***Szennyvíziszap hasznosítás (ártalmatlanítás)***

***néhány lehetséges modellje.***

*Mottó:*

*Minden ami anyag, a környezetünkből jön, és oda is kerül vissza. Ez rendjén is van. A gond az, hogy az életciklus végén már nem abban a formában, nem oda és nem abban a koncentrációban juttatjuk azt vissza. Ez okozhatja a környezetünk károsítását.*

Készült 2015-02-28

***Mellékletek:***

1. ***A megbízás tartalma;***
2. ***Excel számoló tábla;***
3. ***A számoló tábla kezelési utasítása.***

Készítette: dr. Tóth József

Tés W Kft

Tartalomjegyzék

[A szennyvíziszap. 3](#_Toc413170081)

[Szennyvíz tisztító telepek. 4](#_Toc413170082)

[Szennyvíziszap hasznosítás modelljeinek tartalma 5](#_Toc413170083)

[Az egyes modellek bemutatása 5](#_Toc413170084)

[Nyers szennyvíziszap kiöntözése mezőgazdasági területre, vagy a talajba való injektálása. 5](#_Toc413170085)

[Szennyvíziszap szárítása tömegcsökkentési célzattal 5](#_Toc413170086)

[Fosszilis energia hordozók felhasználásával 5](#_Toc413170087)

[Szolár szárítás. 5](#_Toc413170088)

[Komposztálás. 5](#_Toc413170089)

[Általános megjegyzések 5](#_Toc413170090)

[A komposztálás anyag és energia áramai, valamint eredményessége 5](#_Toc413170091)

[Rothasztás – Biogáz előállítás 5](#_Toc413170092)

[Termikus ártalmatításról (égetésről) általában 5](#_Toc413170093)

[A szennyvíziszap termikus ártalmatlanításának változatai. 5](#_Toc413170094)

[Szennyvíziszap monoégetés, viztelenített és szárított iszap felhasználásával 5](#_Toc413170095)

[Szennyvíziszap monoégetés víztelenített és szolár szárított iszap felhasználásával 5](#_Toc413170096)

[Víztelenített szennyvíziszap és RDF együtt égetése. 5](#_Toc413170097)

[Fermentációs maradvány monoégetés dekantált és szárított maradvány keverékkel 5](#_Toc413170098)

[Termikus ártalmatlanítás összegezése 5](#_Toc413170099)

[Összegezés 5](#_Toc413170100)

# A szennyvíziszap.

Ma Magyarország 699 szennyvíztisztító telepére évente 600-630 millió m3 szennyvíz érkezik be. Az ebben lévő szárazanyag 270-280 000 t. (0,05%). Tisztítás után (ülepítve) ebből 9,5 – 14 millió m3 2 – 3% szárazanyag tartalmú nyers iszap keletkezik. A szennyvíziszap kezelésének következő lépése a mechanikus uton történő víztelenítés lenne (szalagprés, centrifugák). Ezzel lehetséges 20% körüli szárazanyag tartalmu „masszát” előállítani. Ez a víztelenítés azonban – értelem szerűen - csak a nagyobb szennyvíztisztító telepeken történik meg.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: Magyarország egy évi összes szennyvíziszapjában lévő növényi tápanyag mennyiség ( átlagértékek alapján).** | | | |
| **Megnevezés** | **kg/t. sz.a** | **Összesen t** | **Műtrágyára átszámítva t** |
| Magnézium | 2,20 | 616 |  |
| Kálium | 5,10 | 1 428 | 3 570 |
| Kalcium | 32,20 | 9 016 |  |
| Nitrogén | 53,80 | 15 064 | 75 320 |
| Foszfor | 21,00 | 5 880 | 32 667 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. **Táblázat: Az összes szennyvíziszapban megengedett nehéz fém mennyiség évente Magyarországon** | | |
| **Határértékek** | | **kg/év** |
| **A nehézfém** | **mg/kg** |
| **As** | 8,51 | 2 383 |
| **Cd** | 10,00 | 2 800 |
| **Co** | 3,34 | 935 |
| **Cr** | 900,00 | 252 000 |
| **Cu** | 800,00 | 224 000 |
| **Hg** | 8,00 | 2 240 |
| **Ni** | 200,00 | 56 000 |
| **Pb** | 900,00 | 252 000 |
| **Se** | 0,20 | 56 |

A szennyvíziszap eredendően hulladéknak minősül. Összetétele helytől és időtől függően változik. A szennyvíziszap felhasználására, illetve ártalmatlanítására vonatkozó elképzelések, törekvések és a gyakorlat is meglehetősen ellentmondásos. Vannak, akik a szennyvíziszapot úgy tekintik, mint egy jól hasznosítható talajerő utánpótlást biztosító anyag, míg mások ezt környezetre veszélyes anyagnak tartják. Ugyanilyen eltéréseket mutat az egyes európai országokban alkalmazott gyakorlat is. Egyes országokban (pl. Svájc, Németország egyes tartományai, Ausztria egy része) kifejezetten tiltott a szennyvíziszap talajerő visszapótlásra való felhasználása. Másutt viszont különböző szigorúságú feltételek mellett engedélyezett.

Ennek az ellentmondásos megítélésnek az alapvető oka az, hogy egyrészt:

* Kétségtelen tény, hogy a szennyvíziszap jelentős mennyiségű olyan anyagokat tartalmaz, amelyek a termesztett növényeink számára tápanyagok, tehát vele műtrágyát lehet kiváltani, (1. táblázat) másrészt
* tartalmaz olyan anyagokat is amelyek toxikusak. Ezeket további három csoportba sorolhatjuk:
  + [**Toxikus nehézfémek>>>**](http://taplalkozas.bioenergetikus.hu/nehezfemek.php) (2. táblázat)
  + [**Gyógyszer és hormon maradványok>>>**](http://hakinapok.haki.hu/tartalom/HF32/32_65_71_Papp.pdf)
    - *„Főleg a fájdalomcsillapítók, a gyulladáscsökkentők, az antibiotikumok, és a hormonkészítmények terhelik a környezetet. A világon a természetes* ***vízfolyásokban eddig körülbelül 20 féle gyulladáscsökkentőt találtak,*** *és ezekből nyolcat már csapvízben is kimutattak. Ennek ellenére az ivóvíz-szolgáltatók laboratóriumai a gyógyszermaradványok jelenlétét ma még nem vizsgálják* [*>>>*](http://zoldvalasz.hu/node/637)*”*
    - *„Vannak azonban olyan megfigyelések is, amik arra mutatnak, hogy ennél lényegesen komolyabb lehet a probléma, hiszen a fejlett országok (így az EU nyugati felének) epidemiológiai helyzetképe azt mutatja, hogy a* ***férfiak spermájában a mozgékony, termékenyítőképes sejtek száma szignifikánsan csökkent az elmúlt 40 év során, folyamatosan és meredeken növekszik a hererákos megbetegedések száma,*** *és más közegészségügyi jelek is azt mutatják, hogy az EDS probléma nem légből kapott „mikrokockázati tényező". Az is igaz azonban, hogy ezek az aggasztó tendenciák eddig még nem voltak megfigyelhetőek a kevésbé fejlett országokban, illetve a Kelet-Európai országokban sem.”* [***>>>>***](http://www.szennyviztudas.bme.hu/tartalom/szex-szennyv%C3%ADzben)
    - *„….minden negyedik, ötödik férfinél a spermiumszám ma már a 20 milliót sem éri el, és ez - a kutatások szerint sok egyéb más környezeti ártalom mellett - a* ***csapvízbe került fogamzásgátlók hormonmaradványainak is következménye lehet****. Fontos tudni, hogy az első fogamzásgátló bevezetése 1962-ben történt meg, tehát még időbeli egyezés is érdekes színben tünteti fel a kutatások eredményét. Ez azonban csak az egyik csapás, a másik viszont az, hogy a női szervezetbe is bekerülnek az ivóvízből a plusz női nemi hormonok, és ez várandósság esetén a* ***fiú magzatoknál már az anyaméhben okozhat hormonális elváltozásokat.***
  + Fertőzést okozó élő szervezetek, (patogén baktériumok, gombák és azok spórái, féregpeték, stb.).

Magyarországon a törekvés arra irányul, - a hivatalos állásfoglalás is az - hogy a szennyvíziszap minél nagyobb hányadát *rothasztással történő energia kinyerés után,* a maradékot megfelelően kezelve, talajerő visszapótlásra használjuk fel. A törekvés ellenére az előrehaladás nagyon lassú. Ennek két alapvető oka van:

* A mezőgazdasági termelők idegenkednek a szennyvíziszapot tartalmazó „készítmények” felhasználásától.
* A mezőgazdasági felhasználást megelőző kezelések költsége meghaladja az értékesítési árat.[[1]](#footnote-1)

Emiatt aztán a keletkező szennyvíziszap jelentős hányada ma is - jobb esetban - a hulladék lerakókba kerül, - rosszabb esetben - illegálisan, kezeletlenül kerül vissza a környezetbe, esetenként jelentős károkat okozva.

# Szennyvíz tisztító telepek.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. **Táblázat: Szennyvíziszap és fermentációs maradvány a jelenlegi szennyvíztisztító telepeken (2012)** | | | | |
| **Napi iszap mennyiség t** | **telep db** | **összes iszap (20%) t/év** | **Rothasztás hoz fel nem használt iszap t/év** | **Fermentációs maradvány (35%) t/év** |
| **>100** | 6 | 537 192 | 159 280 | 167 593 |
| **>50>= 100** | 7 | 178 808 | 62 178 | 64 930 |
| **>20>=50** | 20 | 205 571 | 139 302 | 30 326 |
| **>10 <=20** | 27 | 141 948 | 141 948 |  |
| **>5 <= 10** | 58 | 144 624 | 144 624 |  |
| **<=5** | 581 | 224 359 | 219 648 |  |
| **Összes** | **699** | **1 432 502** | **866 979** | **262 850** |
| **Biogázhoz használnak t/év** | | | **565 523** |  |
| Forrás: Szennyvíztisztító telepek egyedi adatainak összesítése | | | | |

Mint már említettem, Magyarországon 699 szenyyvíztísztító telepről van adatunk. E telepek kapacitása jeletősen eltér. A kapacitás nagyságát a (számított) víztelenített szennyvíziszap mennyiségével jellemezzük.[[2]](#footnote-2) ( A szennyvíztelepek kapacitás szerinti megoszlását a 3. táblázat tartalmazza. )

A jelenlegi célkjtűzés szerint azokon a szennyvíztisztító telepeken, amelyek 30 000 lakóegyenértékknél nagyobb „létszámot” látnak el, általánossá kívánják tenni a szennyvíziszap rothasztással való kezelését.

Ebben az esetben minden olyan szennyvíztisztító telepen, ahol a napi szennyvíziszap mennyiség 20% szárazanyag tartalomra számolva a 10 t –t meghaladja, biogáz üzem létesülne. Ezzel a keletkező szennyvíziszap mennyiség több, mint 72%-át lefednék, azonban ez csak a telepek 8,6%-át jelentené(lásd 1. ábra).

Azokon a telepeken, ahol rothasztás nem lesz, valószínüsíthetően a szennyvíziszap viztelenítése sem történik meg. Valójában itt tehát csak 2-3% szárazanyag tartalmú szennyvíziszap fog rendelkezésre állni. A 3. táblázatban lévö (10 t/nap alatti telepek:639 db) 340 -360 000 t 20% szárazanyag tartalmú iszap ténylegesen 3,4 – 3,6 millió tonna „folyadékot” jelent, amit megnyugtató módon kellene elhelyezni.

E modellszámításnak nem témája ugyan, de javaslom annak átgondolását, hogy ezeken a helyeken miként lehetne a meglévő, de jelenleg mezőgazdasági termelésre nem használt, vagy gazdaságosan nem hasznosítható területeken évelő energia ültetvények létrehozásával, a keletkező nyers iszapot e területek öntözésére biztonságosan felhasználni. Ezzel három fontos feladatot is meg lehetne oldani:

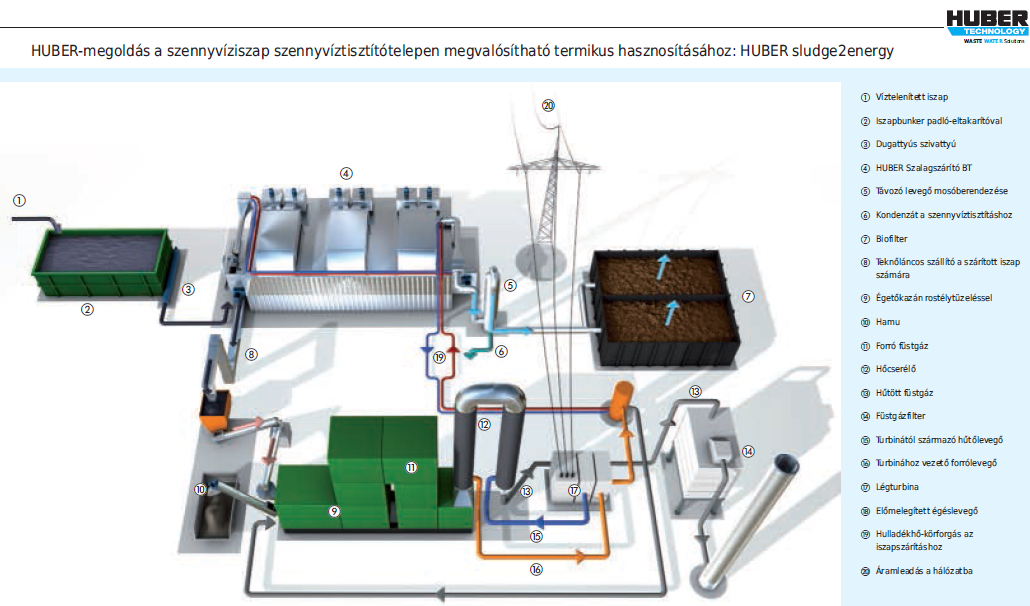
* Területet – mint termelő kapacitást – vonunk be a termelésbe.
* Környezetvédelmi feladatot oldunk meg.
* Munkahelyeket teremtünk.

# Szennyvíziszap hasznosítás modelljeinek tartalma

A továbbiakban áttekintést adunk az egyes szennyvíziszap hasznosítási (ártalmatlanítási) technológiák hatásáról, azok kockázatairól. Az áttekintésben a fő hangsúlyt a környezet terhelésre, az anyag és energia áramokra, valamint az üzemeltetés gazdaságosságára fókuszálunk.

A szennyvíziszapot – amely a tisztítási folyamat végén szükségszerűen megjelenik – egy *negatív értékkel bíró anyagnak tekintjük.*  Ezt az állítást támasztja alá az is, hogy amennyiben a „tulajdonos” ettől meg akar szabadulni, azért fizetnie kell (lerakási illeték, illetve a hulladékkezelőnek fizetendő kezelési díj)[[3]](#footnote-3).

A szennyvíziszap bár tartalmaz jelentős mennyiségű energiát, és olyan anyagokat is, amelyek növényi tápanyagokat jelenthetnek a „negatív érték” akkor is fennáll, mert ezek kinyeréséhez létesítmények (beruházások) kellenek, üzemvíteli költségek merülnek fel, és e tevékenység mindegyike valamilyen környezeti terhelést is okoz.

Számos nagy cég (pl. Huber) a szennyvíziszap komplex ártalmatlanítására kínál

technológiai megoldást (pl.2. ábra).

2. ábra:Huber technológia

A hazai, meghatározó nagyságú szennyvíztisztító telepek, jelenlegi „felszereltsége” korábbi eltérő nagyságú fejlesztések eredménye, és különböznek az alkalmazott technológiában is. Emiatt az egyes lehetséges modellek bemutatásánál, a szükséges beruházást, illetve annak lehetséges megtérülését nem, vagy csak érintőlegesen vizsgálom.

A továbbiakban szólok a következő hasznosítási (ártalmatlanítási) módszerek fentebb megjelölt hatásairól:

* A nyers iszap és fermentációs maradvány (2-3% szárazanyag tartalom) közvetlen kijuttatása öntözéssel, vagy injektálással.
* Önállóan a szárításról, amelynek elsődleges célja a hulladéktárolóban elhelyezendő tömeg csökkentése.
* A szennyvíziszap, illetve a fermentációs maradvány komposztálásáról és a komposzt talajerő visszapótlásra való felhasználásáról.
* A szennyvíziszap rothasztásáról (biogáz előállítás).
* A termikus ártalmatlanításról és
* a komplex hasznosítás lehetőségéről.

Módszerként azt választottam, hogy - az összehasonlíthatóság biztosítása érdekében – az egyes modellek hatását egy olyan település szennyvíztelepének adatain mutatom be ahol:

Napi szennyvíz mennyiség (80 l/nap feltételezve) 1 600 m3

Ennek szárazanyaga (0,5%) 8 000 kg

Ez 20%-os szárazanyag tartalomra való víztelenítés után 40 t/nap

Az éves víztelenített iszap mennyiség tehát 14 600 t lesz

(Ilyen település pl. Gödöllő).

# Az egyes modellek bemutatása

## Nyers szennyvíziszap kiöntözése mezőgazdasági területre, vagy a talajba való injektálása.



3. ábra: Injektálás

A szennyvíziszap és az ebből készült komposzt mezőgazdasági felhasználhatóságát Magyarországon az [50/2001 (IV.3.) Korm. Rendelet](http://www.complex.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0100050.KOR) >>> szabályozza. Ez pontosan meghatározza, hogy milyen követelményeket kell teljesíteni, milyen határértékeken kell belül maradni a kivitt anyagnak, milyen talajvizsgálatokat kell elvégezni, és mi az engedélyezés procedúrája.

Anélkül, hogy ezek részletezésébe belemennék, egy nagyon lényeges követelményt megemlítek. Engedélyezett kiöntözés, vagy injektálás esetén is biztosítani kell a nyers iszap homogenizálását, illetve *olyan előkezélését amely garantálja a fertőzésveszélyt jelentő élő szervezetek elpusztítását* (ultraviola, ózon, vagy hőkezelés). Előírás továbbá, hogy *legalább 6 hónapig kell pihentetni*, hogy a stabilizálódás biztosított legyen. Ez a követelmény - a modellünk mennyiságét alapulvéve - nem kevesebb, mint 60 000 m3 „tárolóedény” létesítését tételezi fel.

Ez a módszer tehát valójában nem tekinthető ártalmatlanító eljárásnak. Mindaz, ami a szennyvíziszapban eredetileg benne volt, az a talajba kerül.

Úgy vélem, ez a módszer - már ilyen nagyságrendben - nem javasolható, figyelembe véve azt is, hogy melyek azok a területek (növények) amelyek termesztésénél ez a lehetőség kizárt (taxatíve tiltottak).

Korábban már szóltam arról, hogy a jelenleg működő szennyvíztelepeknek 17%-a sem éri el azt a méretet, ahol a napi iszap mennyiség (20%-ra számolva) meghaladná a 10 t-t (lásd 1. ábra). Ezek többségénél az iszap mechanikus víztelenítése sem történik meg. Az itt keletkező nyersiszap mennyiség (2% szárazanyag tartalommal) közel 16 millió t-t jelent. Ezekkel mindenképpen indokolt foglalkozni. Jelenleg ugyanis ezeken a tisztító telepeken a szennyvíziszap kezelése meglehetősen bizonytalan és ellenőrízetlen.

Ha hozzáteszem ehhez azt is, hogy – becslések szerint – ma legalább 500 000 ha-ra tehető a művelésre alkalmas, de ténylegesen nem hasznosított terület, amelyek évelő energia növények termesztésére alkalmasak lehetnének, akkor adódik e két lehetőség összekapcsolása.

Az évelő energianövények között több van olyan, amely különösen intenziven veszi fel a talajban lévő nehézfémeket (pl. sida és arundó). A növény – mivel kizárólag energetikai céllal hasznosítjuk – nem kerül kapcsolatba a táplálék lánccal, és mivel a nehézfémeket intenzíven felveszi – vélhetően – a talajban sem fog a nehézfém tartalom felszaporodni.

Ezzel a lehetőséggel komplexen kellene foglalkozni, mivel meggyőződésem, hogy ez a kedvező környezeti hatáson túl még számos más terület (elmaradt térségek gazdasági fejlesztése, foglalkoztatás javulás) fejlődését is szolgálná.

A nyers szennyvíziszap öntözéssel való kijuttatása egyrészt speciális gépek és szállítóeszközök beszerzését tételezi fel, másrészt csak a keletkezési hely közvetlen környezetében való alkalmazásnak lehet relevanciája.

## Szennyvíziszap szárítása tömegcsökkentési célzattal .

### Fosszilis energia hordozók felhasználásával

A hulladék lerakási illeték bevezetésével, illetve a lerakással járó költségek növekedésével, szinte valamennyi nagyobb szennyvíztísztító telep - annak érdekében, hogy a lerakás költségeit csökkentsék, - valamilyen szárítóberendezést vásárolt, illetve helyezett üzembe. Mielőtt az elemzést folytatnánk, szólni kell a lerakás lehetőségéről.

*Jelenleg a hulladék-kezeléssel kapcsolatos előírásokat a >>>*[*2012 évi CLXXXV*](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1200185.TV) *- ös törvény tartalmazza, amelyet a 2014 évi XXXIX törvénnyel módosítottak. E törvény előírásai szerint hulladéklerakókban* ***5%-nál nagyobb*** [***szerves anyag***](http://hu.wikipedia.org/wiki/Szerves_vegy%C3%BClet)***>>> tartalmú hulladék nem rakható le, nem deponálható.*** *Eszerint a szennyvíziszap hulladéklerakóba nem is vihető. Más kérdés ennek betartása. illetve az,hogy a szerves anyag definíciója ma nem egyértelmű (lásd a linket). A törvény előírása szerint azonban – elvileg – a szennyvíziszap még szárított formában sem rakható le.*

A szennyvíziszap szárítása feltételezi az előzetes mechanikus úton történő víztelenítést. Ezt az esetek többségében szalagos szűrőpréssel végzik. Ezzel kb. 20% szárazanyag tartalmú anyagot lehet előállítani. (Léteznek ennél jobb – 35% szárazanyag tartalom produkálására képes) berendezések is, azonban a szárazanyag tartalom növekedése nem áll arányban a többlet energia felhasználásával.

Maga az iszap szárítása – annak magas viszkozitása és egyéb speciális tulajdonságai miatt - nem egyszerű feladat. Léteznek (piacon kaphatók) erre kifejlesztett speciális berendezések (Huber, vagy Sulzer technológiák), de ezek energia felhasználása meglehetősen nagy és üzemeltetésük sem olcsó. Ezek a szárítók a szennyvíziszap esetében egységnyi vizet 3,5 – 4 MJ/kg hőenergia felvétel mellett képesek elvonni. Egy ismert Sulzer szárító 0,9 t/h szárított teljesítmény mellett 90 kWh elektromos energiát használ fel. A számításnál a földgáz esetén 100 Ft/m3 földgáz árral (2,96 Ft/MJ) és 40 Ft-os elektromos áram árral számoltunk.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: Fosszilis energiahordozóval való szárítás anyag, energia és pénzárama** | | |
| **Megnevezés** | **Mennyiség** | **Érték Ft/év** |
| 20% os iszap tömeg t/év | 14 600 |
| Ebből lesz 95% os szárítmány t/év | 3 074 |
| Elvonandó víz t/év | 11 526 |
| Szükséges hőenergia GJ/év | 43 800 | 128 823 529 |
| Üzemóra/év | 3 415 |  |
| Elektromos energia kWh/év | 307 368 | 12 294 737 |
| Energia költség összesen |  | 141 118 266 |
| Lerakási díj a szárítmányra | | 33 810 526 |
| **Lerakás és energia összesen** | | **174 928 793** |
| **Teljes mennyiségre feltételezett lerakási díj** | | **160 600 000** |
| **Szárítás eredménye** | | **-14 328 793** |

(A 14 600 t 20% szárazanyag tartalmú szennyvíziszappal számolva az anyag és energiaáramok alakulását, valamint ennek érték összefüggését a 4. táblázat tartalmazza. )

Látható, - hogy még abban az esetben is, ha feltételezzük, hogy a 20%-os iszap lerakható lenne, és a szárítással elérhető tömeg csökkenésből költségcsökkenés fog bekövetkezni. Ez a költségcsökkenés azonban nem ellensúlyozza a magas energia igény miatti többlet ráfordítást, tehát a tevékenység veszteséges.

Mivel feltételezésünk szerint ebben az esetben a szárításhoz fosszilis energiahordozókat használunk fel, ebben a modellben 2 739 t CO2 eqv többlet ÜHG kibocsátással is számolnunk kell.

Emiatt a telepek többségében a szárító berendezések nem üzemelnek. A szennyvíztisztító telepek a különféle hulladékkezelőknek (komposztálás) próbálják átadni a szennyvíz iszapot, amelyek a lerakóknál kisebb térítéssel hajlandók azt átvenni.

### Szolár szárítás.

Szennyvíziszap napenergiával való szárítására is számos technológia létezik (Huber,Bonacci, Heliantis, stb.). Ezek mindegyike egy üvegház, amelyben valamilyen „bolygató” (levegőztető) berendezés működik (4. ábra). Ez biztosítja, hogy a zárt térben lévő anyagot a levegő átjárja. A szárításhoz szükséges hőmennyiséget alapvetően a nap biztosítja. Néhol ez kiegészülhet napkollektorokkal és valamiféle padlófűtéssel is. Ilyen berendezések már néhány helyen üzemelnek (Makó, Soltvadkert, Veszprém). A szárításhoz szükséges hőmennyiség – amely az előző fejezetben elemzett szárítóknál a legnagyobb költségtételt jelenti - itt egészében, vagy nagyobb részében megtakarítható. Az elektromos energia igény is sokkal kisebb, mint a normál szárítóknál. A solár szárítók üzemeltetésének költségei – az alkalmazott segéd berendezésektől függően – a hagyományos szárítókhoz viszonyítva 5 – 35% -ra csökkenthetők.

4. ábra: „Huber” solár szárító szennyvíziszap s

Le kell azonban szögezni, **hogy ezeknél oxidációs folyamat zajlik**. Ez a folyamat mintegy 20% -24% energia tartalom és közelítően ugyanekkora szárazanyag tömeg csökkenéssel jár. Az oxidációhoz szükségképpen CO2 emisszió is tartozik, és nem kerülhető el az ammónia képződés sem. Ezek óhatatlanul a légkörbe kerülnek. A solár szárításnak tehát van környezet-terhelő hatása. Erre vonatkozóan ( hozzáférhető ) mérési eredményeink nincsenek, de a számítások arra engednek következtetni, hogy ez eléri, talán kicsit meg is haladja azt az emissziót, amivel a normál szárítás esetén a fosszilis energiahordozók felhasználása miatt számolni kell.

Ammennyiben a szárított szennyvíziszap – a rendelkezés ellenére – mégis lerakható lenne, úgy a szolár iszapszárítás hatékony költségcsökkentési eszköz lehet.

Mindent összevetve úgy vélem, hogy a szárítás (a solár szárítás is), mint a hulladék tömeg csökkentési módszere, legfeljebb ott jöhet szóba, ahol:

* Valamilyen oknál fogva az adott szennyvíziszap más célra nem használható fel (Pl nehézfém határértékek túllépése) és
* a szárítmány deponálásra való átvétele is biztosított.

Véleményem szerint a szennyvíziszap szárítására ott érdemes gondolni, ahol következő lépcsőben annak termikus hasznosítása is meg fog történni.

Nincs elvi különbség a szennyvíziszap, illetve annak rothasztása után visszamaradó fermentációs maradvány szárítása között. Meg kell azonban jegyezni, hogy a fermentációs maradvány szoláris szárításának végterméke már olyan energia tartalom csökkenéssel járna, amely kétségessé tenné a szárítmány felhasználhatóságát. Ezt csak mint elvi lehetőséget említem. Ahol ugyanis van fermentációs maradvány, biztosan van megfelelő mennyiségű hő, mivel a CHP egység is szolgáltatja azt.

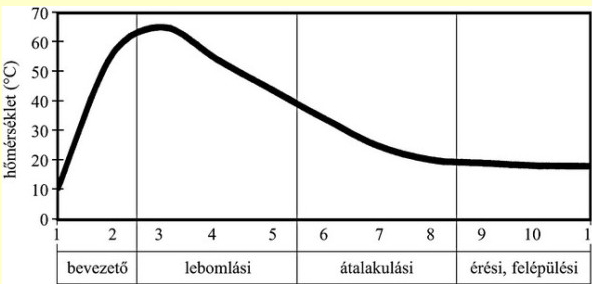
## Komposztálás.

### Általános megjegyzések

A szennyvíziszapok komposztálásának jelentőségét – szerintem – sokan alaposan túlértékelik.

Túlértékelik a komposztálásra szóba jöhető mennyiséget. Általában a teljes víztelenített szennyvíziszap mennyiséggel számolnak (1,4 millió t/év). Ezzel szemben ebből már ma is 560 000 t-t rothasztáshoz használnak fel, és legalább 350 000 tonnára tehető azokon a szennyvíztelepeken történő iszapképződés, ahol a víztelenítés meg sem történik. Így aztán víztelenített szennyvíziszapból 450- 500 000 tonnánál akkor sem lehet többre számítani, ha valamennyi víztelenített iszapot össze tudnánk gyűjteni. Kétségtelen tény, hogy a víztelenített fermentációs maradvány is alkalmas lehet komposztálásra, de ezzel együtt sem lehet számolni 650-700 000 t 20-30% közötti szárazanyag tartalmu alapanyagnál többre. (Itt nem szóltunk azokról a mennyiségekről, amelyek a vizsgálat alapján nem alkalmasak komposzt alapanyagnak.)

Minden ismertető anyag kész ténynek veszi, hogy a komposztba patogén élőlények nincsenek.

Általában az 5. ábrát szokták bizonyításul hozni azzal, hogy az 1 napig tartó 65 °C hőmérséklet elegendő minden patogén élő szervezet elpusztításához. Ez általában igaz, amennyiben valóban ilyen a komposztálási folyamat hőmérsékleti görbéje. A patogén fajok spórái - amelyek közül néhány nagyon hosszú ideig fertőzőképes marad – egyáltalán nem pusztulnak el. Nem semmisülnek meg – illetve nem bomlanak le azok a kémiai anyagok (hormonok, mérgek), amelyek jelenléte problémát okozhat. Erre vonatkozó vizsgálati eredmények nincsenek.

5. ábra: Komposztálás elméleti hőgörbéje

A szennyvíziszapból készült komposztok leírásai a nehézfém problémát elbagatelizálják.

Ezt elintézik azzal, hogy azoknak az induló alapanyagban a határértéken belül lell lenni, ezzel aztán nem lehet további probléma. Ha nehézfémekre vonatkozó határértékekkel számolunk, a 10 t szárazanyag/ha maximális megegedett mennyiséget vesszük figyelembe, akkor akár 4 kg ólom, 3,5 kg króm, 7,5 kg réz, 1 kg nikkel és 50 g higany juthat ki a szántóföldek minden hektárjára évente (Alexa Lászlótól).

Az Unióban a pályázatok életciklus elemzésekben a komposztálásnál - amint az 5. táblázatból kítűnik – komoly környezet terheléssel számolnak.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: Az uniós projekteknél az életciklus elemzéshez a szennyvíziszap komposztálása esetén használandó értékek** | | |
|
| **Megnevezés** | **Mennyiség** | **Egység** |
| **Sewage sludge Input** | **1** | **kg** |
| **Output** | | |
| **compost [Waste for recovery]** | **0,15** | **kg** |
| **Sewage sludge (waste water processing) [Waste for disposal]** | **0,0185** | **kg** |
| **Nehézfémek** | | |
| **Arsenic [Heavy metals to agricultural soil]** | **8,00E-06** | kg |
| **Cadmium [Heavy metals to agricultural soil]** | **3,00E-06** | **kg** |
| **Chromium (unspecified) [Heavy metals to agricultural soil]** | **4,00E-05** | **kg** |
| **Cobalt [Heavy metals to agricultural soil]** | **5,00E-06** | **kg** |
| **Molybdenum [Heavy metals to agricultural soil]** | **2,00E-06** | **kg** |
| **Nickel [Heavy metals to agricultural soil]** | **2,50E-05** | **kg** |
| **Selenium [Heavy metals to agricultural soil]** | **5,00E-05** | **kg** |
| **Lead [Heavy metals to agricultural soil]** | **2,50E-05** | **kg** |
| **Emisszió** | | |
| Ammonia [Inorganic emissions to air] NH4 | 0,000978 | kg |
| Carbon dioxide [Inorganic emissions to air] CO2 | 0,00843 | kg |
| **Carbon dioxide (biotic) [Inorganic emissions to air]CO2** | **0,52** | **kg** |
| Carbon monoxide [Inorganic emissions to air]CO | 0,000128 | kg |
| Hydrogen sulphide [Inorganic emissions to air]H2SO3 | 0,000528 | kg |
| Methane (biotic) [Organic emissions to air (group VOC)]CH4 | 0,0101 | kg |
| Nitrogen oxides [Inorganic emissions to air] NO | 0,000453 | kg |
| Nitrous oxide (laughing gas) [Inorganic emissions to air] | 0,000281 | kg |
| Waste heat [Other emissions to air] | 6,6 | MJ |

Az sem tekinthető véletlennek, hogy sok országban nem is engedélyezik a szennyvíziszapból készült komposzt mezőgazdasági felhasználását.

A mezőgazdasági termelők nálunk meglehetősen idegenkednek a szennyvíziszapból készült komposzt használatától, így annak legnagyobb hányadát jelenleg rekultivációs célra használják fel.

### A komposztálás anyag- és energia áramai, valamint eredményessége

Szennyvíziszap esetében a C:N arány tartásaa miatt mindenképpen kb a szennyvíziszap szárazanyagával azonos szárazanyag tartalmú „adalék anyagot” kell hozzákeverni. Ezzel lehet beállítani az induló víztartalmat is. Az adalék anyag legtöbbször a szalma és a tőzeg.

A modell elkészítésénél itt is az éves 14 600 t 20% szárazanyag tartalmu szennyvíziszapot vettük figyelembe úgy, hogy azt teljes egészében komposztálni fogjuk.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: A szennyvíziszap komposztálásának anyagárama** | | | |
| **Megnevezés** | **Összes tömeg t** | **Száraz anyag t** | **Száraz anyag %** |
| Víztelenített szennyvíziszap | 14 600 | 2 920 | 20,00% |
| Szükséges adalék anyag | 17 033 | 14 478 | 85,00% |
| Induló szubsztrátum összesen | 31 633 | 17 398 | 55,00% |
| Komposzt teljes tömege | 17 398 | 13 049 | 75,00% |
| **A komposztban lévő növényi tápanyag mennyiség** | | | |
|  | **NH4 és NO3** | **P2O5** | **K2O** |
| Hatóanyagban t | 339 | 457 | 144 |
| Műtrágya egyenértékben t | 1 131 | 2 284 | 359 |

A komposztáláskor a szárazanyag veszteség (ha a hőmérsékleti görbe valóban megfelel az 5. ábrán jelzettnek) minimálisan 35%. Így a folyamat végén 17 398 t. komposzt keletkezik 75%-os szárazanyag tartalommal. Ha azt nézzük, hogy a szükséges adalék anyag minimális beszerzési ára 5 000 Ft/t a komposzt pedig 3 000 Ft/t –nál drágábban nem adható el akkor egyértelmű, hogy az egész tevékenység veszteséges lesz már anyag szinten. *Ez számításunk szerint az induló szennyvíziszapra vetítve 2 854 Ft/t.* Itt még nem számoltam a mozgatás (keverés) energia költségét, a munkabért, a be és kiszállítás költségét és az amortizációt sem. A komposztálás során, ha csak a szorosan vett főfolyamatot vesszük figyelembe, akkor is évi

**7 300 t ÜHG többlet kibocsátással kell számolni** (lásd 5. Táblázat 0,52 kg/induló iszap komposzt).

A felsoroltakon túl még indokolt figyelembe venni hogy :

* A komposztot tárolni kell, általában fél évig (pihentetés) így jelentős hely igénnyel is számolni kell.
* A mozgatás során a dolgozók közvetlenül érintkezésbe kerülnek a még nem stabilizált anyaggal.

Elméletileg a ugyan horribilis mennyiségű növényi tápanyagot viszünk ki és ezt másnál realizálódó haszonként jeleníthetnénk meg. Műtrágya alapárakon számolva ez esetünkben a 0,5 milliárd Ft-ot is meghaladná.

Mivel azonban a szennyvíziszapból készült komposztból csak nagyon kevés kerül közvetlen mezőgazdasági termelői felhasználásra, irreális lenne ilyen mértékű közvetett haszonnal számolni. Az viszont tény, hogy területeket tudunk rekultiválni és ezzel értéket teremtünk.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: A fermentációs maradvány komposztálásának anyagárama** | | | |
| **Megnevezés** | **Összes tömeg t** | **Száraz anyag t** | **Száraz anyag %** |
|
| Fermentációs maradvány besűrítve | 7 333 | 2 200 | 30,00% |
| Szükséges adalék anyag | 6 111 | 5 195 | 85,00% |
| Induló szubsztrátum összesen | 13 445 | 7 395 | 55,00% |
| **Komposzt teljes tömege** | **7 395** | **5 546** | **75,00%** |
| **A komposztban lévő növényi tápanyag mennyiség** | | | |
|  | **NH4 és NO3** | **P2O5** | **K2O** |
| Hatóanyagban t | 144 | 194 | 61 |
| Műtrágya egyenértékben t | 481 | 971 | 153 |

Amennyiben nem viztelenített szennyvíziszapot, hanem a rothasztás utáni víztelenített maradványt komposztáljuk, lényegében ugyanezek a folyamatok játszódnak le, csak kevesebb anyag keletkezik. A rothasztás során ugyanis jelentős szárazanyag csökkenés is bekövetkezik (lád később). A rothasztás érintetlenül hagyja a nehézfémeket.

## Rothasztás – Biogáz előállítás

A rothasztás anaerob körülmények között baktériumok és gombák által gerjesztett folyamat, melynek során több lépcsőn keresztül, alapvetően a megfelelően előkészitett alapanyag (kb 10% szárazanyag tartalom) szerves széntartalmú vegyületté, végül metánná (CH4) és széndioxiddá (CO2) bomlanak le. A folyamat sebességét első sorban a hőmérséklet – amelyet a fermentor fűtésével kell biztosítani – határozza meg.

A biogázképződést négy fázisra lehet bontani. Ezek a következők:

1. **Hidrolízis**: a [hidrolízis](http://hu.wikipedia.org/wiki/Hidrol%C3%ADzis) folyamán a szerves anyagokat ([fehérjék](http://hu.wikipedia.org/wiki/Feh%C3%A9rje), [zsírok](http://hu.wikipedia.org/wiki/Zs%C3%ADr), [szénhidrátok](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9nhidr%C3%A1t)) bakteriális [enzimek](http://hu.wikipedia.org/wiki/Enzim) alapegységekre bontják ([aminosavakra](http://hu.wikipedia.org/wiki/Aminosav), [zsírsavakra](http://hu.wikipedia.org/wiki/Zs%C3%ADrsav), [glükózra](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%BCk%C3%B3z)).
2. **Savképződés**: savképződéskor a feloldott anyagok szerves [savakká](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sav) ([ecetsavvá](http://hu.wikipedia.org/wiki/Ecetsav), [propionsavvá](http://hu.wikipedia.org/wiki/Propionsav), [vajsavvá](http://hu.wikipedia.org/wiki/Vajsav)), kis szénatomszámú [alkoholokká](http://hu.wikipedia.org/wiki/Alkohol), [aldehidekké](http://hu.wikipedia.org/wiki/Aldehid), [hidrogénné](http://hu.wikipedia.org/wiki/Hidrog%C3%A9n), [széndioxiddá](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9n-dioxid)
3. **Acetogén fázis**: ebben a fázisban az [acetogén baktériumok](http://hu.wikipedia.org/wiki/Acetog%C3%A9n_bakt%C3%A9rium) az előző fázis anyagait alakítják ecetsavvá.
4. **Metánképződés**: ebben a fázisban az ecetsavat [metánképző baktériumok](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Met%C3%A1nk%C3%A9pz%C5%91_bakt%C3%A9riumok&action=edit&redlink=1) [metánná](http://hu.wikipedia.org/wiki/Met%C3%A1n), szén-dioxiddá és vízzé alakítják. A hidrogén (H2) és a szén-dioxid (CO2) metánná és [vízzé](http://hu.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADz) alakul át:

A „végtermék” tehát egy gázelegy, amely kb 60% metánból és 40% széndioxidból áll, és ezt nevezzük biogáznak. A biogáz energia hordozó, amely speciális gázmotorban elégethő. A motor generátort hajt, amellyel elektromos energiát állít elő. A belső égésű motor úgy van konstruálva, hogy a keletkező hő is hasznosítható legyen (CHP egység).

**6. ábra: A biogáz üzem blokksémája**

A biogáz üzem tehát alap

Mechanikus sűrítés

**Higítóvíz 14 600 t**

**29 200 t. Szubsztátum 10% szárazanyag**

1 109 600 m3 biogáz

**CHP egys.**

**28 278 t fermentációs maradvány**

7 333 t 30% -os ferm. mar.

20 944 t higító víz

**2 757 356 kWh**

**10 162 826 MJ hő**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. **táblázat: A biogáz képződés anyag és energia folyamata 1 t víztelenített (20% sz.anyag tartalmú) szennyvíziszapra vetítve** | |
| **Megnevezés** | **Érték** |
| CO2 részaránya % | 40% |
| 1 t iszaphoz szükséges hígító víz t | 1,00 |
| 1 t iszapból az induló szubsztrátum t. | 2,00 |
| Metán energia tartalma MJ/kg | 50 |
| Metán sűrűsége kg/m3 | 0,71 |
| Metán energia tartalma MJ/m3 | 35,5 |
| **Biogáz energia tartalma MJ/m3** | **21,3** |
| Biogáz sűrűsége kg/m3 | 1,21 |
| Biogáz tömege 1 t. iszapból kg | 92,24 |
| A biogázban a szén részaránya % | 55,91% |
| Szárazanyag tömegcsökkenés kg | 51,57 |
| Maradék szárazanyag kg | 148,43 |
| Maradék energia MJ | 1 981,20 |
| **A fermentációs maradvány energia tartalma MJ/kg. Sz.a** | **13,35** |
| **A fermentációs maradvány szárazanyaga %** | **7,78%** |

vetően a CHP egység közbejöttével energiát állit elő, pontosabban az alapanyagban lévő energiát kinyeri. A biogázban közelítően megjelenik a szubsztátumban lévő összes energia 48-52%-a. A CHP egység pedig a biogázban lévő energia 85%-át adja vissza elektromos áram és hőenergia formájában.

A kiinduló anyag itt a szennyvíziszap, amelynek energia tartalma 18 MJ/szárazanyag kg. Az eddigieket figyelembe véve a biogáz képződés és felhasználás. A 8. táblázatból látható, hogy a fermentációs maradvány még jelentős mennyiségű energiát tartalmaz.

A biogáz képződés folyamatainak tisztázása után elkészítettem - a modellre konkretizálva is - az anyag és energia áram számadatait (9. táblázat).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: A biogáz előállítás anyag és energia áramai** | | | |
| **Megnevezés** | **Mennyiség t vagy m3** | **Száraz anyag t** | **Energia MJ vagy kWh** |
| Víztelenített szennyvíziszap t | 14 600 | 2 920 | 52 560 000 |
| Biogáz m3 | 1 109 600 | 1 347 | 23 634 480 |
| Fermentációs maradvány | 28 278 | 2 200 | 29 366 180 |
| Termelhető elektromos áram kWh | | | 2 757 356 |
| Önfogyasztás kWh | | | 275 736 |
| **Felhasználható elektromos áram kWh** | | | **2 481 620** |
| Termelhető hőmennyiség MJ | | | 10 162 826 |
| Önfelhasználás MJ | | | 3 048 848 |
| **Felhasználható hőmennyiség MJ** | | | **7 113 978** |
| **Fermentációs maradvány sűrítés után** | **7 333** | **2 200** | **29 366 180** |

A biogáz üzem tehát képes - az önfogyasztások levonása után -2 481 620 kWh elektromos áramot, valamint 7 113 978 MJ hőmennyiséget szolgáltatni évente.

Az erjedés utáni maradvány 2 200 t szárazanyagot tartalmaz és besüríthető 30 % szárazanyag tartalmura, amely évi 7 333 t tömeget jelent.

Ebben a fermentációs maradványban megtalálható mindaz, ami a szennyvíziszapban eredetileg megvolt, azon kívül, ami a biogázzal távozott.

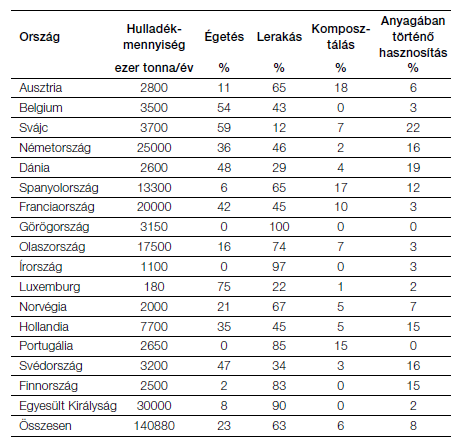
Itt van tehát valamennyi növényi tápanyag, amelyről a szennyvíziszap komposztálásánál szóltam. De benne maradt valamennyi nehézfém is. Az erjedés során itt a hőmérséklet nem megy 40 °C fölé, így valószínüsíthetően ebben több fertőző, illetve patogén anyagot fogunk találni, mint a komposztált iszapban.

A fermentációs maradvány ugyan úgy kockázatot jelentő hulladéknak minősül, ahogy a szennyvíziszap, tehát mindenképpen kell valami módon ártalmatlanítani.

Ahogy a komposztálásnál jeleztem, ezt lehet komposztálni, és a felhasználhatósági területe sem tér el a szennyvíziszap komposztétól. A mezőgazdasági felhasználása ugyanazokat a kockázatokat hordozza, mint az erjesztés nélküli szennyvíziszap komposzt.

Említettem, hogy a maradvány még jelentős energiát hordoz. Szóbajöhet tehát a termikus – energetikai célú hasznosítása is.

## Termikus ártalmatításról (égetésről) általában

Noha mindenki tudja, hogy az égés = oxidáció, az égetéshez – mint tevékenységhez – mégis a tudatban a „megsemmisités” fogalom társul.[[4]](#footnote-4) Pedig azt is tudjuk, hogy az anyag soha nem semmisül meg. Az égetés során valójában az anyaghoz – leginkább a szénhez – oxigén kötődik. E folyamat jelentős hőt termel, amely az anyagban lévő vizet elpárologtatja. Mivel az új anyag a CO2 halmazállapota gáz, az a levegőbe távozik, csak úgy mint az elpárolgó víz. A dehidratált visszamaradó anyag[[5]](#footnote-5) (hamu) tömege az eredeti tömeg töredéke lesz.

10. táblázat: Hulladék kezelés arányai Európa országaiban

Az elemzésünk alapvetően a szennyvíziszapról szól, amely minősítését illetően olyan környezeti kockázatot jelentő hulladék, amelynek feldolgozatlanul negatív értéke van.[[6]](#footnote-6) Bizonyítás nélkül elfogadhatjuk, hogy a visszamaradó hulladék tömegét a leghatékonyabban égetéssel tudjuk csökkenteni. A hulladék ezen belül a szennyvíziszap égetését a világban, de Európában sem tartják „ördögtől valónak”. ( A 10. táblázat már ránézésre mutatja, hogy az iparilag legfejlettebb (a környezetvédelemben élenjáró) országokban kimagoslóan magas a hulladék égetés aránya.

A hulladék égetés során a világon mindenütt meglehetősen szigorú feltételeket kell teljesíteni.[[7]](#footnote-7) Az eddigi gyakorlatban ezt hulladék égetőművek létesítésével oldották meg. Az égetőmű – térítés ellenében – átveszi a hulladék tulajdonostól a negatív értékkel bíró anyagot, és ezt *fosszilis energia hordozó felhasználásával az előírások betartásával elégeti.* Az ilyen égetőmű nyilvánvalóan ÜHG kibocsátó, bár az energia mérlege ettől még lehet pozitív is.

Világszerte vannak törekvések arra vonatkozóan, hogy a hulladékégetést fosszilis energiahordozó felhasználás nélkül oldják meg. Ilyen megvalósult eszköz hazánkban is létezik, amelyet a BIOMORV Zrt –eredendően a szennyvíziszap égetés megoldására – fejlesztett ki. E berendezés utólagosan is a szennyvíztisztító telepeken alkalmazott technológiához illeszthető, fosszilis energia hordozót nem használ fel, a hulladék égetésre vonatkozó előírásokat maradék nélkül teljesíti, és energia mérlege is vitathatatlanul pozitív.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: A Biomorv berendezés lehetséges tüzelőanyagai** | | | **Nettó energia MJ/kg össztömeg[[8]](#footnote-8)** |
| **Megnevezés** | **Száraz anyag %** | **Energia tart. MJ/sz.a kg** |
|
|
| Nyers víztelenített iszap | 20,00% | 18,00 | 1,79 |
| Szárított iszap | 95,00% | 18,00 | 16,99 |
| RDF (települési szerves szilárd hulladék darálék)[[9]](#footnote-9) | 80,00% | 15,00 | 11,55 |
| Fermentációs maradvány | 30,00% | 13,35 | 2,42 |
| Szárított fermentációs maradvány | 95,00% | 13,35 | 12,57 |
| Solár szárított iszap | 93,00% | 13,30 | 12,21 |
| Fapellet | 90,00% | 17,00 | 15,07 |
| Faapríték | 70,00% | 14,00 | 9,12 |

A berendezés lehetséges „fűtőanyagait” a 11. táblázat tartalmazza. Sajátossága a berendezésnek, hogy képes egészen magas nedvességtartalmú (45%) mixet elégetni. Ezzel lehetővé válik a rendkívül energia igényes szárítás minimalizálása.

További sajátossága, hogy az általa szolgáltatott energia rugalmasan hasznosítható. Kiépített az elektromos áramfejlesztőhöz való csatlakoztatás (ORC berendezés), de van számos egyéb lehetőség is.

A továbbiakban ismertetem - a modellben eddig is figyelembe vett 14 600 t/év iszapmennyiségre vonatkoztatva - azokat a variációkat, amelyek a különböző felszereltségű szennyvíztisztító telepeken elképzelhetők.

## A szennyvíziszap termikus ártalmatlanításának változatai.

A modelleket a következő változatokra dolgoztuk ki:

1. Az adott szennyvíztisztító telepen mechanikus víztelenítő berendezés és iszapszárító berendezés (jelenleg fosszilis energiahordozóval üzemeltetve) van: *Szennyvíziszap monoégetés, viztelenített és szárított iszap felhasználásával.*
2. A szennyvíztísztító telepen víztelenítő berendezés van, az iszap egy részének szárítását szolár szárítóval oldják meg: *Szennyvíziszap monoégetés víztelenített iszap és szolár szárított iszap felhasználásával.*
3. A szennyvíztísztító telepen víztelenítő berendezés van, szárító berendezés nincs, viszont a települési szilárd hulladékot (helyben vagy közelben) válogatják, és abból RDF-t állítanak elő: *Viztelenített iszap és RDF együtt égetése.*
4. A szennyvíztísztító telep teljes iszapmennyiségét rothasztják, a fermentációs maradványt dekantálják, illetve annak egy részét szárítják.A keletkező biogázt CHP egység közbejöttével hasznosítják: *Fermentációs maradvány monoégetés dekantált és szárított keverékkel.*

A felsoroltakon kívül még számos variáció elképzelhető lenne. Úgy vélem azonban, hogy e négy változat ismertetése elegendő ahhoz, hogy képet kaphassunk a termikus ártalmatlanítással elérhető eredményekről.

Azt gondolom, bizonyítás nélkül is elfogadhatjuk, hogy az égetéssel minden patogén szervezet biztonságosan elpusztul. Az sem lehet kétséges, hogy az eredeti szárazanyag tömeg 15%-át kitevő hamu biztonságosan átadható a lerakónak.[[10]](#footnote-10)

Szennyvíziszap monoégetés, viztelenített és szárított iszap felhasználásával.

A rendelkezésre álló iszapból annyit szükséges szárítani, amennyi elegendő olyan keverék elkészítéséhez, amelyben a fenntartható égést biztosító szárazanyag és energia tartalom rendelkezésre áll.

(Egy ilyen keveréket, illetve annak anyag és energia áramát a 12. táblázat tartalmaz.)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: Szennyvíziszap monoégetés víztelenített és szárított iszap keverék felhasználásával** | | | | | |
| **Megnevezés** | **Részarány %** | **1 üzemórára vetítve** | | | **Éves anyag szükséglet összesen t** |
| **Mennyiség kg** | **Száraz anyag kg** | **Energia MJ** |
| Víztelenített iszap | 53,33% | 343 | 69 | 1 235 |
| Szárított iszap | 46,67% | 300 | 285 | 5 133 |
| **Tüzelő összesen** | **100,00%** | **643** | **354** | **6 367** |
| Faapríték | | 30 | 21 | 294 | 248 |
| Égetőmű input összesen | | 673 | 375 | 6 661 |  |
| Víztelenített szennyvíziszap egyenértékben | | 1 769 |  |  | 14 600 |
| Kazán alapvesztesége | | | | 479 |  |
| Vízpárologtatásra (veszteség) | | | | 674 |  |
| **Előégetőből kilépő output energia** | | | | **5 508** |  |
| Fapellet az utóégető felfűtésére (támasztékhő) | | | | | 350 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: Éves energia mérleg** | | |
| **Megnevezés** | **Energia MJ/év** | **%** |
| **Kazán input energia összesen** | **60 965 068** | **100,00%** |
| **Összes output energia** | **50 814 970** | **83,35%** |
| **Távozó füstgázzal elmegy** | **6 953 627** | **11,41%** |
| **Szárítás hő szükséglete** | **32 951 758** | **54,05%** |
| **Felhasználható hőmennyiség** | **10 909 585** | **17,89%** |

Ebben a keverékben a szárazanyag tartalom 55%. A teljes tömegre vetített energia tartalom (fűtőérték) 8,9 MJ/kg. Az égetőmű adottságaiból következően - a biztonságos üzemeltetés érdekében - óránként 30 kg faaprítékot és - az utóégetés megfelelő hőmérsékletének biztosításához - óránként 42 kg fapelletet kell biztosítani.

(Az elemzett változat energiamérlegét a 13. táblázat taralmazza.) Amint látható, az égetőmű „primer hatásfoka” meglehetősen jó, még a magas víztartalom ellenére is. Az energia legnagyobb része azonban a szárításra fordítódik. Ilyen tüzelőanyag arány mellett az égetőművet egy évben 8 255 üzemórát kell működtetni. (Az összes szenyvíziszap ártalmatlanítása ezt követeli meg.)

Az égetőmű által szolgáltatott energia legnagyobb hányadát (54%-át) – ennél a változatnál – a szárítás hőigénye teszi ki. (Azért kell szárítani, hogy égethessünk!)

A fennmaradó hőmennyiségből – elméletileg évente füstgázzal üzemelő ORC berendezéssel - előállítható 545 479 kWh elektromos áram, 18%-os hatásfokot feltételezve. [[11]](#footnote-11) Ez mindenképpen haszon, vagy költség megtakarítás. Az ORC berendezés ebben a variációban még visszaad 8 400 000 MJ hőenergiát. Ennek a hordozója azonban 90 °C hőmérsékletű víz. Ez az energia felhasználható lehet a telep fűtésére, melegvíz szolgáltatás biztosítására, de bármilyen egyéb célra is. Arról azonban gondoskodni kell, hogy ezt az energia mennyiséget - 1 018 MJ/h - (283 kWh) elvonjuk, mert ha nem tesszük meg, az ORC berendezésünk nem működne.

Már most jelzem, hogy energia hatékonyság szempontjából ez a legrosszabb változat, hiszen a bevitt összes energiának alig 18%-at adja vissza, másutt felhasználható formában.

Ha azonban a kiindulási alapunk az, hogy e módszer bevezetésével kiváltottunk 970 000 m3/év földgázt és 570 000 kWh elektromos áramot, amivel a szárítóberendezés eddig üzemelt, továbbá a korábban lerakott (vagy térítéssel átadott) 2 800 t szárított iszap helyett most már csak 440 t hamu lerakásától kell gondoskodni évnte (ez minimálisan 14 millió Ft) és a szárításhoz felhasznált földgáz és elektromos energia miatti ÜHG többlet kibocsátást is kiváltottuk. Ha még számolunk azzal is, hogy a szárítás után megmaradó víztelenített iszapot még komposztálni kell, ami eleve veszteséges tevékenység (lásd komposztálás fejezet. Az itteni mennyiségre vetítve ez több, mint 8 millió Ft. Ha azt is figyelembe vesszük, hogy ennek komposztálása további 1 472 t CO2 kibocsátással járt volna, akkor e variáció hatását a környezetre, de az eredményre is másképpen ítélhetjük meg.

### Szennyvíziszap monoégetés víztelenített és szolár szárított iszap felhasználásával

Szoláris szárító esetén a szárításnak biztosítandó hőigénye alaphelyzetben nincsen[[12]](#footnote-12) ( leírását lásd a szárítás címszó alatt ). A berendezésnek ezen túl minimális elektromos energia igénye van.

Szolár szárított iszap használata esetén számolni kell a fűtőérték és a tömeg csökkenéssel is. Emiatt az égetőmű fajlagos „anyagtömeg” felhasználása a normál szárításhoz viszonyítva jelentősen megnövekszik (v.ö a 12 és 14 táblázatot). A szárazanyag tömegcsökkenés - mivel az nyilván az oxidálható anyagokból történik – számolni kell a keletkező hamu mintegy 5%-os növekedésével is. (Ezt bizonyította a fűtőérték meghatározásakor mért érték is.) Mindezeket figyelembe véve e változat anyag- és energia áramát a 14. táblázat tartalmazza:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: A víztelenített és szolár szárított iszap égetés anyag és energia árama** | | | | | | |
| **Megnevezés** | **Részarány %** | **1 üzemórára vetítve** | | | | **Éves anyag szükséglet összesen t** |
| **Mennyiség kg** | | **Száraz anyag kg** | **Energia** |
| Víztelenített iszap | 52,05% | 438 | | 88 | 1 577 |
| Szolár szárított iszap | 47,95% | 404 | | 375 | 4 992 |
| **Tüzelő összesen** |  | **842** | | **463** | **6 569** |
| Faapríték | | 30 | | 21 | 294 | 248 |
| Kazán input összesen | | 872 | | 484 | 6 863 |  |
| Víztelenített szennyvíziszap egyenértékben | | 2 978 | |  |  | 14 600 |
| Kazán alapvesztesége | | | | | 479 |  |
| Vízpárologtatásra | | | | | 876 |  |
| **Előégetőből kilépő output** | | | | | **5 508** |  |
| Fapellet az utóégető felfűtésére (támasztékhő) | | | 42 | 40 | 724 | 350 |

Ebben az esetben az égetőmű – amennyiben csak a saját iszapját használja fel – az év során 4 903 üzemórát teljesíthet. (A 14 600 t viztelenített iszap ennyit tesz lehetővé.) A tüzelőanyag keverék szárazanyag tartalma 56%, nettó fűtőértéke a teljes tömegre vatítve 6,79 MJ/kg.

A részleges üzemeltetés „kényszere miatt” célszerű az üzemidőt a téli félévre tenni. A nyáron képződő iszapmennyiség - kiegészítő hőfelhasználás nélkül is -szárítható. A téli félévben viszont – amikor az égetőmű üzemel – az ORC egység által visszaadott hő hozzáadásával a szolár szárító kapacitása jól kihasználható.

Az égetőműben óránként 7 588 MJ energiát viszünk be, és outputként 6 156 MJ-t ad vissza. Ez 81,13% -os hatásfokot jelent.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. **táblázat: Éves energiahasznosítás** | |
| **Megnevezés** | **Mennyiség** |
| Összes output hőmennyiség MJ/év | 30 180 270 |
| Füstgázzal elmegy MJ/év | 4 129 932 |
| Felhasználható hőenergia MJ/év | 26 050 338 |
| **Kihozható elektromos energia (Orc) kWh/év** | **1 302 517** |
| **Felhasználható hő MJ/év** | **20 058 760** |

Az egész évre vetített energia felhasználást a 15. táblázat tartalmazza. Mivel ennél a változatnál az iszap szárításhoz nem használunk fel „primér energiát”, a ténylegesen hasznosuló energia részaránya jelentősen megnövekszik. Elméletileg még az is elképzelhető, hogy - a füstgázzal szükségképpen távozó energia kivételével - a teljes output energia felhasználásra kerüljön.

Ami az emissziót illeti, ez a változat csak annyival rosszabb az előző pontban ismertetettnél, amennyi CO2 –n kívüli ÜHG (NH4  és CH4 ) a szolár szárítás során keletkezik.[[13]](#footnote-13)

### Víztelenített szennyvíziszap és RDF együtt égetése.

Ez a változat már tullép a szennyvíziszap ártalmatlanítás, (hasznosítás) témakörén. Itt már integrált hulladék hasznosításról van szó. Az RDF-ről itt csak annyit szólunk, hogy az nem más, mint a települési szilárd hulladék válogatása után visszamaradó, égethető szerves hulladék, amely már másra nem használható. Az RDF feldolgozási technológia viszonylag magas szárazanyag tartalmú anyagot produkál (lásd 11. táblázat). A fűtőértéknél a legalacsonyabb értéket vettük figyelembe.

A településen keletkező szennyvíziszaphoz viszonyítva - az RDF technológia alkalmazása esetén - egy főre vetítve kb. 35-40%-al nagyobb mennyiséggel lehet kalkulálni. Itt tehát arról van szó, hogy a szárított szennyvíziszap helyett RDF-et használunk. Ez azonban azt is jelenti, hogy ebben az esetben az adott település teljes hulladék problémáját meg lehet oldani.(E változat anyag és energia áramát a 16. táblázat taratalmazza. )

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. **Táblázat: Víztelenített szennyvíziszap és RDF együtt égetés anyag és energia árama** | | | | | |
| **Megnevezés** | **Részarány %** | **1 üzemórára vetítve** | | | **Éves anyag szükséglet összesen t** |
| **Mennyiség kg** | **Száraz anyag kg** | **Energia** |
| Víztelenített iszap | 41,67% | 318 | 64 | 1 145 |
| RDF | 58,33% | 445 | 356 | 5 345 |
| **Tüzelő összesen** |  | **764** | **420** | **6 490** |
| Faapríték | | 30 | 21 | 294 | 248 |
| Kazán input összesen | | 794 | 441 | 6 784 |  |
| Víztelenített szennyvíziszap egyenértékben | | 318 |  |  | 2 672 |
| Kazán alapvesztesége | | | | 479 |  |
| Vízpárologtatásra | | | | 797 |  |
| **Előégetőből kilépő output** | | | | **5 508** |  |
| Fapellet az utóégető felfűtésére (támasztékhő) | | 42 | 40 | 724 | 350 |

Ennél a változatnál a tüzelőanyag keverék szárazanyag tartalma 55%, a teljes tömegre vetített fűtőérték pedig 7,48 MJ/kg.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. **táblázat A víztelenített iszap és RDF együtt égetés**   **energia mérlege** | |
| **Megnevezés** | **Érték** |
| Keletkező hőenergia összesen MJ | 51 710 400 |
| Távozó füstgázzal elmegy Mj | 7 076 160 |
| Maradék energia MJ | 44 634 240 |
| **ORC berendezéssel előállítható áram kWh** | **2 231 712** |
| **Marad hőenergia MJ** | **34 368 365** |

E modellt nem a 14 600 t/év szennyvíziszap mennyiségre készítettem el. Az eltérést az indokolja, hogy az égető berendezés kapacitása – input energia igénye adott, illetve azonos. A tüzelőanyagot nem kizárólagosan szennyvíziszapból biztosítjuk. Feltételeztem, hogy az égetőmű egész évben (leszámítva a szükséges karbantartásokat) folyamatosan – 8 400 órában – üzemelni fog. Ezzel ártalmatlanít 3 830 t RDF-et és 2 672 t víztelenített szennyvíziszapot. Ez lehetővé teszi, hogy már azokhoz a szennyvíztisztító telepekhez is telepíteni lehessen, ahol napi 7 t –nál több víztelenített iszap keletkezik. Ez pedig azt is jelenti, hogy már 20– 25 000 lakóegység esetén ez a változat alkalmazható. Így viszont a teljes hulladék kezelési probléma ezzel megoldottnak tekinthető.

Amint várható – mivel szárítás itt sincsen – az energia mérleg erősen pozitív, és Itt már jelentős az elektromos áram előállítása is. Az ORC egység által visszaadott hőmennyiség magas.Ez majdnem egészében az ORC által visszadott hőböl áll.

Úgy gondolom, ez a forma viszonylag sok településen megvalósítható. Ezeken a helyeken megoldottá válik a teljes hulladék ártalmatlanítás.

### Fermentációs maradvány monoégetés dekantált és szárított maradvány keverékkel.

Az eddigi országos – ismert – szennyvíziszap felhasználási célkitűzésekben az szerepelt, hogy a 30 000 L.E-et meghaladó települések esetében valósuljon meg a szennyvíziszap rothasztása ( abiogáz előállítás anyagárait a 9. táblázatban már levezettem.) A fermentációs maradvány szárazanyag tartalma nagyon alacsony (alig több 7%-nál),ezt is vízteleníteni szükséges. Ennek megszokott módja a dekantálás, amellyel 30% körüli szárazanyag tartalmat lehet elérni. Így rendelkezésre fog állni a kiinduló 14 600 t/év szennyvíziszap felhasználás mellett 7 330 t/év 30% szárazanyag tartalmu víztelenített fermentációs maradvány. (Szárazanyag mennyisége 2 200 t.)

A biogáz elemzésnél már jeleztem, hogy ezt közvetlenül nem lehet mezőgazdasági felhasználásra átadni, mivel a rothasztás alacsony (30-35°C) hőmérséklete még a patogén élő szervezeteket sem semmisíti meg. Tehát vagy komposztálni kell, annak összes kockázatával, vagy termikusan kell a benne lévő jelentős energia mennyiséget hasznosítani.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: A fermentációs maradvány monoégetés anyag és energia árama** | | | | | |
| **Megnevezés** | **Részarány %** | **1 üzemórára vetítve** | | | **Éves anyag szükséglet összesen t** |
| **Mennyiség kg** | **Száraz anyag kg** | **Energia** |
| Dekantált fermentációs maradvány | 61,54% | 556 | 167 | 2 226 |
| Szárított fermentációs maradvány | 38,46% | 347 | 330 | 4 406 |
| **Tüzelő összesen** | **100,00%** | **903** | **497** | **6 632** |
| Faapríték | | 30 | 21 | 294 | 133 |
| Kazán input összesen | | 933 | 518 | 6 926 |  |
| Víztelenített fermentációs maradvány egyenértékben | | 1 656 |  |  | 7 333 |
| Kazán alapvesztesége | | | | 479 |  |
| Víz párologtatásra | | | | 939 |  |
| **Előégetőből kilépő output** | | | | **5 508** |  |
| Fapellet az utóégető felfűtésére (támasztékhő) |  | 42 | 40 | 724 | 188 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: Összesített energia mérleg a modellre (14 600 t/év) víztelenített szennyvíziszap rothasztással és a keletkező fermentációs maradvány égetésével** | | | |
|
| **Megnevezés** | **Felhasználható** | | **A felhasznált iszap összes energiája %-ában** |
| **Elektromos energia kWh/év** | **Hőenergia MJ/év** |
| CHP egységtől kapott nettó energia | 2 481 620 | 7 113 978 | 30,53% |
| Égetőműtől kapott nettó energia | 1 176 413 | 18 116 764 | 42,53% |
| Összes nettó energia | 3 658 034 | 25 230 743 | 73,06% |
| **Energia felhasználása** | | | |
| Égetőmű önfogyasztása | 199 257 |  | 1,36% |
| Szárítás energia igénye | 309 955 | 11 666 912 | 24,32% |
| Felhasználható energia | 3 148 821 | 13 563 831 | 47,37% |
| Egyéb biomasszával bevitt energia |  | 5 047 844 | 9,60% |
| **Nettó energia kihozatal** | **3 148 821** | **8 515 987** | **37,77%** |
| **Összesből elektromos áram** | | **19 851 744** | **21,57%** |
| **Szennyvíziszap összes energiája** | | **52 560 000** | **100,00%** |

E változat keretében azt vezetem le, hogy milyen lesz annak az anyag- és energia árama, ha az anyagnak egy részét megszárítva a másik részét a változatlanul hagyott résszel keverve biztosítjuk a termikus ártalmatlanításhoz szükséges minimális szárazanyag tartalmat (18.táblázat).

Ennek a fűtőanyag keveréknek az energia tartalma a teljes tömegre vetítve 6,32 MJ/kg, tehát még bőven az égethetőségi határon belül van.

Ennél a változatnál az látszik célszerűnek, ha az energia mérleget a biogáz üzemmel egyben készítem el (19. táblázat).

A táblázatból látható, hogy e változatnál – annak ellenére, hogy szárítás van – az energia kihozatal nagyon jó. Külön pozítívum az, hogy az értékesíthető energián belül az elektromos energia aránya magas. (Csak biogáz esetén ez 17% lenne.)

Ebben a modellben a problémát az okozza – az adott szennyvíziszap mennyiség mellett, – hogy a teljes fűtőanyag mennyiség az égetőmű adott kapacitása mellett csak 4 428 üzemórára elegendő. A teljes kapacitás kihasználása közel kétszer ennyi induló szennyvíz iszapot igényelne.

Megoldás lehet az is, ha az égetőmű kapacitását RDF-el – a beszerezhetőség függvényében – töltjük ki. Nyilván ezt az adott hely és lehetőség alapján lehet meghatározni. Itt nagyon sokféle variáció elképzelhető. Esetünkben – ha a maradék hőmennyiség pl. egyáltalán nem használható fel – lehetséges lenne a teljes fermentációs maradvány megszárítására, és ezt is lehetne RDF-el együtt égetni. Az igények és lehetőségek ismeretében még számos más kombináció elképzelhető.

### Termikus ártalmatlanítás összegezése

Úgy vélem, hogy a szennyvíziszap ártalmatlanítás, vagy ha úgy tetszik hasznosítás témakörből a termikus ártalmatlanítás nem hagyható ki. Még- egyszer hangsúlyozni kívánom, ez nem valamiféle „megsemmisítés”, hanem egyfajta átalakítás. Mivel az a leírt modellek arra alapozódnak, hogy az „égetőmű” nem használ fel fosszilis energia hordozót, a művelet „0” emissziósnak minősíthető.[[14]](#footnote-14)

Az is indokolja a termikus ártalmatlanítás lehetőségének taglalását, hogy vannak szennyvíziszapok, (és fermentációs maradványok) amelyek beltartalmuk miatt nem komposztálhatóak.

Ez a felismerés világviszonylatban is megtörtént (10 táblázat). Az iparilag legfejlettebb országokban a legnagyobb az elégetett szennyvíziszap aránya.

# Összegezés

Összegeztem ( 20. táblázatban ) az egyes szennyvíziszap kezelési (ártalmatlanítási) technológiák – általam fontosnak tartott – jellemzőit.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. **táblázat: Az egyes szennyvíziszap ártalmatlanítási módok jellemzőinek összehasonlítása** | | | | | | | |
| **A technoló gia**  **megnevezése** | **Fertőzés**  **veszély** | **Nehéz fém**  **feldusú lás** | **Táro lás**  **ideje** | **Terü let igény** | **ÜHG**  **+/-** | **Energia**  **Szolgáltat** | **Beruházási igény** |
| injektálás | magas | erőteljes | 6 hó | nincs | +ala csony | negatív | minimális |
| Közvetlen kijuttatás | magas | erőteljes | 6 hó | nagy | közepes | negatív | minimális |
| Komposz tálás | közepes | erőteljes | 6  8 hó | nagy | Magas | erősen negatív | alacsony |
| Mono égetés | nincs | nincs | nincs | minimális | csökke nés | alacsony | közepes |
| Mono égetés solár szárítással | nincs | nincs | nincs | kicsi | null szaldó | magas | közepes(+) |
| Iszap és RDF égetés | nincs | nincs | nincs | minimális | csökke nés | magas | magas |
| Rothasztás komposz tálással | közepes | erőteljes | 6 hó | nagy | magas | alacsony | magas |
| Rothasztás égetéssel | nincs | nincs | nincs | kicsi | csökke nés | nagyon magas | magas (+++) |

Az egyes modelleknél az üzemeltetés gazdaságosságosságára, illetve a megtérülésre azért nem tértem ki, mert szinte minden szennyvíztisztító telep jelenlegi felszereltségében, adottságaiban annyira különbözik, hogy szinte lehetetlen lenne bármilyen átlagos értéket kihozni.

Fontosnak tartanám a telepek felmérését, és meghatározni azt a technologiát amely az adott helyen a legoptimálisabb eredményt hozhatná.

Javaslom, és helyesnek tartanám, ha nem külön „szennyvízstratégiát” készítenének, hanem az egész szennyvíz problémát a hulladék- körbe helyezve, egységesen kezelnénk.

Fontosnak tartanám annak vizsgálatát is, miképpen lehetne – a nagyon kicsi szennyvíztisztító telepek esetén – évelő energia ültetvények létesítését, a ma nem használt, vagy gazdaságosan nem használható területeken, illetve azok talajerő visszapótlásának megoldását a szennyvíztisztítő telepek outputjaival.

1. A komposztálással foglalkozó vállalkozások nyeresége kizárólag a hulladék átvételi díjból származik. Amennyiben a „hulladék tulajdonosa” (a szennyvíztisztító telep) maga kívánja a szükséges kezelést elvégezni, az olyan beruházási és ráfordítási igénnyel járna, amely gazdaságtalanná teszi az ilyen tevékenységet. [↑](#footnote-ref-1)
2. Ez valójában számított érték, hiszen a legkisebb kapacitású szennyvíztelepeken nincs is víztelenítés. (Nem volna gazdaságos ilyen berendezés beállítása.) [↑](#footnote-ref-2)
3. Ez a két tétel ma például Miskolc térségében tonnánként eléri a 16 000 ft-ot [↑](#footnote-ref-3)
4. Ezt sugallja a nyelvünkben az elégetés igekötős alak is valamit elégetünk az nem lesz többé. [↑](#footnote-ref-4)
5. Ez nem oxidálható anyagrészekből, illetve olyan oxidokból áll, amelyek szilárd halmazállapotuak azon a hőmérsékleten, ahol az égés történt. [↑](#footnote-ref-5)
6. A hulladék tulajdonosának pénzbe kerül „megszabadulni” tőle, vagy át kell alakítania, ami további ráfordítást jelent. [↑](#footnote-ref-6)
7. A feltételek az égetés hőmérsékletére (850 °C állandó hőmérséklet és 950 °C 2,5 sec ideig utóégetés), valamint az emissziós értékekre vonatkoznak. [↑](#footnote-ref-7)
8. Nettó energiatartalom = A tüzelőanyag öszztömegére vetített ténylegesen kinyerhető energia tartalom. (levonva a benne lévő víz elpárologtatásához és az anyag felmelegítéséhez szükséges energiát) . [↑](#footnote-ref-8)
9. A települési szilárd hulladékból - a válogatás után - megmaradó szerves égethető anyag [↑](#footnote-ref-9)
10. Kidolgozás alatt van az a technológia, amely lehetővé teszi a hamuból az értékes anyagok (pl. a nagy mennyiségű foszfor) kivonását és hasznosítását. [↑](#footnote-ref-10)
11. Ilyen ORC berendezés (60 kW névleges teljesítmény) létezik, a piacon kapható. [↑](#footnote-ref-11)
12. Abban az esetben, ha pl ezt még padlófűtéssel is segítik, akkor természetesen gondoskodni kell kiegészítő energiáról. Amennyiben a szolár szárító a telepen van, és ezt a változatot alkalmazzák, akkor az ORC berendezés által „visszaadott hővel” ez a szárító hatékonyan üzemeltethető. [↑](#footnote-ref-12)
13. A széndioxid mennyiség ugyanis fix érték. Mindegy, hogy a szén a szolár szárítóban, vagy az égetőműben oxidálódik. [↑](#footnote-ref-13)
14. Persze valójában 0 emisszió oxidáció esetén nem létezik. Ha azonban közvetlenül nem használunk fel fosszilis energia hordozót, akkor az ÜHG mennyiségét csak annyival növeljük, amennyi széndioxidon kívüli egyéb káros anyag a „kéményen keresztül” a levegőbe kerül. A széndioxidot ugyanis „jelen időben” vontuk ki a levegőből. (Hulladék esetén pedig a kibocsátást már egyszer – a termék előállításakor - el kellett számolni. [↑](#footnote-ref-14)