

SZAKDOLGOZAT

OLÁH ERZSÉBET
Hulladékkezelési és -hasznosítási szakmérnök szakirányú
továbbképzési szak

MATE Szent István Campus
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllő Campus
Hulladékkezelési és -hasznosítási szakmérnök
szakirányú továbbképzési Szak

**Az RDF-üzemek dobszita-fimon maradékának előkészítési és
hasznosítási lehetőségei**

Belső konzulens: Prof. Dr. Csőke Barnabás
professzor emeritus

Külső konzulens: -
-

Készítette: **Oláh Erzsébet**
HPGF EI
levelező

Intézet/Tanszék: Miskolci Egyetem
Nyersanyagelőkészítési és
Környezeti Eljárástechnikai
Intézet

MATE Szent István Campus
2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
2. Szakirodalmi áttekintés	7
2.1 A hagyományos magyar RDF-gyártási technológiák:.....	7
2.2 Külföldi technológiai megoldások.....	10
2.2.1 Mechanikai-biológiai stabilizálás (Mechanical-biological treatment - MBT) ...	10
2.2.2 Mechanikai-fizikai stabilizálás (Mechanical-physical stabilization - MPS).....	12
2.2.3 Száraz stabilizálás (Dry stabilization process –DSP).....	14
2.3 Nedves út	15
2.4 Újszerű törekvések (a szakirodalomban, benne a 3BH kutatások) a biomasszadús anyagok előkészítésére és hasznosítására	16
Következtetések	23
3. A B-biofrakció előkészítési technológiájának kialakítása, kidolgozása	25
3.1 B-biofrakció mennyisége és anyagi jellemzői.....	25
3.2 Előkészítési technológiai rendszer tervezett műveletei	27
3.3 A technológiai rendszer műveletei eljárásainak és berendezéseinek kiválasztása	28
3.4 A technológiai rendszer anyagmérlege.....	35
3.5 Az alkalmazott berendezéseinek fő méret és üzemjellemzőinek meghatározása.....	39
3.6 A technológiai rendszer beruházási költségének becslése (2022).....	41
4. Összefoglalás	45
5. Köszönetnyilvánítás	47
6. Irodalomjegyzék.....	48

1. Bevezetés

A hulladék képződése mindennapjaink megkerülhetetlen velejárója. Természetesnek vesszük, hogy a szükségleteink kielégítéséhez nélkülözhetetlen nyersanyagok és erőforrások rendelkezésünkre állnak, az előállított termékeket pedig használatuk után kidobjuk és újjal helyettesítjük őket. Azonban ez a lineáris gazdasági modell nem tartható fent tovább, mivel a természeti erőforrások végesek. Ha hulladékok lerakókba vagy mezőgazdasági hulladék esetén (pl. a tarlón) elégetésre kerültek, elvesznek a további felhasználás számára.

A körforgásos gazdasági szemlélet megjelenésével az újrahasználat, az anyagában való hasznosítás vagy újrafeldolgozás megelőzi a termikus hasznosítást és a lerakást. A szemléletváltással a hulladékra már nem egy olyan anyagként tekintünk, amitől minél gyorsabban meg kell szabadulnunk, hanem egy másodlagos nyersanyag forrásként.

Mivel Magyarország energiahordozókban és ásványokban szegény, nem engedheti meg magának, hogy ezek a jellemzően exportból megvásárolt anyagok egyszeri hasznosítás után elveszenek a gazdaság számára. Azt a célt kell kitűznünk, hogy minél nagyobb hányadukat tudjuk visszairányítani a termelésbe, hiszen ezzel nem csak a lerakók és a környezet terhelését, hanem a külföldtől való függőségeinket is csökkenthetjük. Ez utóbbi különösen aktuális a most zajló ukrán - orosz háború fényében. A nemzetközi piacokon megjelent áremelkedések és kialakult hiányok, mivel mindkét ország jelentős importőrünk, azonnal tovább gyűrűztek a hazai piacokra is. A hulladékokban lévő potenciált ilyen helyzetekben még inkább fel kell ismerni, hiszen ez az országon belül található, továbbra is szabadon hozzáférhetünk, nem kell más országokkal versenyeznünk érte.

A lerakás másik nagy problémája, hogy a meglévő lerakók befogadási kapacitása véges, lassan megtelnek. Újak kialakítása nehézkes (pl. megfelelő terület kijelölése a lakossági ellenállás miatt) és költséges (a megfelelő szigetelés kialakítása, csurgalékvíz és depónia gáz kezelés, stb). Emellett minden lerakó számára kialakított terület elveszti azt az esélyét, hogy más értékesebb hasznosítás történhessen rajta. Megszűnik a lehetőség mezőgazdasági művelésre, egy ipari beruházás, lakóépületek vagy csak szabadidős területek kialakítására. Bezárásuk és rekultivációjuk után csak korlátozott célokra alkalmasak. Ezenkívül a belsőjében ezek után is folytatódik a gáz és csurgalékvíz képződések, ezért később is állandó felügyeletet igényelnek. A lerakással tehát túl sok mindentről mondunk le, miközben máshol hasznosítani tudnák ezeket. Bizonyos feldolgozóiparokban a termelési hulladékokra értékes anyagként való tekintés már korábban megjelent. Jellemzően a valamilyen késztermék gyártása során keletkezett (homogén

és nagy tisztaságú) hulladékot visszaforgatják a gyártósorok elejére vagy értékesítik mások számára alapanyagként. A szilárd települési hulladék (TSZH) ezzel szemben egy nagyon változó összetételű halmaz, melyben a legkülönbözőbb tulajdonságú alkotók lehetnek. Nagy előrelépés volt a hulladékkezelés folyamatában a szelektív gyűjtés megjelenése. Így sikerült olyan hulladékfajtákat elkülönítve gyűjteni amelyek relatíve nagy tisztaságúak, ezáltal feldolgozható az ipar számára. De a nem szelektív háztartási hulladék részt is kezelni, a lehető legnagyobb mértékben hasznosítani kell! Ennek alapja a különböző tulajdonságok alapján való szétválasztás. Ideális esetben az így képzett frakciók visszakerülnek a körforgásba. A valóságban ezek (a szelektíven begyűjtöttek egy részével együtt) a mai hulladék előkészítésére-feldolgozására alkalmazott technológiák mellett nem alkalmasak újrahasznosításra, csak termikus ártalmatlanításra vagy lerakásra. A komplex hulladékkezeléshez ezért rendkívül fontos hogy a gyártók már a termékek tervezésénél figyelembe vegyék azt, mihez lehet vele kezdeni az életciklusa után, és fokozzák az újrahasznosíthatóságot.

Magyarországon az Országos Hulladékgazdálkodási Közzszolgáltatási Terv (OHKT) 2021-ben [1] a 2019 év adatai alapján a begyűjtött mennyiség 3203kt, ebből szelektíven gyűjtött ~16% (526kt). ~7% (220kt) anyagában történő újrahasznosításra, 12% (380kt) energetikailag hasznosításra, és 77% (2455kt) lerakásra került. Az Európai Unió által elfogadott magyarországi vállalások 2030-ra a TSZH előkészítésére és újrafeldolgozására 60%-t és a lerakott mennyiségre max. 10%-t írnak elő.

A lerakott mennyiségek csökkentés (az újrahasznosítható részek leválasztása után) másodlagos tüzelőanyag (RFD/SRF) előállításával is elérhető. A mai vegyes TSZH (VTSZH) előkészítő üzemek használnak valamilyen mechanikai-fizikai előkészítést. Ennek során a vegyes hulladékból különválasztják a jó fűtőértékű, relatív kis hamu és nedvességtartalmú RDF alapanyagot a nagy nedvesség- és hamutartalmú, sok biológiailag lebomló anyagot tartalmazó résztől (továbbiakban B-biofrakció), de így is 33% (2455kt-ból 1,052e tonna) mindenféle kezelés nélkül kerül lerakásra.

A B-biofrakció fűtőértéke, ami az RDF üzembe kerülő hulladék 50-60%-a, nedvességtartalma és az inert részek miatt elmarad termikus hasznosítás, ill. a nedvesség és a szervesanyag tartalom miatt a lerakók által elvárt stabilitástól. A nem szerves anyag tartalom miatt pedig a mezőgazdasági hasznosítás sem lehetséges. Ezért néhány kivételtől eltekintve szinte teljesen lerakókba kerül! Az OHKT szerint 1296kt mechanikailag előkezelt hulladék (ami a kommunális hulladék csak 40%-a) 62,5%-a (810kt) a mechanikai előkezelés utáni az

értékesíteni nem tudott haszonanyaggal együtt és 13%-a (170kt) a stabilizáláson is átesett B-biofrakcióként kerül lerakásra. [1]

Ha az OHKT adatait nézzük, azt is megfigyelhetjük, hogy a Fővárosi Hulladékhasznosító Mű 300e tonna vegyes hulladékot hasznosít, míg az energetikailag hasznosított RDF/SRF 80e tonna. Ez alapján megállapítható, hogy az energetikai hasznosítás 79%-a egyetlen égetőben történik, minden más 21%-on osztozik. A fenti adatokból látható, hogy Magyarországon nem használjuk ki a hulladékokban rejlő lehetőségeket, hasznosítása nem jelentős.

Dolgozatomban az RDF gyártás maradékával, a B-biofrakciók hasznosítási lehetőségeivel és a hasznosítására való előkészítésének kérdésével foglalkozom. A szakdolgozat célja, hogy a heterogén, sokféle anyagot - kőzet, üveg, fémek, műanyagok, bio-szerves...-) tartalmazó dobszita-finom frakcióból az alkotók célszerűen hasznosítható termékekbe való kinyerés eljárás-technikai-technológiai lehetőségeinek feltárása, a megfelelő megoldási lehetőségek technológiai rendszerére javaslat kidolgozása, azok műszaki-gazdasági értékelése.

Először a hazai és nemzetközi megoldásokat bemutatva, majd az említett Zalaegerszegi 3B Hungária Kft. megbízásából végzett hulladék elemzési adatokat felhasználva javaslatot dolgoztam ki a technológiai folyamatra. Végül kiválasztottam az alkalmazandó berendezéseket, és meghatároztam fő műszaki jellemzőiket, nagyvonalú költségbecslést adva a költségeikre.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 A hagyományos magyar RDF-gyártási technológiák:

Hulladékégetők épülhetnek veszélyes hulladék ártalmatlanítására vagy energiatermelésre (a hulladék mennyiségének csökkentésével). Mivel dolgozatomhoz nem kapcsolódik, az előbbi témával nem foglalkozom.

A TSZH hő- és villamos energiatermelésre való használata, bár az új irányelvek szerint az anyagában való hasznosítás a cél, világszerte elterjedt gyakorlat. A már meglévő égetőművek mellett ma is folyamatosan építenek, vagy terveznek építeni újakat, mivel ezek gazdaságilag előnyösek, és gyorsan, jelentő mértékben csökkenthetők vele a lerakók terhelése.

Ugyanakkor a fejlett országokra jellemző, hogy a TSZH fő együtt-feldolgozható anyagcsoportjainak (szelektíven gyűjthető csomagolóanyagok és biológiai úton lebomló „zöldhulladék”, valamint a szelektívgyűjtés maradéka, azaz a vegyesen gyűjtött háztartási hulladék) tömegarányainak – jellemzően 30-35% - megfelelően történik a TSZH hasznosítás másodnyersanyagként, komposztként vagy biogáz termelésével és másodtüzelőanyagként eltüzeléssel (1.táblázat), a lerakás aránya pedig <5%. Ezek az értékek azonban az EU-n belül is kiemelkedőek, az lerakott hulladék aránya nagyobb, átlagosan 24%.

1. táblázat Nemzetközi adatok a THSZ mennyiségekre és kezelési módokra az EUROSTART 2020 adatai alapján [30]:

	Összes TSZH [kg/fő]	Kezelt TSZH [kg/fő]	Kezelt települési hulladék							
			Lerakott		Égetés+ energetikai hasznosítás		Anyagában újrahasznosított		Komposztált	
			kg/fő]	[%]	[kg/fő]	[%]	[kg/fő]	[%]	kg/fő]	[%]
EU	517 (s)	509 (s)	122 (s)	24	137 (s)	27	156 (s)	31	93 (s)	19
Belgium	746 (b)	746 (b)	4(b)	1	358 (b)	48	233 (b)	32	155 (b)	21
Bulgária	444 (s)	443 (s)	274 (s)	62	15 (s)	4	119 (s)	27	34 (s)	8
Dánia	814	813	7	1	435(p)	54	208 (b)	26	158 (p)	20
Németország	628	628	5 (s)	1	194 (s)	31	300	48	129	21
Olaszország	487	443	98	23	94	22	135	31	116	27
Magyarország	403	403	218	55	48	12	90	23	39	10
Hollandia	533	533	7	2	222	42	148	28	156	30
Ausztria	834 (b)	834 (b)	15(b)	2	297 (b)	36	337 (b)	41	179 (b)	22
Svédország	431 (b)	427 (b)	2 (be)	1	259 (be)	61	87 (b)	21	78 (b)	19

(b) – szünet az idősorban (be) – szünet az idősorban, becslés (e) - becslés

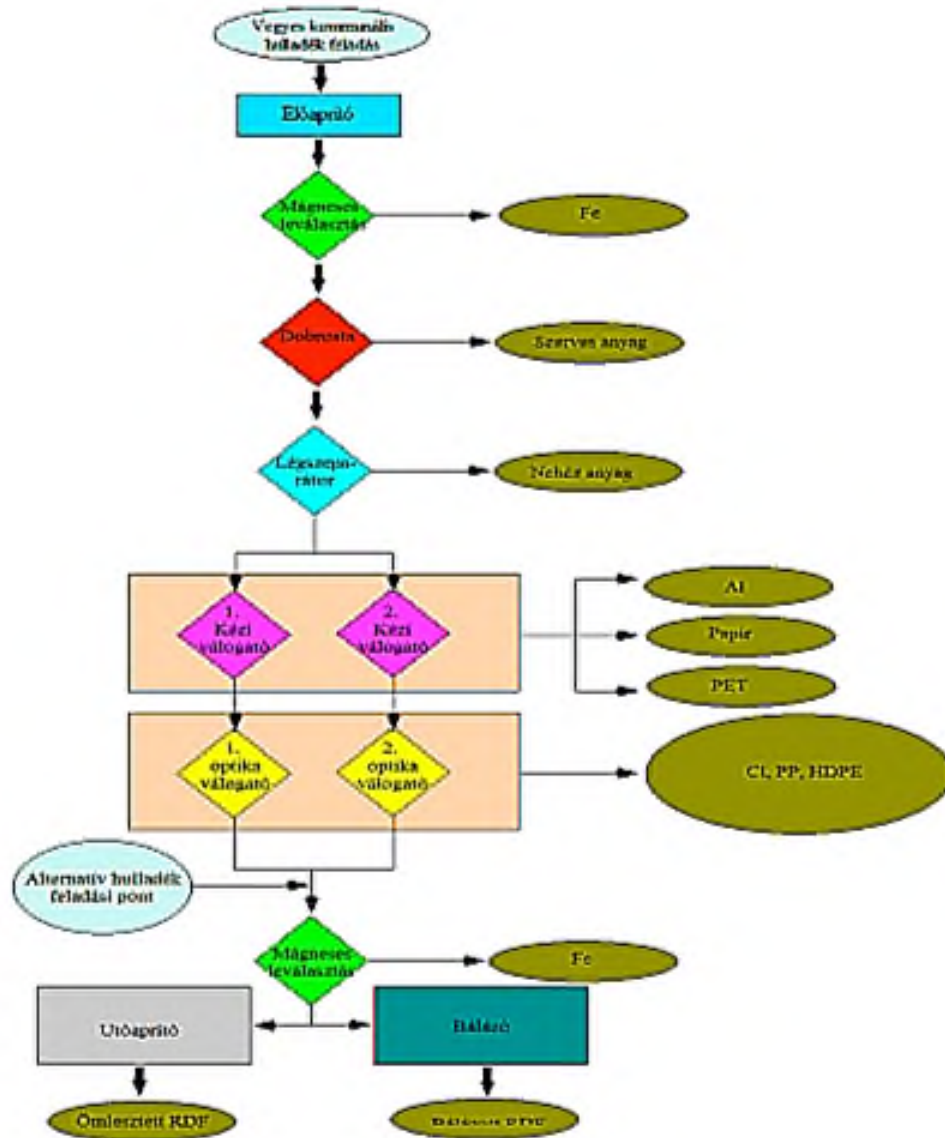
(p)- ideiglenes (s)- EUROSTART becslése

A TSHZ energetikai hasznosíthatóságát számos tényező rontja: kis térfogatsűrűsége, időben és térben változó összetétel (pl. évszak, település szerkezet, életszínvonal stb. hatásai). Ezek közvetlenül hatnak a hulladék égési jellemzőire (kicsi, ingadozó fűtőérték, nagy salaktartalom stb.). A szükséges égetési és a füstgáztisztítási technológiák kiválasztásánál és méretezésénél ezek mind költségnövelő tényezőként jelennek meg. A nem éghető részek miatt nagyobb kazánok, a nagy légfélesleg tényezők miatt nagyobb füstgáztisztítók telepítése szükséges az égetésükhöz. A szállításuk gazdaságtalan a kis sűrűség és a nagy inert- és nedvességtartalom miatt. Egy ilyen égetőmű csak nagy lakosságsűrűség mellett tud gazdaságosan üzemelni, ahol kicsik a szállítási távolságok és a villamos áram termelés mellett a hő hasznosítása is megoldható. Magyarországon ez a Fővárosi Hulladékhasznosító Műben valósul meg.

A hatékonyság javítható, ha a TSHZ-ből RDF-t (Refuse Derived Fuel) vagy SRF-t (Solid Recovered Fuel) állítunk elő. Ezek már nem tartalmaznak veszélyes komponenseket és elérnek egy meghatározott minimális fűtőértéket, amit tartani is tudnak. Mivel ez már stabil, hosszabb ideig tárolható, jobban tömöríthető ill. messzebb szállítható, miközben nem kell további szennyezőanyag kibocsátással számolni. Hasznosítása speciális égetőművekben, cement-vasgyártás vagy pedig szénnel történő együtt-égetéssel során történhet. [2, 3, 4, 5]

Magyarországon is számos háztartási hulladékból RDF-t gyártó előkészítő üzem található. Ennek lépései a Hejőpapi RDF üzemen keresztül bemutatva (*1. ábra*) [6]:

- Zsák felbontása, előaprítás és homogenizálás egy lassú járatú shredderrel
- Vasfémek leválasztása mágneses szeparátorral értékesítés és a gépek védelme érdekében.
- A <60-80mm-nél kisebb finomfrakció szétválasztása sík- vagy dobszitával. Ez gyakorlatilag a biológiailag lebomló, inert vagy kis szemcseméretű anyagok leválasztását jelenti az anyagáramból. Ennek a további hasznosítása hazánkban nem megoldott, általában lerakásra kerül.
- A >60-80mm-es durvafrakcióból leválasztják az inert és a nem-vasfémeket légszérekkel és örvényáramú szeparátorokkal.
- Kézi vagy gépi válogatóművekben az értékesíthető további anyagok (PET, HDPE, PP), és szennyezők (PVC) elkülönítése is megtörténik
- Utóaprítás, bálázás.



1. ábra: Hejőpapi mechanikai-optikai előkezelő mű, (Ladányi, 2015)

Tehát a hagyományos RDF előállítási folyamat során kivesszük a számunkra kívánatos alkotókat (25-35%) a halmazból, de közben képezünk egy nagyon kedvezőtlen tulajdonságokkal rendelkező frakciót, amit továbbra sem tudunk hasznosítani. Ez előrelépés ugyan a teljes mennyiség lerakásához képest, de 50-60% így is a lerakókat terheli. Hátránya a berendezések nagy beruházási és a magas üzemelési költségei, amelyek mellett sem csökkent a lerakott mennyiség a kívánt mértékben.

2. táblázat RDF és B-biofrakció adatai nyers hulladék a zalaegerszegi VTSZ előkészítő üzemre [7]

Termék	Termék tömegkihozatal	Hamu-tartalom	Nedvesség-tartalom	Fűtőérték (sz.a.)
RDF	20-30%	15-25%	15-30%	22-16MJ/kg
B-biofrakció	50-60%	45-60%	35-45%	11-8MJ/kg

2.2 Külföldi technológiai megoldások

A nem kezelt szerves anyag a lerakókban ellenőrizetlen körülmények között bomlik, gázok és csurgalékvíz keletkezik, melyek gyűjtését és kezeléséről gondoskodni kell. A képződött metán ózon károsító és robbanásveszélyes gáz, amely a legtöbb esetben fáklyázásra kerül. A 90-es években jelent meg az igény arra, hogy ezeket a folyamatokat ellenőrzött, irányítható körülmények között tartsuk, a lerakókba már stabilizált hulladék kerüljön. [2]

A vegyesen gyűjtött TSZH hasznosításnak 3 fő iránya létezik az alkalmazott eljárás fajtája szerint. [2]

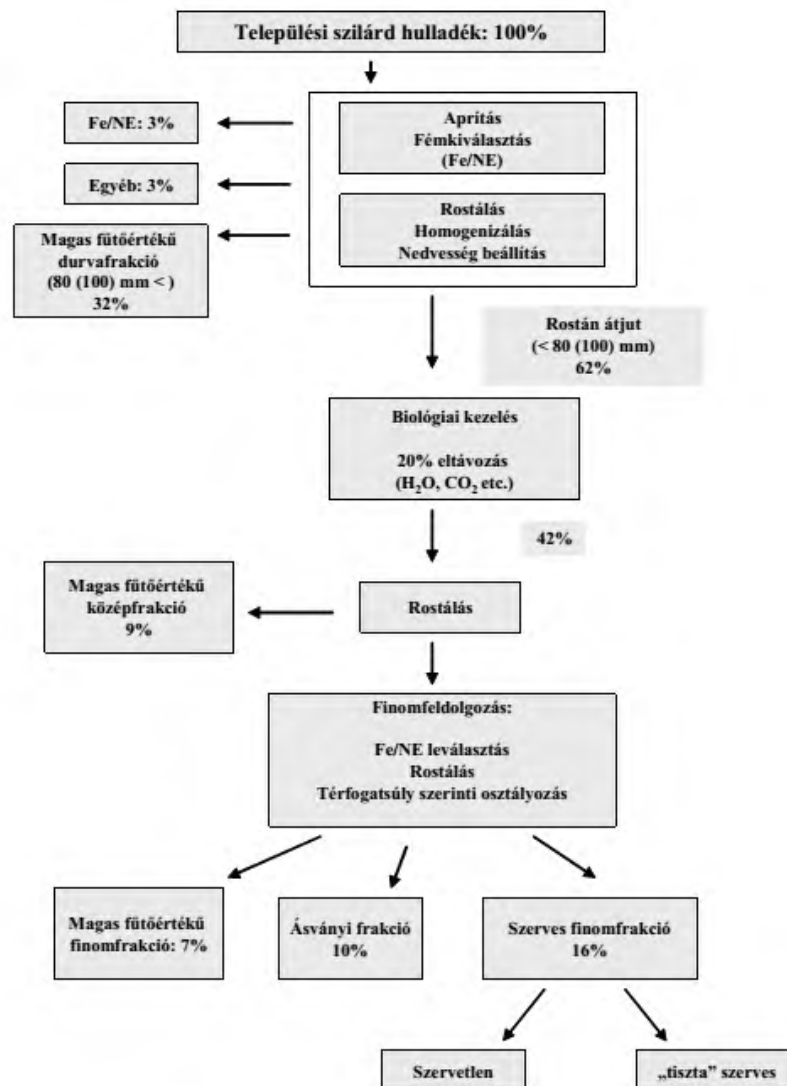
2.2.1 Mechanikai-biológiai stabilizálás (Mechanical-biological treatment - MBT)

A technológia általános célja egy biológiailag stabil nagy és egy kis fűtőértékű komponensekben gazdag frakció elválasztása. A nagy fűtőértékű rész termikus hasznosításra kerül, a kis fűtőértékű lerakóba.

Biostabilizálás során tehát a magas fűtőértékű és egyéb hasznosítható rész (pl. fémek) leválasztása után a lerakott magas szerves anyag tartalmú hulladék bomlókéességének csökkentése történik, ami a szivárgó és a csurgalék vizek, illetve a különböző gázok keletkezésének csökkenését/megszüntetését eredményezi. Ez utóbbit a hulladékból kialakított prizmákban biológiai úton, gombákkal és mikroorganizmusokkal éri el aerob folyamatok során, miközben megszűnnek a toxikus tulajdonságai az 55°C felett végbemenő higiénizáció által. A szükséges hő a bomlás során szabadul fel, nem igényel külső energiabevitelt. Stabilizált biohulladékról akkor beszélünk, ha stabilizálást követően a 4 nap utáni (AT4) légzési intenzitás érték 10 mg O₂/g érték alá, a dinamikus légzési intenzitás érték 1000 mg O₂/kg VS⁶/h érték alá csökken. [4]

A nagy és a kis fűtőértékű alkotók szétválasztása, kétféle eljárással lehetséges, amelyet a prizma építést megelőző szeparálási műveletek megválasztásától függ:

- a. Az összes biológiailag lebontható anyagot stabilizálni akarjuk, beleértve a pl. nagy fűtőértékű papírt is.
- b. A nagy fűtőértékű alkotókat leválasztjuk a biológiai folyamat előtt, hogy azok elbomlását megakadályozzuk.



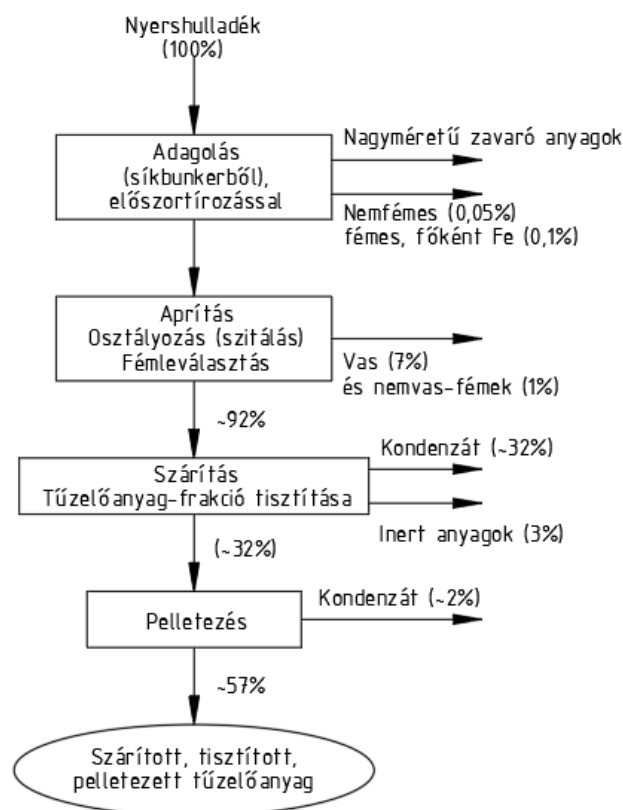
2. ábra: Mechanikai-biológiai hulladékkezelés folyamatábrája, Neumünster, Németország [3]

Neumünsterben megvalósított mechanikai-biológiai hulladékkezelés folyamatábrája a 2. ábrán látható. Ezen megfigyelhető, hogy a biológiai kezelés során a hulladék elveszti tömegének 20%-át. Az eredeti mennyiségből ~54% magas fűtőértékű rész, ~3% fém és nem vasfém nyerhető ki. A 10% ásványi frakció is felhasználható út és egyéb építkezéseknél, ezáltal az eredeti anyagáram csak ~16%-a kerül lerakóba.

Előnye a kisebb beruházási és üzemeltetési költség. Hátránya, hogy mérsékelte, de nem sikerült teljesen megszüntetnie a lerakást. Mivel a biológiai folyamat során élő mikroorganizmusokat használunk, a rendszer érzékeny az üzemelési körülményekre. A nem megfelelő hőmérséklet, O₂ szint csökkenése vagy egy PH változás pusztulásukat okozhatja. A folyamatok szakaszos jellegűek, nagy időigénnyel (~20 nap). A reaktorok nagy terület kötnek le, amit a csurgalék és egyéb technológiai vizek környezetbe való kikerülése ellen szigetelni kell. A víz gyűjtését és a tisztítását meg kell oldani, bár ennek egy része újra felhasználható a biostabilizálás során a megfelelő nedvességtartalom fenttartásához. A folyamat szagképződéssel jár, ezért a prizmák takarásáról gondoskodni kell, ill. a telepítésekor figyelembe kell venni a lakóépületek helyzetét és a szélirányokat. Ha zárt térben pl. konténerben történik a bomlás, a levegő elszívását és tisztítását is meg kell oldani. [3]

2.2.2 Mechanikai-fizikai stabilizálás (Mechanical-physical stabilization - MPS)

Az alapvető célja jó minőségű fűtőanyag előállítása úgy, hogy nem kiemeli a nagy fűtőértékű komponenseket, mint a hagyományos RDF üzemek esetén, hanem a teljes széntartalmú részt együtt kezeli. Az eljárás során a hulladék nedvességtartalmát általában <10%-ra csökkentik, és megtisztítják a nem éghető inert és fémtartalomtól. Folyamatábrája a 3. ábrán látható.



3. ábra: Mechanikai-fizikai stabilizálás folyamata [3]

A hulladékot a kemencébe adagolás előtt a könnyebb száríthatóság és kezelhetőség érdekében aprítják és homogenizálják, majd mágneses és örvényáramú szeparátorral kinyerik a vas- és nem vasfémeket.

A hulladék szárításának egyik módja a forgódobos kemencében való szárítás. A kemence forgása közben az anyag átkeveredik, így egyenletesebben szárad. A súrlódás és a szemcsék ütköztetése során a szemcsék aprózódnak is a fázishatárok mentén, ami megkönnyíti a későbbi fajtánkénti különválasztást. Mivel az anyag mozgatása a dob forgatásával történik, nem kell tartani a mozgó alkatrészek, pl. a rostélyok eltömődésétől. A szárítás során a nedvességtartalom lecsökken. Ezután egy légáram készülékkel leválaszthatóak az inert anyagok (üveg, kő) amelyek a későbbi hasznosítás során problémákat okoznak (pl. az RDF hamutartalmát növelik és fűtőértékét rontja). Az így előállított tüzelőanyag elégethető a helyszínen, villamos és hőenergiát termelve, mely felhasználható a szárítás során.

Másik lehetőség a további feldolgozás értékesebb anyaggá. Ennek során egy utóaprítás beiktatásával a termék pelleátálható lesz. A pellet már könnyen adagolható és szállítható, miáltal jobban értékesíthető. Ebben az esetben a hasznosítási cél még mindig az égetés.

További feldolgozási lehetőség a nagy széntartalmú anyag pirolízálása vagy elgázosítása, mely során gáz, olaj és kokszt képződik. Ezek nem csak égetésre használhatók, hanem vegyipari célra, olajszármazékok gyártására (műanyag-pirolízis), vagy a kokszt (fa elgázosításakor) pl. talajjavításra is.

A folyamat hátránya a magas beruházási és üzemeltetési költség, különösen a megelőző szárítás miatt. A szárítás energiaigénye magas (szárítás hatásfoka 50-75% [34], egységnyi tömegű víz elpárolgásához $2200\text{kJ/kg} \cdot 0,55 = 4000\text{kJ/kg}$ szükséges energiával számolhatunk), hiszen 10% alá kell csökkenteni a nedvességtartalmat. A szárító levegőt és a kondenzvizet gyűjteni és tisztítani kell mielőtt a környezetbe kikerül, ami további költségeket generál.

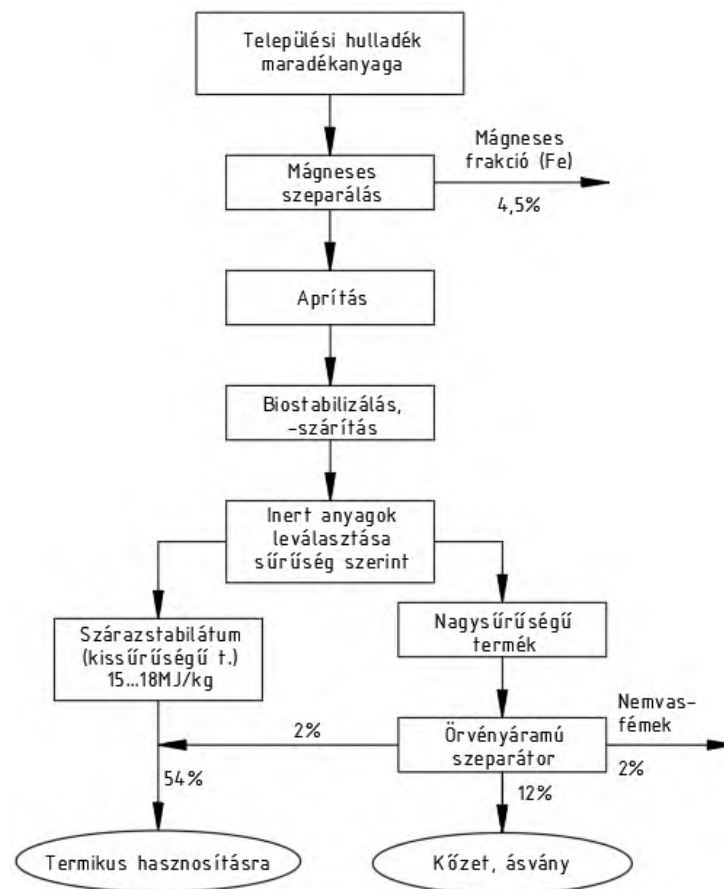
A pelletáláshoz az anyagokat finomra kell őrölni, ami szintén magas üzemelési költséggel jár (aprítás 36-83kWh/t [36], pelletálás 50-60kWh/t [35]). A pirolízálás energiaigénye pedig még a szárításnál is magasabb (400-700°C-on megy végbe). A keletkező pirolízis gáz csökkentheti ugyan a folyamat külső energiaigényét, azonban mivel ez az égetéssel szemben nem exoterm folyamat, a fenntartásához emellett is jelentős energia bevitel szükséges [2, 3, 4]. Valójában a TSZH, VTSZH hulladékok pirolízise nem elterjedt, csak néhány üzemben valósult meg [33], tekintettel a nyershulladék heterogenitásához kapcsolódó technológiai problémák (pl. a termékek tisztítása, kátrány-képződés) miatt. Amíg az hulladékégetés gőzkazán-gőzturbina-

generátor elektromos áramtermelés összes hatásfoka 19-27%, addig a pirolízis-gázból hasonló úton való villamos energia előállításé 9-20%, a pirolízis-elgázosítás gázmotor-generátorral történő villamos energia előállítás esetén pedig 13-24% [33]. Látható hogy a hagyományos technológiák energetikai hatékonysága magasabb, a nagyobb energia bevitel nem térül meg.

2.2.3 Száraz stabilizálás (Dry stabilization process –DSP)

A 2.2.1 és a 2.2.2 fejezetekben leírtak kombinációja. Célja fém és inert anyag mentes fűtőanyag előállítása a lerakandó mennyiség minimalizálása mellett. Az előkészítés során alkalmazott aprítási és szeparálási műveletek a mechanikai-fizikai stabilizáláséhoz hasonlóan kivesszik az anyagáramokból a fémek és egyéb inert anyagokat, de a szárítás nem kemencében történik, hanem biológiai stabilizálással. A nagy fűtőértékű tüzelőanyag itt is pelletálható vagy brikettezhető a további felhasználás megkönnyítése érdekében.

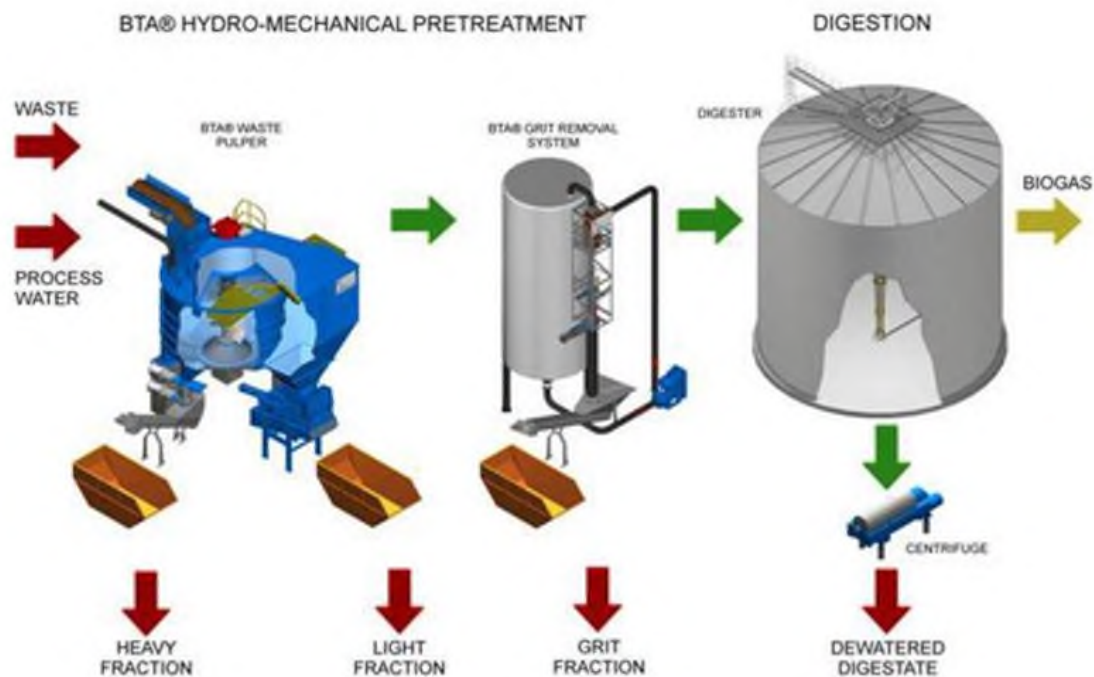
A rendszer előnye, a lerakóba kerülő hulladék mennyiségének minimalizálása a szárításhoz szükséges kemence beruházási és üzemeltetési költségének megtakarítása mellett.



4. ábra: Szárazstabilizáló üzem, Drezda, Németország [3]

2.3 Nedves út

A korábbi eljárások mind a TSZH nedvességtartalmának a csökkentését próbálta elérni a hasznosítás megvalósítása előtt. Létezik azonban egy másik út is a nagy biológiailag lebomló anyagtartalmú hulladékok feldolgozásához. Ennek során a hulladék szeparálását nedves eljárásokkal érjük a különböző ülepedési/felúszási jellemzőket kihasználva, majd az így megtisztított szerves anyagot biogáz előállításra használjuk. A hulladék fémtartalmát érdemes mágneses és örvényáramú szeparálással leválasztani első lépésben. Szükség esetén egy kíméletes aprítás is alkalmazható, amely a műanyagokat nem aprítja le (szelektívaprítás) csak a biológiai úton lebomló könnyen aprítható rész szemcseméretét csökkenti. Ezen az elven működik a BTE nedves technológiája is (5. ábra).



5. ábra: Nedves technológia BTA [8]

Az aprítást követően a hulladék egy keverő tartályban megy, ahol a szerves anyag tartalom tovább aprózódik és részben feloldódik a vízben, zagyot képezve. Keverés közben a szemcsék sűrűlnek, ütköznek, ezáltal nő a szemcseméret-különbség a könnyebben aprózódó biomassza és az nehezen törhető műanyag, üveg-kő-kavics között, megszűnnek az összenövések és megszabadulnak a felületükre tapadt szennyeződésektől is. A durvább nehéz frakció (kő, üveg fém) leülepszik a tartály fenekére, a szintén durvább könnyű rész (textil, fa, fólia, műanyag) felúszik a szuszpenzió tetejére. Az előbbit egy zsilipes, csigás rendszeren keresztül időszakosan

eltávolítják, az utóbit pedig egy „gereblyével” lefölözik. A könnyű frakció szitaprésen megy keresztül, miáltal a nedvességtartalma 60-65% csökken. Ez alkalmas alapanyag RDF gyártáshoz.

A szerves szuszpenzió egy 10 mm-es perforált szitán át tud távozni. Még mindig sok 10 mm-nél kisebb inert anyagot (homok, üveg) tartalmaz, ami károsítaná (koptatná, eltömítené) a csöveket, szerelvényeket, fermentorokat. Ezeket egy hidrociklon segítségével leválasztják. A gyártó adatai szerint a leválasztás hatékonysága 98% is lehet.

A megtisztított zagyot anaerob körülmények között, mezofil fermentációval 35-38 °C-on biogáz termelésre használják. A kapott gáz a folyamatok fenntartására fordítható, vagy összekapcsolható pl. áram termeléssel. A fermentáció utáni maradék víztelenítési eljárás után komposztálható.

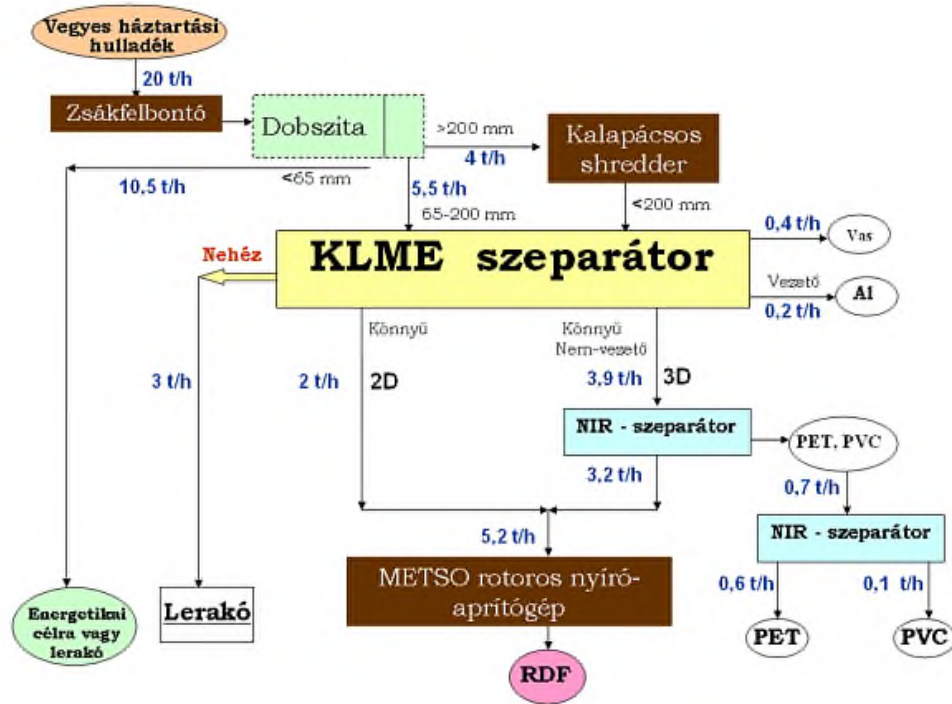
A folyamat hátrány a vízkezelés, hiszen minden elválasztott frakciót vízteleníteni kell a folyamat végéig. A víz egy része visszaforgatható ugyan a technológiába, de a feloldódó szerves anyag tartalom miatt a zagy sűrűsége növekszik, miáltal a szemcsék ülepedése/ felúszási határa is változik. A feloldódó szerves anyag tartalom miatt a zagy sűrűsége növekszik, miáltal a szemcsék ülepedése/ felúszási határa is változik. Ezért folyamatos tiszta víz hozzáadása szükséges és a felesleges víz tisztításáról gondoskodni kell [8]

2.4 Újszerű törekvések (a szakirodalomban, benne a 3BH kutatások) a biomasszadús anyagok előkészítésére és hasznosítására

a.) Törekvés a biomasszadús anyagok, a biofrakció előkészítése mechanikai eljárásokkal

2018-ban a 3B Hungária Kft. több részletes vizsgálatot végzett-végeztetett a B-biofrakcióra különböző feldolgozási módokkal, annak érdekében, hogy a legjobb termikus hasznosításra alkalmas másodtüzelő anyagot lehessen gazdaságosan előállítani. Azért hogy ez ne csak helyben történhessen meg, az előállítandó terméket pellet alakban képelték el, hogy az felhasználható legyen égetés vagy pirolizálás céljára is.

Az RDF-üzem akkori technológiáját a 6. ábra szemlélteti. Ezen látható, hogy a bemenő 20t/h TSZH-ből ~10,5t/h a <65mm-es B-biofrakció, ami lerakásra jelenleg kerül.



6. ábra: Zalaegerszegi RDF-előkészítő üzem technológiája [9]

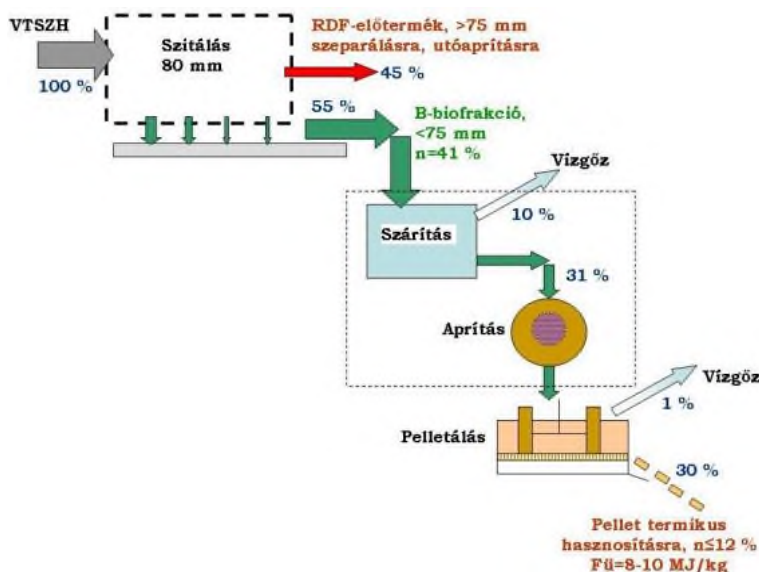
3. táblázatból látható, hogy a B-biofrakció termikus hasznosításhoz szükséges jellemzői lényegesen rosszabbak mint az RDF-é. A pirolízishez $\sim 300\text{-}500\text{kg/m}^3$ halmazsűrűség, $\sim 15\%$ nedvességtartalom valamint kisebb hamutartalom szükséges. Ez az inert tartalom leválasztásával, aprítással érhető el, ill. a halmazsűrűség növelése pelletálással. [9]

3. táblázat Minta összetétele, szárítást követő kézi válogatás után

Termék	A termék tömeg kihozatala fenti előkészítés során (%)	Hamu tartalom (%)	Nedvesség tartalom (%)	Fűtőérték (sz.a.) MJ/kg)
RDF (SRF)	20-30	15-25	15-30	16-22
B-biofrakció	50-60	45-60	35-50	8-11
Inert	10-12			
Másodnyersanyag (fémek, műanyag)	10-12			

A vizsgálatokat különböző eljárásokra végezték el.

b.) B-biofrakció pelletizációja aprítás és szárító őrlés után:



7. ábra: Teszt folyamatára [9]

A vizsgálat lépései:

- A vizsgálat során a Vaskúton vett <80mm-es nyers B-biofrakciót Doppstadt géppel <40mm-re aprították. Az így kapott apríték jellemző adatai:

4. táblázat Vaskúton vett nyers B-frakció utóaprító-gépen leaprított töret szemcse- méret-eloszlása, hamu- és illótartalma [9]

Szitafrakciók (mm)	Tömeghányad (%)	Elemzési minta nedv. tartalma, (%)	Hamutartalom (%)	Illótartalom (%)
20 – 40	7,72	0	23,17	74,24
10 – 20	24,21	2,13	31,09	67,32
5 – 10	30,43	2,02	46,62	49,53
2 - 5	17,54	1,78	54,83	41,05
<2	20,09	1,61	55,91	40,51

5. táblázat Az aprítás utáni B-biofrakció mintaanyag eljárás-technikai anyagjellemzői [9]

Nyers minta nedvességtartalma (%)	37,46
Szárított minta hamutartalma (%)	53,03
Szárított minta illótartalma (%)	41,88
Elemzési minta nedvesség tartalma (%)	2,8
Szárított B-biofrakció fűtőértéke (MJ/kg)	10,1

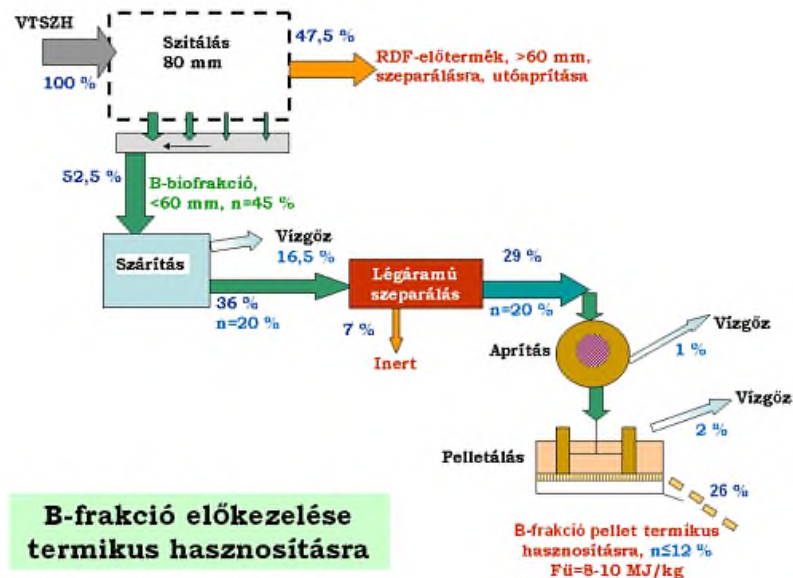
- Az előtört <40 mm-es B-frakció-minta Zalaegerszegen a Green Box-ba helyezett szárító-örlő malomban nagy finomságúra való őrlése, miközben a nedvességtartalom 37,46%-ról 6,05%-ra csökken.
- A nagy finomságú, szárított anyag pelletálása Polgáriban.

6. táblázat A 3 tonna Vaskúton és Zalaegerszegen előkezelt minta Polgárdiban történő pelletálása kapott pellet jellemzői [9]

Pellet nedvességtartalma (%)	3,56
Pellet minta hamutartalma (%)	51,62
Pellet minta illótartalma (%)	44,98
Elemzési minta nedvesség tartalma (%)	2,14

A szárítás miatt a nedvességtartalom csökken, és ezáltal az égési jellemzők javulnak. A hamutartalom alapján a minta jelentős inert tartalommal rendelkezik, ami magas hamutartalmat okoz. A gazdaságosság miatt érdemes tovább vizsgálni ennek a leválasztási lehetőségeit a szárító őrlés előtt. Így csökkenthető lenne az anyagáram, miközben a tüzeléstechnikai jellemzők is javulnának. [9]

c.) B-biofrakció pelletálás előtti légáramban való leválasztásával



8. ábra: Teszt folyamatára [9]

A vizsgálat lépései:

- A vizsgálat során Zaladepó Kft zalaegerszegi feldolgozó üzeméből származó B-biofrakciót vizsgálták (Bio BUP 180723) miután azt megszáritották.

Jellemző adatai:

7. táblázat A B-biofrakcióból (3B_BioFrakcio_20180712_A1) készített pellet jellemzői [9]

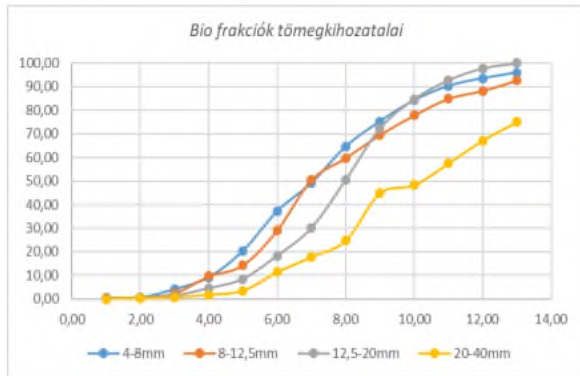
Pellet nedvességtartalma (elemzési minta) (%)	24,48
Pellet hamutartalma (%)	56,96
Pellet fűtőértéke (száraz anyagra) (%)	8,51

8. táblázat Bio BUP 180723kezeletlen minta anyagi összetétele szemcsefrakciónként [9]

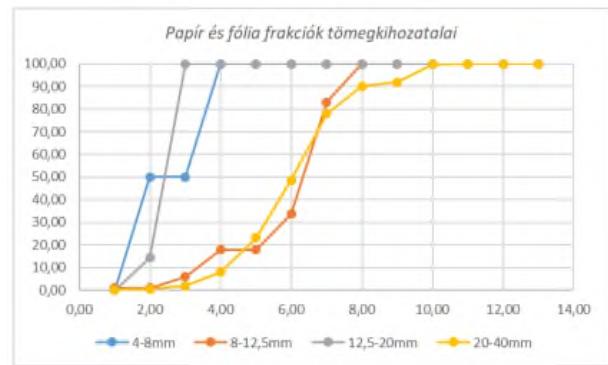
Minta nedvességtartalma: 62,23					
Szemcseméret frakció [mm]	40-50	20-40	12,5-20	8-12,5	4-8
Szemcse-méret frakció tömeg aránya, [%]	15,02	40,30	15,27	0,03	10,29
Tömeghányad szemcseméret frakciónként [%]					
Műanyag	0,19	5,49	17,87	6,43	8,37
Fólia	3,29	3,99	5,33	4,04	2,59
Papír	83,26	74,20	65,83	22,98	33,47
Biológiailag bontható	4,28	9,89	16,65	37,50	36,45
Inert (kő, üveg)	8,99	6,42	3,33	29,04	19,12

- A nem-vasfémet, kő- és üvegdarabkák, szemcsék leválasztása légáram készülékkel.

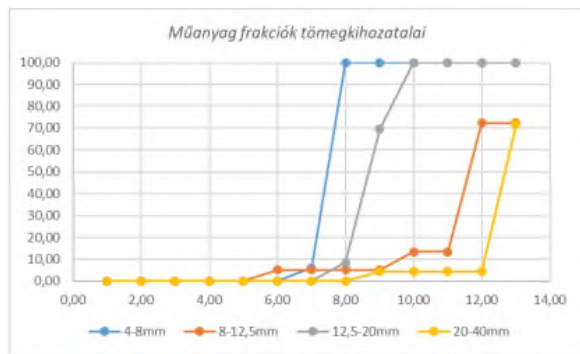
A vizsgálat során a szemcseméret tartományok tömegkihozatalát külön mérték a légsebesség függvényében. A kapott eredmények a 9.-12. ábrákon láthatóak



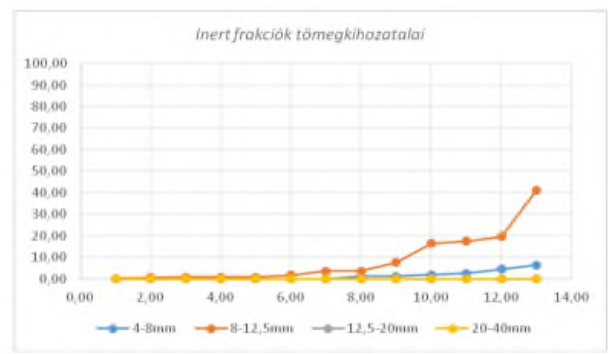
9. ábra: Bio-anyag szemcséi vizsgálatának eredménye [9]



10. ábra: Papír-fólia szemcséi vizsgálatának eredménye [9]



11. ábra: Műanyag (kemény) szemcséi vizsgálatának eredménye [9]



12. ábra: Inert (kő+üveg) szemcséi vizsgálatának eredménye [9]

Szemcseméret frakciókra elvégzett hamutartalom vizsgálat a 9. táblázatban látható.

9. táblázat Nyers (kezeletlen) B-frakcióban szitafrakciók hamutartalma [9]

Szemcse- méret	Tömeg- hányad	Nedvességtartalom (elemzési minta nedvességtartalma)	Hamutartalom (száraza.) Inert nélkül!	Inert (sz.a.)	Összes hamu (sz.a.)	Összes hamu (nedves a.)
mm	%	%	%	%	%	27,79
40-56	3,99	9,8	18,76	12,05	30,81	52,41
20-40	25,82	6,7	27,67	28,5	56,17	57,44
12,5-20	19,21	5,4	27,56	33,16	60,72	50,04
8-12,5	13,58	3,8	36,3	15,72	52,02	54,63
4-8	17,91	2,4	43,96	12,02	55,98	50,30
<4	19,49	3,6	50,2	1,98	52,18	27,79
	100	4,8	35,77	18,88	54,66	52,06

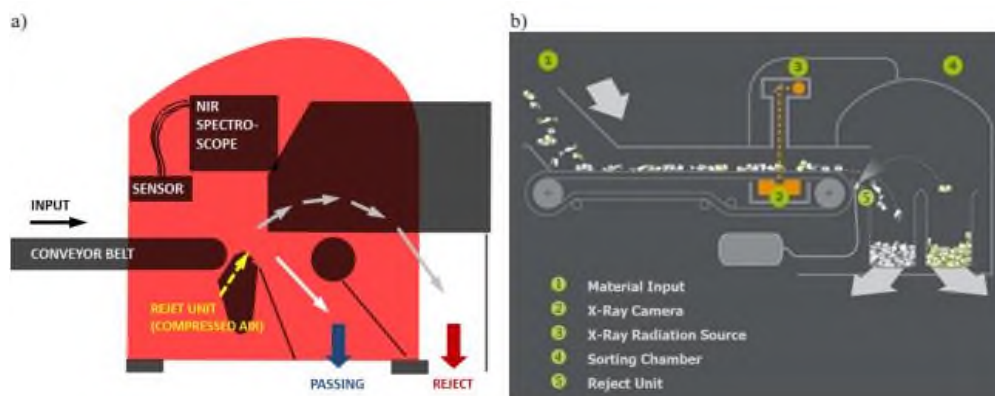
A kapott adatokból megállapíthatóak:

- Az inert részek $\sim 13\text{m/s}$ légsebességnél jól elválaszthatóak.
- Inert nélkül a B-frakció hamutartalma 56,96 %-ról 35,77 %-ra csökken. Ha 9MJ/kg B-frakció fűtőértéket veszünk alapul, akkor az inert eltávolításával mindemellett a fűtőérték is megnő 12-13 MJ/kg-ra. Emellett további berendezések méretei is csökkennek, vagyis kisebb a beruházási és üzemelési költség is.
- A 9. táblázatból látható, hogy a $<4\text{mm}$ és a 4-8mm frakciók hamutartalma rosszabb, mint a teljes halmaz hamutartalma. Amennyiben az egyik, vagy akár mind a két frakciót leválasztanánk, a maradék hamutartalma csökkenne, a fűtőértéke nőne. Ez azonban azt jelentené, hogy ezek lerakókra kerülnének, rontva ezzel azt a célt, hogy a termikusan hasznosítható anyag ne kerüljön lerakóra.

A kezelt B-biohulladékot ezután pelletálható. A B-biofrakcióból készített pellet „javítható” úgy is, ha a jobb fűtőértékű RDF-et keverünk hozzá pelletálás előtt. [9]

d.) Optikai válogatók alkalmazása biomassza tisztításra

Előkészítés modern NIR, röntgen automatikus optikai válogató eljárásokkal és berendezésekkel történik. 2015-ben BIOENERGY 2020+ GmbH (Pinkafeld, AUSZTRIA) végzett egy kutatást a mechanikai- biológiai (MBT) üzemek mechanikai kezelési szakaszaiból származó nehéz frakciók inert tartalmának leválasztására. Mivel az ezzel az eljárással kapott anyagok túl szennyezettek a mezőgazdasági felhasználáshoz, de a lerakókat sem akarták vele terhelni, azt a lehetőséget keresték, hogyan tudják az inert részeket leválasztani az RDF-ként hasznosítható résztől. Több válogatót vizsgáltak, köztük a NIR (13./a ábra) és az XTR (13./b ábra) rendszereket is.



(a) (b)

13. ábra: Az érzékelőalapú válogatóberendezések sémája kísérleti skálán [10]

- NIR multiplex üzem (Wobik 2010, módosítva), b) XTR üzem (TITECH 2011, módosítva)

Megállapításaik szerint a NIR szeparátor, a tárgyak felületéről érkező infravörös válasz jelek alapján, képes felismerni a szerves és a fosszilis anyagokat. A sötét anyagok, a túl kevés (kövek, máztalan kerámia) vagy túl sok (üveg, fém) sugárzást visszaverő anyagok azonosítására és elkülönítésére nem alkalmas. Ez javítható kamera alkalmazásával, amely lehetővé teszi a tárgyak felismerését, valamint a használt szenzorok szélesebb sugárzási tartományával.

A röntgensugarak mélyebbre hatolnak az anyagba, nem a felületük, hanem az atomsűrűség alapján azonosítják az anyagokat. A sugárforrás a szállítószalag felett helyezkedik el a szállítószalag alatti röntgenkamerával szemben. Mivel a műanyagok és más szerves anyagok alacsony atomsűrűségűek, az inert anyagokat és a fémeket képes felismerni és kilökní.[10]

A technika fejlődésnek köszönhetően folyamatos az előrelépés ezen a területen. A X-TRACT DUOLINE® röntgensugaras válogató a gyártó szerint, a kettős feldolgozási technológiának köszönhetően, képes az egymást átfedő elemeket is atomsűrűség alapján azonosítani. Így a korábbiakhoz képest pontosabb válogatást biztosítanak nagyobb áteresztőképességgel. [11]

e.) Autoklávós előkezelés

Autoklavban történő nedvesség csökkentés során a hulladék nyersen, előválogatás nélkül kerül a tartályba. Ezt követően nyomás alá kerül és felfűtik. A hő hatására a hulladék szárad és közben sterilizálódik. Az egyenletesebb hőeloszlás érdekében egyes gyártók az autoklávokat forgatják is, ill. a sterilizálás érdekében közvetlenül gőzt fecskendeznek be.

PL. a Bioelektra RotoSTERIL BEG7000 tartály esetében 3 bar nyomáson és 125°C-on 3 óra alatt kezelik. Ez idő alatt a hulladék elveszíti a nedvességtartalmának jelentős részét, és a hulladékokban található kórokozók elpusztulnak. A folyamat során végbemegy a biológiailag lebomló anyag stabilizációja, melynek végén egy steril, szagtalan szerves biomasszát kapunk. Akár az hagyományos RDF készítés, akár pellett gyártás vagy pirolizálás a cél, így kezelt hulladékot könnyebb szét válogatni és értékesíteni alternatív tüzelőanyagként megfelelő égetőművek vagy cementgyártás számára. [12]

A keletkező gázok a folyamat fenntartásához vagy hő- és villamos energia termelésre használható. Hátránya a nagy beruházási és üzemeltetési költség.

Következtetések

A fentiek alapján az alábbi megállapítások tehetők:

- A B-biofrakció legnagyobb és legértékesebb része a biomassza, melynek hasznosítása a nagymértékű inhomogenitás miatt előkészítést igényel.

-
- Következésképpen a fő célnak a B-biofrakció biomassza részének energetikai hasznosítását kell fő célként kitűznünk, tekintettel a mai világgazdasági energia-ínségre.
 - A B-biohulladék (<60-80 mm) nagy nedvességtartalmának szárítással történő csökkentése, majd pelletálása, nagy hőmérsékleten való elgázosítása vagy pirolizálása összességében igen energiaigényes, amit azelőtt kell befektetni mielőtt pirolizisre építve energiát nyernénk. Az előállított termékek a nagy költségek miatt a jelenlegi piacon nem versenyképesek az elsődleges nyersanyagokkal.
 - A biomasszából történő biogáz száraz fermentálással történő előállítása ígérkezik legkisebb költségű útjának, mivel ez igényli a legkisebb befektetett energiát a folyamat során. A termékként nyert biogáz jól hasznosítható energiahordozó, melyre piaci kereslet van, de a helyszínen felhasználható hő- és villamosenergia termelésre.
 - A fermentáció szempontjából indifferens alkotók (kőzet, üveg, textil, műanyag) a folyamat elején történő eltávolítása kisebb tömegű és térfogatú, valamint tisztább biomasszára vezet mint a végén történő szeparálás. Jelentősen javítva ezzel az eljárás technikai és gazdasági hatékonyságot.
 - A leválasztott textil és műanyag frakció, mivel az ő fűtőértéke is magas, további energetikai hasznosításra alkalmas pl. az előállított RDF-hez keverve.
 - A nedves eljárások használata, az anyagáramok, és ezáltal a berendezések méretének jelentős növelését eredményeznék. A víztelenítések és az eltávolított víz tisztítása szintén a gazdaságos üzemelést rontják. Ez igaz a nagy levegőigényű eljárásokra is, mivel a felhasznált levegő elszívását és tisztítását is meg kell oldani.
 - Az előbbieket miatt a szeparációra – a mai magas energiaárak okán és a végbement érzékelők fejlődésével - korszerszerűbb eljárás technikai megoldások (pl. szenzoros automatikus válogatás) alkalmazása kerül előtérbe.

3. A B-biofrakció előkészítési technológiájának kialakítása, kidolgozása

3.1 B-biofrakció mennyisége és anyagi jellemzői

A további számításokhoz a búslaki 60000t/év RDF üzem kapacitásadatait használtam fel.

A tervezett új üzmrészt erre a mennyiségre célszerű kiépíteni. Elhelyezni legközelebb kell a már megépített RDF üzemhez, mert így nem szükséges a magas víztartalmú hulladékot hosszan szállítani (nem csak drága, de rendkívül körülményes lenne).

A B- biofrakció összetételének alapja a 3B HUNGÁRIA Kft. részére készült jelentés. A mintavétel [25] a Búslaki üzemben történt 2 alkalommal: 2020.07.15-én és 2020.08.27-én.

10. táblázat Minta összetétele szárítást követő kézi válogatás után

Minta összetétele, szárítást követő kézi válogatás után [%]												
	2020.07.15						2020.08.27					
Frakció	50-80 mm	25-50 mm	12,5-25 mm	5-12,5 mm	0-5 mm	Össze-tétel	50-80 mm	25-50 mm	12,5-25 mm	5-12,5 mm	0-5 mm	Össze-tétel
Frakció tömeg-hányada	3,31	29,73	30,27	22,24	14,46	100,0	10,50	38,75	28,43	14,51	7,81	100,0
Műanyag 3D	0,64	5,18	0,88	0,15	0,00	6,85	0,00	0,00	0,85	0,08	0,00	0,93
Fólia	0,75	0,97	0,44	0,05	0,00	2,20	0,82	3,17	0,24	0,14	0,00	4,36
Papír	0,93	4,48	0,00	0,63	0,00	6,05	7,04	13,08	5,04	0,28	0,00	25,44
Papír 3D	0,99	9,48	3,19	0,00	0,00	13,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alumínum	0,00	0,82	3,23	0,06	0,00	4,11	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,61
Vas	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Textil	0,00	2,30	0,00	0,00	0,00	2,30	2,48	0,00	0,30	0,10	0,00	2,89
Inert (kő, üveg)	0,00	4,23	9,76	3,92	0,00	17,91	0,00	17,49	12,01	0,96	0,00	30,46
Bio	0,00	2,26	12,76	16,68	0,00	31,70	0,16	5,01	9,38	12,95	0,00	27,50
<5mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,81
Összesen	3,31	29,73	30,27	22,24	14,45	100,0	10,50	38,75	28,43	14,51	7,81	100,0

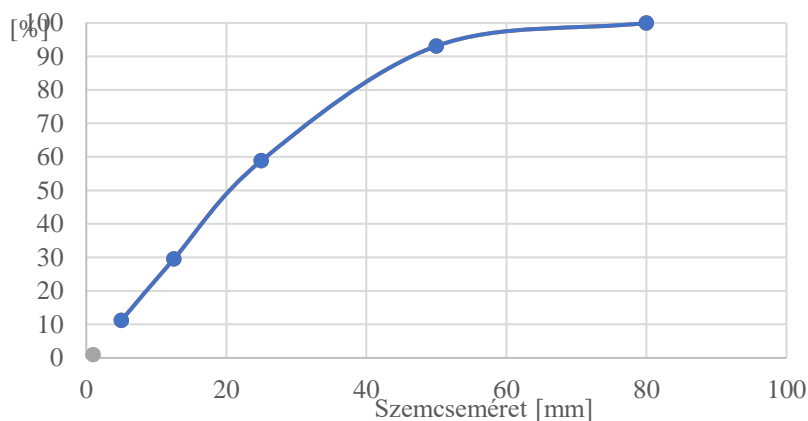
11. táblázat A vett minták szemcseméret-eloszlása

Szemcseméret-eloszlása				
	2020.07.15		2020.08.27	
x [mm]	dm [%]	F(x) [%]	dm [%]	F(x) [%]
80	3,31	100,00	10,50	100,00
50	29,73	96,69	38,75	89,50
25	30,27	66,96	28,43	50,74
12,5	22,24	36,70	14,51	22,32
5	*14,46	14,46	7,81	7,81
Összesen	100,00		100,00	

A két minta átlagolva:*

12. táblázat A vett minták átlag szemcseméret-eloszlása

Szemcseméret-eloszlása		
x [mm]	Átlag	
	dm [%]	F(x) [%]
80	6,91	100,00
50	34,24	93,10
25	29,35	58,85
12,5	18,38	29,51
5	11,14	11,14
Összesen	100,00	



14. ábra: Szemcseméret eloszlásfüggvénye

Átlagos szemcseméret: $x_{50}=21\text{mm}$

13. táblázat Minta átlagos összetétele szárítást követő kézi válogatás után

Minta összetétele szárítást követő kézi válogatás után [%]						
Frakció	Átlag					Összetétel (száraz)
	50-60 mm	25-50 mm	12,5-25 mm	5-12,5 mm	0-5 mm	
Műanyag 3D	0,32	2,59	0,87	0,12	0	3,89
Fólia	0,79	2,07	0,34	0,10	0	3,28
Papír	3,99	8,78	2,52	0,46	0	15,745
Papír 3D	0,50	4,74	1,595	0	0	6,83
Alumínium	0	0,41	1,92	0,03	0	2,36
Vas	0	0	0	0,38	0	0,375
Textil	1,24	1,15	0,15	0,05	0	2,595
Inert (kő, üveg)	0	10,86	10,89	2,44	0	24,185
Bio	0,08	3,64	11,07	14,82	0	29,6
<5mm	0	0	0	0	11,14	11,14
Összesen	6,91	34,24	29,35	18,38	11,14	100,00

A táblázatok alapján az alábbi anyagcsoportok leválasztását célszerű a fermentorok kisebb anyagáram terhelése (és beruházási költsége) érdekében leválasztani a biomasszától:

Műanyagok és textil (3D és fólia): 8,5 – 11,4 %, átlagban: 10,0 %

Fémek (Al, Fe): 0,6 – 4,9 %, átlagban: 2,7 %

Kőzet-üveg: 17,9 – 30,5 %, átlagban: 24,3 %

Biomassza (bio+papír): 51,4 – 51,9 %, átlagban: 51,8 %

Finom (<5 mm): 7,8 – 14,5 %, átlagban: 11,2 %

A műanyagok és textil együttes leválasztás a magas fűtőértéke miatt indokolt. Tovább értékesíthető pl. RDF-ként, vagy hozzákeverhető a korábban elkülönített RDF frakcióhoz. A fémek jól értékesíthetőek, ezért érdemes őket külön szeparálni. A papír is biológiailag lebomló anyag, ezért nem célszerű leválasztani a biomasszából.

Ezen anyagcsoportok fizikai jellemzőkben -sűrűség, elektromos vezető- és szigetelő képesség, mágnesezhetőség- alapvetően különböznek, következésképpen azok alkalmasan megválasztott művelettel sorral, ill. eljárással és berendezéssel egymástól elválaszthatók.

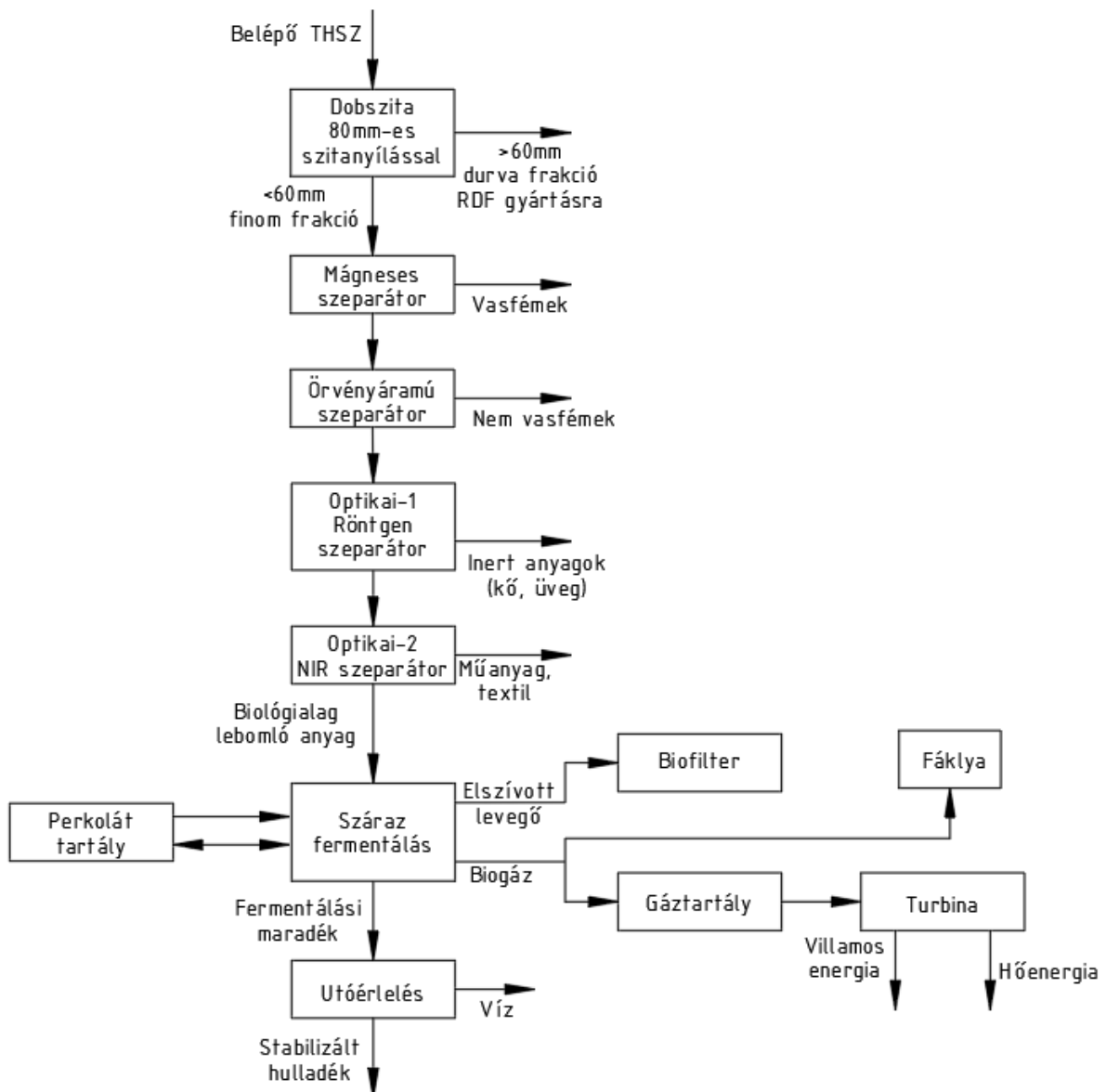
3.2 Előkészítési technológiai rendszer tervezett műveletei

Az RDF üzemben dobszitával leválasztott <60 mm-es halmazt tehát, ahhoz, hogy biogáz termelésre lehessen használni, meg kell tisztítani. Ennek műveleti lépései:

- A vas, és nem vasfémeket leválasztása egy mágneses és egy örvényáramú szeparátorral. Ezek jól értékesíthető frakciók.
- Kő és üveg szeparálása röntgen szeparátorral. Így ezek nem terhelik a fermentorokat, növelve a méretüket és rontva a hatásfokukat. Megfelelő minőség esetén értékesíthető pl. utak építéséhez, vagy a lerakók takarására.
- A műanyag és textil részek nagy fűtőértékkel bírnak. Ezért szélcszerű együtt elkülöníteni egy NIR szeparátor segítségével. Tovább feldolgozó majd értékesíthető önállóan vagy az elsődleges RDF-hez hozzákeverve.
- Az így megtisztított nagy szervesanyag tartalmú halmaz, már előnyösebben alkalmas biogáz előállítására. Ezt egy száraz fermentálással történik. A biogáz egy gáztartályban jut, ahol az ideiglenes tárolása is történik. Villamos és hőenergia termelésre használható, amellyel csökkenthető a folyamatok energiaigénye. A biztonsági rendszer részeként szükséges egy fáklya telepítése is, ill. a fermentorokból távozó levegőt is tisztítani szükséges egy biofilterrel.

- A fermentációs maradékot egy aerob utóérlelésnek célszerű alávetni, amely során végbe mennek a megszakadt biológiai folyamatok, és csökken a nedvességtartalom. A folyamat során keletkező vizek a biogáz termelés során felhasználható az anyag nedvesítésére. Az így stabilizált anyag, továbbra sem kerülhet ki a környezetbe. Az érvényes törvényi előírások szerint elhelyezése csak lerakón lehetséges!

Az alkalmazott technológia törzsfáját az alábbi (15. ábra) folyamatábra tünteti fel.



15. ábra: Folyamatábra

3.3 A technológiai rendszer műveleti eljárásainak és berendezéseinek kiválasztása

A hatékony hulladékkezelést alapvetően az befolyásolja, hogyan tudjuk a bemenő anyagáramokat szétválasztani. Minden további újrafeldolgozási és hasznosítási technológia

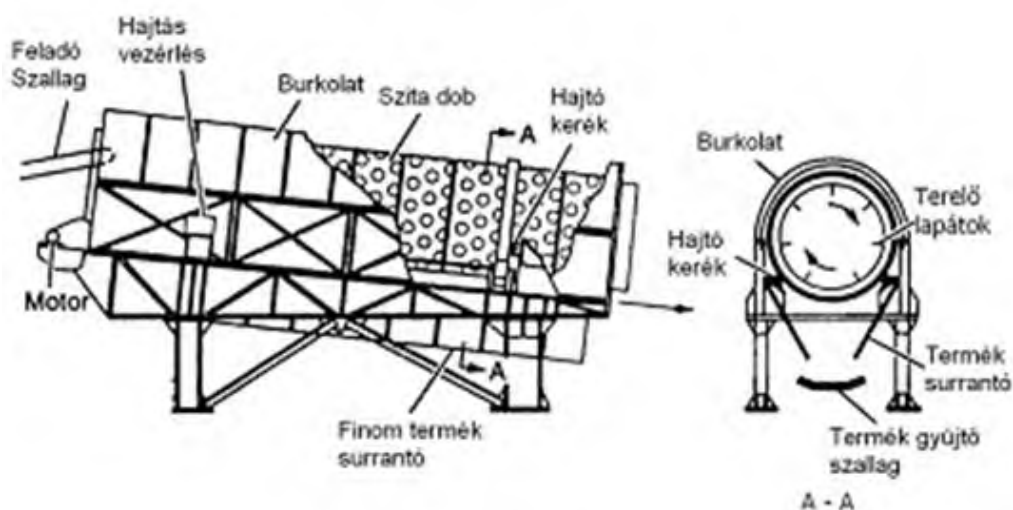
számára fontos, hogy az igényeinek megfelelő tisztaságú/összetételű alapanyagot kapjon. A másodnyersanyag annál értékeesebb minél nagyobb koncentrációban vagyunk képesebbek leválasztani. Ha más alkotókkal szennyezett, a felhasználási köre szűkül.

A szétválasztás többféle elven (alak, méret, sűrűség, vezetőképesség stb.) működhet. A legalkalmasabb művelet kiválasztása minden esetben az adott anyag jellemzőinek, az elérendő célnak (mit akarunk leválasztani, mi a további cél a leválasztott komponenssel), és a rendelkezésre álló egyéb körülmények figyelembevételével történik. Mivel a THSZ több alkotóból áll, a szeparálás is több különböző eljárással történik, eseteként több együtt hasznosítható frakció együttes leválasztásával.

- Dobszita

Osztályozás során a szétválasztás a szemcse méretkülönbségén alapul. Inhomogén halmazok esetén kihasználva az anyagok másként aprózódást, tudunk a méret alapján akár tulajdonságban is eltérő frakciókat elkülöníteni (pl. hulladékok esetén B-biofrakció és RDF alapanyag).

A dobszita széleskörűen alkalmazott szitafajta, a hulladékfeldolgozásban is elterjedt. A beadagolt anyag a forgó mozgás közben fellazul, és a palást mentén haladva kis szemcsék átesnek a nyílásokon. Több méretfrakció elkülönítésére is képes növekvő nyílású sziták egymás utáni beépítésével. Kevésbé hajlamos az eltömődésre, ami nagyobb megbízhatóságot jelent. Ez fokozható, ha tisztítókefékkel szerelik fel, amik forgás közben folyamatosan tisztítják azt.



16. ábra: Dobszita [2]

10. $Q=q \cdot x \cdot A$

11. q : Szitalap fajlagos feldolgozó képessége

x : Szitanyílás mérete [mm]

12. A: effektív szitafelület

13. $A=D*\pi*L$

14. L: szita hossza ($2..4*D$)

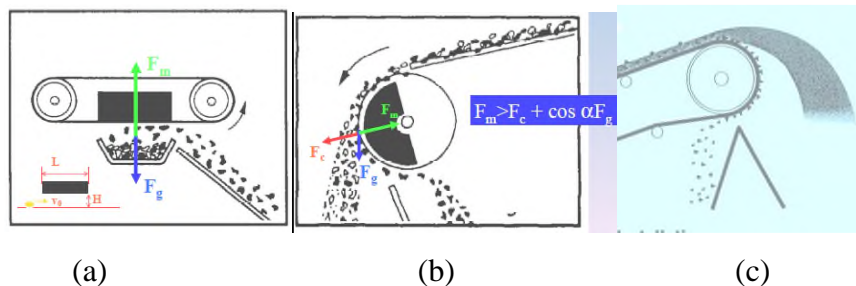
D: dob átmérő

Mivel az új üzemszám alapszáma, a már meglévő dobszita finomfrakciója, ezt a berendezést már meglévőnek feltételezem a továbbiakban.

A 2. táblázatban megadottak alapján a bemenő anyagáramra 60% B-biofrakció tömegkihozattal alapul véve, a B-biofrakció $60000*0,5=30000t/év$.

- Mágneses szeparálás

A vasfémek leválasztásának legegyszerűbb módja. A szállítószalag felett elhelyezett mágnes magához vonzza a mágnesezhető fémeket. Érdekes a műveletet a technológia folyamat elején elhelyezni, így védve a további berendezéseket a mechanikai károsodástól és csökkentve az anyagáramot. [2] Fő típusai: (a) a felsőszalagos; (b) a dob mágneses szeparátor; és (c) szállítószalag dobjába épített mágneses dobszeparátor (17. ábra).



17. ábra: Mágneses szeparátor [2]

A finomabb szemcsehalmaz esetén a dobszeparátor az előnyösebb, tekintettel arra, hogy a mágnesezhető szemcsére ható erő a szemcse térfogatával arányos (és a mágnesről távolodva mágnesező tér erősen csökken).

Egy felső szalagos mágneses szeparátor kapacitása 1m szalagra $50t/h*m$, a szalag sebesség 1m/s.

Mágneses dobszeparátor kapacitása:

$$Q_0=(1-\varepsilon)*H*B*v_0*3600*\rho_{szemcse}$$

B- szalag szélessége/ dob mágnes hossz

H- anyagvastagság a szalagon ($0,05-0,08m$ vagy $2-3*X_{max}$)

X_{max} – maximális szemcseméret

V_0 – szalag sebessége ($0,5-1,5m/s$)

ε – szalagon szállított szemcsehalmaz porózitása (porózus térfogatarány: $90-95\% \Rightarrow 1-\varepsilon=0,05-0,1$)

ρ_{szemcse} – Szemcsesűrűség ($1,2\text{t/m}^3$)

$$Q_{\text{névleges}} = k * Q_0$$

$k=1,2-1,5$ biztonsági tényező

Alkotórész kihozatal: 85-95%, átlag: 90%

Terméktisztaság: 85-90%, átlag: 87% [37]

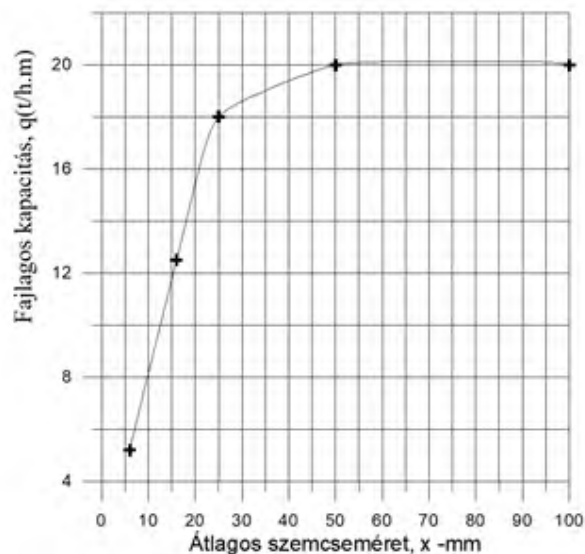
- Örvényáramú szeparálás

A szállítószalag egyik dobján belül elhelyezett mágneses dob a forgása közben időben változó mágneses erőt hoz létre. A vezető szemcsékben örvényáram jön létre. Az így létrejövő örvényáram mágneses tere, mint ellenerő (Lorenz erő) eltaszítja a szemcsét. A nem vezető szemcsék a gravitáció miatt a szalag végén leesnek. A szalag védelmében az örvényáramú szeparálás előtt a vasfémeket kell távolítani! [2]

Jelen esetben a maradék nem vasfémek (alumínium) leválasztását végzi.



A complete modular processing system



18. ábra: Mágneses szeparátorral egybeépített örvényáramú szeparátor (Eriez Magnetics, Steinert)[28]

Alkotórész kihozatal: 85-95%, átlag: 90%

Terméktisztaság: 85-92%, átlag 88% [37]

- Automatikus válogatás

Sokáig a kézi válogatás kiemelt szerepet játszott, de a magas élő munkaerőigénye miatt ez sok esetben sem hatékony, sem gazdaságos nem volt, ill. bizonyos környezetben (pl. fertőző hulladékok) vagy kis méretű szemcsék esetében ez nem is volt alkalmazható. Ezért terjedtek el a különböző mechanikai leválasztások.

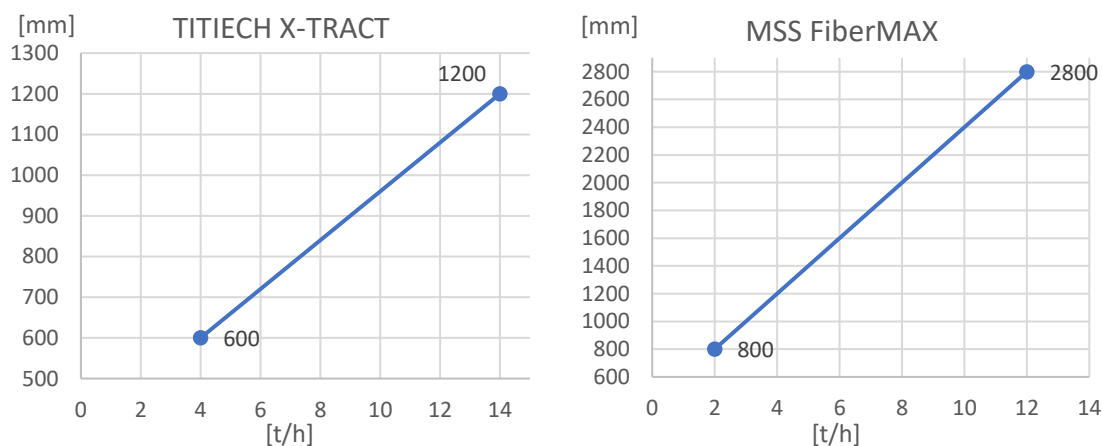
Az érzékelők fejlődésével az optikai automata válogatóművek hatékonyabbá és elérhetőbbé váltak. Előnyük a mechanika leválasztókkal szemben, hogy kevésbé igényelnek hasonló szemcseméretet vagy alakot, és a nedvességtartalom kisebb mértékben befolyásolja őket. További előnyük, hogy már néhány mm-es szemcseméret esetében is alkalmazhatók. A feldolgozási sor elejére helyezve őket, korán leválasztható az anyagáram azon része, ami vagy önállóan hasznosítható, vagy a később zavarokat okozna. Egy biogáz üzem esetén ez azt jelenti, ha a zagyképzés előtt leválasztjuk a nem szerves anyagokat, akkor a fermentor mérete ugyanúgy csökkenthető, mint pl. nedves leválasztásnál. A két eljárást összehasonlítva az előbbi nem használ vizet, így jelentősen kisebb vízkezelő, víztisztító beruházásokat igényel.

Az érzékelés alapja lehet infravörös (NIR) vagy röntgen (XTR) sugár. A szalagon egy rétegben terített hulladékot sugárforrás vizsgálja meg. Az érzékelő veszi a válasz jelet, és egy kiértékelés után eldönti, mi legyen az adott részecske sorsa. A beállításoktól függően képes a kívánt vagy a nem kívánt elemet kiemelni a halmazból egy levegősugárral. [2]

Műanyag alkotórész kihozatal NIR szeparátorra: 80-90%, átlag: 85%

Műanyag terméktisztaság NIR szeparátorra: 85-92% átlag: 88%[14]

Röntgen szeparátorra a NIR szeparátor szélesség – kapacitás értékeinek összefüggését a 19. ábra szemlélteti (a szalagszélességgel és a szalagsebességgel egyaránt lineáris):

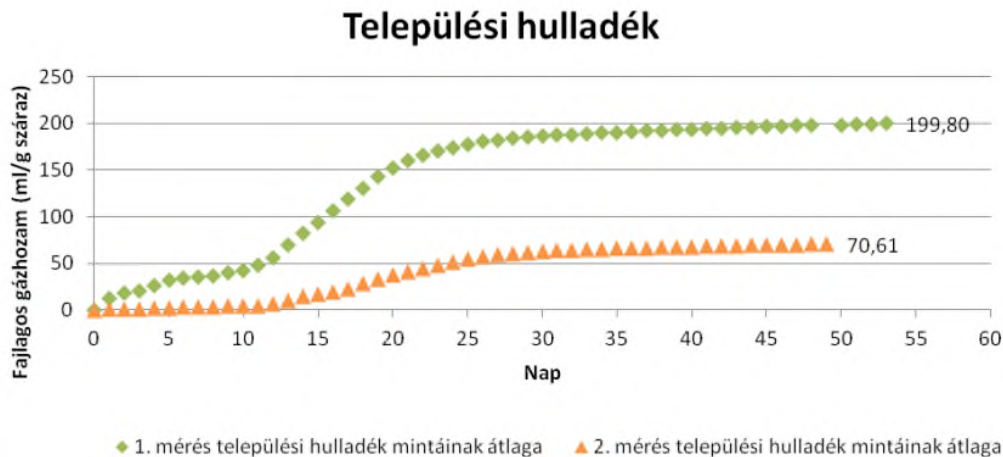


19. ábra: TITIECH X-TRACT röntgen és MSS FiberMAX NIR szeparátor kapacitás - szélesség diagramja

- Fermentálás

A szerves anyagok anaerob körülmények között végbemenő bomlási folyamata, mely során a tömege 30-40%-ot csökken, miközben biogázzá (45-70% CH₄ és 30-55% CO₂) és vízzé alakul át. Lehet mezofil (30-40°C) vagy termofil (50-65°C). Az előbbi lassabb, de az mikroorganizmusok alkalmazkodóbbak és kevesebb energia befektetést igényelnek. Az utóbbi

gyorsabb, több, (akár 10%) CH₄ képződéssel jár, megtörténik a higenizáció is, de a mikroorganizmusok érzékenyebbek és a magasabb hőmérséklet miatt drágább az üzemeltetésük. [19, 23]



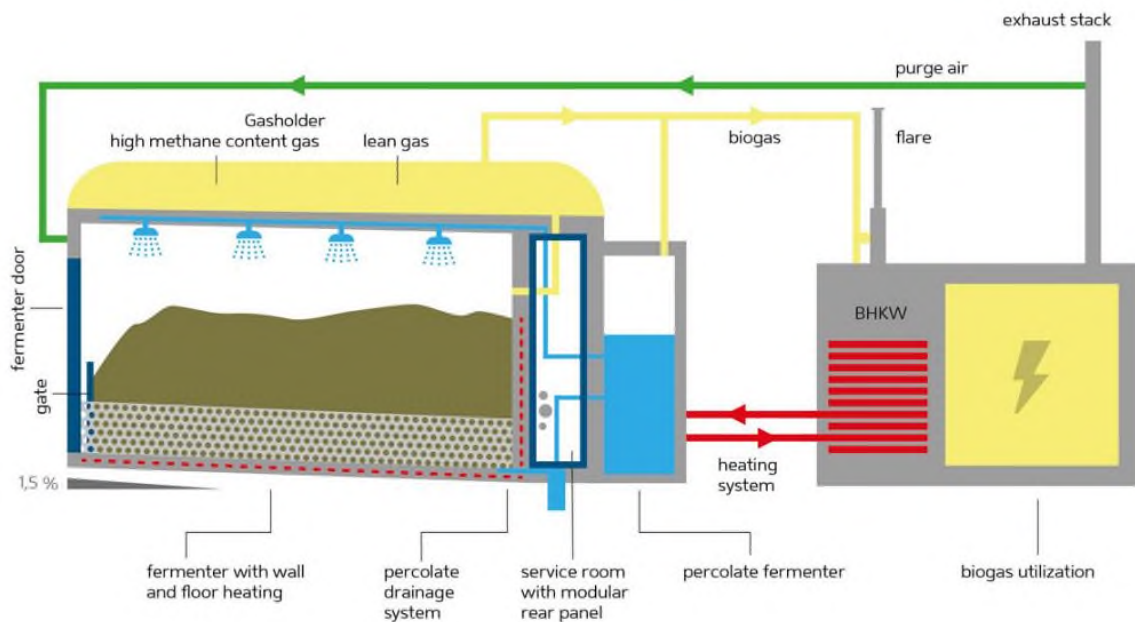
20. ábra: Kumulált fajlagos biogáz hozam a hulladék szárazanyag tartalmára vonatkoztatva [18]

Látható a 20. ábra alapján, hogy a biogáz képződés a 20-30 nap környékén lelassul, ezért a fermentorokban való tartózkodási időt erre érdemes méretezni. A képződő átlagos biogáz mennyisége 100-140m³/t. A biológiai folyamatok azonban itt még nem állnak le, ezért szükséges egy utókezelés. Ez lehet utófermentálás vagy komposztálás, ami további nedvességtartalom csökkenéssel hat. A keletkező biogáz tulajdonságai rosszabbak, mint a földgázé. A fő összetevői a metán (50-75%), és a széndioxid (25-40%) mellett található benne nitrogén (<2%), hidrogén (<1%), O₂ (<2%), víz (2-4 % 20-40 Co-on), kénhidrogén (20-20000 ppm). A 100%-os szervesanyag tartalmú, fermentorokban előállított biogáz átlagos fűtőértéke 22 MJ/m³. A 40-50 %-a szervesanyag tartalmú kommunális hulladékokból keletkezett depóniagáz a fűtőérték 14-17MJ/m³. A biogáz tisztítással vagy anélkül is használható energiatermelésre. [22]

A fermentálás egyik fajtája a száraz fermentálás, melynek a szárazanyaga tartalom > 25%. Mivel a nedvességtartalom kisebb mint a többi esetben, kisebbek anyagáramok, ezért kisebb méretűek a berendezések. További előny, hogy folyamat végén kevesebb vizet kell eltávolítani a fermentációs maradékból. Hátránya a szakaszos üzem és a keverés hiánya miatti nem egyenletes bomlás. [21, 22, 33]

A szerves anyagok baktériumok, gombák és mikroorganizmusok segítségével lebomlanak. Fontos, hogy az alapanyagban ne legyenek a számukra káros komponensek ill. biztosítva legyenek a számukra az optimális környezeti hőmérséklet és nedvesség tartalom.

A fermentáció szakaszosan, kamrákban, cellákban vagy konténerekben történik, amelyben az anyagot nem keverik. A nedvesség fenntartásához az alapanyagot a folyamat alatt felülről folyadékkal permetezik, miközben a felesleget alul elhelyezett perforált csövön keresztül vezetik el, majd keverik vissza. A hőmérséklet tartásához a fermentorokat fűteni kell. Ez biztosítható a képződött biogáz eltüzelésével vagy a hasznosítása során keletkezett melegvíz felhasználásával. Így csökkenthetőek a működési költségek.



21. ábra: Száraz fermentálás [24]

- Utóérlelés (komposztálás)

Az utókezelés egy rövidített idejű komposztálás, azaz egy aerob körülmények között, 65-70°C-on végbemenő exoterm folyamat. Mivel az előző folyamatban a szerves anyagtartalom nagy része már átalakult (biogáz képződés), ezért az utóérlelés ideje a teljes komposztálás 10-12hete helyett lecsökkenthető 1-2 hétre. Ezalatt befejeződnek a megszakadt biológiai folyamatok, és a nedvességtartalom is csökken.

Az anyagot 3m széles, 1,5m magas 20-50m hosszú prizmákba rendezik, amelyekben végbemegy a komposztálás (passzív komposztálás). A folyamat segíthető, ha a prizmákat átszellőztetik forgatással (forgatásos komposztálás) vagy előre kialakított csőrendszereken keresztül levegőztetik (levegőztetett komposztálás). A szaghatások csökkenthetőek/megelőzhetőek, ha a zárt rendszerben végzik. Ez lehet membrán fóliával való takarás (takart levegőztetett komposztálás vagy kamrás rendszerű komposztálás). [4, 19]

A THSZ-ből származó B-biofrakció komposztálása során a végtermék csupán „komposzt-szerű” anyag, amely mezőgazdasági felhasználásra nem alkalmas mert „nem bomló, talajidegen anyagokat” tartalmaz. Magyarországon a 90/2008. (VII.18.) FVM rendelet alapján tilos ilyen anyagokat termőföldre kijuttatni. Elhelyezése lerakókban történik (vagy annak takarásaként), de a már stabil állapotban. A folyamat előnye a kis működési, és a relatív alacsony beruházási költség. Maga a komposztálás nem igényel külső energia bevitelt. Hátránya a nagy területigény, mivel a prizmák magassága alacsony.

- Gáztartály

A folyamatos gázképződés miatt, az üzembiztos működés fenttartása érdekében 1-3 nap alatt keletkező biogáz mennyiségének tárolására szolgáló tartályt kell kiépíteni. [22]

- Fáklya

A fellépő üzemzavarok esetén működésbe lépő biztonsági eszköz. A keletkező gázok gyors, ellenőrzött körülmények közötti elégetésére szolgál, megelőzendő hogy az szétterüljön a környezetbe nagyobb katasztrófát okozva.

- Kapcsolt (villamos és hő) energiatermelés

A keletkezett biogáz hasznosítható közvetlenül villamos vagy hőenergia előállítására, vagy a kapcsolt energiatermelésre. Ez utóbbira akkor van lehetőség, ha az előállított hőmennyiségre egész évben stabil szükséglet van pl. lakossági vagy ipari létesítmények meleg víz vagy fűtési igényének formájában.

Lehet gőz munkaközegű, vagy füstgáz munkaközegű. Ez utóbbi esetben, a gázmotorok füstgáz hulladékhője kerül hasznosításra forróvíz-kazánban. A keletkezett villamos energia felhasználható a berendezések üzemeltetéséhez, vagy visszatáplálható a villamos hálózatba. Az előállított hő használható a fermentáció hőigényének és a kiszolgáló épületek meleg víz és fűtés szükségletének fedezésére. Amennyiben a környezetben van olyan település, amelynek van kiépített távhő rendszere, abba is betáplálható.

Egy gázmotor $\eta_E=30-40\%$ hatásfokkal állít elő villamos energiát, és $\eta_Q=80\%$ -os hőhasznosítási hatásfokkal hasznosítható hőt.

3.4 A technológiai rendszer anyagmérlege

Az anyagmérleget két fázisban célszerű elkészíteni, elsőként a fizikai-mechanikai technológiai részét, meg pedig a fermentációs rész.

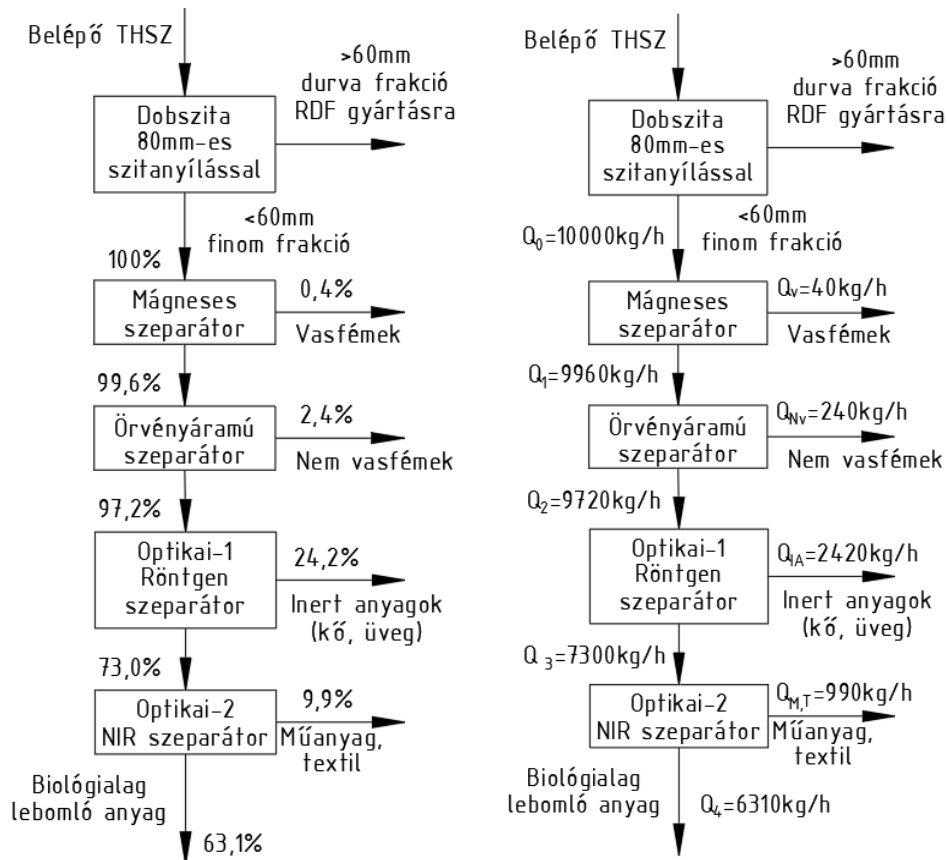
a.) A fizika-mechanikai technológiai folyamatrészt anyagmérlege

A fizikai-mechanikai technológiai folyamatrészt a 15. ábra szemlélteti, az anyagáramok becsléséhez a 13. táblázat átlagos adatai használhatjuk fel.

További adatok a mérlegszámításhoz (Zalaegerszeg):

Éves keletkező B-frakció: 30000 t/év. A fizikai-mechanikai rész 5 napos kétműszakos munkahéttel számolva (figyelembe véve a szabadságokat, karbantartást és az egyéb kiesett munkaidőket) az éves effektív munkaórák száma: $49 \text{ hét/év} * 5 \text{ nap/hét} * 14 \text{ h/nap} = 3430 \text{ h/év}$. Fizikai-mechanikai rendszerrész kapacitása 3000h/év munkaórát figyelembe véve $Q=10 \text{ t/h}$ (10000kg/h).

Az anyagmérleget, a 14. táblázat adataival becsülve éles szétválasztást feltételezve a 22. ábra bal oldali ábrája, a műveleti hatások figyelembe vételével ugyanitt a jobb oldali ábrája szemlélteti.



22. ábra: A fizika-mechanikai technológiai folyamatrészt anyagmérlege

14. táblázat A <60 mm-es Biofrakció jellemző átlagos összetétele (Zalaegerszeg) együtt-feldolgozhatóság szerint csoportosítva a 13. táblázat alapján

Frakció	Összetétel (száraz)	Együtt előkészíthető anyagcsoportok	Mennyiség (tömegarány),	Tömegára mennyiség a gépméretezéshez	
				%	kg/h
% Vas	0,4	Vasfém	0,4	1	100
Alumínium	2,4	Alumínium	2,4	4	400
Műanyag 3D	4,0	Műanyag	9,9	14	1400
Fólia	3,3				
Textil	2,6				
Inert (kő, üveg)	24,2	Ásványos	24,2	30	3000
Papír	22,6	Biomassza	63,2	70	7000
Bio	29,5				
<5mm	11,1				
Összesen	100,0		100,0		

Az anyagáramok mennyiségi ingadozása meglehetősen nagy, ezért gépek méretezésénél, mindig a legnagyobb tömegarányú érték alapján adódó berendezésre kerülő tömegáram (kg/h) értékkel végzem a számítás (ld. 14. táblázat utolsó oszlopát).

A termékek tisztaságának várható értékét a termékeknél 85-90 %.

b.) A fermentációs technológiai folyamatrészt anyagmérlege

A bemenő anyagáram halmazsűrűsége $\rho_{\text{halmaz}}=0,6\text{t/m}^3$

A korábban alkalmazott mechanikai kezelések miatt a biomassza nagy terméktisztaságú, ezért

a fajlagos gázképződés: $\frac{120\text{t/m}^3}{0,631} = 190\text{t/m}^3$

A keletkező biogáz fűtőértéke 17 MJ/m^3 , sűrűsége: $1,1-1,2\text{kg/m}^3$

A fermentáció éves kapacitása: $Q_f=6310\text{kg/h} \cdot 3000\text{h/év} = 18930\text{t/év}$

$\rho_f=0,6\text{t/m}^3$ halmazsűrűség esetén: $Q_f=\frac{18930\text{t/év}}{0,6\text{t/m}^3} = 31550\text{m}^3/\text{év}$

Keletkező biogáz mennyisége:

$$Q_{\text{biogáz}}=18930\text{t/év} \cdot 190\text{m}^3/\text{t} = 3596700\text{m}^3/\text{év} \Rightarrow 9854\text{m}^3/\text{nap} \Rightarrow \text{és } 410\text{m}^3/\text{h}$$

Keletkező biogáz energia tartalma, 17 MJ/m^3 fűtőértékű biogázt feltételezve a 3.3 fejezetben leírtak alapján (a biomassza nagy terméktisztaságú, de nem tiszta):

$$410\text{m}^3/\text{h} \cdot 17\text{ MJ/m}^3 = 6970\text{MJ/h} \Rightarrow 1,936\text{MJ/s} \Rightarrow 1936\text{kW}$$

Villamos energiatermelés 35% gázmotor hatásfokkal számolva:

$$1936\text{ kW} \cdot 0,35 = 678\text{kW}$$

Direkt hőenergia termelés 80% hatásfokkal számolva:

$$1936 \cdot 0,8 = 1549 \text{ kW}$$

Kapcsolva hőenergia:

$$0,8(1936 \text{ kW} - 678 \text{ kW}) = 1006 \text{ kW}$$

Összes hatásfok:

$$(678 \text{ kW} + 1006 \text{ kW}) / 1936 \text{ kW} = 0,87, \text{ azaz } 87\%.$$

A fermentáció idejét az 20. ábra alapján 21 napban meghatározva, az év során 16 ciklussal számolva (egy ciklust kihagyva a leghidegebb téli 3 hét során) a kapacitás ciklusonként:

$$Q_{f/\text{ciklus}} = \frac{18930 \text{ t/év}}{16} = \underline{1184 \text{ t/ciklus}}$$

$$Q_{f/\text{ciklus}} = \frac{31550 \text{ m}^3/\text{év}}{16} = \underline{1972 \text{ m}^3/\text{ciklus}}$$

1 ciklus alatt biogáz hozam:

$$1184 \text{ t/ciklus} \cdot 190 \text{ m}^3/\text{t} = 224960 \text{ m}^3/\text{ciklus} \Rightarrow 10712 \text{ m}^3/\text{nap} \Rightarrow \text{és } 446,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

A képződött biogáz éves tömeg: $(1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 3596700 \text{ m}^3/\text{év}) / 1000 = 4316 \text{ t/év}$

A biogáz és a vízvesztés miatt a fermentáció során a biotömegvesztése: 5000 t/év

A fermentáció után visszamaradó biostabilizált fermentációs maradék mennyisége:

$$18930 - 5000 \text{ t/év} = \underline{13930 \text{ t/év}}$$

A maradék aránya:

$$\frac{13930 \text{ m}^3/\text{év}}{18930 \text{ m}^3/\text{év}} = 0,74, \text{ azaz } 74 \%$$

c.) Mechanikai-biológiai stabilizáló anyagmérlege

A Mechanikai-biológiai stabilizálás éves kapacitás igénye:

$$Q_{\text{stab}} = 13930 \text{ t/év}$$

A mechanikai-biológiai stabilizálás a fermentorok ürítése után 2 hétig tart, érdemes minden ciklust új prizmába rakni. Ezért a ciklusok száma: 16

A Mechanikai-biológiai ciklusokként kapacitás igénye:

$$Q_{\text{stab./ciklus}} = \frac{13930 \text{ t/év}}{16} = 871 \text{ t/ciklus}$$

További tömeg 20%-os tömeg csökkenéssel számolva, a visszamaradó anyag mennyisége:

$$Q_{\text{maradvány}} = 13930 \text{ t/év} \cdot 0,8 = 11144 \text{ t/év}$$

$$Q_{\text{maradvány/ciklus}} = 871 \text{ t/év} \cdot 0,8 = 697 \text{ t/ciklus}$$

15. táblázat Lerakás becslése

Művelet, technológiai folyamat	Maradék neve	Maradék, t/év	Maradék tömegarányban 60000 t/v nyers VTSZH-ra vetítve
RDF gyártás	B-biofrakció (<60 mm)	30000	50 %
Fizikai-mechanikai előkezelés	Biológiai anyagokban dús termék	18930	32 %
Száraz fermentálás	Fermentálási maradék	13930	23 %
Biostabilizálás (aerob lebomlás)	Biostabilizálási maradék (lerakásra kerül!)	11144	19 %
Lerakásra kerül		11144	19 %

A megoldás tehát miközben energiát ad, drasztikusan csökkenti (RDF-üzem VTDSZH-feladására nézve ~19%-ra) a lerakandó hulladék mennyiségét, és az eddig lerakotthoz képest pedig a lerakandó maradék a korábbi (30 ezer t/év) egyharmada: 11 ezer /év.

Mindemellett kinyerünk 800-840 t/év fémet, 2900-3000 t/év polimert (műanyag, textil), ami RDF-ben hasznosítható, végül 7200-7300 t/év inert anyagot (kőzet, üveg), ami elvileg építési célra (pl. alsórendű utak útalapjába, mint kavics helyettesíthető adalék) hasznosítható, vagy egyszerű -különleges védelmet nem igénylő- lerakóba helyezhető

3.5 Az alkalmazott berendezéseinek fő méret és üzemjellemzőinek meghatározása

a.) A fizika technológiai folyamatrészt

- **mágneses szeparátor** szállító gumiszalag fejdobjába épített mágnessel

$$H=0,05\text{m}$$

$$k=1,2 \text{ biztonsági tényező}$$

$$v_0=1,4\text{m/s}$$

$$\varepsilon=92,5 \%$$

$$Q_{0\text{névleges}}=k*Q_0=(1-\varepsilon)*H*B*v_0*3600*\rho_{\text{szemcse}} \Rightarrow B=\frac{k*Q_0}{(1-\varepsilon)*H*v_0*3600*\rho_{\text{szemcse}}}$$

Szállítószalag szélessége/ Mágnesdob hossza:

$$B=\frac{1,2*10\text{t/h}}{(1-0,925)*0,05\text{m}*1,4\text{m/s}*3600*1,2\text{t/m}^3}=530\text{mm} \Rightarrow B=550\text{mm}$$

Ekkor az anyag halmazsűrűsége a dobon és 1 méter szalaghosszon:

$$\rho_{\text{halmaz}} = \rho_{\text{szemcse}}(1 - \epsilon_{\text{halmaz}}) = 1,2(1 - 0,925) = 0,09 \text{ t/m}^3 \Rightarrow 90 \text{ kg/m}^3$$

Térfogatáram: $Q = H \cdot B \cdot v_0 \cdot 3600 = 0,05 \cdot 0,550 \cdot 1,4 \cdot 3600 = 139 \text{ m}^3/\text{h}$.

A hulladék tömegárama:

$$Q = q \cdot \rho_{\text{halmaz}} = 139 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,09 \text{ t/m}^3 = 13 \text{ t/h}$$

A feltételeknek IFE $D \times L = \phi 320 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ méretű szalagba épített dobszeparátor felel meg 600 mm dob-/szalagszélességgel:

$$q_{\text{IFE}} = 143 \text{ m}^3/\text{h}$$

ebből a ellenőrző tömegáram:

$$Q = q_{\text{IFE}} \rho_{\text{halmaz}} = 143 \cdot 0,09 = 13 \text{ t/h}$$

- **Örvényáramú szeparátor**

A 18./b ábra (Örvényáramú szeparátor szemcseméret – fajlagos kapacitás diagramja) alapján:

$$Q_1 = 9,96 \text{ t/h}$$

Átlagos szemcseméret: $x_{50} = 21 \text{ mm}$

Fajlagos kapacitás: $q = 15,5 \text{ t/h} \cdot \text{m}$

$k = 1,2$ biztonsági tényező

$$Q_{1\text{névleges}} = k \cdot Q_1 = B \cdot q \Rightarrow B = \frac{k \cdot Q_0}{q}$$

$$B = \frac{1,2 \cdot 9,96 \text{ t/h}}{15,5 \text{ t/h} \cdot \text{m}} = 0,77 \text{ m} \Rightarrow B = 0,8 \text{ m}$$

Az örvényáramú szeparátor szállítószalag $v = 1-2 \text{ m/s}$

- **Röntgen szeparátor**

$$Q_2 = 9,72 \text{ t/h}$$

$$Q_{2\text{névleges}} = k \cdot Q_2 = 1,2 \cdot 9,72 \text{ t/h} = 11,7 \text{ t/h}$$

A röntgen szeparátor szélesség a 19. ábra alapján $B = 1070 \text{ mm}$.

Ez egy TITECH X-TRACT 1200 berendezéssel megoldható.

- **NIR szeparátor**

$$Q_3 = 7,3 \text{ t/h}$$

$$Q_{3\text{névleges}} = k \cdot Q_3 = 1,2 \cdot 7,3 \text{ t/h} = 8,76 \text{ t/h}$$

A szalag szélessége a 19. ábra alapján $B = 2152 \text{ mm} \Rightarrow B = 2200 \text{ mm}$

b.) Fermentációs technológia

A fermentáció idejét az 20. ábra alapján 21 napban meghatározva, az év során 16 ciklussal számolva (egy ciklust kihagyva a leghidegebb téli 3 hét során) a kapacitás ciklusonként:

$$\frac{18930\text{t/év}}{16} = 1184\text{t/ciklus}$$

$$\frac{31550\text{m}^3/\text{év}}{16} = 1972\text{m}^3/\text{ciklus}$$

800 és 400m³-es száraz fermentáló reaktorok esetén a szükséges reaktorok száma egy ciklus során:

$$2\text{db } 800\text{m}^3 \text{ és } 1\text{db } 400\text{m}^3, \text{ vagy } 5\text{db } 400\text{m}^3\text{-es reaktor}$$

20% tartalékot figyelembe véve:

$$1972\text{m}^3/\text{ciklus} * 1,2 = 2366,4\text{m}^3/\text{ciklus}$$

Ehhez 3db 800 vagy 6db 400m³-es száraz fermentáló reaktorok szükségesek.

1 ciklus alatt hozammal számolva:

$$1184\text{t/ciklus} * 190\text{m}^3/\text{t} = 224960 \text{ m}^3/\text{ciklus} \Rightarrow 10712,4 \text{ m}^3/\text{nap} \Rightarrow \text{és } 446,4\text{m}^3/\text{h}$$

c.) Mechanikai-biológiai stabilizáló

$\rho_{\text{stab}} = 0,9\text{t/m}^3$ halmazsűrűséget figyelembe véve:

$$Q_{\text{stab./ciklus}} = \frac{871\text{t/ciklus}}{0,9\text{t/m}^3} = 968\text{m}^3/\text{ciklus}$$

6,5m széles, 3m magas és 30m hosszú prizmákat építve 1 prizma térfogata:

$$V_{\text{prizma}} = (6,5 * 3/2) * 30 = 292,5\text{m}^3$$

Prizmák száma:

$$n = \frac{Q_{\text{stab./ciklus}}}{V_{\text{prizma}}} = \frac{968\text{m}^3/\text{ciklus}}{292,5\text{m}^3} = 3,3\text{db}$$

A prizmák által elfoglalt teljes terület 3db 30 és 1 db 15m-es prizmával számolva:

$$A = 6,5 * 30 * 3 + 6,5 * 15 * 3 = 683\text{m}^2$$

3.6 A technológiai rendszer beruházási költségének becslése (2022)

A módszer az I. Mellékletben található [39]. Berendezések árának becslése, pl. gumiszalag:

$$K_B = K_{Br}(M)^m = 2400(4)^{0,778} = 7057 \$$$

Ft-ban (2022.január, háború előtti utolsó árfolyamon: 324 Ft/\$): 2.286.- eFt.

a.) Fizika-mechanikai technológia

16. táblázat Fizika-mechanikai technológia berendezéseinek fő műszaki jellemzői és beruházási költsége

Berendezés	Névleges kapacitás, műszaki jellemzők	Mértékadó méret, M	K _{Br} -referencia berendezésköltség (M-re vonatkozó) Egységár	Költség, K _B ezer Ft
Bordás gumiszalag (dobszita alóli kihordásra) 2db	Q=10 t/h B=0,55m v= 1,4 m/s	L= 4m	2400 USD(4) ^{0,778} = 7.057 USD	2*7.057*324Ft/USD =2*2.286 = 4.573.-
Gumiszalag fejébe épített mágneses szeparátor	Q=10 t/h B=0,55m v= 1,4 m/s	D=0,6	20000 USD(0,6) ^{0,91} = 12.565 USD	12565*324 Ft/USD= 4.071.-
Fe-konténer		1m ³		200.-
Örvényáramú szeparátor	Q=10 t/h B=0,8m v= 1 m/s	B=0,8m	125.000 USD(0,8) ^{0,91} = 102.028 USD	102.028*324 Ft/USD= 33.057.-
AL-konténer		1m ³		200.-
Nem vezető frakció kihordó bordás gumiszalag, a termék röntgen szeparátorhoz való szállításához	Q=10 t/h B=0,8m v= 1 m/s	L= 4m	2400 USD(4) ^{0,778} = 7.057 USD	2*7.057*324Ft/USD = 2.286.-
Röntgen szeparátor	Q=10 t/h	B=1,2m		33.057.- (*)
Kő és üveg konténer		1m ³		200.-
Vegyes frakció kihordó bordás gumiszalag, a termék NIR szeparátorhoz való szállításához	Q=7,3 t/h B=0,8m v= 0,8 m/s	L= 4m	2400 USD(4) ^{0,778} = 7.057 USD	2*7.057*324Ft/USD = 2.286.-
NIR szeparátor	7,3t/h	B=2,2m		33.057.- (*)
Műanyag és textil konténer		1m ³		200.-

Biofrakció kihordó bordás gumiszalag	Q=6,4 t/h B=0,8m v= 0,8 m/s	L= 4m	2400 USD(4) ^{0,778} = 7.057 USD	2*7.057*324Ft/USD = 2.286.-
Kanalas rakodógép	Q = 8 t/h	V = 2,5 m ³	P=250 LE	60.000.-

* Röntgen és NIR szeparátor esetén a bekerülési költség az örvényáramú szeparátor árával becsülve!

b.) Fermentációs technológia

17. táblázat Fermentációs technológia berendezéseinek fő műszaki jellemzői és beruházási költsége

Berendezés	Mérete	Típusa	Egységár	Teljes költség ezer Ft
3db 800m ³ -es (30mx6,4mx4,1m) száraz fermentáló konténer biogáz kezelő (fáklyával, biogáz tárolóval), szellőztető, sűrített levegő és fűtési rendszerrel, a szükséges csővezetékekkel együtt.		BEKON		2.898.800* 357Ft/ EUR = 1.034.872.-
Gázmotor	2,05MW		1,801 USD/kW	3692*324Ft/USD = 872.208.-

** 2022.január, háború előtti utolsó árfolyamon: 357 Ft/EUR

c.) Mechanikai-biológiai stabilizáló [38]

18. táblázat Mechanikai-biológiai stabilizációs technológia berendezéseinek fő műszaki jellemzői és beruházási költsége

	Mérete	Egységár	Költség, ezer Ft
Teherbíró térbetonra helyezett prizma szellőztetéssel, Gore TM Cover takarással	680 m ²	120000-140000 Ft/m ² [38]	87.600.-
Szellőztetés és takarás nélkül, becsült ár	680 m ²	65000 Ft/m ²	44.200.-

d.) A beruházási költség becslése költségarányosítás alapján

$$B_a = K_b + \sum_i \alpha_i K_b = K_b \left(1 + \sum_i \alpha_i \right)$$

19. táblázat Költségarányosítási (megvalósítás költségére) tényező

Állótóke elem	α	α Érvényes (választott érték)
1. Berendezések beépítése	0,17-0,25	0,2
2. Csővezetékek	0,07-0,25	0,03
3. Elektromosság	0,13-0,25	0,13
4. Műszerezés	0,03-0,12	0,06
5. Műveleti épületek	0,33-0,50	0,2
6. Kieg. épületek	0,07-0,15	0,07
7. Szolgáltatás	0,07-0,15	0,07
8. Területfejlesztés	0,03-0,18	0,03
9. Terület vásárlás	0,1-0,12	0,1
10. Mérnöki tervezés, építkezés	0,3-0,33	0,1
11. Összesen		0,99

20. táblázat Összes beruházási költség

Költségtétel	Költség, ezer Ft
Berendezések költsége összesen $\sum K_B$	2.140.153
Megvalósítás költsége ($0,99 \cdot \sum K_B$)	2.118.751
BERUHÁZÁSI KÖLTSÉG ÖSSZESEN (ÁLLÓTÓKE)	4.258.904

4. Összefoglalás

A dolgozat célja az RDF gyártás után lerakóba kerülő B-biofrakció csökkentési és stabilizálási lehetőségeinek feltárása volt. A vizsgálat során számos eljárástechnikai-technológiai lehetőség előnyeit és hátrányait vettem össze. A kiválasztott eljárással a másodlagos cél a biogáz termelés maximalizálása.

A hulladék fő összetevőit a felhasználhatóságuk szerint szeparáljuk a folyamat elején, csökkentve így a fermentáló berendezés méretét és növelve a hatékonyságát. A vas és a nem vasfémekre nagy a kereslet, az inert anyagok (kő, üveg) felhasználható pl. utak építésénél és a műanyag és a textil frakció a magas fűtőértéke miatt alkalmas RDF alapanyagának. A papír a szerves anyaggal együtt kerül a fermentorba. A keletkező biogázt a helyszínen használják fel kapcsolt (villamos és hő) energiatermelésre. Ez csökkenti a külső energiaigényt és a felesleg visszatáplálható a hálózatba. A fermentációs maradék egy takarással történő mechanikai-biológiai stabilizálás után kerül lerakásra.

A beruházás becsült költsége 4,26 milliárd forint.

21. táblázat Az eljárás során a feladott RDF, a keletkező termékek és maradék mennyiségei

Feladott RDF maradék	30.000 t/év
Hasznosítható másodnyersanyag termékek	11.070 t/év
Vasfémek (mágneses szeparátorral)	120 t/év
Nem vasfémek (örvényáramú szeparátorral)	720 t/év
Inert anyagok (röntgen szeparátorral)	7.260 t/év
Műanyag, textil (NIR szeparátorral)	2.970 t/év
Biogáz mennyisége (száraz fermentálással)	4.316 t/év
Lerakásra kerülő maradék (Mechanikai-biológiai stabilizálás GoreTMCover takarással)	11.144 t/év

Tisztában kell lenni azzal is, hogy akkor leszünk képesek igazán csökkenteni a hulladéklerakók terhelését, ha az az egymásra épülő műveletek egyéb termékeire is tartós kereslet van. Pl. ha az RDF-re nincs kereslet, a műanyag és a textil frakció nem értékesíthető és az is a lerakókban kerül. Ez a probléma remélhetőleg csökkenni fog, ha az országban épülnek RDF tüzelésű erőművek.

A 21. táblázatban található adatok alapján látható, hogy ez a megoldás képes ~33 %-ra, ami a telephelyre bekerült teljes nyers VTSZH vetítve 18 %-ra, csökkenteni a lerakóba kerülő hulladék mennyiségét az értékesíthező anyagok visszanyerése mellett. A gazdaságos működtetést segíti a biogázzal előállított villamos energia előállítása során keletkezett hőenergia felhasználása és az optikai válogatók használata is.

5. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a 3B Hungária Kft.-nek, akik adatai és eredményei nélkül ez a szakdolgozat nem jöhetett volna létre.

Külön köszönöm Prof. Dr. Csőke Barnabás professzor emeritus úrnak a sok segítséget, támogatása és tanácsot amit a képzés és a szakdolgozat írása közben nyújtott. A figyelmessége, naprakész tudása és sokirányú szemlélete miatt felejthetetlen élmény volt vele együtt dolgozni.

Ezenkívül szeretném megköszönni mindazon személy támogatását, akik segítettek abban hogy ez a szakdolgozat elkészülhetett.

6. Irodalomjegyzék

- [1] NHKV Nemzeti Hulladékgazdálkodási Koordináló és Vagyonkezelő Zrt. (2020. augusztus 19.): Országos Hulladékgazdálkodási Közzolgáltatási Terv 2021, 48p
- [2] Csőke B., Mucsi G., Nagy S., Böhm J., Gombkötő I., Takács J., Faitli J., Bokányi L., Szűcs P., Szabó I., Szabó A., Madarász T. Hulladékgazdálkodás 6. fejezet. Miskolci Egyetem digitális tananyag, Miskolc, 527p
- [3] Csőke B., Alexa L., Olessák D., Ferencz K., Bokányi L. (2006) Mechanikai Biológiai Hulladékkezelés Kézikönyve, Profikomp Kft., Gödöllő, 92p
- [4] Alexa L.(2017) Hulladékgazdálkodás. Szent István Egyetem és Profikomp Zrt. Gödöllő
- [5] Regősné Knoska J.: Másodlagos tüzelőanyagok előállításának lehetőségei, <https://docplayer.hu/24264469-Masodlagos-tuzeloanyagok-eloallitasanak-lehetosegei.html> (2022.09.10.)
- [6] Ladányi R. (2015) Hejőpapi mechanikai-optikai előkezelő mű. Köztisztasági Egyesülés szakmai konferenciája Siófok, 2015. április 21. <https://docplayer.hu/3834798-Hejopapi-mechanikai-optikai-elokezelo-mu.html> (2022.09.10.)
- [7] Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti eljárástechnikai Intézet (2018. március) Vizsgálati-jelentés a 3B Hungária Kft. részére. Üzemi méretű teszt a B-biofrakció előkezelésre és termikus hasznosításra 2018. január-február. Miskolc
- [8] <https://bta-international.de/en> (2022.09.10.)
- [9] Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti eljárástechnikai Intézet (2018) Szerves input és output anyagok elemzése a termokatalitikus eljárás folyamatának hatékonyabbá tétele érdekében Vizsgálati-jelentés a 3B Hungária Kft. részére. I. kötet. Kommunális hulladékból származó RDF és B-frakció előkezelése félüzemi méretben pirolízisre
- [10] Martina Meirhofer, Bioenergy2020+ GmbH, Pinkafeld, Austria - Arne Ragossnig, University of Applied Sciences Burgenland, Pinkafeld, Austria, Processing Options Of Heavy Fractions From MBT Plants
- [11] <https://www.tomra.com/en/solutions/waste-metal-recycling/products/x-tract> (2022.09.10.)
- [12] Bioelektra Group Sa (Poland) (2017) Bioelektra - innovative solution of Municipal Solid Waste treatment with 100% ecological effect

-
- [13] Bányászati és kohászati lapok - Bányászat Az Országos Magyar Bányászati és Hohászati Egyesület lapja 2013/1. szám 146. évfolyam Gert Schubert Csőke B., 9-21p
- [14] Csőke B. 6-7-óra-Előadás- Csőke B -Hulladék-szeperatorok-I-2022-v2 (órai jegyzet)
- [15] Csőke B. 8-óra-Előadás- Csőke B-Hulladékfeldolgozási technológiák-I-TSZH-AA-2022-... (órai jegyzet)
- [16] 9-óra-Előadás- Csőke B-Hulladékfeldolgozási technológiák-II-VTSZH-CC-2022-vvvv1-Hallg (órai jegyzet)
- [17] Csőke B. 10--11-óra -Előadás- Csőke B-Komplex hasznosító művek-2022-v1(órai jegyzet)
- [18] Csőke B., Agatics R., Alexa L., Bokányi L., Nagy S.- Varga T. E, Szilárd települési hulladék komplex kezelési és hasznosítási rendszerének fejlesztése vaskúton,
<https://folyoirat.hulladekonline.hu/files/195/>
- [19] Dér S. Komposztálási technológiák és gépek (órai jegyzet)
- [20] PTE Fizikai Intézet, Környezetfizika II 7. előadás, Szilárd biomassa átalakítása biogázzá, 2011-12, NB 7. előadás: A szilárd biomassa formák átalakítása biogázzá
<https://adoc.pub/7-eladas-a-szilard-biomassa-formak-atalakitasa-biogazza.html> (2022.09.11.)
- [21] Woperáné Dr. Serédi Á. Biogáz adatbázis Energiafelhasználás alprojekt, Miskolci egyete, Nemzeti tankönyvkiad
https://dtk.tankonyvvar.hu/bitstream/handle/123456789/7500/A2_AB_biogaz_biomassa_szenyviziszap_uj_boritoval_20121120.pdf (2022.09.13.)
- [22] Hajdú J. 2009 Biogázüzemek működése és biogáz üzemi technológiák,
<https://docplayer.hu/280371-Biogazuzemek-mukodese-es-biogaz-uzemi-technologiak-obekk-tudomanyos-szakmai-kiadvanyok-szerzo-dr-hajdu-jozsef.html> (2022.09.13.) OBEKK Zrt. Tudományos szakmai kiadványok sorozat (11/12), Gödöllő, 20009. december
- [23] Dióssy L. Hulladékgazdálkodás <https://slideplayer.hu/slide/2188754/> (2022.09.13.)
- [24] <https://www.bekon.eu/en/technology/>
- [25] Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti eljárás technikai Intézet (2020. augusztus 27.) Kompletts THSZ feldolgozó rendszer eljárás technikai vizsgálata és minták biztosítása, előkezelő- pelletáló rendszerek tervezése
- [26] Hulladékgazdálkodás I. (Szerkesztő: Csőke, B.) Környezetmérnöki Tudástár 12. kötet Pannon Egyetem
- [27] Schubert, G.-Csőke, B.: Nem-rideg hulladékok aprítóberendezései. BKL, Bányászat (HU

ISSN 0522-3512). 145.évfolyam (2013),1.szám. pp.7-19)

- [28] Csőke, B.: A hulladékfeldolgozás szeparátorai. Első rész: Száraz szeparátorok. Hulladéksors. 2009.X.évf. 5.szám., 20-23
- [29] Csőke, B.: A hulladékfeldolgozás szeparátorai. Második rész: Nedves szeparátorok. Hulladéksors. 2009.X.évf. 8.szám., 20-24
- [30] <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/6757479/8-26032015-AP-EN.pdf/a2982b86-9d56-401c-8443-ec5b08e543cc> (2022.10.06.)
- [31] <https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2011/julius-augusztus/2076-kommunalis-hulladekbol-biogaz> (2022.10.06.)
- [32] Rácz Á.: Hulladék-szeparátorok-2022-RA (órai jegyzet)
- [33] thermal treatment report.pdf
- [34] Tarján, G.: Ásványelőkészítés-II. Tankönyvkiadó. Budapest, 1969
- [35] Aprítás-darabosítás CsőkeB-jav-2-2013-dec-jegyzet.pdf
- [36] 4-5-óra -Előadás- Csőke B-Aprítás eljárástechnikai jellemzése-tervezése-2022-v2.pdf
- [37] PLASTIC_ZERO_annex_d32_action4.2_report_on_assessment_sept2013_final.pdf
- [38] Települési szilárd hulladékok hasznosítása nemzetközi előírásoknak megfelelő alternatív tüzelőanyag előállításával (GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0.Munkaszakasz szakmai beszámolója és zárójelentés, Miskolc, ME, 2007)
- [39] Csőke, B.: Előkészítéstechnika (Oktatási segédlet), 2007. Miskolci Egyetem Eljárástechnikai Tanszék

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Oláh Erzsébet
A Hallgató Neptun kódja: HPGFEI
A dolgozat címe: Az RDF-üzemek dobszita-finom maradékának előkészítési és hasznosítási lehetőségei
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

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: Budapest, 2023 év 04. hó 27. nap



Hallgató aláírása

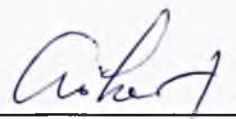
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Oláh Erzsébet hallgató Neptun azonosítója: HPGFEI konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: Miskolc, 2023. év 04. hó 27. nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.