

SZAKDOLGOZAT

KOVÁCS ZSÓFIA KATALIN
Hulladékkezelési és - hasznosítási szakmérnöki szak

Gödöllő - Miskolc
2023



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Hulladékkezelési és - hasznosítási szakmérnöki szak**

**A MAGYARORSZÁGI HULLADÉKGAZDÁLKODÁSI
KÖZSZOLGÁLTATÓK TECHNOLÓGIAI SORAINAK
BEMUTATÁSA**

Belső konzulens:	Dr. Gombkötő Imre tudományos főmunkatárs
Készítette:	Kovács Zsófia Katalin EI5QJR Levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet/ Előkészítéstechnikai Intézeti Tanszék

**Gödöllő-Miskolc
2023**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	3.
1.1. Jogszabályi háttér	3.
1.1.1. Hulladékgazdálkodási közszolgáltatás napjainkban.....	3.
1.1.2. Európai szabályozások	6.
1.2. Hulladékgazdálkodási közszolgáltatók	7.
2. Szakirodalmi áttekintés.....	10.
2.1. Technológiai sorra bemenő anyagáram.....	10.
2.2. Válogatómű berendezéseinek bemutatása	12.
3. A vizsgálatok módszerei.....	16.
3.1. Hulladékgazdálkodási közszolgáltatás technológiai sorai.....	16.
3.2. Technológiai sor SWOT analízise.....	22.
4. Eredmények és értékelésük.....	24.
4.1. SWOT analízis kiértékelése	24.
4.2. Anyagában hasznosított hulladék mennyiségek	28.
5. Következtetések és javaslatok	30.
6. Összefoglalás	31.
7. Irodalomjegyzék	32.
8. Mellékletek	33.

1. Bevezetés és célkitűzések

Jelen szakdolgozat a magyarországi közszolgáltatók hulladékgazdálkodási közfeladatuk ellátásához alkalmazott válogatóművek technológiai sorait mutatja be, azon belül is a közszolgáltatás során elkülönítetten gyűjtött- és a vegyes hulladékokból anyagában hasznosítható hulladékfajták kinyeréséhez alkalmazott technológiákat. A dolgozat nem tér ki a közszolgáltatás során hasznosításra nem kerülő hulladékok, veszélyes hulladékok, hulladékstátuszában megszűnő hulladékok (pl.: komposzt, építési-bontási rideg anyag) és az energetikailag hasznosítható másodnyersanyagok hulladékgazdálkodási technológiáira.

A közszolgáltatási válogatóművek technológiai sorainak bemutatásával cél, a jelenlegi rendszer előnyeinek és hátrányainak bemutatása, mely SWOT analízis során feltárásra kerül. A technológia adta további lehetőségek elgondolásait a dolgozat párhuzamba állítja az Európai Unió jogrendszerében megfogalmazott környezet terhelést csökkentő elvárásokkal.

1.1. Jogsabályi háttér

1.1.1. Hulladékgazdálkodási közszolgáltatás napjainkban

A 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról (továbbiakban: Ht.) 2 § (1) bekezdésben rögzítettek alapján **hulladék bármely anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa** – azaz a hulladéktermelő, továbbá bármely jogalany, akinek vagy amelynek a hulladék a birtokában van - **megvállik, megvállni szándékozik vagy megvállni köteles.**

Magyarország helyi önkormányzatairól szóló 2011. évi CLXXXIX. törvény 13. § (1) bekezdés 14. pontja kimondja, hogy a hulladékgazdálkodás helyi önkormányzati feladat, mely helyben biztosítható közfeladatok körében látandó el a Ht. 33. § (1) bekezdése értelmében a közszolgáltatóval kötött hulladékgazdálkodási közszolgáltatási szerződés útján. Közszolgáltató a Ht. 34. § (3)-(4) bekezdésében foglaltak szerint az a szerződött gazdasági szereplő, mely minden esetben a hulladékgazdálkodási közszolgáltatási tevékenység minősítéséről szóló törvényben meghatározott minősítési engedéllyel rendelkezik - vagy minősítési engedéllyel nem rendelkezik, de tagjai - az államot és a települési önkormányzatot kivéve - valamennyien rendelkeznek minősítési engedéllyel, ezenfelül a Ht. 32/A. § (2) bekezdése szerinti megfelelési véleménnyel rendelkezik.

Az állami hulladékgazdálkodási közfeladat ellátására létrehozott szervezet kijelöléséről, feladatköréről, az adatkezelés módjáról, valamint az adatszolgáltatási kötelezettségek részletes szabályairól szóló 69/2016. (III.31.) Korm. rendelet 3.§ (1) bekezdése alapján a Kormány a Ht. 32/A. § (4e) bekezdésben meghatározott feladatokra Koordináló szervként az NHKV Nemzeti Hulladékgazdálkodási Koordináló és Vagyonkezelő Zártkörűen Működő Részvénytársaságot jelölte ki. Miszerint a Ht. 32/A. § (4e) bekezdés a) pontja értelmében a Koordináló szerv gondoskodik a közszolgáltatás során elkülönítetten gyűjtött és a vegyes hulladék kezelése során keletkezett hasznosítható hulladék hasznosításának megszervezéséről, továbbá koordinálja a hasznosításra nem kerülő hulladékok ártalmatlanítását. A Ht. 43. § (1)-(2) bekezdésekben rögzítettek alapján a közszolgáltatás során begyűjtött, azaz a közszolgáltató birtokába került hulladék a Koordináló szerv tulajdonát képezi.

A közszolgáltató birtokába kerülő, azaz a begyűjtött hulladék összetételét tekintve a hulladékgazdálkodási közszolgáltatás végzésének feltételeiről szóló 385/2014. (XII. 31.) Korm. rendelet 4. § (2) és (4) bekezdése értelmében az ingatlanhasználónak a száraz, folyadékot és biológiailag lebomló hulladékot nem tartalmazó, vagy más hulladékkal össze nem tapadó vagy ragadó műanyag-, üveg-, fém- és papírhulladékot a vegyes hulladéktól elkülönítetten kell gyűjtenie. Ezen rendelet 11. § (1) bekezdése rögzíti annak tényét, hogy a közszolgáltató az elkülönítetten gyűjtött hulladék hasznosítását vagy ártalmatlanítását megelőzően köteles gondoskodni a hulladék válogatóműbe történő elszállításáról.

A Ht. 41. § (2)-(3) bekezdéseiben rögzítettek szerint a közszolgáltatónak és a megfelelőségi véleménnyel rendelkező alvállalkozójának a hulladékgazdálkodási tevékenységeket az 1. ábrán látható hulladékhierarchiára figyelemmel úgy kell megválasztania, hogy az Ht.-ban előírtaknak, illetve a hulladékgazdálkodási tervekben foglalt megelőzési, hasznosítási és ártalmatlanítási célkitűzések teljesülni tudjanak.



1. ábra: Hulladékhierarchia (http 1).

Mindezen jelenlegi helyzet változását eredményezi a Ht. 53/A. § (1) bekezdése, mely szerint az állami hulladékgazdálkodási közfeladat gyakorlásának jogát az állam a koncesszor részére koncessziós szerződéssel meghatározott időre átengedheti. Ezen szerződés 2023. július 1. és 2053. június 30. meghatározott időszakra 2022. júliusában megkötött a MOL Nyrt.-vel mint leendő koncesszorral.

Az előforduló fogalmak ismertetéséhez segítségül szolgálnak a Ht. 2 § (1) bekezdés további rendelkezései:

- anyagában történő hasznosítás: bármilyen hasznosítási művelet, így különösen az újrahasználatra való előkészítés, az újrafeldolgozás és a feltöltés, ide nem értve az energetikai hasznosítást, valamint a tüzelőanyagként vagy más módon energia előállítására felhasználandó anyagokká történő átalakítást.
- újrahasználat: olyan művelet, amelynek révén a hulladéknak nem minősülő terméket vagy alkatrészét újrahasználgják arra a célra, amelyre eredetileg szolgált.
- hulladékfajta: az az anyagfajta - így különösen fa, fém, papír, üveg, kompozit, műanyag, biológiailag lebomló -, amelyből az adott hulladék képződik.
- elkülönítetten gyűjtött hulladék: olyan hulladék, amelyet fajta és jelleg - adott esetben típus - szerint a képződés helyén a vegyes hulladéktól, illetve más fajtájú, jellegű vagy típusú hulladéktól elkülönítve gyűjtenek.

- vegyes hulladék: a háztartási és a háztartási hulladékhoz hasonló hulladéknak az a különböző fajtájú és összetételű hulladékot tartalmazó része, amelyet az elkülönítetten gyűjtött hulladéktól eltérő külön gyűjtőedényben gyűjtenek.
- települési hulladék: a háztartási és a háztartási hulladékhoz hasonló hulladék, amely nem foglalja magában a termelésből, a mezőgazdaságból, az erdészetből, a halászatból származó hulladékot, a nem közművel összegyűjtött háztartási szennyvizet, a szennyvízhálózatból és a szennyvízkezelő művekből származó hulladékot, így különösen a szennyvíziszapot, továbbá az elhasználódott járműveket, és az építési-bontási hulladékot.
- hulladékgazdálkodási közszolgáltatás: a közszolgáltatás körébe tartozó hulladék átvételét, gyűjtését, elszállítását, kezelését, valamint a hulladékgazdálkodási közszolgáltatással érintett hulladékgazdálkodási létesítmény fenntartását, üzemeltetését, vagyonkezelését és a hulladékgazdálkodási közszolgáltatás országos szintű megszervezését biztosító, kötelező jelleggel igénybe veendő szolgáltatás.

1.1.2. Európai szabályozások

Magyarországnak az Európai Unió tagállamaként el kell érnie a körforgásos gazdálkodásban rögzített célkitűzéseket, mely kiterjed a hulladékgazdálkodási közszolgáltatást ellátó közszolgáltatók feladatainak teljesítésére, miszerint a települési hulladék kerüljön újrahasználatra vagy anyagában történő hasznosításra – melybe a hulladék égetése/pirolízise nem tartozik bele - a hulladéklerakókba történő lerakás minimalizálása mellett.

A dolgozatban érintett hulladékok esetén a csomagolóanyagok újrafeldolgozásának célértékeit 2025. december 31. határidővel a 94/62/EK irányelv legutóbbi módosítása azaz az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/852 irányelve taglalja, azaz az összes csomagolás legalább 65 tömegszázalékának újrafeldolgozásának célértékét, mely értékek anyagonként a következők:

- 50% a műanyag,
- 70% a vasfémek,
- 50% az alumínium,
- 70% az üveg, és
- 75% a papír és karton esetében.

A célérték ezt követően 2030. december 31. határidővel bezárólag 70 tömegszázalékra emelkedik az alábbiak szerint:

- 55% a műanyag,
- 80% a vasfémek,
- 60% az alumínium,
- 75% az üveg, és
- 85% a papír és karton esetében (http 2).

Lerakótól való eltérítés célértékeit a hulladéklerakókról szóló 1999/31/EK irányelv módosításáról az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/850 irányelve írja elő az alábbiak szerint:

- az újrafeldolgozások mindegyikére 2030-tól korlátozásokat vezet be az anyagában történő hasznosításra alkalmas hulladék hulladéklerakóban való lerakására, és
- 2035. határidővel a települési hulladék 90 %-át a hulladéklerakótól eltéríteni kívánja, azaz a hulladéklerakóban lerakott mennyiségét 10 %-ra korlátozza (http 3).

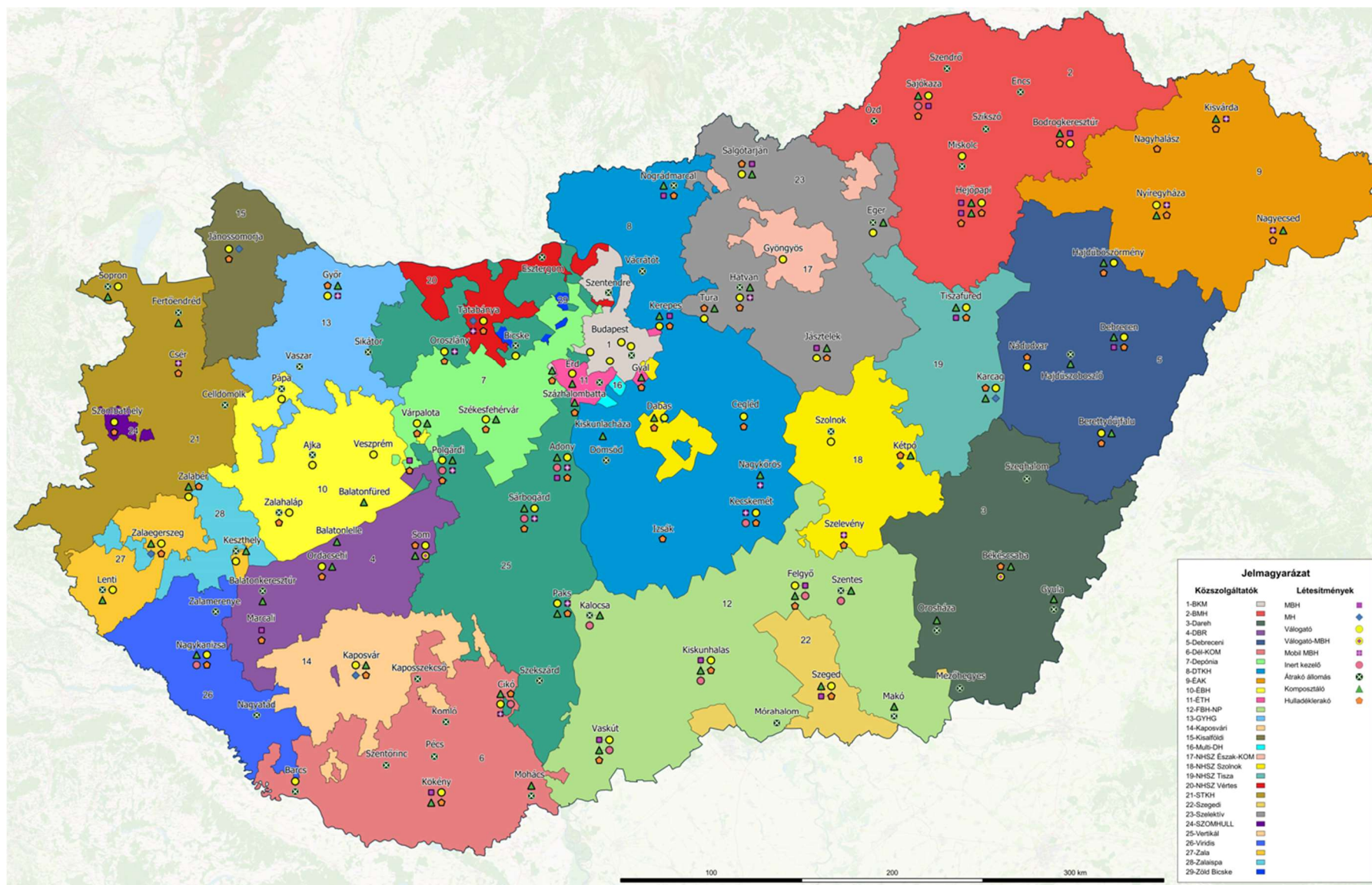
A hulladékok feldolgozásának biztosítása során fontos előtérbe helyezni a 2008/98/EK hulladék keretirányelv 16. cikkében és a Ht. 3. § (1) bekezdés c) és d) pontjában foglaltak szerinti önellátás és közelség elvét. Ezen elvek kimondják, hogy az Európai Unió tagállamaival együttműködve az ország területére elő kell teremteni a hulladékok ártalmatlanítására és hasznosítására megfelelő hulladékgazdálkodási létesítmények hatékonyan működő önálló hálózatát, biztosítva a hulladék legközelebbi létesítménybe történő eljuttatásának figyelembevétele mellett. Mindamellett figyelve a földrajzi és környezeti adottságokra, környezeti és gazdasági hatékonyságra, az elérhető legjobb technikára és az egyes hulladékok esetében szükséges különleges hulladékgazdálkodási létesítményekre, tudva, hogy Magyarországnak nem kell rendelkeznie a hasznosító létesítmények teljes skálájával.

1.2. Hulladékgazdálkodási közszolgáltatók

A közszolgáltató és a közszolgáltatói alvállalkozó, valamint kizárólag a hulladék átvételére, gyűjtésére vagy előkezelésére irányuló tevékenységet végző közszolgáltatói alvállalkozó Ht. 32/A. § (2) bekezdése szerinti megfelelőségi véleményét a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal állítja ki, a Koordináló szerv véleményének kikérését követően a közreműködő tevékenységének 1/2022. (I. 7.) ITM rendelet 2022. évi Országos Hulladékgazdálkodási Közszolgáltatási Tervben foglaltaknak megfelelőségéről való megbizonyosodását követően.

Az országos hulladékgazdálkodási közfeladat ellátását 29 db megfelelőségi véleménnyel rendelkező közszolgáltató végzi 2023. április időszakát vizsgálva. Ezen közreműködők hulladékgazdálkodási tevékenységeinek pontos területi lefedettségeit ábrázolja a Koordináló szerv által készített 2. ábra, mely nonprofit szervezetek listája az alábbi:

1. BKM Budapesti Közművek Np. Zrt.,
2. BMH Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Hulladékgazdálkodási Közszolgáltató Np. Kft.,
3. DAREH BÁZIS Hulladékgazdálkodási Np. Zrt.,
4. DBR Dél-Balatoni Régió Np. Kft.,
5. Debreceni Hulladék Közszolgáltató Np. Kft.,
6. Dél-Kom Dél-Dunántúli Kommunális Szolgáltató Közszolgáltató Np. Kft.,
7. DEPÓNIA Hulladékkezelő és Településtisztasági Np. Kft.,
8. DTKH Duna-Tisza közti Hulladékgazdálkodási Np. Kft.,
9. ÉAK Észak-Alföldi Környezetgazdálkodási Np. Kft.,
10. ÉBH Észak-Balatoni Hulladékgazdálkodási Np. Kft.,
11. ÉTH Érd és Térsége Hulladékkezelési Np. Kft.,
12. FBH-NP Közszolgáltató Np. Kft.,
13. GYHG Győri Hulladékgazdálkodási Np. Kft.,
14. KHG Kaposvári Hulladékgazdálkodási Np. Kft.,
15. MULTI-DH Hulladékkezelő Np. Kft.,
16. Kisalföldi Kommunális Hulladékgazdálkodási Közszolgáltató Np. Kft.,
17. NHSZ Észak-KOM Hulladékgazdálkodási Közszolgáltató Np. Kft.,
18. NHSZ Szolnok Közszolgáltató Np. Kft.,
19. NHSZ Tisza Np. Kft.,
20. NHSZ Vértesszentkereszt Vidéke Hulladékgazdálkodási Np. Kft.,
21. STKH Sopron és Térsége Np. Kft.,
22. Szegedi Hulladékgazdálkodási Np. Kft.,
23. Szelektív Hulladékhasznosító és Környezetvédelmi Np. Kft.,
24. SZOMHULL Szombathelyi Hulladékgazdálkodási Közszolgáltató Np. Kft.,
25. VERTIKÁL Közszolgáltató Np. Zrt.,
26. Viridis-Pannónia Hulladékgazdálkodási Közszolgáltató Np. Kft.,
27. Zalai Közszolgáltató Np. Kft.,
28. ZALAISPA Regionális Hulladékgazdálkodási és Környezetvédelmi Np. Zrt.,
29. Zöld Bicske Np. Kft. ([http 4](http://4)).



2 ábra: Hulladékgazdálkodási közzolgáltatók és a közzolgáltatásban használt létesítmények 2023 áprilisában (NHKV Zrt. 2023).

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Technológiai sorra bemenő anyagáram

Európában a szilárd települési hulladékok hagyományos kezelési rendszerének fő elemei közé tartozik a csomagolóanyagok szelektív gyűjtése és annak válogatása. Magyarország esetén a szilárd települési hulladék kb. 30 - 40 % -át teszik ki a csomagolóanyagok, azon belül is legfőképpen a szelektív gyűjtésből származó. A csomagolóanyagokat fő hulladékcsoportként tartjuk számon, az ide tartozó hulladékfajták együtt kezelhetősége miatt melyek az alábbiak:

- üveg,
- papír,
- fém,
- műanyag.

A szelektív hulladék gyűjtési eljárása településenként eltér, mely oka a településenként változó hulladék összetétel, a rendelkezésre álló begyűjtési és kezelési rendszer, ezenfelül a hasznosítási lehetőség és a lakosság hozzáállása, mint pénz, szag, rovarok és rágcsálók, esztétikai kérdés stb. tényezőit érintve.

Alapvetően a hulladékgazdálkodási közszolgáltatásban két szelektív hulladék gyűjtési eljárást különböztünk el, ezek egyike az additív rendszer, ahol a közszolgáltatási hulladékszállítást kiegészítve pl. hulladékgyűjtő szigetekkel és hulladékgyűjtő udvarokkal is biztosítottak a szelektív gyűjtőhelyek. A másik rendszer az integrált rendszer, ahol részben vagy egészen integrált telken belüli szelektív gyűjtőhelyek tartalma teljes egészében a közszolgáltatás keretein belül kerül elszállításra (Aleksza et al. 2017).

A begyűjtött elkülönítetten gyűjtött, és a vegyesen gyűjtött hulladékból hasznosítást megelőzve a válogatóműben leválogatásra kerülő anyagában hasznosítható hulladék kategorizálását és minősége szerinti besorolását köteles meghatározni a birtokos közszolgáltatónak, melyek minősítési követelményeit a 1/2022. (I. 7.) ITM rendelet a 2022. évi Országos Hulladékgazdálkodási Közszolgáltatási Tervről taglalja.

Ezen anyagában hasznosítható, mégpedig csomagolóanyag hulladékok kategóriái és minőségei a rendeletben foglaltak szerint az alábbiak:

Elkülönítetten gyűjtött hulladékból válogatott anyagában hasznosítható csomagolóanyagok:

- **Papírhulladék:** újságpapír, kartonpapír, vegyes papír, egyéb.
- **Társított hulladék:** italoskarton, egyéb (papíralapú), egyéb.
- **Víztisztá PET és kék PET palack hulladék:** zöld, I. osztály; sárga, II. osztály; szürke, IV. osztály; egyéb.
- **Zöld PET palack hulladék:** zöld, I. osztály; sárga, II. osztály; piros, III. osztály; egyéb.
- **Vegyes/kevert PET palack hulladék:** zöld, I. osztály; sárga, II. osztály; piros, III. osztály; szürke, IV. osztály; egyéb.
- **Fólia hulladék:** "A" osztály, "B" osztály, "C" osztály, "D" osztály, "E" osztály, egyéb.
- **HDPE, PP palack hulladék:** I. osztály, II. osztály, III. osztály, egyéb.
- **egyéb műanyag hulladék (PP-PS bálák):** I. osztály, II. osztály, egyéb.
- **Vegyes műanyag hulladék.**
- **Fém hulladék:** ónozott vasfém, alu doboz, vegyes.
- **Víztisztá/ színes/ vegyes üveghulladék:** "A" minőség, "B" minőség, "C" minőség, egyéb.

Vegyesen gyűjtött hulladékból válogatott anyagában hasznosítható csomagolóanyagok:

- műanyagok,
- fólia "D" osztály,
- fólia "E" osztály,
- HDPE, PP III. osztály,
- PP-PS egyéb,
- víztiszta PET (szürke, IV. osztály),
- vegyes PET (szürke, IV. osztály),
- kék PET (szürke, IV. osztály),
- mágnesezhető fém,
- nem mágnesezhető fém,
- egyéb.

2.2. Válogatómű berendezéseinek bemutatása

A válogatómű technológiai sorának elemei más-más alapelv szerint különítik el egymástól az input halmaz alkotóelemeit. Az input halmaz legfőképp az elkülönítetten gyűjtött, de előfordul a vegyesen gyűjtött hulladék is mely szemcsemérete nagy mérettartományban mozog és rengeteg hasznos és értékes nyersanyagú (fém-, műanyag-, papírhulladék) komponensből tevődik össze, mely eljárástechnikai szempontból egy diszperz keverékrendszer. Ezen szemcsék szétválogatására használt eljárások tudományos ismereteken alapuló tudatos anyagátalakulási folyamatok, melyek megvalósításához alkalmazott eszközök a gépek, berendezések. Meglehet, hogy egy-egy eljáráshoz számos gép is párosul. Az eljárástechnika területeit vizsgálva a hulladék előkészítése legfőképp költséghatékonysági okokból a fizikai eljárástechnikán belül a mechanikai eljárástechnikán alapszik, mely során új anyag nem képződik, de a hulladékot fizikai-mechanika hatással kezeli és átalakítja. Megkülönböztetünk szétválogatási eljárásokat, melyek optimális megválasztását és technológiai folyamatba helyezését a kinyerni kívánt célalkotó befolyásol. Gyakorlatban a szétválasztási folyamat elemei a legnagyobb eltérést mutató fizikai tulajdonságon alapszanak, annak technológiai és gazdasági realitása mellett (Csőke 2023a, e).

A szétválogatási folyamat első lépéseként elengedhetetlen a hulladék halmaz **fizikai feltárása**, mely lehetővé teszi alkotóinak hatékony elkülönítését.

Válogatómű esetén az eljárás lényege a zsákban gyűjtött hulladék aprítással történő úgymond kiszabadítása, melyet a zsáktépő berendezés biztosít. Ezenfelül az összetömörödött szemcséket pl. az öntömörítő hulladékszállító járműből kikerülő hulladékot is szétválasztja, fellazítva vele az anyaghalmazt. Az egy- és kétrotoros **lassújáratú shreddereket** alkalmazzák ezen eljárás során, melyekben az eltérő kerületi sebességgel forgó rotorokra egymástól nagy távolságra szerelt fogak hozzák létre az úgynevezett tépőigénybevételt, mely során a húzás, és az azzal fellépő hajlítás és csavarás fizikai igénybevétellel érik el a kisebb szemcseméret előállítását. Ezen folyamat során minél nagyobb a feltárás foka, annál nagyobb az azt követő szeparálási eljárás hatékonysága. (Csőke 2023b, c).

Osztályozásnak nevezzük az alkotóelemek méreti különbségeit kihasználva történő szeparálást. Az elemek fizikai jellemzői és alakjuk nagyban megegyező kell legyen a hatásosság érdekében, azaz méret szerinti szétválasztás megy végbe (Csőke 2023a).

Szemcseméret szerinti frakcionálás a hulladék előkészítés során leggyakrabban dobszítálással, de egyes esetben rostálással történik, mely eljárások mindegyikének alapja a szítálás. A szítálásra kerülő anyagalmaz fizikai feltárást követően kerül a frakcionálási folyamatba.

A **dobszita** nagydarabos hulladékok frakcionálására alkalmas, melynek a minimálisan hasznos szita felülete miatt nagyméretű hengerpalást dob felületre van szükséges. A homogén hulladék szeparálása során előnye az, hogy az anyag mozgatása, keverése okán nem tömődnek el a szitanyílások. A belső spirál kialakítás az anyag tartózkodási idejét kontrollálja a dobban.

A **rostán** finomabb hulladékok szeparálása jellemzőbb, mely szitalapjának szélessége annak kapacitását, míg hossza a szítálás idejét adja meg, melyen lengőszita esetén csúszik, rezgőszita esetén pedig ugrál a felvitt szemcse.

A szítálás hatékonyságát annak anyagi és méreti kialakításán kívül nagyban befolyásoló tényező a szítálandó anyagalmaz szemcseösszetétele, sűrűsége, nedvességtartalma és szemcsealakja (Csőke 2023d).

Alakszeparálást végzünk azon szétválasztáskor, mely során az alkotóelemek méretükben és fizikai tulajdonságukban egyeznek meg, melyek alakjuk eltéréseiből adódó szétválaszthatóságukon alapszik (Csőke 2023a).

A rezgő szeparátor, másnéven **ballisztikus szeparátor** a hulladék eltérő alakja szerint végzi annak szortírozását. A hulladék kombinált mérete, alakja és sűrűsége szerinti válogatás eredményeként három végterméket különítünk el, azaz a könnyű, nehéz és a finom terméket. Könnyűtermékek a sík, lemezes pl. papír, fólia 2 dimenziós anyagok és a könnyű anyagdarabok, melyek ugrálómozgás végezve a szitalap tetején hullanak le, míg a nehéz anyagdarabok és a pl. PET palackok, alu dobozok, ónozott vasfémek mint 3 dimenziós anyagok, azaz a nehéztermék a szitalap alján távozik. A szitalap felületén kialakításra került réseken távozik a finom termék, mely átmérőjének méretét nézve általában kisebb mint 30 mm (Csőke 2023d).

Válogatás az, mikor fizikai jelenségeik szerint a halmaz valamennyi szállító mozgásban lévő alkotóit vizsgáljuk, és a kinyerni kívánt elemeit kiemeljük vagy eltérítjük eredeti mozgásirányukból. Gazdasági és eljárástechnikai okból az anyagalmaz kisebb mennyiségű szemcséit célszerű célalkotóként eltávolítani, mely alapján megkülönböztetünk pozitív és negatív válogatást. Pozitív válogatás az, mikor a hasznosítható összetevők kerülnek

kiválogatásra, negatív válogatás során pedig ellenkezőleg, a nem kívánt alkotók kiválogatása történik mennyiségéből adódóan.

Kézi válogatás során emberi erőforrással történik szemrevételezés útján a vizsgálat, mely kézzel történő kiemeléssel a leválasztandó anyagok szeparálását eredményezi.

Hasonlóképpen működik az **optikai úton történő válogatás**, mely során a halmaz elemeire kibocsájtott felismerést szolgáló jel-kisugárzást (normál fény, röntgensugár, γ -sugár, infravörös sugárzás, lézer) a számítógép szenzorainak segítségével felfogott válaszjel detektálásából a szoftverrendszer összehasonlítja azt a tárolt adatokkal, majd kiértékelést követően beazonosításra kerül az anyag milyensége. Az elválasztási döntés vagy többtermékes elválasztás esetén döntések válogatóprogramján alapuló kinyerni kívánt anyagok azonosítást követően eredeti mozgásirányukból történő eltérítéssel, leggyakrabban légsugár alkalmazásával egymástól szeparáltan eltávolításra kerülnek, a maradék anyag lehullása mellett. A kibocsájtott normál fényt fém és üveg anyagok, a röntgensugarat és γ -sugarat a fém és inert anyagok felismerésére alkalmazzák. Válogatóművekben az úgynevezett NIR rendszereket alkalmazzák, mely kifejezés az elektromágneses sugárzás közeli (800-2500 nm) infravörös tartományának „NIR-near infrared” rövidítéséből ered. Ezen rendszer halogénlámpa által adja le az infravörös sugárzást, azzal a molekulákat gerjesztve, melyet követően az anyagra jellemző válaszjel felvétele abszorpciós és reflexiós NIR spektrométerrel történik. A csomagolóanyag műanyagok esetén nagy felismerési biztonsággal szeparál, de a papírt is felismeri. Előnye az automatizálhatósága és a nagy <1 ms mérési és kiértékelési sebessége. Hátránya viszont, a sötét anyagok felismerhetetlensége, mivel a töltőanyagok és additívek a felvett spektrum megváltoztatását eredményezik. A szeparáció jó hatásfokának eléréséhez a már fémentes anyaghalmoz bevezetése szükséges.

Mind kézi, mind optikai válogatás útján nagy skálán mozog a fizikai jelenségek adta válogatható anyagok listája. Az optikai válogató nagyobb terméktisztaságának eléréséhez az utólagos kézi ellenőrző válogatás beiktatása gyakorlott (Csőke 2023a, d).

Dúsítás az az eljárás, mely során az alkotóelemek méretei közel megegyezők, viszont fizikai tulajdonságukban eltérők. Ezen eltéréseken alapszik a szétválasztás folyamata, mely az eltérő fizikai tulajdonságokra (pl. sűrűség, elektromos vezetőképesség, mágneses szuszeptibilitás stb.) erőt kifejtve megy végbe. Azonban fontos megjegyezni, hogy a szétválasztás hatásosságát ezen folyamat során a feltártságon kívül nagyban befolyásoló alapfeltétel az alkotóelemek

méretének és alakjának egyezősége, mondhatni azt is, hogy a szétválasztás során csak az adott fizikai tulajdonságuk eltérése esetén leghatékonyabb az eljárás.

Hulladék előkészítés során a válogatóművekben fémekre alkalmazott legjellemzőbb dúsítási eljárás a mágneses és az elektromos szeparálás. Fémek esetében a technológiai sor kialakítása során fontos figyelembe venni a vas eltávolításának elsőbbségét, mivel az örvényáramú szeparátor felhevíti azt.

Mágneses szeparálás során gyengétől a nagy mágneses térerősségű skálán mozogva annak száraz eljárási művelete alkalmazott, a kinyerni kívánt célalkotó mágneses fizikai tulajdonságára hatva. Ezen eljáráson belül a felsőszalagos szeparálás az elterjedt, mely során a felhordószalag fölé rögzített mágnes emeli ki az őt körülvevő felső szalagon utaztatva majd arról ledobva a célalkotót, mely jelen esetben a csomagolási ónozott vasfém hulladék a nem mágnesezhető szemcsék tovább haladása mellett.

Az elektromos szeparálások közül az **örvényáramú eljárással** a nem mágnesezhető célalkotó kinyerése megy végbe, válogatómű esetében a csomagolási alumínium hulladék leválasztása mely meghatározó fizikai tulajdonsága annak elektromos vezetőképessége. Az excentrikusan forgó mágnesdob taszítási zónájában a vezető szemcsék a létrejövő eldobó erővel kerülnek az elválasztólapon túlra, a nem vezető szemcsék lehullása mellett. Az eljárás során a 2 mm-nél kisebb átmérőjű szemcse esetén a légellenállás nagyban befolyásoló erő, mely 4 mm fölött elhanyagolható, ezenfelül hat a mágneses vonzóerő, az egységnyi idő alatti mágneses fluxus által indukált örvényáram taszító ereje és a gravitációs erő.

Ezen eljárások hatékonyságát befolyásolja a felhordószalagon érkező anyaghalmoz szemcsemérete (Csőke 2023a, d).

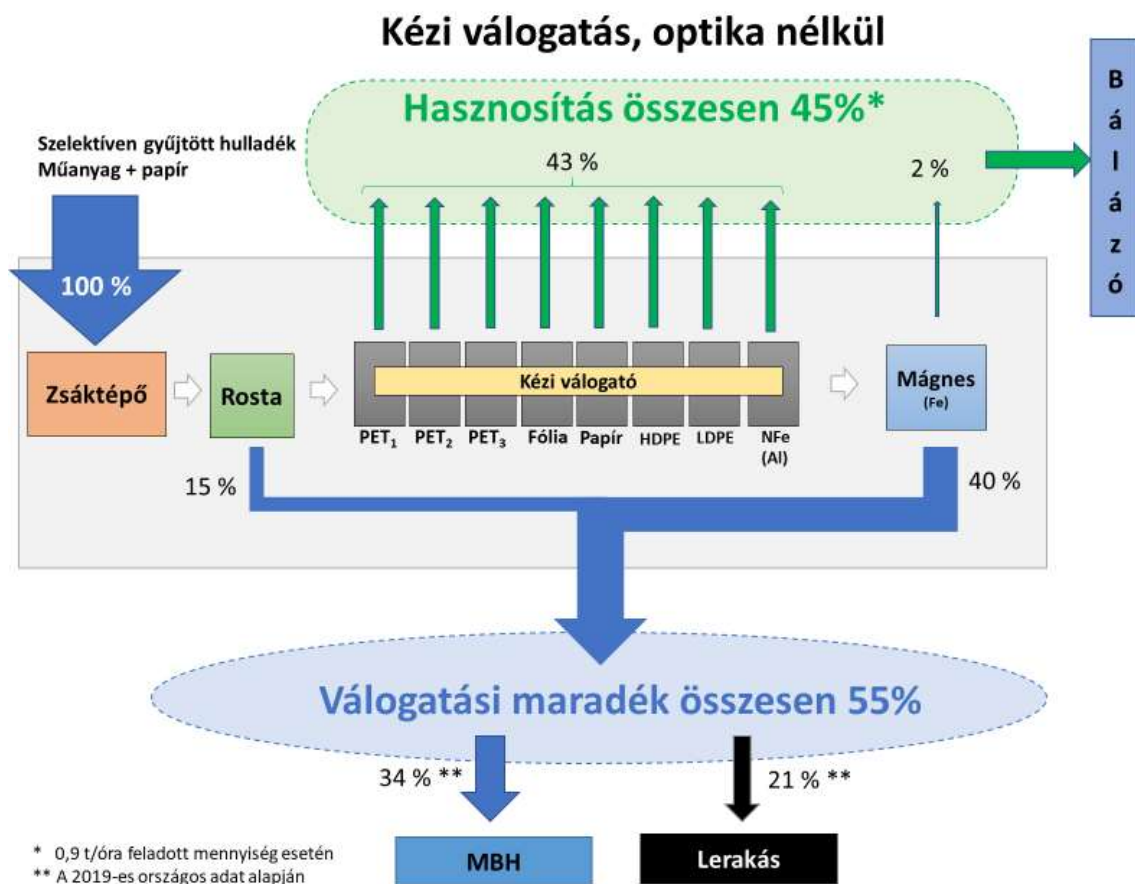
3. A vizsgálatok módszerei

3.1. Hulladékgazdálkodási közszolgáltatás technológiai sorai

KÉZI VÁLOGATÁS

Az elkülönítetten begyűjtésre kerülő hulladékokból történő anyagában hasznosítható értékes nyersanyagú komponensek, hulladékfrakciók és fajták szerint történő kinyerésére Magyarország területén eleinte kézi válogatók építésére került sor. Ezen szelektíven gyűjtött hulladékok, újrahasznosítás céljából történő előkészítési folyamata mai napig hazánkban a klasszikus válogatási technológia, az üzemben lévő létesítmények között kiemelkedően nagyszámú megjelenése okán.

A kézi válogatás folyamatát a 3. ábra szemlélteti, mely létesítményenként ettől eltérő kialakítású lehet.



3 ábra: Kézi válogató folyamatábrája (NHKV Zrt. 2023).

Kézi válogatás során legfőképp pozitív válogatás történik, azaz a hasznosítható hulladékok kerülnek kiválogatásra.

A hatékony eljárás eléréséhez első lépés a szelektíven gyűjtött hulladék zsáktépővel történő fizikai feltárása, melyet követően a fellazított és egymástól elválasztott komponensű anyagalmaz gumiszalagon a dobszitába kerül.

A dobszitába kerülve a hulladék tovább lazul a dobban történő mozgatással, ahol a dobszita szitanyílásainak mérete szerinti osztályozásra kerül. A dobszita szitanyílásai jellemzően 80 mm átmérőek, melyeken lehulló frakció a válogatási maradék, másnéven másodnyersanyag. A 80 mm feletti anyagfrakciót felhordószalag a kézi válogatókabinon keresztül szállítja, ahol a célalkotók kézzel történő kiemelése történik az adott létszámmal üzemelő válogató személyzet által. Létesítményenként eltérően a vegyespapír; kartonpapír; társított; víztiszta PET; kék PET; zöld PET; vegyes PET; HDPE, PP; PP-PS; alumínium és fólia hulladék valamennyi célalkotó szemrevételezést követően szortírozva a szalag alatti boksokba kerül. Jellemzően vastartalmú fém kinyeréséhez a szalagon fennmaradó hulladék mágneses szeparáláson esik át, a válogatási maradék lehullása mellett.

A leválogatott anyagában hasznosítható hulladékok a kedvezőbb tárolás és szállítás szempontjából bálázásra kerülnek.

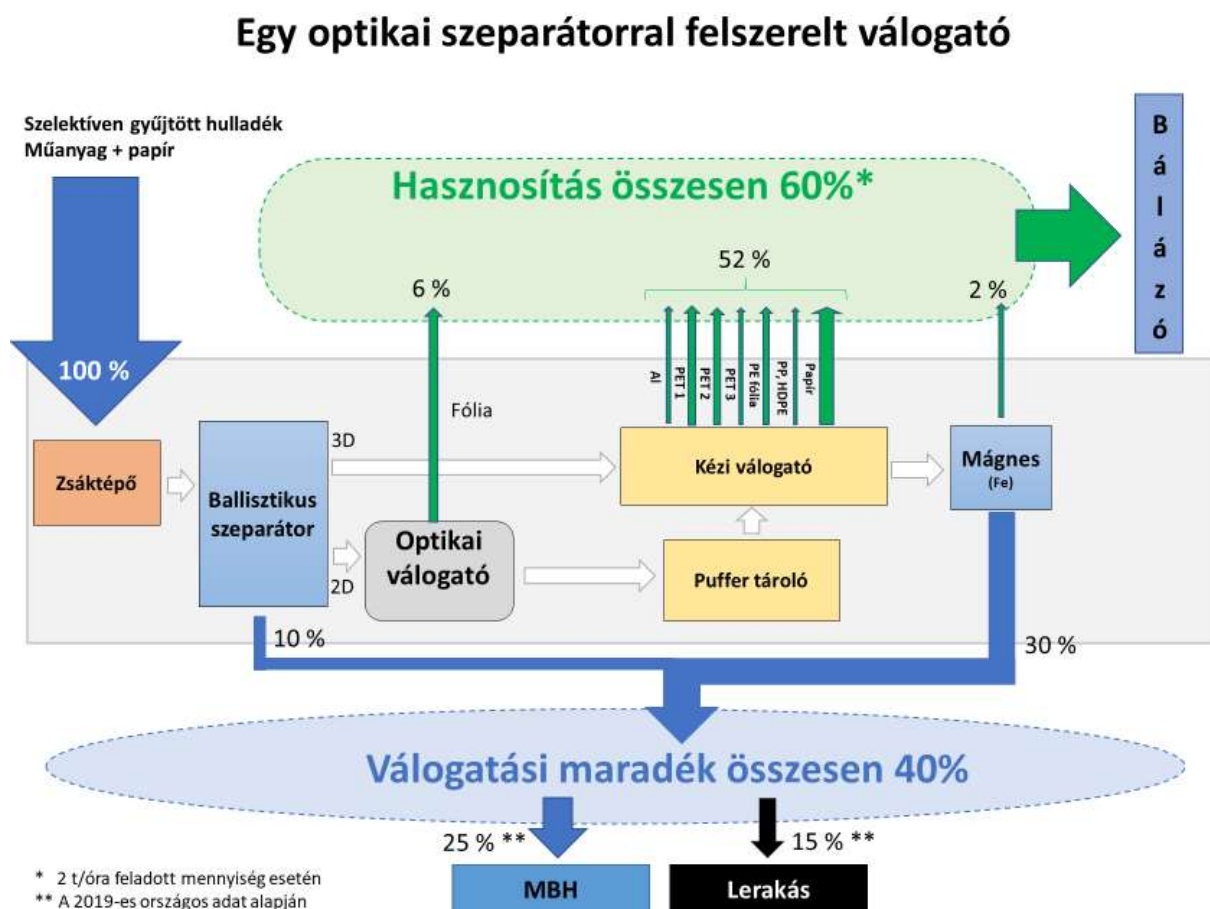
A 3. ábrán látható, hogy a magyarországi kézi válogatóba bemenő szelektíven gyűjtött hulladék 55 %-a jellemzően válogatási maradékként kerül további kezelésre, mely 15% -a dobszitan lehullott, 40 %-a pedig a szalagon fennmaradt hulladék. Ezen arány mennyiségét nagyban befolyásolja a begyűjtött hulladék összetétele, annak szennyező anyagtartalma, mely már településként is nagyban eltérhet.

Az kézi válogatás előnye, hogy az emberi erőforrással minimális tévedési lehetőség figyelembevétele mellett is, jó eséllyel szinte 100%-os tisztaság érhető el a célalkotók összetétele terén. Azonban hátránya az, hogy korlátozott a válogatható hulladék mennyisége mely nehezen növelhető az alacsony létszámú emberi erőforrás miatt, mindamellett a pozitív válogatás során a hulladék komponensek mindegyikét meg kell vizsgálni, mely folyamatos figyelemmel jár így az egyes emberek teljesítőképessége is befolyásolja a kapacitást.

OPTIKÁVAL BŐVÍTETT KÉZI VÁLOGATÓ

Az országban működő egyes kézi válogató létesítmények fejlesztése annak technológiai adottságainak oka miatt, vagy a beruházási költség mértékéből adódóan a teljes optikai válogatásra való átállás helyett annak egyes technológiai részeit elhagyva részleges átalakításon esnek át.

A 4. ábra ezen átalakíthatóságot mutatja be, mely a magyarországi kézi válogatók esetében leginkább alkalmazott, és a legtöbb kézi válogató fejlesztése során is kivitelezhető.



4 ábra: Kézi és optikai válogató folyamatábrája (NHKV Zrt. 2023).

Az optikával kiegészített válogatás során legfőképp pozitív válogatás történik, azaz a beépített optika és a kézi válogató egyaránt a hasznosítható hulladékokat válogatja ki.

A válogatóműbe a felhordószalagra került szelektíven gyűjtött hulladék zsáktépővel történő fizikai feltárásával kezdődik a technológia.

Ezt követően a fellazított és egymástól elválasztott komponensű hulladékhalmaz alakszeparáláson esik át a ballisztikus szeparátor igénybevételével, amellyel a szelektíven gyűjtött hulladék 2 dimenziós (vegyespapír; kartonpapír; fólia) könnyűtermék és 3 dimenziós (társított; víztiszta PET; kék PET; zöld PET; vegyes PET; HDPE, PP; PP-PS; alumínium; ónozott vaském) nehéztermék alkotóira válik szét, a szitalap résein kihulló finomfrakció mellett.

A 2 dimenziós hulladékokat a szalag NIR rendszer szerint működő optikai válogatóba szállítja, ahol a fólia haszonanyag szeparálása megy végbe, mely szükség esetén kézi utóválogatáson eshet át a jobb terméktisztaság elérése céljából. Ezen folyamat során lehulló papír és válogatási maradék egy puffer tárolóban gyűjthető, mely megfelelő mennyiség esetén újra feladható a technológiára a tiszta papír hulladék kinyeréséhez.

A 3 dimenziós hulladékhalmazt a felhordószalag a kézi válogatókabinon keresztül szállítja, ahol a célalkotók emberi erőforrással történő kézi válogatása zajlik. Létesítményenként eltérően a társított; víztiszta PET; kék PET; zöld PET; vegyes PET; HDPE, PP; PP-PS és alumínium hulladékok szortírozva a szalag alatti boksokba kerülnek.

A jellemzően vastartalmú fém hulladék kinyeréséhez a szalagon fennmaradó komponensek mágneses szeparáláson esnek át, a válogatási maradék lehullása mellett.

A leválogatott anyagában hasznosítható hulladékok bálázásával zárul a technológia.

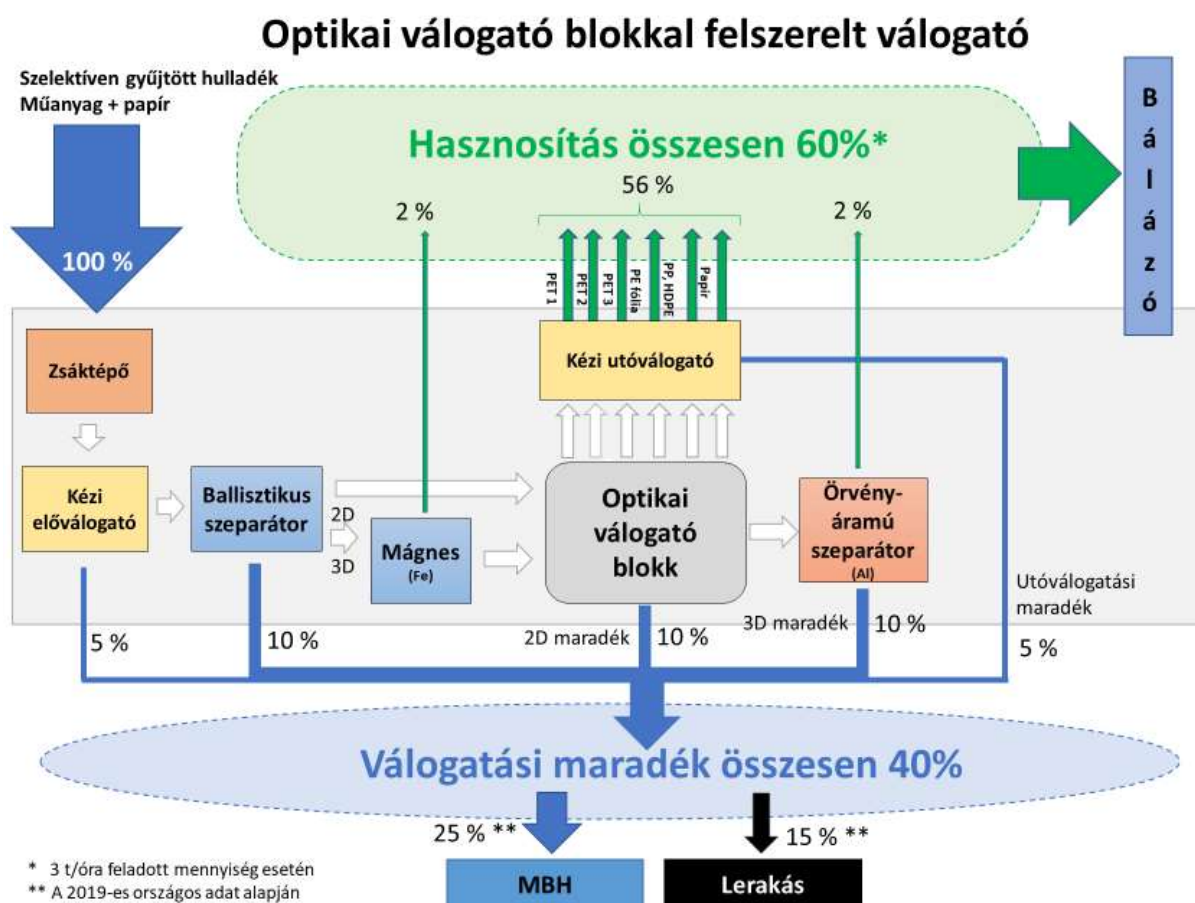
A 5. ábrán látható, hogy ezen optikai válogatóval felszerelt kézi válogató jellemzően 40 %-os válogatási maradék képződése mellett teljesít, mely 10% -a ballisztikus szeparátoron lehullott, 30 %-a pedig a kézi válogatást követően fennmaradt hulladék. Ezen arány mennyiségét szintén nagyban befolyásolja a begyűjtött hulladék összetétele és annak szennyező anyagtartalma.

Az optikával fejlesztett válogató növeli a kézi válogatás teljesítményét, és az abból kikerkező anyagáram tisztaságát segíti az egyes anyagáramok kiemelésével. Azonban a teljesítménye nem éri el az optikai válogatóét és az automatizálás lehetetlensége miatt az emberi erőforráshoz való kötöttsége továbbra is nagyban korlátozza a válogatható hulladék mennyiségét.

OPTIKAI VÁLOGATÁS, UTÓLAGOS KÉZI ELLENŐRZŐ VÁLOGATÁSSAL

A kézi válogatóban válogatható hulladék mennyiségének korlátja, és a szelektíven gyűjtött hulladékmennyiség növekedése szükségessé tette a válogatás kapacitásának növelését annak automatizálásával. Teljes optikai válogatási technológia fejlesztése során azonban a kézi válogatás sok esetben továbbra is – azonban más formában - megmaradt, mivel a gépek nem tudják az emberi erőforrással biztosított tisztaságot elérni, így annak fontossága miatt szerepe utólagos kézi ellenőrző válogatássá alakult a nagyobb terméktisztaság elérése érdekében.

Az optikai válogatás leginkább bevált folyamatát az 5. ábra szemlélteti, mely sok esetben létesítményenként ettől eltér.



5 ábra: Optikai válogató folyamatábrája (NHKV Zrt. 2023).

Az optikai válogatás során legfőképp pozitív válogatás történik, azaz a hasznosítható hulladékok kerülnek kiválogatásra egybekötve a kézi válogatás negatív válogatásával, mely során a nem kívánt alkotók kiemelése történik.

Az optikai válogatóműbe feladásra került szelektíven gyűjtött hulladék zsáktépővel történő fizikai feltárását követően kézi előválogatáson esik át.

A kézi előválogatás során a nagyobb méretű szennyezőanyagok és a fóliák eltávolítása történik az optikák hatékony működése érdekében.

Ezt követően alakszeparáláson esik át a hulladék ballisztikus szeparátor igénybevételével, amellyel a szelektíven gyűjtött hulladék 2 dimenziós (vegyespapír; kartonpapír; fólia) könnyűtermék és 3 dimenziós (társított; víztiszta PET; kék PET; zöld PET; vegyes PET; HDPE, PP; PP-PS; alumínium; ónozott vasfém) nehéztermék alkotóira válik szét, a szitalap résein kihulló finomfrakció mellett.

A 2 dimenziós hulladékokat a szalag az optikai válogatóba szállítja, viszont a 3 dimenziós anyagok mágneses szeparáláson esnek át az optikai válogatást megelőzően annak jó hatásfokának eléréséhez.

A NIR rendszer szerint működő optikai válogatók leválogatják a műanyag és papír hulladékokat.

Az alumínium és egyéb, nem mágnesezhető fémek leválasztására örvényáramú szeparátor következik a sorban.

A célalkotók tisztaságát növelő kézi utóválogatással zárul a technológiai sor.

A leválogatott anyagában hasznosítható hulladékok bálázásra kerülnek.

A 4. ábrán látható, hogy a magyarországi optikai válogató, utólagos kézi ellenőrző válogatással jellemzően 40 %-ú válogatási maradék képződése mellett teljesít, mely 5 %-a kézi előválogatáson kiemelésre került, 10% -a ballisztikus szeparátoron lehullott, 20 % -a 2 és 3 dimenziós frakció optikai válogatásán kikerült, 5 %-a pedig a kézi utóválogatáson kiemelt hulladék. Ezen arány mennyiségét szintén nagyban befolyásolja a begyűjtött hulladék összetétele és annak szennyező anyagtartalma.

Az optikai válogatás adta előny az, hogy a kézi válogatóban válogatható hulladék mennyiségének korlátja eltörpül, viszont a nagyobb teljesítmény hátránya a végtermék tisztaságának romlása, mely során az látható, hogy az automatizálás önmagában ezen technológiával még nem elegendő megoldás.

3.2. Technológiai sor SWOT analízise

Belső tényezők	ERŐSSÉGEK	GYENGESÉGEK
	- csomagolóanyagok újrahasznosításra történő előkészítésével támogatja annak fenntartható fejlődését - csökkenti az ökológiai lábnyomot - jogilag biztosított a működése - bevételt eredményez - folyamatos beruházások szükségességével egyre fejlettebb technológiát biztosít a kapacitás bővülése mellett - országos szinten kialakított - hátrányos helyzetben élő lakosok számára munkalehetőséget biztosít - elősegíti az EU-s célértékek teljesülését	- csomagolóanyagok újrahasználat helyett az újrahasznosításra fókuszál - csökkenti az ökológiai lábnyomot, azonban a bemenő anyagáram nagy aránya válogatási maradékként újrahasznosítás helyett energetikai hasznosításra vagy lerakásra kerül - a technológia kialakítására /működtetésére és annak haszonanyag kihozatali arányára, tisztaságára/minőségére jogilag nincs ellenőrzés és szankcionálás - műszaki problémák/haváriák - világpiac nagy hatása a hasznosítói átvételi árakra - gazdaságilag értéktelen haszonanyagok depóra kerülésének veszélye - a „közelség” elve nem jut mindig érvényre, az import rontja a hazai haszonanyag hasznosítás helyzetét - gazdasági okból elmaradott és a közbeszerzési eljárások hosszadalmas időtartama miatt lassú a fejlesztések tendenciája - közszolgáltatók díjazásának hiánya - országos szinten eltérő, sok esetben elmaradott technológia - ösztönzés hiánya a jó/jobb minőség előállításra - folyamatos munkaerőhiány - EU-s célértékek teljesülésének kérdésessége

Külső tényezők	LEHETŐSÉGEK	VESZÉLYEK
	- újrahasználat, mint technológiai célérték beépítése - a technológia kialakítására /működtetésére és annak haszonanyag kihozatali arányára, tisztaságára/minőségére jogi ellenőrzés és szankcionálás - „közelség” elve szerinti válogatóhoz legközelebb eső hasznosító átvételre való kötelezettsége, túltárolást és lerakást megelőzve - fejlesztések beruházásának nagymértékű növelése az EU-s célértékek és az anyagminőség javítása érdekében - országos szinten régiókra bontva kialakítani az EU-s célértékek eléréséhez szükséges teendőket - technológiára bemenő hulladék mennyiségi és minőségi javításának eléréséhez: • gyűjtési rendszer bővítése • oktatási intézményekben felmenő rendszerben bevezetni vendégelőadók által a technológia működési mechanizmusának bemutatását, majd lehetőséghez mérten válogatómű látogatását • lakosság környezettudatosságra való nevelése médiát kihasználva • folyamatos és könnyebben elérhető lakossági tájékoztatás • lakossági nyílt napok szervezése • lakossági gyűjtés szankcionálása	- az új technológia kialakításának nagymértékű beruházási költségének kérdéses finanszírozása - a jogba beépített fejlesztések és annak ellenőrzési rendszereinek kérdéses finanszírozása - „közelség” elvén történő átvételi kötelezettséggel piaci versenyből való kizárás felmerülésének problémája, import nyersanyag hulladék megjelenésének veszélye, esetleges kártérítések finanszírozásának költsége - a korszerű fejlesztések nagymértékű beruházási költségeinek kérdéses finanszírozása - a szelektív hulladék mennyiségi és minőségi javításához szükséges gyűjtési rendszer bővítésének kérdéses finanszírozása - vendégelőadók foglalkoztatási költségének kérdéses finanszírozása - az edukációban történő áttörés bekövetkezésének hiánya esetén a rosszul gyűjtött hulladék mennyiség növekedése még nagyobb terhet ró az így sem maximálisan működő válogatókra

4. Eredmények és értékelésük

4.1. SWOT analízis kiértékelése

ERŐSSÉGEK

A hulladék válogatása újrahasznosítás céljából a lerakótól való eltérített hulladék mennyiségét növelve javítja az emberiség ökológiai lábnyomát mindamellett, hogy a jólét termelte hasznos nyersanyagként szolgáló hulladékokat kinyerve csökkenti a környezeti terhelést, visszavezetve azt a gazdasági és társadalmi fejlődés ciklusába.

Szükségessége és fontossága a környezetvédelem területén nem csak eszmei értékben van jelen, hanem gyakorlatban történő alkalmazása a jogi előírásoknak köszönhetően biztosított. A kötelező működtetés biztosítja a rendszer technológiai fejlesztéseinek jövőbeni fontosságát annak kihasználtsága mellett, mellyel a kapacitás növelése is elérhető az egyre nagyobb mennyiségben termelődött hulladékkal lépést tartva. A jogi szabályozások hozzájárultak a technológia országos szinten történő lefedettségéhez, mely adott minden régióban annak jóléti szintjétől függetlenül a köz és a környezet javát szolgálva, mindamellett munkalehetőséget biztosítva a hátrányos helyzetben élő lakosok számára. Megemlítendő, hogy a leválogatott haszonanyagok értékesítései az állam számára bevételi forrást jelentenek.

A körforgásos gazdálkodásban rögzített célkitűzések teljesítéséhez, azaz az anyagában történő hasznosítás és a hulladéklerakókba történő lerakás minimalizálásának célértékeit tekintve a hulladék előkészítésének ezen technológiai folyamata a jelenlegi gyűjtési rendszer adta lehetőségekből adódóan elengedhetetlen. A technológiai fejlesztések kivitelezett beruházásaival kapacitást növelve tovább segíti az előírt csomagolóanyagok 65 %-os újrafeldolgozásának, és a települési hulladék lerakásra kerülő mennyiségének 10 %-ra történő célértékének elérését.

GYENGESÉGEK

A csomagolóanyagok depóról történő eltérítésével ezen technológia fontossága nem vet fel kérdést, azonban a hulladék hierarchiát vizsgálva szembevetendő az ennél magasabb fontossággal bíró újrahasználatához történő fókusz hiánya. Meglehet, hogy jelenleg a begyűjtésre került anyagok ezt az irányt nem teszik lehetővé, és a megelőzés és újrahasználat hulladékká válás előtti megvalósulása, vagy a már gyártás során történő további funkcionálásra történő kialakítása a reális, azonban ezen megoldás kérdése a gyűjtési és feldolgozási technológiában lévő hiány miatt a közszolgáltatásban is fókuszvesztetté vált.

Az ökológiai lábnyom csökkentésének hozzájárulása során annak mértékét vizsgálva a technológiára bevezetett anyagáram nagy része nem hasznosul, hozzávetőlegesen 40-55 %-a válogatási maradékként újrahasznosítás helyett energetikai hasznosításra vagy lerakásra kerül, mely végpontok egyike sem felel meg az Európai Unió által meghatározott céloknak.

A jelenlegi technológia szükségessége jogilag előírt, azonban annak kialakítására, gépi felszereltségére és korszerűsítésére, karbantartására, valamint jövőbeni folyamatos fejlesztésére való törekvésére már előírás nem került rögzítésre. Ezenfelül jogi szabályozás hiányosságaként említhető a válogatók működtetésének és annak haszonanyag kihozatali arányának, minőségének előírásainak elmaradása. Ezen előírások hiánya jelenleg nagy mozgásteret adnak a közszolgáltatók számára, sok esetben a válogatott hulladék mennyiségére és minőségére egyaránt negatívan hatva, melyhez az ellenőrzési és szankcionálási rendszerének hiánya is egyaránt hozzájárul. Mindamellett ezen korlátozások elmaradása műszaki problémák, haváriák kialakulását is eredményezi, melyek a válogatómű leállítását vagy részleges működését okozzák. A válogatóműből kikerült anyagáram bevételének mértékének nagyban befolyásoló tényezője annak világpiaci ár alakulása, mely következtében a hasznosítói átvételi ára még negatívba is átfordulhat. A „közelség” elve az ár generálta piaci versenyben nem jut mindig érvényre, így az import nyersanyag hulladék rontja a hazai haszonanyag hasznosítás helyzetét. Minél értékesebb egy hulladék nyersanyag, annál nagyobb odafigyeléssel kerül vissza a termelési ciklusba, mely szomorúan igazolja annak tényét, hogy a gyakorlatban a gazdasági előny megelőzi a fenntartható fejlődés fontosságát. Olykor az is előfordul, hogy egy már válogatott haszonanyag oly értéktelen a felvevő piac számára, hogy az a túltárolás tűzveszélye vagy annak hosszadalmas ideje alatt bekövetkező minőségi romlását követően depóra kerül. Gazdasági okra vezethető vissza az elmaradott és a közbeszerzési eljárások miatti hosszadalmas fejlesztések tendenciája is, melyet a közszolgáltatók érdekeltségének hiánya is befolyásol.

Országos szintű lefedettségét vizsgálva eltérő, sok esetben elmaradott a technológia, mely a már említett jogi hiányosságok és az adott közszolgáltatói hozzáállás, beruházások finanszírozásához szükséges támogatások hiányának együttes eredménye. Az adott technológia teljes kihasználtságára való törekvés is sok esetben problémás, mivel az ösztönzés hiánya a jó/jobb minőség előállításra és nagyobb mennyiség feldolgozására nincs jelen. Példaként megemlíthető itt a kézi válogatásban dolgozók alacsony munkabérét, mely hozzájárul ezen munkaerő folyamatos hiányállapotához.

A technológia segíti az előírt csomagolóanyagok 65 %-os újrafeldolgozásának, és a települési hulladék lerakásra kerülő mennyiségének 10 %-ra történő célérték elérését, azonban a jelenlegi előrejelzések alapján annak teljesülése kérdéses. Fontos megjegyezni, hogy a válogató

adta lehetőségek kihasználtsága nagyban függ a begyűjtésre került szelektív hulladék összetételétől és szennyező anyagtartalmától, melyre megelőzés helyett ezen fázisban már pozitívan hatni lehetetlen.

LEHETŐSÉGEK

A hulladékhierarchia szerinti újrahasználat megvalósításához a jelenlegi rendszer alapjaiban történő újragondolásával csökkenteni lehetne a keletkezett hulladék mennyiségét.

A technológia kialakítására, berendezéseinek működtetésére és annak haszonanyag kihozatali arányára, minőségi elvárásai mellett jogi előírásainak megalkotása növelné a kapacitást és a kihozatal minőségét. Ezen előírások gyakorlati hatékonysága a folyamatos ellenőrzés és szankcionálás megalkotása mellett valósítható meg. Biztosítaná a haszonanyag minőségét, melyre alapozva a közelség elve szerint a válogatóhoz legközelebbi hasznosító átvételi kötelezettsége bevezethető lehetne. Ezzel elkerülve a gazdasági szempontból értéktelen nyersanyagok túltárolását, lerakóra kerülését a veszteséges átvétel eseteire egy biztonsági hálót nyújtó állami finanszírozási keret mellett, mint annak kártérítési eljárása.

Az Európai Unió célértékeinek eléréséhez és az anyagminőség javításához a klasszikus válogatók korszerűsítése mellett az országot régiókra bontva kellene vizsgálni és rájuk fejlesztési tervet kialakítani.

A válogatást nagyban befolyásolja a bemenő szelektív hulladék összetétele és szennyező anyagtartalma, mely gyűjtésére való nagyobb hangsúly fektetése szükséges. Javítaná azt az elkülönítetten gyűjtött hulladékok hulladékfajtái szerinti gyűjtőedény számainak bővítése, és a lakosság gyűjtési szokásainak megváltoztatása. A lakosság számára a hulladékhierarchia ismertetése és annak fontosságának tudatosítása érhetné el a legnagyobb változást, legfőképp a csomagolóanyagok vegyes hulladékba helyezésének elkerülése és a szelektív hulladék szennyezésének megelőzésében, vagy már hulladékká válásának elkerülésében. Erre a célra az oktatási intézményekben vendégelőadók által az adott településhez tartozó technológia működéséről és a szelektíven gyűjtendő hulladékok listájának oktatásának bevezetése nagy előrelépést jelenthetne. A technológia ismertetésének gyakorlatban történő bemutatását biztosítanák a hulladékgazdálkodási létesítmények tanulmányi úton történő látogatásai. Mindamellett minden lakos számára elérhetővé téve ezen lehetőséget, nyíltnapok szervezésével a létesítmények látogathatóságát biztosítani kellene. A lakosság környezettudatosságra való nevelésében a média adta lehetőségek kihasználása nagyobb fejlődést eredményezne. Ezenfelül a lakosságot folyamatosan és könnyebben elérhető úton lenne szükséges tájékoztatni, mind az adott település gyűjtési előírásairól mind a gyűjtőszigetek és hulladékudvarok listájáról. A

lakosságra történő szankcionálás bevezetésének szükségessége is indokolt, mely tudatosabbá alakítaná a lakosság következetes magatartását.

V E S Z É L Y E K

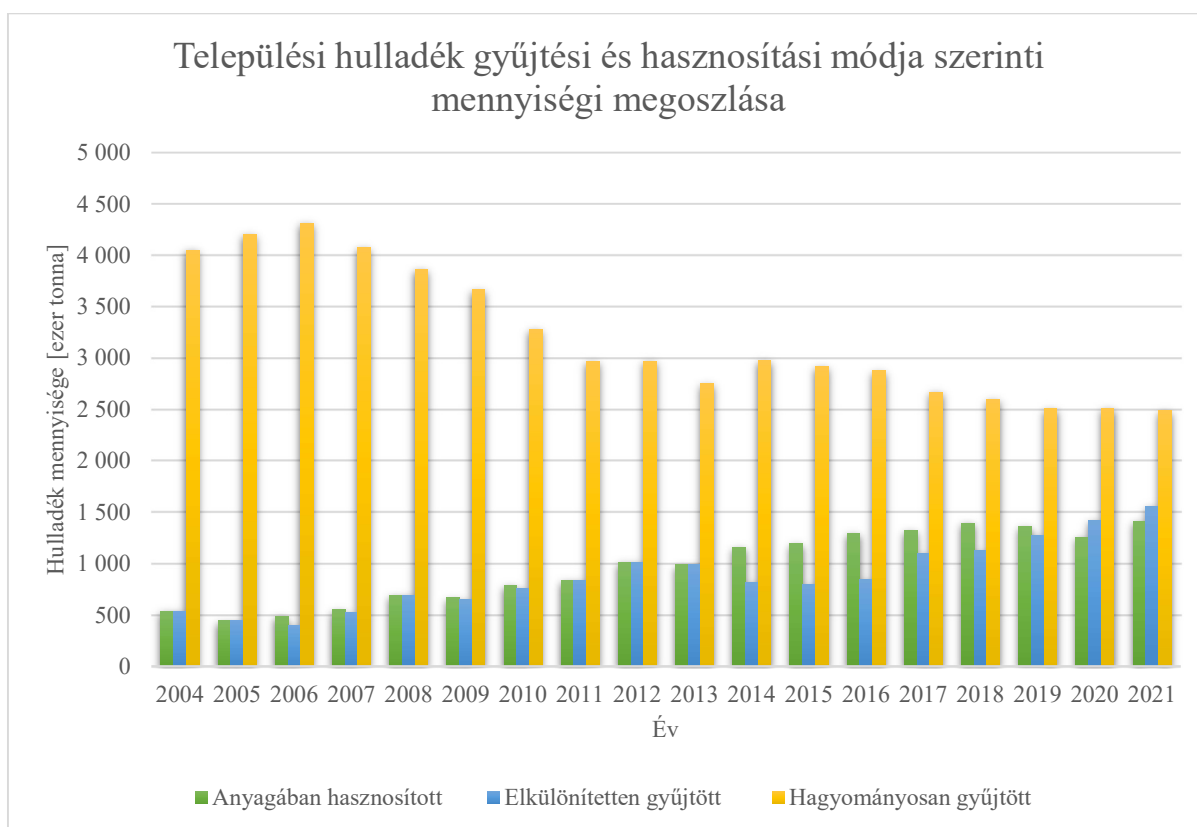
Az új technológia kialakításának és a fejlesztéssel járó technológiák beruházási költségeinek finanszírozása kérdéses, mely annak gazdaságosságának kérdését is felveti. A lakosság szemléletformálása is költségekkel jár, mind az utak és médiatartalmak biztosítását mind a vendéglőadók foglalkoztatását illetően. Az edukációban várt áttörés bekövetkezésének hiánya esetén számolni kell a rosszul gyűjtött hulladék mennyiségének növekedésére, az így is terhelt és elmaradott technológiára még nagyobb terhet róva. A gyűjtési rendszer bővítése is költségekkel járó teherként jelenne meg, a gyűjtőedények beszerzését és azok gyűjtőjárait vizsgálva.

A „közelség” elve szerinti hasznosítók átvételi kötelezettsége esetében a piaci versenyből való kizárás felmerülését, és az egyes hasznosítók ebből adódó nyersanyag hiányának megoldására szolgáló import nyersanyag hulladék megjelenésének veszélyét is vizsgálni szükséges. Ezen kötelezettség gazdaságosságának fenntartásához, az esetleges kártérítésekhez szükséges állami támogatások biztosítása is plusz költségekkel járó tényező.

4.1. Anyagában hasznosított hulladék mennyiségek

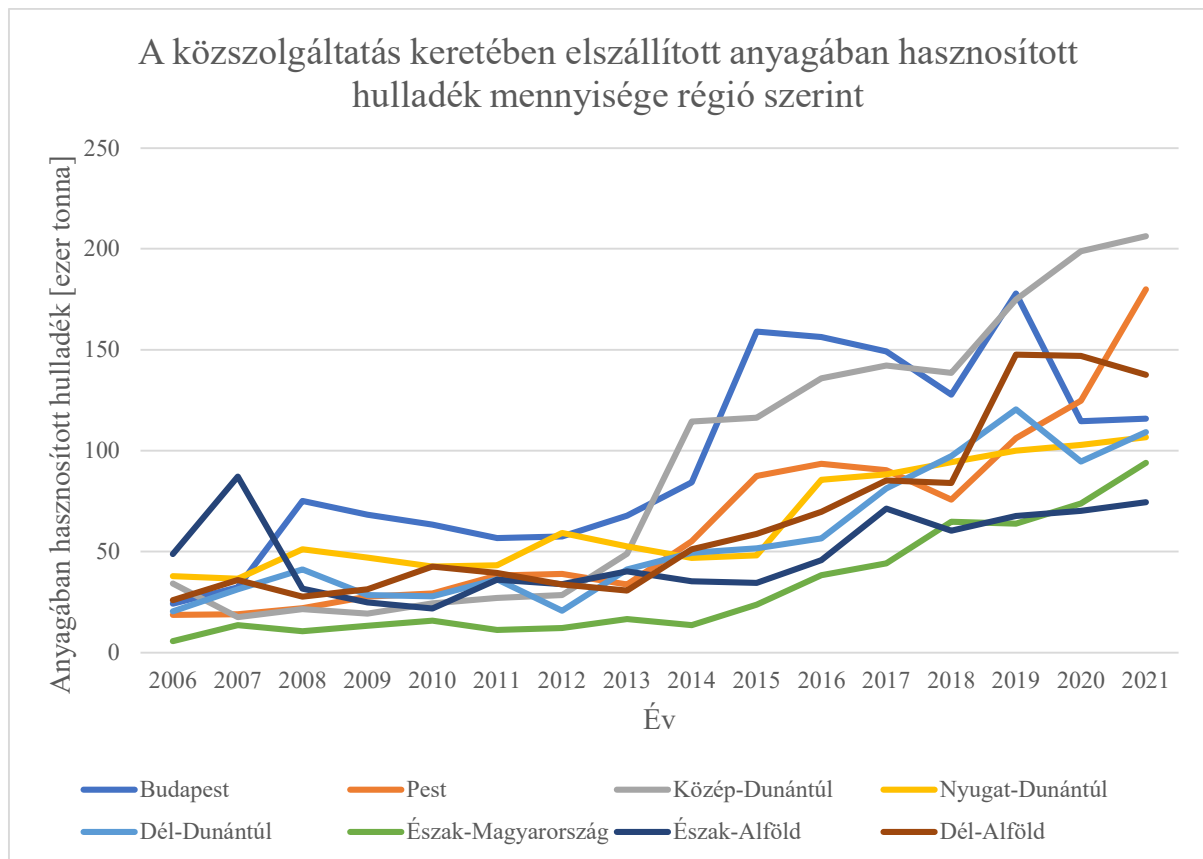
A közszolgáltatás során begyűjtésre került hulladékok anyagában hasznosított mennyiségének és arányának alakulását KSH adatokra építve szemléltethetjük. Az adatok az elkülönítetten történő hulladékgyűjtés növekvő megjelenésének időszakát reprezentálják, melyből javuló tendenciát olvashatunk le. A növekedés egyik meghatározó tényezője maga a hulladék gyűjtési formája, azaz az elkülönítetten történő hulladék gyűjtésének elterjedése. A felhasznált mennyiségi adatok nagy százalékát az anyagában hasznosítható csomagolási hulladékok teszik ki.

Az 5. ábrát vizsgálva láthatjuk, hogy az elkülönítetten gyűjtött hulladék mennyisége évről évre növekszik annak kedvező anyagában történő hasznosítási aránya mellett a hagyományos, azaz a vegyes gyűjtésből történő eltérítés pozitív hozadékaként. A jelenlegi közszolgáltatás jó úton halad az Európai Unió célértékeinek elérése felé, azonban a rendszer változtatása nélkül ezen tendencia adta javulással, annak határidőn belül történő megvalósulása kérdéses.



6. ábra: Települési hulladék gyűjtési és hasznosítási módja szerinti mennyiségi megoszlása [ezer tonna] (http 6).

A 7. ábra Magyarország régióit mutatja be, a már említett elkülönítetten gyűjtött hulladék összetételi eltérését szemlélítve. Látható, hogy a Közép-Dunántúli és Pest régiók legkiemelkedőbb az anyagában hasznosított hulladékok mennyiségét tekintve, melytől jóval elmaradottabb az Észak-Alföld és Észak-Magyarország régiók. Ezen adatok is azt igazolják, hogy az Európai Unió célértékeinek eléréséhez hozzájáruló kezdeményezéseket a közszolgáltatás országos szinten történő kezelése mellett régiókra bontva is ajánlott leosztani.



7. ábra: A közszolgáltatás keretében elszállított anyagában hasznosított hulladék mennyisége régió szerint [ezer tonna] (http 7).

A célértékeket vizsgálva kitekintésként megemlítendő KSH adat az, hogy 2006. év óta az Európai Unió anyagában hasznosított hulladékának átlagos alakulási aránya 42 % és 49 % között ingadozik. Azonban kedvező a 2018-as év adata, mely alapján Magyarország keletkezett hulladékmennyiségének újrahasznosított aránya közel 20 százalékponttal meghaladta az Európai Unió átlagát (http 5).

5. Következtetés és javaslatok

Hulladékgazdálkodás területén a jogi szabályozásokkal nagy áttöréseket értek el, mely nélkül a jelenlegi közszolgáltatásban alkalmazott válogatóművek technológiai sem kerültek volna kialakításra. A további dinamikus fejlődés eléréséhez ugyanezen irány szerint haladva a meglévő jogrendszer egyes elemeinek részletgazdagabbá tételére lenne szükség. A további szabályozások a jelenlegi technológia eredményességére is növekedően hatnának, a nagyobb beruházások szükségességének felismerése mellett.

A válogatóműből kiérkező haszonanyag felvevőpiacára történő jogi ráhatással, és gyökereiben való szemléletváltásának elérésével változást lehetne elérni a napjainkban nyersanyag hulladék, mint érték fogalmán. A fenntartható fejlődésben való szerepének, a gazdasági értéke elé helyezésével több nyersanyag kerülhetne vissza a termelési ciklusba, a válogatók kihozatali minőségének emelésére való törekvés hozamaként.

Az Európai Unió célértékeinek eléréséhez, az országos szinten eltérő összetételű hulladék okán, régiókra bontva kialakított fejlődési konstrukciók megalkotásával gyorsabb léptekkel lehetne fejlődést elérni, jobban fókuszot kapva a helyi, országos szinten kezelve talán eltörpülő elmaradottságokkal.

Mindezek mellett a legfontosabb, ami alapjaiban változást eredményezhetne, az a társadalom következetes magatartásának elérése. Ezen a téren fejlődve a pazarlás visszaszorításával és a megelőzés, újrahasználat fontosságának jobban a köztudatba emelésével csökkenthető lenne a termelt hulladék mennyisége. A hulladékgazdálkodás fejlődéséhez szükséges megfelelő és teljeskörű lakossági tájékoztatással pedig a begyűjtésre került hulladék tisztaságának javulásában is áttörést lehetne elérni.

Mindaddig, amíg a hulladékot otthonunkban a tároló edénybe történő helyezéséről oly körültekintően gondoskodunk, azt gondolván így megfelelően járunk el, de annak helyességéről és további útjáról már nem tájékozódunk, úgy mondhatni ilyen hozzáállással ezen a téren a társadalmi felelősségvállalás szakadék peremén állunk. Amit már nem látunk egy kiürített és lezárt depóval, az nem jelenti azt, hogy nem is létezik, és amit még látunk a jólét orientálta napjainkban, ne vegyük beleölt munka nélkül fenntarthatónak.

Amíg a köztudatban a hulladék „szemét” marad, és nem nyersanyagként van jelen, úgy a jövő nyersanyag bányáinak idő előtti megtöltéséhez járulunk hozzá.

6. Összefoglalás

A szakdolgozat a magyarországi közszolgáltatók hulladékgazdálkodási közfeladatuk ellátásához, gyakorlatban alkalmazott három válogatómű technológiai sorát mutatja be, azon belül is a közszolgáltatás során elkülönítetten gyűjtött- és a vegyes hulladékokból anyagában hasznosítható hulladékfajták kinyeréséhez alkalmazott technológiákat. A dolgozat nem részletezi a közszolgáltatás során hasznosításra nem kerülő hulladékok, veszélyes hulladékok, hulladékstátuszában megszűnő hulladékok (pl.: komposzt, építési-bontási rideg anyag) és az energetikailag hasznosítható másodnyersanyagok hulladékgazdálkodási technológiáit.

A közszolgáltatás ezen területének működését alapjaiban meghatározó és azt szabályozó országos és Európai Unió által előírt jogrendszerének bemutatásával az elmúlt évek gyakorlatába nyerhetünk betekintést. A válogatóművek technológiai sorainak folyamatának ismertetését követően, a jelenlegi rendszer előnyeire és hátrányaira kapunk rálátást. Aktualitása mellett a lehetőségeinek vizsgálatára, és az azzal járó veszélyek részletezésére is sor kerül.

A dolgozatban foglaltak igazolják a technológia meglétének, és annak további lehetőségeinek megvalósítását követően nagy fontosságát, az Európai Unió jogrendszerében megfogalmazott környezeti terhelést csökkentő célértékek eléréséhez.

7. Irodalomjegyzék

1. Aleksza L., Antal T., Béres A., Bodnárné Sándor R., Dér S., Farkas H., Füleky Gy., Gyuricza Cs., Hartman M., Kalmár I., Kalmárné Vass E., Kiss J., Kovács J. A., Mozsgai K., Nagyné Szendefy J., Posta K., Simándi P., Simon L., Szigeti F., Szöllősi I., Uri Zs., Vigh Sz., Vincze Gy. (2017): Hulladékgazdálkodás, SZIE, Gödöllő, 360 p.
2. Csőke B. (2023): A hulladékéltőkészítés technológiájának kialakítása, a technológiai műveletei, eljárásai, eljárás-berendezések (konceptcionális áttekintés). Miskolci Egyetem, Miskolc, 28 p.
3. Csőke B. (2023): A hulladékgazdálkodás és hulladékéltőkészítéstechnika műszaki alapfogalmai és alapjellemzői. Miskolci Egyetem, Miskolc, 32 p.
4. Csőke B. (2023): Aprítás eljárástechnikai jellemzése, tervezése. Miskolci Egyetem, Miskolc, 66 p.
5. Csőke B. (2023): Hulladékok szeparálása - I. Miskolci Egyetem, Miskolc, 58 p.
6. Csőke B. (2023): Hulladéktulajdonságok eljárástechnikai jellemzése. Miskolci Egyetem, Miskolc, 45 p.
7. http 1 Hogyan épül fel a hulladékpiramis? <https://xforest.hu/hulladekpiramis/> (2023 április)
8. http 2 Csomagolás és csomagolási hulladék. <https://eur-lex.europa.eu/HU/legal-content/summary/packaging-and-packaging-waste.html> (2023 április)
9. http 3 Hulladéklerakók. <https://eur-lex.europa.eu/HU/legal-content/summary/landfill-of-waste.html> (2023 április)
10. http 4 Megfelelősségi véleménnyel rendelkező hulladékgazdálkodási közszolgáltatók és közszolgáltatói alvállalkozók adatai <https://www.mekh.hu/download/1/05/31000/Megfelel%C5%91s%C3%A9gi%20v%C3%A9lem%C3%A9ny%20nyilv%C3%A1ntart%C3%A1s.pdf> (2023 április)
11. http 5 Kezelt hulladék. <https://www.ksh.hu/sdg/3-29-sdg-11.html> (2023 április)
12. http 6 Az egyes hulladékfajták mennyisége a kezelés módja szerint [ezer tonna]. https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0029.html (2023 április)
13. http 7 A közszolgáltatás keretében elszállított hulladék a kezelés módja szerint vármegye és régió szerint [ezer tonna]. https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0065.html (2023 április)

7. Mellékletek

1. sz. melléklet

NYILATKOZAT

A Kovács Zsófia Katalin (hallgató Neptun azonosítója: E15QJR) szakdolgozatában felhasznált, az NHKV Nemzeti Hulladékgazdálkodási Koordináló és Vagyonkezelő Zrt., mint szerzői jog tulajdonosát érintő publikálásra nem került lent felsorolt térkép és ábrák felhasználásához, jogi és etikai szempontnak való megfelelés okán nyilatkozatommal hozzájárulok.

Térkép:

- Hulladékgazdálkodási közszolgáltatók és a közszolgáltatásban használt létesítmények 2023 áprilisában

Folyamatábrák:

- Kézi válogatás, optika nélkül
- Egy optikai szeparátorral felszerelt válogató
- Optikai válogató blokkal felszerelt válogató

Budapest, 2023. április „28”



Rupp Tamás
Igazgató
Műszaki Igazgatóság

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kovács Zsófia Katalin
A Hallgató Neptun kódja: EI5QJR
A dolgozat címe: A magyarországi hulladékgazdálkodási közszolgáltatók technológiai sorainak bemutatása
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Előkészítéstechnikai Intézeti Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023. év május hó 02. nap


Hallgató aláírása
Kovács Zsófia Katalin

3. sz. melléklet

KONZULTÁCIÓS
NYILATKOZAT

A Kovács Zsófia Katalin (név) (hallgató Neptun azonosítója: EI5QJR) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2023 év május hó 2. nap



Belső konzulens
Dr. Gombkötő Imre

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.