeket lehet hatékonyan felhasználni. A hulladékfeldolgozási folyamat során visszamaradó alacsonyabb szemcseméretű rész (finomrész) és az adalékanyag szemcsékről leváló

⁴⁶⁰ A PTE MIK Szerkezetek Diagnosztikája és Analízise Kutatócsoport kutatása (2020-tól).

⁴⁶¹ A PTE MIK Anyag- és Szerkezet Analitikai Kutatócsoport valamint a PTE Munkatudományi és Foglalkoztatás-egészségügyi Kutatócsoport közös kutatása (2021-től).

⁴⁶² Swedish Environmental Research Institute report: CO₂ uptake in cement-containing products. Elérhető:

<https://www.ivl.se/download/18.72aeb1b0166c003cd0d64/1541160245484/B2309.pdf> (A letöltés dátuma: 2021.09.15).

⁴⁶³ YUNHUI et. al (2021): *Accelerated carbonation technology for enhanced treatment of recycled concrete aggregates: A state-of-the-art review*, Construction and Building Materials, 282.

cementkő hatékony betontechnológiai feldolgozása jelenleg még nem megoldott, így ez *további hulladékanyagként* jelenik meg a folyamat végén. A további kutatások során megoldandó a hulladékként visszamaradó finomrész és cementkő olyan módon történő további feldolgozási lehetőségeinek kidolgozása, amely alkalmassá teszi őket cementipari vagy betontechnológiai alkalmazásra.

További érdekes ipari alkalmazási lehetőség rejlik abban, hogy a beton kiváló *hőtároló képessége* kihasználható az épületek fűtő-hűtő rendszerének „puffereként” is.⁴⁶⁴ A beton jó hőtároló képességét elsősorban viszonylag nagy tömege, a leadást a betonelemek hatalmas hőcserélő felülete biztosítja. A hőtárolási céllal beépített beton anyagú épületszerkezeti elemeket a szokványos tartószerkezeti elemekhez képest *eltérő hőtechnikai és szilárdsági követelményeknek* kell megfeleltetni. Mivel a rendszer hatékonysága a hőtároló betonelemek „tömegszerű” kialakításával fokozható, ezért az újrahasznosított betonok alkalmazása ilyen esetben is rendkívül előnyös lehet.

3.4. Problémafelvetés, összegzés⁴⁶⁵

A hazai építőanyag és építési termékgyártók elkötelezettek a *körforgásos gazdaságra való átállásra* az építőipar fejlesztése során, ez pedig a szaktárcákkal való szoros együttműködéssel valósítható meg. A körforgásos gazdaság megvalósulásának alapvető folyamatai a *környezetkímélő technológiák* alkalmazása, valamint a megfelelő *hasznosítási irányok* alkalmazása. A hazai és európai szabályozási környezet ezen a téren hézagos, mely nem kedvez az említett fejlesztések piacképességének.

Az elmúlt években több eljárás került kidolgozásra a körforgásos építésgazdaság nemzetközi és hazai színterén, melyek gyakorlati alkalmazása indokolt lenne.

A legfontosabb, *szabályozással kezelni szükséges területek* az alábbiak:

- építőipari gyártási hulladékok,
- építőipari gyártási maradékanyagok,
- építőipari melléktermékek ,
- építési és bontási hulladékok,
- más ágazatok melléktermékeinek és hulladékainak hasznosítása építőipari területen.

Jelen tanulmány 3.2. fejezetében az Európai Unió egyes tagországainak építési, bontási folyamatokból származó termékek feldolgozott éves mennyiségei mentén megismerhettük egy-egy állam piacának méretét. A 3.3. fejezetben pedig egyes szerkezetekre és építési termékekre vonatkozóan bemutatásra kerültek az újrahasznosítás, újrahasználat és az alapanyaggá való visszaalakítás jellemző módszerei. Ezek széleskörű átgondolt alkalmazásával kiegészítő és helyettesítő termékek vezethetők be az építésgazdaságba, és olyanok amelyek

- csökkenthetik a bányai termékek iránti igényeket a kivitelezésben: a mélyépítésben, infrastruktúra-építésben;
- egyes esetekben helyettesítő termékként jelenthetnek meg az építőanyagok gyártásában is;
- más iparágak alapanyagaiként jelenhetnek meg.

⁴⁶⁴ THE CONCRETE CENTRE (2021): *Thermal mass explained*, Elérhető: www.concretecentre.com (A letöltés dátuma: 2021.09.15).

⁴⁶⁵ A 3.4. alfejezet Lekics Gábor építészmérnök, épületszerkezeti konstruktor, okleveles létesítménymérnök, épületenergetikai szakmérnök írása.

3.4.1. Az expandált polisztirol alapú termékekből kinyerhető anyagmennyiségek kezelési és hasznosítási lehetőségei

Az expandált polisztirol építési hőszigetelő anyag hulladéka *megfelelő válogatás és előkészítés* után *teljes mértékben újra felhasználható*. Hasznosítására több lehetőség is adott. Termikus hasznosítása mellett aprításával, darálásával másodlagos, tiszta polietilén kémiai úton való kinyerésével pedig elsődleges alapanyag nyerhető.⁴⁶⁶

Általánosságban elmondható azonban, hogy újrahasznosításhoz hiányzik a hulladék tiszta, szelektív begyűjtése. Építési vágási hulladék tiszta anyagként Big-bag zsákokban kerülhet gyűjtésre, azonban bontott formában esetenként fém-, műanyag és ásványi anyagokkal szennyezettek. Ezen típusú hulladékokt nagy tételben válogató művekben kezelhetők gazdaságosan ezen típusú hulladékok

Amennyiben az expandált polisztirol alapú termékeknek a többi építőipari hulladéktól különválasztott begyűjtése biztosított lenne, feldolgozására a következő lehetőségek állnak rendelkezésre:

- hőpréslés és a préselt tömbök értékesítése további feldolgozó ágazat részére,
- könnyűbeton gyártása darált könnyű adalékanyag formában való hozzáadással⁴⁶⁷,
- kémiai úton történő feldolgozás, aminek során az anyagot különböző oldószerekkel kezelik zárt rendszerben, különválasztva és kinyerve a polimert és az alkalmazott égésgátlót. Ezekből a visszanyert anyagokból eredeti állapotú hőszigetelő alapanyagot lehet gyártani,⁴⁶⁸
- termikus hasznosítás során hőenergia kinyerése az anyag elégetése révén.

Mindaddig azonban, amíg a *szelektív visszagyűjtés*, és az építési/bontási helyszínen a *hatékony szétválogatás* nem megoldott, addig ezen anyagok visszanyerése nem gazdaságos sem gazdasági, sem környezeti szempontból. Az építési és bontási folyamatok tervezésével és szervezésével, legfőképp pedig a kivitelező ipar ösztönzését szolgáló szabályozással, valamint megfelelő szemléletformálással javítható az anyagok begyűjtési mennyisége és minősége. Specializált válogató- és hasznosító művek pedig folyamatos alapanyag utánpótlással képesek fenntarthatóan működni.

Az építőanyagok hazai előállításához szükséges nyersanyagok hozzáférése egyes területek között jelentősen eltérő szintet mutat. Míg a nemfém ásványi- és kő anyagok, pl. a beton- és kerámia termékek alapanyagai meghatározó arányban hazai forrásból származnak, addig például a műanyagipari vegyi gyártási alap- és nyersanyagok túlnyomó többsége importtal megoldott.

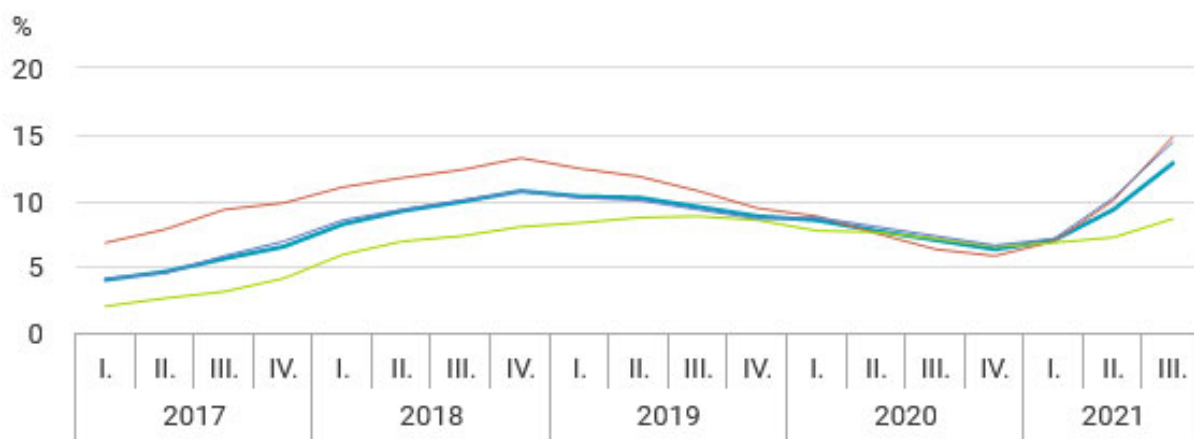
Az elmúlt években egyes területeken, főleg a mélyépítéshez kapcsolódóan folyamatos problémát jelent, hogy a hazai bányáipar a nyers- alapanyag kitermelésben nem tudott lépést tartani a keresleti oldalon mutatkozó igénynövekedéssel, ez pedig az árakra felhajtó erővel bírt. Tovább nehezíti a helyzetet, hogy az *állami infrastruktúra-beruházások nagy volumenben* vesznek fel bányáipari nyersanyagot.

A bányakapacitások bővülése a hosszadalmas engedélyezési eljárások miatt *lassabb folyamat* a kívántnál.

⁴⁶⁶ SHAMSUYEVA, Madina – ENDRES, Hans-Josef (2021): Plastics in the context of the circular economy and sustainable plastics recycling: Comprehensive review on research development, standardization and market. Composites Part C: Open Access. Volume 6, October 2021, 100168

⁴⁶⁷ BICER, Ayse (2021): Investigation of waste EPS foams modified by heat treatment method as concrete aggregate. Journal of Building Engineering. Volume 42, October 2021, 102472

⁴⁶⁸ JIANG, Jie – SHI, Ke – ZHANG, Xiangman – YU, Kai – ZHANG, Hong – HE, Jing – JU, Yun – LIU, Jilin (2022): From plastic waste to wealth using chemical recycling: A review. Journal of Environmental Chemical Engineering. Volume 10, Issue 1, February 2022, 106867



Forrás: KSH adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.⁴⁶⁹

Az építőiparban végzett kivitelezési tevékenység átlagos árváltozása az előző év azonos időszakához képest

Az építési volumen emelkedéséből, valamint egyes gyártási alap- és nyersanyag előállítási, zömmel importtermelési kapacitások elmaradásából

A 2021-es évben a Covid hullámokat követő gazdasági újraindulás során, a beszállítói értékláncok sérülésével és töredezettségével párhuzamosan világszintű túlkereslet mutatkozott faipari, acélipari, vegyi- és műanyagipari nyers- és alapanyagokra, amelyek a hazai építőanyag gyártást is negatívan érintve jelentős gyártási költségnövekedést és részbeni átmeneti áruhiányt is okoztak hazánkban is – elsősorban az acél- építési fa- és a hőszigetelőanyagok részpiacain. A járványt követően a piaci keresleti és kínálati egyensúly fokozatos helyreállításához egyes területeken hozzájárulhat a hulladékkezelésből származó anyagáramok termelésbe, illetve kivitelezésbe való visszafordítása is.

3.4.2. Építőipari nyersanyagokkal, építőanyagokkal, építési termékekkel építőipari nyersanyag-ellátással, szállítással kapcsolatos problémák

Az egyes termékek forgalmazási, és/vagy építési helyszínre történő *szállítmányozása* a korlátos szállítási kapacitás miatt problémás. A fuvarozási feladatok költségei pedig az üzemanyag árak emelkedésével folyamatosan magasabb költséget jelentenek, melyek a termékek árképzésében is megjelennek. Az egyes alkalmazott építési technológiák alkalmazása esetén szempont lehet az építési anyag- vagy termék közelben elérhető előállítása, így mérsékelhetők a fenti jelenségből eredeztethető negatív hatások.

Az építőipari termékek előállítása során a hazai jogszabályi környezetben *előzetes költségként jelennek meg az egyes termékdíjak*, melyek eredeti célt támogató felhasználása fontos feladat lenne a körforgásos gazdaság elemeinek kiépítésére és ösztönzésére.

Az építési termékek és építőanyagok életpályája során az életciklus szemléletű szabályozás jelenleg még mind nemzetközileg, mind hazánkban kezdetleges. A melléktermékek hasznosításának elősegítésére vagy a szelektív hulladékbegyűjtésre vonatkozóan a szabályozási folyamatok még nem kellően kiforrottak.

⁴⁶⁹ <https://www.ksh.hu/arak> (A letöltés dátuma: 2022.01.26.).

A melléktermékekre és a hulladékokra vonatkozó kritériumok meghatározása nem egységes Európában: egy másodlagos nyersanyag például értékes lehet az egyik tagállamban, míg a másikban ezt hulladéknak tekintik.

Magyarországon a termelési maradékanyagok további ipari folyamatokban való felhasználása jelenleg bonyolult procedúra, hiszen esetenként hulladék státusból kell újra alapanyaggá, illetve (mellék)termékké minősíteni ezen tételeket.

A fentiekkel összefüggésben a *megfelelő szabályozás hiánya* egyes anyagok másodnyersanyagként történő felhasználását gátolja, A hazai építőanyag gyártók évek óta szorgalmazzák ezen jogszabály módosításokat, amelyek a körforgásos gazdaságot is erősítenék.

A magyar és az uniós hulladékgazdálkodási stratégia alapját a fenntarthatóság szempontjával összhangban a megelőzés elve képezi: fontos cél a hulladékképződés megelőzése, illetve csökkentése. Az építés és bontás során keletkező anyagok esetében kiemelt szerepe van azok helyszíni, építési tevékenységhez történő felhasználásának, hiszen ebben az esetben ezek az anyagok nem válnak hulladékká. (Ez különösen a nehéz építőanyagok esetében lehet nagyon fontos, hiszen ezeknek a különböző helyszínek – építés/bontás, feldolgozás, felhasználás – közötti szállítása környezetterheléssel jár.) Jelentős szerepe van a hulladékképződés csökkentése szempontjából a már használt építési termékek újrahasználatának is. Az építés és bontás során keletkező anyagok kellő mértékben történő helyszíni felhasználásához, illetve újrahasználatához, valamint a még fennmaradó hulladékok megfelelő hasznosításához hatékonyan működő ösztönzési rendszer szükséges – fontos lenne a kivitelezői és beruházói szektor ösztönzése a másodlagos nyersanyag források alkalmazásának érdekében.

Az építési-bontási hulladékok hasznosítási rendszerének egyes elemei, mint a szelektív gyűjtés, a felelősségi rendszer, a logisztikai feladatok és a kommunikáció jelenleg nem alkotnak kidolgozott egységet. A csomagolási papírzsákok terén a többrétegű, poros-szennyezett csomagolóanyagok újrahasznosítása országosan nem megoldott.

A különböző építési termékek (például égetett kerámia téglák és cserép) csomagolásához, zsugorfóliázásához alkalmazott fólia, illetve az ún. egyutas fa raklapok szervezett begyűjtése, hasznosítása szintén nem megoldott. A vonatkozó csomagolási hulladékokról szóló jogszabály⁴⁷⁰ nem különbözteti meg az építési folyamat során felhasznált és hasznosítható csomagolóanyagokat. Ezek szelektív gyűjtésével szintén kialakítható lenne egy fenntartható körforgásos anyagáram.⁴⁷¹

Végezetül az építési termékek előállításának és beépítése során több ponton is megjelennek a szakképzés hiányosságai:

- a gyártási, anyagmozgatási folyamatok során általános probléma a sofőrök alacsony létszáma, valamint a szükségesnél kevesebb targoncasofőr áll rendelkezésre,
- az építőanyag-kereskedelem területén is megmutatkozik a képzett kereskedők körének elégtelen volumene a kapacitásszűkösség mellett. A megfelelő szaktanácsadás arányának csökkenésével romlik a minőségi beépítés lehetősége, kifejezetten jellemző ez a tendencia a mikro-kkv kivitelezők terén, ahol alacsonyabb arányban dolgoznak szakképzett kivitelezők és nemritkán hiányoznak az adott projektnél elvárható tervezési és művezetési elemek is,
- a megfelelő szakképzettségű és gyakorlattal rendelkező szakemberek és szakmunkások általános hiánya folyamatos problémát jelent az elmúlt években,

⁴⁷⁰ 442/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet a csomagolásról és a csomagolási hulladékkal kapcsolatos hulladékgazdálkodási tevékenységekről

⁴⁷¹ JANG, Yong-Chul – LEE, Gain – KWON, Yuree – LIM, Jin-Hong – JEONG, Ji-Hyun (2020): Recycling and management practices of plastic packaging waste towards a circular economy in South Korea. Resources, Conservation and Recycling, Volume 158, July 2020, 104798

- a tervezői oldalon az újbóli anyagfelhasználás és az újrahasznosított termékek betervezésének és ismeretanyagának átadása erősen hiányos.

Összességében elmondható, hogy mind a *szabályozási oldalon, mind a szakmai felkészültség területén átfogó lépéseket kell tenni* a fenti problémakörökben, hogy fenntartható körforgásos gazdasági folyamatok jöjjenek létre az építési-bontási termékek terén.

4. AZ ÉPÍTÉSI BONTÁSI HULLADÉK HASZNOSÍTÁSI TECHNOLÓGIÁI⁴⁷²

Az építési és bontási hulladék jelentős kihívást jelent a modern társadalmakban. Megfelelő kezelése az európai hulladékgazdálkodási politika⁴⁷³ egyik alappillére, amelynek célja, hogy megszakítsa a közvetlen kapcsolatot a gazdasági növekedés és a hulladéktermelés növekedése között, csökkentve a kapcsolódó környezeti hatásokat, valamint előmozdítsa az újrahasznosítást és a fenntarthatóságot.

A napjainkban egyre növekvő mennyiségben keletkező építési-bontási hulladék főbb összetevői: a kitermelt föld, a kő-, a beton- és más építőanyag-maradék. Ha ezeket a hulladékokat elkülönítve gyűjtik, megfelelő kezelés után alkalmasak új termékek gyártására vagy alapanyagként történő hasznosításra.⁴⁷⁴

Az Európában keletkező hulladék jelentős részét az építési-bontási hulladék teszi ki. Az *Európai Bizottság a körforgásos gazdaság akciótervében*⁴⁷⁵ új célokat és eredményeket fogalmazott meg erre a hulladékáramra, de tekintettel a tagállamokban meglévő *hulladékgazdálkodási gyakorlat* meglehetősen heterogén helyzetére, sürgősen szükség van olyan új módszerekre és jó gyakorlatokra, amelyek figyelembe veszik az építőipar teljes értékláncát. A következő fejezetben az építési-bontási hulladék kezelésének alapelveit, műszaki megoldásait, technológiáit és legjobb gyakorlatait foglaljuk össze. E módszerek alkalmazása jelentősen javíthatja az *erőforrás-hatékonyságot* és csökkentheti a káros környezeti hatásokat azáltal, hogy megelőzi a hulladékok keletkezését, minimalizálja a szállításból adódó hatásokat, maximalizálja az újrahasználatot és a hasznosítást a másodlagos anyagok minőségének javítása és a kezelési módszerek környezeti teljesítményének optimalizálása révén.⁴⁷⁶

Az Eurostat⁴⁷⁷ adatai szerint az európai építőipar jelenleg évente 820 millió tonna építési-bontási hulladékot állít elő. Az építési-bontási hulladék átlagos összetétele azt mutatja, hogy a hulladék 85 %-a beton, kerámia és falazat, továbbá nagy mennyiségű fát és gipszkartont tartalmazhat.

Az építési-bontási hulladék *fajlagos környezeti hatása* alacsony más hulladékáramokhoz képest, a keletkezett nagy mennyiség és a képviselt erőforrás miatt azonban ez a hulladékáram a jelenlegi európai szabályozás fontos fókuszpontjává vált – főként a logisztikára és a földhasználatra vonatkozó hatások és az előállított primer építőanyagok nagy lábnyoma miatt is. Emiatt az *építési-bontási hulladék kezelése prioritást élvez* világszerte, de Európában különösen.

Ennek tükrében a legjobb gyakorlatok módszereinek egyértelmű meghatározása és megosztása elengedhetetlen az építőipari ágazat új szakpolitikáinak és stratégiai kereteinek kialakításához, hozzájárulva a *fenntartható fejlődési stratégia* megvalósításához.⁴⁷⁸ Ezt a megközelítést alátámasztják többek között az EMAS-rendelet⁴⁷⁹ 46. cikke alapján kidolgozott ágazati referenciadokumentumok is.⁴⁸⁰ Az *építőipari ágazati referenciadokumentumban*⁴⁸¹ szereplő, a építési-bontási hulladék

⁴⁷² A 4. fejezet Buruzs Adrienn egyetemi docens írása.

⁴⁷³ https://ec.europa.eu/environment/basics/green-economy/managing-waste/index_hu.htm (A letöltés dátuma: 2021. október 5.).

⁴⁷⁴ BENKŐ Gyöngyi (n.é.): Az építési tevékenység alkalmával keletkező hulladékok és helyes kezelésük. *Építőipari kivitelezés előkészítése*. Munkaanyag.

⁴⁷⁵ A tisztább és versenyképesebb Európát szolgáló, körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési terv. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF (A letöltés dátuma: 2021. október 5.).

⁴⁷⁶ GÁLVEZ-MARTOSA, José-Luis et al. (2018): Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation & Recycling* 136, 166–178.

⁴⁷⁷ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021. október 5.).

⁴⁷⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0022> (A letöltés dátuma: 2021. október 7.).

⁴⁷⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R2026&from=EN> (A letöltés dátuma: 2021. október 7.).

⁴⁸⁰ [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011XC1208\(01\)&from=ES](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011XC1208(01)&from=ES) (A letöltés dátuma: 2021. október 7.).

⁴⁸¹ <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-11007-2016-ADD-1/en/pdf> (A letöltés dátuma: 2021. október 7.).

megelőzésére és kezelésére vonatkozó *legjobb környezeti menedzsment gyakorlatok (BEMP)* keretet adnak a körforgásos gazdaság operatív megvalósításához: a hulladékkezelés megelőzésével, a szállításból adódó hatások minimalizálásával, az újrahasználat és a hasznosítás maximalizálása a másodlagos anyagok minőségének javításával, valamint a kezelési módszerek környezeti teljesítményének optimalizálásával.

Noha a korábbi fejezetekben erről már volt szó, az építés-bontási hulladék újrahasznosításának technológiai aspektusainak vizsgálatához szükséges néhány alapfogalom felelevenítése:

A Ht. 2. § (1) bekezdés 20. pontja szerint „*hasznosítás* bármely kezelési művelet, amelynek fő eredménye az, hogy a hulladék hasznos célt szolgál annak révén, hogy olyan más anyagok helyébe lép, amelyeket egyébként valamely konkrét funkció betöltésére használtak volna, vagy amelynek eredményeként a hulladékot oly módon készítik elő, hogy ezt a funkciót akár az üzemben, akár a szélesebb körű gazdaságban betölthesse.”

A Ht. 2. § (1) bekezdés 44. pontja szerint „*az újrafeldolgozás* olyan hasznosítási művelet, amelynek során a hulladékot terméké vagy anyaggá alakítják annak eredeti használati céljára, akár más célokra; ez magában foglalja a szerves anyagok feldolgozását, de nem tartalmazza az energetikai hasznosítást és az olyan anyaggá történő feldolgozást, amelyet feltöltési műveletek során használnak fel.”

A Ht. 2. § (1) bekezdés 10. pontja szerint „*az építési-bontási hulladék jogi fogalom, miszerint „építési-bontási hulladék az épített környezet alakításáról és védelméről szóló törvény szerinti építmény építéséből vagy bontásából származó hulladék.”* Az építési-bontási hulladék rendelet 2. § a) pontja szerint „*építési és bontási hulladék az építmények építőipari kivitelezése során keletkező, jelen rendelet 1. számú mellékletében felsorolt hulladék, még köznapi értelemben bármilyen rendeltetésű épület, építmény, létesítmény, műtárgy építési, létesítési, felújítási, bontási, felszámolási munkáiból vagy azzal kapcsolatban keletkezett hulladék.*”

A nyilvántartási szempont alapján az „*Építési-bontási hulladék (beleértve a szennyezett területekről kitermelt földet is)*” = EWC 17 főcsoport (2000/532/EK bizottsági határozat és módosításai).⁴⁸²

Az építési-bontási hulladékot kezelő, hasznosító üzemek általában adalékanyagot állítanak elő az építési-bontási hulladék inert frakciójából, míg más típusú hulladékokat vagy hasznosítható anyagokat (fémeket, műanyagokat, fát) más hulladékkezelési technológiákba irányítanak át. A megfelelően szétválogatott hulladékból jó minőségű adalékanyag állítható elő.

4.1. A hasznosító/feldolgozó művek

Az építési és bontási hulladékok anyaguk szerint az alábbi nyolc nagy csoportba sorolhatók:

- kitermelt talaj,
- betontörmelék,
- aszfalttörmelék,
- fahulladék,
- fémhulladék,
- műanyag hulladék,
- vegyes építési és bontási hulladék,
- ásványi eredetű építőanyag-hulladék.

⁴⁸² <http://docplayer.hu/26397149-Epitesi-bontasi-hulladek.html> (A letöltés dátuma: 2021. október 8.)

Az építési, bontási hulladékok kezelésére elsősorban a *fizikai eljárások* a jellemzőek. A fizikai előkezelési eljárások mechanikai módon a hulladék fizikai szerkezetét, alakját változtatják meg például a hulladékok aprítása, darabolása, méret szerinti osztályozása révén.

Közismert a vas és az acél, illetve a színesfém-hulladékok kohászati feldolgozása. Energiatakarékossági szempontból különösen az alumínium feldolgozása jelentős. Az építési-bontási hulladék felhasználása nagyon sokrétű lehet. A betonelemek, kavics, homok, téglá- és kötőrmelékek jól hasznosíthatók például zajvédő, illetve egyéb, nem kötött felületű falak, alépítmények, töltések építésére, vezetékárok feltöltésére, talajszilárdításra stb.⁴⁸³

Az építési-bontási hulladékot *kezelő-feldolgozó létesítmények típusai*: (i) *fix telepítésű létesítmények* (zárt telephelyen található hasznosító üzemek, amelyek jogosultak az építési-bontási hulladék hasznosítására zúzó berendezések használatával és nem végeznek telephelyen kívüli műveleteket; és (ii) *mobil létesítmények* (a mobil válogató/hasznosító gépeket és berendezéseket a bontási munkaterületre küldik, hogy a hulladékot a keletkezés forrásánál hasznosítsák).

A fix telepítésű berendezések gazdaság és műszaki előnyökkel rendelkeznek a mobil létesítményekkel szemben.

A mobil létesítményeket útépitési munkálatok és egyéb speciális munkák során használják.

A 100-350 tonna/óra kapacitású fix telepítésű üzemek általában magasabb szintű technológiát alkalmaznak, és jellemzően rendelkeznek a nem kívánt frakciók leválasztására szolgáló válogatóberendezéssel. Alkalmazhatók továbbá nagy beépítettségű területek körzetében, kiváló minőségű termék előállítására képesek és hatékonyak különböző minőségi osztályú újrahasznosított termékek előállítására. Hazánkban a 150 tonna/óra kapacitású előkészítő üzem méret a jellemző.⁴⁸⁴

A legfeljebb 100 tonna/óra kapacitású mobil üzemek kisebb mennyiségű építési-bontási hulladékot képesek feldolgozni, jellemzően ideiglenesen kerülnek kihelyezésre bontási munkaterületekre és jellemzően alacsony minőségű újrahasznosított aggregátumokat állítanak elő az in situ kezeléssel.⁴⁸⁵

4.1.1. A hulladékok terméké történő feldolgozásának fő folyamatai

Az általános építési-bontási hulladékot kezelő-hasznosító létesítmény *bemeneti anyaga* alapvetően az üzem működésétől függ: (i) az építési-bontási hulladék keverten, illetve vegyesen érkezik (ii) vagy előválogatva (kerámia, beton, kőzet, stb).

A *kimeneti anyaggal* szemben támasztott elsődleges követelmény, hogy az újrahasznosított termékeknek piacképesnek kell lenniük, ami azt jelenti, hogy megfelelő keresletnek kell lennie a régióban, továbbá meg kell felelniük bizonyos műszaki, minőségi és adott esetben környezetvédelmi előírásoknak is. A kimenő anyagokkal szembeni összes szempontot, elvárást számításba kell venni, mielőtt a tervezett üzem általános kialakítását meghatározzák. A régióban potenciálisan keletkező építési-bontási hulladékot minden összetevőre kalkulálni kell. A számokat aztán össze kell vetni a becsült kereslettel, hogy a kimenő anyagok potenciális piacképességét meg lehessen ítélni.⁴⁸⁶

A hulladékkezelés vázlatos lépései a következők:

⁴⁸³ BENKŐ Gyöngyi (n.é.): Az építési tevékenység alkalmával keletkező hulladékok és helyes kezelésük. *Építőipari kivitelezés előkészítése*. Munkaanyag.

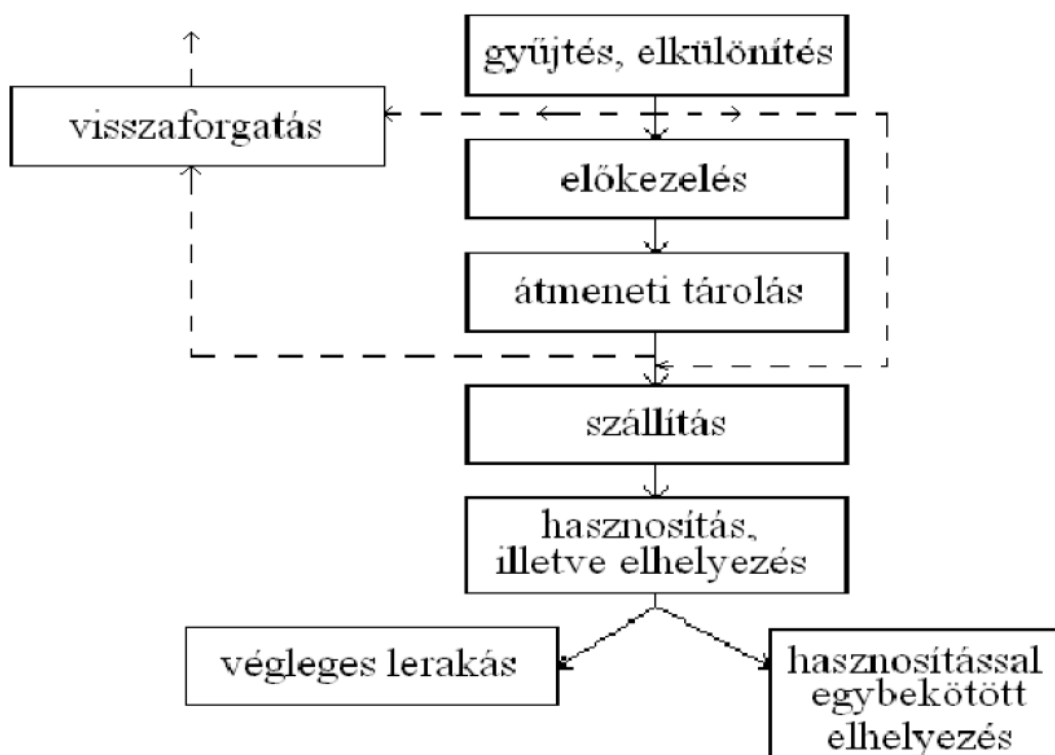
⁴⁸⁴ CSÖKE Barnabás – OLESSÁK Dénes (n.év.): Az építési, bontási hulladékok kezelése. Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára. Köztisztasági Egyesülés.

⁴⁸⁵ RODRÍGUEZ, G. et al (2015): Assessment of construction and demolition waste plant management in Spain: in pursuit of sustainability and eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production* 90, 16-24.

⁴⁸⁶ COELHO, André – de BRITO, Jorge (2013): Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal – part I: location, materials, technology and economic analysis. *Journal of Cleaner Production* 39, 338-352.

1. Körülményektől függően helyszíni újrafeldolgozásra történő felkészülés, illetve – megfelelő hulladékkezelési és -szállítási jogosultság esetén – hulladékkezelő létesítménybe szállítás és felkészülés az újrafeldolgozásra;
2. Aprítás, fémes anyagok elkülönítése újrahasznosító gépsoron,
3. Szükség szerint méretfrakciókra osztályozás,
4. Deponálás összetevőnként, illetve frakciónként, valamint – megfelelő hulladékkezelési és hulladékszállítási jogosultság esetén – hulladékártalmatlanító létesítménybe szállítás,
5. Mintavétel és vizsgálat az összetevőnként/frakciónként elkülönített depókból a rendeltetésnek megfelelő releváns terméktulajdonságok ellenőrzése céljából.⁴⁸⁷

Az épületek bontásánál keletkező hulladékok kezelésének alapvető lépéseit a lenti ábrán mutatjuk be.



Forrás HOLCSEK Péter (2005): Hulladékgazdálkodási kérdések az építőiparban.⁴⁸⁸

Épület bontásánál keletkező hulladékok kezelésének lépései

Az építési és bontási hulladékok jellemzően nem veszélyes hulladékoknak tekintendők, és ezek döntő többsége valóban nem veszélyes *inert hulladék*. Az inert hulladék olyan hulladék, amelynek anyagai építési és bontási folyamatokból származnak, az adott tárolási, gyűjtési, feldolgozási, körülmények között egymással nem lépnek reakcióba, fizikai változásokon nem mennek át, vízben nem oldódnak és a környezetre káros hatást nem fejtenek ki.

Az inert hulladékok kérdésének hosszú távú megoldásához nemcsak arról kell gondoskodnunk, hogy a jelenleg nagy mennyiségben keletkező hulladék megfelelő helyre kerüljön, hanem arról is, hogy az

⁴⁸⁷ Építési-bontási hulladékok újrafeldolgozásból előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben. 4/2019. (VII.1.) ÉPMI Építésügyi Műszaki Irányelv.

⁴⁸⁸ HOLCSEK Péter (2005): Hulladékgazdálkodási kérdések az építőiparban. Szakdolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

építkezések során olyan anyagokat alkalmazzanak, amelyeknek majdani elbontása kevesebb újrahasználatra, hasznosításra alkalmas anyagot eredményez. Ezek a módszerek sokak számára nem ismeretesek, és alkalmazásuk – például a környezetbarát vályog vagy szalmabála esetében – igen nehézkes a víztől és tüztől való indokolatlan félelem miatt. Ezen a hozzáálláson azért lenne érdemes a jövőben változtatni – főleg a családi házas építkezéseknél –, hogy lényegesen kevesebb, nehezen felhasználható építési-bontási hulladék keletkezzen. A jelenlegi helyzet kezelésére pedig a tervezők és az építkezők szemléletváltása szükséges. Az elsődleges cél az lenne, hogy az anyagokat eredeti állapotukban hagyva (akár funkcióváltással is) újbóli beépítésükre kerüljön sor, ezáltal hosszabbítva az anyagok életciklusát.⁴⁸⁹ Az alábbi táblázat az épületbontáskor keletkező bontási hulladékok újrahasznosításának lehetőségeit mutatja be.

Az épülettörmelék alkalmazási lehetőségei

Anyagcsoport	Felhasználási terület									
	Zajvédő falak	Nem kötött felületű falak	Alépitmények	Háttörés, felszórás	Vezetékek feltöltése	Talajszilárdítás és javítás	Kőanyag nélküli hordozórétegek	Hidraulikusan kötött hordozórétegek	Bitumenes fedő és hordozórétegek	Beton hordozórétegek
Aszfalt	*	*	X	X	X	X	X	X	X	*
Beton, - törmelék, -elem	*	*	*	*	*	*	*	*	X	
Más hidraulikus kötési építőanyag	*	*	*	*	*	*	*	*	X	
Terméskő, pályakavics	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Kavics, homok	*	*	*	*	*	*	*	*	*	X
Egyéb ásványi anyagok	*	X	*	X	X	X				
Tégla, malter	*	*	*	X	*	*	X	X		

Jelmagyarázat: * alkalmazása megengedett; X alkalmazása feltételesen megengedett.

Forrás: a szerző saját szerkesztése.⁴⁹⁰

A *bontott aszfalt* felhasználása sok lehetőséget jelent. A fejlett országokban a gyakorlat a 100 %-os újrafelhasználás, mellyel megelőzhető, hogy a környezetet a kátrányos anyaggal terheljék. Továbbá, energia-megtakarítást is jelent (olajszármazék megtakarítása, előállítás során felhasznált energiamentesség). A helyszíni felhasználás lehetőségével élnek egyes cégek az útfelújításánál, melynek folyamat-lépései a következők: felbontás, mosás, tisztítás, adagolás és hevítés, továbbá terítés.

A *bontott beton* felhasználásának lehetőségei a következők lehetnek. A bontott anyag előkészítése újrahasznosításra kezdetben talán legelőnyösebben mobil berendezéssel és ott valósítható meg, ahol a bontást és építést egyazon vállalkozó végzi, mert ebben az esetben az újrahasznosított beton a bontás helyén az új építménybe be is építhető. Várható, hogy a piacon megjelennek gyártók, akik kifejezetten újrahasznosított betont forgalmazznak, és ilyen termékekkel kereskednek. Ennek feltétele, hogy az újrahasznosított betonból készülő termék nem csak a minőséget, hanem az eladási árat tekintve is

⁴⁸⁹ HOLCSEK Péter (2005): Hulladékgazdálkodási kérdések az építőiparban. Szakdolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

⁴⁹⁰ HOLCSEK Péter (2005): Hulladékgazdálkodási kérdések az építőiparban. Szakdolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

versenyképes legyen a hagyományos termékek piacán. Fontos azonban megjegyezni, hogy adalékanyagként olyan bontási anyagot kell használni, amelyből az idegen anyagokat (például a vasat) eltávolították. A fajtánként elkülönített bontási anyagokat megfelelő szemcse nagyságúra kell törni, és frakciókra kell osztályozni.

A bontott építési törmelék fizikai, mechanikai és kémiai tulajdonságait meg kell vizsgálni, és adalékanyagként akkor alkalmazható, ha minősége megfelel a követelményeknek. A bontott törmelék tulajdonságai elsősorban a zúzott kőéhez hasonlítanak. Ha a bontott anyag minősége betonkészítés céljára nem megfelelő, akkor természetes adalékanyaggal lehet javítani, és a javított adalékanyag-keverék tulajdonságait kell vizsgálni.⁴⁹¹

A körforgásos gazdaság elősegítésének egyik kulcsfontosságú példája a *gipszkarton újrahasznosítása*. A gipszkarton két vastag papírlap közé préselt gipszvakolatból (rehidratált kalcium-szulfát-dihidráttól) készült, kemencében szárított panelekből áll. A hulladék-gipszkarton alapanyagként sikeresen betáplálható az új gipszkarton-gyártási folyamatba és a gipszkartonba is beépíthetőek más ipari folyamatokból származó hulladékok, például a füstgáz kéntelenítéséből származó kalcium-szulfát.

Az építőipar teljes értékláncában több joggyakorlat is hatással van a gipszkarton-termékekre:

- A gipszkarton panelek hulladék-tervezési gyakorlat alá esnek – a már többször hivatkozott – építési-bontási hulladék rendelet értelmében.
- A gipszkarton tartós termék, így a gipszkartonból készült panelek és burkolólapok sérülésmentesen könnyen visszaszerelhetők (újrafelhasználhatók).
- Maga a termék a nyersanyag gyakorlatilag 100%-áig másodlagos anyagot is tartalmazhat, bár az ipar hajlik a természetes gipsz felhasználása felé.
- A hulladék gipszkarton újrafeldolgozásával bizonyos szabványok szerint jó minőségű gipszet lehet előállítani, az új gipszkartonon kívül sokféle felhasználási lehetőséggel: cementgyártás alapanyagaként, utak aljzataként és mezőgazdasági talajjavításként. Az egyes másodlagos termékek jellemzőit minőségbiztosítási rendszerek határozzák meg.⁴⁹²

4.1.2. Az építési-bontási hulladék előkészítésére szolgáló feldolgozó telepek létesítésének műszaki, környezetvédelmi követelményei

Az alábbiakban – többek között – Csőke Barnabás⁴⁹³ szakmai publikációit használtuk fel, hogy bemutassuk az *építési-bontási hulladék* kezelésére-hasznosítására szolgáló művek jellemzőit és technológiai elemeit.

Csőke Barnabás tanulmánya szerint az építési, bontási hulladékok *újrahasznosítását három kritérium* határozza meg: a műszaki minőség, a környezettel való összeegyeztethetőség, valamint a primer ásványi anyagokkal való versenyképesség.

Az építési hulladékok hasznosítása történhet *közvetlenül*, illetve *közvetetten*, azaz valamilyen előkészítési, feldolgozási műveletet követően. A közvetlen újrahasznosítást főként a kitermelt talajok esetén lehet alkalmazni. Ez attól függ, hogy milyen a kitermelt föld minősége. Ezen túl bizonyos építkezés-típusok nagy mennyiségben igényelnek anyagot a feltöltésekhez (például gátak, töltések,

⁴⁹¹ HOLCSEK Péter (2005): Hulladékgazdálkodási kérdések az építőiparban. Szakdolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

⁴⁹² GÁLVEZ-MARTOSA, José-Luis et al. (2018): Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation & Recycling* 136, 166–178.

⁴⁹³ CSŐKE Barnabás – OLESSÁK Dénes (n.év.): Az építési, bontási hulladékok kezelése. *Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára*. Köztisztasági Egyesülés, illetve CSŐKE Barnabás (2011): Építési hulladékok előkészítése és hasznosítása. In: DOMOKOS Endre (szerk.) *Hulladékgazdálkodás*. Környezetmérnöki Tudástár, 12. kötet, Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet.

autópályák stb.). Az ilyen építkezések adott régiókban, adott időtartam alatt jelentősen növelik a kitermelt föld újrahasznosításának lehetőségét.

Európában a közvetett, vagyis feldolgozást (előkészítést) követő újrahasznosítás terjedt el. A termékminőség tervezéséhez és szabályozásához a vonatkozó szabványok minőségre vonatkozó előírásainak ismerete szükséges. A korszerű primer (kő, kavics) és szekunder (építési hulladék) nyersanyagot feldolgozó előkészítőművek főként építési, útépítési célra állítják elő termékeiket, amelyek vagy *szűken osztályozott termékek* (ekkor az adalékanyagot a felhasználó keveréssel állítja elő), vagy *folytonos eloszlású adott felső határral rendelkező beton-, aszfalt-adalékanyagok*. A hazai szabványok mind a kettőre pontos előírásokat tartalmaznak.

A feldolgozó (előkészítő) telep funkciója:

- az építési hulladék-előkészítőmű technológiai rendszerének elhelyezése,
- a hulladék-előkészítőmű üzemeltetését szolgáló infrastruktúra biztosítása,
- az előkészítőmű személyzetének ellátása, kiszolgálása,
- a begyűjtött, illetve beszállított hulladékok időszakos tárolása,
- a késztermékek időszakos tárolása,
- a gyűjtőkonténerek tárolása (és karbantartása),
- az előkészítőművet kiszolgáló gépjárművek mozgási lehetőségeinek biztosítása,
- a terület folyamatos ellenőrzése, felügyelete (porta),
- a lakosság által szabadon hulladékleadásra igénybe vehető hulladékudvar működtetése,
- a városképbe illő kialakítás és környezetszennyezés-mentes üzemeltetés.

A telephely funkcionális részei:

- előkészítő üzem (berendezések, üzemépület, -csarnok): központi terület,
- előkészítő üzem periferiái: a bemeneti és kimeneti anyagok tárolóterülete,
- műhely, pótalkatrész tároló helység,
- utak és rakodási területek,
- gyűjtődények, eszközök tároló helye,
- szociális épületek,
- irodák,
- lakossági hulladékudvar,
- bejárat, porta és járműmérleg.

A fix telepítésű, az ún. *stationer üzem* területe mellett – a zaj- és porterhelés miatt – egy kb. 3 m magas növényvel telepített földgátfal építése ajánlatos, vagy az üzemet és a csarnokot, valamint a tárolótereket körülvevő területet a közút, illetve a szomszédos terület felé 8 m széles zöld sávval (például fa, bokor, virág stb.) kell lehatárolni.

4.1.3 Az előkészítő létesítmények kialakításának technológiai folyamata, és egyes technológiai kérdései⁴⁹⁴

A feldolgozás technológiai lépcsői jellemzően az alábbiak:

- *Aprítás*: az aprítás lényege egyes szilárdhulladékok szemcse-, illetve darabméretének csökkentése, másrészt az anyagegyüttesek megbontásával a különböző komponensek előkészítése az elválasztásra, valamint a további kezelés hatékonyságának növelése. Az aprítás végezhető mechanikai és termikus módszerekkel, továbbá száraz és nedves eljárással, környezeti hőmérsékleten, illetve mélyhűtött állapotban.
- *Fémkiválasztás*: mágneses kiválasztás acél anyagok részére, és nem acél anyagok kiválasztása fémkereső berendezéssel.
- *Osztályozás*: eladható, újrafelhasználható frakciókat kell előállítani.
- *Szétválasztás*: végterméket károsító anyagok például fa, fedéllemezek, könnyű építőanyagok, papír és a hozzájuk tapadt por leválasztása.

A feldolgozás két feladatot teljesít:

- A feldolgozáshoz szállított anyag meghatározott szemcseméretre történő aprítása, mely az újrahasznosításnak megfelel. A cél, hogy a végtermék teljesítse a kívánt normákat.
- Az anyag feltárása, az idegen részek minél kevesebb ráfordítással eltávolíthatók legyenek.

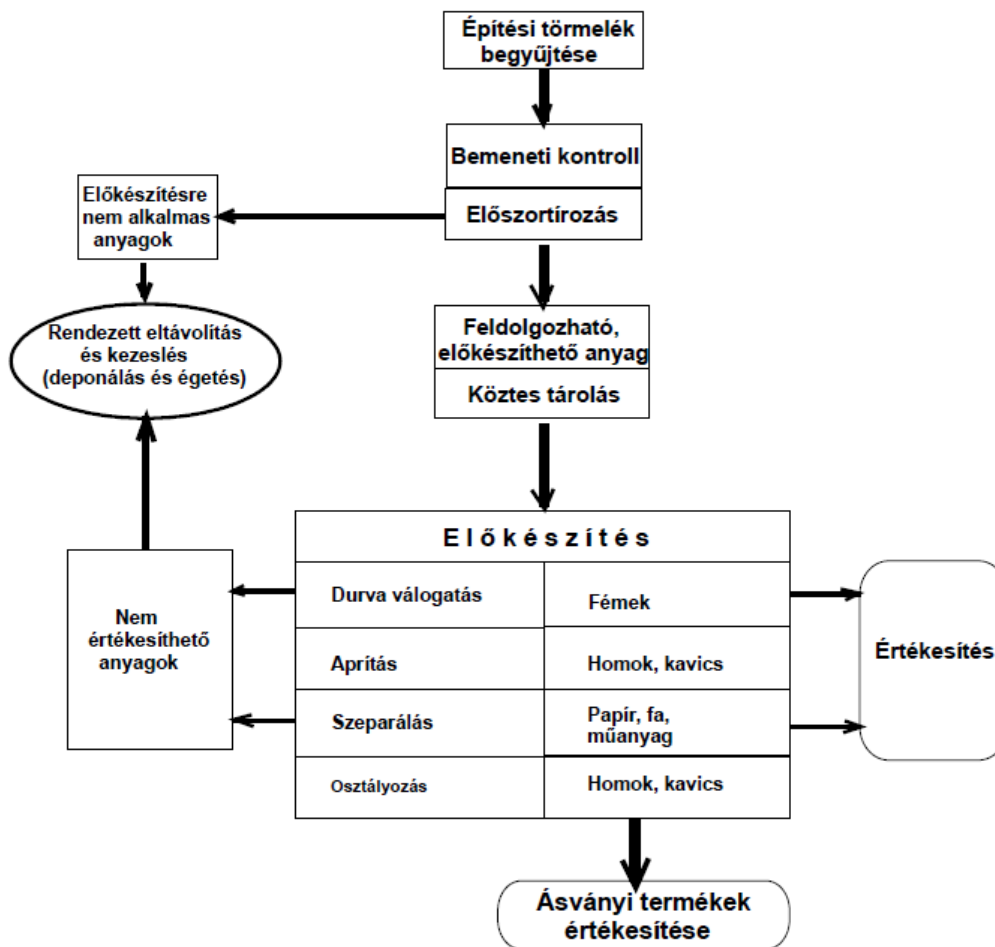
A feldolgozás gépegységei a következők:

- aprítógép,
- leválasztók, osztályozók,
- mágnes leválasztók,
- szállító szalagok.⁴⁹⁵

A feldolgozandó építési hulladék, valamint a végtermékkel szembeni *minőségi követelmények* határozzák meg a technológiai kialakítást. Az újrahasznosítást szolgáló előkészítés folyamatát – a hulladékok begyűjtésétől kezdve a végtermékek értékesítéséig – az alábbi ábrán mutatjuk be.

⁴⁹⁴ Csak bizonyos építési-bontási hulladékot feldolgozó művekre jellemző.

⁴⁹⁵ HOLCSEK Péter (2005): Hulladékgazdálkodási kérdések az építőiparban. Szakdolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.



Forrás: CSÓKE Barnabás – OLESSÁK Dénes (n.év.): Az építési, bontási hulladékok kezelése. Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára.⁴⁹⁶

Útépítési hulladékok újrahasznosításra való előkészítésének általános technológiai folyamata

Az építőipari hulladékokat be kell gyűjteni, majd előválogatni kell, végül az előkészítés során fel kell törni és a különböző szennyezőanyagoktól meg kell tisztítani, továbbá szitaberendezésekkel méret szerint frakciókra kell bontani. A technológiák kialakításánál tekintettel kell lenni a következőkre: a kisebb szemcseméretű, tisztább és kedvezőbb tulajdonságú (jobb szilárdság, fagyállóság stb.) termék előállításához több eljárási lépcső, különösen több aprítási lépcső szükséges.

Egy aprítási fokozattal rendszerint csak korlátozott minőségű végtermékhez jutunk. A legfinomabb frakció leválasztása a folyamat elején elengedhetetlen. A kézi válogatószalag segítségével a szennyezőanyagok mennyisége – elsősorban a nagyméretű papír, fa, fémek, műanyag, amelyek az aprítógépek működését is zavarják – már a folyamat elején jelentősen csökkenthető. A szabad vas esetén a törés előtt az aprítógép védelmére, továbbá a vasbetonból az aprítással szabaddá váló (feltárt) vas eltávolítására törést követően mágneses szeparátorokat kell alkalmazni.

⁴⁹⁶ CSÓKE Barnabás – OLESSÁK Dénes (n.év.): Az építési, bontási hulladékok kezelése. Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára. Köztisztasági Egyesülés.

A technológia a törési fokozatok szerint lehet: egylépcsős, kétlépcsős, három lépcsős az alábbiak szerint:

- Az *egylépcsős technológiában* csak egy aprítóberendezést használnak. Az egylépcsős eljárást épület- és útbontási munkálatoknál keletkezett hulladékokra alkalmazzák, amikor is jelentős mennyiségben szennyezőanyagok nem fordulnak elő, és a vas mellett nagyobb méretű fa, műanyag, papír is előfordulhat, ezért válogatószalagot is alkalmaznak. Az egylépcsős technológia általában a mobil berendezésekre jellemző.
- A *kétlépcsős eljárásnál* a kapott végtermék jobb minőségű. E technológiai változatokat a nagy kapacitású (>200.000 t/év) üzemekre célszerű alkalmazni.
- A *háromlépcsős technológiában* a végtermék magas minőségi követelményeknek tud megfelelni. A terméket a szennyezőktől megtisztítják, a vasat mágneses szeparátorral nyerik ki, így alkalmas betonadalék-anyagnak is.

A technológiai folyamatban *a berendezések fő eljárástechnikai feladatai*: tárolás, feladás, adagolás, osztályozás, aprítás, szennyező anyagok leválasztása, szállítás, rakodás, energiaellátás.

A technológiai berendezések helyes kiválasztásával biztosíthatjuk a megfelelő minőségű végtermékek előállítását, valamint a gazdaságos üzemet. A technológia legfontosabb berendezései a törőgépek, az osztályozók és a szennyezők leválasztását szolgáló, az anyagok fizikai tulajdonságbeli eltérésén alapuló *szétválasztó-(dúsító)berendezések*. A többi kiegészítő berendezés az anyag mozgatását, tárolását, valamint az energiaellátást és a környezetvédelmi előírások betartását szolgálja.

Az alkalmazott főberendezések műveletenként az alábbiak:

- **Tárolás:** a nyers hulladék fogadása és a végtermék tárolása (fogadó rendszer, silók – végtermék. A hatékonyabb előkészítés szükségessé teszi a nyers hulladéknak a fogadáskor történő előszelektálását, és az eltérő összetételű nyers hulladék anyagok külön-külön való tárolását, illetve a hozzávetőlegesen azonos összetételű nyers hulladék együttes tárolását.
- **Feladás:** a rendszer feldolgozandó anyaggal való táplálása, gépe jellemzően a kanalas rakodógép.
- **Adagolás:** a rendszer feldolgozandó anyaggal való szabályozott folytonos üzemű táplálása. Gépei: láncos (vonszoló) adagoló, vibrációs adagoló, lemeztagos adagoló.
- **Osztályozás.** Mozgatott rácsok. Dobszita. A dobszita feladata: finom szennyezők, föld stb. leválasztása; az apró, (<20-50 mm) a válogatást zavaró méretű rész leválasztása, a kevert építési hulladékok esetén válogatásra kerülő anyag fellazítása. Vibrációs osztályozó síkszita feladata: végtermék szemcsefrakciók előállítása.
- **Szennyező anyagok leválasztása.** A szétválasztás a száraz dúsító eljárásokkal történhet kézi válogatással, légárammal száraz áramkészülékben, a vas leválasztása pedig mágneses szeparátor alkalmazásával; a nedves technológiánál a száraz áramkészüléket nedves szalagszér vagy nedves áramkészülék vagy az ülepítőgép váltja fel.
- **Aprítás:** Az aprítás feladata szemcseméret szükséges mértékű csökkentése, a kívánt szemcseméret-összetétel előállítása, a komponensek fizikai feltárása (vasbetontörésével a beton és vas szabaddá válása, ezt követően egymástól pl. mágn. szeparálással elválaszthatók).
- **Szállítás:** rendszerint szállítószalaggal történik.
- **Energiaellátás:** aggregátor (mobil), hálózatra kapcsolás (stacioner).⁴⁹⁷

⁴⁹⁷ CSÓKE Barnabás – OLESSÁK Dénes (n.év.): Az építési, bontási hulladékok kezelése. *Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára.* Köztisztasági Egyesülés.

4.2. Az építési-bontási hulladékot kezelő művek a hulladékgazdálkodásban

Az *újrahasznosítás*, amely a hulladék minimalizálásának egyik stratégiája, három előnnyel jár: csökkenti az új erőforrások iránti keresletet, csökkenti a szállítási és termelési energiaköltségeket, és olyan hulladékokat használ fel, amelyek egyébként a hulladéklerakókba kerülnének.

Az építési-bontási hulladék hasznosíthatóságának mérlegelésekor három fő szempontot kell figyelembe venni: a gazdaságosságot, a más anyagokkal való összeférhetőséget és az anyagtulajdonságokat. Pusztán gazdasági szempontból az építési-bontási hulladék újrahasznosítása csak akkor lehet vonzó alternatíva, ha az újrahasznosított termék költség és mennyiség tekintetében versenyképes a természeti erőforrásokkal. Az újrahasznosított anyagok versenyképesebbek lesznek azokban a régiókban, ahol hiány van mind a nyersanyagokból, mind a hulladéklerakókból. Az építési-bontási hulladék hasznosítására szolgáló technológiák fejlesztése felbecsülhetetlen értékű az építőipar, valamint környezetvédelmi szempontból az egész társadalom számára.⁴⁹⁸

Az *EU hulladékokról szóló keretirányelve*⁴⁹⁹ kötelezettségvállalása szerint: „Az ezen irányelv célkitűzéseinek való megfelelés, valamint a magas forráshatékonysági szinttel működő, *európai újrafeldolgozó társadalom* irányába való elmozdulás érdekében a tagállamok megteszik a következő célok eléréséhez szükséges intézkedéseket: 2020-ig a nem veszélyes építési és bontási hulladékok újrahasználatra történő előkészítését, újrafeldolgozását és az egyéb, anyagában történő hasznosítását, ideértve a feltöltési műveleteknél más anyagok helyettesítésére történő használatot, de nem beleértve a természetesen előforduló, a hulladékjegyzék 17 05 04-es kategóriájában meghatározott hulladékokat, tömegében minimum 70 %-ra kell növelni.”

4.2.1 Az építési-bontási hulladékot hasznosító üzemek gazdaságossága

Az építési-bontási hulladék-hasznosító üzemek gazdasági szempontú létjogosultsága erősen függ az adott régió adottságaitól, amelyet számos *környezeti, gazdasági és társadalmi tényező* határoz meg. A vizsgálatok hangsúlyozzák néhány kulcsfontosságú sikertényező fontosságát, mint például a nyersanyagok és a hulladéklerakókba kerülő hasznosítható anyagok megadóztatását (vagy akár lerakási tilalom bevezetését); az építési-bontási hulladékot kezelő-hasznosító vállalkozások támogatását; az újrahasznosított anyagokra vonatkozó szabványok meglétét; esetleg az újrahasznosított anyagokat tartalmazó építőanyagokra kivetett adók csökkentését.

A fentiekben túl fontos elem az *üzem méretgazdaságossága*, tekintettel az egységnyi feldolgozási költségek csökkentésére és a feldolgozási kapacitás növelhetőségére.

Egy egyszerű *költség-haszon elemzés* alapján minden folyamatlépéshez felsorolhatók a különféle költségek: beruházási, üzemeltetési, karbantartási, munkaerő- és szállítási költségek. Ennél a lépésnél kiterjedt piackutatásra van szükség. Ide tartozik a karbantartási költségekre vonatkozó adatok gyűjtése is. Az üzemeltetési költségeket többek között a berendezés által fogyasztott energia alapján lehet meghatározni, amely nagymértékben függ a névleges teljesítménytől és a felhasznált üzemanyagtól (például áram, gázolaj, földgáz). A munkaerőköltségek magukban foglalják a vezetés, a helyi felügyelet, a berendezések üzemeltetői és a nem szakképzett munkaerő (például kézi válogatás) bér- és járulékos költségeit. A tervezési és kivitelezési költségeket, valamint a telekvásárlási és további adminisztrációs költségeket (például engedélyek, adók) is figyelembe kell venni. Végül, a működési költségekhez hozzáadódnak a biztosítás költségei, a jogi költségek, a marketing- és hitelköltségek. Az árbevétel

⁴⁹⁸ W.Y. TAMA, Vivian – TAM, C. M. (2006): A review on the viable technology for construction waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling* 47, 209–221.

⁴⁹⁹ Az Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről.

kalkulációjánál az aktuális átlagos piaci árakat szükséges figyelembe venni, lehetőség szerint több vállalat által megadott értékek feltüntetésével vagy publikált forrásokból.

A *működési költségek* a létesítmény napi működésével járó költségek. Az egyes működési költségek rövid magyarázata a következő:

- Energia költségek: az üzemanyagköltségeket kell figyelembe venni a számításhoz.
- Fenntartási költségek: a karbantartási költségek becslése érdekében minden egyes berendezésről adatokat szükséges gyűjteni. A karbantartás magában foglalja a javításokat, az alkatrészcsereket, a tisztítást és a kenést és a TPM-et.
- Munkaerő-költség: munkaerőre van szükség a hasznosító-kezelő létesítményben a különböző feladatokhoz: az üzem irányítása, gépkezelők és kézi válogatók.
- Átirányított hulladékanyagok szállítási és deponálási költségei: a veszélyes és nem hasznosítható (vagy a létesítmény technológiájával nem kezelhető) anyagokat a szemrevételezés és válogatás szakaszában szeparálják, ami további hulladékkezelési költségekkel jár. A kátrányt, azbesztet, települési szilárd hulladékot vagy egyéb potenciálisan veszélyes anyagokat tartalmazó hulladékok átirányítandók más kezelő, ártalmatlanító létesítménybe.
- Szállítási költségek: a szállítási költségek alapvetően két tényezőtől állnak: a létesítménybe szállított anyagok szállítási költségei és a nem kezelhető anyagok átszállítási költségei másik létesítménybe. A szállítási költségek természetesen függenek a hulladékanyagok mennyiségétől és a rendeltetési hely átlagos távolságától. A szállítási költségek jelentik a fő működési költséget, és teljes éves üzemeltetési költségek akár 70%-át teszik ki.⁵⁰⁰
- Hitelköltségek: egy ilyen nagyságrendű ipari vállalkozás beruházási és működési költségei nagy összeget jelentenek, amely vélhetően nem állnak a tulajdonos rendelkezésére önerő formájában. Következésképpen hitelre lehet szükség. Ebben az esetben a hitel éves kamatlába, az infláció, a diszkontráta a meghatározó tényező.
- Egyéb működési költségek: a kezelő, hasznosító üzem csak akkor működhet, ha az egyéb működési költségeket, például biztosítást, adminisztratív irodai költségeket, jogi tanácsadást és számviteli szolgáltatásokat, valamint a kereskedelmi, marketing költségeket is figyelembe vesszük.
- Várható hasznok: a kezelő, hasznosító üzem gazdasági előnyei alapvetően a bejövő hulladék díjaiból (kapudíj) és a kimenő termékek kereskedelmi forgalomba hozatalából, annak bevételeiből származnak. Az előállított anyagok értékesítéséből származó hasznok a termék típusától, minőségétől (azaz tisztaságától) és az előállított mennyiségtől függenek.

Az építési-bontási hulladék-üzem létesítése előtt részletes megvalósíthatósági tanulmányt célszerű készíteni, amelyben figyelembe kell venni a beruházási és működési költségeket, beleértve az ingatlanvásárlási és műszaki-tervezési költségeket, valamint az életciklus-karbantartási, javítási költségeket.

Piacfelmérést szükséges készíteni a hasznosító üzem által előállított termékek potenciális piaci felvevőképességének feltárásáról, ami a beruházás indokolásának szükséges feltétele, mivel a létesítmény bevételeinek jelentős része az előállított termékek értékesítéséhez köthető. A létesítményt feldolgozóiparnak (technológiának) kell tekinteni, nem pedig a más ipari folyamatokból származó

⁵⁰⁰ COELHO, André – de BRITO, Jorge (2013): Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal – part I: location, materials, technology and economic analysis. *Journal of Cleaner Production* 39. 338-352.

selejt anyagok raktárának, így a bemeneti és kimeneti anyagok folyamatos áramlása velejárója a működésnek.

A fentiek alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

- Az építési-bontási hulladék-hasznosító létesítmény beruházása több millió eurós vállalkozás, de magas profitpotenciálokkal rendelkezik, még olyan speciális szabályozási intézkedések hiányában is, amelyek elősegítik az építési-bontási hulladék-anyagok újrahasznosítását.
- Figyelembe kell venni, hogy a másik létesítménybe átirányított hulladékok szállítása vagy lerakóban történő ártalmatlanítása nagy összegeket emészthet fel.
- Ami a bevételeket illeti, a bemeneti anyagok díja (kapudíj) a legnagyobb részarány, amely az összes bevétel mintegy 80-90 %-át adja.⁵⁰¹
- A költségeket tekintve az átszállítási, lerakási, ártalmatlanítási díjak az éves összköltség körülbelül 80 %-át teszik ki, ami szükségessé teszi a nem kezelhető anyagok mennyiségének minimalizálását

4.2.2. Környezeti hatások, élelciklus

Az építési-bontási hulladék-hasznosítás feldolgozóiparának kialakításakor fontos a kezelő-hasznosító létesítmények működésének optimalizálása, figyelembe véve nemcsak az építési-bontási hulladék hasznosításának költségeit, hanem a környezetre gyakorolt hatásukat is.

Élelciklus-szempontról az újrahasznosított aggregátumok felhasználása a CO₂-kibocsátás és a primerenergia-felhasználás nettó csökkenését eredményezi, mivel elkerülhető a nyersanyagok kitermelése, de bizonyos kompromisszumokkal számolni kell. Például, a kezelő-hasznosító üzemek környezetében lévő por legalább 20-25 %-a 10 µm-nél kisebb átmérőjű, ezért ennek kibocsátását megfelelően ellenőrizni kell, például porleválasztó eszközök alkalmazásával a zúzási művelet során.

Az engedélyezéssel és a környezetvédelemmel kapcsolatos szempontok az alábbiak:

- A terület környezetének lakóházakkal való beépítettsége.
- A válogatómű por emissziója: korszerű üzem és megfelelően kialakított szilárd pormentes közlekedési utak esetén csekély.
- Szag emissziója: általában elhanyagolható.
- Elkerülendő, hogy az előkészítő üzem élelmiszer-feldolgozó üzem közvetlen szomszédságában legyen.
- Az előkészítőmű ne legyen az ivóvízbázis védett területén.
- Zajvédelem: a legközelebbi lakóépületektől való távolságot a 27/2008. (XII. 3.) KVM-EüM együttes rendelet⁵⁰² előírásai alapján szükséges meghatározni.⁵⁰³

Hulladékhasznosítási engedély

Magyarországon hulladékok hasznosítását hulladék előkezelési engedély birtokában lehet végezni. A telephelyre vonatkozó engedélyt a területileg illetékes Kormányhivatal Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főosztályához beadott kérelemmel lehet igényelni.

⁵⁰¹ COELHO, André – de BRITO, Jorge (2013): Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal – part I: location, materials, technology and economic analysis. *Journal of Cleaner Production* 39, 338-352.

⁵⁰² 27/2008. (XII. 3.) KVM-EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról.

⁵⁰³ CSÖKE Barnabás – OLESSÁK Dénes (n.év.): Az építési, bontási hulladékok kezelése. *Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára*. Köztisztasági Egyesülés.

Hulladék hasznosítási engedélyre a hulladékok hulladékstátuszának megszüntetéséhez van szükség, azaz amikor a feldolgozott hulladékból újra áru, termék stb. lesz. Hulladék hasznosítása során a legtöbbször szükség van az előállított termék minősítésére, tanúsítására, ezzel igazolva a létrehozott termék megfelelőségét, beépíthetőségét stb.

Hulladék hasznosítás lehet például a bontott építőanyagok törése, rostálása. A hulladék hasznosítási engedélyt leggyakrabban telephelyre kérik meg, de előfordulhat ún. mobil hulladékkezelési engedély is, amelyet telephelyen kívülre adnak meg (megyei, vagy országos szinten). Ebben az esetben a hulladék hasznosítása a telephelyen kívül történik meg, ilyen lehet például az építési bontási hulladékok helyszíni törése.

A fenti tevékenységre szóló kérelem (a hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásba vételéről, valamint hatósági engedélyezéséről szóló 439/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet alapján⁵⁰⁴) két fő részből áll:

- kérelem (alapadatok, tevékenység-, gépek-, telephely bemutatása, környezetvédelmi hatások részletezése a különböző környezeti elemekre: zaj, levegő, vizek, talaj, élővilág, hulladékképződés),
- mellékletek (környezetvédelmi biztosítás, gépkönyvek, telepengedély stb.).

Hulladékhasznosítás esetén, amennyiben a tevékenység volumene/kapacitása meghaladja a 10 tonna/napot, előzetes vizsgálati eljárás lefolytatása válik szükségessé, melyet a telepengedélyezés és környezetvédelmi engedélyeztetés előtt kell lefolytatni.

A környezetvédelmi potenciál szempontjából a legkörnyezetbarátabb kezelés az építési-bontási hulladék *újrahasználat*, majd *hasznosítása*, végül az *égetés és a lerakás*. Az építési-bontási hulladék hasznosításának előnyei széleskörűek: megőrizhetők az értékes földterületek, meghosszabbítható a hulladéklerakók élettartama, költséghatékonyra tehető az újrahasznosított termékek felhasználása, javítható a környezet általános állapota (az energia és a szennyezés tekintetében), minimalizálható az erőforrás-felhasználás, munkahelyek teremthetők. Ezek a szempontok rávilágítottak az építési-bontási hulladék negatív környezeti hatásainak minimalizálására, valamint a társadalmi előnyök maximalizálására és a hulladék-visszanyerés szükségességére.⁵⁰⁵

Az építési-bontási hulladék -hasznosító üzemek⁵⁰⁶ vizsgálatok alapján ökohatékonyak bizonyultak, mivel a környezeti mutatók esetében az elkerült hatások még a legrosszabb körülmények között is legalább háromszor, sőt megfelelő körülmények között akár tizenhatszor is magasabbak voltak, mint a generált hatások.⁵⁰⁷ Ugyanakkor, a közlekedés a legnagyobb környezeti teherrel bíró tevékenység, így ez az elem, amely a legnagyobb mértékben járul hozzá a negatív környezeti hatásokhoz.

⁵⁰⁴ A hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásba vételéről, valamint hatósági engedélyezéséről szóló 439/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet,

⁵⁰⁵ QINGWEI, Shi et. al. (2019): Site selection of construction waste recycling plant. *Journal of Cleaner Production* 227, 532-542.

⁵⁰⁶ RODRÍGUEZ G. et. al. (2015): Assessment of Construction and Demolition Waste plant management in Spain: in pursuit of sustainability and eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production*, vol. 90, 16-24., valamint YUAN H. et. al. (2016): A Framework for Eco-efficiency of C&D Waste Management. *Procedia Environmental Sciences*, vol. 31, 855-859., illetve YI, S. – SOOK LIMA H. (2021): Evaluation of the eco-efficiency of waste treatment facilities in Korea. *Journal of Hazardous Materials*. vol. 411, 5, 125040.

⁵⁰⁷ ULUBEYLIA, Serdar et al. (2017): Construction and demolition waste recycling plants revisited: management issues. *Procedia Engineering* 172, 1190-1197.

4.2.3. Az Építési-bontási hulladékot kezelő létesítmény helyének kiválasztása

Az építési-bontási hulladék kezelésére szolgáló telep helyének objektív és pontos kiválasztása az építőipar fenntartható fejlődésének alapja. Ez az újfajta megközelítés nemcsak maximalizálja a gazdasági előnyöket és az erőforrások újrahasznosítását, hanem elősegíti az építési-bontási hulladékból gyártott termékek diverzifikációját, minimalizálja a negatív környezeti hatásokat, és elősegíti az építőipar zöld fenntartható fejlődését.

Az építési-bontási hulladék kezelő-hasznosító telepek helyszínének kiválasztási folyamata nagy körültekintést igényel, azonban a döntéshozásban számos hiányosság tapasztalható.

A fő okok a következők:

- A helyszín kiválasztásával kapcsolatos kutatások többsége a gazdasági, környezeti és adminisztratív menedzsment szempontjait veszi figyelembe. Mindenekelőtt, a gazdasági haszon az elsődleges szempont (szállítás, hulladékkezelés, teljes költség). A helyszín kiválasztása elsősorban kvalitatív módon vagy kvalitatív és kvantitatív módszerek kombinációján alapul, amivel elérhető a költségek minimalizálása.
- Ez a módszer azonban nem vesz figyelembe más szempontokat, például a telep társadalmi és környezeti hatásait. Így ezek a módszerek nem nyújthatnak hatékony segítséget a fenntartható fejlődés szempontjából.

A kutatások újfajta modellek alkalmazását javasolják, amelyek célja a kezelő-hasznosító központok optimális számának és elhelyezkedésének megtalálása a lehetséges, számításba jövő helyszínek között.

Ezek a modellek figyelembe veszik

- a telephely és a lakóterületek távolságát,
- a környezetvédelmi jogi szabályozást, a vonatkozó helyi irányelveket és előírásokat,
- az egyes építési hulladék-keletkezési gócpontokat, a keletkező hulladék mennyiségét,
- a szállítási költségeket, a szállítójárművek üzemeltetési költségét és a munkaerő költségét (a szállítási költség egyszerű lineáris összefüggést mutat a szállítási távolsággal),
- a kezelőközpont kapacitását,
- a környezeti hatások számszerűsítése érdekében a CO₂-kibocsátást (központ építéséhez és üzemeltetéséhez szükséges energiafogyasztáshoz kapcsolódó üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátása).⁵⁰⁸

A nemzetközi gyakorlat szerint⁵⁰⁹ az építési hulladék-előkészítőműveket nagyobb városokban a város közigazgatási határán belül, a város szélén helyezik el ott, ahol megfelelő nagyságú terület áll rendelkezésre, és a szállítási távolságok még elfogadhatók. A hulladékválogató helyének kijelölésénél műszaki, gazdasági és regionális, valamint környezetvédelmi szempontokat kell figyelembe venni.

Az előkészítőmű helyének kiválasztását meghatározó gazdasági kritériumok az alábbiak:

- megfelelő mennyiségű nyershulladék álljon rendelkezésre max. 15-30 km-en belül: a városcentrumok (több város egymáshoz közel) a legelőnyösebbek ilyen szempontból;
- közelség a másodnyersanyag-igény helyéhez: a szállítási költségek minimalizálása – központi helyzet;

⁵⁰⁸ QINGWEI, Shi et. al. (2019): Site selection of construction waste recycling plant. *Journal of Cleaner Production* 227, 532-542.

⁵⁰⁹ CSÖKE Barnabás – OLESSÁK Dénes (n.év.): Az építési, bontási hulladékok kezelése. Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára. Köztisztasági Egyesülés.

- közlekedési kapcsolat – ha lehetséges, közvetlenül a távolsági utakhoz: lakott területek közlekedési útjai kerülendők;
- közlekedési pályák – vasúti és vízi közlekedés – a jövőben különösen fontos lehet: kevesebb országúti közlekedés;
- rendezési terv szerinti ipari terület;
- integrálódás (kapcsolódás) egy nagyobb hulladék-centrumhoz, amely előnyösen egykori ipari területen van;
- közelség a lerakóhoz (vagy az hulladék-égetőműhöz): a feldolgozott-hulladék 10-30 %-a ugyanis maradékként keletkezik, amelyet a lerakóba kell elhelyezni (vagy égetéssel kell ártalmatlanítani).

Az előkészítőmű helyének kiválasztását meghatározó *műszaki és logisztikai szempontok* az alábbiak:

- Rendelkezik-e terület villamos energia- és vízellátással;
- Megoldott-e szennyvíz és a csapadékvíz elvezetése, valamint a gázellátás;
- Milyen a terület állapota; ez utóbbi vonatkozásban – a hely konkrét kiválasztásánál – különösen is nagy jelentőséget kell tulajdonítanunk az alábbi kérdéseknek:
 - vannak-e a területen nagyobb magasságkülönbségek?
 - „növényzetmentes” szilárd talajjal rendelkezik vagy gondoskodni kell a vegetáció kiirtásáról, illetve talajszilárdításról?
 - fekszenek-e a területen olyan vezetékek, csatornák, amelyekre nem szabad építkezni?
 - vezet-e át a területen valamilyen közút vagy privát út?
- A telep helyigénye: egy 50.000-200.000 t/év kapacitású előkészítő üzem a minimálisan 5.000-15.000 m² területet igényel.⁵¹⁰

Az építési-bontási hulladék keletkezési helyétől a feldolgozó üzemig mért *távolságot* a régió mérete, az üzem régióon belüli elhelyezkedése, valamint a vállalat által a versenyképesség javítása érdekében alkalmazott üzletpolitikák és stratégiák határozzák meg.

A maximális *szállítási távolság* egy olyan fontos tényező, amelyet figyelembe kell venni e tekintetben. Kutatások igazolják, hogy az üzemek 61,2 %-ánál a maximális szállítási távolság 30 km; 24,5 %-ánál 30-100 km-re; és mindössze 8,2 %-ánál több, mint 100 km.⁵¹¹

Regionális szinten, a hasznosító létesítményeket szétszórtan kell elhelyezni a területen, a létesítmények közötti 15-50 km-es üzemi vagy szállítási távolságot feltételezve, az éles piaci verseny elkerülése, a tágabb területeken jelentkező vállalkozói igények kielégítése végett. Az építési-bontási hulladék újrahhasznosítási ellátási láncának azonban regionálisnak kell maradnia.

⁵¹⁰ CSÖKE Barnabás – OLESSÁK Dénes (n.év.): Az építési, bontási hulladékok kezelése. *Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára*. Köztisztasági Egyesülés.

⁵¹¹ RODRÍGUEZ, G. et al (2015): Assessment of construction and demolition waste plant management in Spain: in pursuit of sustainability and eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production* 90, 16-24.

5. ÖSSZEGZŐ JAVASLATOK⁵¹²

5.1. Az építési-bontási hulladék újrahasznosítására vonatkozó jövőbeli trendek

5.1.1. Az építési és bontási menedzsment jövőbeli fejlesztése

Jelenleg a körforgásos gazdaság koncepciója és annak alkalmazása az építőiparban elsősorban a hulladékok újrahasznosítására, illetve az építési fázisban a keletkező hulladékok minimalizálására fókuszál.

Az építőanyag-gyártás, a tervezés és kisebb mértékben a felhasználás fázisaihoz kapcsolódó körforgásos elvek és akciók elsősorban az építés, felújítás vagy bontás során keletkező hulladékkeletkezésre vannak hatással. A *manapság az élettartamuk végéhez közeledő épületeket nem tervezték körforgásosra*, ami korlátozza az ezzel kapcsolatos lehetőségeket az újrahasználat és az újrahasznosítás terén. Hiányzik a megfelelő háttér-információ a régebbi épületekben található anyagokról, potenciálisan veszélyes anyagokról stb., ami hátráltatja a hulladékáramok körforgásosságának megvalósítását.^{513 514 515}

A jövőben a fenntartható épületekre vonatkozó *önkéntes rendszerek*, mint például a BREEAM⁵¹⁶ és a LEED,⁵¹⁷ valószínűleg pozitívan befolyásolni fogják az új gyakorlatok elterjedését, ami hatással lesz mind a hulladékhasznosításra, mind a hulladékkezelésre. A megrendelőknek kulcsfontosságú szerepük lesz a körforgásos gazdaság elveinek az építőiparban való átvételében, hiszen ők határozzák meg a fenntarthatósági célokat és elvárásokat is. A hulladékgazdálkodási koncepciók sikeres megvalósításhoz azonban szükség van az értéklánc összes érintettjének aktív részvételére.

Számos kutatásban olvashatunk az épített környezet szintjén a körforgásos megközelítések jövőképeiről, amely lehetőséget kínál a hatékonyság növelésére, valamint a költségek és a környezeti hatások csökkentésére. Ezek a kutatások mintaprojekteket mutatnak be olyan körforgásos modellekre, amelyek pozitív irányban befolyásolják az ökoszisztéma állapotát az épületek tervezése, kivitelezése, üzemeltetése, felújítása és újrahasznosítása során. Azonban, ez a gyakorlat megköveteli a tervezőktől és a befektetőktől, hogy – az épületek teljes életciklusát beleértve – hosszabb időtávot vegyenek figyelembe. Továbbá, megköveteli az érdekelt felek közötti együttműködést, valamint az építőanyagok, szerkezeti elemek, részegységek jellemzőivel kapcsolatos információcserét.

Az *ökoszisztémák* tekintetében kiemelő, hogy az új üzleti modellek szerint teljesítményalapú szerződéseket kötnek az érintettek, a *termékvásárlás helyett szolgáltatásokat* kínálnak, az épületeket a teljes életciklusra tervezik, optimalizálva az építés minden fázisát. Ez a *holisztikus megközelítés* támogatja az építőanyagok és a szerkezeti elemek karbantartásának, felújításának, szétszerelésének és újrafelhasználásának optimalizálását, azért, mert így az építő, karbantartó stb. szakemberek is érdekelték üzleti szempontból abban, hogy a lehető leghatékonyabban gazdálkodjanak az anyagokkal és erőforrásokkal. Az építési anyagszükségletet regionális forrásból, helyi megoldásokkal valósítják meg. Becslések szerint a jelenlegi európai irodaterületek mindössze 60 %-a van használatban még

⁵¹² Az 5. fejezet Buruzs Adrienn egyetemi docens írása.

⁵¹³ SARJA, M. et. al. (2021): A systematic literature review of the transition to the circular economy in business organizations: Obstacles, catalysts and ambivalences. *Journal of Cleaner Production*, vol. 286, 125492.

⁵¹⁴ PEIRANI, J. et. al. (2021): The Obstacles of Circular Economy in the Real Estate Sector. *Organizing Smart Buildings and Cities*, 159-175.

⁵¹⁵ RAHLA, K. M. et. al. (2019): Obstacles and barriers for measuring building's circularity. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. vol. 225, Brussels - BAMB-CIRCPATH "Buildings as Material Banks - A Pathway For A Circular Future" 5–7 February 2019, Brussels, Belgium.

⁵¹⁶ <https://www.breem.com/> (A letöltés dátuma: 2021. december 2.).

⁵¹⁷ <https://www.usgbc.org/leed> (A letöltés dátuma: 2021. december 2.).

munkaidőben is, ami lehetőséget ad a megosztásra. Ezt az arányt a koronavírus által előidézett járványhelyzet még csökkenti, és erősen érezhető a desk sharing és a home office hatása. A létesítmények újrahasznosíthatók, így kevesebb új épületre van szükség. A karbantartáshoz, a szétbontáshoz szükséges berendezések megosztva is használhatók. Mindezek a folyamatok kevesebb hulladék keletkezését eredményezik azáltal, hogy hosszabb ideig használatban tartják az épületeket, vagy lehetővé teszik az építési-bontási hulladék fejlettebb kezelését, például válogatórendszerek alkalmazásával.

Mind az épületeket, mind a szerkezeti elemeket a jövőbeni igények kielégítésére *tervezik*. Az építőanyagokat a tényleges igények szerint tervezik újrafelhasználni, utólag átalakítani, szétszerelni. Az újrafelhasználható termékek aránya a jövőben is növekedni fog. Mindez kevesebb hulladékot eredményez. Különösen nagy szükség van a tervezői szinten is a diszciplinaváltásra. A körforgásosság elvét be kell emelni a tervezői gondolkodásba.

Beszerezés – épület anyagainak kitermelése: az épületek a jövő *anyagbankjai*. Ez azt jelenti, hogy az épületek kivitelezése a modularitás és alkalmazkodóképesség szellemében történik. Ennek értelmében a jövőben fontos lesz a tartós, újrafelhasználható építőanyagok használata. Ezek az intézkedések meghosszabbítják az épületek és egyéb építmények élettartamát. Ezen kívül lehetőség szerint előnyben kell részesíteni a magas újrahasznosítható tartalmú anyagokat. Ezek az intézkedések *megőrzik az anyag értékét* és késleltetik a hulladék keletkezését. Az épületek anyagbankként való értelmezése, különösen az újrafelhasználható építőipari termékek esetében, megköveteli az *anyagútlevelek* rendszerének megvalósítását.

Az építési-bontási hulladék új, megfelelő minőségű termékekben történő újrahasznosítása új, *innovatív technológiák kifejlesztését* teszi szükségessé, különösen a magas szénlábnyomú építőipari termékek esetében. Mivel az épületek adják a cementfelhasználás kétharmadát, ezért a termeléshez és felhasználáshoz kapcsolódó magas szénlábnyom miatt fokozott cement-újrahasznosításra, a szerkezeti beton elemeinek újrafelhasználására vagy a cement más anyagokkal való helyettesítésére van szükség az épületek teljes szénlábnyoma csökkentése érdekében.

Az *építőipar* szempontjából a hangsúly az építőipari termékek gyártásának rugalmasságán lesz. A telephelyen kívüli gyártás és a szerkezetek előregyártása optimalizálja az anyagfelhasználást, ami csökkenti a nyersanyagok iránti igényt és kevesebb hulladékot eredményez. A kutatók felhívják a figyelmet a túlzott specifikációk elkerülésére, és példaként említik, hogy jelenleg a szükségesnél 50 %-kal több acélt használnak fel az acélszerkezetek kívánt szerkezeti tulajdonságainak eléréséhez. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a túlzott specifikáció szorosan összefügg az építőipar biztonsági céljaival, és a biztonsági követelmények enyhítése meghibásodásokhoz vagy balesetekhez vezethet. A digitalizáció és a 3D-nyomtatás az anyagfelhasználás optimalizálásának eszközei. A szétszerelhetőre tervezés jelentősen javítja a bontási folyamat során újrafelhasználható, újrahasznosítás céljából leválasztott építőanyagok mennyiségét.

Az *épületek üzemeltetése és felújítása* kapcsán a karbantartás meghosszabbíthatja az épületek és a szerkezeti elemek élettartamát. Az építőanyagokban például a szenzorok használata segíthet elkerülni a termékek minőségromlását és megtervezni a felújításokat, és ezáltal meghosszabbítja az épületek élettartamát. A termékvásárlás helyett a szolgáltatás vásárlása vagy a lízing-koncepció elősegíti a jobb teljesítményt és a körforgásos gondolkodást.

A szétszerelés momentumára kapcsán érdemes megjegyeznünk, hogy a szabványos és szétszerelhető modulok használata mozgathatóvá és rugalmasá teszi a szerkezeteket, ezáltal elősegíti az újrahazsérítást és meghosszabbítja a termékek élettartamát. A szabványos méretek használata segíti az épületelemek és építőanyagok szállítását, telephelyek közötti mozgását. Az épületinformációs modellezést az építőanyagokkal kapcsolatos adatok és információk nyomán követésére fogják használni, ideértve a szerkezetek és építőelemek szétszerelésre vonatkozó információkat is.

Vizsgálatok igazolják a *digitalizáció* és a robotizáció fontosságát a jövőben. A digitalizáció az építőiparban lehetőséget ad a termelékenység növelésére, például a 3D nyomtatás révén; segít az adatkezelésben, különösen az anyagok nyomán követésében; eszközöket biztosít az adatmegosztáshoz; és lehetőséget ad a karbantartás optimalizálására is. Továbbá az *építőipari robotika* segít egyes feladatok gyorsabb és pontosabb elvégzésében, valamint növelheti a munkabiztonságot például a bontási munkák során.

A szigorodó környezetvédelmi előírásokkal és a költséghatékonyabb épületek iránti igényekkel szembeesülő iparág számára előnyöket kínál a robotikára alapozott automatizálás, mivel a minőség és az egységesség javításával csökkenteni lehet a hulladék mennyiségét, aminek a jelentőségét az is jól mutatja, hogy a becslések szerint az építési területre szállított anyagok akár egynegyede is hulladékká válik. Az automatizálással és a digitalizálással az építési vállalkozások a hatékony épülettervezési és építési folyamatok révén már a projekt kezdetén befolyással tudnak lenni a hulladék keletkezés csökkentésére.⁵¹⁸

A szakértők a *várostervezést* mint eszközt javasolják a jövőbeni körforgásos gazdaság koncepcióinak az épített környezetben történő megvalósítására. A közsféra egyrészt az építési és infrastrukturális projektek megrendelőjeként, másrészt a várostervezésre gyakorolt befolyása révén főszerepet játszik mindebben. Települési szinten a fenntartható városfejlesztésre törekvés prioritásokat határoz meg a hosszabb élettartamú épületek számára, a nagyobb tartósság és alkalmazkodóképesség, valamint az anyagáramlások koordinálása révén. A *városi metabolizmus*, amelyben az anyagáramlásokat hatékonyan használják fel egy városon vagy régió belül, különösen nagy figyelmet kaphat a jövőben.

5.1.2. Digitalizáció a körforgásos gazdaságra való áttérés támogatásában

A digitalizáció az építőipari értéklánc minden szakaszában csökkentheti a költségeket. Használható:

- komplex ellátási láncok nyomán követésére és anyagáramlások menedzselésére, anyag, termék nyomán követhetőségére, BIM-alkalmazásokra és a szenzorok használatából adódó adattárolásra és adatelemzésekre;
- új termékek tervezésére (3D), minimalizálva az anyagfelhasználást, növelve a termelékenységet;
- a megosztási üzleti modellek optimalizálására;
- az épületek üzemeltetése és karbantartása során – például rádiófrekvenciás azonosító címkék és érzékelők (RFID) használatával az anyagok felismerésében, azonosításában és kezelésében, valamint a hulladékok robotikus válogatása során, továbbá abban is, hogy olyan adatbázisokat hoz létre, melyek alapján a bontás előtt már hatékonyan tervezhető és optimalizálható az építési-bontási hulladék kezelése.

⁵¹⁸ <http://www.rechstorym2m.hu/robotika-az-epitoiparban.html> (A letöltés dátuma: 2021. december 1.)

A BIM alkalmazása új lehetőségeket biztosít a jövőben az építőipar számára, növelve a hatékonyságot a kivitelezési folyamatokban, különös tekintettel az anyagmozgatásra és a hulladékkezelésre.

A BIM néhány előnye:

- támogatja az alacsony energia igényű épületek tervezését, így biztosítva a fenntarthatóságot;⁵¹⁹
- az energetikai és épületfizikai adatok csatolásával létrejövő modell segítségével energiafelhasználási analízisek, fenntarthatósági számítások és életciklus-elemzések készíthetők, ezáltal az épület energiafelhasználása és fenntarthatósága optimalizálható;
- csökkenthető a veszélyes anyagok okozta kockázat;
- jelentősen csökkenthető az épület környezetre gyakorolt negatív hatása;⁵²⁰
- jobb vizualizáció;
- a hatékonyság, a termelékenység javulása az információk könnyű visszakereséséhez;
- az építési dokumentáció fokozott összehangolása;
- létfontosságú információk beágyazása és összekapcsolása (például az építőanyagok beszállítói, a költségbecsléshez és a pályázatához szükséges információk és adatok);
- a helyszíni kiszállítás gyorsaságának biztosítása; és
- költségcsökkentés.

5.1.3. Városi metabolizmus

A városi metabolizmus vagy városhurkok (a továbbiakban: *city loops*) olyan fogalmak, amelyben az anyagok egy városban vagy egy régióban belül áramlanak. Ennek a célja, hogy optimalizálja a városi (hulladék)anyag-áramlást és az anyagkészleteket, valamint, hogy lezárja a felhasznált erőforrások körkörös áramlását a környezeti terhelés növelése vagy a természeti erőforrások túlzott kimerítése nélkül. A városi metabolizmus kialakításához több tudományterület kutatási eredményeit szükséges megismerni, különösen a gazdasági-társadalmi folyamatokról, áramlásokról és készletekről. Jellemzően egy *anyagáram-elemzési modell* (a továbbiakban: Material Flow Analysis, MFA) készül, amely információt nyújt az adott vizsgálati terület jellemző anyagáramlásairól és ezzel támogatja a döntéshozókat az optimális megoldások tervezésében. Ez lehetővé teszi az anyagáramok és -készletek, valamint a termékminőség, az újrahasznosítási arányok, az erőforrások megőrzése és a környezeti elemekben bekövetkező változások elemzését, értékelését.

A sűrűn lakott területeken, ahol korlátozott az új infrastruktúra létrehozásának a lehetősége és nehezen hozzáférhető a jó minőségű természetes nyersanyagok (például az ásványi frakció), az egyéb ipari hulladékáramok feldolgozása és hasznosítása lehet a jövőben a fenntartható megoldás. Azokban az országokban azonban, ahol a nyersanyagok olcsón beszerezhetők, az építési-bontási hulladékból még a kiváló minőségben előállított másodlagos építőanyagok felvevőpiaca is csekély marad. Jó gyakorlatokra, mintaprojektekre van szükség, hogy minden érintett meggyőződjön ezeknek az anyagoknak az alkalmazhatóságáról.

Az alábbiakban néhány példát mutatunk be a közelmúltban megvalósult, az építési-bontási hulladékokra összpontosító uniós projektekre:

⁵¹⁹ NAGY Mercédesz Mirella (2020): Környezettudatos épületfelújítás BIM-technológiákkal. TDK-dolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

⁵²⁰ Lechner Tudásközpont (2018): BIM-kézikönyv, 1. kötet, Bevezetés az épületinformációs modellezésbe.

- A CityLoops (2019-2023) hat ambiciózus európai várost – Apeldoorn, Bodøt, Mikkelit, Portót, Roskilde/Høje-Taastrupot és Sevillát – egyesít, hogy egy sor innovatív eszközt és várostervezési megközelítést ismertessenek meg az érdeklődőkkel, amelyek célja a városi anyagáramok hurkainak lezárása és a fenntarthatóság, valamint a regenerációs képesség, a reziliencia elősegítése. Az építési-bontási hulladékkal (beleértve a talajt és a szerves hulladékokat is) kapcsolatban mintaprojekteket hoztak létre. A kezdeti szakaszban körforgásos város-szkenelési módszertant és mutatókat dolgoztak ki és vezettek be minden városban a jelenlegi anyagáramok és városi metabolizmus módszereinek megismerésére, hogy azok összefogják a specifikus adatokat és feladatokat, támogassák a tervezett kivitelezési tevékenységeket, és értékelési keretet biztosítsanak a döntéshozásban, illetve nyomon kövessék azok előrehaladását a körforgásos gazdaság kontextusában. Egy sor további innovatív döntéstámogató eszközt (mint például a City Lab, egy térinformatikai alapú várostervezési eszközt és egy bontás előtti erőforrás-térképező eszközt) fejlesztettek ki.⁵²¹
- A CIRCuiT (2019-2023) három innovatív megoldást mutat be négy nyugat-európai városban (Koppenhága, Hamburg, Helsinki régió – Vantaa városa és Nagy-London): (i) az épületek szétszerelése, szétbontása az anyagok újrafelhasználása, hasznosíthatósága; (ii) átalakítás és felújítás; és (iii) szétszerelésre, illetve rugalmas felépítésre alkalmas kialakítás. A CIRCuiT várostervezési eszközöket fejleszt ki, hogy támogassa a települések döntéshozóit a körforgásos építési megoldások megvalósításában, és rendszerszintű változtatásokat kezdeményezzen. További cél egy ún. Circularity Hub és egy adatplatform létrehozása a körforgásos gazdaság és a regenerációs képesség előrehaladásának értékelésére; valamint egy tudásmegosztó struktúra, a CIRCuiT Akadémia, megalapítása. A „Circularity Hub” nyílt információs platform lesz a CIRCuiT időtartama alatt összegyűjtött adatok, tanulságok, legjobb gyakorlatok és kulcsfontosságú mutatók kommunikálására.⁵²²

5.1.4. Klimatikus előnyök

Az építőiparban az éghajlattal összefüggő kihívást elsősorban a túlzott mértékű energiahasználatnak tulajdonítják, és a megoldásokat a megújuló energiára való átállás és az energiahatékonysági intézkedések megvalósítása terén keresik. Ezt az állásfoglalást ki kell egészíteni a nagy energiaigény mögöttes mozgatórugójával: a lineáris gazdaság következményeként jelentkező magas anyagfelhasználással. A *Circularity Gap Report*⁵²³ számításai szerint a globális üvegházhatású gázok kibocsátásának 62 %-a – nem számítva a földhasználatból, a földhasználat megváltoztatásából és az erdőgazdálkodásból származó kibocsátásokat – az anyagok kitermelése, feldolgozása és a termékgyártás során szabadul fel. Az épített környezet kialakítása és fenntartása, üzemeltetése, karbantartása a világgazdaságba bekerülő anyagok közel felét használja fel, és az üvegházhatású gázok kibocsátásának mintegy 20 %-ért felelős. A jelentés öt kulcsfontosságú körforgásos stratégiát említ, amelyeket a körforgásos épített környezetben kell adaptálni: a) a termékek használatának maximalizálása és élettartamuk meghosszabbítása; b) az újrahasznosítás arányának fokozása; c) körforgásos rendszerek kialakítása és bevezetése; d) az anyagfelhasználás csökkentése; és e) alacsonyabb szén-dioxid-kibocsátású alternatívák alkalmazása.

A körforgásos gazdaság épített környezetre gyakorolt hatásának értékelése során a széndioxid-megtakarítás nettó nyereségét életciklus-elemzési elvek alapján számították ki, összehasonlítva a

⁵²¹ <https://cordis.europa.eu/project/id/821033> (A letöltés dátuma: 2021. november 3.).

⁵²² <https://cordis.europa.eu/project/id/821201> (A letöltés dátuma: 2021. november 3.).

⁵²³ <https://www.circularity-gap.world/> (A letöltés dátuma: 2021. november 3.).

hagyományos lineáris gazdaság *karbonlábnyomát* az alternatív körforgásos gazdaságban megjelenő megoldásokkal. Az eredmények a vizsgált esetekre specifikusak és a kiválasztott hulladékgazdálkodási forgatókönyv feltételeihez kötöttek. Az építőanyagok környezeti teljesítményének értékelésére általában az azonos funkciójú különböző termékek összehasonlítását használják. Az építőiparban a hatáselemzések középpontjában az úgynevezett magas beépített energiájú építési termékek és anyagok állnak, amelyek az építőipari termékek és anyagok nyersanyagból történő előállításához kapcsolódnak. Ez magában foglalja az anyagok kitermelésében, az építési termékek előállításában felhasznált energiát, magát az építési fázist és az élettartam végi szakaszt, a bontást, de nem tartalmazza a felhasználási szakaszban közvetlenül felhasznált energiát.

A szénlábnyom általában az anyagok megtestesült energiájával korrelál.

Az építőiparban a hatáselemzések középpontjában azok az építőanyagok állnak, amelyekben nagy a *beépített energia*, az az energia, amely az építőipari termékek és anyagok nyersanyagból történő előállításához kapcsolódik. Ez magában foglalja az anyagok kitermeléséhez, az építési termékek előállításához felhasznált energiát, magát az építési szakaszt és az élettartam végi szakaszt, a bontást, de az üzemeltetési szakaszban közvetlenül felhasznált energiát nem tartalmazza. Azaz mindazt az energiaigényt, amelyet az adott építőanyag összegyűjt egészen addig, amíg beépítésre nem kerül.⁵²⁴

5.1.5. A magyar építőipar körforgásosságra való átállásának legfőbb közös kihívásai

A gazdaság működése függ a nyersanyagok felhasználásának intenzitásától, ugyanis a természeti erőforrások felhasználásával új termékek előállítása és épületek felépítése révén az építőipar értéket teremt. Az építőipari szereplők erős lobbierővel bírnak a politikai döntéshozatalban, és érdekeik nem feltétlenül állnak összhangban a körforgásos gazdaság vagy a fenntarthatóság elveivel. Az építőipari ágazat meglehetősen gyorsan növekszik, de még mindig elavult építészeti megoldásokat alkalmazó távlatokban gondolkodik. Az építőipart ma a körforgásos gazdaságra való áttérés kulcsfontosságú ágazatának tekintik. Jelenleg azonban nincs egyértelmű stratégia és támogatás ezen körforgásos megoldások megvalósítására. A körforgásos gazdaság elvei elsősorban az innovatív alapanyagok és azok építőiparban való felhasználása révén jelennek meg. A *zöld közbeszerzések*re úgy tekintenek, mint a zöld megoldások gyakorlatba ültetésének hatékony eszközére. Az ágazatban jelenleg hiányzik a zöld megoldások megvalósításához szükséges jogszabályi támogatás. Az építőipar inkább klímaorientált, nem veszik figyelembe a körforgásos gazdasági mutatókat – inkább az ÜHG-val kapcsolatos zéró kibocsátásra koncentrálnak.

A nagyvállalatok többnyire az élen járnak ezen a területen, mivel őket az anyavállalatok finanszírozzák, amelyek a jogi kötelezettségeken kívül nagy hangsúlyt fektetnek erre a területre is. A nagyvállalatok továbbá gyakran vállalnak felelősséget a törvényi kötelezettségeiken túl.

Szakértők szerint az újrahasznosítás fogalma az építőiparban nem teljesen egyértelmű. Fontos lenne a vállalatokkal tisztázni az újrahasznosítás és a körforgásos gazdaság fogalmát. Magyarország teljesíti az építési és bontási hulladékokkal kapcsolatos 70 %-os újrahasznosítási célkitűzést, amelyet az Európai Unió határozott meg, de a statisztikák nem teljes egészében az anyagában történő hasznosítást jelenítik meg. A 99 %-os arány magába foglalja a bányákba való építési és bontási törmelékek visszatöltését is.

A kihívások leküzdésére az alábbi javaslatok fogalmazhatók meg:

- Szükség lenne az építési és bontási hulladékgazdálkodási jogszabályok megújítására, figyelembe véve a körforgásos gazdaság koncepcióját.

⁵²⁴ Construction and Demolition Waste: challenges and opportunities in a circular economy (2020) Eionet Report – ETC/WMGE 2020/1.

- A CE-kon koncepció hangsúlyozza, hogy az építési és bontási hulladékok legalább 70 %-át újra kellene hasznosítani, a másik oldalról azonban nem szabályozott, hogy új épületek kivitelezése során bizonyos %-ban újrafelhasznált vagy hasznosított anyagokat kellene beépíteni– ezzel kapcsolatban szabványokat kellene létrehozni.
- A hulladéklerakókra vonatkozó jogszabályi korlátozások fellendíthetik az újrahasonított anyagok piacát is. A szakértők szerint az építőipari termékeken, alapanyagokon hasznos lenne feltüntetni, hogy azok meddig hasznosíthatók. Minden terméket index-számmal kellene ellátni annak újrafeldolgozhatóságától és tartósságától függően, amiért a gyártó felelősséget is kell, hogy vállaljon.
- A barnamezős beruházásokat politikai szinten kellene előremozdítani a zöldmezős megoldások helyett, és széles körben támogatni kell a zöld közbeszerzési gyakorlatokat, mivel ebben az ágazatban a piac a körforgásos megoldások irányába mozdul el.
- Általánosságban elmondható, hogy a nemzetközi vállalatok fenntarthatóbb építési trendeket képviselnek, amelyek a kisebb vállalatok számára is hasznosak lennének.
- Meg kell mutatni a vállalatoknak, hogyan tudnak értéket teremteni. Kapcsolatokat kell létrehozni a vállalatok között, hogy összekössék a hulladéktermelőket a potenciális felhasználókkal. Ily módon csökkenthetik az építési hulladékok mennyiségét, megőrizhetik az értékes forrásokat.⁵²⁵

⁵²⁵ Régiók Feltérképezése. Interreg Szlovákia-Magyarország, Circular Regions Partnerséget építünk, SKHU/1902/4.1/047.

II. RÉSZ

AZ ÚJRAHASZNOSÍTÁS ÉS ÚJRAFELHASZNÁLÁS A HAZAI TÉGLA- ÉS CSERÉPIPARBAN

1. A HAZAI TÉGLA- ÉS CSERÉPIPAR ÁGAZATI ELEMZÉSE

Mind a hazai, mind pedig a nemzetközi építész szakirodalmak esetében egyaránt elmondható, hogy mind a téglá, mind a tetőcserép esetében nem áll rendelkezésre egzakt definíció. Hivatalos elnevezésüket tekintve, a téglá nem más, mint égetett kerámia falazóelem, míg a tetőcserép égetett kerámia tetőfedő elem szakkifejezéssel ismert az építőiparban. A Magyar Értelmező Kéziszótár⁵²⁶ az alábbiak szerint definiálja őket:

- téglá: agyagból, rendszerint hosszúkás, lapos hasáb alakúra formált, keményre égetett építőanyag;
- tetőcserép: háztető fedésére való cserép;⁵²⁷
- cserép: agyagból formált és kiégetett vékonyfalú készítmény, illetve ennek anyaga.⁵²⁸

1.1. Nemzetközi kitekintés az európai és regionális folyamatokra⁵²⁹

Ennek az alfejezetnek a célja nem más, mint a téglá- és tetőcserépgyártáshoz kapcsolódó anyagáramlási paraméterek esetében megvizsgálni elsősorban az Európai Unió, az alágazatra jellemző regionális szintet, a Visegrádi Együttműködés tagállami szintjét, valamint a magyarországi viszonyokat és helyzetképet. Ehhez azonban szükséges megértenünk egy, a szektorra jellemző érdekességet. Ugyanis a téglá- és cserépgyártás egy olyan iparág, amely egyáltalán nem tükrözi a hagyományos értelemben vett EU-s regionális formákat, sem pedig az eurózóna által kiváltott általános különbségeket.

Az égetett téglá az egyik legrégebbi építőanyag, amelyet világszerte használnak. Az égetett agyagtéglák tartósak, tűzállóak, és nagyon kevés karbantartást igényelnek.⁵³⁰ A jelenlegi becslések szerint évente körülbelül 1500 milliárd téglát állítanak elő a világban.⁵³¹ A lakások iránti kereslet növekedése végső soron fokozott építőanyag-, például téglagyártást tesz szükségessé.⁵³²

A téglá- és tetőcserépgyártás az építőipar egy olyan alágazata, amelyet négy fő termék kategória gyártására lehet szétválasztani, és az előállított termékeket rendeltetésüknek megfelelően tovább lehet kategorizálni. A négy fő termékcsoport az építőtéglából, a tetőszerkezetek egyik leggyakrabban alkalmazott tetőfedő anyagaként funkcionáló tetőcserépből, a térkövekből, valamint a kéménybélészekből és további agyagalapú építőipari termékekből (például burkolatok, égéstermék-elvezető blokkok) tevődik össze. Ezek közös tulajdonsága, hogy az alapanyaguk nem más, mint az

⁵²⁶ Második, átdolgozott kiadás, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2003.

⁵²⁷ PUSZTAI Ferenc (főszerk.) – GERSTNER Károly (szerk.) et al. (2003): Magyar értelmező kéziszótár. 2. átd. kiadás. Budapest, Akadémiai K. 1317-1340.

⁵²⁸ PUSZTAI Ferenc (főszerk.) – GERSTNER Károly (szerk.) et al. (2003): Magyar értelmező kéziszótár. 2. átd. kiadás. 1317-1340. Budapest, Akadémiai Kiadó.188.

⁵²⁹ Az 1.1. alfejezet, valamint a 1. alfejezet bevezető része Macher Gergely Zoltán tanszéki mérnök írása.

⁵³⁰ SAXENA Mohini - PAPPU Asokan - MORCHHALE Rajesh (2004): Durability characteristics of Fired Clay and Clay- Fly ash Bricks Materials Research Society of India, Bhopal, India.

⁵³¹ BHUSHAN C. - BASU D. - KUMAR Yadav N. - KUMAR R. (2016): National brick mission - a scoping paper Cent. Sci. Environ. New Delhi. 1-28

⁵³² Das R. (2015): Causes and consequences of land degradation in and around the brick kilns of khejuri CD blocks over coastal medinipur in West Bengal (India) *International Journal of Innovative Research and Development*, 4. 185-194.

agyag. Általában a téglák és a tetőcserepek víz- és áramállóak, illetve tűzállóak. Ezen kívül hosszú élettartam jellemzi őket.⁵³³ A téglák és tetőcserepek alágazatát jellemzi egyfajta szezonális is, mely egyértelműen az építőipartól való függőségnek tudható be. A kerámia- és agyagtermékek piacát elsősorban az építőipar mozgatja, amelyben téglát és csempét használnak az általános építési szakaszban, fal- és padlóburkolatként, valamint szanitereket a befejezés és a telepítés szakaszában.⁵³⁴ Mivel a téli évszakban visszaesik az építőipari beruházások száma, jelentősen csökken az effajta építőipari termékek iránti kereslet is.

A téglá- és a tetőcserép termékek gyártásának költségeit alapvetően az energiafogyasztási és az anyagmozgatási költségek szabják meg. Az alágazat jelentős mértékben energiafüggő, mely visszatükröződik az építőipari termékek piaci árában, az energiaköltségek alapvetően befolyásolják a végtermékek árát. A magas szállítási költségek miatt (a teljes költségek akár 10% -át is elérheti), a kitermelési helyek általában a termelési helyek közelében találhatók. A lenti táblázat a téglá- és tetőcserép termelési költségek lebontását foglalja össze, mely az átlagos uniós értékekre vonatkoztatva kerültek meghatározásra. Az energia legalább 30%-át, maximum 35%-át teszi ki az adott termék árának. Ezzel szemben a teljes termelési költség már 25-30% között váltakozik.

Ugyanakkor a jelentős nagysággal bíró szállítási költségek és az alacsony hozzáadott érték miatt mind a mai napig nincs egységes globális, sem Európai Uniósi piac a téglá- és tetőcserép termékekre. Az építőipar ezen alszektora jelentősen regionalizáltnak tekinthető. Például a British Competition Commission jelentése szerint a téglá és a tetőcserép 80%-a az Egyesült Királyságban gyártott csempegyártóktól nem messzebb, mint 125 mérföld távolságban kerültek értékesítésre.⁵³⁵ Mindazonáltal az EUROSTAT növekvő tendenciát mutat az EU-n belüli és kívüli kereskedelemben, a kereskedelem intenzitása 2012 -ben nagyjából 4% (EU extra) és 23% (EU extra és intra). A részletes értékelés azt mutatja, hogy az EU külső határain elhelyezkedő tagállamok értékei jelentősen meghaladják az uniós átlagot.⁵³⁶

Egységnyi téglá, tetőcserép termék árát meghatározó tényezők

Termékárát meghatározó közvetett/közvetlen tényezők	Százalékos részesedés a termék árából (%)
Energia	30%-35%
Munkaerő és megmunkálás	25%-30%
Nyersanyag	20%-25%
Egyéb termelési költségek	15%-20%
Összesen:	100%

Forrás: Cerame-Unie533

A lenti ábra adatai alapján elmondható, hogy a 2012-es évben mindösszesen hat, mai értelemben öt tagállam (Németország, Franciaország, Olaszország, az Egyesült Királyság, Portugália és

⁵³³ Cerame-Unie, (2012): *Paving the way to 2050: the Ceramic Industry Roadmap*. Elérhető: <http://www.cerameunie.eu/en/new> (A letöltés dátuma: 2021. október 19.).

⁵³⁴ Eurostat Archive (2009): *Ceramic and clay production statistics – NACE Rev. 1.1.*

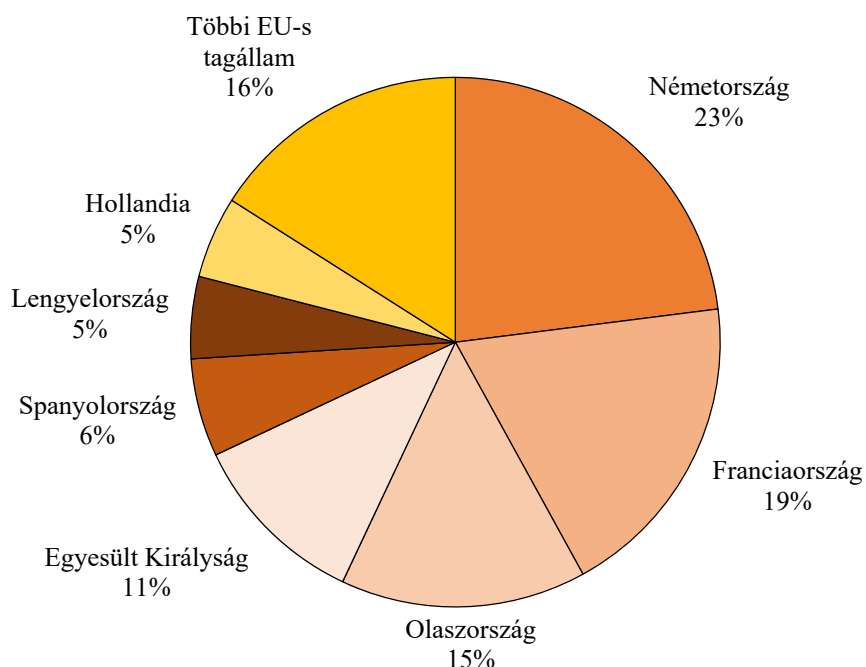
⁵³⁵ EGENHOFER Christian – SCHREFLER Lorna – TIMINI Jacopo – GENOESE Fabio – WIECZORKIEWICZ Julian (2014): *Final Report for a study on composition and drivers of energy prices and costs in energy intensive industries: the case of the ceramics industry – bricks and roof tiles*. Centre for European Policy Studies, Brüsszel.

⁵³⁶ Cerame-Unie (2013): personal communication.

Lengyelország) együttes termelési tevékenysége tette ki a teljes uniós termelés 79%-át. Míg a többi kerámia alágazatot a kis- és középvállalkozások (kkv-k) uralják, a téglá- és tetőcserépipart szinte egyformán fedi le számos regionálisan letelepedett kkv és nagyobb termelő.⁵³⁵

A kerámia- és agyagtermékek gyártása, így a téglá- és cseréptermekek előállítása is az Európai Unióban közel 21 000 vállalkozás fő tevékenysége volt 2006-ban. Ezek a vállalkozások 368,4 ezer embert foglalkoztattak a tagállamokban, valamivel kevesebb, mint minden negyedik (23,2%) a többi nemfém ásványi termékeket gyártó munkaerő.⁵³⁴ Az EU-27 kerámia- és agyagtermékgyártó ágazata 15,6 milliárd EUR hozzáadott értéket produkált 2006-ban (a hozzáadott érték egyötöde az egyéb nemfém ásványi termékek gyártása tevékenységei között), amelynek legnagyobb része (42,4 %) a kerámiatermékekből származott, kivéve az építőipar gyártási alágazatát, a többi viszonylag egyenletesen származik a kerámialapok és zászlok gyártásából, valamint az agyagépítési termékek gyártásából.⁵³⁴ Ezt támasztja alá az Európai Unióban összegzett téglá- és cserépgyártás által termelt termelési érték is, mely a 2007-es és a 2012-es év között egy fokozatosan csökkenő tendenciát követett. A két év között közel -36,0%-kal csökkent az összegzett érték, hiszen 8,7 milliárd euróról nagyjából 5,5 milliárd euróra csökkent a termelési érték mértéke.

Összehasonlításképpen, az olaszországi kerámia- és agyagtermék-gyártási ágazat által hozzáadott érték 3,7 milliárd euróra volt tehető 2006-ban. Ez tulajdonképpen azt jelenti, hogy Olaszország termelési tevékenysége egykor majdhogynem az EU-s termelési volumen egynegyedét (23,9%) tette ki. A következő legnagyobb hozzáadott értéket Spanyolország (18,6 %) és Németország (16,1 %) adta. A rendelkezésre álló adatokkal rendelkező tagállamok közül Olaszország, Magyarország és Spanyolország voltak azok az országok, amelyek a hozzáadott értékben leginkább a kerámia- és agyagtermékek gyártására specializálódtak.



Forrás: Egenhofer et al.⁵³⁵

A téglá- és tetőcserépgyártás termelése az Európai Unióban (2012)

Hiszen, alapvetően három fő regionális szintet tudunk elkülöníteni: az Észak-európai régiót, a Közép-európai régiót és a Dél-európai régiót. A téglák és a tetőcserepek esetében négy (mai értelemben

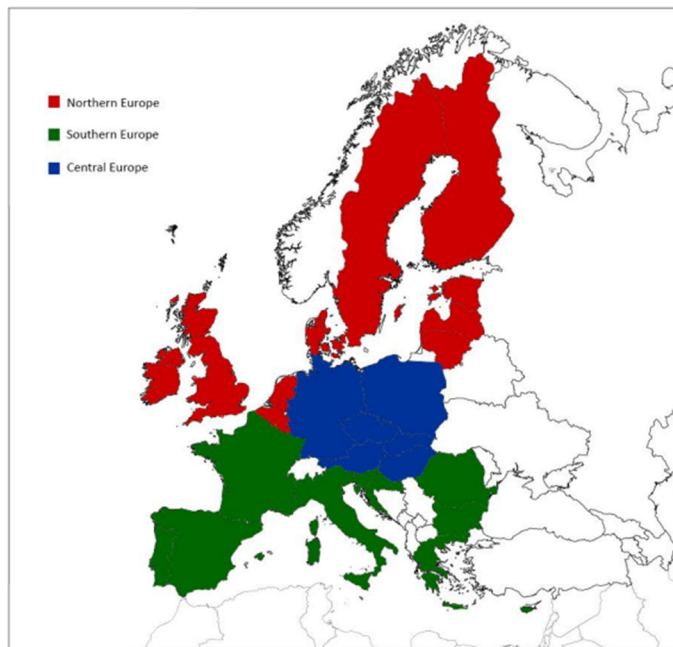
három) tagállam, Németország, Franciaország, Olaszország és az Egyesült Királyság fedezi az EU téglá- és tetőcserép termelésének mintegy 68,0%-át.⁵³⁵

Ad a) Az Észak-európai régió tagjai között található Írország, Egyesült Királyság (2020-tól nem EU-s tagállam), Belgium, Luxemburg, Hollandia, Dánia, Svédország, Norvégia, Litvánia, Lettország, Finnország és Észtország. Norvégia annak ellenére számít a régió tagjának, hogy hivatalos értelemben nem tekintendő az EU-tagállamának, mégis a schengeni térségbe való tartozása révén jogosult erre a pozícióra. Ezek az államok együttesen termelik az Unió téglá- és tetőcserépgyártási szektorának 38%-át a 2012-es adatok szerint.

Ad b) A Közép-európai régió tagja többek között Németország, Ausztria, valamint a Visegrádi Együttműködés tagállamai, így Lengyelország, Csehország, Szlovákia és természetesen Magyarország is, amely az Európai Unió 2012-es téglá és cseréptertermelésének körülbelül 35%-át tette ki.

Ad c) A Dél-európai régió, az EU 2012-es termelési adatai szerint 27%-ban járult hozzá a szektor termelési volumenéhez. Tagjai között a fennmaradó uniós tagállamok találhatóak, így Franciaország, Portugália, Spanyolország, Olaszország, Szlovénia, Horvátország, Bulgária, Románia, Görögország, Málta és Ciprus.

A soron következő alfejezetek elemzik az Európai Unió anyagfogyasztási vagy éppenséggel hulladékképződési adatokat. Továbbá kitérnek majd az egyes tagállamok aktuális helyzetére, a V4 tagállamok, így Magyarország aktuális viszonyaira is. A fejezet zárásaként pedig külön kiemelésre kerül hazánk hulladékkeletkezési- és kezelési állapota olyan frakciók esetében, mint a kerámiatermékek gyártása során keletkező hulladékcsoportok, valamint az építési- és bontási tevékenységből származó téglá és cseréphulladékok kvantitatív és kvalitatív jellege.



Forrás: Egenhofer et al.⁵³⁵

A téglá- és tetőcserépgyártás regionális megoszlása az Európai Unióban

1.1.1. Az agyag- és kaolin Európai Unió felhasználása

Mai szemmel az agyagipar az egyik legősibb iparágnak tekinthető, mely az emberiség történetét folyamatosan végig kísérő mesterségeket szolgáltatott. Mára ez az egykor természetes vagy természetközeli mesterség, jelentős változásokon ment keresztül, hiszen elmondható, hogy jelen korunkban a kerámiaipar, különösképpen a tégl- és cserépipar rendkívül tekintélyes mennyiségű és változatos minőségű nyersanyagot alkalmaz. Ahogy az az elnevezéséből is következtethető, az agyagipar körébe tartozik mindazon termék és áru előállítása, amelyek fő kiindulási anyaga az agyag. Grofcsik János egy viszonylag régebbi, ám mind a mai napig aktuális írása a következőképpen foglalja össze az agyagipar kiindulási anyagául szolgáló agyag legfontosabb jellemzőit: agyagnak nevezzük az olyan földfeleséget, melynek jellemző tulajdonsága, hogy vízzel áztatva képlékeny, vagyis gyúrható, formálható, alakját kiszáradás után is megtartja és kiégetve összetartó, kemény, kőszerű anyaggá lesz, mely vízzel többé fel nem áztatható.⁵³⁷

A tégl- és cserépipari termékek gyártása ennek megfelelően azon a tulajdonságon alapszik, hogy a mára több lépcsős procedúrává vált előállítási folyamat végén egy olyan terméket kapunk, amely az agyag formálhatósága és az égetőkben történő hőkezelés során való megkeményedése révén áll elő. Lényegében ez az, amely minden kerámiatermék alapjául szolgál, ugyanakkor fontos kihangsúlyozni, hogy a változatos agyagárak készítmódja jelentősebb eltéréseket is mutathat, így a felhasznált nyersanyagok különbözősége, az égetés során szükséges hőmennyiség és hőfok nagysága, de a felületi kezelési és díszítési eljárás is különböző lehet.

Ennek megfelelően a nyersanyagként is funkcionáló agyag is számos szempont alapján csoportosítható. Nagy általánosságban, a geológiai és geofizikai paraméterek mellőzésével úgy foglalható össze, hogy az agyag egy, a természetben nagyobb mennyiségben és egyben jelentősebb változatosságban előforduló mállási termék, mely főképp földpát tartalmú kőzetek mállása során keletkezik.⁵³⁷ Ez a mállás lehet kémiai, biológiai vagy fizikai, mely utóbbi esetében a víz, a hőváltozás és a levegő oxigéntartalma is jelentős szerepet tölthet be. Leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy a keletkezési helyen előforduló agyagot nevezzük kaolinnak, mely egyben elsődleges agyagnak is tekintendő, míg ennek megfelelően a másodlagos agyag a fekvőhelyen, és nem a keletkezési helyen fellelhető anyagot jelöli.

Grófcsik⁵³⁷ a következő kategóriákat határozza meg:

Ad a) Kaolinok: fehér vagy sárgásfehér színű, laza, nehezen formálható, kiégetve fehér színű agyagfajták, amelyekből tiszta agyagszubsztancia izapolható ki. A kaolinok az agyagiparban főleg a porcelán- és kőedényárak gyártásánál nyernek alkalmazást. A Magyarországon előforduló kaolinok nem a gránitféle kőzetek, hanem a riolit (kvarcdús trachit) mállási termékei és nagyrészüket posztvulkanikus hatások folytán jött létre.

Ad b) Tűzálló agyagok: légszáraz állapotban kemény, sima tapintású, majdnem tisztán agyagszubsztanciából álló anyagok; rendszerint sötét vagy barna színűek, amely szín a szerves anyagoktól származik. A tűzálló agyagok vízzel beáztatva jól formálhatók, kiégetve fehér vagy világossárga színűek, mert kevés vasoxidot tartalmaznak. Olvadáspontjuk 1600 °C-nál magasabb. E csoportba tartozó agyagok főképp a kőedény és tűzálló agyagárak gyártásánál nyernek alkalmazást.

⁵³⁷ GROFCSIK János (1940): *A kémia és vívmányai*- I. rész. Királyi Magyar Természettudományi Társulat, Budapest. 821.

Ad c) Nem tűzálló agyagok: ezekből készülnek a téglák, tetőcserepek, fazekasáruk. Az ilyen agyagok az agyagszubsztancián kívül homokot, vasoxidot tartalmaznak, vörösre vagy sárgára égnek ki. Sok esetben az említettek kivül még szénsavas mésszel vagy dolomittal is szennyezve vannak. Ha a szénsavas mész 20%-nál több, akkor márgás agyagnak nevezzük.

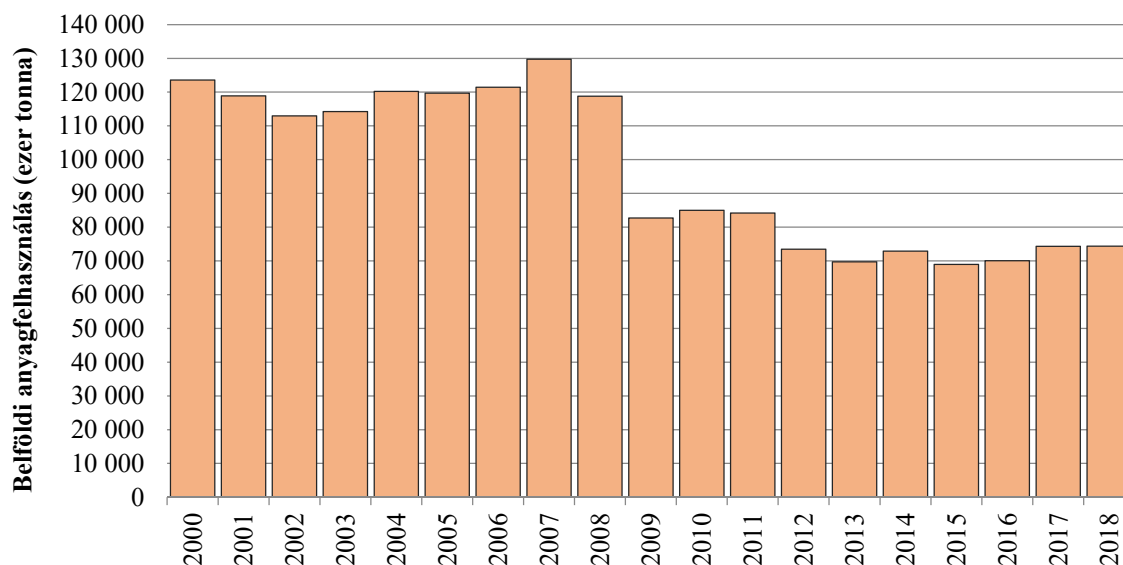
A szerteágazó anyagaletta mellé párosul az a tény is, hogy az Európai Unió építőipar legnagyobb agyag- és kaolin felhasználó ágazataként is tekinthetünk a kerámiaiparra, különösképpen a téglá- és cserépgyártási szektorra. A szektorok közti különbségeket tetőzi az a tény, hogy a kiindulási nyersanyag minősége és mennyisége jelentős mértékben függ az előállítandó termékkel szemben támasztott követelményektől, szabványoktól, valamint a termék által később betöltött funkcióktól is. Mindez azt jelenti, hogy más-más anyaginput szükséges például egy kerámialap, vagy éppen egy téglá, vagy tetőcserep legyártásához. Mindennek azonban van egy közös pontja, mégpedig az agyagalap. A téglá- és cserépgyártás materiális igényeivel számos fejezet foglalkozik, így jelen esetben azt kell hangsúlyozni, hogy az agyagalapú kerámiák alapteste többnyire egyetlen agyagtípusból vagy több agyag együtteséből állhatnak, melyeket olykor ásványi módosító anyagokkal, kevernek, például porított kvarccal vagy földpáttal. Ebből kifolyólag ezt a kiindulási alapot jelentő agyagmennyiséget és kaolinmennyiséget célszerű megvizsgálni az Európai Unióra és Magyarországra jellemző belföldi anyagfelhasználási tendenciák mentén, hiszen számos következtetést lehet levonni hazánk nemzetközi és regionális szerepének volumenéről.

Minden egyes nemzetgazdaság teljes anyagfelhasználásának- és kibocsátásának elemzésére az Európai Unió statisztikai rendszerének⁵³⁸ hitelesített anyagáramlás-számlái tudnak megfelelő alapot nyújtani. Az anyagmérleg input oldalán a környezetből a gazdaságba, az output oldalon pedig a gazdaságból a környezetbe áramló folyamatok kerülnek feltüntetésre.

A megfigyelési időszak (2000-2019) aszerint került lehatárolásra, hogy a 2019-es adatok egyszer már átestek felülvizsgálati és rekalkulációs eljárásokon, míg minden kategóriára nézve a 2020-as adatok nem is érhetők el. Az Európai Unió 2000 és 2020 közötti bővülése okán számos területi lehatárolás és geopolitikai kategória is elemezhető. Az adatok rendelkezésre állása révén, valamint a nemzetközi folyamatok megértésének érdekében a maximális tagállami számmal történő és az abból visszaszámított adatok kerülnek áttekintésre. A mértékegységek pedig a mindenkorai statisztikai rendszerek által alkalmazott módszertant tükrözik (például: ezer tonna).

Az EU-28 belföldi anyagfelhasználásának nagysága a 2000 és 2018 közötti időszakban 129,7 millió (maximum érték: 2007) és 68,95 millió tonna (minimum érték: 2015) között alakult. A 28 tagállam együttes felhasználása 2000-ben még 123 595 ezer tonna volt, mely 2018-ra 74 376 ezer tonnára esett vissza. A 2008-as gazdasági világválságot megelőzően a felhasználási adatok nagyságrendileg nagyobbak voltak, mint azt követően. Így a két záróév közötti változás jelentősen csökkenő, értéke -39,8% volt. Ugyanakkor, ahogy az a lenti ábrán is jól látható, a felhasználás volumene szinte sohasem mutat egy egységes lineáris képet, hanem jellemzően hullámzó tendenciát követ. Így meg kell vizsgálni még az évenkénti átlagos változásérték nagyságát is, hiszen annak mentén egy racionálisabb változási értéket kapunk.

⁵³⁸ EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Anyagáramlási számlák (ENV_AC_MFA). Elérhető: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AC_MFA__custom_1190443/default/table (A letöltés dátuma: 2021.09.26.).

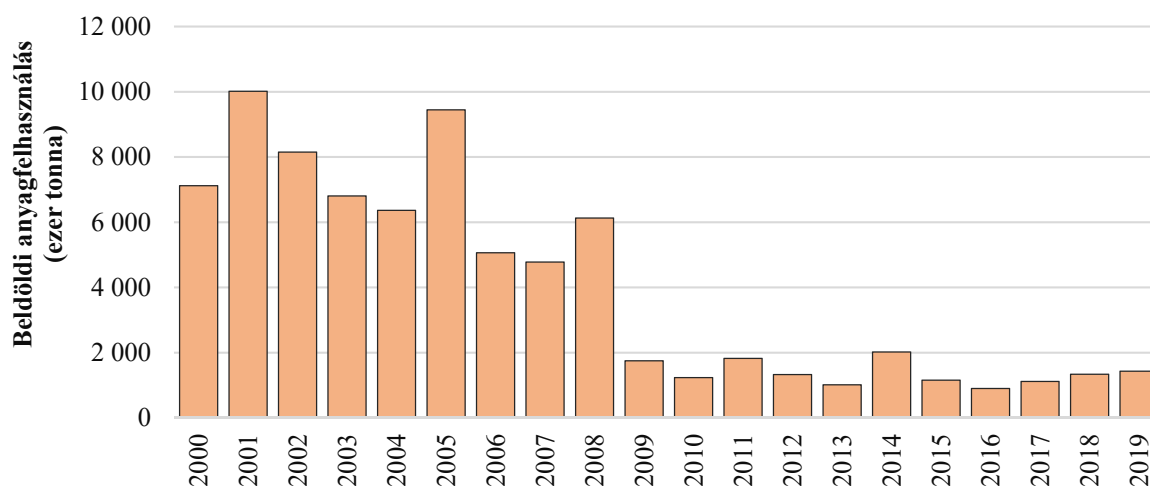


Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Az agyag és kaolin felhasználásának alakulása az EU-ban (ezer tonna, 2000-2018)

Mivel az Európai Unióban semelyik anyagáramlási folyamat esetében nem mutatható ki egységes kép, nemzetgazdasági szinten vegyes összkép mutatkozott az agyag és a kaolin felhasználásában is 2000 és 2018 között. Összesítve az adatokat, mintegy 11 tagállam esetében növekedés volt jellemző az elmúlt időszakban, közülük két ország esetében elmondható, hogy jelentős mértékben növelte az agyag- és kaolin felhasználásának mértékét: Málta +8990,3%-os, míg Írország +1692,0%-os változást ért el. Ezek akkora változási értékek, amelyek szinte elképzelhetetlen nagyságrenddel rendelkeznek. Ennek elsődleges oka az lehet, hogy jóval szerényebb felhasználási volumen jellemezte ezeket az államokat a vizsgálati időszak kezdeti szakaszában, így más tagállamokét is alig megközelítő abszolút növekedés is jelentősebb változást tud eredményezni százalékos értékben.

A feltüntetett országok mellett még szintén nagyságrendekkel nagyobb Ciprus értéke is (+662,2%), de 100% fölötti változásértékkel rendelkezik Luxemburg, Bulgária és Románia is. Ezzel szemben 17 (2020-as viszonylatokban 16) tagállamban, köztük Magyarországon is, jelentős visszaesés volt tapasztalható. Az uniós országok közül Belgium (-216,3%) esetében mutatható ki a legnagyobb visszaesés, melyet Horvátország (-134,3%) követett. 2000 és 2018 között Magyarország produkálta a harmadik legnagyobb felhasználásbeli csökkenést a vizsgálati időszak két záróéve viszonylatában, melynek értéke -81,2%-kal csökkent a két záróév között. Ezt támasztja alá a lenti ábrán látható magyarországi anyagáramlási tendencia is.

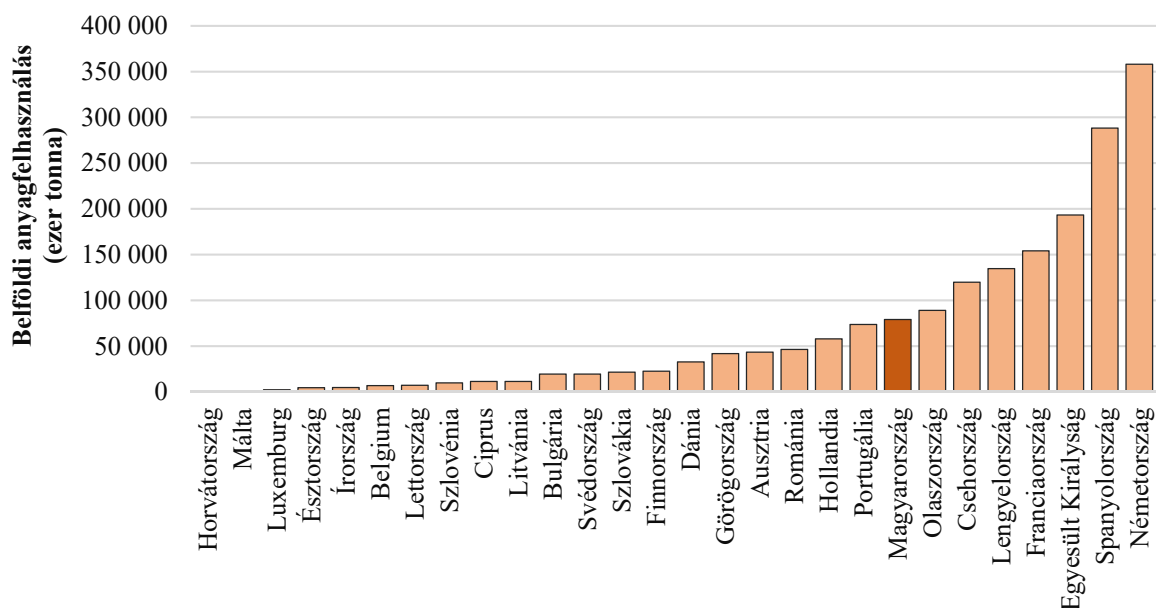


Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Az agyag és kaolin felhasználás Magyarországon (ezer tonna, 2000-2019)

Szemmel látható, hogy a belföldi felhasználás alakulását két szakaszra lehet elkülöníteni. Feltételezhetően a 2008-as gazdasági világválság hatásaként állhatott elő az az állapot, hogy 2019-re a belföldi felhasználás nagysága negyedére esett vissza a vizsgált ciklus kezdetéhez képest. A felhasználási maximum évet jelentő 2001-es évben a felhasználás mértéke 10 018 069 tonna volt. A minimum értéket már a 2016-os év adta, hiszen a legalacsonyabb érték 899 924 tonnányi. A fennmaradó igényt pedig ma már importból fedezzük, mely Magyarország esetében, az EUROSTAT adatai alapján 2019-ben 636 822 tonnányi értéket tett ki.

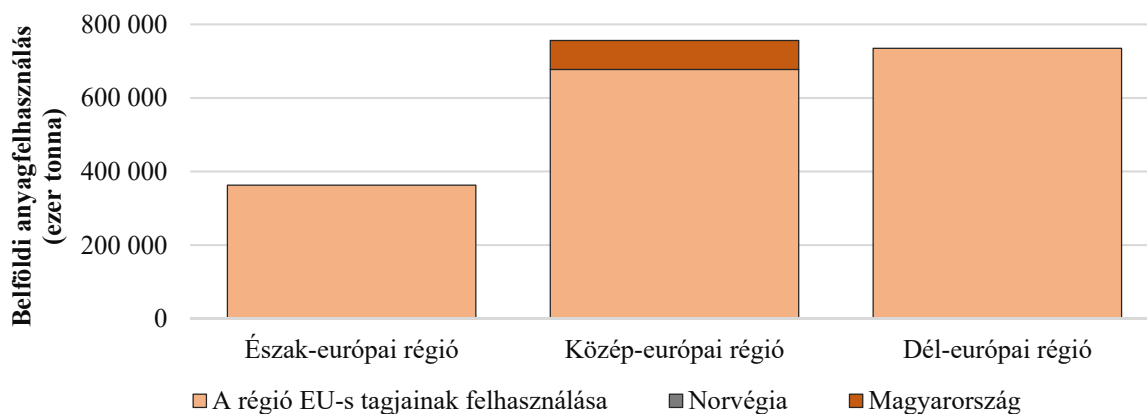
Az összesített adatokkal szemben a változási adatok számításához nem áll rendelkezésre minden nemzetgazdaságra hitelesített 2000 és 2019 közötti érték. Ebből kifolyólag a százalékos változás mellett célszerű megnézni a ténylegesre becsült abszolút felhasználási értékeket is. Ahogy a lenti ábrán is látható, az EU tagállamok között jelentős eltérések mutatkoznak, továbbá kiemelendő, hogy Németország egymaga (358 millió tonna) a többszörösét használta fel 2000 és 2019 között agyagból és kaolinból, mint a lista végén álló tagállamok nemzetgazdasági értékei együttesen. A második helyen a spanyolországi érték található (288,3 millió tonna), melyet a ma már egykori EU-tagként említhető Egyesült Királyság (193,26 millió tonna) követ. Mai értelemben, azaz a 2020-as tagállami viszonylatoknak megfelelően Franciaország áll a harmadik helyen a maga 154,13 millió tonnás anyaginputjával. Az összesített adatok listájában Magyarország a nyolcadik helyen (mai értelemben hetedik helyen) található, hiszen 2000 és 2019 között kicsivel több, mint 79 millió tonna agyagot és kaolint hasznosított. A tagállami gazdasági szektorok közül az utolsó három helyezett Luxemburg, Málta és Horvátország. Vagyis Málta a tökéletes példája annak, hogy a legnagyobb százalékos növekedés nem feltétlenül párosul a legnagyobb felhasználási volumennel is.



Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A tagállami szintű agyag- és kaolin összesített felhasználás alakulása (ezer tonna, 2000-2019)

A korábban bemutatott három régió közül – az anyagmérleg adatok alapján – a Közép-európai régió használta fel a legnagyobb mennyiséget a téglá- és tetőcserépgyártás alapanyagául szolgáló agyagból és kaolinból. Az összesített felhasználás mértéke 756.471.910 tonnára volt tehető, melyből Magyarország mintegy 79.005.484 tonnát tett ki. A második régió a Dél-európai régió 734.821.590 tonnával, míg az utolsó helyen az Észak-európai régió tagjainak együttes fogyasztása állt, 370.508.110 tonnával, melyből Norvégia, mint a schengeni övezet tagja, 7.401.020 tonnát használt fel.

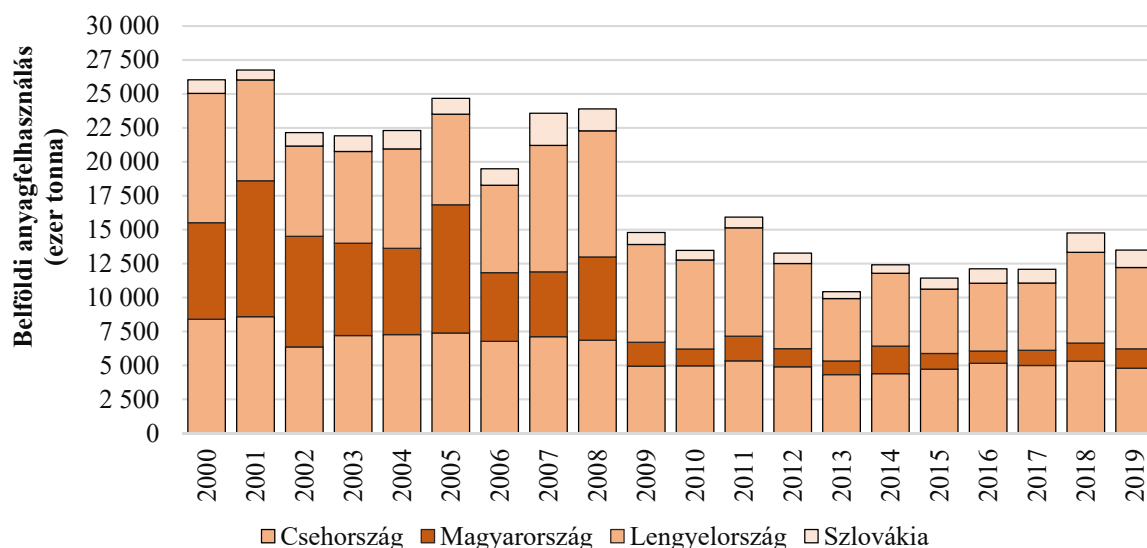


EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Agyag- és kaolin felhasználás regionális megoszlása (ezer tonna, 2000-2019)

Vagyis a jelentős visszaesés ellenére hazánk így is a nyolcadik tagállam az EU-s felhasználási helyzetkép szerint. Ahhoz, hogy még jobban megismerjük Magyarország helyzetét, szükséges annak regionális viszonylatait is megvizsgálni. Ehhez olyan Unión belüli csoportot lehet a legjobban szemügyre venni,

mint a Visegrádi Együttműködés (V4) tagállamainak aktuális helyzetképe. Ahogy az a nemzetgazdasági adatok összesítésekor, úgy jelen esetben is érezhető volt a 2008-as gazdasági világválság hatása, hiszen ahogy az a lenti ábrán is látható, a 2008-as év egy éles határvonalként jelenik meg és mind a négy állam esetében két külön időszak szeparálható el egymástól.



Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Agyag- és kaolin felhasználás a V4 tagállamokban (ezer tonna, 2000-2019)

Hazánk 2008 előtt első vagy második helyen szerepelt a négy tagállam között az agyag- és kaolin felhasználásban. A válságot követően már csak vagy harmadikként, vagy utolsóként helyezkedett el. Összehasonlításképpen 2001-ben a százalékos részesedésünk 37,4% volt a V4 országok között, 2018-ban pedig ez az érték már 9,07%-ra csökkent, mely a mindenkori legkisebb részarányunknak tekinthető. Hazánk belföldi anyagfelhasználásának nagysága a 2000 és 2019 közötti időszakban 899,9 ezer és 10,018 millió tonna között ingadozott éves mértékben. A vizsgálati intervallum két végpontja közötti csökkenés nagysága jelentős (-79,9%).

1.1.2. Az építési és bontási ásványi hulladékok keletkezése az Európai Unióban

A téglá- és cseréphulladék az Európai Unió adatgazdálkodási és statisztikai rendszerében főképp az építési és bontási hulladékok közé kerül besorolásra a hulladékgazdálkodási szempontoknak megfelelően. Vagyis ez a csoport nem csak és kizárólag a téglá- és cseréphulladékot foglalja magába, így kellő óvatossággal lehet ezek alapján következtetéseket levonni. Annyi bizonyos, hogy ezeknek az adatoknak a vizsgálatával egy általános kép nyerhető az Európai Unió és az egyes nemzetgazdasági szintű építési és bontási tevékenységek által indukált hulladékképződésről.

Az építőiparban keletkező ásványi hulladékok köre rendkívül összetett, mely magába foglalja az építési, átalakítási és bontási tevékenységek során felhalmozódó anyagokat. Az ásványi hulladékok túlnyomó többsége az épületszerkezetek bontásából, vagy azok átalakításából és rekonstrukciójából származik. Az új épületszerkezetek építéséből átlagosan mindösszesen 10%-nyi hulladék keletkezik. Az építési hulladékok nagy általánosságban az egyes szerkezetmérnöki, geotechnikai mérnöki,

valamint út- és hídépítési tevékenységből származnak. Az egyes építő- és építészmérnöki munkálatok során ez a hulladék elsősorban téglát, betont és egyéb lebontott falazatokat tartalmaz, amelyek a teljes mennyiség mintegy 70-90% -át teszik ki. A fennmaradó 10-30%-ot faanyagok, fémek és különböző típusú építési hulladékok alkotják.

Az építési-bontási ásványi hulladékok kategóriái

Ásványi hulladékkategóriák	A kategória elemei
Építési törmelék	Tégla, cserép, beton, kerámia, kő, csempe, habarcs, vakolat
Úttörmelék	Bontási aszfalt, beton, alapanyagok
Beton bontási hulladék	Építési alkatrészek vagy kész beton alkatrészek, betonpályák, esztrich
Sín ballaszt	Vasúti sínek aggregátumai
Bitumen, aszfalt	Bontott aszfalt
Beton, telephelyi hulladék	Szigetelőanyag, gipszkarton, kő, műanyag csövek, különféle építőanyagok kivágása, kompozit anyagok

Forrás: Construction and Demolition Waste management in Austria, 2015⁵³⁹

A lenti táblázat a 2010 és 2018 közötti keletkezett ásványi hulladékokat foglalja össze. Ezek alapján elmondható, hogy míg 2010-ben 335 280 000 tonnányi hulladék keletkezett e kategóriában, addig 2018-ra ez már 371 910 000 tonnára növekedett. Így a két év között +10,9%-os növekedés jellemezte ezt a hulladékfajtát. Kevés kivétellel ugyan, de szinte minden egyes tagországban növekedett az építési-bontási ásványi hulladékképződés tendenciája, köztük Magyarországon is, ahol viszonylag szerényebb, +0,56%-os volt a változás mértéke, mely 19 238 tonnával egyenértékű.

Építési- és bontási ásványi hulladék (veszélyes és nem veszélyes), 2010-2018

Tagállam	2010	2012	2014	2016	2018	Vált.'10-'18
Európai Unió (27)	277.230.000	281.670.000	252.750.000	277.720.000	303.170.000	+9,36%
Európai Unió (28)	335.280.000	337.120.000	314.880.000	344.710.000	371.910.000	+10,93%
Belgium	14.403.309	15.732.194	16.647.115	19.222.040	21.761.834	+51,09%
Bulgária	138.175	740.516	682.074	718.489	151.019	+9,30%
Csehország	2.441.536	3.008.192	2.959.902	3.615.283	7.496.168	+207,03%
Dánia	2.188.961	2.778.386	3.302.842	3.460.195	4.127.165	+88,54%
Németország	77.115.014	78.252.747	79.603.592	86.885.550	86.412.432	+12,06%
Észtország	289.053	476.109	626.139	720.572	1.205.051	+316,90%
Írország	1.437.888	198.534	450.618	261.254	708.153	-50,75%
Görögország	1.546.438	604.753	367.018	161.497	1.145.016	-25,96%
Spanyolország	11.383.724	27.393.120	7.097.159	13.585.573	14.495.808	+27,34%
Franciaország	65.486.426	62.188.047	61.122.538	64.560.153	68.976.059	+5,33%
Tagállam	2010	2012	2014	2016	2018	Vált.'10-'18

⁵³⁹ Construction and Demolition Waste management in Austria, 2015.

Horvátország	23.528	256.096	289.090	561.037	490.355	+1984,13%
Olaszország	35.887.955	33.916.487	34.225.306	35.393.242	41.265.790	+14,99%
Ciprus	160.251	138.222	152.269	329.140	324.668	+102,60%
Lettország	144.885	396.258	571.132	387.571	385.371	+165,98%
Litvánia	388.150	564.841	647.663	799.360	797.550	+105,47%
Luxemburg	584.533	558.051	543.775	700.106	638.666	+9,26%
Magyarország	3.449.229	3.312.916	2.698.023	2.519.730	3.468.467	+0,56%
Málta	796.626	500.888	994.639	1.296.533	1.877.525	+135,68%
Hollandia	21.759.356	20.961.277	20.567.498	20.532.871	21.200.713	-2,57%
Ausztria	5.805.061	6.300.867	9.174.000	10.073.372	11.161.643	+92,27%
Lengyelország	3.705.576	3.510.300	4.421.283	3.697.551	6.756.428	+82,33%
Portugália	1.237.123	1.033.091	823.296	1.328.975	1.558.231	+25,96%
Románia	935.022	1.324.411	1.051.886	1.262.809	727.445	-22,20%
Szlovénia	738.561	173.392	229.595	637.825	1.065.117	+44,22%
Szlovákia	609.066	522.819	551.768	742.289	848.986	+39,39%
Finnország	23.540.568	15.837.650	1.104.925	1.428.798	1.250.175	-94,69%
Svédország	1.035.978	986.812	1.841.884	2.837.841	2.876.625	+177,67%
Egyesült Királyság	58.045.344	55.448.593	62.130.145	66.995.006	68.732.873	+18,41%

Forrás: EUROSTAT⁵⁴⁰ adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy ezek az adatok egyaránt tartalmaznak veszélyes és nem veszélyes kategóriába sorolt hulladékokat is. Az adatelemzések alapján elmondható, hogy míg 2010-ben a veszélyes hulladékok aránya 2,3%-ra volt tehető, addig 2018-ban ez az arányszám 3,02%-ra emelkedett, vagyis egy rendkívül kis részarányú frakcióról beszélhetünk jelen esetben. Magyarországon ezzel szemben más tendencia figyelhető meg. Ahogy az a lenti táblázat adatai alapján is jól látható a veszélyes hulladékok részaránya és egyben mennyisége is folyamatosan csökkent. Ezt támasztja alá, hogy 2010-ben 3.449.229 tonnából 23.029 tonna volt veszélyes kategóriába sorolható, mely így 0,667%-os részesedést eredményez. Vagyis a kiindulási időszakban is bőven 1% alattinak volt tekinthető a veszélyes ásványi hulladékok aránya. 2018-ra ez a szám már 0,375%-ra esett vissza.

⁵⁴⁰ EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Anyagáramlási számlák (ENV_WASGEN). Elérhető: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_wasgen/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.09.26.).

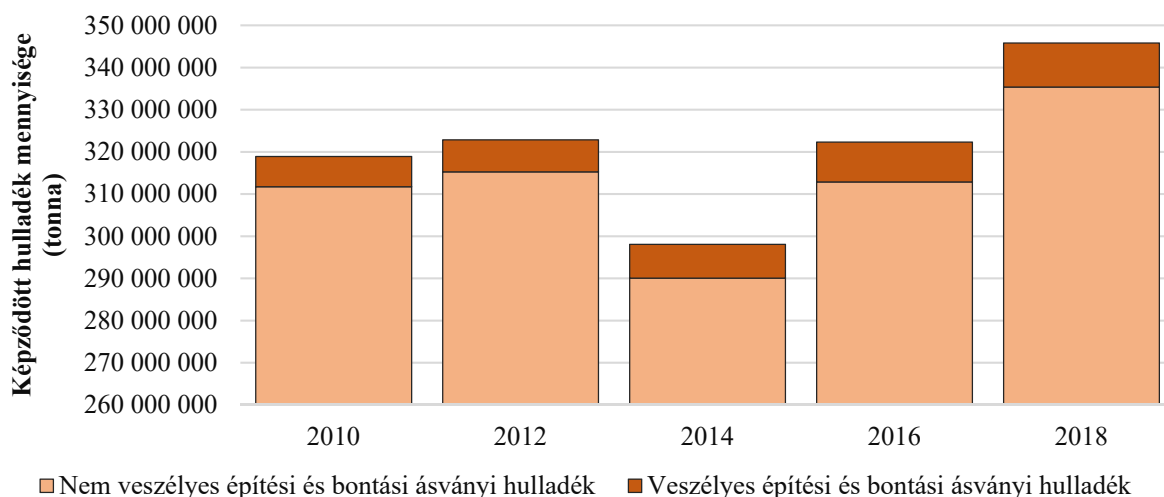
A magyarországi veszélyes építési- és bontási ásványi hulladékok %-os részesedése
(összesített gazdasági tevékenységek esetén)

Kategória:	2010	2012	2014	2016	2018
Veszélyes (tonna)	23.029	25.093	12.618	9.150	13.023
Nem veszélyes (tonna)	3.426.200	3.287.823	2.685.405	2.510.580	3.455.444
Összesen (tonna)	3.449.229	3.312.916	2.698.023	2.519.730	3.468.467
%-os részesedés	0,668%	0,757%	0,468%	0,363%	0,375%

Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Az összesített építési-bontási ásványi hulladékképződés természetesen még tovább bontható aszerint, hogy mely gazdasági szektorok és tevékenységek járultak hozzá legnagyobb mértékben a keletkezés volumenéhez. Az Európai Unió 28-as tagállami szintjén 2010-ben tehát 336 280 000 tonna effajta hulladék keletkezett, de a hulladékkategória nevével ellentétben, nem csak és kizárólag az építőipar járult hozzá az aktuális helyzetképhez. Ugyanis ennek az értéknek 95,1%-ért felelős csak az építőipari szektor, a fennmaradó különbözetet más egyéb szektorok által termelt hulladékok teszik ki, mint a könnyűipar, fémipar vagy éppen a bányászat, de a háztartások is ide sorolhatók az EUROSTAT adatrendszer szerint. Magyarországon hasonló viszonyok jellemezhetők. A 2010-ben képződött 3 449 229 tonnányi hulladéknak közel 85,8%-ért felelős csak az építőipar. Európai szinten 2018-ra ez az arány valamelyest csökkent. 371 910 000 tonnából 345 810 000 tonna ásványi hulladék keletkezett az építőiparban, mely így közel 93%-ot (92,98%) tett ki. Ezzel szemben hazánkban nagyobb mértékű az aránypár változása, ugyanis ez 76,3%-ra csökkent úgy, hogy 3 468 467 tonnából 2 645 413 tonnára volt tehető az a mennyiség, ami csak és kizárólag az építőipar számlájára volt betudható.

A vizsgált hulladékcsoponton belül megkülönböztethetünk még veszélyes és nem veszélyes ásványi hulladékot is, ahol előbbi a 2010-es évben csupán 2,24%-ot, 2018-ban pedig alig több, pusztán 3,02%-ot tett ki. Ahogy az a lenti ábrán is látható, a minimum értéket a 2014-es év szolgáltatta, hiszen a keletkezett mennyiség 296.110.000 tonnára csökkent. Ennek az értéknek is mindösszesen 2,69%-a volt veszélyes hulladék kategóriába sorolható. A 2010-es és a 2018-as év közötti változás enyhe növekedést mutatott, értéke +8,44%-ra volt tehető. Ahogy a nyersanyag-felhasználás esetében, úgy itt is elmondható, hogy sosem mutatkozik egységes lineáris változás a hulladékkeletkezés mértékében, hanem az egyfajta hullámozást mutató ábrával jellemezhető. A változási adatokat tovább vizsgálva elmondható, hogy az Európai Unió tagállamok túlnyomó többségében, mintegy 18 tagállamban (2020-as viszonylatok szerint 17 államban) növekedő tendencia volt megfigyelhető. A legnagyobb változási adat Cipruson volt tapasztalható. A második helyen dél-nyugati szomszéd államunk áll, hiszen Horvátországban 2010-ben összesen 1.064 tonnányi, 2018-ban pedig már mintegy 490.355 tonnányi ásványi hulladék keletkezett építési tevékenységből.

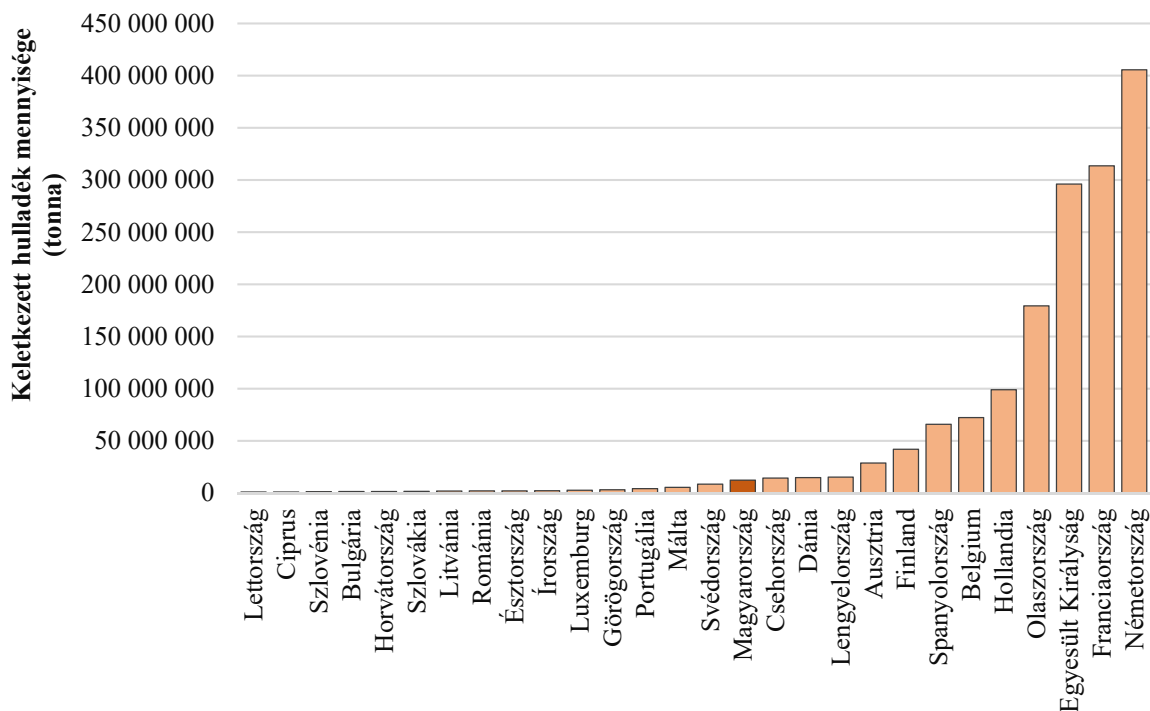


Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Az építési tevékenységből származó építési és bontási ásványi hulladékok keletkezése (tonna, 2010-2018)

Ez összesen +45.986,0%-os változást jelent e két záróév között. A harmadik legnagyobb értékkel Ausztria rendelkezik (+307,35%), melyet szoroson követ Észtország, Dánia és Bulgária. Ezzel szemben 10 tagállamban visszaesés mutatkozott a hulladékképződés tekintetében. A legnagyobb csökkenés Finnországban volt kimutatható, ahol -95,8%-kal csökkent a képződött ásványi hulladékok mennyisége, melyet Görögország (-71,3%) és Szlovénia előzött meg (-61,7%). *Magyarország a hulladékképződési jellemzők alapján a 6. legjobb helyen áll, hiszen 2010 és 2018 között -10,6%-os visszaesést lehetett elkönyvelni.*

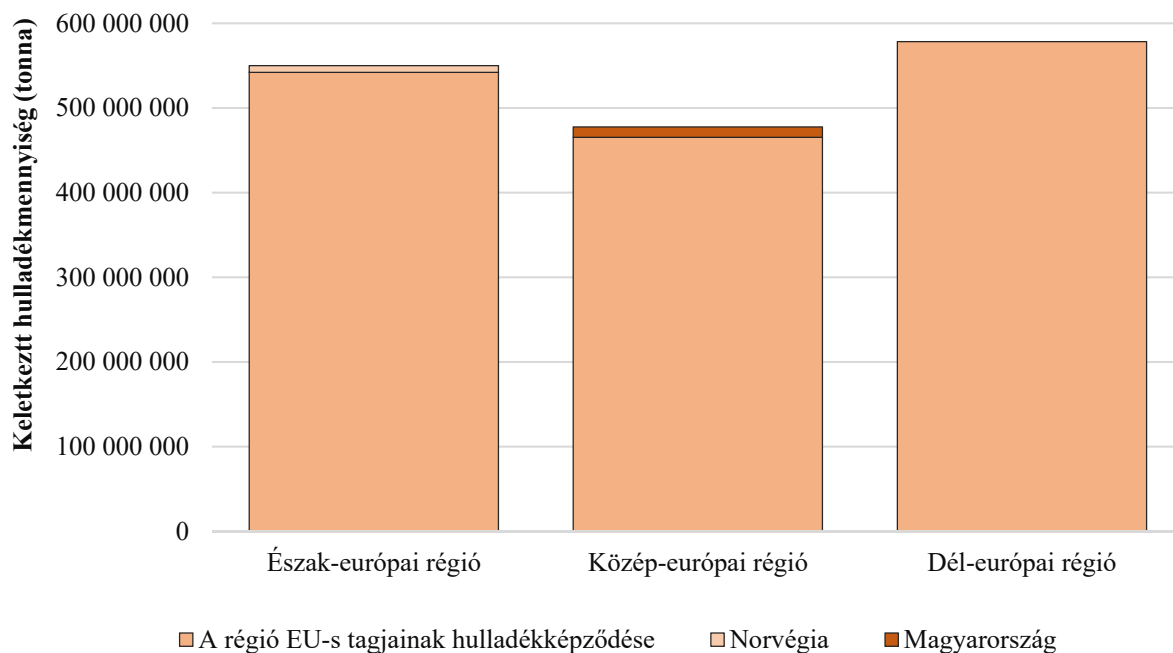
Az összesített adatok (2010 – 2018) között szintén jelentős különbségek állapíthatók meg. Azok közül is külön kiemelendő, hogy jelen esetben is Németország áll az összesített hulladékképződési lista élén a maga mintegy 405.652.714 tonnás értékével. A második helyen Franciaország áll 313.579.999 tonnával, míg a harmadik helyen a ma már csak egykori tagállam, az Egyesült Királyság szerepelt, 296.160.631 tonnával. A következő helyre Olaszország került fel 179.343.081 tonnával. A Németországban képződött hulladékmennyiség olyan nagymértékű, hogy közel 456,3 -szorosa a lettországi adatnak, de a magyarországi adatot is 32,7-szer magába tudja foglalni. Az összesített adatok listájában Magyarország a tizenharmadik helyen (mai értelemben tizenkettedik helyen) található, hiszen 2000 és 2019 között 12.369.578 tonna ásványi hulladékot termelt csak és kizárólag építési tevékenységből. A tagállamok közül Szlovénia (1.230.321 tonna), Ciprus (922.330 tonna) és Lettország (889.051 tonna) zárta a listát. Magyarország szerepét azonban érdemes még más összefüggések mentén is megvizsgálni. A Közép-európai régióban bekövetkezett hulladékképződésben például már jóval szerényebb szerepe volt hazánknak, mint az agyag- és kaolin felhasználás európai megoszlásában.



Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Az építési és bontási ásványi hulladékok összesített keletkezése (tonna, 2010-2018)

Az építési tevékenységből származó építési- és bontási ásványi hulladékok mennyisége viszonylag kiegyenlített képet mutat az Európai Unió mindhárom szektorális régiójában. A három régió közül jelen esetben a Dél-európai régió áll az élen, hiszen a keletkezett ásványi hulladék mennyisége meghaladta az 578 311 584 tonnát. Az Észak-európai régió tagállamainak együttes hulladékképződése 2010 és 2018 között meghaladta az 550 024 213 tonnát, melyből Norvégia, mint a schengeni övezet tagja 7 853 365 tonnát termelt. Ezzel szemben a Közép-európai régióban ez a mennyiség már csak 465 338 015 tonna volt, vagyis kicsivel több, mint 100 millió tonnányi volt a különbség a régiók között. Vagyis, az Észak-európai régió úgy produkált ekkora hulladékmennyiséget, hogy a vizsgálati időszak alatt az agyag- és kaolin felhasználása felére volt tehető a másik két régió értékéhez viszonyítva.



Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Az építési és bontási ásványi hulladékok regionális megoszlása (tonna, 2000-2019)

Mint az korábban bemutatásra került, Magyarország helyzete külön kiemelendő. Azt már tudjuk, hogy a 2010-ben képződött 3 449 229 tonnányi hulladéknak közel 85,8%-ért felelős csak és kizárólag az építőipar. 2018-ban is jelentős volt az aránypár változása, hiszen az 76,3%-ra csökkent úgy, hogy 3 468 467 tonnából 2 645 413 tonna volt az a mennyiség, ami csak és kizárólag az építőipar számlájára volt betudható. Viszont kiemelt figyelmet érdemel, hogy 2014-től kezdődően emelkedő tendenciát követ képződött veszélyes hulladékok aránya. Vagyis, annak a veszélyes építési- és bontási ásványi hulladékkategóriába sorolt hulladékmennyiségnek a jelentős része, amelyet már korábban megismertünk nem elsősorban az építési szektorhoz volt köthető Magyarországon. Ezt támasztja alá a soron következő táblázat is.

A magyarországi veszélyes építési- és bontási ásványi hulladékok %-os részesedése (építőipari szektorhoz köthetően)

Kategória:	2010	2012	2014	2016	2018
Veszélyes (tonna)	6.055	5.195	3.026	1.691	4.587
Nem veszélyes (tonna)	2.952.042	2.913.778	1.884.933	1.957.445	2.640.826
Összesen (tonna)	2.958.097	2.918.973	1.887.959	1.959.136	2.645.413
veszélyes hulladék %-os részesedése	0,20%	0,18%	0,16%	0,09%	0,17%

Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

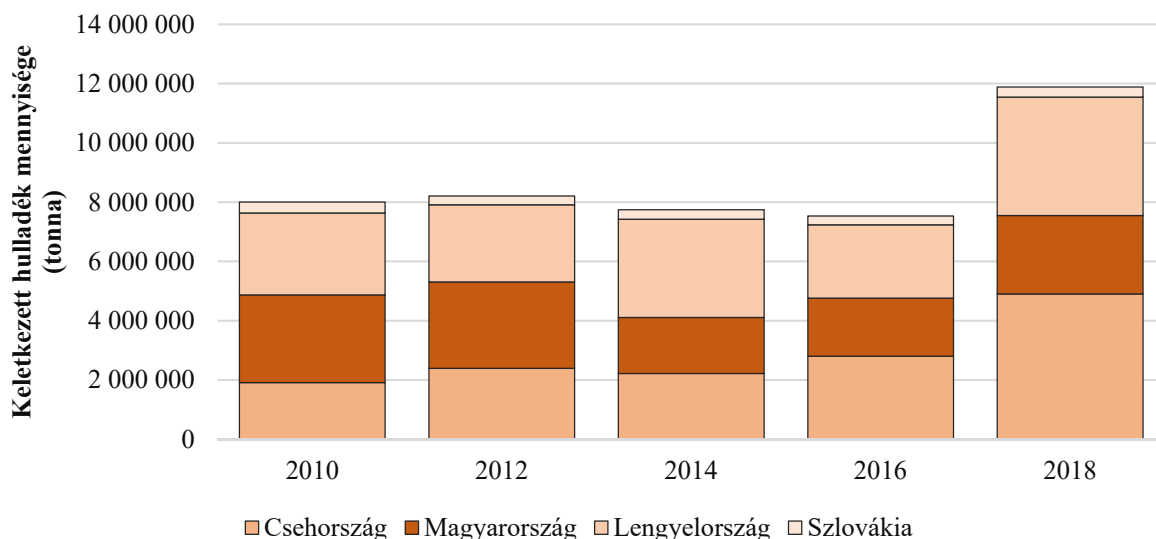
Ahhoz, hogy azonban még jobban megismerjük Magyarország regionális helyzetét, össze kell még hasonlítanunk a Visegrádi Együttműködés (V4) tagállamainak hulladékkeletkezési helyzetével. A százalékos részesedéseket a lenti táblázat is ismerteti. A tagállamok közül a legnagyobb változáson Csehország ment keresztül, hiszen míg 2010-ben 1.913.208 tonna volt az építőiparban keletkezett

építési és bontási ásványi hulladék mennyisége, addig 2018-ra ez a szám már elérte a 4.900.831 tonnát. Vagyis a két év között közel 156,2%-os volt a növekedés. Hasonlóan növekedett Lengyelországban is a hulladékképződés, mintegy 44,7%-kal. Magyarországon és Szlovákiában ezzel szemben csökkent a képződött mennyiség, melyből következik, hogy hazánk részesedése is csökkenő képet mutatott 2010 és 2018 között. Míg 2010-ben a négy visegrádi ország közül Magyarország állt az első helyen, addig 2018-ra ez úgy változott, hogy a harmadik helyre juttatta hazánkat a hulladékgazdálkodási folyamatok változása. Vagyis - amennyiben a számokat tekintjük - egy jelentős mértékű pozitív változást lehet elkönyvelni Magyarországon esetében a hulladékképződési tendenciákat figyelembevéve.

A magyarországi veszélyes építési- és bontási ásványi hulladékok %-os részesedése
(építőipari szektorhoz köthetően)

Tagállam (V4)	2010	2012	2014	2016	2018	Összesen (tonna)	Változás '10-'18
Csehország (tonna)	1.913.208	2.389.602	2.218.403	2.803.748	4.900.831	14.225.792	+156,16%
Magyarország (tonna)	2.958.097	2.918.973	1.887.959	1.959.136	2.645.413	12.369.578	-10,57%
Lengyelország (tonna)	2.764.206	2.599.774	3.316.895	2.471.974	3.999.635	15.152.484	+44,69%
Szlovákia (tonna)	365.100	301.335	319.199	297.323	341.156	1.624.113	-6,56%
Összesen (tonna):	8.000.611	8.209.684	7.742.456	7.532.181	11.887.035	43.371.967	+48,58
Magyarország részesedése (%)	36,97%	35,56%	24,38%	26,01%	22,25%	28,52%	-

Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.



Forrás: EUROSTAT adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Az építési és bontási ásványi hulladékok összesített keletkezése a
Visegrádi Együttműködés tagállamaiban (tonna, 2010-2018)

Ennek tökéletes ellenpéldája Csehország, ahol ugyanis a 2010-es adat a harmadik helyre juttatta fel az országot, de időközben annyira megnövekedett az építési és bontási ásványi hulladékok képződése, hogy 2018-ra toronymagasan vezeti a Visegrádi Együttműködés országainak listáját. De a teljes 2010

– 2018 intervallumot nézve a legtöbb mennyiség mégsem ott képződött, hanem Lengyelországban. Ennek oka, hogy alapvetően magas volt az ország hulladékmennyisége 2010-ben is és ez nemhogy csökkent, növekedett is 2018-ra. Összesítésben Lengyelország 15.152.484 tonnányi építőiparból származó építési és bontási ásványi hulladékot tudhatott magáénak. Emellett még sajnálatos tény, hogy 2010 és 2018 között a V4 országaiban a csak páros évekre elérhető adatok szerint is 43.371.967 tonnányi effajta hulladék keletkezett. Ez +48,6%-os változást jelent a hulladékképződés volumenében. Míg 2010-ben összesen 8.000.611 tonnára volt tehető az ásványi hulladék mennyisége, addig 2018-ban már ez a szám 11.887.035 tonna volt. Az előbbi érték mintegy 36,97%-ért, utóbbinak pedig 22,25%-ért tekinthető Magyarország felelősnek.

Vagyis összességében, míg a legtöbb Európai Unió tagállam esetében növekedett az építőipari szektor által termelt építési és bontási ásványi hulladék mennyisége, addig Magyarországon ennek pont az ellenkezője volt megfigyelhető. Hasonlóképpen csökkent a Visegrádi Együttműködés tagállamai között a hulladékkeletkezésben megfigyelhető részarányunk mértéke is. Így levonható az az óvatosságot következtetés, miszerint Magyarországon egy olyanfajta hulladékképződésbeli hullám figyelhető meg, mely jelentős mértékben megváltoztathatja a jövőbeni építési- és bontási hulladékok összetételét, különösen a tégl- és cserépipar és az építőszektor szerepének mértékét. Ennek alátámasztása érdekében, a soron következő alfejezetek a magyarországi tégl-, valamint cserép- és kerámiahulladékok képződésének és kezelésének aktuális helyzetképét fogják bemutatni, elemezni és értékelni.

1.1.3. A magyarországi tégl- és cserépiparhoz köthető hulladékképződés aktuális helyzetértékelése

Magyarország szerepe ugyan első olvasásra csekélynek tűnhet, valójában rendkívül fontos, jelentős pozíciót tölt be a nemzetközi viszonyokban, hiszen tagja annak az uniós szektorális régióknak, amely mind az agyag- és kaolin felhasználásban, mint pedig az ásványi hulladékképződésben az élen áll. Ebből kifolyólag hazánk szerepének megítélése további vizsgálatokat igényel. A környezetvédelmi, természetvédelmi, vízvédelmi hatósági és igazgatási feladatokat ellátó szerveknél a környezet terhelésével és a környezet állapotával kapcsolatban számos adat áll rendelkezésre. Ezek egy része a területi szervek saját méréseiből, másik része a környezethasználók jogszabályi előírások alapján tett adatszolgáltatásaiból származik. Az adatok központi számítógépes adatbázisba kerülnek olyan módon, hogy a méréseket végző, valamint az adatszolgáltatásokat feldolgozó szervek az Agrárminisztérium által üzemeltetett informatikai rendszerhez kapcsolódva közvetlenül a központi adatbázisba viszik fel az adatokat. Ez a rendszer a már említett OKIR. Ebből kifolyólag ez a rendszer a hazai hulladékgazdálkodási helyzetkép nyomon követésének egyik legkézenfekvőbb és leghasznosabb eszköze is egyben. A korábbiakban is említett Egységes Hulladékgazdálkodási Információs Rendszermodul (a továbbiakban: EHIR)⁵⁴¹ segítségével 2004 és 2019 között országos és regionális szinten is elemezhetők az egyes hulladékfrakciókra vonatkozó adatok, mind a kezelési, mind pedig a keletkezési paramétereknek megfelelően. Az EHIR alapját egy adatszolgáltatási kötelezettségen alapuló bevallási rendszer adja, mely érinti a hulladéktermelőket, a hulladékbegyűjtőket, a kereskedőket és természetesen a hulladékkezelőket is. A vizsgált hulladékfrakciók jelen esetben a következők:

- 1012 – kerámiaárúk, téglák, cserепek és építőipari termékek termeléséből származó hulladék;
- 170102 – téglák;
- 170103 – cserép és kerámia.

⁵⁴¹ Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer, Egységes Hulladék Informatikai Rendszermodul. Elérhető: <http://web.okir.hu/sse/?group=EHIR> (A letöltés dátuma: 2021.10.25).

1.1.4. A kerámiaárak, téglák, cserepek és építőipari termékek termeléséből származó hulladékok magyarországi képződésének helyzetképe

A magyarországi kerámiaipar tevékenysége során keletkező hulladékok csoportja rendkívül összetett. 2004 és 2019 között összesen 297 252,2 tonnányi hulladék keletkezett, mely egyaránt tartalmaz veszélyes és nem veszélyes komponenseket is. A lenti táblázatban található EHIR adatok alapján, a legnagyobb részarányban, azaz 44,7%-os részesedéssel a kiégetett kerámiák, téglák, cserepek és építőipari termékek hulladéka áll. A második legnagyobb hulladékfrakciót a kiselejtezett öntőformák szolgáltatják, hiszen összesített mennyiségük meghaladta a 74.801,9 tonnát (25,2%). Ezt a hőkezelésre előkészített és hulladékká vált keverékek követik 69.842,6 tonnával (23,5%). A szektor viszonylagos tisztaságát mutatja, hogy ezekhez az adatokhoz képest, jóval szerényebb mennyiségben vannak jelen olyan hulladékok, mint a nehézfémeket tartalmazó zománcozási hulladékok, vagy a gázok kezeléséből származó és veszélyes anyagokat tartalmazó szilárd hulladékok. Utóbbiról az is elmondható, hogy a 2004 és 2019 között mindösszesen 2,9 tonnányi keletkezett hazánkban.

2004-ben összesen 16 474 853 kg-nyi, azaz 16.474,8 tonna e hulladékcsoporthoz tartozó hulladék keletkezett Magyarországon. 2019-re ez a szám már 24.346.367 kg, azaz 24.346,4 tonna volt. Ahogy az a lenti ábrán is jól látható, az egyes hulladékfrakciók alakulása hullámzó tendenciát követett. A vizsgált időszak maximuma 2006-ban volt, hiszen ekkor a keletkezett mennyiség 27.772,7 tonna volt. A minimum év 2009-ben volt, mely feltételezhetően a 2008-as gazdasági világválság miatt az építőipari visszaesések következtében állhatott elő elsősorban. Ez is azt támasztja alá, hogy a téglá- és tetőcserép termékek felhasználása szezonális jelleget tükröz, mely a felhasznált anyagmennyiségben és a keletkezett hulladékok mennyiségi és minőségi összetételében is megmutatkozik.

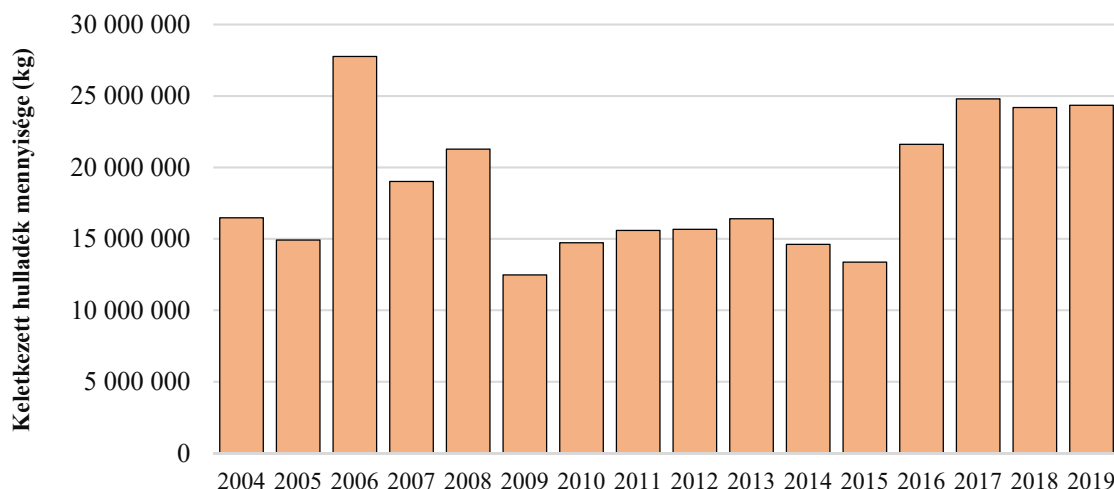
A magyarországi kerámiaiparhoz kapcsolódó hulladékok keletkezésének alakulása

Hulladék kategória:	2004 (kg)	2019 (kg)	Hulladék mennyisége (kg, 2004-2019)	Változás '04-'19 %
A folyékony hulladéknak a képződése helyén történő kezeléséből származó iszapja	–	406.452	8.558.007	+2,88%
Gáz kezeléséből származó, veszélyes anyagokat tartalmazó szilárd hulladék	–	–	2.904	+0,001%
Hőkezelésre előkészített, hulladékká vált keverék	3.232.963	7.098.830	69.842.631	+23,5%
Kiégetett kerámiák, téglák, cserepek és építőipari termékek hulladéka	7.242.588	11.895.994	132.913.692	+44,7%
Kiselejtezett öntőforma	4.433.184	4.460.195	74.801.917	+25,2%
Közelebbről meg nem határozott hulladék	1.380.998	15.680	6.423.812	+2,2%
Nehézfémeket tartalmazó zománcozási hulladék	26.563	36.633	646.882	+0,22%
Szilárd részecskék és por	103.210	430.120	3.918.223	+1,32%
Zománcozási hulladék, amely nem tartalmaz nehézfémeket	55.347	2.463	144.155	+0,05%

Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A vizsgált időszak alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy a magyarországi alszektor fellendülése a 2015-2016 évfordulóban következhetett be, hiszen a két év között 1,62-szeres a növekedés mértéke. A 2019-re előállt állapotok szerint, a hulladékok mennyisége ismét növekvő

tendenciát követ. A záróév adata közel 1,95-szöröse a 2009-es minimum értéknek. A 2004 és 2019 közötti változás értéke +47,8%.



Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A magyarországi kerámiaiparhoz köthető hulladékok alakulása (kg, 2004-2019)

A magyarországi kerámiaiparhoz köthető hulladékok eloszlása (2004-2019)

Régió	2004	2019	Összes hulladék mennyisége (kg) (2004-2019)
Budapest	210.816	–	1.609.650
Pest	1.250.916	1.518	6.924.068
Közép-Dunántúli	205.253	11.389.910	53.589.864
Nyugat-Dunántúli	994.634	352.662	28.928.472
Dél-Dunántúli	28.983	31.708	1.815.756
Észak-Magyarországi	2.177.315	898.882	23.369.244
Észak-Alföldi	1.194.560	53.480	8.452.897
Dél-Alföldi	10.412.376	11.618.207	172.562.272

Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A magyarországi régiók közül a legnagyobb mennyiségű hulladékot a Dél-alföldi régió termelte (58,05%), mely több másik régió adatának többszörösét is kiteszi. Érintettség szempontjából a második régió a Közép-Dunántúl (18,03%), melyet a Nyugat-Dunántúl követ (9,73%). Ezzel szemben a legelhanyagolhatóbb mennyiséget a budapesti régió termelte, hiszen annak részesedése még az 1%-ot sem éri el. Az e kategóriába sorolandó hulladékok köre jelentős mértékben függ az adott régió gazdasági szerkezetétől, valamint a magyarországi kerámiaipari tevékenységet folytató vállalkozások és üzemek földrajzi elhelyezkedésétől.

1.1.5. A téglahulladék magyarországi képződésének helyzetképe

A 2004 és 2019 között Magyarországon mintegy 813 135 895 kg-nyi, azaz 813 135,9 tonna téglahulladék keletkezett, melyekért egyértelműen az építési- és bontási tevékenység volt a felelős. 2004-ben közel 1 652,2 tonnára volt tehető e hulladékfrakció nagysága. Azonban 2019-re ez a szám az 57,3-szorosára növekedett, azaz 94 711,9 tonna volt a téglahulladék mennyisége. A két év közötti változás nagysága rendkívül magas, közel +5632,4%-os növekedés. Ennek oka feltételezhetően az

OKIR rendszer bővülése, a hulladékbejelentési folyamat fejlődése lehet, azonban ez egyértelműen nem kijelenthető ezen adatok alapján. Ahogy a legtöbb építési- és bontási hulladék, úgy jelen esetben a téglahulladék is két frakcióra bontható, melyet a lenti táblázat is szemléltet. Ezek alapján elszeparálhatunk egymástól elsődleges és másodlagos hulladékokat is, mely egy (elsősorban téglahulladék esetén) a keletkezési jellemzők által lehatárolt kategóriarendszer.

A hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről szóló 309/2014. (XII. 11.) Korm. rendelet⁵⁴² a következőképpen határozza meg e két fogalmat:

- elsődleges hulladék: közvetlenül az eredeti hulladéktermelőtől származó, nem hulladékkezelés során képződő hulladék;
- másodlagos hulladék: hulladékkezelés során képződő, további kezelést igénylő hulladék, amely hulladéktípusában, de legalább fizikai megjelenési formájában eltér a kezelt hulladéktól.

A magyarországi téglahulladék keletkezésének alakulása

Év	Elsődleges hulladék (kg)	Másodlagos hulladék (kg)	Összesen (kg)	Változás (%)
2004	1.652.208	–	1.652.208	–
2005	14.158.330	3.480	14.161.810	+757,14%
2006	18.648.674	–	18.648.674	+31,68%
2007	27.703.274	110.000	27.813.274	+49,14%
2008	24.674.260	477.300	25.151.560	-9,57%
2009	64.516.315	901.400	65.417.715	+160,09%
2010	25.300.890	1.623.200	26.924.090	-58,84%
2011	34.217.639	234.800	34.452.439	+27,96%
2012	66.335.511	1.564.633	67.900.144	+97,08%
2013	56.350.101	4.022.440	60.372.541	-11,09%
2014	50.190.501	17.732.500	67.923.001	+12,51%
2015	45.618.505	15.248.420	60.866.925	-10,39%
2016	42.973.124	31.465.506	74.438.630	+22,30%
2017	47.427.866	17.427.766	64.855.632	-12,87%
2018	45.966.632	61.878.722	107.845.354	+66,29%
2019	53.983.918	40.727.980	94.711.898	-12,18%
Összesen (kg)	619.717.748	193.418.147	813.135.895	–
Változás '04-'19	3167,38%	–	5632,44%	–

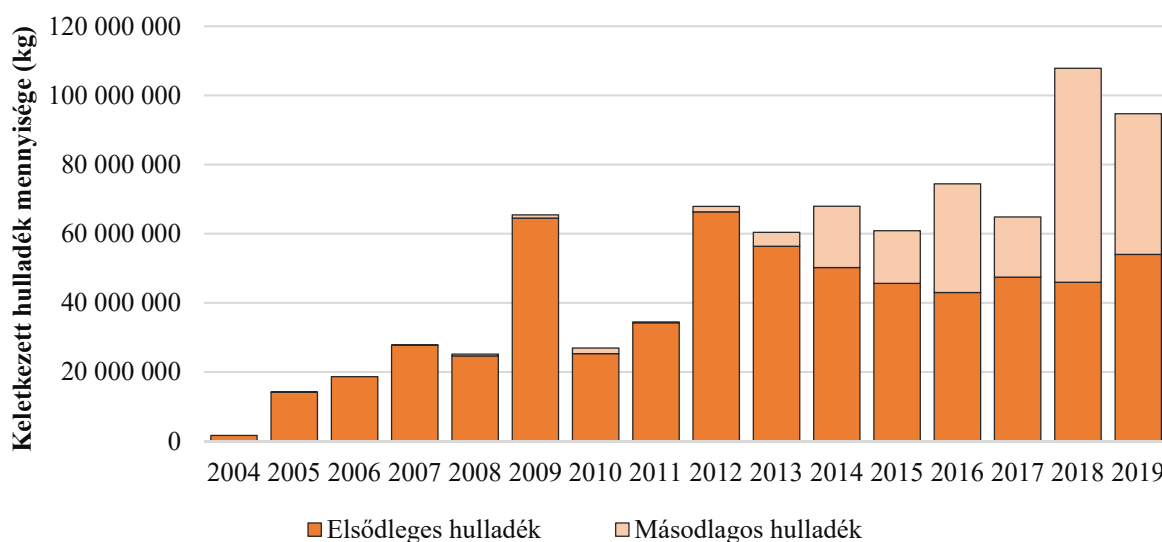
Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A hulladékkeletkezési maximumot a 2018-as év szolgáltatta, mivel ebben az évben 107 845 354 kg-nyi téglahulladék keletkezett, melynek egyedülálló módon mintegy 57,4%-a másodlagos eredetű hulladékkeletkezéssel került regisztrálásra. A minimum évnek ezzel szemben már a 2005-ös évet lehet tekinteni, ha az OKIR 2004-es indulását nem vesszük figyelembe. 2005-ben mintegy 14 161 810 kg-ra volt tehető a képződött téglahulladék.

⁵⁴² 309/2014. (XII. 11.) Korm. rendelet a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről.

A következő ábrán a vizsgált hulladékfrakció idősoros alakulása látható. Az eddigiekkel ellentétben a 2008-as gazdasági világválság hatása nem egyértelműen megállapítható, hiszen az azt követő évben egy helyi maximum érték alakult ki, melyet aztán jelentős visszaesés követett.

A magyarországi téglahulladék idősoros alakulása (kg, 2004-2019)



Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A hulladékképződés időbeli alakulása egyáltalán nem mutat egyenletes képet. Ez csakugyan elmondható tény akkor, ha a területi eloszlást vizsgáljuk. Magyarországon alapvetően 8 darab regionális egység különíthető el, ahol széles skálát mutat a keletkezett téglahulladék mennyisége.

A keletkezett téglahulladék területi eloszlásának különbségei (2004-2019)

Régió	2004	2019	Összes hulladék mennyisége (kg) (2004-2019)
Budapest	98.000	2.363.970	107.680.481
Pest	553.720	49.085.360	165.162.892
Közép-Dunántúli	11.873	2.568.425	65.400.479
Nyugat-Dunántúli	6.640	16.799.670	105.199.908
Dél-Dunántúli	26.565	6.584.720	75.611.686
Észak-Magyarországi	25.070	4.553.430	80.662.864
Észak-Alföldi	738.740	8.297.303	147.878.829
Dél-Alföldi	191.600	4.459.020	65.538.756

Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A 2004-es és a 2019-es évek közötti adatok alapján jelentős területi különbségek azonosíthatók. A legnagyobb mennyiségű téglahulladékot a pesti régió termelte, mely olyan nagymértékű, hogy akár több régió adatának kétszeresét is kitenné. Ezt követi aztán az Észak-alföldi régió, majd pedig Budapest. A legkisebb hulladékmennyiséget érdekes módon a Közép-dunántúli régió termelte az

EHIR alapján. Általánosságban elmondható, hogy egy adott hulladékfrakció és annak területi, időbeli eloszlása valamilyen formában átfogó képet mutat az adott terület, térség, régió gazdasági helyzetképéről is.

A téglahulladék tipikusan olyan hulladékcsoporthoz tartozik, amely már első olvasásra is rögzítve az építőiparhoz kötődik, alakulásával pedig következtetni tudunk a szektor élénkülésére vagy éppenséggel annak mérséklődésére. Magyarországon azonban nem csak az építőipar termel téglahulladékot, sőt az EHIR szerint az évek előrehaladtával egyre több TEÁOR kóddal ellátott gazdasági ágazatot találunk, amely valamilyen formában hozzájárult a magyarországi téglahulladék keletkezéséhez.

A lenti táblázat adatai alapján elmondható, hogy 2019-ben több gazdasági szektor is megjelent kisebb-nagyobb mennyiséggel a téglahulladékok termelésében. Ahogy az várható volt, elsősorban olyan, az építőiparhoz közvetlenül vagy közvetve kapcsolódó ágazatok jelentek meg nagy számban, mint az épületek építése, a speciális szaképítés, de ugyancsak nagy mennyiséget termelt a járműgyártás is. Külön érdekesség, hogy számos olyan szektor is megjelent a vizsgált évben – igaz jóval elhanyagolhatóbb mennyiséggel –, mint a feldolgozás, a villamos berendezések gyártása, a könnyűipar megannyi alszektora és ágazata, de a szerencsejáték is. Feltételezhetően ezek elsődleges származási oka nem más, mint, hogy a szektoron belüli vállalatoknál bontási tevékenység történt, mely szintén az építésgazdasággal mutat összefüggést. Mindezek a tények is azt támasztják alá, hogy egy olyan hulladékcsoporthoz beszélünk, amelynek keletkezése több szektort érint, ebből kifolyólag mellőzhetetlen igény lesz az építési-bontási hulladékok keletkezésének olyan irányú mérséklésére, amely a körforgásos gazdaság, az ipari ökológia eszköz- és módszerrendszerein keresztül valósul majd meg a közeljövőben.

A téglahulladék területi eloszlásának különbségei (2004-2019)

Gazdasági tevékenység (TEÁOR) megnevezése	2019 (kg)
Növénytermesztés, állattenyésztés, vadgazdálkodás és kapcsolódó szolgáltatások	69.680
Fafeldolgozás (kivéve: bútort), fonottáru gyártása	5.500
Papír, papírtermék gyártása	46.775
Kokszgyártás, kőolaj-feldolgozás	470.020
Gumi-, műanyag termék gyártása	14.620
Nemfém ásványi termék gyártása	14.940
Fémalapanyag gyártása	84.270
Fémfeldolgozási termék gyártása	39.120
Villamos berendezés gyártása	7.900
Közúti jármű gyártása	69.000
Egyéb jármű gyártása	4.407.060
Bútorgyártás	5.680
Egyéb feldolgozóipari tevékenység	11.760
Villamosenergia-, gáz-, gőzellátás, légkondicionálás	3.340
Hulladékgazdálkodás	34.280
Épületek építése	8.686.583
Egyéb építmény építése	2.515.850
Speciális szaképítés	37.108.540

Gazdasági tevékenység (TEÁOR) megnevezése	2019 (kg)
Nagykereskedelem (kivéve: jármű, motorkerékpár)	21.940
Kiskereskedelem (kivéve: gépjármű, motorkerékpár)	12.410
Szárazföldi, csővezetékes szállítás	59.950
Raktározás, szállítást kiegészítő tevékenység	22.930
Ingatlanügyletek	216.510
Építményüzemeltetés, zöldterület-kezelés	13.110
Szerencsejáték, fogadás	1.630
Érdekképviselés	40.520

Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

1.1.6. A cserép és kerámiahulladékok magyarországi képződésének helyzetképe

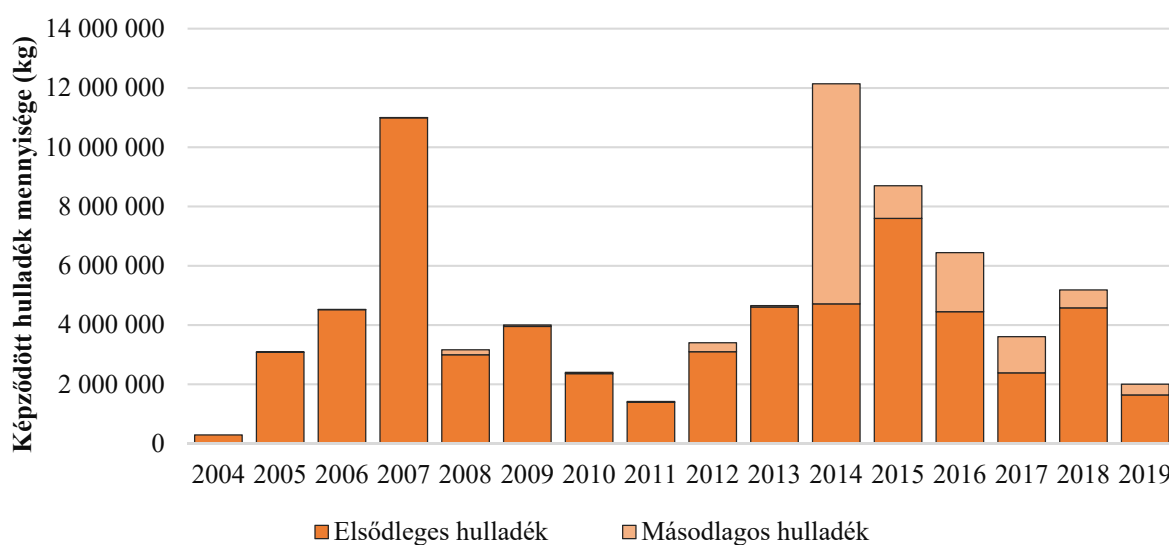
2004 és 2019 között Magyarországon mintegy 76 030 775 kg-nyi, azaz 76 030,8 tonnányi cserép- és kerámiahulladék keletkezett, mely elsősorban építési- és bontási tevékenységből származott. Míg 2004-ben 291,4 tonna volt ez a szám, addig 2019-re már majdnem meghétszereződött, hiszen 2 004,9 tonnára növekedett. Az intervallum két végpontja közötti változás nagysága jelentős, közel +588%. A lenti táblázatban foglalt adatok szerint ez a hulladékmennyiség is további két frakcióra osztható. Megkülönböztethetünk elsődleges és másodlagos hulladékokat is, melyek azok keletkezési jellemzőiktől függően kerülnek meghatározásra, mely utóbbiak nagy valószínűséggel az egyes frakciók elszeparálásából származhatnak.

A magyarországi cserép- és kerámiahulladékok keletkezésének alakulása

Év	Elsődleges (kg)	Másodlagos (kg)	Összesen (kg)	Változás (%)
2004	291.374	–	291.374	–
2005	3.076.193	16.000	3.092.193	+961,25%
2006	4.519.643	14	4.519.657	+46,16%
2007	10.996.143	971	10.997.114	+143,32%
2008	2.996.351	168.500	3.164.851	-71,22%
2009	3.954.788	49.800	4.004.588	+26,53%
2010	2.361.328	44.081	2.405.409	-39,93%
2011	1.392.905	26.421	1.419.326	-40,99%
2012	3.101.204	301.361	3.402.565	+139,73%
2013	4.605.390	49.423	4.654.813	+36,80%
2014	4.716.343	7.423.244	12.139.587	+160,80%
2015	7.598.066	1.100.740	8.698.806	-28,34%
2016	4.448.751	1.994.605	6.443.356	-25,93%
2017	2.388.877	1.220.320	3.609.197	-43,99%
2018	4.578.931	604.124	5.183.055	+43,61%
2019	1.642.778	362.106	2.004.884	-61,32%
Összesen (kg)	62.669.065	13.361.710	76.030.775	–
Változás '04-'19	+464%	+2163% ('05-'19)	+588%	–

Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A hulladékképződéshez tartozó csúcspontot kétségtelenül a 2014-es év adta, hiszen abban az évben 12.139.587 kg-nyi hulladék keletkezett, melynek egyedülálló módon mintegy 61,15%-a másodlagos képződéssel került regisztrálásra. A minimum évnek ezzel szemben már a 2011-es évet lehet tekinteni, hiszen, ha az OKIR 2004-es indulását nem vesszük figyelembe, pusztán 1.419.326 kg-ra volt tehető a képződött cserép- és kerámiahulladék mennyisége. A lenti ábrán megfigyelhető egy érdekes jelenség is. A 2008-as gazdasági világválság egyértelmű jelét mutatta az építési és bontási tevékenységekből származó hulladékok visszaesésében, hiszen a kevesebb építőipari szektort érintő beruházás, korszerűsítés, fejlesztés és építészeti tevékenység egyenes ágon azt eredményezi, hogy csökken a képződő hulladékok mennyisége is. A 2008-as évet követően egy 2011-ig tartó folyamatos visszaesés figyelhető meg, és csak a 2014-es érték tudta felülmúlni a 2007-es hulladékképződési adatokat. Jelen esetben az adatbázis kiemelkedő nagyságú másodlagos hulladékmennyiséget tartalmazott.



Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A magyarországi cserép- és kerámiahulladékok idősoros alakulása (kg, 2004-2019)

A hulladékképződés időbeli alakulása tehát közel sem egyenletes. Hasonlóképpen érdekesen alakultak az értékek területi szinten is. Magyarországon alapvetően 8 régió különíthető el egymástól, melyek között jelen esetben is nagy differencia állapítható meg.

A cserép és kerámia hulladékok területi eloszlásának különbségei (2004-2019)

Régió	2004 (kg)	2019 (kg)	Összes hulladék mennyisége (kg) (2004-2019)
Budapest	280	290.912	9.696.395
Pest	17.812	426.987	4.644.540
Közép-Dunántúli	16.915	52.906	8.090.718
Nyugat-Dunántúli	13.300	604.947	10.809.630
Dél-Dunántúli	8.172	115.319	5.167.582
Észak-Magyarországi	209.138	176.291	7.031.488
Észak-Alföldi	25.637	120.679	5.404.327
Dél-Alföldi	120	216.843	11.824.385

Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

Jól látható eltérések mutathatók ki a 2004-es és a 2019-es adatok között. A legnagyobb mennyiségű hulladékot a Dél-alföldi régió termelte. Ezt követi aztán a Nyugat-Dunántúl, majd pedig Budapest. A legkisebb hulladékmennyiséget érdekes módon Pest megye produkálta az EHIR szerint, annak ellenére, hogy az a régió Magyarország egyik legdinamikusabban fejlődő és legtöbb beruházását megvalósító regionális egysége. Általánosságban olyan összefüggéseket lehet kimutatni a hulladékképződés időbeli, területi és szektorális eloszlásáról, amelyek szoros kapcsolatot mutatnak az adott terület, régió, közigazgatási egység társadalmi és gazdasági helyzetével. A cserép- és kerámiahulladék képződése arra enged minket következtetni, hogy elsősorban tehát az építkezési tevékenységek fellendülése vagy éppenséggel azok lassulása és elmaradása következett be az adott időszakban. Magyarországon azonban nem csak az építőipar termel ilyen hulladékot, noha hozzá kell tenni, hogy a többi szektor által termelt mennyiség közel sem akkora mértékű. Külön érdekesség, hogy ahogy haladunk előre az egyes vizsgálati években, az EHIR adatbázisában, annál több TEÁOR kóddal ellátott gazdasági ágazatot találunk, amely valamilyen formában hozzájárult a magyarországi cserép- és kerámiahulladékok termelődéséhez.

A lenti táblázat adatai szerint, 2019-ben számos gazdasági szektor képviselte magát a cserép- és kerámia hulladékképződés terén. Látható, hogy elsősorban azok az építőiparhoz közvetlenül vagy közvetve kapcsolódó ágazatok jelentek meg nagy számban, mint az épületek építése, a speciális szaképítés, de második legnagyobb mennyiséget termelte ugyancsak a nemfém ásványi termékgyártás. Érdekesség, hogy olyan szektorok is, mint a növénytermesztés, a gumi- és műanyagtermékek gyártása, vagy akár az információs szolgáltatás szintűgy jelen volt, igaz igen csekély hulladékképződéssel. A hulladék másodlagos erőforrásként való újrafelhasználása egy lépés a fenntartható fejlődés és a körforgásos gazdaság felé, amely képes megfékezni a szűz erőforrások túlzott felhasználását, miközben megoldja a hulladékkal kapcsolatos környezetvédelmi problémákat.⁵⁴³

Mindezek a tények is azt támasztják alá, hogy a közeljövőben fokozott együttműködés szükségeltetik az egyes szektorok között annak érdekében, hogy a már keletkezett cserép- és kerámia hulladékok körforgásos gazdasága és hulladékgazdálkodása megvalósulhasson Magyarországon.

⁵⁴³ GEISSDOERFER Martin - SAVAGET Paulo - BOCKEN Nancy M.P. - HULTINK Erik Jan (2017): The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*.vol. 143. 757 – 768.

A cserép és kerámiahulladékok területi eloszlásának különbségei (2004-2019)

Gazdasági tevékenység (TEÁOR) megnevezése	2019 (kg)
Növénytermesztés, állattenyésztés, vadgazdálkodás és kapcsolódó szolgáltatások	12
Élelmiszergyártás	1.800
Textília gyártása	5.740
Kokszgyártás, kőolaj-feldolgozás	9.220
Gumi-, műanyag termék gyártása	503
Nemfém ásványi termék gyártása	331.030
Fémfeldolgozási termék gyártása	1.428
Számítógép, elektronikai, optikai termék gyártása	2.704
Villamos berendezés gyártása	9.867
Ipari gép, berendezés, eszköz javítása	690
Villamosenergia-, gáz-, gőzellátás, légkondicionálás	260.117
Hulladékgyazdálkodás	–
Épületek építése	290.790
Egyéb építmény építése	161.900
Speciális szaképítés	351.103
Nagykereskedelem (kivéve: jármű, motorkerékpár)	15.190
Kiskereskedelem (kivéve: gépjármű, motorkerékpár)	74.870
Szárazföldi, csővezetékes szállítás	7.760
Raktározás, szállítást kiegészítő tevékenység	8.323
Szálláshely-szolgáltatás	740
Információs szolgáltatás	9
Ingtanügyletek	94.830
Építészmérnöki tevékenység; műszaki vizsgálat, elemzés	3.730
Építményüzemeltetés, zöldterület-kezelés	6.265
Érdekképviselés	2.440
Egyéb személyi szolgáltatás	230

Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

1.2. A hazai ágazat elemzése⁵⁴⁴

Napjainkban hazai téglá- és cserépipar által előállított termékek gyártásának egyik sajátossága, hogy azok előállítására jórészt belföldön kerül sor. Az égetett kerámia építési termékek gyártói által használt legfontosabb alapanyag az agyag, hazánk mintegy egyötöd része agyaggal fedett.⁵⁴⁵ Az elérhető agyag eltérő anyagi minőséggel jellemezhető lelőhelytől függően, mely meghatározza a belőle gyártott egyes termékek sajátosságait, tulajdonságait.

1.2.1. A szektor vezető vállalatainak teljesítménye, termékek, technológiák, újrahasznosításról alkotott képük

A magyar téglá- és cserépipar gyártóinak tulajdonosi átalakulása az 1990-es évek elején zajlott le. Napjainkban mind a téglá, mind a cserépipar magántulajdonban van.

A Nemzeti BAT útmutató a téglá- és cserépipar számára című, 2003-as dokumentumtervezet még 63 db téglá- és cserépgyárat sorol fel földrajzi elhelyezkedés alapján.

A Gazdasági Versenyhivatal (továbbiakban: GVH) 2021-ben készült (az iparágon belül a kerámia falazóelemek piacával foglalkozó) jelentése tizenhárom hazai téglagyártási helyszínt nevez meg.⁵⁴⁶ Magyar Téglá és Tetőcserép Szövetség (továbbiakban: MATÉSZ) ugyanakkor 15 db működő téglagyárról tud (a GVH jelentésében szereplő egyik helyszínen két létesítmény is működik, illetve a MATÉSZ információi szerint van még egy további hazai gyár is), valamint 4 db cserépgyárat, így összesen 19 db létesítményt tart nyilván. A jelenleg működő gyárak számát és elhelyezkedését a MATÉSZ adatai alapján a következő táblázat mutatja be.

A gyárak számában tapasztalható csökkenés 2003 és 2021 között elsősorban a 2010-es években történt gazdasági válsággal, illetve a lakásépítések számának jelentős csökkenésével magyarázható (kisebb gyárak megszűnése).

Napjainkban a hazai piac legjelentősebb szereplői a Wienerberger Téglaiipari Zrt. (tégla és cserép), a Leier Hungária Kft. (tégla) és a Creaton South-East Europe Kft. (cserép), mely cégek hazai gyártással és import tevékenységgel is foglalkoznak. Az országban további téglagyártással foglalkozó cégek is elérhetők, azonban ezek jelentősen kisebb gyártási kapacitással rendelkeznek.

⁵⁴⁴ Az 1.2. alfejezet Kozma Katalin egyetemi docens írása.

⁵⁴⁵ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁵⁴⁶ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

A 2021-ben nyilvántartott jelenleg működő gyárak száma és elhelyezkedése
(MATÉSZ-tagok és nem tagok gyárai együtt)⁵⁴⁷

Megnevezés	Működő gyárak száma (darab)	Működő gyárak helyszíne
Tégla	15	<ul style="list-style-type: none"> – Balatonszentgyörgy – Békéscsaba – Devecser – Kisújszállás – Kőszeg (2 gyár: tégl + gerenda) – Mályi – Mátraderecske – Máza – Mezőberény – Pápateszér – Serényfalva – Solymár – Tapolca – Tiszavasvári
Cserép	4	<ul style="list-style-type: none"> – Békéscsaba – Csorna – Lenti (2 gyár)

Forrás: szakmai egyeztetés alapján, a szerző saját készítése.

A GVH jelentéséből kiderül, hogy a hazai téglagyárak költség szerkezetének több mint 60%-át az energia-, a személyi és az anyagköltség teszi ki, mely hatással van termékeik árának alakulására. A vizsgált három fő költségelem közül döntően a saját kitermelésű alapanyagok ára nőtt a legkevésbé, itt mindössze kisebb áremelkedés vagy esetenként stagnálás volt tapasztalható 2017 és 2020 között. A vállalatok összesített költségei 10% és 45% közötti mértékben növekedtek 2017-ről 2020-ra. 2021-ben további növekedés látható, főként a fűrészpör, a raklap és a munkabérek területén. A legnépszerűbb kerámia-falazóelemek árának alakulását mutatja be a lenti táblázat. Összességében elmondható, hogy az értékesítési árak a költségekkel összhangban, esetleg annál valamivel nagyobb mértékben nőttek. A GVH dokumentációjában megjelennek a vállalati eredménykimutatások is, mely adatok azt mutatják, hogy a vállalati profitok, ha nem is kiugró mértékben, de pozitív irányba mozdultak el.⁵⁴⁸

⁵⁴⁷ MATÉSZ adatszolgáltatás alapján.

⁵⁴⁸ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-i-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

A legnépszerűbb hazai kerámia-falazóelemek gyártói értékesítési átlagárának alakulása⁵⁴⁹

Termék	Gyártó átlagár változása 2017-ről 2020-ra	Gyártó átlagár változása 2018-ról 2020-ra	Gyártó átlagár változása 2020-ról 2021 első félévig
30 cm-es NF falazótégla	25–41%	5–17%	-4–3%
38 cm-es NF falazótégla	38–51%	17–20%	-4–5%
10 cm-es NF válaszfaltégla	36–43%	8–17%	-4–5%

Forrás: Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról 2021.

A kerámiaiparban a gyártási technológia és a felhasználási terület határozza meg azt, hogy durva vagy finomkerámia gyártására kerül sor. A téglá- és cserépipari termékek a durvakerámiák közé tartoznak.⁵⁵⁰ A GVH által 2021-ben készített ágazati vizsgálat a kerámia falazóelemeket statikai funkciójuk, felhasználási céljuk szerint három fő kategóriába sorolta, melyek az alábbiak:

- falazótéglák,
- válaszfaltéglák, és
- áthidalóelemek.⁵⁵¹

A termékek gyártásához szükséges nyersanyag az agyag, mely leginkább a gyártók saját tulajdonú külszíni fejtésű bányáiból származik. A kitermelés ütemezése éves szinten kerül meghatározásra a gyártó által. A gyártás során az előkészített agyaghoz további adalékanyagokat adnak, például fűrészpor, szénpor, egyéb pórusképző és plasztifikáló anyagok, majd préselik, vákuum alatt extrudálják, végül az előgyártott téglát felvágják.⁵⁵²

A *falazótéglák* kategóriáján belül rendkívül sokféle technológiájú kerámia falazóelem-típus létezik:

- a hagyományos, szinte minden gyártó által előállított kisméretű tömör téglá: régebben házépítésre használták, manapság már inkább előfalazatként, burkolótéglaként, esetleg kéményfelújításra, pillérek kialakítására, mert a hatályos hőszigetelésre vonatkozó előírásoknak nem felel meg, valamint kis méretük miatt az ebből történő építkezés nagyobb munkaterhet jelent;
- hanggátló téglá (például Leiertherm 25/30 AKU téglá, Porotherm 30 AKU Z téglá, Bakonytherm ZajStopp téglá, illetve az import Heluz Aku téglá): például társasházak építése során fontosak, ahol általában lakásválasztó falak készülnek belőlük az egyes zajok minimálisra csökkentése érdekében;

⁵⁴⁹ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁵⁵⁰ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

⁵⁵¹ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁵⁵² Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

- okos vagy kőzetgyapot, polisztirol hőszigetelőbetéttel gyártott töltött téglák (például a Porotherm X-therm és a Porotherm Thermo téglacsalád, a LeierPLAN 44 iSO, vagy az import Heluz Family 2in1 töltött téglák): az okostéglák kimagasló technológiai újítása, hogy hőszigetelő képességük 40-60%-kal jobb, mint az ugyanolyan falvastagságban kapható hagyományos, nűtfédes falazóelemeké. Akár monolit falazatként, egy rétegben, utólagos hőszigetelés nélkül is alkalmasak az egyre szigorodó épületenergetikai előírások kielégítésére, melynek következtében szinte zéró energiaigényű lakóházak, és akár passzívházak építésére kiválóak.⁵⁵³

Rendkívül elterjedtek az üreges kerámia-falazóelemek, mivel kedvezőbb hőszigetelési és hőtároló tulajdonságokkal rendelkeznek, melynek révén a falak gyors felmelegedését és lehűlését egyaránt kontrollálni lehet. Technológiai szempontból is kedvező a gyártásuk, mert gyorsabban száríthatóak, rövidebb idő alatt égethetőek, és – üreges jellegüknél fogva – értelemszerűen kevesebb alapanyag szükséges az előállításukhoz, kisebb súlyuk miatt pedig nagyobb méretben is előállíthatók, ezzel gyorsítva a falazási munkálatokat és könnyítve a szállítást. Ezen típus technológiai újításaként jelent meg a töltött téglák gyártása, mely során a kialakított üregeket hőszigetelő anyaggal töltik ki, tovább növelve a szigetelési képességet, valamint a hangszigetelést. Ennek hatalmas előnye, hogy elhagyható a falra rakott egyéb utólagos, homlokzati szigetelőanyag-réteg és természetesen ez is hozzájárul az építési munkálatok gyorsabb elvégzéséhez.⁵⁵⁴

A téglagyártás során még különbséget kell tenni abban, hogy a falazóelem kialakítása nűtfédes, illetve egyúttal csiszolt kialakítású-e. Hazánkban túlnyomó részben nűtfédes kerámia falazóelemeket használnak az építkezők, mivel ezek előnye, hogy az elemek oldalán kialakított horony, ereszték segítségével kapcsolódnak egymásba, így a téglák közé függőlegesen nem kell habarcsot tenni, mindössze vízszintesen, a téglák tetejére. A nűtfédes téglákban belül külön kategóriát alkotnak az egyre népszerűbb csiszolt téglák: ezek teteje, azaz felfekvő felülete is csiszolásra kerül annak érdekében, hogy jobban illeszkedjenek a többi falazóelemhez. Méretpontosabbak, de drágábbak, áruk a norma szerint szükséges kötőanyagot is tartalmazza.⁵⁵⁵

Összességében azonban elmondható, hogy a sokféle falazóelemen közös, hogy alapvetően tartó- és teherhordó szerkezetként felelnek az épület stabilitásáért, továbbadják az alapozási szerkezetnek a falak, a föld és a tetőszerkezet súlyát, de sok más egyéb erőhatás (például hasznos terhelés, szélnyomás, szélszívás) által kifejtett terhelést is ezek hordanak. Jellemzően 20, 25, 30, 38, 44, 45 és 50 cm vastag falazótéglák kaphatók hazánkban, melyek közül a legkeresettebbek a 25, 30 és 38 cm vastagságú kerámia-falazóelemek.⁵⁵⁶

⁵⁵³ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-i-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁵⁵⁴ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-i-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁵⁵⁵ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-i-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁵⁵⁶ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-i-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

Kerámia falazóelemeket térelválasztóként, azaz válaszfalként is alkalmaznak. A térelválasztásra használt elemek általában jóval keskenyebbek, a legnépszerűbbek jelenleg a 10, 12 és 20 cm-es termékek.

Az ágazat képviselői a különböző nyílások, nyílászárók fölé szükséges áthidaló elemek gyártásával is foglalkoznak. A termék célja, hogy megfelelő alátámasztást biztosítson a falazatnak, mint egy teherhordó szerkezet. Általában 9 vagy 12 cm körüli szélességűek, továbbá a leggyakrabban használt méretű áthidaló elemek az 1,25 méter hosszúságú darabok, azonban léteznek ennél jóval hosszabb, de ritkábban használt 3–3,5 méteres darabok is.

További kiegészítő termékek is megtalálhatóak a gyártók termékpalettáin, úgymint sarokelemek, felestéglák, koszorútéglák, U-zsalu elemek és pincetéglák is, amelyek a sarkok és egyéb különleges geometriájú helyek kialakításakor lehetnek szükségesek.⁵⁵⁷

A tetőcserép gyártás során is törekszenek minden igény kielégítésére a gyártók. A kerámia tetőcserepek előnyei, hogy 100%-ban természetes anyagból készülnek, hosszú élettartammal rendelkeznek, készítésük során optimális súly és méret megválasztás történik, kiváló mechanikai szilárdságú termék, az égetés során 1000 °C felett az agyag és a szín kémiailag egyesül, vagyis fuzionál, a termékek fagyálló, saválló, lúgálló (például savas eső, madárpiszok) tulajdonságokkal rendelkeznek. A piacvezető gyártók palettáján mind a nagy formátumú tetőcserepek, mind a tradicionális tetőcserepek megtalálhatóak. A nagy formátumú tetőcserepek előnyei, hogy méretükhöz alacsony négyzetméter-szükséglet társul, ezáltal a négyzetméterre jutó költség alacsony lehet. Méretének köszönhetően ritkább tetőlécezés, kevesebb faanyag szükséges, valamint a legnagyobb tetőfedő anyagokhoz képest viszonylag alacsony tömege miatt számos tetőkialakításra alkalmazható. Dupla oldal- és fejhornyrendszer kialakítású, mely hatékonyan gátolja meg a nedvesség szerkezetbe jutását. A felső hornyrendszer maximális védelmet biztosít alacsony hajlásszögű tetők esetében is. A labirintusrendszer megakadályozza az eső, a por és a porhó bejutását a fedél alá. Az oldalsó hornyrendszer gyorsan elvezeti a vizet és védi az épületet a nedvesség, illetve a por ellen.⁵⁵⁸

A tradicionális, íves vágású, jellemzően téglavörös vagy piros színű tetőcserép gyártása is nagy hagyományokkal rendelkezik. Többféle színben, kialakítással elérhető. A tető egyéni kialakításában többféle vágási formát is alkalmaznak, mint kerekvágás, szegmensvágás, egyenesvágás, hatszögvágás, toronycserép, gótikus vágás és kosárirés vágás.⁵⁵⁹ Kiválóan állja az idő és az időjárás próbáját egyaránt. Mivel a cserép a maximális törőszilárdságát már a kiégetés pillanatában eléri, az elkészült tető is az első pillanattól kiemelkedően bírja a terhelést.

A téglá- és cserépgyártás számos fejlődési fázison esett át, de a folyamat lényege ugyanaz maradt: az agyag kitermelése, előkészítése, formázása, szárítása és kiégetése, majd csomagolása és raktározása. A MATÉSZ-el folytatott szakmai beszélgetések rámutattak arra, hogy a gyártási folyamatban a technológiafejlesztésen kívül, illetve azzal összhangban kiemelt szerepe van a termékfejlesztéseknek és a karbonlábnyom csökkentésére való törekvésnek is, melyek Magyarországon is folyamatosak. A termékfejlesztés során két fő szempontot vesznek figyelembe (mind a kettő pozitívan érinti a környezeti lábnyomot):

⁵⁵⁷ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-i-keramia-falazoclemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁵⁵⁸ <https://www.wienerberger.hu/termek/tondach/tondach-xxl.html> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 27.).

⁵⁵⁹ <https://www.creaton.hu/termek/keramia-tetocserep/szinek-es-formak> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 25.).

- 1 tonna termék gyártásához minél kevesebb agyag, víz, energia felhasználása legyen szükséges (de úgy, hogy a termék azért értelem szerűen megőrizze kiváló tulajdonságait), például biomassza-arány növelése, alacsonyabb hőmérsékleten égetés, földgáz helyett zöldenergia felhasználása, valamint
- az előállított termék (tégla) felhasználása növelje az energiahatékonyságot (például a téglaporozitásának növelése révén a falazat hőszigetelő képességének növelése).

A fajlagos energiafelhasználás és ÜHG kibocsátás csökkentése, egyúttal a vevői igények minél magasabb szintű kielégítése érdekében, a folyamatos technológiai fejlesztés és innováció eredményeként, technológiai újítások és új, továbbra is újrahasználható, de a korábnál is tartósabb, jobb minőségű termékek jelentek meg – mindez hozzájárul a fenntarthatósági célok eléréséhez. A technológiai újítások nem csak a korszerű berendezések szintjén jelentek meg, hanem jelentős informatikai, automatizálási fejlődés is lezajlott az utóbbi évtizedekben. Az égetőberendezéseket korszerűsítették, a kemencék vezérlését számítógépek végzik. A kemencék üzemeltetéséhez többféle, az adott terméktípusra optimalizált programot alkalmazhatnak, ez az esetleges problémák kiküszöbölésére is gyors és hatékony reagálást tesz lehetővé. A szárított és égetett téglák mozgatása erősen automatizált, illetve robotizált. Összességében elmondható, hogy a hazánkban elérhető gyártási technológiákban megtalálhatóak a nemzetközi fejlesztési trendek vívmányai, de találunk még olyan kisebb cégeket, melyek kevésbé korszerű technológiával, hagyományos termékeket gyártanak.⁵⁶⁰

A gyártási folyamat a nyersanyag kitermelésével indul. A tégl- és cserépgyárak termékeik előállításához valódi, természetes nyersanyagból dolgoznak. Szinte kivétel nélkül saját anyagnyerő hellyel rendelkeznek, ahonnan törekednek a környezetbarát technológia alkalmazására a kitermelés során. Gazdaságossági okokból a termelési egységeket szinte kizárólag az agyagbányák mellé építik, mellyel költséghatékony és környezetkímélő módon járnak el (például szállításból eredő költségek megtakarítása, valamint az abból eredő környezetszennyezés kiküszöbölése). A felszíni agyagbányákat felhagyás után rekultiválják és a területet új funkcióval látják el.⁵⁶¹ A rekultivációs tevékenységet a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény végrehajtásáról szóló 203/1998. (XII. 19.) Korm. rendelet szabályozza. A rendelet 34.§-ának 6. pontjának megfelelően rekultiváció alatt „*bányászati tevékenységgel érintett föld alatti térségeknek környezetet nem veszélyeztető felhagyása vagy más célú hasznosításra alkalmassá tételét*” érti.⁵⁶² A kitermelő a bánya felhagyása során a tájrendezési munkálatokat a vízgazdálkodási, környezet-, természet- és tájvédelmi feltételek figyelembe vételével kell, hogy végezze. Ennek megfelelően az ágazat képviselőinek nem csak a technológiai megoldások korszerűsítése, az energiahatékonyság stb. mentén van lehetősége tevékenységük környezetet kímélő módon való megvalósítására, hanem már a nyersanyag kitermelése során és azt követően, az anyagnyerőhely felhagyásával is, a megfelelő szempontok figyelembe vétele mellett környezettudatosan járhatnak el. Az egykori agyagbánya gödrök vizes élőhelyé alakítása a leggyakoribb megoldás, mert amellett, hogy területi kiterjedését illetően az egyéb tájrendezési lehetőségek nehezebbé válnak, egy ilyen zöldfelület kialakítása növeli a táji diverzitást.

A gyártási folyamat második lépése a nyersanyag előkészítése. A technológia során az agyagot víz adagolása közben apróra összeuzzák, valamint ebben a fázisban történik meg a szükséges

⁵⁶⁰ KATÓ Aladár – BEJCSI Gábor (2009): A magyar tégl- és cserépipar technológiájának és termékskálájának fejlődése, különös tekintettel az elmúlt évtizedre. *Építőanyag*, 61. évf. 3. szám. 91-94.

⁵⁶¹ <https://teglasszovetseg.hu/tegl-es-cserep-gyartasi-folyamat> (A letöltés dátuma: 2021. 10.25.).

⁵⁶² 203/1998. (XII. 19.) Korm. rendelet a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény végrehajtásáról.

adalékanyagok hozzáadása is (például fűrészpor, maghéz). Az adalékanyagok jelentősége nagy, hiszen kiegészve az agyagból pórusokat hagynak hátra, amelyek fontos szerepet játszanak a téglá kiváló hő- és párafizikai tulajdonságaiban. A cserépgyártás esetében a porozitás növelésére, így pórusképző anyagok alkalmazására nincs szükség.⁵⁶³ Az aprításhoz különböző berendezéseket használnak annak függvényében, hogy az agyag milyen szilárdsági jellemzőkkel és nedvességtartalommal bír. Sok esetben a durvakerámia gyártásához használt nyersanyag szennyezett valamilyen más anyag által, úgymint kőzetdarabok (például mészkő, dolomit, márga, pirit, homokkő, kvarckavics) vagy növényi maradványok, valamint olykor a bányaművelés során belekerülhet egyéb, általában fémes anyag. Ennek megfelelően még aprítás előtt ezen szennyezők egy részét le kell választani, de nagyrészüket (főleg a kőzetdarabok) az őrlés során belekerül az agyagba. Ezek eltávolítása szűrő-keverőkkel, szűrőlemezekkel ellátott agyagtisztító présgépek alkalmazásával lehetséges.⁵⁶⁴

A következő lépés a formázás. Nedves és félnedves, valamint száraz formázási eljárást alkalmazhatnak. Utóbbit ritkán alkalmazzák, ugyanis az alapanyagok bányanedvessége rendszerint meghaladja az eljáráshoz szükséges 6-12%-ot. Amennyiben ezt a technológiai eljárást alkalmazzák, úgy szárítani kell az anyagokat, ami növeli a gyártási költségeket. Ehhez az eljáráshoz különböző sajtók (vákuumprésék) típusait alkalmazzák.⁵⁶⁵

A termék formázása során az előkészített alapanyag a prés gép szájnyílásán áthaladva nyeri el formáját. A szájnyílás alakítja ki a téglá üregszerkezetét, ami ugyancsak hozzájárul a téglá kiváló hőfizikai tulajdonságaihoz. A szájnyílás határozza meg a gyártandó téglá típusát is: hagyományosan sík falú, habarcsotkötés kialakítású vagy pedig az ún. nűtféderes forma. Az ún. nűtféderes falazóelem jelenleg a legkorszerűbb termék, ugyanis a téglák egymáshoz illeszkedő függőleges falai közé nem kell habarcsot rakni, gyorsítja a kivitelezést és javítja a fal hőszigetelő képességét. A folyamat végén a vágógép található, mely megfelelő méretűre vágja a nyers téglákat, aztán azok a szárítóba kerülnek.

A cserép esetében üregek kialakítása többnyire nem történik. A nyersanyagból gyárthatnak húzott tetőcserepet. Ebben az esetben az agyag már a cserép szélességének, vastagságának megfelelően szalagban jön ki a prés gépből, majd megfelelő méretűre, formájúra vágják azt. Ha változatosabb formai kialakítású cserepeket kívánnak legyártani, úgy a sajtolt technológiát alkalmazzák. Ekkor a végleges forma gipsz szerszámokban alakul ki, vagyis a szerszámokban kialakított formába préselik bele az agyagot.⁵⁶⁶

A gyártási folyamat utolsó fázisa a szárítás és égetés. A nedves és félnedves formázással gyártott téglá- és cserépipari termékeket az égetés folyamatának megkezdése előtt ki kell szárítani. A szárítóban 40-100 °C közötti hőmérsékleten zajlik a folyamat. Az agyag 0,5-3 nap alatt nedvességének túlnyomó többségét elveszíti. A szárítóból speciális kemence-kocsikon kerülnek az égetőbe. Az égetés során az agyagban kémiai és fizikai folyamatok játszódnak le, mely meghatározza a téglá teherbíró képességet, hosszú élettartamát és tartósságát.

A kerámiák végleges tulajdonságaikat az égetés során nyerik el. Az égetés már sokkal magasabb hőfokon (800-1050 °C) történik, emiatt magas az energiaigénye. Az égetési folyamat több szakaszra bontható az alábbiak szerint:

⁵⁶³ <https://teglasszovetseg.hu/teglá-es-cserep/gyartasi-folyamat> (A letöltés dátuma: 2021. 10.25.).

⁵⁶⁴ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

⁵⁶⁵ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

⁵⁶⁶ <https://teglasszovetseg.hu/teglá-es-cserep/gyartasi-folyamat> (A letöltés dátuma: 2021. 10.25.).

- utószárítási szakasz: (120 °C-ig) kémiai változás még nem történik, csak a szárítási folyamat fejeződik be;
- előmelegítési szakasz elején (120 – 400 °C) az anyag elveszti képlékenységet, többé már nem formázható, majd tovább hevítve, 300 – 400 °C-on kezdenek el átalakulni a víztartalmú vasvegyületek vörös színű vas-oxidá. A hőmérséklet további növelésével, 600 °C körül térfogat növekedéssel járó kvarc átalakulás következik be;
- égetési szakasz (700 – 950 °C): a folyamatot azon a hőmérsékleten fejezik be, amelynél a termék fizikai tulajdonságai már nem változnak. Az égetési hőmérséklet magasabb is lehet, amely függ a nyersanyag összetételétől, így például a mészszegény téglamassza 950 - 1000 °C-on a kívánt tömörségűre égethető.⁵⁶⁷

Az égetés előrehaladtával a nyerstermék fizikai tulajdonságai folyamatosan változnak. A szilárdsági jellemzők megközelítőleg 600 °C-tól intenzív növekedést mutatnak, és hasonló jelleggel változik a termék zsugorodása is. A termék porozitása a zsugorodás növekedésével csökken.⁵⁶⁸ A folyamat napjainkban alacsony légszennyezőanyag-mennyiséget kibocsátó gázégők használatával történik, melyekhez kapcsolódóan kiváló hőszigetelésű szárítókát és kemencéket használnak. További technológiai megoldás, hogy hasznosítják az égetéskor keletkezett hulladékot, például a szárítás munkafázisába bevezetve, ahol ennek következtében gyakran nincs szükség pótlólagos fűtésre az agyag kiszárításához.

Az úgynevezett csiszolt téglák gyártásakor az égetést követően a téglák nagyméretű csiszolókorongok között haladnak át, ezáltal a falazóelemek milliméter pontosságúvá válnak.⁵⁶⁹

A teljes gyártási folyamat szigorú minőségbiztosítási szabályrendszer mellett zajlik. Az elkészült cserép, téglák minőségét laboratóriumi mérésekkel ellenőrzik, hogy a fogyasztókhoz csak kifogástalan minőségű termékek juthassanak. A téglák- és cserépipar technológiai folyamatainak részét képezik még a teljesen automatizált, korszerű technológiával ellátott mérő- és szabályozó berendezések, melyek sajátos feladatokat látnak el:

- a massa képlékenységének mérése és szabályozása,
- a szárítási folyamat paramétereinek mérése és szabályozása, valamint
- az égetőkemencék munkafolyamatának szabályozása kapcsán.⁵⁷⁰

Napjainkban a környezetvédelem területei közül az egyik meghatározó kérdéskört az alapanyagok-, az energia- és a víz felhasználásának csökkentése, valamint a hulladékok keletkezése, azok csökkentése és a hulladékkal való fenntartható gazdálkodás adják. Ez utóbbi terület kiemelkedő fontosságát az is bizonyítja, hogy az EU is kiemelt figyelmet fordít ezen témakör szabályozására, ugyanis nagymértékben megnőtt a hulladék gazdasági életben betöltött szerepe és jelentősége. Felismerték annak a jelentőségét, miszerint a keletkező hulladék nagy része jelentős energia- és nyersanyagforrássá válhat, melynek feldolgozása, hasznosítása, a használt (bontott) termék újrahasználata csökkentheti az elsődleges nyersanyagforrások használatát és mindemellett az egyes országok függőségét a nyersanyagimporttól.

⁵⁶⁷ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

⁵⁶⁸ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

⁵⁶⁹ <https://teglasszovetseg.hu/teglak-es-cserep-gyartasi-folyamat> (A letöltés dátuma: 2021. 10.25.).

⁵⁷⁰ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

A keletkező hulladékok speciális formáját képezik az építésgazdasági ágazatokban képződő hulladékok. Az elérhető statisztikák jól mutatják, hogy éves szinten kiemelkedő mennyiségben képződnek hazánkban és az Európai Unió tagországaiban is. A helyzet kezelése érdekében egyre több jó megoldás születik, egyre több szabályozási rendszer módosul (például a Hulladékgazdálkodási Kódexről szóló 2021. évi II. törvény), melyek együttes célja a körforgásos gazdaság szempontjainak érvényesítése és megvalósítása a hulladékgazdálkodáson belül.

A hazai téglá és cserépipari ágazat hasznosításhoz, újrahasználatához való hozzáállása a fentiek alapján rendkívül kedvező. Az utóbbi évtizedekben folyamatos technológiai megújulás és ezzel együtt a termékskála fejlődése jellemezte. Az energiahatékonyság növelését, az energiateljesítmény és a CO₂ kibocsátás csökkentését célzó fejlesztések eredményeképpen a korszerű gyárak ma már energiatakarékos és környezetkímélő módszereket alkalmaznak. A folyamatok hatásfokának jelentős javulását a mérési és vezérlési rendszerek számítógépes irányítása biztosítja. Ezen kedvező változások és technológiai fejlődés mellett ma már elmondható, hogy az ágazatban a gyártás során agyag alapú hulladékok nem, csak gyártási maradékanyagok keletkeznek. A gyártás során képződő hulladékok nem agyag alapúak, ezek az üzemeltetési, karbantartási és egyéb tevékenységekből származnak. Az ágazaton belül a gyártási maradékanyagok szinte 100%-a visszaforgatható a technológiába (például a csiszolt téglá esetén a csiszolatpor visszakerülése a technológiába). Ennek függvényében a gyártás során keletkezett maradékanyag fajtáját meghatározza az, hogy az alkalmazott gyártási technológia és folyamat mely szakaszában keletkezik, valamint egyáltalán a gyártási folyamat során milyen technológiát alkalmaznak. Az ágazatot érintő teljes spektrumot tekintve gyártási maradékanyagok és különböző hulladékcsoportok keletkeznek, melyek az alábbiak:

- nyers selejt: 100%-ban felhasználható gyártási maradékanyag, mely visszaforgatható a gyártási technológiába;
- szárított selejt: 100%-ban felhasználható gyártási maradékanyag, mely visszaforgatható a gyártási technológiába;
- égetett selejt: nem válik hulladékká, mivel a gyártók a helyszíni (bánya)utak feltöltésére használják, illetve „Kőanyag-halmaz kötőanyag nélküli keverékekhez, feltöltésekhez” néven (az MSZ EN 13242:2002+A1:2008 szabvány és a megszerzett alkalmazástechnikai bizonyítvány alapján) termékként hozzák forgalomba, és erről a 305/2011/EU rendeletnek megfelelően teljesítmény-nyilatkozatot (DoP) adnak ki;
- csiszolatpor (csiszolt téglák esetében): ez sem válik hulladékká, mivel részben (a nyers és szárított selejthez hasonlóan) visszaforgatható a gyártási technológiába, részben pedig az égetett selejthez hasonlóan használják fel;
- gépek üzemeltetési és karbantartási munkálataiból keletkező hulladékok: zömében veszélyes anyagokat tartalmaznak (például olajok, olajos rongy, akkumulátor), hasznosításra, vagy ártalmatlanításra kerülhetnek;
- egyéb hulladékok: például irodai, konyhai hulladék, csomagolás és csomagolóanyagok hulladékai, jellemzően hasznosításra kerülnek.

Az ágazatot érintő, abban potenciálisan keletkező teljes hulladékspektrumot mutatja be a táblázat.

A téglá- vagy cserépgyárban potenciálisan keletkező hulladékok listája és EWC kódjuk

EWC kód	Hulladék megnevezése
08 01 11*	Festék, lakk és hígító hulladékok
08 03 17*	Írógépek, nyomtatók és másolók elhasznált tonerjei
12 01 01	Vasfém forgács (emulzió, ill. egyéb vasfém hulladékok nélkül)
12 01 08*	Halogénmentes hűtő-kenő emulzió hulladék
12 01 21	Köszörűkő, vágó-és csiszolókorong hulladék
13 01 10*	Hidraulika olaj hulladék (ásványolaj alapú, klórvegyület mentes)
13 02 05*	Motor, hajtómű és kenőolaj hulladék (ásványolaj alapú, klórvegyület mentes)
13 08 02*	Alkatrészmosó folyadék
13 08 99*	Kompresszor kondenzátum
15 01 01	Papír, karton csomagolóanyagok
15 01 02	Fólia, pántszalag
15 01 03	Fa csomagolási hulladék
15 01 10*	Olajos, zsíros műanyag csomagoló anyagok (olajos flakon, zsíros doboz)
15 01 11*	Olajos hordók
15 01 11*	Kiürült hajtógázos palackok
15 02 02*	Olajos, zsíros textília
16 01 07*	Olajszűrők
16 03 03*	Olajos homok
16 03 05*	Olajos fűrészpor
16 06 01*	Selejt akkumulátorok (ólom)
16 06 02*	Elhasznált szárazelemek (Ni-Cd)
16 11 06	Tűzálló anyaghulladékok
17 04 01	Színesfém hulladék
17 04 02	Alumínium hulladék
17 04 05	Vas- és acél hulladék
17 04 09*	Olajjal, zsírral szennyezett fémhulladékok
20 01 21*	Fénycsövek

Forrás: szakmai egyeztetés alapján, a szerző saját készítése.

A listán szereplő potenciális hulladékok között agyag alapú hulladékok már nincsenek. Az egyes tételek három fő csoportba oszthatók: irodai, csomagolási és karbantartási hulladékok. A téglá- és cserépgyártó ágazat képviselői folyamatosan törekednek a hulladékok csökkentésére, de erre vonatkozó lehetőségeik korlátozottak, hiszen azok több esetben más gyártók, szolgáltatók tevékenységétől függenek. Hasznos lenne például, ha a különböző termékek csomagolóanyagait azok gyártója (például betétdíjas rendszerrel) visszavenné (például 15 01 11 és 15 01 02 csoportok). Mindezek ellenére néhány pozitív mai példa:

- 15 01 02: a gyártó által vásárolt, csomagolásra használt fólia 1/3-rész anyagában hasznosított hulladékból készül;
- 15 01 03: az elhasználandó fa raklapokból még használható részeket a gyártó a sérült raklapok javítására használja fel.

A fentiek tükrében elmondható, hogy a gyártással kapcsolatos fő kihívás (a hulladékképződés, illetve -hasznosítás témái helyett) elsősorban az, hogy – bár az iparágban már jellemzően végrehajtott, a fajlagos energiafelhasználás és CO₂-kibocsátás csökkentését eredményező technológiai fejlesztésekből következően a hazai ÜHG-kibocsátáson belül a téglá- és cserépgyártás szinte elhanyagolható méretű tényező – hogyan lehet az égetett kerámia építési termékek rendkívül hosszú élettartamához (és egyéb kedvező tulajdonságaihoz) szükséges égetés (és előtte a szárítás) miatt bekövetkező CO₂ kibocsátást csökkenteni, valamint ezeken túl tekintve a folyamatot egészében nézve a teljes életciklus karbonlábnyomát is csökkenteni.

A MATÉSZ-el folytatott szakmai egyeztetések során elhangzott, hogy jelenleg folyamatban van a hazai téglá- és cserépipar dekarbonizációjáról szóló dokumentum készítése, mely vélhetően tartalmazni fogja az egyes gyártók által megnevezett, üzleti titoknak nem minősülő, a következő évtized(ek)re vonatkozó konkrét tervezett projektbemutatókat is.

1.2.2. Az ágazat szabályozási környezete

Az általános jogi környezetet a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény, az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény, az építési-bontási hulladék rendelet és a 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről adja. Ezeken túl nagy fontossággal bír az ágazatra nézve az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény. A törvényt a nemzeti energiahatékonysági célkitűzés teljesítéséhez szükséges egyes feladatok meghatározása és e feladatok végrehajtási feltételeinek biztosítása céljából, az energiaellátás és energia-felhasználás hatékonyságának átfogó biztosítására, és ezzel az energiafogyasztói költségek csökkentését, valamint a környezeti erőforrások jövő nemzedékek számára történő megővését elősegítve alkották meg.⁵⁷¹

Az ágazatra vonatkozó szabályozási környezet alapját az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről képezi. Ennek megfelelően pedig 2013 júliusában hatályba lépett az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól szóló 275/2013. (VII. 16.) Korm.rendelet.

Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről értelmében a meghatározott szempontok szakpolitikába való integrálást követően a tagországokon belül az építményeket úgy kell tervezni és kivitelezni, hogy azok, többek között, ne veszélyeztessék, ne károsítsák a környezetet. A rendeletben szereplő kitételek közvetlen hatást gyakorolnak az építési termékekre vonatkozó követelményekre azáltal, hogy azok megjelennek az építési termékekre vonatkozó nemzeti termékszabványokban, a nemzeti műszaki engedélyekben és egyéb nemzeti műszaki előírásokban. A rendelet előírja a harmonizált európai szabvány használatát, mely esetében bizonyos termékeknél a gyártó köteles a rendelet szerinti teljesítménynyilatkozatot adni a 2013. július 1. után forgalomba hozott termékeihez.⁵⁷² Az egységes európai szabvánnyal nem rendelkező termékek esetében pedig a gyártó európai műszaki értékelést készíttet valamely műszaki értékelő szervezettel. Azonban, ha ezt az eljárást választja a gyártó és kész európai műszaki értékeléssel

⁵⁷¹ Az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény.

⁵⁷² Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről (24) bekezdése.

rendelkezik adott termék esetén, úgy a teljesítménynyilatkozat kiállítása kötelező. A fentebb hivatkozott EU rendelet (5) bekezdése az alábbiak szerint fogalmaz: „*az építmények alapkövetelményeinek való megfelelést szolgáló, az egyes építési termékek rendeltetését vagy rendeltetéseit szabályozó tagállami rendelkezések adott esetben meghatározzák azokat az alapvető jellemzőket, amelyekre vonatkozóan a teljesítményről nyilatkozni kell.*”⁵⁷³

Az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól szóló 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet I. melléklete tartalmazza azokat a paramétereket, melyek alapján az építési termékek lényeges terméktulajdonságairól számot kell adni. Így például a 22. termékkör szól a „*Tetőburkolatok, tető-felülvilágítók, tetőablakok és segédtermékek, tetőszerkezetek*” témakörön belül az „*égetett agyag tetőcserép alap és kiegészítő cserepei: magastetők tetőfedésére, függőleges falak külső és belső burkolására használt anyagok*” terméktulajdonságairól és felhasználási területükről.⁵⁷⁴

További ide vonatkozó jogszabály az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet. A Korm. rendelet IV. fejezete szól az építmények létesítési előírásairól, ahol az általános megállapításokon túl kitér az állékonyság és mechanikai szilárdság, a higiénia, egészség- és környezetvédelem, valamint a természeti erőforrások fenntartható használata kapcsán az ide vonatkozó előírásokra.⁵⁷⁵ Ugyancsak a IV. fejezetben találhatóak az *Építményszerkezetek kialakítására* vonatkozó előírások, ahol az 59.§ a *Tartószerkezetek*, a 60.§ a *Tetők* vonatkozásában fogalmaz meg szabályokat.⁵⁷⁶

További vonatkozó jogszabály még az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet.

A tégl- és cserépipar kapcsán célszerű megemlíteni a 3/2019. (VII.1.) Építésügyi Műszaki Irányelvet, mely a bontott tégl- minősítési előírásait tartalmazza újrafelhasználás előtt, valamint bontott ép tömör téglák minősítése témakörben fogalmaz meg előírásokat. A műszaki irányelv szakmai keretbe foglalja, melyek azok a jellemző szerkezetek, amelyek bontott tömör égetett agyag téglából készíthetők, csoportosítja a szerkezeteket az azokat érő környezeti hatások alapján, valamint számba veszi a bontott tömör téglák vizsgálat nélkül figyelembe vehető anyagjellemzőit. A továbbiakban pedig kritériumokat határoz meg az újrahasonosítás célja, formája alapján az újrahasonosított téglákra.⁵⁷⁷

A jogszabályi háttér bemutatáshoz hozzá tartoznak még az ágazatot érintő kifejezetten ipárgspecifikus harmonizált szabványok, ugyanis ezek rögzítik a falazóelemek és tetőcserepek jellemzőit. Ezekben előírják az egyes termékekre vonatkozó méretezést, tűrését, osztályba sorolásuktól függően a nyomószilárdság vagy törőerő átlagos, illetve megengedett legkisebb értékét, hővezetési tényezőket, fajlagos üregtérfogatot stb.⁵⁷⁸ Az Európai Közösség Bizottsága 1975-ben indította el azt a közös cselekvési programot, amelynek célja a kereskedelmet korlátozó műszaki akadályok megszüntetése és a műszaki előírások harmonizálása volt. E cselekvési program keretében műszaki szabályok kidolgozása történt meg, melyeket aztán a tagállamokban érvényben lévő nemzeti

⁵⁷³ Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU Rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről. (A letöltés dátuma: 2021. 10. 05.).

⁵⁷⁴ A 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól.

⁵⁷⁵ Lásd Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet 50., 51., 53., 56/B §-ait.

⁵⁷⁶ 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről.

⁵⁷⁷ 3/2019. (VII. 1.) ÉPMI Bontott tégl- minősítése újrafelhasználás előtt – Bontott ép tömör téglák minősítése.

⁵⁷⁸ RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.

szabványokba integráltak. Az Eurocode-ok első generációja ennek megfelelően az 1980-as években jelent meg. Az Eurocode-szabványok legújabb generációja a korábbiakhoz képest szorosabban kapcsolódik a harmonizált termékszabványokhoz, illetve várhatóan kevesebb nemzetileg megadható paramétert tartalmaz majd. A Magyar Szabványügyi Testület (továbbiakban: MSZT) honlapján elérhető a várható Eurocode-szabványok bevezetési menetrendje. Az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN/TC 250) évente két alkalommal kíván új szabványokat megjelentetni, az adott év tavaszán és őszén, ezt követi az MSZT bevezetési gyakorlata is. A korábbi évek gyakorlata szerint az MSZT kiemelt figyelmet fordít az Eurocode-szabványok magyar nyelvű változatainak elkészítésére, így igyekszik a megjelenéseket követve azok magyar nyelvű változatát elkészíteni. Az Eurocode-szabványok 70%-ának elkészült a magyar nyelvű változata, melyek közül sokat nemzeti melléklet is kiegészít.⁵⁷⁹

A hazai ágazatban meghatározó az MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. Ennek első része az Égetett agyag falazóelemek szabvány, mely leírja az agyagból gyártott falazóelemek jellemzőit és teljesítmény-követelményeit. Valamint fontos még megemlíteni az MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek szabványt, mely európai szabvány tartalmazza a termék fogalom meghatározásait és jellemzőit, valamint ugyancsak meghatározza a magas tetők fedésére alkalmas tetőcserepek és kiegészítőcserepek, valamint a falburkoló elemek követelményeit.

1.2.3. Ágazati beruházási trendek, kiemelkedő projektek

Az épített környezet jelentős hatással van a gazdaság számos ágazatára, a munkahelyekre és az életminőségre. Hatalmas mennyiségű erőforrást igényel, és az összes kitermelt anyag mintegy 50%-át teszi ki. Az Európai Bizottság honlapján 2021-ben megjelent adat szerint az építőipar az EU teljes hulladéktermelésének több mint 35%-áért felelős. Az anyagkitermelésből, az építési termékek gyártásából, valamint az épületek építéséből és felújításából származó üvegházhatású gázok kibocsátását a teljes nemzeti ÜHG-kibocsátások 5-12%-ára becsülik. A nagyobb anyaghatékonyság a kibocsátás 80%-át takaríthatja meg.⁵⁸⁰

Az Európai Bizottság által elfogadott új *körforgásos gazdaság cselekvési terv*⁵⁸¹ alapján az anyagok újrafelhasználása, újrafeldolgozása vagy hasznosítása kiemelt prioritássá vált.⁵⁸²

Az ágazatban, EU szinten is, az alábbi irányokat határozták meg: a vállalkozás-barát politikai környezet, fenntarthatóság, képzés-tréning, K+F, egységes EU piac.⁵⁸³ A legfőbb szempont, amely szerint a jövőben az ágazati beruházások megvalósulnak a fenntarthatóságon belül, a körkörös gazdaság megvalósítása.

Az Európai Kerámiaipari Szövetség (Cerame-Unie) kiadványában leírja, hogy az erőforrás-hatékonyság nem csak a „kevesebb felhasználásról”, hanem a „jobb felhasználásról” is szól. Az agyag széles körben és nagy mennyiségben elérhető nyersanyag. A kerámiatermékek erőforrás-hatékonyak és hosszú élettartamuknak köszönhetően rendkívül tartósak, és sok esetben újrahasználatosak, újrahasznosíthatók vagy visszanyerhetőek. A kerámiaipar innovatív megoldásai révén minimalizálni

⁵⁷⁹ <https://prod.mszt.hu/hu-hu/szabvanyositas/hirek/2020/05/hamarosan-erkeznek-a-legujabb-eurocode-ok> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 21.)

⁵⁸⁰ https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/buildings-and-construction_en (A letöltés dátuma: 2021. 10. 24.)

⁵⁸¹ Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe Brussels, 11.3.2020 COM(2020) 98 final.

⁵⁸² https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF (A letöltés dátuma: 2021. 10. 24.)

⁵⁸³ https://www.industry4europe.eu/assets/Uploads/Publications/Industry4Europe_Joint-Paper_November-2019.pdf (A letöltés dátuma: 2021. 10. 24.)

tudja az alapanyag felhasználást és a hulladékképződés a gyártási folyamat során, újrafelhasználás révén, valamint más ipari folyamatokból való hulladék újrahasznosítása által.⁵⁸⁴

2021 novemberében megjelent az Európai Kerámiapari Szövetség (Cerame-Unie) által készített angol nyelvű stratégiai dokumentum, *Kerámia Útiterv 2050-ig* címmel. Leírja, hogy a rendkívül hosszú élettartamú kerámia termékek természetes nyersanyag felhasználásával készülnek ugyan, de előállításuk energiaigényes és légszennyezőanyag-kibocsátással jár. A CO₂ kibocsátás azonban nem csupán az energiafelhasználással, hanem az alkalmazott nyersanyagok földtani tulajdonságai és összetétele által meghatározott folyamat alapú emissziókkal (például karbonátok bomlása és a szerves összetevők oxidációja) is összefügg. Ezek a folyamat alapú kibocsátások az égetési folyamat természetes és egyúttal elkerülhetetlen velejárói. Bemutatja továbbá, hogy az európai kerámiapari az EU ETS létesítmények számának több mint 10 %-át képviseli, ugyanakkor a rendszeren belüli összes CO₂ kibocsátás mindössze 0,5%-áért felelős.

Az alábbi célokat határozta meg:

- CO₂ csökkentés: a termelés minden szintjén az európai iparág azon dolgozik, hogy ezen kibocsátások csökkenjenek. Az ennek érdekében tett fejlesztések eredményeként a kerámiapari összes szén-dioxid-kibocsátása az EU-ban több mint 45%-kal csökkent a 2000-es csúcshoz képest;
- energiahatékonyság: a szén-dioxid-kibocsátási kötelezettségvállalás nem csak a gyártási folyamatokra terjed ki, de hatással van sok más ágazatra is, melyeket termékeiken keresztül elérnek, hozzájárulva a kialakítandó épületek energiahatékonyabbá tételéhez, az energiahatékonyság javításához;
- haladás: az iparág a múlt hagyományaira és az innovációk során elért eredményekre építve a dekarbonizáció felé halad. Az európai kerámiapari tovább szeretné emelni az innováció színvonalát a társadalmi felelősségvállalás és a környezetvédelmi irányítás terén. Elkötelezett az elkövetkező évtizedekre kitűzött nettó nulla szén-dioxid-kibocsátású gazdaságra való átállás mellett;
- dekarbonizáció: minden iparágban megvan a maga szerepe abban, hogy Európa környezetbaráttá váljon a fenntartható jövő generációi számára. Az iparág része annak a gazdasági szerkezetnek, amely a kitermeléstől és a nyersanyag-felhasználástól a fogyasztásig tart, így ennek a gazdasági szerkezetnek a részeként elköteleződik az európai dekarbonizációs törekvés 2050-re kitűzött célja mellett;
- fenntarthatóság: minden tevékenység a fenntarthatóság jegyében kerül a jövőben meghatározásra. A három pillér tekintetében a környezetvédelem terén folyamatosan növelni kell az erőforrás-hatékonyságot, miközben csökkenteni szükséges a tevékenységünk környezeti hatásait. Társadalmi szinten törekedni kell a jó munkahelyi körülmények biztosítására és hozzájárulni az egészségesebb és gazdaságosabb épületek létrehozásához. A gazdasági oldalon a versenyképes szektor fenntartása a helyi értékek és a high-tech technológia együttes alkalmazásával lehetséges. A fenntarthatóság legfontosabb szempontja a körforgásos gazdaság létrehozása;
- innováció: az innováció minden tevékenység középpontjában áll.⁵⁸⁵

⁵⁸⁴ Cerame Unie - The European Ceramic Industry Association: Circular Economy & Sustainability Best Practices from the Ceramic Industry 2020 június, 14. <https://teglasszovetseg.hu/de/component/jdownloads/finish/316/1477> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 12.).

⁵⁸⁵ Ceramic Roadmap 2050 Continuing Our Path Towards Climate Neutrality. The European Ceramic Industry Association, 72. <https://teglasszovetseg.hu/publikacio/szakmai-dokumentumok/item/1270-ceramic-roadmap-to-2050/2021/11> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 25.).

A Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégiában megjelent, építésgazdaságot elemző adatok rámutatnak arra, hogy az ágazatban szükség van a kutatás-fejlesztés hangsúlyosabb megjelenésére. Jellemzően az alábbi területeken végeznek kutatás-fejlesztési és innovációs tevékenységet:

- korszerű és környezetbarát anyagok;
- innovatív technológiák (VR és AR technológiák alkalmazása, BIM, modern, robotizált építés);
- hatékony gyártási eljárások (például előregyártás, készházak);
- intelligens létesítmény-üzemeltetés.⁵⁸⁶

A stratégiai dokumentumban kiemelik, hogy a megújuló energia, a fenntarthatóság és a környezettudatosság jegyében fejlesztenek az építésgazdaság területein résztvevő cégek és ezen belül is az ágazatra vonatkozóan leírja, hogy a fejlesztések az építőipari alapanyagok előállítása során keletkező káros anyagok (például CO₂) kibocsátásának csökkentését célozzák meg leginkább. A legtöbb, az ágazatot jelentős mértékben képviselő cég honlapján elérhető a minőségbiztosításra, illetve környezetirányítási rendszerre vonatkozó nyilatkozat és tanúsítvány. Törekednek arra, hogy fejlessék integrált irányítási rendszerüket, folyamatosan monitorozzák tevékenységüket a lehetséges kockázatok meghatározásával, felismerésével, mely hozzásegíti az ipari tevékenységet végző céget ahhoz, hogy növelje a tevékenysége környezetvédelmi biztonságát, valamint a folyamatai elemzésén keresztül strukturáltan fejlessze azokat, javítsa környezet teljesítményét és termékeit azok teljes életciklusa során vizsgálni tudja és a szükséges beavatkozásokat meghatározza. Egyre inkább növelik energetikai teljesítményüket, különös figyelmet fordítva a káros környezeti terhelés minimalizálására és a szennyezések megelőzésére.

A stratégiaalkotás a különböző szinteken elkezdődött és még most is folyamatosan zajlik. A cégek fejlesztési irányai, stratégiai fejlesztési projektjeik egy része üzleti titok, azonban a fenti stratégiai irányokra jó példa lehet a már lezajlott, fenntarthatóságot célzó beruházások megvalósulása.

Jelentős eredmény, hogy a Creaton South-East Europe Kft. 2018-ban megkapta az "Energiahatékony Vállalat" címet, ugyanis a legjobb három európai energiahatékony program között végzett az Európai Bizottság "EU Sustainable Energy Award" versenyén. A cím elnyeréséért konkrét energiahatékony beruházásokat kellett végrehajtani az energiafogyasztás csökkentése érdekében. A díj megszerzésének feltétele volt, hogy a vállalkozás az "Energiatudatos Vállalat" cím elnyeréséhez szükséges eljárás lefolytatását követően bemutassa elért eredményeit. „*A Creaton SEE Kft. 13,24 GWh energiafelhasználás csökkentésével 1511,7 kWe erőművi kapacitást bankolta be a Virtuális Erőmű Program™-ba.*” Ezzel a Creaton név is felkerült a többi neves energiahatékony vállalatok sorába.⁵⁸⁷ További fejlesztés még például egy új présgép üzembe helyezése, mellyel a gyár termelési kapacitása megnőtt, az energiafogyasztása kontroll alá került (digitális energiafelügyeleti rendszer bevezetése) és az új présgépeknek köszönhetően az eddigieknél is jobb minőségű és nagyobb mennyiségű termékeket tudnak előállítani.⁵⁸⁸ Ezen megoldásoknak köszönhetően az üzem energiafelhasználását és hatékonyságát folyamatosan fejlesztik, jelzi a szükséges karbantartást, valamint a lehető legkedvezőbb

⁵⁸⁶ Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia 2021-2023: Az építésgazdaság hatékonyságjavítását, teljesítménynövelését és az épített környezet fenntartható fejlesztését célzó középtávú stratégia. Innovációs és Technológiai Minisztérium. 81. <https://kormany.hu/publicapi/document-library/nfe-strategia/download> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 10.).

⁵⁸⁷ <https://www.creaton.hu/miert-a-creaton/szakertelem-es-megbiztosag/minoseg-munkabiztonsag-kornyezet-es-energetikai-politika> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 28.).

⁵⁸⁸ <https://www.zaol.hu/kozelet/helyi-kozelet/atadnak-lentiben-a-creaton-south-east-europe-kft-uj-presgepet-5686682/> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 28.).

termék előállítási költségének alap feltételei is kimutathatóak. A fajlagos CO₂-kibocsátás kb. 5%-kal csökkent abban az üzemben, ahová az új prés gép került. A cég vezérigazgatója elmondta, hogy további fejlesztések is várhatóak, ugyanis a „*Terreal-Creaton Csoportnak egyértelmű stratégiája van a jövedelmező és fenntartható növekedésért a tetőcserép piacon*”.⁵⁸⁹

A jövő építésgazdasági iránya Magyarországon a „közel nulla” energiaigényű épületek építése. Ezen irány teljesülése érdekében a piacvezető vállalatok is előremutató lépéseket tettek és tesznek a jövőben. A Wienerberger Téglaiipari Zrt. termékpalettáján megjelentek az ún. okostéglák. Ezen termékek hőszigetelő képessége 40-60%-kal jobb, mint az ugyanolyan falvastagságban kapható hagyományos üregelésű falazóelemeké. Utólagos hőszigetelés nélkül is alkalmasak az egyre szigorodó épületenergetikai előírások kielégítésére, tehát közel zéró energiaigényű lakóházak, és akár passzívházak építésére is megfelelőek.⁵⁹⁰További kiemelkedő irány, hogy a Wienerberger-csoport elkötelezett szándéka a fenntartható vállalként való működés. 2023-ra fenntarthatósági célokat tűzött ki maga elé, hogy növelje felelősségvállalását a társaság dolgozóira, szélesebb körben pedig az emberekért és a természetért. A fenntarthatóság szintjén többek között az alábbi célokat emeli ki:

- csoportszinten 15 %-kal csökkenjen a szén-dioxid-kibocsátás,
- teljesen újrafelhasználható, anyagában hasznosítható hulladékot eredményező termékeket kívánnak tervezni, valamint
- biodiverzitási programot indít, amely minden telephelyét érinti.

A kitűzött fejlesztések elősegítése és előmozdítása érdekében a társaság évente 60 millió eurót fektet be kutatás-fejlesztésbe, innovatív eljárásokba és új termékekbe.⁵⁹¹

Azonban nem csak a piacvezető cégek, hanem a kisebb gyártó tevékenységet végző vállalatok is törekednek az energiahatékonyság és a fenntarthatóság jegyében a korszerű fejlesztésekre. Így például a Pápateszéri Téglagyár 2014-ben korszerűsítési beruházásokat végzett, 2015-ben az alapanyag előkészítési technológia, majd 2019-ben kemence bővítését és az égetési technológia korszerűsítését hajtották végre. 2021. év végére megvalósuló, a gyártási tevékenység korszerűsítését célzó projektje „*A Pápateszéri Téglaiipari Kft. modern termelési kihívásokhoz történő fejlesztéseinek megvalósítása*” révén a modern üzleti és termelési kihívásokhoz való alkalmazkodását segítő fejlesztéseket hajt végre. Ennek értelmében 1 db Ventifilit VFP típusú Téglacsiszoló porelszívó-, és leválasztó berendezést helyeznek üzembe téglacsiszolóhoz. A berendezés biztonságosan eltávolítja a csiszolás folyamata során keletkezett téglapor őrleményt a gyártócsarnok légtéréből, ezzel biztosítva egy technológiailag magasabb szintű gyártói tevékenység kialakítását.⁵⁹²

Az energiahatékonyság jegyében 2022 tavaszára megvalósul a „*Megújuló energia használatát célzó épületenergetikai fejlesztések a Pápateszéri Téglaiipari Kft-nél*” című projektberuházás, melynek eredményeként az épületek üzemeltetéséhez, illetve az ipari tevékenységek végzéséhez szükséges, elektromos energiát használó berendezések üzemeltetéséhez a szükséges villamos energia nagy részét a Pápateszéri Téglaiipari Kft. maga lesz képes előállítani.⁵⁹³ Összességében elmondható azonban, hogy a kisebb gyártókapacitással rendelkező cégek fejlesztési lehetőségei nagyban függenek állami vagy egyéb támogatási lehetőségektől.

⁵⁸⁹ <https://www.okosipar.hu/creaton-kozel-417-millio-darab-keramia-tetocserep-keszulhet-iden/> (A letöltés dátuma 2021. 10. 28.).

⁵⁹⁰ <https://www.wienerberger.hu/referenciak/innovativ-megoldasok/porotherm-okosteglak.html> (A letöltés dátuma: 2021. 09. 28.).

⁵⁹¹ <https://tervlap.hu/cikk-nezet/a-wienerberger-csoport-uj-szintre-emeli-a-fenntarthatosagot> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 27.).

⁵⁹² <https://bakonytherm-tegla.hu/palyazatok> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 25.).

⁵⁹³ <https://bakonytherm-tegla.hu/> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 25.).

1.2.4. A hazai téglá és cserépipari ágazat volumene, termékstruktúrája

A magyar téglá és cserépipar gyártóinak tulajdonosi átalakulása eredményeként jelenleg teljes egészében magántulajdonban van mind a téglá, mind a cserépgyártó ipar. Azonban mindkettő esetben jelentős a külföldi tulajdonrész. A külföldi tulajdonosok közül a legnagyobb piaci részesedést a téglagyártás terén a Wienerberger Téglaiipari Zrt. és a Leier Kft. birtokolja, míg a cserépgyártás a Wienerberger Téglaiipari Zrt. és a Creaton South-East Europe Kft. (kerámia cserép) és a Leier Kft. (betoncserep) kezében van.

A téglagyártás kapcsán elmondható, hogy az említett cégek a piac kb. 75%-át adják. Az elmúlt tíz évben nem csak a legnagyobb gyártó cégek, hanem több kisebb gyártó is folyamatosan növelte termelési mennyiségét, többen terveznek a jövőben kapacitásbővítést és további technológiai fejlesztéseket is. Ezzel szemben a GVH jelentésében ellenkező tendencia is megjelenik, mely inkább a kisebb termelési kapacitású cégeket érinti. Ez a termelés éven belüli, akár többszöri leállítását is jelenti, melyet a felgyülemlett készletek és az eladás alacsony volumene között jelentkező probléma miatt kellett megtenni.⁵⁹⁴

Magyarországon uralkodóan a hazai gyártású téglatermékek a jellemzőek, azonban megjelenhetnek import anyagok is (például a Heluz, a Nexe, a Britterm, Euroterm és az Univerzum márkájú kerámia-falazóelemek). Ezek leginkább a határmenti kiskereskedők szintjén jelennek meg, melynek oka elsődlegesen az időszakosan fellépő termékhiánnyal és az ágazatot érintő piaci versenyhelyzet fenntartásával magyarázható. Azonban a GVH jelentésében megjelent adatok azt mutatják, hogy országos szinten az import téglá értékesítés elenyészőnek tekinthető a hazai gyártású termékekkel szemben.⁵⁹⁵

A kerámia-falazóelemek importjának feladó országok szerinti megoszlása az elmúlt években⁵⁹⁶

Feladó ország	2019	2020	2021. január–május
Csehország	16,97%	17,23%	19,97%
Románia	0,72%	1,52%	18,41%
Olaszország	1,74%	12,39%	14,48%
Szerbia	27,63%	18,15%	12,77%
Horvátország	10,92%	10,63%	8,87%
Szlovákia	13,43%	9,95%	8,24%
Ausztria	9,54%	7,36%	4,99%
Németország	10,76%	11,87%	4,54%
Belgium	4,05%	4,57%	3,94%
Lengyelország	1,79%	3,72%	1,79%
Hollandia	1,38%	1,41%	0,94%
Egyéb országok összesen	1,07%	1,20%	1,05%

Forrás: Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal 2021.

⁵⁹⁴ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁵⁹⁵ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁵⁹⁶ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

A 2008-2009-es évek körül tapasztalható gazdasági válság után, mely minden gazdasági ágazatba begyűrűzve negatív változásokat okozott, a hazai építési ágazat fejlődésnek indult. A Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégiában megjelent adatok szerint „az építőipar nemzetgazdasági súlya a bruttó hozzáadott érték alapján az elmúlt 15 évben az alábbiak szerint alakult:

- 1995–2015-ben folyó áron számítva 3,9–5,8% között változott, ezen belül 2006 és 2012 között folyamatosan mérséklődött,
- 2016-ban a termelés jelentős visszaesése miatt 3,7%-ra csökkent,
- 2017–2019-ben a termelés bővülésének köszönhetően 4,3, 5,3, illetve 6,5%-ra emelkedett.⁵⁹⁷

A Központi Statisztikai Hivatal által szolgáltatott adatokat összegyűjtve az égetett agyag építőanyag gyártására vonatkozó termelési és értékesítési adatok egyértelműen emelkedést mutatnak az elmúlt kb. 5 évben. Mind a belföldi árbevétel, mind az ipari tevékenység export árbevétele egyértelműen növekvő tendenciát mutat. Ennek oka alapvetően a lakásépítések számának jelentős növekedése.

Az égetett agyag építőanyag gyártására vonatkozó termelési és értékesítési adatai szakágazatok szerint (4 fő feletti ipari vállalkozások)⁵⁹⁸

Időszak (év)	Ipari tevékenység belföldi árbevétele (1000 Ft)	Ipari tevékenység export árbevétele (1000 Ft)	Ipari tevékenység termelési értéke forgalmi adó nélkül, árbevételbe beszámító árkiegészítéssel (1000 Ft)	Ipari tevékenység összes nettó árbevétele (1000 Ft)
2000	27445421	2466274	29117881	29911694
2000. I. félév	12221133	892664	12465169	13113797
2001	32774348	5535137	40346072	38309485
2002	33024057	4267400	36882419	37291459
2003	36114914	4437618	40266242	40552533
2004	34910976	3732312	41387724	38643286
2005	35124699	6427753	42440862	41552455
2006	33063725	8305928	41120328	41369653
2007	35868160	11947923	49797503	47816085
2008	30105479	12994845	43395409	43100324
2009	21049963	9892174	28927556	30942137
2010	18187253	9456151	27089562	27643404
2011	13942438	9792872	24696179	23735310
2012	11825401	10027898	21864495	21853299
2013	12168168	9804310	21019493	21972478

⁵⁹⁷ Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia 2021-2023: Az építésgazdaság hatékonyságjavítását, teljesítménynövelését és az épített környezet fenntartható fejlesztését célzó középtávú stratégia. Innovációs és Technológiai Minisztérium. 81. <https://kormany.hu/publicapi/document-library/nfe-strategia/download> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 10.)

⁵⁹⁸ Központi Statisztikai Hivatal adatbázisa alapján.

Időszak (év)	Ipari tevékenység belföldi árbevétele (1000 Ft)	Ipari tevékenység export árbevétele (1000 Ft)	Ipari tevékenység termelési értéke forgalmi adó nélkül, árbevételebe beszámító árkiegészítéssel (1000 Ft)	Ipari tevékenység összes nettó árbevétele (1000 Ft)
2014	12638179	9320930	21819768	21959109
2015	13571543	10282840	24610939	23854383
2016	14313679	12169196	26376599	26482875
2017	17674517	12710927	30029096	30385444
2018	26348847	13341537	39529832	39690384
2019	27652868	14735864	43190047	42388732
2020	25170376	14821182	39356120	39991558

Forrás: KSH adatbázisa alapján, a szerző saját szerkesztése.

A GVH jelentésben a gyártói kapacitásra vonatkozóan fontos megállapítás olvasható. Az téglaiipari ágazatot vizsgálva, az elmúlt időszakban a koronavírus járvány okozta bizonytalanságra tekintettel egyes cégek csökkentették termelésüket, ami a hirtelen megnövekvő kereslet miatt időszakos hiányokhoz vezethetett, melyre a termelésben egyes gyártók kedvezően tudtak reagálni, emellett a kisebb gyártók és az import téglák is be tudták tölteni az időszakosan fellépő hiányt. A kibocsátás növelése további beruházásokat igényelt, mindez lassú megtérülés mellett, ezért a jövőre vonatkozóan a gyártási kapacitások növelésére, a termelési technológia és a termékfejlesztés elősegítésére állami ösztönzők kialakítását helyezte kilátásba (például vissza nem térítendő pályázati támogatások).⁵⁹⁹

A gyárak elhelyezkedését az agyag elérhetősége határozza meg, melyek így alapvetően agyagbányák mellé (vagy maximum azok 25 km-es távolságán belülre) települnek.⁶⁰⁰ A hazai gyártók saját agyagbányákkal rendelkeznek, mely révén könnyen, olcsón és gyorsan hozzájutnak a gyártási alapanyaghoz, miáltal jelentős költségmegtakarítást érhetnek el. A GVH jelentéséből kiderül, hogy a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat adatai szerint 2015 és 2019 között jelentősen bővült a téglaiipari vállalatok hazai agyagkitermelése, a teljes kitermelés 45%-kal nőtt a vizsgált időszakban. 2020-ban viszont érdemi visszaesés történt a koronavírus járvány következtében.⁶⁰¹ A Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat magyarországi ásványi nyersanyagvagyonra vonatkozó 2020. évi jelentéséből kiderül, hogy az ismert nemfémek földtani ásványvagyon mennyisége 11 164 Mm³, amelyből az összes kitermelhető vagyon 6 518 Mm³, mely vagyonmennyiség összesen 3 334 db lelőhely között oszlik meg. A nemfémek ásványi nyersanyagokat felhasználásuk alapján hét nyersanyag-főcsoportba sorolják, melyen belül a kerámiaiipari nyersanyagok tekintetében érintett leginkább az ágazat, ugyanis ezen anyagok felhasználói a téglai-, cserép-, és porcelángyárak, valamint a keramikus

⁵⁹⁹ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-i-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁶⁰⁰ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-i-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

⁶⁰¹ Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-i-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.).

kisipar. Nyersanyag-főcsoportonkénti bontásban Magyarország nemfémes termelésének és nyersanyagvagyonának alakulását a táblázat mutatja.⁶⁰²

Magyarország nemfémes ásványi nyersanyagvagyonának és termelésének adatai⁶⁰³

Nyersanyagfőcsoport	Földtani vagyon /millió m ³ /		Kitermelhető vagyon /millió m ³ /		Termelés 2017*	Termelés 2018	Termelés 2019
	2019. I. 1	2020. I. 1	2019. I. 1	2020. I. 1	1000 m ³	1000 m ³	1000 m ³
Ásványbányászati nyersanyagok	1 714,33	1 711,56	525,84	524,44	1 126,70	1 382,56	1 314,46
Tőzeg-lápföld-lápmész	538,21	538,08	305,03	304,83	269,49	141,99	130,62
Cement- és mészipari nyersanyagok	1 134,16	1 132,82	566,20	564,86	1 160,72	1 278,48	1 337,19
Építő- és díszítőkövi nyersanyagok	2 027,14	2 067,45	1 318,09	1 357,13	5 073,05	6 318,88	7 632,82
Építőipari homok	867,79	953,99	627,49	710,42	7 450,39	7 387,90	6 534,03
Építőipari kavics	3 640,33	3 656,40	2 315,22	2 326,18	14 442,14	17 681,87	20 861,58
Kerámiaipari nyersanyagok	1 006,73	1 031,41	651,61	673,77	1 341,57	1 360,48	1 646,05
Egyéb	59,76	72,60	46,68	56,42	2 108,65	2 321,71	1 519,08
Nemfémes nyersanyagok mindösszesen	10 988,45	11 164,30	6 356,15	6 518,05	32 972,7	37 873,9	40 975,82

*Megjegyzés: kiegészítve a 2017-es termelési adatokkal az ásványi nyersanyagvagyonra vonatkozó 2019. január 1-jei dokumentumból.
Forrás: Magyar Bányászati és Földtani szolgálat magyarországi ásványi nyersanyagvagyonra vonatkozó jelentései alapján saját szerkesztés.

A téglá és a cserép a lakásépítés alapvető építőanyaga, ezért az iparágra nézve meghatározó jelentőségű a lakásépítések és az építési engedélyek számának alakulása. Ahogy az az alábbi táblázatokból látszik, ezek száma – elsősorban a kormányzati intézkedések hatására – az utóbbi években erőteljesen növekedett, és ez a tendencia remélhetőleg folytatódni fog.

⁶⁰² Magyar Bányászati és Földtani szolgálat magyarországi ásványi nyersanyagvagyonra vonatkozó 2020. január 1. jelentés, 11. https://mbfsz.gov.hu/sites/default/files/media/file/file/2021/06/01/2020.%20I.%20I.%20Magyarorsz%C3%A1g_%C3%A1sv%C3%A1nyvagyona_jav2_0.pdf (A letöltés dátuma: 2021. 11. 05.).

⁶⁰³ Magyar Bányászati és Földtani szolgálat magyarországi ásványi nyersanyagvagyonra vonatkozó 2020. január 1. jelentés, 11. https://mbfsz.gov.hu/sites/default/files/media/file/file/2021/06/01/2020.%20I.%20I.%20Magyarorsz%C3%A1g_%C3%A1sv%C3%A1nyvagyona_jav2_0.pdf (A letöltés dátuma: 2021. 11. 05.).

Összes kiadott új építési engedélyek és az épített lakások számának alakulása 2000-2021. között ^{*604}

Időszak (év)	Létesítendő új lakóépületek száma (db)	Létesítendő lakások száma (db)	Épített lakások száma összesen (db)
2000	25.471	44.709	21.583
2001	23.779	47.867	28.054
2002	23.709	48.762	31.511
2003	27.608	59.241	35.543
2004	24.637	57.459	43.913
2005	20.903	51.490	41.084
2006	20.797	44.826	33.864
2007	19.685	44.276	36.159
2008	17.681	43.862	36.075
2009	12.454	28.400	31.994
2010	7.403	17.353	20.823
2011	6.930	12.488	12.655
2012	6.099	10.600	10.560
2013	4.467	7.536	7.293
2014	5.132	9.633	8.358
2015	6.526	12.515	7.612
2016	12.206	31.559	9.994
2017	13.216	37.997	14.389
2018	13.743	36.719	17.681
2019	14.282	35.123	21.127
2020	11.381	22.556	28.208
2021	16.531	29.941	19.898

*Megjegyzés: Az építésügyi hatóságok által kiadott, jogerőre emelkedett építési engedélyek alapján építendő új lakóépületek és építendő lakások száma alapján.

**Megjegyzés: a KSH-ban elérhető adatok alapján a lekérdezés állapota 2022. 02. 22-én

Forrás: KSH adatai alapján, a szerző saját szerkesztése.

⁶⁰⁴ KSH adatbázis.

2. A TÉGLA- ÉS CSERÉPIPAR ÚJRAHASZNOSÍTÁSI TECHNOLÓGIÁI⁶⁰⁵

2.1. Az újrahasonosítás jelenleg alkalmazott technológiái

2.1.1. A téglá- és cserépgyártás anyagai

A téglá- és cserépgyártás legfontosabb alapanyaga az *agyag*. Keletkezését tekintve finomszemcsés, törmelékes üledékes kőzet, tehát különböző kőzetek felaprózott részeinek tovaszállításával és lerakódásával keletkezik. Főként kvarcból, földpátokból és agyagásványokból (kaolinit, montmorillonit, illit, vermikulit) áll, de tartalmazhat más anyagokat és ásványokat is (mész, pirit). Kémiai és ásványi összetétele nagymértékben kihat felhasználási területére és a belőle készülő termék tulajdonságaira:

Az agyagok között kémiai összetétel szerint mészszegény (kalcium-karbonát-mentes) és márgás (kalcium-karbonát-tartalmú), ásványi összetétel szerint pedig kövér (sok agyagásványt és finomszemcsét tartalmazó) és sovány (kevesebb agyagásványt és több durvaszemcsét tartalmazó) agyagokat különböztethetünk meg.

Az agyagon kívül a legtöbb építési kerámia tartalmaz *adalékanyagokat*, elsősorban a terméktulajdonságok befolyásolása érdekében. A pórusképző anyagok (például fűrészpor, szénpor, napraforgóhéj, szalmaőrlemény, polisztirolgyöngy) elsősorban a hőszigetelő képességet növelik, egyúttal csökkentik a termék tömegét és testsűrűségét. A javító adalékanyagok általában valamilyen ásványi eredetű anyagok (például homok, földpátok), melyek célja megóvni a terméket szárítása során történő túlzott zsugorodástól. A folyósítók és kötőanyagok az alapanyag képlékenységét, míg a különféle pigmentek a termék esztétikai tulajdonságait (például színét) befolyásolják. Utóbbit elsősorban a cserépgyártásban alkalmazzák.⁶⁰⁶

2.1.2. A téglá- és cserépgyártás technológiája

A téglá- és cserépgyártáshoz szükséges agyagot különféle *bányászati technológiákkal* (például kanalas kotró, dózerre szerelt agyagszaggató, vedersoros kotró) termelik ki, az agyagfajtáról, az agyagrétegek egyenletességétől és a domborzati viszonyoktól függően. Amennyiben az agyag felhasználása közvetlenül a bányából történik, akkor szállítószalagon, teherautón vagy felsőpályás konvejjoron érkezik a nyersanyag-előkészítőbe, ha agyagdepókból, akkor pedig homlokrakodóval. Innen az agyagot és az adalékanyagokat rakodógépek segítségével juttatják a térfogatadagolóba.

Ekkor az agyag általában 10-250 mm mérettartománnyal rendelkezik, melyet különféle aprító és őrlő berendezések segítségével addig alakítanak, míg végül eléri a téglá- és cserépgyártás által megkövetelt, ideálisan 0,5-1,5 mm közötti szemcseméretet. Az adalékanyagok szintén a térfogatadagolón keresztül kerülnek a rendszerbe, az agyaggal való homogén elkeveredését egy megmunkáló gépsor biztosítja.

Miután elkészült az agyagkeverék, az vagy közvetlenül a formázási fázisba, vagy egy zárt agyagtárolóba kerül. Cserépgyártás esetén egy ülepítőt is alkalmaznak, ahol előírt ideig (ez általában 2 hét) pihentetik az agyagot.

Mivel a magyarországi agyagbányák nedvességtartalma általában magas (24-28%), így hazánkban a téglá- és cserépgyártmányok formázása szinte kizárólag nedves eljárással történik. A formázásához csigaprést használnak, a termék (tégla, cserép) végleges alakját pedig a présre szerelt szájnnyílás adja meg.

⁶⁰⁵ A 2. Rész Bozsaky Dávid tanszékvezető, egyetemi docens írása.

⁶⁰⁶ PALOTÁS László – BALÁZS György (1980): *Mérnöki szerkezetek anyagtana* 3. Budapest, Akadémiai Kiadó, 447-463., valamint DUDÁS Judit – MÁYER Zoltán (szerk.) (2003): *Nemzeti BAT útmutató a téglá- és cserépipar számára - Tervezet*. Budapest, Téglá és Cserépipari Környezetvédelmi Társulás, 21-57.

A nyíláson egy agyagszalag áramlik ki, melyet speciális daraboló gépek segítségével a kívánt méretre vágnak, így jön létre a nyerstermék.^{607 608}

A cserép préselése történhet csigapréssel (szalagpréseléses eljárás) vagy sajtolással. Utóbbi eljárás során az agyagot előpréselik, feldarabolják, majd az így nyert agyagkalácsot az extruderprés gipsz munkaformájába helyezve méretre sajtolják.⁶⁰⁹

A formázás után a szárítás (20-150°C) következik, melynek célja a nyers idom nedvességtartamának 2-3%-ra csökkentése, hogy megfelelő szilárdsága legyen az égetőkemencébe való elhelyezéshez.⁶¹⁰ A cserépgyártás során, bizonyos termékek esetében a kiégetést megelőzi egy nemesítési folyamat, amely lehet engóbozás, vagy mázazás. A nemesítési folyamat célja, hogy egyrészt ellenállóbbá tegye a cserepet a környezeti hatásokkal szemben másrészt, hogy szint kölcsönözzön a kerámiacserépnek.⁶¹¹

A kiégetés a téglá- és cserépgyártás befejező, hőkezelő művelete, melynek során a nyersen formázott, majd kiszáritott agyagból kerámia lesz. A termék az égetés során nyeri el szilárdságát, ellenállóképességét, megfelelő porozitását, alak- és térfogatállóságát. Az égetési hőmérséklet 800-1050°C között zajlik, általában a falazóelemek alacsonyabb, míg a cserepek magasabb hőmérsékleten készülnek. Kiégetés során az agyagban egy ún. szinterezési folyamat játszódik le, azaz magas hőmérséklet hatására az anyag részecskéi összesülnek. A kiégetés történhet vándorló tűzzónájú (körkemence), vagy a korszerűbbnek tekinthető, álló tűzzónájú (alagútkemence) égetőkemence segítségével.

A téglá- és cserépgyártmányokat a *kiégetés után lehűtik*, majd leszedik a kemencekocsiról és egységakatokat (tetőcserepek esetében kiskötegeket) képeznek belőlük. Ekkor történik meg a minőségellenőrzés, melynek során megvizsgálják, hogy a termék megfelel-e a minőségi elvárásoknak.⁶¹² ⁶¹³ Cserepek esetében azt is figyelik, hogy a termék optikailag is kielégíti-e minőségi igényeket.⁶¹⁴

Bizonyos falazóelemek gyártása milliméteres nagyságrendű méretpontosságot követel meg, ugyanis falazásuk a hagyományos falazóhabarcs helyett vékony (1 mm vastag) ragasztóhabarccsal történik. Ez a méretpontosság a fent említett gyártási folyamat során nem biztosítható, ezért a falazóelemeket szándékosan a szükségesnél nagyobb méretűre gyártják, majd a kiégetés és lehűtés után a megfelelő mértékben lecsiszolják, ugyanis a csiszolás során már biztosítani lehet a megkívánt méretpontosságot. Magyarországon *gyártott kerámia* falazóelem családok 25 cm-es modulmérettel dolgoznak (modulméret = falazóelem + habarcs hézag), így ahhoz, hogy a falszerkezet készítésekor 1 mm ragasztóhabarcs-hézag tudjon kialakulni a téglasorok között, a téglának egészen pontosan 249 mm magasnak kell lenni. Ezt a pontosságot úgy érik el, hogy a falazóelemet 255 mm magasságúra gyártják a gyártástechnológia által megszabott mérettűrések mellett, majd kiégetés után az anyagfelesleget a

⁶⁰⁷ PALOTÁS László – BALÁZS György (1980): *Mérnöki szerkezetek anyagtana 3.* Budapest, Akadémiai Kiadó, 447-463.

⁶⁰⁸ DUDÁS Judit – MÁYER Zoltán (szerk.) (2003): *Nemzeti BAT útmutató a téglá- és cserépipar számára - Tervezet.* Budapest, Téglá és Cserépipari Környezetvédelmi Társulás, 21-57.

⁶⁰⁹ CREATON South-East Europe Kft: Kerámia tetőcserep – Gyártási folyamat. Elérhető: <https://www.creaton.hu/termek/keramia-tetocserep/gyartasi-folyamat> (A letöltés dátuma: 2021.09.30.).

⁶¹⁰ DUDÁS Judit – MÁYER Zoltán (szerk.) (2003): *Nemzeti BAT útmutató a téglá- és cserépipar számára - Tervezet.* Budapest, Téglá és Cserépipari Környezetvédelmi Társulás, 21-57., valamint CREATON South-East Europe Kft: Kerámia tetőcserep – Gyártási folyamat. Elérhető: <https://www.creaton.hu/termek/keramia-tetocserep/gyartasi-folyamat> (A letöltés dátuma: 2021.09.30.).

⁶¹¹ DUDÁS Judit – MÁYER Zoltán (szerk.) (2003): *Nemzeti BAT útmutató a téglá- és cserépipar számára - Tervezet.* Budapest, Téglá és Cserépipari Környezetvédelmi Társulás, 21-57.

⁶¹² DUDÁS Judit – MÁYER Zoltán (szerk.) (2003): *Nemzeti BAT útmutató a téglá- és cserépipar számára - Tervezet.* Budapest, Téglá és Cserépipari Környezetvédelmi Társulás, 21-57.

⁶¹³ CREATON South-East Europe Kft: Kerámia tetőcserep – Gyártási folyamat. Elérhető: <https://www.creaton.hu/termek/keramia-tetocserep/gyartasi-folyamat> (A letöltés dátuma: 2021.09.30.).

⁶¹⁴ DUDÁS Judit – MÁYER Zoltán (szerk.) (2003): *Nemzeti BAT útmutató a téglá- és cserépipar számára - Tervezet.* Budapest, Téglá és Cserépipari Környezetvédelmi Társulás, 21-57.

termék nagyméretű, milliméter pontossággal dolgozó csiszolókorongok közötti átvezetésével eltávolítják.⁶¹⁵

A rakatképzést a raklapozás követi, melynek során egy előre elkészített raklapadagot egy szállítólapra helyezik, ahonnan egy raklapadagoló gép a téгла-, vagy cseréprakat alá helyezi a raklapot, a kemencekocsi ürítő gép pedig a raklapra helyezi az egységprakatot. A raklapra helyezett egységprakatot a csomagológéphez továbbítják, ahol megtörténik a csomagolás (sztreccsfóliával való körbetekerés, vagy zsugorfóliázás). A megfelelően becsomagolt terméket a tárolótérbe viszik.⁶¹⁶

2.1.3. A téгла- és cserépgyártás melléktermékei, hulladékanyagai és azok hasznosítása

Már az agyagbányászat során is keletkezik melléktermék, a humusz- és meddőréteg eltávolításakor. Ennek hasznosítása általában helyben történik a már kitermelt területek rekultivációjával.

A nyersanyag *tárolása, adagolása, keverése* és szállítása során felmerül némi lehulló anyagveszteség, azonban ez teljes egészében visszaforgatható a gyártásba. Az aprítás és őrlés során az aprítógépeken és az őrlőhengereken fennmaradhat valamennyi agyagmaradék, melynek kiszáradása porképződéssel jár. Ezt általában elszívó és porleválasztó segítségével összegyűjtik és visszajuttatják a megmunkálatlan agyagdepóniába.

Az anyagfolyam egy-egy gépre történő átadásakor elkerülhetetlen az anyagszóródás és a kiporzás, ezt azonban szintén összegyűjtik és folyamatosan visszaadagolják a termelésbe, így termelési hulladék ebből sem keletkezik.

A megformázott nyerstermék *vágása* során vágási hulladék, valamint a nem megfelelő darabolás folytán nyers selejt keletkezik. Egy automata berendezés a gyártási folyamat során ellenőrzi a nyers és a szárított termék méretét és alakját, és amennyiben nem találja megfelelőnek, kiemeli a rendszerből. Az így keletkező nyers, illetve szárított selejt teljes egészében visszaforgatható a gyártásba.

A nagy méretpontosságú termékek *csiszolása* során csiszolatpor keletkezik. Ez az agyaghoz keverve részben szintén visszaforgatásra kerül a gyártásba, de a porszemcsék jelentős koptató hatást fejtenek ki a gyártógépekre és szerszámokra, ezért (a visszaforgatáson kívül) a legtöbb gyártó (az égetett selejtnél leírtak szerint) teljesítménynyilatkozatot állít ki róla és termékként értékesíti. Leginkább sportpályák fedőrétegeinek, valamint utak felszórása alkalmas.

Az égetett termékből keletkező égetett selejtet már nem lehet újra felhasználni a technológián belül. Égetett selejtről beszélünk akkor is, ha a termék nem felel meg bizonyos minőségi (például esztétikai) követelményeknek. Ilyenkor előfordulhat, hogy bizonyos létesítmények (például istállók) építéséhez még alkalmas lehet, ezért csökkent értékű termékként is értékesíthető.⁶¹⁷

Amennyiben már komolyabb minőségi (például szilárdsági, mérettűrési) probléma merül fel, az égetett selejt akkor sem válik hulladékká. Ezt a gyártók a helyszíni (bánya)utak feltöltésére használják, vagy „Kőanyaghalmoz kötőanyag nélküli keverékekhez, feltöltésekhez” néven, az MSZ EN 13242:2002+A1:2008 szabvány és a megszerzett alkalmazástechnikai bizonyítvány alapján termékként hozzák forgalomba, és erről a 305/2011/EU rendeletnek megfelelően teljesítménynyilatkozatot (DoP) adnak ki. Ilyenkor az égetett selejt aprítva betonadalékként, aszfaltadalékként, útalapként, őrlőve pedig sportsalakként használható. Ekkor a teljesítmény állandóságának értékelése

⁶¹⁵ Wienerberger Téglaiipari Zrt. (2021): *Porotherm – Alkalmazási és tervezési útmutató*. Budapest, Wienerberger Téglaiipari Zrt. 4-11.

⁶¹⁶ DUDÁS Judit – MÁYER Zoltán (szerk.) (2003): *Nemzeti BAT útmutató a téгла- és cserépipar számára - Tervezet*. Budapest, Téгла és Cserépipari Környezetvédelmi Társulás, 21-57.

⁶¹⁷ DUDÁS Judit – MÁYER Zoltán (szerk.) (2003): *Nemzeti BAT útmutató a téгла- és cserépipar számára - Tervezet*. Budapest, Téгла és Cserépipari Környezetvédelmi Társulás, 21-57.

4-es jelű rendszerben történik az említett szabvány által megadott minősítő vizsgálatok alapján (termékfrakció tényleges szemnagysága, szemmegoszlási osztály, finomszem tartalom, durva szemek szemalakja, fagyállóság, magnézium-szulfát tartalom, alkotóanyagok, vonatkozó környezetszennyező tulajdonság követelményei).⁶¹⁸

Előfordulhat, hogy a csomagolás és szállítás során a termék megsérül. Amennyiben ez a munkafolyamat automatizált, a keletkező hulladék mennyisége elenyésző. Ha mégis keletkezik, az égetett selejttel azonos módon kerülhet hasznosításra.

Az *égetett selejt* köanyagghalmazként történő hasznosításán kívül a későbbiekben további hasznosítási lehetőségeket is érdemes alaposabban feltérképezni. Ehhez a jelenleg még hiányzó melléktermék-rendelet megalkotása lenne szükséges, ez indíthatná be az ehhez szükséges piaci folyamatokat.

A téglagyártás során szennyvíz nem keletkezik, mert a gyártási folyamat során az anyagba bevitt nedvesség a szárítás és kiegészítés során elpárolog. A cserépgyártásban a sajtolás (formakészítés) és az engóbozás során kis mennyiségű szennyvízképződéssel is kell számolni (például gipszes víz), azonban ez viszonylag egyszerű, ülepítéssel módszerrel közömbösíthető.

2.1.4. Újrahasználat a téglá- és cserépiparban

a) Az újrahasználat szabályozása

A Ht. különbséget tesz az építés és bontás során keletkező anyagok között olyan értelemben, hogy azt a kitermelés helyén hasznosítják, vagy sem. A 2. § (1) bekezdése ugyan megadja, hogy építési-bontási hulladéknak tekinthető „az épített környezet alakításáról és védelméről szóló törvény szerinti építmény építéséből vagy bontásából származó hulladék”,⁶¹⁹ azonban az 1. § (3) bekezdése azt is kifejti, hogy „nem terjed ki a törvény hatálya a szennyezettlen talajra és más, természetes állapotában meglévő olyan anyagra, amelyet építési tevékenység során termelnek ki, és azt a kitermelés helyén természetes állapotában építési tevékenységhez használják fel”.⁶²⁰ Ennek értelmében az építési és bontási tevékenység során kinyert téglá és cserép csak abban az esetben tekinthető építési-bontási hulladéknak, ha azt nem a kitermelés helyén hasznosítják. Ebben az esetben a törvény szabályozza az anyag gyűjtésével, elszállításával, lerakásával kapcsolatos tulajdonosi és hatósági feladatokat. Amennyiben azt a kitermelés helyén hasznosítják, akkor nem minősül építés-bontási hulladéknak, az építéshelyszíni felhasználásáról való rendelkezés pedig az építési tevékenységet vezető személy, vagy is a felelős műszaki vezető feladata.

Az építési-bontási tevékenység során keletkező, újrahasználatra alkalmas bontott téglára és cserépre vonatkozóan egyéb jogi szabályozás és szabványi rendelkezés nincs. Egyedül a 3/2019. (VII.1.) Építésügyi és Műszaki Irányelv⁶²¹ (a továbbiakban: 3/2019. ÉPMI) foglalkozik a témával, azonban annak is csak egy részterületével a tömör bontott kis- és nagyméretű téglával.⁶²²

Építési-bontási tevékenység során nagy mennyiségben a kis- és nagyméretű *tömör téglák* nyerhetők ki újrahasználatra alkalmas állapotban, ezért a napjainkban oly népszerű üreges-porózus kerámia falazóelemek nem tartoznak a műszaki irányelv hatálya alá (ahogy más egyéb anyagúak sem, így például a beton, a könnyűbeton vagy a mészhomok falazóelemek sem). Ennek egyik oka a termék rendkívül hosszú élettartama. Amennyiben a falazatot nem éri súlyos csapás (például elemi kár, erős földrengés),

⁶¹⁸ MSZ EN 13242:2002+A1:2008 Köanyagghalmazok műtárgyakban és útépitésben használt, kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz.

⁶¹⁹ MSZ EN 13242:2002+A1:2008 Köanyagghalmazok műtárgyakban és útépitésben használt, kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz.

⁶²⁰ MSZ EN 13242:2002+A1:2008 Köanyagghalmazok műtárgyakban és útépitésben használt, kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz.

⁶²¹ 3/2019. (VII.1.) Építésügyi és Műszaki Irányelv – Bontott téglá minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

⁶²² Kisméretű téglának a 250x120x65 mm névleges méretű, nagyméretű téglának pedig a 290x140x65 mm névleges méretű tömör égetett kerámia falazóelemet nevezzük.

vagy tartós nedvességátadás, gyakorlatilag örökéletűnek tekinthető. Ismeretesek több ezer éves kerámia falazóelemből készült falazatok, bár napjainkban a gyártók általában 150-200 éves élettartammal számolnak. Ráadásul hosszú évezredekig kizárólag tömör kerámiatégglákat használtak falazásra, az üreges-porózus vázkerámia termékek csupán az elmúlt évszázadban fejlődtek ki, vagyis még az elsőként beépített üreges-porózus vázkerámia falazóelemek sem érték még el átlagos élettartamuk felét. Kimondhatjuk tehát, hogy a kerámia falazóelemekből készült épületszerkezetek *rendkívül tartósak és évszázadokon át el tudják látni funkciójukat*. Ebből adódóan napjainkban döntő többségben tömör falazóelemekből készült falszerkezetek bontására kerül sor, korszerű, üreges-porózus vázkerámia falazóelemből épült épület bontása legfeljebb különleges esetekben (például elemi csapás esetén) szükséges. Bontott alapanyagként tehát a *tömör falazóelemek állnak nagy mennyiségben rendelkezésre*. A másik ok, hogy az üreges-porózus vázkerámia falazóelemek *méretei sokkal nagyobbak*, míg *szilárdsági paramétereik sokkal gyengébbek* a tömör kerámia falazóelemeknél, így a bontás során őket erő fizikai és mechanikai hatásoknak (például dinamikus hatások, ütés) jóval kevésbé képesek ellenállni, bontás során rendkívül nehéz őket ép állapotban kinyerni.

Napjainkban az üreges-porózus falazóelemekből leginkább *elemdarabolás* közben keletkezik hulladék, fontos cél azonban a hulladékképződés megakadályozása, amely jelenleg az építés helyszínén történő felhasználással valósulhat meg, például feltöltések révén.⁶²³

A *bontott kerámia tetőcserepek* újrahasználatára nem vonatkozik külön jogszabály, szabvány és műszaki irányelv. Kijelenthető tehát, hogy építési kerámiatermékek tekintetében újrahasználatnál foglalkozó műszaki szabályozás kizárólag a tömör kis-, és nagyméretű falazóelemek esetében létezik.

b) Előkészítés az újrahasználatra

A 3/2019. ÉPMI meghatározása szerint *bontott téglának* nevezzük a „korábban már beépített és kibontott, majd megtisztított téglát, amely átalakítás nélkül, vagy szeletelve, bizonyos vizsgálati eredményektől függően építményszerkezetekben újra felhasználásra alkalmas.”⁶²⁴

A bontott téglát a minősítést és a beépítést megelőzően gondos tisztítást és átválogatást igényel. A törött, kormos, mállott, erősen nedves falazótégglákat el kell különíteni. Az azonos megjelenésű és méretű téglákat külön rakatokba kell gyűjteni, bár könnyen előfordulhat, hogy a bontott téglák még a legnagyobb gondossággal válogatva is kissé *eltérő jellemzőket* mutatnak. A téglák *szétválogatását* vagy a tételek egyneműségét a felelős műszaki vezetőnek kell igazolni.

A bontott téglák *tisztítása* megvalósítható mechanikus módszerrel, vagy kémiai eljárással. A falazóelem típusától, szilárdságától, méretétől és felületétől, valamint a szennyezettség mértékétől és fajtájától függően.

⁶²³ Napjainkban jellemző gyakorlat továbbá a vágás során keletkező maradékoknak a falazat egyes részein történő felhasználása, ugyanakkor az iparágban belül már vannak olyan kiegészítő termékek - feles téglák, saroktégla -, amelyek alkalmazása szükségtelenné teszi az elemdarabolást.

⁶²⁴ 3/2019. (VII.1.) Építési és Műszaki Irányelv – Bontott téglák minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).



Forrás: a fotó a szerző saját készítése.

Kisméretű tömör bontott téglák

A mechanikus módszer elvégezhető kézi szerszámokkal (például kőműveskalapáccsal, vésővel, simítóval, fémkefével, csiszolópapírral). Hátránya, hogy jelentős erőfeszítést, kitartást és figyelmet követel a szakembertől. Jelentős por- és törmelékképződéssel is jár, ezért maszk, védőszemüveg és kesztyű használata ajánlatos. Kizárólag akkor lehet alkalmazni, ha a téglák kellően szilárdak és nem áll fenn annak a veszélye, hogy megsérül. A kézi szerszámok segítségével a kötőanyag (habarcs) nagy része eltávolítható, a további tisztítás kézi erővel általában vízzel feltöltött edényben végezhető. Ezt a műveletet ajánlott meleg időben elvégezni a száradási idő lerövidítése és az esetleges fagykárak megelőzése érdekében. A téglák gépi tisztítása általában *sarokcsiszológépre* helyezett radiális sörtés tisztítókefével lehetséges. A kémiai eljárás során valamilyen speciális vegyi anyagot használnak a szennyeződések eltávolítására, ezek az oldószerek rendszerint savat (sósavat, kénsavat, foszforsavat) tartalmaznak. A *vegyi oldattal* történő felületkezelés végeztével a felületen található kisebb maradványokat általában spatulával, vagy drótkefével, a nagyobbakat a falazóelem kiszáradását követően vésővel és kalapáccsal lehet eltávolítani. Annak érdekében, hogy minimalizáljuk a téglák károsodásának veszélyét, fontos, hogy mindkét (mechanikus és kémiai) tisztítási módszer esetében a tisztítási művelet során szükséges kalapácsütések a felülettel párhuzamosan történjenek, nem szabad azokat a téglákra merőlegesen végezni.

c) A bontott téglák minősítése

Miután a falazóelemek tisztítása megtörtént, a bontott téglák *minősítése* következik, melyhez a korábban részletezettek szerint elkülönített téglanyagból a felelős műszaki vezető jelenlétében mintát vesznek és a mintavételt az előírásoknak megfelelően dokumentálják. A minősítéshez szükséges *próbatest* darabszám és az elvégzendő vizsgálatok attól függenek, hogy a bontott téglából milyen szerkezet készül és ez a szerkezet milyen környezeti hatásoknak lesz kitéve.

A bontott téglák minősítő vizsgálataihoz szükséges szabványok, irányelvek és próbatestek

Vizsgálat	Szabvány/irányelv	Próbatestek minimális száma
testsűrűség	MSZ EN 772-13:2000	6 db egész téglá
nyomószilárdság	MSZ EN 772-1:2011+A1:2015	6 db egész téglá
vízfelvétel	MSZ EN 772-21:2011	6 db egész téglá
tapadószilárdság	3/2019 (VII.1) ÉPMI A melléklet	6 db egész téglá
fagyállóság esőztetéssel	MSZ CEN/TS 772-22:2008 (100 fagyasztási ciklus)	0,25-0,50 m ² közötti felületű próba fal (14 db ép téglából)
fagyállóság víztelítéssel	MSZ EN 1344:2014 C melléklet	6 db egész téglá
fagyállóság olvasztósóoldatban	MSZ EN 1338:2003 D melléklet	6 db egész téglá
kopásállóság	MSZ 18290-1:1981	6 db egész téglá
aktív oldható sótartalom	MSZ EN 772-5:2002	6 db egész téglá
fajlagos hajlító törőerő	MSZ EN ISO 10545-4:2015	6 db szeletelt falburkolólap

Forrás: 3/2019. ÉPMI.

Környezeti hatásnak való kitétség alapján a falszerkezet lehet környezeti hatásnak ki nem tett, mérsékelten kitétt és erősen kitétt. Erős kitétségről akkor beszélünk, ha a falszerkezet az éghajlati körülmények (csapóeső, talajban lévő nedvesség) következtében átnedvesedik, ezzel egyidejűleg fagyhatásnak van kitéve, és nincs hatékony védelme. Az ilyen szerkezetekbe bontott téglá beépítése alapvetően nem javasolt. Mérsékelt kitétségről akkor van szó, ha ugyan a fenti hatásoknak ki van téve, de nem tud teljes mértékben átnedvesedni, vagy van hatékony védelme. Ebben az esetben már többnyire érdemes beépíteni, de a felhasználhatóság eldöntése érdekében szükséges vizsgálatok köre jóval szélesebb, mintha nem lenne kitéve környezeti hatásoknak.

Az újratervezhető, bontott téglák minőségéről az építést vezető szakember (például építész) nyilatkozik az építési naplóban történő bejegyzéssel, vagy pedig a bontott téglá értékesítésével foglalkozó kereskedő állít ki terméktanúsítványt. A minősítés során fontos figyelni arra, hogy a bontott téglá minősége nem egységes, első ránézésre kiszámíthatatlan, megállapíthatatlan. Éppen ezért a bontott téglák minősítését a beépítés előtt el kell végezni és a minősítés tényét, eredményét szintén be kell vezetni az építési naplóba.⁶²⁵

Vizsgálat nélkül, az MSZ EN 1745:2012 szabvány A1 táblázata alapján a hővezetési tényező, valamint a páradiffúziós ellenállási szám értékét lehet felvenni. A táblázatos értékek a téglá testsűrűségének függvényében (1000-2400 kg/m³) adják meg az 50%-os és 90%-os küszöbértékhez tartozó anyagjellemzőket (bontott téglá esetében ajánlott az 50% küszöbértékhez tartozó értékeket figyelembe venni). Mivel a kis- és nagyméretű bontott tömör téglá testsűrűsége általában 1600-1800 kg/m³ között mozog, így a hővezetési tényezője 0,41-0,49 W/mK értékkel, páradiffúziós ellenállási száma pedig 5/10 értékkel vehető figyelembe. Ugyancsak vizsgálat nélkül, a 96/603/EK bizottsági határozat és módosításai szerint a bontott tömör téglá tűzvédelmi osztálya A1. Az összes többi anyagtulajdonság csak szabványos, minősítő vizsgálatok segítségével határozható meg.⁶²⁶

⁶²⁵ 3/2019. (VII.1.) Építésügyi és Műszaki Irányelv – Bontott téglá minősítése újratervezés előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

⁶²⁶ MSZ EN 1745:2012 Falazatok és falazati termékek. A hőtechnikai tulajdonságok meghatározásának módszerei.

d) A bontott téglákkal szemben támasztott követelmények

Ahhoz, hogy a bontott téglá bármilyen épületszerkezeti elem építése során felhasználható legyen, el kell végezni a szükséges *minősítő vizsgálatokat*. A vizsgálati eredmények birtokában a műszaki irányelv épületszerkezet-típusonként olyan követelményeket fogalmaz meg a bontott téglákkal szemben, melyek alapján egyértelműen eldönthető, hogy a bontott téglá felhasználható-e az adott épületszerkezet készítése során vagy sem.

A bontott téglák értékelése során a tervezett felhasználási területhez tartozó vizsgálatok eredményeit össze kell vetni az adott felhasználási terület követelményeivel. A bontott téglá akkor tekinthető alkalmasnak újrafelhasználásra az adott felhasználási területen belül, ha a vizsgálatok eredményei kielégítik a követelményértékeket.

A műszaki irányelv külön követelményeket fogalmaz meg attól függően, hogy a bontott téglá teherhordó falszerkezetekbe, nem teherhordó falszerkezetekbe, pillérekbe, boltívekbe és boltozatokba, kerítésekbe, padlóburkolatba és térburkolatba kerül-e beépítésre, vagy esetleg falburkolatként, illetve szeletelt falburkoló lapként történik-e a felhasználása.⁶²⁷

Az ÉPMI vonatkozó táblázatait a 2. számú függelék tartalmazza.

e) A bontott kerámiatéglák és cserepek újrafelhasználásának lehetőségei

A bontott tömör, égetett agyag falazóelemek elsősorban teherhordó és nem teherhordó falazatok, boltívek, boltozatok, kerítések, falburkolatok, valamint bel- és kültéri padlóburkolatok, térburkolatok készítésére használható és a 3/2019. ÉPMI csupán e felhasználási területek esetén történő minősítésre terjed ki. Felhasználhatók épületen kívüli kéményfalazatként, közforgalmú terek padlóburkolataként, agresszív kémiai hatásoknak kitett szerkezetekben és támfal falazataként is, de a felsorolt jellegű felhasználási módokhoz való minősítéssel már a fenti műszaki irányelv sem foglalkozik.⁶²⁸



Forrás: a fotó a szerző saját készítése.

Bontott téglából készült kerítés

⁶²⁷ 3/2019. (VII.1.) Építésügyi és Műszaki Irányelv – Bontott téglá minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

⁶²⁸ 3/2019. (VII.1.) Építésügyi és Műszaki Irányelv – Bontott téglá minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

A régi kisméretű bontott téglák az épületek kíméletes *kézi bontásával* és a *téglák takarításával értékes építőanyagok lehetnek*. Előnyük, hogy megjelenésük általában kedvező, rusztikus hatást keltő. Az új gyártású falazóanyagokhoz képest jóval kedvezőbb áron beszerezhetők, ráadásul gyakran szilárdsági és tartóssági szempontból sem gyengébbek. Hátrányuk, hogy hőszigetelő képességük nagyságrendekkel elmarad a korszerű falazóelemekétől, nem egységes a minőségük és nem állnak rendelkezésre gyártói minőségigazolások.

A bontott téglá további nagy hátránya a *nehézkés beszerzés*. Mivel nem áll rendelkezésre nagy tömegben és egységes minőségben (például nem építhető meg belőlük egy épület összes teherhordó fala), ezért a beszerzés folyamata, az utánajárás, a kiválasztás sokkal hosszadalmasabb, mint új falazóanyag vásárlásakor. A beszerzés mellett a megvásárolt tégláknak a kiszállítása is problémásabb, mivel egyrészt a bontott téglákat fel és le kell pakolni a teherautóra és a teherautóról. Ez egyrészt jelentős többletmunkával jár, másrészt pedig, ha ezt a rakodást el szeretnénk elkerülni, akkor a bontott téglákat raklapokra kell rakni, az viszont szintén többletköltséget jelent.⁶²⁹

A bontott téglából *készülhet* még kerti út, kültéri kerti lépcső, kútkáva, kemence, kályha, kerti grillező és tűzrakóhely, de olyan egyéb kül- és beltéri dekorációs elemek is, mint például kerti pad, ágyásszegély, ablakpárkány és bortároló. De készíthető belőle szellőző térelválasztó is, mely rusztikus hangulatot varázsolhat a belső térnek, de akár egy terasznak is.

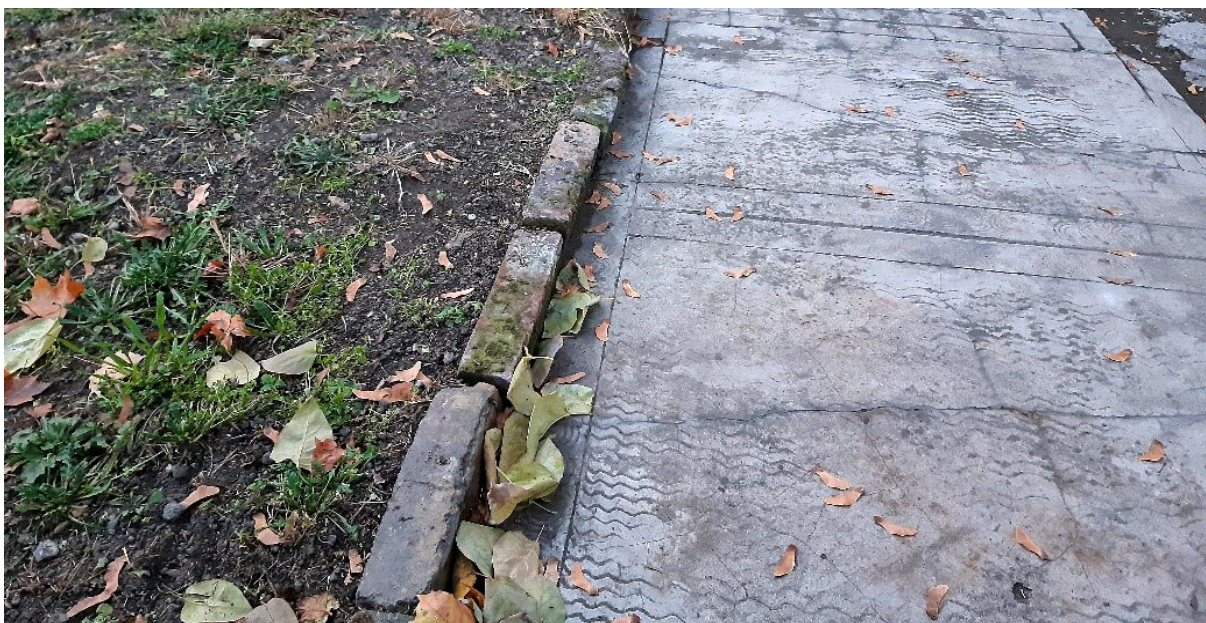
A bontott téglák ma már – éppen az egyre növekvő keresletük miatt – *nagy választékban* állnak rendelkezésre. Általában a bontott, használt építőanyagok forgalmazásával foglalkozó kereskedőknél juthatunk hozzá, de gyakran felbukkannak az internetes apróhirdetési portálokon is. Általában piros vagy sárga színűek, de elérhetők vegyes színekben is. Kifejezetten értékesnek és keresettnek számítanak a címeres (pecsétes) téglák, amelyek akár a XVII-XVIII. századból is származhatnak.



Forrás: a fotó a szerző saját készítése.

Bontott téglából készült kerti út

⁶²⁹ Dalos és Társa Kereskedelmi és Szolgáltató Kft: Bontott téglá beépítése építkezéskor. Elérhető: <https://www.dalostuzep.hu/blog/bontott-teglabeepitese-epitkezéskor/> (A letöltés dátuma: 2021.10.01.).



Forrás: a fotó a szerző saját készítése.

Bontott téglából készült ágyásszegély



Forrás: a fotó a szerző saját készítése.

Címeres téglák

Mivel a *bontott cserép* felhasználására nincs külön szabályozás, így mindössze a jogszabályok által meghatározott általános alapelvek figyelembe vételével lehet őket beépíteni. Az általános gyakorlat értelmében bontott kerámia-cserépet – mivel az adott felhasználási területen a felhasználók számára az esztétikai szempont az elsődleges, ugyanakkor a fokozott környezeti hatásoknak való kitettség miatt a jelenleg bontásra kerülő cserépek már nem feltétlenül őrzik eredeti szépségüket – leginkább alárendelt épületek vagy kerítések fedéseként, meglévő (általában vályogból készült) falak dőlésszögkiegyenlítésére, vagy vakolaterősítésre használják. Készülhet belőle mediterrán hangulatú kerti térburkolat, tereplépcső, ágyásszegély, sziklakert- vagy fűszernövény elválasztó, a bontott kúp-cserépbe pedig akár növényeket (például pozsgásokat) is lehet ültetni.

2.1.5. Újrahasznosítás, újrafeldolgozás a téglá- és cserépiparban

Amennyiben a téglá és a cserép újrahasználata nem valósítható meg, a hulladékképződés megakadályozása érdekében a kerámiatéglát- és cserepet tartalmazó anyag *helyszínen történő megfelelő felhasználása a legjobb megoldás.*⁶³⁰

Az újrahasználaton és a helyszíni felhasználáson kívül a hasznosítás lehet megoldás, ez jelenleg egyedül kőanyaghalmozásként történik.



Forrás: a fotó a szerző saját készítése.

Kerámiatörmelék tartalmazó építési-bontási hulladék

Az építési-bontási hulladékok jelölésének rendszerét *a hulladékjegyzékről szóló 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet* 1. és 2. melléklete adja meg, mely szerint kerámiaanyagot tartalmazó építési-bontási hulladék négyféle kategóriába is eshet, aszerint, hogy csak kerámiatéglát tartalmaz (17 01 02) vagy cserép és egyéb kerámia törmelékét (17 01 03), esetleg vegyesen tartalmaz betont és egyéb kerámiákat (17 01 07), illetve ezeken kívül még veszélyes anyagokat is (17 01 06*⁶³¹).

A fenti kategóriákba eső, kerámiatéglá- és cseréptörmelék tartalmazó kőanyaghalmozatok felhasználhatók alaprétegek, szintmagasítási rétegek, töltések és háttöltések (például támfalak mögött) feltöltési anyagként, vagy pedig teherhordó és nem teherhordó betonszerkezetek, kiegyenlítő betonok és habarcsok, aljzatbetonok, szerelőbetonok, betonelem termékek és kompozitok adalékanyagként.

Építési-bontási hulladékból előállított kőanyaghalmozatok termékek esetén a hulladékkezelési eljárás első fontos lépése a termékcsopontonként való gyűjtés, illetve szétválogatás (szelektív gyűjtés). Ezt követi az újrahasznosításra történő felkészítés, mely történhet a helyszínen (amennyiben a kitermelés helyén hasznosítják), vagy megfelelő hulladékkezelési és hulladékszállítási jogosultság birtokában a hulladékkezelő létesítményben. Az újrahasznosításra történő előkészítés általában a kőanyaghalmoz

⁶³⁰ A gyártástechnológiába történő visszaforgatás csak elvi lehetőség, mivel ahhoz, hogy a megtisztított, bontott téglát / cserepet a gyártásban – a minőség romlása nélkül! – újra lehessen használni, azok porrá darálása lenne szükséges, ennek környezetbarát módon történő megvalósíthatósága azonban – a darálás óriási energiaigénye, az őrleménynek a téglá- és cserépgyártás során alkalmazott gépeket koptató hatása, valamint az építés/bontás, illetve darálás, felhasználás különböző helyszínei közötti szállítás erősen környezetromboló hatásai miatt – erősen kérdéses.

⁶³¹ A hulladékjegyzékről szóló 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet.

aprítását, fémek anyagoktól való megtisztítását, esetleg frakciókra történő osztályozását jelenti. Mikor ez megtörtént, az újrahasznosításra szánt kőanyag-halmazt összetevőnként, illetve frakciónként deponálják, majd az elkülönített depókból mintát vesznek és megvizsgálják a releváns anyagtulajdonságait. Helyszíni felhasználás esetén a vizsgálatok elvégzése és az eredmények kiértékelése után a felelős műszaki vezető dönt a felhasználásról. Amennyiben a felhasználás nem az építési-bontási projekt területén történik, de a kőanyag-halmaz a vizsgálatok alapján megfelel az adott felhasználási mód követelményeinek, a hulladék birtokosa teljesítménynyilatkozatot állít ki a termék műszaki jellemzői alapján. Ekkor már nem hulladékról, hanem termékről beszélünk, így azt a birtokos termékként tárolhatja, forgalmazhatja, vagy felhasználhatja, miközben természetesen biztosítani kell a terméktulajdonságok állandóságát és be kell tartania a termékforgalmazásra vonatkozó jogszabályokat. Folyamatos gyártás és értékesítés esetén (tehát ha nem egyedi termékről van szó) üzemi gyártásellenőrzés is szükségeltetik, figyelembe véve a vonatkozó jogszabályok, termékszabványok és műszaki irányelvek előírásait.

a) A téglá- és cseréptörmelék feltöltésként történő hasznosítása

Az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány szerint újrahasznosított kőanyag-halmaznak nevezzük az előzőleg már felhasznált, szervesen építőanyagból előállított kőanyag-halmazt.⁶³² Kimondottan *tégla- és cseréptörmelék*ből származó kőanyag-halmazra vonatkozó műszaki szabályozás nincs arra vonatkozóan, amennyiben azt feltöltések anyagaként szeretnénk felhasználni. A műtárgyakban és útépitésben használt, valamint kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz való mindennemű kőanyag-halmazokra vonatkozó előírásokat az MSZ EN 13242:2002+A1:2008 szabvány tartalmazza.⁶³³ A termékszabványok szerinti vizsgálatokat, az üzemi gyártásellenőrzés folyamán végrehajtandó vizsgálatokat és azok módszereit, valamint minimális gyakoriságát a 4/2019 (VII.1.) ÉPMI műszaki irányelv foglalja össze.

Eszerint bármilyen felhasználási célra is szánjuk az építési-bontási hulladékból származó kőanyag-halmazt, a vizsgálatokhoz szükséges mintavételnek az MSZ EN 932-1:1998 szabvány szerint kell történni. Amennyiben *feltöltések* anyagaként kerül felhasználásra, úgy az elvégzendő minősítő vizsgálatok fajtái és gyakorisága a kőanyag-halmaz mennyiségétől függ. 100 m³ mennyiséget meg nem haladó újrahasznosított kőanyag-halmaz egyedi terméknek minősül és csupán szemrevételezés és (szükség esetén) szennyezőanyag-tartalom vizsgálat szükséges. Ha a mennyiség meghaladja a 100 m³-t, de még nem több 2000 m³-nél, akkor még mindig egyedi terméknek minősül, azonban a kötelező vizsgálatok sora kiegészül az MSZ EN 933-1:2012 szabvány szerinti szemmegoszlás-vizsgálattal és az MSZ EN 933-3:2012 szerinti szemalakvizsgálattal. 2000 m³ feletti mennyiség esetében viszont már az alábbi táblázat szerinti típusvizsgálatra van szükség, valamint azok ismételt vizsgálatára az üzemi gyártásellenőrzési rendszer szerint.⁶³⁴

⁶³² MSZ EN 12620:2002+A1:2008 Kőanyag-halmazok (adalékanyagok) betonhoz.

⁶³³ MSZ EN 13242:2002+A1:2008 Kőanyag-halmazok műtárgyakban és útépitésben használt, kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz.

⁶³⁴ 4/2019. (VII.1.) ÉPMI Építési és bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben.

Építési-bontási hulladékból származó kőanyagok minősítő vizsgálatai és azok minimális gyakorisága, amennyiben feltöltésként kerülnek felhasználásra

Anyagjellemző	Szabvány	Minimális gyakoriság
Szemméret	MSZ EN 933-1	hetente 1 alkalom
Szemmegoszlás	MSZ EN 933-1	hetente 1 alkalom
Durva szemcsék szemalakja	MSZ EN 933-3 vagy MSZ EN 933-4	havonta 1 alkalom
A zúzott és tört, valamint a teljesen gömbölyű szemek százaléka	MSZ EN 933-5 (csak kavics esetén)	havonta 1 alkalom
Szemek sűrűsége és vízfelvétele	MSZ EN 1097-6	évente 1 alkalom
Durva szemek aprózódási ellenállása	MSZ EN 1097-2 5. fejezet (LA)	évente 2 alkalom
Kopási ellenállás	MSZ EN 1097-1	évente 2 alkalom
Kagylóhéjtartalom	MSZ EN 933-7	évente 1 alkalom
Finomrész-tartalom és annak minősége	MSZ EN 933-1, vagy MSZ EN 13242 (A melléklet), vagy MSZ EN 933-8, vagy MSZ EN 933-9	hetente 1 alkalom
Magnézium-szulfátos kristályosítás	MSZ EN 1367-2	2 évente 1 alkalom
Faggyal szembeni ellenállás	MSZ EN 1367-1	2 évente 1 alkalom
Humusztartalom	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Fulvosavtartalom	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Összehasonlító szilárdság-kötésidő vizsgálat	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Veszélyes anyag kibocsátás	MSZ EN 13242	szükség és kétség esetén
Alkáli kovasav	MSZ EN 13242	szükség és kétség esetén

Forrás: 4/2019. ÉPMI.⁶³⁵

b) A tégl- és cseréptörmelék beton és habarcs adalékanyagként való hasznosítása

A tégl- és cserépipar törmelék beton adalékanyagként való felhasználása hosszú évszázadokra tekint vissza. Legismertebb példa a római Pantheon, melynek Kr.u. 117-125 között épült kupolája mai napig a legnagyobb vasalatlan betonkupola a világon. Titka abban rejlik, hogy építése során letről felfelé haladva egyre kisebb testsűrűségű betonszerű anyagot használtak. Ezt úgy alakították ki, hogy letről felfelé haladva folyamatosan változtatták a betonhoz használt adalékanyagokat. Növelték a könnyű adalékanyagok (például tégl- és cseréptörmelék, vulkáni tufa, hamu) arányát, míg a normál adalékanyag arányát csökkentették, ezáltal a beton testsűrűsége és a szerkezet súlya felfelé haladva egyre csökkent.⁶³⁶

Az MSZ 4798:2016/1M:2017 szabvány szerint újrahasznosítottnak minősül az adalékanyag, ha azt építési folyamatban már előzőleg felhasznált szervesetlen anyagok feldolgozásával nyerték ki, függetlenül attól, hogy az újrahasznosított rész ebben mekkora arányt képvisel. Maga a *beton* is újrahasznosított betonnak tekinthető, ha újrahasznosított adalékanyagot, vagy az adalékanyag-mennyiségre

⁶³⁵ 4/2019. (VII.1.) ÉPMI Építési és bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben.

⁶³⁶ PLUZSIK Tamás (2017): A beton rövid története, In PLUZSIK Tamás, SZEGŐNÉ Kertész Éva, URBÁN Ferenc, ZADRAVECZ Zsófia (szerk.) (2017): CEMBETON Útmutató 2017. Budapest, Magyar Cement-, Beton- és Mészipari Szövetség, 75.

vonatkoztatva több mint 5% mosással vagy töréssel visszanyert adalékanyagot tartalmaz. A szabvány ezen belül külön kategóriákat már nem határoz meg.⁶³⁷

Magyarországon a bontott építési törmelékből származó újrahasznosított adalékanyagok beton adalékanyagként való alkalmazásáról is ugyanezen szabvány rendelkezik. A bontott építési törmelékek megfelelően *előkészítve* (szétválogatva, idegen és szennyezőanyagoktól megtisztítva, több fokozatban törve, osztályozva, mosva) alkalmasak lehetnek, általában durva ($d > 4$ mm) adalékként. A finomszemcsék ($d < 4$ mm) kevésbé alkalmasak beton adalékanyagként való alkalmazására, helyette inkább homokot alkalmaznak.

**Újrahasznosított beton adalékanyagok megengedett maximális mennyisége
a beton környezeti és kitéti osztálya alapján**

Az újrahasznosított adalékanyag típusa	A beton környezeti-kitéti osztálya			
	X0	XC1, XC2	XC3, XC4, XF1, XA1, XD1	összes többi osztály
A-típus	50%	30%	30%	0%
B-típus	50%	20%	0%	0%

Forrás: MSZ 4798:2016/1M:2017.⁶³⁸

A szabvány az újrahasznosított adalékanyagokat két típusba (A- és B-típus) sorolja, attól függően, milyen anyagot tartalmaznak és milyen tömegszázalékban. Égetett kerámiát tartalmazó újrahasznosított adalékanyag (jele: R_b) csak akkor minősül A-típusúnak, ha az legfeljebb 10 tömegszázalékban tartalmazza kerámia, kalcium-szilikát és nem úszó pórusbeton törmelékét (jele: R_{b10}). A-típusú, kerámiatörmelék tartalmazó adalékanyaggal kizárólag a durva adalékanyag frakció legfeljebb 50%-a váltható ki, és az is csak akkor, ha a beton nincs korróziós hatásnak kitéve (X0 kitéti osztályba). A szabvány megengedi továbbá a durva adalékanyag frakció A-típusú újrahasznosított adalékanyaggal történő helyettesítését XC1, XC2, XC3, XC4, XF1, XD1 vagy XA1 környezeti-kitéti osztályba tartozó betonok esetében, azonban legfeljebb 30%-ig. Bármilyen más környezeti-kitéti osztályba tartozó betonhoz nem használható újrahasznosított adalékanyag.

Amennyiben az újrahasznosított adalékanyag legfeljebb 30 tömegszázalékban tartalmaz kalcium-szilikát és nem úszó pórusbeton törmelékét, B-típusúnak minősül (jele: R_{b30}). Ebben az esetben ugyancsak legfeljebb a durva adalékanyag frakció 50%-a váltható ki vele, ha nincs kitéve korróziós kockázatnak a beton, azonban legfeljebb csak 20%-a, ha XC1 vagy XC2 kitéti osztályba tartozik. Más kitéti osztályba sorolt beton esetén B-típusú újrahasznosított adalékanyag nem használható, sőt, ezt az adalékanyag típust C 30/37 nyomószilárdsági osztálynál magasabb szilárdsági osztály felett egyáltalán nem ajánlatos használni. Olyan építési-bontási törmelék pedig, ami még 30%-nál is több kerámia, kalciumszilikát és nem úszó pórusbeton törmelék tartalmaz, beton adalékanyagként nem használható.

Amennyiben a téglá-, illetve cseréptörmelék tartalmazó építési-bontási hulladék beton adalékanyagjaként kerül hasznosításra és testsűrűsége alapján normál adalékanyagnak minősül ($\rho > 2000$ kg/m³), akkor az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány szerinti típusvizsgálatot kell

⁶³⁷ MSZ 4798:2016/1M:2017 Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon.

⁶³⁸ MSZ 4798:2016/1M:2017 Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon.

elvégezni.⁶³⁹ Amennyiben ez a kőanyag-halmaz habarcs adalékanyagként hasznosul, akkor viszont már ugyanezt az MSZ EN 13139 szabvány szerinti kell végezni, ha pedig a kőanyag-halmaz könnyű adalékanyagként minősül ($\rho < 2000 \text{ kg/m}^3$), akkor az MSZ EN 13055:2016 szabvány szerint kell eljárni.

A 4/2019. (VII.1.) ÉPMI legfontosabb kapcsolódó összegző táblázatait a 3. sz. függelék tartalmazza.

Az MSZ EN 13050:2016. kapcsolódó rendelkezéseit a 4. sz. függelék tartalmazza.

Az újrahasznosított adalékanyagok *betonban történő alkalmazására* az MSZ 4798:2016/1M:2017 szabvány E3. táblázata tartalmaz követelményekre vonatkozó általános ajánlásokat és megadja a figyelembe veendő adalékanyag minőségi osztályokat. A finomszem-tartalom ($d < 0,063 \text{ mm}$) maximális értéke attól függ, hogy az adalékanyag durva szemcséjű ($d > 8 \text{ mm}$), természetes szemmegoszlású és 0-8 mm szemmagyságú, nyújtott szemmagyságú vagy finomszemcsés ($d = 0-4 \text{ mm}$). Szemalak tekintetében az adalékanyag MSZ EN 933-1:2012 szerint számított lemezességi tényezője nem haladhatja meg az Fl_{50} osztályt, vagy az MSZ EN 933-4:2008 szerint számított szemalaktényezője az Sl_{55} osztályt. Az adalékanyag Los-Angeles-féle aprózódási ellenállása meg kell, hogy feleljen legalább az MSZ EN 1097-5:1988 szerint számított LA_{50} osztálynak, vagy az MSZ EN 1097-2:1998 szerint számított SZ_{32} osztálynak. Az adalékanyag kiszárított állapotban mért szemtetsősűrűsége A-típusú adalékanyag esetén legfeljebb 2100 kg/m^3 , B-típusú adalékanyag esetén pedig legfeljebb 1700 kg/m^3 lehet. Az adalékanyag vízdoldható szulfáttartalma nem haladhatja meg a 0,2 tömegszázalékot (azaz legfeljebb $SS_{0,2}$ osztályba tartozhat), a kagylóhéjtartalma pedig az X0 környezeti és kitéti osztályt kivéve legfeljebb 10 tömegszázalék lehet (tehát legfeljebb SC_{10} osztályba tartozhat).

Az újrahasznosított kőanyag-halmazból vízzel kioldódó anyagok a *cementpép* kezdeti kötéseidjét legfeljebb 40 perccel növelhetik meg, azaz legfeljebb A_{40} osztályú adalékanyag használható. A szemek vízfelvételét az MSZ EN 1097-6:2013 szerint, a savoldható kloridtartalmat pedig az MSZ EN 1744-5:2007 szerint kell meghatározni és az értéket közölni. A környezeti és kitéti osztály függvényében az MSZ EN 4798:2016/1M:2017 szabvány NAD E2. táblázatában találhatunk további kiegészítő követelményeket. Utóbbi táblázat sokféle adalékanyagra együttesen vonatkozik (zúzottkő, zúzottkavics, visszanyert mosott, visszanyert tört és újrahasznosított), ezért figyelemmel kell lenni arra, hogy újrahasznosított adalékanyag legfeljebb X0, XC1, XC2, XC3, XC4, XD1, XA1, és XF1 környezeti és kitéti osztály esetén használható.⁶⁴⁰

⁶³⁹ 4/2019. (VII.1.) ÉPMI Építési és bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben.

⁶⁴⁰ MSZ 4798:2016/1M:2017 Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon.

Az MSZ 4798:2016/1M:2017 ajánlott követelményértékei újrahasznosított durva adalékanyagokra

Tulajdonság*	Újrahasznosított adalékanyag típusa	Osztály (MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szerint)
Finomszem-tartalom	A + B	osztály vagy közölt érték
Szemalak (lemezségi szám vagy szemalaktényező)	A + B	$\leq FI_{50}$ vagy $\leq SI_{55}$
Aprózódási ellenállás vagy ütőszilárdság	A + B	$\leq LA_{50}$ vagy $\leq SZ_{32}$
Szemestsűrűség kiszáritott állapotban (ρ_{rd})	A	$\geq 2100 \text{ kg/m}^3$
	B	$\geq 1700 \text{ kg/m}^3$
Vízfelvétel	A + B	közölt érték
Kagylóhéjtartalom	A + B	$\leq SC_{10}$ (kivéve X0)
Alkotóanyagok	A	Rc ₉₀ , Rcu ₉₅ , Rb ₁₀ -, Ra ₅ -, FL ₂ -, XRg ₂ -
	B	Rc ₅₀ , Rcu ₇₀ , Rb ₃₀ -, Ra ₅ -, FL ₂ -, XRg ₂ -
Vízoldható szulfáttartalom	A + B	$\leq SS_{0,2}$
Savoldható kloridtartalom	A + B	közölt érték
Hatás a kötési idő kezdetére	A + B	$\leq A_{40}$

* nincs követelmény (NR) azokra a tulajdonságokra, amelyek nem szerepelnek a táblázatokban és amelyekre az MSZ EN 12620 szerint egy NR kategória megadható

Forrás: MSZ 4798:2016/1M:2017. ⁶⁴¹

c) A téglapor hasznosítási lehetőségei

A téglapor leggyakrabban a különböző technológiával gyártott téglák méretre vágásakor, illetve csiszolásakor keletkezett finom szemmagyságú hulladék. Tulajdonságai függenek a téglagyag ásványtani összetételétől, a téglagyártási technológiától, az égési folyamat hőmérsékletétől, a színezésre használt fémsók koncentrációjától. Nem minősül veszélyes hulladéknak, a környezetre káros hatásokat nem gyakorol.

Kémiailag semleges, vagy enyhén bázikus, fajlagos felülete $2,54 \text{ m}^2/\text{g}$, sűrűsége $1,06\text{-}1,84 \text{ g/cm}^3$. Szemcséi között az aprítás következtében szinte mindenféle alakú szemcse megtalálható. Érdes törési felület és látható felszíni porozitás jellemzi. Jellegzetessége, hogy az apróbb szemcsék megtapadnak a nagyobb szemcséken. A téglapor szemcséinek méreteloszlása általában egyenletes. A $0,1 \text{ mm}$ -nél kisebb méretű szemcsék az összes szemcse mintegy 10% -át adják, míg a $0,2\text{-}0,63 \text{ mm}$ között tartományra az 50% -a esik. Ebből a legtöbb szemcse a $0,2\text{-}0,4 \text{ mm}$ közötti méretben található, de ez a teljes mennyiségnek csupán a 35% -a. Hidraulikus tulajdonságai változnak az égési hőmérséklet, az ásványi és kémiai összetétel és a szemcseméret függvényében. ⁶⁴²

A 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet 2. melléklete szerint a termikus gyártásfolyamatból származó hulladéknak (10), azon belül pedig mint kiegészítő kerámiák, téglák, cserepek és építőipari termékek hulladéka (10 12 08).

⁶⁴¹ MSZ 4798:2016/1M:2017 Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon.

⁶⁴² MOLNÁR Mónika – FEIGL Viktória (2012): *Téglapor* [tanulmány]. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Tanszék, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Környezeti Mikrobiológia és Biotechnológia Kutatócsoport. Elérhető: <https://mokka.hu/node/839> (A letöltés dátuma: 2021.10.02.)

A téglapor építőipari alkalmazása a téglá- és cseréptörmelékhez hasonlóan szintén több évezredes múltra tekint vissza. Már az ókori római építőmesterek is rájöttek, hogyha a mészhabarcshoz (amely köztudottan nem áll ellen a nedves környezetnek) téglaport adagolnak, akkor a habarcs nem csupán nagyobb fizikai és mechanikai igénybevételnek képes ellenállni, de egyúttal egy hidraulikus tulajdonságokkal rendelkező anyagot is kapnak, azaz a téglapor adalékanyagú habarcs vizes környezetben is képes megszilárdulni és szilárdságát megőrizni. Ezzel tulajdonképpen felfedeztek egy mai elnevezéssel élve látens hidraulikus pótléket.

A téglapor hidraulikus pótlékként való alkalmazásáról Marcus Vitruvius Pollio (Kr.e. 81 – Kr.e. 15) a *De Architecture Libri Decem*⁶⁴³ c. műve második könyvének hatodik fejezetében, valamint Gaius Plinius Secundus (Kr.u. 23 – Kr.u. 79) a *Naturalis Historia* (Természettudomány) c. 37 könyvből álló művében egyaránt beszámol. Mindegyikben olvashatunk a római beton⁶⁴⁴ készítése során használt speciális, nedves környezetben is megszilárdulni képes kötőanyagról, melyet úgy nyertek, hogy mészkő, téglapor és vulkáni habkő keverékéhez puccolánt⁶⁴⁵ vagy vulkáni hamut⁶⁴⁶ (harena fossicia) adagoltak és a keveréket kiégették. Ugyancsak előfordult az ókorban a téglapor könnyű adalékanyagként való használata.⁶⁴⁷

Napjainkban a téglapor egyik leggyakoribb alkalmazási területe a *habarcs technológia*. Műemlékvédelmi felújítások során találkozhatunk vele mint mészhabarcshoz adagolt hidraulikus pótlékkal, de cementhelyettesítő anyagként (például portlandcementet részlegesen helyettesítve), és a téglagyártás soványító adalékanyagaként is megjelenhet. Téglapor adagolásával növelni lehet a cementhabarcs nyomószilárdságát és a kémiai korrózióval szembeni ellenállását is.

A téglapor *finom frakciója* gyakran szolgál *sportpályák felső fedőrétegeként*, durva frakciója pedig teniszpályák alaprétegeként. Előszeretettel használják kerti utak, sétányok és terek felszórására is, ugyanis a vizet átengedi, ezzel a sár- és porképződést meggátolja. Mésszel és granulált vaskohászati salakkal együttesen alkalmazva talajok geotechnikai stabilizálására is alkalmas.⁶⁴⁸

2.2. A téglá- és cserépgyártmányokkal szemben támasztott követelmények

2.2.1. Építési termékek forgalomba hozatala

Az építési termékek *forgalomba hozatalának feltételeit* 2013. július 1. óta az Európai Parlament és Tanács 305/2011/EU rendelete szabályozza, mely teljesen új szabályozási környezetet teremtett a hatálya alá tartozó építési termékek világában. Új fogalmakat vezetett be és azoknak pontos definíciót is adott (például építési termék, alapvető jellemzők). Ezek közül az egyik legfontosabb a teljesítménynyilatkozat, ami nem más, mint az építési termék gyártója által kiállított olyan dokumentum, amely az építési termék teljesítményét a termékre vonatkozó műszaki előírásnak megfelelően, hitelesen igazolja. Elkészítésével a gyártó felelősséget vállal azért, hogy az építési termék megfelel a nyilatkozatban rögzített teljesítménynek.

⁶⁴³ Tíz könyv az építészetéről.

⁶⁴⁴ Opus caementicium.

⁶⁴⁵ Puteoli föld.

⁶⁴⁶ Harena fossicia.

⁶⁴⁷ Marcus VITRUVIUS Pollio (2009): *Tíz könyv az építészetéről*. Szeged, Quintus Kiadó, 55-57., valamint Gaius PLINIUS Secundus (1973): *A természet története*. Bukarest, Kriterion Könyvkiadó, 39-169.

⁶⁴⁸ MOLNÁR Mónika – FEIGL Viktória (2012): *Téglapor* [tanulmány]. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Tanszék, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Környezeti Mikrobiológia és Biotechnológia Kutatócsoport. Elérhető: <https://mokka.hu/node/839> (A letöltés dátuma: 2021.10.02.).

Az új, minden EU tagállam számára kötelező érvényű rendelet értelmében az építési termékek Európai Unión belül történő forgalomba hozatalának feltétele egy teljesítményigazolási eljárás lefolytatása, melynek eredményeként lehetséges a termékre vonatkozó teljesítménynyilatkozat kiadása. A rendelet szerint azon termékek estében, amelyekre létezik harmonizált európai szabvány, vagy Európai Műszaki Értékelés (ETA = European Technical Approval), a teljesítményigazolási eljárást követően a gyártó jogosult a CE jelölés elhelyezésére.

A *teljesítmény állandóságának értékelése és ellenőrzése* a 305/2011/EU rendelet V. mellékletének értelmében többféle rendszer (1+, 1, 2+, 3 és 4) szerint történhet. Az 1+ jelű rendszerben a gyártó végzi az üzemi gyártásellenőrzést, és a gyárban vett minták további vizsgálatát meghatározott vizsgálati terv szerint. Egy bejelentett terméktanúsító szerv pedig a terméktípus meghatározását (típusvizsgálat, típusszámítás, táblázatba foglalt értékek vagy a termék leíró dokumentációja alapján), a gyártóüzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát, az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, vizsgálatát és értékelését, valamint az uniós piacon való forgalomba hozatalt megelőzően vett minták szűrőpróbaszerű vizsgálatát. Az 1 jelű rendszer ettől abban különbözik, hogy az utóbbi (szűrőpróbaszerű vizsgálat) elmarad. A 2+ jelű rendszerben a gyártó feladata annyiban különbözik az 1+ és 1 jelű rendszertől, hogy ő végzi a terméktípus meghatározását is. 2+ jelű rendszer esetén egy bejelentett gyártásellenőrzés-tanúsító szerv szükséges, aki az üzemi gyártásellenőrzés megfelelőségi tanúsítványát a gyártóüzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálata, valamint az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyelete, vizsgálata és értékelése alapján állítja ki. 3-as jelű rendszer esetén a gyártó végzi az üzemi gyártásellenőrzést, és egy bejelentett vizsgálólaboratórium végzi a terméktípus meghatározását (típusvizsgálat, típusszámítás, táblázatba foglalt értékek vagy a termék leíró dokumentációja alapján). 4-es rendszer esetén ezt is a gyártó végzi, más külső szervnek nincsenek feladatai.⁶⁴⁹

A korábbiakban hivatkozott 305/2011/EU rendelet azonban nem szabályozza az építési termékek építménybe történő betervezésének és beépítésének szabályait, így ennek a hiátusnak a kezelésére jelent meg 2013. július 19-én *az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól* szóló 275/2013. (VII.16.) Korm. rendelet.⁶⁵⁰

Annak érdekében, hogy kiderüljön, vajon egy adott késztermék alkalmas-e *építési termék*ként történő forgalomba hozatalra, a kiegészítés (esetleg csiszolás) után, de még a csomagolási munkafázis előtt, a termékre vonatkozó szabvány szerint mintát vesznek, és komoly minőségellenőrzésnek vetik alá. A minőségellenőrzési folyamat során végzett szabványos minősítő vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a termék teljesíti-e a vonatkozó jogszabályok és szabványok által megfogalmazott követelményeket. Amennyiben minőségi hiátusokra derül fény, a termék a minőségi kifogás súlyosságától függően vagy csökkentett értékűvé vagy selejtté válik.

⁶⁴⁹ Európai Parlament és Tanács 305/2011/EU rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről.

⁶⁵⁰ 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól.

2.2.2. Égetett agyag falazóelemekre vonatkozó követelmények

A megváltozott jogszabályi környezet maga után vonta az égetett agyag falazóelemeket (kerámiatéglákat) szabályozó honosított harmonizált termékszabvány (MSZ EN 771-1) módosítását, ami 2015 decemberében jelent meg MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 néven.

A szabvány szerint kétféle falazóelem típust különböztetünk meg, a P-elemet és az U-elemet. A P-elem alatt olyan égetett agyag falazóelemet értünk, amely védett falazatokban való használatra való, míg az U-jelű nem védett falazatokban alkalmazandó. A falazat védettnek tekinthető, ha nincs kitéve vízbehatásnak és nem érintkezik a talajjal, illetve a talajban lévő nedvességgel. Amennyiben a falazat csapadéknak, fagyásnak vagy olvadásnak lehet kitéve, esetleg megfelelő védettség nélkül érintkezhet a talajjal és a talajban lévő nedvességgel, abban az esetben nem védett falazatnak minősül.⁶⁵¹

Kerámia falazóelemek esetében kétféle rendszert is lehet alkalmazni a teljesítményállandóság értékelése és ellenőrzése céljából, 2+ rendszert vagy 4-es rendszert. Az előbbi (2+) esetén a falazóelem I. kategóriába sorolható, ami azt jelenti, hogy mindössze 5% a valószínűsége annak, hogy a termék nem éri el az előírt közepes nyomószilárdságot. Utóbbi esetben (4-es rendszer) a falazóelem csak a II. kategóriába sorolódik.

A gyártónak a termékre kiadott teljesítménynyilatkozatában közölnie kell, hogy a termék az MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány előírásai alapján a P-elemekre vagy az U-elemekre vonatkozó követelményeket elégíti ki.⁶⁵²

A kapcsolódó MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány előírásait az 5. sz. függelék tartalmazza.

a) Mérettűrés és mérettartomány tűrés

P- és U-elemek esetében egyaránt meg kell adni a falazóelem befoglaló méreteit, méghozzá a hosszúság, a szélesség és a magasság sorrendjében, milliméterben. Meg kell adni továbbá, hogy az adott falazóelem melyik mérettűrés kategóriába, és melyik mérettartomány (az egyes elemeken megállapított legkisebb és legnagyobb méret különbsége) kategóriába tartozik, valamint a fekvőfelületek síktól való eltérését és a fekvőfelületek párhuzamosságát is.

A mérettűrés és mérettartományi kategóriákra vonatkozó MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány rendelkezéseit a 6. sz. függelék tartalmazza.

Mérettűrés tekintetében követelmény, hogy a közölt értéktől való eltérés nem lehet nagyobb, mint a tűrés értéke, mérettartomány tűrés esetében pedig az, hogy a legnagyobb mérettartomány (azaz a vizsgálati mintán mért legkisebb és legnagyobb méret különbsége) bármely adott méret tekintetében sem haladhatja meg a kategória által előírt mérettartományt. Felfekvő felületén csiszolt termékek esetében megköveteli a szabvány, hogy a síktól, illetve párhuzamostól való eltérése ne haladja meg a gyártó által közölt értéket.

b) A falazóelem alakja

Amennyiben a felhasználási cél szempontjából lényeges, a gyártónak közölnie kell a *falazóelem alakját*. P-elem lehet függőleges üregelesű, függőleges üregelesű habarcsstáskás, függőleges üregelesű fogólyukas, függőleges üregelesű horony-eresztékes, vízszintes üregelesű (válaszfalakhoz), vízszintes üregelesű vakolattartó rovátkákkal, vízszintes üregelesű elem habarcsstáskás, betonnal vagy habarccsal való kitöltésre, illetve falpanelekhez való. U-elem lehet tömör téglá, falazóelem bemélyedéssel vagy függőleges üregelesű elem. Mindezen felül fel kell tüntetni felsoroltak közül a falazóelem alakjából adódó olyan releváns adatokat, mint:

⁶⁵¹ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁵² MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

- alak és kialakítás,
- üregezés iránya,
- az üregek összes térfogata (az elem hosszúságából, szélességéből és magasságából számított térfogatának százalékában),
- a legnagyobb üreg térfogata (az elem hosszúságából, szélességéből és magasságából számított térfogatának százalékában),
- a fogólyukak térfogata (az elem hosszúságából, szélességéből és magasságából számított térfogatának százalékában),
- a mélyedések összes térfogata (az elem hosszúságából, szélességéből és magasságából számított térfogatának százalékában),
- a bordák vastagsága,
- a kéreg vastagsága,
- a bordák és a kéreg kombinált vastagsága a látszófelületek között,
- a bordák és a kéreg kombinált vastagsága a homlokfelületek között,
- az üregek területének aránya a fekvőfelületen az elem hosszúságából és szélességéből számítva, százalékban kifejezve.⁶⁵³

c) A falazóelem testsűrűsége

Testsűrűség tekintetében a gyártónak nem csak a bruttó és nettó száraztestsűrűséget kell közölnie, hanem mindegyik értéknél meg kell adni egy tűrés kategóriát. Utóbbi azt a százalékos értéket jelenti, amelytől az égetett kerámiaacserép testsűrűsége nem térhet el nagyobb mértékben a gyártó által közölt testsűrűség értékénél. Ez a tűrés kategória P- és U-elemek esetében egyaránt lehet D1, D2 vagy Dm. A tűrés értékét a D1 kategória 10%-ban, a D2 kategória 5%-ban határozza meg, míg Dm kategória esetében a százalékos értéket a gyártó adja meg (egész számként közölt százalékos értéként).⁶⁵⁴

d) A falazóelem nyomószilárdsága

Olyan égetett kerámia falazóelemek esetében, amelyek tartószerkezeti követelményt kielégítő teherhordó szerkezetbe is betervezhetők, meg kell adni azt a nyomószilárdsági értéket, amelyhez képest a falazóelemek közepes nyomószilárdsága nem lehet kisebb, illetve amelynek 80%-ánál nem lehet kisebb a falazóelemek egyedi nyomószilárdsági értéke. Kiegészítő információként a falazóelem kategóriáját is meg kell jelölni (I. vagy II. kategória).⁶⁵⁵

e) A falazóelem hőtechnikai tulajdonságai

Amennyiben az égetett kerámia falazóelem olyan szerkezetbe kerül, amelynek hőszigetelési követelményt is ki kell elégítenie, a gyártónak közölnie kell azt a 10°C hőmérsékleten meghatározott hővezetési tényező értéket ($\lambda_{10, \text{száraz elem}}$; W/mK), amelynél a falazóelem hővezetési tényezője nem lehet nagyobb.⁶⁵⁶

f) A falazóelem fagyállósági követelményei

Mivel a P- és U-elemek közötti alapvető különbség, hogy védett, vagy nem védett falszerkezetbe kerülnek, tartóssági követelményeik jelentősen különböznek.

⁶⁵³ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁵⁴ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁵⁵ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁵⁶ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

A fagyállósági kategóriát annak fényében kell meghatározni, hogy a termék környezeti hatásoknak nem kitett (F0), mérsékelten kitett (F1) vagy erősen kitett (F2) falszerkezetekben használható (P-elem értelemszerűen csak F0 fagyállósági kategória lehet).⁶⁵⁷

g) A falazóelem nedvesség okozta alakváltozása

Azokban az országokban, ahol van követelmény a nedvesség okozta alakváltozásra, ennek értékét csak olyan vízszintes üregeles falazóelemeknél kell megadni, amelynek egyik mérete min. 400 mm és a kéregvastagsága kisebb, mint 12 mm.⁶⁵⁸

h) A falazóelem vízfelvétele és aktív oldható sótartalma

A vízfelvétel, kezdeti vízfelvétel és aktív oldható sótartalom értékét szintén csak olyan esetben kell megadni, ha a falazóelemet külső, időjárásnak kitett szerkezetbe, vagy nedvességszigetelő rétegbe tervezik. Ilyen esetben követelmény, hogy a vizsgált falazóelemek vízfelvétele nem haladhatja meg a gyártó által közölt értéket, illetve aktív oldható sótartalma a megadott kategória szerinti tömegszázalékos (m/m %) értéket (P-elemek értelemszerűen az S0 kategóriába tartoznak).⁶⁵⁹

Az aktív oldható sótartalom szerinti kategóriák

Kategória	Megengedett sótartalom	
	(m/m %)	
	Na+ és K+	Mg2+
S0	nincs követelmény	nincs követelmény
S1	0,17	0,08
S2	0,06	0,03

Forrás: MSZ EN 771-1:2011+A1:2015.⁶⁶⁰

i) A falazóelem tűzveszélyessége

A falazóelem tűzveszélyességi osztályba sorolását akkor kell megadni, ha az olyan szerkezetbe is beépíthető, amelyre tűzvédelmi követelmények vannak. Amennyiben a falazóelem egyenletes eloszlású szervesanyag tartalma legfeljebb 1 térfogat-, vagy tömegszázalék (a nagyobb érték a mértékadó), vizsgálat nélkül A1 tűzveszélyességi osztályba sorolható, egyéb esetben az MSZ EN 13501-1:2019 szabvány szerint kell besorolni.⁶⁶¹

j) A falazóelem páraáteresztő képessége

Páraáteresztő képességet csak abban az esetben kell megadni, ha a falazóelemből készült szerkezet külső térrel határos.⁶⁶²

k) A falazóelem tapadószilárdsága

A falazóelem és a habarcs közötti tapadószilárdság értéket (jellemző kezdeti nyírószilárdság) akkor kell megadni, ha a falazóelem olyan szerkezetbe is beépíthető, amelynek tartószerkezeti követelményeket

⁶⁵⁷ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁵⁸ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁵⁹ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁶⁰ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁶¹ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁶² MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

is ki kell elégítenie. Ilyenkor természetesen a vizsgált mintákon mért érték nem lehet kisebb a megadott értéknél.⁶⁶³

l) A falazóelem veszélyes anyagtartalom igazolása

Egyes nemzeti szabályozás megkövetelhet veszélyes anyag tartalomra, vagy veszélyes anyagok kibocsátására vonatkozó igazolást, vagy nyilatkozatot.⁶⁶⁴

2.2.3. Égetett agyag tetőfedő elemekre vonatkozó követelmények

A kerámia tetőfedő elemekkel szemben támasztott követelményeket 2013 óta az MSZ EN 1304:2013 szabályozza, a teljesítményállandóság értékelése és ellenőrzése céljából pedig 4-es rendszert alkalmaznak. A gyártó által kiállított teljesítménynyilatkozatban az alábbi táblázatban megadott minőségi jellemzőket kell közölni, igazolva ezáltal a szabványi előírásoknak való megfelelést.⁶⁶⁵

A kerámia tetőfedő elemek minősítő vizsgálatai, a vizsgálatokhoz alkalmazott szabványok és a vizsgálat gyakorisága

Minőségi jellemző	Szabvány	Vizsgálat gyakorisága
Szerkezet és külső megjelenés	MSZ EN 1304	naponta 1 alkalom
Rögzítés	MSZ EN 1304	naponta 1 alkalom
Alakhűség	MSZ EN 1024	2 hetente 1 alkalom
Görbültség	MSZ EN 1024	2 hetente 1 alkalom
Méreték	MSZ EN 1024	2 hetente 1 alkalom
Víztartó képesség	MSZ EN 539-1	3 havonta 1 alkalom
Hajlító-törő erő	MSZ EN 538	évente 1 alkalom
Fagyállóság	MSZ EN 539-2	évente 1 alkalom
Tűzveszélyesség külső hatásra	MSZ EN 13501-5	–
Tűzveszélyesség	MSZ EN 13501-1	–

Forrás: MSZ EN 1304:2013.⁶⁶⁶

a) A kerámia tetőfedő elemek szerkezete

Az MSZ EN 1304:2013 szabvány előírásai szerint a kerámia tetőcserepekben *nem lehet sem gyártási, sem pedig szerkezeti hiba* (törés, hasadás, függesztőlyuk hiánya). Utóbbi 30-40 cm távolságból szabad szemmel történő szemrevételezéses vizsgálattal, a szokásos munkahelyi megvilágítás mellett kell elvégezni. Követelmény, hogy 100 db vizsgált elemből legfeljebb 5 db minta bizonyulhat hibásnak.⁶⁶⁷

b) A kerámia tetőfedő elemek külső megjelenése

Külső megjelenés tekintetében *esztétikai hibának* minősül a bármelyik (alsó, vagy felső) felületi leválás, lepattogzás, leválás, felhámítás, hasadás, bordaleválás, törés, leveles leválás és a rögzítőfülek leválása, azonban az egyéb hajszálrepedés és cserépanyag-rétegződés már nem. Azok a fajta felületi sajátosságok és színeltérések, amelyek egy szállítmány egészét jellemzik és szándékosan, esztétikai célból

⁶⁶³ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁶⁴ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁶⁶⁵ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

⁶⁶⁶ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

⁶⁶⁷ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

készültek (barázdák, bordák, foltok, festékhelyek) nem minősülnek kizáró oknak, ahogy a sajtolás közben keletkező agyagránc, valamint a gyártás, csomagolás, kezelés és szállítás során keletkező horzsolódás, karcolás és szennyeződésem sem. Előfordulhat továbbá *egyszínű* tetőcserepek esetében, hogy a kerámiaégetési technológiából eredően színeltérések láthatók, azonban ezek sem tekinthetők hibásnak, selejtesnek.⁶⁶⁸

c) *A kerámia tetőfedő elemek rögzítése*

Tetőfedő elemekkel szemben támasztott további követelmény, hogy *felfüggesztőfüllel, rögzítőlyukkal vagy egyéb más rögzítési módhoz való kiegészítő elemmel* el legyen látva.⁶⁶⁹

d) *A kerámia tetőfedő elemek geometriai tulajdonságai*

Geometriai tulajdonságok – így különösen alakhűség, görbültség, mérettűrés – tekintetében kizárólag a méretkoordinált cserepekre vannak követelmények, a nem méretkoordinált, valamint a különleges tetőcserepekre nem.

Alakhűség tekintetében a lapos, oldalhornyos, oldal- és véghornyos, valamint a karimás tetőcserepek és azok kiegészítőcserepei akkor felelnek meg, ha az MSZ EN 1024:2012 szerint számított vetemedettségi mutatójuk⁶⁷⁰ nem haladja meg 30 cm-nél nagyobb elemek esetében a 1,5%-ot, 30 cm-nél kisebb elemek esetében pedig a 2%-ot. Barát- és apácacserepek esetében előírás, hogy annak keskeny és széles végén mért szélességek legkisebb és legnagyobb értékei között max. 15 mm eltérés lehet.

Lapos cserepek esetében a *görbültséget hossz és keresztirányban* is vizsgálni kell, az MSZ EN 1024:2012 szerint számított középértékük⁶⁷¹ pedig nem haladhatja meg 30 cm-nél nagyobb méretű elemek esetében a 1,5%-ot, 30 cm-nél kisebb elemek esetében pedig a 2%-ot. Más egyéb cserepek (barát- és apácacserep, oldalhornyos, oldal- és véghornyos, karimás) esetében csak a hosszirányú görbültség értelmezhető, a betartandó követelmények a megegyeznek a lapos cserepekre vonatkozó követelményekkel.

Mérettűrés tekintetében a tetőcserepek (kivéve barát- és apácacserepek) MSZ EN 1024:2012 szerint meghatározott hosszúsági és szélességi, valamint fedési méretei (fedési hosszúság és szélesség)⁶⁷² legfeljebb 2%-kal térhetnek el a gyártó által megadott értéktől. Azon cserepek, amelyek fedési méretei (szélesség, hosszúság) változnak (például oldal- és véghornyos tetőcserepek) azt a követelményt kell teljesíteniük, hogy a fedési méretek nem lehetnek kisebbek a gyártó által megadott fedési méreteknél (a gyártó megadhat legkisebb átfedési értéket is).⁶⁷³

e) *A kerámia tetőfedő elemek víztartó képessége*

A tetőcserepeket *víztartóság* szempontjából az MSZ EN 539-1:2006 szabvány 1. vagy 2. módszere szerint kell vizsgálni, melynek eredménye alapján a tetőcserep 1. vagy 2. kategóriába sorolható. A két kategória közötti lényeges különbség, hogy 2. kategóriába tartozó cserep csak át nem eresztő alátettetőre fektethető. A szabvány alapján akkor minősíthető egy tetőcserep 1. és 2. kategóriájúnak, ha a vizsgált mintákon mért víztartó képességi tényezője (1. módszer szerint, IF, cm³/cm²/nap), vagy

⁶⁶⁸ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

⁶⁶⁹ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

⁶⁷⁰ MSZ EN 1024:2012 Átfedéses elhelyezésű, égetett agyag tetőcserepek. A geometriai jellemzők meghatározása.

⁶⁷¹ MSZ EN 1024:2012 Átfedéses elhelyezésű, égetett agyag tetőcserepek. A geometriai jellemzők meghatározása.

⁶⁷² MSZ EN 1024:2012 Átfedéses elhelyezésű, égetett agyag tetőcserepek. A geometriai jellemzők meghatározása.

⁶⁷³ MSZ EN 1024:2012 Átfedéses elhelyezésű, égetett agyag tetőcserepek. A geometriai jellemzők meghatározása.

víztartó képességi együtthatója (2. módszer szerint, IC,-) nem haladja meg az MSZ EN 1304 szabvány által meghatározott értékeket középérték és egyedi érték tekintetében sem.⁶⁷⁴

Kerámia tetőcserepek víztartó képesség kategóriái

Kategória	Vizsgáló módszer			
	1. módszer		2. módszer	
	víztartó képességi tényező (IF; cm ³ /cm ² /nap)		víztartó képességi együttható (IC;-)	
	középérték	egyedi érték	középérték	egyedi érték
1.	≤ 0,50	≤ 0,60	≤ 0,800	≤ 0,850
2.	≤ 0,80	≤ 0,90	≤ 0,925	≤ 0,950

Forrás: MSZ EN 1304:2013.⁶⁷⁵

f) A kerámia tetőfedő elemek hajlító-törő ereje

Lapos tetőcserép akkor tekinthető *hajlító-törő erőre megfelelőnek*, ha az MSZ EN 538:1996 alapján elvégzett hajlítóvizsgálat során min. 600 N terhelőerőt képes elviselni. Ugyanez a határérték síkfelületű hornyolt cserép esetében 900 N, barát- és apácacserép esetében 1000 N, míg minden más egyéb tetőcserép esetében 1200 N.⁶⁷⁶

g) A kerámia tetőfedő elemek fagyállósága

A kerámia cserépeket MSZ EN 539-2 szabvány alapján 3 féle fagyállósági szintbe (1, 2 és 3. szint) lehet sorolni.⁶⁷⁷ A besorolást a szabványban leírtak szerint elvégzett, előírt ciklusszámú *fagyasztás-olvasztás* után 30-40 cm távolságból végzett szemrevételezéses vizsgálatot követően lehet elvégezni. A fagyállóság feltétele, hogy az előírt fagyasztás-kiolvasztási ciklust követően a cserép egyik felületén (alsó, vagy felső) sem történhet leválás, lepattogzás, felhámlás, hasadás, bordaleválás, törés, leveles leválás és nem következhet be a rögzítőfülek leválása sem. A fagyasztás-kiolvasztási ciklusok száma 1. szint esetében 150 db, 2. szint esetében 90 db, míg 3. szint esetében 30 db.⁶⁷⁸

h) A kerámia tetőfedő elemek tűzveszélyessége

A gyártónak közölnie kell a kerámia tetőcserép *tűzveszélyességi osztályát és tűzveszélyességét külső tűzhatásra*. Amennyiben a kerámia tetőcserép szerves ragasztótartalma, illetve a ragasztóanyagon kívüli egyéb szervesanyag-tartalma sem haladja meg az 1% tömeg- vagy térfogatszázalékot (kis érték a mértékadó), akkor vizsgálat nélkül A1 tűzveszélyességi osztályba, ha pedig kielégíti a 96/603/EK bizottsági határozat rendelkezéseit és minden külső bevonata szervesetlen anyagú, akkor külső tűzhatással szembeni ellenállása B_{roof} osztályba sorolható. Egyéb esetben az MSZ EN 13501-1:2019, illetve az MSZ EN 13501-5:2016 szerint meg kell vizsgálni és az eredmény alapján sorolható a megfelelő osztályba.⁶⁷⁹

⁶⁷⁴ MSZ EN 539-1:2006 Átfedéses elhelyezésű égetett agyag tetőcserepek. A fizikai tulajdonságok meghatározása. 1. rész: A víztartó képesség vizsgálata.

⁶⁷⁵ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

⁶⁷⁶ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

⁶⁷⁷ MSZ EN 539-2:2013 Átfedéses elhelyezésű égetett agyag tetőcserepek. A fizikai tulajdonságok meghatározása. 2. rész: A fagyállóság vizsgálata.

⁶⁷⁸ MSZ EN 539-2:2013 Átfedéses elhelyezésű égetett agyag tetőcserepek. A fizikai tulajdonságok meghatározása. 2. rész: A fagyállóság vizsgálata.

⁶⁷⁹ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

l) A kerámia tetőfedő elemek veszélyes anyagtartalom igazolása

MSZ EN 1304:2013 szabvány szerint egyes nemzeti szabályozók megkövetelhetik a *veszélyes anyag tartalomra*, vagy veszélyes anyagok *kibocsátására* vonatkozó igazolást, vagy nyilatkozatot.⁶⁸⁰

⁶⁸⁰ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

3. BEST PRACTICES A TÉGLA- ÉS CSERÉPIPAR TERÜLETÉN⁶⁸¹

A következő fejezet főleg *építészeti, esztétikai* szempontból vizsgálja a kerámiatermékek alkalmazását. Néhány izgalmas hazai és nemzetközi épületpélda bemutatása ezen termékek változatos felhasználhatóságát igyekszik igazolni, legyen szó bontott, újrafelhasznált vagy újonnan gyártott anyagokról, vagy akár meglévő téglépület hasznosításáról. A kerámiatermékek fejlődésének történetéből kiragadott lépések mentén eljutunk a napjainkban alkalmazott legfontosabb és esztétikai szempontból is változatos épületszerkezeti megoldásokig.

3.1. Kerámiatermékek felhasználásával tervezett és épített kortárs épületek hazai és nemzetközi példái

A környezetileg, társadalmilag és gazdaságilag fenntartható építészet vágyott állapotának eléréséig (amennyiben ez az állapot egyáltalán elérhető), környezeti, társadalmi és gazdasági problémák szövevényes hálózatán keresztül vezet az út. Ha globálisan még távolinak is tűnik az idilli cél, aprónak tűnő, de nagy jelentőségű lokális beavatkozások, törekvések már szép számmal tettenérhetők akár egészen szűk lakókörnyezetünkben is.

A kötet célja, hogy betekintést adjon az építőanyagok újrahasznosításának és újrafelhasználásának gazdasági, jogi és technológiai folyamataiba. Jelen fejezet az építészeti, esztétikai lehetőségekre igyekszik rávilágítani: a bemutatott épületek mindegyikének valamely kerámiatermék váratlan, kortárs alkalmazása kölcsönöz egyedi karaktert, legyen szó meglévő téglépület újragondolásáról vagy újjépítésű ház bontott elemekből való felépítéséről.

3.1.1. *Meglévő, kerámiatermékekből épült épületek hasznosítása*

Meglévő, esetleg elhanyagolt és magára hagyott épületek hasznosítása nemes feladat minden építész számára: a ház karakterének megőrzése, kortárs eszközökkel való erősítése, a mai (és jövőbeni) igényeknek megfelelő funkciók beillesztése figyelembe véve a fizikai, esetleg jogszabályi kötöttségeket, összetett és izgalmas kihívás. Az újrahasznosítás és a fenntarthatóság szempontjából is az egyik legmegfontoltabb építészeti hozzáállás a meglévő épületállományunk ápolása és újraértelmezése (hiszen ez okozza talán a legkisebb környezetterhelést), szemben a teljesen új épületek létrehozásával, nem is beszélve arról, hogy ha azok helyén előtte még el is kell bontani egy épületet.

A következő példák átfogó képet adhatnak arról, hogy mennyi lehetőség rejlik egy-egy néma (tégla)épület megszólításában, megszólaltatásában.

Ad a) Zsolnay Kulturális Negyed, Pécs

2010-ben Pécs kapta az Európa Kulturális Fővárosa címet. Ennek apropóján a régóta méltatlanul magára hagyott Zsolnay gyár épületegyüttesének rehabilitációjára és egy kulturális-művészeti övezet létrehozására a város építészeti tervpályázatát hirdetett, melyet az MCXVI Építésműterem nyert el (vezető tervezők: Csaba Kata, Herczeg László, Pintér Tamás János).

A Zsolnay gyár 1853-as alapítása óta folyamatosan bővült újabb és újabb épületekkel, Pécs városában szinte egy új, önálló, heterogén városszövetet hozva létre. Az együttesen belül az egyes épületek önálló karakterrel rendelkeznek, jól beazonosítható és átlátható rendszert hoznak létre. Rehabilitációjuk során emiatt a legmeghatározóbb és azóta jól beigazolódott döntés az volt, hogy a pályázatot nyert tervezőcsapat további irodákat, tervezőket vont be a folyamatba, így a már eleve egyedi épületek

⁶⁸¹ A 3. fejezet Fátrai Júlia tanszéki mérnök írása.

újrhangolása is egyedi módon zajlott.⁶⁸² A végeredmény egy megújult, modern kulturális városrész lett, ahol a téglapítészeti újraértelmezésére változatos példákat találhatunk. Terjedelmi korlátokra tekintettel a továbbiakban csak a Negyed egy részlete kerül bemutatásra.

A Pirogránit udvar köré szerveződő épületek alkotják a Zsolnay Kulturális Negyed egyik leglátványosabb ipari együttesét. A Pintér Tamás János, Mórocz Tamás és Papp Glória vezető tervezők által megálmodott újjáélesztés után a Pécsi Kulturális Központ vette birtokba a helyet.

A rehabilitáció a terület és a leromlott állagú épületek megtisztításával kezdődött: az eredeti, ipari hangulatú téglapépületek homlokzatait szinte teljesen elfedték már az időközben hozzátoldozgatott építmények. A Pirogránit üzem és a Kályhagyár épületei az állagmegóvácson és –helyreállítácson kívül semmilyen építészeti beavatkozácst nem kaptak, a homlokzatok megtisztítácsa után a részletek feltárulácásával a téglaparchitektúra izgalmacsa, valódi arcát mutatja. A téglapfelületeket szépen tagolják nyílászárók és bordázatok, és a hagyományos nyeregvetős épületek orompfalakkal a tér felé fordulva, egymás mellé sorolódva, mesebeli hangulatot teremtenek. A háttérben elszórtan álló téglakémények csak erősítik ezt a fajta manufakturalis miliót. Az épületek belső tereiben szintén visszaköszön a megtisztított téglaszerkezet: a falakat és a földemeket is eredeti formájukban láthatjuk. A földemek ún. poroszüveg-földemek, egy ma már nem alkalmazott, izgalmacsa rajzolatú szerkezetű megoldácsa, amely acélgerendák közé boltívesen rakott téglapemezőkből áll.

A téren áll még egy vasbeton pillérvázacsa épület, amely az 1970-es években épült. A felújítácsa előtt esztétikailag kevésbé értékes ház megtartácsaát belső tereinek jól kihasználhatóságáa indokolta. A felújítácsa során a nem használatos nyílásokat téglapfalazattal zárták be, az anyaghasználattal teremtve vizuális kapcsolatot a szomszédos régi téglapépületekkel.

A Pirogránit udvar egyetlen, teljesen új építészű háza a Rendezvényterem, amely helyén korábban, a rossz állapota miatt bontásrá ítélt pirogránit égető csarnok állt. Az új épület homlokzatát homokfúvott idomüvegek alkotják homogén, semleges felületet hozva létre.⁶⁸³



Forrás: Texaner: Zsolnay Kulturális Negyed, Pirogránit udvar.⁶⁸⁴

A Pirogránit Udvar épületei, Zsolnay Kulturális Negyed, Pécs

⁶⁸² *A Zsolnay Kulturális Negyed – felidőben*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/a-zsolnay-kulturalis-negyed-felidoben> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.).

⁶⁸³ *Cifra kémény, körkemencék és nyerstégla – Zsolnay Negyed, a Pirogránit udvar épületei* Elérhető: <https://epiteszforum.hu/cifra-kemeny-korkemencek-es-nyerstegla-zsolnay-negyed-a-pirogranit-udvar-epuletei> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.).

⁶⁸⁴ Forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:P%C3%A9cs_061.JPG (A letöltés dátuma: 2021.10.23.).

A téren és a körülötte álló épületeken történt beavatkozás jó példája annak, hogy egyszerű eszközökkel, modern technológiai beavatkozások nélkül is lehet letisztult megjelenést kölcsönözni régi, elhanyagolt épületeknek, valamint ez a fajta tervezői hozzáállás a környezetünkre is kisebb terhet ró, mint egy újonnan épülő ház esetén.

Ad b) Zollverein, Essen, Németország

A Zsolnay Negyedhez elvben hasonló, léptékében és megjelenésében mégis attól nagyon különböző projekt az esseni Zollverein Szénbánya rehabilitációja. Európa egykori legnagyobb, 1847-ben nyílt szénbányája ma már kulturális központként működik. A hátrahagyott kokszoló üzemek, vasúti sínpályák, hűtőtartályok, csatornák, hidak között létrehozott új szabadidős park a pécsi negyed bájos manufakturális hangulatával ellentétben sokkal ipuszerűbb, már-már posztapokaliptikus, mégis vonzó képet mutat. Ez a hangulat leginkább az 1930-as évek után épült, Fritz Schupp német építész által tervezett, letisztultabb formavilágú, modern stílusjegyekkel rendelkező, acélvázás tégláépületeknek köszönhető. Az 1990-es években végleg bezárt ipari területet az UNESCO 2001-ben a világörökség részévé nyilvánította. 2002-ben az OMA (Office for Metropolitan Architecture) készített átfogó tervet a szénbánya rehabilitációjára, melybe aztán (a pécsi negyedhez hasonlóan) több építésziroda bevonásra került.

A szénbánya központi eleme az egykori erőmű 2007-ben helyi építészek bevonásával (Heinrich Böll és Hans Krabe) múzeummá alakított épülete. A Ruhr Múzeum a régió történelmét tárja a látogatók elé. A monumentális méretű, acél szerkezetű vörös téglás épületet a tervezés során szinte teljes egészében eredeti formájában hagyták meg. Az egyetlen, ám annál karakteresebb hozzáépített új elem egy hosszú vörös mozgólépcső, amely a látogatókat belépéskor egyenesen a negyedik szinti bejárati csarnokba viszi fel.⁶⁸⁵

A pécsi példa és ez a múzeum is tégláépületek, de azonnal szembeütő a hangulatuk különbözősége. Az anyaghasználat tehát nem minden, az építészeti eszköztár kimeríthetetlenül sok variációt tud létrehozni. Ha csak a téglát magát nézzük, eleve nagy különbség lehet a szín, a méret, vagy a lerakás módja tekintetében. A homlokzati struktúrát vizsgálva láthatjuk: a Zsolnay Negyed épületeinek falait téglabordák merevítik, míg a zollvereini példánál a statikai vázat acélszerkezet adja, melynek rácsos rajzolata jól látható a téglamezők között. Ezek a részletek határozzák meg végül az egész épület megjelenésének hangulatát, hatását.

Érdekesség, hogy a szénbánya területén a meglévő épületállomány újragondolása, hasznosítása mellett egyetlen teljesen új építésű ház épült: a SANAA építésziroda által tervezett Zollverein Menedzsment és Tervezőiskola épülete. A terület bejáratánál álló 35 méteres betonkocka a négyzetes ablakokkal játékosan meghintett homlokzataival önmagában egy izgalmas épület lenne, de integrálása a terület ipari hangulatába kevésbé sikerült, így kakukktójásként ridegül el a környező házaktól.⁶⁸⁶

⁶⁸⁵ MERIN, Gili (2014): *A Photographic Journey Through Zollverein: Post-Industrial Landscape Turned Machine-Age Playground*. Elérhető: <https://www.archdaily.com/534996/a-photographic-journey-through-zollverein-a-post-industrial-landscape-turned-machine-age-playground> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.).

⁶⁸⁶ MERIN, Gili (2014): *A Photographic Journey Through Zollverein: Post-Industrial Landscape Turned Machine-Age Playground*. Elérhető: <https://www.archdaily.com/534996/a-photographic-journey-through-zollverein-a-post-industrial-landscape-turned-machine-age-playground> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.).



Forrás: Helen Simonsson: Ruhrmuseum in Essen.⁶⁸⁷

Ruhr Múzeum, Zollverein, Essen, Németország

Ad c) Kultúrgyár, Ózd

Lépték és stílus szempontjából valahol az előző két példa között helyezhető el az Ózdi Kohászati Üzemek hasznosítása. Az előző projektektől a leginkább a támogató háttér és a rehabilitációt sürgető erők hiányában különbözik.

Fénykorában a gyár az egész település mozgatórugójaként működött, a rendszerváltás utáni bezárása aztán Ózd hanyatlását is jelentette. Csontos Györgyi DLA Ózdról származik, már fiatal építészként foglalkoztatta a terület sorsa, felismerte a gyár felhagyott épületeinek identitásképző erejét. Több mint tíz évnyi kutatómunka, tervezés és a várossal való folyamatos kommunikáció után végül 2012-ben lehetett megtenni az első tényleges lépéseket a fejlesztés irányába.⁶⁸⁸

⁶⁸⁷https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ruhrmuseum_Kohlenw%C3%A4scheanlage_Coalwash_Zeche_Zollverein_Essen.jpg (A letöltés dátuma: 2021.10.23.).

⁶⁸⁸ MIZSEI Anett (2016): *Kiszínezett barna zóna: az ózdi projekt.* <https://epiteszforum.hu/kiszinezett-barna-zona-az-ozdi-projekt> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.).



Forrás: diemehrdimensionale: Fúvógépház (Ózd, Törzsgyár).⁶⁸⁹

A Fúvógépház épülete a rehabilitáció előtt, Kultúrgyár, Ózd

Adorján Anna tájépítész közreműködésével a gyár területének huszonöt éven keresztül teljesen zárt világa a két méter magas téglafalak megbontásával integrálódni kezdett a város szövetébe. A területen keresztülhaladó ipari patakmeder feltárással létrejött egy új közlekedési fő tengely.

A külső terek rendezése után a Digitális Erőmű épületének kialakítása következett.⁶⁹⁰ A csarnokban főként klasszikus értelemben vett helyreállítási, műemlékvédelmi munkálatokat végeztek, a karakteres ipari elemeket megtartották, revitalizálták, és csak néhány hozzáadott elem, belsőépítészeti eszköz érzékelteti a modern világ lenyomatát. A kívül-belül megtisztított és helyreállított téglafalakat az acélszerkezetek rácsozata töri meg, a tágas belső térben fehér rámpa vezeti a látogatót, lehetővé téve, hogy séta közben közelről is megcsodáljuk, megsimogassuk a téglarchitektúrát.

A Fúvógépház épületében a Magyar Nemzeti Digitális Archívum (a továbbiakban: MaNDA) filmtörténeti archívuma és élményparkja kapott helyet. A filmforgatásokról jól ismert zöld háttér hangsúlyos szerepet kapott az épület újraértelmezése során. A helyreállított, téglabordákkal és ívelt téglathidalókkal tagolt fehér homlokzati mezők nyílásain kitüremkedő, azokra rátapadó különböző méretű és formájú, a beltérben kiállítási fülkeként vagy pihenőhelyként funkcionáló zöld dobozok és az ipari épület összhangja remekül leképezi az idők során egymásra rakódó építészeti korok rétegeinek egymáshoz való viszonyát. Tipikus példáját láthatjuk itt annak, hogy mi történik akkor, ha egy régi, hagyományos megjelenésű épülethez kortárs eszközökkel való hozzányúlása jól eltalált és arányos. Az egyébként szigorú, szabályos szerkezetekbe játékoságot csempésznek a hozzáragasztott zöld dobozok. Hogy érzékeljük a projekt léptékét, a megvalósult helyreállítások és a még kiaknázatlan lehetőségek arányát: a terület nyolcan százaléka még hasznosításra vár.⁶⁹¹

⁶⁸⁹[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F%C3%BAv%C3%B3g%C3%A9ph%C3%A1z_\(11688._sz%C3%A1m%C3%BA_m%C5%B1eml%C3%A9k\)_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F%C3%BAv%C3%B3g%C3%A9ph%C3%A1z_(11688._sz%C3%A1m%C3%BA_m%C5%B1eml%C3%A9k)_2.jpg) (A letöltés dátuma: 2021.10.23.).

⁶⁹⁰ ADORJÁN Anna (2016): *Ózd forever*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/ozd-forever> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.).

⁶⁹¹ ADORJÁN Anna (2016): *Ózd forever*. <https://epiteszforum.hu/ozd-forever> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.).

Ad d) Tate Modern, London, Anglia

A londoni Tate Modern a világ egyik legnagyobb művészeti galériája: egy hatalmas, téglaeépítésű erőmű épületében alakították ki a Temze partján. Az erőmű Sir Giles Gilbert Scott tervei alapján épült az 1940-es évek végén, és nagyjából harminc évig működött. A Tate Galéria fantáziát látott az épületben, ezért 1995-ben nemzetközi tervpályázatot hirdetett, amit végül a Herzog & de Meuron svájci építésziroda nyert el.



Forrás: MasterOfHisOwnDomain: A view of the Tate Modern in London from the River Thames.⁶⁹²

Tate Modern, London

A tervezőpáros igyekezett úgy hozzányúlni az épülethez, hogy az eredeti monumentális karaktere ne vesszen el, a kisebb átalakítások az ipari jelleget erősítsék. A múzeum végül 2000-ben nyílt meg a nyilvánosság előtt.⁶⁹³

Kívülről a legszembetűnőbb hozzáadott elem a téglahasábra ráhelyezett, a homlokzati síkuktól és a kémény magas tömegétől visszább húzott, homogén üvegdoboz. A tömör, erődítményszerű, tekintélyt parancsoló régi téglaeépület és a modern üveghasáb kontrasztja jól ellensúlyozzák és kiegészítik egymást, egyértelműen felvállalva az egyes építészeti korok lenyomatát és egymásra rétegződését.

A belső térben az üvegdoboz alatt egy hatalmas, összefüggő, már-már városi térként értelmezhető fogadócsarnok húzódik, amely számos izgalmas művészeti installációnak adott már otthont. Nem titkolt célja a nyilvánosság bevonása, főleg, hogy a múzeum ingyenesen látogatható, így a nagy turbinacsarnok könnyen válhat egy-egy városi séta megállópontjává is. A belső terekben a megújulás

⁶⁹² <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TateModern.JPG> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

⁶⁹³ JONES, Rennie (2013): *AD Classics: The Tate Modern / Herzog & de Meuron*. Elérhető: <https://www.archdaily.com/429700/ad-classics-the-tate-modern-herzog-and-de-meuron> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

nyomai és a régi, meglévő szerkezetek közötti kontraszt kevésbé érhető tetten úgy, mint a külső tömeg megjelenésében. A hozzáadott új elemek jól harmonizálnak az épület eredeti ipari hangulatával. 2016-ban nyílt meg a Herzog-de Meuron páros által tervezett bővítés, amely hatvan százalékkal több kiállítási teret biztosít a múzeumnak. Az új, tízszintes épület az egykori váltóház helyén épült meg, nevét is innen kapta (Switch House). Minden szinten különböző minőségű és léptékű kiállítótermek találhatók, az épület tetején pedig egy körpanorámás étterem kapott helyet, ahonnan lenyűgöző kilátás nyílik London belvárosára.⁶⁹⁴



Forrás: Fred Romeo: London - Tate Modern: The Switch House.⁶⁹⁵

Tate Modern Switch House, London

Az új és a régi épület kapcsolata nem csak funkcionálisan, de vizuálisan, esztétikailag is izgalmas megoldásokat rejt. A két épületet együtt szemlélve rögtön láthatjuk, hogy bár mindegyiknek meghatározó eleme a téglastruktúra, az eltérő építészeti eszközök alkalmazása miatt mégis nagyon eltérő hatást mutatnak. Az eredeti hasáb alakú épület acélszerkezettel támogatott téglafalakkal áll, a hagyományos falazási technika rajzolata olvasható a homlokzaton, amelyet szabályosan ismétlődő, szigorú szimmetriát és szerkesztést követő bordázatok és üvegfelületek szakítanak meg. Ezzel szemben az új épületszárny már tömegében is egészen más képet mutat: piramisszerűen felfelé keskenyedő, hajtogatott oldalakkal álló formát látunk. A téglastruktúra itt csupán a vasbeton szerkezetre kerülő külső, perforált „bőr”, amely az eredeti erőmű épületének homlokzati képét értelmezi újra modern

⁶⁹⁴ HERZOG, Jacques - DE MEURON, Pierre (2016): *Tate Modern Switch House / Herzog & de Meuron*. Elérhető: https://www.archdaily.com/788076/tate-modern-switch-house-herzog-and-de-meuron?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

⁶⁹⁵ <https://www.flickr.com/photos/129231073@N06/32079214705/in/photostream/> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

köntösben. A szimmetria itt már nem volt szigorú alapelv, az üvegfelületek csíkszerűen, jó arányokkal hasadnak bele a tömegbe.

Az új épület téglahomlokzatának kialakítását komoly technológiai kutatás, kísérletezés és tervezés előzte meg. A lehető legprecízebb kivitelezés érdekében speciálisan erre a célra tervezett 3D-s eszközöket fejlesztettek, amik lehetővé tették a méretkülönbségek, eltérések minimalizálását. A falazatot többször tesztelték, hogy a megfelelő kötést, színt, rajzolatot kapják, egy 1:1 léptékű makett is megépült. A végleges képet végül 336 ezer négyzet alapú, párban egymásra helyezett téglá alkotja, amelyek eltolásban, réseket hagyva, acél tüskékkel kapcsolódnak egymáshoz.⁶⁹⁶

A mérnöki teljesítmény elvitathatatlan mindkét épületrész esetében. Különböző korok, különböző technológiák, különböző igények – ezek jellemzői tökéletesen visszaolvashatók a ház megjelenésében. Mégis egyértelműen érzékelhető, hogy egyik sem lenne igaz a másik nélkül, a régi és új koherenciája teremt egyedi atmoszférát, ez alkotja a múzeum építészetileg értelmezhető egységét.

Ad e) Factory Aréna, Miskolc

A Factory Aréna egy szabadidős helyszíntér Miskolcon, az egykori Diósgyőri Acélművek hátrahagyott gyárépületeiben. A projekt legizgalmasabb érdekessége, hogy az építészeti beavatkozások, kiegészítések másodlagosak, elsősorban a közösségi lét és élettér megteremtése volt a cél. Egy teljesen önszerveződő körből, városi vagy politikai támogatás nélkül nőtte ki magát mára már komoly szabadidős tevékenységeknek, extrém sportoknak otthont adó infrastruktúrává.⁶⁹⁷

Miskolc térségében a kohászat komoly múltra tekint vissza, a Diósgyőri Acélművek elődje az 1800-as évek végén alapult. A második világháborút követően már a megye legnagyobb munkaadója volt a legkorszerűbb gépekkel felszerelve folyamatos fejlesztésekkel. 1991-es privatizációja után folyamatos leépítések, leállások következtek, végül hivatalosan 2009-ben számolták fel a céget.⁶⁹⁸

A magukra hagyott épületekbe költöző Factory Aréna két civil szervezet (a Komlóstetői Kerékpáros Sport Klub és a KKSK Kétkeréken Gördülők Alapítvány) összefogásából született. Legelső lépésként semmilyen építészeti beavatkozás nem történt a csarnokokban, takarítás, dekorálás után (közben) már a gördeszkások és biciklisek találkozóhelyévé váltak. A szükséges állagmegóváson kívül építészeti beavatkozás azóta is csak az installációépítésekben (mászófalak, színpad, pályák) érhető tetten.⁶⁹⁹

⁶⁹⁶ RAMBOLL (2017): *State of The Art: Engineer Ramboll Describes The Technology In Switch House, Tate Modern*. Elérhető: <https://www.brick.org.uk/bulletin/state-of-the-art> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

⁶⁹⁷ VARGA Piroška (2018): *Kultúrgyárak. Felhagyott ipari épületek, mint kulturális színterek. DLA értekezés*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építész-mérnöki Kar Építőművészeti Doktori Iskola. 63-64. Elérhető: https://issuu.com/vpiros/docs/vargapiroska_ertekezés (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

⁶⁹⁸ *Diósgyőri Acélművek*. Elérhető: https://hu.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3sgy%C5%91ri_Ac%C3%A9lm%C5%B1vek (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

⁶⁹⁹ VARGA Piroška (2018): *Kultúrgyárak. Felhagyott ipari épületek, mint kulturális színterek. DLA értekezés*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építész-mérnöki Kar Építőművészeti Doktori Iskola. 63-64. Elérhető: https://issuu.com/vpiros/docs/vargapiroska_ertekezés (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)



Forrás: ArBePa: Diósgyőri Acélművek, Diósgyőr-Vasgyár, Miskolc.⁷⁰⁰

A Diósgyőri Acélművek épületei

A Factory Aréna után való kutatás kezdetén már legelőször szembetűnő volt, hogy nagy aktivitással vannak jelen a közösségi médiában és a helyszínről, a szervezetről fellelhető képek is mindig valamilyen közösségi létezést, eseményt ábrázolnak. Magukról az épületekről vagy azok átalakításáról, újrahasználásáról már kevés anyag lelhető fel, ami nem is csoda: egy olyan kezdeményezés indult el ezen a helyen, ahol maga az emberi jelenlét teszi élővé a régen magára hagyott épületeket. Technológiai vonatkozásokból ez esetben nyilván nehéz vizsgálni a téglaeépület hasznosítását, ugyanakkor mégis nagyon fontos példának, példamutatásnak tekinthető ez az eset kötetünk témájának szempontjából is, hiszen megmutatja, hogy nem mindig az anyagi és politikai nézőpontok döntenek egy épület sorsáról. Ilyenfajta nyitottsággal és összefogással még nagyon sok üresen álló házat formálhatunk a magunk javára.

Ad f) Las Arenas, Barcelona, Spanyolország

A barcelonai Las Arenas egy régi, korábban bikaviadaloknak helyet adó aréna épületéből kialakított bevásárlóközpont a város szívében. Az aréna 1900. június 29-én nyitotta meg kapuit, ekkor még csak ökölvívásra, küzdősportokra használták, 1927-ben alakították át bikaviadalok rendezésére alkalmas helyszínné, az utolsó viadal 1977-ben zajlott.⁷⁰¹

A háromszintes kör alakú téglagyűrű neomodérn stílusban épült, ami Spanyolország tipikus 19. század végi építészetének tekinthető. Jellemző rá a patkó ívű nyílások és az absztrakt tégladíszítések alkalmazása. Ezek a jegyek találhatóak meg az aréna épületén is, ami a város központi részén elhelyezkedve annak egy meghatározó, karakteres elemévé vált. A felújítás, hasznosítás során így nem is volt kérdés, hogy az eredeti téglastruktúrát meg kell tartani, azonban ehhez komoly műszaki megoldásokra volt szükség.

⁷⁰⁰ [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gyar\(1\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gyar(1).jpg) (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

⁷⁰¹ *Plaza de toros de las Arenas*. Elérhető: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Bikaviadal> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).



Forrás: Richard ROGERS –Alonso y BALAGUER: Las Arenas⁷⁰²

Las Arenas, Barcelona

A kezdetektől fontos építészeti szándék volt, hogy az eredeti téglarchitektúrát csak mint „második bőr” tartsák meg, a bevásárlóközpont funkciójának kielégítő beillesztéséhez elengedhetetlen volt, hogy műszakilag, gépészetileg megfelelő szerkezetet alakítsanak ki az épület belsejében. Így tulajdonképpen a „ház a házban” elv teljesült: a hozzáillesztett új elemek lényegében önálló házként is megállnák a helyüket, csak behelyeződtek egy ékszerdobozba. A legnagyobb műszaki kihívást az épület leromlott állapota mellett az a tény okozta, hogy valójában egy dombon áll: az utcaszint fölött 4 méterrel helyezkedik el.⁷⁰³

Ahhoz, hogy az épületet az utcaszintről egyenesen meg lehessen közelíteni, szükség volt egy „protézisre”: a téglagyűrű új lábakat kapott. A földmunkák megkezdése előtt a téglafal alját körben egy vasbeton gyűrűvel vették körül. A földkitermelés közben folyamatosan támogatva az épületet ideiglenes acél tartószerkezetek kerültek a fal alá. Az építkezésnek így volt olyan meghökkentő fázisa, amikor a súlyos épület hirtelen filigrán, acél lábakon egyensúlyozó téglapengévé vált. Ezek után még 5 szint mélységben mélygarázs is került az épület alá. A végleges földszinti támaszokat pirosra festett, V alakban döntött acél pillérek alkotják, amelyek karakteresen elkülönülnek a hagyományos téglafalazattól. Ezek mögött már felsejlik az új, behelyezett épület szerkezete.

3.1.2. Új épületek kerámiatermékekből

A következőkben bemutatott épületek egy részénél újrahasznált kerámiatermékeket alkalmaztak, másik részük irányt mutat. A tégl- és cserépépítészetre fókuszálva néhány ház mellett azért nem mehetünk el becsukott szemmel, mert egyszerűen annyira izgalmas és váratlan módon alkalmazták az anyagot, hogy építészeti, esztétikai szempontból példaértékű lehet jövőbeni, bontott vagy

⁷⁰²https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arenas_de_Barcelona_2013.jpg (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

⁷⁰³<https://www.archdaily.com/530762/las-arenas-alonso-y-balaguer> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

újrahasznosított anyagokból való tervezéshez, kivitelezéshez. A hagyományos téгла- és cseréprakások mellett teret hódítanak a kreatív módon újraértelmezett architektúrák, nem is beszélve a változatos színhasználatról, rögzítésmódokról, felületalakításokról. Sok esetben nem is kell messzire mennünk: itthon, szűkebb környezetünkben is számos szép kerámiaalkalmazással találkozhatunk.

Ad a) Családi ház, Pécs

A 2007-ben a Mecsek oldalába épült családi házat Keller Ferenc tervezte, az Építész Stúdió tervezőjeként. Az U-alakú épület a telek legmagasabb pontjára húzódik vissza, egybefüggő lankát hagyva meg kertként, és közben egy kis zárt belső udvart is alkot magának.⁷⁰⁴ A külső falak burkolata bontott téglából készült, a ház mindegyik homlokzatán változatos, finom részletekkel gazdagítva. A bontott téгла a belső, zárt udvarban teraszburkolatként jelenik meg.

A déli homlokzat a ház főhomlokzata, a megérkezés színtere. A főfal hátrébb húzása, a tető túllógása, és a merőleges falak túlfuttatása alakít ki védett átmeneti teret a bejáratoknak, kis kiülő teraszt az étkezőnek, és nem utolsósorban lehetőséget ad a téглаarchitektúrával való játékra. A függőleges sávok megtörik a vízszintesen futó téglasorokat, a mögöttük sorakozó nagyméretű üvegfelületek felsejlenek közöttük.

A nyugati homlokzat egy részletén ritmusosan elszórt, apró réseket látunk a téglák között: a fal mögött található mosdóblokk ablakai előtt a téglaburkolat végigfut, diszkrét intimitást adva a belső helyiségnek, apró réseivel mégis fényt enged be, és lehetőséget ad a szellőztetésre is.

Ahogy a lépcső felérkezik az emeletre, az itt található ablak előtt is szintén megjelenik a téglaburkolat, más minőségben, más megoldással. Az oszlopokba rendezett téglák függőleges, nagyobb réseket hagynak, falsíkból való kiforgatásuk még izgalmasabbá teszik a felületet, és minden bizonnyal a jobb árnyékolást segítik, a déli nap így kevésbé tűz be az ablakon.

Az U-alak szárai között megbújó belső udvar teraszburkolata hagyományosan fektetett téglákból áll. Izgalmas, ahogy a száratokat összekötő támfal tövében ugyanebből a téglából deszkázattal borított leülőfelületeket építettek ki.

Ad b) Lakóház, Vadodara, India

A Manoj Patel Design Studio által tervezett lakóház-felújítás egészen újfajta perspektívát nyitott a tetőcserepek alkalmazására. A háromszintes, vasbetonvázas, lapostetős épület tömör, kiugró tömbökből és visszahúzott, nyílásokkal tagolt teraszokból építkezik. A nagy, egybefüggő, tömör homlokzati felületek kialakításánál, az anyaghasználat megválasztásánál a tervezőcsapat számára a legfontosabb szempontok az újrahasznosítás, a költséghatékonyság és a hosszú élettartam voltak. Így esett a választás a tetőcserepek egészen szokatlan alkalmazására.

A V-alakú tetőcserepek 40 %-a újrahasznosított, 60 %-uk újonnan vásárolt. Minden darabot felszeleltek, és 45 fokos dőlésszögben, cikk-cakk mintázatot alkotva ragasztással rögzítettek a homlokzatra. Az eredmény önmagáért beszél, a felület ráadásul a nap járásához igazítva lett megtervezve: az árnyékolással csökkenti az épület felmelegedésének mértékét, és izgalmas fény-árnyék játékot is létrehoz.⁷⁰⁵

Ad c) Lakóház-bővítés, Csejte, Szlovákia

⁷⁰⁴ KELLER Ferenc (2007): *Zöldtetős családi ház Pécsen*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/zoldtetos-csaladi-haz-pecsen> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

⁷⁰⁵ Manoj Patel Design Studio: House. <https://www.archdaily.com/920533/house-manoj-patel-design-studio> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

Pavol Paňák pozsonyi építész saját részre tervezett, bővített lakóházat a szlovákiai Csejtén. A terület szorosan kötődik a falu történetéhez: a telken álló jellegzetes nyeregtetős, tornácós ház az egykori téglavető üzem mesterének lakóháza volt. Az épülethez hozzáragasztott bővítés külső tömegében folytatja az eredetit, hosszanti tengelyén keresztül megnyújtva azt. Belül azonban modern építészeti eszközökkel alkot az építész: a padlásfödémét elhagyva, a nyeregtető alatti térrel egybefüggő, világos tér keletkezik.⁷⁰⁶

A legnagyobb izgalmat a tetőszerkezet maga tartogatja. Formailag a hagyományos nyeregtetőt követő szerkezet anyaga a meglepő: szarufaként a fa helyett I acélgerendákat alkalmaz, a közöttük lévő mezőket téglával tölti ki. A téglák enyhén megdőntve egymásnak (és az acélgerendáknak) támaszkodnak, így alkotnak teherbíró, masszív szerkezetet. A téglák mindegyike bélyeges (az eredet megjelölését szolgáló jel, ábra látszik rajtuk), egy részük a téglaegetőben készült, a többit a környékbeli műhelyekből gyűjtötték össze – tehát újrahasznált téglákról van szó. Ez a fajta szerkezeti megoldás nem csak az épületenergetikai adottságokat javítja, hanem az építész saját tiszteletét is kifejezi a kézműves téglavetés előtt.⁷⁰⁷

Ad d) Ngói Space: közösségi épület, Hanoi, Vietnám

Vietnám fővárosában, sűrű városi környezetben, egy saroktelken található az épület. Az urbánus közeg ellenére meglepően nyugodt, természetközeli atmoszférát áraszt, köszönhetően a lágy formavilágnak, a természetes anyaghasználatnak. A homlokzati struktúra kiképzésében mégis találunk valami meghökkentőt: a tetőcserép (hagyományos alkalmazásától eltérve) itt most homlokzati burokként jelenik meg, izgalmas rajzolatokat alkotva.

A Ngói Space közösségi lélettérként jött létre, amely magába foglal egy kávézót, előadó- és kiállítótermet, pihenőtereket és egy tetőkertet is. A tervezők elmondása szerint a tetőcserép homlokzati elemként való alkalmazása a közösségi élet megélését erősíti: a helybéliek számára ismerős, megszokott anyag az egész épületet „egy közös Tető alá hozza”. Az egyre gyorsuló városiasodás miatt sok, korábban földszintes, hagyományos cseréptetős házat bontanak el, és a bontási hulladék kezelése nagy problémát okoz. Ez a ház erre kínál egy lehetőséget: a bontott épületekből származó cserépek egészen váratlan módon való alkalmazása megoldást nyújthat, kiindulópont lehet az újrafelhasználás felé.⁷⁰⁸

A cserép ekként való alkalmazása a házon önmagában meglepő dolog, de közelebről megvizsgálva a struktúrát, további izgalmas részleteket fedezhetünk fel. A földszinten a kártyavárszerűen emelt cserépfalazat leszakad az épület tömegétől, a telekhatár vonalát követve lerekeszti magának területét. Mögötte az épület homlokzata visszább van húzva, nagy üvegfelülete belátást enged, kapcsolatot teremt a bent rejlő közösségi funkciókkal. Az első szinttől fölfelé aztán ez a cserépstruktúra az épület részeként épül tovább, mögötte felsejlenek további izgalmas téri helyzetek: erkélyek, loggiák, zárt vagy nyitott pihenőterek, megszakítva nagyobb nyílásokkal, megszínezve növényekkel. A legfelső szinten végül egy felülről teljesen nyitott tetőkertet keretezve ér véget a burok.

⁷⁰⁶ PAŇÁK, Pavol (2020): *Nappali a téglaegetőben: lakóház bővítése Csejtén*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/nappali-a-teglaegetoben-lakohaz-bovites-csejten> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

⁷⁰⁷ PAŇÁK, Pavol (2020): *Nappali a téglaegetőben: lakóház bővítése Csejtén*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/nappali-a-teglaegetoben-lakohaz-bovites-csejten> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

⁷⁰⁸ H&P Architects: Ngói Space. https://www.archdaily.com/965308/ngoi-space-h-and-p-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

A ház belsejében, a két szomszédos épülettel való találkozásnál emelkedő tömör falak szintén tetőcserepek felhasználásával lettek kialakítva, kevésbé áttört módon, sokkal tömörebb rajzolatot mutatva.

Ad e) Társasház, Pécs

A Zsolnay gyár jelenléte Pécsen sok művészeti ágat inspirál, nem meglepő módon az építészeket is. A 2018-ban épült, Karlovecz Zoltán (Karlovecz Építésziroda) által tervezett pécsi társasház utcafrontján ez az ihletettségek köszön vissza. A homlokzatburkolat ez esetben nem újrahasznosított termékekből készült, de a téglák alkalmazásának módja miatt érdemes megvizsgálnunk kicsit közelebről.

A Felsőmalom utcát már a 18. században iparosok, kézművesek műhelyei alkották, a 19. századra pedig kialakult a mai zártos lakóház beépítés. Az újonnan épült társasház helyén is egy lakóház állt, amit a rossz állapota miatt 2012-ben lebontottak.⁷⁰⁹

Az ilyen foghíjtelkekre való építkezés izgalmas kihívás több szempontból is: alkalmazkodni kell a két szomszédos épület homlokzatához, illeszkedni kell az utcaképhez, miközben a ház karakterének a külvilág felé való egyetlen kifejezésre alkalmas felülete ez az egy utcafront. Szerencsére számtalan építészeti eszköz áll rendelkezésünkre, hogy a mai kor igényeinek megfelelő, kreatív, letisztult, mégsem hivalkodó, a környezetbe illeszkedő épületet alkossunk.

A felsőmalom utcai telekre megálmodott koncepció egyik fontos eleme volt, hogy a társasház kifelé homogén felületet mutasson.⁷¹⁰ A célhoz megtalált eszköz a téglák, illetve annak jól variálható rajzolata lett, megfűszerezve egy kis pécsi egzotikummal, a Zsolnay kerámiaművességéből ismert eozin mázzal, melynek színe leginkább a zöldes-sárgás rózsabogár páncéljára emlékeztet.

A fémesen fénylő zöldes felületek a homlokzat stilizált koronázópárkányától lefelé ritkulnak, a párkány alatt már csak a lépcsőházhoz vezető bejárat finom hasítéka körül jelennek meg újra. A homlokzat legnagyobb felületén így a homogén, nyers téglarchitektúra dominál, itt-ott megszakítva nyílászárókkal, illetve a lépcsőház helyét jelölő, átluggatott falszakaszokkal. Az összehatás finom egyensúly a minimális eszközhasználatú, modern kép és az aprólékosan kimunkált díszítettség között.

Ad f) Montalván Hotel, Sevilla, Spanyolország

A Montalván kerámiagyár, amely egyike volt Sevilla három jelentős fazekasműhelyének, 2012-ben zárt be. 2018-ra új szerepet kapott az épület: az AF6 Arquitectura építésziroda tervei alapján hotel és éttermet alakítottak ki benne.

Az épületegyüttes sűrű városi szövetbe ékelődik, így a belső udvarok kialakítása kulcsszerepet játszott, ezeken keresztül tárul fel valójában legjobban az épület. A három belső udvar három különböző karaktert kapott. Az elsőben festményekkel dekorált magas fehér falak és egy szökőkút található. A másodikban három citromfa áll, amelyeket a régi gyárfalak és az új, patchwork-szerűen dekorált kerámiafalak vesznek körbe. A harmadik egy árnyékosabb udvar, ahol egy régi kemence található.

A tervezői koncepció egyik legfontosabb elemét a talált tárgyak adták: a felújítás során az összes csempét, ami ottmaradt az épületben, felhasználták és beépítették. Így a tervezői szakasz egy hosszas rendszerezési és dokumentálási munkával egészült ki. A csempedarabokat tónus, szín, rajzolat, forma

⁷⁰⁹ KARLOVECZ Zoltán (2020): *Tégla és Eozin – Lakóház a Felsőmalom utcában*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/tegl-es-eozin-lakohaz-a-felsomalom-utcaban> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

⁷¹⁰ KARLOVECZ Zoltán (2020): *Tégla és Eozin – Lakóház a Felsőmalom utcában*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/tegl-es-eozin-lakohaz-a-felsomalom-utcaban> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

szerint osztályozták, majd minden összeállított mezőt lefotóztak és jelrendszerrel láttak el. Ez alapján tervezték és végül építették meg a színes, mozaik-szerű homlokzatokat.⁷¹¹

A helyszínen talált kerámiaelemek beépítése többrétegű üzenettel bír: egyrészt a térség kézműves múltját idézi meg, miközben a mediterrán hangulatot is közvetíti színes, vibráló formáival, másrészt pedig az újrahasznosítás egyértelmű gesztusát fejezi ki a helybentalálással, értékmegőrzéssel, továbbgondolással.

Ad g) Biobrikett-szárító, Monor

A Budapesti Műszaki Egyetem Építőművészeti Doktori Iskolája és Középülettervezési Tanszéke kutatási programja részeként létrejött monori példa szintén kilóg kicsit sorból, és mégis talán a legjobban illeszkedik bele: ugyan nem újrahasznosított anyagokból épült, de az építésének módja, az üzenete és a funkciója miatt egyértelműen a fenntarthatóság felé vezető út egy megkerülhetetlen mérföldköve.

Monor központi részén rossz életkörülmények között, hátrányos helyzetben lévő fiatal felnőttek és gyerekek élnek. 2012-ben a BME hallgatókból és oktatókból álló csapata helyi megkeresésre érkezett a településre, hogy építészeti szempontból adjanak tanácsot, segítsenek néhány kérdés megválaszolásában. A lakhatási kérdések mellett a szociális élet tereinek fejlesztése is égető feladatnak bizonyult, így megindult egy közös kommunikáció, gondolkodás a lehetőségek feltárásáról.

Két év elméleti kutatás után az építészcsapat egy kisebb léptékű épület felépítése mellett döntött, amit egy nyári építőtábor keretein belül valósítottak meg. A környéken lakók életében az egyik legnagyobb problémát a téli fűtés jelenti, a tüzelőanyag beszerzése és megfelelő körülmények melletti felhasználása nagyon kevés háztartásban megoldható. Egy olyan technológia megvalósítására esett a választás, amelyet a fejlődő országok számára dolgozott ki a Legacy Foundation és amelynek sikere a könnyű előállíthatóságban rejlik. A biobrikett mezőgazdasági- és faipari hulladékokból, vízzel és papírral keverve, pépesítve, formákba préselve majd kiszárítva válik jó minőségű tüzelőanyaggá. A technológia helyi megvalósításával párhuzamosan az építészeti háttér biztosításán dolgozott az önkéntes csapat.

A megvalósult épület több szempontból is a fenntarthatóság példája lehet. Már az építés folyamata is a lehető legkörnyezetkímélőbb, legegyszerűbb módon zajlott: helyben hozzáférhető (esetleg bontott) építőanyagokból, az ott élők bevonásával, könnyen elsajátítható építési technológiával épült a ház. A lemezalaphoz készített zsaluzat deszkáit is végül felhasználták a brikettek szárításához szükséges polcok, raklapok megépítéséhez. Az épület alaprajzilag, funkcionálisan is úgy lett megtervezve, hogy a lehető legkönnyebben építési engedélyt kapjon: különálló tömegekkel elegendő csupán településképi véleményezési eljárást lefolytatni.⁷¹²

A téglarchitektúra megformálásának szempontjából is tartogat szép részleteket az építmény: a déli homlokzat (ami a legtöbb napfényt kapja) egy-egy téglasorába merőlegesen kiforduló elemeket építettek be, amelyekre deszkákat helyezve brikettszárító felületeket lehet létrehozni.

Az elkészült épülettel tulajdonképpen mindenki csak nyert. A helyiek technológiai tudással gazdagodtak, amivel saját maguk helyzetén önállóan, felelősséget vállalva tudnak segíteni, az önkéntes csapat pedig rengeteg hasznos gyakorlati szakmai tapasztalatot szerzett, emellett egy olyan példa valósult meg, amely mind a tervezés, mind a kivitelezés során különös hangsúlyt fektetett a környezeti terhek csökkentésére, a fenntarthatóságra.

⁷¹¹ <https://www.ceramicarchitectures.com/obras/hotel-conjunto-alfarero-montalvan/> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

⁷¹² KEMES Balázs (2015): *A monori biobrikett szárító*. <https://epiteszforum.hu/a-monori-biobrikett-szarito> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

Ad h) Clay Roof House, Petaling Jaya, Malajzia

A korábbi példák között láttunk már bontott tetőcserepet a megszokottól eltérő szerepben. Ennél a malajziai családi háznál is egészen meglepő alkalmazásával találkozunk: homlokzati árnyékolórendszert építettek belőlük.

A telken korábban álló, romos állapotú régi ház elbontásából származó tetőcserepeket óvatosan távolították el, és a DRTAN LM Architect tervezőiroda csapata egy egyedi árnyékolórendszert alakított ki belőlük.⁷¹³ A tetőcserepeket a rövidebb oldalainál egy-egy fém „papucs” közé fogták, és mintha gyöngysort fűznének belőlük, függőleges acélrudakra húzták őket. Az így összeállított sorokat az épület homlokzatai elé sorakoztatták, árnyékolást adva a nagy üvegfelületeknek. Az acéltengelyek körül szabadon elforduló tetőcserepekkel lehet szabályozni a beengedett fény mennyiségét, ugyanazon az elven, mint a mindenki által ismert szalagfüggönyöket, csak egészen egyedi, esztétikus kivitelben.

A három szintes épület utcafrontján, a földszinti előtető felett az egész homlokzatot beborítja ez a struktúra, amely folyamatosan változó arcot kölcsönöz az épületnek. Mindig az igényeknek megfelelően állítják be a tetőcserep-árnyékolók szögét, emiatt nem mutat szinte soha ugyanolyan képet a ház.

Az épület megjelenésének összhangjában nagy szerepet játszik, hogy a bontott tetőcserepek ilyen furcsa módon való alkalmazása mellett a bontott téglá újrafelhasználása is hangsúlyt kapott. A kerítés áttört, rések kihagyásával rakott téglasorokból áll. Az épület vasbeton vázát kitöltő falmezői szintén nyers téglafelületek, amelyek kültéren és beltéren egyaránt dominálnak. A ház egyik oldalsó homlokzata elé második „bőrként” szintén egy téglafal került, amely szinte lebeg az épület előtt: acél vázra épített téglastruktúra, amelyben néhol rések vannak, néhol a résekbe pedig a falazatra merőleges elemeket ékeltek. Ez a felület így szintén izgalmas textúrát ad.

3.1.3. Összegzés

Az előbbieken felsorolt és bemutatott néhány épület csupán egy apró merítése az újrahasznált téglá és a cserép számtalan kreatív alkalmazási módjának. Egy-egy apró trükknek és ezeknek az egyszerű (vagy annak vélt) építőanyagoknak a párosításából lehetőségek végtelen sora tárul elénk – a kreativitásnak csupán a természet törvényei és a jogszabályok vethetnek gátat. Fenntarthatóság (és etika) szempontjából a legfontosabb építészeti gesztus, ha egy meglévő, magára hagyott épületet újítunk fel, igazítunk a kornak megfelelő igényekhez, ahelyett, hogy lerombolnánk és a helyére egy teljesen újat építenénk. Természetesen nem lehet minden épületet megmenteni, ebben az esetben viszont mindenképp törekednünk kell arra, hogy a lehető legtöbb értéket megtartsuk belőle akár egy épületrész, akár egy fal, akár egyetlen téglá formájában.

⁷¹³ *Clay Roof House / DRTAN LM Architect.* Elérhető: https://www.archdaily.com/784186/clay-roof-house-drtan-lm-architect?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (A letöltés dátuma: 2021.10.31.).

3.2. A legjobb gyakorlatok bemutatása a téglá- és cserépépítészet területén

A következő alfejezet két, egymással szorosan összefüggő, együtt értelmezendő témából áll. Ahhoz, hogy megértsük, napjainkban mit, miért és hogyan alkalmazunk a *tégla- és cserépépítészet* területén, elengedhetetlen, hogy megismerjük az előzményeket. Így tehát a múlt és a jelen (és ezáltal a jövő is), azok eseményei és egymásra gyakorolt hatásai alkotják a következő téma kifejtésének gerincét.

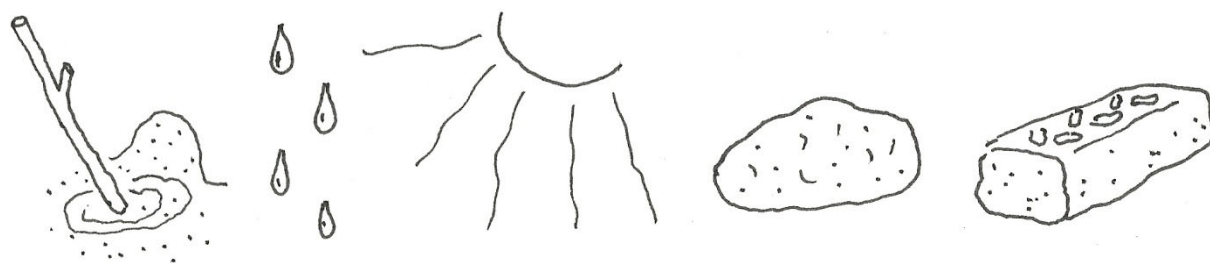
Először egy tömör történeti összeggel áttekintjük, hogy az elmúlt évezredek során hogyan alakult ki, hogyan változott a téglá és egyéb kerámiatermékek előállításának és alkalmazásának módja. Történeti példákon keresztül átfogó képet kaphatunk arról, hogy már elődeink is milyen változatos formában alkalmazták ezt az egyszerű építőanyagot, és mennyi kísérletezés volt szükséges ahhoz, hogy a lehető legjobb minőségű termékeket állítsák elő. Mindezen tapasztalatok nélkül napjainkban mi sem alkalmazhatnánk kellően megalapozott tudással a modern technikákat. Az alfejezet második részében néhány konkrét épületszerkezeti példán és megoldáson keresztül kerülnek bemutatásra a téglá- és cserépipar által nyújtott lehetőségek és az azok kombinálásában rejlő változatos megoldások – legyen szó újonnan gyártott vagy újrahasznosított, újrafelhasznált építőanyagokról.

3.2.1. Történeti áttekintés

A téglá az egyik legrégebbi építőanyag, az agyagtéglát már Kr.e. 10000-8000 körül ismerték és alkalmazták elődeink. Ekkor még csak a napon szárították a sárból, esetleg szalmából, viszonylag kevés agyaggal összekevert, kézzel cipószerű formára alakított masszát. A könnyen előállítható, a legszegényebbek számára is elérhető anyag azonban ilyen módon nem igazán volt tartós, egy nagyobb eső könnyedén elmosta a belőle épített szerkezeteket.⁷¹⁴

A világon jelenleg ismert legrégebbi ilyen kézzel formázott, napon szárított téglák *Jerikó* ásatása során bukkantak fel, mindjárt két különböző típusú, két egymást követő korszakból. Kr.e. 8300 és 7600 között cipó formájú, eltérő méretű (nagyjából 260x100x100 mm-es) tömböket gyártott a kőkori ember. A talajból bottal kikapart agyagos földet vízzel keverte és formázta, majd a napon való szárítás után sárral egymáshoz tapasztva őket alkotott falakat.

Kr.e. 7600 és 6600 között alkalmazott ún. „zsemetéglák” hasonló eljárással készültek, csak más arányúak és egységesebb méretűek (kb. 400x150x100mm) voltak, illetve különleges ismertetőjegyként az egyik nagyobb lapjukra ujjal halszájka-szerűen benyomkodott mintákat készítettek.⁷¹⁵



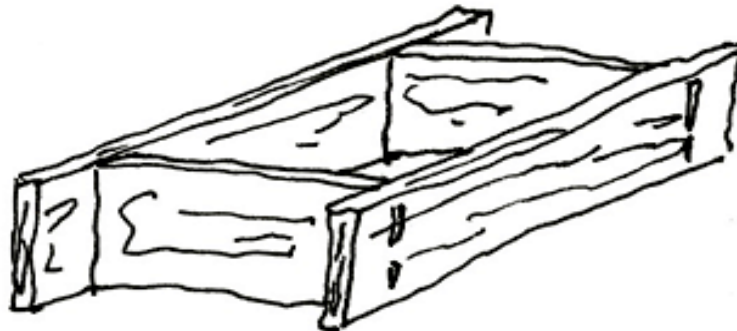
Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Az első napon szárított téglák Jerikóból

⁷¹⁴ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 13-15.

⁷¹⁵ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 26-27.

Az ókori *Egyiptomban* már faformába sajtolt téglákat készítettek. A téglavetés folyamatát Rék-mi-Ré vezír thébai sírjának falfestményeiből ismerhetjük. Az agyagos masszát fakeretekbe nyomkodták, majd napon szárították. Az eljárás így egységes formájú elemeket eredményezett, amelyekből könnyebben lehetett szerkezeteket emelni.⁷¹⁶



Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Egyiptomi fa keret téglasajtoláshoz

Kr.e. 4000-3000 körül kezdett elterjedté válni az égetett téglá, amelyből már sokkal tartósabb, ellenállóbb építményeket lehetett létrehozni. A nagyobb arányban agyagot tartalmazó tömböket az erre a célra épített hatalmas kemencékben körülbelül 1000 Celsius-fokon, hosszú órákon át égették a kívánt állapotúra – a folyamat sok tapasztalatot és hozzáértést igényelt.

Először *Mezopotámiában* kezdték alkalmazni ezt az eljárást, az általunk ismert legrégebbi ilyen építmény a maddhuri csatorna (Kr.e. 5000-4500). Az égetett téglából való építés tartóssága ellenére mégis csak Kr.e. 3000 körül kezdett elterjedni, mert előállításuk sokkal bonyolultabb és költségesebb volt, mint a vályogtégláé: akkoriban egy ezüstpénzen 14.000 vályogtéglát vagy 504 égetett téglát lehetett venni. Alkalmazása így tehát fényűzésnek számított, csak templomok (zikkuratok, azaz mezopotámiai lépcsőzetes toronytemplomok) és paloták épültek belőlük. A sumér téglá szó (szig) egyszerre várost és épületet is jelentett, ugyanakkor az építkezések istenének nevét is jelölte, és maga a téglá volt a mértékegység.⁷¹⁷

⁷¹⁶ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 28-29.

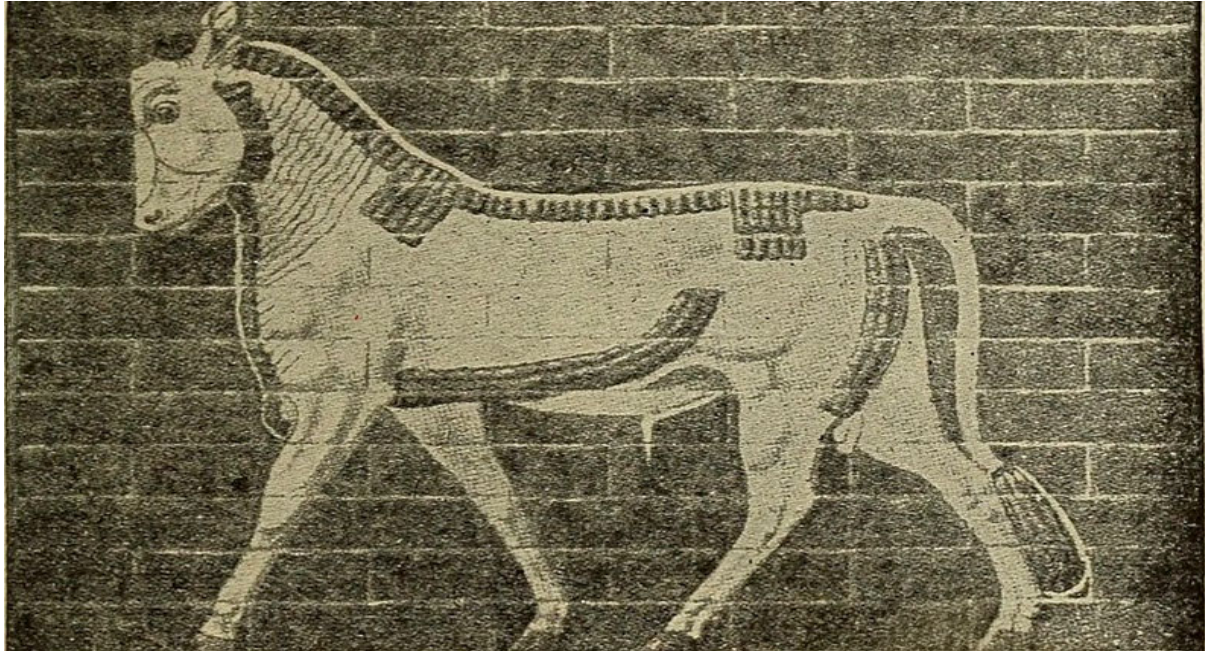
⁷¹⁷ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 30-33.



Forrás: Hadi Karimi: Chogha Zanbil (UNESCO World Heritage Site) یونسکو 718 جهانی میراث، چغاز نیل

Csoga Zanbil nagy zikkuratja

A mázas téglák egyik legkorábbi példái az Istár-kapun láthatóak, amely *Babilon* egyik városkapuja volt, II. Nabú-kudurri-uszur király uralkodásának idején Kr.e. 605 és 562 között épült.⁷¹⁹ A máz gazdag színárnyalatai arra engednek következtetni, hogy a téglákat készítő mesteremberek igen nagy gondot fordítottak a kísérletezésre. A domborműves téglákat pépszerű anyaggal vonták be, amely aztán az égetés során megüvegesedett. Feljegyzések sajnos a technológiáról nem maradtak fent.⁷²⁰



A babiloni Istár-kapu egy részlete⁷²¹

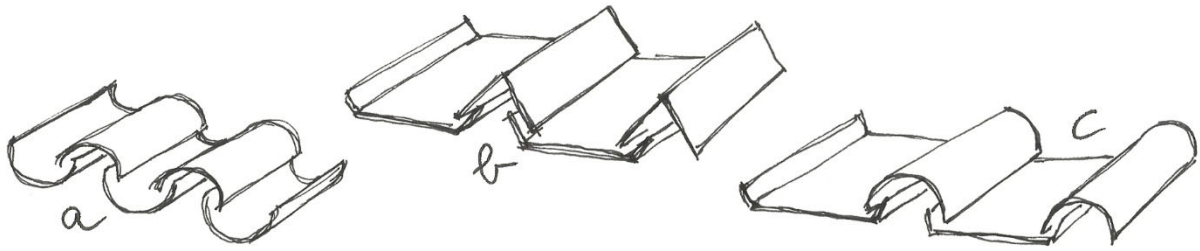
⁷¹⁸ forrás: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chogha_Zanbil_\(UNESCO_World_Heritage_Site\)_%DA%86%D8%BA%D8%A7%D8%B2%D9%86%D8%A8%DB%8C%D9%84%D8%8C_%D9%85%DB%8C%D8%B1%D8%A7%D8%AB_%D8%AC%D9%87%D8%A7%D9%86%DB%8C_%DB%8C%D9%88%D9%86%D8%B3%DA%A9%D9%88_-_panoramio.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chogha_Zanbil_(UNESCO_World_Heritage_Site)_%DA%86%D8%BA%D8%A7%D8%B2%D9%86%D8%A8%DB%8C%D9%84%D8%8C_%D9%85%DB%8C%D8%B1%D8%A7%D8%AB_%D8%AC%D9%87%D8%A7%D9%86%DB%8C_%DB%8C%D9%88%D9%86%D8%B3%DA%A9%D9%88_-_panoramio.jpg) (A letöltés dátuma: 2021.11.15.)

⁷¹⁹ *Istár-kapu*. Wikipédia. Elérhető: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Ist%C3%A1r-kapu> (A letöltés dátuma: 2021.11.15.)

⁷²⁰ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 34-35.

⁷²¹ Forrás: <https://www.flickr.com/photos/internetarchivebookimages/14764039354/> (A letöltés dátuma: 2021.11.15.)

A terrakotta tetőcserepek megjelenését Kr.e. 2600-2000 körülre datáljuk, az ekkori darabok a Peloponnészoszi-félszigetről származnak. Három különböző fajtáját alkalmazták tetőfedésre. Az ívelt lakóniai cserepet váltott sorokban rakták egymás mellé: domború oldalával lefelé és felfelé. A korinthuszi tetőcserepet is hasonló elv szerint rakták, csak az alul lévő idom lapos volt, két szélén felfelé álló peremmel, a felső idom pedig nem íves, hanem derékszögű. A szicíliai fedés a kettő ötvözete: a korinthuszi alsó lapos elemet lakóniai domború cseréppel fedték felülről.⁷²²



a) lakóniai cserép b) korinthuszi fedés c) szicíliai fedés

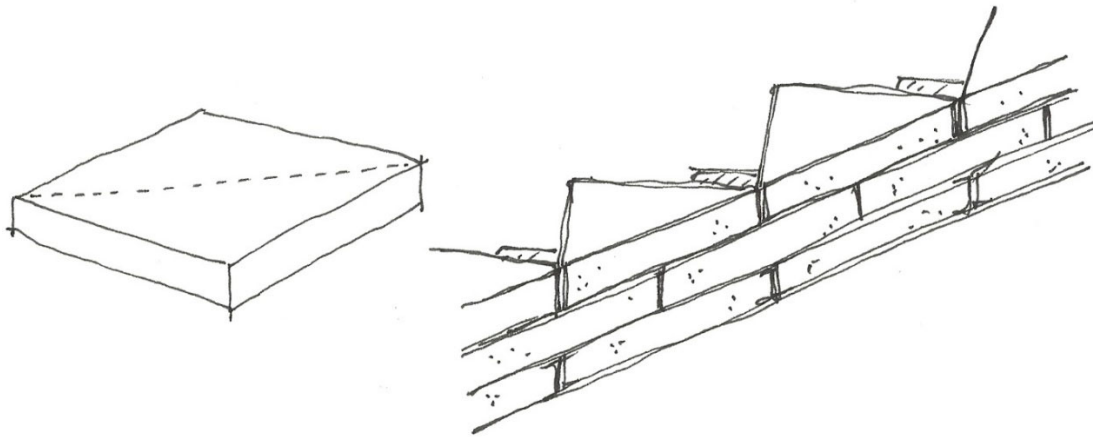
Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Tetőfedések az ókori görögöktől

Az ókori *Rómában* az 1. században a városfalak már égetett téglából álltak, bár a házak zömét még vályogból építették. A tégláégetés a 2. századra terjedt el igazán, a rómaiak változatos alakú, különböző méretű téglákat készítettek. Általános volt a nagyméretű négyzet alapú, pár centiméter magas téglák. Ezeket a téglákat általában öntött beton falak külső kéregként alkalmazták úgy, hogy az elemeket átlósan félbevágták, az átló mentén létrejött felületet a fal külső síkja felé fordították, így a háromszög csúcsa az öntött belső felé nézett. Kívülről szemlélve az így létrejött téglarhitektúrát akár azt is gondolhatnánk, hogy hasábokból tömören falazott falat látunk – noha ezt a technikát a rómaiak ritkán, szinte nem is alkalmazták. Téglákat gyakorta látták el bélyegekkel (a téglák felületébe nyomott megkülönböztető mintával, ábrával, monogrammal), ám nem mindegyiket, általában egy-egy sorozat utolsó elemét, vagy a számolás könnyítése érdekében mindig csak egy bizonyos sorszámú darabot. A régészeti feltárások számos római kori tégláégető kemencét fedeztek fel.⁷²³

⁷²² CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglák világtörténete*. Kossuth Kiadó. 42.

⁷²³ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglák világtörténete*. Kossuth Kiadó. 43-49.



Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Római kori téglafalazási módszer

A Colosseum Kr.u. 72 és 80 között épült, számos boltív és boltozat alkotja. Az épület váza alapvetően betonból áll, azonban a boltívek kialakításánál téglabordákat (megerősítéseket) alkalmaztak, amelyekben megjelenik az egyik nagy római technikai újítás, a boltívkő. Általánosan a téglaboltíveket hagyományos hasáb alakú téglákból készítik az elemek közötti hézagok vastagságának változásával. Ezzel szemben a rómaiak ék alakú téglákat is gyártottak, külön a boltív készítéséhez, így az ebből rakott szerkezeten egyenletes hézagok rajzolódnak ki.⁷²⁴

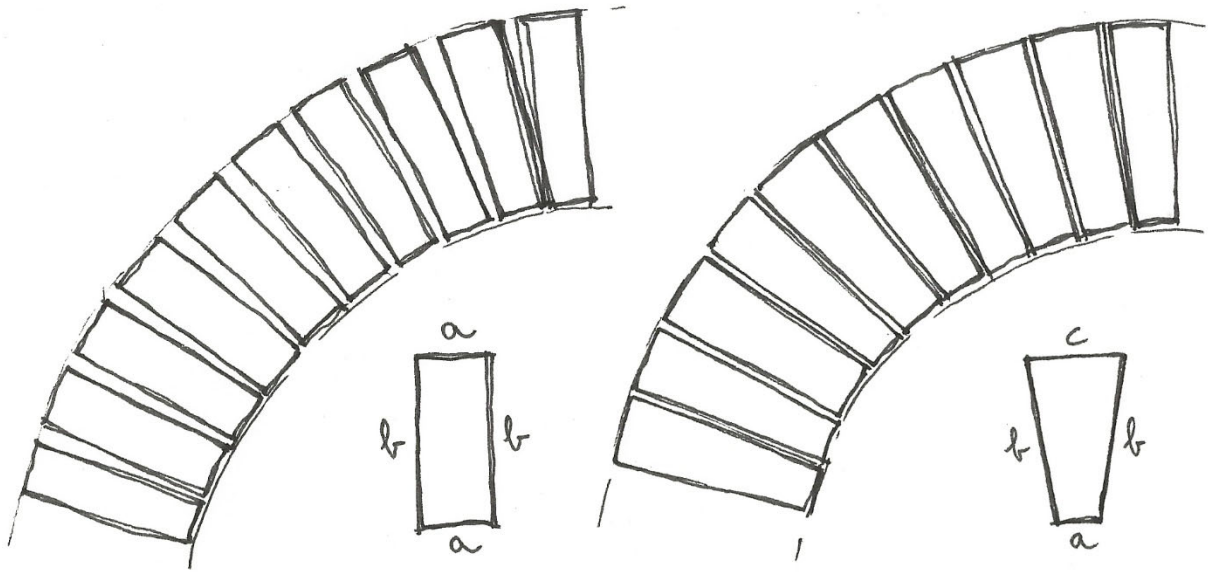


Forrás: Dudva: A Colosseum az ókori Róma hatalmas amfiteátruma, ma pedig nevezetes látványossága a városnak.⁷²⁵

A Colosseum

⁷²⁴ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglavilágtörténete*. Kossuth Kiadó. 56-57.

⁷²⁵ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colosseum_01.jpg (A letöltés dátuma: 2021.11.20.)



Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Boltívek falazása hagyományos téglából és boltívkőből

A boltívek mellett a kupolaépítésben is remekeltek a rómaiak: a Pantheon (Kr. u. 118-128) kupolája a világ egyik legmonumentálisabb mérnöki építménye. A kupola maga betonból épült, ugyanakkor a szerkezet erősítésére szolgáló merevítő bordákat téglából rakták, bonyolult geometriai rendszerben, hogy a teherátadás tökéletesen működjön, így alkotva meg a 43 méteres fesztávot.⁷²⁶

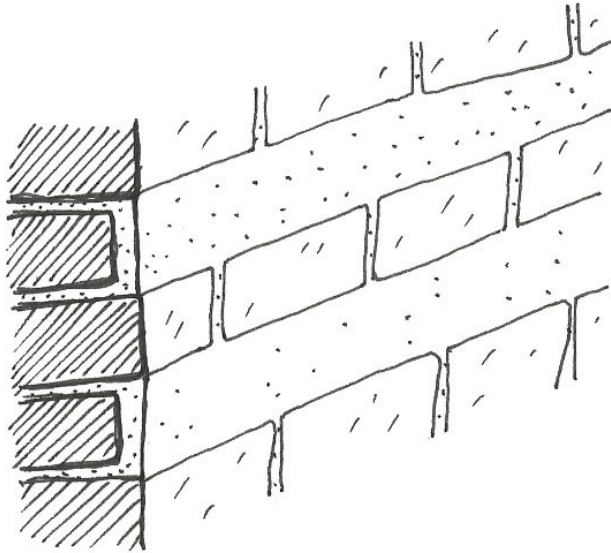


A Pantheon kupolája⁷²⁷

⁷²⁶ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 53-59.

⁷²⁷ Forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/Int%C3%A9rieur_Panth%C3%A9on_-_Rome_%28IT62%29_-_2021-08-30_-_1.jpg (A letöltés dátuma: 2021.11.20.)

A bizánci építészet már többnyire tömören falazott téglából építkezett, ráadásul újfajta téglarakási és ezáltal homlokzati rajzolatot alkotva. A megjelenést szemlélve úgy tűnik, hogy sokszor a téglasorok közötti habarcssávok vastagabbak, mint maguk a téglák. Ennek oka egy egyedi falazási technika: visszaugratott téglasorokat alkalmaztak, amiket aztán habarccsal fedtek be.⁷²⁸



Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Bizánci visszaugratott soros téglafalazási módszer

A középkori téglagyártás folyamata a római és a bizánci mintát követte, feljegyzésekből, illusztrációkból azonban kiderül, hogy ekkor már alkalmazták a sajtolópadot. Homokot és vizet használva tapadásgátlásra, a sajtolópadon egy alj nélküli formába nyomkodták bele az anyagot. A franciaországi *Albi* városában több középkori példát is találunk a téglafalazásra. Lakóházakat téglafalazattal kitöltött favázis szerkezetekkel építettek. A házak homlokzatain ez a faváz izgalmas rajzolatként jelenik meg. *Albi* székesegyháza is téglából épült. A monumentális erődtemplom szép példája azoknak a középkori apátságoknak, amelyek védelmi (már-már vár-szerű) szerepet is betöltöttek. A robusztus templomot 1276-tól csaknem két évszázadon át építették. A vastag falazatok különlegessége, hogy a támpillérek nem az épület külső tömegéhez tapadnak, hanem a belső térben belülről támasztják meg a szerkezetet.⁷²⁹

⁷²⁸ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglavilágtörténete*. Kossuth Kiadó. 60-63.

⁷²⁹ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglavilágtörténete*. Kossuth Kiadó. 99, 108-111.



Forrás: Pom²: Outer view of the Cathedral in Albi, France.⁷³⁰

Albi székesegyház

A reneszánsz építészet talán egyik legizgalmasabb, legtalányosabb mérnöki szerkezete a firenzei Santa Maria del Fiore székesegyház kupolája – ami szintén téglából épült. Filippo Brunelleschi több újító technikát is alkalmazott az építés során: gerendagyűrűk és felfele keskenyedő, függőleges falszakaszok beépítésével érte el, hogy a hatalmas szerkezet alátámasztó zsaluzat nélkül, gazdaságosan és gyorsan épülhessen meg.⁷³¹



Forrás: Bruce Stokes on Flickr: View of Santa Maria del Fiore (Florence Cathedral).⁷³²

A Santa Maria del Fiore székesegyház, Firenze

⁷³⁰ Forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albi_cathedral_-_outdoor_view.jpg (A letöltés dátuma: 2021.11.20.)

⁷³¹ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 126-127.

⁷³² https://commons.wikimedia.org/wiki/File:View_of_Santa_Maria_del_Fiore_in_Florence.jpg (A letöltés dátuma: 2021.11.20.)

A 19. század elejéig a téglagyártás folyamata nem sokat változott, azonban ezt is, ahogyan minden más technológiát is átalakította az ipari forradalom, melynek során számos gépet alkottak meg a téglagyártás megkönnyítésére. A sok-sok kísérletezés mind a sajtolás és vágás monoton, sokszor ismétlődő, kézi folyamatát kívánta egyszerűsíteni, több-kevesebb sikerrel. A gépek fejlődését nehéz nyomon követni a rengeteg bejegyzett szabadalom, illetve a sokszor elveszett leírások miatt. Általánosságban annyi elmondható, hogy az Egyesült Államokban a munkaerőhiány miatt a gépek sokkal gyorsabban terjedtek el, mint Európában, ahol a munkásosztály ellene volt a gépesítésnek, ezért aztán a 20. század elején sok európai műhelyben még mindig kézzel vetették ki a téglát.⁷³³

A 20. század modern építészetére legtöbbször a vas, acél és üveg építményeként gondolunk, pedig a tégláépítészet is legalább akkora jelentőséggel bírt. A nagy amerikai felhőkarcoló-építésekben is a kezdetekkor téglát alkalmaztak. Az 1871-es chicagói tűzvész a város favázis épületeinek nagy részét elpusztította, az újjáépítések során már tűzálló anyagokból építkeztek. Az 1889 és 1891 között épült Monadnock Building 16 emeletével és 65 méteres magasságával a mai napig a világ egyik legmagasabb tégláépületének számít. Magasabb épületeket már vasvázzal kellett építeni, ám ezeknél megint csak tűzvédelmi problémák merültek fel. A vas már a tűz korai szakaszában is jelentősen veszít szilárdságából, az épület nagyon hamar összedől. A problémát úgy próbálták orvosolni, hogy a vasszerkezeteket téglával burkolták be. New York egyik leghíresebb korai felhőkarcolója, a Vasalóház (Flatiron Building) is ezen az elven épült meg 1902-ben.⁷³⁴



A Vasalóház New York-ban⁷³⁵

⁷³³ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 206-209.

⁷³⁴ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 244-251.

⁷³⁵ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flatiron_building_by_day_september_20004.jpg (A letöltés dátuma: 2021.11.20.)

Napjainkban a modern ipari technológiák már nagyfokú precizitással, nagy tömegben gyártanak kerámiatermékeket. A fejlődő országokban is előszeretettel építkeznek ezekből a termékekből, hiszen ottani alapanyagokból a helyszínen viszonylag alacsony költségekkel lehet előállítani, a technológia azonban sok helyen még mindig a hagyományos, régi kézműves irányt követi.⁷³⁶

3.2.2. Falazatok

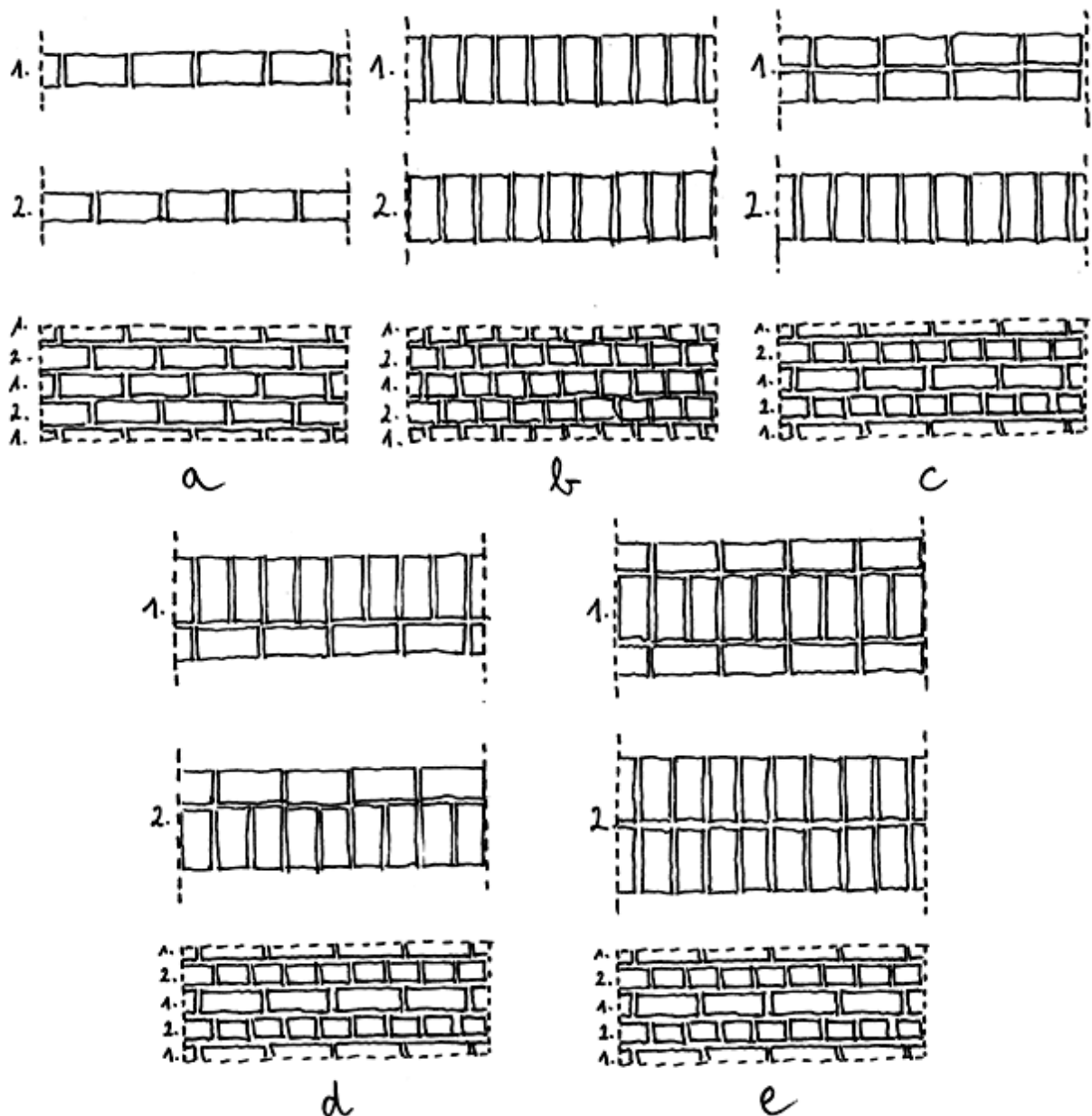
Néhány évtizeddel korábban a *kisméretű tömör tégl*a volt a leggyakrabban alkalmazott kézi falazóelem, amely 25 cm hosszú, 12 cm széles és 6,5 cm magas. A téglagyártás fejlődésével azonban gazdaságosabban előállítható és jobb hőtechnikai tulajdonságokkal rendelkező, *üreges égetett téglák* (magasított kevéslyukú, kettősméretű kevéslyukú, kettősméretű soklyukú téglá, B30-as blokkteglá) alkalmazása került előtérbe. Manapság már leginkább *vázkerámia falazóelemek*ből (Uniform, HB-38, Porotherm) építkeznek, melyekben az üregek térfogata már jelentős arányt tesz ki, a váz vastagsága pedig csupán 1-2 centiméter között mozog. Az üregek alkalmazása nem csak az elem súlyát csökkenti, hanem hőszigetelő képességét is javítja.

A kisméretű tömör téglából épülő falak rosszabb hőszigetelő képességűek, elkészítésük precíz és hosszadalmas munkát igényel, a mai előírásoknak már nem is felelnek meg. Gyártásuk azonban még ma is tart, egyéb szerkezetekben, például pincefalak szigetelésének tartószerkezeteként, boltívek, boltozatok építésében még gyakran alkalmazzák.⁷³⁷ Kötetünk témájának szempontjából azonban a legfontosabb tudnivaló az, hogy régen csak ebből a fajta téglából építkeztek. Ebből következik az, hogy a bontási munkálatok során számtalan kisméretű téglá szabadul fel, válik újrahasználhatóvá, így elengedhetetlen és megkerülhetetlen, hogy megismerkedjünk ezen falazóelem tulajdonságaival és a benne rejlő lehetőségekkel.

A kézi falazóelemekből épülő falak egyik legfontosabb követelménye a *téglakötések* helyes alkalmazása, melynek az állékonyság mellett esztétikai szerepe is lehet. A következő ábrák néhány alapvető téglakötési szabályt, formát mutatnak be.

⁷³⁶ CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 296-297.

⁷³⁷ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 92-93.



a) féltégla vastag fal b) egésztéglá vastag fal c) egésztéglá vastag fal d) másfél téglá vastag fal e) két téglá vastag fal
 Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Téglakötések

Mindenfajta téglából épülő falazat egymásra rakott téglasorokból és habarcsrétegekből áll. Az egymás fölé kerülő sorokban található függőleges habarcsrétegek nem kerülhetnek egymás fölé, tehát az egymásra épülő tégláknak fedésben kell lenniük. A falazat vastagságát az egyes sorokba lehelyezett elemek helyzete határozza meg. A falazatokban megkülönböztetünk futó- és kötősort: a falazat irányával párhuzamosan álló téglák alkotják a futósort, a falazat irányára merőlegesen lehelyezett elemek pedig a kötősort. Általában ezen kétfajta sor váltakozásából épül fel a fal.⁷³⁸

A *a* jelű téglakötési minta a legegyszerűbb és legkeskenyebb kötési forma, féltégla vastagságot képez. Ezt a fajta falazatot csak futósorok alkotják, egymás felett fél téglányi hosszal eltolva.

⁷³⁸ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 93.

A *b* jelű falazat egy téglavastagságú, az előző mintával ellentétben itt minden sorban a téglák iránya a fal irányára merőleges. Ezt a falazatot tehát csak kötősorok alkotják, itt a negyedes eltolás érvényesül. Így egy álló habarcshezág sem esik egy másik fölé. A homlokzati képe hasonló az előző mintához, csak a téglák keskenyebb oldala jelenik meg a rajzolatban.

A *c* jelű téglakötés is egy egész téglavastagságú falazatot képez, azonban a kötés módjának köszönhetően ennek egészen más a homlokzati képe, mint az előző példának. Ebben a rakási módban már valóban teljesül a futó- és kötősorok váltakozása. Az első sorban rakott téglák két sorban egymás mellett a fal irányával párhuzamosan „futnak”, míg a második sor téglái a fal irányára merőlegesen, egymás mellé sorolódva „kötnék”.

A *d* jelű téglakötés mintán már egy másfél téglányi vastag falszerkezetet látunk. Kisméretű tömör téglából régen leggyakrabban ezt a fajta kötetést alkalmazták, hogy a kívánt falvastagságú, 38 cm-es szerkezetet elérjék. A váltakozó sorok itt tulajdonképpen ugyanolyan rajzolat alapján épülnek fel, csak tükrözve, negyedtéglányival eltolva kerülnek egymás fölé. Egy téglaréteg egy kötő- és egy futó sor egymás mellé helyezéséből áll össze.

A *e* jelű két téglányi vastagságú falat viszonylag ritkán építettek. Ebben a verzióban az első sorban egy kötősort fog közre két futósor, míg a második sort egymás mellé rakott két kötősor alkotja.

Egy házat azonban nem csak egyenesen húzott falszakaszok alkotnak, falsarkok, falvégek, falcsatlakozások, falkávák és falkeresztezések is szükségesek a terek kialakításához. Pilléreket, oszlopokat és kéményeket is építenek téglából, mindezen szerkezetek kialakítását összességében *falidomkötéseknek* nevezzük. Ezek kialakításánál is a téglakötések szabályait kell figyelembe venni, hogy állékony, stabil szerkezetet hozhassunk létre.⁷³⁹

Bármilyen téglából is építkezünk, nem elegendő, hogy a téglakötés szabályait ismerjük, számos egyéb előkészületet kell tennünk, figyelembe kell vennünk kivitelezési szabályokat, helyes eszközöket kell alkalmaznunk. Először is ki kell tűzni a megépítendő falszerkezet helyét, amelyhez zsinórokat, állványokat használunk. Ezután elő kell készíteni az anyagokat, hogy minden eszköz a lehető legkönnyebben elérhető és mozgatható legyen. Az építést ún. iránytéglák lehelyezésével kezdjük: jellemző falsarkokon, falcsatlakozásokban egy-egy irányadó elemet helyezünk el, ügyelve a téglakötés szabályaira. Innentől kezdve pedig indulhat a falazás: a habarcsréteg elterítése, téglák lehelyezése, álló habarcshezágok kialakítása. Falazás során tégladarabolásra is szükség van, amit kézzel, kalapács segítségével ütésekkel végezhetünk, léteznek azonban speciális vágógépek is, amelyekkel precízebben lehet vágásokat ejteni az elemeken. A falazatok fontos tulajdonsága még a függőlegesség és a vízszinteség; a helyes irányokat zsinórok, függők, vízmértékek segítségével az építés közben folyamatosan ellenőrizni szükséges.⁷⁴⁰

A kézzel rakható elemes falak mellett gyakran alkalmazott megoldás a monolit (helyszínen zsaluzott és öntött) falak építése is, illetve a két gyakorlat ötvözése: a *kézi zsaluzóelemes monolit falszerkezetek*. Ennek lényege, hogy az üreges zsaluzóelemeket mint a téglákat egymásra falazzák, majd ezt öntik ki betonnal, tehát az elemek bennmaradó zsaluzatként funkcionálnak.⁷⁴¹ Anyaguk sokféle lehet, leggyakrabban polisztirolból vagy fabetonból készítenek ilyet, de kerámiából is gyártanak már hasonló elemeket. A kerámiaelemek kétoldali kéregből és belső összekötő bordákból állnak. Ezt a rendszert azonban a rossz hőszigetelő képessége miatt inkább csak pincék, garázsok falazatainak építéséhez használják, de megfelelő kiegészítő hőszigeteléssel máshol is alkalmazható.⁷⁴²

⁷³⁹ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 94-98.

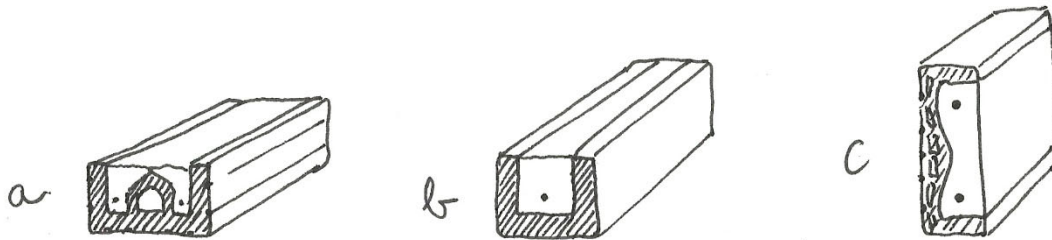
⁷⁴⁰ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 99-100.

⁷⁴¹ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 120.

⁷⁴² BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 124.

3.2.3. Áthidalók

A falakban természetesen falnyílások kialakítása is szükséges, ezek felett *áthidalókat* alkalmazunk a nyílás feletti falszakaszok megtartására, amelyek úgyszintén készülhetnek kerámiatermékekből. Ezek az áthidalások lehetnek vízszintesek vagy ívelték (boltövek). Vízszintes áthidalásra kerámiafalazatokban általában az adott rendszerhez tartozó *előregyártott kéregelemes* megoldásokat alkalmaznak, melyek úgy készülnek, hogy U alakú kerámiaelemeket a kívánt hossz szerint egymás mellé sorolva, vasalással kiegészítve kibetonoznak.⁷⁴³



a) A-12 jelű papucselemes b) A-10 jelű papucselemes c) elemmagas előregyártott áthidaló
Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Áthidalók

A *papucselemes áthidalók* (a) és b) betűjellel jelölt ábrák) kérégt „U” keresztmetszetű, hosszúkás kerámiaelemek alkotják, az A-12-es jelű elem 12 cm széles és 6,5 cm magas, az A-10-es jelű elem pedig 10 cm széles és 8,5 cm magas. A kész, kibetonozott áthidalóelemek 0,75-2,75 méter széles nyílások áthidalására alkalmazhatók 25 cm-es méretlépcsőben. Ezek az áthidalók a szerkezetnek csak a húzott övét alkotják, rájuk betonozva vagy falazva (vagyis a nyomott öv kialakításával együtt) alkotnak kész szerkezetet. Méretük úgy lett kialakítva, hogy egymás mellé, több sorba sorolva őket különböző vastagságú falazatokban alkalmazhatóak legyenek.

Az *elemmagas áthidaló* (c) betűjellel jelölt ábra) bár ugyanezen elv szerint készül, a papucselemes áthidalókkal ellentétben nem igényel rábetonozást vagy –falazást. Az U alakú kerámia kéregelem ebben az esetben elforgatva, megnyújtva helyezkedik el, amit aztán ugyanúgy vasalnak és kibetonoznak mint az előző esetekben. A méretének és kialakításának köszönhetően azonban önmagában teljesértékű szerkezetet alkot. Magassága igazodik a falazóelemek méretéhez, így egyszerűen beilleszthetők a falazati rétegekbe.⁷⁴⁴

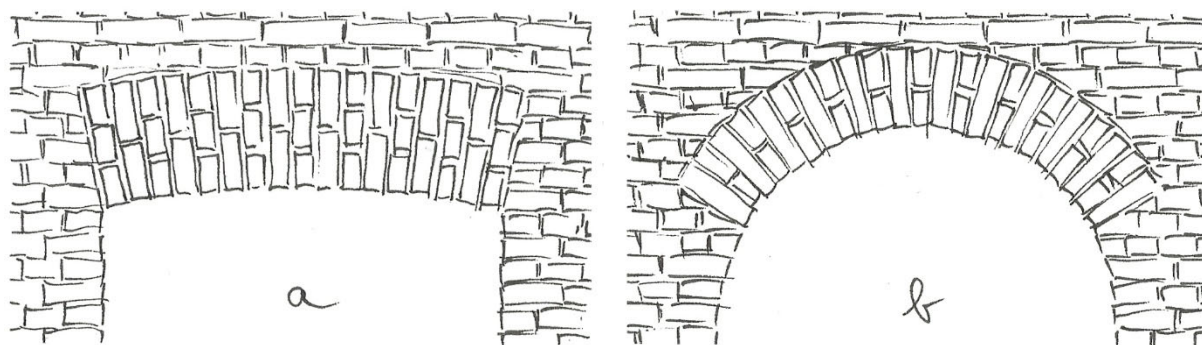
Amikor még nem állt rendelkezésre ennyiféle egyszerűen beépíthető, előregyártott áthidaló, a nyílásáthidalásokat is ugyanúgy téglából falazták, mint a falazatokat. Régi épületek bontásánál, felújításánál gyakran találkozhatunk ezekkel a megoldásokkal.

A *boltövek* ívformában falazott, nyomott áthidaló szerkezetek, melyeknek feladata ugyanúgy a nyílás feletti terhek felvétele és továbbítása az alátámasztó szerkezet felé. A gerenda jellegű áthidalókkal ellentétben azonban a boltöveknél oldalirányú nyomás is keletkezik a geometriai kialakításnak köszönhetően.

⁷⁴³ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 203-205.

⁷⁴⁴ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 203-205.

A téglaboltív készülhet különböző formájú íves (szegmensív, félkörív, csúcsív, félellipszis ív), de egyenes kialakítással is. Képzeld el egy téglapillért, amit a nyílás fölé hajlítunk: a téglakötések szabályainak megfelelően, ezen az elven falazzák a nyílásáthidalásokat. Az ívtől függően a téglák és a hézagok kiképzése kétféle lehet. Vagy a téglákat faragják ék alakúra, ebben az esetben a hézagok egyenlő vastagságúak, vagy a hézagok válnak ék alakúvá a téglák faragása nélkül. Előbbi megoldást főleg a kisebb sugarú, domborúbb íveknél alkalmazzák, utóbbit pedig a laposabb, nagyobb sugarú íveknél. A téglaboltívet a falazattal együtt falazzák, két oldalról egyszerre haladnak felfelé. Természetesen ehhez alátámasztó állványzatra van szükség, amelyet a habarcs megszilárdulásáig nem is szabad elbontani. A mintaíveket deszkázattal alakítják ki, amelyekre előre felrajzolják a hézagkiosztást is, megkönnyítve ezzel a boltív egyenletes rajzolatának kiképzését.⁷⁴⁵



a) szegmensívű téglaboltív b) félkörívű téglaboltív
Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Boltívek fajtái

3.2.4. Pillérek, oszlopok

A pontszerű alátámasztást biztosító *pillérek*et és az *oszlopok*at tulajdonképpen értelmezhetjük nagyon rövid falszakaszokként. A pillér szélességi mérete nem nagyobb a vastagság háromszorosánál. Az oszlop kör, ovális vagy más íves keresztmetszetű faltest. Pillérek téglából a téglakötés szabályait betartva építhetők úgy, mintha minden oldalról falvéget faloznánk. Az oszlopok a megfelelő geometria kialakításának érdekében már egyedi falazást igényelnek, ívesre faragott téglák szükségesek hozzá. A pontszerű terhelés hatására a téglapillérek és –oszlopok hamar tönk्रे mehetnek, ennek kiküszöbölésére gyakran alkalmaznak megerősítő betonvasakat és kengyeleket a habarcs-hézagokban.⁷⁴⁶

3.2.5. Kémények

Manapság egyre inkább elterjednek az előregyártott, egyedi elemekből felépülő szerkezetek, azonban korábban leggyakrabban kisméretű tömör téglából építettek kéményeket. Éppen emiatt gyakran találkozhatunk velük korábban épült házaknál, illetve azok bontásakor.

A falazott kéményeket tilos üreges téglából építeni, kizárólag kisméretű tömör téglából építhetők, a téglakötés szabályainak betartásával, teljesen tömör hézagok kialakításával. A téglák nem érintkezhetnek közvetlenül az égéstermékekkel, ezért a kürtöt mindig saválló béléscsővel és szigeteléssel kell kibélelni.

⁷⁴⁵ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 211-215.

⁷⁴⁶ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 135-136.

A kisméretű tömör téglá méreteiből és a téglakötés szabályaiból kiindulva a falazott kémény legkisebb kialakítható kürtőmérete 14x14 cm, a legkisebb falvastagság 12 cm, ezekből adódóan a kémény legkisebb külmérete 38x38 cm.

A tüzelőberendezéstől és a béléscső-rendszertől függetlenül minden falazott kéményt önálló alapozásra kell építeni. A padlóvonal feletti 20-40 cm-es magasságig kürtő nélkül, tömör pilléreként épülnek, ezután *kéményfalazó dugó* segítségével indul a kürtő kialakítása. A kéményfalazó dugót a falazással egyidejűleg folyamatosan felfelé húzva biztosítható a kürtő állandó keresztmetszete és belső felületének simasága. A kéménykürtő alsó szakasza az úgynevezett koromzsák, ahol a kémény üzemelése során keletkező szennyeződések gyűlnek össze. A tisztíthatóság miatt ezen a szakaszon tisztítónyílást kell kialakítani a kéménytesten. A tüzelőberendezés bekötéséhez is biztosítani kell egy nyílást, amin keresztül a füstcsövet átvezetik. A kémények tetősík feletti szakaszát nagyobb igénybevételre kell méretezni, emiatt a falvastagság (a kürtőméret megtartásával) ezen a részen nagyobb lehet.⁷⁴⁷

3.2.6. Födémek

A *födém* az épület vízszintes helyzetű térelválasztó és teherhordó szerkezete. Típustól függően különböző szerkezetű, anyagú, rendeltetésű rétegekből állnak, két alapvető részük a teherhordó szerkezet és a padozat. A teherhordó szerkezet (a nyers födém) készül el először, ami biztosítja az állékonyságot és viseli a terheket, a padozat pedig az adott helyiség funkciójának legmegfelelőbb burkolatból és annak aljzatául szolgáló rétegekből épül fel. Elhelyezkedés szerint a födém lehet pincefödém, közbenső födém vagy zárófödém. Anyag szerint lehet fa, acél, vasbeton vagy kerámia. Gyártási és építési technológia szerint megkülönböztetünk monolit (helyszínen készített), félmonolit (részben a helyszínen készített, részben előregyártott elemekből álló), előregyártott és szerelt jellegű födémeket. Szerkezeti rendszer szerint a födém lehet gerendás, lemezes vagy pallós, illetve panelos kialakítású. Alakjuk szerint is lehetnek síkfödémek vagy boltozatok, ez utóbbiakkal a következő részben részletesebben foglalkozunk.

A födémeknek számos kritériumnak meg kell felelniük. Kellően szilárdnak kell lenniük, hogy viselni és továbbítani tudják az épületre ható terheket, ehhez tartósnak is kell lenniük, hiszen egy-egy épületet hosszú távra tervezünk. Tűzállósági szempontoknak is meg kell felelniük, hiszen egy esetleges tűzeset alkalmával életmentő lehet, ha minél tovább állékonyak tudnak maradni. Épületszerkezeti szempontból fontos, hogy jó hő-, és hangszigetelési tulajdonsággal rendelkezzenek, illetve fontos a nedvességvédelem és az esztétikailag szépen kialakítható felületek biztosítása.⁷⁴⁸

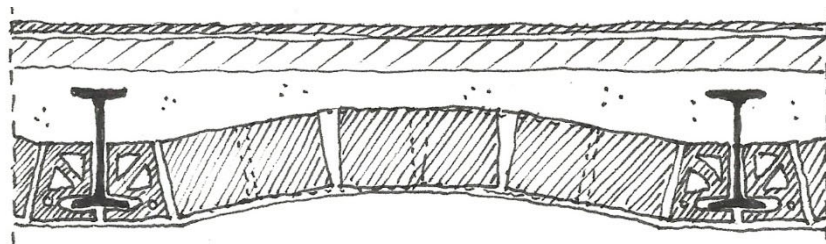
Kerámiatermékekből kialakított födémeket manapság már ritkán alkalmazunk, a technológiák más anyagokból (acél, vasbeton) már jóval könnyebben és gazdaságosabban kivitelezhető, jobb minőségű födémek építését teszik lehetővé. Régi épületek bontásánál vagy hasznosításánál azonban még sok olyan megoldással találkozhatunk, ahol valamilyen kerámiaelemes megoldást alkalmaztak.

A *poroszsüveg födém* acélgerendákból, illetve a gerendák közé ívesen rakott téglá födémmezőkből áll. A vasbeton elterjedése előtt nagyon gyakran alkalmazták ezt a megoldást, manapság azonban már egyáltalán nem használatos. Az egymástól nagyjából 1-2 m távolságra fektetett acél I szelvényű gerendákra úgynevezett orrtéglákat helyeztek, amelyekről aztán az ívelt téglá boltozatok falazását indították. Az alátámasztó állványzat alkalmazását ki lehetett kerülni azzal, hogy az ívelt téglá sorokat kissé megdöntve, egymásnak támasztva falazták, természetesen a téglakötés szabályainak megfelelően. Az acélgerendák közötti mezőket egyszerre kellett falazni, mivel azok komoly oldalnyomást fejtettek

⁷⁴⁷ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 173-176.

⁷⁴⁸ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 220-222.

ki a gerendákra, így viszont az erőhatások kiegyenlítették egymást. A szélső mezőkben azonban az oldalnyomás az oldalfalakra hárult volna, ezt kiküszöbölendő gyakran a falazat mellé is közvetlenül acélgerendát helyeztek vagy vonórudakat alkalmaztak, de monolit vasbeton koszorú alkalmazása esetén a koszorúban kialakított boltvállról indították a falazást. A boltozott mezők íve nem volt túl magas, az is előfordult, hogy a csupán 2-3 cm ívmagasságú mezőket alulról vízszintes sík felületűre vakolták. A kész szerkezetre aztán általában salakfeltöltés került, amelyre pedig az adott kornak éppen megfelelő padozatot fektettek. Az acélgerendákat többféle módszerrel kötötték ki az alátámasztó falazatokhoz: bekötővasakkal a téglafalazathoz, acéltüskékkel vagy gömbacélokkal pedig a vasbeton koszorúhoz.⁷⁴⁹



Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Poroszsüveg földem keresztmetszete

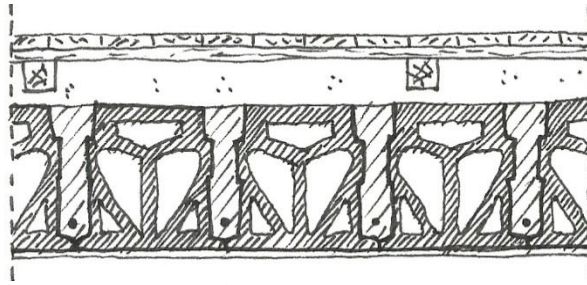
A *Horcsik-földem* fő teherhordó vázát szintén acélgerendák alkotják. Ez viszont már egy vasbeton lemezföldem, amelyet kisméretű téglá betétekkel könnyítettek ki. Az 1-1,5 méteres tengelytávolságban fektetett acélgerendák közé teljes felületű alátámasztó zsaluzatra 3-4 cm-es hézagokkal kisméretű téglákat fektettek. A hézagokba két irányban betonvasakat fektettek, majd kibetonozták a mezőket.⁷⁵⁰

Szintén napjainkban már nem alkalmazott szerkezet a *Bohn-földem*, azonban felújítások során még gyakorta lehet vele találkozni. Kialakításához teljes felületű zsaluzat készítése szükséges. A Bohn-téglák 24x25x25 centiméteres kerámia elemek, amelyeket szorosan egymás mellé helyeztek, a kialakult réseket kibetonozták, a hosszanti tengelyekbe egy-egy betonvasat is helyeztek. A megszilárdult szerkezet így egy egy sűrű, monolit (helyszíni készítésű) vasbeton bordás, idomtettes földem lett.⁷⁵¹

⁷⁴⁹ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 229-230.

⁷⁵⁰ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 231-232.

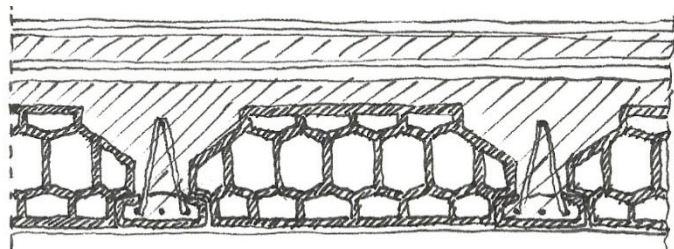
⁷⁵¹ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 243.



Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Bohn-födém keresztmetszete

A FERT födém végeredménye lényegében nagyon hasonlít a Bohn-födémhez, hiszen ez is gerendákból és béléstestekből épül fel. A gerendák U alakú kerámia kéregelemből (papucselemből) állnak, amelyben vasbeton magot alakítottak ki. Az alsó és a felső vasakat kétoldali, hullámosan kialakított kengyelezés köti össze. Az egymástól 50 vagy 60 cm-re fektetett kéregelemes gerendák közé kerültek a kerámia béléstestek, majd az egész szerkezetet egyben is kibetonozták.⁷⁵²



Forrás: a szerző saját szerkesztése.

FERT-födém keresztmetszete

A manapság alkalmazott *kerámiaelemes korszerű félmonolit födémrendszer* előregyártott kéregelemes előfeszített födémgerendákból, kerámia béléstestekből, valamint monolit vasbetonból áll. A födémgerendákat a korábban ismertetett papucselemes áthidalókhöz hasonlóan alakítják ki: kerámia kéregelemeket töltenek ki vasbeton maggal. A vasbeton magba nyírókengyeleket (az elemből kiálló U alakban hajlított betonvasak) helyeznek el, amelyek a későbbi födémbetonozáskor a szerkezet együttműködését segítik elő. A gerendák közé vázkerámia béléstesteket helyeznek, majd az egész rendszert egyben a helyszínen kibetonozzák (mint a FERT födémnél). A gerendák 2,25-7,00 méter felköztávolságú tereket képesek áthidalni, a gerendák tengelytávolsága a béléstest méretétől függően 45 vagy 60 cm lehet. A födém építése során a gerendákat alátámasztani és túlemelni is szükséges. A béléstestek elhelyezése után a gerendák kengyeleit betonvasakkal kötik össze, ezután betonozzák a teljes födémeket. Az alátámasztások csak a teljes szerkezet szilárdulása után bonthatóak el.⁷⁵³

⁷⁵² BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 244.

⁷⁵³ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 245-247.

3.2.7. Boltozatok

A födémekhez hasonlóan a *boltozatok* is térlefedő, térelválasztó, teherhordó szerkezetek, a legfőbb különbség a geometriájukban van: a födémektől eltérően ívelt kialakításúak. A korszerű födémek megjelenése előtt széles körben alkalmazták a boltozatokat, hiszen nagy fesztávú terek lefedésére alkalmasak, egyúttal reprezentatív jelleggel is bírnak, a belső terek hatását nagy mértékben befolyásolják. Napjainkban már csak nagyon ritkán készítenek ilyen jellegű térlefedéseket, de régi műemléki épületek felújítása során biztosan találkozunk valamilyen boltozattal. Régen kőből vagy téglából építették a boltozatokat, manapság, ha készül ilyen, inkább vasbetont alkalmaznak. A szerkezet működési elve a boltövekéhez hasonló: az ívben rakott téglák vagy kövek felveszik és továbbítják a rájuk eső terheket, az íves kialakítás miatt azonban oldalirányú nyomás is keletkezik. Az oldalnyomást a gyámfal, támpillérek vagy vonóvasak veszik fel.

A boltozatokat többféle szempont alapján lehet osztályozni. A vezérgörbe (boltozati ív) alakja szerint lehetnek emelt ívűek (például csúcsív), félkörívűek vagy nyomottívűek (például kosárgörbe, szegmensív). Az alátámasztás (gyámolítás) helyzete és kialakítása szerint lehetnek zárt boltozatok, amelyek minden oldalon végigmenő falazattal vannak alátámasztva; félig nyitott boltozatok, amelyek csak két szemközti oldalon igényelnek alátámasztást; illetve lehetnek nyitott boltozatok is, amelyek csak pontszerűen a sarkaikon vannak alátámasztva. Anyag szerint pedig lehetnek téglá-, kő vagy vasbeton boltozatok. Geometria alapján megkülönböztetünk még hengerfelületből (donga-, kereszt-, kolostor-, teknő- és tükörboltozat) és gömb- vagy forgásfelületből (kupola, cseh-, csehsüvegboltozat) származtatott boltozatokat.

A legegyszerűbb formájú és legkönnyebben kialakítható boltozat a *dongaboltozat*, amely egy egyirányban görbült szerkezet, két szemközti hosszoldalán igényel csak alátámasztást. A téglából épített dongaboltozat hajlított falazatként értelmezhető, így építése során a téglakötés szabályait kell követni. A boltövekhez hasonlóan itt is kétféleképpen lehet a hézagokat és a téglákat kialakítani: vagy a téglák ék alakúak vagy a habarcshézagok. Az építés során itt is alátámasztó mintaállványzatra van szükség.

A *keresztboltozatot* és a *kolostorboltozatot* is két azonos ívű dongaboltozat áthatásából származtatjuk. Egy négyzet alapú teret két egymásra merőleges, azonos geometriájú dongaboltozattal fedünk le. Ha az összemetszések mentén feldaraboljuk a boltozatokat, akkor kétféle alakzatot kapunk: *boltsüvegeket* és *vaknegyedeket*. A keresztboltozat négy darab boltsüvegből áll, amelyek nyitott boltozatot alkotnak. Két fajtája ismeretes: a *római* és a *román* keresztboltozat. A román keresztboltozatot úgy származtathatjuk a rómaiból, hogy a boltsüvegek középső összemetsződő pontját megfogjuk és megemeljük. A kolostorboltozat négy darab vaknegyedből áll, ez a típus egy teljesen zárt, négy oldalt alátámasztást igénylő boltozat.

A *teknőboltozat* a kolostorboltozattól származtatható, a különbség csupán annyi, hogy nem négyzet, hanem téglalap alaprajzú tér fölé emeljük.

A *tükörboltozat* a teknőboltozattól származik úgy, hogy a teknőboltozatot egy bizonyos magasságban egy vízszintes síkkal elvágják, és innen egy sokkal laposabb ívű boltozattal zárják le.

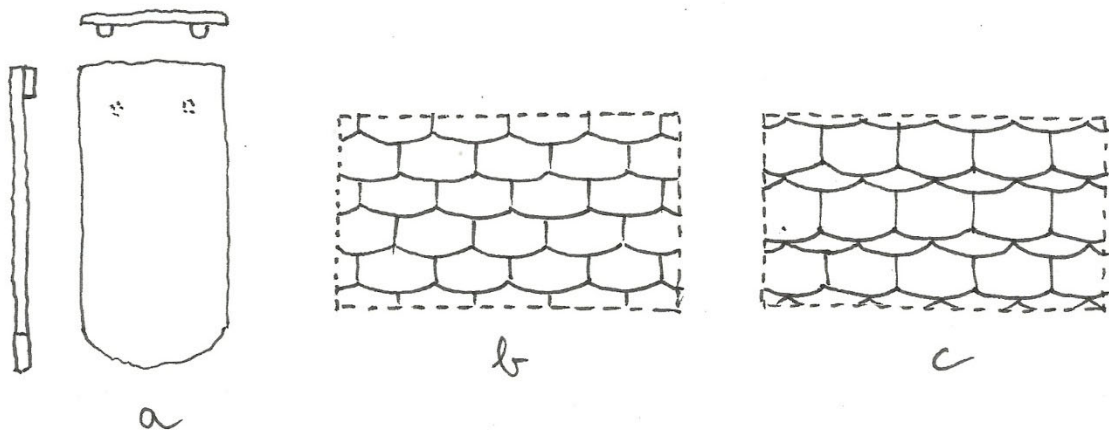
A *kupolát* általában kör alaprajzú tér fölé emelik. Görbéje leggyakrabban félkör, de lehet más formájú ív (például félellipszis) is.

A *csehboltozat* a kupolából származik, egy négyzet alaprajzú tér oldalai mentén történő függőleges metszésekkel jön létre úgy, hogy a kupola alapköre a négyzet csúcspontjain megy keresztül. Ezáltal egy teljesen nyitott boltozatot kapunk, amely a sarkain igényel csak pontszerű alátámasztást.

A *csehsüveg boltozat* nagyon hasonlatos a csehboltozathoz, a különbség csupán egy apró szerkeztésbeli különbség: a négyzet alapú tér sarokpontjai nem a félgömb körívén, hanem azon belül helyezkednek el.⁷⁵⁴

3.2.8. Tetőfedések

A kiselemes tetőfedések között az egyik legnépszerűbb és leggyakrabban alkalmazott anyag az égetett cserép. Az elemeket leggyakrabban ellenlécezésre (ritkán deszkázatra) rögzített lécezésre (cserépléc vagy tetőléc) egyszerűen csak ráakasztják. Szükség esetén a stabilabb rögzítés miatt alkalmaznak mechanikai rögzítést is, például szegezést, huzalozást vagy viharkapcsokat. Manapság a gyártók már komplett tetőfedési rendszereket kínálnak, amelynek részei az alapcserepek, a kiegészítő (szegély-, kúp-, szellőző-, feles-) cserepek, valamint egyéb kiegészítő elemek (gerinléctartó, kúpátét, vápaelem, csatornaszellőző, antennakivezető, tetőkibúvó, hófogó stb.), amelyek viszont értelemszerűen nem kerámiából készülnek. Az égetett agyagcserepek lehetnek hódfarkú-, hornyolt- vagy sajtolt cserepek. A *hódfarkú cserép* téglalap alakú, alsó éle általában íves kialakítású, felülete sima, alsó oldalán kapaszkodófülek találhatóak. A cserepek egymáshoz nem rögzülnek, csak szorosan egymás mellé, illetve a hézagok fölé fektetik őket. A fektetés mintája alapján lehet *kettős fedést* vagy *koronafedést* kialakítani.



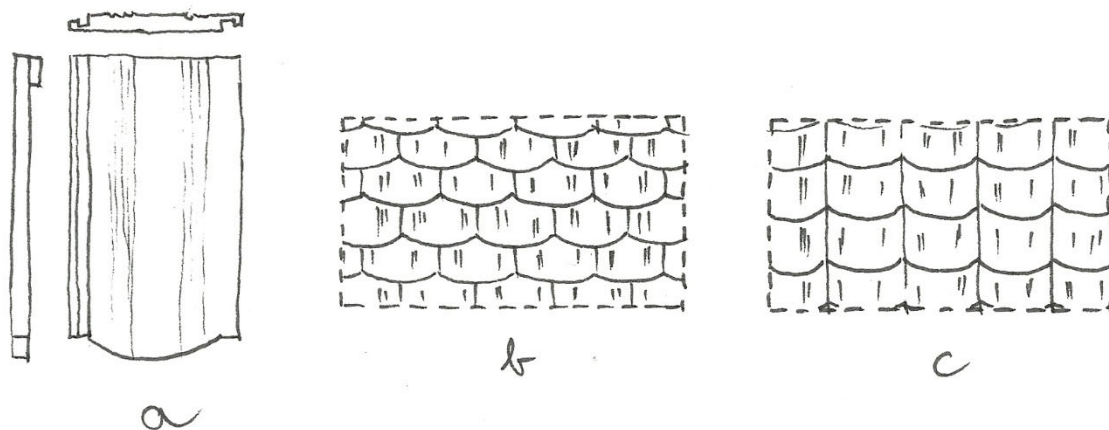
a) hódfarkú cserép b) kettős fedés c) koronafedés
Forrás: a szerző saját szerkeztése.

Hódfarkú cserép és fedési mintái⁷⁵⁵

A *hornyolt cserepek* abban különböznek a hódfarkú cserepektől, hogy felületükön vízvezető rovátkolás látható, illetve oldaluk úgy van kialakítva, hogy a fektetés során egymásba tudjanak kapaszkodni. *Hálósan* vagy *kötésben* lehet fektetni őket.

⁷⁵⁴ BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I.* Pécs, Szega Books Kft. 262-265.

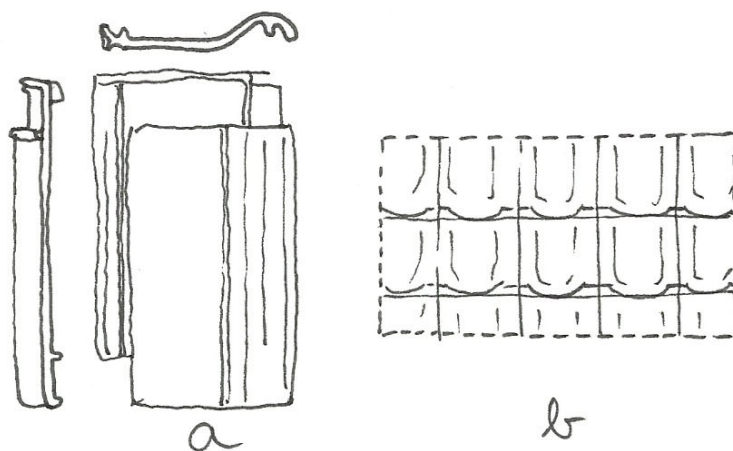
⁷⁵⁵ Forrás: a szerző saját szerkeztése.



a) hornyolt cserép b) kötésben rakott fedés c) hálósan rakott fedés
 Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Hornyolt cserép és fedési mintái⁷⁵⁶

A *sajtolt cserepeket* az előzőektől eltérően présgépekben állítják elő. Minden oldalukon hornyolt kialakításúak: két szomszédos oldalukon alulról, a másik kettőn felülől. Így minden cserép minden oldalról a szomszédjába tud kapaszkodni, viszont ebből következik az is, hogy csak hálósan lehet lerakni őket.⁷⁵⁷



a) sajtolts cserép b) hálósan rakott fedés
 Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Sajtolt cserép és fedési mintája⁷⁵⁸

⁷⁵⁶ Forrás: a szerző saját szerkesztése.

⁷⁵⁷ BÁRSONY István – SCHISZLER Attila – WALTER Péter (2013): *Magasépítéstan II.* Pécs. Szega Books Kft. 101-104.

⁷⁵⁸ Forrás: a szerző saját szerkesztése.

3.2.9. Homlokzatburkolatok

Az előzőekben már sokféle kerámiatermékből épülő példával és szerkezettel megismerkedtünk, de nem feledkezhetünk meg a legszembetűnőbb építészeti eszköztől, a szerkezetek külső „bőrét” alkotó burkolatokról sem. A homlokzatburkolatoknak azonban nem csak díszítő, hanem védelmi szerepe is van az épületet kívülről érő mindenféle hatással szemben (hőhatás, napsugárzás, csapadék, szél, szennyeződések, korrózió). A kivitelezés módja és az alkalmazott anyagok szempontjából a variációk hatalmas tárháza áll rendelkezésünkre.⁷⁵⁹

Kerámiából készülő homlokzatburkolatok esetén megkülönböztetünk ragasztott téglát, ragasztott kerámialapot, falazott téglaburkolatot, szerelt kerámiaburkolólapot. Ezen típusokra számtalan gyártó számtalan termékét megtaláljuk, az alapelvek nagyon hasonlóak.

A *ragasztott téglaburkolatok* hasítható elemekből vagy sík burkolótégla lapokból állnak. Mindkét módszerben az egyes elemeket a megfelelően síkra vakolt teherhordó falazatra habarcságyzatba ragasztják, a homlokzati rajzolat kialakításához itt is a téglakötés szabályai az irányadók. A *ragasztott kerámialapokat* is ezen elvek mentén rögzítik.⁷⁶⁰

A *falazott homlokzati téglaburkolatot* tulajdonképpen egy második falazatként kell elképzelni a teherhordó falazat előtt. Ezt a második falazatot az alapozásról vagy egy alátámasztó elem segítségével az elsődleges falazatról indítják, és bizonyos távolságokban acél rögzítőpálcákkal visszakötik a teherhordó falakba.⁷⁶¹

Szerelt kerámia burkolólapokat mindig egy kiegészítő (általában fém) vázra látszó kampókkal vagy rejtett megfogással rögzítenek.⁷⁶² Ezen kerámialapok színe, mérete, alakja nagyon változatos skálán mozog, a kialakítható felületeknek csak a kreativitás szab határt.

3.2.10. Összegzés

A fent kiragadott történeti és épületszerkezeti példák csupán töredékei a valaha alkalmazott, ismert, kitalált kerámiaépítészeti megoldásainak, az viszont jól kitűnik, hogy a lehetőségek tulajdonképpen végtelenek, az emberi kreativitással, találékonysággal és esztétikai érzékkel ötvözve szebbnél szebb tartós, jól működő szerkezetet, építményt, épületet alkothatunk.

⁷⁵⁹ BÁRSONY István – SCHISZLER Attila – WALTER Péter (2013): *Magasépítéstan II.* Pécs. Szega Books Kft. 276-277.

⁷⁶⁰ BÁRSONY István – SCHISZLER Attila – WALTER Péter (2013): *Magasépítéstan II.* Pécs. Szega Books Kft. 277-279.

⁷⁶¹ BÁRSONY István – SCHISZLER Attila – WALTER Péter (2013): *Magasépítéstan II.* Pécs. Szega Books Kft. 280-281.

⁷⁶² BÁRSONY István – SCHISZLER Attila – WALTER Péter (2013): *Magasépítéstan II.* Pécs. Szega Books Kft. 283.

4. A MAGYARORSZÁGI TÉGLA- ÉS CSERÉPIPAR TOVÁBBFEJLESZTÉSÉNEK LEHE- TŐSÉGEI

A téglá- és cserépgyártás sokat fejlődött az utóbbi évtizedekben olyannyira, hogy az iparág hazai gyártási technológiáiban a nemzetközileg elérhető legújabb fejlesztések is megtalálhatóak. Az iparág számára kiemelt jelentőségűek az elkövetkezendő évek. Több vállalat energiahatékonysági / klímavédelmi célokhoz kapcsolódó, a gyártási folyamatok egyes részeinek modernizációját célzó beruházások végrehajtását tűzte ki célul (például energiahatékonyság-növelés, ÜHG kibocsátás csökkentés, megújuló energia felhasználási arányának növelése). Ezek teljesülése nem csak a szükséges források meglétén is múlik, hanem azon is, hogy az ágazatot szabályozó előírások, követelmények és pénzügyi támogatások egymásra épülően, egymást segítve hozzájáruljanak és támogassák a vállalatokat ezen célok elérésnek érdekében.

4.1. Jogi visszásságok, rendeletek átvizsgálása: selejt, melléktermék fogalma⁷⁶³

A hulladékokkal kapcsolatos fogalmi, értelmezési rendszer sokszor problémát jelentett egy-egy eljárás, folyamat megítélése, elemzése során. Különösen igaz ez akkor, amikor azt kívánjuk bármely eljárás során bizonyítani, hogy egy adott anyag

- eleve nem hulladék;
- nem hulladék, mert melléktermék;
- hasznosításra kerül, tehát más elbírálást igényel, vagy
- már hasznosult is, így nem lenne jogszerű megtartani hulladékstátuszát.⁷⁶⁴

A hulladékstátusz megítélésének követelményrendszerét az Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről fektette le. Az irányelv célja, hogy a tagállamok törekedjenek a hulladék keletkezésének megelőzésére, csökkentsék a keletkezett hulladék mennyiségét, valamint kötelezettséget állapít meg a tagállamokkal szemben abban, hogy ezen direktívákat integrálja a nemzeti hulladékgazdálkodási stratégiákba, az ehhez kapcsolódó jogszabályokba és egyéb, a tématerületet szabályozó dokumentumokba. A (22) bekezdés szól a melléktermékké nyilvánítás és a hulladékstátusz megszűnésének feltételrendszeréről, majd az 5. és a 6. cikkben részletesen is kifejti azokat.

A 2000. évi XLIII. törvény még nem ismerte a melléktermék fogalmát, azonban a selejtet, mint hulladékkategóriát a törvény 1. számú melléklete „előírásoknak meg nem felelő, selejt termékek”-ként azonosítja. A hulladéktörvény későbbi módosítása kivezette ezt a hulladékkategóriát és a fenti szempontrendszerek hazai jogharmonizációját követően a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény (továbbiakban: Ht.) bevezeti a melléktermék és a hulladékstátusz megszűnésének fogalmát. A törvény egyik legfontosabb eredménye a hulladék hierarchia bevezetése (Ht. II. fejezet: a hulladékképződés megelőzése, a hulladék újrahasználatra való előkészítése, a hulladék újrafeldolgozása, a hulladék egyéb hasznosítása, így különösen energetikai hasznosítása, valamint a hulladék ártalmatlanítása), mely során törekedni kell a hulladékképződés csökkentésére, a hulladékszegény technológiák alkalmazására, a termékek előállításánál pedig a szennyező anyagok kibocsátásának minimalizálására. A melléktermék fogalmát a Ht. 8.§ -a az alábbiak szerint határozza

⁷⁶³ A 4.1. alfejezet Kozma Katalin egyetemi docens írása.

⁷⁶⁴ BÁNDI Gyula (2017): Gyakorlati jogértelmezési gondolatok a hulladék fogalmi rendszere körében. *Miskolci Jogi Szemle*. 12. évfolyam 2. különszám. 34-44. https://www.mjsz.uni-miskolc.hu/files/egyeb/mjsz/2017kulon2/07_bandigyula.pdf (A letöltés dátuma: 2020. 11. 26.).

meg: valamely anyag vagy tárgy mellékterméknek minősül, ha olyan előállítási folyamat eredményeként keletkezik, amelynek elsődleges célja nem az adott anyag vagy tárgy előállítása, valamint teljesülnek olyan feltételek, miszerint további felhasználása biztosított, előállítása után közvetlenül felhasználható, az egészséget és a környezetet nem károsítja, tehát az adott anyag vagy tárgy megfelel minden rá vonatkozó környezet- és egészségvédelmi előírásnak. A melléktermék fogalmához az is szervesen hozzá tartozik, hogy amennyiben egy gazdálkodó szervezet tevékenysége során melléktermék keletkezik és azzal további tevékenységeket végez (tárolás, használat, forgalmazás), úgy arról a környezetvédelmi hatóságnak köteles nyilatkozni.⁷⁶⁵ A hatóság a nyilatkozat alapján ellenőrzi, hogy valóban melléktermékről van-e szó. Ha az eljárás során keletkező anyag vagy termék hasznosításra kerül, abban az esetben már a Ht. 2.§ (1) bekezdésében foglaltak vonatkoznak rá. E szerint hasznosításnak minősül bármely kezelési művelet – ideértve a válogatást is –, amelynek fő eredménye az, hogy a hulladék olyan más anyagok helyébe lép, amelyeket egyébként valamely konkrét funkció betöltésére használtak volna, vagy amelynek eredményeként a hulladékot oly módon készítik elő, hogy ezt a funkciót akár az üzemben, akár a szélesebb körű gazdaságban betölthesse. Amennyiben a folyamat végén egy anyag vagy termék hasznosult, abban az esetben elveszti hulladékstátuszát a Ht. 9.§ (1) bekezdésének értelmében, és olyan követelmények vonatkoznak rá, mint hogy az adott anyagot vagy tárgyat meghatározott rendeltetési célra használják fel, van piaca vagy van rá kereslet, használata nem jár a környezetre vagy az emberi egészségre káros hatással és megfelel a rendeltetésére vonatkozó műszaki követelményeknek (például fogyasztóvédelmi előírások, termékbiztonsági előírások) és az arra vonatkozó jogszabályi előírásoknak, szabványoknak.

A témával a Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégia (2011-2020) is foglalkozik, amely a hulladékgazdálkodással kapcsolatban is elérendő célokat és fejlesztési irányokat határoz meg. Úgy fogalmaz, hogy – a stratégia megalkotásának időszámban – alacsony szinten áll a *„hulladékszegény technológiák alkalmazásának, a gyártási maradékok visszaforgatásának, melléktermékek más technológiai folyamatban való felhasználásának növelése”*. A stratégia szerint, a hulladékképződésben tapasztalható csökkenést többnyire a termelési szerkezet- és profilváltozás eredménye okozta és nem a meglévő technológiák korszerűsítése. Ezen szerkezet megváltoztatására olyan eszközöket határozott meg többek között, mint a hulladékbegyűjtő rendszerek fejlesztése, a hulladékfeldolgozás és –hasznosítás, a technológiafejlesztés, a termékfejlesztés, az infrastruktúrafejlesztés stb. A fejlesztési irányokhoz alapul szolgál, hogy számos termelési folyamat nem elsődleges céljaként létrejövő anyagai és tárgyai, vagyis a melléktermékek sok esetben más technológiában alapanyagként, adalékanyagként is felhasználhatóak. A fejlesztések bevezetésével csökkenést vár az ártalmatlanításra / lerakásra kerülő hulladékok mennyiségében is. A hulladékstátusz megszűnésével lehetővé válik egy anyag vagy tárgy más technológiában adalékanyagként, alapanyagként történő felhasználása. Mindezen célok eléréséhez szükség van a megfelelő jogszabályi környezet megalkotására, melynek *„hosszú távúnak és kiszámíthatónak kell lennie, hogy megfelelő biztonságot nyújtson a fejlesztésekhez, beruházásokhoz, valamint lehetővé tegye új koncepciók alkalmazhatóságát.”*⁷⁶⁶

A fenti fejlesztési irányoknak megfelelően tehát a jól megtervezett jogszabályi környezet két irányból ösztönözheti a környezettechnológiai innovációt. Egyrészt a szigorodó környezetvédelmi követelményeknek való megfelelés kényszere, ezáltal a gyártói felelősség minél szélesebb körű kiterjesztése magával hozza az innovatív megoldások létrejöttét és azok alkalmazását. Másrészt, ha ez

⁷⁶⁵ Ht. 64.§ (1) bekezdése.

⁷⁶⁶ Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégia 2011-2020. Vidékfejlesztési Minisztérium. 2011. szeptember. 80. <https://kornyeztetchnologia.kormany.hu/download/c/66/40000/NKIS.pdf> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 26.).

az innovációbarát jogszabályi környezet létrejön, azzal gyorsítható és megkönnyíthető az innovációk piacra lépése és alkalmazása.⁷⁶⁷

A korábbi és a jelenleg érvényben lévő OHT ugyancsak kiemeli a melléktermékek jelentőségét és foglalkozik a témával. Megállapítja, hogy elő kell segíteni az eddig hulladékként jelentkező anyagok minél szélesebb körének melléktermékként történő felhasználásának kutatását (ipari és háztartási hulladékoknál egyaránt), közvetlen visszavezetését a termelési folyamatokba. Szükséges továbbá a szeparálási technológiák fejlesztése és a másodlagos nyersanyagként való felhasználás növelését elősegítő kutatás-fejlesztés.⁷⁶⁸

Az Országos Megelőzési Program is kitér az erőforrások szűkösségére, minek okán törekedni kell a hulladék képződésének csökkentésére. Ami az egyik folyamat mellékterméke, az egy másik folyamat alapanyaga lehet. *„Az ipari ökológia célja egy olyan állapot elérése, melyben az energia és anyagfelhasználás szintje optimális, a hulladék és egyéb szennyezések mértéke minimális, és minden (mellék)terméknek – gazdaságilag is életképes – szerepe van a gyártási folyamatokban.”*⁷⁶⁹

Az újrahasznosított építőanyagok kapcsán az NFFT által 2021-ben készített műhelytanulmány az építési ágazat karbonlábnyom csökkentéséről leírja, hogy Magyarországon az újrahasznosított építőanyagok elterjedésének egyik fő akadálya az EU-s Termékrendeletnek (Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről) való megfelelés. Ennek szigorúsága megnöveli az engedélyezési és ezáltal a kivitelezési időt, valamint plusz költségeket jelent, amit a gyártók kötelesek viselni. *„A Termékrendelet felülvizsgálata ezáltal fő célként tűzi ki a megvalósítás eszközrendszerének kidolgozását és jogba ültetését.”* Valamint kitér arra is, hogy az építőipari ágazat fejlődésével megnőtt az építési-bontási hulladékok keletkezésének aránya is. A bontások során nem valósul meg maradéktalanul a szelektív gyűjtés, mely negatív hatással van a keletkezett hulladékok megfelelő célú újrahasznosíthatóságára. Jelenleg ezen hulladéktípusok újbóli hasznosítása viszonylag szűk keresztmetszetben mozog, leginkább útalapokban, feltöltésekben kerülnek felhasználásra.⁷⁷⁰

A keletkező hulladékok speciális formáját képezik az építésgazdasági ágazatokban képződő hulladékok. Az elérhető statisztikák jól mutatják, hogy éves szinten kiemelkedő mennyiségben képződnek hazánkban és az Európai Unió tagországaiban is. A fenntarthatóság legfontosabb szempontja a körforgásos gazdaság létrehozása. Az ország iparágai is elkötelezettek a körforgásos gazdaságra való áttérésre. Az iparágak képviselői a célkitűzés megvalósítása érdekében folyamatos párbeszédre törekcsenek azért, hogy olyan szabályozók megalkotására kerüljön sor, amelyek biztosítják az átállást az ágazat képviselői számára is, valamint javítja a versenyképességüket nemzetközi szinten.

⁷⁶⁷ Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégia 2011-2020. Vidékfejlesztési Minisztérium. 2011. szeptember. 80. <https://kornyeztetchnologia.kormany.hu/download/c/66/40000/NKIS.pdf> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 26.).

⁷⁶⁸ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020. 297. (https://2015-2019.kormany.hu/download/f/a6/d1000/OHT%202014-2020_egys%C3%A9ges%20szerkezetben.pdf) (A letöltés dátuma: 2021. 09. 10.).

⁷⁶⁹ Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020. 297. (https://2015-2019.kormany.hu/download/f/a6/d1000/OHT%202014-2020_egys%C3%A9ges%20szerkezetben.pdf) (A letöltés dátuma: 2021. 09. 10.).

⁷⁷⁰ Szakértői tanulmány az építési ágazat karbon lábnyom csökkentésére 2021- NFFT Műhelytanulmány. 91. https://www.nfft.hu/documents/1238941/0/NFFT_Epitoipar_20210316+%281%29.pdf/eb8d7060-6829-48a4-0926-37f1cc3400da?r=1621501854096 (A letöltés dátuma: 2021. 11. 26.).

Az Európai Bizottság dokumentumában,⁷⁷¹ a tisztább és versenyképesebb Európát szolgáló, körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési tervben is megjelennek a melléktermékekre és a hulladékstátusz megszűnésére vonatkozó rendelkezések, illetve a 3. fejezetben kitér az építőipar helyzetére is. Megállapítja, hogy az építőipar hatalmas mennyiségű erőforrást igényel, az összes kitermelt anyag mintegy 50 %-át teszi ki és az EU teljes hulladéktermelésének több mint 35 %-áért felelős. Az anyagfelhasználás hatékonyságának növelésével az üvegházhatásúgáz-kibocsátás 80 %-a takarítható meg. A cselekvési terv 4. fejezetében tárgyalja „a másodlagos nyersanyagok jól működő uniós piacának megteremtése”-t. Célul tűzi ki a másodlagos nyersanyagok jól működő belső piacának létrehozását, mely során a Bizottság „*felméri egyes hulladékáramok esetében a hulladékstátusz megszűnésére vonatkozó uniós szintű kritériumok továbbfejlesztése lehetőségét a hulladékstátusz megszűnésére és a melléktermékekre vonatkozó felülvizsgált szabályok tagállamok általi alkalmazásának nyomon követése alapján, valamint támogatja a hulladékstátusz megszűnésére és a melléktermékekre vonatkozó nemzeti kritériumok harmonizálására irányuló, határokon átnyúló együttműködési kezdeményezéseket*”, valamint erősíti a szabványosítás szerepét nemzetközi, európai és nemzeti szinten is. A cselekvési terv mellékletében az erre vonatkozó fő intézkedést a Bizottság 2021-es évre határozta meg „*A hulladékstátusz megszűnésére és a melléktermékekre vonatkozó további uniós szintű kritériumok kidolgozásának megvizsgálása*” címén. Várhatóan az erre vonatkozó megállapításai, stratégiai irányai, illetve cselekvési terve a jövő évben jelenik meg.⁷⁷²

A hazai ágazatban az elmúlt években nem csak a fenti kérdésekre vonatkozó jogszabályi környezet újult meg, hanem a termelő tevékenységet végző piaci szereplők oldaláról is számos innováció végrehajtása történt meg. Az új termékek megjelenése, a fenntarthatósági szempontok termelői tevékenységbe való integrálása, a megnövekedett mennyiségi és minőségi igények maguk után vonták azt, hogy a technológiában is jelentős átalakulások menjenek végbe.

A szakmai tényfeltáró beszélgetések rávilágítottak az ún. maradékanyagok, illetve melléktermékek hasznosíthatóságával kapcsolatos problémákra, melyet az alábbi példák jól tükröznek.

a) Természetes anyagok (például fűrészpor) felhasználása a téglagyártásban

A korszerű kerámia falazóanyagok egyik legfontosabb minőségi követelménye a jó hőszigetelő képesség, amely csak pórusképző (porozitásnövelő) adalékanyag bekeverésével érhető el. A pórusképzésre alkalmazott, szükségszerűen éghető szerves anyag általában a puhafa fűrészpor, így a téglaiipar jelentős felhasználója egy másik iparág gyártási folyamatában képződő maradékanyagoknak (melléktermékeknek). A fűrészport a termelője (például fűrésztelep) vagy a több termelőtől történő összegyűjtést végző kereskedő szállítja a téglagyárakba, ezt azonban az érintett téglagyártók – mivel a melléktermékekre vonatkozó végrehajtási rendelet sajnos még nem jelent meg – nem melléktermékként, hanem jellemzően termékként vásárolják meg.

A szakmai interjúknál említettek alapján régebben többször előfordult, hogy az illetékes hatóság úgy találta, a téglagyártók által felhasznált fűrészpor a Ht. hatálya alá tartozik, hulladéknak minősül, ezáltal a téglagyártókat gazdaságilag hátrányos helyzetbe hozták. A melléktermékekre vonatkozó megfelelő szabályozás hiánya tehát (a hulladékkezelési engedélyezési eljárás miatt) jelentősen drágította, és jelenleg is nehezíti a fontos adalékanyag felhasználását.

A téglagyártók a fűrészporon kívül további természetes anyagokat – például napraforgóhéj, rizshéj, szalmadarálék – is szeretnék felhasználni a fenti célra, ezért az egyértelműség kedvéért a Ht. 1. § (3) bekezdés f) pontját érdemes lenne kibővíteni a mezőgazdasági termények feldolgozása és az

⁷⁷¹ Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának a tisztább és versenyképesebb Európát szolgáló, körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési terv. (Brüsszel, 2020.3.11. COM(2020) 98 final).

⁷⁷² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/?uri=COM:2020:98:FIN> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 26.).

élelmiszeripar területeivel, továbbá fontos lenne lehetővé tenni, hogy ezek az anyagok is melléktermékeknek minősülhessenek.

A szakmai szervezetek szerint – mivel a Ht. 2. § 1) bekezdés 23. pontja alapján „hulladék: bármely anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválnak, megválni szándékozik vagy megválni köteles” – nem tekintendő hulladéknak az az anyag, amit a termelő értékesít, és a vevő saját céljaira felhasznál. Ezek az anyagok tulajdonosuk és vevőjük számára is értéket jelentenek, a felhasználó ellenértéket fizet értük.

b) A gyártás során képződő égetett selejt

Az égetett kerámia termékek gyártása során keletkező égetett selejt az építőiparban is felhasználható, fontos másodnyersanyag. A technológián belül hasznosítani nem lehet, de nem válik hulladékká, mivel a gyártók a helyszíni (bánya)utak feltöltésére használják, illetve „Kőanyaghalmoz kötőanyag nélküli keverékekhez, feltöltésekhez” néven (az MSZ EN 13242:2002+A1:2008 szabvány és a megszerzett alkalmazástechnikai bizonyítvány alapján) termékként hozzák forgalomba, és erről a 305/2011/EU rendeletnek megfelelően teljesítmény-nyilatkozatot (DoP) adnak ki. Ilyenkor az égetett selejt aprítva betonadalekként, aszfaltadalekként, útalapként, örölvé pedig sportsalakként felhasználható.

Az égetett selejt felhasználását is lényegesen egyszerűsítene (és várhatóan a felhasználási lehetőségeket is növelné, például teniszpálya felszórás, virágföld takarómulcs – egyik sem okozhat környezetterhelést vagy veszélyeztetést), ha melléktermékként lehetne elismertetni, a melléktermékekre vonatkozó megfelelő szabályozás hiánya tehát ezen a területen is komoly akadályt jelent.

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/851 Irányelve (2018. május 30.) a hulladékokról szóló 2008/98/EK irányelv módosításáról 5. cikkének (1) bekezdése a melléktermékké minősítésre vonatkozóan a tagállamok számára „*megfelelő intézkedések meghozatalát*” írja elő, amelyek előírják, hogy „*valamely anyag vagy tárgy, amely olyan előállítási folyamat eredményeként keletkezik, amelynek elsődleges célja nem az adott anyag vagy tárgy előállítása*”, ne hulladéknak, hanem melléktermékeknek minősüljön.⁷⁷³

A haza tégl- és cserépipar számára ez a gyártáshoz felhasznált fűrészpor, biomassza, másrészt a gyártás során keletkező égetett selejt miatt kiemelt fontosságú, de a melléktermékekre vonatkozó, a jelen helyzetet megfelelően tisztázó végrehajtási rendelet sajnos még nem jelent meg.

A szakmai interjúk kapcsán kiderült, hogy a melléktermékekre és a hulladékokra vonatkozó kritériumok meghatározása nem egységes Európában. Egy másodlagos nyersanyag például értékes lehet az egyik tagállamban, míg a másikban azt hulladéknak tekintik. Magyarországon jelenleg nehéz elismertetni, hogy egy termelési maradékanyag nem hulladék, hanem az ipari folyamatokban használható melléktermék. A megfelelő szabályozás hiánya gátolja egyes anyagok másodnyersanyagként történő felhasználását. Ennél fogva az ágazat képviselői fontosnak tartják a melléktermékekre vonatkozó, még hiányzó végrehajtási rendelet megalkotását. Olyan szabályozásra lenne szükség, amely a melléktermékekre vonatkozóan egy rendkívül egyszerű, alacsony költségű, kifejezetten ösztönző hatású folyamatot ír elő.

A melléktermékekre vonatkozó megfelelő szabályozás hiányán kívül további problémát jelent a megfelelő ösztönzési rendszer hiánya is, melynek következtében a beruházók, illetve a kivitelezők a gyártás során keletkező selejteket, maradékanyagok és melléktermékek, köztük az égetett selejt hasznosítása helyett jelenleg inkább a bányai termékeket preferálják. Ezen témakör esetében

⁷⁷³ Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/851 Irányelve (2018. május 30.) a hulladékokról szóló 2008/98/EK irányelv módosításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=EN> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 26.)

fontos, hogy a jogszabály tételesen írja elő vagy megfelelő eszközökkel (például pozitív diszkriminációval, előnyben részesítéssel a közbeszerzési eljárásokban) ösztönözze a gyártás során keletkező selejteket, maradékanyagok és melléktermékek másodnyersanyagként történő, építőipari beruházók, kivitelezők általi beépítését, felhasználását. Ennek megvalósíthatósága érdekében felül kell vizsgálni az építőipari és útépítési szabványokat, műszaki irányelveket, vizsgálati minősítési eljárásokat és egységes rendszerben szabályozni a másodlagos anyagok felhasználhatóságnak körülményeit, illetve kívánatos arányát.

4.2. Az elérhető legjobb technológiák a téglá- és cserépgyártásban ⁷⁷⁴

Jelen alfejezet a kerámiaiparban, azon belül is a *tégla- és cserépgyártásra* vonatkozó „Elérhető Legjobb Technológiák” összefoglalását, általános bemutatását, az aktuális eszköz- és infrastruktúra állomány továbbfejlesztési lehetőségeit tartalmazza. Az integrált szennyezés-megelőzésről és csökkentésről az Európai Parlament és a Tanács ipari kibocsátásokról szóló 2010/75/EU irányelve⁷⁷⁵ rendelkezik, mely irányelv az Európai Unió kiemelkedő fontosságú környezetvédelmi jogszabálya.⁷⁷⁶

Az Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) célja, hogy integráltan szabályozza az egyes emissziókat, foglalkozik az energiahatékonysággal és a hulladékképződés megelőzésével, az esetleges környezeti következmények elkerülésének módszereivel. Az integrált szemléletmód eszköze az elérhető legjobb technika (a továbbiakban: Best Available Techniques, BAT) és technológiákra vonatkozó gyakorlatok egységes keretrendszer alá történő vonása. A BAT referenciadokumentumok (a továbbiakban: BREF, Best Available Techniques Reference Documents) többsége konkrét ipari tevékenységekre vonatkozik (lásd kerámiaipar), de található köztük horizontális BREF-dokumentum is. Fontos azonban leszögezni, hogy a dokumentumban foglaltak nem kötelező hatályúak.

Mivel a kerámiaipar, így a téglá- és cserépgyártás esetében konkrét hitelesített 2007-es dokumentum áll rendelkezésre, más technológia, pontosabban azt előíró szabályzat nem áll rendelkezésre, így jelen állás szerint ezen eszközök tekinthetők aktuálisan az Elérhető Legjobb Technológiák közé tartozóknak. Előreláthatólag jelen dokumentum sem lesz sokáig érvényes, mert az új kerámiaipari BREF most készül. Magyarországot az Agrárminisztérium megbízásából a Herman Ottó Intézet képviseli a folyamatban. A referenciadokumentum frissítése és aktualizálása megkezdődött, az első meeting report hivatalos összefoglalása pedig nyilvánosan hozzáférhető.

A kerámiagyártó ipar számára elérhető legjobb technikák referenciadokumentumának (CER BREF) felülvizsgálatával foglalkozó Műszaki Munkacsoport hat webalapú ülésből álló indító értekezletet tartott. A szakmai munkacsoportokat az ipari kibocsátásokról szóló irányelv (2010/75/EU) 13. cikkének (1) bekezdése szerinti információcsere megkönnyítésére hozták létre. A CER BREF felülvizsgálata 2019 májusában kezdődött, amikor az European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (a továbbiakban: EIPPCB) újraaktiválta a szakmai munkacsoportot. Ezt követően az EIPPCB 2019. szeptember 26-án felhívást küldött kezdeti állásfoglalásra, a válaszadás határideje 2019. november 26. Tizenhét érdekelt csoport válaszolt: 13 tagállam, 2 iparági szövetség, egy környezetvédelmi nem kormányzati szervezet és az Egyesült Királyság. E válaszok alapján az EIPPCB háttérdokumentumot készített, hogy megkönnyítse az indító találkozó megbeszélését. A

⁷⁷⁴ A 4.2. alfejezet Macher Gergely Zoltán tanszéki mérnök írása.

⁷⁷⁵ Industrial Emissions Directive – IED.

⁷⁷⁶ <https://ippc.kormany.hu/> (A letöltés ideje: 2021. november 11.).

dokumentum felsorolja az EIPPCB kiindulási állásfoglalási felhívásban tett javaslatait, összefoglalja és értékeli a szakmai munkacsoport tagjainak azokkal kapcsolatos kiinduló álláspontját, valamint bemutatja a módosított javaslatokat.⁷⁷⁷

Ennél fogva a következő alfejezetekben a jelenleg érvényes kerámiaipari BREF-dokumentum, tégl- és cserépgyártásra vonatkozó pontjai kerülnek bemutatásra. Az egyes fejezetek tartalma teljes egészében ezen BREF dokumentum tartalmán alapul.

4.2.1. A kerámiaipar általánosan elérhető legjobb technikai megoldásai

Az alfejezet e szakasza azokat a technikákat ismerteti, amelyek potenciálisan magukban hordozzák a magas környezetvédelmi célok elérését. Ide sorolhatók az irányítási rendszerek, az egyes gyártási folyamatba integrált technikák és a csővégi intézkedések, valamint ezek kombinált lehetőségei is. Ezek a technikai megoldások figyelembe veszik a megelőzési, ellenőrzési, minimalizálási és újrahasznosítási eljárásokat, valamint az anyagok és energiaforrások újrafelhasználását is. Ennek az alfejezetnek nem célja a technikák kimerítő listájának összefoglalása, hiszen létezhetnek más technikák, amelyek a BAT keretein belül is érvényesek lehetnek, de széles körben még nem ismertek és nem alkalmazhatók.

Az energiahatékonyság és energiafogyasztás-csökkentésével kapcsolatban hasznos információk találhatóak az Energiahatékonysági technikák referenciadokumentumában is (a továbbiakban: ENE). A kerámiaipar, így a tégl- és cserépgyártás elsődleges, azaz primerenergia-felhasználási területe az égetőkemencékben történő anyagszáritás és égetés, hiszen az intermediér termékek vagy a már formázott áruk száritása rendkívül energiaigényes tevékenység. Ahogy arról majd később is szó esik, a legtöbb száritási és tüzelési művelethez földgázt, LPG-t és fűtőolajat használnak, de ezek mellett olykor alkalmaznak még szilárd tüzelőanyagokat, villamos energiát, LNG-t és biogázt, illetve biomasszát is.

A legfontosabb tényező, amely lendületet adott a kerámiaipar innovatív technológiáinak, az üzemanyagköltségek növekedése volt. Így az 1980-as években a kerámiaipar fő célja az energiafogyasztás csökkentése (vagy legalább optimalizálása) volt. A fejlesztések nagy része a kemencék energiahatékonyságának javítására irányult, mivel ezek működése jelenti a kerámiaipar legnagyobb energiahatékonyságát. Az energiamegtakarítás fogalma végül az innovatív technológiák, azaz a hagyományosnál nagyobb energiahatékonyságú új termelési rendszerek átvételével az energia ésszerű felhasználásává fejlődött.⁷⁷⁸

A kerámia iparon belüli legnagyobb energiafogyasztók a tégl- és tetőcserép, valamint a fal- és padlócserep előállításával foglalkozó ágazatok, de mindez összefügg a termékekre speciálisan jellemző nagyobb erőforrás, és az azzal párhuzamosan járó nagyobb energiabefektetés iránti igényvel.⁷⁷⁹

Ennek megfelelően az elsődleges energiahatékonysági fejlesztési irány a kerámiaipar, így a tégl- és cserépgyártás esetében is a kemencék és száritók továbbfejlesztése, amely a következő módokon történhet:

- a száritók automatikus vezérlésének kialakítása;
- a páratartalom és a hőmérséklet automatikus szabályozása a száritón belül;

⁷⁷⁷ European Commission (2021): Kick-off meeting for the review of the best available techniques (BAT) reference document for the ceramic manufacturing industry (CER BREF). Spain, Seville.

⁷⁷⁸ Nassetti G. (1992): New technologies for the rational use of energy in the ceramics industry, Proceedings of the European Seminar on New Technologies for the Rational Use of Energy in the Ceramics Industry, CEC, DG for Energy (DG XVII), Orleans, France, May 1992, 33.

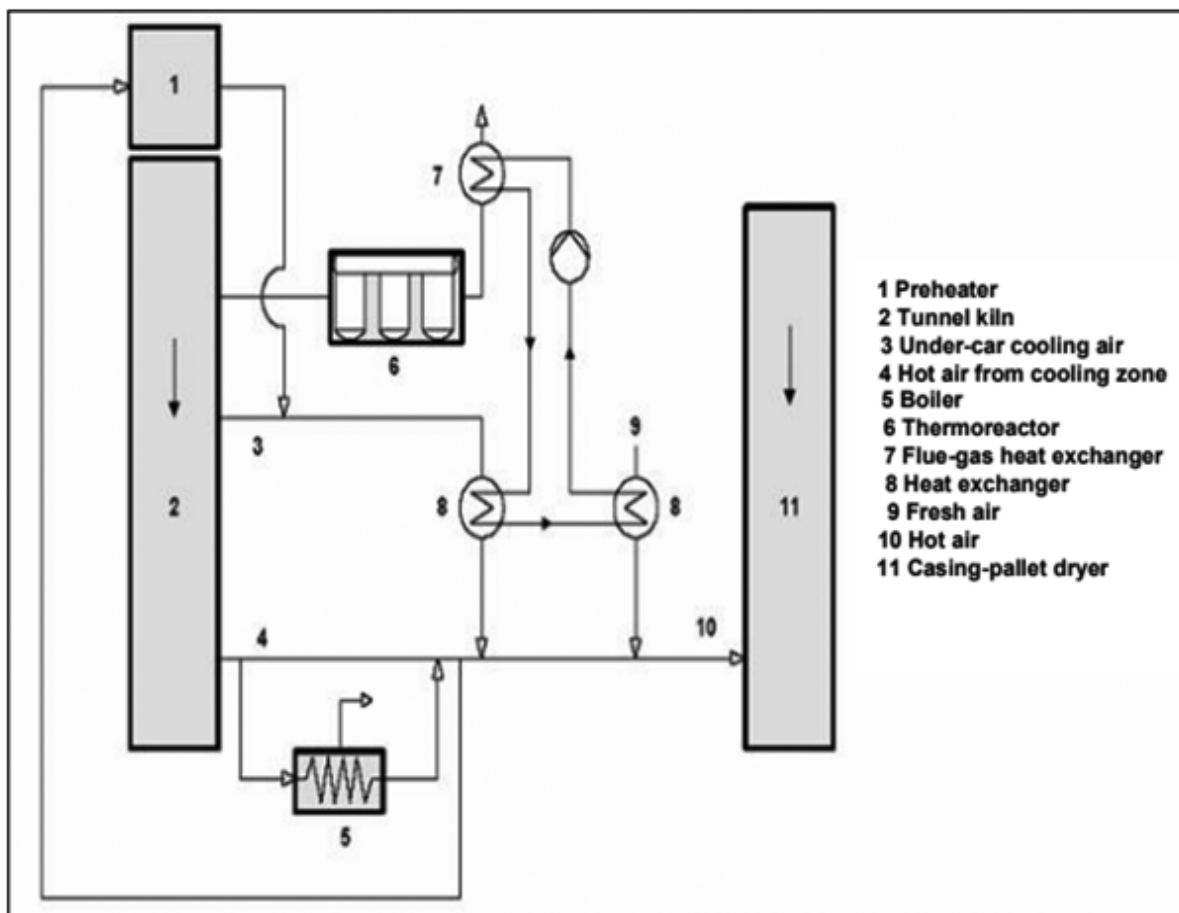
⁷⁷⁹ UBA (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

- szárítóknál impulzusventilátorok telepítése független termikus zónákban, amely hozzájárul (zónánként állítható) a szükséges hőmérséklet eléréséhez;
- a kemencék jobb tömítésének (például fém burkolat és homok vagy víz tömítések) kialakítása, továbbá a szakaszos üzemeltetésű kemencék alkalmazása, amelyek csökkentik a hőveszteséget;
- kemencék jobb hőszigetelése, például szigetelő tűzálló bélés vagy kerámia használatával, hiszen a rostok (ásványgyapot) csökkentik a hőveszteség mértékét;
- a továbbfejlesztett tűzálló kemenceburkolatok és felületek csökkentik a hűtési időt, és ezáltal a kapcsolódó hőveszteségeket („kilépési veszteségek”);
- a nagy sebességű égők használata javítja az égés hatékonyságát és a hőátadást;
- a régi kemencék cseréje új, méretben és szélességben megnövelt alagútkemencékre vagy ahhoz hasonlókra;
- kapacitás elven működő vagy – ha lehetséges a gyártási folyamatban – gyorstüzelésű kemencék (például görgős kandallókemencék), csökkenthetik a fajlagos energiafogyasztást;
- a kemence tüzelési üzemmódjainak interaktív és intelligens számítógépes vezérlése csökkenti az energiafogyasztást, valamint a légszennyezőanyag-kibocsátást.

A fent említett intézkedések többsége egyaránt alkalmazható égetőkre és szárítógépekre is, valamint a kerámiaipar ágazatainak döntő többségére. Emellett még rendkívül fontos cél a felesleges hőmennyiség visszanyerése a kemencékből. Sok kerámiaszáritó ma már általában az alagútkemencék hűtőzónáiból visszanyert forró levegőt használja a gázégőkből származó forró levegővel kiegészítve, ezért nagyon fontos tényező az üzem elrendezése is. Az alacsony időtartamú túlmelegedés csak akkor kezelhető hasznosan, ha a csövek hossza – azaz a túlzott hőtermelés és a felhasználás közötti távolság – meglehetősen korlátozott.

Ebből kifolyólag fontos a csövek hőszigetelése is. Egyes eljárások hőcserélőket is alkalmaznak a kemence füstgázaiból származó hő visszanyerésére, hogy előmelegítsék az égési levegőt. A keletkező füstgáz korrozív, ezért megfelelő anyagminőségű hőcserélő alkalmazása szükséges, továbbá fontos szempont a keletkező savas eső komponensnek számító égési gázok okozta problémák megelőzése. Az utóégető hőfeleslegét is fel lehet használni, akár a kemencében, akár a szárítóban egyaránt. Példának okáért, egy német gyár termikus olajat használ a felesleges hő utóégetőből a szárítóba átadására, kombinálva a kemence hűtőzónájából származó forró levegővel. Ennek a kombinált hővisszanyerésnek a működési elvét a következő ábra mutatja be.

A hővisszanyerő kazánban (5) és az előmelegítőben (1) a többlethő (4) felhasználása mellett a megtisztított füstgáz hűtéséből származó hőt egy füstgáz hőcserélőben (7) nyerik vissza, melyet további hőcserélőkbe (8) táplálnak termikus olajjal és meleg friss levegővel (9) a szárítási folyamatokhoz. A meleg friss levegőt összekeverik a kemence (2) hűtőzónájából (4) érkező forró levegővel, és egy folyamatosan működő burkolatos raklapszáritóba (11) táplálják.



Forrás: European Commission.⁷⁸⁰

A kombinált hőviszanyerő-rendszer sematikus ábrája

A kemencékből, különösen a hűtési zónáikból forró levegő formájában keletkező felesleges hő (hővesztés) visszanyerése elvileg minden kerámiaágazatban alkalmazható fűtőszárítóknál. Megjegyzendő, hogy a kemencékből a veszteséghő visszanyerése csak akkor alkalmazható, ha a többlethőre egyidejűleg egy másik folyamatban is szükség van. A fent említett konkrét példa (Németországban csak nagyon kevés gyár alkalmazza ezt a technikát) nem általánosítható, különös tekintettel az utóégető hőfeleslegének hasznosítására, mivel az utóégető égésterméké gyakran túl hideg ahhoz, hogy hatékony energia-visszanyerést hajtson végre.

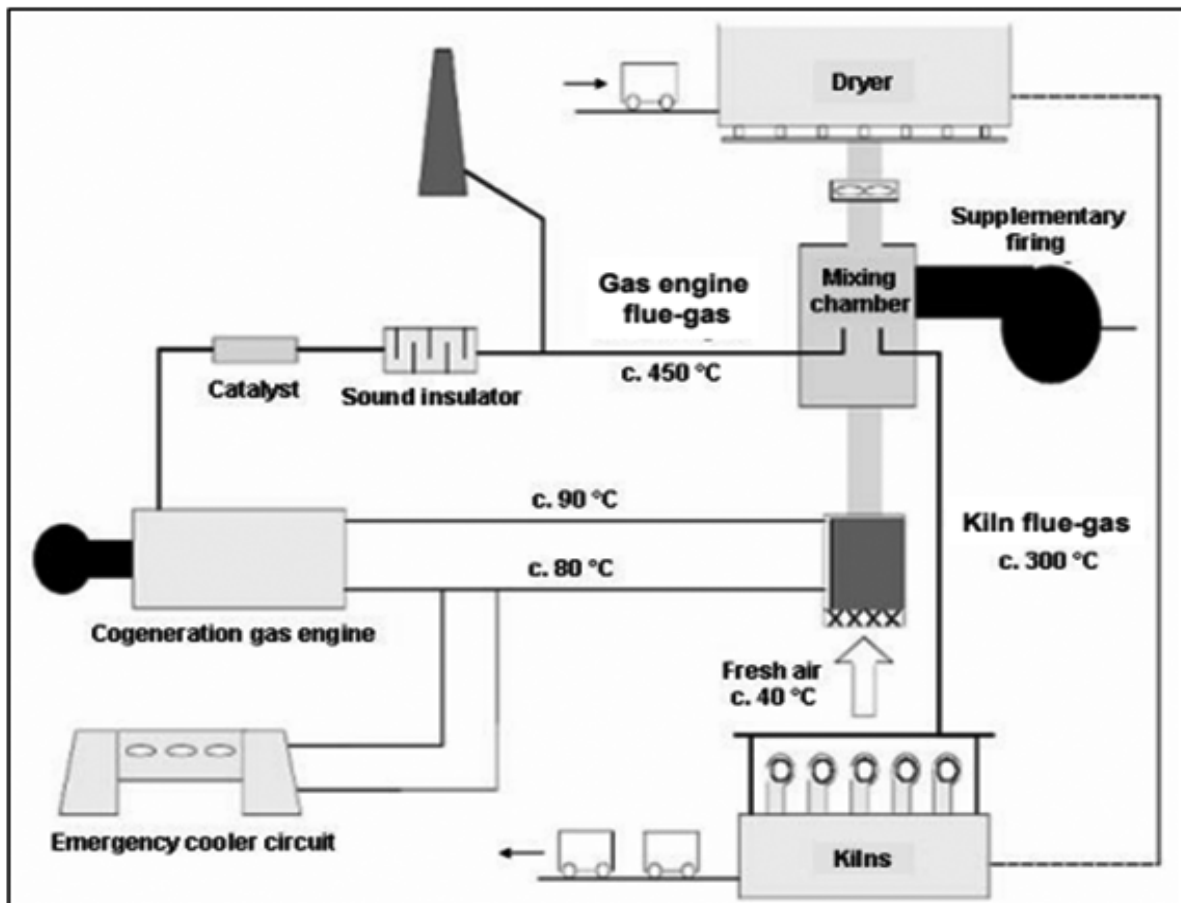
A kogenerációs, illetve kombinált hő- és erőművek alkalmazása tekintetében az alábbiak emelendők ki: A gőz- és villamosenergia-termelő kapcsolt erőművek, illetve a kapcsolt hő- és erőművek alkalmazása elvileg hasznos a kerámiaiparban az egyidejű hő- és villamosenergia-igény miatt. A kogenerációs erőmű lényeges jellemzője, hogy egyszerre állít elő hőt és villamos energiát.

Trigeneráció esetében kapcsolt hő-, fűtési energia és villamos energia előállításra zajlik. A kapcsolt energiatermelés esetében jellemzően gázmotorokat alkalmaznak. A lenti ábra példát mutat egy kapcsolt hő- és erőműből származó többlethő hasznosítására.⁷⁸¹ A meleg levegőt a téglafalú szárítóhoz használják.

⁷⁸⁰ European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

⁷⁸¹ UBA (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

A szárítógépnek a kemence többleshőjén kívül bizonyos mennyiségű friss levegő is szükséges. Ezt a levegőt általában a szárító épületéből vezetik be, hogy kihasználják a kemence és a szárító hőkomponenseit. Ez a friss levegő keveredik a kemence hőfeleslegével a szárító ventilátora előtt. A frisslevegő szívócsövébe légfűtő van beépítve, hogy fenntartsa a friss levegő előmelegítését. Ezt a hőcserélőt a hajtómotorok hűtővize fűti. A füstgázok hőmérséklete a motor típusától függően 450-550 °C. Ezeket a keverőkamrába táplálják, és közvetlenül a szárítóban használják fel. A még esetlegesen fennmaradó hőigényt egy kiegészítő gázégő fedezi. Ha a szárítóban nincs szükség fűtésre, a motorok hűtetlen füstgázait közvetlenül egy kéményen keresztül emittálják.



Forrás: European Commission.⁷⁸²

Meleg levegő előállításának sematikus képe kogenerációs gázmotor segítségével

A nehéz fűtőolaj és a szilárd tüzelőanyagok helyettesítése alacsony kibocsátású üzemanyagokkal történő helyettesítése kapcsán megjegyezzük, hogy az égetési folyamat átállása nehéz fűtőolajról (a továbbiakban: HFO) vagy szilárd tüzelőanyagról gáznemű tüzelőanyagra – földgáz, cseppfolyósított kőolajgáz (a továbbiakban: LPG) – vagy cseppfolyósított földgázra (a továbbiakban: LNG) hozzájárul az égetési hatékonyság javulásához és a koromkeletkezés megszűnéséhez. A szilárd tüzelőanyagok általában finom hamut termelnek, így a gázégetés alkalmazása esetében – a keletkező részecske-

⁷⁸² European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

kibocsátás csökkentése révén – bizonyos esetekben elhagyhatók a drága és energiaigényes porleválasztási folyamatok. A gázégők kifinomult automatikus vezérlőrendszerekkel rendelkeznek, ami üzemanyag-megtakarítást és veszteségek csökkenését eredményezi, ezáltal csökkentve a fajlagos energiafogyasztást.

Az extra könnyű fűtőolaj használata (a továbbiakban: EL), a HFO vagy szilárd tüzelőanyagok helyett, szintén csökkentheti az égetési folyamatokból származó koromkibocsátást. Az EL fűtőolaj olyan folyékony tüzelőanyag, amely összetétele és sűrűsége miatt rendkívül könnyű. Főképpen nyersolaj desztillálásával nyerik, és kondenzációs fűtési rendszerekben használják helyiségfűtés és vízmelegítés előállítására. A HFO vagy szilárd tüzelőanyagok helyett földgáz, LPG, LNG vagy EL fűtőolaj használata az alacsonyabb kéntartalom miatt a kapcsolódó SO₂-kibocsátás csökkenéséhez is vezet. A földgáz, az LPG és az LNG hidrogén/szén aránya is magasabb, mint a fűtőolajok vagy szilárd tüzelőanyagok esetében, így kevesebb szén-dioxidot (földgáz esetén kb. 25%-kal kevesebb CO₂-t) termelnek egyenértékű hőteljesítmény mellett.

Szerves eredetű alternatív vagy másodlagos tüzelőanyagok, például hús- és csontliszt vagy bioüzemanyag, valamint nem szerves eredetű, az elsődleges fosszilis tüzelőanyagok mennyiségét és a kapcsolódó CO₂-kibocsátást csökkentő energiahordozók használata elősegíti az ipar klímasemleges irányba történő elmozdítását. Ezen kívül az alacsony kibocsátású tüzelőanyagok használata más energiahatékony technológiákat – például gázturbinákkal történő kapcsolt energiatermelést – is bevonhat a gyártási folyamatba. Más (villamos) energia megtakarítás is elérhető egyes folyékony tüzelőanyagok (különösen a HFO) felmelegítésével annak érdekében, hogy könnyen szivattyúzhatóak legyenek.

Az üzemanyag- és energiahordozó váltás elvileg minden kerámiaszektorban alkalmazható, de figyelembe kell venni, hogy az energiahordozó jellege is befolyásolhatja a végtermék esztétikai jellemzőit. Így bizonyos, hogy a piacon nagyon kívánatos minőségi paramétereket csak szén vagy szénpor kemencében történő (együtt)égetésével lehet elérni. Tehát a gyártott termék típusától függően az energiahordozó-váltás nem mindig lehetséges. Az expandált agyag aggregátumok gyártási folyamata során a becsatornázott por nagy részét újrahasznosítják, ami csökkenti a hamutermelésre gyakorolt hatást.

A *kerámiatestek módosítása* kapcsán érdemes kiemelnünk, hogy a testösszetétel- és geometria kifinomult kialakítása csökkentheti a szükséges szárítási és égetési időt, és így ösztönzi a kis térfogatú, gyorstüzelésű kemencék, például a görgős kandalló és a mozgó kerámiakorongok használatát. Ezért a paraméterek módosítása elősegítheti a szárítás és az égetés hatékonyságát, továbbá csökkentheti az energiafogyasztást ezeken a területeken. Hasonló megközelítést kutatnak jelenleg is a vastagabb falú kerámiatermékeknél egyaránt. A pórusképző adalékokat elsősorban az agyagtömbök hővezető képességének csökkentésére használják mikropórusok létrehozásával. Így az agyagtömbök termikus tömege csökken, és a pórusképző adalékok alkalmazásának másik előnye, hogy kevesebb energiára van szükség az égetéshez.

A kerámiaárak újratervezése szintén csökkentheti az anyagtömeget. Ahol műszakilag megvalósítható, ezek a változtatások csökkenthetik az energiafogyasztást és a kibocsátást is. A szükséges keverővíz-tartalom csökkentése segít a szárítási energia megtakarításában. A szükséges keverővíz mennyisége elsősorban az agyagásványi összetételtől és a szemcsemérettől is függ. A víztakarékos adalékok nedves

termékekből és szervesetlen szekveszterképző vagy komplexképző anyagokból állnak. Mindezek lehetővé teszik a keverővíz határfelületi feszültségének csökkentését és a zavaró, szabad kationok rögzítését. Csökken továbbá a keverővíz igény az alapanyag-előkészítési folyamatban, és azonos vagy még jobb plaszticitás érhető el ezáltal. Ezen kívül a szárítási folyamat energiaigénye minimális. A víz keverésének automatikus beállítása (az anyag szükséges plaszticitása szerint és bizonyos mértékig) a vízgőz felhasználásának (kb. 3 %) és a hőigény mértékének (kb. 90 kWh/t termék) csökkenéséhez vezet és egyben villamos energiát is termel (kb. 1,5 kWh/t termék) kapcsolatosan. Mindenesetre a gőz hozzáadása megkönnyíti az extrudált agyag kilépését, és az agyaghoz szükséges pontos páratartalom érhető el. Az égetési hőmérséklet jelentős csökkentését és a tartózkodási idő lerövidülését rendkívül hatékony szinterezési segédanyagok, például alkáliföldfém- és magas lúgtartalmú adalékok, valamint üveggépző szerek keverésével érik el. Az ilyen adalékok alkalmazása azonban csak néhány speciális esetben lehetséges, nem minden kerámiatermék esetében. A gyártási meghibásodások és a minőségromlás elkerülése érdekében általában előzetes vizsgálatokat kell végezni a nagy ipari méretekben történő felhasználás előtt.

A szinterezési segédanyagok és az energiataralmú pórusképző adalékok alkalmazása különösen a téglagyártásban takarít meg energiát. A fentebb leírtak szerint az agyagtömbök gyártásánál energiataralmú másodnyersanyagok, például fűrészpor, polisztirol vagy papírkötőanyagok hasznosítása lehetséges. Ezek a pórusképző szerek a támtéglagyártás során a teljes energia 25%-át másodlagos energia formájában biztosíthatják. A pórusképző szerek használata a burkolótéglagyártásban kivételes, mert hatással vannak a téglaműszaki tulajdonságaira (például szín, sűrűség). Általában azonban a termékek formája és összetétele nagymértékben függ a piaci követelményektől, ezért a kerámiatestek módosítása csak korlátozottan lehetséges, és természetesen nem minden kerámiatermék esetében.

Az energiahatékonyság és energiafogyasztás csökkentése után a *diffúz kibocsátások megelőzésére szolgáló technikák és intézkedések* kerülnek második csoportként kihangsúlyozásra. E felsorolás és rövid ismertetés mellett számos összefüggés és további információ található még az IPPC e témaspecifikus BREF-dokumentumában.

A kerámiaipar, különösképpen a téglagyártás és cserépgyártás kimondottan porkibocsátással járó ipari tevékenységnek tekinthető, hiszen a legtöbb kiindulási anyag, valamint a gyártási technológia mellett alkalmazott egyéb adalékanyagok főképp porbázisúak. Így számos intézkedés javallott, melyek egyénileg vagy kombinálva is alkalmazhatók:

- porkibocsátással járó műveletek, például őrlés, szitálás és keverés elzárása;
- fedett és szellőző vályús vagy serpenyős keverők használata;
- keverők vagy adagolóberendezések töltése közben kiszorított levegő szűrése;
- megfelelő kapacitású tárolósilók, szintjelzők kapcsolókkal és szűrőkkel a töltési műveletek során kiszorított portartalmú levegő kezelésére;
- fedett szállítószalagok alkalmazása a potenciálisan poros alapanyagokhoz;
- pneumatikus szállítórendszereknél előnyös a keringető folyamat alkalmazása;
- anyagmozgatás zárt rendszerekben történjen, negatív nyomás alatt tartva a mozgatott anyagot és a szívólevegő pormentesítésére is ügyelni kell;
- légszivárgási és kiáramlási helyek csökkentése.

Az intézkedések a kerámiaipar minden ágazatában elvégezhetők, régi és új létesítményekben egyaránt, de a nedves agyagok kezelésekor nem feltétlenül kell az összes fent említett intézkedést végrehajtani.

A poros ásványi nyersanyagok ömlesztett, szabadban történő tárolóhelyein az elsődlegesen diffúz kibocsátások csökkentése érdekében az ilyen tárolóhelyeket árnyékolással, falazattal vagy függőleges növényzetből álló elkerítéssel (mesterséges vagy természetes szélgát a nyílt halom szélvédelmére) lehet elhatárolni. Ha a tárolóhelyek kibocsátási helyein a porkibocsátás nem elkerülhető, akkor az a kiürítési magasságnak a halom változó magasságához való hozzáigazításával, lehetőség szerint automatikusan, vagy a kirakodási sebesség csökkentésével lehet mérsékelni. Ezen túlmenően a helyek nedvesen tarthatók – különösen száraz területeken – permetező eszközökkel (ha a pontszerű porforrás lokálisan korlátozott, vízpermet befecskendező rendszer is beépíthető), továbbá tisztító teherautók alkalmazásával tisztíthatók.

Az eltávolítási műveletek során, a diffúz porképződés megakadályozására vákuumrendszerek használhatók. Az új épületek könnyen felszerelhetők helyhez kötött porszívórendszerekkel, míg a meglévő épületek általában jobban felszerelhetők mobil rendszerekkel és rugalmas kivitelezésű csatlakozásokkal.

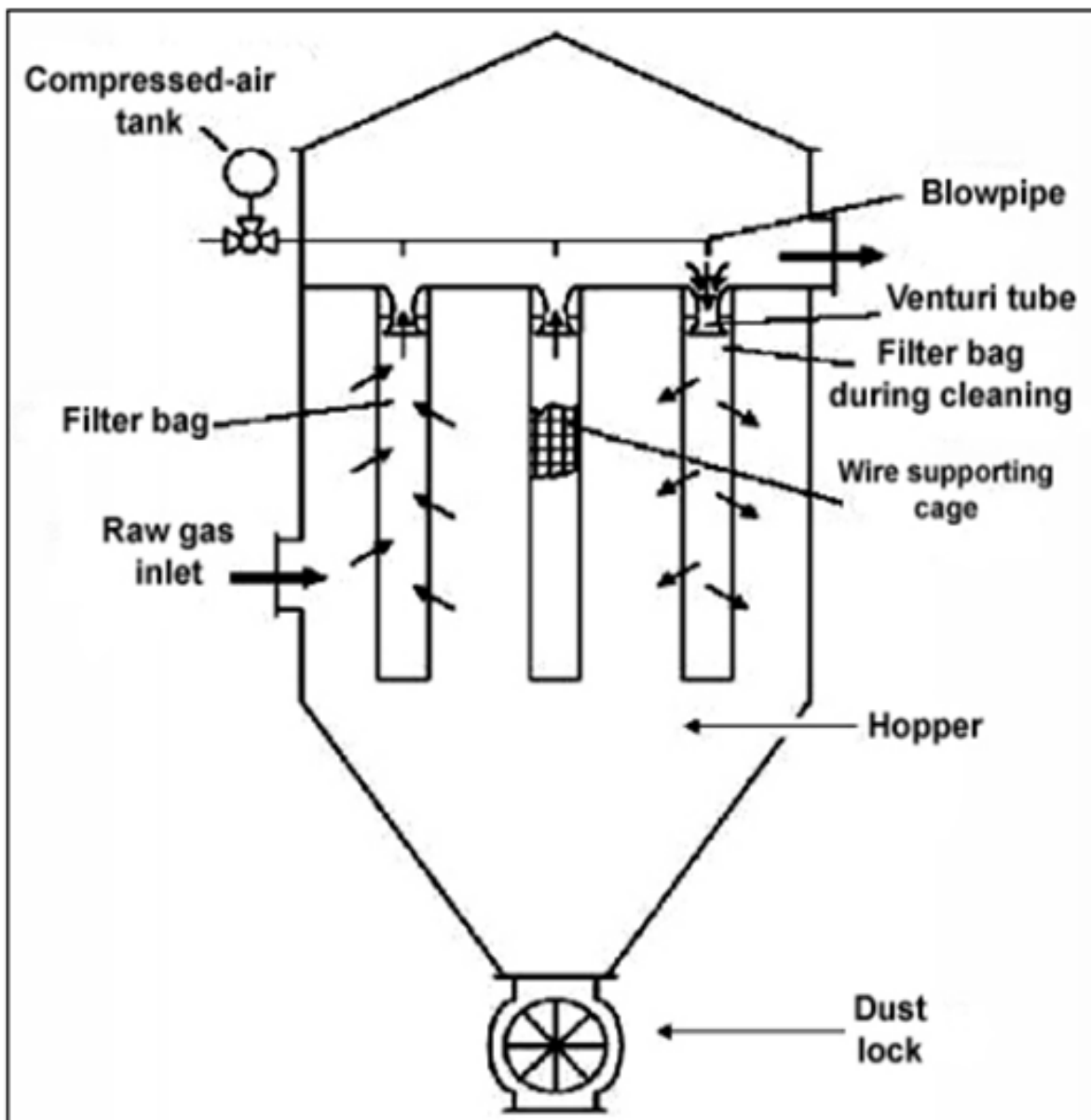
Az intézkedések alapvetően a kerámiaipar minden ágazatában elvégezhetők, régi és új létesítményekben egyaránt, de a nedves agyagok kezelésekor nem feltétlenül kell a fent említett intézkedések mindegyikét végrehajtani. Ezen kívül a kívánt tulajdonságok eléréséhez néha száraz alapanyagokra van szükség a keveréshez, ezért a nedvesítés csak bizonyos mértékig alkalmazható.

Léteznek ugyanakkor olyan megoldások is, amelyek kizárólag a por eltávolítására irányulnak. Megjegyzendő továbbá, hogy a legtöbb füstgáz-tisztítási technika nemcsak az SO_x, HF és HCl, hanem a por eltávolítására is alkalmas.

Ad a) *Centrifugális leválasztók*: a centrifugális leválasztóban a technológiai emisszióból eltávolítandó porszemcséket centrifugális működéssel az egység külső falához kényszerítik, majd az egység alján lévő nyíláson keresztül eltávolítják. A centrifugális erők úgy alakíthatók ki, hogy a gázáramot spirálisan lefelé irányítjuk egy hengeres edényen (ciklonos szeparátorok), vagy az egységbe épített forgó járókerékkel (mechanikus centrifugális szeparátorok). Ugyanakkor a centrifugális leválasztók tisztítási hatékonysága általában túl alacsony, hogy csökkentse a porkibocsátást ahhoz, hogy megfeleljen a kerámiaipar levegőszennyezésére vonatkozó előírásoknak. Ezért csak előleválasztóként használhatók, és gyakran használják porlasztva szárítás, zúzás és őrlés után.

Ad b) *Zsákos szűrőeszközök alkalmazása*: a zsákos szűrőben a technológiai emissziót egy szűrőzsákon vezetik át, így a porszemcsék szűrőpogácsa formájában rakódnak le a szűrő felületén. A zsákos szűrőberendezések magas részecske-visszatartást érnek el, jellemzően 98% feletti és akár 99%-os hatásfokot részecskemérettől függően. A következő ábra egy nyomásimpulzusos regenerációval rendelkező zsákszűrő vázlatos nézetét mutatja be.⁷⁸³

⁷⁸³ UBA (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.



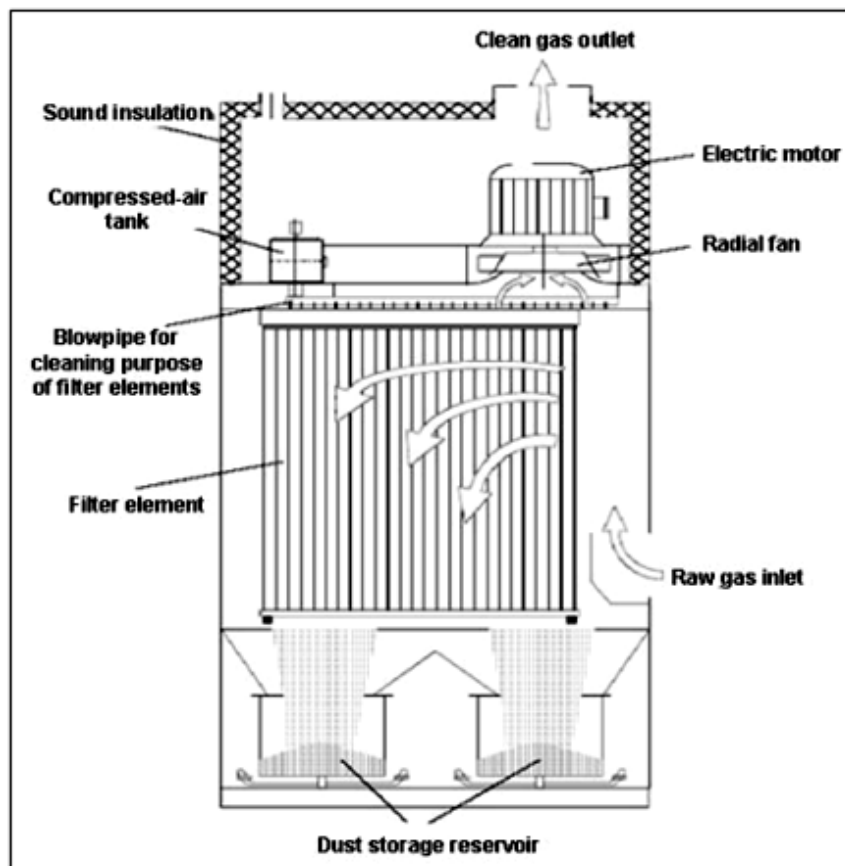
Forrás: European Commission.⁷⁸⁴

Nyomásimpulzus-regeneráló zsákszűrő sematikus nézete

A regenerálást a zsákszűrő tiszta gáz részének nyomásimpulzusa végzi. A technológiai emissziók portartalmának eltávolítására szolgáló zsákos szűrők elvileg a kerámiaipar minden ágazatában alkalmazhatók, különösen a poros műveleteknél (silók pormentesítése száraz alapanyag tárolására, száraz nyersanyagok előkészítése, beleértve a porlasztva szárítást, száraz formázást, valamint száraz megmunkálási vagy köszörülési folyamatokban). Néha hasznos a ciklon előszűrőkkel való kombináció kialakítása is.

⁷⁸⁴ European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

Ad c) *Szinterezett lamellás szűrők*: e szűrőknek a fő elemei a merev szűrőközegek, amelyek kompakt elemekként vannak beszerelve a szűrőrendszerbe. A szűrőelemek PTFE-vel bevont szinterezett polietilénből állnak, amely a szűrőelem kemény szerkezetét és vízálló tulajdonságait adja. Ezeknek a modern szűrőanyagoknak a fő előnye a kilépő gázokból származó nagyon magas portisztítási hatékonyság és az alacsony nyomásesés, valamint a nagy kopásállóság, amely különösen a durva kerámiaszemcsékből adódik. A következő ábra egy ilyen merev szinterezett lamellás szűrő vázlatos nézetét mutatja be, amelyet sugáripulzusos öntisztító rendszerrel tisztítanak.⁷⁸⁵A szinterezett lamellás szűrők alkalmazása lehetővé teszi a nedves por leválasztását, amely például a szórt üvegezésnél keletkezik. Ez a szűrőrendszer lehetővé teszi az üvegező részecskék közvetlen visszatáplálását, elválasztva a permetezőkabin füstgázától. Az upstream nyugalmi zóna garantálja, hogy a rendszerben lévő por viszonylag száraz legyen. Ideális esetben a leválasztott mázszemcsék csepegtető porként keletkeznek a szűrőrendszerben.



Forrás: European Commission.⁷⁸⁶

Merev szinterezett lamellás szűrő sematikus képe

⁷⁸⁵ UBA (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

⁷⁸⁶ European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

Ad d) *Nedves porleválasztók*: a nedves porleválasztókkal a por eltávolításra kerül a technológiai kibocsátásokból azáltal, hogy a gázáramot egy súroló/szűrő folyadékkal (általában vízzel) hozzuk szorosán érintkezésbe, így a porszemcsék a folyadékban maradnak, és leöblíthetők. A nedves porleválasztók felépítésük és működési elvük szerint (például Venturi-típus) többféle típusra oszthatók. A nedves eltávolítási technikával a szennyező anyagok a levegőből a vízbe kerülnek, így elengedhetetlen egy második berendezés a nedves hulladéktermék (szuszpenzió) tisztítására, így további energiafelhasználás is lehetséges. A nedves porleválasztók különösen alkalmasak a por kibocsátásának csökkentésére, különösen a szárítási folyamatokból porlasztva, ha ciklonokkal együtt használják őket. Különösen előnyösek, ha az öblítővíz újra felhasználható.

Ad e) *Elektrosztatikus leválasztó* (a továbbiakban: ESP): az elektrosztatikus leválasztóban a poremissziókat két elektródával ellátott kamrán vezetik át. Az első elektródára nagyfeszültséget (100 kV-ig) kapcsolnak, amely ionizálja a poremissziókat. A keletkező ionok a poremissziókban lévő porrészecskékhez tapadnak, és ennek következtében ezek a részecskék elektromosan feltöltődnek. Az elektrosztatikus erők taszítják a töltött porrészecskéket az első elektródáról, és vonzzák őket a másodikhoz, amelyen lerakódnak. Így a porszemcséket eltávolítják a poremissziókból. Az elektrosztatikus leválasztókat a kerámiaiparban elsősorban duzzasztott agyag aggregátumok gyártásánál használják forgókemencék és szárázórló egységek mögött, ahol nagy térfogatáramokat kell magas hőmérsékleten, viszonylag nagy üzembiztonsággal kezelni.

A porleválasztás után a harmadik leghangúlyosabb elem a *gázkomponensek leválasztása*. E felsorolás és rövid ismertetés mellett számos összefüggés és további információ található még az IPPC témaspecifikus BREF-dokumentumaiban is.

A szennyezőanyag-prekursorok bejutásának csökkentése kapcsán az alábbiakat érdemes megvizsgálni:

Ad a) *Kén-oxidok*: az alacsony kéntartalmú alapanyagok és adalékanyagok használata jelentősen csökkentheti a SO_x-kibocsátást. Fontos továbbá a kénben gazdag alapanyagok esetén, az alacsony kéntartalmú testadalékok hozzáadása (például homok) vagy az alacsony kéntartalmú agyag alkalmazása, amely hígító hatással is csökkenti az SO_x-kibocsátást. Az alacsony kéntartalmú tüzelőanyagok, például a földgáz vagy az LPG használata jelentősen csökkenti a SO_x-tartalmú emissziókat.

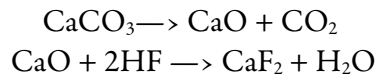
Ad b) *Nitrogén-oxidok*: a tüzelőberendezések helyes beállítása és légfelesleg-tényezőjének optimalizálása, továbbá a nitrogénvegyületek minimálisra csökkentése a nyersanyagokban és az adalékanyagokban csökkentheti a NO_x mennyiségét az egyes emissziókban.

Ad c) *Szerveetlen klórvagyületek*: az alacsony klórtartalmú alapanyagok és adalékanyagok használatával jelentősen csökkenthetők a klórkibocsátások.

Ad d) *Szerveetlen fluorvegyületek*: az alacsony fluortartalmú alapanyagok és adalékanyagok használata jelentősen csökkentheti a fluorid-tartalmú kibocsátásokat. A fluorban gazdag anyagok esetén alacsony fluortartalmú testadalékok (például homok) hozzáadása vagy az alacsony fluortartalmú agyag alkalmazása, amely hígító hatással csökkenti a fluorid kibocsátást.

Ad e) *Illékony szerves vegyületek* (a továbbiakban: VOC): szerves vegyületeket tartalmazó anyagok minimálisra csökkentése a nyersanyagokban, adalékanyagokban, kötőanyagokban (stb.) csökkenthetik a VOC-t kibocsátást. Szerves adalékanyagokat (például fűrészport) vagy polisztirolt adhatnak a nyersanyaghoz, az így létrejövő anyagkeveréket főként porózus termékek gyártása során használják. Azonban ezek a szerves adalékanyagok VOC-kibocsátást okoznak. Ennek egyik specifikus területe a téglagyártás. A VOC-kibocsátás elvileg elkerülhető szervesetlen pórusképző adalékokra való átállással úgy, mint a perlit (3-4 % vizet tartalmazó üvegszerű vulkáni anyag). A víztartalom révén melegítéskor (800-1100 °C) az anyag a benne képződő gőzbuborékok miatt 15-20-szorosára tágul.

Kalciumban gazdag adalékanyagok hozzáadása és alkalmazása kapcsán a finom mészkő vagy kréta kerámiatestekhez hígító hatású, de a kalciumban gazdag adalékok viszonylag alacsony, 700 és 850 °C közötti hőmérsékleten is reakcióba lépnek a fluorid és klorid tartalmú alapanyagokkal, valamint az alapanyagokból kiégetés során képződő kén-oxidokkal. Ez a kémiai reakció a fluorid „megkötésére” szolgál stabil kalcium-fluorid képződésével, és jelentősen csökkentheti a HF-kibocsátást.

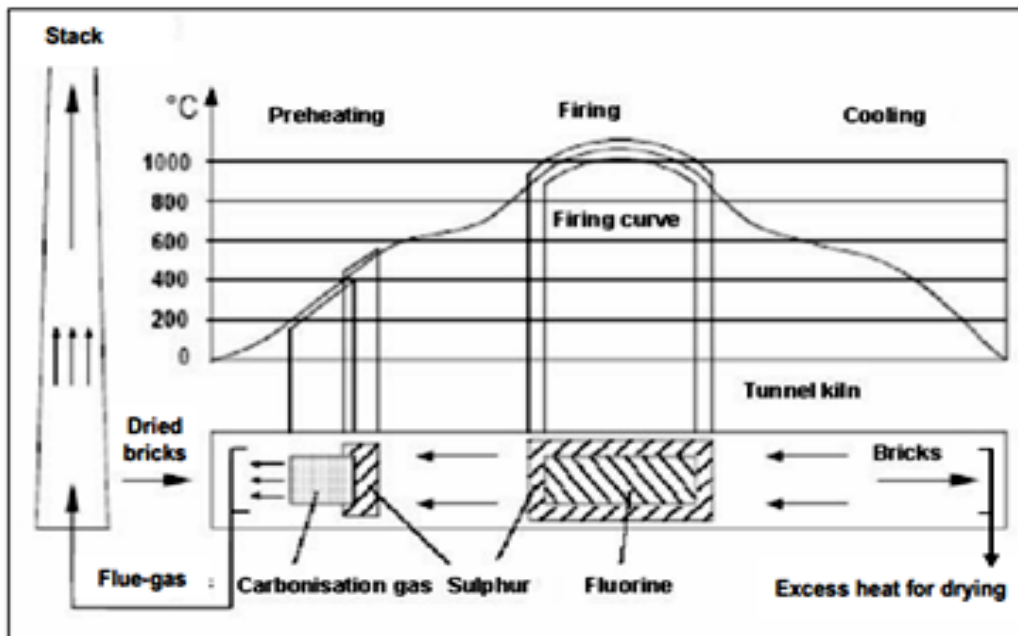


Egy hasonló reakció a klorid és SO_x „rögzítését” is szolgálja a kerámia testen belül, amint azt fentebb említettük, és jelentősen csökkentheti a HCl- és SO_x-kibocsátást is. A füstgázok HF, HCl és SO_x koncentrációja azonban nem feltétlenül függ össze a nyersanyag CaO szintjével, mert a tapasztalatok azt mutatják, hogy az égetési folyamat során az agyagtermékekben jelen lévő finom karbonátok vagy CaO is kismértékű hatással bír, ill. nincs hatással a HF, HCl és SO₂/SO₃ kibocsátási szintjére. Ez főként a kemencében fellépő magas égetési hőmérséklet miatt következik be, ami a CaSO₄, CaCl₂ és CaF₂ bomlását okozza. 850 °C körüli hőmérsékleten a CaF₂ bomlásnak indul. Magas hőmérsékleten (900 °C felett) a CaO szilikátokkal is reakcióba lép, kalcium-szilikátokat képezve, csökkentve a rendelkezésre álló CaO mennyiségét.

A folyamat-optimalizálás szempontjából az alábbi komponensek relevánsak:

Ad a) *A fűtési görbe optimalizálása:* a fűtés sebessége, valamint az égetési hőmérséklet szintje befolyásolhatja az SO_x-ot és a HF-kibocsátás volumenét. A melegítés sebességének csökkentése a legalacsonyabb hőmérsékleti tartományban (400 °C-ig) elősegíti a HF felszívódását CaF₂ képződésével, ami a HF kibocsátás csökkenését eredményezi. Hasonló hatás érvényesülhet az SO_x-kibocsátásra is. Általában pirit oxidációjával vagy a kerámiatestben jelen lévő kalcium-szulfát disszociációjával keletkeznek. A hevítési sebesség növelésével a 400 °C és az égetési hőmérséklet közötti hőmérséklet-tartományban gyorsabban érik el a szinterezési hőmérsékletet, és ennek következtében a kibocsátás diffúzióval korlátozódik, a kibocsátás csökken. Az égetési hőmérséklet magassága befolyásolja a szulfátok bomlását. Minél alacsonyabb az égetési hőmérséklet, annál kisebb a bomlás, így kisebb a SO_x-kibocsátás. Az égetési hőmérséklet csökkentése úgy érhető el, hogy folyasztószert adunk a nyersanyagkeverékhez. A gyorsabb égetési ciklusok általában csökkentik a fluorid kibocsátást. Az alapanyag tulajdonságai befolyásolják a fluor felszabadulását, de minden kerámiaterméknel a 800 °C feletti égetési idő döntő jelentőségű. Az égetési folyamatok oxigénszintjének szabályozása maximalizálja az égési hatékonyságot.

Ad b) *A kemencegázok vízgőzszintjének csökkentése:* a kemencegázok vízgőzszintjének csökkentése általában alacsonyabb fluoremissziót eredményez, mivel az agyagásványokból a fluor felszabadulásának alapvető mechanizmusa a pirohidrolízis. Ez a reakció 800 °C-on és ennél magasabb hőmérsékleten megy végbe.



Forrás: European Commission.⁷⁸⁷

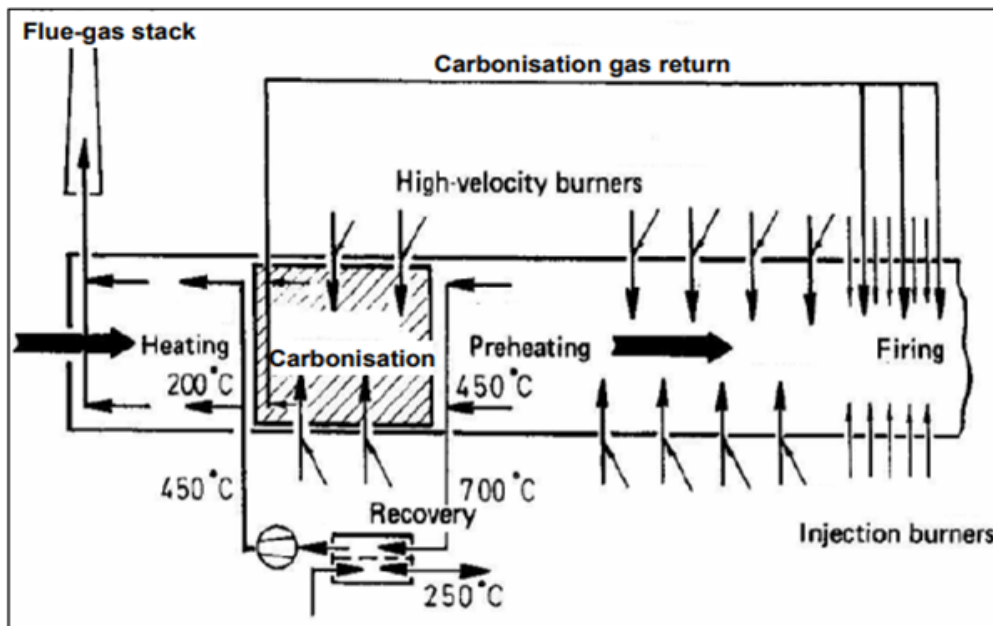
Hőmérséklet-görbe példa hőmérsékleti tartományai a téglá égetése során szennyező anyagok kibocsátására

Ad c) *Belső karbonizációs gázégetés:* a kemence fűtőterében a nyersanyagkeverékben lévő szerves komponensek bomlása és tökéletlen égése következtében fellépő VOC-kibocsátások (úgynevezett karbonizációs gázok) utólag elégethetők a kemencében, feltéve, hogy a kemencét speciálisan módosították. A belső égés úgy valósítható meg, hogy a karbonizációs gázokat a kemence fűtőzónájából visszavezetjük a tüzelőzónába, ahol az ott uralkodó magas hőmérséklet hatására tovább égnék.⁷⁸⁸ Ennek elérése érdekében el kell választani azt a kemencezónát, ahol a VOC-kibocsátás előfordul (az úgynevezett karbonizációs zónát), a kemence többi részétől. Ez egy vagy több tolóajtó beépítésével érhető el a kemencében, vagy speciális elszívó rendszerrel a szénbázisú gázok számára. Ezzel a technikával nemcsak a VOC-kibocsátás, hanem a CO-kibocsátás is jelentősen csökken.⁷⁸⁹ A következő ábra a szénsavas gáz belső égetésének sematikus nézetét mutatja.

⁷⁸⁷ European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

⁷⁸⁸ UBA (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

⁷⁸⁹ TWG Ceramics (2005): Merged and sorted comments master spread sheet on draft 1.



Forrás: European Commission.⁷⁹⁰

A karbonizációs gáz belső égésének sematikus képe

Ad d) Az *alacsony NO_x-tartalmú égők*: a fő probléma a kerámiatermékek gyártása során előálló nitrogén-oxidok kibocsátása, például tűzálló termékek 1300 °C feletti hőmérsékleten történő égetése során. Ezek a NO_x-kibocsátások minimálisra csökkenthetők speciális alacsony NO_x-tartalmú égők (LO-NO_x égők) működtetésével. Ezek az égők hasznosak a láng hőmérsékletének csökkentésére, és ezáltal a termikus és (bizonyos mértékben) az üzemanyagból származó NO_x csökkentésére. A NO_x-csökkentést öblítőlevegő-ellátással érik el, mely révén a láng hőmérséklete mérsékelhető. Emellett további lehetőség még az égők pulzáló működésének kialakítása. Az alacsony NO_x-tartalmú égők alkalmazhatósága és hatékonysága számos tényezőtől függ, de legfőképpen a végső égési hőmérséklettől. Egyes esetekben például az 1400 °C feletti hőmérsékleten nem megfelelő hatékonyságról számoltak be. Ebben az összefüggésben hasznos kiegészítő információk található az üvegyártásról szóló BREF-ben, ahol az alacsony NO_x-tartalmú égőket is említik. A végtermék termékminőségi követelményei miatt is korlátozott lehet az alacsony NO_x-tartalmú égők használata.⁷⁹¹

A szorpciós növények, az ún. adszorberek és abszorberekkel összefüggésben hasznos információk található a vegyi ágazat közös szennyvíz- és hulladékgáz-kezelési rendszereiről szóló BREF-ben is:

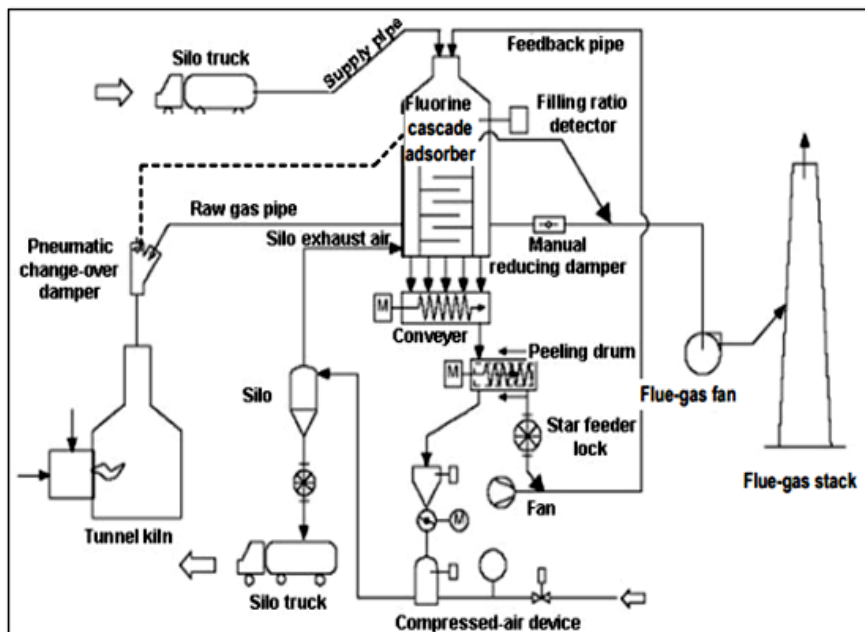
Ad a) *Kaszád típusú csomagolt ágyas adszorberek*: a kaszád típusú töltetágyas adszorberben az adszorbens, általában kalcium-karbonát (CaCO₃, mészkő) és a füstgázban lévő szennyező anyagok (főleg HF, SO_x és HCl) közötti reakció egy kamrában megy végbe, amelyben az adszorbens lesüllyed a gravitáció hatására, és amelyen a füstgázok ellen- vagy keresztáramlásban haladnak át. A megfelelő reakcióidő és érintkezési felület elérése érdekében ebben a kamrában terelőlemezek vannak elhelyezve. Ezek a terelőlemezek lassítják az adszorbens lefelé irányuló sebességét, és biztosítják a füstgázok hatékony keringését és eloszlását az egységben. Az elhasznált kalcium-karbonátot a berendezés alján

⁷⁹⁰ European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

⁷⁹¹ TWG Ceramics (2005): Merged and sorted comments master spread sheet on draft 1.

gyűjtik össze. Az adszorberek akár 500 °C hőmérsékletű gázokkal is megbirkóznak előzetes hűtés nélkül, ezért nagyon hatékonyan csökkentik a kemence füstgazaiból származó HF, SO_x és HCl kibocsátást.⁷⁹²

A kalcium-karbonát szokásosan 4-6 mm szemcseméretű granulátum formájában használják, amelyeknek meg kell felelniük bizonyos méretre, összetételre és porozitásra vonatkozó előírásoknak a maximális tisztítási hatékonyság elérése érdekében. Adszorbensként a közönséges kalcium-karbonát mellett kalcium-karbonát, illetve kalcium-hidroxid (CaCO₃/Ca(OH)₂) keverékekből álló módosított kalcium-karbonát típusok is használhatók. Megnövekedett porozitásuk és magasabb kalcium-hidroxid-tartalmuk miatt ezek a savas gázokhoz képest nagyobb affinitásúak. Mivel a HF, SO_x és HCl adszorpciója főként a kalcium-karbonát szemcsék külső oldalán megy végbe, a granulátum adszorpciós hatékonysága meglehetősen alacsony. Az adszorpciós hatékonyság növelése érdekében módosítatlan kalcium-karbonát alkalmazásakor „peeling” technika alkalmazható. Ebben az elhasznált granulátum lágyabb külső bevonatát, amely kalcium-fluoridból, kalcium-szulfidból, kalcium-szulfátból vagy kalcium-kloridból áll, mechanikusan eltávolítják. A megmaradt granulátum újrafelhasználható adszorbensként, feltéve, hogy mérete elég nagy ahhoz, hogy kevesebb hulladék (lehámozódott telített mészkő formájában) keletkezzen. A módosított granulátumok esetében a savas gázokkal szembeni nagyobb affinitást a jobb felületi minőség éri el, ezért nem alkalmazhatók újrafelhasználás céljából, ahogy az a módosítatlan kalcium-karbonátnál lehetséges, hanem hulladékká válnak. A szorpciós szer automatikusan visszakerül a tárolósilóba. Ezzel az intézkedéssel akár 50 %-kal is csökkenthető a hulladék mennyisége.⁷⁹³



Forrás: European Commission.⁷⁹⁴

Hámazódobos kaszkád típusú csomagolt ágyas adszorber folyamatábrája

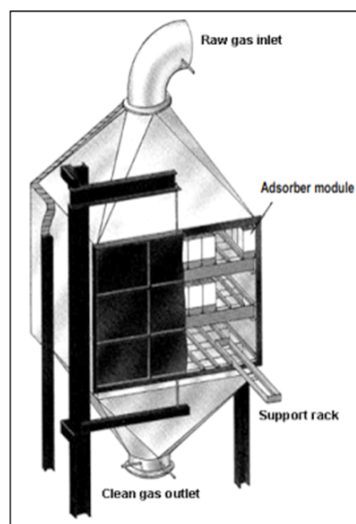
⁷⁹² UBA (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

⁷⁹³ UBA (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

⁷⁹⁴ European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

A szennyező anyagokkal telített mészkő granulátumot szállítócsiga szállítja a hámozó dobba. A szennyező anyagokkal telített külső réteget dörzsöléssel távolítják el, és a kisebb, 2,5 mm-nél kisebb szemcseátmérőjű granulátummal együtt szedik ki. Ezt a szennyezett anyagot siló teherautók ürítik. A megmaradt, 2,5 mm-nél nagyobb részecskeátmérőjű granulátum felülete ismét reaktívvá válik. Az újrahasznosított granulátumot egy csillag adagolózárr és egy visszacsatoló cső vezeti vissza az adszorber tároló silójába. Az adszorber, a hámozó dob és a visszacsatoló cső zárt rendszer. A hámozás és a visszatáplálás automatikusan és folyamatosan történik. Ez a technika a kerámiaipar számos ágazatában alkalmazható, de meg kell jegyezni a rendszer helyigényét, valamint a szabályozás és az egyéb adszorbensek alkalmazása tekintetében a rugalmasság hiányát. Egyéb feltételek között található a HF és SO_x nyersgáz-koncentrációja, az agyag termékválaszték, a kemence működése, a kemence mérete, a kemence termelési sebessége, a szükséges felső égési hőmérséklet, a füstgáz mennyisége és hőmérséklete, az adszorberből származó teljes porterhelés, a porra vonatkozó követelmény. Figyelembe kell venni a szűrő, az adszorberekből származó nagy mennyiségű hulladék újrafelhasználásának, újrahasznosításának vagy lerakásának lehetőségét, a megfelelő mészkőpellet elérhetőségét, a villamosenergia-igény növekedését és a teljes környezeti hatást.

Ad b) *Modul adszorber rendszerek:* a gáz halmazállapotú szervesetlen fluorvegyületek elválasztására túlnyomórészt alkalmazott eljárás a száraz szorpció, amely kalcium-hidroxidból készült méhsejt-modulok segítségével történik úgynevezett moduladszorber rendszerekben. Ebben a folyamatban a füstgáz egy egyszerű, mozgó alkatrészek nélküli acélreaktoron halad át. A reaktorban több réteg méhsejt alakú adszorber modul található, amelyek oltott mésszel (kalcium-hidroxiddal) vannak feltöltve, és kémiai úton alakítják át a füstgázok HF-tartalmát kalcium-fluoriddá (CaF₂), amikor áthaladnak a modulokon. A modulok élettartamát befolyásolja a berendezés üzemideje, a füstgáz térfogatárama és a nyersgáz fluorkoncentrációja. A modulok tartó állványokban vannak elhelyezve a modulcsere idejének csökkentése és a kezelés megkönnyítése érdekében. A telített modulokat újak váltják fel. A következő ábra a Ca(OH)₂-ből készült méhsejt-modulokat alkalmazó száraz szorpció egység sematikus nézetét mutatja.⁷⁹⁵



Forrás: European Commission.⁷⁹⁶

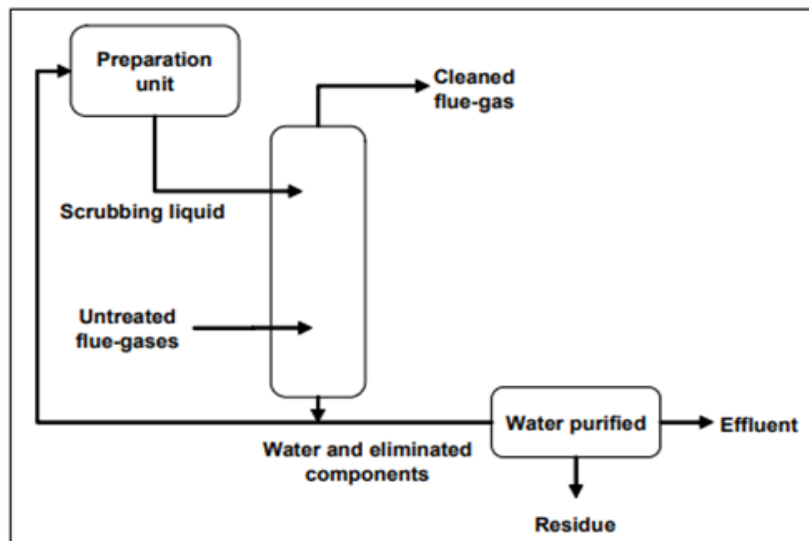
Egy méhsejt-modul adszorber rendszer sematikus képe

⁷⁹⁵ UBA (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

⁷⁹⁶ European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

Ad c) *Száraz füstgáztisztítás szűrővel* (zsákos szűrő vagy elektrosztatikus leválasztó): az ilyen típusú füstgáztisztításnál az adszorbenst száraz formában fűjják be a füstgázáramba. A savas komponensek (kén-oxidok, valamint szervesetlen klór- és fluorvegyületek) reaktorban vagy reaktorzónában adszorbeálódnak. A reaktor (zóna) mögötti szűrő eltávolítja a keletkezett szemlegesítő sókat és a felesleges adszorbenst a füstgázáramból. Főleg zsákszűrőt használnak erre a célra, mert jó érintkezést hoz létre az adszorbens és a gáznemű szennyeződések között. A szűrőtasak szövetének savnak és lúgnak ellenállóan kell lennie, és a kezelendő gázok hőmérséklete is meghatározza a pontos anyagösszetételt.⁷⁹⁷ A száraz füstgáztisztítás speciális változata a félszáraz füstgáztisztítás szűrővel, vagy más néven kondicionált száraz füstgáztisztítás. Kis mennyiségű víz használata miatt különbözik a száraz módszertől. Az adszorbenst úgy „kondicionálják”, hogy vízzel enyhén megnedvesítik, ami növeli a reakcióképességet és így a tisztítási hatékonyság is nagyobb. Emellett az adszorbensek fogyasztása és a maradékanyagok mennyisége is kisebb. Ennek a technikának a hátránya a korróziós problémák, a füstgázok magasabb páratartalma, valamint a bonyolultabb kivitelezésű szabályozás.⁷⁹⁸

Ad d) *Nedves füstgáz tisztítás*: nedves füstgáztisztítással a savas komponenseket (kén-oxidok, szervesetlen klór- és fluorvegyületek) távolítják el a füstgázokból úgy, hogy vízzel intenzíven érintkeznek. Ez azt eredményezi, hogy a komponensek a gázból a víz fázisba kerülnek. Ennek mértéke a kérdéses komponensek oldhatóságától függ. Az oldhatóság növelése érdekében bázist, például kalcium-karbonátot (CaCO_3), kalcium-hidroxidot (Ca(OH)_2), nátrium-karbonátot (Na_2CO_3), nátrium-hidroxidot (NaOH) vagy ammóniát (NH_3) adhatunk a vízhez. Egy nedves füstgáztisztító berendezés illusztrációja a következő ábrán látható.⁷⁹⁹ Egy ilyen egység egy mosófolyadék előkészítő egységből, egy mosórészből, egy szilárd-folyadék szeparátorból és esetleg egy vízkezelő egységből és cseppgyűjtőből áll. Az érintkezési felület növelése érdekében lemezeket vagy inert töltőanyagot (csomagolt oszlopok) lehet használni. Az oszlopmosókön kívül van még sugármosó, Venturi gázmosó és forgó súroló is.



Forrás: European Commission.⁸⁰⁰

Nedves füstgáztisztító egység illusztrációja

⁷⁹⁷ TWG Ceramics (2005): Merged and sorted comments master spread sheet on draft 1.

⁷⁹⁸ VITO (2003): The Flemish BAT-report on the ceramic industry (brick and roof tile industry), English translation of parts of the original Dutch version.

⁷⁹⁹ VITO (2003): The Flemish BAT-report on the ceramic industry (brick and roof tile industry), English translation of parts of the original Dutch version.

⁸⁰⁰ European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

A nedves mosórendszerekben a füstgázt először lehűtik, majd megtisztítják. Ezen túlmenően a nedves eljárásban semlegesítő egységre és szilárdanyag-leválasztó egységre van szükség. A nedves füstgáztisztítás egy speciális változata a félnedves füstgáztisztítás, ahol a kisebb vízmennyiség miatt a párologtatás engedélyezve van.

Következésképpen száraz maradék keletkezik, amely szűrővel elválasztható. A módszer magasabb füstgáz-hőmérsékletet igényel, hogy a párolgásból eredő energiaveszteséget követően a szűrőnél kellően magas hőmérsékletet tartson fenn. A félnedves rendszerek előnye, hogy alacsonyabb az adszorbens fogyasztás, kisebb mennyiségű a maradékanyag és nagyobb a tisztítási hatékonyság, de bonyolultabb működési szabályozást igényelnek.⁸⁰¹

Ad e) *Aktív szénszűrők*: az aktív szénszűrők csak kis térfogatú illékony szerves vegyületek tisztítására alkalmasak, például amikor a kötőanyagként használt gyanták hőkezelése során illékony reakciótermékként szabadulnak fel. A részecskéket és cseppeket a szénszűrő előtt el kell távolítani a gázáramból. Míg egyes szerves vegyületeket (például fenolt és naftalint) az aktív szén visszatart, mások nem kötődnek meg hatékonyan.

Ad f) *Biológiai leválasztók*: A kerámiaiparban az egyes műszaki kerámiák és szervesetlen kötésű csiszolóanyagok gyártása során, a kötőanyagként használt gyanták hőkezelésekor illékony reakciótermékek szabadulnak fel, úgy, mint az ammónia, a formaldehid és a fenol. Ezek megfelelő folyadékkal eltávolíthatók a füstgázokból. A biológiai leválasztók alkalmazása egy olyan alternatív lehetőség, amelyben az abszorbens közeget biológiai úton regenerálják. Szükséges feltétel a szennyező anyagok vízben való oldhatósága és a folyamatos betáplálás a biológiai gázmosó térbe. A biológiai gázmosók felhasználhatók a tűzálló termékek gyártási folyamataiban, valamint az egyes műszaki kerámiák gyártásában is.

Az *utóégetés* témakörében hasznos és további témaspecifikus információk találhatóak a vegyi ágazat közös szennyvíz- és hulladékgáz-kezelési rendszereiről szóló BREF-ben is.

A *termikus utóégetés* keretében a VOC-k kemencén kívüli elégetése termoreaktorokban valósítható meg. Ezek két vagy három kamrát tartalmaznak, amelyek nagy hőtároló képességű kerámiákkal vagy SiO₂ elemekkel vannak feltöltve. A folyamatot a nyersgáz jellemzőitől (pl. hőmérséklet, összetétel) függően 100-150 mg VOC/m³ feletti nyersgáz esetén végezzük előnyösen. Az illékony szerves vegyületeket tartalmazó füstgázok az első kamrán áthaladva elnyelik a benne tárolt hőt. Ahogy elhagyják az első kamrát és belépnek az égetőbe, megközelítik az égési hőmérsékletet. Az égetőkamrában tovább hevítik őket 750-800 °C-ra égők segítségével, így a szerves anyagok gyakorlatilag teljesen elégnek. A füstgázokban jelenlévő CO szintén tovább oxidálódik CO₂-vé.

Ezenkívül, feltéve, hogy a hőmérséklet legalább 800 °C, és a tartózkodási idő legalább 1,5 másodperc, a jelenlévő/képződő dioxinok 90 %-os megsemmisülése érhető el. Az égetőkamrából kilépő forró tisztított gázok ezt követően áthaladnak a második kamrán, ahol a hőenergia nagy részét ismét leadják. A lehűtött gáz elhagyja a második kamrát, és a kéményen keresztül távozik. Egy bizonyos idő elteltével, amikor az első kamra kellően lehűlt és a második kamra kellően meleg, a gázáramlás iránya megfordul.

⁸⁰¹ VITO (2003): The Flemish BAT-report on the ceramic industry (brick and roof tile industry), English translation of parts of the original Dutch version.

A második kamra ezután felmelegíti a kezeletlen gázokat, az első kamra pedig lehűti a tisztított gázokat. Ha egy termoreaktorban van egy harmadik kamra, akkor azt a gázáramlási irány megfordítása esetén az emissziós csúcsok elkerülésére használják. A gázáramlás irányának megfordítása után kis mennyiségű öblítőlevegőt vezetnek át ezen a kamrán, hogy biztosítsák, hogy a kezeletlen gázok ne kerülhessenek a kéménybe.⁸⁰²

A *katalitikus utóégetés* során a VOC-csökkentési technikában az illékony szerves szennyező anyagokat úgy oxidálják, hogy a füstgázokat egy katalitikus felületen vezetik át, ami felgyorsítja az oxidációs reakciót. A katalizátor a szerves szennyező anyagok oxidációjához szükséges hőmérsékletet 200 és 300 °C közötti hőmérsékletre csökkenti. Főleg fémoxidok vagy nemesfémek (például Pd, Pt és Rh) vegyületeit tartalmazó katalizátorokat használnak.

Az utóégetés és termikus kezelés után a soron következő legfontosabb tématerület a *keletkező szennyvizek feldolgozása és hasznosítása*.

A víz nagyon fontos nyersanyag a kerámiagyártó iparban, de a felhasznált mennyiség ágazatonként és folyamatonként igen eltérő. A kerámia testkeverékekhez közvetlenül hozzáadott víz nem okoz szennyvíz problémát, mivel a szárítási és égetési szakaszban utólag elpárolog a levegőbe. A technológiai szennyvíz főleg akkor keletkezik, amikor az agyaganyagokat kiöblítik és folyó vízben szuszpendálják a gyártási folyamat lépései során.

A víz *hőcserélő funkciót* tölthet be a hűtési hidraulikus rendszerekben, kompresszorokban stb. Az erre a célra használt víznek tisztának és alacsony keménységűnek kell lennie, hogy elkerülje a vízkőképződést a hőcserélőkben. A felhasznált víz egyszerű hűtési és/vagy tisztítási műveletek után zárt körökben keringhet, így a vízfogyasztás megfelel az elpárolgott víz mennyiségének. Mivel a hűtési műveletekhez használt zárt körökben lévő vizet a legtöbb esetben kémiaiilag kondicionálják a szerves anyagok korróziójának vagy fermentációjának elkerülése érdekében, a termelési szennyvízzel való kezelés általában nem lehetséges (ebben az összefüggésben lásd még az ipari hűtőrendszerekről szóló BREF-et).

A vizet füstgázmosókban (nedves füstgáztisztító rendszerekben és nedves porleválasztókban) is használják. Ezekben a rendszerekben *újrahasznosított technológiai szennyvíz* használható, amelyet egyszerű fizikai eljárással (előzetes vegyszeres kezeléssel vagy anélkül ülepítve) kezeltek, és újra cirkuláltathatók vagy kezelhetők.

Természetesen vízzel tisztítják az egyes létesítményeket, különösen a nyersanyag-előkészítő egységeket, öntőformákat és egyéb öntőegységeket, üvegezési vonalakat, engobozást és egyéb dekorációs egységeket. A tisztítás az a művelet, amely során a legtöbb vizet felhasználják, és amely megfelelő kezelést igényel a megtakarítások elérése és a technológiai szennyvíz elkerülése érdekében. A vízfelhasználás csökkenthető, ha a vizet többször megtisztítjuk és a tisztítás során újra felhasználjuk.

⁸⁰² UBA (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

A kerámiagyártás során keletkező víz tisztításának célja a vízfogyasztás csökkentése és a minimális technológiai szennyvíz kibocsátás elérése. E célok elérése érdekében folyamatoptimalizáló intézkedéseket és szennyvíztisztító rendszereket alkalmaznak:

Ad a) *Folyamat optimalizálás*: a vízfogyasztás minimalizálása alapvető fontosságú, ennek érdekében a következő folyamatoptimalizálási intézkedéseket lehet végrehajtani:

- a vízáramra- és körforgásra hatást gyakorló automatikus szelepek felszerelése, amelyek megakadályozzák a víz szivárgását;
- nagynyomású rendszer telepítése az üzemben tisztítási célból (vagy nagynyomású tisztítóberendezés alkalmazása);
- átállás a nedves gáz-tisztító rendszerekről alternatív, nem vizet fogyasztó rendszerekre (tisztítás száraz gáz-tisztító rendszerekkel);
- „in-situ” hulladékmáz gyűjtőrendszerek telepítése;
- csúszó-szállító csőrendszerek telepítése;
- a különböző folyamatlépésekből származó szennyvízárámok elkülönített gyűjtése;
- a technológiai szennyvíz újrafelhasználása ugyanabban a folyamatlépésben, különösen a tisztítóvíz ismételt újrafelhasználása megfelelő kezelés után.

Ad b) *Technológiai szennyvízkezelési rendszerek*: ebben a témában hasznos információk találhatóak a vegyi ágazat közös szennyvíz- és hulladékgáz-kezelési rendszereiről szóló BREF-ben is.

A fő technológiai szennyvízkezelő rendszerek a következők:

- homogenizálás: homogenizáló tartályokat használnak a kezelendő víz egyenletes összetételének elérésére, és lehetőség szerint az összetevők változásaival kapcsolatos problémák kiküszöbölésére. Az ilyen tartályok használata minden további kezelés esetében javulást eredményez, mivel az így létrejövő homogenitás megkönnyíti a termékadalékok szabályozását és a konzisztenciát az üzemi létesítményekben.
- levegőztetés: ez egy fizikai folyamat, amelyet gyakran használnak a vízkezelésben különböző célokra, mint például az anyagok oxidációja a későbbi pelyhesedés elősegítése érdekében, a folyamat szennyvizében jelenlévő szerves vegyületek oxigenizálása, a szagok, bűzhatást okozó anyagok eltávolítása (stb.). A levegőztető berendezések felületi keverőket vagy turbinákat tartalmaznak.
- ülepítés (ülededés): ez a szilárd részecskék részleges elválasztása a folyadéktól gravitáció által. Különböző típusú ülepítő tartályok léteznek, melyek lehetnek téglalap, kerek vagy lamellás alakúak.
- szűrés: a szűrés a lebegő szilárd anyagok elválasztását jelenti a folyadéktól oly módon, hogy a szuszpenziót porózus közegen vezetik át, amely megtartja a szilárd anyagokat és lehetővé teszi a folyadék átáramlását. A kerámiaiparban használt típusok a mélyszűrők, a szűrőprések és a forgó vákuumszűrők. A berendezégyártók olyan fejlett prések modellekkel álltak elő, amelyek képesek pontosan a megfelelő nyomást a megfelelő pillanatban biztosítani, optimalizálni a préselési ciklust és 55–65%-os energiamegtakarítást elérni.⁸⁰³
- aktív szén abszorpció: ez a kezelés a szén azon képességén alapul, hogy erősen megkötö a vízben jelen lévő szerves molekulákat. Ez kellően hatékony rendszer például a biológiai nem lebomló szerves anyagok eltávolítására.

⁸⁰³ Walchhuetter Ulrich (1995): Evolution in presses. American Ceramic Society Bulletin Volume 74, Issue 9, Pages 65- 68.

- kémiai kicsapás: ez a folyamat, különböző oldott elemek oldhatatlan vegyületekként való kicsapásával történik reagensek, például mész felhasználásával.
- koaguláció és flokkuláció: ennek a kezelésnek a célja a kolloid szuszpenziók és a részecskeagglomeráció szétválasztása például timsó vagy polielektrolit vagy mész- és fémsók kombinációjával.
- ioncsere és fordított ozmózis: ezek a folyamatok a bór eltávolítását szolgálják a mázas és a felhordási szakaszból érkező tisztítóvízből. A fordított ozmózist a kibocsátandó technológiai szennyvíz mennyiségének csökkentésére is alkalmazzák.

Az eljárási veszteségek és hulladék, iszap kapcsán kiemelendő, hogy a keletkező az iszapok *előnyösen újrahasznosíthatók* ugyanazon gyárakban, ha hozzáadják őket az alapanyag-összetételhez. Ezeknek az iszapoknak körülbelül 20%-a újrahasznosítható. Ennek egyik módja az alapanyagokhoz való adagolás, de hogy az anyag viselkedését ne befolyásolják, százalékos arányukat 2%-a alatt kell tartani.⁸⁰⁴

A kerámiatermékek gyártása során keletkező iszap újrahasznosításának lehetőségei az alábbiak:

Ad a) *Iszap-újrahasznosító rendszerek:* az újrahasznosítás magában foglalja az iszap újrafelhasználását a kerámiatestekben, mint például a kerámia anyagokat tartalmazó vizes szuszpenziók esetében, például a fal- és padlólapok gyártásához. Az iszap-újrahasznosító rendszerek könnyen megvalósíthatók nedves őrléssel nyersanyag-előkészítéssel rendelkező létesítményekben, mivel az iszap közvetlenül felhasználható utólagos kezelés, vagy csupán egyszerű fizikai vagy fizikai-kémiai kezelések igénye nélkül, további előnye, hogy az iszap felhasználható. Ha száraz test előkészítésről van szó, bár az iszap hozzáadása nem okoz gondot, a kezelés bonyolultabb, mivel az iszapot először meg kell szárítani.

Ad b) *Az iszap újrafelhasználása más termékekben:* az iszap újrahasznosítható a kerámiaipar olyan ágazataiban, amelyek eltérnek az iszapot termelő kerámia ágazattól, mert ez műszakilag és gazdaságilag is előnyös megoldásokat jelenthet. Például a háztartási kerámiák vagy szaniteráruk gyártásából származó iszap felhasználható nyersanyagként, illetve adalékanyagként az agyagtömb-gyártásban és az expandált agyag-aggregátumok gyártásában. Ez egyrészt a pazarlás elkerüléséhez, másrészt nyersanyag-megtakarításhoz vezet.

A kerámiatermékek gyártási folyamatai során több lépésben szilárd hulladék fordul elő:

Ad a) *Az általános megfontolások a szilárd folyamatvesztések nyersanyagként való újrafelhasználásával kapcsolatban:* az alapanyagok berakodása, kirakodása, szállítása, mechanikus kezelése és feldolgozása során összegyűlt por normál esetben újra felhasználható alapanyagként. Például az alapanyagok tárolása során bármilyen szűrőpor közvetlenül visszavezethető a gyártási folyamatba vagy a silóba, ha helyi légtisztítást alkalmazunk silószűrővel. A közvetlen visszavezetés azonban nem biztos, hogy központi pormentesítő egységek működtetésekor is lehetséges a különböző alapanyagok keverése miatt. Ezen kívül az égetés előtt keletkező folyamatvesztéseket általában nyersanyagként lehet újra felhasználni, ha hozzáadják a nyersanyagkeverékhez. A formázás során keletkező fő veszteségek az anyagformálások során keletkező anyagmennyiség, a használt formák és a por. A présből kivágott darabokat gyakran a présasztalról tolják le, a prés alatt gyűjtik és közvetlenül visszavezetik a prés anyagtárolójába. Ezen túlmenően, a port vagy a vágott darabokat visszavezetik egy öntőlemezbe vagy kőagyag-masszába.

⁸⁰⁴ Tenaglia A. (1992): Re-use of wastes, Proceedings of the European Seminar on New Technologies for the Rational Use of Energy in the Ceramics Industry, CEC, DG for Energy (DG XVII), Orleans, France, May 1992, p. 301.

Az elhasznált gipszformák újra felhasználhatók a cementiparban, vagy az aprítás és őrlés után részben a műtrágyaiparban is. A füstgáztisztító rendszerből származó por csak bizonyos körülmények között használható fel újra, mert ez a por nagy koncentrációban tartalmazhat ként (S) és fluort (F). Ebből kifolyólag a nyersanyagkeverékhez hozzáadva, ez a por megnövekedett HF- és SO_x-kibocsátást eredményezhet az égetési folyamat során. A füstgáztisztító rendszerből származó por is tartalmazhat adszorbens részecskéket, például meszet – különösen, ha meszet tartalmazó adszorpciós rendszert alkalmazunk –, ami befolyásolja a termék tulajdonságait. Ezért a különböző füstgázáramok különvezetése elősegíti a poros folyamatvesztések optimális hasznosítását. A duzzasztott agyag aggregátumok gyártásánál a legtöbb esetben a por újrahasznosítható. A füstgáztisztítás során keletkező gipsz, különösen a duzzasztott agyag adalékanyagok gyártása során, illetve a téglá- és tetőcserepes iparban, nem hasznosítható újra a folyamatban, a cementiparban azonban keményedés-szabályozóként használják. Azok az anyagok, amelyeket nem lehet üzemben belül újrahasznosítani, elhagyják az üzemet, hogy más iparágakban kerüljenek felhasználásra vagy külső hulladék-újrafeldolgozó vagy -ártalmatlanító létesítményekbe szállítják.

Ad b) *Általános szempontok a gipszformákhoz, az égetési segédanyagokhoz és a törött árukhoz – elkerülés, csere, csökkentés:* a korszerű technikák alkalmazása a formázási folyamatban jelentős lehetőséget kínál a pazarlás megelőzésére. Az olyan eljárások, mint a gipszformákban történő csúszóöntés, helyettesíthetők polimer öntőformákkal ellátott, nyomás alatti öntőegységekkel. Ezzel a módszerrel elkerülhető a gipszformák használata, emellett akár 20%-os nyersanyag-megtakarítás érhető el, és csökken a fehériszap előfordulása.

Az izosztatikus prések polimer öntőformákkal is lehetővé teszik a gipszformák alkalmazásának elkerülését. Egyes ágazatokban, például a tetőcserepek gyártásában, lehetséges a zárt fémformák használata a nyitott formák helyett. A gipszformák cseréje azonban csak akkor lehetséges, ha új öntőegységet építenek, vagy a régit teljesen felújítják, ami költséges, és ezért különösen kis volumenű üzemeknél nehezen kivitelezhető. Bizonyos esetekben minőségi problémák léphetnek fel a gipszformák használatakor. Ezen túlmenően a fémformákban lényegesen kisebb az agyagból kilépő víz elszívása a formázás során, mint a gipszformákban. A felhasznált gipszformák mennyisége a gipszformák élettartamának növelésével is csökkenthető. Az automata vakolatkeverők és a vákuumvakolat keverők működése lehetővé teszik keményebb állapotú anyagformák gyártását, ami azt jelenti, hogy az élettartam legalább kétszer-háromszor hosszabbra növekszik. Azonban például az agyag tetőcserepek nedves sajtolásánál általában nem lehetséges növelni a keménységet. Ennek kiküszöbölésére meg kell találni az optimumot a porozitás és a felületi keménység között, hogy megfeleljen a vízelvezetés és a kopásállóság követelményeinek.

Az égetési folyamatban is vannak intézkedések a hulladékképzés közvetlen megelőzésére modern technikák alkalmazásával. Ha kapszula- vagy állványos alagútkemencés tüzelés helyett gyorségető rendszereket, például görgős tüzelőkemencéket használnak, csökkenthető az (felhasznált) égető segédanyagok mennyisége, de ezzel összefüggésben figyelembe kell venni, hogy a tüzelés időtartama a segédanyagoktól, a hőmérséklettől (ami a görgős tüzelőkemencékben jellemzően magasabb), és a kezeléstől (ami gyakoribb gyorségetésnél, mert rövidebb az égetési idő) függ. Ezen túlmenően a gyorségetés bonyolultabb forma esetén kedvezőtlenebb tulajdonságokkal rendelkező kerámiatermékeket hoz létre, mivel elsősorban lapos formai kivitelezésű termékekhez való, ezért nem minden esetben alkalmazható. Az égetési folyamatból származó törött áruk aránya az égetési görbe pontos elektronikus szabályozásával és a beállítás optimalizálásával csökkenthető.⁸⁰⁵

⁸⁰⁵ Umweltbundesamt (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

A kerámiatermékek gyártási folyamatai során fellépő zajok csökkentése szintén fontos feladat. Korábban már számos szempontból foglalkoztunk néhány zajkeltő berendezéssel, technikával, azt is érdemes kiemelnünk, hogy sok zajszempont nem igazán ágazatspecifikus. A zajkibocsátás csökkentése gyakran úgy érhető el, ha egyes intézkedéseket közvetlenül a zaj forrásánál alkalmazzuk. A fő zajforrások például a pneumatikus szűrőtisztító rendszerek, kompresszorok, az előkészítő egységek motorjai, valamint a kezelőegységek. A zajvédelem a zajos egység elszigetelésével vagy zajvédő falak kiépítésével érhető el. A dupla falak vagy dupla rétegrendszerű burkolatok nagyon hatékonyak, mivel az első és a második fal közötti levegő magasabb zajvédelmi szintet garantál. Több létesítményből (például prések, zúzó- és keverőberendezések) származó rezgések és zajok a fent említett intézkedésekkel nem csökkenthetők hatékonyan, ezért a rezgés- és zajátvitelt rezgésszigeteléssel kell elkerülni. A fém felfüggesztések, gumi-fém csatlakozások és a filcből, gumiból, parafából készült alkatrészek, valamint a teljes alaplappal rezgésszigetelése bitumenréteggel vagy egyedi motorágyakkal hatékonyan csökkenti a vibrációt és a zajt. További intézkedés lehet a zajkibocsátás csökkentésére az egységek zajforrásánál a hangtompítók használata, valamint a gyorsan forgó ventilátorok cseréje nagyobb, lassabb forgású ventilátorokra.

Ha a fent említett *zajvédelmi intézkedések* nem alkalmazhatók, és a zajos egységek épületen belüli áthelyezése nem lehetséges, másodlagos zajvédelmi intézkedéseket kell végrehajtani – gyakran magán az épületen. Ezt vastagabb falakkal és az ablakok hangszigetelésével érhetjük el (többrétegű üveglablakok, amelyek a fűtési költségek mérséklésében is segítenek), melyeket az üzemeléskor, így a zajkibocsátáskor is zárva kell tartani. Ezzel összefüggésben azonban meg kell említeni, hogy a zárt ablakok szükségessége a munkahelyi körülmények miatt gyakran (drága és energiaigényes) szellőztető rendszerek beépítéséhez vezet. Az ablakok, kapuk és zajos kültéri berendezések áthelyezése is lehetséges a szomszédos lakóterületektől távolabbi irányba. A dolgozók attitűdje is hatással van a zajkibocsátásra. Ha nincs szükség folyamatos szállítási- és közlekedési forgalomra, akkor a kapukat zárni kell. Ezen túlmenően a zajintenzív munkavégzés időbeli korlátozását is eszközölni kell különös tekintettel az esti vagy éjszakai órákban. A gyártóegységek infrastrukturális elemeinek és eszközparkjának rendszeres karbantartása, valamint a zajárnyékolók és hangtompítók időszerű cseréje a zaj csökkenéséhez vezet.⁸⁰⁶ Mivel egy zajvédelmi intézkedés mozgatórugója általában jogszabályi előírás (környezet vagy munkahely védelme), gazdasági szempontból ez elsősorban költségkérdés, különösen, ha építési intézkedésekről van szó.

Az „elérhető legjobb technológiák” fogalom meghatározása és tárgyköre számos környezetirányítási és környezeti teljesítmény-értékelési technikát foglal magába és határoz meg. A *Környezetirányítási rendszer* (a továbbiakban: Environmental Management System – EMS) hatóköre elsősorban az adott gyárlétesítmény méreteihez, összetettségéhez és jellegéhez, valamint a tevékenységből származó elsődleges és az azokból származó másodlagos környezeti hatások által befolyásolt.

A BAT tehát jelen esetben egy olyan EMS bevezetése, betartása és betartatása, amely az egyéni körülményeknek megfelelően a következő jellemzőket foglalja össze:

⁸⁰⁶ Umweltbundesamt (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

Ad a) Az adott vállalat környezetpolitikájának meghatározása az üzem egészére és az adott létesítményre vonatkozóan a felső vezetés által (kötelezettség a felső vezetés sikeres alkalmazásának előfeltétele):

- magában foglalja a környezetszennyezés megelőzése és ellenőrzése iránti elkötelezettséget;
- kötelezettségvállalást tartalmaz az összes vonatkozó környezetvédelmi jogszabály és előírás, valamint a szervezet által vállalt egyéb követelmények betartására;
- keretet ad a környezetvédelmi célok meghatározásához és felülvizsgálatához;
- dokumentálva van, és minden dolgozó ismeri;
- a nyilvánosság és minden érdeklődő számára elérhető.

Ad b) A szükséges eljárások tervezése és kialakítása:

- eljárások a létesítmény környezetvédelmi hatásainak azonosítására, azon tevékenységek meghatározására, amelyek jelentős hatással vannak vagy lehetnek a környezetre, és ezen információk naprakészen tartására;
- eljárások a szervezet által vállalt jogi és egyéb követelmények azonosítására és azokhoz való hozzáférésre, amelyek a tevékenységei környezeti vonatkozásaira vonatkoznak;
- dokumentált környezetvédelmi célok megállapítása és felülvizsgálata, figyelembe véve a jogi és egyéb követelményeket, valamint az érdekelt felek véleményét;
- környezetvédelmi vezetési program létrehozása és rendszeres frissítése, ideértve a célok eléréséért felelős felelősség kijelölését minden egyes releváns funkcióban és szinten, valamint az ezek elérésére szolgáló eszközöket és időkeretet.

Ad c) A meghatározott eljárások végrehajtása, különös figyelmet fordítva:

- az eljárások felépítésére és felelősségi körökre;
- a képzettségre, a tudatosságra és személyi kompetenciákra;
- a kommunikációra;
- az alkalmazottak bevonására;
- a helyes és szakszerű dokumentációra;
- a hatékony folyamatszabályozásra;
- a létesítmény berendezéseinek és eszközeinek karbantartási programjára;
- a veszélyhelyzeti felkészültségre és a megfelelő reagálásra;
- valamint a környezetvédelmi jogszabályok betartásának biztosítására.

Ad d) A környezeti teljesítmény ellenőrzése és a korrekciós intézkedések megtétele, különös figyelmet fordítva:

- a monitoringra és a mérési folyamatokra;
- korrekciós és megelőző intézkedésekre;
- a nyilvántartások vezetésére;
- valamint az adott körülmények között lehetséges belső ellenőrzés független vizsgálataira (belső auditok) annak érdekében, hogy a környezetirányítási rendszer megfelel a tervezett intézkedéseknek, a rendelkezéseket megfelelően végrehajtották és az eszközöket karbantartották.

Ad e) A vállalati felső vezetés felülvizsgálati és kiegészítő eszközei úgy, mint az:

- irányítási rendszert és az auditálási eljárást akkreditált tanúsító szervezettel történő megvizsgálatása és hitelesítése, hiszen az energiateljesítmény csökkenéséhez nemcsak a

földgázra, mint tüzelőanyagra való széles körű átállás, hanem a termelési folyamat optimalizálása a monitoring és célrendszer, az energiaauditok is hozzájárulnak;⁸⁰⁷

- a meghatározott időközönként kiadandó környezetvédelmi nyilatkozat elkészítése és közzététele, amely leírja a létesítmény összes jelentős környezeti vonatkozását, lehetővé téve az évről évre történő összehasonlítást a környezetvédelmi célkitűzésekkel, valamint adott esetben az ágazati referenciaértékekkel;
- egy nemzetközileg elfogadott önkéntes környezet-menedzsment rendszer alkalmazása, például az EMAS és az ISO 14001:2015 bevezetése és betartása. Ez az önkéntes lépés nagyobb hitelességet adhat az Környezetirányítási Rendszernek. Ezek közül is az EMAS az, amely különösen kiemelendő, hiszen az összes fent említett jellemzőt megtestesíti, továbbá nagyobb hitelességet is biztosít. A nem szabványosított rendszerek azonban elvileg ugyanolyan hatékonyak lehetnek, feltéve, hogy megfelelően megtervezték és végrehajták őket.

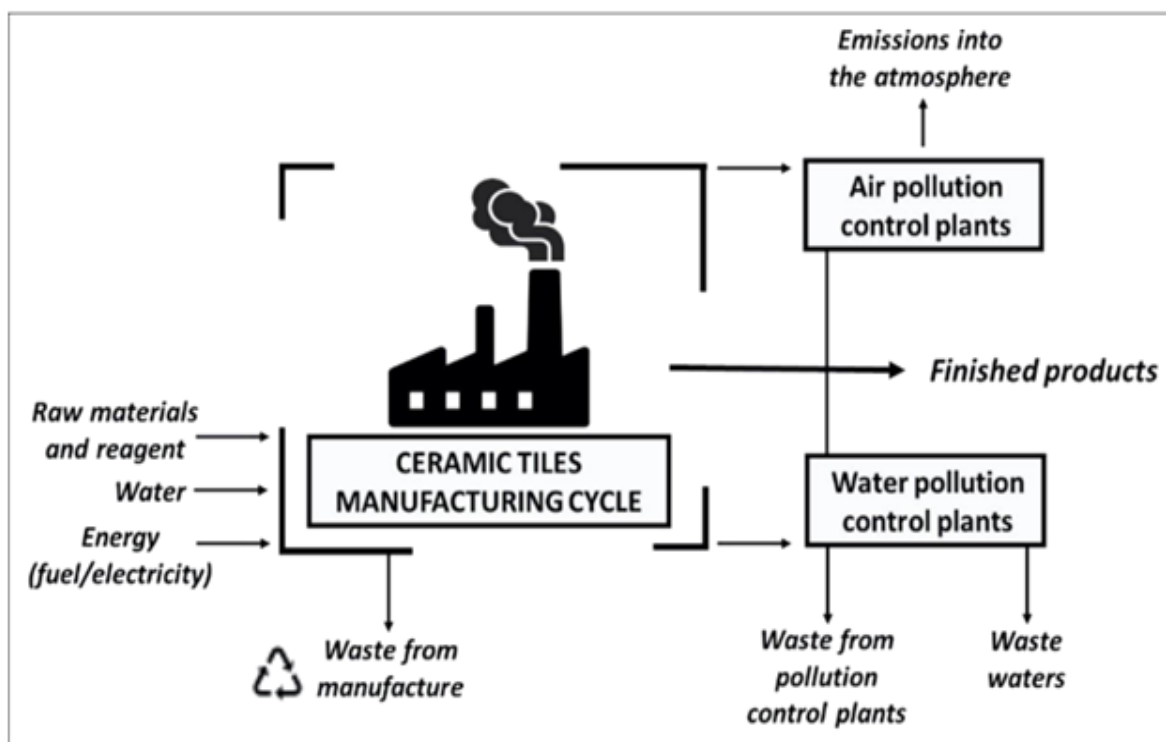
Ezek mellett pedig még számos olyan intézkedést lehet figyelembe venni az egyes kerámiagyártó ipari szektorok esetében, mint a gyártóegység leszerelésének környezeti hatása az új létesítmény tervezésének szakaszában, vagy további tisztább technológiák fejlesztése, ahol kivitelezhető és gyakorlatba is átültethető az ágazati teljesítményértékelés rendszeres alkalmazása, beleértve az energiahatékonysági és energiatakarékosági tevékenységeket, a kiindulási anyagok kiválasztását, a levegőbe történő kibocsátásokat, a vízbe történő kibocsátásokat, a vízfogyasztást és a hulladékkeletkezést.

4.3. Az anyag-, víz és energiagazdálkodás a téglá- és cserépgyártásban ⁸⁰⁸

Az alfejezet célja, hogy egy általános képet adjon a téglá- és cserépgyártás anyaggazdálkodásának, vízgazdálkodásának és energiafogyasztásának aktuális jellemzőiről és fejlesztési, optimalizálási lehetőségeiről. A nyersanyag- és erőforrás fogyasztás mellett különös figyelmet kell fordítani az olyan komponensek megjelenésére is, amelyek potenciális környezeti kockázatot jelenthetnek. Ilyen például a szálló por (a továbbiakban: PM), a fluor (F), az ólom (Pb), az illékony szerves vegyületek (a továbbiakban: VOC), az aldehidek és a nitrogén-oxidok (NO_x), melyek a kerámia termékek gyártásával összefüggő legfontosabb szennyező komponensek.

⁸⁰⁷ Criado E. - Navarro JE Enrique (1995): General trends in Spanish ceramic and refractory industries, in: P. Vincenzini (szerk.), *Ceramics: Charting The Future*; Techna. Srl. (1995) 541–556.

⁸⁰⁸ A 4.3. alfejezet Macher Gergely Zoltán tanszéki mérnök írása.



Forrás: Boschi et al.⁸⁰⁹

A téglá- és cserépgyártás anyag, víz és emissziós folyamatábrája

4.3.1. Anyaggazdálkodás és fejlesztési lehetőségei

A kerámiaipar sokféle és nagy mennyiségű nyersanyagot alkalmaz. Egyaránt hasznosítanak természetes, féltermészetes és szintetikus anyagokat, amelyek egy részét célszerűen Európában állítják elő, de ezek bizonyos részét EU-n kívüli importból is fedezik. A nyersanyag paletta ágazatonként jelentős eltéréseket mutathat, így azok materiális, mennyiségi és minőségi részletei is különbözőek. A korábbi alfejezet korábban már részletesen ismertette és bemutatta a téglá- és cserépgyártás anyagigényét és nyersanyagszükségeit, így jelen alfejezet annak fejlesztési lehetőségeit és különbségeit fogja figyelembe venni. Hiszen a kerámiaiparban használt agyagok ásványtani és kémiai összetétele nagyon eltérő a különböző európai országokban. Egy adott országon belül is sokféle készítmény alkalmazható. A lenti táblázat az európai átlag és a Magyarországon alkalmazott agyag nyersanyagok kémiai és ásványtani összetételeinek tartományait mutatja be⁸¹⁰. A szerves adalékanyagokat (fűrészpors, papírkötő anyagok, képződött polisztirol) vagy szervesetlen segédanyagokat (például: perlit) lehet hozzáadni az anyagi rendszerhez a nagyobb pórustérfogat elérése érdekében. Minden ilyen hatású adalékanyagot közvetlenül a formázás előtt vagy a nyersanyag-előkészítés során adnak hozzá az anyagi rendszerhez szilárd vagy folyékony formában.⁸¹¹

⁸⁰⁹ BOSCHI Giacomo – MASI Giulia – BONVICINI Giuliana – BIGNOZZI Maria Chiara (2020): *Sustainability in Italian Ceramic Tile Production: Evaluation of the Environmental Impact*. MDPI.

⁸¹⁰ CERAME-UNIE (2004): Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev.

⁸¹¹ TWG Ceramics (2005): Merged and sorted comments master spread sheet on draft 2.

A tégl- és cserépgyártás alapanyagának összetételi jellemzői

Anyagi jellemző	Magyarország		Európai átlag (2007)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Kémiai összetétel (térfogat-%)				
S	0,01	0,75	0,0	2,05
F	0,02	0,10	0,0	0,16
CO ₂	–	–	–	–
SiO ₂	42,2	63,0	33,05	80,6
Al ₂ O ₃ +TiO ₂	8,6	17,6	–	–
Al ₂ O ₃	–	–	5,47	30,0
Fe ₂ O ₃	2,9	7,6	1,0	11,5
MgO	1,4	4,5	0,0	7,21
CaO	2,1	15,2	0,0	26,0
Na ₂ O	0,2	1,2	0,1	14,13
K ₂ O	0,6	1,3	0,1	5,9
TiO ₂	–	–	0,3	2,0
CaCO ₃	–	–	–	–
MgCO ₃	–	–	–	–
MnO	–	–	–	–
Ásványtani összetétel (%)				
Kvarc	16,0	32,0	0,0	71,0
Földpát	3,0	14,0	0,0	33,0
Kalcit	0,0	14,0	0,0	41,0
Kalcit + Dolomit	0,0	24,0	–	–
Pirit	0,0	2,0	0,0	7,0
Kalonit	2,0	13,0	0,0	40,0
Illit	4,0	21,0	0,0	60,0
Montmorillonit	3,0	18,0	0,0	50,0
Vermikulit	2,0	4,0	0,0	20,0

Forrás: Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry.⁸¹²

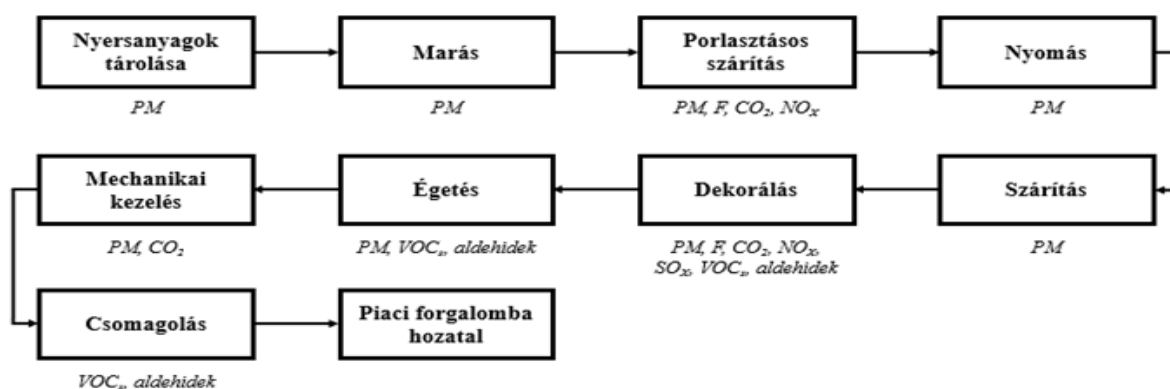
Minden input tényezőt alapjaiban határoz meg a termék jövőbeni funkciója. Így a tűzálló termékek zömmel agyagból, samottból (kalcinált és zúzott nyers műanyag agyag) és bizonyos természetes kőzetekből, például kvarcitból, dolomitból, bauxitból és magnézitből állnak, de a fent említett szintetikus anyagokból is, mint például szinterezett korund, szilícium-karbid vagy spinell. Az összenyomható tömegek előállításához kötőanyagokat és aggregátumokat adnak az örölt nyersanyagokhoz. Az expandált agyagipar meghatározott kiterjeszhetőségű agyagokat használ. A bővítés elősegítésére adalékanyagokat (például fluxust, expanziós segédanyagokat és felszabadító szereket) használnak.⁸¹³ A tégl- és cserépgyártás során töltőanyagként és folyékony anyagként szintén kvarcot, földpátot, olykor pedig krétát, dolomitot, wollastonitot és szteatitot használnak. A kerámiagyártáshoz a fent említett nyersanyagok és segédanyagok mellett további segédanyagok,

⁸¹² European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

⁸¹³ Umweltbundesamt (2005): Basic information and data on the expanded clay industry in Germany. Compilation by German National Working group and German expanded clay industry.

égetéshez szükséges segéd- és adalékanyagok, tüzelőanyagok és szorpciós szerek is elengedhetetlenek. A hagyományos mázak szilícium-dioxidot, frittet, pigmenteket és egyéb vegyületeket, opacitást vagy olvadó adalékanyagot tartalmaznak.⁸¹⁴ Az égetéskor alkalmazott segédanyagok újrahaználható és tűzálló lemezekből és kapszulákból állnak, míg az emissziós paraméterek csökkentése érdekében a füstgázkezelés során szorpciós szereket, például kalcium-karbonátot, kalcium-hidroxidot és finom krétát is alkalmaznak. Vagyis a téglá- és cserépgyártás anyaggazdálkodásának optimalizálása korántsem egyszerű feladat. Így az anyagi módosítások mellett főképp a hatékonyság fejlesztésére kell a hangsúlyt helyezni elsősorban. Mivel rendkívül széles anyagalettát érint a témakör, az előző alfejezetben ismertetett technológiai megoldásokon túlmenően, a lentebb javasolt intézkedések inkább afféle környezetmenedzsment szemléletet tükröző eszközök (lásd 4.2. alfejezet).

A nyersanyag-felhasználás mellett szükséges pár szóban megemlíteni még az output anyagokat is. A téglá- és cserépgyártás emissziós paramétereit alapvetően a kiindulási anyagok szabják meg, vagyis az agyag, a kvarc és egyéb folyósítószerke.⁸¹⁵ Az agyag víztartalmú alumínium filoszilikátok keveréke, amely kompakt szemcséket képez, mikrometrikus méretű részecskékkel jellemezve. A kvarc általában homok, amely mellett kalcium -karbonátot és a földpátot fluxálószerként használják.⁸¹⁶ Ebből kifolyólag a téglá- és cserépgyártásról is az mondható el, hogy a legfőbb terhelését a szálló porok kibocsátása jelenti. A porterhelés azért is különösen figyelendő emissziós tényező, mivel számos kerámiatermék gyártásának folyamata porbázisú technológián alapul. A lenti ábra ezeket a főbb pontokat szemlélteti.



Forrás: a szerző saját szerkesztése, Boschi et al. alapján.

A téglá- és cserépgyártás sémája és az egyes lépésekben keletkező fő szennyező anyagok feltüntetése

A részecskék felszabadulása többnyire a nyersanyagok kezelésével és azok fizikai összetételével függ össze, így azt minden munkafolyamatnál szívórendszereknek kell elszívnia, melyet aztán szűrőberendezéseken vezetnek át annak érdekében, hogy a lehető legkisebb mennyiségben kerüljenek szennyezőanyagok emittálásra az emissziós pontot jelentő kéményeken és kivezető nyílásokon keresztül. A kerámia égetése az egész folyamat legérzékenyebb szakasza. Ugyanis, itt több szennyezőanyag is felszabadulhat, amelyek elsődleges szennyeződéseként jelennek meg. A

⁸¹⁴ CASASOLA R. – MA RINCÓN J. – ROMERO M. (2012): Glass-ceramic glazes for ceramic tiles: A review. *J. Mater. Sci.*, 553–582.

⁸¹⁵ MANFREDINI T. – PELLACANI G. – ROMAGNOLI M. – PENNISI L. (1995): Porcelainized Stoneware Tile. *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 74, 76–79.

⁸¹⁶ DONDI Michele – RAIMONDO Mariarosa – ZANELLI Chiara. (2014): *Clays and bodies for ceramic tiles: Reappraisal and technological classification. Applied Clay Science*, vol. 96. 91–109.

kemencékből származó kibocsátásokat kémiai eljárásokkal, például kalcium-hidroxid használatával kezelik szűrődobozokban. Ez lehetővé teszi a gáz frakciókban jelenlévő savas vegyületek, különösen a fluoridokat, fluorozott vegyületeket és fluor-ionokat.⁸¹⁷ A másik fontos potenciálisan szennyezőanyag még e szakaszban az ólom. Az ólomvegyületek bomlásakor ólom-oxid (PbO) szabadul fel, ami potenciális kockázatot jelenthet. A termékek dekorálása esetén manapság ólom helyett bór-tartalmú anyagokat használnak a frittekben és mázakban, bór-oxid (B₂O₃) vagy más bór-tartalmú ásványok formájában.⁸¹⁴ A VOC-ok, azaz szerves vegyületek kibocsátása is jellemző az égetési műveletek során. Ezek lehetnek egyes szerves jellegű funkcionális adalékanyagok (diszpergálószer, kiürítőszer, opálosító szer stb.), amelyek az egyes kezelési és díszítési szakaszokban használatosak.⁸¹⁸ Ezek a szerves vegyületek a kemencék belsejében elpárolognak, illékony szerves vegyületeket képezve, mivel tökéletlen égés következtében nem teljes mértékben égnak szén-dioxidra. Az ilyen típusú szennyezőanyagok jelenléte nemkívánatos szaghatást is eredményez a termelőüzemek környezetében.⁸¹⁹ Így utóégető berendezéseket használnak a szerves minták teljes oxidációjának folytatására. A nyersanyagokban jelenlévő kén, valamint az üzemanyag-fogyasztásból származó savas eső indukáló komponensnek minősülő nitrogén-oxidok (NO és NO₂ keveréke) is leválasztandó komponensek, de ide sorolható még az egyes üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése is, melynek fejlesztési lehetőségeivel a Lépések a karbonsemlegesség irányába című alfejezet részletesebben is foglalkozik.

Így a tégl- és cserépgyártás legfőbb *anyaggazdálkodási lehetőségeit* az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- törekedni kell körforgásos anyaggazdálkodás megteremtésére, a selejttermékek és a feleslegessé vált anyagok visszavezetésére az anyagáramba;
- az optimális hatásfok érdekében meg kell vizsgálni, hogy mely nyers- adalék- és segédanyagáramok esetében szükséges optimalizálás (életciklus elemzés - LCA);
- a termelési folyamat során meg kell valósítani a lehető legnagyobb hatásfokú szennyezőanyag-leválasztást, mind a primer, mind pedig a szekunder szennyező komponensekre egyaránt;
- porleválasztó berendezések minél körülményesebb és minél nagyobb hatásfokú üzembehelyezése mind a termelési hatékonyság, mind a környezetegészségügyi, mind pedig a munkavédelmi szempontokat szem előtt tartva.

4.3.2. *Vízfogyasztás és fejlesztési lehetőségei*

A kerámiatermékek gyártásának nélkülözhetetlen anyaga a víz, hiszen gyakorlatilag minden gyártási lépésben megjelenik, hiszen a kiváló vagy jó minőségű víz elengedhetetlen az agyagok előkészítési munkálataiban, de egyaránt szükséges az egyes agyagtestek extrudálási lépésekor, az „iszapok” formázásakor, a porlasztva szárított porok előkészítésekor, valamint a nedves őrlés-marás elvégzésekor, de természetesen a mosási műveletek folyamatakor is. Víz nélkül formázhatatlan lenne az előállított agyagmassza, de az egyes mázak alapanyagaként, mosófolyadékaként és hűtőközegként is funkcionál.

A *gyártás során keletkező „szennyvizek”* nem minősülnek veszélyesnek, enyhe tisztítási művelettel ismét visszavezethetők a gyártási folyamatba, de fontos megjegyezni, hogy nem akármelyik területre. Míg a mázak előállításához, a berendezések és infrastrukturális eszközök tisztításához, valamint a hűtőközegként való használatához jó minőségű vízre van szükség, addig a mosás során keletkező alacsony

⁸¹⁷ MONFORT Eliseo – IBANEZ Maria Jesus – ESCRIG A. – JACKSON Philip – CARTIDGE D. – GORBOV B. – CREUTENBERG O. – ZIEMANN Christina (2008): *Respirable crystalline silica in the ceramics industries sampling, exposure and toxicology*.

⁸¹⁸ PAN Zhidong – WANG Yanmin – HUANG Huining – LING Zhiyuan – DAI Yonggang – KE Shanjun (2015): Recent development on preparation of ceramic inks in ink-jet printing, *Ceramic International*, vol. 41 (A), 12515–12528.

⁸¹⁹ VITALI Stefano - GIORGINI Loris (2019): *Overview of the Rheological Behaviour of Ceramic Slurries*. *FME Transactions*, 47, 42–47.

kezeltségű szennyvíz alkalmas lehet a kerámiatestek nedvesen tartásához. Vagyis a keletkező szennyvíz újrafelhasználási technikáinak figyelembe kell venniük ezeket a különböző tulajdonságokat és minőségi követelményeket is.⁸²⁰ Néhány alapszintű kezelési lépést követően tehát a víz szinte teljesen visszanyerhető erőforrássá válik.

Mára ezt már számos üzem felismerte, a fejlett országokban ma már zömmel *visszanyert vizet* használnak minden olyan munkához, amely nem igényel nagy tisztaságot. A víz visszaforgatását alapjaiban az határozza meg, hogy nem tartalmaznak veszélyes komponenseket és mikroszennyezőket. Ugyanakkor keletkezik olyan szennyvíz is, amely a kezelésekre ellenére sem tekinthető teljes mértékben visszanyerhetőnek és újrahasználatosnak, ennek kezeléséről gondoskodni kell.

A *víz tudatos és erőforráshatékony használatának* nyomon követése érdekében, célszerű vízlábnyom vagy vízmérleg számításokat is beiktatni a monitoring-rendszerekbe. Előbbi nemzetközi szinten mind a mai napig decentralizált annak ellenére, hogy az MSZ EN ISO 14046:2016 szabvány lefekteti a vízlábnyomszámítás módszertanát és lépéseit. Viszont a vízmérleg-számítás jóval könnyebb és problémaorientált mutató. Ez egy olyan indikátor, amelyet kézenfekvő üzemspecifikusan alkalmazni. A lenti ábra egy általános kerámiaüzemben lévő vízháztartást mutatja.



Forrás: a szerző saját szerkesztése.⁸²¹

A vízmérleg-számítás elemei a tégl- és cserépgyártás során

A számítás végén nyert %-os mutatószám nem más, mint a víz „újrahasznosítási aránya”. Az Európai Unió termékminősítő rendszere rendelkezik e tekintetben referenciaértékkel, de állami szinten is elrendelhető effajta teljesítmény-mutatószám. Például az olaszországi BAT jogszabályok által meghatározott víz újrahasznosítási arány referenciaértékei 50% körüliek, míg az Ökocímke-tanúsításhoz legalább 90%-os arányt kell elérni. Ritka esetben 100%-os mutatószám is elérhető, mégpedig az ipari ökológiai rendszerek alkalmazásával úgy, hogy más termelőhelyekről származó szennyvizeket is hasznosítanak.

⁸²⁰ LAURENCE – OCTAVIA Caesara – HARTONO Natalia (2017): *Water footprint and life cycle assesment of concrete roof tile and brick products at PT. XYZ*. The International Conference on Eco Engineering Development, ICEED, IOP Publishing.

⁸²¹ BOSCHI Giacomo – MASI Giulia – BONVICINI Giuliana – BIGNOZZI Maria Chiara (2020): *Sustainability in Italian Ceramic Tile Production: Evaluation of the Environmental Impact*. MDPI.

A vízmérlegszámítás egyenlete: $W_T + W_{RM} + W_C = W_W + W_V + W_{FP}$

Ahol:

- W_T : üzem vagy gyáregység általános vízigénye;
- W_{RM} : a kiindulási nyersanyagokban és alapanyagokban lévő vízmennyiség;
- W_C : a gyártási folyamat során, a kémiai reakciók által keletkező vízmennyiség (az egyenlet input oldalán feltüntetendő);
- W_W : keletkező víz/szennyvíz-mennyiség;
- W_V : a gáz halmazállapotú emissziókból származó vízgőz (az egyenlet output oldalán feltüntetendő);
- W_{FP} : a gyártási folyamat során előállított végtermékben lévő vízmennyiség.

Amennyiben nem lehet teljeskörűen megvalósítani az újrahasznosítást, a keletkező szennyvizet a hagyományos ipari szennyvíztisztítási lépéseknek kell alávetni. Ha az így keletkező kerámiaiszapokat nem tudjuk tovább hasznosítani, úgy végül ártalmatlanítani kell azokat.

Így a téglá- és cserépgyártás legfőbb víztakarékossági lehetőségeit az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- törekedni kell a gyártási folyamatok során keletkező szennyvizek nagy hatásfokú körforgásos használatára;
- az optimális hatásfok érdekében meg kell vizsgálni, hogy folyamatos vagy szakaszos működésű vízadagoló rendszer lenne ideálisabb a termelési folyamat során;
- vízlábnym-számítás alkalmazása minden egyes gyártóegység esetében;
- a vízlábnym-számítást kiegészítő vízmérleg-számítás alkalmazása minden egyes gyártóegység esetében;
- törekedni kell a minél nagyobb mértékű víz újrahasznosítási arány elérésére.

4.3.3. Energiafogyasztás és fejlesztési lehetőségei

Az európai kerámiaipar több évtizede, 1990 óta alkalmaz innovatív technológiákat, és energiatakarékossági intézkedéseket hajt végre az energiafogyasztás és a CO₂-kibocsátás csökkentése érdekében.⁸²²

Az égetett agyagból előállított téglák és cserepek mind a fejlett, mind pedig a fejlődő országokban nagy jelentőségű építőanyagok. Viszonylag egyszerű gyártási folyamatok és technológiák, valamint a helyben elérhető tüzelőanyagok és energiahordozók felhasználásával, helyben bányászott anyagokból előállíthatók. Pontosan ezek azok a tulajdonságok, amelyek nem csak egyszerűvé, de területileg egyenlőtlen fejlettségi szintű iparággá teszik a téglá- és cserépgyártást. Mind a mai napig, a legtöbb fejlődő országban kisméretű, munkaigényes módszereket alkalmaznak. A gépesített módszerek alkalmazása és elterjesztése, noha energiahatékonyságot és magasabb minőségű termékeket eredményez, a fejlődő országokban nem sikeresek, hiszen magasabb töke- és költségvonzattal jár, valamint a termékek ára is magasabb lesz. Az energia, különösképpen a villamosenergia-fogyasztás témája szoros kapcsolatban van a Lépések a karbonsemlegesség irányába című fejezetben ismertetett üvegházhatású gázemissziót csökkentő témakörrel.

⁸²² Agrafiotis Christos - Tsoutsos Theocharis (2001): Energy saving technologies in the European ceramic sector: a systematic review. Appl. Therm. Eng., 21 (12) (2001), pp. 131-149

Általánosságban elmondható, hogy a kerámiagyártás *legjelentősebb energiafogyasztása az égetés során keletkezik*, de a gyártási folyamat egyes *köztes termékeinek* állapota, valamint a kerámia termékek, így a cserép és téglatermékek megformázása is energiaigényes.

A villamosenergia mellett számos más energiahordozó együttes jelenlétét igénylő iparágról beszélünk akkor, amikor a téгла- és cserépgyártást említjük. Így a legtöbb szárítási és égetési művelethez egyaránt használnak földgázt, LPG-t és fűtőolajat is, de olykor előfordul, hogy szilárd állapotú tüzelőanyagokat, közvetlen villamosenergiát, LNG-t vagy biogázt, illetve biomasszát is alkalmaznak. A helyszíni szállításhoz dízelüzemanyag szükséges, amely magában foglalhatja a kőbányából származó nyersanyagok szállítását és a teherautókkal, ipari üzemben belül történő transzportot is. Ezekon kívül szintén villamosenergiát és LPG palackokat (propán, bután) is használnak a helyszíni, zömmel az anyagmozgató targoncákkal történő szállításhoz. Szinte minden berendezés, különösképpen azok az infrastrukturális elemek, amelyek a nyersanyagok aprítására, keverésére, valamint a kerámia termékek formai kialakítására szolgálnak, egytől egyig elektromos energiát igényelnek. *A kerámiaiparon belül* elmondható, hogy a *téгла- és tetőcserép-szektor a legnagyobb energiafogyasztónak* tekinthető ágazat, de ez összefüggésben áll a termékgyártás nagyobb volumenével és a termékekre jellemző nagyobb úrtartalommal is. A fajlagos energiafogyasztást tekintve a téгла- és tetőcserép-ágazat mutatja a legnagyobb hatékonyságot.⁸²³ Az égetéshez használt kemencék elektromos fűtését ennek ellenére csak egyes kerámiaedények és műszaki kerámiatermékek esetében használják, mivel a kívánt minőség csak ezek alapján érhető el.⁸²⁴

A téглаégetéshez szükséges tüzelőanyag az energiaszükséglet 95%-áért is felelős. Nagy mennyiségű energiára lehet szükség még a szárításhoz, a keveréshez, a formázáshoz és a kezeléshez is, de ezek ritkán haladják meg a teljes folyamat-energiaszükséglet 10%-át. Természetesen mindezt meghatározza a mindenkor alkalmazott technológiai színvonal és az infrastruktúra színvonala. Ez az égetőkemencék esetében is igaz, pontosabban azok működésének szakaszosságában is keresendő a megoldás. Hiszen az energiaigényt alapvetően befolyásolja a tüzelés folyamatos vagy szakaszos működése, a kemence mérete és hőátadási hatékonysága, de az alapanyag éghető anyagtartalma is.

Alapvető különbség, hogy a szakaszos működés esetén a fűtésre felhasznált összes energia elvész, míg a folyamatos működés esetén a hő átkerül a beáramló légáramba, így az égési gázokban lévő hő előmelegítő hatással is bír.

A szakaszos kemencék folyamatos kemencékkel való helyettesítése azonban nem mindig lehetséges, melyek okai a következők lehetnek:

- a kereslet nem lehet elég nagy ahhoz, hogy indokolja a folyamatos termelést;
- a folyamatos kemencék tőkeköltsége magasabb;
- előfordulhat, hogy a szükséges földterület nem áll rendelkezésre;
- a szakaszos-égetés technológiája egyszerűbb, különösen akkor, ha csak biomassza-üzemanyagok állnak rendelkezésre.⁸²⁵

⁸²³ CERAME-UNIE (2003): Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev. Nov. 2003.

⁸²⁴ Umweltbundesamt (2004): Production of inorganic bonded abrasives.

⁸²⁵ Habitat – United Nations Centre for Human Settlements (1991): *Energy for Building – Improving Energy Efficiency in Construction and in the Production of Building Materials in Developing Countries*. Nairobi.

Így, ha a helyettesítés nem mindig lehetséges, fontos olyan módszereket keresni, amelyek javítják a szakaszos kemencék üzemanyag-hatékonyságát. Általánosságban ennek érdekében három fő cél határozható meg, amelyek a következők lehetnek:

- az egyenletes hőmérséklet biztosítása a kemencékben;
- a hőveszteség csökkentése a kemence oldalfalain és felső felületén keresztül;
- hő visszanyerése az égési gázokból.

Ezeket a célokat a hagyományos nyitott szárítószerkezet fejlesztésével lehet elérni, beleértve a szigetelt és állandó oldalfalakat és a tetőfedést, valamint a jobb üzemanyag-betáplálást is (stb.). Így a *tégla- és cserépgyártás legfőbb energiatakarékossági lehetőségeit* az alábbiakban foglalhatjuk össze: Hiba! A könyvjelző nem létezik.

- ha lehetséges, le kell cserélni a szakaszos kemencéket folyamatos működésű kemencékre;
- az optimális hatásfok érdekében meg kell vizsgálni, hogy folyamatos vagy szakaszos működésű kemence lenne ideálisabb a termelési folyamat során,
- ki kell cserélni az alacsony, mozgatható kéményeket magasabb állandó kéményekre;
- ha még szakaszos folyamatokat alkalmaznak, állandó oldalfalakkal rendelkező és felújított kemencéket kell alkalmazni;
- a kiváló minőségű és/vagy fosszilis üzemanyagokat (például: szén) alacsonyabb minőségű alternatívákra kell cserélni (például: fűrészpor, mezőgazdasági hulladék);
- az égésből származó hulladékhő szárításban történő hasznosítása;
- hulladékok hozzáadása az agyagtestekhez a hagyományos üzemanyagok iránti igény csökkentése érdekében;
- a perforációk mértékének növelése.

Összességében elmondható tehát, hogy mind az anyaggazdálkodás, mind a vízgazdálkodás, mind pedig az energiagazdálkodás egyik legfontosabb kihívása jelenleg *nem az anyagváltoztatásban* keresendő, hiszen az iparág megosztottsága révén az szinte lehetetlen feladat. Sokkal inkább olyan *környezeti teljesítményt és hatékonyságot fokozó intézkedéseket* kell eszközölni, amelyek révén a tégla- és cserépgyártás mind *nemzetközi*, mind pedig *hazai* fejlődése és a fenntartható fejlődés követelményeinek való megfelelése biztosítható.

4.4. Lépések a karbonsemlegesség irányába⁸²⁶

Az éghajlatváltozás fenyegetésére válaszul 2015-ben 195 ország írta alá a történelmi jelentőséggel bíró *Párizsi Éghajlatvédelmi Egyezményt* (a továbbiakban: Egyezmény) az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményén belül. Az Egyezményen belüli megállapodás először hozta egy közös ügy érdekében össze a világnemzeteket, hogy együtt tegyenek erőfeszítéseket a klímavédelem érdekében. A rögzített kötelezettségvállalások, továbbá a nulla szennyezéssel kapcsolatos törekvések is az éghajlatváltozással kapcsolatos kihívásokra fókuszálnak. Mindez magába foglalja azt a célkitűzést, hogy a globális átlaghőmérséklet-emelkedést két fok alatt kell tartani, emellett az Egyezmény rögzíti, hogy az évszázad második felében az üvegházhatású gázok emissziója nettó zérus kell legyen. Ez azért is fontos, mert az Európai Unió területén az üvegházhatású gázok kibocsátását nemzetközi szinten ellenőrzik, kibocsátási jogokat és kvótákat szabtak meg, továbbá emissziós küszöbérték is rendelkezésre áll.

⁸²⁶ A 4.4. alfejezet Macher Gergely Zoltán tanszéki mérnök írása.

Az Európai Bizottság az éghajlatváltozással kapcsolatos kihívásokra reagálva 2019. december 11-én elfogadta az *európai zöld megállapodást*, melyben célként tűzi ki, hogy „az EU 2050-re az első klímasemleges kontinens legyen, védelmezze, megőrizze és növelje az EU természeti tőkáját, valamint védje a polgárok egészségét és jólétét a környezeti kockázatokkal és hatásokkal szemben.”⁸²⁷

E stratégiai dokumentum határozza meg jelenleg az európai klímavédelmi célkitűzések kereteit, melynek nemzetközi teljesítése érdekében az EU már több szakpolitikai területen is jogszabály módosításokat hajtott. Ennek megfelelően az uniós tagállamok kötelező kibocsátáscsökkentési célértékeket határoztak meg a jövőre nézve a gazdaság kulcsfontosságú ágazatai számára, hogy jelentősen csökkentsék az üvegházhatású-gázemisszió mértékét. Mindezek fényében alkotta meg az Európai Bizottság, a 2021. júliusában közzétett *"Fit for 55" uniós klímacsomagot*, mely a 2030-ra elérni kívánt 55%-os kibocsátáscsökkentéssel kapcsolatos követelményeket tartalmazza (az 1990-es szinthez képest) úgy, hogy közben 2050-re a klímasemlegeség elérése a cél minden emberi tevékenység, köztük az ipari termelés esetében is. Kiemelt cél továbbá, hogy az éghajlat-politikai szempontokat az összes szakpolitikai területen érvényesíteni kell, azonban mindez szükségessé teszi az uniós ipar átalakítását, mely a következő területeket érinti:

- elősegíti a fenntartható gazdasági növekedést;
- munkahelyeket teremt;
- az uniós polgárok számára egészségügyi és környezeti előnyökkel jár, valamint
- a zöld technológiákkal kapcsolatos innováció előmozdításával hozzájárul az uniós gazdaság hosszú távú globális versenyképességéhez.
- Magyarország esetében az éghajlatváltozással összefüggő stratégiai célkitűzéseket a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (továbbiakban NÉS) foglalja össze, mely a 2008-2025 időszakra vonatkozik.

Mindezek alól természetesen nem kivétel a tégl- és cserépgyártás sem, hiszen a 4.2. fejezetben ismertetett elérhető legjobb technológiákat összefoglaló BREF-dokumentumban található számadatok alapján, az iparágra jellemző ÜHG-emisszió körülbelül 57%-ban az égetésből, további 26%-ban a szárítási és kezelési folyamat eredményeképpen következik be. Az európai kerámia-gyártó cégeket arra utasítják, hogy közép- és hosszú távon csökkentsék CO₂-kibocsátásukat. Útmutatót az alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdaság felé az Európai Bizottság által 2011-ben közzétett útiterve ad. Ez a dokumentum célkitűzéseket fogalmaz meg a CO₂-kibocsátás csökkentésére valamennyi ipari ágazatban, beleértve a kerámiagyártó ágazatot is, hogy 2030-ra 34-40%-kal, 2050-re pedig 83-87%-kal csökkenjen a CO₂-kibocsátás mértéke.⁸²⁸

4.4.1. A tégl- és cserépgyártás üvegházhatású gázemissziós pontjai

Az alábbi ábrán látható folyamatára Besier⁸²⁹ szakirányú kutatási eredményeit összefoglaló tanulmányából származik, mely a főbb anyag-, energia- és CO₂-kibocsátási pontokat elemezte a holland téglagyártók- és a tetőcserépgyártók esetében. Méréseik szerint egy egységnyi végtermékre a teljes energiafogyasztás 2,55 GJ/tonnára tehető, mely 0,24 GJe villamosenergiából és 1,31 GJth földgázból tevődik össze. Következtetések szerint az öt folyamatblokk vagy szakasz, végül két folyamatblokkra egyszerűsödik emissziós szempontból, mely az ábrán is látható.

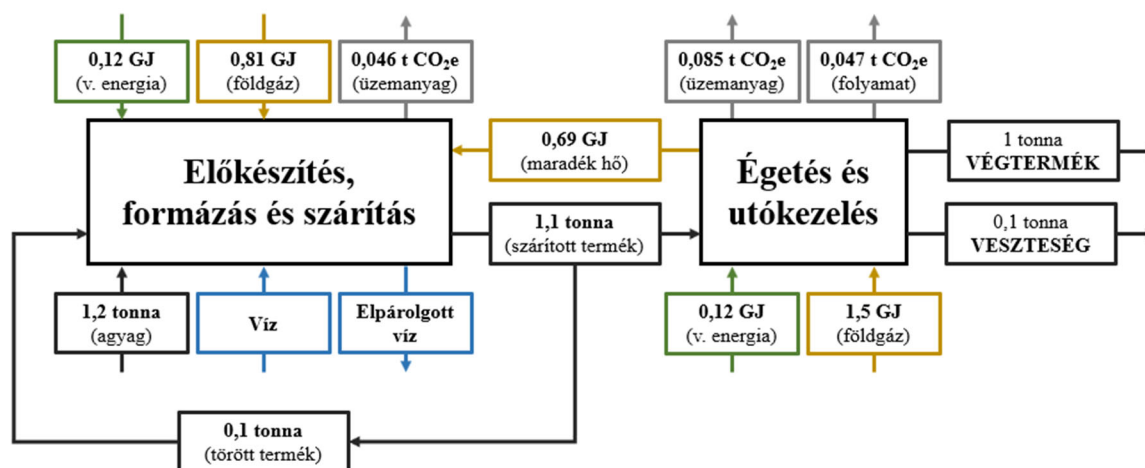
⁸²⁷ Brüsszel, 2020.10.14. COM(2020) 652 final 2020/0300 (COD). Javaslat az Európai Parlament és a Tanács határozata a 2030-ig tartó időszakra szóló általános uniós környezetvédelmi cselekvési programról.

⁸²⁸ Mezquita Ana - Monfort E. – Salvador Ferrer - Gabaldón-Estevan D. (2017): How to reduce energy and water consumption in the preparation of raw materials for ceramic tile manufacturing: Dry versus wet route. Journal of Cleaner Production, Volume 168, 1 December 2017, Pages 1566-1570

⁸²⁹ BESIER Jorick - MARSIDI Marc (2020): *Decarbonisation options for the ceramic industry in the Netherlands*.

MIDDEN - Manufacturing Industry Decarbonisation Data Exchange Network, Netherlands, Hague.

Az első blokknak csak üzemanyagból származó kibocsátása van (0,046 t CO₂/tonna végtermék), mely a szárítás során a földgázzal történő fűtésből származik. Ezzel szemben az előkészítési és anyagalakítási folyamat csak villamosenergiát igényel. A második blokk az üzemanyag-fogyasztásból származó kibocsátást (0,085 t CO₂/tonna végtermék) és a gyártási folyamat során előálló emissziót (0,047 t CO₂/tonna végtermék) mutatja, melyek főképp a téglák földgázzal történő égetéséből származnak.



Forrás: a szerző saját szerkesztése, Besier alapján.

A téglák és a tetőcserepek gyártási folyamatának folyamatábrája, beleértve az anyag- és energiafogyasztást és a szén-dioxid kibocsátást

4.4.2. A téglá- és cserépgyártás üvegházhatású gázemissziójának csökkentési lehetőségei

A téglá- és cserépgyártás folyamatában mindamelllett célszerű főképp három, egymástól elkülönítendő üvegházhatású gázemissziós forrást szem előtt tartani:

- a gyártás során, a helyszínen ténylegesen (közvetve vagy közvetlenül) felhasznált energiahordozókból és üzemanyagokból (pl. gázolaj) származó kibocsátások;
- a termelési folyamat során, a nyersanyagokból közvetlenül származó kibocsátások (anyagok és nedvszívó közegek);
- a termelési folyamatból indirekt módon származó kibocsátások (villamosenergia-fogyasztás, gázfogyasztás, szállítás és anyagmozgatás)⁸³⁰.

A Ceramie Unie⁸³¹ a következő lehetséges intézkedéseket határozta meg a 2021-es kiadványában:

- a széntartalmú adalékok csökkentése;
- az agyagkeverékek szénttartalmának minimalizálása/optimalizálása, biztosítva, hogy ez ne vezessen magasabb kibocsátáshoz;
- dematerializáció (kisebb mennyiségű alapanyag ugyanarra a felhasználásra);
- új technológiák bevezetése;
- szén-eltávolítási technológiák és kompenzációs intézkedések.

⁸³⁰ European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

⁸³¹ Ceramie Unie: Ceramic Roadmap 2050. Continuing our path towards climate neutrality. Ceramie-Unie Aisbl (CU), Belgium.

Az üvegházhatású gázemisszió mérséklésének szempontrendszerét kiegészítően a korábban ismertetett BREF-dokumentum 2019-ben átesett egy felülvizsgálati és kiegészítő eljárás.⁸³² Eszerint, az üvegházhatású gázok kibocsátásának redukálása és megelőzése közvetett és közvetlen beavatkozást igénylő technikákkal érhető el, melyeknek a következő általános, de egyben legfontosabb szempontokat kell előtérbe helyezni:

Ad a) *Alternatív energiatermelés*: megújuló energiaforrások alkalmazása, azok részarányának növelése. Olyan alacsony szén-dioxid kibocsátást eredményező üzemanyagok használata, mint a biogáz, kapcsolt hő- és villamosenergia termelés, üzemanyagcellák, vagy a fosszilis energiaforrások közül a földgáz használata. Ezek mellett természetesen azon természetes és megújuló energiaforrások használatát is szem előtt kell tartani, mint például a napenergia, a szélenergia, a biomassza, továbbá a geotermális energia.

Ad b) *Energiahatékonyság és/vagy folyamatoptimalizálás*: mivel a közel nulla energiaigényű infrastruktúra kivitelezése nehézkes, olyan módszerek alkalmazása válik szükségessé, amelyek úgy optimalizálják a termelési folyamatot (beleértve a nyersanyagokat és energiaforrásokat is), hogy közben energiahatékony és energiatudatos működést teremtenek meg. Ilyenek lehetnek a különböző energiahatékonyságot tanúsító felülvizsgálatok, e-mobilitás lehetőségeinek megteremtése, intelligens technológiai és szabályozó eszközök (okosmérők, önszabályozó- és kioldó berendezések), új energiahatékony épületek, de a vállalati környezetmenedzsment eszközei is megfeleltethetők az alábbi pontnak. Hiba! A könyvjelző nem létezik.⁸³²

Ad c) *A körforgásos gazdaság technikái*: olyan ipari ökológiai módszerek alkalmazása, amelyek úgy kínálnak megoldást a kerámia újrafeldolgozására és újrafelhasználására, hogy a gyártási folyamat környezeti hatásai mérséklődnek, mellyel egyúttal az újonnan anyagfeldolgozás- és felhasználás is mérséklődik. Hiba! A könyvjelző nem létezik.⁸³²

Ad d) *A szénmegkötés és/vagy oxi-tüzelőanyag alkalmazása*: az oxigén-tüzelőanyag elégetése során a tüzelőanyagot tiszta oxigénnel vagy oxigén és visszavezetett füstgáz keverékével égetik el levegő helyett.⁸³³ Ennek köszönhetően csökken az üzemanyag-fogyasztás, és magasabb láng hőmérséklet is lehetséges, mivel a tiszta levegő nitrogén-komponense nem melegszik fel, így a hatásfok növekszik. A folyamat lehetővé teszi a jelenlegi gyártási eljárások folytatását úgy, hogy az nem igényel drasztikus módosítást, de a felszabaduló gázok elkülönítése megoldhatóvá válik.

4.4.3. Az alkalmazott/alkalmazható ÜHG-emissziós csökkentési technikák áttekintései

Ahogy az korábban láthattuk, a téglá- és cserépgyártás során három fő üvegházhatású gáz kibocsátást eredményező forrásterületet lehet megkülönböztetni. Az aktuálisan alkalmazható és rendelkezésre álló emisszió-redukációs eszközök és eljárások főképp az utolsó két területhez, az anyagfelhasználás során, valamint az indirekt eljárások és tevékenységek során keletkező kibocsátások csökkentéséhez, szakszóval mitigációjához kapcsolódnak. Ezek a technikák alapvetően két nagy csoportba oszthatók, az

⁸³² SCHAIBLE Christian (2019): EEB main submission point for the item: GHG Emissions/Decarbonisation from Ceramics Manufacturing under the CER BREF Review.

⁸³³ ESCARDINO A. (2005): El esfuerzo en innovación de la industria cerámica de la Comunidad Valenciana para reducir las emisiones de dióxido de carbono. In: *Simposio internacional sobre el cambio climático, desde la ciencia a la sociedad*. Valencia, Generalitat Valenciana, 121-133.

energiatermelési folyamathoz, valamint a már megtermelt energiához és kitermelt anyagokhoz tartoznak.⁸³⁴

Az első kategóriába tartozó intézkedések az energiahatékonyság lokális, azaz üzemben belüli javítását célozzák.

Ad a) *Az üzemanyag és energiahordozók kiválasztása*: az energiatermelés során az elsődleges fókusz az üzemanyagok és energiahordozók kiválasztása. Az Európai Unió területén a kerámiaüzemekben, így a tégl- és cserépipari létesítményekben is, a használt üzemanyag többségében fosszilis földgáz. A legérzékenyebb gyártási folyamatlépések az égetés, a szárítás és a kezelés, melyek közül előbbi kettő a teljes felhasznált mennyiség mintegy 70-75%-ért felelős.⁷⁷⁹ Az anyagáram-vizsgálati szempontoknak megfelelően elvégezhető szénlábnyom-számítások szerint, a kitermeléshez és felhasználáshoz kapcsolódó lábnyom mértékének jelentős többsége a földgáz égéséből eredeztethető, melyet a biogázra (biometánra) vagy egy esetleg szintézisgázra való áttéréssel lehetne mérsékelni aszerint, hogy az a mindenkori alkalmazott technika szempontjainak megfelelően mennyivel lenne előnyösebb.⁸³⁵ A körforgásos gazdaság szempontjait tükrözi és pozitív nettó hatással él az, ha a mezőgazdaságból, szennyvízkezelésből, hulladéklerakásból származó biometánt használják fel erre a célra. Mivel ezt a technológiát már használják más szektorokban (beleértve magát a gázhálózatot is), az jelentősebb eszközparki innovációkat (a szokásos eszköz- és infrastruktúra park megteremtésén túlmenően) és tőkeköltséget nem igényelne. Emellett természetesen meg kell említeni azon hátráltató tényezőket is, amennyiben lokális megújuló energia használatra nincs lehetőség. Amennyiben ezen energiahordozók lokális kihasználhatósága nem áll rendelkezésre, a klímasemlegesség célkitűzések és intézkedések elérhetők az eredetigazolások és a szén-dioxid-kvóták vásárlása révén is.

Ad b) *A villamosítás*: az energiatermelés mellett a másik jelentős vizsgálati terület még az égetőkemencék villamosítási lehetősége. Pozitív hatás, ha az égetőkemencékben felhasznált villamosenergia származása megújuló energiaforrásokból tevődik ki, mely magas hatásfok esetén egy pozitív nettó hatásnak tekinthető.⁸³⁶ Az előnyök közt szerepel továbbá, hogy mind a légszennyezőanyagok, mind pedig az üvegházhatású gázok kibocsátása mérséklődik. A technikának jelenleg alkalmazott korlátai a megújuló energiaforrások általános keretein túlmenően nem ismertek.

A BREF felülvizsgálati dokumentumszempontjai szerint, a legjobb költség-haszon elvű technikának a füstgáz alapú fűtési rendszerrel kombinált hibridgyűrűs alagútkemencék tekinthetők. Szintén a villamosítás jegyében kapcsolódó technika az infravörös sugárzás, valamint a mikrohullámú sugárzás alkalmazási lehetőségeinek megteremtése, melyek elsősorban a szárítás folyamatlépéséhez kapcsolódnak. Használatuk révén akár 40-60%-os energiafogyasztás, illetve csökkentés is elérhető. Egyetlen alkalmazási korlátjuk azonban a gyártás végtermékének méretparamétere lehet. Az égetési folyamatelméhez az üzemanyagcella vagy oxidüzelés alkalmazása javasolt. Előnyük, hogy elválasztja az oxigént és a nitrogént a levegőtől, és csak az oxigént táplálja az égéstérbe. Az égés során keletkező gázokat ezután csapdába ejtik és tárolják. Így közel 75-85%-nyi szén-dioxid kibocsátást lehet megelőzni, ugyanakkor e rendszerek általános jellemzője a magas költségvonzatok megjelenése.

⁸³⁴ MONFORT Elisio – MEZQUITA Ana – GRANEL R. – VAQUER E. – ESCRIG A. – MIRALLES A. – ZAERA V. (2010): *Analysis of energy consumption and carbon dioxide emissions in ceramic tile manufacture*. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 49 (4), 303-310.

⁸³⁵ HASEGAWA Shun – KINOSHITA Yuk – YAMADA Tetsuo – INOUE Masato – BRACKE Stefan. (2018): Disassembly reuse part selection for recovery rate and cost with lifetime analysis. *International Journal of Automation Technology*, vol. 12, no. 6. 822-832. DOI:10.20965/ijat.2018.0822, 822-832.

⁸³⁶ LEUNG Dennis Y. – CARAMANNA Giorgio – MAROTO-VALER Mercedes M. (2014): An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 39(C) 426-443.

Az energiahatékonysághoz és közvetve az anyagtakarékossághoz kapcsolódó módszerek a következők:

Ad a) *Az alacsony hőtömegű/hőtároló képességű anyagok használata vagy alacsony kibocsátású agyagok kiválasztása*: kimondottan releváns a téglagyártás esetében. Lényege, hogy az alacsony hőtároló képességgel bíró anyagok és kerámiaszálak használatával csökkenthető az energiafogyasztás, hiszen azok kevesebb hőt igényelnek az égetés során. A korábbi módszerekhez képest, az alacsony kibocsátású agyagok hővisszanyeréssel kombinálva több mint 40-60%-kal csökkenthetik a téglánkénti CO₂-kibocsátást, továbbá közel 15-25%-os energia-megtakarítás is nyerhető.

Ad b) *A javított anyagvisszanyerés- és visszaforgatás*: a fejlesztési lehetőség a gyártási folyamat minden egyes lépésére alkalmazható. Olyan anyagokról lehet jelen esetben beszélni, mint a keletkező nem veszélyes iszapok hasznosítása és újrahasználata, keletkező anyagmaradványok visszanyerése.

Az ipari ökológia megteremtésével más iparágak révén lehetővé válna a kevert nyersanyag-visszacsatolások és a törött és sérült áruk ismételt bekapcsolása az anyagáramba, így előidézve és lehetővé téve az energiamegtakarítást, és közvetve csökkentené a nyersanyag-igényeket és az előkészítésükre vonatkozó követelményeket. Az újrafeldolgozott kerámia gyártási folyamatának nagy része megegyezik a hagyományos kerámiákéval. Ez azt jelenti, hogy újonnan technológia telepítése nem szükséges, vagy ha mégis, annak többletköltsége minimális.

Ad c) *A hulladék hő visszanyerés*: a tégl- és cserépgyártás legrelevánsabb kapcsolódó pontja az égetési folyamat, mely érintheti a téglák előmelegítését az égetés korábbi szakaszaiban, a hővisszanyerést a szárítóban és az előmelegítőben használt levegőt, mely kombinálva van egy hőmérséklet-szabályozó rendszerrel is.⁸³⁷ Az Európai Unióban általánosan megfigyelhető, hogy az égetési folyamat a teljes energiafogyasztás 50-60%-át teszi ki, miközben a sugárzási és konvekciós veszteségek akár 60%-kal csökkenthetők lennének, így a teljes energiafogyasztás közel 10-20%-kal redukálható. A BREF-kritika szerint így közel 2664 kT CO₂ egyenértékű üvegházhatású gáz kibocsátását lehetne megelőzni, továbbá a tégl- és cserépgyártás esetében az alacsony kibocsátású agyag a hővisszanyeréssel kombinálva több mint 50%-kal csökkentheti a téglánkénti CO₂-kibocsátást a korábbi gyártási módszerhez képest.

Ad d) *Az égetőkemence integrált kialakítása a szárítóberendezéssel*: az égető és a szárító szakasz integrálása, egységesítése.

Ad e) *A vákuumszárítás*: Ahogyan az a technika elnevezéséből is látható, az érintett emissziós pont a szárítás. Az égetéssel szemben a szárítás a teljes energiafogyasztásnak kisebb részét, közel 25-30%-át emészt fel. A korábban ismertetett infravörös (IR) és mikrohullámú technológiákkal egyaránt kombinálható a kerámia termékek esetében. Az infravörös sugárzással történő szárítás kétféle, széles spektrumú infravörös sugárzást kibocsátó hőforrással valósítható meg: sugárzócsöves gázégők, amelyek felületi hőmérséklete eléri a 130 °C és 300 °C közötti hőmérsékletet vagy katalitikus égők, amelyek 800 °C és 900 °C közötti felületi hőmérsékletet elérő földgázzal dolgoznak.⁸³⁸ A technológia nem új, számos más iparágban alkalmazták már, a kerámiaiparban való korlátozott elterjedésének oka,

⁸³⁷ NASSETTI, G. – FERRARI F. – FREGNI A. – MAESTRI G. (1998): *Piastrelle ceramiche & energia: banca dati dei consumi energetici nell'industria della piastrelle di ceramica*. Bologna, Centro Ceramico: Assopiastrelle.

⁸³⁸ PRATTEN N.A. – GUILFORD P.M. (1993): Energy technology in the ceramics industry sector – a thermie programme action, ETSU, CEC.

hogy az égetőkemence vagy az IR, illetve mikrohullámú technológia hulladékhőjének újrafelhasználása gazdaságosabb, mint a vákuumszárítás.

Ad f) *A hideg szinterelési folyamat*: a porfestés, vagy más néven szinterelés vagy szinterezés egy speciális felületi bevonatot eredményező eljárás. A fejlesztési technika lényege, hogy a kombinált hő, nyomás és a víz együttes hőmérséklete 300°C alatt marad, mely főképp az égetéses szakasznál játszik szerepet.

4.4.4. *A téglá- és cseréphulladék hulladékkezeléséből származó üvegházhatású gázemisszió*

Egy termék életútját nemcsak a gyártás körülményei határozzák meg, hanem része annak a hulladékká válás is. Az életút vizsgálatának egyik legfontosabb klímavédelmi szegmense a lerakással történő ártalmatlanításból származó üvegházhatású gázemisszió mérlegelése.

A hulladéklerakás emissziós tényezője jellemzően négy részből áll.⁸³⁹

- hulladéklerakón történő ártalmatlanításból származó kibocsátás (elsődleges emissziós tényező: metán – CH₄),
- a hulladékszállításból és az anyagmozgatásból, továbbá a hulladéklerakó berendezések működéséből és üzemeltetéséből származó közvetlen és közvetett kibocsátás (elsődleges emissziós tényező: szén-dioxid – CO₂),
- a hulladéklerakók szénmegkötő- és tároló képességéből származó későbbi kibocsátás (elsődleges emissziós tényező: szén-dioxid – CO₂),
- közvetlen és közvetett közüzemi kibocsátás (elsődleges emissziós tényező: szén-dioxid – CO₂).

A hulladékgazdálkodásban *általánosan metán-emisszióról lehet beszélni*, de a könnyebb adatkezelés és átláthatóság érdekében ezek az értékek az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (a továbbiakban: IPCC) emissziós faktorai segítségével könnyen átszámolhatók az egyes hulladékkezelési módszerek és frakciók szerint. Ugyanakkor, más szerves anyagokhoz és inert hulladékokhoz képest a Környezetvédelmi Ügynökség (Environmental Protection Agency – EPA), így az IPCC sem határozott meg emissziós faktorokat a téglá- és cserépgyártásból, továbbá az építési- és bontási tevékenységből származó téglá- és cseréphulladékok lerakással történő ártalmatlanítására. Más hulladékfrakciók esetében, úgy, mint a települési szilárd hulladék, vagy a biológiailag lebomló hulladékok, ezeket az adatokat metán értékben fejezzük ki, melyet ezt követően már egyenértékű, vagy egységnyi szén-dioxidban kell meghatározni.

Vagyis *nem áll rendelkezésre metán-emissziós faktortényező*, mivel inert hulladékokról esik szó. Az elsődleges meghatározó tényező jelen esetben a hulladékok szállításából és anyagmozgatásából származó üvegházhatású gázemisszió. Ennek eredményeként, a hulladéklerakók kibocsátási tényezője az üzemanyagok ártalmatlanításával kapcsolatos CO₂-feladatokat jelenti a hulladék összegyűjtése és a hulladéklerakó berendezés üzemeltetése révén. A hulladéklerakók szénmegkötő- és tároló képességéből származó későbbi kibocsátás volumenét jelentős mértékben befolyásolja a hulladék kora, a hulladék összetétele és az összesített felületnagyság. Ebből kifolyólag a kibocsátási tényezővel kapcsolatos eredményeket nehéz számszerűsíteni, és túlmutatnak ezen rövid elemzés keretein.⁸⁴⁰ A téglá- és cseréphulladékok ártalmatlanításából származó üvegházhatású gázemisszió tehát nem egyértelműen meghatározható érték.

⁸³⁹ Environmental Protection Agency (2003): Background Document for Life-Cycle Greenhouse Gas Emission Factors for Clay Brick - Reuse and Concrete Recycling.

⁸⁴⁰ U.S. Environmental Protection Agency (2016): Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model - Construction and Demolition Materials Chapters. ICF International, Virginia.

A hulladékgazdálkodással kapcsolatos ártalmatlanítási és hasznosítási műveletek felsorolásáról szóló 43/2016. (VI. 28.) FM rendelet⁸⁴¹ 1. számú melléklete értelmében, amikor lerakással történő ártalmatlanításról beszélünk, akkor két vizsgált kezelési módot kell szemügyre venni:

- D1 Lerakás a talaj felszínére vagy a talajba (például hulladéklerakás);
- D5 Lerakás műszaki védelemmel (például elhelyezés fedett, szigetelt, a környezettől és egymástól is elkülönített cellákban).

A két vizsgált hulladékkategória pedig nem más, mint a Magyarországon képződött és az építési-bontási tevékenységből származó téglá- valamint cserép-és kerámiahulladék volt. Az OKIR és az EHIR adatai⁸⁴² alapján, Magyarországon 2004 és 2019 között összesen 249 440 034 kg (azaz közel 249 440,034 tonna) téglahulladékot ártalmatlanítottak, melyből D1-es típusú lerakással 108 047 088 kg-ot (108 047,088 tonna), D5 kezeléssel pedig 141 392 946 kg-ot (141 392,946 tonna). A 2004 és 2019 közötti változás értéke D1 típus esetén -99,7%-os, D5 esetén pedig -99,0%-os.

Ezzel szemben a cserép- és kerámiahulladékok esetében összesen mintegy 45 500 241 kg volt az ártalmatlanított mennyiség. A változás értéke -99,9% (D1) és -83,3% (D5) volt. A D1-es kezeléssel 2005-ben (maximum értékkel bíró év) mintegy 60 042 632 kg-ot (60 042,632 tonna) ártalmatlanítottak így, míg a D5-ös maximumban (2006) 27 216 576 kg-ot (27 216,576 tonna). Ezzel szemben a D1-es kezeléssel már csak 5 748 691 kg-ot (2006), a D5-ös maximum pedig 4 568 940 kg-ot (2007) tett ki. Vagyis a két csoportból összesítve mintegy 294 940 275 kg-nyi hulladékot ártalmatlanítottak a lerakással történő ártalmatlanítás valamely módozatával.

Noha konkrét emissziós faktorok nem kerültek lehatárolásra, ennek ellenére mind a mai napig kutatják azt, hogy miként lehetne számszerűsíteni az effajta, azaz az inert hulladékok ártalmatlanításából származó üvegházhatású gázemisszió mértékét számszerűsíteni. Az Environmental Protection Agency (EPA) 2003-as - mai szemmel viszonylag régi, de kellőképp részletes - elemzése egy olyan kutatást foglal össze, amely e szempontok mentén vizsgálódik.⁸³⁹

ÜHG-emissziós faktorok az egyes hulladékkezelési eljárások során (metrikus t CO₂e)

Anyag megnevezése	Újrahasználat	Újrafeldolgozás	Komposztálás	Égetés	Lerakás
Agyagtégla	0,0788	NA	NA	NA	0,0105
Beton	NA	0,0021	NA	NA	0,0105

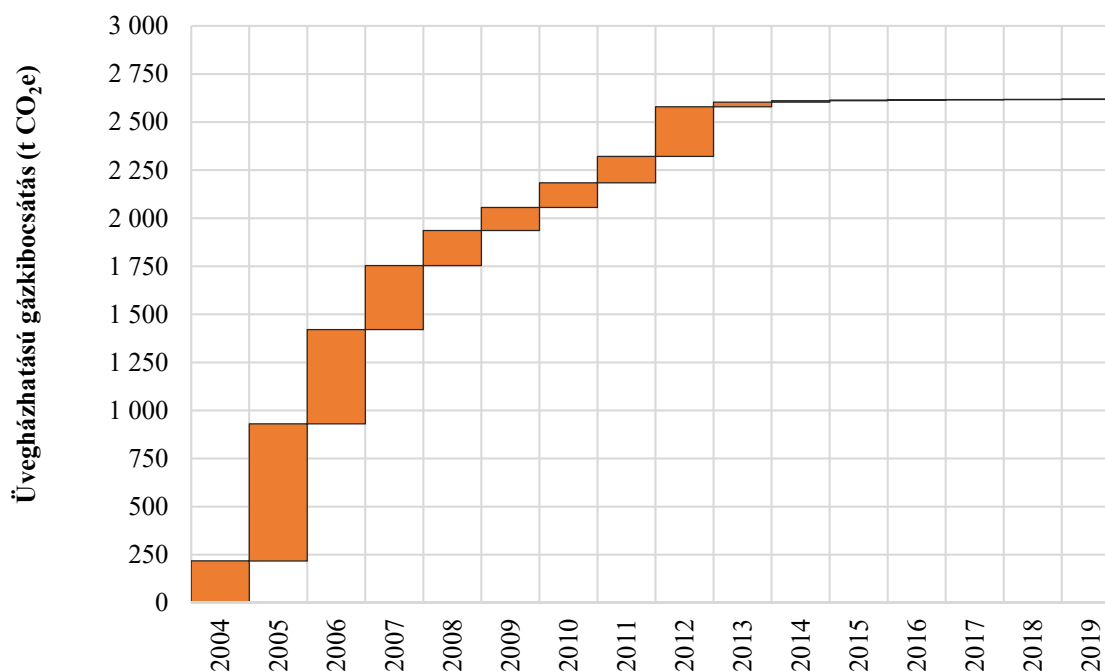
Forrás: EPA⁸³⁹

⁸⁴¹ 43/2016. (VI. 28.) FM rendelet a hulladékgazdálkodással kapcsolatos ártalmatlanítási és hasznosítási műveletek felsorolásáról.

⁸⁴² Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer, Egységes Hulladék Informatikai Rendszermodul. Elérhető: <http://web.okir.hu/sse/?group=EHIR> (A letöltés dátuma: 2021.10.05.).

Vagyis, noha mindkét vizsgált hulladékkategória esetében ugyan nem, de a téglahulladék üvegházhatású gázemissziója meghatározható. Ez annyit tesz, hogy szén-dioxid egyenértékben közel 2 619,12 t CO_{2e} került emittálásra 2004 és 2019 között. Azonban fontos hangsúlyozni, hogy a hulladékkezelési eljárásokban és folyamatokban jelentős előrelépések mutatkoznak.

Az üvegházhatású gázkibocsátás számításának elengedhetetlen és *kiegészítő feltétele a társuló elnyelő-kapacitásbeli szükséglet meghatározása is*. Egy ekkora összesített érték esetén, az összefüggő területekre számított igény jelen esetben 1 657,67 hektár erdő vagy 3 273,9 hektár városi zöldterület lenne. Az elnyelő-kapacitás meghatározása mellett, érdekes számszerűsíteni a semlegesítő közeget tölgyfa-egyenértékben is, mely megmutatja, hogy a vizsgált évben ártalmatlanított hulladékból származó szén-dioxid egyenértékű kibocsátást, hány egészséges tölgyfa képes semlegesíteni 50 év alatt. A számítási metódus rendkívül egyszerű, mivel az elnyelő faktor azt mondja ki, hogy egy egészséges tölgyfa 50 év alatt 1 tonna szén-dioxid egyenértékű üvegházhatású gázt tud semlegesíteni, így következésképpen közel 2 620 db tölgyfára lenne szükség.



Forrás: OKIR adatok alapján, a szerző saját szerkesztése.

A téglahulladék lerakásából származó szén-dioxid egyenértékű ÜHG-emisszió

Vagyis elmondható, hogy *egy termék életútjának lezárása* rendkívül hangsúlyos szerepet tud betölteni a klímavédelemben és a hozott mitigációs és egyben dekarbonizációs intézkedések területén. A hangsúly a közeljövőben nem csak a *gyártási folyamat karbonsemlegesítésén, hanem a hulladékpiramis elvét tükröző hulladékgazdálkodás és a körforgásos gazdálkodás* megteremtésén kell, hogy legyen. A felsorolt intézkedések és fejlesztési lehetőségek pedig hozzájárulnak a *klímavédelmi* célok eléréséhez, és nem melleleg megteremtik a *versenyképes zöld téglá- és cserépgyártás* új keret- és feltételrendszerét.

4.5. Elvárások a kerámiaipari hasznosított anyagokkal kapcsolatban⁸⁴³

Az újrafelhasználható kerámia termékekről általánosságban kijelenthető, hogy a leggazdaságosabb, és műszaki szempontból is a legnagyobb hatásfokú újrahasznosítási folyamat akkor tud lezajlani, ha bemeneti oldalon a lehető legtisztább, szennyezőktől mentes anyagáram tud megjelenni. Az építési-bontási hulladékok építéshelyszíni gyűjtése a hazai tapasztalatok alapján sokszor erősen kevert állapotban történik. A téglá- vagy cseréptörmelék mellé bekerül a betontörmelék, habarcs, műanyag flakon, polituretán hab maradék, polisztirol hőszigetelés. Ezek válogatására utólag sokszor már nincs lehetőség, vagy jelentős többlet energiabefektetést jelent. Ezen túl az inert hulladék-feldolgozó telepek működése során is fontos tényező a beérkező anyagok tisztasága. A bontott termékek, mint téglák, tetőcserép, illetve tört anyagként hasznosításra kerülő kerámia tételek kezelésére ország szerte kiépített technológia áll rendelkezésre.

Az építőipar számára *könnyen és jól hasznosítható anyagok* biztosítása a legfontosabb feladata a feldolgozó üzemeknek. Jelen alfejezetben áttekintjük, melyek azok a sarkalatos pontok, melyek mentén megfelelő hatékonysággal a leendő felhasználási igényeknek megfelelő minőségű terméket képesek előállítani.

Jelen tanulmány korábbi alfejezeteiben részletesen tárgyalásra kerül, melyek azok a műszaki előírások és elvárások, melyek a hasznosított termékekkel szemben támasztottak. A megfelelő műszaki paraméterek eléréséhez szükséges intézkedések megtétele a hatékony hulladékfeldolgozás alapvető feladata. A hulladékfeldolgozás végzésére irányuló tevékenységet végző szervezet vagy személy megnevezése egységesen: Engedélyes.

4.5.1. Hulladékhasznosító tevékenység részletes leírása

a) Engedélyes kérelmezett nem veszélyes hulladékok szállítási *tevékenysége* (hulladékok keletkezési technológiájuk szerinti megosztásban):

Engedélyes adott megye vagy meghatározott földrajzi terület közigazgatási területén végzett saját kivitelezési munkáiból származó, vagy külső féltől átvett (égetett kerámia falak bontásából származó elemek, leszedett tetőcserepek, kerámia törmelék) nem veszélyes hulladékok saját gépjárművével, saját telephelyére történő beszállítása, további kezelés céljából.

Engedélyes a telephelyén végzett telephelyi előkezelés, illetve hasznosítás során keletkezett másodlagos hulladékok elszállítása hatósági engedéllyel rendelkező végső ártalmatlanítóhoz.

b) *Szállítások periodicitása, ütemezése* alkalomszerűen vagy rendszeresen történhet. A fordulók számát a kivitelezés során keletkező, telephelyre elszállítandó hulladékáram térfogatának és a hulladékszállító tehergépjármű kapacitásának összefüggése határozza meg.

A kezelni kívánt hulladék összetétele a beszállítás és telephelyi betárolás, rakodás során – mint kritikus ellenőrzési pont – szemrevételezéssel ellenőrzésre kerül. Ezt megelőzően, már az építési helyszíneken törekedni kell a „tisztá”, szennyeződésmentes frakció (kerámia) kialakításra, elkerülve a további válogatási munkaigényt és költséget, elősegítve a gyors és könnyű hasznosíthatóságot. Amennyiben „szennyező anyagot” észlelnének bent, azt kiválogatják és külön gyűjtik, majd engedéllyel rendelkező hulladékkezelőnek adják át, szem előtt tartva a hulladékhierarchiát.

⁸⁴³ A 4.5. alfejezet Lekics Gábor építészmérnök, épületszerkezeti konstruktor, okleveles létesítménymérnök, épületenergetikai szakmérnök írása.

A telephelyre bemenő és kimenő hulladék áramok nem összeadandóak, hisz a telephelyre beszállított hulladékáramok a telephelyi tevékenység során (előkezelés, illetve kezelés) átminősítésre kerülnek:

- nagyrészüik termékminősítést követően „beépítendő terméké” minősül (kikerül a hulladékok közül),
- kis hányaduk termékminősítést követően „nem beépíthető terméké” (másodlagos hulladékká válik), illetve
- egy részük Engedélyes számára nem hasznosítható másodlagos hulladékká válik, végső átvevőhöz szállítandó.

Az anyagmozgatáshoz szükséges infrastruktúra:

- A szállító jármű szervizelése szerződött partner telephelyén történhet, vagy lehet műhelytevékenység a telephelyen is.
- A szállító jármű külső, illetve belső tisztítása kizárólag hivatalos, engedéllyel rendelkező tehergépjármű mosóban történhet.
- A szállítójármű üzemanyaggal való feltöltése minden alkalommal hivatalos, engedéllyel rendelkező közforgalmú üzemanyag töltőállomásokon történhet.
- A szállítójármű használaton kívül tárolása a telephelyen történhet.
- A hulladékgazdálkodási tevékenységhez használni tervezett telephely és géppark műszaki állapota, minősége jó, felszereltségük a közúti közlekedés szabályairól szóló 1/1975. (II. 5.) KPM-BM együttes rendelet⁸⁴⁴ előírásainak meg kell feleljen.
- Szállítójárművön elhelyezett munkaeszközök: a nem veszélyes hulladékok teherjárműre történő átrakásához szükséges munkaeszközök (lapát, seprű), munkabiztonsági, munkaegészségügyi védőeszközök (szükség szerint), takaróponyva.

A szállítási tevékenység engedélyezése esetén a közlekedési hatóság által kiadott engedély száma és tárgya, ha azt a díj ellenében végzett közúti árutovábbítási, a saját számlás áruszállítási, valamint az autóbusszal díj ellenében végzett személyszállítási és a saját számlás személyszállítási tevékenységről, továbbá az ezekkel összefüggő jogszabályok módosításáról szóló kormányrendelet előírja, hogy:

- engedélyes kizárólag saját kivitelezési munkából származó nem veszélyes inert hulladékáramokat szállít saját szállítójárművén, saját tulajdonú gyűjtő-, illetve hasznosító telephelyére;
- engedélyes nem végez díj ellenében történő hulladékszállítást, sem díj ellenében történő árutovábbítást, sem személyszállítást.

Valamennyi – engedélyes által kezelendő – hulladékfrakció inert: nem oldódó, nem bomló, környezetével kémiai reakcióba nem lép, továbbá nem tartalmaz veszélyes összetevőt, végül nem tartozik az Országos Tűzvédelmi Szabályzat⁸⁴⁵ szerint robbanásveszélyes osztályba sorolt, egymással vagy önmagukban reakcióképes, továbbá gyorsan bomló szerves, illetve szervetlen anyagokat tartalmazó veszélyes, valamint fertőző hulladék csoportjába.

⁸⁴⁴ 1/1975. (II. 5.) KPM-BM együttes rendelet a közúti közlekedés szabályairól (letöltés ideje: 2021. 12.14.)

⁸⁴⁵ 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról (letöltés ideje: 2021. 12.14.)

4.5.2. Hulladék tárolóhelyek bemutatása

Engedélyes saját kivitelezési munkái vagy külső féltől való átvétel (égetett kerámia falak bontásából származó elemek, leszedett tetőcserepek, kerámia törmelék) során keletkező nem veszélyes hulladékok telephelyre történő beszállítását követő telephelyi tárolására vonatkozóan hulladéktároló helyek üzemeltetési szabályzata készült, mely tartalmazza a tárolóhelyek részletes kialakítását, a 246/2014. (IX. 29.) Korm. Rendelet⁸⁴⁶ szerint. A hulladék tárolóhelyek üzemeltetési szabályzata az engedélyezési és üzemeltetési dokumentáció mellékleteként csatolásra kerül.

A frakciók elkülönített tárolásának, illetve az anyagmozgató jármű könnyű megközelíthetőségének biztosítása érdekében két, egymástól elkülönített döngölt földfelszínű terület kerül kijelölésre tárolóhelyként.

A kialakított hulladéktárolók 246/2014. (IX. 29.) Korm. Rendelet 18. § (1) bekezdése szerinti megfelelése:

A hulladéktároló helyhez vezető és a hulladéktároló hely alapjául szolgáló létesítmény területén belül kialakított közlekedési útvonal és tárolótér burkolatát nem veszélyes hulladék tárolása esetén egységes és egybefüggő burkolattal kell ellátni a 246/2014. (IX. 29.) Korm. Rendelet 18. § (1) bekezdése szerint. Engedélyesnél döngölt földfelületű közlekedési út és tárolóhelyek kerültek kialakításra – tekintettel a tárolni kívánt hulladék szilárd, inert, nem veszélyes jellegére. A tárolóhelyek környezetében a csapadékvíz természetes úton elszikkad.

4.5.3. Előkezelés, hasznosítás

A hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásba vételéről, valamint hatósági engedélyezéséről szóló 439/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet⁸⁴⁷ 2. melléklete határozza meg az ártalmatlanítást és a hasznosítást megelőző előkészítő műveletek azonosító kódjait, mely szerint a telephelyen végzendő hulladék előkezelési tevékenységek az alábbiak:

- E02-06: válogatás anyagminőség szerint (osztályozás): telephelyre beérkező törmelékáram HAK kódonkénti osztályozása a szállítójárműről történő levétel során, a frakciónak megfelelő deponálási hely kiválasztásához.
- E02 – 01: szétválasztás (szeparálás) során a kevert áramból a szabad lévő vagy kézi erővel (fogóval) eltávolítható betonvasak és egyéb nagyobb szennyező elemek kiszedése történik meg.
- E02 - 03 aprítás (zúzás, törés, darabolás) tört anyag esetén EN 13242⁸⁴⁸ termék esetén, egyéb esetben válogatás (EN 771-1⁸⁴⁹, EN 1304⁸⁵⁰).

A tevékenységhez hulladékkezelési engedély beszerzése is szükséges a jogszabály szerinti eljárás során. Az előkezelési tevékenység területi lehatárolása kapcsán kiemelendő, hogy valamennyi előkezelési tevékenység a frakciónak megfelelő tárolóhelyen történik, a hulladék helyváltoztatása nélkül.

A *hasznosítás technológiája* Magyarországon már régóta bevezetett, nem új kísérleti technológiáról van szó. A hulladékgazdálkodással kapcsolatos ártalmatlanítási és hasznosítási műveletek felsorolásáról

⁸⁴⁶ 246/2014. (IX. 29.) Korm. rendelet az egyes hulladékgazdálkodási létesítmények kialakításának és üzemeltetésének szabályairól (A letöltés dátuma: 2021. 12.14.).

⁸⁴⁷ 439/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet a hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásba vételéről, valamint hatósági engedélyezéséről (A letöltés dátuma: 2021. 12.14.).

⁸⁴⁸ MSZ EN 13242:2002+A1:2008 Kőanyag-halmazok műtárgyakban és útépitésben használt, kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz.

⁸⁴⁹ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

⁸⁵⁰ MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

szóló 43/2016. (VI.28.)⁸⁵¹ FM rendelet 2. számú melléklete a hasznosítási műveleteket sorolja fel, kódokkal jelölve. E kódok közül a tervezett hulladék kezelési tevékenység az alábbiakkal jellemezhető: R5 Egyéb szerves anyagok visszanyerése, újrafeldolgozása

A válogatott tételekből, vagy darálékból akkreditált szervezet (vizsgáló laboratórium) mintákat vesz, majd azok megfelelő eredménye alapján kiállításra kerülhet a gyártó által a teljesítménynyilatkozat, amiben leírtak szerint hasznosítottak tekinthető a kezelt törmelék, és lehet azt értékesíteni.

Az építőipari laborban végzett további vizsgálatok eredményeinek értékelése alapján, teljesítménynyilatkozat kiállítása révén történik meg a hulladék státuszából való kikerülés.

A fent leírt tevékenységekhez *üzemi gyártásellenőrzési rendszer* kiépítését írják elő a termékszabványok, mint például az EN 13242. Ennek kötelező felépítési elemei a következők:

a) A szervezet:

- Felelősség és hatáskör: a felelősséget, hatásköröket, valamint mindazon személyek közötti kapcsolatot, akik irányítják, végrehajtják és ellenőrzik a tevékenység minőségét, meg kell határozni, beleértve azon személyeket is, akiknek a tevékenysége szervezeti szabadságot és hatáskört igényel:
 - a nem megfelelő termék előfordulásának kiküszöbölésére;
 - minden termékminőségi hiba azonosítására, feljegyzésére és kiküszöbölésére.
- Az üzemi gyártásellenőrzés vezetőségi felelős: minden kőanyag-halmazt gyártó üzemben a gyártónak ki kell jelölnie egy megfelelő hatáskörű személyt a termékkel szembeni követelmények bevezetésére és megtartására.
- Vezetőségi átvizsgálás: a bevezetett üzemi gyártásellenőrzési rendszer követelményeinek teljesülését az üzem vezetőségének kell ellenőriznie és értékelnie megfelelő időközönként, hogy biztosítva legyen a folyamatos megfelelés és hatékonyság. Ezen felülvizsgálatok feljegyzési megőrzendők.

b) Az ellenőrző eljárások:

- Ellenőrzési kézikönyv: a gyártónak össze kell állítania, és vezetnie kell egy üzemi gyártásellenőrzési kézikönyvet, amelyben felsorolja azokat az eljárásokat, amelyekkel az üzemi gyártásellenőrzés követelményei teljesülnek.
- A dokumentumok és adatok kezelése: a dokumentumok és adatok kezelésének mindazon dokumentumokra és adatokra vonatkoznia kell, amelyek a termékszabvány követelményeit tekintve a beszerzés, a feldolgozás, az anyagellenőrzés és az üzemi gyártásellenőrzés rendszere terén jelentősek.
- A gyártásellenőrzési kézikönyvnek a dokumentumok és adatok kezeléséről eljárást kell tartalmaznia, beleértve a belső és külső feljegyzések és adatok jóváhagyásának, kiadásának, elosztatásának és ügymintázásának eljárásait és felelőseit, valamint a dokumentumok változásainak előkészítését, kiadását és rögzítését.

⁸⁵¹ 43/2016. (VI. 28.) FM rendelet a hulladékgazdálkodással kapcsolatos ártalmatlanítási és hasznosítási műveletek felsorolásáról (A letöltés dátuma: 2021. 12.14.).

- Alvállalkozói szolgáltatások: ha a tevékenység egy részét alvállalkozó végzi, akkor a gyártónak meg kell szerveznie az ellenőrzést. A gyártónak meg kell tartania a tevékenység minden részére kiterjedő általános felelősségét.
 - A nyersanyag ismerete: a nyersanyag és a forrás állapota részleteiről, és ha készült, egy, vagy több helyszínrajzi és gyártási térképet tartalmazó részletes dokumentációnak kell rendelkezésre állnia.
 - A gyártó felelőssége az is, hogyha veszélyes anyagot azonosítottak, akkor azok mennyisége ne haladja meg a kőanyaghalmoz felhasználási helyén érvényes előírások szerinti határértékeket.
 - Az újrahasznosított kőanyaghalmozok esetén kiegészítésül az újrahasznosítandó nyersanyag eredetét ellenőrizni és dokumentálni kell.
- Az újrahasznosításra vonatkozó ellenőrzési eljárásnak a következőket ajánlatos azonosítania:
- a nyersanyag jellegét,
 - az eredet forrását,
 - a forgalmazó és szállító megbízottját.

Az újrahasznosított kőanyaghalmozok esetén a feldolgozóhely megfelel lelőhelyként.

c) A gyártás irányítása

Az üzemi gyártásellenőrzési rendszer a következő követelményeknek feleljen meg:

- Az anyagok azonosítására és kezelésére megfelelő eljárások legyenek. Ez magában foglalja a gyártóberendezések karbantartását és beállítását, a feldolgozási folyamat vagy annak rossz időjárás miatti változtatása során vett minták ellenőrzését és vizsgálatát.
- Legyenek olyan eljárások, amelyekkel a veszélyes anyagok azonosítása és ellenőrzése azon célból elvégezhető, hogy azok ne haladják meg a tényleges felhasználási helyen érvényes előírások szerinti határértékeket.
- Legyenek eljárások annak szabályozására is, hogy a kőanyag tárolása ellenőrzött legyen, valamint a tárolási helyek és a tárolt termékek azonosíthatók legyenek.
- Legyenek eljárások annak megállapítására is, hogy a depóniából származó kőanyag nem károsodott-e olyan mértékben, hogy a felhasználhatósága kérdésessé vált.
- A termék az eladásig lelőhely és fajta szerint azonosítható legyen.

d) Ellenőrzés és vizsgálat

- Általános előírások: a gyártó alvállalkozói formában igénybe vesz olyan vizsgáló laboratóriumot, aki a vizsgálatokra felkészült, az ellenőrzéshez és vizsgálatokhoz szükséges felszerelésekkel, vizsgálati eszközökkel rendelkezik és megfelelően begyakorolt személyzetet tart fenn, biztosítva ezzel a vizsgálatok szabványnak megfelelő elvégzését.
- A vizsgálati eszközök:
 - Az alvállalkozó felel az ellenőrzéshez, méréshez és vizsgálatokhoz szükséges eszközök ellenőrzéséért, kalibrálásáért és karbantartásáért.
 - A kalibrálás gyakorisága és pontossága feleljen meg a vonatkozó követelményeknek.
 - Az eszközöket a dokumentált eljárásnak megfelelően kell használni.
 - A vizsgálati eszközöket egyértelműen meg kell jelölni.
 - A kalibrálási feljegyzéseket meg kell őrizni.

- Az ellenőrzés, a mintavétel és a vizsgálatok gyakorisága és helye: a gyártásellenőrzési dokumentumban meg kell adni az ellenőrzések gyakoriságát és jellegét. A mintavételt, és ha szükséges, az adott esetben elvégzendő vizsgálat gyakorisága meg kell, hogy feleljen a vonatkozó termékszabványok előírásainak.

A vizsgálati gyakoriság általában a gyártás periódusaihoz igazodik. A periódus megadható a gyártási munkanapok teljes hete, hónapja és éve alapján. A gyártásellenőrzés magában foglalja a szemrevételezéssel végzett vizsgálatot is. Az ily módon észlelt bármely rendellenesség a vizsgálati gyakoriság sűrűsítéséhez vezethet. Ha a mért érték a megadott határértékhez közeli, szükséges lehet a gyakoriságot növelni.

Bizonyos körülmények között csökkenthetők a vizsgálati gyakoriságok, ilyen körülmények lehetnek:

- jelentősen automatizált gyártási rendszer,
- az adott tulajdonságok egyenletességére vonatkozó tartós tapasztalat,
- kiváló minőségű leőhely,
- a gyártási folyamat ellenőrzésére és felügyeletére vonatkozó külön intézkedéseket tartalmazó minőségirányítási rendszer működtetése.

A gyártónak kimutatást kell készítenie a vizsgálati gyakoriságokról, számításba véve a fentiekben megadott minimumkövetelményeket.

A vizsgálati gyakoriság csökkentésének okát fel kell jegyezni az üzemi gyártásellenőrzési dokumentumban.

e) Feljegyzés

Az üzemi gyártásellenőrzés eredményeit fel kell jegyezni, beleértve a mintavétel helyét, dátumát, időpontját, a vizsgált termék adatait, minden kapcsolódó fontos információval, például időjárási körülmények.

Egyes tulajdonságok több termékre is vonatkozhatnak. Ez esetben a gyártó gyakorlata lehetővé teheti az eredmény érvényesítését több eltérő termékre is. Ez különösen akkor fordul elő, amikor a termék két vagy több szemnagyság kombinációja. A szemeloszlást vagy a tisztaságot akkor is ellenőrizni kell, ha a lényegi tulajdonságok változatlanok.

Ha az ellenőrzött vagy vizsgált termék nem felel meg a közölt követelményeknek, vagy pedig gyanú merült fel ennek lehetőségére, a tényt és a helyzet kiküszöbölésére tett lépéseket fel kell jegyezni (például új vizsgálat elvégzése vagy a gyártási folyamat módosítása).

A feljegyzések 5 évig megőrzendők.

f) Intézkedés nem megfelelő termékek esetén

Olyan ellenőrzés vagy vizsgálat után, amely egy termék nemmegfelelőség jelzi, a kérdéses terméket:

- újra fel kell dolgozni, vagy
- olyan felhasználásra kell irányítani, amelyhez megfelelő, vagy
- el kell távolítani és nem megfelelőnek kell jelölni.

Minden nemmegfelelőségi esetet a gyártónak fel kell jegyeznie, meg kell vizsgálnia, és szükség esetén helyesbítő intézkedéseket kell foganatosítania.

A helyesbítő intézkedések lehetnek:

- a nemmegfelelőség okának feltárása, beleértve a vizsgálati folyamatot és minden szükséges kiigazítást;
- a folyamatok, műveletek, minőségügyi feljegyzések, szervízfeljegyzések és fogyasztói panaszok elemzése a nemmegfelelőség lehetséges okainak feltárására és kiküszöbölésére;
- megelőző intézkedések kezdeményezése abból a célból, hogy a hibákat az adott szinten kezelni lehessen;
- ellenőrzések, hogy valóban módosító műveleteket hajtottak végre;
- a helyesbítő intézkedésekből adódó folyamatváltoztatások bevezetése és rögzítése.

g) Rakodás, tárolás és kezelés a gyártási területeken: a gyártónak meg kell hoznia a szükséges intézkedéseket a termék minőségének megtartásához a rakodás és tárolás alatt.

Ezek az intézkedések vonatkoznak

- a termék szennyeződésére,
- a szétosztályozódására,
- a kezelőterület és a tároló hely tisztaságára.

h) A szállítás és csomagolás: a gyártó üzemi gyártásellenőrző rendszerében meg kell állapítani a felelősség mértékét a tárolás és szállítás vonatkozásában.

Ha a kőanyaghalmozatot ömlesztve szállítják, szükséges azok betakarása vagy tartályba helyezése.

i) A személyzet képzése: a gyártónak fel kell állítania és fenn kell tartania mindazon személyek képzéséhez szükséges rendszert, akik kapcsolódnak az üzemi gyártási rendszerhez. A képzés megfelelő feljegyzéseit meg kell őrizni.

5. ÖSSZEGZŐ JAVASLATOK⁸⁵²

5.1. Jövőbeli trendek

5.1.1. Körforgásos gazdaság a kerámiaiparban⁸⁵³

Az Európai Bizottság által 2020. március 11-én elfogadott új, körforgásos gazdaságra vonatkozó cselekvési tervvel a lineáris „termelés, felhasználás, hulladék” modelltől egy olyan körkörös modellre való átállás vált, az európai politikai menetrend és a zöld megállapodás egyik fő elemévé és kiemelt prioritássá, amelyben az erőforrásokat és anyagokat újrafelhasználják, újrahasznosítják vagy hasznosítják. A Cerame-Unie által képviselt európai kerámiaipar üdvözli ezt a cselekvési tervet, és kiemeli, hogy a körforgás a szén-dioxid-semleges gazdaság megvalósításának egyik kulcsfontosságú hajtóereje. A Cerame-Unie azt is hangsúlyozza, hogy ez az átmenet új üzleti modelleket igényel, és ösztönzi az innovatív megoldások kifejlesztését az iparágban. Ez az állásfoglalás hangsúlyozza, hogy a kerámiaipar

- a) a kerámiatermékek tartóssága és erőforrás-hatékonysága, valamint
- b) a folyamatos kutatás és innováció révén,
- c) hogyan járul hozzá a körforgásos gazdaság felé való elmozduláshoz,
- d) a kerámiaipar azonban továbbra is szabályozási és műszaki akadályokkal szembesül, amelyek hátráltatják a körkörös gyakorlatok elterjedését és fejlesztését.

a) A kerámiatermékek tartóssága és erőforrás-hatékonysága⁸⁵⁴

Az erőforrás-hatékonyság nem csak a „kevesebb felhasználásról”, hanem a „jobb használatról” is szól. A kerámiatermékek és különösen a kerámia építőipari termékek erőforrás-hatékonyak, illetve nagy tartóssággal rendelkeznek, és csak kismértékben vagy egyáltalán nem igényelnek karbantartást. Tanulmányok szerint egy téglaház átlagos élettartama több mint 150 év lehet, akárcsak az agyagcsövek és az expandált agyagot tartalmazó épületek. A kutatások azt is mutatják, hogy az agyagburkolók élettartama akár 125 év is lehet. A szaniterek és a padló- és falburkoló kerámialapok élettartama akár 50 év is lehet, ami nagyon magas az alternatív anyagokhoz képest. A Cerame-Unie rámutat, hogy a termékek tartóssága kulcsfontosságú tényező az erőforrás-hatékonyság és a körforgásos gazdaság szempontjából. Továbbá csak olyan holisztikus megközelítéssel értékelhető, amely figyelembe veszi a termék teljes életciklusát.

Ezen túlmenően, tekintettel az égetett agyag inert természetére, a kerámiatermékek újrafelhasználhatók, újrahasznosíthatók vagy hasznosíthatók az életciklus végét követően, megfelelően a *bölcsőtől bölcsőig koncepciónak*. Ezzel összefüggésben a kerámiaipar olyan megoldásokat dolgozott ki, amelyek célja a gyártási folyamat során a *nyersanyag-felhasználás és a hulladékképződés minimalizálása*, valamint a termékek *újrafelhasználásának vagy újrahasznosításának növelése*. Ez a *belső gyártási maradványok* (például tömegmaradványok, száraz törmelék stb.) *újrafelhasználásával*, más ipari folyamatokból származó hulladékok *újrafelhasználásával*, az egy gyártási folyamatban felhasznált víz *újrafelhasználásával*, *optimalizált alapanyag-kiválasztással*, illetve a *terméktervezés optimalizálása*, újrahasznosítás esetén az *ellátási lánc együttműködése*.

⁸⁵² Az 5. fejezet Lekics Gábor építészmérnök, épületszerkezeti konstruktőr, okleveles létesítménymérnök, épületenergetikai szakmérnök írása.

⁸⁵³ CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

⁸⁵⁴ CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

Fontos azonban megjegyezni, hogy az agyagok kerámiává történő kémiai átalakulása *nem teszi lehetővé a 100%-os zárt hurkú újrahasznosítást*, hanem értékes inputot ad egy nyílt hurkú újrahasznosításhoz.

*b) Kutatás és innováció az anyaghatékonyság érdekében*⁸⁵⁵

A kerámiaipar kutatása és innovációja mélyen *megváltoztatta a gyártási folyamatot* és a nyersanyagok felhasználását, ami megnövekedett anyaghatékonysághoz vezetett. Ezek az intézkedések magukban foglalják a nyersanyag-megtakarítást innovatív technológiákkal és termékfejlesztésekkel, az elsődleges nyersanyagok újrahasznosított anyagokkal való helyettesítését, az anyagok közvetlen belső újrahasznosítását vagy újrahasznosítását, valamint a hagyományos üzemanyagok helyettesítését. Az elmúlt években több kerámiaágazatban is kiemelt hangsúlyt kapott a kutatás a *terméktervezés* területén. Ebben az összefüggésben a digitalizáció is kulcsszerepet játszik. A fal- és padlólapiparban egyes gyártók a *rotációs* nyomtatásról a *digitális* nyomtatásra tértek át: *dekoraszták* helyett kerámiafestékeket lehet használni, így a korábban szükséges alapanyagoknak csak *20%-a kerül felhasználásra*. Ezen túlmenően a törött edények minimálisra csökkennek, mivel a csempe mechanikai terhelése megszűnik. Kutatás folyik a digitális nyomtatás *üvegezési folyamatban* való alkalmazásának jövőbeli lehetőségeiről. A fejlett technikák a nyersanyagkeverék javítását is segítik: például egy közelmúltbeli projekt⁸⁵⁶ célja a városi és ipari hulladékokból származó, több mint 70%-ban újrahasznosított anyagokból készült kerámialapok kifejlesztése a természetes nyersanyagok helyett. A kutatási tevékenység a kerámia-termékek *szárítási és égetési folyamatának* optimalizálására is irányul, ami nagyobb beruházást igényel.

*c) A körkörös gyakorlatok szabályozási és technikai akadályai az iparban*⁸⁵⁷

Bár a kerámiaipar innovatív megoldásokat mutat a körforgásos gazdaság bővítésére Európában, továbbra is fennállnak a *szabályozási és technikai akadályok* a jelenlegi kezdeményezések kiterjesztése vagy új kezdeményezések elindítása előtt. Egyik példa a másodlagos nyersanyagok jól működő európai piacának hiánya. Az Eurostat adatai szerint 2016-ban az Európai Unióban felhasznált anyagforrások átlagosan 12%-a származott újrahasznosított és visszanyert anyagokból, valamint az elsődleges nyersanyagok megtakarított kitermeléséből. Ennek az aránynak a jelentős növeléséhez a másodlagos nyersanyagok jól működő piacára vagy rendszerére van szükség. Az újrahasznosított kerámia aggregátumok átvételéhez a gyártóknak megfizethető árakra és jó minőségű anyagokra van szükségük, amelyek nem szennyezettek építési és bontási hulladékkal (például habarcs, műanyag, gipsz) vagy káros ipari folyamatok anyagaival (például salak és folyasztószer). Egy másik akadály az ilyen anyagok minőségébe és konzisztenciájába vetett bizalom hiánya. Sokirányú kommunikációs feladatok szükségesek, a kommunikáció, a szemléletformálás és az új technológiák, valamint módszerek megosztása a tapasztalathiány kiküszöbölésére. Az építési-bontási hulladékok hasznosítási rendszerének egyes elemei, mint a szelektív gyűjtés, a felelősségi rendszer, a logisztikai feladatok és a kommunikáció jelenleg nem alkotnak kidolgozott egységet

A másodlagos nyersanyagokra vonatkozó szabványok kidolgozása előrelépést jelenthet azok minőségének és nyomon követhetőségének javítása felé. Ráadásul a kerámia-termékek hosszú élettartama és az a tény, hogy egyes ágazatokban a termelés több mint egyharmadát az Európai Unión kívülre exportálják, az életciklus végi szakasz után rendelkezésre álló másodlagos anyagok mennyisége

⁸⁵⁵ CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

⁸⁵⁶ CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

⁸⁵⁷ CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

globálisan egyébként sem lenne elegendő. Ennek eredményeként a szűz anyagok alkalmazása továbbra is követelmény az ellátási láncon belül.

5.1.2. *A hulladék-végtermék és a melléktermék státusz eltérő értelmezése*⁸⁵⁸

A másodlagos nyersanyagok európai piacának megteremtését a *hulladék-végtermék* és *melléktermék státuszhoz* kapcsolódó szabályozási akadályok is nehezítik. Különböző tagállamok saját kritériumokat dolgoztak ki a melléktermékekre és a hulladék státusz megszűnésére vonatkozóan. Következésképpen egy másodlagos nyersanyag bizonyos értékkel bírhat az egyik tagállamban, egy másikban pedig hulladéknak tekinthető. Egyes tagállamokban nehéz felismerni a nem hulladéknak minősülő gyártási maradékot melléktermékként, ami lehetővé tenné az ipari folyamatban való felhasználásukat. A hulladékokra és melléktermékekre vonatkozó jelenlegi jogszabályok kétértelműsége „szürke zónát” hoz létre, amely eltérő értelmezésekhez vezethet a gyártók és a helyi hatóságok között. A helyi hatóságok gyakran nem ösztönzik a más iparágakból származó hulladékok melléktermékként történő felhasználását, amelyet további feldolgozás nyersanyagaként használnak, ami anyaghasznosításnak minősül. A vállalatoknak *hosszú engedélyezési eljárást* kell elindítaniuk, hogy lehetővé tegyék a hulladék elszállítását és a gyártási folyamatban való felhasználását. Ezek az eltérő szabályok a másodlagos nyersanyagok határokon átnyúló szállítási problémáihoz is vezetnek.

a) *Hulladékgyűjtés és -kezelés*⁸⁵⁹

Az ipar másik szabályozási akadálya, hogy a hulladékot csak akkor szabad begyűjteni és kezelni, ha a vállalat rendelkezik az adott ország illetékes hatóságának szükséges *engedélyével*. E tekintetben a nemzeti szabályozások eltérnek egymástól. Különböző illetékes hatóságokat, valamint az eljárások eltérő időtartamát kell figyelembe venni. Ráadásul az eljárások összetettségükben is különböznek egymástól. Nem léteznek harmonizált eljárások, ami megnehezíti a folyamatok és a felelőségek meghatározását.

b) *Hulladékszállítás*⁸⁶⁰

A különböző tagállamok közötti hulladékszállítás *összetett folyamat*, és *túlzott adminisztratív terhekhez* vezet. Az elhasználandó termékek és a másodlagos nyersanyagok szállítási költségei korlátozzák az újrahasznosított anyagok felhasználását és versenyelőnyét. Az anyagforrások és a gyártók nincsenek mindig közel egymáshoz. Üdvözöljük az egyes eljárások végrehajtásának további harmonizációját, valamint a szükségtelen szabályozási és adminisztratív terhek csökkentését célzó rendelkezéseket. A Cerame-Unie felszólítja az Európai Bizottságot, hogy biztosítsa a másodlagos nyersanyagok európai belső piacának megfelelő működését. Ez lehetővé teszi a hulladékok zökkenőmentes cseréjét az újrafelhasználásra és újrahasznosításra. A valorizációra szánt hulladékokra vonatkozni kell az áruk EU-n belüli szabad mozgásának elve.

c) *A másodlagos nyersanyagok használatát korlátozó nemzeti jogszabályok*⁸⁶¹

Egyes nemzeti jogszabályok korlátozzák a másodlagos nyersanyagok használatát. A tagállamok például határértékeket határozhatnak meg az újrahasznosított anyagokban és ipari melléktermékekben található eluátumokra. Az egységes határértékek előírása és az összes ipari melléktermék és újrahasznosított anyag e határértékek alapján történő értékelése miatt ezen anyagok nagy része ki van

⁸⁵⁸ CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

⁸⁵⁹ CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

⁸⁶⁰ CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

⁸⁶¹ CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

zárva a további feldolgozásból. A másodlagos nyersanyagok európai egységes piaca nem fog megfelelően működni, ha a határértékeket nem harmonizálják. Az ipari melléktermékek és újrahasznosított anyagok optimális felhasználása az egyes anyagok sajátosságainak figyelembevételével lehetséges.

*b) Vegyi anyagokra vonatkozó jogszabályok*⁸⁶²

A hulladékok gyártási folyamatban történő felhasználása előtt álló akadályok a *vegyi anyagokra* vonatkozó jogszabályokhoz kapcsolódnak. Mivel egyre több anyagot sorolnak be veszélyesnek, nehézségekbe ütközik egyes szermaradványok vagy természetes elemek felhasználása a gyártási folyamatban. Például a kőszénkátrány-szurkot, a kokszyártás során keletkező maradékot a tűzálló iparban használják csapos agyaghoz és tolókapu-lemezekhez. Ennek a veszélyesnek tekintett anyagnak a felhasználása engedélyköteles, és ennek következtében az engedély kérésének elmulasztása súlyos pénzbírságot vagy jogi büntetőeljárást vonhat maga után. A kerámiatermékek gyártási folyamatában használt ásványi nyersanyagok többségében szennyeződések formájában természetesen jelen lévő titán-dioxidot (TiO₂) nyersanyagként is használják színes és fehér szerves pigmentek szintéziséhez mind ipari, mind fogyasztói alkalmazásokhoz. Így a *TiO₂ rákkeltőként való besorolása* nagyon negatív hatással lesz a kerámiaiparra. Bár szabályozási szempontból továbbra is használatos lehet, a gyakorlatban attól tartunk, hogy a fogyasztói termékek (például étkezészetek, szaniterek, kerámialapok) felhasználása csökkenni fog. Az iparág számára ez jelentős hátrányt okoz az európai vállalatoknak a nem európai versenytársakkal szemben.

*c) Hatékony rendszerre van szükség a hulladékgyűjtéshez, -válogatáshoz és -leválasztáshoz*⁸⁶³

Ami a műszaki akadályokat illeti, a Cerame-Unie kiemeli, hogy hatékony rendszerre van szükség az olyan *hulladékok gyűjtésére, válogatására és szétválasztására*, mint az építési hulladék, por és maradványok. Ezzel drasztikusan javul az újrahasznosítható anyagok minősége és mennyisége. Például a bontási munkákból származó téglamaradványok gyártási folyamatainkban történő újrahasznosításához elengedhetetlen a bontási frakciók megfelelő szétválasztása, mivel az egyéb építőanyagokból (például cement) származó magas szulfát- vagy mésztartalom lehetetlenné teheti azok újrahasznosítását. Az újrahasznosítás az erőforrás-hatékonyság szempontjából lényeges folyamat, ezért megfelelően foglalkozni kell vele.

5.1.3. A berendezések műszaki követelményeinek adaptálása

A kerámiatermékek újrafelhasználásának és újrahasznosításának egyik fő műszaki kihívása a létesítmények belső műszaki követelményeinek adaptálása. Ezek a követelmények a felhasznált nyersanyag tulajdonságaitól függenek. A *végtermék újrafelhasználásához* vagy újrahasznosításához további vizsgálatokra van szükség, amelyek további, esetenként magas költségekkel járó beruházásokat tesznek szükségessé az etető- és adagolóberendezés javítása érdekében. Ezért a Cerame-Unie felszólítja az Európai Bizottságot, hogy szüntesse meg a szabályozási következtelenségeket annak érdekében, hogy növelje és továbbfejlessze a körkörös gyakorlatot az európai iparban. A Cerame-Unie azt is kiemeli, hogy egy ilyen újrahasznosítási kör létrehozása jelentős költségekkel jár, és megfelelő ösztönzők nélkül nem megy a szükséges sebességgel, hasonlóan a megújuló energiák esetében alkalmazottakhoz.

⁸⁶² CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

⁸⁶³ CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

Kulcsüzenetek:

- Az agyag, számos kerámiatermék alapvető alkotóeleme, széles körben, végtelenül elérhető nyersanyag.
- A kerámiatermékek erőforrás-hatékonyak, és hosszú élettartamuknak köszönhetően kiemelkedően tartósak.
- A kerámiatermékek élettartamuk lejáta után újrafelhasználhatók, újrahasznosíthatók vagy visszanyerhetők.
- A kerámiaipar innovatív megoldásokat fejlesztett ki a nyersanyag-felhasználás minimalizálására, a gyártási folyamatok pazarlásának csökkentésére, valamint az elhasználdott termékek újrafelhasználásának és újrahasznosításának növelésére.
- Az ipar továbbra is jelentős szabályozási akadályokkal néz szembe, amelyek hátráltatják a körforgásos gazdaság fejlődését, mint például a hulladék-végtermékek és a melléktermékek státuszának különböző tagállami értelmezései, valamint a másodlagos nyersanyagok jól működő európai piacának hiánya.
- Technikai akadályok is azonosításra kerülnek, mint például a hatékony hulladékgyűjtési, -válogatási és -leválasztási rendszer szükségessége, valamint a létesítmények műszaki követelményeinek adaptálása.
- Egy ilyen újrahasznosítási kör létrehozása jelentős költségekkel jár, és megfelelő ösztönzők nélkül nem megy a szükséges sebességgel, hasonlóan a megújuló energia esetében alkalmazottakhoz.

5.1.4. Környezetvédelmi terméknyilatkozatok megjelenése

Amikor egy építési termék Környezetvédelmi terméknyilatkozatát dolgozzák ki, számos speciális kifejezést és meghatározást gyakran használnak. E fogalmak közül néhányat az alábbiakban ismertetünk:

A III. típusú környezetvédelmi nyilatkozatokat egyértelműen leírja az ISO 14025⁸⁶⁴ – Környezetvédelmi címkék és nyilatkozatok – III. típusú környezetvédelmi nyilatkozatok – Alapelvek és eljárások szabvány, és EPD-nek is nevezik.⁸⁶⁵ Az EPD egy szabványos és LCA-alapú eszköz egy termék vagy szolgáltatás környezeti hatásainak számszerűsítésére és kommunikálására. Az EPD-információ modulokba tagolódik, lehetővé téve a termék környezeti hatásainak egyszerű rendszerezését és kifejezését a teljes életciklusa során.

A termék kategória szabályok, azaz a már említett PCR valójában egy olyan műszaki dokumentum, amely konkrét irányelveket és szabályokat határoz meg a III. típusú EPD-k kidolgozásához egy vagy több termék kategória esetében. Az EN 15804:2012 + A2:2020⁸⁶⁶ európai szabvány meghatározza az építési termékek termék kategóriájának alapvető szabályait. Olyan struktúrát is biztosít, amely biztosítja, hogy az építési termékek vagy szolgáltatások összes EPD-jét harmonizált módon dolgozzák ki.

Életciklus-leltár, vagyis a LCI az életciklus-értékelés fázisa, amely magában foglalja a készlet összeállítását és számszerűsítését egy termék bemeneti és kimeneti adatainak teljes életciklusa során (ISO 14040:2006⁸⁶⁷). Ehhez kapcsolódik az életciklus-hatásértékelés vagy más néven LCIA.

⁸⁶⁴ MSZ EN ISO 14025:2010 Környezetvédelmi címkék és nyilatkozatok. III. típusú környezetvédelmi nyilatkozatok. Alapelvek és eljárások (ISO 14025:2006).

⁸⁶⁵ Environmental Product Declaration – EPD.

⁸⁶⁶ MSZ EN 15804:2012+A2:2020 Építmények fenntarthatósága. Környezetvédelmi terméknyilatkozat. Építési termékek kategóriáját meghatározó alapvető szabályok.

⁸⁶⁷ MSZ EN ISO 14040:2006/A1:2021 Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretrendszer. 1. módosítás (ISO 14040:2006/Amd 1:2020).

Az *LCA* fázisa, amelynek célja a termékrendszerre gyakorolt lehetséges környezeti hatások nagyságának és jelentőségének megértése és értékelése a termék teljes életciklusa során.

A *TBE PCR*⁸⁶⁸ célja olyan közös szabályok kidolgozása, amelyeket Európa-szerte alkalmazni kell az építőanyag termékek EPD-jének kidolgozására. A korábbiakban említettek szerint a TBE PCR az EN 15804:2012 + A2:2020 szabványon alapul, és az EPD-nek kötelező, a bölcsőtől a sírig terjedő LCA megközelítést kell alkalmaznia. Az agyag építési termékekre vonatkozó LCA-vizsgálat elvégzésének alapelveit ez a fejezet ismerteti.

A TBE PCR az összes alább felsorolt agyag termékcsoporthoz érvényes:

- Kerámia tetőcserepek és idomok;
- Védett kerámia falazóelemek és tartozékok;
- Nem védett kerámia falazóelemek és tartozékok;
- Kerámia burkolatok;
- Kerámia járólapok és járulékos agyagburkolók;
- Kerámia blokkok padló- és tetőrendszerek építéséhez;
- Kerámia téglák kéményhez;
- Kerámia papucselemek áthidalókhoz;
Kerámia anyagú tetőfedések (tetőcserepek tartószerkezetére használt egység, amelyet túlnyomórészt agyagból vagy más argilis anyagokból, homokkal vagy anélkül, kellően magas hőmérsékleten égetett adalékanyaggal gyártanak a kerámia kötés eléréséhez).
- Kerámia csövek és szerelvények

A referencia élettartam (a továbbiakban: RSL) lényege, hogy a használati szakaszra vonatkozó EPD-ben feltüntetendő RSL-információkat a gyártónak kell megadnia. Figyelembe véve az agyagtermék hosszú referencia-élettartamát (150 év), az épület referencia vizsgálati időszaka ennél rövidebb is lehet. Az agyagtermékek maradványértékét épületszinten kell figyelembe venni, ha a vizsgálati idő 150 évnél rövidebb. Agyag építőipari termékek esetében az RSL 150 év. Számos tanulmány rámutatott, hogy az agyag építési termékek kiemelkednek nagy tartósságukkal, karbantartás nélkül érvényesülnek, és élettartamuk legalább 150 év.

Funkcionális vagy deklarált egység: a TBE a deklarált egység használatát javasolja. Az építési agyagtermék deklarált egysége határozza meg az építési agyagtermék azonosított funkcióinak vagy teljesítményjellemzőinek számszerűsítésének módját. A funkcionális egység elsődleges célja, hogy referenciaként szolgáljon, amely alapján az építőanyag-termék LCA-eredményeinek anyagáramlását (bemeneti és kimeneti adatok) és minden egyéb információt normalizálnak, hogy közös alapon kifejezett adatokat állítsanak elő.

A deklarált egység meghatározása 1 tonna agyagtermék alapján történik, amelynek várható átlagos referencia élettartama 150 év. Más mértékegységek (például m² vagy m³) csak akkor megengedettek, ha az EPD átváltási tényezőket tartalmaz annak érdekében, hogy az 1 tonnára való áttérés átlátható módon történjen. A tömegsűrűséget (kg/m³) az EPD-ben kell megadni. Funkcionális egység

⁸⁶⁸ Tiles & Bricks Europe (2020): Internal Guidance Document on TBE PCR for Clay Construction Products. TBE.

használata esetén az agyagtermék tervezett felhasználását és főbb műszaki tulajdonságait le kell írni az EPD-ben.⁸⁶⁹

Környezeti hatásvizsgálat: a hatásvizsgálatot az alábbi, a környezeti hatásokat, az erőforrás-felhasználást, a hulladékkategóriákat és a kimeneti áramlásokat leíró kötelező paraméterekre kell elvégezni.

Az épületinformációs modellezés során összegyűjtött anyagok jó adatbázist képeznek az életciklus elemzés paramétereire is. A megtartandó és betervezett anyagok tulajdonságainál az egyes indikátorokhoz tartozó termékjellemzők is rögzíthetők, így komplex adatbázis áll rendelkezésre a modellezésekhez. A jelenleg piacon lévő CAD szoftverek már rendelkeznek a BIM környezetben szükséges adatbázisépítési háttérrel.⁸⁷⁰ Egyszerű kalkulációkra az Excel is alkalmas, azonban minél bonyolultabb egy épület, annál nehezebb az Excelben való adatkezelés.⁸⁷¹

Az életciklus-elemzés használatát egy nemzetközi szabványsorozat segíti. Az ISO 14040⁸⁷² és az ISO 14044⁸⁷³ szabványok ennek a szabványsorozatnak a fő elemei. Az Életciklus-értékelés című szabványsorozat a vizsgálatok módszertanát határozza meg. Az alapelvek és keretek bemutatása után a cél és a tárgy meghatározásán, valamint a leltárelemzés elvégzésén túl, az életciklus alatti hatások értékeléséhez nyújt segítséget.⁸⁷⁴

Az életciklus-elemzés lépései az alábbiak:

- cél és tárgy meghatározás,
- leltárelemzés,
- hatásbecslés
- értelmezés, adatok kommunikálása.

Az életciklus-elemzés céljának és tárgyának pontos definiálása az értelmezés felhasználásával összhangban kell, hogy legyen. Az életciklus elemzés elsődleges feladata esetünkben a felújítás, korszerűsítés során az épületbe beépítendő anyagok és berendezések környezeti hatásának és energiamérlegének vizsgálata. A barnamezős beruházás során az előkészítő vizsgálatok során megmaradónak ítélt szerkezetek gyártási és beépítési energiaigénye kedvező, ugyanakkor az esetleges szerkezeti megerősítések vagy korszerűsítési beavatkozások befolyásolják ezen szerkezetek életciklusát. Az életciklus-leltár magában foglalja a meghatározott tanulmány céljának eléréséhez szükséges adatgyűjtést. Lényegében a tanulmányozott rendszer bemenő és kimenő adatainak leltárát jelenti. Az életciklus-leltár értelmezési fázisa tartalmazza az adatok értékelését a cél és a tárgy szempontjából, a kiegészítő adatok gyűjtését vagy mindkettőt. Az értelmezés fázisa jellemzően azt eredményezi, hogy a vizsgálati egység környezeti hatásai meghatározhatóvá válnak és az adatok érthetőbbé válnak a jelentés céljaira.⁸⁷⁵

Az újonnan beépített termékek elemzéséhez a gyártói adatbázisokban elérhető EPD-ben fellelhető LCA adatokból adatbázis került összeállításra, amely az elemzés alapját képezi. A környezetvédelmi

⁸⁶⁹ Tiles & Bricks Europe (2020): Internal Guidance Document on TBE PCR for Clay Construction Products. TBE.

⁸⁷⁰ Lechner Tudásközpont (2018): BIM-kézikönyv, 1. kötet, Bevezetés az épületinformációs modellezésbe.

⁸⁷¹ Marios TSIKOS - Kristoffer NEGENDAHL - Jan Schipull KAUSCHEN (2017): LCA Integration in BIM Through the Use of Integrated Dynamic Models, World Sustainable Built Environment Conference 2017. Hong Kong, 7.

⁸⁷² MSZ EN ISO 14040:2006/A1:2021 Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretrendszer. 1. módosítás

⁸⁷³ MSZ EN ISO 14044:2006/A2:2021 Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Követelmények és útmutatók. 2. módosítás (ISO 14044:2006/Amd 2:2020)

⁸⁷⁴ TÓTHNÉ SZITA, Klára (2009): Az életciklus-elemzés kialakulása, fejlődése, értelmezése dióhéjban, *ECO-Mátrix* 2009/1. 5-7., LCA Center, a Magyar Életciklus Elemzők Szakmai Egyesület, Miskolctapolca,

⁸⁷⁵ TÓTHNÉ DR. SZITA Klára (2008): *Életciklus-elemzés, életciklus hatásértékelés*, Miskolci Egyetem, Miskolc, 187.

nyilatkozat precíz, ellenőrizhető, nem félrevezető tudományos alapon meghatározott környezetvédelmi információkat közöl a termékről, annak alkalmazásáról.⁸⁷⁶

A szabványosítási folyamat alapján az EN ISO 14025 szabvány adja. Minden terméktípus tekintetében lefedi a közös kibocsátási jellemzőket, amellet, hogy igyekszik a vertikális (mellékvonalak) eltérések minimalizálására.

Az EPD információ modulok révén teszi könnyen kezelhetővé az adatok rendszerezését és kinyerését a termék életciklusára nézve. A szabvány jelentette keretrendszer alapján az adatoknak következeteseknek, reprodukálhatónak és összehasonlíthatónak kell lenniük. Az épületszerkezetek mennyiségi elemzése alapján hozzárendelésre kerültek a különféle indikátorok, azaz a környezeti hatások. Ezek az adatok egyes termékekre vonatkozó életciklus elemzésekből, LCA adatbázisokból vagy termékek környezetvédelmi nyilatkozataiból származnak.

A legfontosabb hatáskategóriák az alábbiak:

a) *Kumulatív energiaigény* (a továbbiakban: *CED – Cumulative Energy Demand*): A kumulatív energiaigény számításán alapuló módszer egy termék vagy folyamat környezetre gyakorolt hatását egy paraméterrel jellemzi: az előállítás, használat és bontás primer energiában kifejezett teljes energiaigényével.

Ez a primerenergia alapú mutatószám tartalmaz minden közvetlen és közvetett (pl. gyár felépítése) energia felhasználást. Ez az indikátor egymagában nem elegendő teljes életciklus elemzés készítéséhez, azonban jó tájékozódási alapot nyújt a környezetterhelés megítéléséhez. Számos környezeti hatás, mint például a globális felmelegedés, savasodás, ózonképződés mértéke és az energiafelhasználás között közel egyenes arányosság mutatható ki, döntő hányadú fosszilis energiafelhasználás esetén.

A kumulatív energiaigény felosztható megújuló és nem megújuló energiaforrásokra, melyek tovább oszthatóak előállítási források szerint. Energiafelhasználáson alapuló indikátor lévén energia-egyenértékben fejezzük ki. [jelölése: MJ-Eq]⁸⁷⁷

b) A GWP a légkörbe kerülő üvegház hatású gázok hőmérséklet emelő hatására biztosít számszerűsíthető értéket. Az üvegházhatás következtében bekövetkező hőmérséklet emelkedés bizonyos gázokhoz köthető, azonban az egyszerű értékelés érdekében ezek tömege a szén-dioxid gáz tömegében (CO₂-ekvivalens) kerül kifejezésre. A legfőbb GWP gázok a szén-dioxid (CO₂), metán (CH₄), hidro-fluor-karbon (HFC-134a), fluor-klór-szénhidrogén (CFC₁₁), nitrogén-oxid (N₂O), karbon-tetrafluorid (CF₄).

Az éghajlatváltozás indikátora kg CO₂ – egyenértékben kerül kifejezésre. [jelölése: kg CO₂-Eq]

c) A savasodási potenciál (a továbbiakban: AP – Acidification Potential): a csapadék savas kémhatásának erősödéséért elsősorban a kéndioxid (SO₂) és a nitrogénoxidok (NO_x) felelősek. Ezek az anyagok elsősorban égési folyamatok során szabadulnak fel. Főként az ipari termelés káros kibocsátásaként, illetve hőerőművek, háztartások és a közlekedési járművek melléktermékeként keletkeznek. Ezekből a gázokból a légkör magasabb részeiben oxidáció útján kénes savak, kénsav és nitrogénsavak keletkeznek, melyek a csapadék PH-értékét csökkentik. Káros hatásuk okán jelentkezik a növényzet pusztulása, a talaj savanyodása és akár az épületek homlokzatainak, tetőfedéseinek idő előtti tönkremenetele.

⁸⁷⁶ S. C. ANDERSEN (2019): Environmental Product Declarations (EPDs) as a competitive parameter within sustainable buildings and building materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 11.

⁸⁷⁷ ZÖLD András - SZALAY Zsuzsa - CSOKNYAI Tamás (2016): *Energiatudatos építészet 2.0*, Terc Kft., Budapest, 309.

A savasodási potenciált kéndioxid bázisra súlyozva fejezzük ki kg SO₂ – egyenértékben. [jelölése: kg SO₂-Eq]

d) A sztratoszferikus ózonréteg károsítási potenciál (a továbbiakban: ODP – Ozone Depletion Potential): A sztratoszferikus ózonréteg globális vékonyodásával a földi élet számára veszélyes ultraibolya sugárzás hatása erősödik. Az ózon lebomlásáért elsősorban a fluor-klór-szénhidrogének okozhatók. Ezek az anyagok többek között hűtőszekrényekben és klímaberendezésekben használatosak, de korábban flakonok hajtógázaként is alkalmazták, mára azonban ez visszaszorulóban van. Ugyanakkor más gázok, például a halonok is hozzájárulnak ezen káros hatáshoz.

Az ultraibolya sugárzás földfelszíni erősödése a földi és vízi ökoszisztémákat, a biokémiai körforgást és az állatok, illetve emberek egészségét egyaránt veszélyezteti. Felelős a bőrrák és a szürke hályog kialakulásáért.

Az anyagok ózonkárosító potenciálját a triklór-fluor-metánéhoz hasonlítjuk, kifejezése kg CFC₁₁ – egyenértékben történik. [jelölése: kg CFC₋₁₁-Eq]

e) Eutrofizációs potenciál (a továbbiakban: EP – Eutrophication Potential): az eutrofizáció révén a talajokban és vizekben feldúsuló tápanyag okozta oxigén csökkenéshez vezet. A problémát elsősorban a nitrogén (N) és a foszfor (P) szintjének emelkedése okozza.

A magas tápanyag koncentráció a víz ihatóságát is veszélyezteti, emellett a megnövekedett biomassza-mennyiség (algásodás) miatti oxigén csökkenés halpusztuláshoz vezet.

Az eutrofizáció mértékét a foszfáthoz viszonyítjuk kg Foszfát-egyenértékben kifejezve. [jelölése: kg PO₄³⁻-Eq]

d) Fotokémiai oxidáció – nyári szmog (a továbbiakban: POCP – Photo-oxidant formation): illékony szerves vegyületek és szénmonoxid fotokémiai oxidációja során fotooxidánsok képződnek nitrogén-oxidok jelenlétében ultraibolya fény hatására a troposzférában. A legfontosabb fotooxidáns az ózon és a peroxiacetilnitrát. Ezek az ökoszisztémán és a növényvilágon túl az emberi egészségre is károsak.

Az anyagok fotokémiai oxidációs potenciálját az etilénhez viszonyítjuk kg etilén-egyenértékben kifejezve. [jelölése: kg C₂H₄-Eq]

A könnyebb alkalmazhatóság miatt az épület életciklusait modulokra bontották, melyek közül A-C közvetlenül kötődik az épülethez, míg a D modul az újrahasonosítás, újrahasonosítás és energetikai hasznosítás hatásait összegzi.⁸⁷⁸

⁸⁷⁸ ZÖLD András - SZALAY Zsuzsa - CSOKNYAI Tamás (2016): *Energiatudatos építészet* 2.0, Terc Kft., Budapest, 309.

ÉPÜLETÉRTÉKELÉS

AZ ÉPÜLET ÉLETCIKLUSA

AZ ÉPÜLET ÉLET- CIKLUSÁN TÚL

A 1-3			A 4-5		B 1-7					C 1-4				D
TERMÉKSZAKASZ			ÉPÍTÉSI FOLYAMAT		HASZNÁLAT					ÉLETÚT VÉGE				ELŐNYÖK ÉS TERHELÉSEK A RENDSZERHATÁRON KÍVÜL
A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	C 1	C 2	C 3	C 4	
Nyersanyag kitermelése	Szállítás	Gyártás	Szállítás	Építési folyamat, kivitelezés	Használat	Karbantartás	Javítás	Csere	Felújítás	Bontás	Szállítás	Hulladékfeldolgozás	Deponálás	Újrahasználati, újrahasznosítási, illetve energetikai hasznosítási potenciál
					B 6 Üzemeltetési energiafelhasználás									
					B 7 Használativíz-felhasználás									

Termékek és épületszerkezetek életciklus szakaszai⁸⁷⁹

Termékszakasz (A 1-3): az épületbe beépített termékek előállítás.

Építési folyamat (A 4-5): szállító, anyagmozgató és beépítő gépek, illetve a tárolási/szállítási veszteségek valamint építéshelyszíni kivitelezési munkák, hulladékelhelyezés stb.

Használati szakasz (B 1-7):

- B 1 – burkolatok kipárolgása,
- B 2 – berendezések és épületszerkezetek funkcionális működéséhez tartozó feladatok,
- B 3 – javítási anyagok gyártása, szállítása, hulladékkezelés,
- B 4 – berendezések, épületszerkezetek cseréje, hulladékelhelyezése,
- B 5 – teljes gépészeti rendszerek cseréje, épületburok jelentős mértékű felújítása,
- B 6 – épületgépészeti tárgyfejezetben ismertetett berendezések össz fogyasztása,
- B 7 – Ivóvíz, használati meleg víz, öntözés, épületgépészeti vízfogyasztás,

Életút vége (C 1-4):

- C 1 – hulladék elhelyezés vagy hasznosítás,
- C 2 – hulladékok szállítása,
- C 3 – újrahasználat, újrahasznosítás, energetikai felhasználás,
- C 4 – alapesetben 100 évre vetítjük, de lehet ennél hosszabb is⁸⁸⁰

Előnyök és terhelések a rendszerhatáron kívül (D): például hulladékelhelyezés után depóniagáz hasznosítása.⁸⁸¹

⁸⁷⁹ MSZ EN ISO 14040:2006/A1:2021 Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretrendszer. 1. módosítás (ISO 14040:2006/Amd 1:2020).

⁸⁸⁰ TAMASKA László, Dr - RÉDEY Ákos, Dr - VIZI Szilárd (2001): *Életciklus elemzés készítése*, Tisztább Termelés Könyvtár, Veszprém, 58.

⁸⁸¹ J. ANDERSON (2019): The Reporting of End of Life and Module D Data and Scenarios in EPD for Building level Life Cycle Assessment.

Barnamezős beruházások tervezési feladatai során is érdemes kihasználni az épületinformációs modellezés nyújtotta előnyöket. Az épület modelljének felépítésével rögzíthetők azon bemenő adatok, melyekkel elvégezhető az életciklus elemzés mennyiségi adatgyűjtése. Az életciklus elemzéshez szükséges adatokat tartalmazó épületinformációs modellt a fenntarthatósági épületminősítési eljárás során is fel lehet használni.

A környezettudatos épületek összemérésére és minősítésére több épületminősítő rendszer ismert. Ilyen például a LEED rendszer, melyben pontozásos alapon értékeli ki egy épület jószágfokát. Az értékelés során olyan területeket vizsgálnak, mint:

- terület kiválasztása, építési tevékenység koordinálása,
- vízhatékonyság,
- energiafelhasználás optimalizálása, légkör védelme,
- építési anyagok,
- belső környezet minősége,
- innováció a tervezésben.

A megszerzett pontok alapján pedig *Certified, Silver, Gold vagy Platinum minősítést* kaphat egy épület. Példának kiemelve az építési anyagok terén vizsgálja az építési hulladék összegyűjtésének módját, az újrahaznosított összetevők mennyiségét az anyagokban, helyi anyagok használatának arányát, faanyagok ellenőrzött forrásból való származását.⁸⁸²

A teljes életciklus elemzés eredményeit a legelterjedtebben a BREEAM, LEED, DGNB, HQE, BBAC épületminősítő szervezet és minősítés figyelembe veszi.⁸⁸³

Általánosságban elmondható, hogy a *kerámiatermékek építkezésen történő beépítése* főként manuálisan történik, és kevés vagy elhanyagolható energia- vagy vízfelhasználást igényel. Az agyagtermékek tárolása az építkezésen nem igényel különösebb gondosságot, eltekintve a szokásos jó egészségügyi és biztonsági gyakorlattól. Az anyag jellege nem okoz jelentős problémákat a veszélyes hulladékot nem képző vágás és formázás során. Az ezekből a műveletekből származó fel nem használt termékek az építkezésen belül újrahaznosíthatók. Ha ez nem lehetséges, építési hulladéknak kell tekinteni, és a teljes mennyiséget jelenteni kell. Ezen kívül az A5 modulban a csomagolási hulladék alapértelmezett szállítási forgatókönyveit és a hulladék ártalmatlanítási forgatókönyveit kell használni.

Az agyag építési termékek építkezésen történő tárolásával kapcsolatos környezeti hatás elhanyagolhatónak tekinthető. A csomagolási hulladék kezelésére országspecifikus forgatókönyvek vagy európai átlag forgatókönyvek használhatók. A csomagolóanyagok esetében a csomag élettartamának végére vonatkozó európai forgatókönyv használható az alábbiakban leírtak szerint, ha rendelkezésre állnak nemzeti forgatókönyvek. Ezek a forgatókönyvek a termékszinten keletkező csomagolási hulladéokra is érvényesek.

Az agyag építési *termékek a felhasználási szakaszban* nem fejtenek ki környezeti hatásokat. Ezen kívül az építőipari termékek nem igényelnek karbantartást, javítást, cserét, felújítást és működési energia- és

⁸⁸² SZABÓ Tamás János (2012): Beruházások támogatása LEED értékelési módszerrel, III. Épületszerkezeti konferencia. BME Építészmérnöki Kar Épületszerkezettani Tanszék, Budapest, 9.

⁸⁸³ Tytti BRUCE-HYRKAS - Panu PASANEN - Rodrigo CASTRO (2018): Overview of Whole Building Life-Cycle Assessment for Green Building Certification and Ecodesign through Industry Surveys and Interviews, ScienceDirect, 6.

vízfelhasználást. Általánosságban elmondható, hogy a B1, B2, B3, B4, B5, B6 és B7 modulok nem okoznak releváns környezeti hatásokat, ezért elhanyagolhatók.

Az építőanyag termékek *újrafelhasználása és újrahasznosítása* egyaránt lehetséges. Általánosságban elmondható, hogy a C1 modul által generált környezeti hatások nagyon alacsonyak, ezért figyelmen kívül hagyhatók. Emellett általános megközelítésként a hulladék *szállítási távolságára* vonatkozó adatokat minden egyes helyszíni LCA-nál gyűjtik. Általános megközelítésként *nemzeti adatbázisokat kell használni* az élettartam végi szakaszra (EOL), ha nem állnak rendelkezésre konkrét adatok. Általános megközelítésként nemzeti adatbázisokat kell használni az EOL szakaszhoz, ha nem állnak rendelkezésre egyéb adatok.

A D modul deklarálja az *épületek „újrahasználatra, újrahasznosításra és hasznosításra való tervezés”* koncepcióját, jelezve az elsődleges anyagok és tüzelőanyagok elkerülhető jövőbeni felhasználásának lehetséges előnyeit, miközben figyelembe veszi az újrahasznosítási és hasznosítási folyamatokhoz kapcsolódó terheléseket a rendszer határain túl. Az agyag építési termékekre vonatkozó TBE PCR-ben néhány konkrét példa található a D modul kiszámítására

1. Bontott falazóelemek, amelyek apríthatók (újrahasznosítási folyamat) és másodlagos nyersanyagként használhatók falazat gyártásában egységek; 2. Újrahasznosítható bontási téglák nyersanyagként más alkalmazáshoz: útépités és beton adalékanyagok; 3. Tetőcserepek, amelyeket a bontási szakasz után újra felhasználhatnak.

Az alábbi példákban megadott százalékos értékek valós példákon alapulnak, de az egyes gyártóktól az alkalmazott gyártási technológiáktól függvényében eltérőek lehetnek. A százalékok és összegek csak a számítások működésének megértését szolgálják. Ezekben a példákban az EN 15804:2012+A2:2020 szabvány D. mellékletében megadott D modul élettartam-végi képleteit alkalmazták. A képletek tájékoztató jellegűek, és a szabvány D melléklete, valamint a szabvány fő szövege közötti eltérő értelmezések esetén a szabvány szövege az irányadó.

Bontott falazóelemek aprításával (újrahasznosítási folyamat) másodlagos nyersanyag állítható elő, mely falazóelemek gyártása során használható fel. Egy deklarált egységnyi 1 tonna agyagtégla előállításához a gyártási szakaszban (A1) 10% zúzott téglát (100 kg) használhatnak fel, a nyers agyag vagy homok helyett. Ez a másodlagos anyag az agyag építési hulladékok újrahasznosításából származik. 1 deklarált egység (1 tonna) agyagtégla akár 75% (750 kg) másodlagos anyagot is termelhet, amely felhasználható bemenetként a következő életciklusban.⁸⁸⁴

Újrahasznosítható téglák nyersanyagként való alkalmazása útépitési ágyazati töltőanyag vagy beton adalékanyagterületén.

Akár 95%-os újrahasznosítási arány is figyelembe vehető, azaz 1 tonna falazóelem t veszünk figyelembe. 1 tonnás falazóelem deklarált egysége esetén ez 950 kg (nettó) másodlagos alpanyag kihozatalt eredményez.⁸⁸⁵

A hosszú élettartam és a megbecsült megjelenés miatt a *tetőcserepeket gyakran újrahasznosítják* a gyakorlatban. A használt tetőcserepeket az épület élettartamának végén eltávolítják, és tárolóhelyen

⁸⁸⁴ Tiles & Bricks Europe (2020): Internal Guidance Document on TBE PCR for Clay Construction Products. TBE.

⁸⁸⁵ Tiles & Bricks Europe (2020): Internal Guidance Document on TBE PCR for Clay Construction Products. TBE.

deponálják vagy azonnal újra felhasználják egy új épület fedésére. A D modul jelzi az újonnan gyártott tetőcserepek elkerülésének lehetséges előnyeit, figyelembe véve a szállítással és a rendszerhatáron túli esetleges tisztítási folyamatokkal kapcsolatos terheléseket. 1 tonna tetőcserép deklarált egysége esetén akár 900 kg (nettó) újrafelhasznált tetőcserép felhasználási arány is elérhető egy épületen.⁸⁸⁶

*Energia- és erőforrás-hatékony építés és felújítás érhető el a kerámia építőanyagok segítségével (agyagtéglák, téglák, tetőcserepek, járólapok, duzzasztott agyag, fal- és padlócserepek, szaniterek), melyek tartóssága és újrafelhasználhatóságot elősegítő tulajdonságai évszázadok óta ismertek. Az energiahatékonyságra és a körkörösségre összpontosítva az európai kerámiaipar központi szerepet fog játszani az energiateljesítmény és az építési hulladék csökkentésében.*⁸⁸⁷

A meglévő épületállományunk felújítása és a közel nulla energiaigényű épületekre való összpontosítás kiemelten fontos Európa dekarbonizációs céljainak eléréséhez. *A kerámia építőanyagok tartósak, megfizethetőek és kényelmes, energiahatékony, biztonságos és egészséges otthont biztosítanak* Európában emberek millióinak. A kerámia építőanyagok *magas szintű biztonságot* nyújtanak tűz vagy árvíz esetén. Emellett *magas beltéri levegőminőséget* biztosítanak, mivel az épületszövetből nem kerül ki mérgező anyag a belső környezetbe. A kerámia fal- és tetőrendszerek nemcsak növelik a kényelmet, hanem csökkentik a fűtési és hűtési költségeket, valamint a károsanyag-kibocsátást.

Az innovatív *kerámia egészségügyi berendezések* hozzájárulnak a víz- és energiahatékonysághoz, különösen az ipar által támogatott önkéntes intelligens eszközök, például az Egységes Víz címke keretében. Az EU-ban az épületek együttesen felelősek energiafogyasztásunk 40%-áért és az üvegházhatású gázok kibocsátásának 36%-áért⁸⁸⁸. A kerámia építőanyagok kulcsfontosságúak lesznek Európa új, közel nulla energiaigényű épületállományában, valamint a felújítási hullámban. Az agyagtégla üreges falak és az integrált szigeteléssel ellátott monolit agyagblokk falak a szigetelés vastagságának változtatásával általában bármilyen szigetelési értéket elérhetnek. Egy életre szóló *karbantartásmentes megoldást* is kínálnak. A szellőző homlokzatok légkamrát hoznak létre a burkolóanyag és az épület szerkezeti felülete között. Az ilyen rendszerek bármilyen anyagon könnyen alkalmazhatók felújításkor.

⁸⁸⁶ Tiles & Bricks Europe (2020): Internal Guidance Document on TBE PCR for Clay Construction Products. TBE.

⁸⁸⁷ Tiles & Bricks Europe (2020): Internal Guidance Document on TBE PCR for Clay Construction Products. TBE.

⁸⁸⁸ <https://cor.europa.eu/hu/news/Pages/renovation-wave---cities-and-regions-ready-to-deliver.aspx> (letöltés ideje: 2021.12.14.).

AZ ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉK ÚJRAHASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETSÉGES FEJLESZTÉSI IRÁNYAI. ÖSSZEGZŐ GONDOLATOK AZ „INNOVATÍV ÚJRAHASZNOSÍTÁS A ZÖLD ÉPÍTÉSGAZDASÁG TERÜLETÉN” CÍMŰ KÖTETHEZ⁸⁸⁹

1. AZ ÉPÍTŐIPAR (NEMZET)GAZDASÁGI SZEREPE: A FENNTARTHATÓSÁG ÉS A GAZDASÁGI NÖVEKEDÉS KAPCSOLÓDÁSI PONTJAI

A Világban jelentése szerint világszerte átlagosan 0,74 kilogramm hulladék keletkezik naponta egy főre jutó mennyiségben. Ez hozzávetőlegesen 2,01 milliárd tonna települési szilárd hulladék keletkezését jelenti, amely 2050-re a népességnövekedés több mint kétszerese lehet, megközelítve a 3,40 milliárd tonnát is világvizonylatban.⁸⁹⁰

Az Egyesült Nemzetek Szervezetének (a továbbiakban: ENSZ) 2020-as fenntarthatósági fejlődési célokról szóló jelentése szerint a természeti erőforrásokra való támaszkodás globális szinten jelentősen növekedett az elmúlt két évtizedben. A globális alapanyag-lábnyom (the material footprint) 2010-hez viszonyítva 2017-ben 17,4 százalékos növekedést mutatott, amely az építőipari ágazat vonatkozásában releváns, nemfémes ásványok esetében érvényesült a legintenzívebben. Az ENSZ hivatkozott jelentése szerint ezt a tendenciát csak a nyersanyagokra való támaszkodás csökkentésével, az újrahasznosítás részarányának növelésével és a körforgásos gazdaságra történő átállással lehet mérsékelni.⁸⁹¹ Ennek megvalósítása koránt sem egyszerű feladat, hiszen a világ legtöbb állama, így az Európai Unió (a továbbiakban: EU) államainak társadalmi-gazdasági rendszerei a gazdasági növekedéstől függenek. A GDP-növekedés teszi lehetővé a gazdasági-társadalmi jólét alapjainak a rendszerszintű megteremtését, ideértve az infrastrukturális és egyéb beruházásokat is. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a lakosság és a vállalkozások lakhatási, elhelyezési, közlekedési és egyéb beruházási igényeit a nemzetállamoknak ki kell elégítenie, miközben csökkenteni kell az azokhoz szükséges erőforrások felhasználását és az ilyen tevékenységekkel együtt járó környezeti terhelést, ugyanis a társadalom alapvető szükségleteinek kielégítése az erőforrások kitermelésével, valamint hulladék- és kibocsátással terheli a környezetet. Alapvető cél annak elérése, hogy a gazdasági teljesítmény és a vele együtt járó környezet-, erőforráshasználat szétváljon egymástól, azaz érvényesüljön minimum a relatív, de optimális esetben az abszolút de-coupling elve. Számos kutató rámutatott a de-coupling-ot célzó politikák fontosságára és esetenként eredményességére is.⁸⁹²

Kétségtelenül elgondolkodtató, hogy miként lehet a már kitermelt nyersanyagokból előállított termékeket újrafelhasználni, hiszen ezzel – nagyobb részben – megspórolhatjuk az adott nyersanyag újbóli kitermelését, már csak azért is, mert egyes szerzők szerint a világ összes nyersanyagának kétötödét már kitermelték.⁸⁹³

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség szerint a fenntarthatósági átálláshoz átfogó rendszerszintű változásra van szükség, amely érinti különösen a cél- és ösztönzőrendszereket, a technológiákat, a

⁸⁸⁹ A fejezet Boros Anita egyetemi tanár és Torma András tanszékvezető, egyetemi docens írása.

⁸⁹⁰ https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html (A letöltés dátuma: 2022. január 27.)

⁸⁹¹ <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.)

⁸⁹² T. VADÉN – V. LÄHDE – A. MAJAVA – P. JÄRVENSIVU – T. TOIVANEN – E. HAKALA – J. T. ERONEN (2020): Decoupling for ecological sustainability: A categorisation and review of research literature, in: *Environmental Science & Policy*, Volume 112, 236-244.

⁸⁹³ WIEDMANN Thomas O. et al. (2015): The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112. évf. 6271.

társadalmi – és szociális normákat, az ismeretrendszerek, politikai és szakigazgatási megközelítéseket, az alkalmazott a technológiákat és termelési folyamatokat, a fogyasztási szokásokat is.⁸⁹⁴

Az építőipar *a nemzetgazdaság nagyon fontos szegmense*. Noha az elmúlt évek globális gazdasági folyamatait jelentősen meghatározta a koronavírus okozta világjárvány és az ezzel összefüggésben hozott intézkedések, 2021 második felében a járvány megfékezése érdekében bevezetett korlátozások ebben az időszakban már kevésbé fogták vissza a gazdasági teljesítményt, mint a járvány kitörésekor, azonban a termelési és az ellátási láncok akadozása még markánsan megfigyelhető volt.⁸⁹⁵

A járvány hatásai ugyan eltérően érintették az egyes gazdasági területeket, de a Központi Statisztikai Hivatal (a továbbiakban: KSH) adatai szerint a 2021. I–III. negyedévi 7,1 %-os gazdasági bővüléséhez az építőipar 0,6%-kal járult hozzá és a teljes építőipar teljesítménye 2021 szeptemberére megközelítette a járvány előtti, két évvel korábbi szintet.⁸⁹⁶

Az építőipar hozzáadott értékének növekedése determináló hatással a különböző szakpolitikai területekre, így a lakáspolitikára, a szociális ellátó rendszerre, a foglalkoztatáspolitikára, illetve a gazdasági ösztönzésre egyes szegmenseire.⁸⁹⁷

A rendelkezésünkre álló legfrissebb statisztikai adatok szerint a járvány harmadik hulláma ellenére 2021 első felében élénkült az ingatlanpiaci forgalom és az év második negyedévében 35%-kal több volt az értékesítés, mint az előző év negyedéveiben. Az eladásokon belül az új lakások aránya nőtt a leginkább 2016 és 2019 között, majd 2020-2021-ben ennek mértéke csökkenő tendenciát mutatott.⁸⁹⁸

Ugyanakkor az építőipar óriási alapanyag igényrel is rendelkezik. A GDP és a hazai anyagfelhasználás (Domestic Material Consumption) hányadosaként meghatározható erőforrás-termelékenységi mutatók arra szolgálnak, hogy mérhető legyen az anyagok nemzetgazdaságon belüli felhasználása okozta környezetterhelés.⁸⁹⁹ A mutató számításakor az anyagok teljes életciklusát veszik számításba. A KSH adatai szerint, Magyarországon a mutató értéke jelentősen emelkedett a kétezres évek elejéhez képest, és az anyagfelhasználás növekedésével párhuzamosan az erőforrás-termelékenység jelentős visszaesése volt megfigyelhető. 2019-ben egy kilogramm erőforrás-felhasználás 0,75 euróval járult hozzá a bruttó hazai termékhez. Ez jelentős mértékben elmaradt az uniós átlagtól (2,14 euró/kilogramm) és a V4-országok közül Lengyelország (0,71 euró/kilogramm) után a második legalacsonyabb volt.⁹⁰⁰ Magyarországon ezek alapján 1 egységnyi GDP előállításához 1,33 kg direkt anyagfelhasználás volt szükséges, míg az EU átlagában ez az érték mindössze 0,47 kg. Ez egyben azt is jelenti, hogy a hazai anyagfelhasználás vonatkozásában még jelentős hatékonyságnövelési lehetőségek vannak, melyek nem csak gazdasági, hanem fenntarthatósági szempontból is előnyt jelenthetnek a jövőben. Ez azt jelenti, hogy hazánk esetében a környezetterhelésnek a gazdasági növekedéstől való szétválása tapasztalható.

⁸⁹⁴ Európai Környezetvédelmi Ügynökség, „Building the foundations for fundamental change” (Az alapvető változás alapjainak építése), 2021. június 4. <https://www.eea.europa.eu/articles/building-the-foundations-for-fundamental-change> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.)

⁸⁹⁵ <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mone/20213/index.html#hogyanvltotkazagazatiteljestmnyek> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.)

⁸⁹⁶ <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mone/20213/index.html#hogyanvltotkazagazatiteljestmnyek> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.)

⁸⁹⁷ Állami Számvevőszék: Az építőipar hozzájárulása a gazdasági növekedéshez 2021.

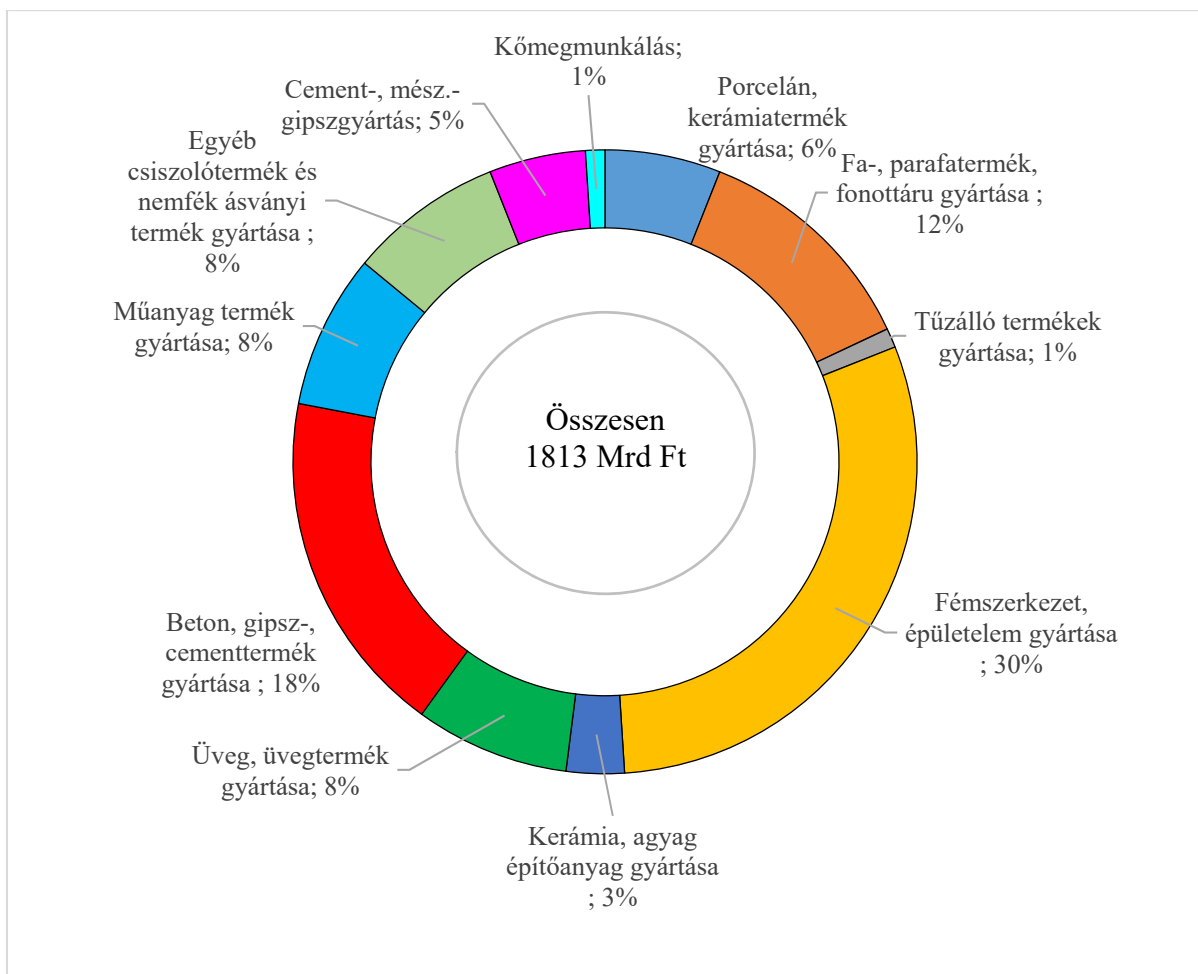
https://www.asz.hu/storage/files/files/elemezések/2021/E2103_Epitoipar_hozzajarulasa_gaznov_20210715_m_d_sszef_z_tt_SKO.pdf?ctid=1307 (A letöltés dátuma: 2022. január 24.)

⁸⁹⁸ <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mone/20213/index.html#hogyanvltotkazagazatiteljestmnyek> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.)

⁸⁹⁹ ARAKAYAEtem K. – SARI Erkam – ALATAŞ Sedat (2021): What drives material use in the EU? Evidence from club convergence and decomposition analysis on domestic material consumption and material footprint. *Resources Policy*, 70. évf. 101904.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301420720309351> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.)

⁹⁰⁰ <https://www.ksh.hu/sdg/3-31-sdg-9.html> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.)



Forrás: Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia⁹⁰¹

Az építőanyag-ipari termelés alakulása (2019)

2. AZ ÉPÍTÉSI-BONTÁSI HULLADÉKOK A HULLADÉKGAZDÁLKODÁS RENDSZERÉBEN

Az építési bontási *hulladék fogalmának* karakterisztikája tekintetében sokáig az uniós szabályozás sem fogalmazott egyértelműen. 2018-ban aztán elfogadásra került a hulladékokról szóló 2008/98/EK irányelv módosításáról szóló 2018/851 EU irányelv, amely felhívta a figyelmet arra, hogy a fogalmak tartalmának egyértelművé tétele érdekében a 2008/98/EK irányelvet ki kell egészíteni többek között a nem veszélyes hulladék, a települési hulladék, az építési és bontási hulladék, az anyagában történő hasznosítás, illetve a feltöltés fogalom meghatározásával.⁹⁰² Az Unió jogában az építési és bontási hulladék fogalom meghatározása az általában építési és bontási tevékenységekből származó hulladéokra vonatkozik, de magában foglalja a háztartásokban a kisebb, önálló építési és bontási tevékenységekből származó hulladékot is azzal a kitételrel, hogy az építési és bontási hulladéknak meg kell felelnie a 2014/955/EU határozat által létrehozott hulladékjegyzék 17. fejezetében foglalt hulladéktípusoknak.⁹⁰³ Ennek a kollízióknak a feloldására a módosuló irányelv konzekvensebb

⁹⁰¹ <https://cdn.kormany.hu/uploads/document/a/a8/a88/a88efdaf7ca941e4596a5a9783b891429e333177.pdf> (A letöltés dátuma: 2022. január 12.).

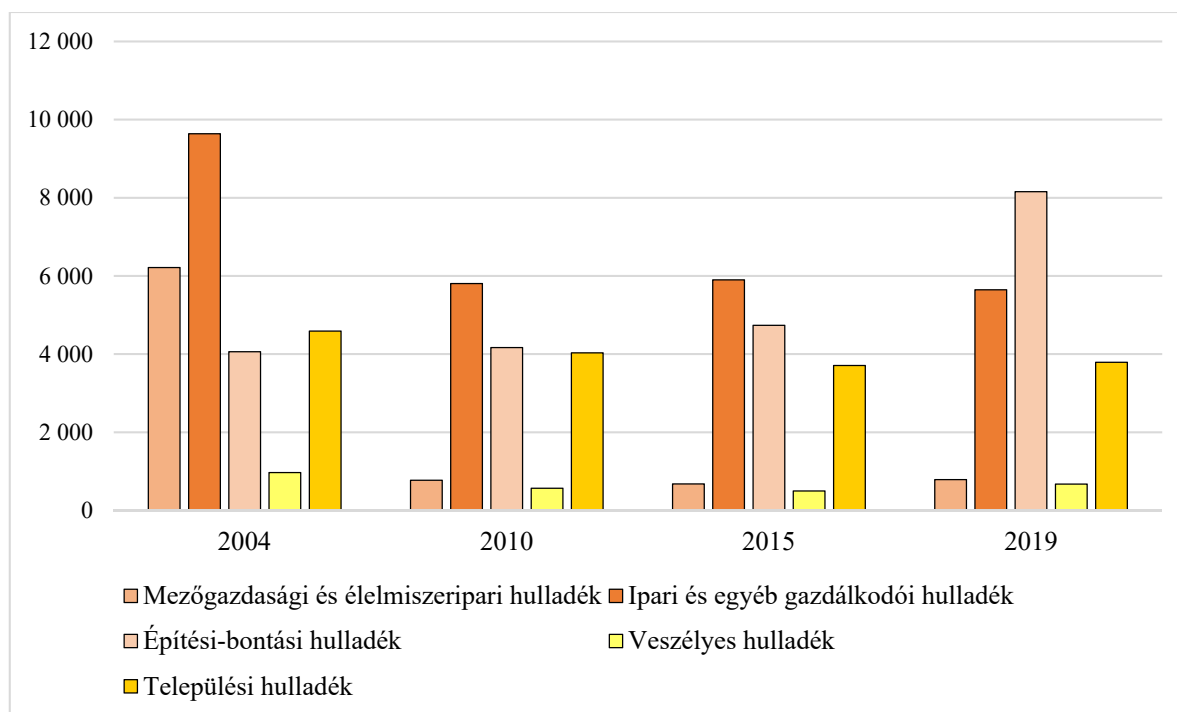
⁹⁰² Lásd a hivatkozott irányelv (9) preambulum bekezdését.

⁹⁰³ Lásd a hivatkozott irányelv (11) preambulum bekezdését.

definíciót vezetett be a települési hulladék értelmezési tartományára és akként rendelkezik, hogy a települési hulladék fogalmába nem tartozik bele az építési és bontási hulladék.⁹⁰⁴ Ugyanakkor kimondja, hogy az építési és bontási hulladék az építési és bontási tevékenységből származó hulladék.⁹⁰⁵ A későbbiekben látni fogjuk, hogy a hazai szabályozók is hasonló szabályozási metodikát alkalmaznak. Ez az egyszerű megfogalmazás a gyakorlatban különösebb jogértelmezési problémákat nem vetett fel.

A fenntartható fejlődés indikátorai Magyarországon 2020 címet viselő KSH kiadvány szerint Magyarországon a mesterséges felszínnek aránya 1900-hoz képest 15%-kal növekedett 2018-ig, míg a művelés alatt álló szántó területe 2019-ben mintegy 8%-kal kisebb volt az 1990. évinél.⁹⁰⁶

Az építési-bontási hulladék keletkezése mind globális, mind pedig kisebb földrajzi területek, így országok esetében is az építési beruházások mértékéhez igazodik. Ez magában foglal mindenféle építési beruházást: az új létesítmények létrehozására irányuló és a meglévőknél végzett építési tevékenységeket is.



Forrás: a KSH adatai alapján⁹⁰⁷ a szerzők saját szerkesztése.

Az egyes hulladékfajták mennyisége a kezelés módja szerint (ezer tonna)

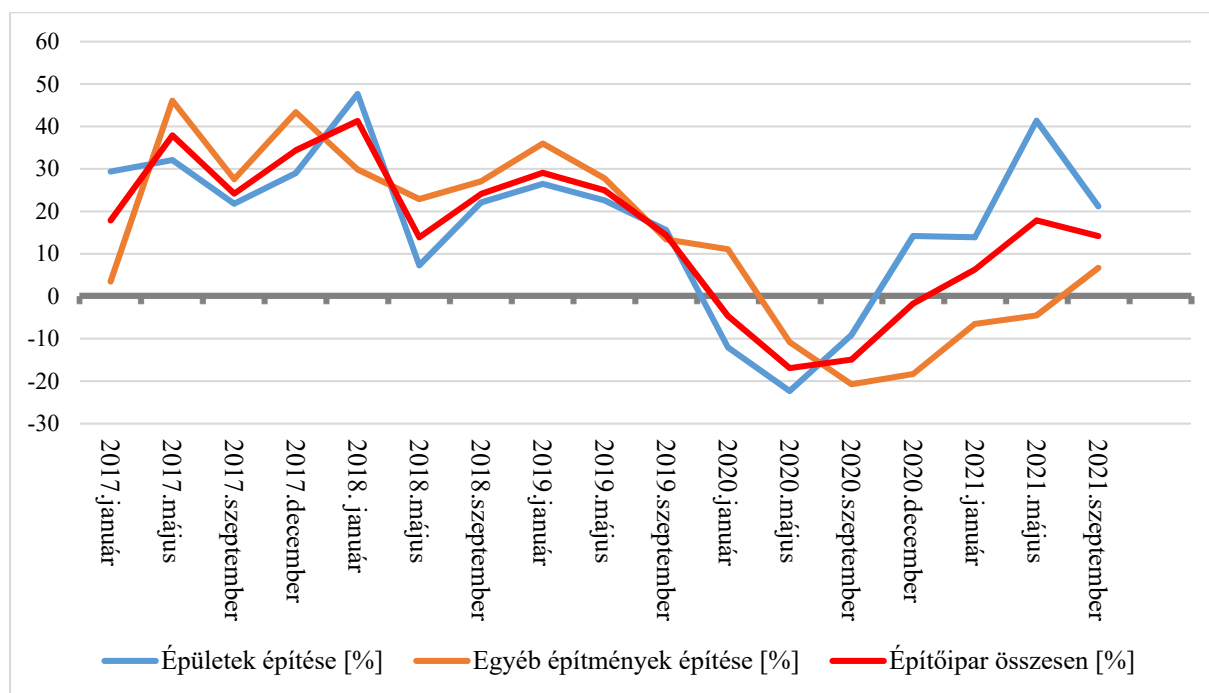
⁹⁰⁴ Lásd a hivatkozott irányelv 3. cikkének (2b) bekezdését.

⁹⁰⁵ Lásd a hivatkozott irányelv 3. cikkének (2c) bekezdését.

⁹⁰⁶ https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/fenntartfej/2020/fenntarthatos_fejlodes_indikatorai_2020.pdf 12. (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

⁹⁰⁷ https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0029.html (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

Mivel az építési-bontási hulladék (továbbiakban: ÉBH) keletkezésének alapvető meghatározója az említett beruházások mértéke, az építési-bontási hulladékok mennyiségének alakulását is elsődlegesen az építőipari beruházások mértékének változása befolyásolja. Szintén befolyással bír az ÉBH keletkezésének mértékére az adott ország épületállományának mindenkori állapota, az avulás mértéke is. Ez eredményezi azt, hogy ennél a hulladékaramnál évről évre változnak a mennyiségre vonatkozó statisztikai adatok (lásd fenti ábra), szemben például a települési szilárd hulladékkal, amely évszaktól függően ugyan, de nagyságrendileg évek óta megbecsülhető.



Forrás: a KSH adatai alapján⁹⁰⁸ a szerzők saját szerkesztése.

Az építőipari termelés havi volumenindexének változása épületfőcsoportonként

A hazai építőipar a járványhelyzetet megelőző években dinamikus fejlődésnek indult, így a korábbi évekhez képest jelentősen nőtt az építési-bontási hulladék mennyisége is 2017-től. Ezt jól mutatja az a tény is, hogy a 2015-ös közel 4,7 Mio. Tonna keletkezett ÉBH mennyiség, 2019-re közel 72%-kal 8,2 Mio. Tonnára emelkedett. A pandémiás időszak számottevően visszavetette az építőipar teljesítményét, így várhatóan az év második felében közzétételre kerülő hulladék-képződés is mérsékeltebb lesz 2020-ra⁹⁰⁹ vonatkoztatva.

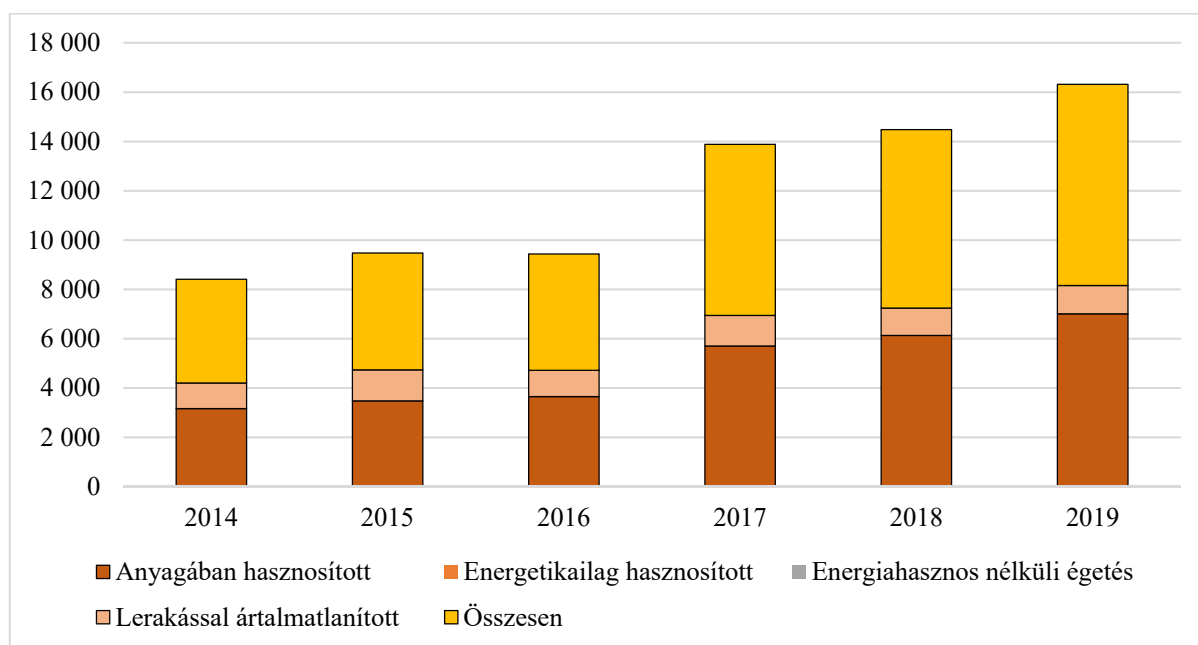
A keletkezett összes hulladékot tekintve hulladékfajtánként eltérő, hogy melyik a legjellemzőbb kezelési mód. Ezt elsősorban a hulladék anyaga, halmazállapota határozza meg. Az anyagában hasznosítás az építési-bontási hulladékok esetében a legnagyobb mértékű, míg a veszélyes hulladék esetében a legkevésbé jellemző.⁹¹⁰ Az energetikai hasznosítás a mezőgazdasági és élelmiszeripari

⁹⁰⁸ <https://www.ksh.hu/heti-monitor/ipar-epitoipar.html> A letöltés dátuma: 2022. január 27.).

⁹⁰⁹ Az EUROSTAT számára csak a másfél évvel később kell a tárgyévi adatokat közölni, ezért a hulladékgazdálkodási adatok tekintetében csak a 2019-ig állnak rendelkezésre a statisztikai adatok.

⁹¹⁰ DAHLBO Helena et al. (2015): Construction and demolition waste management – a holistic evaluation of environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 107. évf. 335.

hulladék esetében a legjelentősebb, és még a települési hulladéknál mondható számottevőnek. A lerakás a települési, illetve az ipari és az egyéb gazdálkodói hulladékokra a legjellemzőbb. Természetesen a fenti jellegzetességek az egyes országok hulladékgazdálkodási szabályozása és kialakult gyakorlata tükrében eltérnek. Mindemellett fontos megjegyezni, hogy mint minden hulladék, úgy az építési és bontási hulladékok esetében is az irányadó prioritásokat a 2008/98/EK Hulladék keretirányelv fekteti le az általa definiált hulladékhierarchiában. Minden felelős gazdálkodó feladat és minden nemzeti szabályozó fő célja kell legyen, hogy a keletkező hulladékamokat e hierarchia szerinti lépésekben kezelje. A Keretirányelv által lefektetett hierarchia tevékenyen hozzájárul a körforgásos gazdaság által kitűzött célok eléréséhez⁹¹¹



Forrás: a KSH adatai alapján a szerzők saját szerkesztése.⁹¹²

Az építési-bontási hulladék kezelése Magyarországon (ezer tonna)

A hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről szóló 2008/98/EK irányelv (a továbbiakban: EU Hulladék Keretirányelv) 11. cikk (2) bekezdésének b) pontja, valamint a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény (a továbbiakban: Ht.) 92. § (3) bekezdése alapján 2020. december 31-ig a nem veszélyes építési és bontási hulladékok újrahasználatra történő előkészítését, újrafeldolgozását és az egyéb, anyagában történő hasznosítását, ideértve a feltöltési műveleteknél más anyagok helyettesítésére történő használatot, de nem beleértve a természetesen előforduló, a hulladékjegyzék 17 05 04-es (föld és kövek) kategóriájában meghatározott hulladékokat, tömegében minimum 70%-ra kell növelni. Az előző ábrán látható, hogy Magyarország a 70%-os hasznosítási arányt⁹¹³ már 2019-ben elérte.

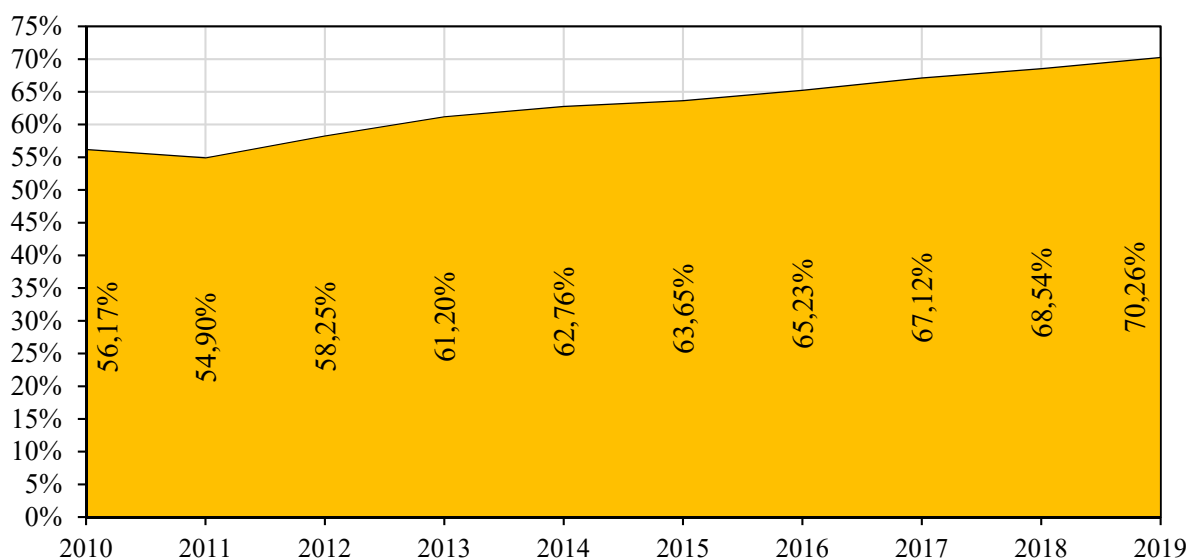
⁹¹¹ Chunbo ZHANG – Mingming HU – Francesco Di MAIO – Benjamin SPRECHER – Xining YANG – Arnold TUKKER (2022): An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe, *Science of The Total Environment*, Vol. 803.

⁹¹² https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0029.html (A letöltés dátuma: 2022. január 27).

⁹¹³ A Bizottság 2024. december 31-ig dönt az építési-bontási hulladékok újrahasználatra való előkészítésére és újrafeldolgozására vonatkozóan célértékek esetleges felülvizsgálatáról.

Az aktuális Országos Hulladékgazdálkodási Terv szerint a keletkező építési-bontási hulladékoknak még mindig egy jelentős része kerül lerakásra, részben a lerakók állékonyság-javítása, vagy technológiai utak biztosítása érdekében, részben pedig azért, mert a lerakók közelebb helyezkednek el a kitermelés helyéhez, így a szállítási költségek mérséklése érdekében gyakran a lerakók az építési-bontási hulladék ártalmatlanítók első számú célpontja, jelentősen csökkentve ezzel a lerakók befogadó képességét.⁹¹⁴ Ez a hozzáállás az előbb jelzett problémák mellett tovagyűrűző egyéb környezetvédelmi terheket is jelent, hiszen azáltal, hogy a potenciálisan újrahasználatos, vagy éppen hasznosítható összetevők nem kerülnek újrahasználatra, vagy hasznosításra, nem tudnak hozzájárulni az építőanyagipar nyersanyagigényének csökkentéséhez, továbbá a beépített energiatartalmuk is elvész.

Itt érdemes utalni arra is, hogy a Tisztítsuk Meg az Országot! Program keretében felszámolt illegális hulladék legnagyobb mennyiségben építési-bontási hulladékot tartalmazott. Ennek a tendenciának a visszaszorítása érdekében 2021 tavaszán módosításra került a Büntető Törvénykönyvről szóló 2012. évi C. törvény (a továbbiakban: Btk.) hulladékgazdálkodás rendjének megsértésének tényállása. Ez alapján, aki arra a célra hatóság által nem engedélyezett helyen az emberi élet, testi épség, egészség, a föld, a víz, a levegő vagy azok összetevői, illetve élő szervezet egyedének veszélyeztetésére alkalmas vagy jelentős mennyiségű hulladékot elhelyez, büntetett miatt három évig terjedő szabadságvesztéssel büntetendő. A Btk. alkalmazásában jelentős mennyiségű hulladék az 1000 kg-ot vagy a 10 köbmétert meghaladó mennyiségű hulladék. A büntetés még súlyosabb, amennyiben a bűncselekményt veszélyes hulladékokra, különösen jelentős mennyiségű hulladékokra, vagy különös visszaesőként követik el. Különösen jelentős mennyiségű hulladéknak a jelentős mennyiségű hulladék tízszerese számít.⁹¹⁵



Forrás: ITM Egységes Hulladékgazdálkodási Információs Rendszer.

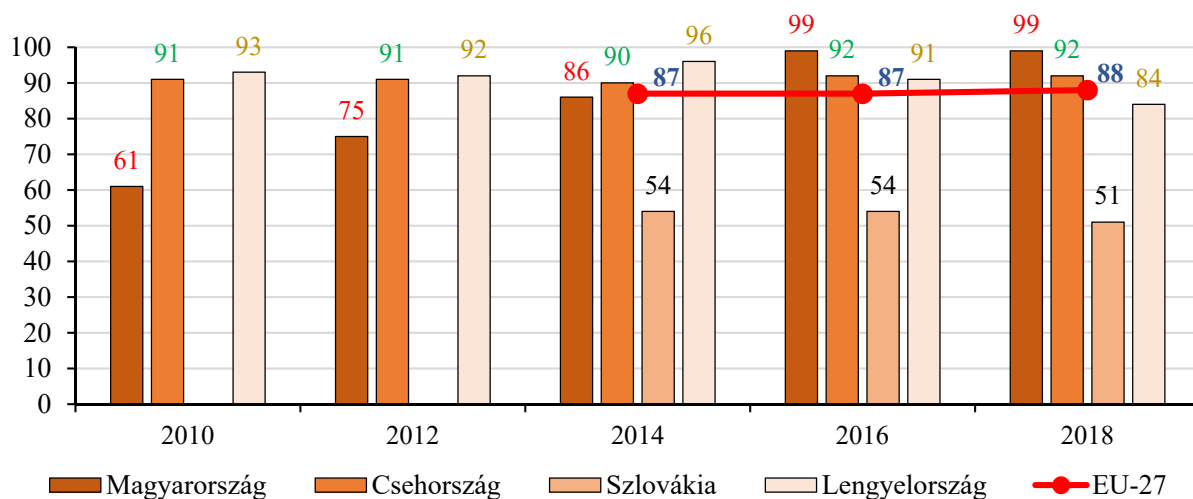
Az építési-bontási hulladék hasznosítási aránya Magyarországon

Az Európai Unió statisztikai hivatala (a továbbiakban: EUROSTAT) módszertana szerint, az építési-bontási hulladék kategóriában a 17 05 04 hulladékazonosító kódú (föld és kövek) hulladék mennyisége is szerepel. A hazai újrahasznosítási arány a föld és kövek beszámításával azért ilyen magas, mert a hazai szabályozás alapján nem minden, az EUROSTAT adatgyűjtésben szereplő tevékenység

⁹¹⁴ Lásd a 2021-2027 közötti időszakra szóló Országos Hulladékgazdálkodási Tervről szóló 1704/2021. (X. 6.) Korm. határozatot.

⁹¹⁵ Lásd a Btk. 248. § (2) bekezdését.

számít bele a hasznosítási arányba. Emellett azt is érdemes kiemelni, hogy a 2020-ra elérendő 70%-os EU-s célérték tekintetében a föld és kövek hulladék mennyisége és kezelése nem része a számításnak. Ahogyan a lenti ábrán is látható a V4-országok – Szlovákia kivételével – az EUROSTAT módszertan alapján értékelt újrahasznosítási aránya is eléri, vagy meghaladja az uniós átlagot (Lengyelország 2018-ban valamivel kisebb újrahasznosítási arányt ért el).



Forrás: EUROSTAT adatok alapján a szerzők saját szerkesztése.⁹¹⁶

A teljes képződött építési-bontási hulladék hasznosítási arány az EU-ban (földdel és kövekkel együtt)

A fentiekből összességében az a következtetés vonható le, hogy az építőipar nemzetgazdasági szinten fontos szerepe és fokozott nyersanyag szükséglete olyan megoldásokat kíván,⁹¹⁷ amelyek lehetővé teszik a gazdasági és az ökonomiai értelemben vett növekedés oly módon való elérését, hogy közben a környezeti terhek ne nőjenek ugrásszerűen (vö. relatív, vagy abszolút de-coupling).. Az építkezések környezetterhelésének mértéke számos ponton csökkenthető folyamán. Fontos megjegyezni, hogy az építési tevékenység környezeti hatásai nem szűkíthetők le kizárólagosan az építési folyamatokra, sem pedig a bontás során keletkező környezetterhelésekre, hanem a teljes életciklust vizsgálva lehet csak meghatározni azokat. Ezért is javasolható az életciklus értékelés (LCA = Life cycle assessment) alkalmazása az építésgazdaság terén, hiszen csak így alkotható teljes körű (vagy legalább azt megközelítő) kép a tényleges környezeti lábnyomról⁹¹⁸. Az bizonyos, hogy az építési-bontási hulladék anyagában történő hasznosítása tekintetében számos technológia elérhető, így az újrahasznosítási arány növelésével mérsékelhető a korlátozottan rendelkezésre álló alapanyagok kitermelése, az ismételten felhasznált anyagok révén a hulladék mennyisége, az új fenntartható építészeti megoldások által pedig az energiahatékonyság és szén-dioxid-egyenérték belföldi üvegházhatású gázkibocsátása is.

⁹¹⁶ EUROSTAT, Recovery rate of construction and demolition waste (CEI_WM040) (2022.01.04-i változat), https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2022.01.26.)

⁹¹⁷ Lásd ehhez: Az Európai Környezetvédelmi Ügynökségének 2020-as SOER-jelentést (Európai környezet – állapot és kilátások 2020-ra). <https://www.eea.europa.eu/highlights/soer2020-europes-environment-state-and-outlook-report>. (A letöltés dátuma: 2022.01.26.)

⁹¹⁸ M. D. Bovea– J. C. Powell (2016): Developments in life cycle assessment applied to evaluate the environmental performance of construction and demolition wastes, *Waste Management*, Vol. 50, 151-172.

3. AZ ÉPÍTÉSI ÁGAZAT FENNTARTHATÓSÁGÁVAL ÖSSZEFÜGGŐ RELEVÁNS SZABÁLYOZÓK RENDSZERE

A hulladékgazdálkodás meghatározó szegmense a fenntarthatósági és körforgásos gazdasági kérdéseknek. Ennek köszönhetően mind nemzetközi, mind nemzeti szinten önálló szabályozási tárgykörként jelenik meg. Nemzetközi szinten az ENSZ Közgyűlése által 2015. szeptember 25-én elfogadott, 2030-ig tartó időszakra vonatkozó *fenntartható fejlesztési menetrend Fenntartható Fejlődési Céljai* között (a továbbiakban: SDG) a 12. célkitűzésként került megfogalmazásra a fenntartható fogyasztás és termelés megteremtésének szükségessége. Ez markánsan érinti a hulladék képződés és hasznosítás egyes aspektusait is. Az építőipari tevékenységre vonatkozó hulladékgazdálkodási kérdések számos egyéb ENSZ fenntarthatósági célhoz is kapcsolódnak, így különösen a Fenntartható városok és közösségek (11. SDG), az Ipar, innováció, infrastruktúra (9. SDG), valamint a Megfizethető és tiszta energia (7. SDG) egyes részterületeihez.

Természetesen ezek a célok egymástól nem elszigetelten, hanem egymással kölcsönhatásban értelmezhetőek és még jónéhány nemzetközi egyezmény járul hozzá ezeknek a céloknak a szakpolitikai szinten történő érvényesítéséhez. Ezek közül talán a legismertebb a Párizsi Megállapodás, amelyet az Európai Unió 2016. október 5-én ratifikált.⁹¹⁹

Az Európai Unió (a továbbiakban: EU vagy Unió) nemzetközi jogi jogalanyként maga is számos nemzetközi egyezmény részese. Ezek közvetetten vagy közvetlenül hatással vannak az építésgazdaságra és az ahhoz kapcsolódó hulladékgazdálkodási kérdésekre is.

Az alábbiakban nagyon röviden megvizsgáljuk azokat a szabályozási kérdéseket, amelyek az épületek életciklusára, valamint az építési-bontási hulladékgazdálkodás szempontjából a legfontosabbak:

Ad a) Az uniós zöld építésgazdaság egyik alapvető kérdése az *építési tevékenységek uniós energiahatékonysági célok szolgálatába állítása*. Ez azért is fontos, mert az energiahatékonysági előírások – ahogyan láttuk is a termékfejlesztési kérdések kapcsán – olyan kérdéseket is meghatároznak, amelyek markánsan befolyásolják az épületek és építőipari alapanyagok életciklusának egyes fázisait. Továbbá az építésgazdasággal kapcsolatos energiafelhasználás jelentős része az épületek üzemeltetéséhez kötődik, így ennek a szakasznak a hatékonyságnövelése jelentős hatással van a teljes életciklus energiaigényére, így karbonmentesítésére is.

Európában az épületekkel kapcsolatos energiahatékonysági előírásoknak komoly történelme van. Az első ilyen irányú szabályozások a '70-es években, az olajválság kapcsán jelentek meg, majd folyamatosan evolválódtak napjainkig⁹²⁰

A 2019-ben elfogadott európai zöld megállapodásban⁹²¹ a Bizottság megerősítette elkötelezettségét az éghajlat- és környezetvédelmi kihívások kezelése iránt. Az EU jó példával igyekezett elől járni, amikor ambiciózus célokat tűzött ki arra vonatkozóan, hogy 2030-ra az 1990-es szinthez képest legalább 55 %-kal csökkenjen a nettó kibocsátás, 2050-re pedig Európa az első klímasemleges kontinens legyen.⁹²² 2020 márciusában a Bizottság európai klímarendelet elfogadására irányuló javaslatot terjesztett elő,

⁹¹⁹ A Tanács (EU) 2016/1841 határozata (2016. október 5.) az ENSZ Éghajlat-változási Keretegyezménye keretében létrejött párizsi megállapodásnak az Európai Unió nevében történő megkötéséről.

⁹²⁰ M. ECONOMIDOU – V. TODESCHI – P. BERTOLDI – D. D'AGOSTINO – P. ZANGHERI – L. CASTELLAZZI (2020): Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings, *Energy and Buildings*, Vol. 225.

⁹²¹ COM/2019/640 final <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?qid=1576139997489&uri=COM:2019:640:FIN> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

⁹²² „Irány az 55 %!": Az EU 2030-ra vonatkozó éghajlat-politikai célkitűzésének megvalósítása a klímasemlegesség elérése érdekében. COM(2021) 550 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

hogy kötelező erejű jogszabályban rögzítse a 2050-re kitűzött klímasemlegességi célt. A klímarendelet 2021 júniusában hatályba is lépett.

Az EU számos dokumentumában kifejtette, hogy az energiarendszerének dekarbonizációja elengedhetetlen a 2030-ra kitűzött éghajlat-politikai célkitűzések megvalósításához. Az európai zöld megállapodás a tiszta energiára való átállás három alappillére között nevesíti az épületek energiahatékonyágának javítását is. Ennek keretében a Bizottság a megújuló energiaforrások kiaknázásának támogatása érdekében az összekapcsolt energiarendszerek és jobban integrált hálózatok kiépítését, az innovatív technológiák és a korszerű infrastruktúrák térnyerésének előmozdítását, az energiahatékonyág és a környezettudatos terméktervezés ösztönzését, az uniós energiaszabványok és -technológiák világszintű alkalmazásának előmozdítását emelte ki, mint legfőbb célokat. Fontos kiemelni, hogy a stratégiák nem csak az épületek energiaigényének csökkentését célozzák, hanem a fennmaradó energiaigény lehetőség szerint minél nagyobb részarányban megújuló forrásokból való fedezését is.

Ad b) Az energiahatékonyág mellett a szabályozók egy másik szabályozási tárgyköre *az építési alapanyagokra* vonatkozik. Ahogyan arra is utaltunk már, a legtöbb zöldgazdasággal kapcsolatos uniós dokumentum aggodalmát fejezi ki a nyersanyagok túlzott kiaknázása miatt. Éppen ezért a legtöbb dokumentum arra is keresi a választ, miként lehetséges a meglévő természeti értékek megőrzése mellett kielégíteni az építőipari igényeket.

Az Európai Bizottság 2015-ben elfogadta az első körforgásos gazdaság cselekvési tervet, majd 2020 márciusában a körforgásos gazdaságról szóló új cselekvési tervet, amely csökkentheti a természeti erőforrásokra nehezedő nyomást és támogathatja a fenntartható növekedést. Az akcióterv a termékek teljes életciklusára vonatkozó kezdeményezéseket fogalmaz meg annak érdekében, hogy az erőforrások a lehető leghosszabb ideig az EU gazdaságában maradjanak.⁹²³

2021 októberében a Bizottság javaslatot fogadott el a hulladékban maradó szerves szennyező anyagokra vonatkozó szabályok frissítéséről, illetve novemberben a hulladékszállítással kapcsolatos szabályokról,⁹²⁴ amelyek az építési-bontási hulladék szempontjából is meghatározóak.

Idén várható a Bizottság jónéhány olyan javaslatának a megtárgyalása is, amelyek az építőipari alapanyagok és termékek szempontjából is fontosak: ilyen például az a rendelettervezet, amely előírná a termékek, szolgáltatások környezeti lábnyomával kapcsolatos termékleírásokban foglaltak megfelelő alátámasztását a zöldre festés (greenwashing) elkerülése érdekében. Ehhez az e célra meghatározott egységes számszerűsítési módszert kellene majd használni.⁹²⁵

Szintén előkészítés alatt áll egy ipari kibocsátásokra vonatkozó irányelv⁹²⁶ kiegészítése is, amely vélhetően az építő-alapanyag gyártókat is érinteni fogja. Az irányelv az ilyen létesítmények szennyezőanyag-kibocsátását azonos elvek mentén szabályozó keretjogszabály lesz, kitérve az erőforrás-felhasználásra, a hulladéktermelés csökkentésére és az újrahasznosított anyagok használatának növelésére.

Az építési alapanyagok gyártása kapcsán fontos megemlíteni még, hogy az Integrált Szennyezés Megelőzés és Ellenőrzés, vagy ahogyan már a korábbiakban is hivatkoztuk IPPC keretén belül az Elérhető legjobb technika – azaz a szintén hivatkozott BAT – kapcsán több építési alapanyag és

⁹²³ https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_hu (A letöltés dátuma: 2022. január 20.).

⁹²⁴ Lásd ehhez a hulladékszállításról, valamint az 1257/2013/EU és az (EU) 2020/1056 rendelet módosításáról szóló javaslatot. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0709&from=HU> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

⁹²⁵ https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12511-Termek-es-vallalkozasok-kornyezeti-teljesitmenye-az-allitasok-alatamasztasa_hu (A letöltés dátuma: 2022. január 28.).

⁹²⁶ Lásd ehhez Az ipari kibocsátásokról szóló 2010/75/EU irányelvet.

építőanyag vonatkozásában (pl. kerámiatermékek, cementgyártás, nem szerves alapanyagok gyártása) készültek referenciadokumentumok, melyek az elvárt legjobb gyakorlatokat tartalmazzák⁹²⁷. Ezek betartása nemzeti jogszabályokon keresztül biztosított.

A Magyar Nemzeti Bank (a továbbiakban: MNB) 2021 novemberében kiadott lakáspiaci jelentése szerint az alapanyagár emelkedés és az alapanyagok és felszerelések hiánya jelentősen visszavetette az építkezések ütemét Magyarországon és Románia után 9%-kal nálunk volt a legmagasabb a drágulás üteme.⁹²⁸ A legjelentősebb drágulás a cement, mész, gipsz és a téglá, égetett építőanyagok piacán történt. Ennek megfékezésére a Kormány 2021 júliusában több jogszabályt is elfogadott,⁹²⁹ amelyek alapján – többek között – előírásra került az építőipari ellátásbiztonság szempontjából stratégiai jelentőségű nyersanyagok és termékek számára egy bejelentési kötelezettség – így például a kavics, sóder, tört vagy zúzott kő, cementek, habarcsok, betonok, gyapot és különböző fém – kivételére és a fuvarozásukra is az Elektronikus Közúti Áruforgalom-ellenőrző Rendszerben (a továbbiakban: EKÁER).

Az MNB adatai szerint 2019-ben az építőipar teljesítményét 43-45%-ban a munkaerő hiánya, míg 13-22%-ban a felszerelés és az anyag hiánya akadályozta.⁹³⁰

Az Építési Vállalkozók Országos Szakszövetsége szerint 2022-ben a szigetelőanyagok, a tetőfedő anyagok vagy a burkolási tevékenységekhez szükséges segédanyagok esetében további áremelkedés várható, míg a fa, a réz, a vas és az acélipari termékek vélhetően már nem drágulnak érdemben tovább.⁹³¹

Ad c) A szabályozók harmadik nagy csoportja az épületek felújítására irányadó szabályokat határozza meg. Az anyaghatékonyság növelésében és az éghajlatváltozás hatásainak csökkentésében rejlő lehetőségek kiaknázása érdekében, a Bizottság 2020 októberében hozta nyilvánosságra az épületek energiahatékonyságának javítására irányuló felújítási stratégiáját (Renovation Wave Strategy),⁹³² amelynek célja az épületek energiahatékonyságának javítása, illetve a következő tíz évben a korszerűsítési arány megduplázása, biztosítva egyúttal azt is, hogy a felújítások nagyobb energia- és erőforrás-hatékonyságot eredményezzenek.⁹³³ A Bizottság stratégiája szerint Európa épületállománya meglehetősen elöregedett – 35%-a 50 évesnél idősebb, több mint 40%-a 1960 előtt épült –, heterogén jellegű és nagyon lassan változó. Ugyanakkor a ma létező épületek 85-95%-a 2050-ben is állni fog, ezért a Bizottság célul tűzte ki a meglévő állomány nagy arányú felújítását azzal a stratégiában nevesített ambiciózus céllal, hogy 2030-ig 35 millió épületet lehetne felújítani.

⁹²⁷ <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/> (A letöltés dátuma: 2022. január 30.).

⁹²⁸ <https://www.mnb.hu/kiadvanyok/jelentesek/lakaspiaci-jelentes/lakaspiaci-jelentes-2021-november> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

⁹²⁹ Lásd a gazdaság újraindítása érdekében meghozandó, az építőipari ellátásbiztonság szempontjából stratégiai jelentőségű nyersanyagok és termékek kivételével kapcsolatos regisztrációs eljárásról és egyéb intézkedésekről szóló 402/2021. (VII. 8.) Korm. rendeletet, a gazdaság újraindítása érdekében meghozandó, az építőipari ellátásbiztonság szempontjából stratégiai jelentőségű nyersanyagok és termékek fuvarozásával kapcsolatos intézkedésekről szóló 403/2021. (VII. 8.) Korm. rendeletet, a gazdaság újraindítása érdekében fizetendő kiegészítő bányajáradékról szóló 404/2021. (VII. 8.) Korm. rendeletet, a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény eltérő alkalmazásáról szóló 405/2021. (VII. 8.) Korm. rendeletet, a tisztességtelen piaci magatartás és a versenykorlátozás tilalmáról szóló 1996. évi LVII. törvény eltérő alkalmazásáról szóló 406/2021. (VII. 8.) Korm. rendeletet, a veszélyhelyzet ideje alatt a harmadik országbeli állampolgárok magyarországi foglalkoztatására vonatkozó különleges szabályokról szóló 407/2021. (VII. 8.) Korm. rendeletet, valamint a kulturális örökség védelméről szóló 2001. évi LXIV. törvény egyes szabályainak veszélyhelyzet ideje alatti eltérő alkalmazásáról szóló 409/2021. (VII. 8.) Korm. rendeletet.

⁹³⁰ Magyar Nemzeti Bank: Kereskedelmiingatlan- piaci jelentés, 2021. április.

<https://www.mnb.hu/kiadvanyok/jelentesek/kereskedelmiingatlan-piacijelentes/kereskedelmiingatlan-piaci-jelentes-2021-aprilis> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.).

⁹³¹ <https://novekedes.hu/interju/epitesi-vallalkozok-10-15-szazakkal-dragulhatnak-az-epitoanyagok> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.).

⁹³² COM(2020) 662 final. A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives In.:

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu_renovation_wave_strategy.pdf (A letöltés dátuma: 2022. január 27.).

⁹³³ WANDAHL Soren et al. (2021); The impact of construction labour productivity on the renovation wave. *Construction Economics and Building*, 21. évf. 3. sz. 13.

A stratégia alapvetően a fűtés és hűtés dekarbonizációjára, az energiaszegénység⁹³⁴ és a legkevésbé energiahatékony épületek kezelésére, valamint a középületek (iskolák, kórházak és közigazgatási épületek) felújítására helyezi a hangsúlyt, és a stratégiában lefektetett célok elérése érdekében, a meglévő épületekre vonatkozó kötelező energiahatékonysági minimumkövetelmények mellett, a korábbinál szigorúbb kötelezettséget kíván bevezetni az energiahatékonysági tanúsítványokkal kapcsolatos kötelező előírásokra.

A Bizottság azt is kiemelte,⁹³⁵ hogy a felújítások főként a helyi vállalkozásokra és a helyi munkaerő igénybevételére támaszkodnak, az épületek felújítása is döntő szerepet játszhat a COVID-19 világvárvány utáni európai gazdasági fellendülésben, melyet a Bizottság helyreállítási terve⁹³⁶ is támogat. Az épületállomány energiahatékonysági és élettartam-növelő felújítása amellet, hogy az üzemeltetési energiafelhasználás csökkenését eredményezi, aktívan hozzájárul ahhoz is, hogy ezek az épületek további hosszú évekig használatban maradjanak, ezáltal csökkenjen az építési terület erőforrásigénye és hulladékkeletkezése. Ezt a célt legjobban az épületek mélyfelújítása szolgálhatja.

Az épületek fenntarthatósági teljesítményének értékeléséhez biztosít segítséget az ún. Level(s)-kezdményezés, amely az Európai Bizottság olyan keretrendszere, amely a meglévő szabványok felhasználásával új megközelítést kínál az épületek teljes életciklusa alatti fenntarthatóságának értékeléséhez és jelentéséhez.

Ehhez kapcsolódóan került elfogadásra a Körkörös gazdaság – épülettervezés alapelvei című Bizottsági közlemény is, amely az építési értéklánc szereplőinek tájékoztatása és támogatása érdekében az épületek körkörös tervezésének alapelveit tartalmazza.⁹³⁷ 2020 októberében a Bizottság elindította az Új Európai Bauhaus kezdeményezést is, amely fórumot biztosít az európaiak számára, hogy megosszák ötleteiket a klímabarát építészettel kapcsolatban.⁹³⁸

A Bizottság emellett az épületfelújítások kapcsán javasolja, hogy a tagállamok minden évben az összes középület teljes alapterületének legalább 3%-át újítsák fel, 2030-ra az épületek legalább 49%-ban megújuló energiát hasznosítsanak és 2030-ig évente +1,1 százalékponttal növeljék a megújuló energia fűtési és hűtési célú felhasználását.

Ad d) Végezetül az uniós szabályozási tárgykörök negyedik csoportjába sorolhatók az építési-bontási hulladékokra vonatkozó hulladékgazdálkodási szabályozók. A hulladékgazdálkodás az EU belső piacának működése, körforgásos gazdasági és fenntarthatósági célrendszere, alapanyag kereskedelme szempontjából is nagyon fontos szegmens. Ennek megfelelően ez a terület jogi értelemben is felsorakozott azok közé a szabályozási területek közé, amelyekeken meglehetősen intenzíven érvényesül az egységes uniós szabályozás igénye. Az Unió hulladékgazdálkodási jogforrásai *közel száz normatív és annak nem minősülő jogforrást* foglalnak magukban, melyek alapvetően a hulladékokra, illetve a hulladékgazdálkodásra, a hulladékkezelő létesítményekre és tevékenységekre vonatkozó követelményekre, illetve egy-egy anyag- vagy hulladékáramra irányadó előírásokat fogalmaznak meg. Az uniós jogszabályok alapelve az, hogy lehetőség szerint ne keletkezzen hulladék, amennyiben arra mégis sor kerül, az nyersanyagként visszakerüljön a gazdaságba, vagy közvetlen újrahasználat, vagy – amennyiben ez nem lehetséges – különböző hasznosítási módokon keresztül (lehetőség szerint az up-cycling megvalósítása a down-cycling helyett). A hulladékgazdálkodás javítása az erőforrások jobb

⁹³⁴ Lásd ehhez az energiaszegénységről szóló Bizottsági ajánlást (2020. október 14.). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020H1563&rid=1> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

1

⁹³⁵ https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en (A letöltés dátuma: 2022. január 27.).

⁹³⁶ https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_en (A letöltés dátuma: 2022. január 27.).

⁹³⁷ <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984> (A letöltés dátuma: 2022. január 28.).

⁹³⁸ https://europa.eu/new-european-bauhaus/index_en (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

kihasználását eredményezi, új piacokat és munkahelyeket teremt, és ösztönzi a nyersanyag-behozattól való függés mérséklését és a környezeti hatások csökkentését.⁹³⁹

A Bizottság 2020 tavaszán kiadott „A tisztább és versenyképesebb Európát szolgáló, körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési terv” címet viselő közleménye⁹⁴⁰ szerint az épített környezet az összes kitermelt anyag mintegy 50 %-át teszi ki, és az építőipar felelős az EU teljes hulladéktermelésének több mint 35 %-áért. Az anyagkitermelésből, az építési termékek gyártásából, az épületek építéséből és felújításából származó üvegházhatásúgáz-kibocsátás a közleményben hivatkozott becslések szerint pedig a teljes nemzeti üvegházhatásúgáz-kibocsátás 5-12 %-át teszi ki.

Az építési-bontási hulladékokkal összefüggésben az uniós szabályrendszer számos rendelkezést tartalmaz az alapanyagokkal, építőipari termékekkel összefüggésben is.

Ilyen például Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről, amelynek felülvizsgálata folyamatban van. A módosítás keretében bizonyos építési termékek újrafeldolgozott tartalmára vonatkozó követelmények bevezetése is napirenden van.⁹⁴¹

A fent ismertetett, igen sokrétű – ám korántsem teljes körű –, sok esetben a soft law területére tartozó szabályozó egyértelműen mutatja az Unió jogalkotási folyamatait az építésgazdaság és az építési-bontási hulladékokkal összefüggésben. A rendkívül intenzív jogalkotási munka a tagállamok számára is számos jogalkotási kötelezettséget jelent.

Szintén ki kell emelnünk, hogy a jogszabályok szintjén megjelenő előírások leképeződnek az egyes építési termékekre vonatkozó szabványokban is (pl. újrahasznosított anyag tartalom stb.), melyek folyamatos felülvizsgálata szükséges a változó (szigorodó) jogszabályi előírások tükrében.

Vélhetően ebből a rövid összefoglalásból is kitűnik, hogy az építőipar uniós és nemzeti szinten is egy *húzóágazatnak számít, amelynek környezeti ártalmait a legfontosabb szegmensek szabályozásával igyekszik az Unió mérsékelni*. Emellett az elemzésünk arra is rávilágít, hogy az építőiparhoz kapcsolódó számos részkérdés uniós szintű szabályozása meglehetősen *összetett*. Ennek részben az az oka, hogy az építésgazdaság szempontjából kapcsolatos egyes kérdések nem csak az építőiparra vonatkoznak, hanem gyakorta általánosak, szektorsemlegesek (például a terméktervezés), míg mások építőipari szakkérdéseket szabályoznak, mégis értelmezésük önmagukban nem, csak más szabályozókkal együtt lehetséges. Másrésztől nehezíti a szabályozók – illetve a normatív jellegű nem hordozó egyéb dokumentumok – átláthatóságát, hogy nincs egy *olyan uniós felület*, amely az építésgazdasággal kapcsolatos valamennyi dokumentum egyidejű elérését lehetővé tenné, amely megnehezíti az uniós jogi környezetben kevésbé járatan szakemberek tájékozódását.

A *hazai jogforrások* rendszerét tekintve az építési-bontási hulladék kezelése a hulladékgazdálkodás rendszerének meghatározó részének tekinthető. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy környezet- és természetvédelmi, talajtani, az energiahatékonysági vagy éppen az épületek építésére és felújítására

⁹³⁹ Lásd ehhez a Bizottság közleményét Új terv az erőforrás-hatékony Európához. COM/2011/0571 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0571>. (A letöltés dátuma: 2022. január 23.).

⁹⁴⁰ COM(2020) 98 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098&from=EN> (A letöltés dátuma: 2022. január 23.).

⁹⁴¹ COM(2020) 98 final. (A letöltés dátuma: 2022. január 23.).

vonatkozó jogszabályok ne határoznának meg az épületekre irányadó rendelkezéseket. Terjedelmi okokból ezeknek az ismertetésétől most eltekintünk.

Az Alaptörvényben foglalt környezetvédelmi alapjogok mellett a hulladékgazdálkodási ágazat törvényi szintű jogforrása a Ht., amelyet az uniós jogforrásokhoz hasonlóan számos végrehajtási jogszabály egészít ki. Az építési-bontási hulladékok vonatkozásában kiemelendő az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól szóló 5/2004. (VII. 26.) BM-KvVM együttes rendelet.

Emellett az építésügy egy másik ágazati törvénye az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény is (a továbbiakban: Étv.), amely az építési-bontási tevékenység kapcsán is tartalmaz általános szabályokat, így például meghatározza az épített környezet,⁹⁴² az építmény,⁹⁴³ az épület⁹⁴⁴ fogalmát vagy az építési-bontási tevékenység megrendelője vagy folytatója építtetői⁹⁴⁵ minőségét és jogállását. Ennek azért is van kiemelt jelentősége, mert az építési-bontási hulladék fogalmának a meghatározásakor a Ht. visszautal az Étv. rendelkezéseire és akként rendelkezik, hogy az építési-bontási hulladék az Étv. szerinti építmény építéséből vagy bontásából származó hulladék.⁹⁴⁶ Az Étv.-ben került meghatározásra az is, hogy az építtető és a kivitelező együttesen felel azért, hogy az építésügyi hatóság által meghatározott időtartamon belül, az építmény környezetéből az építőipari kivitelezési tevékenység során keletkezett építési hulladékot – a külön jogszabályban meghatározott módon – elszállíttassa, a környezet és a terep felszínét az eredeti, illetve az engedélyezett állapotában átadja, a környezetben okozott károkat megszüntesse.⁹⁴⁷ Az Étv. végrehajtására aztán számos további alacsonyabb szintű jogforrás hivatott. Ezek közül kiemelendő az építőipari kivitelezési tevékenységről szóló 191/2009. (IX. 15.) Korm. rendelet (a továbbiakban e fejezet alkalmazásában: Kivitelezési rendelet), amely meghatározza többek között azt, hogy:

- a kivitelezési szerződés tartalmazza az építőipari kivitelezés során keletkező hulladékok engedéllyel rendelkező kezelőhöz történő elszállítására (elszállíttatására) kötelezett megnevezését,⁹⁴⁸
- a vállalkozó kivitelező feladata az Étv.-ben foglaltakon túlmenően az építési munkaterületen keletkezett építési-bontási hulladék mennyiségének és fajtájának folyamatos vezetése az építési naplóban,⁹⁴⁹ míg a felelős műszaki vezető feladata az építőipari kivitelezési tevékenység befejezésekor, az építési napló alapján – amelynek része a napi jelentés is, ahol fel kell tüntetni az építőipari kivitelezési tevékenység végzése során naponta keletkező építési-bontási hulladék mennyiségét, fajtáját, EWC kódját,⁹⁵⁰ valamint az elszállításának és átvételének az adatait – jogszabályban foglaltak szerint a rendelet melléklete szerinti hulladék nyilvántartó lap kitöltése és az építtetőnek történő átadása.⁹⁵¹ A hulladéknylvántartó lap adatai épület építése, átalakítása, bővítése, felújítása, helyreállítása, korszerűsítése, továbbépítése esetén is

⁹⁴² Az Étv. 2. § 5. pontja alapján a környezet tudatos építési munka eredményeként létrehozott, illetve elhatárolt épített (mesterséges) része, amely elsődlegesen az egyéni és a közösségi lét feltételeinek megteremtését szolgálja.

⁹⁴³ Az Étv. 2. § 8. pontja alapján az építési tevékenységgel létrehozott, illetve késztermékként az építési helyszínre szállított, – rendeltetésére, szerkezeti megoldására, anyagára, készíltési fokára és kiterjedésére tekintet nélkül – minden olyan helyhez kötött műszaki alkotás, amely a terepszint, a víz vagy az azok alatti talaj, illetve azok feletti légréteg megváltoztatásával, beépítésével jön létre (az építmény, az épület és műtárgy gyűjtőfogalma).

⁹⁴⁴ Az Étv. 2. § 10. pontja alapján jellemzően emberi tartózkodás céljára szolgáló építmény, amely szerkezetével részben vagy egészben teret, helyiséget vagy ezek együttesét zárja körül meghatározott rendeltetés vagy rendeltetésével összefüggő tevékenység, avagy rendszeres munkavégzés, illetve tárolás céljából.

⁹⁴⁵ Lásd az Étv. 2. § 4. pontját.

⁹⁴⁶ Lásd a Ht. 2. § (1) bekezdésének 10. pontját.

⁹⁴⁷ Lásd az Étv. 43. § (2) bekezdését.

⁹⁴⁸ Lásd a Kivitelezési rendelet 3. § (2) bekezdésének h) pontját.

⁹⁴⁹ Lásd a Kivitelezési rendelet 12. § (2) bekezdésének c) pontját.

⁹⁵⁰ A hulladékjegyzékről szóló 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet alapján.

⁹⁵¹ Lásd a Kivitelezési rendelet 12. § (3) bekezdésének i) pontját.

kitöltendő. A keletkező hulladékot anyagi minősége szerinti – kitermelt talaj, betontörmelék, aszfalttörmelék, fahulladék, fémhulladék, műanyag hulladék, vegyes építési és bontási hulladék, ásványi eredetű építőanyag-hulladék – csoportosításban kell feltölteni. Külön bontási nyilvántartó lapot kell alkalmazni a hulladéktípusok minősége szerinti említett részletességgel az épület részleges vagy teljes lebontása esetén,

- az építőipari kivitelezési tevékenység befejezését követően a fővállalkozó kivitelező az építési napló összesítő lapján arról nyilatkozik, hogy az építési munkaterületen keletkezett építési-bontási hulladék mennyisége elérte-e a külön jogszabályban előírt mértéket, az előírások szerint kezelték és az építőipari kivitelezési tevékenység befejezésekor a munkaterületről a külön jogszabályban foglaltak szerint elszállították,⁹⁵²
- az építési-bontási hulladék-nyilvántartás az e-főnapló és e-álnapló mellékletét képezi,⁹⁵³
- műszaki átadás-átvételi eljárásan adja át a fővállalkozó kivitelező az építetőnek az építési-bontási hulladék tárolására, elszállítására vonatkozó, hulladék-nyilvántartó lapot.⁹⁵⁴

Emellett érdemes kiemelni az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól szóló 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendeletet is, mely az építési-bontási hulladék feldolgozásával előállított másodlagos építőanyagok felhasználásának részletes szabályait is meghatározza.

Ebben a jogszabályban a bontott építési terméknek minősül az építmény bontása során keletkezett, újbóli felhasználásra szánt, újrafeldolgozás nélkül beépítésre szánt anyag, szerkezet. Ha az építési termék egyedi, az építkezés helyszínén gyártott illetve bontott, hagyományos vagy természetes építési termék és a gyártó által önkéntesen kiadott teljesítménynyilatkozat nem áll rendelkezésre, az építési termék akkor építhető be, ha a beépítéséért felelős műszaki vezető az építési naplóban tett nyilatkozatával igazolja, hogy az építési termék tervezett beépítése megfelel az Étv. 41. §-ában foglaltaknak.⁹⁵⁵ Az Étv. hivatkozott §-a szerint építménybe építési terméket csak az építményekre vonatkozó alapvető követelmények teljesülése mellett szabad betervezni, illetve beépíteni. Az építési termék erre akkor alkalmas ha a külön jogszabályban foglaltak szerint a gyártói teljesítménynyilatkozatban foglaltak megfelelnek az elvárt műszaki teljesítményeknek, vagy egyedi műszaki dokumentáció áll rendelkezésre az ott leírtak szerint és az abban foglaltak igazolják az elvárt műszaki teljesítményeknek való megfelelést, vagy pedig az építési termék megfelel a külön jogszabályban meghatározott követelménynek.

Emellett az építési tevékenységből származó hulladék nyilvántartásához és a hulladék keletkezéséhez, gyűjtéséhez, kezeléséhez kapcsolódó adatszolgáltatási kötelezettségekről a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről külön jogszabály rendelkezik.⁹⁵⁶

Mivel az építésügyi tevékenység vonatkozásában *közigazgatási hatósági eljárási szabályok* is érvényesülnek, önálló szabályozási tárgykörként azonosíthatók az ilyen ügyekben eljárni jogosult hatóságok hatáskörére és eljárására irányadó, egymást kiegészítő jogszabályi rendelkezések. Így számtalan egyéb előírás⁹⁵⁷ mellett, az építésügyi hatóság például külön kormányrendeletben foglaltak

⁹⁵² Lásd a Kivitelezési rendelet 14. § g) pontját.

⁹⁵³ Lásd a Kivitelezési rendelet 25. § (5) bekezdés c) pontját.

⁹⁵⁴ Lásd a Kivitelezési rendelet 33. § (1) bekezdés a) pontját.

⁹⁵⁵ Lásd. a hivatkozott Korm. rendelet 7. § (1) bekezdését.

⁹⁵⁶ Az építési tevékenységből származó hulladék nyilvántartásához és a hulladék keletkezéséhez, gyűjtéséhez, kezeléséhez kapcsolódó adatszolgáltatási kötelezettségekről a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről 309/2014. (XII. 11.) Korm. rendelet.

⁹⁵⁷ Lásd például az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról szóló 312/2012. (XI. 8.) Korm. rendeletet, a kulturális örökség védelmével kapcsolatos szabályokról szóló 68/2018. (IV. 9.) Korm. rendeletet, vagy az egyes közérdeken alapuló kényszerítő indok alapján eljáró szakhatóságok kijelöléséről szóló 531/2017. (XII. 29.) Korm. rendeletet.

szerint kötelezőként elrendeli az építmény környezetéből az építési tevékenység során keletkezett építési hulladék, maradék építőanyag és építési segédeszközök elszállítását, a környezetnek és a terep felszínének az eredeti vagy az engedélyezett állapotban történő kialakítását, a környezetben okozott károk megszüntetését.⁹⁵⁸

A jogforrások körét tovább bonyolítják a hulladékgazdálkodás területén jellemző *tervek*, melyek közül az építési-bontási hulladék vonatkozásában az Országos Hulladékgazdálkodási Terv,⁹⁶⁰ valamint a hulladékgazdálkodási közfeladat keretében a hulladékgazdálkodásért felelős miniszter által elkészítendő Országos Hulladékgazdálkodási Közszolgáltatási Terv, amely többek között meghatározza a közszolgáltatás ellátásának optimális területi lehatárolását és az adott területen minimálisan ellátandó közszolgáltatási feladatokat⁹⁶¹

A fentiekben túlmenően számos helyi szintű jogszabály, fejlesztéspolitikai és nem normatív jellegű egyéb szabályozó is érinti az építési-bontási hulladékgazdálkodás amúgy sem egyszerű jogforrási rendszerét. Ezek a jogforrások ugyanakkor csak a szorosabb értelemben vett építési-bontási hulladékgazdálkodási kérdésekkel foglalkoznak, hiszen magukra az építőipari alapanyagokra, technológiákra egy egészen más szabályozási környezet alkalmazandó, több száz szabvánnyal egyetemben.

E rövid áttekintés alapján világosan látható, hogy a bonyolult uniós szabályrendszert egy talán még összetettebb hazai szabályozási környezet egészíti ki, amely egyáltalán nem teszi egyszerűvé az építési-bontási feladatok környezetvédelmi, fenntarthatósági szempontú átgondolását. Nem könnyíti meg a jogalkalmazók helyzetét az sem, hogy mindehhez ágazatonként is egy rendkívül összetett közigazgatási (hatósági) szervezetrendszer párosul.

E tekintetben úgy véljük, célszerű lenne megfontolni *az építésgazdaság és az ahhoz kapcsolódó szakmapolitikai kérdések – így az építési-bontási hulladékok kezelésének is – az egységes (önálló) intézményi, szervezeti, hatásköri és ezzel együtt szabályozói kereteinek a megteremtését*. Továbbá fontosnak látjuk azon előírások folyamatos aktualizálást is, amelyek a bontott építőanyagok újrahasználását (visszaépíthetőségét), illetve minél magasabb fokú hasznosítását (szekunder nyersanyagként építőipari termékeknek), továbbá hulladékból melléktermékké történő átminősítését szabályozzák. Mindezek mellett kiemelt jelentőséggel bír, az ezzel kapcsolatos ismeretek minél szélesebb körű megosztása az érintett felekkel, érzékenyítő, illetve szakmai programokon, lehetőségeken keresztül. Csak így garantálható, hogy ez a fajta gondolkodásmód a tervezői és kivitelezői területen is teret nyerjen.

⁹⁵⁸ Lásd az Étv. 47. § (2) bekezdés e) pontját.

⁹⁵⁹ Lásd a fémkereskedelemtől szóló 2013. évi CXL. törvény 3. § (2) bekezdését.

⁹⁶⁰ A jelenleg hatályos, 2021-2027 közötti időszakra szóló Országos Hulladékgazdálkodási Tervet a Kormány az 1704/2021. (X. 6.) Korm. határozattal fogadta el.

⁹⁶¹ Lásd a Ht. 32/A. § (1) bekezdés c) pontját.

4. A FELELŐS HULLADÉKGAZDÁLKODÁS ÉS A FENNTARTHATÓ ÉPÍTKEZÉS ÖSSZEKAPCSOLÁSA

A felelős hulladékgazdálkodás a felelős építkezés meghatározó szegmense.⁹⁶² Ehhez azonban szükség van az *építési tevékenység gondos megtervezésére*, mind építési mind pedig hulladékgazdálkodási fenntarthatósági szempontokat figyelembe véve.

Az alábbiakban röviden bemutatjuk, hogy melyek is azok az intézkedések, amelyeket egy fenntartható, modern építési projektnél hulladékgazdálkodási szempontból célszerű figyelembe venni. A jelenleg használatos módszereket nagymértékben modernizálni fogják az egyre inkább elterjedő mesterséges intelligencia alapú tervezési folyamatok. Ez javíthatja az építkezés végrehajtásának – ezen belül a hulladékgazdálkodás – tervezését, az építési feladatkezelést, a hatékonyságot, a közművekkel való összhang megteremtését, a határidők betartását és az egyes munkafolyamatok összehangolását.

Az építési projektekhez kapcsolódó hulladékgazdálkodási kérdések közül az egyik legfontosabb, a bevezető tanulmányunkban is említett *projekt-tervezés*. Az építési feladat megtervezése előtt, célszerű *a szükséges kompetenciákat* is számba venni. Ezek között – a klasszikus mérnöki-építési szakterületeket ellátó szakembereken túl – érdemes a fenntarthatósági kérdésekkel is foglalkozó szakértőket felvonultatni. Lehetséges, hogy nem egy személyben találjuk meg az energiahatékonyságtól a hulladékfeldolgozásig megfelelő kompetenciával rendelkezőt, de a fenntarthatósági know-how egy zöld projekt esetében elengedhetetlen.⁹⁶³ Nagyon fontos, hogy a fenntarthatósági diszciplína már a tervezői szinten aktívan megjelenjen, hiszen abban a fázisban nyílik a legnagyobb lehetőség mind az erőforráshasználat optimalizálására, az újrahasznált, újrahasznosított anyagok minél szélesebb körű alkalmazására, mind a majdani bontási tevékenység során keletkező hulladék minimalizálására. Különösen fontosnak tartjuk, hogy egy adott építmény környezeti hatásait ne csak bizonyos életciklus szakaszok, hanem a teljes életciklus kapcsán előre vizsgáljuk. Az életciklus értékelés módszerének tudatos alkalmazása az adott projekt előkészítési, döntéshozatali és tervezési fázisában nagy mértékben hozzájárulhat a környezeti lábnyomról kialakított kép pontosságához és segíti a döntéshozókat, tervezőket környezetbarátabb, adott esetben hulladékszegényebb megoldásokat választani. Az LCA és az életciklus költségszámítás (LCC = Life Cycle Costing) szabályozói oldalról segít olyan fenntartható szakpolitikát kidolgozni, amely támogatja az ÉBH jövőbeli minél magasabb szintű hasznosítását (up-cycling)⁹⁶⁴

A tervezési-kivitelezési-üzemeltetési folyamatok racionalizálását megkönnyíti, amennyiben az építési folyamatok már a Building Information Modeling (továbbiakban: BIM) rendszer segítségével alakíthatók ki.⁹⁶⁵ A BIM rendszer segítséget nyújt abban, hogy egy adott épületbe beépülő összes anyagról kellő mélységű és részletezettségű információval rendelkezünk. Ez az adatbázis az épület későbbi üzemeltetése során megkönnyíti a karbantartási munkák célzott megtervezését, ezáltal pedig hozzájárul az épületszerkezetek élettartamának növeléséhez, mely egyértelműen előnyös nem csak gazdasági, hanem környezetvédelmi szempontból is. Az épület bontása során a BIM rendszerből

⁹⁶² <https://www.wbdg.org/resources/construction-waste-management> (A letöltés dátuma: 2022. január 30.).

⁹⁶³ HUNHEVICZ Jens J. – MOTIEA Mahshid – HALLA Daniel M. (2022): Digital building twins and blockchain for performance-based (smart) contracts. *Automation in Construction*, 133. évf. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580521004325> (A letöltés dátuma: 2022. január 30.).

⁹⁶⁴ Andrea Di MARIA – Johan EYCKMANS – Karel Van ACKER (2018): Downcycling versus recycling of construction and demolition waste: Combining LCA and LCC to support sustainable policy making. *Waste Management*, Vol. 75. 3-21.

⁹⁶⁵ HAMEDARI Hesam – FISCHER Martin (2021): Construction payment automation using blockchain-enabled smart contracts and robotic reality capture technologies. *Automation in Construction*, 133. évf. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521003770> (A letöltés dátuma: 2022. január 30.).

kinyerhető anyagok segítenek a keletkező ÉBH elkülönített gyűjtésének és hasznosításának (illetve, amennyiben lehetséges, az újrahasználatnak) a megtervezésében és végrehajtásában⁹⁶⁶. A nemzetközi szakirodalom egyéb tervezési módszereket is ismer, amelyek a tervezési szakasz hatékonyságát hivatottak támogatni. Ilyen például az ELECTRE III döntéstámogató módszer, amely a fenntartható bontási hulladékkezelési stratégia kiválasztásával összefüggésben figyelembe veszi a fenntartható fejlődés céljait, azaz a gazdasági szempontokat, a környezeti következményeket és a társadalmi kérdéseket.⁹⁶⁷

Mindemellett – ahogyan arra a bevezető tanulmányunkban is utaltunk – nagyon fontos szerepe van az egyedi projektszint feletti építési közösségekre vonatkozó előírásoknak, így például a településtervezési előírásoknak.

Egy másik nagyon fontos szempont az építési folyamat során keletkező anyagok megfelelő *azonosítása, illetve válogatása*. Az alapanyagok újrahasznosításának vélhetően ez lesz az egyik legfontosabb előfeltétele, hiszen ennek hatékonysága nagymértékben befolyásolja a keletkező anyagok újrahasznosíthatósági lehetőségeit és az azzal összefüggésben felmerült költségek mértékét is. Ennek a kérdésnek a szabályozására általában a munkaterületekre vonatkozó szerződésben kerül sor, azonban nagy mértékben támogathatja az egyes beruházások megvalósítását, amennyiben a vállalkozások maguk is kidolgoznak olyan általános elveket, amelyeket minden esetben érdemes figyelembe venni (így például az alvállalkozói rendszerben fellelhető építési-bontási hulladék feldolgozására alkalmas berendezések köre, azok hely- és erőforrás igénye, kapacitása, vagy éppen az alkalmazandó konténerek, szállítóeszközök mérőszámai).

Az építési tevékenység során keletkező hulladék megfelelő azonosítása a veszélyes hulladékok szabályszerű azonosításának és kezelésének is az előfeltételét képezik

Az építés során keletkező hulladék kapcsán érdemes a projekt előkészítésekor azt is átgondolni, milyen eszközállomány szükséges például a kinyert anyagok szállításához. Célszerű nagy teherbírású és magas ellenállóképességű eszközöket választani. Szintén nagyon fontos a hulladék helyszíni szétválogatása. Ennek is több technikai megoldása ismeretes, de feltétlenül szükséges ezeknek a berendezéseknek a működtetéséhez kapcsolódó részfeladatok átgondolása. Sok esetben a keletkező ÉBH hasznosításának az a gátja, hogy ezeket a pontokat nem gondolják át kellőképpen, nem tervezik meg az ehhez szükséges folyamatokat és kapacitásokat, így adott esetben nem áll rendelkezésre az elkülönített gyűjtéshez megfelelő felület, vagy nincsenek betervezve az ehhez szükséges erőforrások.

Azt is érdemes szem előtt tartani, hogy folyamat végén csak azok az anyagok kerüljenek ártalmatlanításra, amelyek nem hasznosíthatók (például nagyfokú szennyezettséget mutatnak).

A tervezési folyamat egyik fontos része a *hulladékcsökkentési célok meghatározása és a megfelelő újrahasznosítási módszertanok kimunkálása*. Így például az újrahasznosítás eredményességét nagymértékben befolyásolhatja, amennyiben egy kinyert anyagtípust többféle építési funkcióhoz is hozzárendelnek ahelyett, hogy egy funkcióhoz több anyagfajtát is használjanak. Ennek megfelelően már a projekt előkészítése során szükség van az *anyagfelhasználás optimalizálására* és annak során a szükséges anyagmennyiség lehető legpontosabb meghatározására, ezáltal az anyagpazarlás mérséklésére, a környezetterhelő anyagok minimalizálására és az újrafeldolgozott anyagáramok beépítésének maximalizálására.

⁹⁶⁶ Jack C. P. CHENG – Lauren Y. H. MA (2013): A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning, *Waste Management*, Vol. 33, Issue 6, 1539-1551.

⁹⁶⁷ ROUSSAT Nicolas – DUJET Christiane – MÉHU Jacques (2009): Choosing a sustainable demolition waste management strategy using multicriteria decision analysis, *Waste Management*, 29. évf. 1. sz. 13.

Az építési anyagfelhasználás azzal is csökkenthető, ha olyan kész moduláris rendszereket választ a kivitelező, amelyek nem igényelnek átméretezést, vagy segédanyagokat. Ezekkel ugyanis csökkenthető a selejt anyag mértéke, amelynek a nagy részét a projekt végén többnyire már nem lehet hasznosítani. A mesterséges intelligencia alapú technológiák támogatni tudják az anyagkiválasztást és az alapanyag beszerzését is, illetve az intelligens tervezés csökkentheti a beépített tér nagyságát, optimalizálva a tér kihasználását, így például már a tervezés szakaszában érdemes arra is gondolni, mely terek lehetnek multifunkcionálisak vagy rugalmasan alakíthatóak, hiszen az épület teljes életciklusához kapcsolható hulladék képződés mérséklése a használatba vételt követően is egy nagyon fontos szempont.

Hasonlóképpen nagyon fontos, hogy a projekttervezés folyamatában az építési anyagok kiválasztásánál kerüljenek figyelembevételre az *építési anyagok csomagolásának* környezeti hatásai is. Ebből a szempontból célszerű olyan anyagokat választani, amelyek nagy mennyiségben és nem egyenként, vagy kisebb egységenként csomagolva vásárolhatók meg, továbbá arra is érdemes figyelni az anyagválasztás alkalmával, hogy a szennyezettségi mutatók csökkentése érdekében olyan anyagok kerüljenek beépítésre, amelyek kisebb mértékben tartalmaznak a környezetre veszélyes kemikáliákat (például ragasztók, festékek). Emellett célszerű előre megtervezni az illékony anyagok, valamint a hőnek, hidegnek vagy nedvességnek kitéve lebomló anyagok megfelelő védelmét.

A hazai piacon elérhető egyes termékek csomagoló anyagai (például a raklapok, fóliák) begyűjtésére egyelőre még nagyon korlátozott számú szolgáltató nyújt megoldást, de például az elmúlt időszakban ebben a körben is történtek előrelépések.

Végezetül érdemes arra is gondolni az anyagok kiválasztása során, hogy a kevésbé sérülékeny anyagok a használat során kevesebb javítást vagy kicserélést igényelnek, amely szintén hozzájárulhat az építési-bontási hulladék mennyiségének mérsékléséhez. A munkafolyamatok során sérülést szenvedett termékeket és anyagokat célszerű szétszerelni, hogy könnyebben újrahasznosíthatókká váljanak.

A bontás során kinyerhető anyagok újrahasznosíthatósága tekintetében meghatározó szerepe lehet az időfaktornak. Általában ugyanis az anyagok azonosítására, szétválogatására nem számolnak kellő idővel a kivitelezők. Éppen ezért, már a tervezés szakaszában érdemes beazonosítani a leginkább hozzáférhető és legértékesebb anyagokat az erőforrások optimalizálása érdekében és ennek megfelelően megtervezni a bontási folyamatot (beleértve a szükséges felület biztosítását is).

Az építési munkálatok során keletkező hulladékok *eltérően*, de a legtöbb esetben jól *hasznosíthatók*. Az alábbi táblázat tartalmazza a legfontosabb építési-bontási hulladékok hasznosítási lehetőségeit.

Hasznosításra kerülő építési-bontási hulladékok

Feldolgozott hulladék	Forrás	Újrafeldolgozott termékek	Felhasználási lehetőségek
Betontörmelék	utak, hidak, ipari létesítmények	aprított betontörmelék	Kötés nélküli útlapok, alacsonyabb rendű útlapok. Cementkötésű útlapok. Mezőgazdasági utak, adalékanyag beton előállításához, töltőanyag, vízelvezető rétegek
Aszfalttörmelék	utak	aprított aszfalttörmelék	Kötőanyag nélküli felső útalap, alsó útalap. Kötőanyaggal ellátott útalap. Mezőgazdasági utak. Adalékanyag aszfalt előállításához.
Aszfalt és betontörmelék	utak, hidak, közterületek, térburkolatok	aprított keverék: beton, aszfalt, természetes kövek	Kötőanyag nélküli felső útalap, kötőanyaggal ellátott felső útalap, mezőgazdasági utak.
Építési törmelék	építmények, ipari létesítmények	építési homok, építési apríték (téglatartalom 25%-nál kevesebb)	Stabilizált feltöltések és alapozások. Sportpályák alapozásai.
Téglatörmelék	építmények	építési homok, építési apríték (téglatartalom 25% felett)	Adalékanyag falazóblokkok előállításához. Beton és könnyűbeton adalékanyag. Stabilizálások. Töltés, alapozás. Padlóburkolatok.
Kevert ásványi eredetű építési törmelék	építmények, ipari létesítmények	ásványi építési zúzalék	Feltöltések, alapozások, sportpályák alsó rétegén, vízelvezetések.

Forrás: OHT 2021-2027, ITM.

A fenti példákön túlmenően a természetes kőzetek közül nálunk elsősorban adalékanyagként történő tovább hasznosítás céljából a mészkő és bazalt kerül aprításra, a vas és a színesfémek a legértékesebb anyagok közé tartoznak az építési és bontási hulladékáramban, és többnyire magas hasznosítási arányt mutatnak más ágazatokban.⁹⁶⁸ Az építőipari újrahasznosításuk ugyanakkor általában minimális, mert többnyire nem áll rendelkezésre a helyszínen a fémek megfelelőségének vizsgálatához szükséges szakértelem (szilárdságvizsgálat, korróziós állapot-vizsgálat).

Tömegében kisebb mennyiség, de térfogatában és hasznosíthatóságában jelentős a karton és papír, de a víznek való kitettség és a szennyezettség miatt általában gyengébb minőségűek, ezért kevésbé jól hasznosíthatóak. Hasonlóképpen kisebb arányú a műanyag jellegű építési-bontási hulladék újrahasznosítási aránya, különösen a műanyag alapú hőszigetelő anyagok esetében.

Az építőipari fa újrahasznosítási aránya meglehetősen alacsony hazánkban, ugyanis annak biológiai károsítók elleni, konzerváló, illetve tűzgátló anyagokkal való szennyezettsége nagymértékben akadályozza az építőipari újrahasznosítást, ezért ennek a hulladékáramnak az ismételt felhasználása jellemzően a bútorgyártáshoz, használati tárgyak gyártásához kapcsolódik.

A Gazdasági Versenyhivatal (továbbiakban: GVH) szerint Magyarországon az építkezések során használt fa alapanyagok többségében fenyőből készülnek, ám ilyen célokra legalkalmasabb lucfenyő a teljes hazai élő fenyőfaállomány mindössze 8%-át teszi ki. Itt érdemes kiemelnünk, hogy a GVH

⁹⁶⁸ <https://www.wbdg.org/resources/construction-waste-management> (A letöltés dátuma: 2022. január 30).

gyorsított ágazati vizsgálata során azt is megállapította, hogy hazánkban a fa építőanyagok ésszerűen nem helyettesíthetők más termékkel, ugyanakkor a fafajok között egyre bővülő helyettesítési lehetőségek mutatkoznak, különösen a rosszabb minőségű fenyőfajok, illetve a lombos fák alkalmazásával.⁹⁶⁹

Szintén magas újrahasznosítási arányt mutat a finomszemcsés alapanyagok újrahasznosítása is, míg a gipszkarton az előkezelés során keletkező por miatt kevésbé attraktív az újrahasznosítás szempontjából, bár erre is áll már rendelkezésre hatékony hasznosítási technológia.

Az üveg újrahasznosítása szintén elsősorban az építőiparon kívül történik, a sérülékenysége figyelemmel annak elemként történő újrafelhasználása nagyon korlátozott. A szennyeződésmérség biztosítása érdekében érdemes a visszanyert üveg anyagokat elkülönítetten gyűjteni.

A különböző burkoló anyagok törés és aprítás után alkalmasak lehetnek különleges design struktúrájú burkolható felületek létrehozására.

A magyarországi kerámiaipari hulladékok legnagyobb része a kiegészítő kerámiák, téglák, cserepek hulladékából áll. Ezt követik a hőkezelésre előkészített és hulladékká vált keverékek.

A 2004 és 2019 között Magyarországon több mint nyolcszázezer tonna téglahulladék keletkezett, az építési beruházások számának növekedésével párhuzamosan.

A GVH gyorsított ágazati vizsgálata eredményeként közzétett jelentésében⁹⁷⁰ (a továbbiakban: GVH-jelentés) kiemelte, hogy az ilyen termékek előállítására alapvetően belföldön kerül sor, az annak gyártásához szükséges legfontosabb alapanyag az agyag pedig kitermelhető, importszükséglettel alapvetően nem rendelkező terület.

A vizsgálat során a GVH megállapította azt is, hogy a kerámia-falazóelemek helyettesíthetők más építőanyaggal, építkezési módszerrel. Ezek közül a GVH-jelentés kiemeli a pórusbeton termékeket, a mészhomoktéglat, a prokoncept építési módszert – amely esetében hőszigetelő anyagokat használnak zsaluelemként, amelyeket aztán betonnal töltenek ki, a szerkezetépítés, valamint a szigetelés egyébként elkülönülő folyamatának egységesítésével –, a kéregfalat – amelyet előgyártott vasbeton panelekből állítanak elő –, a Durisol – amely fa és beton keverékből előállított falazóelem –, valamint a gipszkarton, a könnyűszerkezetes készház-metodikát.

Ugyanakkor a már beépített kerámiatermékek többnyire hosszú élettartamúak és könnyebben újrafelhasználhatóak, újrahasznosíthatóak. A kerámiatermékek gyártási technológiája során a keletkező selejtek technológián belüli hasznosítása jól megoldott, ez alól kivételt a már kiegészítő kerámiatermékselejtek képeznek, melyek visszaforgatása, ahogyan a kötet szerzői is kiemelik, jelenleg a vonatkozó jogi szabályozók hiánya miatt nem megoldott, a keletkező selejtet nem lehet melléktermékként elismerni, noha jelentős mennyiség keletkezik belőle minden évben Magyarországon is. A szabályozó hiányában a gyártók ezt kötőanyag nélküli keverékekhez, feltöltésekhez alkalmazható kötőanyagként hozzák forgalomba.

Hasonló a helyzet a fűrészporral és egyes mezőgazdasági terményekkel is, amelyet a kapcsolódó szabályozási hiátusok miatt nem lehet melléktermékként adalékanyag formájában hasznosítani, vagy csak igen költséges módszerekkel. Az újrahasznosítás egyik fontos akadálya az is, hogy a hulladék

⁹⁶⁹ Jelentés a fa építőanyagok magyarországi piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Budapest, 2022.

https://www.gvh.hu/pfile/file?path=/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/Fa_epitoanyagok_gyorsitott_agazati_vizsgalat_vegleges_jelentes_220112.pdf&inline=true (A letöltés dátuma: 2022. január 30).

⁹⁷⁰ Jelentés a magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszag-i-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsitott-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2022. január 29.).

újrafelhasználása vonatkozásában a hatósági eljárások szabályai még számos területen kiegészítésre szorulnak.

A hulladékanyagok építési folyamatok során történő felhasználására számos példát találni Európa szerte.

2005-ben a rotterdami székhelyű Superuse építésziroda elkészítette a Villa Welpeloo -t, amely kapcsán a használt anyagok 60%-ban régi textilipari gépekből, ipari kábeltekercsekből visszamaradt faanyagból készültek, majd 2013-ban a Brighton Waste House felépítéséhez több mint 90%-ban hulladékanyagot használtak fel a műanyag DVD-tokokon át, egészen a régi kerékpárokig. A Glyndebourne Opera pavilonját olyan hulladéktermékekből építették fel, mint az osztrigahéjak, pezsgődugók és a közeli téglagyárból származó, alulégetett téglák, illetve az egyes elemeket ragasztó helyett csavarokkal rögzítették.⁹⁷¹

De érdemes megemlíteni a Bath-i Egyetem kutatói által kifejlesztett műanyag átmeneti szállásokat, amelyek egyszer használatos műanyagokból készültek.⁹⁷²

A fenntartható épülettervezés részeként, az építéshez használt anyagok kapcsán vélhetően kiemelt jelentősége lesz az ún. *anyagbankok* létrehozásának, illetve az egyes anyagok életciklusának a nyomon követése érdekében, az *anyagútlevelek* bevezetésének is.

A Building As Material Banks⁹⁷³ keretében hét európai ország tizenöt partnere dolgozta ki azt a projektet, amelynek fő fókuszpontja a körforgásos gazdaságnak megfelelő tervezés volt. Az eredmény az, hogy amikor egy épület készen áll a bontásra, valójában a hasznos anyagok tárolója, bankjaként kell rá tekinteni. Az épületekben található alkatrészek, termékek vagy anyagok hatékony hasznosítása és újrafelhasználása megköveteli, hogy az egyes anyagokra vonatkozó megfelelő információk könnyen hozzáférhetők legyenek. Erre egyrészt lehetőséget kínál a korábban már említett Building Information Modeling rendszer, mely a felépített adatbázisok révén kiváló alap lehet az épületben, mint anyagbankban található anyagok teljes listájának előállításához és ezáltal a jövőbeni újrahazsnálat, hasznosítás támogatásához⁹⁷⁴. Az anyagokra vonatkozó információk tárolásának és megosztásának másik módja az anyagútlevél, ami tulajdonképpen egy olyan dokumentum, amely részletes leltárt tartalmaz egy termék vagy épület összes anyagáról, erőforrásáról és alkatrészéről, valamint részletes információkat ezek helyéről. Ez az információ döntő fontosságú a később újrafelhasználható anyagok, termékek és alkatrészek kiválasztásához is.⁹⁷⁵

Az európai pilot projektek alapján az anyagútlevél bármilyen adatbázis lehet egy egyszerűbb Excel-táblázattól a bonyolult elektronikus platformokig, elektronikus könyvtárakig, amelyek lehetővé teszik az építési lánc érintettjei számára, hogy adatokat töltsenek fel az épületben található termékekről és alkatrészekről.⁹⁷⁶

A projektelőkészítés egy másik fontos kérdése az építési-bontási hulladék mérsékléséhez kapcsolódó *elvek, átfogó hulladékcsökkentési célok, intézkedések és felelősségi szabályok* konzekvens lefektetése a *szerződéses dokumentumokban*. Ennek magyarországi gyakorlata még nem kiforrott, ezért javasoljuk a

⁹⁷¹ <https://www.bbc.com/future/article/20211215-the-buildings-made-from-rubbish> (A letöltés dátuma: 2021. 12.18.).

⁹⁷² <https://www.17goalsmagazin.de/en/9-innovations-to-up-cycle-plastic-waste/> (A letöltés dátuma: 2022. január 29.).

⁹⁷³ <https://www.bamb2020.eu/news/publication-materials-passports/> (A letöltés dátuma: 2022. január 29.).

⁹⁷⁴ Samuel Copeland, Melissa Bilec (2020): Buildings as material banks using RFID and building information modeling in a circular economy, In: Procedia CIRP, Vol. 90, 143-147.

⁹⁷⁵ https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2019/02/BAMB_MaterialsPassports_BestPractice.pdf (A letöltés dátuma: 2022. január 29.).

⁹⁷⁶ Lásd például: <https://www.metabolic.nl/news/circular-economy-materials-passports/> (A letöltés dátuma: 2022. január 30.).

mindenkori építési projekt vonatkozásában a felek által közösen kialakított részletes hulladékgazdálkodási terv kimunkálását, amely a szerződéses dokumentáció részét képezi. Ez számszerűsíthető célértékeket, módszertani sarokpontokat, ösztönzőket, a különböző minősítések megkövetelését, a szilárd hulladék keletkezésének csökkentése érdekében szükséges intézkedéseket, a begyűjtési és szállítási módok bemutatását, a hulladék nyomon követését, a hulladékgazdálkodási projektszintű mérőföldköveinek végrehajtási, ellenőrzési tervét, a várható költség vagy anyagmegtakarítás mértékét, a lehetséges környezetterhelési hatásvizsgálatot, illetve ezeknek a projekt egészére vonatkoztatható dokumentálási kötelezettségét (például előrehaladási jelentések formájában) tartalmazza.

Ezeknek a szerződéses klauzuláknak akkor lesz tényleges relevanciája, ha kikényszeríthetővé, illetve, ha a projekt lezárásának és a kifizetéseknek alapvető feltételévé válnak. Mivel az ilyen feladatok többletterhet rónak az építési munkafolyamatokat megvalósító vállalkozóra, célszerű bizonyos ösztönzőket is beépíteni a szerződéses rendelkezések közé, így például lehetővé tenni számára a hatékony projekt szintű hulladékgazdálkodási terv megvalósítása eredményeként megtakarított költségekkel arányos bevételhez jutást, vagy éppen a kitermelt bontási alapanyagok tulajdonjogának és hasznosítási jogának az átengedését.

Szintén a szerződéses jogviszonyok keretében érdemes az alvállalkozói, beszállítási szerződések megfogalmazásánál is figyelembe venni a projekt szintű hulladékgazdálkodási tervezést és lehetőség szerint a projekt során szükségtelenné vált többlet alapanyagok visszavásárlására vonatkozó rendelkezéseket beépíteni a beszállítói szerződésekbe.

Már hazánkban is léteznek olyan portálok, amelyek az ilyen maradék alapanyagok, eszközök, termékek kiskereskedelmi értékesítésére specializálódtak. Ezeket szintén érdemes a projekt tervezését megelőzően felmérni. Végső soron pedig – amennyiben a vállalkozó a megmaradt alapanyagokat tárolni, vagy hasznosítani nem tudja – azok felajánlhatók közcélú beruházásokhoz a helyi önkormányzatoknak, egyházaknak, saját beruházást lebonyolító civil szervezeteknek vagy akár az állam javára is.

Gyakorta találkozni olyan megoldással is, hogy az építési-bontási hulladék projekt szintű felelőse egy erre célra külön bevont alvállalkozó. Ennek alapvetően semmi akadálya, de a fővállalkozó *projekt szintű hulladékgazdálkodási terv* végrehajtásáért fennálló felelősségét, harmadik személy igénybevétele hulladékgazdálkodási szempontból nem negligálhatja, ezért a szerződéses jogviszonyokban ilyenkor is célszerű a felelősségi szabályokat egyértelműen és konzekvensen meghatározni, a kapcsolódó szerződéses biztosítékok kimunkálásával együtt.

Emellett arra is van példa, hogy a fővállalkozó egy-egy anyagtípust feldolgozó alvállalkozóval köt szerződést. Ez a megoldás azon túl, hogy a projekt szintű hulladékgazdálkodási terv végrehajtása kapcsán értelmezhető felelősségi szabályok további részletezését igényli, szükségessé teszi az egyes anyagtípusok egymástól való konzekvens elkülönítését az építési területen. Mindegyik általunk említett esetben célszerű kitérni a tervekben a munkaerő elkülönített gyűjtésre vonatkozó betanítására is, illetve a hulladék elszállítási kötelezettség megfelelő meghatározására is.

A projekt szintű hatékony hulladékgazdálkodás körüli bizonytalanságot számos tényező befolyásolja: nem állnak rendelkezésre általánosan alkalmazható gyakorlat az építési projektek átfogó hulladékgazdálkodására (bár az elmúlt években voltak Magyarországon olyan projektek, ahol a projekt szintű hulladékgazdálkodás is a projekt-megvalósítás egyik prioritása között szerepelt, de nem ez a jellemző). A hulladékok elkülönített gyűjtése költséges és sokszor nem is megvalósítható, az

elkülönített gyűjtött hulladék hasznosításából származó haszon sokszor nem annál realizálódik, aki energiát és pénzt fektet az elkülönített gyűjtésbe. A legnagyobb bizonytalanságot általában az újrahasznosítási, újrafeldolgozási szolgáltatások korlátozott rendelkezésre állása okozza. A minden anyagtípusra kiterjedő, teljes körű építési-bontási alapanyag elszállítását, előkezelését, hasznosítását megvalósító hazai vállalkozások száma meglehetősen korlátozott, valamint nem minden esetben érhető el megfizethető technológia a hasznosításra. Szintén probléma, hogy mindezen elvek tervezésbe és projektmenedzsmentbe való ültetéséhez szükséges kompetenciák nem állnak rendelkezésre, az ezzel kapcsolatos hazai képzések hézagosak.

Ezeknek a diszfunkcióknak a kezelése részben szabályozási – főként a kifejezetten az építési-bontási hulladékgazdálkodási szabványok hiányosságai okán –, részben piacszerzési és technológia-fejlesztési feladat is.

Az ipari újrahasznosító berendezések gyártói olyan innovatív gépek fejlesztésébe fektetnek be, amelyek forradalmasíthatják a hulladékok hatékony válogatását és a lerakástól való eltérítését. Az ipari aprítógépek csökkentik a fizikai térfogatot és egyenletes méretű részecskéket állítanak elő, lehetővé téve a hatékony mechanikai elválasztást. Az ipari légválasztó technológia lehetővé teszi az eltérő tömegjellemzőkkel rendelkező anyagok hatékony elkülönítését, így elválasztja a kis fa- és műanyagdarabokat a fémtől és az adalékanyagtól.⁹⁷⁷

Az építési, bontási hulladékok kezelésére általában mobil eszközöket alkalmaznak, de a nagyobb projektek esetében a rögzített berendezések elhelyezése is gyakori. Ezek az eszközök az anyagok fizikai kezelésére alkalmasak.

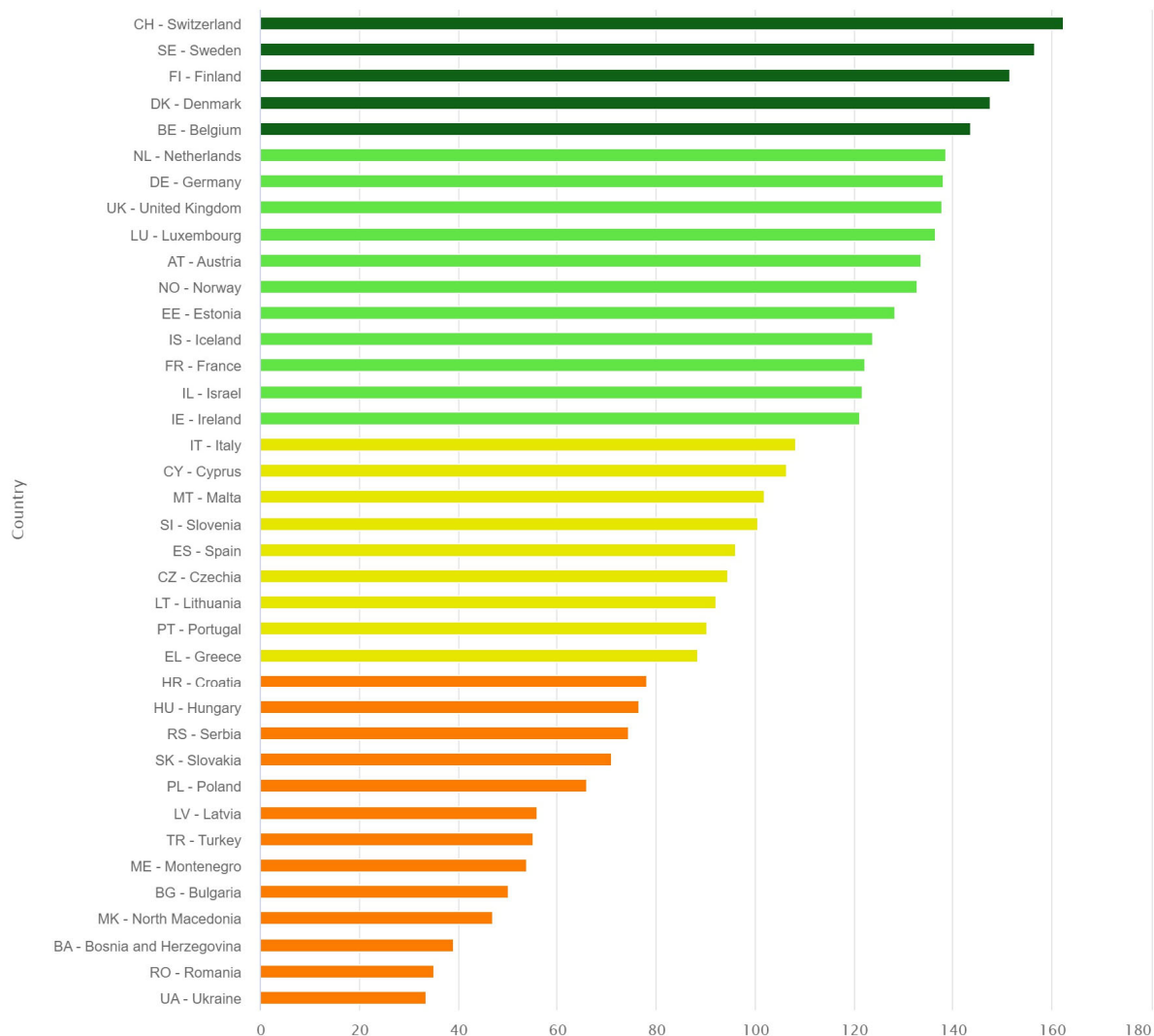
Emellett Európa szerte egyre elterjedtebbek az olyan intelligens rendszerek is, amelyek robottechnológiával végzik a (vegyes) hulladék válogatását.⁹⁷⁸

Az elmúlt időszakban számos olyan támogatási konstrukció jelent meg, amely az építőipari eszközpark fejlesztését is támogatta. Ezeknek az innovációs beruházásoknak a hatása vélhetően hamarosan a termelékenységben és a hulladékgazdálkodási mutatókban is realizálódni fog.

A Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia szerint az építőipari vállalkozások kutatás-fejlesztésre fordított kiadásai 2013 és 2017 között csökkenést mutattak, és bár az építőipari iparjogvédelmi bejelentések száma folyamatosan növekszik, az építőipari innovációs képességünk jelentősen elmarad az EU-s átlagtól.

⁹⁷⁸ SARC, R. et al.(2019): Digitalisation and intelligent robotics in value chain of circular economy oriented waste management. A review. *Waste management*, 95. évf. 480.

Source: European Innovation Scoreboard 2021



Forrás: European Innovation Scoreboard⁹⁷⁹

Európai Innovációs index (2021)

Az elmúlt években világszerte elterjedtek az olyan innovatív építőipari anyagok is, amelyek valamilyen hulladékból készültek: az eindhoveni StoneCycling kidolgozott egy módszert a bontási helyszínekről származó újrahasznosított építőanyagok porrá aprítására, amelyekből aztán olyan termékeket lehet kialakítani, mint a felületi anyagok és téglák⁹⁸⁰. Hollandiában az egyik dizájnstúdió létrehozta a NewspaperWood -ot amely újrahasznosított újságokból készült fához hasonló anyag,⁹⁸¹ de nagyon érdekes a 100%-ban újrafelhasznált, aprított italos kartondobozokból víz felhasználása nélkül készült szerkezeti építőanyag is,⁹⁸² vagy egy arizonai vállalat által a kidobott farmerek felhasználásával gyártott szigetelőanyag is, amely 80 százalékban újrahasznosított pamutszálakból áll. Arthur Huang tajvani

⁹⁷⁹ <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard/eis> (A letöltés dátuma: 2022. január 26.).

⁹⁸⁰ <https://www.stonecycling.com/> (A letöltés dátuma: 2022. január 29.).

⁹⁸¹ <https://newspaperwood.com/about/> (A letöltés dátuma: 2022. január 29.).

⁹⁸² <https://www.continuumaterials.com/what-we-do/#company> (A letöltés dátuma: 2022. január 29.).

építőmérnök és építész nevéhez fűződik számos, elsősorban újrahasznosított PET-en alapuló szabadalom is (például a Polli-Ber™, Natrilon™, Polli-Brick™ vagy Plyfix™).⁹⁸³

A 2021. évi belső piaci jelentés⁹⁸⁴ kiemeli az új, adat vezérelt üzleti modellekben rejlő hatalmas lehetőségek kihasználását az építőiparban.⁹⁸⁵ Az adatok értéklánc mentén történő digitalizálása lehetővé teszi új, adatokon alapuló üzletek kialakítását, javítja az építőipari ökoszisztéma és az épített környezet termelékenységét és környezeti teljesítményét, valamint fellendíti az újszerű szolgáltatásokat.

Az építőipari termékek gyártói számára is óriási potenciál rejlik a használt alapanyagok, termékek visszanyerésében, valamint az újrahasznosított anyagok felhasználásának növelésében és népszerűsítésében, hiszen ezáltal csökkenthetik nyersanyagfüggőségüket és a technológiák fejlesztése révén javíthatják gazdaságosságukat is.

Az építőipar fokozott alapanyag kitertségét mérsékelhetik továbbá a különféle moduláris építészeti megoldások is. A szétszerelhető modulok meghosszabbíthatják az egyes felépítmények élettartamát, javítják azok áthelyezhetőségét, illetve a külső körülményekhez való rugalmasabb alkalmazkodást.

Ehhez segítségül szolgálnak az ún. teljes *életciklus-elemzések* is, amelyek azt vizsgálják, hogy egy adott építőipari anyag pontosan milyen környezeti hatásokat eredményez a teljes életciklusa alatt. Ez magában foglalja az építési anyagok, eszközök, technológiákhoz szükséges tervezési folyamatoktól kezdve, az alapanyagok kitermelésén és feldolgozásán keresztül, az életciklus végén az újrahasznosítás – és reményeink szerint egyre csökkenő mértékben – az ártalmatlanítás egyes etapjait is.⁹⁸⁶

Mivel az építőipar rendkívül munkaigényes iparág, a humán tőke kritikus tényező az építőipari ökoszisztéma zöld és digitális átállásában. Az ágazatot alapvetően a kis- és középvállalkozások túlsúlya jellemzi.

Az építőiparban működő vállalkozások száma 2010 és 2013 között – a termelés visszaesésével összefüggésben – folyamatosan csökkent. Ugyanakkor a 2014-től tartó emelkedést az építőipari termelés 2016. évi nagyarányú visszaesése sem állította meg, 2019-ben 92,1 ezer vállalkozás működött az építőiparban. 2020 végén 124,3 ezer vállalkozást tartottak nyilván az építőiparban, 9,0%-kal többet az egy évvel korábbinál (114,0 ezer). 2020-ban 18,0 ezer vállalkozás alakult (az összes építőipari vállalkozás 14,4%-a) és 8,4 ezer szűnt meg. Ugyanakkor az elmúlt években regisztrált vállalkozások 90%-ának 5-nél kevesebb alkalmazottja volt és a nagyobb, legalább 50 fős szervezetek aránya még az 1%-ot sem érte el.

2020-ban 361,6 ezer fő dolgozott az építőiparban, amely a nemzetgazdaság egészében foglalkoztatottak 7,9%-át tette ki, arányuk a 2019. évihez képest 0,4 százalékponttal emelkedett.⁹⁸⁷

⁹⁸³ <https://blog.allplan.com/en/building-with-waste> (A letöltés dátuma: 2022. január 29.).

⁹⁸⁴ Annual Single Market Report 2021. SWD(2021) 351 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021SC0351#footnote214> (A letöltés dátuma: 2022. január 26.).

⁹⁸⁵ RATNASABAPATHY, S. – PERERA, S. – ALASHWAL, Ali: A review of smart technology usage in construction and demolition waste management. <http://dl.lib.mrt.ac.lk/handle/123/15237> (A letöltés dátuma: 2022. január 26.).

⁹⁸⁶ MUKKAVAARA Jani – SHADRAM Farshid (2021): An integrated optimization and sensitivity analysis approach to support the life cycle energy trade-off in building design. *Energy and Buildings*, 253. évf. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821008136> (A letöltés dátuma: 2022. január 26.).

⁹⁸⁷ Helyzetkép az építőiparról, 2020. <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/jelepit/2020/index.html> (A letöltés dátuma: 2022. január 23.).

A 2021. évi belső piaci jelentés⁹⁸⁸ kiemeli, hogy a 24,9 millió embert foglalkoztató, az EU hozzáadott értékének 9,6 %-át képviselő és 5,3 millió vállalkozást számláló építőipar továbbfejlesztése érdekében, szükség van az építési ökoszisztéma működésének, humán tőkéjének és technológiai alapjainak korszerűsítésére.

Ennek egyik eszköze a fenntartható építési termékek egységes piacának megújított uniós szabályozási keretrendszerének a kialakítása, ugyanis az építési termékekről szóló rendelet felülvizsgálata elősegítheti a műszaki szabályok harmonizációját, valamint a biztonságos és fenntartható építési termékek kereskedelmét az EU-ban. Emellett a korábbiakban említett pénzügyi taxonómia várhatóan azt is megerősíti majd, hogy a pénzügyi ösztönzők az épületállomány ambíciózusabb felújítására és szén-dioxid-mentesítésére fókuszáljanak.

A jelentés azt is hangsúlyozza, hogy tovább kell bővíteni a zöld közbeszerzések előtérbe kerülését a közmegrendelések során és szükséges átállni az életciklus-költségszámítási megközelítésre. Noha már eddig is jelentős előrelépés történt a digitális eszközök (például a BIM) alkalmazása terén az építési közbeszerzésekben, azonban még mindig csak korlátozott tagállam írta elő azt kötelező jelleggel. Az Európai Bizottság 2016-ban létrehozta az EU BIM Task Group-ot, hogy közös európai hálózatot hozzon létre az épületinformációs modellezés közmegrendelésekbe történő integrálásának összehangolása érdekében. A kidolgozott BIM-kézikönyv bemutatja a technológia építésügyi előnyeit és a legjobb európai gyakorlatokat.⁹⁸⁹ A BIM hazai alkalmazásának fokozatos – a kellő felkészülési időt és technológiai átállást biztosító – elterjesztése a fenntartható építésgazdaság egyik sarokköve lehet.

Az építési-bontási hulladékokkal összefüggésben kiemelt jelentősége van újrahasznosító központok létrehozásának és működtetésének is, hiszen ahogyan arra már utaltunk, az egyik legjelentősebb probléma az ilyen alapanyagok kinyerés helyszínéről az újrahasznosítás helyszínére történő elszállítása. Amennyiben a szállítási távolságok a regionálisan elérhető újrahasznosító központok révén jelentősen csökkenthetők, úgy mind a szállítás környezeti, mind pedig költségterhei csökkenthetők. Ez utóbbi aktívan hozzájárulhat az ezzel kapcsolatos beruházói, kivitelezői attitűd pozitív változásához.

Az építési-bontási hulladék ellenőrzése és nyomon követése érdekében megfontolandó egy olyan elektronikus, egymással összekapcsolt központi adatbázis létrehozása, amely biztosítja a hídmérlegek adatainak azonnali, online rögzítését, a hulladékgyűjtő telepek online ellenőrzését, a hulladék útjának nyomon követését, elektronikus minősítését.

Ahogyan a fentiekben felvázolt problémafelvetésből is kitűnik az egyik legsürgetőbb feladat a hulladékstátuszról termékké történő minősítés szabályrendszerének, infrastrukturális és technológiai alapfeltételeinek a megteremtése.

988 Annual Singlet Market Report 2021. SWD(2021) 351 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021SC0351#footnote214> (A letöltés dátuma: 2022. január 26.).

989 Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector (A letöltés dátuma: 2022. január 26.).

5. ZÁRSZÓ HELYETT

Az építkezés igen összetett, számos szereplő együttműködését feltételező értékláncot foglal magában. A körforgásos gazdasági modellben az új ökoszisztéma létrehozásához át kell alakítani a meglévő szinergiák kiaknázásnak módszertanát. Az egymástól elszigetelten létező tudásbázisok, a tudásmegosztás hiánya, az együttműködést mellőző szakterületek, szakpolitikák, az általános, ágazati egységes szemléletmód kialakítását mellőző jogszabályok a fenntartható építésgazdaság, és azon belül az építési-bontási hulladékgazdálkodási szegmens hatékonyságát csökkentő tényezőként értelmezhetők. Fontos, hogy az ezen a területen kidolgozott elvek és megoldások utat találjanak ne csak a kivitelezői, hanem a beruházói, tervezői szintre is, hiszen ezek azok a fázisok, ahol a legköltséghatékonyabban a legnagyobb pozitív hatást kiváltani képes döntések és megoldások megszületnek, így természetesen ezek azok a lépések, amelyek eredendően befolyásolják az egész építési folyamat fenntarthatósági jellemzőit.

Mindezen pontoknak azért is van kiemelt jelentősége, mert egyre inkább kirajzolódni látszik, hogy az építésgazdaság fenntarthatósági vonatkozásai új üzleti modellek megszilárdulását is eredményezik. Ezek egyik eklatáns példája lehet az újrahasznosított anyagok Európa-szerte kibontakozóban lévő piaca.

A másodlagos anyagok versenyképes piaca mind mennyiségi, mind minőségi hulladékanyag iránt keresletet teremtene, ezáltal közvetlenül növelné a körforgást. A másodnyersanyagokra vonatkozó szabályok és szabványok pedig növelhetik az ilyen anyagok megfelelésébe vetett bizalmat.⁹⁹⁰

Minden jel arra mutat, hogy a fenntartható, körforgásos gazdasági elvek mentén folyó, korszerű technológián és átlátható, összekapcsolt adatbázisokon nyugvó, részint robotizált építkezések hamarosan felváltják a korábbi metodika szerintiét. Ebben az új modellben az építési-bontási hulladék teljesen új értelmet nyer majd és egy idő után eljuthatunk odáig is, hogy a visszanyert anyagok jelentős része környezet- és erőforrásbarát módon hasznosul a gazdaság különböző szegmenseiben és a megmaradó minimális hulladék ártalmatlanítása korántsem lesz a maihoz hasonlóan összetett feladat.

Amennyiben az építési-bontási hulladék vagy az újrahasznosított alapanyagok társadalmi megítélését vizsgáljuk, érdemes utalnunk a Greenology Zöldinnovációs Fenntarthatósági Tudásközpont a Magyar Közút NZrt. szakértőinek bevonásával 2022 január-februárjában lebonyolított Zöld Építéshatékonysági Felmérésre⁹⁹¹. Ez alapján a válaszadók nagyobbik fele nem használja újrahasznosított építőipari alapanyagot az építkezése során, vagy csak abban az esetben, ha az olcsóbb (8%), vagy bizonyítottan jobb az energiahatékonysága (6%). Ugyanakkor a válaszadók 79%-a szívesen visszaépítené a bontott alapanyagot. Ebből az a következtetés is levonható, hogy válaszadók szívesebben építenek be olyan alapanyagokat, amelyek visszanyeréséről maguk is tájékozódhatnak. Ugyanakkor azt is érdemes kiemelnünk, hogy a válaszadók maguk is kiemelték, hogy megnyugtatóbb lenne számukra, ha például az újrahasznosított alapanyagok jellemzőiről, így különösen a tartósságáról, műszaki paramétereiről, a biztonsági előírásoknak való megfelelésségükről vagy éppen a bontott alapanyagok visszaépíthetőségi feltételeiről *részletesebb tájékoztatás* állna rendelkezésre. Reméljük a kötetünk az ilyen alapanyagok kapcsán fennálló bizalmatlansági deficit csökkentéséhez is nagymértékben hozzájárul.

⁹⁹⁰ Construction and demolition waste: challenges and opportunities in a circular economy. <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges/construction-and-demolition-waste-challenges> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

⁹⁹¹ A Felmérés 6500 fő részére került rendelkezésre bocsátásra. A Felmérést 1606-an töltötték ki.

FELHASZNÁLT IRODALOM

SZAKIRODALOM

- ABOUHAMAD Mona – ABU-HAMD Metwally (2021): Life Cycle Assessment Framework for Embodied Environmental Impacts of Building Construction Systems. *Sustainability*, 13. sz. 19.
- ADAMS K. (2017): Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers. *Waste and Resource Management*. 170(1)
- ADORJÁN Anna (2016): *Ózd forever*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/ozd-forever> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.)
- AFNOR - NF P32-201 DTU 40-11 - Building works - Roof covering made of slates - Part 1: technical specifications - Part 2: special clauses.
- AGRAFIOTIS Christos - TSOUTSOS Theocharis (2001): Energy saving technologies in the European ceramic sector: a systematic review. *Appl. Therm. Eng.*, 21 (12) (2001), 131-149.
- Ahmad Faiz ABD RASHID – Sumiani Binti YUSOFF (2015): A Review of Life Cycle Assessment Method for Building Industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45. évf. 244–248.
- AKINADE Olugbeng O., et al. (2015): Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS). *Resources, Conservation and Recycling*, 105, Part A, 173-174.
- ANASTASIADES, K. – GOFFIN, J. – RINKE, M. – BUYLE, M. – AUDENAERT, A. – BLOM, J. (2021): Standardisation: An essential enabler for the circular reuse of construction components? A trajectory for a cleaner European construction industry. *Journal of Cleaner Production*. vol. 298. 126864.
- Andrea Di Maria, Johan Eyckmans, Karel Van Acker (2018): Downcycling versus recycling of construction and demolition waste: Combining LCA and LCC to support sustainable policy making. In: *Waste Management*, Vol. 75, pp 3-21
- ARAKAYA Etem K. – SARI Erkam – ALATAŞ Sedat (2021): What drives material use in the EU? Evidence from club convergence and decomposition analysis on domestic material consumption and material footprint. *Resources Policy*, 70. évf. 101904.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301420720309351> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.).
- ASZTALOS István (2018): *Az építési-bontási hulladékok kezelésének protokollja az EU elvárásai alapján. Erőforrás hatékonyság a hazai építőiparban. – Jó gyakorlatok a körforgásos gazdaság és az ökoinnováció terén*. PPT bemutató. Budapest, CONSTRUMA 2018 – 2018. április 13. (A letöltés dátuma: 2021. 10. 26.)
- ASZTALOS István (2018): *Az építési-bontási hulladékok kezelésének protokollja az EU elvárásai*
- ATHANASSIADIS Aristide - BOUILLARD Philippe - CRAWFORD Robert H. – KHAN Ahmed Z. (2016): Towards a dynamic approach to urban metabolism: tracing the temporal evolution of brussels' urban metabolism from 1970 to 2010. *Journal of Industrial Ecology*. 10.1111/jiec.12451.
- B. J. CLARK (szerk.) (1977): *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues* (McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering) 1st Edition. McGraw-Hill Book Co., New York. 545-557.
- BAKCHAN Amal – FAUST Kasey M. (2019): Construction waste generation estimates of institutional building projects: Leveraging waste hauling tickets. *Waste Management*. vol. 87., 310.
- BÁNDI Gyula (2011): *Környezetjog*. Budapest, Szent István Társulat.511.

- BÁNDI Gyula (2017): Gyakorlati jogértelmezési gondolatok a hulladék fogalmi rendszere körében. *Miskolci Jogi Szemle*. 12. évfolyam 2. különszám. 34-44. https://www.mjsz.uni-miskolc.hu/files/egyeb/mjsz/2017kulon2/07_bandigyula.pdf (A letöltés dátuma: 2020. 11. 26.)
- BÁRSONY István – SCHISZLER Attila – WALTER Péter (2013): *Magasépítéstan II*. Pécs. Szega Books Kft. 101-104.
- BÁRSONY István (2013): *Magasépítéstan I*. Pécs, Szega Books Kft. 92-93.
- BENACHIO et al. (2020): Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production* 260, 121046.
- BENGTSSON et al. (1997). Life Cycle Assessment of Wastewater Systems. Report 1997:9. Chalmers University of Technology, Technical Environmental Planning. Göteborg, Sweden.
- BENKŐ Gyöngyi (2008): Az építési tevékenység alkalmával keletkező hulladékok és helyes kezelésük. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Munkaanyag. 18. https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/9_0681_019_100915.pdf (A letöltés dátuma: 2021. 08. 15.)
- BENKŐ Gyöngyi (n.é.): Az építési tevékenység alkalmával keletkező hulladékok és helyes kezelésük. *Építőipari kivitelezés előkészítése*. 0681-06. SzT-019-50.
- BESIER Jorick - MARSIDI Marc (2020): *Decarbonisation options for the ceramic industry in the Netherlands*.
- SCHAIBLE Christian (2019): EEB main submission point for the item: GHG Emissions/Decarbonisation from Ceramics Manufacturing under the CER BREF Review.
- BHUSHAN C. - BASU D. - KUMAR Yadav N. - KUMAR R. (2016): National brick mission - a scoping paper *Cent. Sci. Environ. New Delhi*. 1-28
- BICER, Ayse (2021): Investigation of waste EPS foams modified by heat treatment method as concrete aggregate. *Journal of Building Engineering*. vol. 42, 102472.
- BIOLEK Vojtěch – HANÁK Tomáš (2019): Estimation Model: A Construction Material Perspective. *Buildings*, 8. évf. 9. sz. 12.
- BISWAS, A. – ROY, M. (2016): A Study of Consumers' Willingness to Pay for Green Products. *Economics*. 8(5), 494.
- BOROS Anita (2021): A hulladékgazdálkodási (köz)szolgáltatás megszervezésének új hazai modellje. In: ÁRVA, Zsuzsanna – BARTA, Attila (szerk.): *Évtizedek a magyar közigazgatás szolgálatában. : Ünnepi tanulmányok Balázs István Professzor 65. születésnapjára* [elektronikus kiadás] Debrecen, Magyarország; Debreceni Egyetem, Állam- és Jogi tudományi Kar 518.
- BOSCHI Giacomo – MASI Giulia – BONVICINI Giuliana – BIGNOZZI Maria Chiara (2020): *Sustainability in Italian Ceramic Tile Production: Evaluation of the Environmental Impact*. MDPI.
- BRÄNNSTRÖM B-M. (1996). El & miljö. Livscykelanalys för vattenfalls elproduktion. (In Swedish). Vattenfall . Stockholm.
- BUYLE Matthias et al. (2015): Towards a more sustainable building stock: Optimizing a Flemish dwelling using a life cycle approach. *Buildings*. 5, 424.
- CAMPBELL, James W.P. – PRYCE, Will (2004): *A téglá világtörténete*. Kossuth Kiadó. 13-15.
- CARPIO Manuel et al. (2016): Construction waste estimation depending on urban planning options in the design stage of residential buildings. *Construction and Building Materials*, 113. sz. 561-570.
- CASASOLA R. – MA RINCÓN J. – ROMERO M. (2012): Glass-ceramic glazes for ceramic tiles: A review. *J. Mater. Sci.*, 553–582.
- CHARLOTTE et al. (2020) Building design and construction strategies for a circular economy. *Architectural Engineering and Design Management*. 1-21.

- CHENG, Chun-Wen – SHEU, Gwo-Tarng – CHOU, Jing-Shiuan – WANG, Pei-Han – CHENG, Yu-Chun – LAI, Chane-Yu (2021): Fine particulate matter PM2.5 generated by building demolition increases the malignancy of breast cancer MDA-MB-231 cells. *Chemosphere*. vol. 265. 129028.
- Chunbo Zhang, Mingming Hu, Francesco Di Maio, Benjamin Sprecher, Xining Yang, Arnold Tukker (2022): An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe, In: *Science of The Total Environment*, Vol. 803
- COELHO, André – de BRITO, Jorge (2013): Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal – part I: location, materials, technology and economic analysis. *Journal of Cleaner Production* 39, 338-352.
- COLIN R. et. al. (2018): Characterising Existing Buildings as Material Banks (E-BAMB) to Enable Component Reuse. *Proceedings of the Institute of Civil Engineers: Engineering Sustainability*. 172(3):1-42.
- CRIADO E. - NAVARRO JE Enrique (1995): General trends in Spanish ceramic and refractory industries, in: P. Vincenzini (szerk.), *Ceramics: Charting The Future*; Techna. Srl. (1995) 541–556.
- CZOBOLY Olivér – KASHKASH Saied – ORBÁN Zoltán (2021): Újrahasznosított és visszanyert, tört adalékanyag alkalmazhatósága betonban, *Magyar Építőipar*, 01-02. sz. 25-28.
- CSŐKE Barnabás – OLESSÁK Dénes (n.év.): Az építési, bontási hulladékok kezelése. Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára. Köztisztasági Egyesülés.
- CSŐKE Barnabás (2011): Építési hulladékok előkészítése és hasznosítása. In: DOMOKOS Endre (szerk.) *Hulladékgazdálkodás*. Környezetmérnöki Tudástár, 12. kötet, Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet.
- DAHLBO Helena et al. (2015): Construction and demolition waste management – a holistic evaluation of environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 107. évf. 335.
- Das R. (2015): Causes and consequences of land degradation in and around the brick kilns of khejuri CD blocks over coastal medinipur in West Bengal (India) *International Journal of Innovative Research and Development*, 4. 185-194.
- DAXBERG, Hans – BRAUNEIS, Lisa – GASSNER, Andreas – LEMMEL, Hubert – NEUMAYER, Stefan – BUSCHMANN Heinz – HIPPOCHER Hannes (2015): *Rahmenbedingungen für den Aufbau und Initiierung eines regionalen Wiederverwendungsnetzwerkes für Bauteile aus dem Bauwesen als Beitrag zur Ressourcenschonung*. Bécs, Ressourcen Management Agentur (RMA), 22-55.
- DE BRITO Jorge, SILVA Ana (2020): Life Cycle Prediction and Maintenance of Buildings. *Buildings*, 6. évf. 10. sz. 1.
- DONDI Michele – RAIMONDO Mariarosa – ZANELLI Chiara. (2014): *Clays and bodies for ceramic tiles: Reappraisal and technological classification*. *Applied Clay Science*, vol. 96. 91–109.
- DUAN Huabo et al. (2019): Construction debris becomes growing concern of growing cities. *Waste Management*, 83 sz. 1.
- DUDÁS Judit – MÁYER Zoltán (szerk.) (2003): *Nemzeti BAT útmutató a téglá- és cserépipar számára - Tervezet*. Budapest, Téglá és Cserépipari Környezetvédelmi Társulás, 21-57.
- EGENHOFER Christian – SCHREFLER Lorna – TIMINI Jacopo – GENOESE Fabio – WIECZORKIEWICZ Julian (2014): *Final Report for a study on composition and drivers of energy prices and costs in energy intensive industries: the case of the ceramics industry – bricks and roof tiles*. Centre for European Policy Studies, Brüsszel.
- ELGIZAWY, Sally M, – EL-HAGGAR Salah M. – NASSAR Khaled (2016): Approaching Sustainability of Construction and Demolition Waste Using Zero Waste Concept. *Low Carbon Economy*. 7. évf. 1. sz. <https://scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=64373> (A letöltés dátuma: 2022. 01.08.).
- EL-HAGGAR, Salah M. (2007): Sustainable Industrial Design and Waste Management. In: *Sustainability of Construction and Demolition Waste Management*. Oxford, Academic Press. 275.

- ESA, M. R., HALOG, A., RIGAMONTI, L. (2017) Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia. *Resour. Conserv. Recycl.* 120, 219–229.
- ESCALEIRA et. al. (2019): Connections and joints in buildings: Revisiting the main concepts on building materials life cycle's circularity. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- ESCARDINO A. (2005): El esfuerzo en innovación de la industria cerámica de la Comunidad Valenciana para reducir las emisiones de dióxido de carbono. In: *Simposio internacional sobre el cambio climático, desde la ciencia a la sociedad*. Valencia, Generalitat Valenciana, 121-133.
- ESTOKOVA Adriana, SAMESOVA, Dagmar (2021): Sustainable Building Materials and Life Cycle Assessment. *Sustainability*, 13. évf. 4. sz. 2.
- FISHMAN Tomer – SCHANDL Heinz - TANIKAWA Hiroki (2016): Stochastic analysis and forecasts of the patterns of speed, acceleration, and levels of material stock accumulation in society. *Environmental Science and Technology*, 50 (7) 3729-3737, 10.1021/acs.est.5b05790.
- FONG, W.F.K. et. al. (2004): Hong Kong experience of using recycled aggregates from construction and demolition materials in ready mixed concrete. In: *Proceedings of International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology*, Beijing, 267–276.
- Főszerk. Pusztai Ferenc, szerk. Gerstner Károly et al. (2003): Magyar értelmező kéziszótár. 2. átd. kiadás. 1317-1340 Budapest: Akadémiai.
- Főszerk. Pusztai Ferenc, szerk. Gerstner Károly et al. (2003): Magyar értelmező kéziszótár. 2. átd. kiadás. 188 pps. Budapest: Akadémiai.
- FREES N. – PEDERSEN M.A. (1996). Enhedsprocedatbase. Technical University of Denmark, Copenhagen.
- Gaius PLINIUS Secundus (1973): *A természet históriája*. Bukarest, Kriterion Könyvkiadó, 39-169.
- GÁLVEZ-MARTOSA, José-Luis et al. (2018): Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation & Recycling* 136, 166–178.
- GEISSDOERFER Martin - SAVAGET Paulo - BOCKEN Nancy M.P. - HULTINK Erik Jan (2017): The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*.vol. 143. 757 – 768.
- GENCEL Osman – Muhammad Junaid MUNIR – Syed Minhaj Saleem KAZMI – Mucahit SUTCU – Ertugrul ERDIGMUS – Pedro Muñoz VELASCO – Dolores Eliche QUESADAGH (2021): Recycling industrial slags in production of fired clay bricks for sustainable manufacturing *Ceramics International*, 47. évf. 21. sz. 30430-30432.
- Geoffrey P. HAMMOND – Craig JONES (2008): Embodied Energy and Carbon in Construction Materials. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Energy* 161. évf. 2. sz. 87–98.
- GHAFFAR et a.l. (2020). Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery. *Journal of Cleaner Production* 244., 118710.
- Giulia BORGHI, Sara PANTINI – Lucia RIGAMONTI (2018): Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy), *Journal of Cleaner Production*, vol. 184., 815-825.
- GROFCSIK János (1940): *A kémia és vívmányai- I. rész*. Királyi Magyar Természettudományi Társulat, Budapest.
- GUERRA Beatriz – LEITE Fernanda – FAUST Kasey (2020): 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams. *Waste Management*, 116. sz. 79.
- GUERRA Beatriz et al. (2019): BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams, *Waste Management*, 87. sz., 825.

- GUERRA, Beatriz C. – SHASI, Sheida – MOLLAEI, Aida – WEBER, Olaf – SKAF, Nathalie – LEITE, Fernanda – HAAS, Carl (2021): Circular economy applications in the construction industry: A global scan of trends and opportunities. *Journal of Cleaner Production*. vol. 324. 129125.
- Hamish FORBES et al. (2021): Food Waste Index Report 2021. United Nations Environment Program
- HAMLEDARI Hesam – FISCHER Martin (2021): Construction payment automation using blockchain-enabled smart contracts and robotic reality capture technologies. *Automation in Construction*, 133. évf. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521003770> (A letöltés dátuma: 2022. január 30).
- HASEGAWA Shun – KINOSHITA Yuk – YAMADA Tetsuo- INOUE Masato – BRACKE Stefan. (2018): Disassembly reuse part selection for recovery rate and cost with lifetime analysis. *International Journal of Automation Technology*, vol. 12, no. 6. 822-832. DOI:10.20965/ijat.2018.0822, 822-832.
- HAUSCHILD M. - WENZEL H. (1998). Environmental Assessment of products. Vol 2. Technical University of Denmark, The Danish Ministry of Environment, Copenhagen.
- HENDRIKSON – HORVATH (2000): Resource use and environmental emissions of US construction sectors. *J. J. O. C. E. & Management*, 126, 38-44.
- HERZOG, Jacques - DE MEURON, Pierre (2016): *Tate Modern Switch House / Herzog & de Meuron*. Elérhető: https://www.archdaily.com/788076/tate-modern-switch-house-herzog-and-de-meuron?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)
- HOLCSEK Péter (2005): Hulladékgyártási kérdések az építőiparban. Szakdolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- HOORNWEG Daniel – BHADA-TATA Perinaz (2012): What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. *Urban development series; knowledge papers* no. 15. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388> (A letöltés dátuma: 2021.12.04.).
- HORVÁTH Bálint (2019): Körforgásos gazdasági modellek és hatékonyságuk mérése. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem, Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola, Gödöllő.
- HORVÁTH Bálint (2020): Hollandia újragondolva – anyagbankok, tulipánfesték, gombakoporsó. *Földgömb, Körforgásban Különszám*, XXXVII. évfolyam, 344. lapszám, 44-54.
- HORVÁTH Tamás (2011): 9126 Gyarmat, Józsefyi utca, hrsz.: 359/2 cím alatti lakóház engedélyezési tervdokumentációja és műszaki leírása. Győr.
- HRADIL Petr (2014): Barriers and opportunities of structural elements re-use. Technical Report. VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland.
- HU, Xingyi – ZHOU, Yin – VANHULLENBUSCH, Simon – MESTDAGH, Robbe – CUI, Zhongyu – LI, Jiabin (2022): Smart building demolition and waste management frame with image-to-BIM. *Journal of Building Engineering*.
- HUNHEVICZ Jens J. – MOTIEA Mahshid –HALLA Daniel M. (2022): Digital building twins and blockchain for performance-based (smart) contracts. *Automation in Construction*, 133. évf. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580521004325> (A letöltés dátuma: 2022. január 30).
- Ignacio ZABALZA BRIBIÁN – Alfonso ARANDA USÓN – Sabina SCARPELLINI (2009): Life Cycle Assessment in Buildings: State-of-the-Art and Simplified LCA Methodology as a Complement for Building Certification. *Building and Environment* 44. évf. 12. sz. 2510–2520.
- IMBABI, M., et. al. (2012): *Trends and developments in green cement and concrete technology*, International Journal of Sustainable Built Environment, 1, 194–216.
- INGRU Lia Vivian – J W.Y. Tamb – Jian ZUOC – Jiaolan ZHUD (2015): Designers' attitude and behaviour towards construction waste minimization by design: A study in Shenzhen, China. *Resources, Conservation and Recycling*, 105. sz. Part A, 29-30.

- J. ANDERSON (2019): The Reporting of End of Life and Module D Data and Scenarios in EPD for Building level Life Cycle Assessment.
- Jack C. P. Cheng, Lauren Y. H. M (2013): A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning, In: Waste Management, Vol. 33, Issue 6, pp. 1539-1551
- JAKAB Róbert (2018): *A pécsi magasház bontásából származó hulladékok kezelése, utóhasznosítása*, Beton szakmai lap, XXVI. évfolyam III. szám, 13.
- JANG, Yong-Chul – LEE, Gain – KWON, Yuree – LIM, Jin-Hong – JEONG, Ji-Hyun (2020): Recycling and management practices of plastic packaging waste towards a circular economy in South Korea. *Resources, Conservation and Recycling*. vol. 158. 104798.
- JIANG, Jie – SHI, Ke – ZHANG, Xiangman – YU, Kai – ZHANG, Hong – HE, Jing – JU, Yun – LIU, Jilin (2022): From plastic waste to wealth using chemical recycling: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. vol. 10, no. 1. 106867.
- JINGJING Wang – JIAJIA Wei – ZHANSHENG Liu – CHUN Huang – XIULI Du (2022): Life cycle assessment of building demolition waste based on building information modeling, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 178.
- JINGKUANG et. al. (2021) Explore potential barriers of applying circular economy in construction and demolition waste recycling. *Journal of Cleaner Production*. vol. 326, 129400.
- JONES, Rennie (2013): *AD Classics: The Tate Modern / Herzog & de Meuron*. Elérhető: <https://www.archdaily.com/429700/ad-classics-the-tate-modern-herzog-and-de-meuron> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)
- K. ANASTASIADIS – J. GOFFIN – M. RINKE – M. BUYLE – A. AUDENAERT – J. BLOMA (2021): Standardisation: An essential enabler for the circular reuse of construction components? A trajectory for a cleaner European construction industry. *Journal of Cleaner Production*, vol. 298.
- KABIRIFAR et. al. (2020): A conceptual foundation for effective construction and demolition waste management. *Cleaner Engineering and Technology* 1, 100019.
- KABIRIFAR Kamyar – MOJTAHEDI Mohammad – WANG Cynthia Changxin – TAM Vivian W.Y. (2021): Effective construction and demolition waste management assessment through waste management hierarchy; a case of Australian large construction companies. *Journal of Cleaner Production*, vol. 312. 127790.
- KABIRIFAR Kamyar et al. (2020): Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. *Journal of Cleaner Production*, 263. sz. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620313123> (A letöltés dátuma: 2022.01.22.)
- KARLOVECZ Zoltán (2020): *Tégla és Eozin – Lakóház a Felsőmalom utcában*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/tegla-es-cozin-lakohaz-a-felsomalom-utcaban> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)
- Kartläggning av materialflöden. (1996). Report 4695. National Board of Housing, Building and Planning, Sweden, Stockholm.
- KATÓ Aladár - BEJCZI Gábor (2009): A magyar tégl- és cserépipar technológiájának és terméskálájának fejlődése, különös tekintettel az elmúlt évtizedre. *Építőanyag*. 61. évf. 3. szám. 91-94.
- KELEMEN Norbert – NÉMETH Róbert – BÁDER Mátyás (2021): *Parafinnal telített és hőkezelt faanyagok vizsgálata 1-6. rész*, Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet. 83-121.; RÉTFALVI Tamás (szerk.) (2021): „Termeljünk együtt a természettel!-Az agrárerdészt, mint új kitörési lehetőség” Projektzáró tanulmánykötet, Soproni Egyetem kiadó, 914.
- KELLER Ferenc (2007): *Zöldtetős családi ház Pécsen*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/zoldtetos-csaladi-haz-pecsett> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)
- KEMES Balázs (2015): *A monori biobrikett szárító*. <https://epiteszforum.hu/a-monori-biobrikett-szarito> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

- KRAUSMANN Fridolin - GINGRICH Simone - EISENMENGER Nina - ERB KARL Heinz - HABERL Helmut - FISCHER -KOWALSKI Marina (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics*. vol. 68. no. 10. 2696 – 2705.
- KRAUSMANN Fridolin - WIEDENHOFER Dominik - LAUK Christian - HAAS Willi - TANIKAWA Hiroki - FISHMAN Tomer - MIATTO Alessio - SCHANDL Heinz - HABERL Helmut (2017): Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Open Access. vol. 114. no. 8, 1880 – 1885.
- KUNYANG Chen – JIAYUAN Wang – BO Yu – HUANYU Wu – JINGRONG Zhang (2021): Critical evaluation of construction and demolition waste and associated environmental impacts: A scientometric analysis, *Journal of Cleaner Production*, vol 287.
- LAROCHE et al. (2001): Targeting consumers who are willing to pay more for environmentally friendly products. *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 18 Iss 6 pp. 503 – 520.
- LÁSZLÓ Erika (2019): Az építési-bontási hulladékok kezelése és szabályzásának aktuális kérdései a védelmi szférában. *Hadtudományi Szemle*, 12. évf. 2. sz. 111-128.
- LAURENCE – OCTAVIA Caesara – HARTONO Natalia (2017): *Water footprint and life cycle assesment of concrete roof tile and brick products at PT. XYZ*. The International Conference on Eco Engineering Development, ICEED, IOP Publishing.
- LEKICS Gábor (2012): BIO-ÖKO ház, avagy hogyan építsünk alacsony energiás épületet természetes anyagok felhasználásával. Szakdolgozat. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Építészeti és Épületszerkezetani Tanszék.
- LEUNG Dennis Y. – CARAMANNA Giorgio – MAROTO-VALER Mercedes M. (2014): An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 39(C) 426-443.
- Li YASHUAI – Xueqing ZHANG – Guoyu Ding Zhouquan FENG (2016): Developing a quantitative construction waste estimation model for building construction projects. *Resources, Conservation and Recycling*, 106. sz. 9.
- LI Yuanyuan – LI Min – SANG Peidong (2020): A bibliometric review of studies on construction and demolition waste management by using CiteSpace. *Waste Management*. 108 (2020), 137-143.
- LINDFORS L-G. (1995). Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment. Nord 1995:20. Nordic Council of Ministers, Köbenhavn.
- LOPEZ et. al. (2020): The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach. *Cleaner Production*, vol. 248, 119238.
- Luisa F. CABEZA et al. (2014): Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Energy Analysis (LCEA) of Buildings and the Building Sector: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29. évf. 394–416.
- Luiz H MacCarini VEFAGO – Jaume AVELLANEDA (2013): Recycling Concepts and the Index of Recyclability for Building Materials. *Resources, Conservation and Recycling* 72. évf. 127–135.
- LUKMAN. et. al. (2019): Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 223 (2019) 386-396.
- M. D. Bovea, J. C. Powell (2016): Developments in life cycle assessment applied to evaluate the environmental performance of construction and demolition wastes, In: *Waste Management*, Vol. 50, pp. 151-172
- M. Economidou, V. Todeschi, P. Bertoldi, D. D'Agostino, P. Zangheri, L. Castellazzi (2020): Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings, In: *Energy and Buildings*, Vol. 225

- MÁLIAA Miguel et al. (2013): Construction and Demolition Waste Indicators. https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Brito-13/publication/234124429_Construction_and_demolition_waste_indicators/links/5597ff0b08ac793d137e0cb8/Construction-and-demolition-waste-indicators.pdf (A letöltés dátuma: 2021. 12.21.).
- MALKANTHI S.N. – WICKRAMASINGHE W.G.S. – PERERA A.A.D.A.J. (2021): Use of construction waste to modify soil grading for compressed stabilized earth blocks (CSEB) production. *Case Studies in Construction Materials*. 15. sz. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509521002321> (A letöltés dátuma: 2022.01.22.)
- MANFREDINI T. – PELLACANI G. – ROMAGNOLI M. – PENNISI L. (1995): Porcelainized Stoneware Tile. *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 74, 76–79.
- Marcus VITRUVIUS Pollio (2009): *Tíz könyv az építészetéről*. Szeged, Quintus Kiadó, 55-57.
- Marios TSIKOS - Kristoffer NEGENDAHL - Jan Schipull KAUSCHEN (2017): LCA Integration in BIM Through the Use of Integrated Dynamic Models, World Sustainable Built Environment Conference 2017. Hong Kong, 7.
- MARZOUK, M., AZAB, S. (2014). (2014). Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics. *Resour. Conserv. Recycl.* 82, 41–49.
- MERIN, Gili (2014): *A Photographic Journey Through Zollverein: Post-Industrial Landscape Turned Machine-Age Playground*. Elérhető: <https://www.archdaily.com/534996/a-photographic-journey-through-zollverein-a-post-industrial-landscape-turned-machine-age-playground> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.)
- MERINO Mercedes del Río – GRACIA Pilar Izquierdo – AZEVEDO Isabel Salto Weis (2010): Sustainable construction: construction and demolition waste reconsidered. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 28 évf. 2. sz. 121.
- MEZQUITA Ana - MONFORT E. – SALVADOR Ferrer - GABALDÓN-ESTEVAN D. (2017): How to reduce energy and water consumption in the preparation of raw materials for ceramic tile manufacturing: Dry versus wet route. *Journal of Cleaner Production*, Volume 168, 1 December 2017, Pages 1566-1570
- MIZSEI Anett (2016): *Kiszínezett barna zóna: az ózdi projekt*. <https://epiteszforum.hu/kiszinezett-barna-zona-az-ozdi-projekt> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.)
- Mohamed Marzouk, Nehal Elshaboury (2022): Science mapping analysis of embodied energy in the construction industry, In: *Energy Reports*, Vol. 8., pp. 1362-1376
- MOLNÁR Mónika – FEIGL Viktória (2012): *Téglapor* [tanulmány]. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Tanszék, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Környezeti Mikrobiológia és Biotechnológia Kutatócsoport. Elérhető: <https://mokka.hu/node/839> (A letöltés dátuma: 2021.10.02.)
- MONFORT Eliseo – IBANEZ Maria Jesus – ESCRIG A. – JACKSON Philip – CARTIDGE D. – GORBONOV B. – CREUTENBERG O. – ZIEMANN Christina (2008): *Respirable crystalline silica in the ceramics industries sampling, exposure and toxicology*.
- MONFORT Elisio – MEZQUITA Ana – GRANEL R. – VAQUER E. – ESCRIG A. – MIRALLES A. – ZAERA V. (2010): *Analysis of energy consumption and carbon dioxide emissions in ceramic tile manufacture*. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 49 (4), 303-310.
- MONIER et al. (2017): Resource Efficient Use of Mixed Wastes: Improving Management of Construction and Demolition Waste.
- MORETTI Juliana P. et al. (2016): Joint use of construction waste (CW) and sugarcane bagasse ash sand (SBAS) in concrete. *Construction and Building Materials*, 113. évf. 15. sz. 317-323
- MUELLER OTHMÁR, Dr. (1985): *Korszerű épületbontás*, Műszaki könyvkiadó, Budapest. 110-131.
- Muhammad ASIF – Tariq MUNEER – R. KELLEY (2007): Life Cycle Assessment: A Case Study of a Dwelling Home in Scotland. *Building and Environment* 42. évf. 3. sz. 1391–1394.

- MUHAMMAD Shahzad Aslam – BEIJIA Huang – LIFENG Cui (2020): Review of construction and demolition waste management in China and USA. *Journal of Environmental Management*, vol. 26415. no. 110445.
- MUKKAVAARA Jani – SHADRAM Farshid (2021): An integrated optimization and sensitivity analysis approach to support the life cycle energy trade-off in building design. *Energy and Buildings*, 253. évf. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821008136> (A letöltés dátuma: 2022. január 26.).
- NAGY M. M. (2020): Környezettudatos épületfelújítás BIM-technológiákkal. TDK-dolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- Nassetti G. (1992): New technologies for the rational use of energy in the ceramics industry, Proceedings of the European Seminar on New Technologies for the Rational Use of Energy in the Ceramics Industry, CEC, DG for Energy (DG XVII), Orleans, France, May 1992, p. 33.
- NASSETTI, G. – FERRARI F. – FREGNI A. – MAESTRI G. (1998): *Piastrelle ceramiche & energia: banca dati dei consumi energetici nell'industria della piastrelle di ceramica*. Bologna, Centro Ceramico: Assopiastrelle.
- Ngói Space / H&P Architects. Elérhető: https://www.archdaily.com/965308/ngoi-space-h-and-p-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)
- NOROUZI, Masoud et al. (2021): Circular economy in the building and construction sector: A scientific evolution analysis. *Journal of Building Engineering* 44., 102704.
- OLOFINNADE Oluwarotimi, Ogara Joshua (2021): Workability, strength, and microstructure of high strength sustainable concrete incorporating recycled clay brick aggregate and calcined clay. *Cleaner Engineering and Technology*, 3. sz. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790821000835> (A letöltés dátuma: 2022. 01.23.).
- PALOTÁS László – BALÁZS György (1980): *Mérnöki szerkezetek anyagtana 3*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 447-463.
- PAN Zhidong – WANG Yanmin – HUANG Huining – LING Zhiyuan – DAI Yonggang – KE Shanjun (2015): Recent development on preparation of ceramic inks in ink-jet printing. *Ceramic International*, vol. 41 (A), 12515–12528.
- PAŇÁK, Pavol (2020): *Nappali a tégláégetőben: lakóház bővítése Csejten*. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/nappali-a-teglaegetoben-lakohaz-bovitesese-csejten> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)
- PAPADOPOULOS A. et al. (2003:) Generation and Management of Construction and Demolition Waste in Greece –An Existing Challenge. *Resources Conservation and Recycling Journal*, 40 sz. 81-91.; SKOYLES, E.R. (1976): Materials Waste - A Misuse of Resources. Batiment International. *Building Research and Practice*, 4, 232.
- PEIRANI, J. et. al. (2021): The Obstacles of Circular Economy in the Real Estate Sector. *Organizing Smart Buildings and Cities*, 159-175.
- PENG Chun-Li – SCORPIO Domenic E. – KIBERT Charles J. (1997): Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations. *Construction Management and Economics*, Taylor & Francis Journals, 15. évf. 1. sz. 49-58.
- PETERSMINDE. (1993). Teglværk A/S, Assensevej 154, DK-5771 Stenstrup. Denmark: Stenstrup
- PLUZSIK Tamás (2017): A beton rövid története, In PLUZSIK Tamás, SZEGŐNÉ Kertész Éva, URBÁN Ferenc, ZADRAVECZ Zsófia (szerk.) (2017): *CEMBETON Útmutató 2017*. Budapest, Magyar Cement-, Beton- és Mészipari Szövetség, 75.
- POLGÁR András (2016): Építőanyagok környezeti életciklus-elemzése. 15th International Conference on Applications of Natural, Technological and Economic Sciences. 275-283. https://www.researchgate.net/publication/316700842_Epitoanyagok_kornyezeti_eletciklus_elemzese (A letöltés dátuma: 2021. 11. 14.)

- PRATTEN N.A. – GUILFORD P.M. (1993): Energy technology in the ceramics industry sector – a thermic programme action, ETSU, CEC.
- QINGWEI, Shi et. al. (2019): Site selection of construction waste recycling plant. *Journal of Cleaner Production* 227, 532-542.
- RÁCZ Kornélia (2007): *Építőanyagipari gépek*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék. 138.
- RAHLA, K. M. et. al. (2019): Obstacles and barriers for measuring building's circularity. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. vol. 225, Brussels - BAMB-CIRCPATH "Buildings as Material Banks - A Pathway For A Circular Future" 5–7 February 2019, Brussels, Belgium.
- RAMBOLL (2017): *State of The Art: Engineer Ramboll Describes The Technology In Switch House, Tate Modern*. Elérhető: <https://www.brick.org.uk/bulletin/state-of-the-art> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)
- RATNASABAPATHY, S. – PERERA, S. – ALASHWAL, Ali: A review of smart technology usage in construction and demolition waste management. <http://dl.lib.mrt.ac.lk/handle/123/15237> (A letöltés dátuma: 2022. január 26.).
- Reuse TOOLKIT (2021): Bordure en pierre naturelle 1.10v.01_2021_FR.
- REZA, Ali – GÓRECKI, Jarosław et al. (2019): Circular economy in construction sector. Conference: CEPPIS 2019At: Bydgoszcz, Poland, Project: Construction Management.
- Roberto MINUNNO et al. (2018): Strategies for Applying the Circular Economy to Prefabricated Buildings. *Buildings* 8. évf. 9. sz.
- RODRÍGUEZ G. et. al. (2015): Assessment of Construction and Demolition Waste plant management in Spain: in pursuit of sustainability and eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production*, vol. 90, 16-24.
- ROUSSAT Nicolas – DUJET Christiane – MÉHU Jacques (2009): Choosing a sustainable demolition waste management strategy using multicriteria decision analysis, *Waste Management*, 29. évf. 1. sz. 13.
- S. C. ANDERSEN (2019): Environmental Product Declarations (EPDs) as a competitive parameter within sustainable buildings and building materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 11.
- Samuel Copeland, Melissa Bilec (2020): Buildings as material banks using RFID and building information modeling in a circular economy, In: *Procedia CIRP*, Vol. 90, pp. 143-147
- SARC, R. et al.(2019): Digitalisation and intelligent robotics in value chain of circular economy oriented waste management. A review. *Waste management*, 95. évf. 480.
- SARJA, M. et. al. (2021): A systematic literature review of the transition to the circular economy in business organizations: Obstacles, catalysts and ambivalences. *Journal of Cleaner Production*, vol. 286, 125492.
- SAXENA Mohini - PAPPU Asokan - MORCHHALE Rajesh (2004): Durability characteristics of Fired Clay and Clay- Fly ash Bricks Materials Research Society of India, Bhopal, India.
- SCHANDL Heinz - FISCHER-KOWALSKI Marina- WEST James – GILJUM Stefan – DITTRICH Monika – EISENMENGER Nina – GESCHKE Arne – LIEBER Mirko – WIELAND Hanspeter - SCHAFFARTZIK Anke – KRAUSMANN Fridolin – GIERLINGER Sylvia – HOSKING Karin – LENZEN Manfred – TANIKAWA Hiroki – MIATTO Alessio – FISHMAN Tomer (2016): Global Material Flows and Resource Productivity. Assessment Report for the UNEP International Resource Panel. United Nations Environment Programme.
- SCHIEFER Bibel: Anwendungstechnik für Dach und Fassade. Rathscheck Schiefer.
- SCHLUMMER, Martin, Dr. – FELL, Tanja M.Sc – MAURER, Andreas, Dr. – ALTNAU, Gerald, Dr. (2020): The Role on Chemistry in Plastics Recycling. *Kunststoffe international*. 5/2020. 24-27.
- SEÑAS Lilia, PRIANO Carla, MARFIL Silvina (2016): Influence of recycled aggregates on properties of self-consolidating concretes. *Construction and Building Materials*, 113.évf. 5. sz. 498-505
- SHAMSUYEVA, Madina – ENDRES, Hans-Josef (2021): Plastics in the context of the circular economy and sustainable plastics recycling: Comprehensive review on research development, standardization and market. *Composites Part C: Open Access*. vol. 6. 100168.

- SORMUNEN Petri – KARKI Timo (2019): Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. *Journal of Building Engineering*, 24. 100742.
- SU, Shu – LI, Shimeng – JU, Jingyi – WANG, Qian – XU, Zhao (2021): A building information modeling-based tool for estimating building demolition waste and evaluating its environmental impacts. *Waste Management*. vol. 134. 159-169.
- SZABÓ Tamás János (2012): Beruházások támogatása LEED értékelési módszerrel, III. Épületszerkezeti konferencia. BME Építésmérnöki Kar Épületszerkezettani Tanszék, Budapest, 9.
- T. Vadén, V. Lähde, A. Majava, P. Järvensivu, T. Toivanen, E. Hakala, J. T. Eronen (2020): Decoupling for ecological sustainability: A categorisation and review of research literature, in: *Environmental Science & Policy*, Volume 112, pp. 236-244
- TAMASKA László, Dr - RÉDEY Ákos, Dr - VIZI Szilárd (2001): *Életciklus elemzés készítése*, Tisztább Termelés Könyvtár, Veszprém, 58.
- TEGEL (1998). Boverket. Swedish Board of Housing, Building and Planning, Karlskrona, Sweden.
- THORMARK, C. (2001): Conservation of energy and natural resources by recycling building waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 33, 113-130.
- THORMARK, Catarina (2000): Environmental analysis of a building with reused building materials. Lund Institute of Technology, *Department of Building Science*, Svédország.
- TÓTHNÉ DR. SZITA Klára (2008): *Életciklus-elemzés, életciklus hatásértékelés*, Miskolci Egyetem, Miskolc, 187.
- TÓTHNÉ SZITA, Klára (2009): Az életciklus-elemzés kialakulása, fejlődése, értelmezése dióhéjban, *ECO-Mátrix* 2009/1. 5-7., LCA Center, a Magyar Életciklus Elemzők Szakmai Egyesület, Miskolctapolca,
- Tytti BRUCE-HYRKAS - Panu PASANEN - Rodrigo CASTRO (2018): Overview of Whole Building Life-Cycle Assessment for Green Building Certification and Ecodesign through Industry Surveys and Interviews, ScienceDirect, 6.
- ULUBEYLIA, Serdar et al. (2017): Construction and demolition waste recycling plants revisited: management issues. *Procedia Engineering* 172, 1190-1197.
- URBÁN Ferenc (2020): *Az építőanyag-ipar szerepe a körforgásos gazdaságban. Lehetetlen küldetés vagy reális jövő?* CeMBeton.
- UZZAL et al. (2020): Circular economy and the construction industry: Existing trends, challenges and prospective framework for sustainable construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 130, 109948.
- VAN DEN BERG, Marc – VOORDIJK, Hans – ADRIAANSE, Arjen (2020): Recovering building elements for reuse (or not) – Ethnographic insights into selective demolition practices. *Journal of Cleaner Production*. vol. 256. 120332
- VARGA Piroska (2018): *Kultúrgyárak. Felhagyott ipari épületek, mint kulturális színterek*. DLA értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építésmérnöki Kar Építőművészeti Doktori Iskola. 63-64. Elérhető: https://issuu.com/vpiros/docs/vargapiroska_ertekezes (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)
- VILLORIA Paola, CÉSAR Sáez, MERINO Porrás-Amores Mercedes del Río (2020): Estimation of construction and demolition waste. In.: *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling, Management, Processing and Environmental Assessment*. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. 14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128190555000024> (A letöltés dátuma: 2022. január 21.).
- VITALI Stefano - GIORGINI Loris (2019): *Overview of the Rheological Behaviour of Ceramic Slurries*. FME Transactions, 47, 42–47.
- W.Y. TAMA, Vivian – TAM, C. M. (2006): A review on the viable technology for construction waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling* 47, 209–221.

- WAN Shiyu – DING Grace – RUNESON Goran – LIU Yisheng (2022): Sustainable Buildings' Energy-Efficient Retrofitting: A Study of Large Office Buildings in Beijing, *Sustainability*, 14 . sz. 3. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/2/1021/htm> (A letöltés dátuma: 2022. január 21.).
- WANDAHL Soren et al. (2021); The impact of construction labour productivity on the renovation wave. *Construction Economics and Building*, 21. évf. 3. sz. 13.
- WANG, Haizi – PAN, Xinming – ZHANG, Shibin – ZHANG, Pengfei (2021): Simulation analysis of implementation effects of construction and demolition waste disposal policies. *Waste Management*. vol. 126. 684-693.
- WANG, Ting-Kwei – WU, Zeqing – LUO, Chunyan (2021): Multi-participant construction waste demolition and transportation decision-making system. *Resources, Conservation and Recycling*. vol. 170, 105575.
- WIEDMANN Thomas O. at al. (2015): The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112. évf. (20) 6271.
- Wu, H., Zuo, J., Yuan, H., Zillante, G., Wang, J. (2019): A review of performance assessment methods for construction and demolition waste management. *Resour. Conserv. Recycl.* 150, 104407.
- WUA Huanyu et al. (2016): Demolition waste generation and recycling potentials in a rapidly developing flagship megacity of South China: Prospective scenarios and implications. *Construction and Building Materials*, 113. évf. 15.sz. 1007.
- YI, S. – SOOK LIMA H. (2021): Evaluation of the eco-efficiency of waste treatment facilities in Korea. *Journal of Hazardous Materials*. vol. 411, 5, 125040.
- YUA Bo et al. (2019): Prediction of large-scale demolition waste generation during urban renewal: A hybrid trilogy method. *Waste Management*, 89. évf. 15. sz. 1, 9.
- YUAN H. el. al. (2016): A Framework for Eco-efficiency of C&D Waste Management. *Procedia Environmental Sciences*, vol. 31, 855-859.
- YUNHUI et. al (2021): *Accelerated carbonation technology for enhanced treatment of recycled concrete aggregates: A state-of-the-art review*, *Construction and Building Materials*, 282.
- ZHANG Chungo – HU Mingming – DI Francesco – SPRECHER Benjamin – YANG Xining – TUKKER Arnold (2022): An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of The Total Environment*, vol. 803, 149892.
- ZHANG et al. (2022): An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of the Total Environment* 803, 149892.
- ZHU Peng et al. (2016): Investigation of using recycled powder from waste of clay bricks and cement solids in reactive powder concrete. *Construction and Building Materials*. 113.sz. 250-254.
- ZIMING He et al. (2021): Research progress on recycled clay brick waste as an alternative to cement for sustainable construction materials. *Construction and Building Materials*, 274. sz. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820341167> (A letöltés dátuma: 2022.01.12.)
- ZÖLD András - SZALAY Zsuzsa - CSOKNYAI Tamás (2016): *Energiatudatos építészet 2.0*, Terc Kft., Budapest, 309.
- ZSENI Anikó – PESTINÉ RÁCZ Éva (2017): *Környezetvédelem elektronikus tananyag*. Győr, Széchenyi István Egyetem. 282.

JOGI SZABÁLYOZÓK

- 1337/2021. (VI. 1.) Korm. határozat az építésgazdaság hatékonyságjavítását, teljesítménynövelését és az épített környezet fenntartható fejlesztését célzó középtávú stratégiáról és intézkedési tervről.
- 1704/2021. (X. 6.) Korm. határozat a 2021-2027 közötti időszakra szóló Országos Hulladékgazdálkodási Tervről
- 191/2009. (IX. 15.) Korm. rendelet az építőipari kivitelezési tevékenységről.
- 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről.
2013. évi CXL. törvény a fémkereskedelemlről.
- 203/1998. (XII. 19.) Korm. rendelet a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény végrehajtásáról.
- 213/2001. (XI. 14.) Kormányrendelet a települési hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről.
- 225/2015. (VIII. 7.) Korm. rendelet a veszélyes hulladékkal kapcsolatos egyes tevékenységek részletes szabályairól.
- 246/2014. (IX. 29.) Korm. rendelet az egyes hulladékgazdálkodási létesítmények kialakításának és üzemeltetésének szabályairól (letöltés ideje: 2021. 12.14.)
- 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről.
- 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek
- 3/2019. (VII. 1.) ÉPMI Bontott téglá minősítése újrafelhasználás előtt – Bontott ép tömör téglák minősítése.
- 309/2014. (XII. 11.) Korm. rendelet az építési tevékenységből származó hulladék nyilvántartásához és a hulladék keletkezéséhez, gyűjtéséhez, kezeléséhez kapcsolódó adatszolgáltatási kötelezettségekről a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről
- 312/2012 (XI. 8.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról.
- 312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról
- 385/2014. (XII. 31.) Korm. rendelet a hulladékgazdálkodási közszolgáltatás végzésének feltételeiről.
- 4/2019. (VII.1.) ÉPMI Építési és bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben.
- 402/2021. (VII. 8.) Korm. rendelet A gazdaság újraindítása érdekében meghozandó, az építőipari ellátásbiztonság szempontjából stratégiai jelentőségű nyersanyagok és termékek kivitelével kapcsolatos regisztrációs eljárásról és egyéb intézkedésekről
- 403/2021. (VII. 8.) Korm. rendelet A gazdaság újraindítása érdekében meghozandó, az építőipari ellátásbiztonság szempontjából stratégiai jelentőségű nyersanyagok és termékek fuvarozásával kapcsolatos intézkedésekről
- 404/2021. (VII. 8.) Korm. rendeletet A gazdaság újraindítása érdekében fizetendő kiegészítő bányajáradékról
- 405/2021. (VII. 8.) Korm. rendelet a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény eltérő alkalmazásáról
- 406/2021. (VII. 8.) Korm. rendelet a tisztességtelen piaci magatartás és a versenykorlátozás tilalmáról szóló 1996. évi LVII. törvény eltérő alkalmazásáról
- 407/2021. (VII. 8.) Korm. rendelet a veszélyhelyzet ideje alatt a harmadik országbeli állampolgárok magyarországi foglalkoztatására vonatkozó különleges szabályokról
- 409/2021. (VII. 8.) Korm. rendelet a kulturális örökség védelméről szóló 2001. évi LXIV. törvény egyes szabályainak veszélyhelyzet ideje alatti eltérő alkalmazásáról

43/2016. (VI. 28.) FM rendelet a hulladékgazdálkodással kapcsolatos ártalmatlanítási és hasznosítási műveletek felsorolásáról.

439/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet a hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásba vételéről, valamint hatósági engedélyezéséről (letöltés ideje: 2021. 12.14.)

442/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet a csomagolásról és a csomagolási hulladékkal kapcsolatos hulladékgazdálkodási tevékenységekről.

45/2004. (VII. 26.) BM-KvVM együttes rendelet az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályairól.

531/2017. (XII. 29.) Korm. rendelete az egyes közérdeken alapuló kényszerítő indok alapján eljáró szakhatóságok kijelöléséről

54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról

68/2018. (IV. 9.) Korm. rendelet a kulturális örökség védelmével kapcsolatos szabályokról

72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékjegyzékről és a 4/2019. (VII.1.) ÉPMI – Építési-bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított köanyagalmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben alapján.

72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékjegyzékről.

A 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól.

A Bizottság közleménye - Erőforrás-hatékony lehetőségek az építőiparban (COM/2014/0445 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52014DC0445&from=en> (A letöltés dátuma: 2021.12.13.).

A Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak (2012): Az uniós építőipar és az abban működő vállalkozások fenntartható versenyképességi stratégiája. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A52012DC0433>

A Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának a tisztább és versenyképesebb Európát szolgáló, körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési terv. (Brüsszel, 2020.3.11. COM(2020) 98 final)

A hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásba vételéről, valamint hatósági engedélyezéséről szóló 439/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet,

A hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. törvény.

A hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény.

A Kúria Kfv.VI.37.379/2011/5. számú, 2012. május 2-án meghozott végzése. Elérhető: <https://kuria-birosag.hu/hu/sajto/tajekoztato-kuria-kfvi3737920115-szamu-2012-majus-2-meghozott-vegzeseben-dontott> (A letöltés dátuma: 2022. 01. 22.)

A Tanács (EU) 2016/1841 határozata (2016. október 5.) az ENSZ Éghajlat-változási Keretegyezménye keretében létrejött párizsi megállapodásnak az Európai Unió nevében történő megkötéséről.

A településképzésvédelméről szóló 2016. évi LXXIV. törvény, 3. § (1) bekezdése.

A tisztább és versenyképesebb Európát szolgáló, körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési terv. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF (A letöltés dátuma: 2021. október 5.)

Az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény.

Az energiaszegénységről szóló Bizottsági ajánlás (2020. október 14.). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020H1563&rid=1> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény.

Az Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről

Az Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről.

Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Kormányrendelet.

Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet

Bizottság közleménye Útiterv az erőforrás-hatékony Európához. COM/2011/0571 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0571>. (A letöltés dátuma: 2022. január 23.).

Brüsszel, 2020.10.14. COM(2020) 652 final 2020/0300 (COD). Javaslat az Európai Parlament és a Tanács határozata a 2030-ig tartó időszakra szóló általános uniós környezetvédelmi cselekvési programról.

COM(2020) 662 final. A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives In.: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu_renovation_wave_strategy.pdf (A letöltés dátuma: 2022. január 27.).

COM(2020) 98 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098&from=EN> (A letöltés dátuma: 2022. január 23.).

COM/2019/640 final <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?qid=1576139997489&uri=COM:2019:640:FIN> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy COM/2015/0614 final.

Egyes energetikai és hulladékgazdálkodási tárgyú törvények módosításáról szóló 2021. évi II. törvény. Magyar Közlöny 30. szám.

Egyes törvényeknek a költségvetési tervezéssel, valamint a pénzügyi és a közüzemi szolgáltatások hatékonyabb nyújtásával összefüggő módosításáról szóló 2014. évi XXXIX. törvény.

EH 2011.2372: Legf. Bír. Kfv. II. 37.882/2010.

Építési-bontási hulladékok újrafeldolgozásból előállított kőanyagalmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben. 4/2019. (VII.1.) ÉPMI Építésügyi Műszaki Irányelv.

Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/851 Irányelve (2018. május 30.) a hulladékokról szóló 2008/98/EK irányelv módosításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=EN> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 26.)

Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről.

Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről.

Európai Parlament és a Tanács 2018/851. Irányelve (2018. május 30.) a hulladékokról szóló 2008/98/EK irányelv módosításáról.

Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU Rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről. (A letöltés dátuma: 2021. 10. 05.)

Európai Parlament és Tanács 305/2011/EU rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről.

European Commission (2021): Kick-off meeting for the review of the best available techniques (BAT) reference document for the ceramic manufacturing industry (CER BREF). Spain, Seville.

<https://eakta.birosag.hu/anonimizalt-hatarozatok> (A letöltés dátuma: 2021. 12. 09.)

<https://jogbogozo.hu/elvi-tartalmu-kuriai-dontesek/elvi-tartalmu-kozigazgatasi-birosagi-dontesek-2018/> (A letöltés dátuma: 2021. 12. 09.)

<https://kuria-birosag.hu/hu/sajto/tajekoztato-kuria-kfvvi3737920115-szamu-2012-majus-2-meghozott-vegeseben-dontott> (A letöltés dátuma: 2021. 12. 09.)

jövő? CeMBeton.

MSZ 4798:2016/1M:2017 Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon.

MSZ EN 1024:2012 Átfedéses elhelyezésű, égetett agyag tetőcserepek. A geometriai jellemzők meghatározása.

MSZ EN 12326-1:2014 Pala és kő átfedéses elhelyezésű tetőfedő és kültéri falburkoló termékek. 1. rész: Pala- és karbonátos palatermékek követelményei. ICS: 91.100.15 Ásványi anyagok és termékek. Megjelenés dátuma: 2014.12.01.

MSZ EN 12620:2002+A1:2008 Kőanyaghalmozok (adalékanyagok) betonhoz.

MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

MSZ EN 1304:2013 Égetett agyag tető- és kiegészítőcserepek. A termék fogalom meghatározásai és jellemzői.

MSZ EN 13055:2016 Könnyű kőanyaghalmozok.

MSZ EN 13242:2002+A1:2008 Kőanyaghalmozok műtárgyakban és útépitésben használt, kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz.

MSZ EN 1341:2013 Természetes kő burkolólapok kültéri elhelyezésre. Követelmények és vizsgálati módszerek. ICS: 93.080.20 Útépitő anyagok. Megjelenés dátuma: 2013.04.01.

MSZ EN ISO 14025:2010 Környezetvédelmi címkék és nyilatkozatok. III. típusú környezetvédelmi nyilatkozatok. Alapelvek és eljárások (ISO 14025:2006)

MSZ EN ISO 14040:2006/A1:2021 Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretrendszer. 1. módosítás

MSZ EN ISO 14044:2006/A2:2021 Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Követelmények és útmutatók. 2. módosítás (ISO 14044:2006/Amd 2:2020)

MSZ EN 14080:2013 Faszervezetek. Rétegelt-ragasztott fa és ragasztott tömör fa. Követelmények. ICS: 79.060.99 Egyéb fa alapanyagú lemezek. Megjelenés dátuma: 2013.11.01.

MSZ EN 14081-1:2016+A1:2019 Faszervezetek. Szilárdság szerint osztályozott, téglalap keresztmetszetű szerkezeti fa. 1. rész: Általános követelmények. ICS: 79.040 Fa, fűrészipari rönk és fűrészáru. Megjelenés dátuma: 2019.12.01.

MSZ EN 15804:2012+A2:2020 Építmények fenntarthatósága. Környezetvédelmi terméknyilatkozat. Építési termékek kategóriáját meghatározó alapvető szabályok.

MSZ EN 538:1996 Átfedéses elhelyezésű égetett agyag tetőcserepek. A hajlító-törő erő vizsgálata. ICS: 91.100.25 Égetett agyag építőanyagok. Megjelenés dátuma: 1996.12.01.

MSZ EN 539-1:2006 Átfedéses elhelyezésű égetett agyag tetőcserepek. A fizikai tulajdonságok meghatározása. 1. rész: A víztartó képesség vizsgálata.

MSZ EN 539-2:2013 Átfedéses elhelyezésű égetett agyag tetőcserepek. A fizikai tulajdonságok meghatározása. 2. rész: A fagyállóság vizsgálata. ICS: 91.100.25 Égetett agyag építőanyagok. Megjelenés dátuma: 2013.09.01.

MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia 2021-2023: Az építésgazdaság hatékonyságjavítását, teljesítménynövelését és az épített környezet fenntartható fejlesztését célzó középtávú stratégia. Innovációs és Technológiai Minisztérium. 81. <https://kormany.hu/publicapi/document-library/nfe-strategia/download> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 10.)

Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégia 2011-2020. Vidékfejlesztési Minisztérium. 2011. szeptember. 80. <https://kornyezettechnologia.kormany.hu/download/c/66/40000/NKIS.pdf> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 26.)

Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020. 297. (https://2015-2019.kormany.hu/download/f/a6/d1000/OHT%202014-2020_egys%C3%A9ges%20szerkezetben.pdf) (A letöltés dátuma: 2021. 09. 10.)

Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2021-2027, ITM.

Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2021-2027. 303. (<https://kormany.hu/dokumentumtar/orszagoshulladékgazdálkodasi-terv-2021-2027> (A letöltés dátuma: 2022. 01. 20.)

Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer, Egységes Hulladék Informatikai Rendszermodul. Elérhető: <http://web.okir.hu/sse/?group=EHIR> (A letöltés dátuma: 2021.10.05)

INTERNETES ÉS EGYÉB FORRÁSOK

Állami Számvevőszék: Az építőipar hozzájárulása a gazdasági növekedéshez 2021. https://www.asz.hu/storage/files/files/elemzesek/2021/E2103_Epitoipar_hozzajarulasa_gaznov_20210715_md_sszeft_z_tt_SKO.pdf?ctid=1307 (A letöltés dátuma: 2022. január 24).

Annual Single Market Report 2021. SWD(2021) 351 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021SC0351#footnote214> (A letöltés dátuma: 2022. január 26.).

Az EUROSTAT számára csak a másfél évvel később kell a tárgyévi adatokat közölni, ezért a hulladékgazdálkodási adatok tekintetében csak a 2019-ig állnak rendelkezésre a statisztikai adatok.

Construction and demolition waste: challenges and opportunities in a circular economy. In.: <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges/construction-and-demolition-waste-challenges> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

Európai Környezetvédelmi Ügynökség, „Building the foundations for fundamental change” (Az alapvető változás alapjainak építése), 2021. június 4. <https://www.eea.europa.eu/articles/building-the-foundations-for-fundamental-change> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.)

EUROSTAT, Recovery rate of construction and demolition waste (CEI_WM040) (2022.01.04-i változat), https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2022.01.26.)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521003770> (A letöltés dátuma: 2022. január 30).

Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector (A letöltés dátuma: 2022. január 26).

Helyzetkép az építőiparról, 2020. <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/jelep/2020/index.html> (A letöltés dátuma: 2022. január 23.).

<https://www.mnb.hu/kiadvanyok/jelentesek/kereskedelmiingatlan-piacijelentes/kereskedelmiingatlan-piacijelentes-2021-aprilis> (A letöltés dátuma: 2022. január 27.).

„Irány az 55 %!": Az EU 2030-ra vonatkozó éghajlat-politikai célkitűzésének megvalósítása a klímasemlegesség elérése érdekében. COM(2021) 550 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.).

Jelentés a fa építőanyagok magyarországi piacon lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Budapest, 2022. https://www.gvh.hu/pfile/file?path=/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/Fa_epitoanyagok_gyorsított_agazati_vizsgalat_vegleges_jelentes_220112.pdf1&inline=true (A letöltés dátuma: 2022. január 30).

Jelentés a magyarországi kerámia-falazóelemek piacon lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021.

https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszagikeramia-falazoelemek-piaca-lefolytatott-gyorsított-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2022. január 29.)

Magyar Nemzeti Bank: Kereskedelmiingatlan- piaci jelentés, 2021. április.

A Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak (2012): Az uniós építőipar és az abban működő vállalkozások fenntartható versenyképességi stratégiája. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A52012DC0433>

A pala, a nád és a szalma lerakására, valamint a padlástér megvilágítására vonatkozó gyakorlati kódex.

A PTE MIK Anyag- és Szerkezet Analitikai Kutatócsoport valamint a PTE Munkatudományi és Foglalkoztatás-egészségügyi Kutatócsoport közös kutatása (2021-től).

A PTE MIK Szerkezetek Diagnosztikája és Analízise Kutatócsoport kutatása (2020-tól).

A Zsolnay Kulturális Negyed – félidőben. Elérhető: <https://epiteszforum.hu/a-zsolnay-kulturalis-negyed-felidoben> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.)

Az építőanyag-ipar szerepe a körforgásos gazdaságban: lehetetlen küldetés vagy reális jövő? (2020) CeMBeton.

Background Materials for Circular Economy. Sectoral Roadmaps. Smart Prosperity Institute, Construction, February 2021.

Beton Technológia Centrum Kft. és Duna-Dráva Cement Kft. valamint a PTE MIK Anyag- és Szerkezetanalitikai Kutatócsoport közös K+F programja, 2020-tól.

By Eichental is licensed under CC BY-ND 2.0. <https://search.creativecommons.org/photos/1e127fc8-72d4-42e2-bd92-ef47b86410a3> (A letöltés dátuma: 2021. december 3.)

By Toowoomba Region is licensed under CC BY-NC-ND 2.0

<https://search.creativecommons.org/photos/d8c2142c-6dda-4053-97d3-bfb71d1414cf> (A letöltés dátuma: 2021. december 3.)

Cerame Unie - The European Ceramic Industry Association: Circular Economy & Sustainability Best Practices from the Ceramic Industry 2020 június, 14.

<https://teglasszovetseg.hu/de/component/jdownloads/finish/316/1477> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 12.)

CERAME-UNIE (2003): Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev. Nov. 2003.

CERAME-UNIE (2004): Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev.

Cerame-Unie (2013): personal communication.

CERAME-UNIE (2020): Circular economy in the ceramic industry. Position paper. Cerame-Unie The European Ceramic Industry Association.

Cerame-Unie, (2012): *Paving the way to 2050: the Ceramic Industry Roadmap.* Elérhető: <http://www.cerameunie.eu/en/new> (A letöltés dátuma: 2021. október 19.)

Ceramic Roadmap 2050 Continuing Our Path Towards Climate Neutrality. The European Ceramic Industry Association, 72. <https://teglasszovetseg.hu/publikaciok/szakmai-dokumentumok/item/1270-ceramic-roadmap-to-2050/2021/11> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 25.)

Cifra kémény, körkemencék és nyerstégla – Zsolnay Negyed, a Pirogránit udvar épületei Elérhető: <https://epiteszforum.hu/cifra-kemeny-korkemencek-es-nyerstegla-zsolnay-negyed-a-pirogranit-udvar-epuletei> (A letöltés dátuma: 2021.10.23.)

Circular by design. Products in the circular economy. Reuse, repair, redistribute, refurbish, remanufacture. *EEA Report 6/2017.*

Clay Roof House / DRTAN LM Architect. Elérhető: https://www.archdaily.com/784186/clay-roof-house-drtan-lm-architect?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy COM/2015/0614 final.

Construction and Demolition Waste management in Austria V2 – September 2015. Deloitte.

Construction and Demolition Waste management in Austria, 2015.

Construction and Demolition Waste management in Ireland V2 – September 2015. Deloitte.

Construction and Demolition Waste: challenges and opportunities in a circular economy (2020) Eionet Report – ETC/WMGE 2020/1.

Country Factsheets on Construction and Demolition Waste management (2015): *Construction and Demolition Waste management in Hungary*, V2. Elérhető: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en (A letöltés dátuma: 2021. október 05.)

CREATON South-East Europe Kft: Kerámia tetőcserép – Gyártási folyamat. Elérhető: <https://www.creaton.hu/termek/keramia-tetocserep/gyartasi-folyamat> (A letöltés dátuma: 2021.09.30.)

Dalos és Társa Kereskedelmi és Szolgáltató Kft: Bontott téglá beépítése építkezéskor. Elérhető: <https://www.dalostuzep.hu/blog/bontott-tegla-beepitese-epitkezeskor/> (A letöltés dátuma: 2021.10.01.)

Diósgyőri Acélművek. Elérhető:

ECOCRETE (2021): <https://www.mebn.nl/nl/ecocrete> (A letöltés dátuma: 2021.11.30)

ECOCRETE (2021): <https://www.mebn.nl/nl/node/6443> (A letöltés dátuma: 2021.11.30)

Ellen MacArthur Foundation (2015): Growth within: a Circular Economy Vision for a Competitive Europe, Ellen MacArthur Found.

Environmental Protection Agency (2003): Background Document for Life-Cycle Greenhouse Gas Emission Factors for Clay Brick - Reuse and Concrete Recycling.

EU Construction & Demolition Waste Management Protocol, September 2016
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/> (A letöltés dátuma: 2021.12.13.).

Európai Adalékanyagok Szövetsége (UEPG): <http://www.uepg.eu/statistics/estimates-of-production-data> (A letöltés dátuma: 2021.11.30)

European Commission (2011): *Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste*. Bio Intelligence Service S.A.S., France, Paris.

European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques in the ceramic manufacturing industry. Seville: European IPPC, Bureau.

European Commission (2021): Kick-off meeting for the review of the best available techniques (BAT) reference document for the ceramic manufacturing industry (CER BREF). Spain, Seville.

European Construction Sector Observatory. Country profile Hungary December 2020, 38.
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/23747/attachments/1/translations/en/renditions/native> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 06.)

EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Anyagáramlási számlák (ENV_AC_MFA). Elérhető: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AC_MFA__custom_1190443/default/table (A letöltés dátuma: 2021.09.26.).

EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Energia mérlegek – Végso energiafogyasztás – régi metodika. Adattáblák elérhetőek: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances> (A letöltés dátuma: 2021.10.09.).

EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Építési és bontási hulladék hasznosítási aránya - éves adatok (CEI_WM040). Elérhető: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021.10.19.).

EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Termelés az építőiparban - éves adatok (STS_COPR_A). Elérhető:
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/STS_COPR_A__custom_1190510/default/table (A letöltés dátuma: 2021.09.22.).

EUROSTAT – az Európai Unió statisztikai hivatala: Villamosenergia-ellátás, -átalakítás és -fogyasztás (NRG_CB_E). https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_CB_E__custom_1190626/default/table (A letöltés dátuma: 2021.09.28.).

Eurostat Archive (2009): Ceramic and clay production statistics – NACE Rev. 1.1.

EUROSTAT, 2021: Generation of waste by waste category, hazardousness https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_wasgen/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2022. január 24.)

EUROSTAT, 2021: Recovery rate of construction and demolition waste. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2022. január 23.)

EUROSTAT: Treatment of waste by waste category, hazardousness and waste management operations – Mineral waste from construction and demolition. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASTRT__custom_1978778/default/table?lang=en

e-UT 05.02.15 (ÚT 2-3.301-8) Útépitési aszfaltkeverékek. Visszanyert aszfalt. Ütügyi Műszaki Előírás.

e-ÚT 05.02.31 /ÚT 2-3.710/ (2008): Útbeton betonhulladék újrahasznosításával.

e-UT 05.02.55 (ÚT 2-3.709) Út-pályaszerkezeti aszfaltrétegek helyszíni újrafelhasználása melegmix eljárással.

fib Magyar Tagozata (2005): *Betonkészítés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék újrahasznosításával*, Beton- és Vasbetonépítési Műszaki Irányelvek BV-MI 01:2005 (H), Budapest, 176.

FISSAC. 2017. "ITeC: Example of an Existing Construction Elements Database."

Global Status Report for Buildings and Construction 2021 <https://globalabc.org/resources/publications/2021-global-status-report-buildings-and-construction> (A letöltés dátuma: 2022. január 21.), 6.

Ha a kör bezárul – a körforgásos gazdaság jelentősége és lehetőségei. 9 körforgásos eszköz, 70+ vállalati esettanulmány, Ipar 4.0 kitekintés www.pwc.com/hu (A letöltés dátuma: 2021. november 10.)

Habitat – United Nations Centre for Human Settlements (1991): *Energy for Building – Improving Energy Efficiency in Construction and in the Production of Building Materials in Developing Countries*. Nairobi. *House / Manoj Patel Design Studio*. Elérhető: <https://www.archdaily.com/920533/house-manoj-patel-design-studio> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

<http://docplayer.hu/26397149-Epitesi-bontasi-hulladek.html> (A letöltés dátuma: 2021. október 8.)

<http://hasznositsd.hu/fogalomtar/epitesi-hulladek-sitt> (A letöltés dátuma: 2021. november 15.)

<http://meonline.hu/archivum/a-formatol-az-anyagig-es-vissza-2/> (A letöltés dátuma: 2021.10.26.)

<http://www.athenasmi.org/> (A letöltés dátuma: 2021.11.15.)

<http://www.techstorym2m.hu/robotika-az-epitoiparban.html> (A letöltés dátuma: 2021. december 1.)

<https://24.hu/belfold/2019/05/04/orult-epitkezes-megy-a-balatonnal/> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 25.)

<https://adoc.pub/queue/7-szamu-iteletet-hatalyaban-fenntartja.html> (A letöltés dátuma: 2021. 12. 09.)

<https://bakonytherm-tegla.hu/> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 25.)

<https://circularpoint.com/termek-elettartam-meghosszabbitas> (A letöltés dátuma: 2021. december 3.)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albi_cathedral_-_outdoor_view.jpg (A letöltés dátuma: 2021.11.20.)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arenas_de_Barcelona_2013.jpg (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chogha_Zanbil_\(UNESCO_World_Heritage_Site\)_%DA%86%D8%BA%D8%A7%D8%B2%D9%86%D8%A8%DB%8C%D9%84%D8%8C_%D9%85%DB%8C%D8%B1%D8%A7%D8%AB_%D8%AC%D9%87%D8%A7%D9%86%DB%8C_%DB%8C%D9%88%D9%86%D8%B3%DA%A9%D9%88_-_panoramio.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chogha_Zanbil_(UNESCO_World_Heritage_Site)_%DA%86%D8%BA%D8%A7%D8%B2%D9%86%D8%A8%DB%8C%D9%84%D8%8C_%D9%85%DB%8C%D8%B1%D8%A7%D8%AB_%D8%AC%D9%87%D8%A7%D9%86%DB%8C_%DB%8C%D9%88%D9%86%D8%B3%DA%A9%D9%88_-_panoramio.jpg) (A letöltés dátuma: 2021.11.15.)

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F%C3%BAv%C3%B3g%C3%A9ph%C3%A1z_\(11688._sz%C3%A1m%C3%BA_m%C5%B1eml%C3%A9k\)_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F%C3%BAv%C3%B3g%C3%A9ph%C3%A1z_(11688._sz%C3%A1m%C3%BA_m%C5%B1eml%C3%A9k)_2.jpg) (A letöltés dátuma: 2021.10.23.)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flatiron_building_by_day_september_20004.jpg (A letöltés dátuma: 2021.11.20.)

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gyar\(1\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gyar(1).jpg) (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:P%C3%A9cs_061.JPG (A letöltés dátuma: 2021.10.23.)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ruhrmuseum_Kohlenw%C3%A4scheanlage_Coalwash_Zeche_Zollverein_Essen.jpg (A letöltés dátuma: 2021.10.23.)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TateModern.JPG> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:View_of_Santa_Maria_del_Fiore_in_Florence.jpg (A letöltés dátuma: 2021.11.20.)

<https://cordis.europa.eu/project/id/821033> (A letöltés dátuma: 2021. november 3.)

<https://cordis.europa.eu/project/id/821201> (A letöltés dátuma: 2021. november 3.)

<https://crni.ie/re-mark/> (A letöltés dátuma: 2021. október 21.)

<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-11007-2016-ADD-1/en/pdf> (A letöltés dátuma: 2021. október 7.)

<https://drystack.nl/> (A letöltés dátuma: 2021. december 2.)

<https://ekta.birosag.hu/anonimizalt-hatarozatok> (A letöltés dátuma: 2021. 12. 09.)

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/hu/IP_21_1804 (A letöltés dátuma: 2022. január 25.)

https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en (A letöltés dátuma: 2021.12.12.)

https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_it (A letöltés dátuma: 2021. november 2.)

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en (A letöltés dátuma: 2021. október 5.)

https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/buildings-and-construction_hu (A letöltés dátuma: 2021. 11. 26.)

https://ec.europa.eu/growth/news/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-2018-09-18_hu (A letöltés dátuma: 2021. november 15.)

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/industry-and-green-deal_en (A letöltés dátuma: 2022. január 25.)

<https://ellenmacarthurfoundation.org/> (A letöltés dátuma: 2021. október 22.)

<https://epitesimegoldasok.hu/epuletbontasok-robbantas-vagy-bontokalapacs.html> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/?uri=COM:2020:98:FIN> (A letöltés dátuma: 2021. november 15.)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52012DC0433&from=EN> COM/2012/0433 final (A letöltés dátuma: 2021.12.12.)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0022> (A letöltés dátuma: 2021. október 7.)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=HU> (A letöltés dátuma: 2021. november 15.)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R2026&from=EN> (A letöltés dátuma: 2021. október 7.)

[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011XC1208\(01\)&from=ES](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011XC1208(01)&from=ES) (A letöltés dátuma: 2021. október 7.)

https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF (A letöltés dátuma: 2021. október 5.)

https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF (A letöltés dátuma: 2021. 10. 24.)

<https://finnfatelep.hu/mi-az-hokezelt-fa/> (A letöltés dátuma:2021.12.14.)

<https://greenfo.hu/hir/mi-az-upcycling-es-recycling/> (A letöltés dátuma: 2022. január 23.)

<https://hbr.org/2019/07/the-elusive-green-consumer> (letöltés dátuma: 2022. január 23.)

<https://ippc.kormany.hu/> (A letöltés ideje: 2021. november 11.)

<https://jogbogozo.hu/elvi-tartalmu-kuriai-dontesek/elvi-tartalmu-kozigazgatasi-birosagi-dontesek-2018/> (A letöltés dátuma: 2021. 12. 09.)

<https://legep.de/?lang=en> (A letöltés dátuma: 2021.11.12.)

<https://magasepito99kft.hu/hirek/epitesi-bumm-a-balatonnal-fonyod-es-siofok-huzza-az-epitoipart> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 25.)

<https://mcmillan.ca/insights/evidence-of-esg-in-the-construction-and-development-industry/> (A letöltés dátuma: 2022. január 25.)

<https://norooftowaste.be/fr/processus-de-recyclage/> (A letöltés dátuma:2021.12.14.)

<https://opalis.eu/en/materials/flagstones> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

<https://prod.mszt.hu/hu-hu/szabvanyositas/hirek/2020/05/hamarosan-erkeznek-a-legujabb-eurocode-ok> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 21.)

<https://teglasszovetseg.hu/tegla-es-cserep/gyartasi-folyamat> (A letöltés dátuma: 2021. 10.25.)

<https://tervlap.hu/cikk-nezet/a-wienerberger-csoport-uj-szintre-emeli-a-fenntarthatosagot> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 27.)

<https://unece.org/about-ghs> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/Int%C3%A9rieur_Panth%C3%A9on_-_Rome_%28IT62%29_-_2021-08-30_-_1.jpg (A letöltés dátuma: 2021.11.20.)

<https://urbact.eu/%C3%A1tt%C3%A9r%C3%A9s-k%C3%B6rforg%C3%A1s-gazdas%C3%A1gra-az-%C3%A9p%C3%ADt%C5%91ipar-ereje-jobb-v%C3%A1rosok-kialak%C3%ADt%C3%A1s%C3%A1ban> (A letöltés dátuma: 2021. október 4.)

<https://wwf.org/> (A letöltés dátuma: 2021. október 21.)

<https://www.boon.hu/magyarorszag/2018/03/video-robbantással-bontottak-le-a-volt-olajgyar-kemenyet-gyorben> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

<https://www.breeam.com/> (A letöltés dátuma: 2021. december 2.)

<https://www.ceramicarchitectures.com/obras/hotel-conjunto-alfarero-montalvan/> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

<https://www.circularity-gap.world/> (A letöltés dátuma: 2021. november 3.)

<https://cor.europa.eu/hu/news/Pages/renovation-wave---cities-and-regions-ready-to-deliver.aspx> (letöltés ideje: 2021.12.14.)

<https://www.creaton.hu/miert-a-creaton/szakertelem-es-megbizhatosag/minoseg-munkabiztonsag-kornyezet-es-energetikai-politika> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 28.)

<https://www.creaton.hu/termek/keramia-tetocserep/szinek-es-formak> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 25.)

<https://www.epitesimegoldasok.hu/bioklimatikus-tervezesi-modszerek.html> (A letöltés dátuma: 2021. december 2.)

<https://www.epitesimegoldasok.hu/hazai-fafajokkal-lehetne-helyettesiteni-az-egyre-nehezebben-elerhető-import-fenyő-épületfa.html> (A letöltés dátuma:2021.12.14.)

<https://www.epitesimegoldasok.hu/uj-magyar-megoldas-a-dragulo,-illetve-hianyzo-fenyő-épületfa-kivaltasara.html> (A letöltés dátuma:2021.12.14.)

<https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/priorities/kreislaufwirtschaft> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 26.)

<https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20180328STO00751/hulladekkezeles-az-eu-ban-trendek-es-statisztikak-infografika> (A letöltés dátuma: 2021. 10. 10.)

<https://www.facebook.com/factoryarena>

<https://www.facebook.com/korforgasogazdasag/photos/107421567972734> (A letöltés dátuma: 2021. október 10.)

<https://www.flickr.com/photos/129231073@N06/32079214705/in/photostream/> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

<https://www.gov.uk/government/collections/quality-protocols-end-of-waste-frameworks-for-waste-derived-products#quality-protocols-review> (A letöltés dátuma: 2022. 01.08.).

https://www.industry4europe.eu/assets/Uploads/Publications/Industry4Europe_Joint-Paper_November-2019.pdf (A letöltés dátuma: 2021. 10. 24.)

<https://www.interregeurope.eu/policylearning/news/1770/construction-and-demolition-waste/> (A letöltés dátuma: 2021. november 15.)

<https://www.izuba.fr/> (A letöltés dátuma: 2021.11.12.)

<https://www.ksh.hu/arak> (A letöltés dátuma: 2022.01.26.)

https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0051.html (A letöltés dátuma: 2022.01.26.)¹

https://ec.europa.eu/environment/basics/green-economy/managing-waste/index_hu.htm (A letöltés dátuma: 2021. október 5.)

<https://www.nwgyypsum.com/our-process/index.html> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

<https://www.octogon.hu/epiteszet/ne-burkolj-ne-fess> (A letöltés dátuma: 2021.11.28.)

<https://www.okosipar.hu/creaton-kozel-417-millio-darab-keramia-tetocserep-keszulhet-iden/> (A letöltés dátuma 2021. 10. 28.)

<https://www.origo.hu/idojaras/20111215-autonom-haz-olcson-havi-negyezerbe-kerul-kifuteni-a-2010es-ev.html> (A letöltés dátuma: 2021.10.21.)

<https://www.overshootday.org/about-earth-overshoot-day/> (A letöltés dátuma: 2021. október 21.)

<https://www.renovablesverdes.com/hu/bioconstruccion/> (A letöltés dátuma: 2021. december 2.)

<https://www.spoorpro.nl/spoorbouw/2013/03/12/strukton-neemt-hergebruik-spoorballast-in-eigen-beheer/?gdpr=accept> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

<https://www.totousa.com/about-toto/living-toto-library/sustainably-recycling-porcelain> (A letöltés dátuma: 2021.12.14.)

<https://www.usgbc.org/leed> (A letöltés dátuma: 2021. december 2.)

<https://www.wienerberger.hu/referenciak/innovativ-megoldasok/porotherm-okosteglak.html> (A letöltés dátuma: 2021. 09. 28.)

<https://www.wienerberger.hu/termek/tondach/tondach-xxl.html> (A letöltés dátuma: 2021. 11. 27.)

<https://www.zaol.hu/kozelet/helyi-kozelet/atadtak-lentiben-a-creaton-south-east-europe-kft-uj-presgepet-5686682/> A letöltés dátuma: 2021. 10. 28.)

<https://www.zerowastescotland.org.uk/revolve> (A letöltés dátuma: 2021. október 21.)

Istár-kapu. Wikipédia. Elérhető: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Ist%C3%A1r-kapu> (A letöltés dátuma: 2021.11.15.)

Jelentés. A magyarországi kerámia-falazóelemek piacán lefolytatott gyorsított ágazati vizsgálatról. Gazdasági Versenyhivatal, Budapest, 2021. 44.

https://www.gvh.hu/dontesek/agazati_vizsgalatok_piacelemzesek/agazati_vizsgalatok/A-magyarorszagi-keramia-falazoelemek-piacan-lefolytatott-gyorsitott-agazati-vizsgalat (A letöltés dátuma 2021. 10. 25.)

Köztisztasági Egyesülés munkacsoport (2003): *Az építési-bontási hulladékok kezelése – Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 6.* Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Hulladékgazdálkodási és Technológiai Főosztály, Budapest.

Las Arenas / Richard Rogers + Alonso y Balaguer. Elérhető: <https://www.archdaily.com/530762/las-arenas-alonso-y-balaguer> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

Leadership in Energy and Environmental Design – zöldépület- minősítő rendszer, Elérhető: <https://www.usgbc.org/leed> (A letöltés dátuma: 2021.11.30)

Lechner Tudásközpont (2018): BIM-kézikönyv, 1. kötet, Bevezetés az épületinformációs modellezésbe.

Magyar Bányászati és Földtani szolgálat magyarországi ásványi nyersanyagvagyokra vonatkozó 2020. január 1. jelentés, 11.

https://mbfsz.gov.hu/sites/default/files/media/file/file/2021/06/01/2020.%20I.%20I.%20Magyarorsz%C3%A1g_%C3%A1sv%C3%A1nyvagyona_jav2_0.pdf (A letöltés dátuma: 2021. 11. 05.)

Magyar Építőanyag és Építési Termék Szövetség (MÉASZ): Fenntartható építőipar 2020-2025. Az építésgazdaság általános fejlesztését, az építőanyagok hazai gyártását és a hazai építőipari alapanyag-kitermelés támogatását célzó középtávú stratégia.

Magyar Építőkémia és Vakolat Szövetség (MÉSZ) (2014): Kivitelezési irányelv bevonatréteggel ellátott, többrétegű, ragasztott táblát homlokzati hőszigetelő rendszerek (ETICS-HR) kivitelezése.

McKinsey Center for Business and Environment (2016): *The circular economy: Moving from theory to practice*. Special edition.

Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer, Egységes Hulladék Informatikai Rendszermodul. Elérhető: <http://web.okir.hu/sse/?group=EHIR> (A letöltés dátuma: 2021.10.25)

Plaza de toros de las Arenas. Elérhető: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Bikaviadal> (A letöltés dátuma: 2021.10.31.)

projects: Leveraging waste hauling tickets. *Waste Management*. vol. 87., 310.

Régiók Bizottsága: Vélemény. Erőforrás-hatékony lehetőségek az építőiparban. ENVE-V-049. 111. plenáris ülés – 2015. április 16–17.

Régiók Feltérképezése. Interreg Szlovákia-Magyarország, Circular Regions Partnerséget építünk, SKHU/1902/4.1/047.

Ruhr Tourismus, Jochen Schlutius by Dein Nordrhein-Westfalen is licensed under CC BY-NC-SA 2.0 <https://search.creativecommons.org/photos/48022eb0-1d2d-4b19-a214-82fc2f38c818> (A letöltés dátuma: 2021. december 3.)

Screening template for Construction and Demolition Waste management in The Netherlands V2 – September 2015. Deloitte.

STS 34.8 Dakbedekkingen: Dakafdichtingen és STS 34: 03.6 Dakbedekkingen: Natuurleien.

Swedish Environmental Research Institute report: CO₂ uptake in cement-containing products. Elérhető: <https://www.ivl.se/download/18.72aeb1b0166c003cd0d64/1541160245484/B2309.pdf> (A letöltés dátuma: 2021.09.15)

Szakértői tanulmány az építési ágazat karbon lábnyom csökkentésére 2021- NFFT Műhelytanulmány. 91. https://www.nfft.hu/documents/1238941/0/NFFT_Epitoipar_20210316+%281%29.pdf/eb8d7060-6829-48a4-0926-37f1cc3400da?t=1621501854096 (A letöltés dátuma: 2021. 11. 26.)

The circular economy in the built environment. ARUP 2016, London.

THE CONCRETE CENTRE (2021): *Thermal mass explained*, Elérhető: www.concretecentre.com (A letöltés dátuma: 2021.09.15)

Tiles & Bricks Europe (2020): Internal Guidance Document on TBE PCR for Clay Construction Products. TBE

TWG Ceramics (2005): Merged and sorted comments master spread sheet on draft 1.

U.S. Environmental Protection Agency (2016): Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model - Construction and Demolition Materials Chapters. ICF International, Virginia.

Umweltbundesamt (2001): Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents.

Umweltbundesamt (2004): Production of inorganic bonded abrasives.

Umweltbundesamt (2005): Basic information and data on the expanded clay industry in Germany. Compilation by German National Working group and German expanded clay industry.

UEPG (Európai Adalékanyagok Szövetsége) (2020): Elérhető: [https://uepg.eu/mediatheque/media/UEPG-AR20192020_V13_\(03082020\)_spreads.pdf](https://uepg.eu/mediatheque/media/UEPG-AR20192020_V13_(03082020)_spreads.pdf) (A letöltés dátuma: 2021.11.30.)

United Nations World Commission on Environment and Development, ed. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Oxford: *Oxford University Press*, 1987.

Útmutató az azbeszt bontási terv összeállításához. pdf

https://www.nincsbaleset.hu/dokumentumok/download/29_385103e4f104d08874cae0016e8d3e82

Útmutató kkv-k részére a körforgásos gazdaságról – HOZD MAGADKÖRFORGÁSBA! A projekt az Interreg Europe Programból, az Európai Regionális Fejlesztési Alaptámogatásával, az Európai Unió és Magyarországtársfinanszírozásával valósul meg. Budapest, 2019.

VITO (2003): The Flemish BAT-report on the ceramic industry (brick and roof tile industry), English translation of parts of the original Dutch version.

Walchhuetter Ulrich (1995): Evolution in presses. *American Ceramic Society Bulletin* Volume 74, Issue 9, Pages 65 – 68.

Wienerberger Téglaiipari Zrt. (2021): *Porotherm – Alkalmazási és tervezési útmutató*. Budapest, Wienerberger Téglaiipari Zrt.

www.interregeurope.eu (A letöltés dátuma: 2021. 10. 08.) <https://www.interregeurope.eu/gpp4growth/> (A letöltés dátuma: 2021. november 15.)

www.isoschelp.nl (A letöltés dátuma: 2021.11.25.)

www.smile-plastics.com (A letöltés dátuma: 2021.11.25.)

www.superuse-studios.com/projectplus/villa-welpeloo (A letöltés dátuma: 2021.10.09.)

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

AAC	Autoclaved aerated concrete
BAT	elérhető legjobb technika, technológia
BEDEC	Banc Estructurat de Dades d'Elements Constructius
BEMP	legjobb környezeti menedzsment gyakorlat (best environmental management practice)
BIM	Building Information Modeling
BM	Belügyminisztérium
BREEAM	Building Research Establishment's Environmental Assessment Methodology
BREF	elérhető legjobb technika referenciadokumentum
BREXIT	nemzetközileg elterjedt elnevezés az Egyesült Királyság kilépésére az Európai Unióból
Btk.	a Büntető Törvénykönyvről szóló 2012. évi C. törvény
CAD	Computer-aided design
CE	Circular Economy (körforgásos gazdaság)
CO ₂	szén-dioxid
CO _{2e}	egyenértékű szén-dioxid
CCS	Carbon Capture and Storage
D4D	Design for Deconstruction
DfD	Design for Disassembly
DfR	Design for Recycling
DoW	Design of Waste
EHIR:	Egységes Hulladék Informatikai Rendszermodul
EKÁER	Elektronikus Közúti Áruforgalom-ellenőrző Rendszer
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EMF	Ellen MacArthur Foundation
EMS/KIR	Environmental Management System/Környezetirányítási Rendszer
ENE	Energiahatékonysági technikák referenciadokumentum
ENSZ	Egyesült Nemzetek Szervezete
EoL	End-of-Life
ÉPMI	Építésiügyi és Műszaki Irányelv
ESP	elektrostatikus leválasztó
Étv.	az épített környezet kialakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény
EU	Európai Unió
EU-27	az Európai Unió 2020 utáni fennállási állapota, amikor az Egyesült Királyság már nem tagállam
EU-28	az Európai Unió 2020 előtti fennállási állapota, amikor még az Egyesült Kir. tagállam volt
EU	Hulladék Keretirányelv A hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről szóló 2008/98/EK irányelv
EUR	euró
EUROSTAT	az Európai Unió statisztikai hivatala
FM	Földművelésügyi Minisztérium
GDP	bruttó hazai termék
GVH	Gazdasági Versenyhivatal
GWP	Global Warming Potential
HFV	nehéz fűtőolaj
Ht.	a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény

IoT	Internet of Things
IPCC	Éghajlatváltozási Kormányközi Testület
IPPC	Integrált Szennyezés-Megelőzésről és Csökkentés
IR	infravörös sugárzás
ISO	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet
K+F	kutatás-fejlesztés
kkv	kis- és közepes vállalkozások
Kr.e.	Krisztus előtt
Kr.u.	Krisztus után
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
KvVM:	Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life Cycle Inventory
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LNG	cseppfolyósított földgáz
LPG	cseppfolyósított kőoldajgáz
MaNDA	Magyar Nemzeti Digitális Archívum
MATÉSZ	Magyar Téglá és Tetőcserép Szövetség
MDF	Medium-density fibreboard
MFA	Material Flow Analysis
MNB	Magyar Nemzeti Bank
MSZ EN	Európai Szabványügyi Szervezettel összehangolt szabvány
MSZ	magyar szabvány
MSZT	Magyar Szabványügyi Testület
OHT	Országos Hulladékgazdálkodási Terv
OKIR	Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer
OMA	Office for Metropolitan Architecture
OSB	Oriented Standard Board
PM	szálló por
PTFE	politetrafluoretilén
QR-kód	Quick Response-kód
RFID	rádiófrekvenciás azonosító címkék és
RRT	rétegelt ragasztott tartó
SDG	a fenntartható fejlesztési menetrend Fenntartható Fejlődési Céljai
TEÁOR	Tevékenységek Egységes Ágazati Osztályozási Rendszer
UEPG	Európai Adalékanyag Szövetség
UK	Egyesült Királyság
USA	Amerikai Egyesült Államok
ún.	úgynevezett
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
ÜHG	üvegházhatású gáz
V4	a Visegrádi Együttműködés, együttműködés az Európai Unió belül, négy közép-európai tagállam, Csehország, Lengyelország, Magyarország és Szlovákia regionális szervezete.
VOC	illékony szerves vegyületek
WWF	World Wild Fund

TÁRGYMUTATÓ

- 3/2019. ÉPMI, 279, 280, 282, 283
agyag, 31, 146, 147, 148, 168, 176, 178, 180, 229,
232, 233, 234, 235, 236, 237, 241, 242, 245,
255, 257, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 266,
267, 272, 273, 276, 283, 293, 294, 295, 296,
297, 298, 299, 346, 347, 351, 356, 361, 362,
366, 367, 368, 378, 384, 389, 393, 394, 399,
400, 401, 422, 444, 445, 477, 478, 479
alapanyag-lábnyom, 402
Albi székesegyház, 322
alkáli-szilikát, 183
alumínium-szilikát, 183
anyagában hasznosítás, 406
anyagáram-elemzési modell, 224
anyagbank, 65
anyagfelhasználás, 31, 60, 70, 72, 204, 222, 226,
338, 339, 376, 403, 419, 420
anyagútlevél, 73, 423
anyagútlevelek, 73, 112, 222, 423
aprítás, 51, 53, 85, 86, 147, 212, 214, 261, 278,
291, 362, 384, 422
Aprítás, 208, 212, 214
ásványi hulladék, 131, 240, 245
aszfalttörmelék, 81, 206, 416, 421
áthidaló, 160, 161, 259, 327
Ausztria, 50, 76, 231, 239, 241, 271
Babilon, 317
bárium, 183
BAT, 255, 276, 277, 278, 341, 342, 344, 348, 350,
353, 355, 356, 357, 358, 359, 362, 363, 366,
370, 372, 411, 432, 444, 447, 448, 453, 454,
455
beépített energia, 99, 100, 226
Belgium, 50, 76, 118, 128, 186, 221, 231, 234,
238, 271, 375, 438
beton, 11, 15, 18, 19, 21, 24, 26, 45, 46, 47, 55, 57,
62, 74, 81, 84, 85, 87, 91, 95, 99, 100, 102, 105,
107, 112, 115, 118, 127, 152, 153, 154, 174,
175, 178, 183, 184, 186, 187, 192, 193, 194,
195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 205, 207,
209, 211, 214, 222, 238, 280, 288, 289, 292,
318, 400, 421, 422, 438, 463, 474
betontörmelék, 22, 43, 67, 81, 153, 195, 197, 206,
382, 416, 421
BIM, 14, 15, 81, 96, 108, 110, 223, 224, 269, 395,
418, 419, 428, 430, 433, 434, 437, 452, 455
Bohn-födém, 330, 331
boltív, 319, 328, 470
boltívkő, 319
boltozat, 319, 332, 333, 470
boltöv, 160, 161, 328
bontás, 9, 13, 16, 19, 47, 60, 67, 71, 72, 73, 74, 77,
78, 81, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109,
112, 146, 170, 175, 184, 193, 203, 209, 221,
223, 225, 279, 280, 286, 396, 409, 420
bontott cserép, 116, 285
bontott téglá, 107, 116, 117, 121, 156, 168, 180,
183, 266, 280, 281, 282, 283, 284, 310, 314,
468
boroszilikát, 183
Bölcsőtől bölcsőig tervezési szemlélet, 125
BREF, 341, 347, 351, 354, 358, 359, 360, 366,
372, 374, 376, 377, 378, 431, 444, 447, 448,
455
BREXIT, 31, 455
Building As Material Banks, 423
Building Information Modeling, 14, 81, 418, 423,
455
Bulgária, 35, 49, 50, 128, 231, 234, 238, 241
burkoló anyagok, 422
Ciprus, 36, 40, 50, 231, 234, 239, 241
city loops, 224
CO₂, 18, 42, 60, 62, 84, 89, 92, 100, 101, 115,
124, 170, 179, 187, 192, 199, 217, 219, 263,
265, 268, 269, 270, 346, 352, 358, 367, 371,
374, 375, 378, 379, 396, 453, 455
Colosseum, 319
CreaSolv eljárás, 191, 192
csehboltozat, 332
Csehország, 30, 35, 50, 129, 186, 231, 238, 243,
244, 271, 456
csiszolatpor, 263, 278
Dánia, 37, 38, 50, 116, 130, 176, 231, 238, 241
de-coupling elve, 402
Design for Deconstruction, 78, 455
Design for Disassembly, 78, 455
Design of Waste, 77, 455
Desing for Recycling, 78, 455
digitalizáció, 62, 222, 223, 390
Domestic Material Consumption, 403
dongaboltozat, 332
downcycling, 77, 98, 114
Durisolt, 422
e-alnapló, 416

Earth Overshoot Day, 61
 e-főnyapló, 416
 égetési szakasz, 262
 égetett selejt, 263, 278, 279, 340
 Egyesült Királyság, 18, 31, 35, 38, 40, 50, 76, 86, 119, 229, 231, 235, 239, 241, 341, 455, 456
 EHIR, 22, 245, 246, 250, 253, 380, 445, 453, 455
 élettartam, 63, 71, 72, 78, 87, 146, 182, 226, 229, 310, 362, 394, 400, 413
 Ellen MacArthur Alapítvány, 63
 EMAS, 205, 365, 455
 emisszió, 88, 94, 374, 376, 381
 emissziós paraméterek, 368
 emissziós tényező, 368, 379
 EMS, 363, 455
 energiahatékonyság, 8, 87, 260, 263, 268, 270, 342, 347, 377, 409, 411
 energiahordozó, 38, 346, 372
 energiaigény, 40, 60, 86, 154, 225, 396, 411
 energia-megtakarítás, 45, 378
 Environmental, Social and Governmental, 65
 építési alapanyag, 411
 építési és bontási hulladék, 11, 13, 20, 21, 23, 29, 43, 45, 46, 47, 48, 51, 54, 128, 205, 206, 404, 415, 416, 442
 építési és bontási hulladékgazdálkodás, 57, 58, 59
 építési napló, 43, 415, 416
 építési síkúvegek, 183
 építési termék, 71, 72, 80, 109, 265, 266, 292, 293, 393, 416, 442, 443
 építési törmelék, 81, 210, 421
 építési-bontási hulladék, 9, 11, 12, 14, 17, 19, 20, 21, 27, 41, 43, 49, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 60, 61, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 85, 86, 87, 88, 110, 114, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 145, 187, 193, 205, 206, 207, 209, 210, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 265, 286, 289, 402, 405, 406, 407, 408, 409, 411, 414, 415, 416, 417, 419, 420, 421, 423, 424, 428, 429
 építési-bontási hulladékgazdálkodás, 410, 417
 építésügyi hatóság, 43, 48, 415, 416
 építésügyi műszaki irányelv, 21
 épített környezet, 20, 22, 25, 29, 31, 43, 58, 60, 68, 69, 71, 125, 206, 221, 225, 265, 267, 269, 272, 279, 414, 415, 427, 441, 443, 445, 455
 építő- és az építőanyagipar, 22
 építőiparban működő vállalkozások, 427
 építőipari alapanyagok másodlagos piaca, 13
 építőipari robotika, 223
 építettő, 43, 51, 126, 415
 épületek életciklusa, 12, 15
 épületek felújítására, 412
 erőforrások szűkösége, 61, 62
 erőforrás-termelékenységi mutatók, 403
 ESG szempontok, 65
 Észtország, 32, 33, 40, 50, 76, 131, 231, 238, 241
 EU Hulladék Keretirányelv, 407, 455
 EU-27, 30, 189, 230, 455
 EU-28, 30, 31, 32, 34, 36, 39, 76, 77, 233, 455
 EUR, 230, 455
 Eurocode, 267
 Európai Bizottság, 10, 14, 23, 24, 42, 63, 66, 205, 267, 269, 338, 374, 389, 411, 413, 428
 Európai Kerámiaipari Szövetség, 267, 268
 Európai Környezetvédelmi Ügynökség, 402, 403, 446
 Európai Szabványügyi Bizottság, 267
 Európai Unió, 9, 10, 20, 23, 24, 30, 31, 32, 35, 38, 39, 41, 47, 49, 50, 54, 55, 57, 61, 77, 85, 109, 184, 200, 227, 231, 233, 237, 238, 239, 240, 242, 263, 338, 341, 370, 373, 377, 402, 408, 410, 443, 448, 454, 455
 EUROSTAT, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 49, 50, 57, 76, 77, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 229, 233, 234, 235, 236, 237, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 406, 408, 409, 446, 448, 449, 455
 EWC kód, 264
 Factory Aréna, 307, 308
 fahulladék, 17, 102, 145, 206, 416
 falazóelem, 100, 177, 178, 181, 228, 257, 258, 261, 277, 280, 281, 294, 295, 296, 297, 324, 400, 422
 falazótégla, 257
 fejlesztési irány, 342
 felelősségi szabályok, 423, 424
 Fémkiválasztás, 212
 fenntartható építésgazdaság, 428, 429
 fenntartható fejlesztési menetrend, 410, 456
 fenntartható fejlődés, 61, 219, 253, 373, 405, 419
 Fenntartható Fejlődési Céljai, 410, 456
 fenntartható fejlődési stratégia, 205
 fenntartható fogyasztás és termelés, 410
 fenntartható tervezési technológiák, 15
 fenntarthatóság, 47, 59, 61, 65, 67, 98, 203, 225, 226, 267, 268, 269, 270, 300, 313, 338, 402
 FERT földém, 331
 Finnország, 35, 50, 231, 239

finomszemcsés alapanyagok, 422
 fix telepítésű létesítmények, 207
 földém, 106, 154, 155, 156, 157, 160, 161, 162, 163, 168, 258, 329, 330, 331
 Franciaország, 32, 35, 40, 50, 76, 186, 229, 231, 235, 238, 241
 Gazdasági Versenyhivatal, 255, 256, 257, 258, 259, 271, 273, 421, 422, 446, 452, 455
 GDP, 10, 24, 30, 31, 86, 402, 403, 435, 455
 gipsz, 31, 37, 47, 81, 168, 188, 189, 190, 210, 261, 277, 362, 390, 412
 gipszkarton, 15, 78, 144, 162, 168, 173, 174, 187, 188, 189, 190, 210, 238, 422
 Görögország, 35, 37, 39, 50, 76, 133, 147, 231, 238, 241
 hasznosítás, 24, 42, 47, 49, 52, 53, 54, 64, 73, 74, 76, 102, 104, 107, 109, 114, 131, 142, 201, 206, 217, 218, 265, 286, 308, 337, 382, 384, 385, 397, 398, 404, 406, 410, 421, 423
 high-tech technológia, 268
 hódfarkú cserép, 333
 Hollandia, 49, 50, 65, 73, 76, 114, 133, 195, 231, 239, 271, 434
 homok, 17, 19, 31, 32, 33, 55, 81, 100, 178, 183, 187, 207, 209, 264, 274, 276, 342, 351, 368, 400, 421
 hornyolt cserép, 299, 334
 Horvátország, 35, 50, 231, 234, 235, 239, 271
 hozzáférhetőség, 124, 126
 hulladék, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 61, 63, 66, 68, 70, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 91, 92, 94, 95, 96, 98, 99, 102, 103, 110, 114, 120, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 137, 138, 141, 142, 146, 159, 162, 169, 175, 178, 181, 183, 187, 188, 189, 190, 192, 193, 196, 201, 203, 205, 206, 207, 208, 210, 211, 212, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 237, 238, 240, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 252, 253, 262, 263, 264, 268, 278, 279, 280, 287, 291, 311, 336, 338, 339, 340, 355, 356, 361, 362, 373, 379, 382, 383, 384, 385, 389, 391, 392, 393, 398, 399, 400, 401, 402, 404, 406, 408, 409, 410, 413, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 424, 425, 428, 429, 430, 442, 448, 449
 hulladék keretirányelv, 41
 hulladékgazdálkodás, 9, 10, 25, 41, 42, 56, 57, 81, 82, 97, 98, 195, 381, 404, 408, 410, 413, 414, 417, 418, 424
 Hulladékgazdálkodási Kódex, 48
 hulladékhierarchia, 11, 52, 75, 76, 77, 78
 hulladékképződés, 47, 52, 97, 203, 218, 238, 240, 241, 244, 245, 249, 252, 253, 265, 268, 280, 286, 336, 341, 389
 hulladékkezelő, 51, 59, 80, 105, 208, 287, 413
 hulladéklerakás, 47, 55, 59, 62, 76, 81, 88, 379, 380
 hulladékstátusz, 12, 109, 336, 337, 338
 hulladékszegény technológiák, 336, 337
 hulladéktermelő, 51, 52, 80
 hulladéktörvény, 336
 humán tőke, 427
 inert hulladék, 57, 208
 innováció, 65, 79, 113, 260, 268, 339, 374, 389, 390, 399, 410
 ipari forradalom, 61, 62, 74, 323
 ipari ökológia, 250, 338, 378
 ipari salakok, 17
 IPCC, 379, 456
 irányelv, 9, 42, 47, 78, 107, 109, 146, 196, 215, 265, 266, 279, 280, 282, 283, 287, 293, 336, 338, 340, 341, 404, 405, 407, 411, 414, 444, 453, 455
 Írország, 38, 49, 50, 76, 231, 234, 238
 ISO, 89, 92, 120, 282, 365, 370, 393, 394, 395, 396, 398, 445, 456, 477, 478
 ISO 14044, 92, 395, 445
 Istár-kapu, 317, 452
 javítás, 11, 62, 67, 68, 114, 119, 120, 125, 209
 kaolin, 31, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 241, 242, 245
 karbonlábnyom, 72, 94, 99, 259, 338
 karbonsemlegesség, 369, 371, 373
 kavics, 17, 31, 32, 55, 105, 207, 211, 274, 288, 412
 kémény, 301, 305, 329, 447
 kéményfalazó dugó, 329
 kerámiaelemes korszerű félmonolit földémrendszer, 331
 keresztboltozat, 332
 kettős fedés, 333
 KIR, 455
 kisméretű tömör téglá, 155, 160, 257, 324, 329, 464, 465
 kivitelezési szerződés, 96, 415
 kivitelező, 43, 84, 120, 126, 201, 415, 416, 420
 kkv, 85, 203, 230, 454, 456

kolostorboltozat, 332
koronafedés, 333
körforgásos gazdaság, 3, 8, 14, 20, 24, 42, 44, 47, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 82, 84, 85, 92, 99, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 122, 191, 200, 202, 205, 206, 210, 221, 223, 225, 226, 227, 250, 253, 263, 267, 268, 338, 376, 377, 389, 390, 393, 407, 411, 430, 449, 455
körforgásos gazdasági modell, 61
körkörös építészeti, 122, 126
környezethez való alkalmazkodás, 119
környezeti terhelés, 89, 224, 269
közbeszerzés, 24, 59
közigazgatási hatósági eljárási szabályok, 416
Központi Statisztikai Hivatal, 272, 403, 456
Kultúrgyár, Ózd, 303, 304
kupola, 320, 332
kv_szám, 169
lakóniai cserép, 318
Las Arenas, Barcelona, 308, 309
Lengyelország, 30, 33, 35, 40, 50, 134, 135, 230, 231, 239, 244, 245, 271, 403, 409, 456
Lettország, 32, 35, 50, 76, 231, 239, 241
Litvánia, 35, 37, 50, 231, 239
LNG, 342, 345, 346, 372, 456
LPG, 342, 345, 346, 351, 372, 456
Luxemburg, 33, 38, 50, 76, 136, 231, 234, 235, 239
Magyar Szabványügyi Testület, 267, 456
Magyarország, 28, 30, 32, 33, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 48, 49, 50, 54, 56, 67, 115, 117, 118, 119, 121, 193, 227, 230, 231, 234, 235, 236, 239, 241, 243, 244, 245, 253, 274, 367, 374, 403, 407, 431, 453, 456
Málta, 33, 36, 38, 39, 40, 49, 50, 76, 231, 234, 235, 239
maradékanyag, 263, 340, 358
másodlagos építőanyagok, 80, 225, 416
MATÉSZ, 255, 256, 259, 265, 456
melléktermék, 54, 145, 187, 188, 278, 279, 336, 340, 391
Mérettűrés és mérettartomány tűrés, 294
mesterséges intelligencia, 418, 420
mészkő, 31, 36, 37, 38, 184, 185, 261, 292, 352, 354, 355, 356, 421
mobil létesítmények, 207
moduláris tervezés, 85
Monadnock Building, 323
Montalván Hotel, Sevilla, 312
műanyag, 11, 26, 29, 47, 56, 81, 87, 91, 92, 102, 103, 104, 105, 106, 116, 139, 145, 154, 155, 166, 167, 168, 183, 188, 189, 190, 191, 192, 201, 206, 213, 214, 238, 250, 254, 264, 367, 382, 390, 416, 421, 423
nátronmész, 183
negatív externáliák, 67, 68
Németország, 32, 38, 40, 50, 76, 115, 116, 120, 137, 229, 230, 231, 235, 238, 241, 271, 302, 303
nemzetgazdaság, 25, 233, 403, 427
Nemzeti Fenntartható Építésgazdasági Stratégia, 25, 29, 269, 272, 404, 425, 445
Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégia, 337, 445
Ngói Space, 311, 438
nyers selejt, 263, 278
off-the-self, 120
OKIR, 27, 28, 29, 53, 54, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 380, 381, 456
Olaszország, 32, 50, 76, 147, 229, 230, 231, 239, 241, 271
ólom, 29, 145, 183, 264, 365, 369
orrtégla, 156
Országos Hulladékgazdálkodási Terv, 22, 23, 24, 26, 29, 47, 48, 81, 338, 408, 417, 445, 456
Országos Megelőzési Program, 47, 338
oszlop, 159, 328
osztályozás, 51, 85, 208, 214, 384
Osztályozás, 212, 214
ökodizájn, 62
ökoépület, 149
ökoszisztémák, 14, 64, 67, 68, 221
Pantheon, 288, 320
papír, 11, 15, 26, 52, 183, 188, 212, 213, 214, 421
pillér, 268, 328, 470
Portugália, 50, 147, 229, 231, 239
pórusbeton, 289, 422
projekt szintű hulladékgazdálkodási terv, 424
prokoncept, 422
PTFE, 350, 456
Renovation Wave Strategy, 412
robotizált építkezések, 429
Róma, 319
román keresztboltozat, 332
Románia, 32, 35, 36, 50, 231, 234, 239, 271, 412
sajtolt cserép, 334
selejt, 4, 45, 46, 188, 263, 278, 336, 340, 420
síküveg, 18
soft law, 414

Spanyolország, 32, 37, 40, 50, 76, 147, 230, 231, 238, 308, 312
 Svédország, 35, 50, 76, 107, 173, 178, 179, 181, 182, 231, 239, 440
 szabvány, 79, 92, 120, 143, 184, 185, 186, 190, 196, 263, 265, 267, 278, 280, 282, 287, 288, 289, 290, 293, 294, 296, 297, 298, 299, 340, 370, 393, 396, 400, 456, 471, 472, 473
 szállítás, 45, 52, 72, 86, 87, 88, 93, 94, 98, 105, 170, 174, 182, 190, 208, 214, 219, 251, 254, 279, 286, 297, 375, 388, 428
 szekunder nyersanyag, 45
 szén-dioxid, 8, 74, 85, 89, 91, 92, 93, 97, 99, 100, 101, 113, 126, 154, 169, 226, 268, 270, 374, 375, 376, 377, 379, 381, 389, 396, 409, 428, 455
 szétszerelésre tervezett, 117, 120
 szétválasztás, 52, 145, 214, 384
 Szétválasztás, 212
 szicíliai fedés, 318
 Szlovákia, 30, 35, 36, 39, 50, 76, 227, 231, 239, 244, 271, 311, 409, 453, 456
 Szlovénia, 32, 50, 76, 231, 239, 241
 szükséges kompetenciák, 425
 Tate Modern, London, 305
 taxonómia rendelet, 10
 TEÁOR, 250, 253, 456
 tégl- és cserépipar, 228, 232, 245, 255, 262, 265, 266, 276, 277, 278, 300, 315, 336, 340, 432
 tégl- és cseréptörmelék, 287, 288
 téglahulladék, 17, 43, 247, 248, 249, 250, 381, 422
 téglakötés, 326, 328, 329, 330, 332, 335
 téglapor, 270, 291, 292
 téglatörmelék, 46
 téglavetés, 311, 316
 teknőboltozat, 332
 települési hulladék, 404
 teljes életciklus, 88, 99, 112, 125, 265, 396, 399, 410, 418, 427
 termék teljes életciklusa, 394
 termelési hulladék, 21, 22
 tervek, 15, 70, 86, 118, 153, 154, 161, 417
 tetőcserép, 147, 163, 178, 228, 229, 231, 233, 246, 259, 266, 270, 277, 298, 299, 311, 314, 342, 372, 382, 401, 447
 tetőcserépgyártás, 228, 230, 231, 236
 tudásbázis, 65
 tudásmegosztás, 429
 tükörboltozat, 332
 újrafeldolgozás, 17, 42, 81, 206, 286, 416
 újragyártás, 11, 64, 68, 117, 125
 újrahasználat, 8, 11, 52, 59, 64, 73, 74, 79, 81, 86, 88, 97, 105, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 125, 143, 172, 200, 206, 221, 279, 397, 398, 413, 423
 újrahasznosítás, 1, 5, 8, 9, 13, 14, 16, 18, 19, 52, 59, 63, 68, 72, 75, 77, 78, 86, 88, 97, 98, 99, 101, 106, 109, 110, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 131, 134, 135, 157, 173, 175, 178, 183, 188, 189, 193, 195, 199, 200, 211, 215, 221, 222, 226, 227, 228, 266, 276, 300, 310, 313, 361, 389, 392, 397, 398, 402, 419, 422, 427, 428
 újrahasznosító központok, 428
 újrahasznosított por, 18
 upcycling, 77, 96, 98, 114, 450
 U-zsalu, 259
 ÜHG, 18, 42, 219, 226, 260, 265, 267, 336, 374, 376, 380, 381, 456
 ÜHG-kibocsátás, 42
 üveg, 11, 15, 24, 29, 47, 56, 81, 100, 104, 139, 183, 187, 323, 422
 üveges szilícium-dioxid, 183
 üvegházhatású gáz, 18, 90, 93, 378, 456
 üvegyapot, 18, 100, 183
 V4, 33, 34, 36, 38, 40, 41, 49, 231, 237, 243, 244, 245, 403, 409, 456
 városi metabolizmus, 223, 224, 225
 vas és a színesfémek, 421
 Vasalóház (Flatiron Building), 323
 villamosenergia, 38, 39, 40, 41, 176, 344, 356, 371, 372, 375, 377
 VOC, 352, 353, 358, 359, 365, 369, 456
 zöld közbeszerzés, 24
 zöldre festés, 411
 zúzott tégl, 17
 Zsolnay Kulturális Negyed, Pécs, 300, 301

FÜGGELÉKEK

1. számú Függelék

BIO-ÖKO ház építőanyagainak építésökölógiai és biológiai értékelése ⁹⁹²

1. Alapozás											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Úsztatott beton	60,13	2200	132.286	0,13	79	0,28	80	17 198	10 451	37,04	2,33
Beton	60,13	2200	132.286	0,22	132	0,46	80	29 103	17 462	60,85	1,92

2. Vízszigetelés											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Műanyag lemez	373,13	1000	746	14,4	2161	15	n.a.	10 742	1 612	11,19	1,58
Bitumenes lemez	373,13	1000	1866	14	1048	6,49	25	26 124	1 956	12,11	1,58

⁹⁹² A *dőlt vastagon* szedett betűtípussal írt anyagok képezik a BIO-ÖKO házban felhasznált építőanyagokat. Némelyeknél zárójelben szerepel az (újonnan gyártott) kiegészítés. Ezek azoknál az anyagoknál szerepelnek, melyek bontott építőanyagként kerülnek beépítésre, tehát gyártási energiaigényük és káros anyag kibocsátásuk egyaránt 0. Viszont kiszámoltam ezeknél az anyagoknál, hogy újonnan gyártott anyagok felhasználása esetén mennyi lenne ezen adatok értéke. Ezeket az eredményeket zárójelben közöltem a táblázatban.

A normál stílusban szedett anyagok az eredeti épületben felhasznált anyagok. A számítás a Magyar Környezetgazdasági Központ megbízásából, a Tisztább Építési Anyagok Munkacsoport együttműködésével, a Független Ökológia Központban, az "Építési anyagok termékdíja" kutatás keretében készített elemzésben szereplő táblázatok alapján készült. A szakértői kutatást Medgyasszay Péter vezetésével dr. Lányi Erzsébet, Novák Ágnes és Tiderenczi Gábor készítették 2000. október-november hónapjaiban. További információ, valamint a teljes táblázatok az alábbi internetes oldalon találhatóak: <http://www.foek.hu/korkep/0-0-7-1-.html>

3. Pincefal											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Bontott kisméretű tömör tégl (újjonnan gyártott)	79,98	1800	143.964	0 (0,75)	0 (247)	0 (0,94)	80	0 (107 973)	0 (35 559)	0 (135,33)	3,00 (2,00)
Vasbeton	75,81	2400	181.944	0,22	132	0,46	n.a.	40.028	24.017	83,69	1,93

4. Földszinti felmenő fal											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
TJI tartó (fa)	2,12	2000	4.240	1,3	0	2,21	50	5.512	-4.418	9,37	2,63
OSB lap	5,63	640	3.603	1,5	603	2,85	n.a.	5.405	2.173	10,27	1,88
Vályogtégl	45,59	1600	70.944	0,5	208	0,88	n.a.	35.472	14.756	62,43	2,38
Korszerű kerámia falazóblokk és válaszfallap	94,51	800	75.608	0,75	247	0,94	80	56.706	18.675	71,07	2,10

5. Pincefödém											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Bontott kisméretű tömör téglá (újonnan gyártott)	9,72	1800	17.492	0 (0,75)	0 (247)	0 (0,94)	80	0 (13.119)	0 (4.321)	0 (16,44)	3,00 (2,00)
Bontott acélgerendák (újonnan gyártott)	0,36	7900	2.868	0 (3,6)	0 (768)	0 (3,6)	n.a.	0 (10.325)	0 (2.203)	0 (10,33)	3,00 (1,25)
Vasbeton koszorú	8,22	2400	19.728	0,22	132	0,46	n.a.	4.340	2.604	9,07	1,93
Vasbeton	25,96	2400	62.304	0,22	132	0,46	n.a.	13.707	8.224	28,66	1,93

6. Talajon fekvő padló											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Vasalt aljzatbeton	11,92	2400	28.608	0,22	132	0,46	n.a.	6.294	3.776	13,16	1,93
Gerendarács	7,39	600	4.434	1,3	0	2,21	50	5.764	-4.620	9,80	2,63
OSB lap	9,66	640	6.182	1,5	603	2,85	n.a.	9.273	3.728	17,62	1,88
Kender	9,21	40	368	1,3	0	1,81	n.a.	478	-392	0,67	2,75
Vasbeton	23,84	2400	57.216	0,22	132	0,46	n.a.	12.588	7.553	26,32	1,93

7. Zárófödém											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_al szám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Lécváz 5/5-ös	1,43	600	858	1,3	0	2,21	50	1.115	-894	1,90	2,63
Kender	7,67	40	307	1,3	0	1,81	n.a.	399	-327	0,56	2,75
Gipszkarton	4,60	925	4.255	1,47	1322	5,26	n.a.	6.255	5.625	22,38	2,00
Vasbeton	34,27	2400	82.248	0,22	132	0,46	n.a.	18.095	10.857	37,83	1,93

8. Lépcső											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh /kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Bontott vasúti talpfa tölgy (újjonnan gyártott)	2,22 m ³	800	1.776	0 (1,3)	0 (-1042)	0 (2,21)	50	0 (2.309)	0 (-1.851)	0 (3,92)	3,00 (2,40)
Vasbeton	1,62 m ³	2400	3.888	0,22	132	0,46	n.a.	855	513	1,79	2,00

9. Tetőszerkezet											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Szeglemez tartók	5,91	600	3.546	1,3	0	2,21	50	4.610	-3695	7,84	2,63
Hagyományos fedélszék	8,31	600	4.986	1,3	0	2,21	50	6.481	-5195	11,02	2,63

10. Tetőhéjazat											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Bontott égetett cserép	346,70	48	16.642	0	0	0	45	0	0	0	3,00
Égetett cserép	346,70	48	16.642	1	350	1,22	45	16.642	5.825	20,30	2,40

11. Nyílászárók											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Fa anyagú	35,79	9	322	3,16	0	4,81	n.a.	1018	297	1,55	2,50
Műanyag	35,79	5,5	197	14,64	2161	14,99	n.a.	2884	426	2,95	1,33

12. Padlóburkolatok											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
6,5 cm bontott téglaburkolat (újonnan gyártott)	102,51	117	11.994	0 (0,75)	0 (247)	0 (0,94)	n.a.	0 (8996)	0 (2.963)	0 (11,27)	2,23
12 cm bontott téglaburkolat (újonnan gyártott)	25,98	216	5.612	0 (0,75)	0 (247)	0 (0,94)	n.a.	0 (4.209)	0 (1.386)	0 (5,28)	2,23
Mázás kerámia	61,09	11,2	684	0,97	350	1,22	n.a.	663	239	0,83	2,30
Szalagparketta	88,85	12	1066	1	0	1,95	n.a.	1066	-1.230	2,08	2,50
Hajópadló	7,10	48	341	1	0	1,95	n.a.	341	-394	0,66	2,50

13. Homlokzatburkolat											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített mennyiség (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia	Környezetterhelés		
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Bontott téglá (újonnan gyártott)	109,66	216	23.687	0 (0,75)	0 (247)	0 (0,94)	80	0 (17.765)	0 (5.851)	0 (22,27)	3,00 (2,08)
Természetes kő	110,36	360	39.730	0,36	88	0,33	80	14.303	3.496	13,11	2,43
Mészvakolat	207,25	27	5.596	0,41	195	0,71	35	2.294	1.091	3,97	2,08
Vályogvakolat	468,53	24	11.245	0,5	208	0,88	n.a.	5.623	2.339	9,90	2,38
Vakolat	675,78	27	18.246	0,41	195	0,71	35	7.481	3.558	12,95	2,08
Vékonyvakolat	109,66	9	987	0,41	195	0,71	35	405	192	0,7	2,08

14. Hőszigetelés											
Anyag megnevezése	Technikai adatok			Ökológiailag fontos alapadatok				Előállításba fektetett energia, káros anyag kibocsátás			Összesítő ökológiai értékelés (kv_alszám)
	Beépített menny. (m ³)	Testsűrűség (kg/m ³)	Beépített tömeg (kg)	PET (kWh/kg)	CO _{2eq} (g/kg)	SO _{2eq} (g/kg)	Élettartam (év)	Energia		Környezetterhelés	
								PET (kWh)	CO _{2eq} (kg)	SO _{2eq} (kg)	
Cellulóz	148,57	50	7.429	0,77	112	1,4	40	5.720	832	10,40	2,58
Expandált polisztirol	113,07	20	2.261	26	2312	20	40	58.786	5.227	45,22	1,15

2. sz. Függelék

A bontott téglák különböző szerkezetekben való felhasználásához minimálisan szükséges vizsgálatok a környezeti hatások függvényében

Szerkezet	Környezeti hatásnak		
	ki nem tett	mérsékelten kitett	erősen kitett
teherhordó falszerkezet, nem teherhordó falszerkezet, pillér	testsűrűség, nyomószilárdság	testsűrűség, nyomószilárdság, fagyállóság esőztetéssel	testsűrűség, nyomószilárdság, fagyállóság esőztetéssel, aktív oldható sótartalom
boltív, boltozat	testsűrűség, nyomószilárdság	testsűrűség, nyomószilárdság, fagyállóság esőztetéssel, aktív oldható sótartalom	–
padlóburkolat	testsűrűség, nyomószilárdság, kopásállóság	–	–
térburkolat	–	–	testsűrűség, nyomószilárdság, fagyállóság olvasztósóoldatban, kopásállóság, aktív oldható sótartalom
beltéri falburkolat	testsűrűség, nyomószilárdság, tapadószilárdság	–	–
kültéri falburkolat, előtétfal	–	testsűrűség, nyomószilárdság, fagyállóság esőztetéssel, tapadószilárdság	testsűrűség, nyomószilárdság, fagyállóság esőztetéssel, tapadószilárdság, aktív oldható sótartalom
szeletelt téglafalburkolat	testsűrűség, tapadószilárdság, fajlagos hajlító törőerő	testsűrűség, tapadószilárdság, fagyállóság esőztetéssel, fajlagos hajlító törőerő	testsűrűség, tapadószilárdság, fagyállóság víztelítéssel, fajlagos hajlító törőerő
kerítés	–	testsűrűség, nyomószilárdság, fagyállóság esőztetéssel	testsűrűség, tapadószilárdság, fagyállóság víztelítéssel, aktív oldható sótartalom

Forrás: 3/2019. (VII.1.) ÉPMT.⁹⁹³

⁹⁹³ 3/2019. (VII.1.) Építészeti és Műszaki Irányelv – Bontott téglák minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

Teherhordó falszerkezetbe kerülő bontott téglákra vonatkozó követelmények

Anyagjellemző	Környezeti hatásnak		
	ki nem tett	mérsékelten kitett	erősen kitett
testsűrűség	közölt érték = a mért átlagos érték egyedi értékek \geq átlagérték 80%-a		
nyomószilárdság (N/mm ²)	közölt érték = a mért átlagos nyomószilárdság érték ($\geq 5,0$) egyedi értékek \geq átlagos nyomószilárdság 80%-a		
vízfelvétel (m/m %)	$\geq 10\%$		
fagyállóság esőztetéssel*	F0	F1	F2
aktív oldható sótartalom**	S0	S1	S2
* MSZ CEN/TS 772-22:2008 szerinti osztályok			
** az MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány 1. táblázata szerinti osztályok			

Forrás: 3/2019. (VII.1.) ÉPMI.⁹⁹⁴

Nem teherhordó falszerkezetbe kerülő bontott téglákra vonatkozó követelmények

Anyagjellemző	Környezeti hatásnak		
	ki nem tett	mérsékelten kitett	erősen kitett
testsűrűség	közölt érték = a mért átlagos érték; egyedi értékek \geq átlagérték 80%-a		
nyomószilárdság (N/mm ²)	közölt érték = a mért átlagos nyomószilárdság érték egyedi értékek \geq átlagos nyomószilárdság 80%-a		
vízfelvétel (m/m %)	$\geq 10\%$		
fagyállóság esőztetéssel*	F0	F1	F2
aktív oldható sótartalom**	S0	S1	S2
* MSZ CEN/TS 772-22:2008 szerinti osztályok			
** az MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány 1. táblázata szerinti osztályok			

Forrás: 3/2019. (VII.1.) ÉPMI.⁹⁹⁵

Pillérekbe kerülő bontott téglákra vonatkozó követelmények

Anyagjellemző	Környezeti hatásnak		
	ki nem tett	mérsékelten kitett	erősen kitett
testsűrűség	közölt érték = a mért átlagos érték; egyedi értékek \geq átlagérték 80%-a		
nyomószilárdság (N/mm ²)	a mért átlagos nyomószilárdság érték ≥ 20 egyedi értékek ≥ 14		
vízfelvétel (m/m %)	$\geq 10\%$		
fagyállóság esőztetéssel*	F0	F1	F2
aktív oldható sótartalom**	S0	S1	S2
* MSZ CEN/TS 772-22:2008 szerinti osztályok			
** az MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány 1. táblázata szerinti osztályok			

Forrás: 3/2019. (VII.1.) ÉPMI.⁹⁹⁶

⁹⁹⁴ 3/2019. (VII.1.) Építészügyi és Műszaki Irányelv – Bontott téglák minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

⁹⁹⁵ 3/2019. (VII.1.) Építészügyi és Műszaki Irányelv – Bontott téglák minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

⁹⁹⁶ 3/2019. (VII.1.) Építészügyi és Műszaki Irányelv – Bontott téglák minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

Boltívekbe és boltövekbe kerülő bontott téglákra vonatkozó követelmények

Anyagjellemző	Környezeti hatásnak	
	ki nem tett	mérsékelten kitett
testsűrűség	közölt érték = a mért átlagos érték; egyedi értékek \geq átlagérték 80%-a	
nyomószilárdság (N/mm ²)	közölt érték = a mért átlagos nyomószilárdság érték egyedi értékek \geq átlagos nyomószilárdság 80%-a	
vízfelvétel (m/m %)	$\geq 10\%$	
fagyállóság esőztetéssel*	F0	F1
aktív oldható sótartalom**	S0	S1
* MSZ CEN/TS 772-22:2008 szerinti osztályok		
** az MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány 1. táblázata szerinti osztályok		

Forrás: 3/2019. (VII.1.) ÉPMI.⁹⁹⁷

Padlóburkolatként vagy térburkolatként beépítésre kerülő bontott téglákra vonatkozó követelmények

Anyagjellemző	Környezeti hatásnak	
	ki nem tett (padlóburkolat)	mérsékelten kitett (térburkolat)
testsűrűség	közölt érték = a mért átlagos érték; egyedi értékek \geq átlagérték 80%-a	
nyomószilárdság (N/mm ²)	közölt érték = a mért átlagos nyomószilárdság érték egyedi értékek \geq átlagos nyomószilárdság 80%-a	
olvasztó sós fagyállóság (lehámlás, tömeg%)	-	$\leq 8,0$
kopásállóság (mm ³ /50 cm ²)	$\leq 22\ 000$	
aktív oldható sótartalom*	S0	S1
* az MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány 1. táblázata szerinti osztályok		

Forrás: 3/2019. (VII.1.) ÉPMI.⁹⁹⁸

Falburkolatként beépítésre kerülő bontott téglákra vonatkozó követelmények

Anyagjellemző	Környezeti hatásnak		
	ki nem tett	mérsékelten kitett	erősen kitett
testsűrűség	közölt érték = a mért átlagos érték egyedi értékek \geq átlagérték 80%-a		
nyomószilárdság (N/mm ²)	a mért átlagos nyomószilárdság érték ≥ 10 egyedi értékek \geq átlagérték 80%-a		
tapadószilárdság (N/mm ²)	$\geq 1,0$		
fagyállóság esőztetéssel*	F0	F1	F2
aktív oldható sótartalom**	S0	S1	S2
* MSZ CEN/TS 772-22:2008 szerinti osztályok			
** az MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány 1. táblázata szerinti osztályok			

Forrás: 3/2019. (VII.1.) ÉPMI.⁹⁹⁹

⁹⁹⁷ 3/2019. (VII.1.) Építészeti és Műszaki Irányelv – Bontott téglák minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

⁹⁹⁸ 3/2019. (VII.1.) Építészeti és Műszaki Irányelv – Bontott téglák minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

⁹⁹⁹ 3/2019. (VII.1.) Építészeti és Műszaki Irányelv – Bontott téglák minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

Újrahasznosított szeletelt falburkoló lapokra vonatkozó követelmények

Anyagjellemező	Környezeti hatásnak		
	ki nem tett	mérsékelten kitett	erősen kitett
testsűrűség	közölt érték = a mért átlagos érték egyedi értékek \geq átlagérték 80%-a		
fajlagos hajlító törőerő (N)	átlagérték \geq 750		
tapadószilárdság (N/mm ²)	\geq 1,0		
fagyállóság esőztetéssel*	F0	F1	F2
aktív oldható sótartalom**	S0	S1	S2
* MSZ CEN/TS 772-22:2008 szerinti osztályok			
** az MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány 1. táblázata szerinti osztályok			

Forrás: 3/2019. (VII.1.) ÉPMI.¹⁰⁰⁰

Kerítésekbe beépítésre kerülő bontott téglákra vonatkozó követelmények

Anyagjellemező	Környezeti hatásnak		
	ki nem tett	mérsékelten kitett	erősen kitett
testsűrűség	közölt érték = a mért átlagos érték egyedi értékek \geq átlagérték 80%-a		
nyomószilárdság (N/mm ²)	közölt érték = a mért átlagos nyomószilárdság érték egyedi értékek \geq átlagos nyomószilárdság 80%-a		
tapadószilárdság (N/mm ²)	\geq 1,0		
fagyállóság esőztetéssel*	-	F1	-
fagyállóság víztelítéssel**	-	-	FP100
aktív oldható sótartalom***	S0	S1	S2
* MSZ CEN/TS 772-22:2008 szerinti osztályok			
** MSZ EN 1344:2014 C melléklet szerinti osztályok			
*** az MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 szabvány 1. táblázata szerinti osztályok			

Forrás: 3/2019. (VII.1.) ÉPMI.¹⁰⁰¹

¹⁰⁰⁰ 3/2019. (VII.1.) Építésügyi és Műszaki Irányelv – Bontott téglá minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

¹⁰⁰¹ 3/2019. (VII.1.) Építésügyi és Műszaki Irányelv – Bontott téglá minősítése újrafelhasználás előtt (Bontott ép tömör téglák minősítése).

3. sz. Függelék

Építési-bontási hulladékból származó kőanyag-halmazok minősítő vizsgálatai és azok minimális gyakorisága, amennyiben azok normál beton adalékanyagjaként kerülnek felhasználásra

Anyagjellemző	Szabvány	Minimális gyakoriság
Szemméret	MSZ EN 933-1	hetente 1 alkalom
Szemmegoszlás	MSZ EN 933-1	hetente 1 alkalom
Durva szemcsék szemalakja	MSZ EN 933-3 vagy MSZ EN 933-4	havonta 1 alkalom
Szemek sűrűsége és vízfelvétele	MSZ EN 1097-6	évente 1 alkalom
Kőzettani leírás	MSZ EN 932-3	3 évente 1 alkalom
Újrahasznított durva kőanyagok alkotóanyagjainak osztályozása	MSZ EN 933-11	havonta 1 alkalom
Durva szemek aprózódási ellenállása	MSZ EN 1097-2	évente 2 alkalom
Kopási ellenállás	MSZ EN 1097-1	évente 2 alkalom
Felület kopási ellenállás (AAV)	MSZ EN 1097-8	2 évente 1 alkalom
Csiszolódási ellenállás (PSV)	MSZ EN 1097-8	2 évente 1 alkalom
Kagylóhéjtartalom	MSZ EN 933-7	évente 1 alkalom
Finomrész-tartalom és annak minősége	MSZ EN 933-1, vagy MSZ EN 12620 (D melléklet), vagy MSZ EN 933-8, vagy MSZ EN 933-9	hetente 1 alkalom
Magnézium-szulfátos kristályosítás	MSZ EN 1367-2	2 évente 1 alkalom
Faggyal szembeni ellenállás	MSZ EN 1367-1	2 évente 1 alkalom
Kloridtartalom	MSZ EN 1744-1	2 évente 1 alkalom
Savoldható szulfát tartalom	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Teljes kéntartalom	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Finomrészek karbonáttartalma	MSZ EN 196-2 MSZ EN 12620	2 évente 1 alkalom
Humusztartalom	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Fulvosavtartalom	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Könnyű szerves szennyezőanyagok	MSZ EN 1744-1	évente 2 alkalom
Összehasonlító szilárdság-kötésidő vizsgálat	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Veszélyes anyag kibocsátás	MSZ EN 13242	szükség és kétség esetén
Térfogatállóság – száradási zsugorodás	MSZ EN 1367-4	5 évente 1 alkalom
Alkáli kovasav	MSZ EN 13242	szükség és kétség esetén

Forrás: 4/2019. (VII.1.) ÉPMI.¹⁰⁰²

¹⁰⁰² 4/2019. (VII.1.) ÉPMI Építési és bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben.

Építési-bontási hulladékból származó kőanyag-halmazok minősítő vizsgálati és azok minimális gyakorisága, amennyiben azok habarcs adalékanyagként kerülnek felhasználásra

Anyagjellemző	Szabvány	Minimális gyakoriság
Szemméret	MSZ EN 933-1	hetente 1 alkalom
Szemmegoszlás	MSZ EN 933-1	hetente 1 alkalom
Szemek sűrűsége és vízfelvétele	MSZ EN 1097-6	szükség és kétség esetén
Kagylóhéjtartalom	MSZ EN 933-7	évente 1 alkalom
Finomrész-tartalom és annak minősége	MSZ EN 933-1, vagy MSZ EN 13139 (C melléklet), vagy MSZ EN 933-8, vagy MSZ EN 933-9	hetente 1 alkalom
Magnézium-szulfátos kristályosítás	MSZ EN 1367-2	szükség és kétség esetén
Faggyal szembeni ellenállás	MSZ EN 1367-1	szükség és kétség esetén
Kloridtartalom	MSZ EN 1744-1	2 évente 1 alkalom
Savoldható szulfáttartalom	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Teljes kén tartalom	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Humusztartalom	MSZ EN 1744-1	kétes esetben hetente 1 alkalom
Fulvosavtartalom	MSZ EN 1744-1	kétes esetben hetente 1 alkalom
Könnyű szerves szennyezőanyagok	MSZ EN 1744-1	ha szükséges
Vízben oldható anyagok	MSZ EN 1744-1	ha szükséges hetente 1 alkalom
Izzítási veszteség	MSZ EN 1744-1	ha szükséges hetente 1 alkalom
Összehasonlító szilárdság-kötésidő vizsgálat	MSZ EN 1744-1	évente 1 alkalom
Veszélyes anyag kibocsátás	MSZ EN 13139	szükség és kétség esetén
Alkáli kovasav	MSZ EN 13139	szükség és kétség esetén

Forrás: 4/2019. (VII.1.) ÉPMI.¹⁰⁰³

¹⁰⁰³ 4/2019. (VII.1.) ÉPMI Építési és bontási hulladékok újrafeldolgozásából előállított kőanyag-halmazok alkalmazásának feltételei a magasépítésben.

Építési-bontási hulladékból származó kőanyagalmazok minősítő vizsgálatai és azok minimális gyakorisága, amennyiben az könnyű adalékanyagoknak minősül

Anyagjellemző	Szabvány	Minimális gyakoriság
Halmazsűrűség	MSZ EN 1097-3	naponta 1 alkalom vagy 1 alkalom/1000 m ³
Szemek sűrűsége és vízfelvétele	MSZ EN 1097-6	havonta 1 alkalom vagy 1 alkalom/20 000 m ³
Szemméret	MSZ EN 933-1	hetente 1 alkalom, vagy 1 alkalom/5000 m ³
Szemmegoszlás	MSZ EN 933-1	hetente 1 alkalom, vagy 1 alkalom/5000 m ³
Finomrész-tartalom	MSZ EN 933-10	hetente 1 alkalom
Víztartalom	MSZ EN 1097-5	naponta 1 alkalom vagy 1 alkalom/1000 m ³
Aprózódási ellenállás (statikus)	13055-1 (C-melléklet)	havonta 1 alkalom vagy 1 alkalom/20 000 m ³
Aprózódási ellenállás (dinamikus)	MSZ EN 1367-8	évente 2 alkalom
Fagyállóság	MSZ EN 1367-7	évente 2 alkalom
Vízfelszívási magasság	MSZ EN 1097-10	havonta 1 alkalom vagy 1 alkalom/20 000 m ³
Összenyomhatóság és halmazszilárdság	MSZ EN 1097-11	2 évente 1 alkalom
Ciklusos oldalnyomásnak való ellenállás	MSZ EN 13287-7	3 évente 1 alkalom
Merevítő hatás	MSZ EN 13179-1	évente 2 alkalom
Szárazon tömörített halmaztér fogat	MSZ EN 1097-4	évente 2 alkalom
Hőlkésállóság	MSZ EN 1367-5	2 évente 1 alkalom
Csiszolódási ellenállás (PSV)	MSZ EN 1097-8	2 évente 1 alkalom
Szöges gépjárműabroncsok koptatásával szembeni ellenállás	MSZ EN 1097-9	szükség esetén
Bitumenhez való tapadóképeség	MSZ EN 12697-11	szükség esetén
Aprózódási ellenállás	MSZ EN 1097-2	évente 1 alkalom
Kopási ellenállás	MSZ EN 1097-1	évente 1 alkalom
Vízben való oldhatóság	MSZ EN 1744-1	2 évente 1 alkalom
Kloridtartalom	MSZ EN 1744-1	évente 2 alkalom
Savoldható szulfát tartalom	MSZ EN 1744-1	évente 2 alkalom
Teljes kéntartalom	MSZ EN 1744-1	évente 2 alkalom
Izzítási veszteség	MSZ EN 1744-1	évente 2 alkalom
Vízben oldható alkotóelemek	MSZ EN 1744-3	2 évente 1 alkalom
Könnyű szerves szennyezőanyagok	MSZ EN 1744-1	évente 2 alkalom
Alkáliérzékenység	MÉASZ ME-04.19:1995	szükség és kétség esetén
Hővezetési tényező	MSZ EN 12664 vagy MSZ EN 12667	évente 1 alkalom
Veszélyes anyag kibocsátás	MSZ EN 13055-1	szükség és kétség esetén

Forrás: MSZ EN 13055:2016.¹⁰⁰⁴

¹⁰⁰⁴ MSZ EN 13055:2016 Könnyű kőanyagalmazok.

P-elemek minősítő vizsgálatai, a szükséges próbatestek száma és a vizsgálat gyakorisága

Minősítő vizsgálat	Szabvány	Próbatestek száma		Vizsgálat gyakorisága
Méreték	MSZ EN 772-16	10		3 db elem hetente
A fekvőfelületek síktól való eltérése	MSZ EN 772-20	3		3 db elem hetente
A fekvőfelületek párhuzamossága	MSZ EN 772-16	3		3 db elem hetente
Alak	MSZ EN 772-3 MSZ EN 772-9 MSZ EN 772-16	10		3 db elem hetente
Bruttó száraztestsűrűség	MSZ EN 772-13	10		3 db elem hetente
Nettó száraztestsűrűség	MSZ EN 772-13	10		3 db elem hetente
Nyomószilárdság	MSZ EN 772-1	10		4000 m ³ -enként 3 db elem, vagy havonta
Hővezetési ellenállás	MSZ EN 1745	–		évente egyszer
Páraáteresztő képesség	MSZ EN 1745 vagy MSZ EN ISO 12572	–		–
Nedvesség okozta alakváltozás	MSZ EN 772-19	10		évente egyszer
Tűzveszélyesség	MSZ EN 13501-1	–		5 évente egyszer
Tapadószilárdság	MSZ EN 1052-03	I. típusú minta	II. típusú minta	évente egyszer
	A eljárás	27	18	
	B eljárás	18	12	
Veszélyes anyagok	A felhasználás helye szerinti nemzeti rendelkezés	nemzeti rendelkezések		szükség és kétség esetén

Forrás: MSZ EN 771-1:2011+A1:2015.¹⁰⁰⁵

¹⁰⁰⁵ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

U-elemek minősítő vizsgálatai, a szükséges próbatestek száma és a vizsgálat gyakorisága

Minősítő vizsgálat	Szabvány	Próbatestek száma		Vizsgálat gyakorisága
Méreték	MSZ EN 772-16	10		3 db elem hetente
A fekvőfelületek síktól való eltérése	MSZ EN 772-20	3		3 db elem hetente
A fekvőfelületek párhuzamossága	MSZ EN 772-16	3		3 db elem hetente
Alak	MSZ EN 772-3 MSZ EN 772-9 MSZ EN 772-16	10		3 db elem hetente
Bruttó száraztestesűrűség	MSZ EN 772-13	10		3 db elem hetente
Nettó száraztestesűrűség	MSZ EN 772-13	10		3 db elem hetente
Nyomószilárdság	MSZ EN 772-1	10		4000 m ³ -enként 3 db elem, vagy havonta
Hővezetési ellenállás	MSZ EN 1745	–		évente egyszer
Páraáteresztő képesség	MSZ EN 1745 vagy MSZ EN ISO 12572	–		-
Fagyállóság	*	**		évente egyszer
Vízfelvétel	MSZ EN 772-7 (nedvességszigetelő réteg) MSZ EN 772-21 (külső szerkezet)	10		évente egyszer
Kezdeti vízfelvétel	MSZ EN 772-11	10		évente egyszer
Nedvesség okozta alakváltozás	*	**		évente egyszer
Aktív oldható sótartalom	MSZ EN 772-5	10		évente egyszer
Tűzveszélyesség	MSZ EN 13501-1	–		5 évente egyszer
Tapadószilárdság	MSZ EN 1052-03	I. típus	II. típus	évente egyszer
	A eljárás	27	18	
	B eljárás	18	12	
Veszélyes anyagok	A felhasználás helye szerinti nemzeti rendelkezés	nemzeti rendelkezések		szükség és kétség esetén
* A vizsgálatot az elemek tervezett felhasználási helyén érvényes rendelkezések szerint kell elvégezni				
** Az alkalmazott rendelkezés szerinti darabszám.				

Forrás: MSZ EN 771-1:2011+A1:2015.¹⁰⁰⁶

¹⁰⁰⁶ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

Égetett agyag falazóelemek mérettűrési kategóriái¹⁰⁰⁷

Elemtípus	Mérettűrési kategóriák	
P-elem	T1	$\pm 0,40 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm vagy 3 mm
	T1+	$\pm 0,40 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm vagy 3 mm a hosszúságra és a szélességre és $\pm 0,05 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm vagy 1 mm a magasságra
	T2	$\pm 0,25 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm vagy 2 mm
	T2+	$\pm 0,25 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm vagy 3 mm a hosszúságra és a szélességre és $\pm 0,05 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm vagy 1 mm a magasságra
	Tm	gyártó által közölt eltérés (lehet kisebb és nagyobb is, mint a többi kategória)
U-elem	T1	$\pm 0,40 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm vagy 3 mm
	T2	$\pm 0,25 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm vagy 2 mm
	Tm	gyártó által közölt eltérés (lehet kisebb és nagyobb is, mint a többi kategória)

Forrás: MSZ EN 771-1:2011+A1:2015.¹⁰⁰⁸

Égetett agyag falazóelemek mérettartomány kategóriái

Elemtípus	Mérettartomány kategóriák	
P-elem	R1	$\pm 0,60 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm
	R1+	$\pm 0,60 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm a hosszúságra és a szélességre és 1 mm a magasságra
	R2	$\pm 0,30 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm
	R2+	$\pm 0,30 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm a hosszúságra és a szélességre és 1 mm a magasságra
	Rm	gyártó által közölt mérettartomány (lehet kisebb és nagyobb is, mint a többi kategória)
U-elem	R1	$\pm 0,40 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm vagy 3 mm
	R2	$\pm 0,25 \cdot \sqrt{(\text{előírt érték})}$ mm vagy 2 mm
	Tm	gyártó által közölt mérettartomány (lehet kisebb és nagyobb is, mint a többi kategória)

Forrás: MSZ EN 771-1:2011+A1:2015.¹⁰⁰⁹¹⁰⁰⁷ Mindenütt a nagyobb érték a mértékadó.¹⁰⁰⁸ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.¹⁰⁰⁹ MSZ EN 771-1:2011+A1:2015 Falazóelemek követelményei. 1. rész: Égetett agyag falazóelemek.

Az elmúlt években jelentős előrelépés történt az építési-bontási hulladékok körforgásos gazdasági modellbe való integrálásában. Jelen kötet kiemelten az építésgazdaság hulladékkeletkezésének csökkentési megoldásaival, a keletkező hulladékok körforgásba való vezetésének lehetőségeivel foglalkozik, a hazai palettán hiánypótló módon.

A hatékony hulladékgazdálkodás egyik alapvető rendeltetése a keletkező hulladék mennyiségének a mérséklése. Ennek a célkitűzésnek az elérése érdekében a kötet szerzői összegyűjtöttek minden olyan kérdéskört, amely az építési-bontási folyamat során keletkező anyagok gazdasági körforgásba történő visszavezetését szolgálják. Figyelemre méltó a kötetben megfogalmazott javaslatok köre is, amelyek révén már az ilyen beruházásokat megelőzően átgondolhatók a projekt hulladékgazdálkodási elvei.

Ennek azért is van kiemelt jelentősége, mert – ahogyan a kötet szerzői is megfogalmazzák – egyre inkább kirajzolódni látszik, hogy az építésgazdaság fenntarthatósági vonatkozásai új üzleti modellek megszilárdulását is eredményezik. Ezek egyik eklatáns példája lehet a szerzők szerint az újrahasznosított anyagok Európa-szerte kibontakozóban lévő piaca.

A kötet a hazai építésgazdaság egy eddig csak részlegesen feltérképezett kérdéskörét mutatja be tudományos igényességgel, így kitűnő szakmai tájékozási alapot képezhet minden építési szakember számára.