

# ISZAPSTABILIZÁLÁSI ELJÁRÁSOK GAZDASÁGOSSÁGA

Benő Diána <sup>1</sup>, Cziráki József <sup>1</sup> Gersei István <sup>1</sup>, Tolnai Béla <sup>2</sup>

<sup>1</sup> DRV Zrt., <sup>2</sup> BioModel Bt.

## Kivonat

Az iszap kezelése alatt javarészt korábban az iszap ártalmatlanítását értettük. Ma a hangsúly egyre inkább áttelelődik az iszap, mint a szennyvíztisztítási folyamat melléktermékének hasznosítására. A technológiából elvételre kerülő szennyvíziszap jelenleg hulladék státuszú, viszont mezőgazdasági, energetikai szempontból értékes, „újrahasznosítható” anyagokat tartalmaz. Egy K+F+I projekt kapcsán az iszap ezen tulajdonságait igyekeztünk hasznosítani. A fizikai haszon mellett nem mellékes a közgazdasági haszon sem, amelyet a különböző eljárások alkalmazásával nyerünk. A már meghonosodott, illetve a kialakulóban lévő eljárások nemcsak technológiailag különböznek, de az egyes technológiákban felmerülő ráfordítások is jelentősen eltérnek egymástól. Ezért a költségek elemzésével és összevetésével a cél a leggazdaságosabb iszapkezelési eljárás vagy inkább a *best practice* (legjobb gyakorlat) megtalálása.

Cikkünkben röviden az alábbi témákkal foglalkozunk:

1. A csatornaszolgáltatás, mint tevékenység
2. Az iszapkezelés eljárásai
3. A végtermékek előállítási költségei
4. Végtermékek hasznosítása, értékesítése
5. Eredmények és felvetések

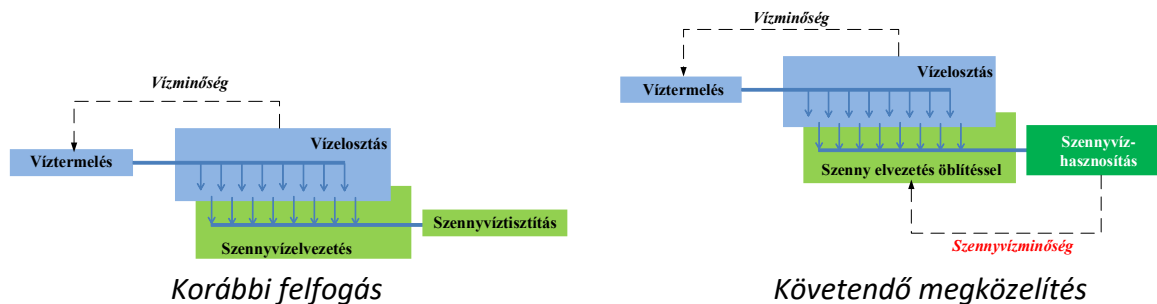
**Kulcsszavak:** iszapstabilizálás, mezőgazdasági hasznosítás, energetikai hasznosítás

## 1. A CSATORNASZOLGÁLTATÁS, MINT TEVÉKENYSÉG

A települési vízgazdálkodás feladatai között egyebek mellett a vízellátás és a csatornaszolgáltatás is szerepel. Víziközmű vállalatok éppen ezen feladatok végrehajtására jöttek létre. A szolgáltatás díját a csatornaszolgáltatást igénybevevő fogyasztók fizetik. A díj fedezetet nyújt a szennyvízelvezetés és tisztítás során felmerült költségekre beleértve az iszapkezelési költségeket is.

Mind a vízellátás, mind a csatornaszolgáltatás két-két egymást követő részfolyamatból áll:

- A víztermelési oldalon a vízminőség előállítása és a vízmennyiség biztosítása történik. A vízelosztás feladata a szükséges vízmennyiségnek megfelelő nyomáson való eljuttatása a fogyasztókig. Miután a vízminőséget a vízelosztás oldali fogyasztói csapolókon vett vízmintákon kell szavatolni, ugyanakkor a vízminőséget érdemben a víztermelési oldalon tudjuk szavatolni, ezért a vízminőség útján egyfajta visszacsatolás jön létre. (lásd 1. ábra baloldali fele)
- A csatornaszolgáltatást hosszú ideig szennyvízelvezetésként és szennyvíztisztításként osztottuk részfolyamatokra, szennyvíztisztítás alatt a szennyvíztisztító telepi tevékenységek összességét értve. Ez a felfogás az iszapot, mint ártalmatlanítandó mellékterméket kezelte. Az utóbbi időben egyre inkább előtérbe kerül a szennyvíz hasznosításának szorgalmazása, a hasznosítandó elemek között a (részlegesen) megtisztított vizet és visszamaradó iszapot egyaránt értve.



1. ábra. A víziközmű terminológia megváltoztatásának szükségessége

Ahhoz azonban, hogy hasznosítható termékeket tudjunk előállítani, nem elég a technológiai változtatás, minden bizonnyal szükség van a telepre beérkező szennyvíz szigorúbb minőségi követelményeinek előírására is. Ezt szimbolizálja a 1. ábrán a szennyvízminőségi visszacsatolás. A vízellátás esetében a vízminőségi visszacsatolás régóta gyakorlat. A víz minőségét vízelosztási oldalon követeljük meg, amely vízminőséget érdemben csak a víztermelési oldalon tudunk előállítani. A csatornaszolgáltatás esetében az eddig hiányzó szennyvízminőségi visszacsatolás berajzolása ugyanilyen célokat szolgál. Ez a követelmény röviden annyit jelent, hogy nem kerülhet bármi a szennyvízcsatornába akkor, ha a tisztított vizet és a leválasztott iszapot hasznosítani is kívánjuk. Nemcsak a víztisztítás technológiája vagy az iszapkezelés módja révén tudjuk befolyásolni a termék minőségét, hanem a beérkező összetevő, a szennyvízre előírt minőségi követelmények révén is.

A szennyvíztisztító telepen a víz tisztítása és a leválasztott iszap kezelése a fő feladat. A telepi tevékenységet két ágra bonthatjuk: vízvonalra és iszapvonalra.

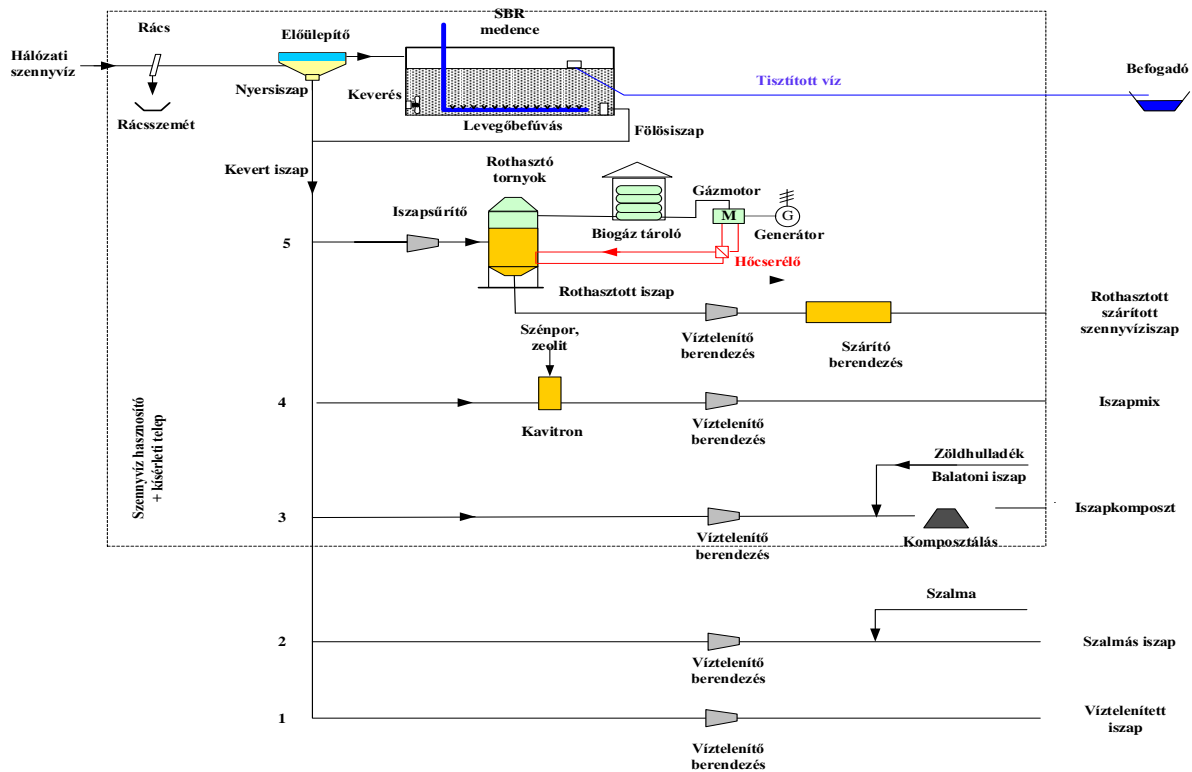
A már említett csatornaszolgáltatási díj egyaránt tartalmazza a vízvonal, az iszapvonal költségeit, sőt ezeken felül a keletkezett hulladék státuszú iszap szállítási-elhelyezési és hasznosítási költségeit is. A hasznosítás alatt azon hasznosítási műveleteket kell érteni, amelyet környezetvédelmi jogszabályok megfogalmazznak.

Hasznosítani a megtisztított szennyvizet (Ligetvári-Tolnai, 2021) és az iszapot, illetve az abból készült termékeket lehet. A következőkben az iszapkezelésre szorítkozunk. Az iszap hasznosítása mezőgazdasági vagy energetikai lehet.

A hasznosítás körülményeinek vizsgálatánál a DRV Zrt. területén megvalósított eljárásokból indultunk ki. A jövőben bevezetni tervezett iszapstabilizálásokat egy K+F+I projekt keretében elemeztük. A **környezettudatos gondolkodás** mellett egy másik ösztönző a **gazdaságos működés**.

## 2. AZ ISZAPKEZELÉS ELJÁRÁSAI

Az iszapkezelés eljárásai különféle lehetnek, Társaságunk működési területén is többféle technológiai megoldást alkalmazunk. A következőkben mind a korábbi ártalmatlanítási, mind a jövőben követendő hasznosítást célzó eljárásokról is szó lesz. Az elemzésekben a költségek összevetésére törekszünk. A korrekt összehasonlíthatóság érdekében mindegyik iszapkezelési eljárás azonos iszapminőségből, az ún. kevertiszapból (nyers- + fölösiszap) indul ki (lásd 2. ábrát).



2. ábra. Iszapkezelési eljárások

Az iszapkezelés eljárásainak közös célja a stabilitás elérése. A stabilitás a termékek ellenállása a további biológiai lebomlással szemben (Juhász J. – Oláh J. 2022), amely a termékek előállítása és felhasználása közötti időintervallum „bűzmentes” áthidalását szolgálja.

## 2.1 Iszapkezelés víztelenítéssel

A víztelenítéssel történő iszapkezelési eljárás a legköltséghatékonyabb megoldások közé tartozik. A szennyvízről mechanikai úton leválasztott iszapot egyszerűen csak víztelenítjük. Az így keletkező termék, továbbiakban végtermék nem stabil, a telepről járművek segítségével kerül elszállításra. A rekultivációs területeken történő elhelyezés pl. tájsebek begyógyítására is alkalmazható, megfelelő kezelést követően.

A víztelenítés az elszállítási költségek minimalizálását szolgálja. Az iszap elszállítását és elhelyezését szinte minden esetben külső cég végzi. A végtermék előállításához valamilyen víztelenítő berendezésre – pl. centrifugára - van szükség. A költségeket a centrifuga beszerzése (beruházás) és az üzemeltetése (karbantartás, villamos energia, vegyszerfelhasználás és személyi ráfordítás) adja. A kiserelés költségeinél az elszállítási költségek mellett hasznosítási díjjal is számolni kell.

Az iszapkezelés víztelenítéssel a kisebb telepek esetében az alacsonyabb beruházási költségek miatt még ma is a leggyakoribb megoldás.

## 2.2 Iszapkezelés szalmával történő összekeveréssel

Az iszapkezelés ezen eljárása is víztelenítéssel indul, második lépésként a már víztelenített iszapot szalmával keverik. A víztelenítés célja itt is a súlycsökkentés, a szalma a trágyaszóró gépekkel történő kiszórását könnyíti meg.

Ez az eset megfelel a korábbi állattartó paraszti gazdálkodásoknál alkalmazott trágyadomb gyakorlatnak. Ahogy az istállók sarkában elhelyezett trágyás alom, úgy a szennyvíztisztító telepi lebetonozott területen összerakott szalmás iszap is hónapokon át érlelődik. A halomban részleges komposztálódás zajlik. Az elszállítás időpontjában a végtermék részben stabil.

### **2.3 Stabilizálás komposztálással**

A komposztálási kísérletek nem laboratóriumi körülmények között zajlottak. A komposztáláshoz használt eszközök a nagyüzemi körülmények között működtethető berendezések. A gépi eszközök kihasználtsága azonban nem mindenkor felelt meg termelő folyamati igénybevételnek, hisz a K+F folyamat első szakaszában nem a komposzt termék előállítása volt az elsődleges, hanem a komposztálással kapcsolatos kérdések megválaszolásán volt a hangsúly.

Az eljárás első feladata a víztelenítés, következő lépése a víztelenített iszap oltóanyaggal és különböző adalékanyagokkal megfelelő arányban történő prizmába rakása. A komposztálási folyamat 3 hónap alatt végbemegy. Ezalatt a prizmát a projekt keretein belül beszerzett eszközökkel forgatjuk, keverjük, locsoljuk.

### **2.4 Stabilizálás keveréssel**

Az áramlástechnikai berendezés (továbbiakban ÁTB) közreműködését igénylő keverési kísérletek sem laboratóriumi körülmények között zajlottak. A mixeléshez használt eszközök nagyüzemi körülmények között is működtethető berendezések. Az ÁTB a szennyvíztisztító telepi technológia sorba építhető. A kísérlet során a kevert iszapot az előülepítőkből nyerjük. A kavitációs zónán többször átvezetett adalékanyag és iszap keveréket a kezelési folyamat végén előbb víztelenítjük, majd szárító csarnokban nyeri el a kevert termék-formát. A szén- és zeolit keverékek ebben a formában közvetlen mezőgazdasági kihelyezésre alkalmasak (*Stadler 2013*).

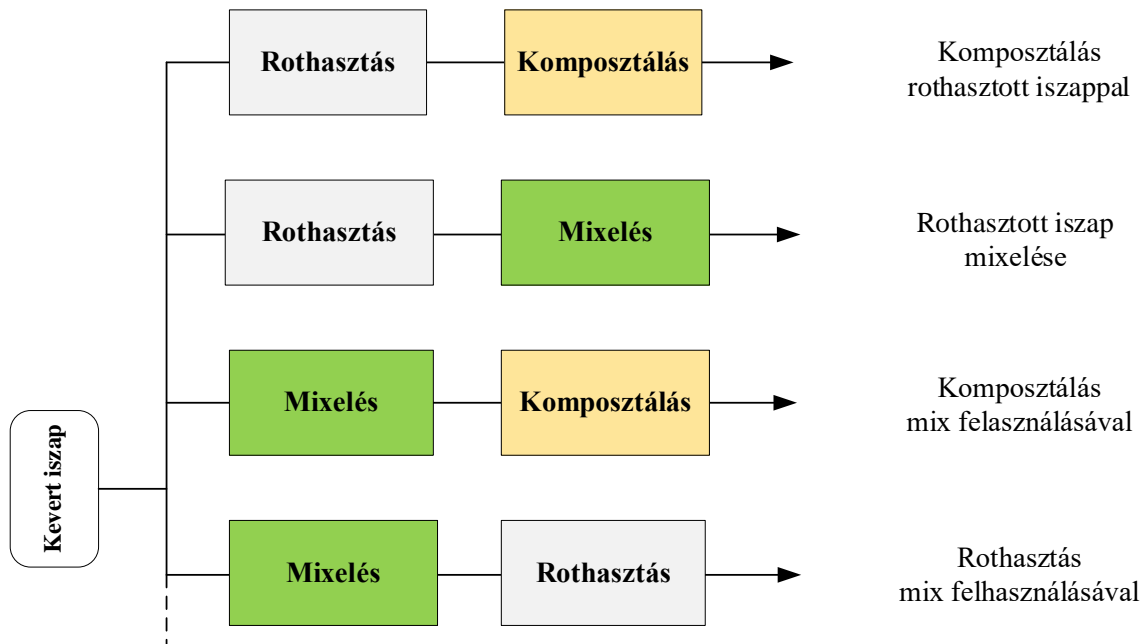
### **2.5 Stabilizálás rothasztással**

Az K+F+I projekt helyszínéül szolgáló új síófoki szennyvíztisztító telep az iszap stabilizálását rothasztással valósítja meg. Az előülepítőből elvett kevert iszap elősűrítés után a fűtött rothasztó tornyokba kerül, ahol mezofil körülmények között végbemegy az iszap lebontása, stabilizálása. A lebontás során biogáz keletkezik, amelyet egyrészt a gázmotorok villamos energiává alakítanak, másrészt kazánok segítségével a rothasztó tornyok fűtésére használnak.

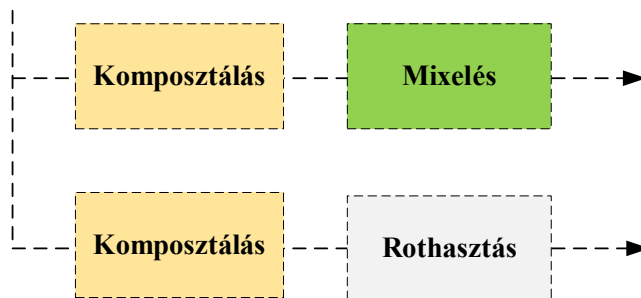
### **2.6 Több stabilizálási lépcső kombinálása**

A stabilitás kritériuma az volt, hogy az előállított végtermék a keletkezés és a felhasználás közötti időtartamot legyen képes áthidalni. Ha egymást követően duplán, vagy akár triplán alkalmazunk különböző stabilizálási módokat, attól a termék nem lesz úgymond jobb, viszont a költségek emelkednek, amelyeknek a megtérülése erősen kérdéses. A stabilizálási fokozatokat minimalizálni érdemes, ezért indul minden eljárásunk kevert iszaptól és csak az egy stabilizálási lépcsős megoldásokat tekintjük a gyakorlatban követendőnek, gazdaságosnak. A 3. ábra a kombinálások lehetőségét összefoglalóan mutatja.

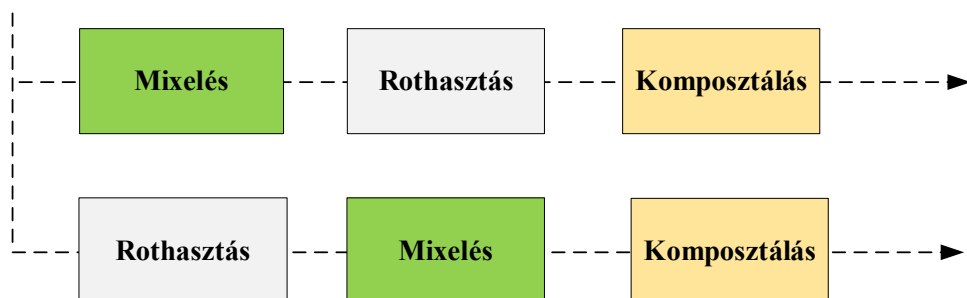
### Dupla stabilizálás



### Technológiailag nem megvalósítható megoldások



### Feleslegesen drága variációk



3. ábra Az eljárások kombinálása

## 3. VÉGTERMÉKEK ELŐÁLLÍTÁSI KÖLTSÉGEI

A költségek alakulását első körben a végtermék előállításig vesszük számba. Jelen esetben az elvett nyers és főliszapot tekintjük alapanyagoknak. Az iszapvonalon végighaladó anyag szennyvíztisztító telepen belüli költségeit igyekeztünk kalkulációs módszerekkel meghatá-

rozni. alapadatként a 2020. évi naturália és könyvelési adatokat használtuk. Ahol nem állt rendelkezésre könyvelt vagy mért adat, ott tapasztalatok alapján határoztunk meg (pl. leadott teljesítmény). A végtermékek tulajdonságait a 1. táblázatban foglaltuk össze.

Szsz	Termék megnevezés	Mintatelep	Minősítés	Megjegyzés
1.	Víztelenített kevert (nyers+fölös) iszap	Agárd	hulladék	a leggyakoribb DRV-s iszapkezelés
2.	Szalmával kevert (nyers+fölös) iszap	Balatonfőkajár	hulladék	sikeres megoldás a DRV-nél
3.a	Iszapkomposzt (zöldhulladék)	Fiktív	minősíthető	az K+F+I során előállítva
3.b	Iszapkomposzt (szalma)	Fiktív	minősíthető	az K+F+I során előállítva
4.a	Iszapmix (szén)	Fiktív	minősíthető	az K+F+I során előállítva
4.b	Iszapmix (zeolit)	Fiktív	minősíthető	az K+F+I során előállítva
5.	Szárított rothasztott iszap	Siófok	minősíthető	a Siófoki szvt. terméke

### 1. táblázat. Az iszapstabilizálási eljárások végtermékei

Az 1. víztelenítés, 2. szalmával keverés, 5. rothasztás fajlagos költségei meglévő telepek valós költségei alapján voltak képezhetők, a 3. komposztálás és 4. mixelés költségei az innovációs kísérletek ráfordításai alapján lettek kalkulálva és egy elképzelt fiktív telepméretre vonatkoznak. A komposztálás esetén a legkisebb gép, a komposztforgató kapacitásához illesztettük a telepet. A mixelésnél az ÁTB teljesítőképessége határozta meg a telep méretét.

A komposztálás és a mixelés kalkulálásánál esetek is megkülönböztetésre kerültek. A 3.a, 3.b illetve a 4.a, 4.b eseteket az eltérő struktúraanyagok (zöldhulladék vagy szalma) és adalékanyagok (szén vagy zeolit) használata különbözteti meg. A különbségtétel nem technológiai vonatkozású, hanem az alkalmazott adalékanyagok eltérő árára értendő.

A valódi és a fiktív telepek beruházási költségeinek számbavétele a létesítési költségek jelenértékének megadásával volna igazán korrekt. A számítások elvégzéséhez az adatok nem álltak teljes körűen rendelkezésre, ezért a vagyonértékből és az abból eredeztethető értékcsökkenési leírásból indultunk ki.

Az üzemeltetési költségek számszerűsítése egyszerűbb volt. Az adott kontrolling adatok és a naturáliák közvetlen mérése segítségével megalapozott számok voltak kimunkálhatók. A számos okán a számításokban a költségek előjele pozitív, a hasznok, bevételek negatívak. A fajlagos költségek képzéséhez legelőször az eljárások mennyiségi jellemzőit a naturáliákat kell meghatározni (lásd 2. táblázat). Az 1., 2., 5. esetekben a mintatelepek adatait használtuk, a 3.a;b és a 4.a;b esetekben a telepmérethez hasonlóan becsléssel határoztuk meg a mennyiségeket.

Szsz	Befolyt szennyvíz	Kevert iszap	Keletkezett termék	Termék szárazanyagtart.	Keletkezett termék iszapmennyisége
	[m <sup>3</sup> /év]	[t/év]	[t/év]	[%]	[t/év]
1.	2 422 629	36 483	3 220	17	561
2.	1 173 431	15 160	1 516	21	303
3.a	1 032 724	15 554	1 373	60	233
3.b	1 032 724	15 554	1 373	60	233
4.a	851 977	12 830	1 133	40	192
4.b	851 977	12 830	1 133	40	192
5.	3 942 283	51 026	1 163	80	930

### 2. táblázat. Az eljárások mennyiségi adatai, naturáliák

Az eljárások költségeit a 3. táblázat mutatja. Az üzemköltségek tartalmazzák a karbantartási költségeket is. Az éves értékcsökkenés megadásával a berendezés bekerülési költségeit mérjük. Külön tételként szerepelnek a megvásárolandó struktúra- és adalékanyagok. Megtérülés csak a rothasztós iszapstabilizálási eljárásnál van. A megtermelt biogáz a telep villamos energia és fűtési költségének jelentős részét fedezi. A megtérülés előjele értelemszerűen negatív.

Ssz	Üzem-költségek [Ft/év]	Adalékok [Ft/év]	Megtérülés, haszon [Ft/év]	Értékcsökkenés [Ft/év]	Ráfordítások összesen [Ft/év]
1	26 407 511	0	0	18 932 268	45 339 779
2	19 396 242	5 441 690	0	5 260 390	30 098 322
3a	64 384 304	8 673 600	0	9 436 022	82 493 926
3b	64 384 304	34 226 400	0	9 436 022	108 046 626
4a	28 285 780	29 880 000	0	1 450 000	59 615 780
4b	28 285 780	17 910 000	0	1 450 000	47 645 780
5	72 956 147	0	-21 560 644	109 363 742	160 759 245

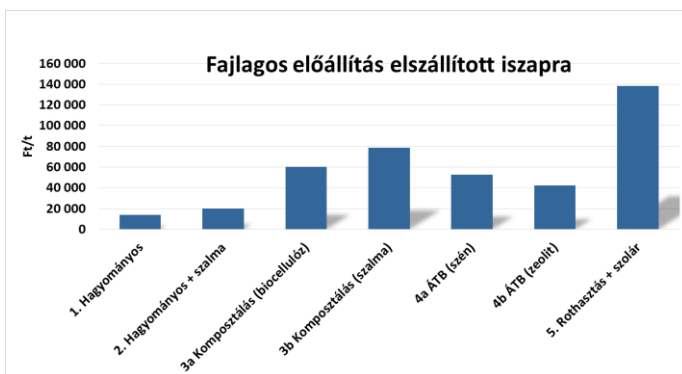
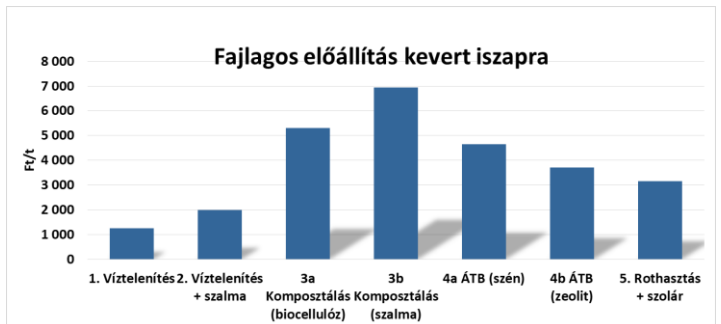
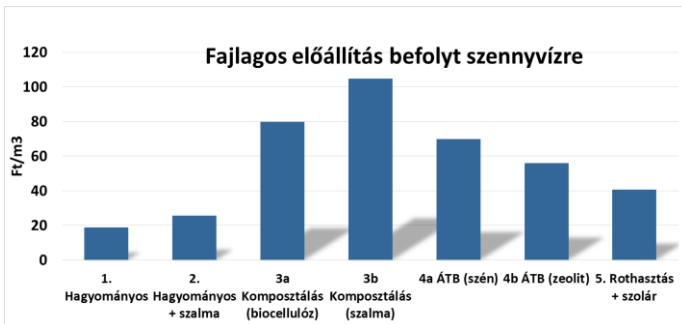
4. táblázat. Az eljárások költségei

A fajlagos költségeket az éves összes ráfordítások alapján képezzük (lásd 4. táblázat).

Ssz	Befolyt szennyvízre [Ft/m <sup>3</sup> ]	Kevert iszapra [Ft/t]	Termékre [Ft/t]	Termék iszapmennyiségére [Ft/t]
1	19	1 243	14 079	80 820
2	26	1 985	19 854	99 269
3a	80	5 304	60 092	353 480
3b	105	6 946	78 694	462 905
4a	70	4 647	52 639	309 773
4b	56	3 714	42 070	247 575
5	41	3 151	138 219	172 785

4. táblázat Az eljárások fajlagos költségei

A 4. táblázatban található számok beszédesebbek, ha grafikonon ábrázoljuk őket.



4. ábra Fajlagos költségek

A *bejövő szennyvíz mennyiség, mint naturália* áll legközelebb az értékesített mennyiséghez, és a benne levő iszap mennyiség is a különböző technológiák esetében közel azonos arányú, így alkalmas az összehasonlításra.

A *kevert iszapra* vetített fajlagos értékek az összevetésben hasonlóan alakulnak, mint a *bejövő szennyvízre* vetített értékek. A mixek és komposztok a megvásárolandó adalékanyagok miatt lesznek drágábbak.

A *keletkező végtermékre* vetített fajlagos értékek sorrendje átrendeződik. Ez két okra vezethető vissza: a végtermékek nemcsak iszapot tartalmaznak és a szárazanyagtartalmuk is erősen eltér. Továbbá a fajlagos költségekben megmutatkozik a beruházási költségek nagyságának súlya is.

A *keletkezett iszap szárazanyagtartalmára* vetített fajlagos értékek számítása talán a „legigazságosabb” összevetés, mert a legjobban tükrözi a víztelenítés technológiai viszonyait.

Bármelyik összevetést is nézzük, a víztelenített iszap a legolcsóbb iszapkezelési változat. Amikor az iszapkezelés a hasznosítható termék előállítás irányába mozdul el, a költségek megemelkednek, hiszen többletmunka, többletberuházás és többlet anyagfelhasználás valósul meg, ezek a többletköltségek azonban a hasznosítás során meg is térülhetnek.

#### 4. VÉGTERMÉKEK HASZNOSÍTÁSA, ÉRTÉKESÍTÉSE

A keletkező iszap ill. a belőle előállított végtermék ártalmatlanítása vagy hasznosítása még a csatornaszolgáltatási feladatok részét képezi. A kommunális jellegű szennyvíziszap nem helyezhető el. Az 5. ábrán a hasznosítás lehetőségei láthatóak. A fő rendező elvek is kiolvashatóak az ábrából, eszerint beszélünk:

*Ártalmatlanításról és hasznosításról.* A hasznosítás nem feltétlenül eredményez a víziközmű vállalat számára bevételként realizálható hasznot, sokkal inkább a kiadások mérséklése jön csak szóba.

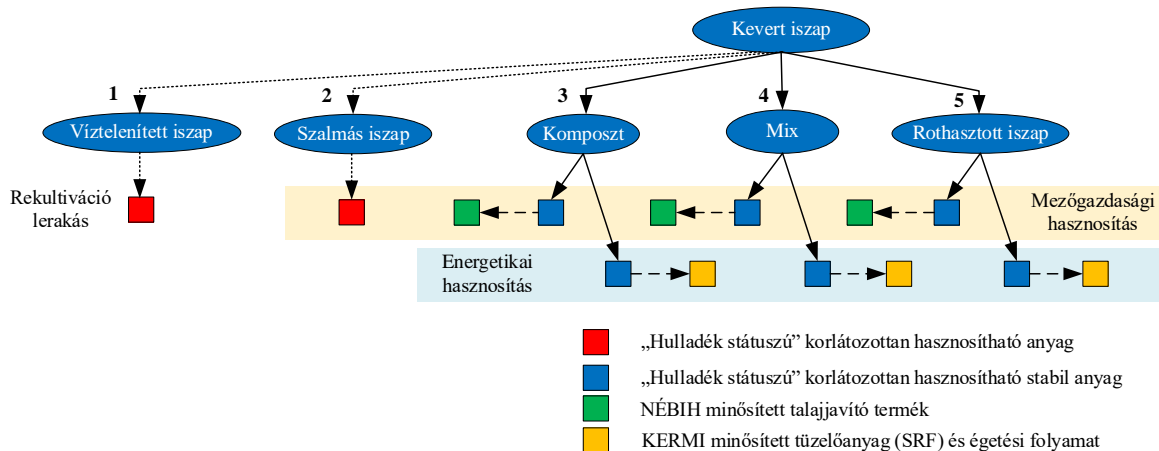
Hasznosítás bármely kezelési művelet – ideértve a válogatást is –, amelynek fő eredménye az, hogy a hulladék hasznos célt szolgál annak révén, hogy olyan más anyagok helyébe lép, amelyeket egyébként valamely konkrét funkció betöltésére használtak volna, vagy amelynek eredményeként a hulladékot oly módon készítik elő, hogy ezt a funkciót akár az üzemben, akár a szélesebb körű gazdaságban betölthesse;

Ártalmatlanítás minden olyan kezelési művelet, amely nem hasznosítás; a művelet abban az esetben is ártalmatlanítás, ha az másodlagos jelleggel anyag- vagy energiakinyerést eredményez.

- *Stabilizálatlan és stabil* termékről. Stabil termék alatt azt a terméket értjük, amely az előállítás és a felhasználás közötti időtartamot áthidalni képes. A stabilizálásnak éppen ez a legfőbb célja. Olyan iszapkezelésről beszélünk, amikor a kapott végtermék egy bizonyos ideig – a felhasználás időpontjáig - problémamentesen elraktározható.
- *Mezőgazdasági és energetikai* hasznosításról. A mezőgazdasági hasznosításnak két megnyilvánulási formája fontos. A végtermék szántóföldi kihelyezésével javul a talajszerkezet vízmegtartó képessége, azonkívül a növények tápanyag utánpótlása is megvalósul. Az energetikai hasznosítás mono- vagy együtt-égetést jelent. Társadalmi szempontból a mezőgazdasági hasznosításnak előnyt kell biztosítani, mert ugyan az energetikai hasznosítás is jár előnyökkel, mégis egyfajta környezetszennyező hatása van. Gazdasági hasznosítási szempontból az iszapkomposzt versenyképes és hiánypótló alternatívát jelent.
- A termék *hulladék és minősített termék* státuszáról. A hasznosítás mikéntjétől függően a minősítést a NÉBIH, illetve a KERMI adja ki. A kvázi korlátozásmentes mezőgazdasági



hasznosítást lehetővé tevő NÉBIH minősítés a termékre irányul. Az energetikai hasznosítás KERMI minősítése nem pusztán a tüzelőanyagot, hanem annál szélesebb körűen, az égetési folyamat egészét is érinti.



5. ábra. A hasznosítás lehetőségei

A termékek hasznosításával kapcsolatos költségek a termékek előállításának árára rakódnak. A ráfordítások összevetésénél az előállítási és a hasznosítási költségek együttesen számítanak.

#### 4.1 A termékek kiszérése mezőgazdasági hasznosításhoz

##### 4.1.1 Nem stabil végtermékek kiszérése

Nem stabil végtermékek esetén az egyedüli kiszérés az ömlesztett anyag elszállítása lehet. A víztelenített kevert iszap és a szalmával kevert iszap hulladék státuszú. A „hasznosítási” költséget tekintve mindkét végtermék esetében jelentkezik az elszállítás díja.

A *víztelenített iszap* az esetek többségében környezetvédelmi szempontú hasznosításra kerül, társadalmi hasznosulása tájsebek begyógyításában jelentkezik. Ezen tevékenység díja azonban a víziközmű szolgáltatót terheli.

A *szalmával kevert iszap* a mezőgazdaságban hasznosul. A hulladék státuszú anyagnak a szántóföldekre történő kihordása talajvédelmi terv elfogadásához kötött. A terv elkészíttetése és a terv díjának kifizetése ugyancsak a víziközmű szolgáltatót terheli.

A *hasznosítás* a víziközmű vállalat szempontjából jelentős költségtétel. A gyakorlatban azért honosodott meg ez a *hasznosítási* forma, mert a hulladék státuszú termék előállítása alacsony beruházással és költségráfordítással lehetséges.

Ha azonban szélesebb értelemben a társadalmi szintű hasznosulást tekintjük, úgy ezek az eljárások egyre inkább teret veszítenek. Az elmozdulás a termék minősítés irányába történik. Figyelembe kell vennünk azt is, hogy a víziközmű vállalatoknak ez a fajta termék előállítás nem a főtevékenysége, ezért nem feltétlenül áll rendelkezésre emberi és tárgyi feltétel a tevékenység végzéséhez, ezért mindenképpen ágazati és környezetvédelmi oldalról lenne szükséges ezeknek a tevékenységeknek a támogatása nemcsak a kialakításhoz, hanem a működtetéshez is.

##### 4.1.2 Stabil termékek kiszérése

Mindhárom stabil terméktípus esetén a kiszérés módjai azonosak, mert a végtermékek állaga nagyon hasonló. Eszerint

- az ömlesztett végtermék elszállításra kerül.
- a végtermék csomagolása nagyobb egységben, big-bag zsákban valósul meg.

- a beszerzett csomagoló gép segítségével a stabil terméket 20-50 literes zsákokba csomagoljuk. A „forgalmazás” a tőzeg, virágföld, marhatrágya, mulcs mintájára kiskereskedelmi piaci viszonyok között történik.

Függően a termék státuszától a mezőgazdasági hasznosítás során felmerülő költségek eltérőek.

A felmerülő költségek összefoglalását az 5. táblázat mutatja. A táblázatban szerepel ugyan a termék ára oszlop, de az eddigi gyakorlat szerint hulladékért nincs fizetési hajlandóság, örülni kell, ha valaki térítés ellenében befogadja. A big-bag kiszerelésnek és a zsákokba csomagolásnak műszaki értelemben nincs akadálya, de a jogszabályi környezet az effajta értékesítési módot kérdésessé teszi. Marketing lehetőségként érdemes esetleg ezt a formát kipróbálni. A megváltozó szemlélet miatt a ma még 0 Ft-nak tekintett termék ár, akár valós bevétellé is konvertálódhat.

Minősített termék esetében a felhasználási megkötések kevésbé szigorúak. A szántóföldi kihordásnak nem előfeltétele a talajvédelmi terv megléte. Lényegesen tágabb a talajjavításra igénybe vehető termőföldi területek típusa. Lehetőség van a minősített termék szabad forgalmazására. (Betartva az 59/2008 FVM rendeletben előírtakat, a mezőgazdasági területekre kijuttatott nitrogén hatóanyag a 170 kg/ha értéket nem haladhatja meg.)

A big-bag kiszerelés esetén gyakorlatilag csak a big-bag zsák árával és a betöltés költségeivel kell számolni, amely 1500 [Ft/t] nagyságrendben jól közelíti csomagolás költségeit

A zsákokba történő csomagolás költségét a feliratozott zsák ára, a zsákolás, mint folyamat és zsákológép üzemköltségei alkotják. A zsákológép üzemköltségét a projekthez beszerzett zsákoló berendezés működtetése alapján kalkuláltuk, amelyre 8000 [Ft/t] értékre adódott.

Az árkalkulációt nem a felmerülő költségek + haszon alapján – ahogy az az üzleti életben felmerül - végeztük el. Helyette a piac felvevő képességéből indultunk ki. Komposzttelepek átlagosan 10 000 [Ft/t] ömlesztett komposzttárral kalkulálnak. Ennyiért eladható a termék.

A telepről történő eltávolítás a befejezése az iszapvonalai tevékenységnek. Az elszállítás, elhelyezés, hasznosítás további lépéseket igényel és/vagy költségeket bevételeket generál.

Tekintsük előbb a mezőgazdasági hasznosítás számait.

Végtermék	Státusz	Kevert iszapra vetítve	Végtermékre vetítve	Termék ár	Összesen
		[Ft/t]	[Ft/t]	[Ft/t]	[Ft/t]
1. Víztelenítés	hulladék	1 571	18 000		19 243
2. Víztelenítés + szalma	hulladék	672	6 000		8 485
3.a Komposztálás (zöld-hulladék)	minősített termék	-3 732		-10 000	-4 696
3.b Komposztálás (szalma)	minősített termék	-3 732		-10 000	4 446
4.a ATB (szén)	hulladék	910	3 800		8 947
4.b ÁTB (zeolit)	hulladék	775	3 800		8 014
5.Rothasztás + szolár	hulladék	87	3 800		7 451

5. táblázat. Hasznosítási költségek

Az 5. táblázat számai a fenti érvelések alapján kerültek összegzésre. Az alapot a végtermék előállításának a kevert iszapra vetített fajlagos költsége adja. A kevert iszap minden végtermék esetén az azonos kiindulási pontot jelenti, amelynek mennyiségét tonnában mérjük. Erre rákódnak rá a szállítási költségek, illetve a minősített termékek esetében a bevételek.

A csomagolási költségek minden termék esetében ugyanazok, ezt egy külön táblázatban szerepeltetjük. Nem adtuk hozzá a hasznosítás költségeihez, mivel opcionális, nemcsak a költséget, hanem a végtermék árát is növeli.

Csomagolás módja	Végtermékre vetítve [Ft/t]
Ömlesztett	0
Big-bag zsákos	1 500
Zsákos	8 000

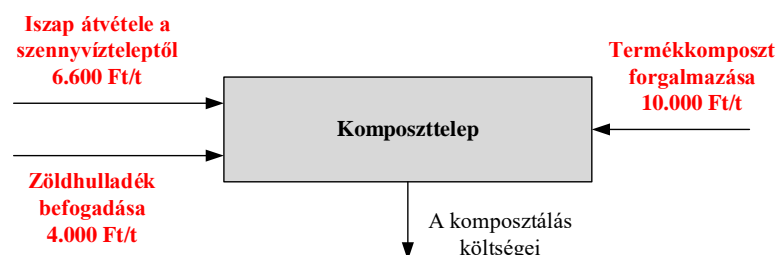
6. táblázat. Csomagolási költségek

Tegyük néhány fontos megállapítást:

- A I. víztelenített iszap egyszerű hasznosítása a legdrágább. A jelentkező kereken 18 000 [Ft/t] költséget a csatornadíjnak fedeznie kell. Ez a DRV Zrt. iszap ártalmatlanítási gyakorlatának leggyakoribb esete.
- Ha a I. esetet tekintjük vonatkozási szintnek, akkor minden más ártalmatlanítási, hasznosítási eset gazdaságosabb, hasznot hajt.
- Ha a végtermék státusza hulladék, a megtakarítás kisebb.
- Minősített termékek nyereségesek is lehetnek a bevételeknek köszönhetően, ezt mutatják az Összesen oszlop negatív számai.
- A kiszerezési lehetőségek között, kiskereskedelmi forgalomban történő értékesítés esetén a zsákolás az alkalmazandó megoldás.
- Komposztálás zöldhulladékkal olcsóbb.
- A szén mix relatív drágaságát a porszén magas ára okozza.

#### 4.1.3 A komposztálás üzleti modellje

Az utóbbi időben egyre inkább előtérbe kerül az a lehetőség, amikor a társadalmi értelemben nem hasznosuló rekultivációs hasznosítás helyett a víztelenített iszapot komposztálással foglalkozó cégek átveszik. A víziközmű szektor tevékenységén kívül működtetett komposzttelepek költségvetése a következő módon alakul (lásd 6. ábrát). Azt is mondhatjuk, hogy win-win alapon a szennyvíztisztító teleptől az iszapot költségtérítés ellenében átveszik, adott esetben el is szállítják. Ugyanígy járnak el a lakossági, önkormányzati zöldhulladék befogadásakor. Ez a tétel is bevételként jelentkezik, ahogy az eladott termékkomposzt is a bevételeket növeli. A kiadásokat egyedül a működtetés költségei teszik ki. Ez egy olyan üzleti modell, ahol az alapanyagok beszerzése a bevételek oldalán szerepel.



6. ábra. Komposzttelepek bevételei-kiadásai\*

\*Az ábrán szereplő bevételek egy működő cég adatai alapján szemléltetve.

A vízi közmű vállalat szempontjából az iszap komposzttelepi átvétele (6 600 Ft/t) jelentősen olcsóbb, mint az elszállítás „lerakóba” (18 000 Ft/t). Ezt nevezhetjük akár win-win szituációnak. Ha a komposztálásra a vízi közmű vállalat maga vállalkozik, akkor az üzleti modellnek némiképp módosulnia kell. Az elsődleges cél ekkor a folyamatában keletkező szennyvíztisztító telepi iszap komposzttermékké alakítása. Térfogatában 1 rész iszaphoz 4 rész zöldhulladékra van szükség. Ezt a zöldhulladékot a teljes mennyiségű iszap ártalmatlanításához biztosítani kell. A külső komposzttelepekkel szemben ez kényszerként jelentkezik. Ezért a zöldhulladékot nem befogadjuk, hanem megvásároljuk a szükséges zöldhulladék mennyiségének biztosítása érdekében. (lásd 7. ábrát). A zöldhulladék biztosítása itt nem bevétel, hanem kiadás. Egyedüli bevételt a minősített termék forgalmazása jelent.



7. ábra. A víziközmű komposzttelep üzleti modellje

Ez a modell kedvezőtlenebb, mint a külső komposzttelepek üzleti modellje. A víziközmű komposzttelepnek azonban elsődleges célja az iszap terméké alakítása. Az iszap elszállításáért, befogadásáért itt nem kell fizetni, viszont költségként jelentkezik a zöldhulladék garantált biztosítása. Ezt a beszállítás érdekeltté tételével lehet ösztönözni. Ha fizetünk a zöldhulladékért, elvárásaink is lehetnek annak minőségével szemben. Nem szabad, hogy szemetet, kötőrmelék, fémhulladékot tartalmazzon a megvásárolt anyag. Az ár megállapításánál tekintettel kell legyünk a begyűjtés (beszállítás) költségeire. A 2000 Ft/t erre fedezetet nyújt.

Mindent összevetve a víziközmű komposzttelep nyereséges lehet. A nyereség fogalmát nem abszolút értelemben használva, hanem a 7. ábrán bemutatott költségviszonyok alapján szemlélve. A számítások igazolják, hogy a több hozzáadott értékkel bíró iszapstabilizálás előnyösebb a vállalat számára. A legelőnyösebb természetesen az a megoldás, amikor minősített termék állítható elő. De a hulladék státuszú komposzt, mix vagy rothasztott szolár-szárított iszap sem jelent rossz megoldást.

## 4.2 Termékek energetikai hasznosítása

### 4.2.1 Kis volumenű égetés saját kazánban

A termékek energetikai hasznosításakor big-bag zsákos kiszerezés és a zsákos csomagolás szintén nem jelent alternatívát, mert a közintézmények, lakások fűtéséhez inkább csak gázkazán, geotermikus energia vagy megújuló forrásból származó villamos energia szolgál, illetve engedélyezett.

Az iszapstabilizálás során előállított végtermékek égetéssel történő hasznosítására marad a kis volumenű égetés saját kazánban. A K+F+I projekt részeként megvásárolt kísérleti hőhasznosító berendezésben a szénmix, a komposzt és rothasztott szennyvíz iszap elégethető. Feltétel, hogy az automata üzemű égető berendezés a bemenetén csak > 80 m/m% szárazanyag tartalmú tüzelőanyagot fogadhat.

A megvásárolt alacsony teljesítményű (100 kW) kísérleti hőhasznosító berendezést az K+F+I kísérletek után hasznosítani kívánjuk. A téli időszakban termelt hő a szolár-szárító csarnok fűtését szolgálja. Az égetés így nem ártalmatlanítási céllal kerül bevetésre, hanem a telepi technológiai folyamat téli elégtelen szárítási működésének kompenzálására. Az égetésnek haszná van, amely nem elsősorban hőenergiaként jelentkezik. Az elégetett tüzelőanyag által megtermelt hő a termék szárítására fordítható, önfelhasználásnak minősül. A nyereség ekkor abból származik, hogy az elégetett anyagot nem kell elszállítani, viszont a hőhasznosító berendezés elszámolt értékcsökkenése, a felhasznált élőmunka ráfordítás, és a keletkező hamu hulladékként kezelése többlet költségeket generál. A kísérleti hőhasznosító berendezés „termelőre fordítása” után a rothasztott, szolár-szárított éves iszapmennyiségnek csak töredékét- 16 %-nyi mennyiséget – tudunk elégetni, amelyet nem kell elszállítani. A kísérleti hőhasznosító berendezés alkalmazásánál meg kell említeni, hogy nem mindenhol lehet hulladékot égetni, még kis mennyiségben sem. Ennek érdekében az égetésre alkalmas iszapot tüzelőanyaggá kell minősíteni, egy meglehetősen összetett jogi szabályozásnak megfelelően.

#### 4.2.2 Égetés égetőműben

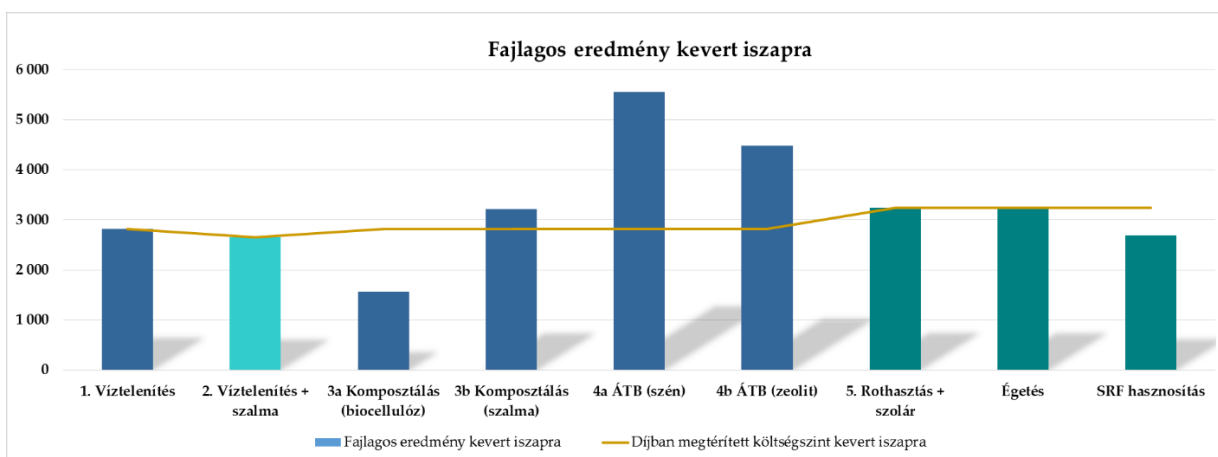
Csak az ömlesztett kiserelésű komposzt terméknek van létjogosultsága. A dudari szén ára 45 000 [Ft/t], fűtőértéke 14 [MJ/kg]. A komposzt fűtőértéke átlagosan csupán 11 [MJ/kg]. Így fűtőérték arányosan a komposzt árának 35 357 [Ft/t] kell lennie. A kalkulációban 20 000 [Ft/t] árral számoltunk.

Energetikai hasznosítás	Végtermék	Végtermékre vetítve	Termék ár/ energia hasznosítás	Összesen
		[Ft/t]	[Ft/t]	[Ft/t]
Égetés saját kazánban	Szolárszárított iszap	30 517	-27 397	3 120
SRF hasznosítás	Szolárszárított iszap	0	-20 000	-20 000

7. táblázat. Égetés költségei

## 5. EREDMÉNYEK ÉS FELVETÉSEK

Az iszapkezelési tevékenység gazdaságossága szempontjából fontos az elszállított iszap és az abból előállított, a korábbiakban tárgyalt végtermékek előállításának és hasznosításának költségeinek összevetése, amelyet az alábbi diagramon láthatunk.



8. ábra. Fajlagos eredmény

A 8. ábrán vázolt viszonyok alapján a következő megállapítások, ajánlások tehetők:

- Minden olyan eljárás költségmegtakarítással jár, ahol a költségek a díjban megtérített költségszint alatt alakulnak.
- A legelőnyösebb változat, a zöldhulladékkal történő komposztálás a termékminősítés elérésével. Ez a változat, az iszapkezelés teljes költségének megtérülése mellett bevétellel is jár - feltéve, hogy találunk vásárlót a termékre. A műtrágyaárak drasztikus emelkedése növeli a piacra jutás esélyeit. A komposztálás eredményessége tovább nőhet az adalékanyagok „költségmentes” begyűjtésével, a kalkulációban 2000 Ft/t áron lettek figyelembe véve ezek a tételek.
- A szalmával történő komposztálás költségszintje ettől nem sokban tér el.
- Az adalékanyagok relatíve magas ára miatt, jelentős javulást a mixeléssel sem tudunk elérni. A TPH határértéknek a mixek nem felelnek meg, miáltal ez az iszapkezelési eljárás jelenleg csak hulladék státuszú végtermék előállítására képes. Problémát jelent a végtermék mikrobiológiai megfelelőségének elégtelensége is. A mixelésnek legfontosabb előnye, hogy a technológiába illeszthető, kis beruházás- és helyigényű. Az időtartamot tekintve pedig egy gyors átfutású iszapstabilizálási eljárás.
- A szalmával való keverés egy ideig még jelenthet iszapkezelési alternatívát, annak ellenére, hogy ezen eljárással csak részlegesen stabil végterméket tudunk előállítani, minősítésére nincs remény.
- A rothasztott szolár-szárított iszap a nagy beruházási költségek ellenére versenyképesen javít a viszonyokon. Ebben szerepet játszik a biogáz energetikai hasznosítása és az egyre dráguló energia, amely jelentősen javíthat a többi eljáráshoz képest az üzemeltetési költségek alakulásán. Ne felejtjük el, 2020. évi költségekkel kalkuláltunk, 2022-ben a villamos energia ára többszörösére emelkedett, így a megtakarítás is a többszöröse lesz a korábbi évekének. Nagyobb, új beruházású telepek esetén a magasabb beruházási költségek az energiahasznosítás révén megtérülnek, a szolárszárítás eredményeként, pedig jelentősen csökkennek a hasznosítási költségek.
- A szolárszárított iszap égetése mind saját kazánnal, mind SRF hasznosítás során a díjban megállapított költségszint alatt alakul. A saját kazánnal történő égetés költségei tovább csökkennek az energiahordozók árának növekedésével a magasabb megtérülés miatt, illetve a kazán árának csökkenésével. A kísérletben használt hőhasznosító berendezés egy prototípus, a „tömeggyártás” során az előállítási költségek mérséklődnek.
- A közgazdasági haszon mellett nem elhanyagolható a társadalomra és környezetre kifejtett pozitív hatás. A melléktermék, a hulladék hasznosítása, terméké alakítása a környezettudatos gondolkodás és gazdálkodás eredménye. A technológiai folyamat során történő vagy a keletkező végtermék energetikai hasznosítása ezt példázza. A komposzttermék mezőgazdaságban történő felhasználása hasonló pozitív eredménnyel bír, mint a szerves trágyázás: javítja a talaj szerkezetét, víztartó képességét, növeli a talaj ellenálló-képességét.

Felborulna a *best practice* ajánlásának fenti sorrendje, ha a TPH nem lenne korlátja minősítésnek. Ugyanis ekkor az 3., 4., 5. sorszámú végtermékek mindegyike minősített terméké válna. Most csak 3. sorszámú komposztálás eredménye válhat minősített terméké.

Az K+F+I tevékenység során szerzett tapasztalatok ezt mindenképpen alátámasztják. Ehhez azonban a paradigmaváltás kiteljesítésére van szükség. Szorgalmazni kell a víziközmű vállalatokon belüli komposzttelep működtetését, a minősített termék forgalmazásának ágazaton belüli vagy ágazatok közötti megszervezését.

## HIVATKOZÁSOK

Juhász, J. – Oláh, J. (2022) A talaj-termőképességének növelése háztartási, élelmiszer-ipari és a mezőgazdasági eredetű hulladékokból készült komposzt felhasználásával. *Hírcsatorna 2022/1 pp33-55.*

Ligetvári, F. – Tolnai, B.(2021): A részlegesen tisztított szennyvíz hasznosítása. *Hírcsatorna 2021/2.*

Oláh, P. (2019): Gondolatok a kommunális szennyvíziszap talajokra gyakorolt hatásáról. *Vízmű Panoráma, 2019/1 pp26-28.*

OVF. (2017): Szennyvíziszap Kezelési és Hasznosítási Stratégia 2014-2023. 1403\_2017. (VI. 28.) Korm. határozat

Stadler, J.(2013): Szennyvíziszapok stabilizálása lignit bekeveréssel. *Hírcsatorna 2013/ 1-2 pp23-26.*

Szelényi, G. Z. (2021): Mihez kezdünk a szennyvizekkel? *Természet Világa 2021 / 152évf. 6. füzet pp265-270.*

Tolnai, B. (2016): Egy modell tanulságai és kivetítése (lektorálta: Oláh Péter mezőgazdász). *MaSzeSz Hírcsatorna, 2016. 1-2., (VízműPanoráma 2022/1)*

Tolnai, B. (2016): Szennyvíztisztítás helyett szennyvízhasznosítás. *Vízmű Panoráma 2016/1.*