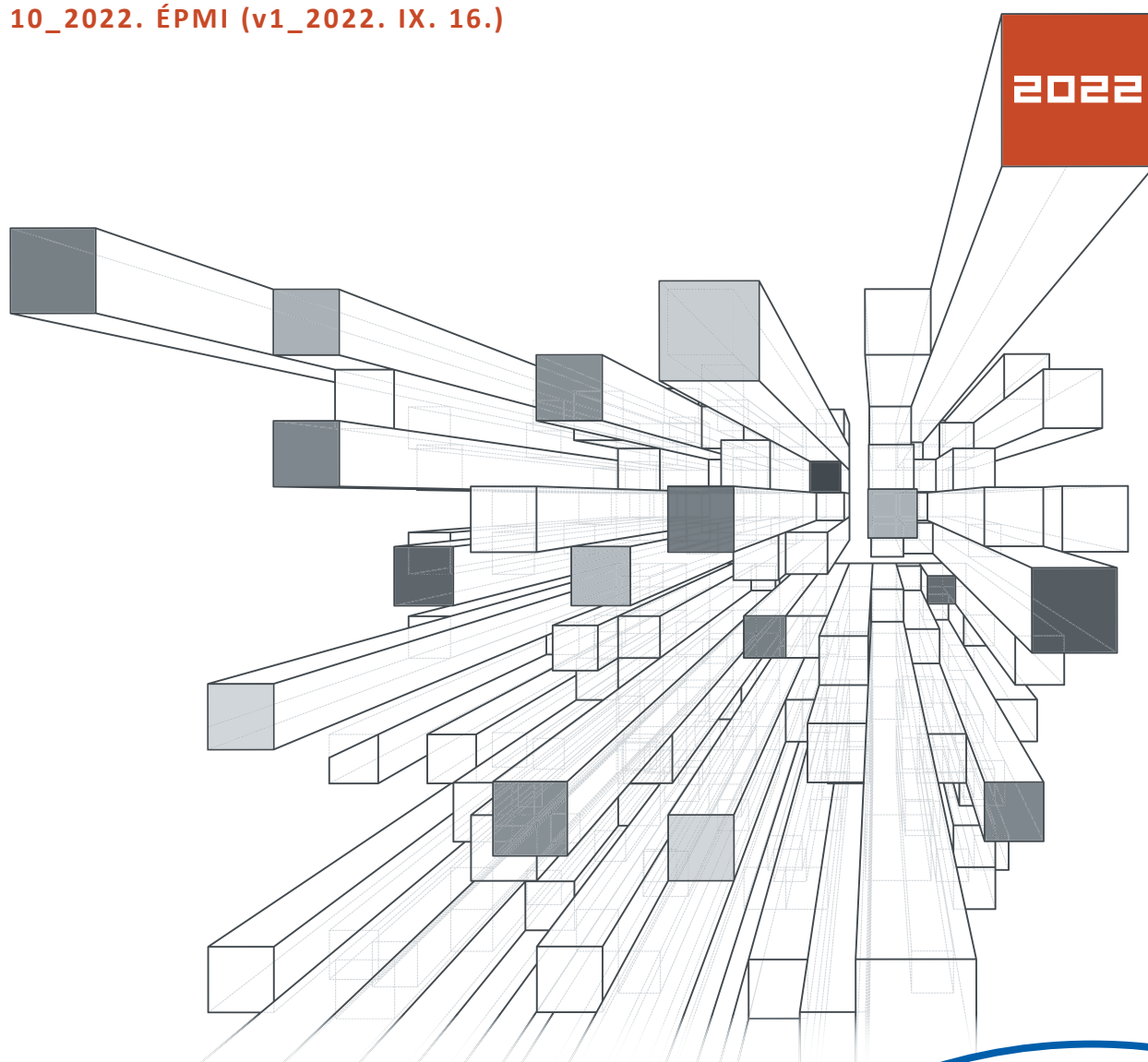


➤ AZ ÉLETCIKLUS-ELEMZÉS LEHETSÉGES MÓDSZEREI ÉS ÉRTÉKELÉSI SZEMPONTJAI

10_2022. ÉPMI (v1_2022. IX. 16.)



ÉPÍTÉSÜGYI MŰSZAKI IRÁNYELV



SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

ELŐSZÓ

Az építőipar fejlődésével, az építésügyi szabályozási környezet folyamatos változásával az építési és üzemeltetési folyamat szereplőire egyre összetettebb feladatok hárulnak. Ezen feladatok ellátása- a szakmai ismereteken túl- nagymértékben a hatályos jogszabályok, valamint a szabványok alkalmazásán alapul.

Az építési és üzemeltetési folyamat szereplőinek napi munkájához az építésügyi műszaki irányelvek gyakorlati segítséget nyújtanak.

Bízunk abban, hogy az újjáélesztett és az építési törvényben szabályozott építésügyi műszaki irányelvek az építésügy minden területén fontos eszközeivé válnak a minőség biztosításának, és ez által a gazdaság fejlődésére hosszútávú hatást gyakorolnak.

Az építésügyi műszaki irányelv az építésügyi szereplőket, az építőipart támogató olyan önkéntesen alkalmazható szabályozási eszköz, amely hatékonyan és gyorsan tud válaszolni az iparág külső és belső műszaki, valamint gazdasági kihívásaira.

Az építésügyi műszaki irányelv lényegében módszertan arra, hogy az elvárásokat, követelményeket hogyan lehet hatékonyan teljesíteni mindazon területeken, ahol jogszabály, szabvány nem ad, vagy nem teljeskörűen ad útmutatást, illetve minden olyan esetben, ahol több szabványt, szabályt kell egyidejűleg alkalmazni.

Az építésügyi műszaki irányelv főbb jellemzői:

- ▶ szakmaiság, közérthetőség;
- ▶ tömörség, könnyen kezelhetőség;
- ▶ egységes tartalmi és formai rend;
- ▶ rendszerezettség;
- ▶ mindenki számára biztosított hozzáférés.

Az építésügyi műszaki irányelvek alkalmazása önkéntes. Azonban abban az esetben, ha műszaki tartalmú jogszabályban, szerződésben, illetve ezek mellékleteiben kerül rögzítésre, úgy az kötelező érvényű.

Az építésügyi műszaki irányelvek elfogadását széles körű szakmai egyeztetés előzi meg, annak érdekében, hogy a bennük foglaltak szakmai konszenzuson alapuljanak.

Ezúton szeretnénk megköszönni az előkészítésében résztvevő szakemberek lelkiismeretes és áldozatos munkáját, amely nélkül jelen építésügyi műszaki irányelv nem jöhetett volna létre.

Szintén köszönettel tartozunk az állami szervezetek támogató anyagi és szakmai közreműködéséért.

Külön köszönet mindazon szakmai szervezeteknek és munkatársaiknak, akik munkájukkal segítették az építésügyi műszaki irányelv létrehozását.

ÉMSZB Titkársága

<u>ELŐSZÓ</u>	2
1. ALKALMAZÁSI TERÜLET	4
2. ÁLTALÁNOS TUDNIVALÓK	5
3. FOGALOMMEGHATÁROZÁSOK	8
3.1. Fogalmak	8
3.2. Rövidítések	16
4. AZ ÉLETCIKLUS-ELEMZÉS ELŐKÉSZÍTÉSE	17
4.1. A cél és tárgykör meghatározása [12] [1]	17
4.2. Leltárelemzés	21
5. ÉLETCIKLUS-ÉRTÉKELÉS	29
5.1. Kötelező elemek	29
5.2. Ajánlott elemek	29
5.3. Jellemző modellek, hatáskategóriák kiválasztása	30
5.4. Az elemzés kivitelezése	32
5.5. Az életciklus értelmezése - tanulmány készítése	33
5.6. Az életciklus-elemzés kritikai átvilágítása	34
6. AZ LCD GYAKORLATI ALKALMAZÁSAI	34
6.1. Karbonlábnyom-számítás	34
6.2. EPD készítése	35
6.3. Építmények fenntarthatósága, épületek környezetvédelmi értékelése. Számítási módszer (MSZ EN ISO 15978:2012).	38
7. HIVATKOZOTT ÉS FELHASZNÁLT DOKUMENTUMOK	40
7.1. Hivatkozott dokumentumok	40
7.2. Az irányelvhez kapcsolódó releváns források	42
8. MELLÉKLETEK	44
8.1. Adatlap-minták adatgyűjtéshez [1]	44
8.2. Adatlap szállításhoz kapcsolódó adatok felvételéhez	45
8.3. Légköri emissziók számításához szükséges adatok felvétele	45
8.4. Adatlap leltárelemzéshez szükséges adatok gyűjtéséhez [2]	45
8.5. A szabványok tartalmi elemeinek figyelembevétele	46
8.6. Környezeti hatáskategóriák és indikátorok	46
8.7. Karakterisztikus faktorok	50

Jelen építésügyi műszaki irányelv az építési anyagok életciklus-elemzéséhez ad módszertani segítséget és nyújt szempontokat az értékelés szélesebb körű alkalmazásához. Az építési termékek alapanyagai, gyártási folyamatai és végtermékei széles skálán mozognak és egyre inkább elvárt, hogy azok környezeti teljesítményéről átlátható, objektív információk álljanak rendelkezésre, amelyet leginkább életciklus elemzés segítségével készítenek el és a termékek III. típusú környezeti címkéiben, vagy a környezeti terméknyilatkozatában (EPD) öltének testet (MSZ EN ISO 14025:2010 szabvány; MSZ EN 15804:2012+A2:2020 szabvány). Az életciklus szemléletű értékelést segíti az MSZ EN ISO 14040:2006 és MSZ EN ISO 14044:2006 szabványokon alapuló leltárelemzés elkészítéséhez szolgáló sablon és az azokhoz kapcsolódó értékelési módszer.

Ezen építésügyi műszaki irányelv hozzájárul az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról (CPR 2011) és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről szóló 305/2011/EU rendeletet figyelembe vevő, EPD-k kidolgozásához az MSZ EN 15804:2012+A2:2020 szabvány alapján, az épületek fenntartható értékeléséhez (MSZ EN ISO 15978:2012 szabvány) és a karbonlábnyom kiszámításához (MSZ EN ISO 14067:2019 szabvány), valamint a termékek környezeti lábnyomának (PEF 2018) kiszámításához a vonatkozó módszertani ajánlások mellett.

Az életciklus-értékelés (LCA) - a bölcsőtől a sírig - figyelembe veszi egy termék vagy szolgáltatás teljes élettartamához kapcsolódó összes anyagáramot és technológiai folyamatot, amely a nyersanyag kitermeléstől a gyártáson, a forgalmazáson és a felhasználáson át az életút végéig tart. Egyszerre képes mérni és számszerűsíteni egy épület teljes életciklusa alatti hatásokat és ugyanakkor számszerűsíteni tudja az épületben található egyetlen anyag hatását is. Az értékelés a környezeti hatások széles körére kiterjed.

A ma reflektorfénybe került üvegházhatású gázok kibocsátásának (vagy a szénlábnyomnak) a kiszámítása csak az egyik vizsgált hatáskategória. Az LCA során értékelhető többek között az ózonrétegtkárosítás, a savasodás, az eutrofizáció, az emberi egészségre gyakorolt hatás, az erőforrás-kimerülés.

Az életciklus-értékelés (LCA) az élettartam alatti környezeti hatások értelmezése révén hozzásegít annak megértéséhez, hogy hogyan lehet elérni a kritikus fontosságú szén-dioxid-semleges, vagy nettó nulla szén-dioxid-kibocsátású építési célokat. Az MSZ EN ISO 14040:2006 és MSZ EN ISO 14044:2006 szabványokon alapuló LCA segítségével kapott eredmények átláthatók és megbízhatók.

Ezen építésügyi műszaki irányelv tárgya a környezeti hatások értékelése és minden olyan esetre vonatkozik, amikor egy építési termék környezeti teljesítményének vizsgálata szükségessé válik és az építési ellátási lánc valamennyi szereplőjét érinti.

Az építésügyi műszaki irányelv kiterjed minden olyan építési célú termékre, amelynek előállítása, szállítása, beépítése majd bontása, vagy újrafelhasználása során mérhető és/vagy számítható mértékű környezetterhelés történik. Az építőanyagok területén nagy hangsúlyt kell fektetni a különböző, egymástól részben vagy teljes mértékben eltérő alapanyagokból gyártott, de azonos funkciót betöltő építőelemek összehasonlíthatóságára. Ez által válik lehetővé az elemzés segítségével, adott körülmények mellett az optimálisan felhasználható építési célú anyag kiválasztása.

Jelen építésügyi műszaki irányelv az épületszerkezetekre és épületek szintjére nem vonatkozik, ugyanakkor az építési célú termékek életciklus-elemzésével nyert adatok felhasználhatók az épületszerkezetek és épületek szintjén készített életciklus-elemzések során.

Ezen építésügyi műszaki irányelv az MSZ EN ISO 14040:2006 és MSZ EN ISO 14044:2006 szabványra, továbbá az MSZ EN 15804:2012+A2:2020 és MSZ EN ISO 14025:2010 szabványokra támaszkodik, de az életciklus-értékelésnél és az eredmények értelmezésénél figyelembe kell venni a vonatkozó szabványokat is.

2. ÁLTALÁNOS TUDNIVALÓK

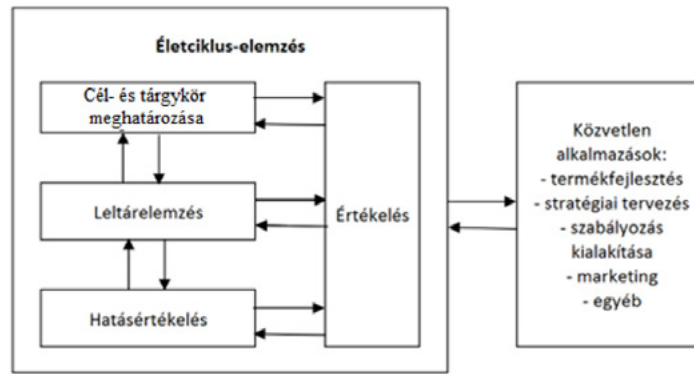
Az életciklus-elemzés (LCA) az életciklus-elemzésre vonatkozó információk összegyűjtésének és értékelésének rendszere egy termék, szolgáltatás vagy tevékenység teljes életciklusa során, a bőlcsőtől a sírig, vagy bőlcsőtől a bőlcsőig.

Az MSZ EN ISO 14040 szabványsorozat az LCA-t, mint egy technikát javasolja a termékekhez (beleértve a szolgáltatásokat is) kapcsolódó lehetséges környezeti hatások jobb megértésére és kezelésére. Az MSZ EN ISO 14040:2006 szabvány meghatározza az életciklus-elemzés alapelveit és kereteit [1], az MSZ EN ISO 14044:2006 szabvány pedig részletesebb követelményeket és iránymutatásokat tartalmazza. [2]

A szabványokon túl a Nemzetközi Referencia-életciklus adatrendszer (ILCD) kézikönyve további útmutatásokat ad az életciklus-elemzésekhez [3]. Az ILCD-kézikönyv az MSZ EN ISO 14040:2006 és MSZ EN ISO 14044:2006 szabványokon alapul és célja az LCA-k következetességének és minőségbiztosításának támogatása.

Az MSZ EN ISO 14040:2006 és MSZ EN ISO 14044:2006 szabványok szerint az LCA módszertani kerete négy (4) szakaszból áll, amelyek a következők (1. ábra):

- ▶ Cél és tárgykör,
- ▶ Leltárelemzés,
- ▶ Hatásértékelés,
- ▶ Értelmezés.



1. ábra: Az életciklus-elemzés lépései (MSZ EN ISO 14040:2006) [1]

Az LCA módszertani keretén kívül az MSZ EN ISO 14044:2006 szabvány meghatározza az értékelések értelmezésére vonatkozó követelményeket és a lehetséges végrehajtásra és a kritikai felülvizsgálatra vonatkozó iránymutatásokat.

Az LCA-lépései: [2]

1. A cél és a tárgykör meghatározása

A cél meghatározása magában foglalja az LCA-vizsgálat elvégzésének okát, a tervezett célközönség és a tervezett alkalmazás, míg a hatókör meghatározása magában foglalja a rendszerhatárok és a részletesség szintjének meghatározását.

2. Leltárelemzés

Az LCA második szakasza, az életciklus-leltárelemzés (LCI) szakasza az LCA-vizsgálat céljainak eléréséhez szükséges, a vizsgált rendszer adatainak összegyűjtésével, a bemeneti és kimeneti adatok leltározásával foglalkozik. A lehetséges adatforrások közé tartoznak például a gyártási helyszínen végzett mérések, a meglévő adatbázisokból, vagy szakirodalmi kutatásból származó adatok.

3. Hatásértékelés

Az LCA harmadik fázisának, az életciklus-hatásértékelésnek (LCIA) az a célja, hogy az életciklus leltáradatokat (LCI) átalakítsa az azok által okozott környezeti hatásokká, a természeti erőforrás-felhasználásra, a természetes környezetre és az emberi egészségre gyakorolt hatássá.

A hatásértékelésnek két kötelező lépése van:

Az **osztályozás** magában foglalja az LCI-eredmények hatáskategóriákba sorolását (pl. globális felmelegedés, savasodás és emberi toxicitás).

A **jellemzés** során becsülhető az egyes anyagok potenciális hatása, a kibocsátás vagy erőforrásfelhasználás hatása a tudományosan megalapozott jellemzési tényezők (karakterisztikus faktorok) felhasználásával (pl. a metán-kibocsátás karakterisztikus faktora az éghajlatváltozást befolyásoló hatásra 25 kg CO₂-egyenérték/kg CH₄). [3]

A fennmaradó két LCIA lépés nem kötelező:

1. A **normalizálás** a becsült hatásokat megfelelő kontextusba helyezi, például egy régió vagy ország bizonyos idő alatt mért hatásaihoz, vagy egy átlagos európai polgár által előidézett hatásához, vagy a teljes hatáshoz való normalizálással.
2. A **súlyozás** lehetővé teszi, hogy jelezzék a döntéshozók számára, mely hatások a legfontosabbak, az által, hogy az egyes hatásokhoz súlyokat rendelnek. Ezzel a hatások egyetlen környezeti hatásértékké (vagy ökohatékonyági értéké) alakíthatók és összesítés után segítheti a döntéshozatalt, különösen akkor, ha különböző alternatívákat különböző kritériumok szerint hasonlítanak össze.

Az LCA készítéséhez különböző LCIA-módszerek alkalmazhatók. Ezek különbözhetnek hatáskategóriákban, a mutatók kiválasztásában és a földrajzi vonatkozásban. A legmegfelelőbb LCIA-módszertan kiválasztása esetspecifikus és az ILCD-kézikönyv (EC 2010) segítséget nyújt a megfelelő módszertan kiválasztásához és információkat nyújt a főbb módszertanokról, többek között: [3]

- ▶ CML 2002 (A Leideni Környezettudományi Intézet által kifejlesztett módszer (CML))
- ▶ Ökológiai szűkösség módszer (Ecopoints 2006)
- ▶ EPS 2000 (Környezeti prioritási stratégiák a terméktervezésben)
- ▶ LIME (Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint modelling)
- ▶ ReCiPe (Harmonizált jellemzést biztosít három perspektívában közép és végpont szinten is)
- ▶ MEEuP (Elektromosságot használó termékek elemzéséhez kifejlesztett módszer)
- ▶ Eco-indicator 99 (Ökoindikátor 99- a holland PRE Consultants által kifejlesztett módszer)
- ▶ EDIP97 és EDIP2003 (Ipari termékek környezeti fejlesztéséhez alkalmazott módszer)
- ▶ IMPACT 2002+(Kombinálja az IMPACT, Eco-indikátor 99, CML és IPPC módszereket)
- ▶ LUCAS (EDIP 2003, IMPACT 2002+ és a TRACI Kanada specifikus középpont módszere)
- ▶ TRACI (Kémiai és egyéb környezeti hatások csökkentésének és értékelésének eszköze)
- ▶ IPPC (Az IPPC GWP forgatókönyv elemzéseire épül)

Az LCA-eljárás utolsó fázisa az **életciklus-értelmezés**, ahol a leltár és hatásértékelés eredményeit összegzik és értékelik, hogy megalapozzák a hatókör meghatározásától és a céltól függő életciklus-elemzéseket, következtetéseket és ajánlásokat. Az LCA-alkalmazások közé tartozik a termékfejlesztés és -javítás, a fenntarthatóbb termékek vagy szolgáltatások meghatározása, azonosítása, az ökocímkezés, szakpolitikai döntéshozatal és marketing.

Az LCA gyakorlati alkalmazásának megjelenései:

- ▶ A III. típusú környezeti címke megalapozásánál az MSZ EN ISO 14025:2010 szabvány szerinti tanúsításhoz, [4]
- ▶ A termék környezeti lábnyomának (PEF) kiszámításánál (JRI, 2018), [5]

- ▶ Az építőipari EPD megalapozásánál az MSZ EN 15804:2012+A2:2020 szabvány alapján, [6]
- ▶ A szénlábnyom számításánál, mivel a nagy figyelmet kapott éghajlatváltozás az LCA egyik hatáskategóriája, az éghajlatváltozás/globális felmelegedési potenciál "szénlábnyom" néven, önállóan is megjelenik. A szén-dioxid lábnyomelemzés a termék által okozott üvegházhatású gázok (ÜHG-k) kibocsátásának mennyiségét írja le, a termék, szolgáltatás vagy tevékenység teljes életciklusa során. Különböző módszertanok és útmutatók léteznek a szén-dioxid-kibocsátás mérésére. Ilyen például az MSZ EN ISO 14067:2019 szabvány [7] és a World Resource Institute módszertana, [8]
- ▶ Egy másik hatáskategóriánál, a vízfelhasználásnál, amely egyre nagyobb jelentőséggel bír és amelyet általában "vízlábnyom" néven emlegetnek, azonban jelenleg kevés az adat és nincs elfogadott módszertan a vízlábnyom mérésére,
- ▶ A CPR (Építési termék rendelet) jelenleg kidolgozás alatt lévő új változata valószínűleg jelentős mértékben támaszkodik az életciklus elemzésre.

Jelen építésügyi műszaki irányelv szempontjából a gyakorlati alkalmazások közül az EPD, a karbonlábnyom és az épületek fenntarthatósági elemzése bír nagyobb jelentőséggel.

3. FOGALOMMEGHATÁROZÁSOK

3.1. Fogalmak

3.1.1. Adatminőség (data quality)

Az adatok azon jellemzői, amelyek befolyásolják, hogy képesek-e kielégíteni a meghatározott követelményeket. [1]

3.1.2. Alapanyag energia (feedstock energy)

Egy termékrendszerben az energiaforrásként fel nem használt nyersanyagbemenet égéshője, magasabb fűtőértékben vagy alacsonyabb fűtőértékben kifejezve. Gondoskodni kell arról, hogy a nyersanyag energiatartalmát ne számolják duplán. [1]

3.1.3. Allokáció (allocation)

A belépő és kilépő áramok megosztása a tanulmányozott folyamategységen, vagy termékrendszeren belül egy vagy több termék vagy folyamat között. [1]

3.1.4. Átlagadat (average data)

Termék, termékcsoport vagy építési szolgáltatás reprezentatív adata, amelyet egy vagy több szállító biztosít. [6]

3.1.5. Átláthatóság (transparency)

Az információk nyílt átlátható és érthető bemutatása. [1]

3.1.6. Bemenet (input)

Anyag- vagy energiaáram, amely bekerül az egységfolyamatba. Az anyagok magukban foglalhatnak nyersanyagokat, köztes termékeket és melléktermékeket. [1]

3.1.7. Bizonytalansági elemzés (uncertainty analysis)

A bizonytalanságok becslésének célja annak meghatározása, hogyan változik az életciklus leltárelemzés eredménye, ha az LCA adatok változnak, vagy a modellek kumulatív hatása megjelenik (inkább sorrendet vagy az eloszlás valószínűségét határozzák meg az eredményben). [1]

3.1.8. Egyszerűsítés, kizárás kritériuma (cut-off criteria)

Anyag- és energiaáramok mennyiségének specifikus esete, amely a szignifikáns környezeti hatásokkal összefüggésben kívül marad a tanulmányozott rendszeren. [1]

3.1.9. Elemi áram (elementary flow)

A rendszerbe belépő anyag- és energia áramok, amelyeket előzetes emberi átalakulás nélkül vettünk igénybe a környezetből, vagy amelyek a környezetbe kilépve emberi beavatkozás nélkül elhagyják a rendszert. [1]

3.1.10. Energiaáramlás (energy flow)

Egy egységfolyamat vagy termékrendszer bemenete vagy kimenete, energiaegységekben számszerűsítve. A bemeneti energiaáramot energiabevitelnek, a kimeneti energiaáramot energia kibocsátásnak nevezhetjük. [1]

3.1.11. Életciklus (life cycle)

A termékrendszer felépítése és kapcsolódó szakaszai a nyersanyagok beszerzésétől, vagy a természeti erőforrásokból való kinyerésétől a végső hulladék elhelyezéséig. [1]

3.1.12. Életciklus értelmezés (life cycle interpretation)

Az életciklus-elemzés azon fázisa, amelyben megkeresik és értékelik a leltárelemzés, vagy hatásbecslés során a célhoz az elemzés kereteihez rendelhető kapcsolatokat és a levonható következtetéseket. [1]

3.1.13. Életciklus hatásbecslés (life cycle impact assessment, LCIA)

Az életciklus-elemzésnek ez a fázisa megcélozza azt, hogy a termék életciklusának potenciális hatásának legfőbb jellemzőit és azok nagyságát megértse, értékelje. [1]

3.1.14. Életciklus leltárelemzés (life cycle inventory analysis, LCI)

Az életciklus-elemzésnek az a szakasza, amely magában foglalja a bemenetek és kimenetek felsorolását, valamint mennyiségi meghatározását egy adott termékre nézve, annak teljes életciklusára. [6]

3.1.15. Életciklus-értékelés (life cycle assessment, LCA)

Egy termékrendszerhez tartozó bemeneti, kimeneti és a lehetséges környezeti hatások összeállítása és kiértékelése a termék teljes életciklusa során. [1]

3.1.16. Építési (szerkezeti) elem (construction element)

A szerkezet olyan része, amely meghatározott termékkombinációt tartalmaz. [6]

3.1.17. Építési szolgáltatás (construction service)

Az építési folyamatot, vagy utólagos karbantartást támogató tevékenység. [6]

3.1.18. Építési termék (construction product)

Építményekbe történő beépítésre kerülő gyártott vagy feldolgozott elem. [6]

3.1.19. Érdekelt fél (interested party)

Egyén vagy csoport, akik érdeklődnek a termékrendszer környezeti teljesítménye, vagy az életciklus-elemzés eredménye iránt. [1]

3.1.20. Értékelés (evaluation)

Az életciklus értelmezés fázisának azon eleme, amelyben az életciklus-elemzés eredménye iránti bizalom megalapozását megteremtik (az értékelés tartalmazza a teljességi ellenőrzést, érzékenységi vizsgálatot, érzékenységi ellenőrzést, következetességi ellenőrzést és más hitelesítéseket, amelyet a tanulmány célja és keretei elvárnak). [1]

3.1.21. Érzékenységi elemzés (sensitivity analysis)

Szisztematikus eljárás annak becslésére, hogy a megválasztott adatok és alkalmazott módszerek milyen hatással vannak a vizsgálat eredményére. [1]

3.1.22. Érzékenységi ellenőrzés (sensitivity check)

Annak igazolási módja, hogy az érzékenységi elemzésből kapott információ alkalmas a következtetések levonásához és az ajánlások megtételéhez. [1]

3.1.23. Folyamategység (unit process)

Az életciklus leltárelemzésben input-output adatokkal reprezentált legkisebb elem. [1]

3.1.24. Funkcióegység (functional unit)

Egy termékrendszer mennyiségileg kifejezett teljesítése, amelyet referencia egységként alkalmaznak. [6]

3.1.25. Funkcionális egyenérték (functional equivalent)

Számszerűsített funkcionális követelmények és/vagy műszaki követelmények, amelyek alapján egy épület vagy (az építési munkák részeként) összeszerelt rendszer összehasonlítható. [6]

3.1.26. Határérték-kritériumok (quantitative cut-off criteria)

Az egységfolyamathoz vagy termékrendszerhez kapcsolódó, vagy a vizsgálatból kizárandó az anyag- vagy energiaáramlás mennyiségének vagy a környezeti jelentőség szintjének meghatározása. [3]

3.1.27. Hatáskategória (impact category)

Az aggodalomra okot adó környezeti problémát jelentő osztály (pl. éghajlatváltozás, savasodás, ökotoxicitás stb.). Az életciklus leltáreredményhez kapcsolható reprezentatív környezeti kérdések osztálya. [1]

3.1.28. Hatáskategória indikátor (impact category indicator)

A kategória indikátor számszerűsített megjelenítése (röviden kategória indikátornak hívják). [1]

3.1.29. Hozzárendelhető életciklus-értékelés (attributinal ALCA)

Megbecsüli, hogy a globális környezeti terhek mekkora hányada tartozik egy termékhez. [2]

3.1.30. Hulladék (waste)

Olyan hulladék vagy tárgy, amelytől a tulajdonosa megválik, vagy megválni köteles. [6]

3.1.31. Információs modul (information module)

Adatok összeállítása, amelyek a termék életciklusának részét képező, az egységfolyamatot vagy az egységfolyamatok kombinációját lefedő III. típusú környezetvédelmi nyilatkozat alapja. [4]

3.1.32. Jámulékos input (ancillary input)

Olyan anyagi input, amelyet a terméket előállító egységfolyamat felhasznál, de nem képezi a termék részét. [1]

3.1.33. Karakterisztikus tényező (characterization factor)

A karakterisztikus modellből levezetett tényező, amelynek segítségével az életciklus leltárelemzés eredményét átalakítják a kategória indikátor közös mértékegységébe. A közös egység lehetővé teszi a kategória indikátor eredmény kiszámítását. [1]

3.1.34. Kategória végpont (category endpoint)

Egy adott környezetvédelmi kibocsátáshoz kapcsolódó természeti erőforrásra, emberi egészségre vagy természeti erőforrásokra azonosított jellemző vagy szempont. [1]

3.1.35. Készlet

Egyetlen gyártó által, legalább két külön elemből álló együttesként forgalomba hozott építési termék, amelyet össze kell szerelni ahhoz, hogy az építménybe be lehessen építeni. [4]

3.1.36. Kibocsátások (releases)

A levegőbe, vízbe és talajba történő kibocsátások. [1]

3.1.37. Kiegészítő műszaki információ (additional technical information)

Az EPD részét képező információ, amely a scenáriók kidolgozásának alapjául szolgál. [6]

3.1.38. Kiegészítő termékkategória-szabályok (complementary product category rules) c-PCR

Termékcsoport-specifikus vagy horizontális PCR, amely további, az MSZ EN 15804:2012+A2:2020 szabványnak megfelelő és nem ellentmondó követelményeket ad. [6]

3.1.39. Kimenet (output)

Termék, anyag vagy energiaáram, amely elhagyja a folyamat egységet. [2]

3.1.40. Konzisztencia-ellenőrzés (consistency check)

Annak ellenőrzése, hogy a feltételezéseket, módszereket és adatokat a cél és a hatókör meghatározásával összhangban következetesen alkalmazzák-e az egész vizsgálat során.

MEGJEGYZÉS: A következetesség-ellenőrzést a következtetések levonása előtt kell elvégezni. [2]

3.1.41. Körforgásos gazdaság

Új fenntarthatósági modell, amelynek célja az erőforrások hatékony használata és a hulladékok elkerülése a folyamatok zárt láncúvá alakításával. [9]

3.1.42. Környezeti beavatkozás

A környezetbe történő emberi beavatkozás, akár fizikai, kémiai vagy biológiai; különösen az erőforrások kitermelése, a kibocsátások (beleértve a zajt és hőt) és a földhasználat; a fogalom tehát tágabb, mint az "elemi áramlás". [10]

3.1.43. Környezeti mechanizmus (environmental mechanism)

Egy adott hatáskategóriához tartozó fizikai, kémiai és biológiai folyamatok rendszere az életciklus leltárelmzés eredményének kategória indikátorhoz és kategória végponthoz való kapcsolódása. [1]

3.1.44. Környezeti szempont (environmental aspect)

Egy szervezet tevékenységének, terméknek vagy szolgáltatásnak a környezetet érintő kapcsolata az MSZ EN ISO 14001:2015 szabványban meghatározottak szerint. [1]

3.1.45. Környezeti teljesítmény (environmental performance)

Környezeti hatásokhoz és környezeti szempontokhoz kapcsolódó teljesítmény. [6]

3.1.46. Közbenső áramlás (intermediate flow)

A vizsgált termékrendszer egységfolyamatai között bekövetkező közbensőtermék, anyag vagy energiaáramlás. [1]

3.1.47. Közölt egység (declared unit)

Építési termék mennyisége, amely az EPD-ben referencia-mértékegységként használható egy vagy több információs modulon alapuló környezetvédelmi terméknnyilatkozathoz.

PÉLDA: Tömeg (kg), térfogat (m³) [6]

3.1.48. Köztes termék (intermediate product)

Egy olyan egységfolyamat termékkimenetei, amelyek más egységfolyamatokba kerülnek és amelyek további átalakítást igényelnek a rendszeren belül. [1]

3.1.49. Kritikai felülvizsgálat (critical review)

Az életciklus-értékelésre vonatkozó szabványok alapelvei és követelményei közötti összhangot biztosító folyamat. Az alapelveket az MSZ EN ISO 14040:2006 szabvány ismerteti. A követelményeket az MSZ EN ISO 14044:2006 szabvány írja le. [1] [2]

3.1.50. Következetességi ellenőrzés (consequential check)

Annak igazolási folyamata, hogy a feltételezéseket, a módszereket és az adatokat következetesen és a kitűzött célnak, valamint alkalmazási területnek megfelelően alkalmazták a tanulmányban. [1]

3.1.51. Következményes LCA (Consequential LCA (CLCA))

Becslést ad arról, hogy a termék előállítása és használata hogyan befolyásolja a globális környezeti terhelést. A megkülönböztetés azért alakult ki, hogy megoldja a vitákat arról, hogy milyen bemeneti adatokat használjunk egy LCA-ban és hogyan kezeljük az allokációs problémákat. [3]

3.1.52. Középpont módszer (midpoint method)

Egy olyan jellemzési módszer, amely mutatókat biztosít a környezeti hatások összehasonlításához végpont szintje felé haladó ok-okozati lánc közepén. [3]

3.1.53. Kritikai átvizsgálás (critical review)

Ez a folyamat biztosítja, hogy az életciklus értékelés során a releváns MSZ EN ISO szabványok alapelvei és elvárásai következetesen legyenek alkalmazva. [1]

3.1.54. Melléktermék (co-product)

Két vagy több termék, amelyek ugyanabból a folyamategységből vagy termékrendszerből származnak. [1]

3.1.55. Másodlagos anyag (secondary material)

Előző használatból vagy hulladékból hasznosított anyag, amely elsődlegesanyagokat helyettesít. [6]

3.1.56. Másodlagos üzemanyag (secondary fuel)

Előző használatból vagy elsődleges üzemanyagokat helyettesítő hulladékból hasznosított üzemanyag. [6]

3.1.57. Megújuló energia (renewable energy)

Megújuló, nem fosszilis energiaforrásokból előállított energia.

PÉLDA: Szél-, nap-, légtermikus, geotermikus, hidrotermikus, valamint az óceánból nyert energia, vízenergia, biomassza, hulladéklerakó helyeken és szennyvíztisztító telepeken keletkező gázok és biogázok energiája. [6]

3.1.58. Megújuló erőforrás (renewable resource)

Emberi időléptékben nézve újratermelődő, természetesen újratöltődő vagy természetesen megtisztuló erőforrás. [6]

3.1.59. Nem megújuló energia (non-renewable energy)

Energia, amely nem megújuló energiaforrásként meghatározott forrásokból származik. [6]

3.1.60. Nem megújuló erőforrás (non-renewable resource)

Véges mennyiségű erőforrás, melyet emberi időléptékben nézve nem lehet újratölteni. [6]

3.1.61. Összehasonlító állítás (comperative assertion)

Egy termék környezeti előnye vagy megfelelése az ugyanolyan funkciót betöltő összehasonlító termékkel szemben. [1]

3.1.62. Referencia áram (reference flow)

Az adott termékrendszer folyamatai során kilépő elemek vizsgálata a funkció-egységek alapján. [1]

3.1.63. Referencia élettartam adat (reference service life data) RSL data

Információ, amely magában foglalja a referencia-élettartamot és minden olyan minőségi vagy mennyiségi adatot, amely leírja a referencia-élettartam érvényességét. Az RSL érvényességét leíró tipikus adatok magukban foglalják az összetevő leírását, a referencia-használati feltételeket, amelyek között az érvényes és annak minőségét. [11]

3.1.64. Rendszerhatár (system boundary)

Annak a kritériumnak a felállítása, milyen részek tartoznak a vizsgált termékrendszerhez.

MEGJEGYZÉS: A termékrendszer fogalmát nem alkalmazza a szabvány az LCIA-val kapcsolatban. [1]

3.1.65. Segédanyag (ancillary material)

A termékgyártás során felhasznált bemeneti anyag vagy termék, amely azonban nem képezi a termék részét. [1]

3.1.66. Szcenárió (scenario)

A lehetséges jövőbeli események várható sorozatával kapcsolatos feltételezések és információk összessége. [6]

3.1.67. Szénlábnyom (carbonfootprint)

A cselekedeteink által termelt üvegházhatású gázok (beleértve a szén-dioxidot és a metánt) teljes mennyisége. [7]

3.1.68. Társtermék (co-product)

Bármely, ugyanabból a folyamategységből származó két vagy több piacképes anyag, termék vagy üzemanyag, amely azonban nem tárgya az értékelésnek.

MEGJEGYZÉS: A társtermék, a melléktermék, a termék azonos állapotú és az ugyanabból a folyamategységből származó termékek több megkülönböztetett folyamatának azonosítására használják. A társtermék, a melléktermék és a termék közül a hulladék az egyetlen kimenet, amelyet nem termékként különböztetünk meg. [6]

3.1.69. Teljesítmény (performance)

Kifejezés, amely a megfontolás tárgya egy adott szempontjának a meghatározott követelményekhez, célokhoz vagy célkitűzésekhez viszonyított nagyságrendjéhez kapcsolódik. [6]

3.1.70. Teljességi ellenőrzés (completeness check)

Annak igazolási folyamata, hogy az életciklus-elemzés fázisaiból származó információk a célhoz kapcsolódó következtetés levonásához elegendőek-e vagy sem. [1]

3.1.71. Termék (product)

Bármilyen javak és szolgáltatások köre.

MEGJEGYZÉS: A termékek a következő kategóriákba sorolhatók: szolgáltatás (pl. szállítás), szoftver (pl. számítógépes program, szótár), hardver (pl. egy motor mechanikus alkatrésze), feldolgozott anyag (pl. kenőanyag).

A szolgáltatások látható és láthatatlan elemeket is tartalmazhatnak. A termékekkel kapcsolatos definíciók és értelmezések az MSZ EN ISO 14021:2016 [28] és MSZ EN ISO 9000:2015 [29] szabványokhoz kapcsolódnak. [1]

3.1.72. Termék környezeti lábnyom (product environmental footprint) PEF

Egy olyan több szempontú mérőszám, amely egy termék, szolgáltatás vagy szervezet környezeti teljesítményének kiszámítására szolgál az életciklus-alapú megközelítés alapján. [7]

3.1.73. Termékrendszer (product system)

Elemi és termékáramokat magukban foglaló folyamatok összessége, amely egy vagy több meghatározott funkciót tölt be és modellezi a termék életciklusát. [1]

3.2. Rövidítések

ADPelemi: Abiotikus elemi erőforrás kimerülési potenciál (Abiotic Depletion Potential)

ADPfoszilis: Abiotikus fosszilis kimerülő potenciál (Abiotic Depletion Potential)

AP: Savasodási potenciál (Acidification Potential)

BIM: Építmény információs modellezés (Building Information Modeling)

CF: Szénlábnyom (Carbon Footprint)

AFP: Termék ökológiai lábnyoma (Ecological Footprint of Product)

EP: Eutrofizációs potenciál (Eutrophication Potential)

EPD: Környezetvédelmi terméknnyilatkozat (Environmental Product Declaration)

FAETP: Édesvízi ökotoxikus potenciál (Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential)

GWP: Globális felmelegedési potenciál (Global Warming Potential)

HT: Humán toxicitás (Human Toxicity)

LCA: Életciklus-értékelés (Life Cycle Assessment)

LCI: Életciklus leltárelemzés (Life Cycle Inventory)

LCIA: Életciklus hatásértékelés (Life Cycle Impact Assessment)

MAETP: Tengervízi ökotoxikus potenciál (Marine Aquatic Ecotoxicity Potential)

ODP: Ózonkárosító hatás (Ozone Depletion Potential)

PCR: Termékkategória-szabályok (Product Criteria Rules)

PEF: Termék környezeti lábnyom (Product Environmental Footprint)

POCP: Troposzférikus (fotokémiai) ózon képződési potenciál (Photochemical Ozone Creation Potential)

TETP: Szárazföldi ökotoxikus Potenciál (Terrestrial Ecotoxicity Potential)

FCKW (CFC-11): Fluorozott-klórozott szénhidrogének

WRI: Világkutató Intézet (World Research Institute)

4. AZ ÉLETCIKLUS-ELEMZÉS ELŐKÉSZÍTÉSE

4.1. A cél és tárgykör meghatározása [12] [1]

A cél és a tárgykör meghatározása az életciklus-elemzés első fázisa, amely a cél, terület, funkció egység, rendszerhatárok meghatározása mellett rögzíti a szükséges adatokat és az adat minőségével szemben támasztott követelményeket, az allokációs eljárásokat, a hatásvizsgálat módszertanát és a felülvizsgálat módját.

Fontos, hogy a cél és hatásterület világosan és konkrétan, a tervezett felhasználással összhangban legyen megfogalmazva. A felhasználás lehet a termékfejlesztés környezetvédelmi szempontjainak megalapozása, két vagy több termék marketing célú összehasonlítása, környezetvédelmi címke kiállításához szükséges kritériumok felállítása, EPD készítése, egy termék környezeti teljesítményének vizsgálata és a kritikus pontok meghatározása, vagy akár a vonatkozó szabályozásoknak való megfelelés előkészítése stb.

A vizsgálat célja határozza meg a szükséges alkalmazásokat, pl. kinek, mi célból, milyen részletességgel kell elkészíteni. A cél határozza meg azt is, milyen mélységű elemzést kell végezni, és hogyan kell bemutatni az eredményeket.

4.1.1. Funkció és funkcionális egység

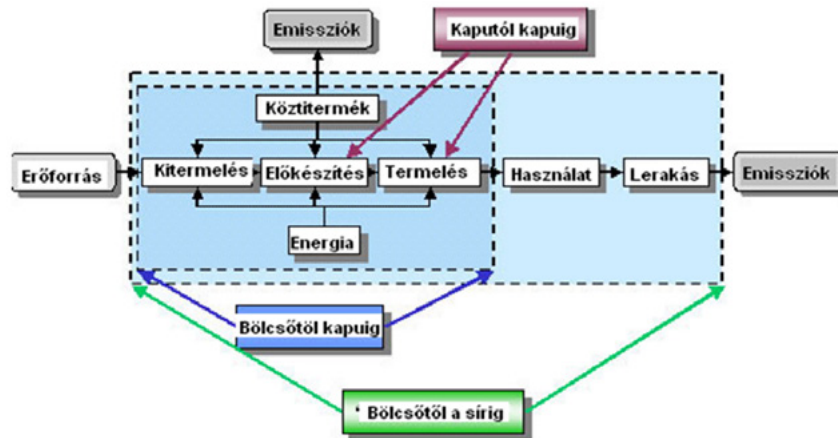
A funkcionális egység pontos meghatározása alapozza meg az életciklus-elemzés elkészítését. Alapvetően a termék tulajdonságait, használhatóságát és minőségi szempontokat kell figyelembe venni a meghatározásánál. A funkcionális egységnek a tanulmány céljával és tárgyával összhangban világosan megfogalmazottnak, vagy mérhetőnek kell lenni.

A funkcionális egység az a viszonyítási alap, amely segítségével értelmezhetővé válnak a bemeneti és kimeneti adatok. Összehasonlító tanulmány esetén kiemelten fontos, hogy azonos funkcionális egységet definiáljunk, amely egyaránt jellemzi az összehasonlítandó rendszerek mindegyikét. Amennyiben vannak olyan funkcióegységek, amelyek kiesnek az általános alkalmazhatóság hatálya alól, azokat dokumentálni kell.

A helytelenül megválasztott funkcionális egység félrevezető eredményekhez és következtetésekhez vezethet, ezért a definiálásnál körültekintően kell eljárni.

4.1.2. Rendszerhatárok

A korábban már meghatározott cél és tárgy mentén kell megválasztani azokat a rendszerhatárokat, amelyek a modellezendő rendszer folyamatainak határait (előállítás, szállítás, használat, hulladékkezelés) és a be- és kimeneteit jellemzik. Jól megválasztott korlátok esetében a rendszerhatárokon csak elemi áramok jelentkeznek. Egyszerűsített elemzés készítése esetén ki kell választani a részletesen modellezendő szakaszokat és meg kell jelölni az esetlegesen elhagyható számításokat. A vizsgált rendszer lehatárolását szemlélteti a következő 2. ábra. A teljes életciklus szakaszolható a bőlcsőtől a sírig, a bőlcsőtől a kapuig, vagy vizsgálható csak a kaputól a kapuig, üzemi mérlegek esetén.



2. ábra: A rendszerhatárok meghatározása [12, 144. o.]

Az értékelés során figyelmen kívül hagyott elemek elhagyását indokolni kell. A jól megválasztott rendszerhatárok megalapozzák a tanulmány eredményei iránti bizalmat és az így elkészített folyamatára segítségével igazolható a kitűzött cél elérése.

Építési termékek esetén a teljes életciklus az MSZ EN 15804:2012+A2:2020 szabvány szerint A1-A3, A4-A5, B1-B4, C és D szakaszokkal fedhető le. A szakaszok értelmezését lásd a 3. ábrán.

Egy építési termék vagy készlet életútját szemléltető folyamatmodell 4 fő szintre (A-D) osztható, amelyet a következő ábra szemléltet:

nyújt új innovációs lehetőségeket [15]. Potenciális haszon, ha már a tervezési fázisban a hulladék elkerülését megcélozzák.

A termékrendszer elemzése során figyelembe kell venni az alapfolyamatokhoz köthető energifolyamatok során betáplált energiamennyiségeket és károsanyag-kibocsátásokat. A termékszállítás is része az alrendszernek, amelyet a távolsággal és a szállított súllyal, valamint a szállítás módjával, típusával jellemezzük. A szállítási módhoz kapcsolódó környezetterhelés és a jellemzően szállított anyagmennyiség ismeretében kifejezhető az egységnyi termékre jutó szállítási hatása.

A rendszerhatárokon belül minden folyamatot és anyag- és energiaáramot figyelembe kell venni. Az elemzésnek teljes körűnek kell lennie, ellenben korlátozott eredményeket kapunk.

Azonban előfordul, a tanulmány céljától függően, hogy bizonyos lépések, anyagáramok figyelmen kívül hagyhatók. Elképzelhető, hogy összehasonlító elemzésnél, ha a nyersanyagkitermelés mindkét esetben megegyezik, ez a lépés kihagyható az elemzés hitelességének befolyásolása nélkül. Kimaradhatnak a rendszerből az elenyészően kis mennyiségben felhasználásra kerülő anyagok, különösen, ha azok környezeti hatása is kicsi.

Alapos megfontolás után kizárhatók azok az anyagok, tevékenységek, amelyek:

- ▶ nem befolyásolják az elemzést, mivel csak elenyészően kis hatásuk van a teljes egészre,
- ▶ nélkül is elvégezhető az elemzés, mivel nem adnak lényeges információt,
- ▶ nem határozhatók meg vagy nem építhetők be az adott elemzésbe (ekkor változtatni kell az elemzés célját). [16]

A rendszerhatárok kialakítása olyan tényezőktől függ, mint a tanulmány használata, az eredményekre vonatkozó hipotézisek, kritériumok, adat és költség korlátok és a célközönség.

Az összehasonlító tanulmányoknál a rendszerhatárokat és a rendszerek kapcsolódását az eredmények értelmezése előtt értékelni kell. Ahhoz, hogy a rendszerek összehasonlíthatók legyenek, azonos funkcionális egységgel, egyenértékű módszerekkel (rendszer határok, adatminőség, hatásbecslés értékelése) kell rendelkezniük.

4.1.3. Az elemzéshez választható módszerek

Az elemzéshez használt módszerek különböző modellezésekre épülnek. Amelyek lehetnek hatásorientált (középponti), vagy a megelőzésre fókuszáló károrientált (végpont) elemzést megcélzó módszerek. Minden módszer különböző hatáskategóriák mentén, környezeti indikátorok alapján végez elemzéseket. Az LCA fejlődéstörténetében a hatáskategóriák a környezeti problémák hangsúlyának áthelyeződésével együtt bővültek, finomodtak. Míg a 90-es években az ózonkárosítás és a rákkeltő anyagok tűntek az egyik legnagyobb problémának, mára az éghajlatváltozás kapja a legnagyobb figyelmet, amelynek legújabb elemzési módszere az IPPC 2021, de 2022. évben új hatásvizsgálati modellek jelentek meg az édesvízi eutrofizációra is a SimaPro szoftverben.

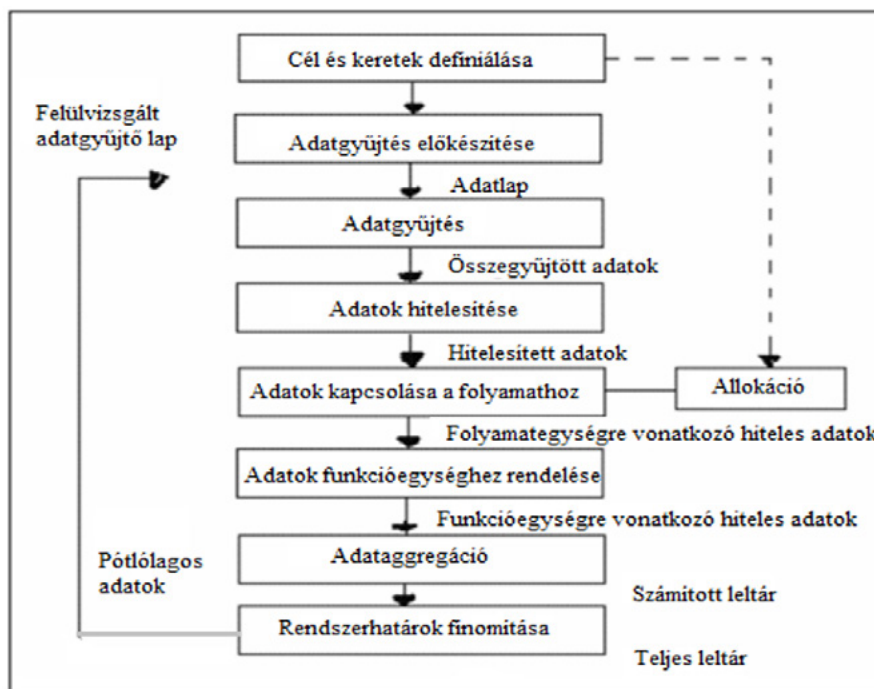
Az elemzés mélysége is több szintű lehet, az életciklus szemléletű kvalitatív elemzéstől az egyszerűsített, csak néhány hatáskategóriát vizsgáló, vagy a részletes LCA készítésig változhat, az elemzés céljához igazodva.

A részletes LCA készítéséhez több szoftver és adatbázis alkalmazható. A legelterjedtebb szoftverek a SimaPro, GaBi, Umberto és Oneclick LCA és az Open LCA.

4.2. Leltárelemzés

Az elemzés második szakasza a leltárelemzés. A leltárkészítés során összeállítják a vizsgált rendszer inputjainak és outputjainak az életútra vagy egy szakaszára vonatkozó anyag-, energia-felhasználási és kibocsátási leltárát. Az LCA leltárfázisa az energia és a nyersanyag szükségletek meghatározásának objektív adatokon alapuló folyamata. A leltárkészítés során a rendszerhez tartozó valamennyi folyamatról kapunk egy kvalitatív és egy kvantitatív képet, megtudjuk határozni valamennyi lényeges környezethez kapcsolódó folyamatot, mivel a fő input és output adatokon túl a leltárfázis tartalmazza a vízi és légköri emissziók, a szilárd hulladékok és más környezeti kibocsátások meghatározását a termék, folyamat vagy szolgáltatás életciklusa során. [17]

A leltárkészítéshez az adatok összegyűjtése általában komoly munkát igényel. A leltárhoz összegyűjtött adatokat legtöbb esetben a vizsgált termék, vagy a vizsgált rendszer funkcióegységére vonatkoztatva kell megadni, amely átszámítási műveleteket is igényel. Így a leltárkészítés során több kiegészítő műveletre is szükség van. [2]



4. ábra: A leltárkészítés egyszerűsített folyamata [2]

A leltárkészítés fő műveleti lépései:

- ▶ Adatgyűjtés,
- ▶ Adat-hitelesítés,
- ▶ Adatok funkcióegységhez rendelése,
- ▶ Allokáció, újra használt anyagkinyerés esetén újbóli funkcióegységre vonatkoztatás,

- ▶ Adatok aggregálása,
- ▶ Leltárösszesítés,
- ▶ Rendszerhatár finomítása.

4.2.1. Adatgyűjtés

Az elemzésekhez felhasznált adatokat a célnak megfelelő szempontok alapján kell összegyűjteni. A vizsgálatok elején fontos meghatározni, milyen típusú adatokra van szükségünk. Az elemzéshez szükséges adatok az elemzés pontosságát és megbízhatóságát nagymértékben befolyásolják, ezért a velük szemben támasztott követelmény:

- ▶ időbeli, földrajzi és technológiai lefedettség,
- ▶ az adatok megbízhatósága, teljessége, reprezentativitása,
- ▶ adatforrások reprezentativitása,
- ▶ állandóság,
- ▶ reprodukálhatóság.

Néhány esetben átlagos adatokkal, máskor egy adott régió, ország adataival dolgoznak, vagy egy adott üzem adataira építik az elemzést. Számos forrás áll rendelkezésre az adatok beszerzésére.

Az adatok forrásai lehetnek:

- ▶ Elektronikus, nem hivatkozásos adatbázisok (kormányzati és ipari felmérések),
- ▶ Átlagos ipari adatok,
- ▶ Speciális adatok,
- ▶ Elektronikus hivatkozásos adatok,
- ▶ Elektronikus adatszolgáltatók,
- ▶ Kapcsolódó dokumentumok,
- ▶ Kormányzati jelentések,
- ▶ Irodalmi adatok,
- ▶ Elérhető életciklus-adatbázisok (Ökobaudat, GaBi, Ecoinvent adatbázis és a globális építőipari adatbázisok (Digital Environmental Hub for Global Construction Products- <https://www.lcadatabase.com/>),
- ▶ Termelésfüggő ipari adatok,
- ▶ Nyilvános adatok,
- ▶ Nem nyilvános adatok,
- ▶ Laboratóriumi vizsgálatok jegyzőkönyvei.

A legtöbb adatot azonban specifikusan a vizsgált termék előállítójától lehet beszerezni. Ha az nem lehetséges, akkor a lehető legjobban illeszkedő friss ipari adatokat érdemes használni, amelyek követik a termelési hatékonyság változását. Fontos megjegyezni, hogy minden körülmények között az elérhető leghitelesebb adatokra kell támaszkodni a leltárkészítés és az életciklus-elemzés során, ugyanis a bemenő adatok minősége határozza meg a számítás pontosságát. Törekedni kell olyan adatok használatára, amelyek gyakorlati tapasztalati vagy mérési úton megalapozottak.

Az adatok összegyűjtéséhez segítséget szokott nyújtani a kérdőíves felmérés, amelyet esetenként újabb kérdőívekkel vagy interjúkkal ki kell egészíteni. Az életciklusleltár összeállításához segítséget jelent a mellékletben lévő LCA adatlap (8.1.- 8.4. melléklet), amelyet termékekre és folyamatokra is lehet alkalmazni. Bizalmas adatok kezelésekor gond merülhet fel a külső használatra készült elemzéseknél. Ilyenkor titoktartási nyilatkozatra is szükség van, mind az elemzők, mind a külső vizsgáló részéről. Minél nyilvánosabb egy életciklus-elemzés annál általánosabb adatokat használ fel, míg egy belső értékelésre szánt elemzés az üzem speciális adatait fogja tartalmazni.

Az elérhető adatbázisok, termékek, folyamatok széles kategóriájában szolgáltatnak információkat, az adatbázisokat időközönként frissítik, aktualizálják, de előfordul, hogy az adatok mégis több évesek, viszont az elemzés céljára megfelelnek. A kifejezetten építőipar számára készült Ökobaudat adatbázis, speciális adatai folyamatosan frissülnek. Az adatok felhasználásakor fel kell tüntetni azok korát, pontosságát. [18]

Az adatgyűjtési eljárás a hatásterülettől, a folyamat egységtől és a tanulmány felhasználásától függően változik. Minden esetben minőségi és mennyiségi adatokra van szükség a rendszerhatáron belüli összes folyamategységre. Az adatok mellett hasznos az aktuális tevékenység leírása. Az adatokkal történő valamennyi számítási folyamatot pontosan dokumentálni és indokolni kell, mit, miért hogyan történt a számítás. A rendszer alaposabb megismerése után előfordul, hogy új követelményeket kell megfogalmazni a rendszerrel szemben, amely esetleges módosítást igényelhet a rendszerhatárban, vagy az adatgyűjtés során.

Minden alrendszer rendelkezik anyag- és energiabemenetekkel, szállítással és a terméket, mellékterméket, környezeti emissziókat magában foglaló kimenetekkel. Minden egyes alrendszerre vonatkozó adatot leltárba kell venni.

Hiányzó adatok esetén az adott tárgykörben elvégzett elemzésekből is importálhatók adatok, illetve az allokáció ismeretében feloszthatók a folyamat adatok is, így kinyerve a szükséges bemeneti információkat. A villamosenergia felhasználás számítása során figyelembe kell venni a felhasználás helyére jellemző energiamixet. A nyersanyag égetésével előállított energiahordozókat az égéshő szerint lehet közös nevezőre hozni.

Fontos, hogy az adatok hiánytalanok, következetesek és reprodukálhatók legyenek. Az adatok gyűjtését, feldolgozását folyamatábra, adatlapok és ellenőrzőlisták nagymértékben megkönnyítik. A mértékegységek listája és a számítási módszerek leírása az adatszolgáltatók számára érhetőbbé teszi az életciklus-elemzéshez szükséges alapadatokat körét. A jelen építésügyi műszaki irányelv 8.1., 8.2., 8.3. és 8.4. számú melléklete tartalmazza az adatgyűjtő adatlapokat.

Az adatok lehetnek speciálisak vagy általánosak. Az adatgyűjtést minden egyes folyamatra el kell végezni. Az építési termékek, készletek esetén a fenntartási, hulladékkezelési szakaszban és szállításra vonatkozóan az adatok a várható élettartamuk és karbantartási igényeik szerint széles skálán mozognak. A termékek élettartamának rögzítése épületek életciklus-vizsgálatánál különösen fontos a karbantartások felújítások

gyakoróságának meghatározásához és a rendszerben a hozzájuk tartozó anyag-, energia- és hulladékáramok figyelembevételéhez. Az életút végi szakasz moduljait és azok input-output áramait is körültekintően kell kezelni (bontás, hulladékgyűjtés, kezelés, ártalmatlanítás, újrahasznosítás). A hulladékok veszélyes anyag tartalma és azok környezeti hatása is fontos szempont. Általános irányként a hulladékminimalizálás is célja az életciklus-elemzések elvégzésének. A vegyi anyag- és készítménytartalom adatforrásait és azok hitelességét ellenőrizni kell a lehető legtöbb rendelkezésre álló forrás alapján. [19] [20]

A termékszállítás a távolsággal és a szállított súllyal, valamint a szállítás módjával, típusával jellemezhető. A szállítási módhoz kapcsolódó környezetterhelés és a jellemzően szállított anyagmennyiség ismeretében kifejezhető az egységnyi termékre jutó szállítási hatás.

Összetett rendszerek elemzésénél, ha nem lehetséges valamennyi input, output adatot a rendszer határai közt tartani, megoldást jelent:

- ▶ a rendszerhatárok kiterjesztése, így azonban előfordulhat, hogy a rendszer túl bonyolulttá válik,
- ▶ hogy csak a legfontosabb környezeti hatásokat vizsgálják a rendszerben.

A rendszerhatárok megváltoztatásánál minden olyan lépést figyelembe kell venni, be kell építeni, amely a teljes elemzésre vagy annak felhasználhatóságára hatással van. A rendszer összetettségét, a rendelkezésre álló adatokat és egyéb feltételeket figyelembevéve mindig a legalkalmasabb elemzési módszert kell kiválasztani. A nagy gondossággal összeállított adatbázis teljesen lefedi az egész rendszerre vonatkozó anyag- és energiahasználatot és a környezetbe kibocsátott anyagok mennyiségét.

Ha több termék összehasonlítása a célja az életciklus-adatbázisnak, akkor az összehasonlítást közös egységekre kell hozni. Ilyen közös egységek lehetnek a tömeg, térfogat, vagy valamilyen fajlagos mérték. Az összehasonlítás csak azonos rendszerhatár és elemzési módszer mellett lehetséges.

Az adatgyűjtés során irányadó a szabványokban meghatározott legfontosabb jellemzők figyelembevétele (8.5. számú melléklet). A szabványok listája elérhető a következő linken keresztül:

https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.C_.2018.092.01.0139.01.ENG&toc=OJ:C:2018:092:TOC. [21]

Összefoglalva az alábbi csoportosításokban található adatokat az elemzéshez:

- ▶ Különálló folyamat-, tevékenység-specifikus adatok, amelyek kifejezetten egy tevékenységre vonatkoznak (építés, energia, szállítás, hulladékkezelés);
- ▶ Termékekre vonatkozó ipari átlag adatok olyan reprezentatív mintákból készülnek, amelyek jó közelítéssel írják le technológiáikat;
- ▶ Általános adatok, amelyek egy technológiát írják le.

A termékfunkció egységére a rendszerhatáron belüli alrendszerek adatai hatáskategória indikátorokként egyesíthetők. Az így meghatározott indikátorszámok jellemzik az adott terméket vagy termék részt. Azonban, az egyesített adatokkal történő számítás elfedi a részleteket, a gyenge pontok nem tárhatók fel. [19]

Az Ecoinvent adatbázis

Az adatbázis az energiaellátás, kemikáliák, mezőgazdasági termékek és hulladékkezelés mellett nagyon sok építőanyag gyártása környezetterhelési adatait is tartalmazza. Az adatok forrása elsősorban a svájci és német ipar, hazai körülmények közti alkalmazásra a magyarországi energiaelőállítási tényező figyelembevételével alkalmas. Az adatsorok mindig a funkcionális egységre vonatkoznak. Az adatok nagy része tartalmazza az adott modulhoz szükséges infrastruktúra létesítésének emisszióit is (pl. erőművek, utak építése stb.). A leltárelemzés eredményei mellett minden adatsorhoz letölthetők a hatásértékelés eredményei is. Az Ecoinvent jelenleg Európában a legmegbízhatóbb és legrészletesebb adatbázis. [22]

Az Ökobaudat adatbázis

Az ingyenesen elérhető Ökobaudat adatbázis több mint 1400 építési termék (építőanyagok, az építés, a szállítás, az energia és az ártalmatlanítási folyamatok) életciklusértékelési adatkészleteit tartalmazza, az MSZ EN 15804:2012 szabványnak megfelelően, amely épületek fenntarthatósági elemzéséhez használható, de nem termék életciklus-elemzésére fejlesztették ki. Németországban a Fenntartható Épületértékelési Rendszer (BNB) kötelező adatbázisa. Az Ökobaudat adatbázisban lévő EPD adatok a "GaBi" háttéradatbázison alapulnak. Ezen kívül a „További adatrekordok” alatt az „Ecoinvent” háttéradatbázis alapján készült adatrekordok is elérhetők (<https://www.oekobaudat.de/en.html>). [18]

4.2.2. Hitelesítés

Az adatok minőségét befolyásolja az adat összegyűjtésre fordított idő, az a terület, régió, ahonnan származnak. Befolyásolja az adat minőséget az allokáció és allokációs szempontok, a technológiák típusa, a rendszerhatárok. Az adatok hitelességének ellenőrzése anyag- és energiamérlegek, vagy összehasonlító elemzések, faktorok segítségével végezhető el, és ellenőrző lista készítésével segíthető. Az ellenőrző lista segít abban, hogy az elemzéshez szükséges minden fontosabb lépés, információ begyűjtésre kerüljön.

Az ellenőrző lista két fő részből áll. Az első részben a folyamatokat és a rendszert írjuk le, míg a második részben, a munkalapon az összegyűjtött adatokat írjuk le. A munkalap segíti az elemzés elvégzését, mert azon rendszerezve vannak az adatok és segíti az adatok szakszerű begyűjtését, sőt a nagyon összetett életciklus-elemzésben segít eligazodni a különböző információk között.

Az ellenőrző lista az alábbiakat foglalja magában:

- ▶ Eszköztár célja (magánhasználatra, vagy külső felhasználásra),
- ▶ Rendszerhatárok (pl. összehasonlító vagy egyedi elemzés),
- ▶ Földrajzi leírás,
- ▶ Felhasznált adatok típusai (mérési vagy számolási adatok használata),
- ▶ Adatgyűjtés módszer (pl. milyen adatforrásra támaszkodtunk),
- ▶ Adatok megbízhatósága (pl. precíz vagy körülbelüli),
- ▶ Számítási módszer (számítógéppel vagy táblázattal),
- ▶ Az eredmények bemutatása (pl. részletes, vagy csak környezeti elemekre terjed ki).

Jelen építésügyi műszaki irányelv 8.1., 8.2., 8.3. és 8.4. számú mellékleteként csatolt adatgyűjtő bizonylatminták használata ajánlott, szükség esetén további kiegészítéseket lehet tenni hozzájuk.

A megválasztott kritériumokat a tanulmány végeredményére való hatásaik mentén kell indokolni, valamint értékelni. A leltárkészítés során az összegyűjtött és hitelesített adatokat funkcióegységekhez rendelik, majd az adatok és a leltár összegzését a korábban definiált rendszerhatárokhoz kell viszonyítani. vagy esetleg a kapott adatok mentén finomítani kell azokat. Ez az esetleges szabálytalanságok vagy a speciális információk kiszűréséhez és leírásához is segítséget nyújt. [23]

4.2.3. Az adatok funkcióegységhez rendelése

A leltárelemzés során törekedni kell, hogy a termékrendszer minden modulját egyszerű anyag- és energia-áramok terén össze lehessen kapcsolni. Az ipari folyamatok terén általában több kimeneti oldalt különböztethetünk meg, például gyakran forgatják vissza a gyártásba a selejtes vagy újrahasznosítható termékeket. A meghatározott eljárások szerint az anyag- és energiaáramlásokat, valamint az ezekkel járó kibocsátásokat a különböző termékekhez kell rendelni.

4.2.4. Allokáció

A be- és kimeneti oldalak közötti anyagmérlegek képezik a leltár alapját. Az allokáció során ezért figyelemmel kell lenni arra, hogy a bemenet-kimenet kapcsolatokat a lehető legjobban közelítsük. Az összeállított tanulmányban fontos megjelölni azokat a folyamatokat, amelyek más termékrendszerekhez is köthetők. Az allokációval érintett be- és kimenetek összege mindig meg kell, hogy egyezzen az allokációval nem érintett be- és kimenetek összegével. Az érzékenységelemzés elvégzésével lehet súlyozni a választható hozzárendelési eljárások hatását a termékrendszer elemzésére. Az allokációval érintett modulokat megfelelően dokumentálni kell. A modul részfolyamatokra történő felosztásával, és az ezekhez rendelt be- és kimeneti adatok gyűjtésével megelőzhetjük az allokációt. Ugyanezt elérhetjük a termékrendszer kirekesztésével a hozzákapcsolódó melléktermékek funkcióival egyetemben.

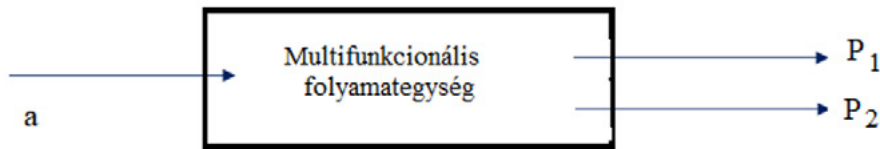
Az allokáció szerepe az újrahasznosítás és visszaforgatás során válik különösen izgalmassá. Az újrahasznosítás és visszaforgatás sokszor kiegészítő lépések beiktatását követeli meg, mivel ezek a folyamatok olyan inputokat és outputokat tartalmaznak, amelyek több termékrendszerhez is kapcsolódnak (komposztálás, energiakinyerés, vagy más olyan folyamatok, amelyek kapcsolódnak a recycling/reusing újrafeldolgozás/újrahasználat folyamatokhoz), vagy az anyagkinyerés, újrahasználat megváltoztathatja az anyagok tulajdonságait. A rendszerhatárok definiálása kiemelt figyelmet igényel ezekben az esetekben.

Az allokációs eljárás technikája két megközelítésben is elvégezhető:

- ▶ Zárt hurkú allokációt lehet alkalmazni a zárt termékrendszerekhez. De a nyitott rendszerű allokáció is alkalmazható, amikor nem történik változás a terméktulajdonságokban. Ilyen esetekben szükséges megkülönböztetni az eredeti, vagy másodlagos anyag jelenlétét.
- ▶ Nyitott hurkú allokáció a nyitott termékrendszerekhez kapcsolható, ilyenkor az újrahasznosított/kinyert anyag más termék rendszerekbe áramlik és magába foglalja azt is, hogy az anyagtulajdonság nem állandó.

Az allokációs eljárás történhet:

- ▶ fizikai tulajdonságok,
- ▶ gazdasági értékek (pl. a hulladék piaci értéke, vagy a kinyert anyag viszonya a primer anyag piaci értékéhez), továbbá
- ▶ a kinyert anyag későbbi használatának száma szerint.



ahol a: anyagáram; P_1/P_2 : a termékértékesítés

5. ábra: Gazdasági allokáció modellezése

$$F_1 = P_1 / (P_1 + P_2)$$

Az allokációs faktor segítségével a bemenő és kimenő áramok a funkcionális egységhez rendelhetők. [12]

4.2.5. Leltárösszesítés

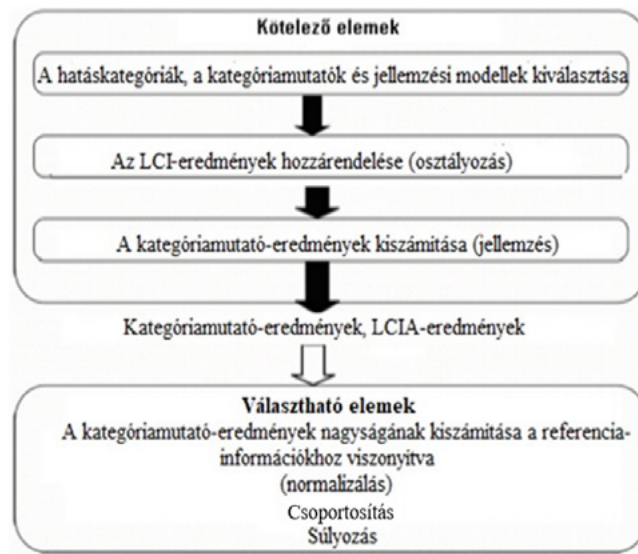
Az eredményeket mindig a meghatározott cél és tárgy mentén lehet értelmezni. Az adatok minőségi vizsgálata és érzékenységelemzése fontos tényezője a leltáreredmények bizonytalansági értékelésének. Az értelmezés során meg kell vizsgálni, hogy a rendszer funkciói és a funkcionális egység megfelelően definiált-e. A rendszer határait és az adatokkal szemben alkalmazott korlátozásokat is ellenőrizni kell.

Az így kapott eredmények kifejezetten a be- és kimeneti oldalakat jellemzik, azonban nem használhatók a környezeti hatások értelmezésére, illetve leltár alapján történő más rendszerrel való összehasonlításra. A bevitt adatok bizonytalansága és az adatok változékonysága hatással van az eredményekre.

5. ÉLETCIKLUS-ÉRTÉKELÉS

„A hatásértékelés az életciklus-elemzés azon szakasza, amelynek célja annak kiderítése és értékelése, hogy mekkora a mértéke és jelentősége a vizsgált rendszer összes környezeti hatásának. Az életciklus-elemzés hatásbecslése technikai, mennyiségi vagy minőségi folyamat a leltárban meghatározott környezeti terhelések hatásának jellemzésére és becslésére. Az értékelésnél mind ökológiai, mind az emberi egészséget érő hatásokat figyelembe kell venni, illetve olyan egyéb hatásokat is, mint pl. egy élőhely megváltozása, vagy a zajhatás. Az életciklus-értékelés (ÉCÉ) az életciklus leltáradatainak hatásvizsgálata, figyelembevéve a célközönség elvárásait, illetve a vizsgálat célját. A hatásvizsgálat során más és más szempontokat kell hangsúlyozni, ha tudományos körök számára készül, vagy ha egy vállalat vezetőinek döntését akarják vele segíteni. Megint másra van szükség, ha az elemzés célja a potenciális vásárlók meggyőzése arról, hogy

a termék környezetbarát vagy biztonságos. Az életciklus hatásértékelés a szabvány szerint elvégezhető, követve a kötelező és ajánlott elemek műveleti lépéseit.” [12]



6. ábra: Az életciklus értékelés fázisainak elemei [2]

Kötelezően elvégzendő lépések között jelenik meg:

- ▶ a hatáskategóriák, kategóriaindikátorok és a karakterisztikus modell kiválasztása,
- ▶ az életciklus leltáradatok hatáskategóriák szerinti osztályozása,
- ▶ a kategóriaindikátor eredményének kiszámítása.

Az ajánlott elemek a kategóriaindikátor eredményét teszik komplexebbé. Ezek a következők:

- ▶ normalizáció, amely a kategóriaindikátor eredményeket viszonyítja egy vonatkoztatási értékhez,
- ▶ súlyozás, az adatok egymáshoz való viszonyítása,
- ▶ az adatok minőségi értékelése.

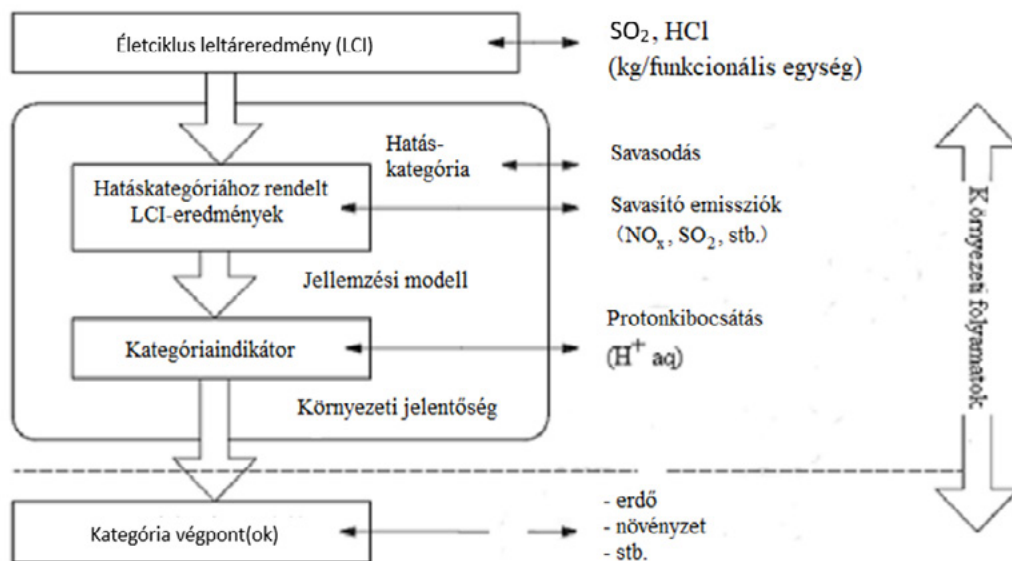
A környezeti hatások mögött mindig különböző környezeti folyamatok húzódnak meg, amelyek szorosan kapcsolódnak a környezeti károk keletkezésének 3 lépcsőjéhez (emisszió, környezetállapota, hatások területe). A hagyományos LCA a monetarizálás lépését nem tartalmazza, bár egyre fontosabbá válik az input-output LCA esetében a monetarizált adatok bevitelére is (IO-LCA, vagy hibrid LCA). A környezeti hatások az emissziókhöz vagy kitermeléshez, mint ható tényezőkhöz kapcsolódnak és több lépéses átalakulás, kémiai reakciók sorozatán keresztül fejtik ki környezeti hatásukat. [10]

A környezeti hatások értékelése mögött komoly kutatási eredmények, mérési módszerek húzódnak meg, hiszen ezek a folyamatok többnyire helytől, időtől, háttérszennyezettségtől függően eltérő károsításokat okoznak, de közös bennük, hogy valamennyi kezelhető úgy, mint a globális problémákhoz való hozzájárulás.” [12, 39. o.]

5.1. Kötelező elemek

5.1.1. Osztályozás és jellemzés

A hatásértékelés első lépéseként ki kell választani az elemzési modellhez tartozó hatáskategóriákat, kategóriaindikatorkat. A termék, tevékenység vagy szolgáltatás környezeti tényezőkben játszott szerepének meghatározásához számszerűsíteni kell a vizsgált rendszer teljes életútja során felhasznált anyagok, energiák, a kibocsátott emissziók és a keletkező hulladékok környezeti hatását. A leltárelemzés eredményei egy vagy több hatáskategóriához is tartozhatnak. Ebben a lépésben az emissziókat osztályozni kell, hozzá kell rendelni a megfelelő hatáskategóriához.



7. ábra: Az életciklus leltáradatak hatáskategóriákhoz rendelése [2]

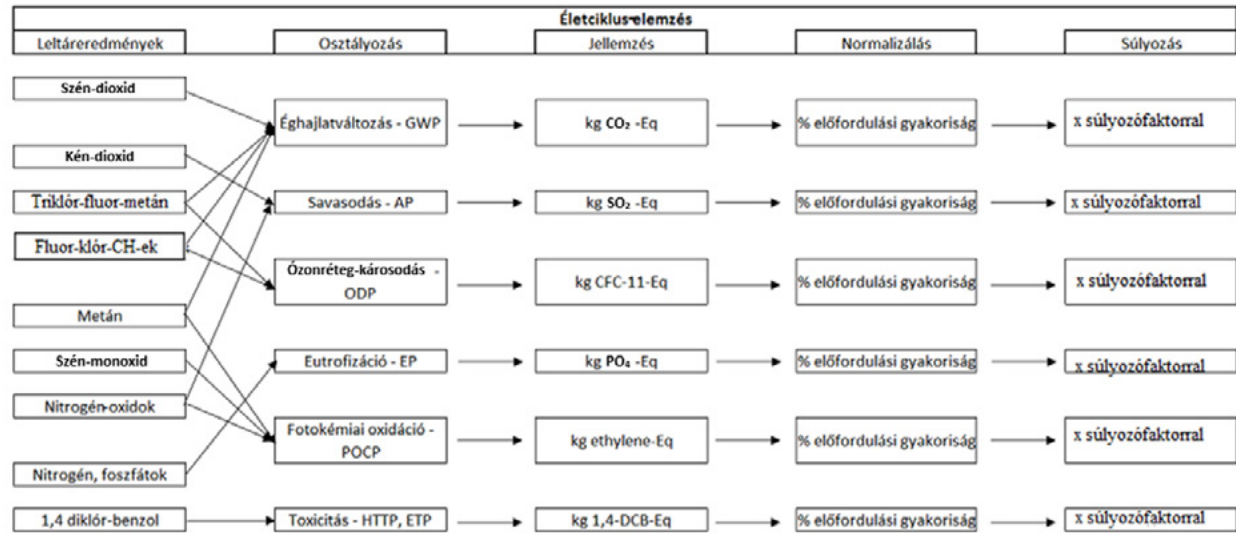
Ez a komplex folyamat manuális számításokkal vagy a nagy mennyiségű adat tárolását és kezelését megkönnyítő szoftverek segítségével elvégezhető. A leltárelemzés eredményeinek kategóriaindikator értékben történő átszámításához karakterisztikus faktorral történő szorzásra van szükség. A karakterisztikus faktor kifejezi az indikátor egységeként meghatározott vegyület környezeti hatásához való viszonyítást. Az indikátoregységben kifejezett hatások összegezhetők és a funkcionális egységre vetített jellemző hatáskategória indikátorendményt képvisel. A karakterisztikus faktorokat a környezetben lejátszódó termodinamikai folyamatok modellezésével határozták meg, amelyek a környezet állapotának változása miatt idővel változnak. A karakterisztikus faktorok letölthetők a Leideni Egyetem adatbázisából (www.cml.ia.eu). Az üvegházhatású emissziók GWP értékeit a 8.7. számú melléklet tartalmazza. [11]

5.2. Ajánlott elemek

A jellemzés a hatáskategóriákban 100%-ra vetített értékeket mutat, de nem mutatja a globális problémákhoz való hozzájárulás mértékét, ezért van szükség a normalizálásra. A normalizálás során a hatáskategória indikátorendményeket egy referenciaértékhez viszonyítják. Ez lehet az adott évben és földrajzi régióban a tényleges összes vagy egy főre jutó környezetterhelés, vagy például környezetpolitikailag előírányzott célértékek, vagy egy alternatív termék eredményei. Európában általában európai átlagra normalizálnak.

Az európai átlag vagy lakos-egyenérték azon környezeti hatások összessége, amelyeket egy átlagos európai lakos okoz egy (1) év alatt. Egy termék hatásai így a lakos egyenértékre vonatkoztathatók.

A normalizációs lépés megmutatja, hogy melyik termék környezeti hatása nagyobb, de a hatások relatív fontosságát nem adja meg. Ezt a problémát oldja meg a súlyozás, amely a környezeti hatások relatív fontosságát figyelembevéve határozható meg. A súlyozási faktort a céltól való távolság elve alapján állapították meg. E szerint kapcsolat van egy környezeti hatás fontossága és a jelenlegi és a célszint közti különbség között. Addig, amíg a normalizálás statisztikai adatokra épül, a súlyozó faktorok meghatározása szakértői panelek segítségével történt.



8. ábra: Leltárelemzés normalizálással és súlyozással [19]

A 8. ábrán szemléltetett értékelési folyamat segíthet a kapott eredmények értelmezésében, hiszen megmutatja a termékrendszer indikátoreredményeinek relatív jelentőségét.

A leltárelemzés készítése során az adatbevitelnél ügyelni kell a nyomkövethetőségre, a későbbi visszakeresés lehetősége érdekében. A termék-előállítás, beépítés, karbantartás elemzése során az adott termék technológiai leírásait kell alapul venni. Ehhez segítséget jelent a szabványok műszaki előírása.

5.3. Jellemző modellek, hatáskategóriák kiválasztása

A jellemzési modellek megválasztása során, valamint normalizálás, csoportosítás, súlyozás esetén értékválasztással jellemezzük a rendszereket.

Jelenleg két fő határértékelő módszer van:

- ▶ A problémaorientált módszer megáll a mennyiségi modellezésnél a végpont előtt és a leltáradatokat a környezeti problémákhoz (globális felmelegedés, mint midpoint) rendelik, és a terhelést indikátor egyenértékben fejezik ki (kg CO₂ eq, vagy kg SO₂ eq).

- ▶ Károrientált (végpont) elemzésben a modell a hatás ok-okozati lánc végét, a kárt veszi alapul és ehhez viszonyítják a leltáradatokat. A kategória végpontok az adott környezeti problémakör indikátorai, amelyek segítségével lemérhető az adott problémakör tényleges hatása a környezetre (az emberi egészség kategóriában a károsítás miatt elvesztett életevek száma).

A hatáskategóriák a környezeti problémaköröket képviselő osztályok, amelyekhez a leltár eredményei hozzárendelhetők. Egy leltáradat, akár több hatáskategóriához is kapcsolható, mint a metán, vagy a nitrogén-oxid, amely egyaránt lehet fotokémiai oxidációt előidéző és üvegházhatású gáz (8. ábra). Manuális elemzésnél az osztályozás nehezen kivitelezhető.

A hatáskategóriákkal együtt definiálni kell az ún. karakterisztikus vagy jellemzési modelleket is, amelyek feladata az indikátor eredmények és a hatáskategória közötti kapcsolat megteremtése, az adott környezeti probléma mechanizmusának bemutatásával. Egy-egy hatáskategória különböző jellemzési modell alapján is értelmezhető, ezért más modell esetén természetesen változhatnak a kategória indikátorok és a kategóriához tartozó karakterisztikus faktorok és az indikátor eredmények is. A klímaváltozásra az IPCC¹ által kialakított modellt használják. [23]

A térbeli, időbeli, dózisértékekre vonatkozó információk egyszerűsítése nem feltétlenül mutatja a valós környezeti kockázatok jelentőségét. Életszakaszonként és modulonként eltérő minőségű bemenő és kimenő adatok és eljárások használata befolyásolja a tanulmány hitelességét.

A leggyakrabban használt kibocsátásokhoz kapcsolódó kategóriák:

- ▶ Éghajlatváltozás,
- ▶ Sztratoszférikus ózonkárosodás,
- ▶ Fotokémiai oxidáció,
- ▶ Savasodás,
- ▶ Tápanyagdúsulás,
- ▶ Emberi toxicitás,
- ▶ Ökotocitás.

Az erőforrás igénybevétele miatt jelentős hatáskategóriák:

- ▶ Abiotikus erőforrások kimerülése (fosszilis erőforrások, ásványok),
- ▶ Biotikus erőforrások kimerülése (fa, hal).

A legfontosabb hatáskategóriák főbb jellemzőit a 8.6. számú melléklet tartalmazza.

Ez a lista nem teljes, hiszen az egyes elemzésekben ennél többet is meghatározhatnak, ha az elemzés vagy a modell úgy kívánja. Az UNEP/SETAC módszertani útmutatója 11 hatáskategóriát javasolt a problémaorientált elemzésben, a fentiekén túl a földhasználat, a fajok és élővilág elterjedésére gyakorolt hatást is javasolja, de a végpont elemzésben szereplő hatáskategóriák száma már csak négy (emberi egészség, élő és élettelen természeti környezet, élő és élettelen természeti erőforrás, élő és élettelen művi környezet).

¹ Az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) a klímaváltozást, annak mozgató rugóit, hatását vizsgáló kormányközi szerv.

Vannak elemző módszerek, amelyek csak középponti értékelést, mások csak végpont elemzést végeznek, de vannak módszerek, amelyek mindkét értékelésre képesek. [23]

A kategóriaindikátor megmutatja az adott környezeti hatás potenciális nagyságát, amelyet elhelyezhetünk a leltáreredmény és a végpont között.

5.4. Az elemzés kivitelezése

5.4.1. Manuális módszer [17]

„Az életciklus-elemzés elvégezhető manuális és szoftveres úton. A manuális megoldások közé tartozik a szabvány szerinti életciklus-értékelés, vagy az előző fejezetben bemutatott módszerek alapján, az egyes módszerek útmutatóinak felhasználásával történő számítás. Legegyszerűbb a kvalitatív elemzésre alkalmas anyag-energia-toxikus anyagok hatáselemző mátrixot használni, majd ennek segítségével az MSZ EN ISO 14044:2006 szabványban leírt (ABC) eljárás szerint a leltárba vett anyagok csoportosítását és értékelését elvégezni. Minden esetben meg kell határozni azt a hatásterületet, amelyen belül a hatások vizsgálatát végezzük, és a funkcióegységet, amelyre a hatások vonatkoznak. Célszerű felvázolni a folyamatfát, amelyhez a leltáradatok rendelhetők. Azután következik a jellemzés, értékelés.

A gyakorlatban is elterjedt, hogy a leltáradatokban szereplő adatokhoz szoftver adatbázisokból kikeresik a megfelelő hatáskategóriához tartozó karakterisztikus tényezőt és excel-tábla segítségével életciklus szakaszonként és hatáskategóriánként a mennyiségi adatok figyelembevételével kiszámítják a kategóriaindikátor értékét. Valamennyi szoftver jellemzési adatbázisa alkalmas manuális számításra is. Ezek hátránya, hogy rendkívül időigényesek, és az elemzések során az aggregáció mértékétől függ a környezetterhelésre vonatkozó eredmény, amelyek értelmezése az elemzést végző szakmai kompetenciájától és az elemzés céljától egyaránt függ”. [12, 131. o.] [19]

A figyelembe vett/vehető környezeti hatásokat az ismert, legfontosabb környezeti problémák alkotják, úgymint az üvegházhatás, ózonszintcsökkenés, savasodás, eutrofizáció, szmogképződés és toxikus anyagok. A megadott indikátorokhoz tartozó jellemzési tényezők (karakterisztikus faktorok) vagy a súlyozott értékek, mint ökopontok adatbázisból az anyag gyártására, kezelésére, a szállításra, az energiaelőállításra vagy a hulladékkezelés folyamatára is kikereshetők. Az adatbázisok gazdag adatkészlettel rendelkeznek mind a folyamatokra, mind anyagokra. Az adatokat tartalmazó táblázatban az anyagra jellemző indikátorértékek mellett az alkalmazott módszer is fel van tüntetve. A számunkra szükséges anyagot vagy folyamatot ebből kikeresve és az indikátor értékét az anyag funkcióegységre vetített mennyiségével szorozva kapjuk meg az anyag vagy folyamat környezeti terhelését. A számítás valamennyi folyamatra és hatáskategóriára elvégezhető. [19]

$$\text{Kategoriaindikátor eredmény (kg indikátor mértékegység)} = \text{Sum (i = 1-n) } A_i * Kf_i$$

ahol: A_i : a leltárösszetevők komponensei (i = 1-n) (kg/funkció egység)

Kf_i : karakterisztikus faktorok a leltárösszetevőkre

5.4.2. Szoftveres módszer [19]

Egy termék életciklus-elemzésének másik módszere a szoftveres elemzés. A programot mindig az adott feladathoz célszerű választani. A piacon megtalálható életciklus-elemző programok széles skálán mozognak. Az építési anyagok vizsgálatához olyan szoftvert célszerű választani, amely az elemzéshez szükséges komplex adatbázisokat és modelleket kezelni képes, széles körűen használható termékfejlesztésre és LCA menedzsment eszközeként is.

Azok az alkalmazások részesítendőek előnyben, amelyeknél a felhasználó által készített adatok egyszerűen beilleszthetők az adatbázisba, illetve több adatbázis egyidejű alkalmazása is lehetséges. A hatásbecslés többféle módját is érdemes kiválasztani az összetett vizsgálat elvégzéséhez. Az értékelés során kapott eredmények táblázatos ábrázolása mellett megkönnyíti az értelmezést a grafikus megjelenítés.

A szoftver értékelés lehetséges lépései:

- ▶ a jellemzésnél az összes környezeti hatást 100%-ban kifejezve megmutatja, hogy az adott környezeti hatás kialakulásáért leginkább mely anyagok és folyamatok a felelősek;
- ▶ a normalizálás megmutatja mely hatások a nagyobbak, melyek kisebbek. A normalizálás azonban nem foglalkozik a hatások relatív fontosságával;
- ▶ értékelés során egy súlyozó faktor segítségével a fontosság is megadható. Az indikátorok kiválasztásával a program az összes környezeti hatást összegzi a becslésben szereplő minden egyes anyagra és folyamatra. Így lehetővé válik a komponensek környezeti hatásainak összehasonlítása. Ezen adatok mind hisztogramban, mind táblázatos formában, sőt a folyamat modellben is feltüntethetők a különféle programokban.

5.4.3. A manuális és szoftveres módszer összehasonlítása

A szoftveres módszer előnyeként elmondható, hogy az elemzés végrehajtása gyorsabb, nagyobb adatbázissal rendelkezik, illetve tud kezelni és az elemzést leegyszerűsítheti, de csak a szoftver teljes ismerete esetén. A szoftveres számítási mód további előnye, hogy az életciklus bármely elemére és bármely környezeti hatásra elvégezhető az elemzés. Az eredmények grafikus és táblázatos megjelenítése megkönnyíti egyrészt az elemzés bemutatását, másrészt pedig segít a döntéshozatal előkészítésében, támogatásában. A szoftveres módszer hátrányaként fogható fel azonban az, hogy a számítás menetébe nem, vagy csak részleteiben van betekintésünk és a szoftverek drágák.

A manuális módszer előnye, hogy egyszerű és egy átlagos életciklusra alkalmazva jól áttekinthető eredményt ad. Hátránya viszont, hogy az elemzést minden esetben a teljes rendszerre el kell végezni. A szabvány szerinti módszer használatakor nincs lehetőségünk környezeti hatásokra bontani az eredményt. Az excel alapú kiterjedtebb életciklus-elemzés viszont rendkívül időigényes és az adatokhoz való hozzáférés is problémás lehet. [19]

5.5. Az életciklus értelmezése - tanulmány készítése

Az elemzésről szóló beszámoló összeállításakor mindig szükséges az elemzéshez használt módszer leírása. A jelentés tartalmazhatja az elemzett rendszereket és azok határait. Minden az elemzéshez használt feltételezéseket bele kell foglalni a jelentésbe. Az elemzés lépéseit és eredményeit a vizsgálat céljának

megfelelően kell a tanulmányban bemutatni, folyamatábrákkal, táblázatokkal és grafikus megjelenítéssel megkönnyíteni a felhasználó számára azok értelmezését.

A tanulmány szerkezete követheti az alábbi struktúrát:

- ▶ az elemzés célja, a vizsgálati módszerek,
- ▶ áttekintő jelentés a rendszerről,
- ▶ az adatok bemutatása kategóriákként minden egyes lépcsőben (pl. nyersanyagfelhasználás, energiafogyasztás, környezeti terhelések kiemelése),
- ▶ az adatok bemutatása komponensenként (pl. légköri emissziók, vízszennyezés, szilárd hulladékok),
- ▶ következtetések, javaslatok.

5.6. Az életciklus-elemzés kritikai átvilágítása

Ez a művelet garancia arra, hogy az elemzés logikai menete megfelelő, az elemzés átlátható, a benne foglalt adatok helyesek és alkalmazott módszerek megfelelnek a szabványos elvárásnak.

Az építési célú termékekre, készletekre kidolgozott életciklus-elemzések összehasonlíthatóságának alapelve, hogy azonos források és adattartalom mellett készüljenek a számítások. Adott esetben szükség van független külső szakértőre, aki hitelesíti a tanulmányt, például karbonlábnyom vagy EPD készítés esetén.

6. AZ LCA GYAKORLATI ALKALMAZÁSAI

6.1. Karbonlábnyom-számítás

A karbonlábnyom-számítás egyre népszerűbb, nemcsak termékek, tevékenységek, de szervezetek esetében is. A fenntarthatósági célok felé haladva az üzleti kommunikációban is hasznos a szénlábnyomok bemutatása (CSR, érdekelt felek érdekeinek való megfelelés, vagy karbonsemlegesség megcélzása). Számítására több módszer és szabvány is létezik. [7] [8] [23] [24]

6.1.1. Termék szénlábnyom

A termékek esetében a teljes életciklusra vetítve kell megadni, életciklus-elemzési módszert követve, de csak az üvegházhatást vizsgálva. Az üvegházcsökkentési lehetőségek feltérképezése az első lépés a fenntarthatóbb termékek felé (MSZ EN ISO 14067:2019 szabvány). [23]

A zárt hurkú modellek esetén, amely a körforgásos megoldások elterjedésével egyre gyakoribb lesz, az allokációt az MSZ EN ISO 14044:2006 szabvány [2] szerint kell elvégezni. Zárt hurkú allokáció esetén az nyersanyagbeszerzéshez és az életút végi szakaszhoz kapcsolódó minden egyes GWG-kibocsátás kiszámítható az alábbi képlet szerint, ha a visszaforgatásnál a termék tulajdonsága nem változik:

$$E_M = E_v + E_{eol} - R \cdot E_v$$

ahol: E_v = a termékhez szükséges nyersanyag extrakciójához kapcsolódó GWG

E_{eol} = az életút végéhez kapcsolódó GWG

R = az újrafeldolgozási arány

$R \cdot E_v$ = újrafeldolgozáshoz köthető megtakarítás

6.1.2. Tevékenység szénlábnyma

Egy tevékenység esetében annak kezdetétől a végéig a hozzá kapcsolódó üvegházhatást okozó input-output áramok számbavétele szükséges. Ezek között lehet közvetlen energiabevétel, szállítással összefüggő üzemanyagfelhasználás, indirekt energia a felhasznált anyagáramokban, mint megtestesült energiatartalom és output oldalon a bemeneti áramok üvegházkibocsátása.

6.1.3. Szervezet szénlábnyma

Szervezet esetében az egy év alatti működés közben valamennyi tevékenység- termékgyártás, működtetés (fűtés, világítás, vízellátás, hulladékkezelés), infrastruktúrahasználat, karbantartás, rendezvények, az alkalmazottak munkába járása, étkezése - üvegházhatású inputjainak leltárba vétele szükséges, amely megalapozza a szén-dioxid kiszámítását. A szervezet valamennyi működési területére külön-külön is meghatározható a szénlábnyma (termelés, K+F, logisztika, marketing, pénzügy), amely segítheti a csökkentési stratégiák kidolgozását. A szabvány szerinti számítást követve LCA csak a nyersanyagok esetében (bölcsőtől a kapuig életszakasznál) jelenik meg.

6.2. EPD készítése

Az MSZ EN 15804:2012+A2:2020 szabvány az építési termékek és szolgáltatások alapvető termékkategorizálási szabályait (PCR) adja meg. Ez által biztosított az, hogy az építési termékek, folyamatok és szolgáltatásokhoz készülő környezetvédelmi nyilatkozatok (EPD) harmonizált előírás mentén készüljenek és kerüljenek ellenőrzésre megjelenésük során.

Egy környezetvédelmi nyilatkozat precíz, ellenőrizhető, nem félrevezető tudományos alapon meghatározott környezetvédelmi információkat közöl a termékről, annak alkalmazásáról. Jó választás és ösztönzés lehet a piacvezetők részére a folyamatos, környezettudatos fejlesztések iránti elköteleződés tekintetében. Az EPD-k környezeti információi életciklus-elemzés eredményei.

Az építési termékek környezeti terméknnyilatkozatát a 4. fejezetben bemutatott 3. ábrát követve kell elkészíteni, az életciklus-elemzésre vonatkozó szabvány szerint. Egy EPD-nek tartalmaznia kell az életciklus információs modulok szerinti felosztást. Az EPD-k környezetvédelmi hivatkozásai részben a kibocsátásokhoz, részben az erőforráshasználatra vonatkozó információkat nyújtanak. A szabvány szerint azonban terméknnyilatkozat elkészítéséhez elegendő az A1-A3 modulok szerinti információk megadása, a többi modul esetében önkéntesen alkalmazhatók. A számítások során törekedni kell arra, hogy a specifikus adatok vagy átlagok az adott gyártási folyamatokból származzanak, valamint a kizárásra kerülő szempontokat minden esetben dokumentálni szükséges. A kötelező információ modulok (A1-A3) adatszolgáltatását leszámítva az életciklus további szakaszaira scenáriók segítségével szükséges számszerűsíteni a környezeti hatásokat. [3]

Az A1-A3 szakaszokban (modul) a nyersanyag kitermelése (A1), ezek gyártóhelyre történő szállítása (A2), valamint maga a gyártási folyamat ki- és bemenetei (A3) szerepelnek. Ezen fázisokat minden termék esetén kötelezően figyelembe kell venni, még egyszerűsített számítás elvégzésekor is. A különböző építési termékek eltérő hatást gyakorolnak kezdeti életciklusukban, ugyanis például a fafeldolgozás és a tégláégetés energiabevitele között nagyságrendi különbségek vannak.

Az A4-A5 szakaszokban a termékek beépítési fázisait különböztetjük meg. Az A4 szakaszban az építéshelyszínre történő szállítás, az ideiglenes tárolási vagy deponálási fázisok, valamint az építés során használt gépek szállítása, telepítése értendő. Az építési folyamat (A5) során jelentkező hatások is több részfolyamathoz köthetők. A termékek helyszínre szállítása, tárolása és beépítése mellett figyelembe kell venni a földmunkákból, járulékos munkákból (talajvíz szivattyúzása, meglévő épületszerkezetek aládúcolása stb.), valamint az építés során keletkező hulladékok elhelyezésével/kezelésével járó hatásokat is. Ehhez kapcsolódóan megjegyzendő, hogy az életciklus-elemzés gyakorlatában a szakaszok határain belül vesszük figyelembe az életszakasz folyamán keletkező hulladékokat. Tehát a kivitelezés, felújítás, karbantartás során keletkező hulladékokat nem vehetjük bele az életszakasz végéhez tartozó hulladékfeldolgozás folyamatába. Az építési folyamat energia- és vízigénye is az A5 szakasz fontos tényezője.

A használati szakasz jellemzően a termék, vagy sok épületszerkezet esetében az épület élettartamával megegyező időhosszal jellemezhető. Ezt hét (7) szakaszra bonthatjuk, amelyek a használat (B1) mellett a karbantartás (B2), javítás (B3), csere (B4) és felújítás (B5) hatásait összesítik, valamint az üzemeltetés során jellemző energiafelhasználást (B6) és a használati víz felhasználást (B7) számszerűsítik.

Az építési termékekből az építés során épületszerkezetek és eltérő rétegrendi felépítésű határoló szerkezetek készülnek. Ezek használata (B1) során az anyagok esetleges kipárolgásait is figyelembe vesszük. Ehhez a termékek teljesítménynyilatkozatai is segítséget nyújthatnak. Például a fa alapú burkolóanyagoknál az első típusvizsgálat során kötelezően meghatározandó a gyártás során bekerülő pentaklór-fenol tartalom, valamint a formaldehid és egyéb veszélyes anyagok kibocsátási mértéke. A termékszabványok előírásai szerint ezekről a gyártónak vagy a forgalmazónak kötelezően nyilatkoznia kell.

Az épület és annak szerkezeteinek használata során gondoskodni kell azok karbantartásáról, fenntartásáról és tisztán tartásáról is (B2). Az esztétikai minőség fenntartása (pl. burkolatok, nyílászárók esetében) mellett megfelelő működés biztosítása (felületkezelt elemek újrakezelése, gépészeti rendszerek szűrőinek cseréje, vezetékhálózatainak takarítása stb.) is szempont. Az ebben a szakaszban jelentkező hatások a termék vagy szerkezet tervezett használatát figyelembevéve előre meghatározott időközönként jelentkeznek. Ezért az életciklus-elemzés során ezek viszonylag nagy biztonsággal számíthatók.

A termékek, szerkezetek meghibásodása esetén szükséges azok javítása (B3) vagy cseréje (B4). Ezek során a szükséges termékek, segédanyagok gyártási, szállítási, beépítési és a beépítés során keletkező hulladékok kezelése is figyelembe veendő. Abban az esetben, ha a szerkezet várható élettartama kevesebb, mint az épület tervezett üzemelése, előre ütemezhető a termékek cseréje, tehát az életciklus-elemzés során is eszerint kell figyelembe venni. Ezen fázisokban jellemzően a fűtési és használati melegvíz előállító rendszerek elemei, a légtechnikai és világítási rendszerek, nyílászárók, külső és belső burkolatok javítása, cseréje tervezhető előre. Az előre nem tervezett meghibásodásokból, nem várt hatásokból eredő károk keletkezéséből származó cseréket és javításokat a felhasználás helyére jellemző tapasztalatok alapján lehet előzetesen becsülni.

Az épületek felújítása (B5), átalakítása során felhasznált termékek előállítási, szállítási és beépítési hatásai mellett a folyamatok során keletkező hulladékok kezelését kell figyelembe venni. Itt megjegyzendő, hogy amíg a csere (B4) jellemzően egy termékre, például burkolat vagy tetőfedés lecserélésére vonatkozik, addig a felújítás alatt már a komplex beavatkozásokkal kell számolni, amelyek alatt a belső térelosztás átalakítása vagy az épületburok nagymértékű megváltoztatása/bővítése értendő. [20]

Az épület üzemeltetési energiaigénye (B6) során a fűtésből, hűtésből, világításból, légtechnikai rendszerek működtetéséből eredő energiafelhasználás mellett külön blokkban az energetikai szabályozások hatálya alá nem tartozó rendszerek (felvonók, mozgólépcsők, épületüzemeltetési rendszerek) igényeit is figyelembe vesszük. A használati funkcióból eredő energiafelhasználás (háztartási gépek, szórakoztató elektronika) is számolható megbízható adatok birtokában, azonban az ebből származó eredmények felhasználása opcionális jellegű. Az épületek és lakóegységes energiafelhasználását és energetikai besorolását bemutató hiteles Energetikai tanúsítványok számítási mellékleteiből nagy biztonsággal kinyerhetők az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet hatálya alá tartozó rendszerek energiaigényei. Az épületüzemeltetési rendszerek energiafelvételére vonatkozó adatokat az épületgépészeti dokumentációk, valamint a termékek gyártói műszaki dokumentációi tartalmazzák. Az életciklus-elemzés során figyelemmel kell lenni, hogy az energianyereségen alapuló rendszerek (napelem, napkollektor) használatából adódó nyereségeket az épület életciklusán túl (D) vehetjük figyelembe.

Az épület átlagos használata során felmerülő ivóvíz, használati melegvíz, gépészeti rendszerek fogyasztására és öntözésre használt vízigényt a B7 szakaszban számíthatjuk. Ide számítható a funkcióból eredő (uszoda, légállapot állandósági igény, laboratórium, hűtőház) felhasználás is. A háztartási gépek vízfogyasztása az előző szakaszhoz igazodva külön számítva vehető figyelembe.

Az építési termékek és az épületszerkezetek életútjának végén négy alszakaszt veszünk figyelembe. A bontás (C1),állítás (C2) és hulladékfeldolgozás (C3) mellett a deponálás (C4) hatásait is összegezni kell.

Bizonyos épületszerkezetek bontása (C1) során bizonyos szerkezetekből további építési anyagok állíthatók elő. Például a betonszerkezetek összezúzásával ágyazatokba, feltöltésekbe elhelyezhető termék állítható elő. Azonban azon termékek, amelyek nem kerülnek újra felhasználásra, deponálásra kerülnek. A fenti kimenetek tükrében kell figyelembe venni a bontásból eredő hatásokat.

A bontási területről a megfelelő helyre (hulladékdepó, további felhasználás helyszíné) történő szállítást (C2) kell számosítani.

A hulladékfeldolgozás (C3) és szelektálás hatásait is vizsgálni kell. Az újrahasználat, újrahasznosítás és az energiaelőállításra szolgáló hulladékégetés (gazdaságos megoldással, minimum 60 %-os hatásfok esetén) előnyeit az épület életciklusán túl lehet figyelembe venni (D).

Amennyiben végső elhelyezésre kerülnek a termékek, úgy a hosszútávú (általában 100 év) kibocsátásokat, hatásokat kell számszerűsíteni. Az épület életciklusán túli környezeti előnyök és terhelések vizsgálata során a fentiekben említettekkel összhangban az újrahasználati, újrahasznosítási és energetikai hasznosítási potenciálokat kell figyelembe venni. [2]

A termékek EPD-k alapján való összehasonlítása az épület környezeti teljesítményéhez való hozzájárulásuk szerint történik, azaz az összehasonlítás alapjául a termékek épületben való használata és épületre vonatkozó hatásai szolgálnak, valamint a teljes életciklus (összes információ modul) figyelembevétele is fontos.

Az összehasonlítás alépületi szinteken lehetséges, úgymint például összeszerelt rendszerek, alkotóelemek, egy vagy több életciklus fázishoz tartozó termékek szintjén. Ezekben az esetekben az alapelv, hogy az összehasonlítás alapja a teljes épület, mindamelllett, hogy szükséges biztosítani:

- ▶ hogy a jogszabályok, szabványok és útmutatók által megadott azonos működési követelmények megegyeznek,
- ▶ hogy a kizárt elemek (összeszerelt rendszerek, alkotóelemek, vagy termékek) környezeti és műszaki teljesítményei megegyeznek,
- ▶ hogy a kizárt folyamatok vagy életciklus-szakaszok megegyeznek,
- ▶ hogy a termékrendszerek az épület működési szempontjaira és hatásaira kifejtett befolyása szem előtt van tartva. [3]

A hatásértékelés során a következő hatáskategóriák használata ajánlott:

- ▶ Abiotikus Kimerülési Potenciál (ADP- 'Abiotic Depletion Potential') megkülönböztetve a fosszilis és a nem fosszilis forrásokat [kg Sb ekv.],
- ▶ Savasító Potenciál (AP- 'Acidification Potential') talajra és vízre kifejezve [kg SO₂ ekv.],
- ▶ Ózon Lebontó Potenciál (ODP- 'Ozone Depletion Potential') [kg CFC 11 ekv.],
- ▶ Globális Felmelegedési Potenciál (GWP- 'Global Warming Potential') [kg CO₂ ekv.],
- ▶ Eutrofizációs Potenciál (EP- 'Eutrophication Potential') [kg PO₄ ekv.],
- ▶ Fotokémiai Ózonképződési Potenciál (POCP- 'Photochemical Ozone Creation Potential') [kg C₂H₄ ekv.].

A kapcsolódó szabvány C melléklete tartalmazza az előbb ismertetett hatáskategóriáknál alkalmazandó karakterisztikus tényezőket.

Ezekon kívül az EPD-k készítése során a forrásfelhasználásokra is szükséges kitérni, amelyek a megújuló és nem megújuló anyagok, megújuló és nem megújuló primer energia és víz felhasználását írják le. Továbbá az EPD-nek tartalmaznia kell a hulladékok kategóriák (veszélyes, nem veszélyes, radioaktív) szerinti felosztását is, illetve az egyéb- kimenetekre vonatkozó- környezeti információkat is, mint az újrahasznált összetevők, újrahasznosított anyagok, energetikai hasznosításra szánt anyagok, exportált energia értékeit. [3]

6.3. Építmények fenntarthatósága, épületek környezetvédelmi értékelése. Számítási módszer (MSZ EN ISO 15978:2012) [24]

Már az épületek tervezésénél alkalmazott következetes életciklus szemléletű megközelítés hozzájárul, hogy a kibocsátással kapcsolatos környezeti hatások és a nem megújuló erőforrások fogyasztása a lehető legkisebbre csökkenjen az épületek életciklusának minden szakaszában.

Az életciklus-értékelés nyújtotta információk alapján az épületek építetői és a tervezők olyan környezetbarát megoldások mellett tudnak dönteni, amelyek a különböző építési költségek szempontjából optimálisak. Az LCA alapú értékelés a CO₂-kibocsátás vagy az energiaigény csökkentése miatt is támogatandó. Ez annál inkább fontos, mert az épületek által okozott környezetterhelések jelentősen érintik a fenntarthatósági

célok teljesítését is (erőforrásmegőrzés, megújuló energiahasználat, fenntartható fogyasztás) emellett érintik a levegő és a vízminőség megőrzésével kapcsolatos fenntarthatósági célokat. [25] [26]

Nem véletlen, hogy előtérbe kerül a tervezésnél az LCA integrálása az épületmodellezésbe (BIM), és hogy egyre elterjedtebb az épületek fenntarthatósági szempontú minősítése (pl. a DGNB-rendszerben az értékelési kritériumok között az életciklus alapú értékelésen alapuló klímasemleges szén-dioxid kibocsátás külön 10 bónusz pontot kap és 5 pontot, ha a referencia GWP kibocsátás 50%-a alatt marad). De szintén előnyt jelent a minősítésnél, ha körforgásos építési elemek vannak, amelyet az LCA tanulmányban dokumentáltak és energiát termel az épület.

A vonatkozó szabvány célja a környezeti értékelésre szolgáló számítási szabályok megadása meglévő és újonnan létesített épületek terén. Ez a szabvány része a Technikai Előírások és Technikai Beszámolók európai szabványsorozatnak, amely az épületek környezeti tulajdonságainak értékelésére szolgál a fenntartható építési folyamatok és fejlesztések megfelelő számítási háttérének kidolgozásával. [27]

Az épületek környezeti tulajdonságai csupán a fenntarthatóság egyik oldalát képezik. A szociális és gazdasági tulajdonságok szintén fontos területeit az épületek fenntarthatóságának és ennek a fenntarthatósági értékelésekben is így kell megjelenítenie és amelyre külön szabvány vonatkozik.

A technikai és működési teljesítmények számítása túlmutat ezen a szabványon. A technikai és működési jellemzők csupán a működési azonosságok igazolására szolgálnak, hiszen ez az alapja az eredmények összevethetőségének az értékelés során.

Ebben a szabványban olyan értékelési módszer kerül meghatározásra, amellyel mennyiségi alapon lehet számítani az épületek környezeti jellemzőit az életciklusaik során.

A szabvány alapján meghatározható:

- ▶ az értékelés tárgyának leírása;
- ▶ épületszinten alkalmazható rendszerhatárok;
- ▶ a leltárelemzés használati módja;
- ▶ a környezeti indikátorok, valamint azok számítási módjai;
- ▶ az eredmények közzétételének és értékelésének követelményei;
- ▶ a számításhoz szükséges bemenő adatok követelményei. [9]

7. HIVATKOZOTT ÉS FELHASZNÁLT DOKUMENTUMOK

7.1. Hivatkozott dokumentumok

- [1] MSZ EN ISO 14040:2006 Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretek
- [2] MSZ EN ISO 14044:2006 Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Követelmények és útmutatók
- [3] ILCD (2010): ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment- Detailed guidance
- [4] MSZ EN ISO 14025:2010 Környezetvédelmi címkék és nyilatkozatok. III. típusú környezetvédelmi nyilatkozatok. Alapelvek és eljárások (ISO 14025:2006)
- [5] Fazio S. Biganzioli, F. De Laurentiis, V. Zampori, L. Sala, S. Diaconu, E. (2018): Supporting Information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods European Union, ISBN 978-92-79-98584-3 ISSN 1831-9424 doi:10.2760/002447
- [6] MSZ EN 15804:2012+A2:2020 Építmények fenntarthatósága. Környezetvédelmi terméknnyilatkozat. Építési termékek kategóriáját meghatározó alapvető szabályok
- [7] MSZ EN ISO 14067:2019 Üvegházhatású gázok. Termékek szénlábnyoma. Követelmények és irányelvek a számszerűsítéshez (ISO 14067:2018) Angol nyelvű!
- [8] WRI (2014): Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5ab4110fa2f42204838f79ba/files/GPC_Standard.pdf?1541698648
- [9] Tóthné Szita Klára (2019): A körforgásos gazdaság elméleti kérdései és regionális összefüggései in Sebestyén Szép. Ember - Tér - Idő: Tanulmányok Kocziszky György tiszteletére. A Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Karának jubileumi tanulmánykötete
- [10] Guinée, J.B.; Gorrée, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; Koning, A. de; Oers, L. van; Wegener Sleeswijk, A.; Suh, S.; Udo de Haes, H.A.; Bruijn, H. de; Duin, R. van; Huijbregts, M.A.J. (2002): Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 692 pp <https://link.springer.com/book/10.1007/0-306-48055-7>

- [11] CML - Institute of Environmental Sciences (2001): CML-IA - CML's impact assessment methods and characterisation factors. Version 4.8 (2016. augusztus). University of Leiden, The Netherlands <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors>
- [12] Tóthné Szita Klára (2008): Életciklus-elemzés, életciklus hatásértékelés Miskolci Egyetem
- [13] Miniszterelnökség Építészeti és Építésügyi Helyettes Államtitkárság (2015): Tájékoztató a közel nulla energiaigényű épületekre vonatkozó követelményekről https://www.e-epites.hu/sites/default/files/2016/LAKOSSAG/E_TANUSITAS/kne_altalanos_tajekoztato201521009.pdf
- [14] Waste Framework Directive (2008/98/EC), <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/waste-framework-directive-2008-98-ec>
- [15] EC (2019): Az európai zöld megállapodás <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/DOC/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>
- [16] Dr. Szalay Zsuzsa: Életciklus-elemzés az építészetben (2009) - ECO_Matrix folyóirat 16-24. http://lcacenter.hu/images/uploads/media/ECO-Matrix_2009.pdf
- [17] Dr. Szalay Zsuzsa: Lakóépületek teljes életciklusra vetített környezetterhelése. Doktori disszertáció, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 2007
- [18] Bundesministerium (2021): ÖKOBAUDAT Datenbank 2021-II (25.06.2021) <https://www.oekobaudat.de/service/downloads.html>
- [19] Dr. Tamaska László, Dr. RÉDEY Ákos, VIZI Szilárd (2001): Életciklus-elemzés készítése. Tisztább Termelés Kiskönyvtár II. kötet <https://uni-obuda.hu/users/grollerg/LCA/LCA-keszites-Tamaska.pdf>
- [20] Gröller György - Szalay Zsuzsa (2021): Megéri-e egy Kádár-kocka felújítása környezeti szempontból? ÉPÍTÉSZFÓRUM online: online p. 1
- [21] A Bizottság közleménye az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről szóló 305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet végrehajtása keretében - Az Európai Unió Hivatalos Lapja (2018/C 092/06)
- [22] Gervasio, H. & Dimova, S. (2018): Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings, Technical Report, European Commission, Joint Research Centre

- [23] BPIE (2021): Introducing Whole-Life Carbon Metrics: Recommendations For Highly Efficient And Climate-Neutral Buildings BPIE_WLC_Policy-brief_final.pdf
- [24] MSZ EN ISO 15978:2012 Építmények fenntarthatósága. Épületek környezetvédelmi értékelése. Számítási módszer
- [25] A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe 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 COM/2020/98 final
- [26] UN (2015): Sustainable development goals <https://sdgs.un.org/goals>
- [27] DGNB (2018): Environmental quality ENV1.1 / Building Life Cycle Assessment Reporting And Synergies 02_ENV1.1_Building-life-cycle-assessment_DGBN.pdf
- [28] MSZ EN ISO 14021:2016 Környezeti címkék és nyilatkozatok. Saját nyilatkozatot tartalmazó környezeti állítások (II. típusú környezeti címkézés) (ISO 14021:2016)
- [29] MSZ EN ISO 9000:2015 Minőségirányítási rendszerek. Alapok és szótár (ISO 9000:2015)

7.2. Az irányelvhez kapcsolódó releváns források

7.2.1. Jogszabály

2021. évi II. törvény egyes energetikai és hulladékgazdálkodási tárgyú törvények módosításáról (Magyar Közlöny 2021. 30. szám 1066-1132.)

176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról szóló 312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet módosításáról (Magyar Közlöny 294. szám)

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

155/2016. (VI. 13.) Korm. rendelet a lakóépület építésének egyszerű bejelentéséről

176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról

700/2020. (XII. 29.) Korm. rendelet egyes építésügyi tárgyú kormányrendeletek módosításáról (Magyar Közlöny 294. szám)

701/2020. (XII. 29.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról

7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

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

7.2.2. Irányelv

EC (2019): Az európai zöld megállapodás <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/DOC/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>

DIRECTIVE 2008/98/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives Az Európai Parlament és a Tanács 2008/98/Ek Irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről Waste Framework Directive (2008/98/EC), <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/waste-framework-directive-2008-98-ec>

7.2.3. Egyéb szakirodalom

Dr. SZÉLL Mária (szerk.): Fenntartható energetika az épületszerkezetek tervezésében és oktatásában. Terc kiadó, Budapest 2012

Dr. SZŰCS Edit, Dr. BUDAI István, MATKÓ Andrea (2011): Környezetmenedzsment - Hatásértékelő rendszerek (http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Kornyezetmenedzsment/ch09s03.html)

ENSLIC (2010): Guidelines for LCA calculations in early design phases. <http://circe.cps.unizar.es/enslic/texto/home.html>

LoRe-LCA (2010): State of the art report - Use of Life cycle assessment Methods and tools. <http://www.sintef.no/Projectweb/LoRe-LCA/Training/>

MEDGYASSZAY Péter: A földépítés optimalizált alkalmazási lehetőségei Magyarországon - különös tekintettel az építésökológia és az energiatudatos épülettervezés szempontjaira. Doktori disszertáció, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 2007

SZALAY Zsuzsa (2009): Építési termékek és épületek életciklusa. Diasor (<http://docplayer.hu/3532765-Epitesi-termekek-es-epuletek-eletciklusa.html>)

TIDERENCZL Gábor, MEDGYASSZAY Péter, SZALAY Zsuzsa, ZORKÓCZY Zoltán: Épületszerkezetek építésökológiai és -biológiai értékelő rendszerének összeállítása az építési anyagok hazai gyártási/előállítási adatai alapján. OTKA T/F 046265 kutatási jelentés, Budapest 2006

ZÖLD András, SZALAY Zsuzsa, CSOKNYAI Tamás: Energiatudatos építészet 2.0. TERC Kiadó, Budapest 2016

MSZ ISO/TS 17033:2022 „Etikai nyilatkozatok és az azokat alátámasztó információk. Alapelvek és követelmények”

8. MELLÉKLETEK

8.1. Adatlap-minták adatgyűjtéshez [1]

Adatlap folyamategység vizsgálatához				
Készítette:		Készítés ideje:		
Folyamategység azonosítója:		Adatfelvétel helye:		
Időintervallum: (pl. év)		Kezdő hónap:	Befejező hónap:	
Folyamategység leírása: szükség szerint külön mellékletként is csatolható				
Anyagi bemenetek	Mértékegység	Mennyiség	Elemzési módszer típusa	Adat forrása
Vízhasználat	Mértékegység	Mennyiség	Elemzési módszer típusa	Adat forrása
Energiahasználat	Mértékegység	Mennyiség	Elemzési módszer típusa	Adat forrása
Anyagi kimenetek (terméket is beleértve)	Mértékegység	Mennyiség	Elemzési módszer típusa	Adat forrása

Az adatlapon a termék előállításához kapcsolódó bemeneti és kimeneti oldalak minden tételét szerepeltetni kell.

8.2. Adatlap szállításhoz kapcsolódó adatok felvételéhez

Közbenső termék megnevezése	Szállítás típusa (pl. közúti)			
	Távolság (km)	Szállítási kapacitás (t)	Aktuálisan szállított mennyiség (t)	Üres visszfuvar (Igen/Nem)

8.3. Légköri emissziók számításához szükséges adatok felvétele

Üzemanyag típusa	Összes szállított anyagmennyiség	Összes üzemanyag-felhasználás
Gázolaj		
Benzin		
LPG		
Egyéb		

8.4. Adatlap leltárelemzéshez szükséges adatok gyűjtéséhez [2]

Folyamategység azonosítója:		Adatfelvétel helye:	
Légköri emissziók	Mértékegység	Mennyiség	Adatgyűjtési módszer típusa
Vízi emissziók	Mértékegység	Mennyiség	Adatgyűjtési módszer típusa
Talaj emissziók	Mértékegység	Mennyiség	Adatgyűjtési módszer típusa
További kibocsátások	Mértékegység	Mennyiség	Adatgyűjtési módszer típusa

Az adott folyamategységre vetítve az adatlapnak tartalmaznia kell minden egyedi számítást, adatot, mintát akár további melléletek csatolásával.

8.5. A szabványok tartalmi elemeinek figyelembevétele

Termékkör megnevezése		Építési termék
Termékkörre vonatkozó harmonizált műszaki előírás: (http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando alapján)		MSZ EN szabványszám és megnevezés alapján kikeresni
Termékkör felhasználási területe:		A termék rendeltetés szerinti felhasználása, amelyet az életciklus-elemzésnél tekintetbe kell venni.
Termékközzetevők	Gyártás során használt nyersanyagok:	A szabványban megnevezett komponensek számításba vétele kötelező, az adatgyűjtést és adatellenőrzést megkönnyíti.
	Késztermék anyaga (i):	Az életútvégi leltár teljességi ellenőrzését segíti.
Leltárkészítés kapcsán jelentős terméktulajdonságok	Méretek:	Geometriai tulajdonságok (hossz, szélesség, magasság, üregtérfogat) (A funkcióegységre vetített összetétel kiszámításához szükséges adatok)
	Testsűrűség:	A termék fő komponenseire vonatkozóan kötelező.
	Veszélyes anyagok:	Amennyiben tartalmaz, a termékhez mellékelte 1907/2006/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti biztonsági adatlapon feltüntetve - az EoL fázisban van jelentősége.
	Tartósság:	Tűzzel szembeni viselkedés, Fagyállóság - életciklus-elemzés szempontjából nem kevésbé releváns.
	Várható élettartam:	Termékenként fontos definiálni beépítve a karbantartást, csere gyakoriságát határozza meg.

8.6. Környezeti hatáskategóriák és indikátorok

Erőforrásfelhasználás (ásványi anyagok, fémek és energiahordozók)

A földnek véges a nem megújuló erőforrás készlete, mint pl. fémek, ásványi nyersanyagok, fosszilis tüzelőanyagok: szén, kőolaj és földgáz. Tehát az erőforrások egyre nagyobb mértékű kiaknázása arra kényszeríti a jövő generációit, hogy alacsonyabb koncentrációjú vagy alacsonyabb minőségű erőforrásokat nyerjenek ki. Például a fosszilis üzemanyagok kimerülése oda vezethet, hogy azok majd nem állnak rendelkezésre a jövő generációi számára.

A jelenséget elemző hatáskategóriák a következők:

- ▶ Nem megújuló erőforrások kimerülésének értékelése, az ásványi anyagok és fémek felhasználása miatt. Mértékegység: kilogramm antimon egyenérték (kg Sb egyenérték);
- ▶ A fosszilis eredetű erőforrások kimerülése az energiahordozók, mint a fosszilis üzemanyagok felhasználása miatt. Mértékegység: MJ of energia.

Édesvízi eutrofizáció

Az eutrofizációs hatást az ökoszisztémákban elsősorban a nitrogént (N) vagy a foszfort (P) tartalmazó anyagok felszaporodása okozza. Ha ezek a tápanyagok nagyobb mennyiségben jutnak az édesvizetekbe, az az algák gyors növekedéséhez vezet. Ennek következtében lecsökken a víz oxigénszintje, amely veszélyt jelent a halak számára. A vízi környezetbe jutó nitrogén nagyrészt a mezőgazdaságban használt műtrágyákból származik, de az égetésből is eredhet. A foszforkibocsátás forrása főként a városi és ipari szennyvíz, valamint a mezőgazdasági területekből történő kimosódás. Az eutrofizáció olyan hatás, amely helyi és regionális szinten befolyásolja a környezetet. Mértékegység: kilogramm foszfor egyenérték (kg P egyenérték).

Fotokémiai ózonképződés - emberi egészségre káros

Míg a sztratoszférikus ózon megvédi minket a káros hatásoktól, addig a talajközeli ózon (a troposzférában) ártalmas, megtámadja az állatok és növények szerves részeit, növeli a légzési problémák gyakoriságát, pl. amikor a városokban fotokémiai szmog („nyári szmog”) van jelen. A fotokémiai ózonképződés olyan hatás, amely helyi és regionális szinten hat a környezetre. Mértékegység: kilogramm nem metán illékony szerves vegyületek egyenértéke (kg NMVOC egyenérték).

Földi eutrofizáció

A szárazföldi eutrofizációs hatást is elsősorban a nitrogént (N) vagy a foszfort (P) tartalmazó anyagok felszaporodása okozza. Ezek a tápanyagok az algák vagy specifikus növények elszaporodását okozzák és így korlátozzák az eredeti ökoszisztéma fejlődését. Az eutrofizáció olyan hatás, amely helyi és regionális szinten befolyásolja a környezetet. Mértékegység: mol nitrogén egyenérték (mol N egyenérték).

Humántoxicitás (HTP - 'Human-Toxicity Potential')

A környezetben jelenlévő káros hatású toxikus anyagok emberi egészségre gyakorolt hatását jellemzi. Az anyagok humántoxicitás potenciáljának viszonyítási alapja az 1,4-diklór-benzol. Kifejezve kg DCB-egyenérték (jelölése: kg 1,4-DCB-Eq).

A humántoxicitás indikátort (HTP) a CML 2001 elemzési rendszer vezette be. [9]

Ionizáló sugárzás (IR - 'Ionizing Radiation')

Ionizáló sugárzás az olyan sugárzás, amelyben terjedő részecskéknek elegendő energiája van a velük kölcsönhatásba lépő atomok és molekulák ionizációjához. Az ionizáció abból áll, hogy egy atomból (vagy molekulából) teljesen eltávolítunk egy vagy több elektront. Lényeges, hogy a kisebb energiájú sugárzás még nagyobb fluxus mellett sem képes az ionizációra. A nagy fluxusú ionizáló sugárzás roncsolja az élő szervezeteket.

Többfajta ionizáló sugárzás létezik:

- ▶ elektromágneses sugárzás: távoli ultraibolya-, röntgen- és a gammasugarak,
- ▶ részecskesugárzás: proton-, elektron-, alfasugárzás, vagy más töltött részecskék.

Az ionizáló sugarak forrásai legtöbbször a radioaktív atommagok és a kozmikus sugarak, kísérői a maghasadásnak és a magfúciónak (a Napról hozzánk érkező fény is tartalmaz ionizáló sugárzást). Fontos kihangsúlyozni, hogy a természetben állandóan jelen van bizonyos mennyiségű ionizáló sugárzás. ECO-Indicator 95 hatásértékelő-rendszerben Bq l129-Eq-ban kifejezve.

Klímaváltozás

Minden olyan tevékenység (fogyasztás és kibocsátás) hozzájárul, amely üvegházhatású gázemisszióval jár. A globális hőmérséklet megnövekedését, illetve regionális éghajlati változásokat legnagyobb mértékben a fosszilis tüzelőanyagok, például a szén, az olaj és a földgáz eltüzelése eredményezheti. Az éghajlatváltozás a környezetet globálisan érintő hatás. Ez a hatáskategória tovább bontható:

- ▶ Fosszilis eredetű éghajlatváltozás, amely a fosszilis tüzelőanyagok átalakításából vagy lebomlásából (pl. égésből) származó üvegházhatású gázok kibocsátását tartalmazza;
- ▶ Biogén eredetű éghajlatváltozás, amely a biomassza átalakításából vagy lebomlásából származó üvegházhatású gázok kibocsátására fókuszál;
- ▶ A földhasználatváltozással összefüggő éghajlatváltozás, amely magában foglalja a talaj vagy a biomassza karbon megkötését, valamint a földhasználat (pl. erdőirtás, útépités vagy egyéb talajtevékenység) által okozott szénkészlet-változásokból eredő kibocsátásokat. Mértékegység: kilogramm szén-dioxid-egyenérték (kg CO₂ egyenérték).

Kumulatív energiaigény (CED - 'Cumulative Energy Demand')

A kumulatív energiaigény számításán alapuló módszer egy termék, vagy folyamatkörnyezetre 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) energiafelhasználást. Ez az indikátor egymagában nem elegendő teljes életciklus-elemzés készítéséhez, azonban jó tájékoztató alapot nyújt a környezetterhelés megítéléséhez. Számos környezeti hatás, mint például a globális felmelegedés, savasodás, ózontépcsődés mértéke és az energiafelhasználás között közel egyenes arányosság mutatható ki, döntő hányadú fosszilis energiafelhasználás esetén.

A kumulatív energiaigény felosztható megújuló és nem megújuló energiaforrásokra, amelyek tovább oszthatók előállítási források szerint. Energiafelhasználáson alapuló indikátor lévén energiaegyenértékben fejezzük ki [jelölése: MJ-Eq].

Típusai:

Megújuló energiaforrások:

- ▶ biomassza alapú energia,
- ▶ geotermikus energia,
- ▶ vízenergia,
- ▶ szoláris energia,

- ▶ szélenergia.

Nem megújuló energiaforrások:

- ▶ fosszilis tüzelőanyagok,
- ▶ nukleáris források,
- ▶ nem fenntartható erdőgazdálkodásból származó biomassa.

Ózonréteg vékonyodás

A sztratoszférikus ózonréteg (O_3) megvéd minket a veszélyes ultraibolya-sugárzástól (UV-B). Kimerülése veszélyes következményekkel járhat, az embereknek bőrrákot okozhat, a növények károsodásával járhat. A sztratoszférikus ózonrétegcsökkenés olyan hatás, amely globálisan befolyásolja a környezetet. Mértékegység: kilogramm CFC-11 egyenérték (kg CFC-11 egyenérték).

Ökotoxicitás (ETP - 'Ecotoxicity Potential')

A környezetben jelenlévő káros hatású toxikus anyagok közvetlenül károsíthatják, mérgezik a vízi, szárazföldi és üledéki ökoszisztémákat. Az anyagok humántoxicitás potenciáljának viszonyítási alapja az 1,4-diklór-benzol. Kifejezve kg DCB-egyenérték (jelölése: kg 1,4-DCB-Eq).

Az ökotoxicitás indikátort (ETP) a CML 2001 elemzési rendszer vezette be. [9]

Típusai:

- ▶ édesvízi ökotoxicitás (FAETP),
- ▶ tengeri ökotoxicitás (MAETP),
- ▶ szárazföldi ökotoxicitás (TAETP),
- ▶ édesvízi üledék ökotoxicitás (FSETP),
- ▶ tengeri üledék ökotoxicitás (MSETP).

Savasodás

A savasodás a túllelű erdők károsodásához és fokozott halpusztuláshoz járul hozzá, amelyet a levegőbe, vízbe és talajba jutó kibocsátások okozhatnak. Ilyenek: pl. a villamosenergia, vagy a hőenergia termelésének, vagy a szállítás emisszióinak hatásai. A savasodáshoz legnagyobb mértékben az üzemanyagok magas kéntartalma járul hozzá. A savasodás olyan hatás, amely a környezetet főként regionális szinten érinti. Mértékegység: mol H^+ egyenérték (mol H^+ egyenérték).

Tengeri eutrofizáció

A tengeri eutrofizációs hatást is elsősorban a nitrogént (N) vagy a foszfort (P) tartalmazó anyagok felszaporodása okozza. Általános szabály, hogy ezek a tápanyagok meghatározók az ökoszisztéma növekedése szempontjából és nagyobb mennyiségű tápanyag az algák vagy egyes növények túlzott elszaporodásához vezethet. A tengeri környezet szempontjából ez elsősorban a nitrogén (N) kibocsátásokkal

függ össze, amelyet nagyrészt a műtrágyák mezőgazdasági felhasználása okozza, de az égetési folyamatokhoz is köthető. Az eutrofizáció olyan hatás, amely helyi és regionális szinten befolyásolja a környezetet. Mértékegység: kilogramm nitrogén egyenérték (kg N egyenérték).

Vízhiány

A tavakból, folyókból vagy talajvízből kivett vízmennyiség hozzájárulhat a rendelkezésre álló vízkészlet „kimerüléséhez”. A hatáskategória figyelembe veszi a rendelkezésre álló vízmennyiséget vagy annak hiányát azokban a régiókban, ahol a tevékenység folyik. Mértékegység: köbméter (m³) vízhasználat a helyi vízhiányhoz viszonyítva (*) <https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/communication/impact.htm> (last assess: April 2021).

8.7. Karakterisztikus faktorok

Üvegházhatású gázok GWP értékei:

Megnevezés	Képlet	GWP CO ₂ kg-eq (az IPCC-jelentésben)			
		2. jelentés	3. jelentés	4. jelentés	5. jelentés
Szén-dioxid	CO ₂	1	1	1	1
Metán	CH ₄	21	23	25	28
Nitrogén-oxid	N ₂ O	310	296	298	265
Kén-hexafluorid	SF ₆	23,900	22,200	22,800	23,500
Szén-tetrafluorid	CF ₄	6,500	5,700	7,390	6,630
Hexa-fluoretán	C ₂ F ₆	9,200	11,900	12,200	11,100
HFC-23	CHF ₃	11,700	12,000	14,800	12,400
HFC-32	CH ₂ F ₂	650	550	675	677
HFC-41	CH ₃ F	150	97	92	116
HFC-125	C ₂ HF ₅	2,800	3,400	3,500	3,170
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	1,000	1,100	1,100	1,120
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1,300	1,300	14,300	1,300
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	300	330	353	328
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	3,800	4,300	4,470	4,800
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	140	120	124	138
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	2,900	3,500	3,220	3,350
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	6,300	9,400	9,810	8,060
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	560	950	1,030	716
Nitrogén-trifluorid	NF ₃	--	--	17,200	16,100

Forrás: [8, 51. oldal]

Az *ÉLETCIKLUS-ELEMZÉS LEHETSÉGES MÓDSZEREI ÉS ÉRTÉKELÉSI SZEMPONTJAI*
című építésügyi műszaki irányelvet a szakmai szervezetek véleményezése mellett
összeállította, a tervezet előkészítéséért felelős:

▶ Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft.
2000 Szentendre, Dózsa György út 26.

▶ Telefon: +36 (26) 502 300

▶ E-mail: emszb@emi.hu

▶ Honlap: www.emi.hu

A kiadvány megjelenése az Innovációs és Technológiai Minisztérium támogatásával valósult meg.



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

 **ÉMSZB**
ÉPÍTÉSÜGYI MŰSZAKI SZABÁLYOZÁSI BIZOTTSÁG



ÉPÍTÉSÜGYI
MINŐSÉGELLENŐRZŐ
INNOVÁCIÓS NKFT.