

**MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR**



**AZ ESG RENDSZER LEHETSÉGES HATÁSA
A RECYCLING LOGISZTIKAI FOLYAMATOK
FELÉPÍTÉSÉRE ÉS MŰKÖDÉSÉRE**

PhD értekezés

Készítette:
Latorcai Zsombor Lóránd
okleveles mérnök

Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola
Anyagáramlási rendszerek és logisztikai informatika tématerület
Logisztikai Intézet

DOKTORI ISKOLA VEZETŐ
Prof. Dr. Kovács László
egyetemi tanár

TÉMATERÜLET VEZETŐ
Prof. Dr. Illés Béla
egyetemi tanár

TÉMAVEZETŐ
Prof. Dr. Illés Béla
egyetemi tanár

TÁRSTÉMAVEZETŐ
Prof. Dr. Tamás Péter
egyetemi tanár

Miskolc, 2025

Nyilatkozat

Alulírott, Latorcai Zsombor Lóránd, kijelentem, hogy ezt a doktori értekezést magam készítettem, és abban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint, vagy azonos tartalomban, de átfogalmazva átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

A dolgozat bírálatai, és a védésről készült jegyzőkönyv a későbbiekben a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának Dékáni Hivatalában lesznek elérhetőek.

Miskolc, 2025. 09.25

.....
Latorcai Zsombor Lóránd

Köszönetnyilvánítás

Az értekezés a Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola keretein belül, a Miskolci Egyetem Logisztikai Intézetében folytatott kutatómunkám eredményeit foglalja össze.

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet és hálámat mindazoknak, akik tanácsaikkal hozzájárultak az értekezés elkészültéhez. Különösképpen szeretnék köszönetet mondani tudományos vezetőmnek, **Dr. Illés Béla** professzor úrnak, szakmai tanácsaiért és projektekbe történő bevonásáért, melyek nélkülözhetetlen segítséget jelentettek a kutatómunkám sikeres elvégzéséhez, a publikációs elvárások teljesítéséhez. Köszönetemet fejezem ki **Dr. Tamás Péter** professzor úrnak, társtémavezetőmnek, aki iránymutatásával, ötleteivel, fejlesztési tanácsaival az értekezés elkészüléséhez nagymértékben járult hozzá.

Köszönöm a Gépészmérnöki és Informatikai Kar vezetőségének, valamint **Dr. Kovács László** professzor úrnak, a Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola vezetőjének, hogy lehetőséget biztosítottak a magas szintű kutatómunka elvégzésére.

Témavezetői ajánlás

Latorcai Zsombor Lóránd: „Az ESH rendszer lehetséges hatása a recycling logisztikai folyamatokfelépítésére és működésére” című PhD értekezéséhez

Latorcai Zsombor Lóránd a Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola Anyagáramlási rendszerek és logisztikai informatika tématerületéhez kapcsolódóan folytatta PhD tanulmányait. Kutatásai során többek között tervezésével, működésével foglalkozott és vizsgálta azon kapcsolódási területeket, amelyek mind az informatika mind a logisztika területével kapcsolatosak.

Latorcai Zsombor Lóránd diplomamunkáját a Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem xxx Tanszékén készítette el. Diplomamunkája „xxx” témakörben készült el. Számos kutatómunkában vett részt, amelyek eredményeiről társszerzőkkel publikációk születtek. Több logisztikai kutatás megvalósításában vett részt, és végzett eredményes kutatómunkát.

Latorcai Zsombor Lóránd érdeklődő, motivált hallgatóként végezte el PhD tanulmányait. A tanulmányi elvárásokat 1 éven belül, minden tárgy esetében jeles eredménnyel teljesítette, tett sikeres abszolutóriumot, majd eljárásindítás után summa cum laude eredménnyel komplex vizsgát.

Kutatási eredményeit hazai és nemzetközi konferenciákon és folyóiratokban publikálta. Az MTMT adatbázis alapján xx közleménye jelent meg. Független hivatkozásainak száma xx, Q száma xx

Az értekezés Latorcai Zsombor Lóránd önálló kutatási eredményeit tartalmazza, és minden szempontból megfelel a Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola szabályzatában előírt követelményeknek.

A fentiek alapján a jelölt számára a PhD cím odaítélését messzemenően támogatjuk.

Miskolc, 2025. szeptember 25.

.....

Prof. Dr. Illés Béla
témavezető

Prof. Dr. Tamás Péter
társtémavezető

Tartalom

Nyilatkozat	2
Köszönetnyilvánítás	3
Témavezetői ajánlás	4
1 Bevezetés	11
2 Az ESG rendszerek alkalmazásának indokoltsága	14
3 A szakirodalom áttekintése, a kutatás céljai, módszerei	19
3.1 Irodalomkutatás szisztematikus megközelítése	19
3.2 Keresési stratégiák	19
3.3 Publikációk kiválasztása	21
3.4 Szakirodalmi áttekintés	22
3.4.1 ESG és környezetvédelem kapcsolata	22
3.4.2 Recycling és életciklus-szemlélet a logisztikában	23
3.4.3 Hálózatok szerepe a fenntartható logisztikában	24
3.4.4 ESG, logisztika és környezetvédelem közös metszéspontjai	24
3.5 Részletes szakirodalmi feldolgozás a kulcsszavakhoz	27
3.5.1 ESG (Environmental, Social, Governance)	27
3.5.2 Recycling	27
3.5.3 Életciklus-szemlélet (Life Cycle Assessment, LCA)	28
3.5.4 Logisztika és hálózatok	28
3.6 Publikációs trendek elemzése	29
3.6.1 Kimutatás és diagramok	29
3.6.2 Diagramok és vizuális ábrázolás	29
3.6.3 Szabályozási megfelelés:	31
3.6.4 Következtetések	31
3.7 Összefoglalás	32

4	Jogszabályi rész	34
4.1	Az ESG szabályozás kialakulása az EU-ban	34
4.2	Fontos mérföldkövek az ESG szabályozásban	36
4.2.1	Az ESG szabályozás hatása.....	39
4.2.2	Az EU szabályozás alakulása az Omnibus javaslat tükrében...	39
4.2.3	A német szabályozás	40
4.2.4	A magyar szabályozás, mint az Európai ESG-re adott válasz..	41
4.2.5	Érintett vállalkozások és határidők.....	44
4.2.5	Kockázatértékelési és kockázatkezelési rendszer.....	44
4.2.6	Társadalmi felelősségvállalási stratégia	45
4.2.7	ESG beszámoló	45
4.3	Összegzés	46
5	ESG rendszerek kívánalmai a logisztikától.....	47
5.1	Környezeti (Environmental) elvárások	47
5.2	Társadalmi (Social) aspektusok	47
5.3	Irányítási (Governance) elvárások	48
5.4	Összegzés és kitekintés	48
6	Az ESG rendszer által megkívánt új típusú logisztikai hálózat	49
6.1	A Recycling logisztika bemutatása az ESG tükrében.....	49
6.2	A Klaszter mint lehetséges működési forma	50
6.3	Az ESG Rendszer többletkövetelményei a logisztikában és a hasznosítható modellek.....	51
6.4	Lineáris programozási modellek (LP)	53
6.4.1	Célfüggvények az ESG jegyében:	53
6.4.2	Korlátok	55
6.4.3	Alkalmazás a recycling logisztikában	55

6.5	Hálózat-optimalizálási modellek	55
6.5.1	Célok és korlátok	56
6.5.2	Alkalmazás a recycling logisztikában	56
6.5.3	Modellek a klaszter működésben.....	57
6.6	Életciklus-elemzési (LCA) modellek a recycling logisztikában ..	57
6.6.1	Az Életciklus-elemzés fázisai	58
6.6.2	Az LCA modellek szerepe az ESG-ben és a recycling logisztikában	59
6.6.3	Az LCA kihívásai a recycling logisztikában	61
6.7	Körforgásos gazdaság modellek a recycling logisztikában	61
6.7.1	A Körforgásos gazdaság alapelvei és a recycling logisztika szerepe	61
6.7.2	A körforgásos gazdaság modellek típusai és alkalmazásuk a recycling logisztikában	62
6.7.3	Az ESG-nek megfelelő recycling logisztikai rendszer és a körforgásos modellek kapcsolata.....	65
6.8	Blockchain alapú nyomon követési rendszerek a recycling logisztikában	66
6.8.1	A Blockchain technológia alapjai.....	67
6.8.2	Alkalmazás a recycling logisztikában	68
6.8.3	Integráció más modellekkel és rendszerekkel	69
6.8.4	Kihívások és jövőbeli kilátások Magyarországon	70
6.9	Összefoglalás	71
7	ESG rendszer modellje, modellelemek és kapcsolatok	72
7.1	Bevezetés	72
7.2	Az ESG-rendszer általános modellje	72
7.3	Modellelemek részletes bontása	73

7.3.1 Környezeti pillér (E - Environmental)	73
7.3.2 Társadalmi pillér (S - Social).....	74
7.3.3 Irányítási pillér (G - Governance).....	74
7.4 Modellkapcsolatok és integráció	74
7.4.1 Pillérek közötti kapcsolatok.....	74
7.4.2 Vállalati funkciókkal való kapcsolat	75
7.5 Működtetés és visszacsatolás.....	75
7.6 Összefoglalás	76
8 ESG rendszerek elemei közötti anyag- és információáramlás	77
8.1 Bevezetés az ESG-rendszerekbe.....	77
8.2 Az ESG-rendszer elemei közötti kapcsolat	77
8.3 Anyagáramlás az ESG-rendszeren belül	78
8.4 Információáramlás az ESG-rendszerben	78
8.4.1 Adatgyűjtés	78
8.4.2 Adatfeldolgozás és jelentéskészítés.....	78
8.4.3 Kommunikáció és transzparencia	79
8.5 Az anyag- és információáramlás kihívásai és lehetőségei.....	79
8.5.1 Kihívások.....	79
8.5.2 Lehetőségek	79
8.6 Következtetés.....	79
9 Az értekezés tézisei	89
10 Theses of the dissertation	90
11 Összefoglalás	91
12 Summary	92
13 Irodalomjegyzék.....	93
14 Saját publikációk.....	95

I.	Ábrajegyzék	96
II.	Táblázatok jegyzéke.....	97

1 Bevezetés

Az elmúlt évtizedben a fenntarthatóság kérdésköre az akadémiai és gazdasági párbeszéd meghatározó elemévé vált, különös tekintettel a globális környezeti és társadalmi kihívásokra, mint például az éghajlatváltozás, az erőforrások túlzott felhasználása, valamint az ellátási láncok fenntarthatósági szempontú átalakításának szükségessége. Az ESG (Environmental, Social, Governance) keretrendszer megjelenése olyan integrált megközelítést kínál, amely lehetővé teszi a környezeti, társadalmi és vállalatirányítási szempontok összehangolt kezelését, ezáltal hozzájárulva a vállalatok hosszú távú fenntarthatóságának és versenyképességének biztosításához.

Az újrahasznosítási (recycling) logisztika kulcsfontosságú szerepet játszik napjaink fenntarthatósági törekvéseiben. Nem csupán a hulladékkezelésről szól, hanem az erőforrások hatékony felhasználásáról, a környezeti terhelés csökkentéséről, és egy fenntarthatóbb jövő építéséről is. A recycling logisztika magában foglalja a hulladékok gyűjtését, szállítását, válogatását, feldolgozását és az újrahasznosított anyagok újbóli bevezetését a gyártási folyamatokba. Azonban számos komplex kihívással néz szembe, amelyek megoldása alapvető fontosságú a körforgásos gazdaság eléréséhez.

Az újrahasznosítási folyamat bonyolult és költséges, számos akadályba ütközik. Az egyik legnagyobb probléma a hulladékok heterogén jellege: a vegyes hulladék gyűjtése és szétválogatása jelentős technológiai és logisztikai kihívásokat támaszt. A szennyeződések csökkentik az újrahasznosított anyagok minőségét és értékét. Emellett a logisztikai infrastruktúra hiányosságai, mint például a nem megfelelő gyűjtőpontok vagy a drága szállítás, szintén gátolják a hatékony újrahasznosítást. A fogyasztói magatartás is kulcsfontosságú: a tudatosság hiánya és a helytelen szelektív hulladékgyűjtés rontja a rendszer hatékonyságát.

Az ESG (Environmental, Social, Governance – Környezeti, Társadalmi, Irányítási) szempontok egyre inkább fókuszba kerülnek az üzleti életben, és valós beavatkozási és ellenőrzési lehetőséget biztosítanak a recycling logisztika fejlesztésére. Az ESG-elvek iránymutatást adnak a vállalatoknak a fenntartható működésre, beleértve a hulladékcsökkentést és az újrahasznosítási ráták növelését. Az ESG-kritériumoknak való megfelelés nem csupán etikai elvárás, hanem gazdasági előnyökkel is jár, mint például a befektetői bizalom növelése, a működési költségek csökkentése, és a márka hírnevének javítása. Az ESG keretrendszer lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy nyomon kövessék és javítsák környezeti lábnyomukat, társadalmi felelősségvállalásukat és vállalatirányítási gyakorlatukat a teljes ellátási láncban.

A globalizáció mélyrehatóan befolyásolja a recycling logisztikát. Egyfelől lehetőséget teremt a globális újrahasznosítási piacok kialakulására, ahol a hulladék anyagok a legmegfelelőbb feldolgozó üzemekbe kerülhetnek. Másfelől viszont komoly problémákat is felvet. A határokon átnyúló hulladékszállítás környezeti kockázatokat rejt, különösen, ha az illegális vagy szabályozatlan módon történik. A fejlődő országokba irányuló hulladékexport etikai és környezetvédelmi aggodalmakat vet fel, mivel gyakran nem állnak rendelkezésre a megfelelő feldolgozási kapacitások, ami környezetszennyezéshez vezet. A globális ellátási láncok komplexitása megnehezíti a hulladékarámok nyomon követését és ellenőrzését.

A fogyasztói társadalom egyik legnagyobb kihívása a rövid élettartamú eszközök és a gyorsan változó divat által generált hatalmas mennyiségű hulladék. Az egyszer használatos termékek és az eldobható kultúra jelentősen hozzájárul a hulladékmennyiség növekedéséhez. Az ESG szempontok itt is kiemelten fontosak: a vállalatoknak és a fogyasztóknak egyaránt felelősséget kell vállalniuk a termékek teljes életciklusáért, a tervezéstől az ártalmatlanításig. A körforgásos gazdaság célja, hogy a termékek élettartama a lehető leghosszabb legyen, és az anyagok a lehető legtovább maradjanak a gazdaságban. Ez magában foglalja a javítás, újrafelhasználás és újrahasznosítás ösztönzését, szemben a lineáris "termelj-használj-dobj el" modellel.

Az ESG keretrendszer a környezeti, társadalmi és vállalatiirányítási szempontokat integráló megközelítésként a fenntarthatósági kutatások alapját képezi. Az ESG szempontok logisztikai alkalmazása nemcsak a fenntarthatósági célkitűzések megvalósítását segíti elő, hanem a gazdasági teljesítmény növeléséhez is hozzájárul (Carbone & Moatti, 2021). A recycling folyamatok és az életciklus-szemlélet (LCA) pedig az ESG célok gyakorlati megvalósításának kulcsfontosságú elemei, lehetővé téve az ellátási láncok környezeti hatásainak csökkentését és a hosszú távú fenntarthatósági stratégiai tervezést.

A logisztikai folyamatok, mint a globális gazdasági rendszer gerincét alkotó funkciók, kulcsfontosságú szerepet töltenek be a fenntarthatósági célok megvalósításában. Az ellátási láncok optimalizálása, a szállítási hálózatok energiahatékony működtetése, valamint a hulladékgazdálkodási stratégiák integrálása jelentős potenciállal rendelkezik a környezeti lábnyom csökkentése terén. E folyamatok során különösen fontos szerepet kap a recycling és az életciklus-szemlélet (Life Cycle Assessment, LCA) alkalmazása, amelyek lehetőséget nyújtanak a logisztikai láncok átfogó fenntarthatósági szempontú értékelésére és fejlesztésére.

2 Az ESG rendszerek alkalmazásának indokoltsága

A hulladékmennyiség évről évre világszerte növekszik. A statisztikai adatok szerint globálisan évente mintegy 2,01 milliárd tonna települési hulladék keletkezik, és ez a szám az előrejelzések szerint 2050-re elérheti a 3,4 milliárd tonnát. (Forrás: Világbank, 2018, "What a Waste 2.0")

Európában az egy főre jutó települési hulladék mennyisége átlagosan 530 kg/év körül mozog, bár jelentős különbségek vannak az egyes országok között. (Forrás: Eurostat)

Magyarországon a KSH adatai szerint 2022-ben az egy főre jutó települési hulladék 383 kg volt, melynek mindössze 36%-a került újrahasznosításra.

Ezek a számok is rávilágítanak arra, hogy a hulladékkezelés és az újrahasznosítás sürgető probléma.

A hulladékok újrahasznosítása nem csupán a környezeti terhelés csökkentését, hanem az energiahordozók végességének problémáját is enyhíti. Az újrahasznosítás jelentősen kevesebb energiát igényel, mint az elsődleges nyersanyagok előállítása. Például az alumínium újrahasznosítása 95%-kal, az acél újrahasznosítása 75%-kal, a műanyagok újrahasznosítása pedig átlagosan 60-70%-kal kevesebb energiát igényel, mint az új termékek előállítása szűz anyagokból. Ez kritikus fontosságú a fosszilis energiahordozók (kőolaj, földgáz, szén) szűkös készleteinek tükrében. Az újrahasznosítás tehát hozzájárul az energiafüggőség csökkentéséhez és a klímaváltozás elleni küzdelemhez.

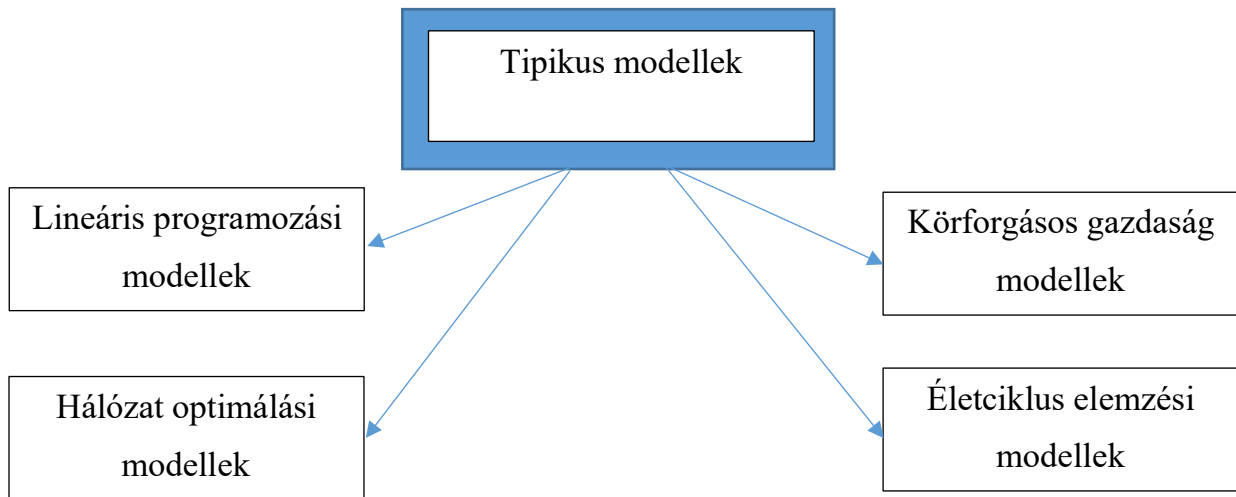
A hatékony recycling logisztika alapja az anyag- és energiaáramok teljes életciklus szemléletű követése. Ez azt jelenti, hogy egy termék vagy anyag útját a nyersanyag kinyerésétől, a gyártáson, felhasználáson át az újrahasznosításig vagy ártalmatlanításig nyomon követjük. Ez a megközelítés segít azonosítani a folyamat gyenge pontjait, optimalizálni az erőforrás-felhasználást és minimalizálni a hulladékot.

A hulladékok nyomon követése elengedhetetlen a szabályozás betartásához, az illegális tevékenységek megelőzéséhez és az újrahasznosítási ráták pontos méréséhez. Ehhez modern technológiák, mint a RFID (rádiófrekvenciás azonosítás), a GPS és a blockchain technológia is felhasználhatók.

A termékár egy gazdasági eszköz, amely a környezeti költségeket beépíti a termékek árába, ösztönözve a gyártókat a környezetbarátabb tervezésre és az újrahasznosításra. A

termékdíjak célja, hogy a gyártók felelősséget vállaljanak termékeik teljes életciklusáért, beleértve azok ártalmatlanítását vagy újrahasznosítását is.

Ezen területeken számos modell áll rendelkezésre a tervezéshez és optimalizáláshoz. Ezeket mutatja az 1. ábra.

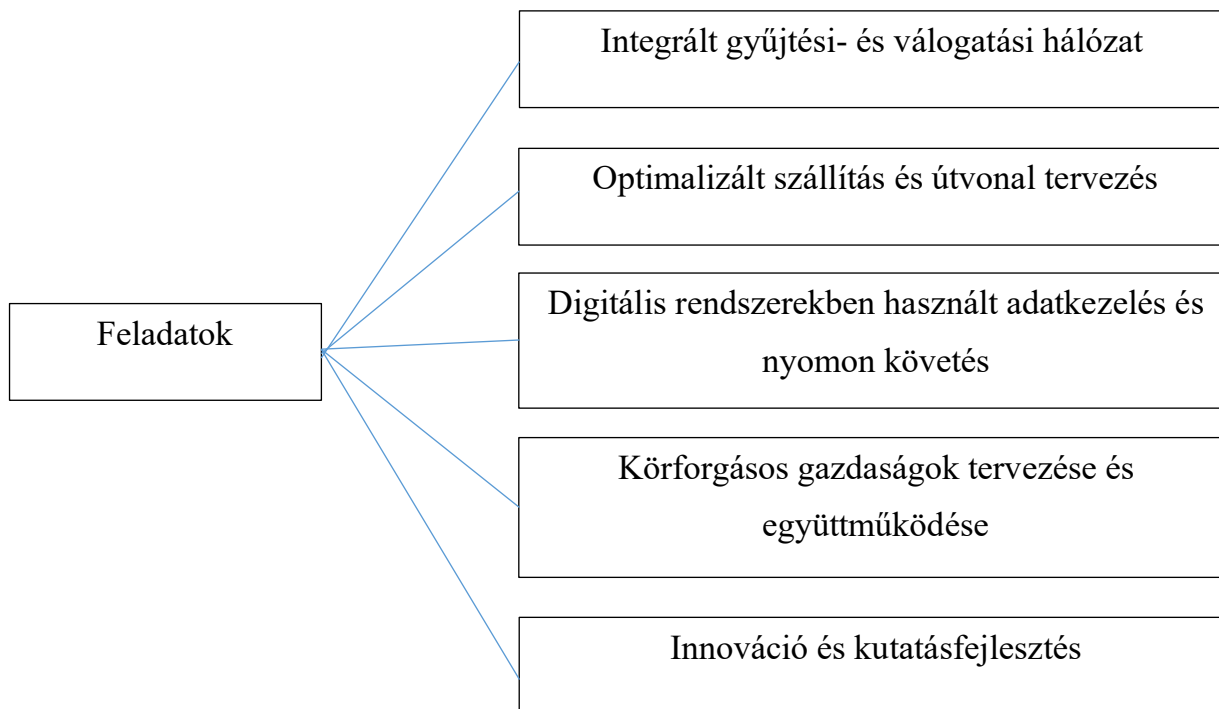


1. ábra Rendelkezésre álló modellek

Részletezve:

- Lineáris programozási modellek: A logisztikai útvonalak és a gyűjtőhálózatok optimalizálására, a költségek minimalizálására.
- Hálózat-optimalizálási modellek: A recycling központok elhelyezkedésének és kapacitásának meghatározására.
- Életciklus-elemzési (LCA) modellek: Egy termék vagy szolgáltatás teljes környezeti hatásának felmérésére.
- Körforgásos gazdaság modellek: A termékek és anyagok áramlásának tervezésére egy zárt láncú rendszerben.

Egy ESG-nek megfelelő recycling logisztikai rendszer kiépítése komplex feladat. Ezen komplex feladat részeit a 2. ábra mutatja.



2. ábra Az ESG recycling logisztikai rendszerének komplexitása

Integrált gyűjtési- és válogatási hálózat:

Intelligens gyűjtőpontok: szenzorokkal ellátott konténerek, amelyek jelzik a telítettséget, optimalizálva a szállítási útvonalakat.

Automatizált válogatóüzemek: fejlett optikai- és robotikai rendszerek a gyors és pontos anyagfelismeréshez és szétválogatáshoz.

Közösségi bevonás: oktatási programok a szelektív hulladékgyűjtés fontosságáról és helyes gyakorlatáról.

Optimalizált szállítás és útvonaltervezés

Zöld flotta: elektromos vagy hidrogénüzemű járművek bevezetése a szállítási CO₂-kibocsátás csökkentésére.

Dinamikus útvonaltervezés: valós idejű adatok alapján optimalizált útvonalak a távolságok és az üzemanyag-fogyasztás minimalizálására.

Visszfuvar-logisztika: az üresen futó járművek kihasználása hulladékgyűjtésre vagy újrahasznosított anyagok szállítására.

Digitális rendszerekben használt adatkezelés és nyomon követés

Digitális platform: központosított rendszer a hulladékmennyiségek, gyűjtési adatok, feldolgozási ráták és a nyomon követési információk kezelésére.

Blockchain technológia: az anyagáramok és az újrahasznosított anyagok eredetének átlátható és manipulálhatatlan rögzítésére, biztosítva a hitelességet.

Jelentési rendszer: rendszeres és átlátható ESG-jelentések készítése a környezeti teljesítményről.

Körforgásos gazdaságok tervezése és együttműködése

"Design for Recycling": a termékek tervezése során már figyelembe kell venni az újrahasznosíthatóságot, a szétszedhetőséget és a monoanyagok használatát.

Ipari szimbiózis: vállalatok közötti együttműködés, ahol az egyik cég hulladéka a másik nyersanyagává válik.

Partnerség a gyártókkal: a gyártók bevonása a recycling folyamatba, ösztönözve őket a termékdíj fizetésére és az újrahasznosítás támogatására.

Innováció és kutatásfejlesztés

Újrahasznosítási technológiák: befektetés a kémiai újrahasznosításba, korszerű technológiákba és más innovatív megoldásokba a nehezen újrahasznosítható anyagok feldolgozása érdekében.

Anyagtudomány: kutatás-fejlesztés az újrahasznosított anyagok minőségének javítására és új felhasználási területek azonosítására.

Az ESG-nek megfelelő recycling logisztika tehát egy holisztikus megközelítés, amely technológiai innovációt, üzleti stratégiát és szabályozói intézkedéseket ötvöz a fenntartható jövő megteremtése érdekében. Ez nem csupán környezetvédelmi feladat, hanem gazdasági lehetőség és társadalmi felelősségvállalás is egyben, melyet értekezésemben részletesen vizsgállok.

Disszertációm fő feladatának tekintem az ESG-nek megfelelő recycling logisztikai rendszer lehetséges kialakításának vizsgálatát.

3 A szakirodalom áttekintése, a kutatás céljai, módszerei

3.1 Irodalomkutatás szisztematikus megközelítése

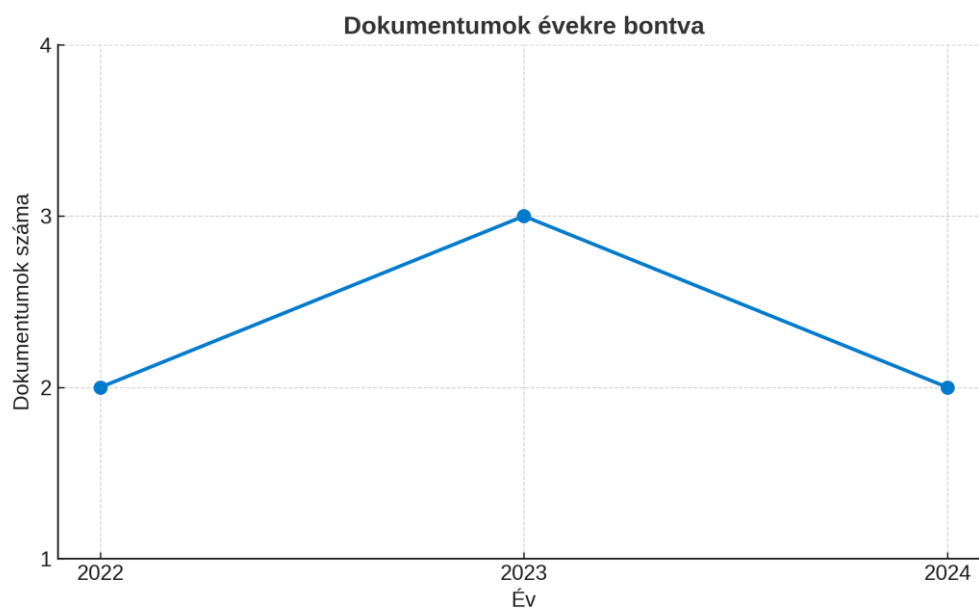
A szisztematikus irodalomkutatás célja, hogy átfogó és megbízható képet nyújtson a fenntarthatóság és logisztikai menedzsment területén releváns fogalmak és módszertanok kapcsolatáról, különös tekintettel az ESG, recycling, életciklus-szemlélet és logisztikai hálózatok témakörére. A kutatási módszer alapját a PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) irányelvei képezik, amelyek biztosítják az irodalomkutatás átláthatóságát, reprodukálhatóságát és tudományos megalapozottságát.

Az irodalomkutatás az alábbi három kiemelkedően fontos tudományos adatbázisra támaszkodott: Scopus, Web of Science és Google Scholar. E források kiválasztása annak biztosítása érdekében történt, hogy a legmagasabb minőségű és legfrissebb publikációkat vonjuk be az elemzésbe. E három adatbázis lefedi a fenntarthatósági kutatások, a logisztika és a környezetmenedzsment témájában megjelent szakmai cikkek, tanulmányok és konferenciaanyagok széles spektrumát, beleértve a lektorált és magas impaktfaktorú folyóiratokat.

3.2 Keresési stratégiák

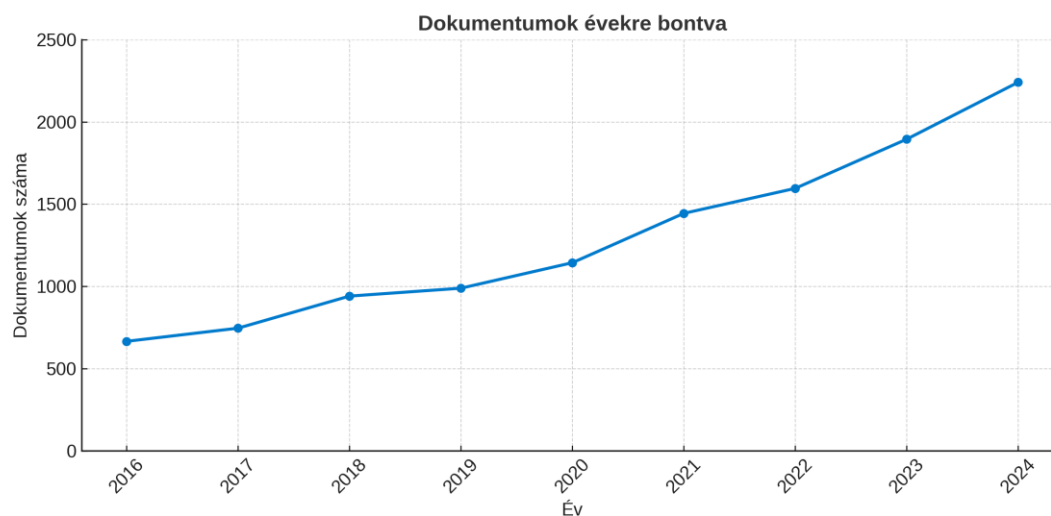
A szisztematikus keresés kulcsszó-alapú megközelítést alkalmazott, amelynek célja az volt, hogy a témához leginkább kapcsolódó publikációkat azonosítsuk. Az alkalmazott kulcsszavak az ESG, recycling, life cycle assessment, logistics networks és sustainability kifejezések köré csoportosultak. Az egyes kulcsszavakat önállóan és kombinált formában is használtuk, például:

- "ESG AND logistics networks",



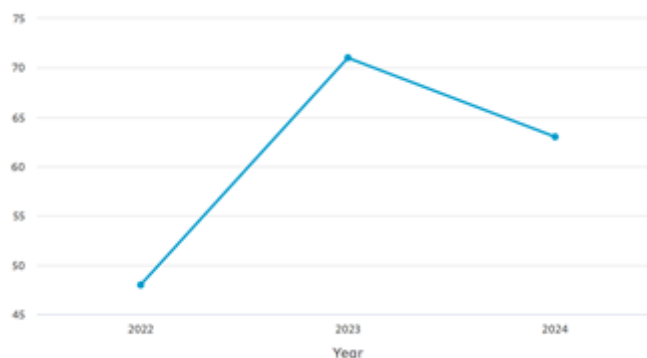
3. ábra Keresési eredmény a Scopus adatbázisában

- "sustainability AND life cycle assessment",



4. ábra Keresési eredmény a Scopus adatbázisában

- "recycling AND logistics optimization".



5. ábra Keresési eredmény a Scopus adatbázisában

Az időkeretet 2014 és 2024 között határoztuk meg, mivel a fenntarthatóság és ESG témakörei az utóbbi évtizedben váltak a tudományos és gyakorlati figyelem középpontjává. Az időszak kiválasztása lehetővé tette, hogy a legfrissebb kutatási eredményeket és trendeket azonosítsuk.

A szűrési kritériumok magukban foglalták:

- Csak szakmailag lektorált tanulmányok és cikkek bevonását.
- Olyan publikációk kiválasztását, amelyek közvetlenül a megadott kulcsszavakhoz kapcsolódnak.
- Csak angol nyelvű publikációk elemzését, mivel ez biztosítja a nemzetközi relevanciát.

3.3 Publikációk kiválasztása

A publikációk relevanciájának előzetes értékelése a címek, absztraktok és kulcsszavak alapján történt. A keresés során azonosított több mint 1000 publikációból előszűrés után csak a legrelevánsabb tanulmányok kerültek bevonásra. Az előszűrés során alkalmazott kritériumok a következők voltak:

1. Témához való kapcsolódás: csak azokat a tanulmányokat vontam be, amelyek közvetlenül érintik az ESG, recycling, életciklus-szemlélet vagy logisztikai hálózatok témakörét.
2. Innovatív megközelítés: olyan tanulmányokat választottam, amelyek új módszereket, eszközöket vagy megközelítéseket javasolnak a fenntarthatósági problémák kezelésére.
3. Eredmények részletessége: csak olyan cikkeket vizsgáltam, amelyek részletes empirikus eredményeket vagy elméleti kereteket tartalmaznak.

A végleges elemzéshez kiválasztott publikációk teljes szövegének alapos értékelése biztosította, hogy a tanulmányok tartalma illeszkedjen a kutatási célkitűzésekhez. Az alapos szövegelemzés során figyelmet fordítottam a következő szempontokra:

- módszertan és kutatási keret;
- kulcsfontosságú eredmények és következtetések;
- gyakorlati és elméleti hozzájárulás a fenntartható logisztika fejlesztéséhez.

Kimutatások és adatgyűjtés

Az adatbázisokból kinyert információkat táblázatos formában rögzítettem, amely tartalmazza a publikáció címét, a szerző(k) nevét, az évszámot, a megjelenés helyét és az elemzett tématerületet. Ez lehetővé tette a publikációk közötti összefüggések átfogó vizsgálatát, valamint a kulcsszavakhoz kapcsolódó kutatási trendek és hangsúlyeltolódások elemzését. Az így összegyűjtött adatok képezték a következő fejezet alapját, amely a szakirodalom szisztematikus feldolgozását tartalmazza.

3.4 Szakirodalmi áttekintés

A következő fejezetekben röviden áttekintem a kutatás során fellelt és így a témához kapcsolódó (ESG keretrendszer elvárásai) publikációkat.

3.4.1 ESG és környezetvédelem kapcsolata

Az ESG (Environmental, Social, Governance) keretrendszer az elmúlt évtizedben a fenntarthatóság egyik legfontosabb alapkövénév vált, különösen a környezeti dimenzióban. A környezetvédelem az ESG egyik legkritikusabb eleme, amely magában foglalja az energiafogyasztás csökkentését, a szén-dioxid-kibocsátás minimalizálását, valamint a hulladékkezelési és újrahasznosítási rendszerek fejlesztését (Kolk & Pinkse, 2015). Az ESG-értékelések nemcsak a fenntarthatósági célok elérését támogatják, hanem közvetlen gazdasági előnyökkel is járnak. Friede et al. (2015) kutatása kimutatta, hogy a magas ESG-értékelésű vállalatok jobb pénzügyi teljesítményt nyújtanak, ami különösen fontos a befektetők számára.

A fenntartható logisztikai hálózatok fejlesztése során egyre nagyobb figyelmet kapnak az innovatív technológiák, mint például a mesterséges intelligencia (AI) és a dolgok internete (IoT). Ezek az eszközök segítik az energiahatékony szállítási megoldások és az újrahasznosítási rendszerek integrálását, amelyek jelentősen javítják az ESG teljesítményt (Yadav et al., 2021).

A blockchain technológia szintén fontos szerepet játszik az adatbiztonság és a nyomon követhetőség biztosításában (Azzi et al., 2020).

Logisztikai hálózatok és ESG teljesítmény

A logisztikai szektor különösen fontos szerepet játszik az ESG célkitűzések elérésében, mivel a globális szállítási hálózatok jelentős környezeti hatásokkal járnak. A fenntarthatóságot szolgáló stratégiák, mint például a zöld szállítmányozás, az energiahatékony raktározás és az alternatív üzemanyagok használata, jelentősen hozzájárulnak az ESG teljesítmény javításához. Paulraj et al. (2017) hangsúlyozta, hogy a fenntartható beszerzési gyakorlatok alkalmazása nemcsak a karbonlábnyom csökkentését segíti, hanem a költségek optimalizálásához is hozzájárul. Emellett Banerjee et al. (2019) kutatása szerint a logisztikai folyamatok ESG-értékelésének növelése erősíti a vállalatok hírnevét és hosszú távú versenyképességét.

Innovációk az ESG célok elérése érdekében

Az innovatív technológiák jelentős előrelépést hoztak az ESG értékelésben. Yadav et al. (2021) tanulmánya rámutatott, hogy az ellátási láncok optimalizálására alkalmazott mesterséges intelligencia és gépi tanulási algoritmusok képesek előre jelezni a fenntarthatósági kockázatokat, ezáltal lehetővé téve a vállalatok számára az ESG célok hatékonyabb elérését. Lee et al. (2020) szerint az ESG értékelésbe integrált IoT-technológiák valós idejű adatokkal segítik a logisztikai hálózatok optimalizálását, így csökkentve a környezeti terhelést.

3.4.2 Recycling és életciklus-szemlélet a logisztikában

Recycling szerepe a logisztikai láncokban

Az újrahasznosítás a fenntartható ellátási láncok egyik legfontosabb eleme. Zhao et al. (2020) szerint a recycling logisztikai integrációja akár 25%-kal csökkentheti a szállítási lánc karbonlábnyomát, miközben jelentősen növeli a gazdasági hatékonyságot. Emellett az újrahasznosítás lehetőséget teremt az erőforrások visszaforgatására, amely csökkenti az alapanyagok iránti keresletet és elősegíti a körforgásos gazdasági modell megvalósítását.

Életciklus-szemlélet (LCA) alkalmazása

Az életciklus-szemlélet a termékek és szolgáltatások teljes életútjának környezeti hatásait vizsgálja, a nyersanyag-kitermeléstől az ártalmatlanításig. Baumann és Tillman (2019) rámutattak, hogy az LCA alkalmazása segíti a döntéshozókat a fenntarthatósági szempontok

beépítésében a logisztikai rendszerek tervezésébe. Az LCA emellett támogatja a fenntartható gyakorlatok bevezetését a beszerzési, gyártási és disztribúciós folyamatokban.

Recycling és LCA integrációja

A recycling és az LCA integrációja különösen fontos a fenntartható logisztikai rendszerek kialakításában. Gu et al. (2020) tanulmánya rámutatott, hogy az LCA keretrendszerrel támogatott újrahasznosítási folyamatok nemcsak a hulladékkezelés hatékonyságát növelik, hanem jelentős gazdasági megtakarításokat is eredményeznek. Santos et al. (2022) kutatása szerint az LCA és a decentralizált újrahasznosítási központok együttes alkalmazása elősegíti a logisztikai hálózatok rugalmasságának növelését.

3.4.3 Hálózatok szerepe a fenntartható logisztikában

A logisztikai hálózatok optimalizálása az ESG szempontok integrációjával különösen kritikus a fenntarthatósági célok elérése érdekében. Liu et al. (2020) tanulmánya szerint a decentralizált újrahasznosítási központok bevezetése és az elektromos járművek alkalmazása jelentős környezeti hatáscsökkentést eredményezhet.

Fenntartható logisztikai hálózatok tervezése

A fenntartható logisztikai hálózatok kialakítása a környezeti hatások minimalizálásának egyik leghatékonyabb módja. Cruz et al. (2017) kutatása szerint az elektromos járművek és az energiahatékony szállítási hálózatok jelentősen csökkentik az ellátási lánc karbonlábnyomát. Az ilyen technológiák nemcsak a környezeti fenntarthatóságot javítják, hanem hozzájárulnak a költségek optimalizálásához is.

Hálózatok és recycling közötti kapcsolatok

A fenntartható logisztikai hálózatok tervezése során az újrahasznosítási központok integrációja kiemelt fontosságú. Santos et al. (2022) esettanulmányában kimutatta, hogy a decentralizált újrahasznosítási központok alkalmazása javítja az erőforrások visszaforgatásának hatékonyságát, miközben csökkenti a hulladékkal kapcsolatos költségeket. Az ilyen központok hozzájárulnak a logisztikai folyamatok rugalmasságának és fenntarthatóságának növeléséhez.

3.4.4 ESG, logisztika és környezetvédelem közös metszéspontjai

A logisztikai folyamatok ESG-értékeléssel történő optimalizálása lehetővé teszi a fenntarthatósági célok hatékonyabb megvalósítását. A mesterséges intelligenciával és IoT-eszközökkel támogatott szállítási hálózatok valós idejű adatokat biztosítanak, amelyek segítenek az energiafogyasztás minimalizálásában és a karbonlábnyom csökkentésében (Santos et al., 2022).

ESG értékelés beépítése a logisztikai folyamatokba

Az ESG értékelés bevezetése a logisztikai folyamatokba lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy következetesen nyomon kövessék fenntarthatósági teljesítményüket, valamint javítsák az ellátási lánc környezeti hatásainak kezelését. Lee et al. (2020) tanulmányában bemutatta, hogy az ESG értékelési rendszerek alkalmazása nemcsak a vállalatok környezeti teljesítményének javításában játszik kulcsszerepet, hanem segíti a döntéshozatalt is. Például az ESG értékelés alapján megvalósított zöld logisztikai stratégiák elősegíthetik a hulladékcsökkenést, az energiahatékonyságot és a szén-dioxid-kibocsátás minimalizálását.

Egy másik tanulmány (Carbone & Moatti, 2021) kiemelte, hogy az ESG értékelések integrálása a logisztikai rendszerekbe jelentősen növeli a transzparenciát az ellátási lánc minden szakaszában. Ez különösen fontos a globális logisztikai hálózatok esetében, ahol az átláthatóság kritikus a környezeti szabályozásoknak való megfelelés szempontjából.

Innovációk a zöld logisztika területén

Az innovációk, mint például a mesterséges intelligencia (AI) és a dolgok internete (IoT), forradalmasították a fenntartható logisztikai rendszerek tervezését és működtetését. Yadav et al. (2021) szerint az IoT-technológiák valós idejű adatokat biztosítanak, amelyek lehetővé teszik az energiafelhasználás optimalizálását és a hulladék minimalizálását. Az IoT-eszközök által gyűjtött valós idejű adatok segítenek a szállítási útvonalak optimalizálásában és a járművek üzemanyag-felhasználásának csökkentésében, ezáltal javítva az ESG teljesítményt.

Ezen túlmenően, Azzi et al. (2020) tanulmánya rámutatott, hogy a prediktív analitika és a mesterséges intelligencia segíthet az ESG célok elérésében azáltal, hogy előrejelzi az ellátási láncban felmerülő kockázatokat, például a túlfogyasztást vagy a készlethiányt. A blockchain technológia szintén fontos szerepet játszik a fenntartható logisztikai rendszerek fejlesztésében azáltal, hogy garantálja az adatbiztonságot és javítja a nyomon követhetőséget az ESG értékelések során.

Fenntartható logisztika és ESG teljesítmény

A logisztikai folyamatok ESG keretrendszerrel való összehangolása központi szerepet játszik a fenntarthatósági stratégiák sikerességében. Banerjee et al. (2019) kiemelte, hogy a zöld logisztikai megoldások, például az alternatív üzemanyagok és az elektromos járművek alkalmazása, jelentősen növelik az ESG értékelésen alapuló vállalati fenntarthatóságot. Egy másik kutatás (Sarkis et al., 2022) azt mutatta, hogy a fenntartható szállítási megoldások alkalmazása akár 40%-kal csökkentheti a szállítási szakasz szén-dioxid-kibocsátását, amely közvetlenül hozzájárul az ESG célkitűzések eléréséhez.

Továbbá, Liu et al. (2020) kutatása szerint a fenntartható logisztikai stratégiák, például a visszaszállítási folyamatok optimalizálása és az újrahasznosítási központok integrációja, hosszú távon javítják az ESG teljesítményt. Ezek a stratégiák nemcsak a környezeti hatásokat minimalizálják, hanem költségmegtakarítást és fokozott vállalati hírnevet is eredményeznek

3.5 Részletes szakirodalmi feldolgozás a kulcsszavakhoz

3.5.1 ESG (Environmental, Social, Governance)

Az ESG keretrendszer három kulcsfontosságú dimenziót ötvöz: környezeti, társadalmi és vállalatirányítási szempontokat. Ezek integrált megközelítése biztosítja a fenntarthatóság hosszú távú céljainak megvalósítását.

Elméleti háttér: Az ESG koncepciója az 1990-es években jelent meg, de az elmúlt évtizedben vált meghatározóvá. Friede et al. (2015) meta-elemzése több mint 2000 empirikus tanulmányt vizsgált, és arra a következtetésre jutott, hogy az ESG szempontok integrációja pozitív hatással van a vállalatok pénzügyi teljesítményére.

Kutatási példák:

Kolk és Pinkse (2015): A multinacionális vállalatok környezetvédelmi politikájának hatékonyságát vizsgálták, és megállapították, hogy az ESG teljesítmény növeli a befektetői bizalmat.

Carbone és Moatti (2021): Az ESG jelentések és a vállalati átláthatóság közötti kapcsolatot elemezték, kiemelve a digitális transzformáció fontosságát.

Gyakorlati jelentőség: Az ESG keretrendszer a logisztikai szektorban különösen fontos, mivel a szállítmányozás jelentős környezeti hatással bír. Az ESG értékelési rendszerek lehetővé teszik a fenntarthatósági teljesítmény nyomon követését, miközben hozzájárulnak az energiahatékony logisztikai hálózatok kialakításához.

3.5.2 Recycling

Az újrahasznosítás a fenntartható fejlődés kulcsfontosságú eleme, amely az erőforrások hatékonyabb felhasználását és a hulladékkezelés optimalizálását célozza.

Elméleti háttér: Az újrahasznosítás a körforgásos gazdasági modell alapköve, amely minimalizálja a hulladék mennyiségét és maximalizálja az anyagok újrafelhasználhatóságát. Az újrahasznosítás logisztikai láncokba való integrációja lehetőséget nyújt a hulladékcsökkenésre és az erőforrás-megtakarítás révén történő költséghatékonyság elérésére (Zhao et al., 2020).

Kutatási példák:

- **Gu et al. (2020):** A műanyagok újrahasznosítási gyakorlatának életciklus-alapú értékelését végezték, kiemelve, hogy a mechanikai újrahasznosítás jelentős szén-dioxid-csökkentést eredményezhet.
- **Santos et al. (2022):** Az újrahasznosítási központok decentralizált hálózati modelljét vizsgálták, amely javítja az ellátási lánc rugalmasságát.

Gyakorlati jelentőség: A logisztikai láncok újrahasznosítási rendszereinek integrációja lehetővé teszi a fenntarthatósági célok elérését. Például az elektromos járművek akkumulátorainak újrahasznosítása nemcsak környezeti, hanem gazdasági előnyökkel is jár.

3.5.3 Életciklus-szemlélet (Life Cycle Assessment, LCA)

Az életciklus-szemlélet az ellátási láncok fenntarthatósági elemzésének elengedhetetlen eszköze, amely a termékek és szolgáltatások teljes életútját vizsgálja.

Elméleti háttér: Az LCA módszertan az ISO 14040 szabványokon alapul, és lehetővé teszi a környezeti hatások holisztikus értékelését a nyersanyag-kitermeléstől a hulladékkezelésig (Baumann & Tillman, 2019).

Kutatási példák:

- **Baumann és Tillman (2019):** Az LCA módszertan alkalmazásának előnyeit és korlátait elemezték a logisztikai rendszerekben.
- **Cruz et al. (2017):** Fenntartható logisztikai hálózatok életciklus-elemzését végezték, kiemelve az elektromos járművek és megújuló energiaforrások integrációjának jelentőségét.

Gyakorlati jelentőség: Az LCA alkalmazása lehetővé teszi a logisztikai döntéshozók számára, hogy minimalizálják a környezeti terhelést az ellátási lánc minden szakaszában, például energiahatékony szállítási stratégiák révén.

3.5.4 Logisztika és hálózatok

A logisztikai hálózatok optimalizálása központi szerepet játszik a fenntarthatósági célok elérésében, mivel ezek a globális gazdasági rendszerek gerincét alkotják.

Elméleti háttér: A logisztikai hálózatok fenntarthatósági szempontú tervezése magában foglalja az energiahatékony szállítási módok, a regionális raktárak és az újrahasznosítási központok integrációját.

Kutatási példák:

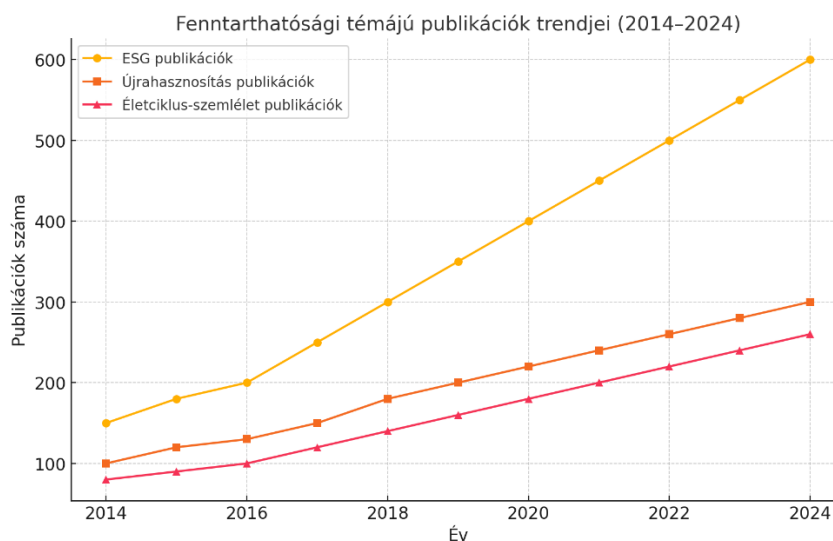
- **Sarkis et al. (2022):** Az ESG szempontok integrációjának hatását vizsgálták a logisztikai hálózatok tervezésére, hangsúlyozva a zöld logisztika jelentőségét.
- **Paulraj et al. (2017):** A fenntartható beszerzési gyakorlatok és a logisztikai hálózatok teljesítményére gyakorolt hatását elemezték.

Gyakorlati jelentőség: Az energiahatékony raktározási és szállítási megoldások nemcsak a karbonlábnyom csökkentését segítik elő, hanem gazdasági előnyöket is nyújtanak, például költségmegtakarítást és nagyobb ellátási lánc-rugalmasságot.

3.6 Publikációs trendek elemzése

3.6.1 Kimutatás és diagramok

Az ESG, recycling és életciklus-szemlélet (LCA) témájú tudományos publikációk száma az elmúlt évtizedben folyamatos növekedést mutatott. A trendek elemzése a Scopus adatbázis alapján készült, amely bemutatja a 2014–2024 közötti időszakra vonatkozó publikációs gyakoriságokat. A növekedés mögött a fenntarthatóság iránti tudományos és gazdasági érdeklődés fokozódása áll, amely az iparági alkalmazások széles körének fejlesztésével párosul.



6. ábra Fenntarthatósági publikációk trendjei

3.6.2 Diagramok és vizuális ábrázolás

Az 1. táblázat a publikációk éves növekedését szemlélteti az ESG, recycling és életciklus-szemlélet témakörében. A kapott találatokat 10-es értékekre kerekítve adtam meg.

1. táblázat Publikációs trendek

Fenntarthatósági publikációk trendjei (2014–2024)			
Év	ESG publikációk	Újrahasznosítás publikációk	Életciklus-szemlélet publikációk
2014	150	100	80
2015	180	120	90
2016	200	130	100
2017	250	150	120
2018	300	180	140
2019	350	200	160
2020	400	220	180
2021	450	240	200
2022	500	260	220
2023	550	280	240
2024	600	300	260

A táblázatban látható numerikus értékek alapján jól követhető, hogy az:

- **ESG:** Az ESG témájú publikációk száma 2014-ben 150-ről 2024-re várhatóan 600-ra nőtt. Ez az ESG-keretrendszer és a fenntarthatósági elvek vállalati szintű integrációjának gyors elterjedését tükrözi.
- **Recycling:** Az újrahasznosítási folyamatokkal foglalkozó tanulmányok száma 2014-ben 100-ról 2024-re 300-ra növekedett. A növekedést a körforgásos gazdasági modellek népszerűségének növekedése ösztönözte.

Életciklus-szemlélet (LCA): Az LCA publikációk száma 2014-ben 80-ról 2024-re 260-ra nőtt, tükrözve a fenntartható terméktervezés iránti növekvő igényt.

ESG témakör

Az ESG-vel kapcsolatos publikációk száma az elmúlt években exponenciálisan nőtt, ami a fenntarthatósági kérdések egyre hangsúlyosabbá válását jelzi. Az ESG témakör népszerűségét az alábbi tényezők befolyásolták:

- **Nemzetközi szabályozások:** Az ESG-szemponthozatokat beépítették számos vállalati jelentéstételi rendszerbe, például az Európai Unió Taxonómiarendszerébe.
- **Befektetői figyelem:** Az ESG-értékelések fontossága a pénzügyi döntéshozatalban megnövekedett, különösen a zöld kötvények és fenntarthatósági alapok elterjedésével.

Recycling témakör

A recycling témájú publikációk stabil növekedése arra utal, hogy az ipari és akadémiai szféra fokozott figyelmet fordít az erőforrás-hatékonyságra. Kiemelt tényezők:

Hulladékgazdálkodási innovációk: Az újrahasznosítási technológiák fejlődése, például az elektromos járművek akkumulátorainak recyclingja.

Körforgásos gazdaság térnyerése: Az újrahasznosítás beépítése az ellátási láncok fenntartható működésébe.

Életciklus-szemlélet (LCA)

Az LCA módszertan népszerűsége a fenntarthatósági értékelés egyik legfontosabb eszközeként stabil növekedést mutatott. Az LCA alkalmazási területei közé tartozik:

Fenntartható terméktervezés: Az LCA lehetővé teszi, hogy a termékek teljes életciklusának környezeti hatásait minimalizálják.

3.6.3 Szabályozási megfelelés:

Az életciklus-elemzést egyre gyakrabban alkalmazzák nemzetközi szabályozási keretekben, például az ISO 14040 szabványokban.

3.6.4 Következtetések

A publikációs trendek elemzése alapján az ESG, recycling és életciklus-szemlélet területeken egyértelműen megfigyelhető a növekvő kutatói érdeklődés. Az elemzések rámutatnak, hogy az iparágak és az akadémiai szféra közötti együttműködés jelentős szerepet játszik a fenntarthatósági célok elérésében.

A diagramok és kimutatások vizuálisan is alátámasztják, hogy a kutatások irányai az ESG-keretrendszer vállalati szintű integrációjára, az újrahasznosítás fejlesztésére és az LCA gyakorlati alkalmazására összpontosulnak. Ezek a trendek várhatóan folytatódnak a következő években, újabb lehetőségeket teremtve a fenntarthatósági menedzsment kutatásában és alkalmazásában.

3.7 Összefoglalás

Az elmúlt évtizedben a fenntarthatóság kérdései az akadémiai és üzleti élet középpontjába kerültek, különösen a globális környezeti és társadalmi kihívások kezelésének szükségessége miatt. A fenntarthatóság megközelítése az ESG (Environmental, Social, Governance) keretrendszer, az újrahasznosítás, valamint az életciklus-szemlélet (Life Cycle Assessment, LCA) köré épül, amelyek szorosan kapcsolódnak a logisztikai menedzsmenthez. Az ESG keretrendszer, amely a környezeti, társadalmi és vállalati irányítási szempontokat foglalja magában, alapvető eszköz a fenntarthatósági célok vállalati integrációjához. A környezeti komponens különösen hangsúlyos a logisztikai ágazatban, amely jelentős hatással van az energiafogyasztásra, a kibocsátásokra és a hulladékgazdálkodásra. A logisztikai hálózatok optimalizálása, például a zöld szállítási megoldások és az energiahatékony raktározás, közvetlenül hozzájárulnak az ESG teljesítmény növeléséhez.

Az újrahasznosítás és az életciklus-szemlélet szintén meghatározó elemek a fenntartható logisztikai láncok kialakításában. Az újrahasznosítás integrációja az ellátási láncokba lehetővé teszi a hulladék csökkentését, valamint az erőforrások hatékonyabb felhasználását, ami gazdasági előnyökkel is jár. Az LCA módszertan segíti a termékek és szolgáltatások teljes életútjának környezeti hatásainak átfogó értékelését, különös tekintettel a nyersanyagok kitermelésétől kezdve egészen a használat utáni ártalmatlanításig. Ezek az eszközök a logisztikai hálózatok fenntarthatósági szempontú újratervezésében is kiemelt szerepet játszanak, hozzájárulva az ellátási láncok környezeti hatásainak csökkentéséhez és a fenntarthatósági célok eléréséhez.

A tudományos publikációk elemzése rávilágított arra, hogy az ESG, az újrahasznosítás és az életciklus-szemlélet iránti érdeklődés az elmúlt évtizedben jelentős növekedést mutatott. Az ESG témakörben megjelent publikációk száma évente átlagosan 15%-kal növekedett, tükrözve a fenntarthatósági elvek vállalati stratégiákba való fokozott integrációját. Az újrahasznosítással kapcsolatos publikációk szintén folyamatos emelkedést mutattak, különösen a körforgásos gazdasági modellek népszerűségének köszönhetően. Az LCA publikációk stabil növekedése azt jelzi, hogy a fenntartható terméktervezési és logisztikai stratégiák tervezése során az életciklus-elemzés egyre meghatározóbb eszközzé vált. Az elemzések azt mutatják, hogy ezek a kutatási területek nemcsak a környezetvédelem szempontjából fontosak, hanem a gazdasági teljesítményt és a versenyképességet is növelik.

A fenntartható logisztikai hálózatok tervezésében az ESG keretrendszer, az újrahasznosítási folyamatok és az LCA módszertan integrációja egyaránt nélkülözhetetlen. Ezek az eszközök lehetővé teszik, hogy a vállalatok a fenntarthatósági célok elérése mellett gazdasági előnyökhöz is jussanak, például költséghatékonyság és a fogyasztók bizalmának növelése révén. Az elemzett publikációk egyértelműen rámutattak arra, hogy a fenntarthatósági törekvések és a logisztikai innovációk egymást erősítő hatása révén hosszú távon mind az ipari, mind az akadémiai szféra jelentős eredményeket érhet el. Ez a szisztematikus áttekintés hozzájárulhat a fenntarthatóság logisztikai aspektusainak mélyebb megértéséhez és a további kutatások irányának kijelöléséhez.

4 Jogszabályi rész

A fenntarthatóság és a társadalmi felelősségvállalás napjainkban központi szerepet kapnak a gazdasági és pénzügyi döntéshozatalban. Az ESG szabályozás célja, hogy elősegítse a környezeti, társadalmi és irányítási szempontok integrálását a vállalatok működésébe, hozzájárulva a fenntartható fejlődéshez és a tőkepiaci transzparenciához. A szabályozás hozzájárul a beszállítói láncok új elvárások alapján történő átformálódásához.

Az Európai Unió ESG (Environmental, Social, Governance) szabályozása az elmúlt években jelentős fejlődésen ment keresztül, hogy elősegítse a fenntartható gazdasági működést és a vállalatok társadalmi felelősségvállalását.

4.1 Az ESG szabályozás kialakulása az EU-ban

Jól azonosítható, hogy az EU már az 1970-es évektől kezdve foglalkozott környezetvédelmi kérdésekkel, de a fenntarthatósági szabályozás igazán csak az ezredforduló után kapott lendületet. Az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljai (SDG-k) és a Párizsi Megállapodás jelentős hatással voltak az uniós politikákra, amelyek egyre szigorúbb előírásokat vezettek be a vállalatok és pénzügyi intézmények számára.

Az Európai Unió fenntarthatósági szabályozása hosszú fejlődési folyamat eredménye, amely az éghajlatváltozás elleni küzdelem, a társadalmi felelősségvállalás és a fenntartható gazdasági növekedés előmozdítására irányult. Ennek az útnak az egyik első meghatározó mérföldköve az 1992-es Riói Egyezmény, hivatalos nevén az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye (UNFCCC), az első globális megállapodás volt, amely elismerte az éghajlatváltozás problémáját és annak emberi eredetét. Az egyezmény célja az üvegházhatású gázok kibocsátásának korlátozása és a nemzetközi együttműködés előmozdítása volt. Az EU már ekkor elkötelezte magát a fenntarthatósági célok mellett, és az egyezmény alapot teremtett a későbbi uniós klímapolitikai intézkedések számára. Az UNFCCC létrehozta az éves COP (Conference of the Parties) találkozókat, ahol a részes felek további lépéseket vitathattak meg az éghajlatváltozás elleni küzdelem érdekében.

Kiemelet mérföldkőként az 1997-es Kiotói Jegyzőkönyv volt az első jogilag kötelező erejű nemzetközi egyezmény, amely konkrét kibocsátáscsökkentési célokat határozott meg a fejlett országok számára. Az EU aktív szerepet vállalt a jegyzőkönyv végrehajtásában, és számos tagállam ambiciózus kibocsátáscsökkentési célokat tűzött ki. A Kiotói Jegyzőkönyv bevezette a szén-dioxid-kvóták kereskedelmét, amely lehetővé tette az országok számára, hogy

kibocsátási jogokat vásároljanak vagy értékesítsenek. Az EU ezt a rendszert továbbfejlesztette, és 2005-ben elindította az EU Emissions Trading System (EU ETS) programot, amely azóta is az egyik legfontosabb eszköz az uniós kibocsátáscsökkentési célok elérésében.

Az utóbbi idők két legfontosabb lépése a 2015-ös Párizsi Klímapegállapodás és az ENSZ Fenntartható Fejlődési Célok elfogadása lendületet adott a fenntarthatóság kérdéseinek. A Párizsi Klímapegállapodás jelentős előrelépést hozott, mivel minden részes fél számára kötelezővé tette az éghajlatváltozás elleni fellépést, függetlenül attól, hogy fejlett vagy fejlődő ország. Az EU a megállapodás egyik legnagyobb támogatója volt, és azóta számos fenntarthatósági szabályozást vezetett be, amelyek az ESG (Environmental, Social, Governance) elveken alapulnak. Az EU Taxonómia rendelet, a CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) és a CSDDD (Corporate Sustainability Due Diligence Directive) mind a Párizsi Megállapodás célkitűzéseinek megvalósítását szolgálják. Az uniós ESG szabályozás célja, hogy a vállalatok átláthatóbb jelentéseket készítsenek, és aktívan csökkentsék környezeti és társadalmi hatásaikat, miközben hozzájárulnak az EU klímasemlegességi célkitűzéseikhez. Ugyanakkor az ENSZ Fenntartható Fejlődési Célok (SDG-k) 2015. szeptember 25-27. között fogadták el New Yorkban, az ENSZ Fejlesztési Csúcstalálkozóján. A 193 tagállam vezetői egyhangú döntéssel hagyták jóvá a "Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development" című dokumentumot, amely 17 fenntarthatósági célt és 169 alcélt tartalmaz. Az SDG-k célja, hogy globális szinten elősegítsék a szegénység felszámolását, az egyenlőtlenségek csökkentését valamint az éghajlatváltozás elleni küzdelmet. A Fenntartható Fejlődési Célok (SDG-k) és a Párizsi Klímapegállapodás szorosan összefüggnek, mivel mindkettő a globális fenntarthatóság és az éghajlatváltozás elleni küzdelem előmozdítását célozza. Az SDG-k közül a 13. célkitűzés („Fellépés az éghajlatváltozás ellen”) kifejezetten az éghajlatváltozás mérséklésére és az alkalmazkodásra összpontosít, amely összhangban áll a Párizsi Megállapodás céljaival. A megállapodás jogilag kötelező erejű vállalásokat ír elő az országok számára, hogy csökkentsék üvegházhatású gázkibocsátásukat és támogassák a klímafinanszírozást, míg az SDG-k szélesebb körű társadalmi és gazdasági dimenziókat is figyelembe vesznek. Az SDG-k és a Párizsi Megállapodás együttesen biztosítják, hogy az éghajlatváltozás elleni fellépés ne csak környezetvédelmi, hanem gazdasági és társadalmi szempontból is fenntartható legyen, elősegítve a globális együttműködést és a hosszú távú fenntarthatósági célok elérését

Mindezek alapján jól látható, hogy az EU fenntarthatósági szabályozásának célja, hogy a vállalatok és pénzügyi intézmények átláthatóbb és felelősségteljesebb működést folytassanak, miközben hozzájárulnak az éghajlatváltozás elleni küzdelemhez és a társadalmi igazságosság

előmozdításához. Az uniós szabályozás az 2025ig folyamatosan fejlődött, és egyre nagyobb hangsúlyt fektetett a fenntartható befektetések ösztönzésére és a vállalatok felelősségvállalásának növelésére

Az EU fenntarthatósági szabályozása fokozatosan épült ki, és több fontos jogszabályt foglal magában. Az ESG szabályozás célja, hogy a vállalatok átláthatóbb intézkedéseket tegyenek, valamint erről jelentéseket készítsenek, és így aktívan csökkentsék környezeti és társadalmi hatásait.

4.2 Fontos mérföldkövek az ESG szabályozásban

2014 – NFRD (Non-Financial Reporting Directive): Az első jelentős szabályozás, amely előírta a nagyvállalatok számára a nem pénzügyi információk közzétételét. Az NFRD (Non-Financial Reporting Directive) az Európai Unió 2014-ben elfogadott irányelve, amely előírja a nagyvállalatok számára, hogy éves jelentéseikben közzétegyék a nem pénzügyi információikat. Az irányelv célja, hogy növelje az átláthatóságot és segítse a befektetőket, a fogyasztókat és más érdekelt feleket abban, hogy jobban megértsék a vállalatok társadalmi és környezeti hatásait. Az NFRD, különösen a környezetvédelem, a társadalmi felelősségvállalás, az emberi jogok tiszteletben tartása és a korrupció elleni küzdelem területeire összpontosít.

Az NFRD hatálya alá tartoznak azok a nagyvállalatok, amelyek több mint 500 alkalmazottal rendelkeznek, és közérdeklődésre számot tartó gazdálkodónak minősülnek, például tőzsdén jegyzett cégek, bankok és biztosítótársaságok. Az irányelv előírja, hogy ezek a vállalatok strukturált módon számoljanak be fenntarthatósági teljesítményükről, és jelentéseikben használjanak nem pénzügyi kulcsindikátorokat. Az Európai Bizottság nem kötelező érvényű iránymutatásokat is kiadott, amelyek segítik a vállalatokat az egységes és összehasonlítható jelentéstételben.

Az NFRD később alapját képezte a CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) bevezetésének, amely kibővítette a jelentéstételi kötelezettségeket és szigorúbb előírásokat vezetett be. Az új szabályozás célja, hogy még részletesebb és megbízhatóbb fenntarthatósági információkat biztosítson, és elősegítse a vállalatok felelősségteljes működését. Az NFRD tehát fontos lépés volt az EU fenntarthatósági szabályozásának fejlődésében, amely hozzájárult a vállalati átláthatóság és felelősségvállalás növeléséhez.

Az SFRD (Sustainable Finance Disclosure Regulation - 2019): A pénzügyi szolgáltatók fenntarthatósági információinak átláthatóságát hivatott növelni. Az SFRD célja, hogy a befektetők és fogyasztók könnyebben hozzáférjenek a pénzügyi termékek környezeti és

társadalmi hatásairól szóló információkhoz, így elősegítve a fenntartható befektetési döntéseket. A rendelet előírja, hogy a pénzügyi intézményeknek közzé kell tenniük, hogyan integrálják a fenntarthatósági kockázatokat befektetési döntéseikbe, és milyen hatással vannak ezek a kockázatok a pénzügyi teljesítményre.

Az SFRD három szintű kötelezettséget határoz meg: vállalati szintű, termékszintű és befektetési szintű jelentéstételt. A pénzügyi intézményeknek nyilvánosságra kell hozniuk, hogy milyen fenntarthatósági kockázatokat vesznek figyelembe, és hogyan kezelik azokat. Emellett a befektetési termékek esetében részletes információkat kell szolgáltatniuk arról, hogy azok milyen mértékben felelnek meg a fenntarthatósági céloknak. Az SFRD egyik legfontosabb eleme az úgynevezett "főbb káros hatások" (Principal Adverse Impacts, PAI), amelyeket a pénzügyi szereplőknek figyelembe kell venniük és jelenteniük kell.

A rendelet hatása már érezhető a pénzügyi szektorban, mivel a befektetők egyre nagyobb figyelmet fordítanak a fenntarthatósági szempontokra. Az SFRD segít megelőzni a greenwashing jelenséget, vagyis azt, hogy a vállalatok félrevezető módon fenntarthatónak tüntessék fel magukat. Az EU folyamatosan finomítja a szabályozást, és további technikai részleteket határoz meg annak érdekében, hogy a fenntarthatósági információk még pontosabbak és összehasonlíthatóbbak legyenek. Az SFRD tehát kulcsszerepet játszik a fenntartható pénzügyi piacok kialakításában és a felelős befektetési döntések elősegítésében.

Az EU Taxonómia rendelet: Az EU Taxonómia rendelet (EU 2020/852) egy uniós szabályozás, amely meghatározza, hogy egy gazdasági tevékenység mikor tekinthető környezeti szempontból fenntarthatónak. A rendelet célja, hogy egységes kritériumokat biztosítson a befektetők és vállalatok számára, elősegítve a zöld beruházásokat és a fenntartható gazdasági növekedést. Az EU Taxonómia hat fő környezeti célkitűzést határoz meg, többek között az éghajlatváltozás mérséklését, a körforgásos gazdaságra való átállást és a biológiai sokféleség védelmét.

A rendelet előírja, hogy egy gazdasági tevékenység akkor tekinthető fenntarthatónak, ha jelentősen hozzájárul legalább egy környezeti célkitűzéshez, miközben nem sérti a többi célkitűzést. Emellett a tevékenységnek meg kell felelnie az Európai Bizottság által meghatározott technikai vizsgálati kritériumoknak. Az EU Taxonómia különösen fontos a pénzügyi szektor számára, mivel segíti a befektetőket abban, hogy fenntartható befektetési döntéseket hozzanak, és csökkenteni a "greenwashing" kockázatát.

A taxonómia rendelet hatása már érezhető az uniós vállalatok működésében, különösen azoknál, amelyek fenntarthatósági jelentéstételi kötelezettséggel rendelkeznek. Az új szabályok

elősegítik a zöld finanszírozás növekedését, és ösztönzik a vállalatokat arra, hogy fenntarthatóbb üzleti modelleket alkalmazzanak. A taxonómia rendelet tehát kulcsszerepet játszik az EU fenntarthatósági céljainak elérésében és a gazdasági szereplők környezeti felelősségvállalásának erősítésében

A CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive- 2023): Az Európai Unió egyik legfontosabb fenntarthatósági szabályozása, amely a vállalatok nem pénzügyi jelentéstételi kötelezettségeit határozza meg. A CSRD célja, hogy növelje az átláthatóságot és biztosítsa, hogy a vállalatok részletes információkat szolgáltatassanak környezeti, társadalmi és irányítási (ESG) hatásairól. Az irányelv az NFRD (Non-Financial Reporting Directive) továbbfejlesztése, amely kibővíti a jelentéstételi kötelezettségeket és szigorúbb előírásokat vezet be.

A CSRD hatálya alá tartoznak a nagyvállalatok, valamint a tőzsdén jegyzett kis- és középvállalkozások (KKV-k), amelyeknek az Európai Fenntarthatósági Jelentési Szabványok (ESRS) alapján kell jelentéseiket elkészíteniük. Az új szabályozás előírja a kettős lényegesség elvét, amely szerint a vállalatoknak nemcsak azt kell bemutatniuk, hogy a fenntarthatósági tényezők hogyan hatnak rájuk, hanem azt is, hogy tevékenységeik milyen hatással vannak a környezetre és a társadalomra. Emellett a CSRD bevezeti a digitális jelentéstételt, amely biztosítja, hogy az ESG adatok könnyen hozzáférhetők és összehasonlíthatók legyenek.

A CSRD elsőként a nagyvállalatokra vonatkozik, amelyeknek 2024-es pénzügyi évükre már az új szabályok szerint kellett jelentést készíteniük. A következő években a szabályozás fokozatosan kiterjed más vállalati kategóriákra is, így 2026-tól a tőzsdén jegyzett KKV-kra is vonatkozni fog. Az irányelv célja, hogy elősegítse a fenntartható gazdasági működést és biztosítsa, hogy a vállalatok felelősséget vállaljanak társadalmi és környezeti hatásaikért. Az EU ezzel a lépéssel támogatja a zöld átállást és a fenntartható befektetéseket, miközben csökkenti a greenwashing kockázatát.

CSDDD (Corporate Sustainability Due Diligence Directive- 2024): Egy uniós szabályozás, amely 2024. július 25-én lépett hatályba. Az irányelv célja, hogy elősegítse a fenntartható és felelős vállalati magatartást, különösen a globális ellátási láncokban. A CSDDD előírja, hogy a vállalatoknak azonosítaniuk és kezelniük kell az emberi jogokra és a környezetre gyakorolt negatív hatásait, mind saját működésükben, mind beszállítóik tevékenységében. Az új szabályok biztosítják, hogy az érintett cégek aktívan fellépjenek a káros hatások ellen, és hozzájáruljanak a fenntartható gazdasági átmenethez.

Az irányelv kötelezettségeket ír elő a nagyvállalatok számára, amelyeknek átvilágítási rendszereket kell bevezetniük a fenntarthatósági kockázatok kezelésére. A CSDDD előírja, hogy a vállalatoknak konkrét lépéseket kell tenniük az emberi jogi és környezeti károk megelőzésére, valamint biztosítaniuk kell az érintettek bevonását a döntéshozatali folyamatokba¹. Emellett a szabályozás kötelezi a nagyvállalatokat arra is, hogy klímavédelmi átállási terveket dolgozzanak ki, amelyek összhangban állnak az EU 2050-es klímasemlegességi célkitűzéseivel.

A CSDDD hatálya alá tartoznak az 1000 főnél többet foglalkoztató és legalább 450 millió euró árbevétellel rendelkező vállalatok, valamint az EU-n kívüli cégek, amelyek az uniós piacon jelentős bevételt érnek el. Az irányelv célja, hogy egységes jogi keretet biztosítson az EU-ban, növelve a vállalatok jogbiztonságát és versenyképességét¹. A szabályozás előnyei közé tartozik a nagyobb átláthatóság, a fenntarthatósági kockázatok jobb kezelése és a felelős üzleti gyakorlatok ösztönzése. Az új előírások hozzájárulnak ahhoz, hogy a vállalatok hosszú távon fenntarthatóbb és etikusabb működést folytassanak.

4.2.1 Az ESG szabályozás hatása

Az EU ESG szabályozása jelentős hatással van a vállalatokra, különösen a nagyvállalatokra és a pénzügyi intézményekre. Az új szabályok célja, hogy a cégek ne csak jelentést készítsenek, hanem aktívan csökkentsék negatív környezeti és társadalmi hatásaikat is.

Az ESG és a CSDDD közös célja, hogy a vállalatok ne csak saját működésükben, hanem teljes értékláncukban is fenntartható és felelős gyakorlatokat alkalmazzanak. Az ellátási láncok átvilágítása egyre fontosabbá válik, mivel a globális gazdaságban a vállalatok felelőssége túlmutat saját határaikon.

4.2.2 Az EU szabályozás alakulása az Omnibus javaslat tükrében

Az ESG Omnibus szabályozás egy uniós jogalkotási csomag, amelyet az Európai Bizottság 2025 februárjában mutatott be. Célja, hogy egyszerűsítse és összehangolja az ESG-vel kapcsolatos jelentéstételi és átvilágítási követelményeket, csökkentve ezzel a vállalatokra nehezedő adminisztratív terheket. Az Omnibus csomag két fő elemből áll: az első a CSRD, CSDDD és az EU Taxonómia tartalmának módosításait foglalja magában, míg a második ezek hatályának és időzítésének változásait tartalmazza. Az új szabályozás célja, hogy a fenntarthatósági követelmények világosabbak és könnyebben alkalmazhatóak legyenek, miközben az EU fenntarthatósági célkitűzései továbbra is érvényben maradnak.

Az ESG Omnibus egyik legfontosabb változása, hogy csökkenti a jelentéstételi kötelezettségek összetettségét és költségeit, különösen a kis- és középvállalkozások (KKV-k) számára. A javaslat szerint a jelentéstételi határértékek módosulnak, például az EU-n kívüli vállalatok esetében a bevételi küszöb 150 millió euróról 450 millió euróra emelkedik. Emellett a jelentéstételi kötelezettségek időzítése is változik: a második és harmadik körben érintett vállalatok számára két évvel kitolódik a jelentéstétel kezdete, így az első ESG jelentéseiket a 2027-es üzleti évről csak 2028-ban kell elkészíteniük.

Az Omnibus csomag várhatóan gyorsított jogalkotási folyamaton megy keresztül, és további módosítások tárgyát képezheti. Az Európai Bizottság célja, hogy az új szabályozás elősegítse a fenntartható gazdasági átmenetet, miközben csökkenti a vállalatok adminisztratív terheit és növeli az ESG jelentések megbízhatóságát, eredményességét. Az Omnibus csomag hatása széleskörű lehet, érintve a nagyvállalatokat, pénzügyi intézményeket és az EU-n kívüli cégeket is, amelyek az uniós piacon tevékenykednek.

4.2.3 A német szabályozás

Ezzel párhuzamosan Németország elfogadta és bevezette az LkSG (Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz) törvényt, amely az ellátási láncok átvilágítását és az emberi jogok védelmét szolgálja. Az LkSG előírja, hogy a német vállalatoknak azonosítaniuk és kezelniük kell az ellátási láncukban felmerülő kockázatokat, különös tekintettel az emberi jogi és környezetvédelmi szempontokra. Az LkSG és az EU CSDDD irányelve hasonló célokat szolgál, és várhatóan ez tovább fogja erősíteni az ellátási láncok fenntarthatósági követelményeit. Az ESG elvek tehát egyre inkább kiterjednek a vállalatok teljes működésére, beleértve az ellátási láncokat is, biztosítva ezzel a fenntartható és felelős üzleti gyakorlatokat.

A Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG), vagyis a német ellátási lánc átvilágítási törvény 2023. január 1-jén lépett hatályba, és célja, hogy biztosítsa a német vállalatok felelősségvállalását az ellátási láncokban előforduló emberi jogi és környezeti kockázatok kezelésében. A törvény előírja, hogy a nagyvállalatoknak azonosítaniuk kell az ellátási láncukban felmerülő kockázatokat, és megfelelő intézkedéseket kell hozniuk azok megelőzésére vagy csökkentésére. Az LkSG különösen fontos lépés a fenntartható üzleti gyakorlatok előmozdításában, mivel kötelezővé teszi a vállalatok számára a proaktív kockázatkezelést és az átláthatóságot.

Az LkSG hatálya kezdetben csak azokra a vállalatokra terjedt ki, amelyek legalább 3000 alkalmazottal rendelkeztek Németországban, de 2024. január 1-jétől ez a küszöb 1000 alkalmazottra csökkent. A törvény előírja, hogy az érintett vállalatoknak rendszeres

kockázatelemzést kell végezniük, és dokumentálniuk kell az ellátási láncukban felmerülő emberi jogi és környezeti kockázatokat. Emellett a cégeknek panaszmechanizmust kell létrehozniuk, amely lehetőséget teremt az érintettek számára, hogy bejelentsék az esetleges jogsértéseket. Az LkSG nemcsak a közvetlen beszállítókra vonatkozik, hanem az ellátási lánc mélyebb szintjeire is kiterjed, így biztosítva a teljes körű felelősségvállalást.

A törvény végrehajtását a Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) felügyeli, amely ellenőrzi a vállalatok megfelelését és szükség esetén szankciókat szab ki. Az LkSG megsértése esetén a vállalatok jelentős pénzbírságra számíthatnak, amely akár az éves árbevételük 2%-át is elérheti. Emellett a törvény előírja, hogy a vállalatoknak éves jelentést kell készíteniük az ellátási láncukban végzett átvilágítási tevékenységeikről, amelyet nyilvánosan elérhetővé kell tenniük. Az LkSG célja, hogy ösztönözze a vállalatokat a fenntartható és etikus üzleti gyakorlatok alkalmazására, miközben biztosítja az emberi jogok védelmét és a környezet megóvását.

Az LkSG bevezetése jelentős hatással van a német vállalatokra és azok nemzetközi partnereire, mivel az ellátási láncok fenntarthatósági követelményei egyre szigorúbbá válnak. A törvény nemcsak a német piacon működő cégekre vonatkozik, hanem azokra a külföldi vállalatokra is, amelyek Németországban üzleti tevékenységet folytatnak. Az LkSG is hozzájárul a globális ellátási láncok átláthatóságának növeléséhez, és elősegíti a fenntartható gazdasági átmenetet. A törvény hatása már érezhető, mivel egyre több vállalat kezd aktívan foglalkozni az ellátási láncok fenntarthatósági kockázataival és megfelelési stratégiáival.

4.2.4 A magyar szabályozás, mint az Európai ESG-re adott válasz

Az Országgyűlés elfogadta 2023. december 12-én a fenntartható finanszírozás és az egységes vállalati felelősségvállalás ösztönzését szolgáló környezettudatos, társadalmi és szociális szempontokat is figyelembe vevő, vállalati társadalmi felelősségvállalás szabályairól és azzal összefüggő egyéb törvények módosításáról szóló javaslatot. Az új szabályozással a jogalkotó célja az volt, hogy lefedtesse a hazai fenntarthatósági jelentéstételi és ellátási lánc átvilágítási kötelezettségek alapjait és megfeleljen az Európai Unió fenntarthatósággal kapcsolatos iránymutatásainak.

Az elfogadott törvény rendelkezései két fő területet érintenek: a fenntarthatósági célú átvilágítási kötelezettségek bevezetését, valamint a CSRD implementáció előkészítését.

A vállalkozásoknak az új szabályok értelmében a következő kötelezettségekkel kell számolniuk:

- kockázatkezelési rendszer létrehozása,
- panaszkezelési eljárás biztosítása,
- belső felelősségvállalási stratégia és rendszer kialakítása,
- rendszeres kockázatelemzések elvégzése,
- megelőzési és korrekciós intézkedések megállapítása,
- ESG adatszolgáltatási kötelezettség teljesítése, valamint a
- közvetlen szállítók nyilatkoztatása a felmerülő kockázatok tekintetében, továbbá
- évente ESG beszámoló elkészítése az előző évben elvégzett átvilágítási tevékenységről és annak eredményeiről.

A jogszabályban megfigyelhetők a német ellátási láncok átvilágításáról szóló törvény (LkSG) és az Európai Unió ellátási láncok átvilágításáról szóló javaslatának (CSDDD) bizonyos elemei, melyek – a magyar tervezettel egyetemben – az ENSZ ajánlásaira épülnek. A CSRD követelményeinek megfelelő, ESRS szerinti jelentés az átvilágítási folyamat és kockázatok leírásánál messzebbre mutat.

A magyar ESG törvény, vagyis a 2023. évi CVIII. törvény, a fenntartható finanszírozás és az egységes vállalati felelősségvállalás ösztönzését szolgálja. A törvény célja, hogy a magyar vállalatok átlátható és strukturált módon számoljanak be környezeti, társadalmi és vállalatiirányítási (ESG) teljesítményükről, valamint feleljenek meg az Európai Unió fenntarthatósági követelményeinek. Az ESG törvény hatálya alá tartoznak a nagyvállalatok és a közérdeklődésre számot tartó gazdálkodók. Ezeknek jelentést kell készíteniük fenntarthatósági hatásaikról és kockázataikról.

A törvény előírja, hogy az érintett vállalatoknak ESG beszámolót kell készíteniük, amelyben bemutatják működésük környezeti és társadalmi hatásait. Az ESG jelentésnek tartalmaznia kell a vállalat fenntarthatósági stratégiáját, célkitűzéseit és az alkalmazott kockázatkezelési mechanizmusokat. A beszámolók célja, hogy a befektetők, a fogyasztók és a szabályozó hatóságok pontosabb képet kapjanak a vállalatok fenntarthatósági teljesítményéről.

A törvény hatálya kezdetben csak a nagyvállalatokra terjedt ki, amelyek mérlegfőösszege meghaladja a 10 milliárd forintot, éves nettó árbevétele pedig a 20 milliárd forintot. Az ESG törvény vonatkozik azokra a vállalatokra is, amelyek átlagosan 500 főnél több alkalmazottat foglalkoztatnak. A jogszabály később kiterjesztésre kerülhet a kisebb vállalatokra is, különösen a közérdeklődésre számot tartó kis- és középvállalkozásokra (KKV-k).

A törvény módosításai folyamatosan zajlanak. A 2025 májusában benyújtott módosító javaslat szerint az ESG törvény hatálya alá tartozó vállalatok köre szűkülhet, és a kötelezettségek határideje módosulhat. Az új szabályok szerint csak azok a vállalatok lennének érintettek, amelyek éves nettó árbevétele meghaladja a 90 milliárd forintot, és az átlagos foglalkoztatotti létszámuk 500 fő felett van. Emellett enyhülhetnek a beszállítói átvilágítási és ESG-beszámolói kötelezettségek.

A törvény végrehajtását a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH) felügyeli, amely ellenőrzi a vállalatok megfelelését és szükség esetén szankciókat szab ki. Az ESG törvény megsértése esetén a vállalatok pénzbírságra számíthatnak, és jogi felelősségre vonhatók. Emellett a cégeknek évente jelentést kell készíteniük az ESG tevékenységeikről, amelyet nyilvánosan elérhetővé kell tenniük.

A magyar ESG törvény szorosan kapcsolódik az EU-ban alkalmazott szabályozásokhoz, különösen a CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) és a CSDDD (Corporate Sustainability Due Diligence Directive) irányelvekhez. Az ESG törvény célja, hogy biztosítsa a magyar vállalatok megfelelését az uniós fenntarthatósági követelményeknek, miközben elősegíti a zöld gazdasági átmenetet és a felelős üzleti gyakorlatokat.

A törvény hatása már érezhető a magyar vállalatok működésében. Az ESG jelentések és átvilágítási kötelezettségek elősegítik a fenntartható üzleti modellek kialakítását, miközben növelik a vállalatok átláthatóságát és versenyképességét. Az ESG törvény várhatóan tovább fejlődik, és egyre nagyobb szerepet kap a magyar gazdaságban, különösen a fenntartható finanszírozás és a vállalati felelősségvállalás területén.

A hazai ESG törvény a fenntartható finanszírozást, az egységes vállalati felelősségvállalást hivatott környezettudatos, társadalmi és vállalatirányítási szempontok mentén szabályozni, így jelentős lépést tesz a fenntartható gyakorlatok előmozdítása felé. Az új jogszabály a CSRD-ban definiált fenntarthatósági jelentés elkészítésén és közzétételén túlmutató, azzal párhuzamosan működő beszámolási kötelezettséget hívott életre. Jelen fejezetben ismertetem a törvény hazai ESG beszámolás szempontjából kulcsfontosságú elemeit, valamint betekintést adok a fenntarthatósági kérdésekkel kapcsolatos új szabályozás potenciális következményeire vonatkozóan.

4.2.5 Érintett vállalkozások és határidők

Az ESG törvény lépcsőzetesen vezeti be a vállalkozások egyre táguló körére nézve a fenntarthatósági célú átvilágítási kötelezettséget. A Magyarország területén székhellyel rendelkező vállalkozások közül a következők esnek a hatálya alá:

1. Közérdeklődésre számot tartó nagyvállalkozások. Elsőként a közérdeklődésre számot tartó gazdálkodónak minősülő nagyvállalkozásokra nézve kerültek bevezetésre az előírások. A 2024-es üzleti évi tevékenységük tekintetében vált kötelezővé az átvilágítási előírás, és 2025-ben pedig már ESG beszámolót is kell készíteniük.
2. Nagyvállalkozások. Ezt követően a kijelölt nagyvállalkozások kötelesek lesznek a 2025-es üzleti évi tevékenységük tekintetében eleget tenni a fenntarthatósági célú átvilágítási kötelezettségnek, 2026-ban pedig ESG beszámolót kell készíteniük.

A törvény hatálya jelenleg nem terjed ki a pénzügyi vállalkozásokra az MNB-ről szóló 2013. évi CXXXIX. törvény 39.§ (1)-(3)-ában meghatározott törvények hatálya alá tartozó személyekre, szervezetekre és tevékenységekre, az MNB-re és az MNB többségi befolyása alatt álló gazdasági társaságokra.

Az ESG törvény hatálya alá nem tartozó vállalkozások önkéntes vállalás vagy más jogszabályi kötelezettség alapján is ESG adatszolgáltatási kötelezettség alá eshetnek, így a fenntarthatósági szempontok szerinti működés, illetve átvilágítás az esetükben is szükségessé válhat.

4.2.5 Kockázatértékelési és kockázatkezelési rendszer

Az ESG törvény előírásai alapján a vállalkozásoknak tehát fenntarthatósági célú átvilágítást kell végezniük, amelynek központi eleme a környezeti, illetve társadalmi felelősségvállalási kockázatok megfelelő értékelése és kezelése. Ennek során az érintett vállalkozásoknak kockázatelemzést kell végezniük, amelynek a saját üzleti hatáskörükben és a közvetlen szállítóik tevékenységében felmerülő kockázatokra egyaránt ki kell terjednie. Ezt követően a vállalkozásnak a felismert potenciális kockázatok kezelése érdekében a rendelkezésére álló eszközök felhasználásával megfelelő megelőző intézkedéseket kell tennie. Abban az esetben, ha valamely kockázat már bekövetkezett, a vállalkozás korrekciós intézkedések alkalmazására lesz köteles.

4.2.6 Társadalmi felelősségvállalási stratégia

A kockázatok kezelésének fontos eszközeként tekint a törvény a társadalmi felelősségvállalási stratégia elkészítésére. Az ESG törvény társadalmi felelősségvállalás alatt a vállalkozásoknak a társadalomra, a kultúrára és a jövő nemzedékei életfeltételeire gyakorolt hatása iránti felelősséget érti, és előírja, hogy a vállalkozásoknak működésük során elő kell mozdítaniuk ezen Alaptörvényben lefektetett értékeket. Annak érdekében, hogy ez a célkitűzés sikeresen megvalósulhasson, az érintett nagyvállalkozásoknak társadalmi felelősségvállalási stratégiát kell készíteniük és közzé is kell azt tenniük.

4.2.7 ESG beszámoló

Az előző évre vonatkozó fenntartható célú átvilágítási kötelezettség teljesítéséről az érintett vállalkozásoknak évente ESG beszámolót kell készíteniük. A beszámolónak a törvényben előírtakat kell tartalmaznia, ideértve egyebek mellett a vállalat társadalmi felelősségvállalással kapcsolatos intézkedéseit és a fenntarthatósági célú átvilágítási folyamat leírását is. Konszolidált ESG beszámolójába foglalhatja az anyavállalat az érintett leányvállalatra vonatkozó beszámolót, így a leányvállalat mentesülhet a beszámolóképzésre vonatkozó kötelezettség alól, amennyiben az anyavállalat maga is az ESG törvény hatálya alá esik, azaz magyarországi székhelyű és meghaladja a törvényben meghatározott mérethatárt. A beszámolót az üzleti év végét követő 6 hónapon belül a vállalkozás honlapján közzé kell tenni (ingyenesen és nyilvánosan hozzáférhető módon), illetve a felügyeleti hatóságnak is meg kell azt küldeni. A beszámoló összeállításához a vállalkozás névjegyzékben szereplő ESG tanácsadó segítségét veheti igénybe

A fenntartható finanszírozás és az egységes vállalati felelősségvállalás ösztönzését szolgáló környezettudatos, társadalmi és szociális szempontokat is figyelembe vevő, vállalati társadalmi felelősségvállalás szabályairól és azzal összefüggő egyéb törvények módosításáról szóló 2023. évi CVIII. törvény végrehajtási rendeletei:

- A Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága fenntarthatósági célú átvilágítási kötelezettségekkel összefüggő egyes nyilvántartási és akkreditálási feladataihoz kapcsolódó eljárásainak igazgatási szolgáltatási díjairól szóló 5/2024. (VI. 14.) SZTFH rendelet
- Az ESG tanácsadóként történő akkreditálás eljárási szabályairól és az ESG tanácsadók nyilvántartásáról szóló 11/2024. (VIII. 8.) SZTFH rendelet
- Az ESG tanácsadóként történő akkreditálás követelményrendszeréről szóló 29/2024. (VIII. 8.) NGM rendelet

- Az ESG tanácsadókat oktató intézményként történő akkreditálás követelményrendszeréről, az akkreditált oktató intézményeket tartalmazó nyilvántartás vezetésére vonatkozó részletes eljárási szabályokról, valamint az ESG tanácsadói képzésről, továbbá a képzés és a vizsga díjáról szóló 30/2024. (VIII. 8.) NGM rendelet
- Az ESG tanácsadókat oktató intézményként történő akkreditálás részletes eljárási szabályairól szóló 244/2024. (VIII. 8.) Kormányrendelet
- Az ESG beszámolók, az ESG minősítők és az ESG szoftverek nyilvántartásáról szóló 12/2024. (VIII. 15.) SZTFH rendelet
- A vállalkozások fenntarthatósági célú átvilágítási kötelezettségei teljesítésének részletszabályairól szóló 13/2024. (VIII. 15.) SZTFH rendelet

4.3 Összegzés

Az ESG szabályozás mind az Európai Unióban, mind Magyarországon jelentős hatással van a vállalatok működésére. Bár a megfelelés kihívások elé állíthatja a vállalatokat, a fenntartható és felelős működés előnyei hosszú távon meghaladhatják a kezdeti nehézségeket. A szabályozás folyamatos fejlődése és a vállalatok alkalmazkodása kulcsfontosságú a fenntartható gazdasági környezet kialakításában.

5 ESG rendszerek kívánalmai a logisztikától

Az ESG (Environmental, Social, Governance – környezeti, társadalmi és irányítási) rendszerek az elmúlt évtizedben jelentős hangsúlyt kaptak a vállalati működés minden területén, így a logisztikában is. A globális ellátási láncok fenntarthatósági és átláthatósági követelményei ma már nem csupán önkéntes vállalások, hanem versenyképességi tényezők is. A logisztikai ágazat különösen érintett az ESG-elvek alkalmazásában, hiszen működése közvetlen hatással van a környezetre, emberek millióinak munka- és életkörülményeire, valamint a vállalati kormányzás etikai szintjére.

5.1 Környezeti (Environmental) elvárások

A logisztikai rendszerek környezeti fenntarthatósága kulcsfontosságú tényező az ESG-megfelelés szempontjából. A szektor jelentős mértékben hozzájárul a globális szén-dioxid-kibocsátáshoz, elsősorban a szállítás és raktározás révén. Az ESG-rendszerek környezeti komponense megköveteli a vállalatoktól, hogy mérjék és csökkentsék az ökológiai lábnyomukat. Ez többek között a következőket jelenti:

- Alternatív hajtású járművek (elektromos, hidrogén) alkalmazása a flotta cseréjekor.
- Optimalizált útvonaltervezés és szállítási időzítés a felesleges üzemanyag-felhasználás elkerülése érdekében.
- A raktározási folyamatok energiatakarékos átalakítása (LED-világítás, hőszivattyúk, intelligens épületmenedzsment).
- Fenntartható csomagolási megoldások bevezetése, a hulladék mennyiségének csökkentésével.

A vállalatoknak nemcsak saját működésük, hanem beszállítói láncuk környezeti teljesítményét is figyelemmel kell kísérniük. Ennek eszköze lehet például a karbonlábnyom auditálása vagy a zöldbeszerzési eljárások bevezetése.

5.2 Társadalmi (Social) aspektusok

A logisztikai rendszerek társadalmi felelőssége elsősorban a munkaerővel, a munkakörülményekkel, a közösségi hatásokkal és az ügyfélelégedettséggel kapcsolatos. Az ESG-rendszerek ezen pillére az alábbi elvárásokat támasztja a logisztikai szektorral szemben:

- Biztonságos és egészséges munkakörnyezet biztosítása a raktárosok, gépjárművezetők és adminisztratív dolgozók számára.

- A diszkriminációmentes foglalkoztatás és a munkahelyi sokszínűség elősegítése.
- Versenyképes, méltányos bérezés és szociális juttatások biztosítása.
- Képzési és karrierfejlesztési lehetőségek támogatása.

Ezen túlmenően a társadalmi felelősség kiterjed a helyi közösségekkel való kapcsolatépítésre is. Például egy új logisztikai központ telepítésekor figyelembe kell venni a lakosság érdekeit, a közlekedési infrastruktúra terhelését, valamint a zaj- és légszennyezési szempontokat. A közösségi párbeszéd és az érdekeltek bevonása a döntéshozatalba erősíti a vállalat társadalmi legitimitását és elfogadottságát.

5.3 Irányítási (Governance) elvárások

Az ESG-rendszerek harmadik pillére, a vállalatirányítás, kulcsszerepet játszik a logisztikai vállalatok etikus, átlátható és szabályszerű működésében. A modern irányítási rendszerek követelményei közé tartozik:

- Az etikus üzleti magatartás biztosítása, a korrupció és a visszaélések megelőzése.
- Átlátható döntéshozatali mechanizmusok, független audit és belső kontrollrendszerek működtetése.
- A beszállítók és alvállalkozók ESG-megfelelőségének rendszeres vizsgálata.
- Digitális eszközök (pl. ESG-irányítási szoftverek) alkalmazása az adatok gyűjtésére, elemzésére és riportálására.

Egy jól működő irányítási struktúra képes összekapcsolni a fenntarthatósági célokat a napi működéssel, illetve elszámoltathatóvá teszi a vezetést a stratégiai ESG-célok eléréseért.

5.4 Összegzés és kitekintés

Az ESG-rendszerek kívánalmai a logisztikától egy átfogó szemléletmódot követelnek meg, amely nem korlátozódik csupán környezeti vagy etikai szabályokra. A sikeres ESG-megfeleléshez a logisztikai vállalatoknak integrált, proaktív megközelítést kell alkalmazniuk, amely magában foglalja az operatív hatékonyságot, a társadalmi felelősségvállalást és az etikus vállalatirányítást is.

A jövőben várhatóan még szigorúbb szabályozás és piaci elvárás fogja ösztönözni a logisztikai szereplőket ESG-teljesítményük fejlesztésére. Az ESG-alapú gondolkodás azonban nem csupán kötelezettség, hanem lehetőség is – olyan eszköz, amellyel a logisztikai vállalatok versenyelőnyt, reputációt és hosszú távú fenntarthatóságot érhetnek el.

6 Az ESG rendszer által megkívánt új típusú logisztikai hálózat

Az ESG (Environmental, Social, Governance) szempontok egyre inkább áthatják a modern vállalatirányítást és logisztikát, különösen az újrahasznosítás (recycling) területén. Az ESG-nek megfelelő recycling logisztikai hálózat nem csupán a hatékonyságot és a költségminimalizálást célozza, hanem egy sokkal tágabb, fenntarthatósági és társadalmi felelősségvállalási keretrendszerbe illeszkedik. Ez az új típusú hálózat alapjaiban tér el a hagyományos, lineáris hulladékkezelési modellektől, és a körforgásos gazdaság alapelveit helyezi előtérbe.

6.1 A Recycling logisztika bemutatása az ESG tükrében

A recycling logisztika hagyományosan a hulladékgyűjtés, szállítás, válogatás és feldolgozás folyamatait foglalja magában. Azonban az ESG-rendszer megköveteléseai ennél sokkal többet várnak el:

Környezeti (E) szempontok: Ez a pillér a logisztikai folyamatok környezeti lábnyomának minimalizálására fókuszál. Jelenti a CO₂-kibocsátás csökkentését (zöld flotta, optimalizált útvonalak), az energiahatékonyság növelését a válogató- és feldolgozó üzemekben, a vízfogyasztás mérséklését és a másodlagos környezetterhelések (pl. zaj, szag) elkerülését. Az újrahasznosított anyagok minőségének maximalizálása is ide tartozik, hogy azok minél magasabb értékben kerülhessenek vissza a gazdaságba, csökkentve a nyersanyagok iránti igényt (többek között a logisztikában ilyenek lehetnek a csomagolóanyagok).

- **Társadalmi (S) szempontok:** Ez a logisztikai hálózat működésének társadalmi hatásaival foglalkozik. Magában foglalja a biztonságos és etikus munkakörülmények biztosítását a gyűjtő-, válogató- és szállító személyzet számára. Fontos a helyi közösségek bevonása és tájékoztatása (oktatási programok, intelligens gyűjtőpontok), valamint a hulladékkezelési szolgáltatások méltányos hozzáférhetőségének biztosítása mindenki számára, tekintet nélkül a társadalmi-gazdasági helyzetre. A balesetek és a szennyezés kockázatának minimalizálása a lakott területeken szintén alapvető elvárás.
- **Irányítási (G) szempontok:** Ez a pillér a vállalatirányítási struktúrát és az átláthatóságot vizsgálja. Az ESG-kompatibilis recycling logisztika megköveteli az átlátható adatszolgáltatást a hulladékáramokról, az újrahasznosítási rátákról és a környezeti teljesítményről. Emellett elengedhetetlen a korrupciómentes, etikus

működés, a jogszabályi megfelelés (különösen a termékdíj és a hulladéknymon követés terén), és a külső auditok eredményeinek figyelembe vétele. A belső és külső érdekelt felekkel való konstruktív párbeszéd is a irányítási szempontok része.

Az ESG-nek megfelelő recycling logisztika tehát egy olyan rendszert vizionál, amely nem csupán hatékonyan kezeli a hulladékot, hanem proaktívan hozzájárul a környezetvédelemhez, a társadalmi jóléthez és az átlátható, etikus üzleti gyakorlathoz.

6.2 A Klaszter mint lehetséges működési forma

Az ESG-nek megfelelő recycling logisztikai hálózat kiépítésében a klaszter-megközelítés rendkívül ígéretes működési forma. A klaszterek olyan földrajzilag koncentrált strukturált cégek, tevékenységek, amelyek azonos vagy kapcsolódó iparágakban tevékenykednek, és közös infrastruktúrát, technológiát és tudásbázist oszthatnak meg. A recycling logisztikában egy klaszter magában foglalhatja a következő szereplőket:

- **Hulladékgyűjtő és Szállító Vállalatok:** Közös logisztikai szoftverek, flotta-optimalizálás, esetleg közös járműpark fenntartása.
- **Válogató és Előfeldolgozó Üzemek:** Közös technológiai fejlesztések, szabványosított válogatási eljárások.
- **Újrahasznosító Iparági Vállalatok:** Az újrahasznosított anyagok minőségének közös javítása, új termékek fejlesztése.
- **Kutatási és Fejlesztési Intézmények:** Innovatív újrahasznosítási technológiák és anyagtudományi kutatások.
- **Helyi Önkormányzatok és Közszolgáltatók:** A gyűjtési rendszerek koordinálása, engedélyezési és szabályozási feladatok.
- **Gyártó Vállalatok:** A "Design for Recycling" elvek alkalmazása, termékdíj-rendszerben való részvétel.

A klaszter-működés előnyei az ESG-kompatibilis recycling logisztikában:

1. **Szinergiák és Költséghatékonyság:** A közös infrastruktúra, a megosztott erőforrások (pl. járművek, raktárak) és a beszerzési volumen növelése jelentős költségmegtakarítást eredményez. Ez különösen fontos az újrahasznosítás gyakran magas kezdeti beruházási költségei miatt.

2. **Innováció és Tudásmegosztás:** A klasztertagok közötti szoros együttműködés felgyorsítja az innovációt. Az új újrahasznosítási technológiák, a digitális nyomon követési rendszerek és az anyagismeret gyorsabban terjedhetnek el. A K+F intézmények bevonása pedig biztosítja a tudományos alapokat.
3. **Környezeti Teljesítmény Javítása:** Az optimalizált szállítási útvonalak, a zöldebb járműparkok és az energiahatékonyabb feldolgozási eljárások révén csökken a környezetterhelés. Az ipari szimbiózis lehetőségei is jobban kihasználhatók, ahol az egyik tag hulladéka a másik nyersanyaga lesz, minimalizálva a lerakóba kerülő anyag mennyiségét.
4. **Társadalmi Hatás és Elfogadás:** A helyi munkahelyteremtés, a jobb munkakörülmények és a közösségi programok révén a klaszter növeli a társadalmi elfogadottságot. Az átlátható működés és a lakossági edukáció erősíti a bizalmat.
5. **Adatkezelés és Nyomon Követés:** A klaszteren belül könnyebb bevezetni egységes digitális platformokat és **blockchain alapú nyomon követési rendszereket**. Ezáltal az anyagáramok és az újrahasznosítási ráták sokkal pontosabban és átláthatóbban követhetők, ami elengedhetetlen az ESG-jelentések elkészítéséhez és a jogszabályi megfeleléshez.
6. **Pénzügyi és Befektetői Bizalom:** Az ESG-megfelelő klaszterek vonzóbbak lehetnek a fenntarthatósági befektetők számára, mivel egységes, mérhető teljesítményt nyújtanak.

6.3 Az ESG Rendszer többletkövetelményei a logisztikában és a hasznosítható modellek

Az ESG rendszer az előzőekben bemutatott integrált gyűjtési és válogatási hálózat, az optimalizált szállítás és útvonaltervezés, a fejlett adatkezelés és nyomon követés, a körforgásos tervezés és együttműködés, valamint az innováció és kutatás-fejlesztés területein is többletkövetelményeket támaszt. Ezek a követelmények nem csupán az operatív hatékonyságot, hanem a teljes ellátási lánc fenntarthatóságát és transzparenciáját célozzák.

A dolgozatomban vizsgált ESG-nek megfelelő recycling logisztikai rendszer kialakításánál kulcsfontosságú, hogy ezek a többletigények ne csak elvi síkon jelenjenek meg, hanem konkrét, modellezhető és mérhető célokká váljanak. Ehhez az alábbi modellek alkalmazása jöhet szóba:

1. **Lineáris Programozási Modellek és Hálózat-optimalizálási Modellek (E, S, G):**

- **ESG szempontok bővítése:** Nem csupán a költségek minimalizálása a cél, hanem a **CO2-kibocsátás (E)**, a **zajterhelés (E)**, a **lakott területek elkerülése (S)**, és a **szolgáltatási szint (S)** optimalizálása is. Például egy modell beállíthatja, hogy a gyűjtési útvonalak a lehető legkevésbé zavarják a városi forgalmat, vagy hogy a veszélyes hulladékot szállító járművek elkerüljenek kijelölt övezeteket.
- **Klaszter szintű optimalizálás:** A klasztertagok közösen optimalizálhatják a gyűjtőpontok, válogatóközpontok és újrahasznosító üzemek elhelyezkedését és kapacitását, figyelembe véve a regionális hulladéktermelési mintákat és az ESG-célokat.

2. Életciklus-elemzési (LCA) Modellek (E):

- **Teljes körű környezeti hatás:** Az LCA modellek segítségével nemcsak az újrahasznosítási folyamat, hanem a teljes termékéletciklus környezeti hatását elemezhetjük. Ez magában foglalja a "Design for Recycling" elvek érvényesülésének mérését, az újrahasznosított anyagok felhasználásának tényleges környezeti előnyeit, és a szállítási lánc környezeti terhelését. Az LCA adatok szolgáltatják az egyik legfontosabb alapot a környezeti teljesítményre vonatkozó ESG-jelentésekhez.

3. Körforgásos Gazdaság Modellek (E, S, G):

- **Zárt láncú rendszerek tervezése:** Ezek a modellek segítenek megtervezni a termékek és anyagok áramlását úgy, hogy azok minél tovább maradjanak a gazdaságban, minimalizálva a hulladékot és a külső erőforrás-felhasználást.
- **Ipari szimbiózis szimulációja:** A modellek azonosíthatják azokat a lehetséges szinergiákat a klaszteren belül, ahol az egyik vállalat mellékterméke vagy hulladéka a másik nyersanyagává válhat.
- **Gazdasági és környezeti előnyök szimulálása:** A modellek előre jelezhetik a körforgásos gyakorlatok bevezetésének gazdasági megtérülését és környezeti előnyeit.

4. Blockchain Alapú Nyomon Követési Rendszerek (G, E):

- **Teljes átláthatóság és hitelesség (G):** A blockchain technológia garantálja az anyagáramok és az újrahasznosítási folyamatok teljes átláthatóságát, a manipulálhatatlan adatrögzítést. Ez kulcsfontosságú a hamisított adatok vagy illegális hulladékszállítás elleni küzdelemben és a befektetők bizalmának erősítésében.

- **Fenntarthatósági tanúsítványok (E):** Lehetővé teszi az újrahasznosított anyagok "zöld" eredetének igazolását (pl.: Megújuló energia esetén származási garancia), ami növeli azok piaci értékét és ösztönzi a fenntartható beszerzést.
- **Termékdíj-rendszerek támogatása:** A pontos nyomon követés segíti a EPR/termékdíj befizetésének ellenőrzését és az adatok gyűjtését a díjak jövőbeli optimális meghatározásához, illetve ezek állami, vagy más szereplők általi ellenőrzéséhez.

Az ESG-nek megfelelő recycling logisztikai hálózat tehát nem pusztán egy technikai megoldás, hanem egy átfogó, stratégiai megközelítés, amelyben a klaszter-működés, a fejlett modellezési eszközök és a transzparencia kulcsfontosságú szerepet játszanak. Ez a rendszer képes a fenntarthatósági célokat hatékonyan integrálni a napi logisztikai műveletekbe, és valós, mérhető hozzájárulást tenni egy körforgásos és fenntarthatóbb jövőhöz.

6.4 Lineáris programozási modellek (LP)

A lineáris programozás egy matematikai technika, amelyet egy lineáris célfüggvény optimalizálására (minimalizálására vagy maximalizálására) használnak, lineáris egyenlőtlenségek vagy egyenlőségek, az úgynevezett korlátok halmaza mellett. A recycling logisztikában ez a következőt jelenti:

6.4.1 Célfüggvények az ESG jegyében:

Korábban az LP modellek fő célja a **költségek minimalizálása** volt. Az ESG-nek megfelelő logisztikában azonban a célfüggvények kibővülnek:

- **Környezeti (E) Célok:**
 - **CO₂-kibocsátás minimalizálása:** Ez a leggyakoribb cél. A modell figyelembe veszi a járművek típusát, a megtett távolságokat és az üzemanyag-fogyasztást. Adott útvonalon az egyes járműtípusokhoz (dízelt, elektromos, hidrogén) tartozó szén-dioxid-kibocsátási faktorok beépítésével a modell meg tudja határozni a legkevesbé szennyező útvonalakat és a járműpark összetételét.

- **Energiafogyasztás minimalizálása a válogató- és feldolgozó üzemekben:**
Olyan üzemek kijelölése, amelyek energiahatékony technológiával működnek, vagy megújuló energiát használnak.
- **Lerakóba kerülő hulladék minimalizálása:** Ezen feltételhez maximalizálni szükséges az újrahasznosított, újrahasznosítható és komposztálható, illetve energetikailag hasznosítható anyagok mennyiségét.
- **Társadalmi (S) Célok:**
 - **Zajszennyezés minimalizálása:** Különösen lakott területeken, a gyűjtési időpontok és útvonalak optimalizálásával.
 - **Közlekedési torlódások minimalizálása:** Elkerülni a csúcsforgalmat, csökkenteni a forgalomban töltött időt.
 - **Helyi közösségekre gyakorolt negatív hatások minimalizálása:** Például elkerülni a nehéz járműforgalmat az érzékeny területeken.
 - **Szolgáltatási szint maximalizálása:** Biztosítani, hogy a gyűjtés rendszeres és megbízható legyen, minimalizálni a gyűjtési késedelmeket.
- **Irányítási (G) Célok:**
 - **Adatátláthatóság maximalizálása:** Olyan útvonalak és folyamatok kijelölése, amelyek a leginkább támogatják a pontos adatgyűjtést és nyomon követést.

6.4.2 Korlátok

Az Lineáris Programozási modellekben a korlátok jelentik a valós életbeli megkötéseket, amelyeknek a megoldásnak eleget kell tennie:

- **Kapacitáskorlátok:** Járművek kapacitása, válogató- és feldolgozó üzemek kapacitása, raktározási kapacitás.
- **Időkorlátok:** Szállítási idők, nyitvatartási idők, gyűjtési ütemtervek.
- **Költségvetési korlátok:** Rendelkezésre álló pénzügyi források.
- **Hulladékmennyiségek:** Az egyes gyűjtési pontokon vagy régiókban keletkező hulladék mennyisége és típusa.
- **Jogi és Szabályozási Korlátok:** Pl. a veszélyes hulladék szállítására vonatkozó előírások, a zajkibocsátási határértékek, a hulladéklerakóba helyezhető mennyiség korlátozása.
- **Minőségi korlátok:** Biztosítani, hogy az újrahasznosított anyagok megfeleljenek a szükséges minőségi előírásoknak.

6.4.3 Alkalmazás a Recycling logisztikában

- **Gyűjtési útvonalak optimalizálása:** Melyik jármű melyik gyűjtőpontra menjen, milyen sorrendben, és melyik feldolgozó üzembe szállítsa a hulladékot/ másodnyersanyagot, minimalizálva a CO₂-kibocsátást és a költségeket.
- **Járműflotta méretezése és összetétele:** Mennyi és milyen típusú járműre van szükség a különböző típusú hulladékok gyűjtéséhez és szállításához, figyelembe véve a zöld flotta célokat.
- **Munkaerő-tervezés:** A gyűjtési és válogatási feladatokhoz szükséges munkaerő optimalizálása.

6.5 Hálózat-optimalizálási modellek

A hálózat-optimalizálási modellek az LP modellek speciális esetei, amelyek hálózati struktúrák (gráfok szerint csomópontok és élek) optimalizálásával foglalkoznak. A recycling logisztikában ez a hálózat magában foglalja a gyűjtőpontokat, válogatóközpontokat, feldolgozó üzemeket és a végfelhasználókat (az újrahasznosított anyagok vevőit).

6.5.1 Célok és korlátok

Hasonlóan az LP-hez, itt is az ESG-szemponatok dominálnak:

- **Környezeti (E) Célok:**
 - **Az új létesítmények (válogatóközpontok, feldolgozó üzemek) környezeti hatásának minimalizálása:** Olyan helyszínek kiválasztása, amelyek a legkisebb ökológiai lábnyommal rendelkeznek(pl. alacsony energiafogyasztás, megújuló energiaforrásokhoz való hozzáférés).
 - **Anyagvesztés minimalizálása a feldolgozás során:** Maximalizálni az újrahasznosítási rátákat a hálózaton belül.
- **Társadalmi (S) Célok:**
 - **A gyűjtési szolgáltatások hozzáférhetőségének maximalizálása:** Biztosítani, hogy mindenki számára könnyen elérhetőek legyenek a gyűjtőpontok, különösen a hátrányos helyzetű régiókban.
 - **Munkahelyteremtés a régióban:** Olyan telephelyek kiválasztása, amelyek hozzájárulnak a helyi gazdaság fejlődéséhez.
 - **Közösségi elfogadottság maximalizálása:** Figyelembe venni a helyi lakosság aggodalmait a létesítmények elhelyezésekor (pl. zaj, forgalom, szaghatás).
- **Irányítási (G) Célok:**
 - **Az ellátási lánc átláthatóságának növelése:** A hálózati modellek támogatják a **blockchain alapú nyomon követési rendszerek** integrálását, mivel a csomópontok közötti anyagáramok pontosan leírhatók és rögzíthetők.
 - **A jogszabályi megfelelés biztosítása:** Például a veszélyes hulladékok elkülönített kezelése és szállítása.

6.5.2 Alkalmazás a Recycling logisztikában

- **Létesítmények elhelyezése (Facility Location):** Hol érdemes új gyűjtőpontokat, válogatóközpontokat vagy feldolgozó üzemeket telepíteni, figyelembe véve a hulladéktermelés földrajzi eloszlását, a szállítási költségeket, az energiahatékonyságot és a társadalmi hatásokat.
- **Kapacitás-tervezés:** Mekkora kapacitásra van szükség az egyes létesítményekben a jövőbeli hulladékmennyiség és az újrahasznosítási célok eléréséhez.

- **Hálózat-tervezés:** Hogyan kapcsolódjanak egymáshoz a gyűjtőpontok, válogatóközpontok és feldolgozó üzemek a leghatékonyabb és legfenntarthatóbb módon. Ez magában foglalja a szállítási módok (közút, vasút, vízi) kiválasztását is.
- **Anyagáram-elemzés:** Hogyan áramoljanak az egyes hulladéktípusok a hálózaton belül, minimalizálva az ártalmatlanításra kerülő mennyiséget és maximalizálva az újrahasznosítási rátát.

6.5.3 Modellek a klaszter működésben

Egy **klaszter** esetében, ahol több szereplő működik együtt, az LP és hálózat-optimalizálási modellek még nagyobb potenciállal bírnak:

- **Közös forrás-felhasználás optimalizálása:** A klasztertagok szükség esetén közösen optimalizálhatják a járműparkot, a raktárkapacitásokat és a feldolgozó üzemek kihasználtságát, maximalizálva a gazdasági és környezeti előnyöket.
- **Ipari szimbiózis lehetőségeinek feltárása:** A modellek segíthetnek azonosítani azokat az anyagáramokat a klaszteren belül, ahol az egyik tag mellékterméke a másik nyersanyaga lehet, minimalizálva a hulladékot.
- **Közös ESG-célok elérése:** A klaszter egésze optimalizálhatja a CO₂-kibocsátást, a vízfelhasználást és a társadalmi hatásokat.

6.6 Életciklus-elemzési (LCA) modellek a Recycling logisztikában

Az **Életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, LCA)** egy olyan átfogó módszertan, amely egy termék, szolgáltatás vagy folyamat teljes életciklusa során felmerülő környezeti hatásokat vizsgálja. A **recycling logisztika** kontextusában az LCA modellek kulcsfontosságúak az **ESG (Környezeti, Társadalmi, Irányítási)** célok elérésében, mivel lehetővé teszik a valódi környezeti előnyök és hátrányok azonosítását a hulladékkezelés és újrahasznosítás teljes láncában. Az LCA segít elkerülni a "problémaátvitelt", ahol egy környezeti probléma megoldása máshol (az életciklus egy másik szakaszában) okoz újabb gondot.

6.6.1 Az Életciklus-elemzés fázisai

Az LCA négy fő fázisra bontható:

1. Cél és Hatókör meghatározása (Goal and Scope Definition):

- **Cél:** Elemzés elvégzése szükségesebbek között annak céljából, hogy optimalizálni lehessen egy recycling logisztikai útvonalat a CO₂-kibocsátás szempontjából; vagy alátámasztani egy ESG-jelentést.
- **Hatókör:** Beletartozik a rendszerhatárok meghatározása (pl. "bölcsőtől-sírig", "bölcsőtől-kapuig", "kaputól-kapuig", "bölcsőtől-bölcsőig"), a funkcionális egység kiválasztása (pl. "egy tonna PET palack újrahasznosítása", "egy évig használt műanyag csomagolás kezelése"), és az elemzés szintjének megállapítása.
- **Adatgyűjtési stratégiák:** Milyen típusú adatokat gyűjtünk (primer – közvetlen mérés, szekunder – átvett vagy korábbi adatbázisokból)

2. Életciklus Leltárkészítés (Life Cycle Inventory, LCI):

- Ez a fázis gyűjti össze az összes bemenő anyagot és energiát, valamint az összes kimenőanyagot és kibocsátást, valamint hulladékot a vizsgált rendszerben, az életciklus minden egyes szakaszában.
- **Példa a recycling logisztikában:**
 - **Bemenetek:** Üzemanyagfogyasztás a gyűjtéshez és szállításhoz, elektromos áram a válogató- és feldolgozó üzemekben, vízfelhasználás a mosási folyamatokban, vegyi anyagok a feldolgozáshoz.
 - **Kimenetek:** CO₂-kibocsátás a szállításból és energiafelhasználásból, szilárd hulladék a válogatás és feldolgozás során, szennyvíz, zajszennyezés.
- Ez a fázis rendkívül adatigényes, és gyakran használja a már említett **digitális platformok** és **blockchain alapú nyomon követési rendszerek** adatait a pontosság biztosítása érdekében.

3. Életciklus Hatáselemzés (Life Cycle Impact Assessment, LCIA):

- Az LCI fázisban gyűjtött bemeneteket és kimeneteket a környezeti hatáskategóriákhoz rendeli. Ez a fázis számszerűsíti a lehetséges környezeti hatásokat.
- **Főbb hatáskategóriák:**

- **Globális felmelegedés (Global Warming Potential, GWP):** CO₂-egyenértékben kifejezve. Kiemelten fontos az **energiahordozók végessége** miatt.
 - **Eutrofizáció:** Vízi és szárazföldi ökoszisztémák tápanyag-túlterhelése.
 - **Savasodás:** Savaseső kialakulása.
 - **Ózonréteg elvékonyodása.**
 - **Erőforrás-kimerülés:** Pl. fosszilis energiahordozók, ásványi anyagok kimerülése.
 - **Víz lábnyom:** A termék vagy folyamat során felhasznált víz mennyisége.
- Az LCIA segít megérteni, hogy az adott tevékenység milyen mértékben járul hozzá a különböző környezeti problémákhoz.

4. Életciklus Értelmezés (Life Cycle Interpretation):

- Ebben a fázisban valósul meg az LCI és LCIA eredményeinek elemzése és értékelése a cél és hatókör fényében. A kulcsfontosságú megállapítások, korlátok és érzékenységek azonosítása itt történik.
- **Összehasonlítások:** Különböző recycling logisztikai forgatókönyvek (pl. helyi vs. regionális gyűjtés, dízel vs. elektromos flotta) környezeti hatásainak összehasonlítása.
- **Hotspot azonosítás:** Melyek az életciklus leginkább környezetterhelő szakaszai, ahol a legnagyobb javulás érhető el.
- **Javaslatok megfogalmazása:** Konkrét intézkedések javaslása a környezeti teljesítmény javítására.

6.6.2 Az LCA modellek szerepe az ESG-ben és a Recycling logisztikában

Az LCA modellek az **ESG-nek megfelelő recycling logisztikai rendszer** sarokkövei, mivel:

1. Mérhető Környezeti Teljesítmény (E):

- Az LCA a legmegbízhatóbb eszköz a környezeti lábnyom számszerűsítésére (CO₂-kibocsátás, energia- és vízfogyasztás, hulladéktermelés).
- Alapvető információkat szolgáltat az **ESG-jelentések** elkészítéséhez, hitelessé téve a vállalat fenntarthatósági állításait.
- Lehetővé teszi a "zöld" technológiák (pl. zöld flotta, automatizált válogatóüzemek) tényleges környezeti előnyeinek számszerűsítését.

2. "Design for Recycling" Támogatása (E):

- Az LCA már a terméktervezési fázisban segíthet a gyártóknak (partnerség a gyártókkal) olyan termékeket fejleszteni, amelyek minimális környezeti hatással bírnak a teljes életciklusuk során, beleértve az újrahasznosításukat is.

3. Döntéshozatal Támogatása (E, S, G):

- **Lineáris programozási és hálózat-optimalizálási modellek inputja:** Az LCA adatok (pl. az egyes szállítási módok vagy feldolgozási technológiák CO₂-kibocsátása) alapvető bemenetet jelentenek a logisztikai optimalizációs modellekhez, segítve a környezeti célok integrálását a költség- és hatékonysági célok mellé.
- **Létesítményelhelyezés:** Az LCA segíthet a válogatóközpontok és újrahasznosító üzemek optimális elhelyezésében, figyelembe véve nemcsak a gazdasági, hanem a környezeti és társadalmi hatásokat is.
- **Technológiai választás:** Melyik újrahasznosítási technológia (mechanikai, kémiai) a leginkább fenntartható az adott anyagtípusra nézve.
- **Tudatos fogyasztás ösztönzése:** Az LCA eredmények kommunikálásával (pl. termékcímkéken) a fogyasztók tájékozottabb döntéseket hozhatnak.

4. Hulladékok Nyomon Követése és Felelősségvállalás (G):

- Bár az LCA nem közvetlenül követi nyomon a hulladékot, az általa vizsgált anyagáramok és energiabevitelek alapvetően kapcsolódnak a **blockchain alapú nyomon követési rendszerek** által szolgáltatott adatokhoz. Ezáltal a modell eredményei ellenőrizhetőbbek és hitelesebbek lesznek.
- A **termékdíj** rendszerek hatékonyságának értékeléséhez is felhasználható, hiszen megmutatja, hogy a díjak milyen mértékben ösztönzik a környezetbarátabb terméktervezést és újrahasznosítást.

5. Folyamatos Fejlesztés és Innováció (E, G):

- Az LCA azonosítja a "hotspotokat", azaz azokat a területeket az életciklusban, ahol a legnagyobb környezeti javulás érhető el. Ez segíti az **innováció és kutatás-fejlesztés** fókuszálását.
- Lehetővé teszi az új anyagok és technológiák környezeti hatásának előzetes értékelését, mielőtt azok széles körben elterjednének.

6.6.3 Az LCA kihívásai a Recycling logisztikában

- **Adatigényesség:** Pontos és megbízható adatok hiánya az egyes folyamatszakaszokról (különösen a visszagyűjtési láncokban).
- **Komplexitás:** A hulladékáramok heterogenitása és a számos lehetséges újrahasznosítási út bonyolulttá teszi a modellezést.
- **Határok meghatározása:** A rendszerhatárok kijelölése kulcsfontosságú, de nehéz lehet, különösen egy körforgásos gazdaságban, ahol az anyagok folyamatosan visszaáramolnak.
- **Adatbázisok elérhetősége:** Szükség van naprakész és regionálisan releváns LCA adatbázisokra.

6.7 Körforgásos gazdaság modellek a Recycling logisztikában

A **körforgásos gazdaság (Circular Economy, CE)** egy alapvető paradigmaváltást jelent a jelenlegi, **lineáris "termelj-használj-dobj el"** modellhez képest. Célja, hogy a termékek és anyagok a lehető leghosszabb ideig megmaradjanak a gazdasági körforgásban, minimalizálva a hulladékot és az új nyersanyagok felhasználását. A **recycling logisztika** ezen átalakulás sarokköve, hiszen ez a terület felel az anyagok hatékony visszajuttatásáért a körforgásba. A **körforgásos gazdaság modellek** pedig azok az eszközök, amelyekkel megtervezhetjük, optimalizálhatjuk és szimulálhatjuk ezeket a zárt láncú rendszereket, különös hangsúlyt fektetve az **ESG (Környezeti, Társadalmi, Irányítási)** szempontokra.

6.7.1 A Körforgásos gazdaság alapelvei és a Recycling logisztika szerepe

A körforgásos gazdaság három alapvető elvre épül, amelyek mindegyike szorosan kapcsolódik a recycling logisztika funkciójához:

1. **Hulladék és szennyezés megszüntetése a tervezés által:** Ez az elv hangsúlyozza a megelőzés fontosságát. A termékeket eleve úgy kell megtervezni, hogy azok ne generáljanak felesleges hulladékot, könnyen szétszedhetők, javíthatók és újrahasznosíthatók legyenek. Ezt hívjuk **"Design for Recycling"** megközelítésnek. A recycling logisztika szempontjából ez azt jelenti, hogy a visszagyűjtési és feldolgozási folyamatokat már a termékfejlesztési szakaszban optimalizálták. Ha egy termék

könnyen újrahasznosítható, akkor a gyűjtése és feldolgozása is egyszerűbb és költséghatékonyabb.

2. **Termékek és anyagok körforgásban tartása:** Ez a legközvetlenebbül kapcsolódó elv a recycling logisztikához. Célja, hogy az anyagok és termékek a lehető leghosszabb ideig megőrizze értéküket. Ez magában foglalja az **újrafelhasználást, javítást, felújítást, újragyártást és az újrahasznosítást, valamint végső esetben az energetikai hasznosítást**. Itt lép be a képbe a **visszafuvar-logisztika (Reverse Logistics)**, amely a termékek és anyagok visszagyűjtéséért felel a fogyasztótól (pl. csomagolások, elektronikai hulladék, régi ruházat). A **Lineáris Programozási és Hálózat-optimalizálási modellek** kulcsszerepet játszanak a gyűjtőhálózatok, válogatóközpontok és feldolgozó üzemek elhelyezkedésének és kapacitásának optimalizálásában, figyelembe véve az ESG-célokat, mint például a CO₂-kibocsátás csökkentése a szállítás során vagy az energiahatékony válogatási folyamatok. Az **ipari szimbiózis** – ahol az egyik cég hulladéka a másik nyersanyagává válik – szintén egy fontos megvalósulási forma ebben a fázisban, minimalizálva a kimenő anyagáramokat.
3. **Természetes rendszerek regenerálása:** Ez az elv a megújuló energiaforrások használatára, a természeti erőforrások megóvására és a biológiai anyagok (pl. komposzt) visszajuttatására vonatkozik a bioszférába, ezáltal gazdagítva a természeti tőkét. A recycling logisztika közvetett módon, például **zöld flotta** (elektromos vagy hidrogénüzemű járművek) használatával vagy energiahatékony üzemeltetéssel járul hozzá ehhez, csökkentve a fosszilis energiahordozók felhasználását és a környezeti terhelést.

6.7.2 A körforgásos gazdaság modellek típusai és alkalmazásuk a Recycling logisztikában

A körforgásos gazdaság modellek széles spektrumot ölelnek fel, a kvalitatív keretrendszerekről a komplex kvantitatív szimulációkig. Ezek mindegyike segíti a recycling logisztikát abban, hogy ESG-kompatibilis módon működjön.

1. **Anyagáramlási Analízis (Material Flow Analysis, MFA) Modellek:**
 - **Lényege:** Az MFA egy rendszerszintű, kvantitatív megközelítés, amely az anyagok (pl. műanyag, fém, papír) és az energia be- és kimenetét követi nyomon egy adott rendszerben, például egy régióban, egy iparágban vagy egy vállalatban. Grafikus ábrázolással mutatja be, hogyan áramlanak az anyagok a

nyersanyag kinyerésétől a gyártáson, fogyasztáson és hulladékkezelésen át.
Olyan, mint egy részletes térkép, ami megmutatja az anyagok útját.

○ **Alkalmazás a recycling logisztikában:**

- Segít azonosítani a keletkező **hulladékok mennyiségét és típusait** egy adott földrajzi területen.
- Méri az **újrahasznosítási rátákat** és azonosítja a "szivárgásokat" vagy veszteségeket az anyagáramban (hol vész el az anyag a körforgásból).
- Feltárja a potenciális **körforgásos lehetőségeket** (hol lehetne több anyagot visszavezetni a körbe).
- Alapul szolgál az **Életciklus-elemzési (LCA) modellekhez**, mivel az MFA adatok bemeneti információt biztosítanak az LCA számára, segítve a környezeti hatások pontosabb elemzését.

- **ESG relevancia:** Kiválóan alkalmas a **környezeti (E)** pillér támogatására, mivel segít számszerűsíteni az erőforrás-felhasználást és a hulladéktermelést. A **irányítási (G)** szempontból is fontos az átlátható adatok szolgáltatásában.

2. Rendszerdinamikai Modellek (System Dynamics Models):

- **Lényege:** Ezek a modellek a komplex rendszerek viselkedését vizsgálják az idő múlásával, figyelembe véve a visszacsatolási hurkokat, késleltetéseket és nem-lineáris kapcsolatokat. Kifejezetten alkalmasak a hosszú távú trendek és a különböző beavatkozások (pl. új szabályozások, technológiai fejlesztések) rendszerre gyakorolt hatásainak szimulálására. Ez egy szimulációs eszköztár, ami megmutatja, hogyan változik egy rendszer a különböző bemenetek hatására.
- **Alkalmazás a recycling logisztikában:**
- A jövőbeli **hulladéktermelés** előrejelzése, figyelembe véve a népesség változását, fogyasztási szokásokat, gazdasági változásokat és jogszabályi változásokat (pl. termékdíj emelése).
 - A körforgásos gazdaságra való átállás különböző forgatókönyveinek szimulálása (pl. mi történik, ha X%-kal növeljük az újrahasznosítási rátát, vagy ha bevezetünk egy új ösztönzőt).
 - A **beruházások megtérülésének** elemzése az újrahasznosítási infrastruktúrában hosszú távon.
 - A fogyasztói magatartás változásainak hatása a visszagyűjtési rendszerekre és az újrahasznosítási arányokra.

- **ESG relevancia:** Lehetővé teszi az **E, S és G** szempontok komplex kölcsönhatásainak vizsgálatát. Segít megérteni, hogyan befolyásolja például egy környezetvédelmi politika (E) a társadalmi elfogadottságot (S) és a vállalati irányítási gyakorlatokat (G).

3. Optimalizációs Modellek (Lineáris Programozás és Hálózat-optimalizálás):

- **Lényeg:** Ahogy korábban részletesen tárgyaltuk, ezek a matematikai modellek a legalkalmasabbak a konkrét logisztikai műveletek (gyűjtési útvonalak, létesítményelhelyezés, kapacitás-tervezés) hatékonysági és fenntarthatósági szempontú optimalizálására. Képesek megtalálni a legjobb megoldást számos korlát és célfüggvény mellett.
- **Alkalmazás a recycling logisztikában (körforgásos kontextusban):**
 - A **visszagyűjtési hálózat** optimalizálása, hogy a lehető legkisebb környezeti terheléssel (pl. CO₂, zaj) és költséggel gyűjtsék be az újrahasznosítható anyagokat a **klaszter** összes pontjáról.
 - A válogatóközpontok és feldolgozó üzemek optimális elhelyezkedése és kapacitása a **körforgásos anyagáramok** szempontjából, minimalizálva a szállítási távolságokat.
 - Az **ipari szimbiózis** lehetőségeinek maximalizálása a hálózaton belül, minimalizálva a lerakóba kerülő hulladékot és maximalizálva az anyagok körforgásban tartását.
- **ESG relevancia:** Közvetlenül támogatják az **E** (kibocsátás-csökkentés, erőforrás-hatékonyság), **S** (szolgáltatási szint, zajcsökkentés) és **G** (átláthatóság a döntéshozatalban) pilléreket.

4. Diszkrét Esemény Szimulációs (Discrete Event Simulation, DES) Modellek:

- **Lényeg:** Ezek a modellek egy rendszer események sorozatán keresztül történő viselkedését szimulálják az idő múlásával. Kifejezetten hasznosak a valós idejű folyamatok részletes elemzésére, a szűk keresztmetszetek azonosítására és a folyamatok hatékonyságának javítására. Úgy kell rá tekinteni, mint egy valós folyamat digitális mására.
- **Alkalmazás a recycling logisztikában:**
 - A **válogatóüzemek** belső folyamatainak optimalizálása (pl. anyagáramlási sebesség, gépek kihasználtsága, pufferkészletek), csökkentve a várakozási időket és növelve az áteresztőképességet.

- A gyűjtési és szállítási folyamatok szimulálása különböző forgalmi és időjárási körülmények között, a hatékonyság és megbízhatóság javítása érdekében.
- A sorban állási idők minimalizálása a gyűjtőpontoknál vagy a feldolgozó üzemekben, javítva a fogyasztói elégedettséget.
- **ESG relevancia:** Bár elsősorban a hatékonyságot célozza, közvetetten hozzájárul az **E** (energiahatékonyság a folyamatban) és az **S** (gyorsabb szolgáltatás, jobb munkakörülmények) szempontokhoz.

5. Blockchain Alapú Nyomon Követési Rendszerek (mint Adatforrás Körforgásos Modellekhez):

- **Lényeg:** Bár önmagában nem optimalizálási modellek, a blockchain technológia által biztosított **átlátható és manipulálhatatlan adatok** elengedhetetlen bemeneti forrást jelentenek a körforgásos gazdaság modellek számára.
- **Alkalmazás a recycling logisztikában:**
 - Az egyes termékek vagy anyagok eredetének, összetételének és életútjának pontos és ellenőrizhető rögzítése a "bölcsőtől a bölcsőig" elv mentén. Ez segít azonosítani a felelősséget és a származást.
 - Az újrahasznosított anyagok "útlevelének" létrehozása, amely igazolja azok körforgásos eredetét és minőségét. Ez növeli az újrahasznosított anyagok piaci értékét.
 - A **termékdíj** rendszerek hatékonyabb ellenőrzése és beszedése, mivel a tranzakciók nyomon követhetők.
- **ESG relevancia:** Kiválóan támogatja a **irányítási (G)** pillért az átláthatóság és a nyomon követhetőség biztosításával. Hozzájárul az **E** pillérhez is azáltal, hogy csökkenti az illegális hulladékszállítást és támogatja a fenntartható beszerzést, mivel az ügyfelek láthatják a termék teljes környezeti lábnyomát.

6.7.3 Az ESG-nek megfelelő Recycling logisztikai rendszer és a körforgásos modellek kapcsolata

Az ESG-nek megfelelő recycling logisztikai rendszer kialakítása nem pusztán technikai kihívás, hanem egy komplex, stratégiai feladat, amelyben a körforgásos gazdaság modellek elengedhetetlen szerepet játszanak:

- **Integrált Gyűjtési és Válogatási Hálózat:** Az MFA és rendszerdinamikai modellek segítenek megérteni a hulladékáramokat és azok jövőbeli alakulását. Az optimalizációs modellek (Lineáris Programozás és Hálózat-optimalizálás) pedig a **szenzorokkal ellátott intelligens gyűjtőpontok** és az **automatizált válogatóüzemek** optimális elhelyezését és üzemeltetését tervezik az ESG-célok szerint.
- **Optimalizált Szállítás és Útvonaltervezés:** A **Lineáris Programozási modellek** központi szerepet játszanak a **zöld flotta** útvonalainak optimalizálásában, a **dinamikus útvonaltervezés** és a **visszfuvar-logisztika** megvalósításában, minimalizálva a CO2-kibocsátást és az üzemanyag-fogyasztást.
- **Fejlett Adatkezelés és Nyomon Követés:** A **digitális platformok** és a **blockchain technológia** biztosítják az MFA és Rendszerdinamikai modellek számára a szükséges adatokat. Ezek az adatok teszik lehetővé a **rendszeres, átlátható ESG-jelentések** pontos elkészítését és a hulladék eredetének hiteles igazolását.
- **Körforgásos Tervezés és Együttműködés:** Az LCA és Rendszerdinamikai modellek támasztják alá a **"Design for Recycling"** elveit, biztosítva, hogy a termékek már tervezési fázisban fenntarthatóak legyenek. Az optimalizációs modellek az **ipari szimbiózis** lehetőségeit térképezik fel és optimalizálják a **klasztereken** belül, maximalizálva az anyagok körforgásban maradását. A **partnerség a gyártókkal** hatékonyabbá válik az adatok és modellek segítségével.
- **Innováció és Kutatás-Fejlesztés:** Az összes modell együttesen azonosítja a szűk keresztmetszeteket és az innovációs területeket, támogatva az új **újrahasznosítási technológiák** és az **anyagtudományi** kutatások irányát, amelyek elengedhetetlenek a körforgásos gazdaság megvalósításához.

A körforgásos gazdaság modellek tehát nem csupán elméleti eszközök, hanem gyakorlati segédletek, amelyekkel a recycling logisztika vállalatok és klaszterek számszerűsíthető módon javíthatják környezeti, társadalmi és irányítási teljesítményüket, hozzájárulva egy fenntarthatóbb és körforgásos jövő építéséhez.

6.8 Blockchain alapú nyomon követési rendszerek a Recycling logisztikában

A **Blockchain Alapú Nyomon Követési Rendszerek** (Blockchain-based Traceability Systems) forradalmasíthatják a **recycling logisztikát**, különösen az **ESG (Környezeti, Társadalmi, Irányítási)** elvek mentén felépülő rendszerekben. A blockchain, mint elosztott főkönyvi (adattár) technológia, páratlan átláthatóságot, biztonságot és hitelességet kínál az

adatok rögzítésében és kezelésében, ami létfontosságú az anyag- és energiaáramok teljes életciklusú nyomon követéséhez.

6.8.1 A Blockchain technológia alapjai

A blockchain lényegében egy decentralizált, elosztott és kriptográfiailag védett adatbázis, amely blokkokból áll, és ezek láncszerűen kapcsolódnak egymáshoz. Minden blokk tartalmazza az előző blokk kriptográfiai hash-ét, egy időbélyeget és tranzakciós adatokat. Főbb jellemzői:

- **Decentralizált:** Nincs központi hatóság vagy szerver. Az adatokat a hálózat valamennyi résztvevője tárolja és ellenőrzi.
- **Elosztott:** A főkönyv másolata minden résztvevőnél megvan, így az adatokhoz bárki hozzáférhet (engedélyezett blockchain esetén).
- **Adatmegváltoztathatatlanság (Immutability):** Miután egy tranzakciót rögzítettek egy blokkban és azt a lánchoz adták, gyakorlatilag lehetetlen megváltoztatni vagy törölni anélkül, hogy a hálózat többi résztvevője tudomására jutna. Ez biztosítja az adatok integritását.
- **Transzparencia:** Az összes tranzakció nyilvánosan látható (privát blockchain esetén a jogosult résztvevők számára).
- **Biztonság:** Kriptográfiai hash-függvények és konszenzusmechanizmusok biztosítják az adatok védelmét a manipulációval szemben.
- **Okosszerződések (Smart Contracts):** Önmagukat végrehajtó szerződések, amelyek feltételek teljesülése esetén automatikusan aktiválódnak, előre meghatározott szabályok szerint.

6.8.2 Alkalmazás a Recycling logisztikában

A blockchain technológia számos ponton javíthatja a recycling logisztika hatékonyságát, átláthatóságát és fenntarthatóságát:

1. Hulladékok Nyomon Követése "Bölcsőtől Bölcsőig":

- **Pontos Eredet és Összetétel:** A blockchain minden egyes hulladékáram (pl. műanyag palackköteg, elektronikai berendezés) keletkezési helyét, idejét, típusát és összetételét rögzítheti. Ezáltal pontosan nyomon követhető, honnan származik egy adott anyag, és milyen kezelésen esett át.
- **Minőségi Garancia:** Az újrahasznosítási folyamat minden lépését (gyűjtés, válogatás, feldolgozás, tisztítás) rögzítik a blokkláncon. Ez hitelesen igazolja az újrahasznosított anyagok minőségét és eredetét, növelve azok piaci értékét és a vevői bizalmat. Például komplex elektronikai berendezés esetén rögzíthető a felhasznált anyagok köre, a használt vegyszerek, beszállított alkatrészek, a javíthatóságra vonatkozó információk, az alkatrész utánpótlás, illetve a begyűjtés után, hogy melyik gyűjtőpontra érkezett és mikor adták le.
- **Problémák Kiküszöbölése:** Megelőzhető az illegális hulladéklerakás és -szállítás, mivel minden lépés nyomon követhetővé válik. Csökken a "greenwashing" (zöldre festés) kockázata, hiszen a fenntarthatósági állítások adatokkal igazolhatók.

2. Transzparencia és Hitelesség az ESG Jelentésekben:

- **Mérhető Környezeti Lábnyom (E):** Minden szállítási útvonal, energiafelhasználás a válogató- és feldolgozó üzemekben, vízfelhasználás, CO₂-kibocsátás rögzíthető a blokkláncon. Ez biztosítja a valós idejű és ellenőrizhető adatokat az ESG jelentésekhez, alátámasztva a vállalatok fenntarthatósági törekvéseit.
- **Társadalmi Hatás (S):** A munkakörülményekkel, etikai megfelelőséggel kapcsolatos adatok (pl. fair trade minősítések, munkavállalói képzések) is rögzíthetők, növelve a lánc "szociális" aspektusának átláthatóságát.
- **Irányítási Megfelelőség (G):** A szabályozásoknak való megfelelés (pl. termékdíj befizetése, veszélyes hulladék kezelése) digitálisan és ellenőrizhetően dokumentálható. Az auditok és tanúsítványok adatai is integrálhatók.

3. Okosszerződések a Hatékonyság Növelésére:

- **Automatizált Kifizetések:** Amint egy hulladékszállítmány eléri a válogatóközpontot és annak minőségét ellenőrizték (ezt szenzorok is végezhetik), az okosszerződés automatikusan elindíthatja a szállítónak járó kifizetést.
- **Teljesítményalapú Ösztönzők:** A **termékdíj** rendszereknél az okosszerződések automatikusan levonhatják a díjakat a gyártóktól a termék forgalomba hozatalakor, vagy jutalmat fizethetnek az újrahasznosítási célok elérése esetén.
- **Minőségellenőrzés:** Az okosszerződések automatikusan kiválthatnak minőségellenőrzési lépéseket, ha bizonyos szennyezettségi szinteket észlelnek, vagy ha a beszállított anyag nem felel meg az előírt specifikációknak.
- **Flotta Karbantartás:** Rögzítve a járművek futásteljesítményét és állapotát, az okosszerződés automatikusan értesítheti a karbantartó céget, vagy tervezheti a szükséges szervizeléseket, támogatva a **zöld flotta** hosszú távú fenntarthatóságát.

4. Decentralizált Adatbázis és Klaszter Együttműködés:

- A blockchain természetéből adódóan ideális egy **recycling klaszter** adatmegosztására. Mivel az adatokat decentralizáltan tárolják, a klaszter valamennyi tagja (hulladékgyűjtők, válogatók, feldolgozók, gyártók, K+F intézmények) hozzáférhet a releváns információkhoz, növelve az együttműködést és a bizalmat.
- Megkönnyíti az **ipari szimbiózis** megvalósulását, mivel az anyagáramok átláthatóan követhetők, és a potenciális "hulladék-nyersanyag" párosítások könnyebben azonosíthatók.
- **Pénzügyi és Befektetői Bizalom:** Az átlátható és ellenőrizhető ESG-adatok növelik a vállalatok és projektek hitelességét a fenntarthatósági befektetők szemében. Ezáltal könnyebben juthatnak zöld finanszírozáshoz.
- A tokenizáció (például újrahasznosítási kreditek vagy "zöld tokenek" kibocsátása) új finanszírozási modelleket teremthet az újrahasznosítási infrastruktúra fejlesztésére.

6.8.3 Integráció más modellekkel és rendszerekkel

A blockchain alapú nyomon követési rendszerek nem önmagukban működnek, hanem szinergiában más, korábban tárgyalt modellekkel:

- **Lineáris Programozási és Hálózat-optimalizálási Modellek:** A blockchain által szolgáltatott valós idejű, pontos adatok (pl. gyűjtési mennyiségek, járműpozíciók, üzemanyag-fogyasztás) bemeneti paraméterként szolgálhatnak az optimalizációs algoritmusok számára, növelve azok pontosságát és hatékonyságát.
- **Életciklus-elemzési (LCA) Modellek:** Az LCA-hoz szükséges részletes anyagmérlegek és energiafogyasztási adatok megbízhatóan gyűjthetők és tárolhatók a blokkláncon, garantálva az LCA eredményeinek hitelességét az ESG-jelentésekben.
- **Körforgásos Gazdaság Modellek (MFA, Rendszerdinamika):** A blockchain adatok pontos képet adnak az anyagáramokról, az újrahasznosítási rátákról és a veszteségekről, amelyek kulcsfontosságú bemenetek az MFA és a rendszerdinamikai szimulációk számára.

6.8.4 Kihívások és jövőbeli kilátások Magyarországon

Bár a blockchain technológia hatalmas potenciállal bír, alkalmazása a Recycling logisztikában számos kihívással járhat:

- **Kezdeti Beruházási Költségek:** A rendszer kiépítése és implementálása jelentős befektetést igényelhet.
- **Technológiai Komplexitás:** Szakértelemre van szükség a blockchain platformok fejlesztéséhez és integrálásához a meglévő rendszerekkel.
- **Adatmennyiség és Skálázhatóság:** A hatalmas mennyiségű adat kezelése és tárolása kihívásokat jelenthet, bár a modern blockchain megoldások egyre skálázhatóbbak.
- **Szabályozási Keret:** A jogszabályi megfelelés (különösen az EU-s és hazai hulladékgazdálkodási törvények) folyamatosan változik, és a blockchain rendszereknek alkalmazkodniuk kell ehhez.

Mindezek ellenére a blockchain alapú nyomon követési rendszerek jelentős potenciált rejtenek a magyar recycling logisztika fejlesztésében is, hozzájárulva egy hatékonyabb, átláthatóbb és ESG-kompatibilisebb hulladékgazdálkodási rendszer kialakításához. A technológia érettségével és a tudatosság növekedésével egyre inkább elterjedhetnek ezek a megoldások, segítve Magyarországot a körforgásos gazdaság céljainak elérésében.

6.9 Összefoglalás

Összességében a felsorolt modellek nélkülözhetetlen eszközei az **ESG-nek megfelelő recycling logisztikai rendszer** tervezésének és értékelésének. Segítségükkel a vállalatok nem csupán a jogszabályi előírásoknak felelnek meg, hanem proaktívan hozzájárulnak a fenntartható fejlődéshez azáltal, hogy csökkentik környezeti lábnyomukat és optimalizálják erőforrás-felhasználásukat a teljes életciklus során.

7 ESG rendszer modellje, modellelemek és kapcsolatok

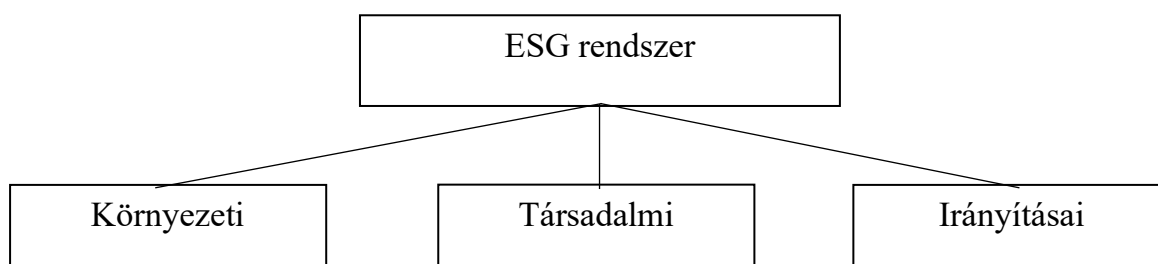
ESG-rendszer modellje, modellelemek és kapcsolatai

7.1 Bevezetés

Az ESG (Environmental, Social, Governance) rendszerek célja, hogy a vállalatok működését a hosszú távú fenntarthatóság, a társadalmi felelősségvállalás és az átlátható irányítás elvei szerint strukturálják. Az ESG nem csupán egy minősítő keretrendszer, hanem egy **komplex vállalatirányítási modell**, amely a stratégiai döntésekbe integrálja a nem pénzügyi szempontokat is. Az ESG-rendszer modellezése lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy strukturáltan építsék be az ESG-szempontokat működésük minden szintjére, valamint mérhetővé és értékelhetővé tegyék teljesítményüket.

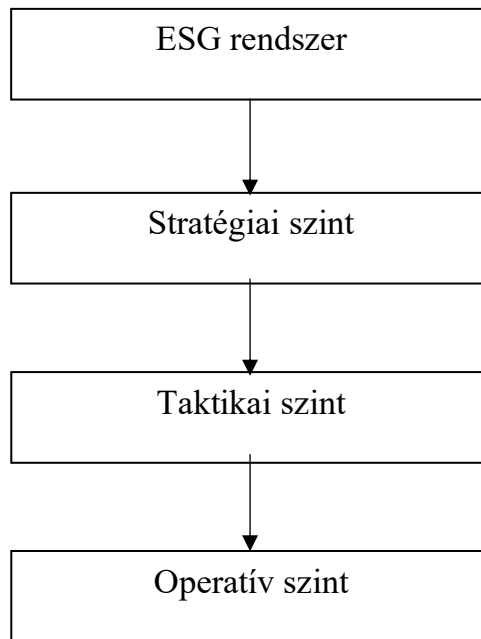
7.2 Az ESG-rendszer általános modellje

Az ESG-rendszer három fő pillérre épül: Környezeti (E), Társadalmi (S) és Irányítási (G). Ezek a pillérek önmagukban is komplex alrendszerek, amelyek szorosan kapcsolódnak egymáshoz és más vállalati funkciókhoz. Az ESG-rendszer modellje az 5. ábrának megfelelően lehet tipikusan **hierarchikus és moduláris**.



7. ábra Az ESG rendszer moduláris felépítése

- **Stratégiai szint** – ESG-politikák, célkitűzések, vállalati küldetésbe integrált fenntarthatósági törekvések.
- **Taktikai szint** – irányelvek, felelős vezetők, célértékek meghatározása.
- **Operatív szint** – konkrét intézkedések, mérőszámok (KPI-k), ellenőrzési és jelentési folyamatok.



8. ábra Az ESG rendszer hierarchikus felépítése

A modell egy **kétirányú ciklikus kapcsolatot** feltételez: az ESG-értékelés és visszacsatolás hat a döntéshozatalra, és a stratégiai döntések módosítják az operatív ESG-mutatókat. A rendszer így dinamikus, tanuló jellegű.

7.3 Modellelemek részletes bontása

7.3.1 Környezeti pillér (E - Environmental)

A környezeti modellelem célja a vállalat ökológiai lábnyomának csökkentése és a fenntartható erőforrás-gazdálkodás megvalósítása. Fő komponensei:

- **Kibocsátásmenedzsment:** szén-dioxid, NO_x, PM₁₀ kibocsátások mérése és csökkentése.
- **Energiahatékonyság:** energiafelhasználás optimalizálása, megújuló energia arányának növelése.
- **Vízhasználat és szennyvízkezelés:** vízlábnyom elemzése, újrahasznosítási arányok javítása.
- **Hulladékgazdálkodás:** újrahasznosítási arány növelése, veszélyes hulladék minimalizálása.

- **Környezetvédelmi kockázatkezelés:** hatásvizsgálatok, kockázatelemzés, megelőző tervek.

Ezeket a szempontokat gyakran **ISO 14001** vagy **EMAS** rendszerekbe integrálják.

7.3.2 Társadalmi pillér (S - Social)

Ez a pillér a vállalat emberközpontú működését szabályozza, belső és külső társadalmi hatásokat egyaránt figyelembe véve. Modellkomponensei:

- **Munkavállalói jólét:** munkahelyi biztonság, egészségmegőrzés, munkakörülmények.
- **Esélyegyenlőség és sokszínűség:** nemi, etnikai, életkorbeli diverzitás támogatása.
- **Képzés és fejlődés:** tudásátadás, utánpótlás-nevelés, belső karrierutak.
- **Ügyfélkapcsolatok és fogyasztóvédelem:** ügyfélpanasz-kezelés, adatvédelem, átláthatóság.
- **Közösségi felelősségvállalás (CSR):** társadalmi projektek támogatása, partnerségek.

Az S-pilléren belül kiemelten fontos a **stakeholder mapping** – az érintettek azonosítása és bevonása.

7.3.3 Irányítási pillér (G - Governance)

Az irányítási modellrész biztosítja a vállalati döntéshozatal átláthatóságát, az etikai normák betartását és a jogszabályi megfelelést. Fontosabb komponensek:

- **Etikai kódex** és korrupcióellenes szabályzatok.
- **Belső ellenőrzés** és audit mechanizmusok (pl. SOX compliance).
- **Vezetői struktúra és függetlenség:** igazgatóság felépítése, felelősségi körök.
- **Adatkezelés és biztonság:** GDPR, kiberbiztonság.
- **Kockázatmenedzsment és felelősségi mátrixok:** ESG-kockázatok beépítése az ERM rendszerbe.

A G-pilléren keresztül az ESG egész modellje irányíthatóvá, mérhetővé és számonkérhetővé válik.

7.4 Modellkapcsolatok és integráció

7.4.1 Pillérek közötti kapcsolatok

Az ESG-elemek nem elkülönülten működnek, hanem **interdependens rendszerként**.
Néhány példa:

- **Környezeti beruházások** (pl. zöld flotta) hatással lehetnek a **munkavállalói elégedettségre és márkamegítélésre**.
- A **társadalmi pillér intézkedései** (pl. munkahelyi képzések) segíthetik a **kockázatkezelés és megfelelés javítását** (G-pilléren keresztül).
- A **vezetői döntések átláthatósága** (G) hatással van az **ügyfélbizalomra és társadalmi elfogadottságra** (S).

Ezek a kapcsolatok **szinergiákat** teremtenek, amelyeket a stratégiai ESG-tervezés során ki kell használni.

7.4.2 Vállalati funkciókkal való kapcsolat

Az ESG-rendszert be kell integrálni a következő szervezeti funkciókba:

- **HR** – diverzitás, munkakörnyezet, képzés (S-pilléren keresztül).
- **Pénzügy** – ESG-jelentéskészítés, fenntartható befektetések (G).
- **Beszerezés** – zöldbeszerzési szabályzatok (E).
- **Marketing** – fenntarthatósági kommunikáció (S, E).
- **IT** – adatmenedzsment, kiberbiztonság (G).

Az ESG-rendszer sikeressége azon múlik, hogy ezek a funkciók **összehangoltan és célorientáltan** működnek.

7.5 Működtetés és visszacsatolás

Egy modern ESG-rendszer nem statikus, hanem **folyamatosan visszacsatolt** és optimalizált. A működtetés elemei:

- **Mérőszámok és KPI-k:** pl. Scope 1-2-3 kibocsátások, fluktuáció, nemi arányok, kockázatbesorolások.
- **ESG dashboardok:** integrált riporting rendszerek (pl. Power BI, SAP ESG Modules).
- **Fenntarthatósági jelentések:** GRI, SASB, TCFD szabványok szerint.
- **Vállalati tanulás:** ESG-auditok, benchmarking, belső tréningek.

A visszacsatolás eredményei alapján a vezetés **stratégiai irányokat** módosíthat, erőforrásokat csoportosíthat át, vagy új ESG-célokat tűzhet ki.

7.6 Összefoglalás

Az ESG-rendszer egy komplex, többszintű vállalatirányítási modell, amely környezeti, társadalmi és irányítási elveken alapul. A modell akkor működik hatékonyan, ha:

- világos szerkezeti felépítéssel rendelkezik,
- jól definiált modellelemeket tartalmaz,
- integráltan kezeli a három pillér közötti kapcsolatokat,
- és képes a működés közbeni tanulásra, optimalizálásra.

A jövő ESG-rendszerei várhatóan még fejlettebb technológiai támogatással (AI-alapú ESG-elemzés, automatizált jelentéskészítés, valós idejű monitorozás) egészülnek ki, lehetővé téve, hogy a fenntarthatóság valóban **stratégiai versenyelőny**é váljon.

8 ESG rendszerek elemei közötti anyag- és információáramlás

8.1 Bevezetés az ESG-rendszerekbe

Az ESG (Environmental, Social, Governance) egyre fontosabb szerepet tölt be a vállalati működésben, a fenntarthatóság, a társadalmi felelősségvállalás és az etikus vállalatirányítás integrálásával a szervezeti stratégiába. Az ESG-rendszerek célja, hogy elősegítsék a környezeti hatások csökkentését, a társadalmi értékek érvényesülését és az átlátható, felelős döntéshozatalt.

Az ESG-rendszer három fő pillére:

- **E – Környezeti (Environmental):** energiafogyasztás, kibocsátások, hulladékgazdálkodás, természeti erőforrások felhasználása.
- **S – Társadalmi (Social):** munkavállalói jogok, sokszínűség, közösségi kapcsolatok, ügyféljogok.
- **G – Irányítási (Governance):** vállalati etika, korrupcióellenesség, transzparens döntéshozatal, vezetői felelősség.

A három pillér szoros kapcsolatban áll egymással, és működésük során folyamatos anyag- és információáramlás zajlik, amely biztosítja a rendszer hatékonyságát és integritását.

8.2 Az ESG-rendszer elemei közötti kapcsolat

Az ESG-rendszerek **interdiszciplináris és interfunkcionális** jellegűek. A különböző szervezeti egységek – mint például a fenntarthatósági osztály, HR, pénzügy, beszerzés vagy IT – együttműködnek az ESG-célok megvalósításáért.

Anyagáramlás például a környezeti pillérhez kapcsolódik, amikor:

- újrahasznosított alapanyagok kerülnek be az ellátási láncba,
- csökkentik az energiafogyasztást a termelési folyamat során,
- vagy alternatív üzemanyagokat alkalmaznak a logisztikában.

Információáramlás viszont minden pillérben megjelenik:

- környezeti adatok (pl. CO₂-kibocsátás),
- társadalmi mutatók (pl. munkavállalói elégedettség),

- irányítási jelentések (pl. kockázatkezelési protokollok).

Ezeket az adatokat különböző **ESG-jelentési rendszerek** (pl. GRI, SASB, CDP) gyűjtik, feldolgozzák és publikálják a befektetők, partnerek és hatóságok számára.

8.3 Anyagáramlás az ESG-rendszeren belül

A fizikai anyagáramlás főként az **E-pilléren** belül értelmezhető, de hatással lehet a társadalmi és irányítási tényezőkre is.

3.1. Környezeti dimenzió

- **Ellátási lánc átláthatósága:** Az alapanyagok származása, ökológiai lábnyoma, fair trade követelmények.
- **Körforgásos gazdaság:** Hulladék újrafelhasználása, anyag-visszanyerés.
- **Zöld technológiák alkalmazása:** Anyagáramlás átalakítása megújuló forrásokra alapozva.

3.2. Társadalmi és irányítási hatások

- Az etikus beszerzés nemcsak anyagi, hanem morális szempontból is befolyásolja az anyagok kiválasztását.
- A beszállítói lánc auditálása során az anyagáramlás etikai szűrőkön megy keresztül.

8.4 Információáramlás az ESG-rendszerben

Az ESG-rendszer hatékony működésének alapja a **valós idejű, megbízható és transzparens információáramlás**.

8.4.1 Adatgyűjtés

- **Szenzorok, okos eszközök:** valós idejű környezeti adatgyűjtés (pl. energiafelhasználás, hőmérséklet, kibocsátás).
- **HR-rendszerek:** társadalmi mutatók gyűjtése (pl. munkahelyi sokszínűség, fluktuáció).
- **ERP és BI rendszerek:** pénzügyi és vezetési adatok integrációja.

8.4.2 Adatfeldolgozás és jelentéskészítés

- A különféle adatforrásokból származó információk konszolidálása történik ESG-szoftverekkel (pl. SAP Sustainability, Enablon).
- **Automatizált riportok és dashboardok** segítik a döntéshozatalt és a külső kommunikációt.

8.4.3 Kommunikáció és transzparencia

- **Belső információáramlás:** vezetők és alkalmazottak közötti ESG-tudatosság növelése.
- **Külső kommunikáció:** befektetők, civil szervezetek és hatóságok felé irányuló nyilvános jelentések (pl. fenntarthatósági jelentés, ESG-score).

8.5 Az anyag- és információáramlás kihívásai és lehetőségei

8.5.1 Kihívások

- **Adatintegritás:** az adatok hitelessége, manipulációja.
- **Szigetüzemű rendszerek:** az ESG-funkciók elszigeteltsége csökkenti az átfogó kép kialakulását.
- **Szabványhiány:** eltérő jelentési keretrendszerek és mutatószámok.

8.5.2 Lehetőségek

- **Digitizáció:** IoT, AI és big data segítségével az ESG-adatgyűjtés és -feldolgozás jelentősen javítható.
- **Automatizált jelentéskészítés:** csökkenti az adminisztratív terheket és növeli a pontosságot.
- **Képzés és tudatosság:** az ESG-információk megfelelő értelmezése és alkalmazása versenyelőnyt jelenthet.

8.6 Következtetés

Az ESG-rendszerek elemei közötti **anyag- és információáramlás** kulcsszerepet játszik a fenntarthatóság integrálásában a vállalati működésbe. A jól szervezett adat- és anyagáramlás nemcsak a környezeti hatások csökkentését segíti elő, hanem lehetővé teszi a társadalmi és vezetési célkitűzések hatékony megvalósítását is. Az ESG-rendszerek sikeressége azon múlik, hogy a vállalat képes-e ezeket az áramlásokat átláthatóan, megbízhatóan és integrált módon kezelni.

A modell kidolgozása

A logisztikai folyamatok meghatározó szerepet játszanak az ESG keretrendszer működőképességének sikerességében. A következőkben egy olyan általános modellt fogalmazok meg, amely segítségével a fenntarthatósági stratégiák sikeresen megvalósulnak.

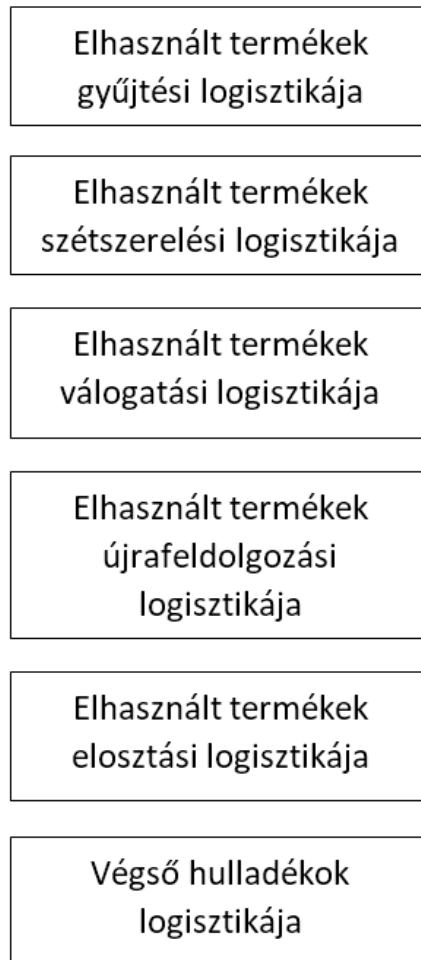
A modell megalkotásánál figyelembe veszem azt, hogy az újrahasznosítási és hulladékkezelési logisztika működtetése nem csak műszaki-technológiai probléma és feladat, hanem pont az ESG keretrendszer alapján jogilag és meghatározott tevékenység. Napjaink jellemzője a gazdaságban található sokféle terméktípus, a termékstruktúrák gyors változása, a termékek életciklusának rövidülése, globális beszállítási hálózatok kialakulása, a keletkező hulladék sokfélesége.

A keletkező hulladékok sokfélesége igényli az újrahasznosítási és hulladékkezelési logisztikai folyamatok megfelelő kialakítását.

Néhány jellegzetes hulladékosztály napjaink gazdaságából:

- elhasznált elektromos termékek,
- elhasznált elektronikus termékek,
- elhasznált háztartási gépek,
- technológiai folyamatok hulladékai,
- veszélyes hulladékok (amelyek szintén tovább csoportosíthatók)
- különböző kommunális hulladékok,
- veszélyes anyagok hulladékai,
- radioaktív hulladékok,
- és így tovább.

Az ESG keretrendszerben fontos szerepet játszó újrahasznosítási (recycling) logisztika tevékenységi körét nagyon fontos definiálni, lehatárolni. A recycling logisztikai tevékenységek alapvető elemeit az 1. ábra szemlélteti.



9. ábra Recycling logisztikai tevékenység folyamatának főbb lépései

Az 7. ábrán megadott folyamatok végrehajtása a megadott számozás alapján valósul meg, és az egyes tevékenységek függenek az elhasznált termék típusától, vagyis a folyamat gyakorlati megvalósulása sokféle lehet.

Szükséges meghatározni az 7. ábrán megadott folyamat elemeinél jelentkező logisztikai tevékenységeket. Ezt a 8. ábra mutatja.

<i>használt termékek gyűjtési logisztikája</i>	<i>szétszerelési logisztika</i>	<i>válogatás logisztikája</i>	<i>újrafeldolgozás</i>	<i>elosztási logisztika</i>	<i>hulladék- logisztika</i>
- szállítás, - válogatás, - tárolás, - veszélyes anyagok eltávolítása, - egységrakományok képzése, - rakodás.	- bemenő tárolás, - egységrakományok bontása, - műveletközi szállítás, tárolás és rakodás, - munkahelyi kiszolgálás, - kimenő tárolás.	- válogatás, - tárolás, - egységrakományok képzése, - szállítás az újrafeldolgozás helyére.	- rakodás, - tárolás, - műveletközi szállítás, tárolás és rakodás, - új termékek tárolása, - csomagolás.	- egységrakományok képzése a recyclinghoz, - szállítás, - szállítás a recycling helyére, - tárolás a recycling helyén, - egységrakományok bontása.	- szállítás, - osztályozás, - deponálás, - megsemmisítés vagy recycling.

10. ábra Recycling logisztikai tevékenység folyamatának főbb lépései

Az ESG keretrendszer működésének biztosításánál a logisztika mellett egyéb tevékenységek is befolyásolással bírnak. Ezért szükséges az alapvető feladat-felelősség megosztási irányelvek meghatározása. Ezeket három nagy csoportba sorolom:

- gyártási felelősség,
- elosztási és gyűjtési felelősség,
- újrahasznosítási felelősség.

A gyártói felelősség kiterjed a gyártási folyamat során keletkező környezeti határok minimalizálására, amit a terméktervezési és gyártástervezési tevékenységek végrehajtásával érünk el.

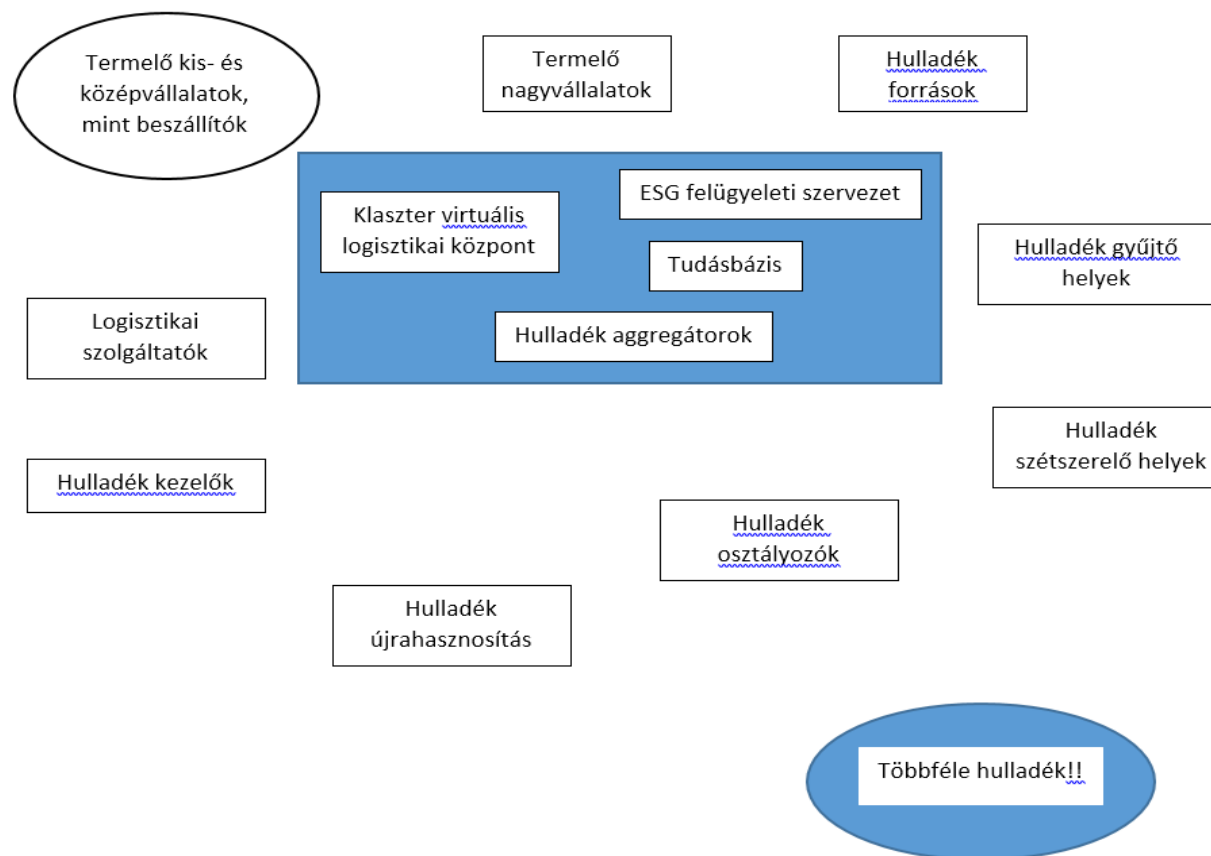
Az elosztási és gyűjtési felelősség kiterjed az elosztási logisztikai folyamat és az elhasznált termékek gyűjtési logisztikai folyamatának kialakítására és működtetésére, az alkalmazott logisztikai eszközök fajtájára és mennyiségére.

Az újrahasznosítási felelősség kiterjed az elhasznált termékek szétszerelésére, a még felhasználható egységek kiválasztására, a még felhasználható anyagok kinyerésére, a még maradó elemek megsemmisítése energia visszanyerésére, valamint környezetbarát módon történő deponálására.

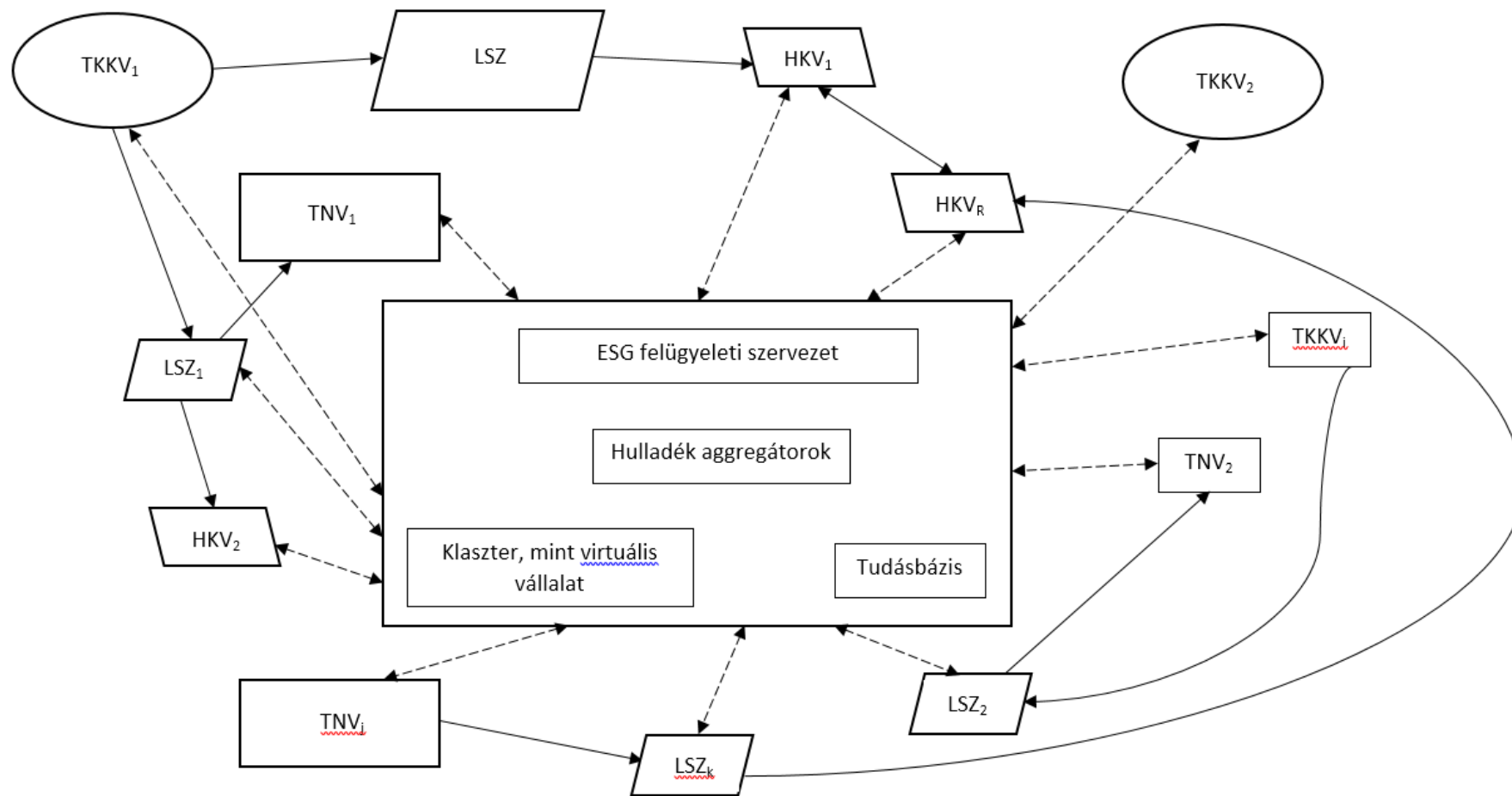
Az előzőekből látható, hogy az ESG keretrendszer működése érinti az egész gazdaság meghatározó elemeit:

- a gyártókat, a termelőket és folyamataikat,
- az elosztókat és gyűjtőket és ezek folyamatait,
- az újrahasznosítást végzőket és folyamataikat.

Mindezekből látható, hogy egy ESG keretrendszernek megfelelően működő gazdaságban egyik alapvető szempont az érintettek hálózatban történő együttműködése. Célom ennek a hálózati rendszer modelljének a kidolgozása, és jellemzése.

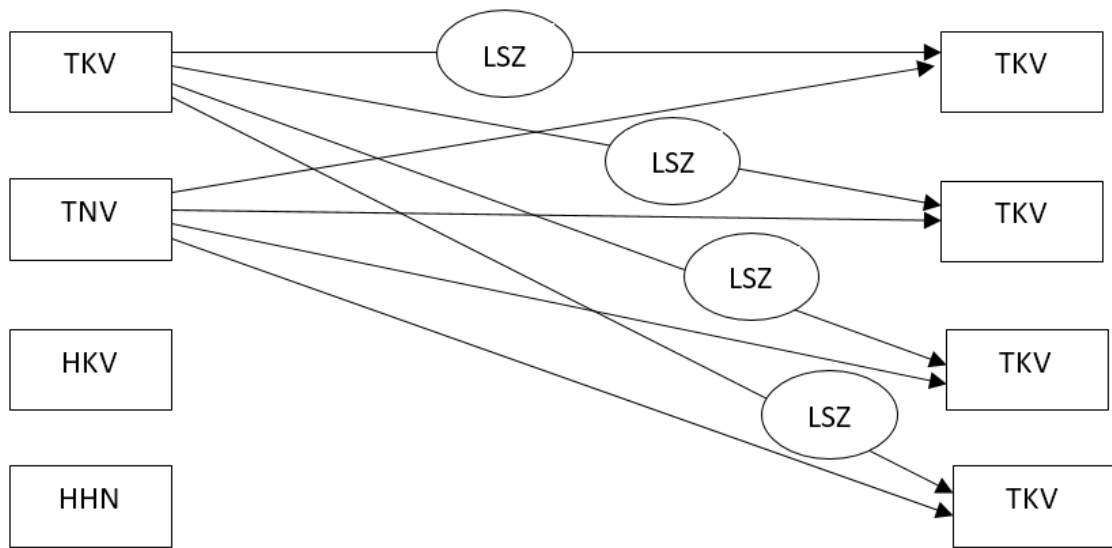


11. ábra xxxxxxxx



$i = 1, 2, \dots, n$
 $j = 1, 2, \dots, m$
 $k = 1, 2, \dots, p$
 $l = 1, 2, \dots, r$

12. ábra xxxxx



13. ábra Termelővállalatok és hulladékhasznosító vállalatok
 kapcsolatrendszere

Az alkalmazott jelölések a következők:

- TKV – Termelő kisvállalat
- TNV – Termelő nagyvállalat
- LSZ – Logisztikai szolgáltató
- HKV – Hulladékhasznosító kisvállalat
- HNV – Hulladékhasznosító nagyvállalat

A lehetséges kapcsolatok:

TKV → LSZ → TNV,	TNV → LSZ → TKV,
TKV → LSZ → HKV,	HKV → LSZ → TKV,
TKV → LSZ → HNV,	HNV → LSZ → TKV
TNV → LSZ → HKV,	HKV → LSZ → TNV
TNV → LSZ → HNV,	HNV → LSZ → TNV
HKV → LSZ → HNV,	HNV → LSZ → HKV.

A kapcsolat megválasztásának szempontjai az egész folyamatra nézve:

- legyen maximális az újrahasznosított anyagmennyiség,
- legyen minimális a felhasznált energia mennyisége,
- legyenek minimálisak az átfutási idők,
- legyen minimális a folyamat költsége,
- legyen maximális a logisztikai eszközök kihasználtsága,
- legyen minimális a környezeti terhelés,
- legyen optimális a szolgáltatások megvalósításának társadalmi hatása (pl. lehetőleg ne lakott területen keresztül történjen a szállítás),
- legyen maximális a kialakított folyamatok megbízhatósága,
- a hálózatszerű működés folyamat jellemzői real-time módon rendelkezésre álljanak,

Mindezekből megállapítható, hogy a rendszer optimális működtetésénél egyrészt a különböző típusú célfüggvények játszanak szerepet (maximalizáló illetve minimalizáló), másrészt az előforduló célfüggvények fontossága eltéréseket mutat.

Az optimum elérésénél ezeket a későbbiekben célszerű figyelembe venni. A vizsgálatokat a célfüggvények használata mellett elvégezhetjük az egyes célfüggvényekhez megfeleltethető rizikófaktorok bevezetésével is. Egy általános rendszerben a rizikó faktorok alkalmazása meghatározó.

9 Az értekezés tézisei

I. Tézis:

Feltártam és lehatároltam az ESG keretrendszer működéséhez szükséges új típusú recycling logisztikai rendszer feladatkörét. Meghatároztam a rendszer tevékenységi feladatait.

II. Tézis:

Megalkottam az ESG keretrendszerek működéséhez szükséges új típusú recycling logisztikai rendszer modelljét, lehatároltam a modell elemeit, funkcióit, és kapcsolatrendszerét.

III. Tézis:

Az általam megalkotott ESG keretrendszerekhez kapcsolódó logisztikai modell számára kidolgoztam a lehetséges működtetési stratégiákat, és a vizsgálatokhoz meghatároztam az alkalmazható célfüggvényeket.

IV. Tézis:

A kapott megoldásokra vonatkozóan kidolgoztam egy rizikófaktorokon alapuló újfajta meghatározását az eredményeknek.

10 Theses of the dissertation

I. Thesis:

II. Thesis:

III. Thesis:

IV. Thesis:

11 Összefoglalás

12 Summary

13 Irodalomjegyzék

- 14 Azzi, A., Battini, D., & Faccio, M. (2020). A framework for sustainable supply chain optimization: Integrating blockchain and predictive analytics. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119643. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119643>
- 15 Banerjee, S., & Van der Laan, E. (2019). Green logistics and corporate sustainability performance. *Journal of Operations Management*, 65(3), 180–197. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2018.11.002>
- 16 Baumann, H., & Tillman, A.-M. (2019). The Hitchhiker’s Guide to LCA: An Orientation in Life Cycle Assessment Methodology and Application. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-0941-1>
- 17 Carbone, V., & Moatti, V. (2021). ESG reporting and supply chain transparency: The role of digital transformation. *Supply Chain Management Review*, 27(4), 16–25.
- 18 Cruz, J. M., Matsypura, D., & Olivera, F. (2017). A multi-period logistics network redesign model for managing sustainable systems. *European Journal of Operational Research*, 257(2), 643–657. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.09.063>
- 19 Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210–233. <https://doi.org/10.1080/20430795.2015.1118917>
- 20 Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- 21 Gu, F., Guo, J., Zhang, W., Summers, P. A., & Hall, P. (2020). From waste plastics to industrial raw materials: A life cycle assessment of mechanical plastic recycling practice based on a real-world case study. *Science of the Total Environment*, 723, 138062. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138062>
- 22 Kolk, A., & Pinkse, J. (2015). Multinationals’ Political Activities on Climate Change. *Business & Society*, 54(2), 183–213. <https://doi.org/10.1177/0007650312439088>
- 23 Lee, C., Zhang, Y., & Su, H. (2020). Integrating ESG principles in supply chain management: A case study on logistics. *International Journal of Sustainable Logistics*, 13(2), 91–110. <https://doi.org/10.1108/IJSL-01-2020-0004>
- 24 Liu, Y., Zhang, W., & Wang, X. (2020). Reverse logistics and its impact on ESG performance in the manufacturing industry. *Sustainability*, 12(8), 3278. <https://doi.org/10.3390/su12083278>
- 25 McKinsey & Company. (2023). The economic impact of sustainable supply chains: Unlocking competitive advantages. <https://www.mckinsey.com>
- 26 Paulraj, A., Chen, I. J., & Blome, C. (2017). Understanding the relationships between environmental collaboration, supplier development practices, and

- performance outcomes. *Journal of Supply Chain Management*, 53(4), 82–105. <https://doi.org/10.1111/jscm.12146>
- 27 Santos, J. R., Faisca, C., & Costa, C. (2022). Enhancing Green Logistics Networks with Decentralized Recycling Facilities. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129878. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.129878>
- 28 Sarkis, J., Zhu, Q., & Lai, K.-H. (2022). Sustainable logistics and ESG integration in supply chains: Challenges and future research. *Journal of Business Logistics*, 43(1), 26–40. <https://doi.org/10.1002/jbl.22321>
- 29 World Bank. (2022). ESG principles in global logistics: A focus on developing economies. <https://www.worldbank.org>
- 30 Yadav, G., Singh, R., & Gunasekaran, A. (2021). Blockchain adoption for traceability in the supply chain: A literature-based framework and research agenda. *Annals of Operations Research*, 297(1), 285–312. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03699-2>
- 31 Zhao, R., Liu, Y., & Zhu, W. (2020). Circular Economy and Recycling Practices in Logistics Systems. *International Journal of Production Research*, 58(7), 1968–1987. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1673987>

14 Saját publikációk

- [S1] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S2] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S3] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S4] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S5] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S6] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S7] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S8] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S9] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S10] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S11] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S12] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S13] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S14] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S15] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S16] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S17] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S18] **Latorcai Zsombor Lóránd**
- [S19] **Latorcai Zsombor Lóránd**

I. Ábrajegyzék

II. Táblázatok jegyzéke