

KUTATÁS-FEJLESZTÉSI ZÁRÓJELENTÉS

NAGY NEDVESSÉGTARTALMÚ, KOCKÁZATOT JELENTŐ SZERVES HULLADÉKOK ÁRTALMATLANÍTÁSA ÉLETCIKLUS ELEMZÉS

CÍMŰ PROJEKT KERETÉBEN VÉGZETT MUNKÁRÓL
(KÉSZÜLT A **BIOMORV ZRT.** MEGBÍZÁSÁBÓL)

BAY ZOLTÁN ALKALMAZOTT KUTATÁSI KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT.

LOGISZTIKAI RENDSZEREK OSZTÁLY

MISKOLC, 2015. FEBRUÁR 28.

A dokumentáció elkészítéséért felelős személyek aláíró lapja

István Zsolt
projektvezető, jóváhagyó

.....

Lenkeyné Dr.Biró Gyöngyvér
divízió igazgató, jóváhagyó

.....

Tartalom

1	BEVEZETÉS	5
2	ÉLETCIKLUS ELEMZÉS MÓDSZERE	6
2.1	Metodika	6
2.2	Alkalmazott hatáselemző módszer	8
3	IRODALOMKUTATÁS	10
3.1	Szennyvíziszap kezelési rendszerek életciklus elemzése – áttekintés.....	10
3.2	Szennyvíziszap kezelési lehetőségek környezeti és gazdasági vizsgálata	13
4	SZENNYVÍZISZAP ÁRTALMATLANÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK ÉLETCIKLUS ELEMZÉSE ...	14
4.1	Cél és tárgy	14
4.2	Rendszerhatárok	14
4.3	A vizsgált folyamatok ismertetése	15
4.3.1	Szennyvíziszap monoégetés hővel való szárítással	15
4.3.2	Szennyvíziszap monoégetés szolárisan szárított iszap felhasználásával	17
4.3.3	Szennyvíziszap és STABILÁT együttegítés	18
4.3.4	Fermentációs maradvány monoégetés	20
4.3.5	Dekantált (35% szárazanyagú) fermentációs maradvány és STABILÁT együttegítés	22
4.3.6	Az előző tüzelési módokban egységesen felhasznált adatok	24
4.3.7	Biogáztermelés	27
4.3.8	Komposztálás	28
4.3.9	Környezeti megtakarítások modellezése	30
4.4	Az elemzéshez felhasznált folyamatok	30
5	MODELLÉPÍTÉS.....	31
6	HATÁSELEMZÉS	34
6.1	A minta projektben megalkotott öt eljárás hatáselemzése.....	35
6.1.1	GWP – Globális felmelegedési Potenciál	35
6.1.2	EP – Eutrofizációs Potenciál	36
6.1.3	AP – Savasodási Potenciál	36
6.1.4	ADP – Erőforrások csökkenése	37
6.1.5	ODP – Ózonréteg Csökkenési Potenciál	38
6.1.6	POCP – Fotokémiai Ózonképződési Potenciál	39
6.1.7	HTP - Emberi Ökotoxicitási Potenciál	39

6.1.8	Összefoglaló diagram.....	40
6.2	Összehasonlító elemzés – megtakarítások nélkül.....	41
6.2.1	Összefoglaló diagram.....	41
6.3	A minta projektben megalkotott öt eljárás hatáselemzése, megtakarítással	43
6.3.1	GWP – Globális felmelegedési Potenciál.....	43
6.3.2	Összefoglaló diagram.....	44
6.4	Összehasonlító elemzés, megtakarítással.....	45
6.4.1	Összefoglaló diagram.....	45
7	ÖSSZEFOGLALÁS	48
8	IRODALOMJEGYZÉK.....	51

Az üzem teljes működése előtt készül e tanulmány, melynek célja a teljes technológiai sor környezeti életciklus-elemzése (LCA). Az LCA egy keretrendszer, mely mennyiségileg meghatározza a célrendszer potenciális környezeti hatásait és egy megfelelő alapot biztosít a tájékozott döntések meghozatalában. Az előzetes egyeztetések, valamint a technológiára vonatkozó kapott dokumentumok alapján célként fogalmazódik meg az egyes lehetséges ártalmatlanítási opciók környezeti és összehasonlító elemzése, valamint kitekintés egyéb ártalmatlanítási módokra. A tanulmány célja más szemszögből megvilágítani az egyes opciók előnyét-hátrányát. Bár elsődlegesen a gazdasági szempontok, de teljes kép a rendszerről a környezeti szempontok figyelembevételével együtt valósulhat meg.

2 Életciklus elemzés módszere

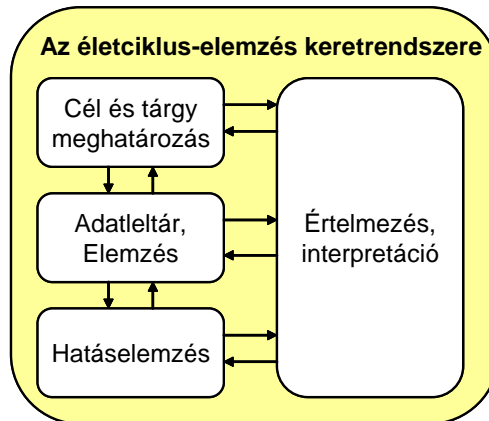
2.1 Metodika

A környezeti hatások csökkentéséhez elengedhetetlen feltétel a termék/tevékenység által előidézett hatások pontos ismerete. Ezek meghatározásának elősegítéséhez dolgozták ki az életciklus elemzés (LCA–Life Cycle Assessment) módszerét. Segítségével, vizsgálat alá kerül egy termék, folyamat vagy szolgáltatás teljes életútja során (a nyersanyag kitermeléstől a hulladékká válásáig) annak környezetre gyakorolt potenciális hatásai. A legújabb nézetek szerint a teljes életút nem a hulladékká válással ér véget, hanem a hulladék hasznosításával, annak újra felhasználhatóvá tételével. Az ISO 14040 szabvány alapján az életciklus-elemzés a következőképp definiálható: "a termékkel kapcsolatos környezeti tényezők és potenciális hatások értékelésének olyan módszere, amely leltárt készít a termékkel kapcsolatos folyamatok rendszerének bemenetéről és kimeneteiről; kiértékeli az ezekkel kapcsolatos potenciális környezeti hatásokat; értelmezi a leltári elemzésnek és a hatásértékelés fázisainak eredményeit a tanulmány céljainak figyelembevételével." [MSZ EN ISO 14040]

Az LCA-t eredetileg döntéstámogató eszköznél fejlesztették ki, amely környezeti szempontból tesz különbséget termékek, ill. szolgáltatások között. Ezen kívül is alkalmazható azonban a következőkre:

- belső ipari felhasználásnál termékfejlesztésre és javításra,
- belső stratégiai tervezésnél és vállalati politikai döntések támogatásánál az iparban,
- külső ipari használat során marketing célokra,
- kormánypolitika alakítására az ökocímke és a hulladékgazdálkodás területén.

A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (International Organization for Standardization — ISO) az ISO 14000 szabványsorozat keretében határozza meg az életciklus-elemzés alkalmazásának elveit, céljait, rendelkezik a hatásvizsgálatról, illetve minősítésről, melynek struktúráját az **2.1. ábra** szemlélteti.



2.1. ábra: Az életciklus-elemzés struktúrája (2)

Az elemzés a következő szakaszokból áll:

- a vizsgálat céljának és a vizsgált rendszer határainak kijelölése,
- a vizsgált rendszer lényeges inputjainak és outputjainak leltárba vétele,
- a bemenő és kimenő anyag- és energia fajták környezeti hatásainak értékelése,
- a leltár és hatásértékelési szakaszok eredményeinek értelmezése, dokumentálása.

Életciklus (életút): egy vizsgált rendszer egymást követő lépcsőit (egységeit) magába foglaló elvi szakasz, a nyersanyag beszerzéstől vagy a természeti erőforrásokból való kinyeréstől az elhasznált termék végső elhelyezéséig. Az életciklus tehát a termék, a csomagolás vagy a folyamat teljes életciklusát tartalmazza, nevezhető "bölcsőtől a sírig", sőt „bölcsőtől a bölcsőig” megközelítésnek is. A teljes életút szakaszai:

- nyersanyagok kitermelése és feldolgozása,
- gyártás,
- szállítás és terjesztés,
- használat,
- újrahasználat,
- hasznosítás,
- hulladék elhelyezés.

Az életciklus elemzés tehát a termék teljes életciklusának minden pontjára és folyamatára kiterjedve meghatározza az összes környezeti hatást, ehhez azonban nagy mennyiségű és sokrétű információra van szükség. Adatleltárt kell készíteni a bemeneti (környezettől felvett anyagokról) és kimentei (környezetbe kerülő) oldalról. Az életciklus leltár elkészítése után egy hatásanalízisben történik az egyes anyagfélések felszabadulása, felvétele által keltett környezeti hatások vizsgálata. Végül a különböző környezeti hatásokat egy kisebb halmazba kell tömöríteni. A teljes elemzések (bölcsőtől a sírig) egyszerűsítéséhez lehetőség van a termék életciklusának csak egyes részeit vizsgálni, vagy csak bizonyos hatásokat vizsgálni a termék teljes életciklusát figyelembe véve.

A leltár a bemenet és kimenet közötti anyagmérlegen alapul. A lényeg tehát, hogy össze lehessen kapcsolni egy termékrendszer minden elemét az anyag- és energiaáramláson keresztül. A leltárelemzés az értékelésnek az a szakasza, amely a bemenetek és kimenetek felsorolását és mennyiségi meghatározását jelenti egy adott termékrendszerre nézve, annak teljes életciklusára vonatkozóan, azaz a termékrendszer modulok (a termékrendszer legkisebb egysége, amelyre nézve az adatgyűjtés irányul) összessége, melyeket a közbenső termék árama köt össze.

Az életciklus-elemzés részletessége a különböző alkalmazási területek szerint háromszintű lehet:

- fogalmi LCA szint: az életciklusban való gondolkozást jelenti. Az életciklus értékelés legegyszerűbb módja, mely során egy korlátozott és csak minőségi lista alapján történik a környezeti hatások becslése. Ez az értékelési szint csak alapkérdésekre ad választ, az új termék előnyeit, hátrányait mutatja be.
- egyszerűsített LCA szint: egy, az életciklus egészét átfogó becslés. A felhasznált adatok az életciklus egészét átfogják, de általánosak, gyakran standard modelleket használ fel. Az egyszerűsített becslés csak a legfontosabb környezeti aspektusokra figyel vagy a potenciálisan előforduló környezeti hatásokra, ill. az életcikluson belül csak egy-egy kiragadott lépésre összpontosít. Az egyszerűsített értékelés célja hasonló eredmények elérése, a részletes értékeléshez képest jóval kisebb idő- és költség ráfordítással. Az egyszerűsítés gyakorlatilag három lépcsőben érhető el:
 - osztályozás: az életciklus fontosabb részeinek azonosítása, a kihagyható részek meghatározása,
 - a lényeges részekre az életciklus-értékelés elvégzése,
 - a megbízhatóság becslése annak ellenőrzésével, hogy az egyszerűsítés nem csökkentette-e jelentősen az eredmény megbízhatóságát.
- részletes LCA szint: a legteljesebb, az életciklus minden lépésére kiterjedő elemzési módszer.

Egy konkrét életciklus-becslési tanulmány hatásterülete, határai és részletessége az adott témától és a felhasználástól függenek. A tanulmányok tehát különböznek, a szabványban megadott elveket és keretet azonban követnünk kell.

2.2 Alkalmazott hatáselemző módszer

A hatásértékelés módszertani lépéseit az ISO 14044: 2006 szabvány írta le. A szabvány szerinti hatásértékelésnél a leltáreredményeket először – az LCA tanulmány céljainak és kereteinek megfelelő – a hatáskategóriákhoz kell rendelni. A hatáskategóriák nem mások, mint a környezeti problémaköröket képviselő osztályok, amelyekhez a leltár eredményei hozzárendelhetők. Egy leltáradat, akár több hatáskategóriához is kapcsolható.

Minden egyes hatáskategóriára vonatkoztatva a módszer szerzői meghatároztak egy referencia egységet. Pl. 1 kg CO₂ globális felmelegedésre gyakorolt hatása 1, de például a metán emissziók

globális felmelegedéshez való hozzájárulását kg CO₂ - egyenértékben kifejezett érték adja meg (25 körüli, az alkalmazott módszertől függően.)

Számos hatásértékelési módszer áll rendelkezésre, az elemzést a CML 2001 (Apr. 2013) módszerrel végeztük el.

A környezeti hatásokat a CML 2001 módszer szerint jelenleg az alábbi kategóriákba sorolják.

Hatáskategória	Angol neve	Rövidítés	Referenciaegység
Globális felmelegedés	Global Warming Potential	GWP	kg CO ₂ -Egyenérték
Savasodás	Acidification Potential	AP	kg SO ₂ -Egyenérték
Eutrofizáció	Eutrophication Potential	EP	kg Foszfát-Egyenérték
Erőforrások csökkenése	Abiotic Depletion Potential	ADP	MJ
Fotokémiai Ózonképződés	Photochem. Ozone Creation Potential	POCP	kg Etilén-Egyenérték
Ózonvékonyodás	Ozone Layer Depletion Potential	ODP	kg R11-Egyenérték
Toxicitás (emberi, földi, vízi, tengeri)	Human Toxicity Potential Terrestrial Ecotoxicity Potential Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential Marine Aquatic Ecotoxicity Potential	HTP TETP FAETP MAETP	kg DCB-Egyenérték

A hatáskategóriák rövid bemutatása:

- *Savasodási potenciál:* Savasodást eredményeznek, ha a kén-dioxid és nitrogén-oxidok a légkörbe kerülve reakcióba lépnek a vízgőzzel, s így savat alkotnak. Ezen vegyületek a földre jutva károsítják az élő és élettelen környezetet.
- *Globális felmelegedés:* a potenciális klímaváltozást okozhatnak az üvegházhatású gázok növekvő koncentrációja, mely felmelegedéssel jár a föld légkörében. Ezek további közvetett eredménye: megnövekedett aszályok, sarki jégsapkák elvesztése, tengerszint emelkedés, erdők pusztulása, változás a mezőgazdasági termelésben. Az üvegházhatású gázok: a szén-dioxid, a metán, a dinitrogén-oxidok, valamint egyéb vegyületek: fluorozott szén-hidrogének, kén-hexafluorid, stb.

- *Eutrofizációs potenciál:* leggyakrabban a műtrágyák talajba jutásával, majd felszíni vizekbe jutásával főképp a vízi növények túlzott növekedéséhez vezet. Ez a biodiverzitás csökkenést, halpusztulást eredményez. A tápanyagok foszfor tartalma a frissvíz készletet, a nitrogén tartalma vízi torkolatot és partot szignifikánsan befolyásolja, esetleges károkat okozva.
- *Ózonréteg vékonyodás:* főként a halogénezett szénhidrogének rovására írható a hatásnövelő érték.
- *Fotokémiai ózonképződés:* az illékony szerves vegyületek ózontermelő képességét mutatja.
- *Ökotoxicitási potenciál:* a potenciális kémiai anyagok károkat okoznak az élővilágban. Ennek a mértékét jelzi előre a kategória.

3 Irodalomkutatás

A témában az elmúlt évtizedben több száz cikk jelent meg a világ minden részéről. A tanulmányok elkészítésének célja, a már működő vagy a tervezett rendszerek gazdasági vonatkozásait megalapozza környezeti aspektusból. Mivel az életciklus elemzés módszere megbízható módon számszerűsíti a környezetet érő hatásokat, esetenként a megtakarításokat, ezért használata egyre elfogadottabb, sőt ajánlott. A következő két elemzés kiválasztásának oka a jelenlegi vizsgálathoz való szoros kapcsolatuk, valamint áttekintés a specifikált tématerületbe.

3.1 Szennyvíziszap kezelési rendszerek életciklus elemzése – áttekintés

Life cycle assessment of sewage sludge management: A review
(Hiroko Yoshida, Thomas H. Christensen and Charlotte Scheutz, 2013) (3)

A jelenlegi áttekintés 13 neves szaklap cikkeit veszi sorba, melyek megjelenésének éve 1998-tól 2012-ig tart.

A szerzők ebben az összegzésben 35 szennyvíziszap életciklus elemzéséről (LCA) készült tanulmányt vettek górcső alá. Nyilvánvaló, hogy az LCA szignifikáns és flexibilis kereteket ad a feladat tervezéséhez és véghezvitelhez a szennyvíziszap kezelés tekintetében. Az elmúlt évtizedben jelentősen megnőtt a szennyvízkezeléssel foglalkozó LCA tanulmányok száma és ez a trend folytatódni látszik. Az életciklus gondolkodás szerves részévé vált a hulladék menedzsmentnek és az erőforrás megőrzésnek a világ minden táján (pl.: Kanadában, Japánban, Új-Zélandon vagy az EU országaiban).

LCA bizonyos tekintetben szabad kezet ad a kutatóknak a célok és terület széles választékának felfedezésében, de ugyanakkor nagy eltérést is mutat a módszertani és technikai felvetésekben. Mialatt különbözőségek mutatkoznak a helyi szabályozásokban, működésekben vagy a folyamat modellezésében, addig evidens, hogy nézeteltérés mutatkozik abban, hogy a technikai feltevéseknek óriási hatásai vannak a tanulmányok eredményeire. Harmonizációra lenne szükség,

hogy a tanulmányok reprodukálhatóságának és átláthatóságának érdekében kialakítsák a fő alapelveket a hipotézis dokumentálására.

Ezen vizsgált LCA tanulmányok a célrendszerek elérhetőségét és jelenlegi tudományos megértését tükrözik. A megbízható emissziós értékeket, - úgy, mint az iszapból, hulladékkezelésből vagy lerakásból származó pillanatnyi emissziókat – szükséges meghatározni, azzal a céllal, hogy megerősítse az LCA leltár adatait. További fejlesztés szükségeltetik az LCA metodológiájában, a célból, hogy a szennyvíziszap kezelés folyamataiból származó megtakarítások becslésre kerüljenek, mint pl.: a patogén csökkenés, szerves anyagok mezőgazdasági hasznosítása. Az ajánlott javításokkal, az alternatív szennyvíziszap kezelés környezeti aspektusú vizsgálatában a rendszer modellezése elérheti a jövőbeli teljes elfogadást.

Áttekintés:

A vizsgált elemzések célja a helyi szennyvíztisztítási metodikák modellezése, melynek többségében -19 tanulmányban - figyelembe vették az alábbi szempontokat:

- anaerob rothasztás: a szennyvíz stabilizálásának egyik legelterjedtebb hasznosítási módja,
- megújuló-energia termelés,
- előállított biogáz helyszíni hasznosítása,
- villamos energia és hőenergia felhasználás,
- földgáz-ellátás növelésében javulás,
- vagy sűrítve mint tüzelőanyag felhasználás ellátására.

A szennyvíziszap termőterületen való felhasználása lehetőséget ad a tápanyag hasznosítására. Európában, ahol a szennyvíziszap hulladéklerakóban való elhelyezése visszaszorulóban van a törvényi szabályozás miatt, a földekre való kijuttatás előtérbe helyeződik. A szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításánál fontos a foszfor hasznosítása.

A *funkcionális egység* tulajdonképp az életciklus elemzés bázisát jelenti, a szennyvíziszap mennyiségével és típusával sikerül elérni a stabilizáció különböző szintjeit. Tömegalapú megközelítés volt a leggyakrabban alkalmazott egység (17 tanulmányban a 35-ből ezt használták), a térfogatalapút 7 esetben használták. A személy egyenérték (1 személy által keletkezett szennyvíz vagy szennyvíziszap mennyisége egy meghatározott időszakon belül) szintén használatos volt.

Rendszerhatárok: ami tulajdonképp meghatározza, hogy a vizsgálat milyen rendszerben értendő. A tanulmányok nagy része a földrajzi határokat vette figyelembe, valamint rendszerhatáron kívülinek tekintette az infrastruktúrát (annak kiépítését, valamint lebontását). Kevesebb, mint a fele a vizsgált tanulmányoknak felhasználta a kezeletlen iszapot, mint kezdőpontot. Az életciklus vége szakaszban (downstream) nagyrészt kalkulálva lett a trágyázás helyettesítésével, valamint a villamos energia, üzemanyag valamint kémiai anyagok előállításából származó megtakarítások.

Hatásértékelés: A vizsgált tanulmányok majd mindegyike figyelembe vette és alkalmazta a legismertebb hatáskategóriát: a globális felmelegedési potenciál (GWP) hatáskategóriát, valamint 10 pedig az energiamérlegen alapult.

Technológiára vonatkozó rész: Eltérő a tanulmányoknál, hogy melyik műveletet vették bele az értékelésbe, így tartalmazhatják a következőket:

- sűrités, víztelenítés – általában gravitációs rendszerben végzik, a cél a 3-6%-os szárazanyag tartalom
- stabilizálás mésszel – a tanulmányok átlagosan 200-300kg mésszel számolnak 1 tonna iszap kezelésénél. A mész hozzáadásával növekszik kb. 11-es értékre az iszap pH-ja, ezzel enyhíthető a talaj savasodása.
- komposztálással stabilizálás – modellezésre került az tüzelőanyag és villamos energia felhasználás, valamint a levegőztetés és szaghatás
- rothasztás, anaerob bontással stabilizálás – legtöbb esetben csak energiatermelés lett figyelembe véve, de a biogáz felhasználás vissza lett vezetve több esetben a hő vagy villamos energia előállításához.
- Hőkezelés – a monoégetés, az együtt-égetés, nedves oxidáció, pirolízis és olvasztás folyamatok tartalmazzák a hőkezelés folyamatokat. Az összes tanulmány számolt a szennyvíziszap becsült tüzelőanyagával, mint villamos energia, távfűtés és hőenergia mennyiséggel. 6 tanulmány tartalmazza a kémiai anyagokat is (mész, NaOH, ammónia és aktív szén) a füstgáz kibocsátásnál. A szennyvíziszap égetés folyamata tartalmazza a hamut, a szálló hamut, a kémény emisszióját, a filter anyagát, valamint a szennyvizet a füstgáz kezelés esetén. A füstgázkibocsátás vizsgált anyagai (CO₂, CO, NO₂, NH₃, N₂, HCl, HF, Hg, apró szemcsés anyagok, SO_x, NO_x, dioxinok, furánok). Az égetés után visszamaradt hamu általában hulladéklerakóba kerül, illetve hasznosítják, mint téglagyártás adalékanyagaként.
- Stabilizált iszap ártalmatlanítása, hasznosítása – nagyrészt a tanulmányok a mezőgazdasági hasznosítást vizsgálták, de volt hulladéklerakóban ártalmatlanítás és brikettálás adalékanyagaként való hasznosítás is. A legtöbb tanulmány számolt a szennyvíziszap tápanyagtartalmával (P és N), mint a trágyázás helyettesítőjeként. Ebben az esetben viszont figyelembe kell venni a nehézfém tartalmat is, így 10 tanulmány számolt a nehézfémek toxicitási hatásával. Bár néhány nehézfém koncentrációja (As, Cd, Cr, Ni) a szintetikus trágyákban magas lehet, a stabilizált szennyvíziszap alacsony tápanyagtartalma megköveteli a bioszilárd anyagok nagymennyiségű felhasználását, melynek eredménye a magasabb nehézfém-tartalom a szántóföldeken. Nyomon követve a szerves-anyag szennyezéseket, néhány tanulmány figyelembe vette az alábbiakat: hidrokarbonok, PCBs, DEHPs, NPEs.

3.2 Szennyvíziszap kezelési lehetőségek környezeti és gazdasági vizsgálata

Environmental and economic assessment of sewage sludge handling options

(M.Lundin, M.Olofsson, G.J.Petterson, H.Zetterlund, 2003) (4)

A tanulmány négy jól elkülöníthető szennyvíziszap ártalmatlanítási mód életciklus elemzésével foglalkozik:

- mezőgazdasági alkalmazás – pasztörizálás (70 fokon 1 órán keresztül) hatására a fertőző anyagok mennyisége lecsökken. A kapott iszap kiszállítása 80km-re történik. Ebben az esetben 15kg foszforral számolnak hektáronként évente.
- együttégetés hulladékkal (települési szilárd hulladékkal) – a rendszer füstgáztisztítással van ellátva, a maradék hamu hulladéklerakóba kerül, foszforkinyerés nélkül.
- égetés foszfor kinyeréssel – az eljárással a foszforon kívül villamos energia előállításal is számolnak. A berendezés három szakaszt tartalmaz: szárítás, égetés és kinyerés.
- frakcionálás hidrolízissal és savasodással, foszfor kinyerése új eljárással – a víztelenített szennyvíziszap 150fokon kerül hidrolizálás alá, ahol a pH értéke 1 és 2 között van. A 45-50% szárazanyag tartalmú koncentráció kerül égetésre. A hamu fémtartalmából nyerik ki a fém-foszfátot szulfidos kicsapatással. Az elválasztott használhatatlan részeket veszélyes-hulladék lerakóba helyezik el.

Az egy tonna szennyvíziszapra vonatkozó környezeti hatáselemzés történt a globális felmelegedési potenciál, savasodási potenciál, eutrofizációs potenciál, erőforrás csökkenés potenciál, valamint az emberi ökotoxicitási potenciál kategóriákban. A tanulmány legfontosabb aspektusai a szennyvízkezeléssel járó villamos energia megtakarítás, foszforkinyerés és a nehézfém emisszió voltak. A három égetési modell előnyt mutat a mezőgazdasági ártalmatlanítással szemben az energia megtakarítás révén. Az együttégetés legnagyobb hátránya, hogy a megmaradó hamu annyira szennyezett, hogy abból nem lehet kinyerni a foszfort. A legtöbb környezeti aspektusból a legkevésbé preferált folyamat a szennyvíziszap mezőgazdasági földeken való elhelyezése, ahol a megtakarítások helyett plusz terhelést jelet az iszap kihordásából, terítéséből, valamint a pasztörizálásból származó energiaigény. Végezetül, nincs általános megoldás a szennyvíziszap kezelés kérdésére, de a kiválasztott metodikának illeszkednie kell a helyi igényekhez, feltételekhez.

4 Szennyvíziszap ártalmatlanítási technológiák életciklus elemzése

4.1 Cél és tárgy

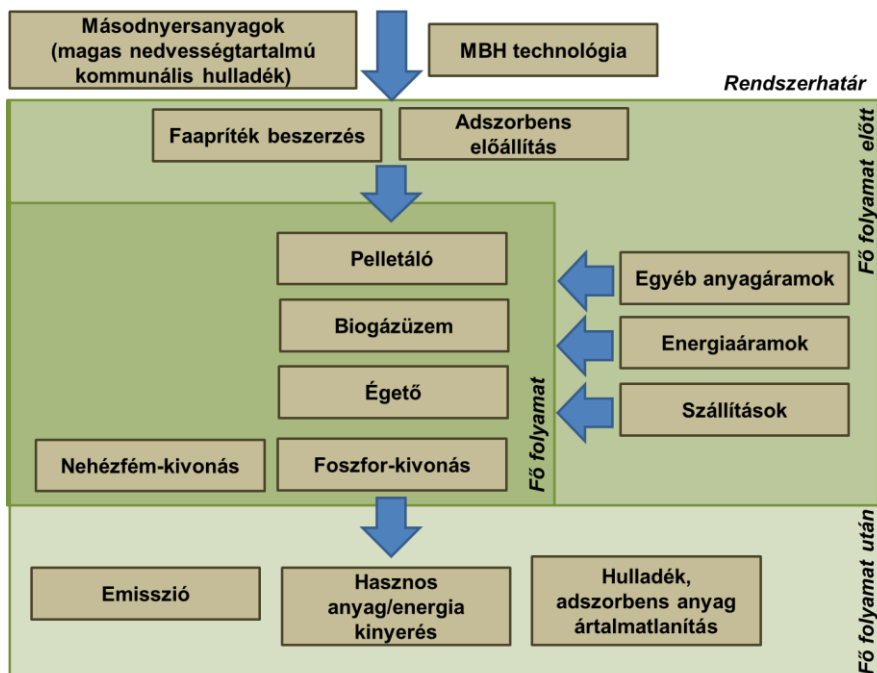
Az életciklus elemzés célja a Biomorv Zrt. által kialakított nagy nedvességtartalmú, kockázatot jelentő szerves hulladékok ártalmatlanításának rendszereinek környezeti hatásvizsgálata; a kiválasztott öt eltérő rendszer összehasonlító elemzése; valamint azok a jelenleg meglévő és feltételezett szennyvíz-ártalmatlanítási folyamatokkal való összehasonlítása.

Funkcionális egység:

A kiértékelt eredmények minden esetben 1 tonna betáplált legalább 50% szárazanyag-tartalommal rendelkező magas nedvességtartalmú kommunális hulladéokra vonatkoznak.

4.2 Rendszerhatárok

A vizsgált folyamat elsődleges rendszerhatára a gyárkapun belüli folyamatok, az ehhez kapcsolódó anyag és energiaáramokkal (pl.: adalékanyag, adszorbens anyag előállítás, szállítás, légszennyezések, hulladékártalmatlanítási folyamatok.) Rendszerhatáron kívülnek tekintendő a szennyvíz keletkezése, valamint annak feldolgozási helyre való eljutása, valamint az Mechanikai-Biológiai Hulladékkezelés technológiája és annak feldolgozási helyre való eljuttatása. (Ez utóbbiakkal nem számol az elemzés).



4.1. ábra: Rendszerhatár (5)

A rendszer fő egységének az égető tekinthető a szárító egységgel. Amennyiben a rendszer képes annyi energiát előállítani, amennyi a pelletáló működtetéséhez kell, úgy az is szerves része lesz a rendszernek, illetve e mellett a biogáz előállító üzem. A hamuból kivonható hasznos anyagokhoz (foszfor és fémek) kapcsolódó művelet sor egyelőre csak elviekben létezik, ezért úgy feltételeződik, hogy az üzem helyben van, szállítani nem szükséges a hamut (egyéb anyag és energiaáram nem kapcsolódik hozzá).

Ez a fő folyamat bővül a szállítási módok és távolságok, az energiaigény, valamint az egyéb anyagigény folyamataival. Valamint az életciklus végén – a fő folyamat után – az emissziós, hulladékártalmatlanítás értékeivel, folyamataival.

4.3 A vizsgált folyamatok ismertetése

Az elemzés céljaként megjelölt szennyvíziszap ártalmatlanítási folyamatok kiválasztása egyrészt a Biomorv Zrt által becsült és számított tüzelés típusok vizsgálata, másrészt irodalmi adatokra alapuló egyéb ártalmatlanítási módok, valamint az életciklus-elemző szoftver már meglévő folyamatai alapján történt. Ez a fejezet ezeket a folyamatokat mutatja be, valamint ezekhez kapcsolódó anyag és energiaáramokat – a mért, számított, becsült, valamint allokkált értékeket.

4.3.1 Szennyvíziszap monoégetés hővel való szárítással

(6)

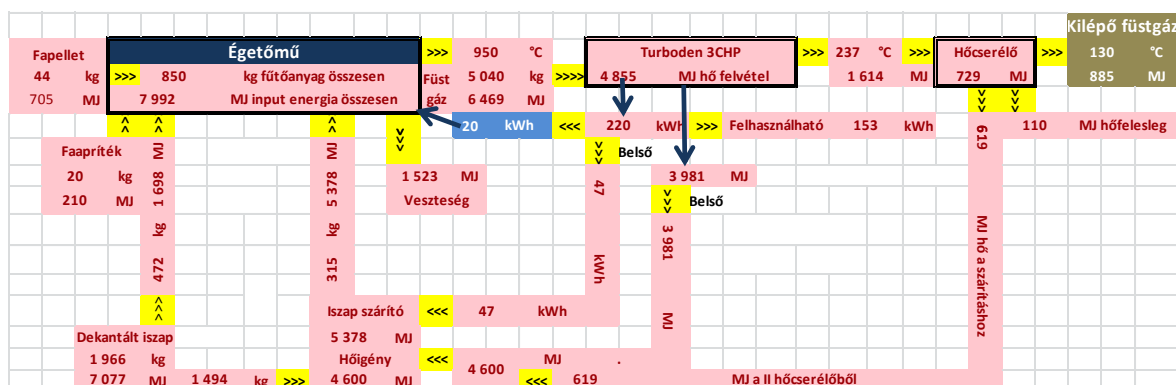
Mint ahogy a folyamat neve is utal rá, ebben a tüzelési beállításban a fő komponens a szennyvíziszap. Minden tüzelési mód tartalmaz faaprítékot és fapelletet a szükséges arányokban. A folyamat során megtermelt villamos- és hőenergia az iszap szárításánál kerül felhasználásra. Ebben a folyamatban a megtermelt energia nem elegendő a pelletálás energiaigényének fedezésére, így ez külső energiával történik.

4.1. Táblázat: A szennyvíziszap monoégetés hővel való szárítás tüzelő-beállításra vonatkozó értékek

Fűtőanyag	összetétel %	1 óra üzemidőre			Összes mennyiség t/év
		Összes tömeg kg	Száraz anyag kg	Fűtőérték MJ	
Dekantált iszap	60,00%	472	94	1 698	3 963
Szárított iszap	40,00%	315	299	5 378	2 642
Szolár szárított iszap	0,00%	0	0	0	0
STABILÁT	0,00%	0	0	0	0
Szárított fermentációs	0,00%	0	0	0	0

maradvány					
Fermentációs maradvány	0,00%	0	0	0	0
Ártalmatlanítandó összesen	100,00%	786	393	7 077	6 605
Faapríték		20	14	210	168
Fapellet		44	39	705	366
Összesen input		850	446	7 992	7 139
Hamu mennyisége			71		594
20%-os szennyvíziszap szükséglet összesen egy évre t					16 513
A keverék szárazanyag tartalma %			50,00%	18,00	Nettó MJ/kg
Fűtőérték teljes tömegre MJ/összes kg				9,00	7,54
Hulladéktömeg csökkenés összesen egy évre					16 513

Az életciklus elemzés során a modellezéshez szükséges anyagáramok mellett az energiaáramok meghatározása is fontos. Ehhez nyújt segítséget a következő számítás.



4.2. ábra: Energiaáramok folyamatábrája

4.2. táblázat: A folyamat során keletkező megtakarítások 1 üzemóra vonatkozóan

Megnevezés	Mennyiség
Értékesíthető áram kWh	153
Értékesíthető hő MJ	110

További felhasznált értékek:

- adszorbens anyag mennyisége: 248t/év
- kinyerhető foszfor mennyisége: 89t/év

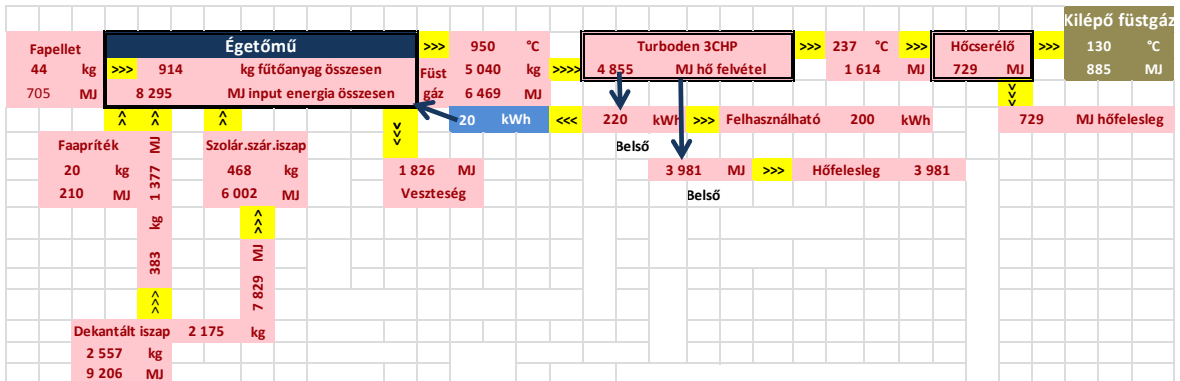
4.3.2 Szennyvíziszap monoégetés szolárisan szárított iszap felhasználásával

(6)

Ennél a változatnál ugyan nincs hővel való szárítás, de számolni kell azzal, hogy a szolár szárítók teljesítménye „évszak függő”. Egy éves üzemidővel számítva, a folyamat felhasználja a szolár-szárítással nyert magas szárazanyag-tartalommal rendelkező fűtőanyagot az év azon részében, mikor a szolárszárító nem tud üzemelni.

4.3. táblázat: A szennyvíziszap monoégetés szolárisan szárított iszap felhasználásával tüzelő-beállításra vonatkozó értékek

Fűtőanyag	összetétel %	1 óra üzemidőre			Összes mennyiség t/év
		Összes tömeg kg	Száraz anyag kg	Fűtőérték MJ	
Dekantált iszap	45,00%	383	77	1 377	3 214
Szárított iszap	0,00%	0	0	0	0
Szolár szárított iszap	55,00%	468	435	6 002	3 928
STABILÁT	0,00%	0	0	0	0
Szárított fermentációs maradvány	0,00%	0	0	0	0
Fermentációs maradvány	0,00%	0	0	0	0
Ártalmatlanítandó összesen	100,00%	850	511	7 380	7 143
Faapríték		20	14	210	168
Fapellet		44	39	705	366
Összesen input		914	565	8 295	7 676
Hamu mennyisége			92		773
20%-os szennyvíziszap szükséglet összesen egy évre t					21 481
A keverék szárazanyag tartalma %			60,15%	14,43	Nettó MJ/kg
Fűtőérték teljes tömegre MJ/összes kg				8,68	6,97
Hulladéktömeg csökkenés összesen egy évre					21 481



4.3. ábra: Energiaáramok folyamatábrája

4.4. táblázat: Energia-megtakarítások

Megtakarítás 1 üzemóra	
Megnevezés	Mennyiség
Értékesíthető áram kWh	200
Értékesíthető hő MJ	4 710

További felhasznált értékek:

- adszorbens anyag mennyisége: 322,2t/év
- kinyerhető foszfor mennyisége: 116t/év

4.3.3 Szennyvíziszap és STABILÁT együttegetés

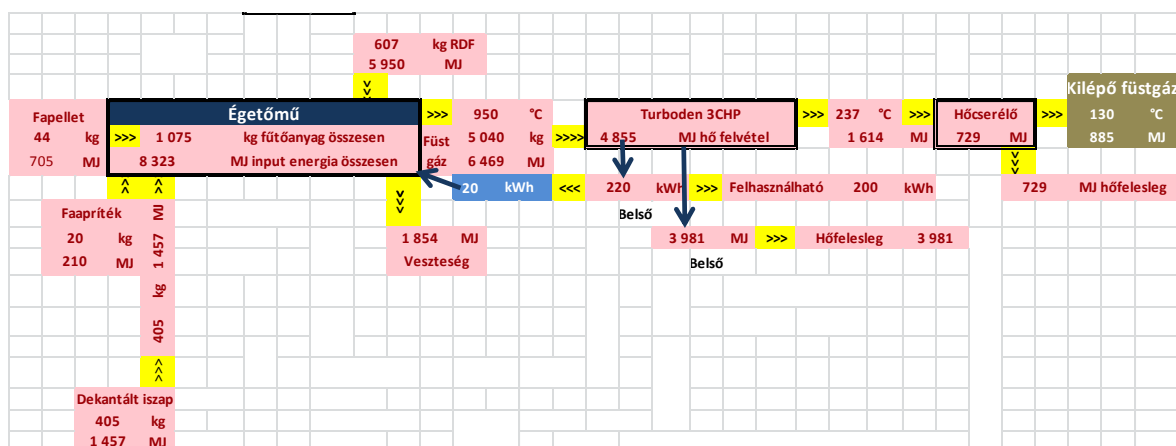
(6)

Az STABILÁT alkalmazása (4.3.6) befolyásolja az előállítható energiák mennyiségét. A folyamat modellezéséhez a következő tüzelő-beállítás került felhasználásra.

4.5. táblázat: A szennyvíziszap és STABILÁT együttegetés tüzelő-beállításra vonatkozó értékek

Fűtőanyag	összetétel %	1 óra üzemidőre			Összes mennyiség t/év
		Összes tömeg kg	Száraz anyag kg	Fűtőérték MJ	
Dekantált iszap	40,00%	405	81	1 457	3 400
Szárított iszap	0,00%	0	0	0	0
Szolár szárított iszap	0,00%	0	0	0	0
STABILÁT	60,00%	607	425	5 950	5 100
Szárított fermentációs maradvány	0,00%	0	0	0	0
Fermentációs maradvány	0,00%	0	0	0	0

Ártalmatlanítandó összesen	100,00%	1 012	506	7 407	8 500
Faapríték		20	14	210	168
Fapellet		44	39	705	366
Összesen input		1 075	559	8 323	9 034
Hamu mennyisége			91		765
20% os szennyvíziszap szükséglet összesen egy évre t					3 400
A keverék szárazanyag tartalma %			50,00%	14,64	Nettó MJ/kg
Fűtőérték teljes tömegre MJ/összes kg				7,32	5,86
Hulladéktömeg csökkenés összesen egy évre					8 500



4.4. ábra: Energiaáramok folyamatábrája

4.6. táblázat: A folyamat során keletkező megtakarítások 1 üzemóra vonatkozóan

Megnevezés	Mennyiség
Értékesíthető áram kWh	200
Értékesíthető hő MJ	4 710

További felhasznált értékek:

- adszorbens anyag mennyisége: 127,5t/év
- kinyerhető foszfor mennyisége: 115t/év

Pelletálás:

Ebben a tüzelő típusban annyi energiát sikerül előállítani, ami fedezni tudja a szennyvíziszap szárítása mellett a faaprítékból való fapellet előállításához szükséges energia mennyiséget.

4.7. táblázat: Pelletálás értékei

Faapríték szükséglet	840	kg
Előállítható pellet	653	kg

Szárítás hő-szüksége MJ	728	MJ
A pelletálás áram szükséglete	200	kWh
Hő Maradvány MJ	3 982	MJ

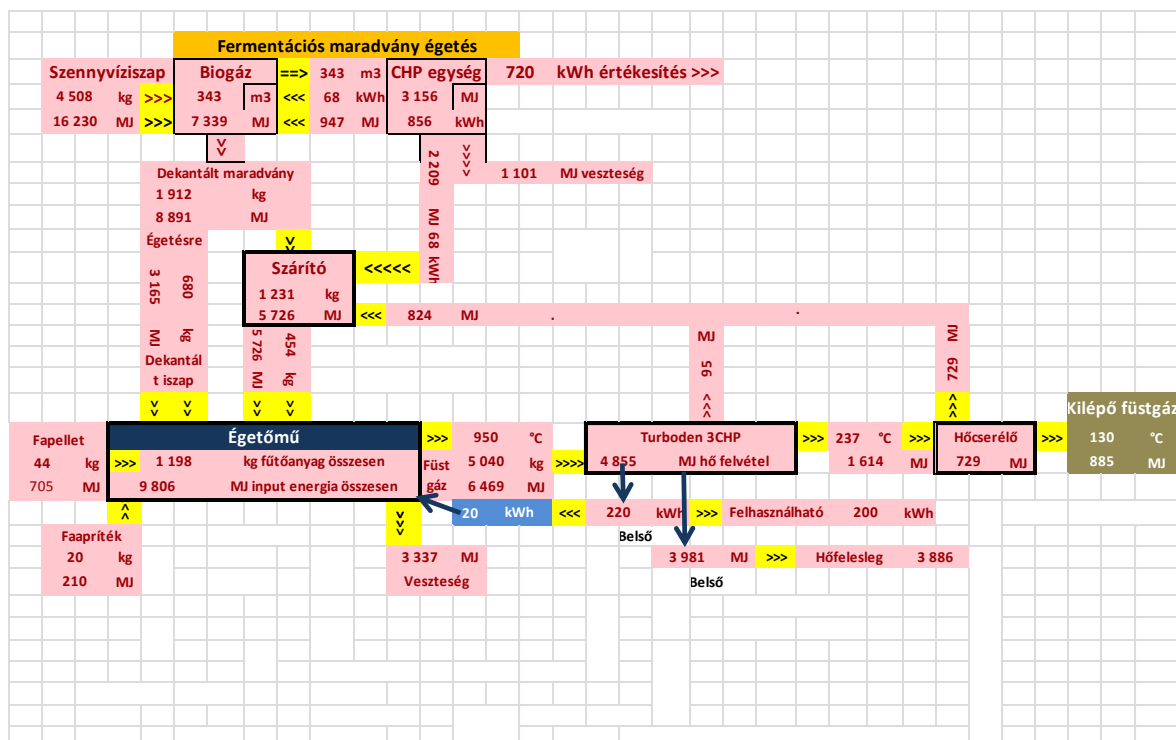
4.3.4 Fermentációs maradvány monoégetés

(6)

A fermentációs maradvány feltétele egy biogáz üzem megléte (4.3.7), mely gondoskodik a szennyvíziszap rothasztásáról, biogáz termelése mellett. Ebben a tüzelő-beállításban a szennyvíziszap maximálisan egy rothasztóba kerül, majd az onnan kikerülő maradvány kerül égetésre.

4.8. táblázat: A fermentációs maradvány monoégetés tüzelő-beállításra vonatkozó értékek

Fűtőanyag	összetétel %	1 óra üzemidőre			Összes mennyiség t/év
		Összes tömeg kg	Száraz anyag kg	Fűtőérték MJ	
Dekantált iszap	0,00%	0	0	0	0
Szárított iszap	0,00%	0	0	0	0
Szolár szárított iszap	0,00%	0	0	0	0
STABILÁT	0,00%	0	0	0	0
Szárított fermentációs maradvány	40,00%	454	431	5 726	3 811
Fermentációs maradvány	60,00%	680	238	3 165	5 716
Ártalmatlanítandó összesen	100,00%	1 134	669	8 891	9 527
Faapríték		20	14	210	168
Fapellet		44	39	705	366
Összesen input		1 198	722	9 806	10 061
Hamu mennyisége			120		1 012
20%-os szennyvíziszap szükséglet összesen egy évre t					37 870
A keverék szárazanyag tartalma %			59,00%	13,29	Nettó MJ/kg
Fűtőérték teljes tömegre MJ/összes kg				7,84	5,22
Hulladéktömeg csökkenés összesen egy évre					37 870



4.5. ábra: Energiaáramok folyamatábrája

4.9. táblázat: A folyamat során keletkező megtakarítások 1 üzemóra vonatkozásán

Megnevezés	Mennyiség
Értékesíthető áram kWh	919
Értékesíthető hő MJ	3 886

További felhasznált értékek:

- adszorbens anyag mennyisége: 568t/év
- kinyerhető foszfor mennyisége: 152t/év

4.10. táblázat: Pelletálás értékei

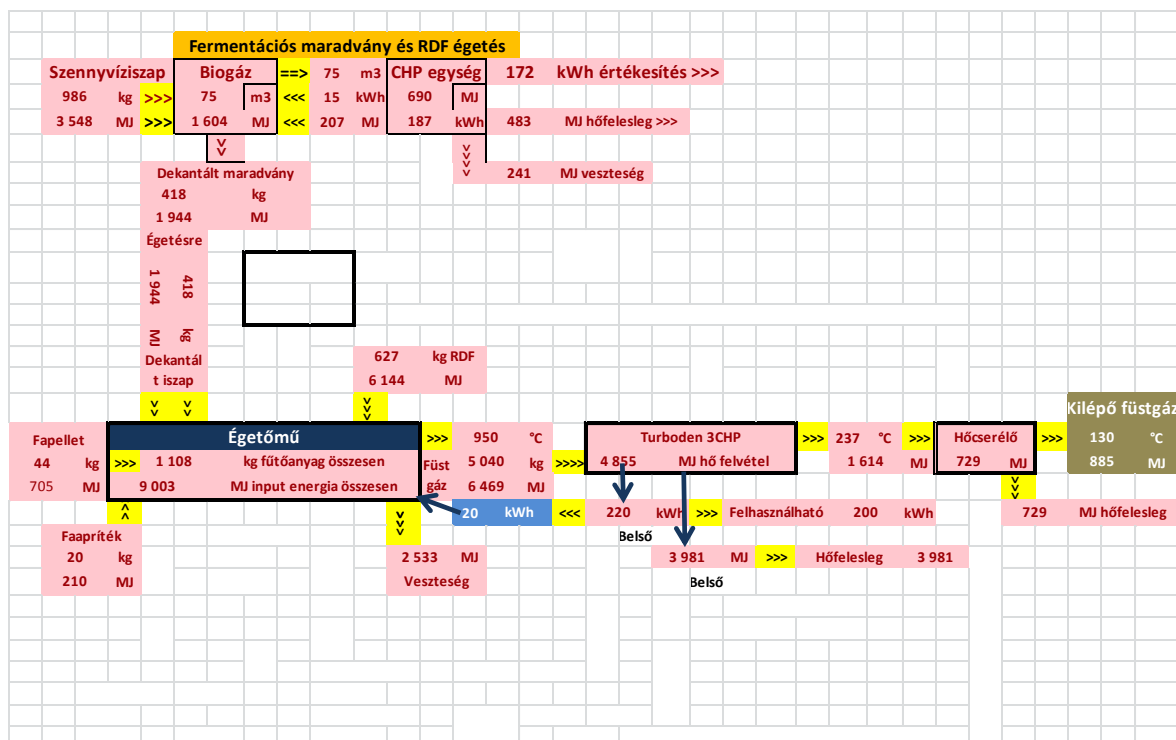
Faapríték szükséglet	2 571	kg
Előállítható pellet	2 000	kg
Szárítás hő-szüksége MJ	2 229	MJ
A pelletálás áram szükséglete	612	kWh
Értékesíthető áram kWh	307	kWh
Hő Maradvány MJ	1 657	MJ

4.3.5 Dekantált (35% szárazanyagú) fermentációs maradvány és STABILÁT együttégetés (6)

Ebben a tüzelési változatban a fermentációs maradványhoz stabilátot kevernek, 40%-60% arányban.

4.11. Táblázat: A dekantált fermentációs maradvány és STABILÁT együttégetés tüzelő-beállításra vonatkozó értékek

Fűtőanyag	összetétel %	1 óra üzemidőre			Összes mennyiség t/év
		Összes tömeg kg	Száraz anyag kg	Fűtőérték MJ	
Dekantált iszap	0,00%	0	0	0	0
Szárított iszap	0,00%	0	0	0	0
Szolár szárított iszap	0,00%	0	0	0	0
STABILÁT	60,00%	627	439	6 144	5 266
Szárított fermentációs maradvány	0,00%	0	0	0	0
Fermentációs maradvány	40,00%	418	146	1 944	3 511
Ártalmatlanítandó összesen	100,00%	1 045	585	8 087	8 777
Faapríték		20	14	210	168
Fapellet		44	39	705	366
Összesen input		1 108	638	9 003	9 310
Hamu mennyisége			105		885
20%-os szennyvíziszap szükséglet összesen egy évre t					8 278
A keverék szárazanyag tartalma %			56,00%	13,82	Nettó MJ/kg
Fűtőérték teljes tömegre MJ/összes kg				7,74	5,67
Hulladéktömeg csökkenés összesen egy évre					13 544



4.6. ábra: Energiaáramok folyamatábrája

4.12. táblázat: A folyamat során keletkező megtakarítások 1 üzemórára vonatkozóan

Megnevezés	Mennyiség	Ft/h
Értékesíthető áram kWh	372	9 985
Értékesíthető hő MJ	5 193	15 267

További felhasznált értékek:

- adszorbens anyag mennyisége: 203,2t/év
- kinyerhető foszfor mennyisége: 133t/év

4.13. táblázat: Pelletálás értékei

Pelletálás		
Faapríték szükséglet	1 563	kg
Előállítható pellet	1 216	kg
Szárítás hő-szüksége MJ	1 355	MJ
A pelletálás áram szükséglete	372	kWh
Hő Maradvány MJ	3 838	MJ

4.3.6 Az előző tüzelési módokban egységesen felhasznált adatok

Adszorbens anyag:

A tüzelés folyamata során keletkező káros emissziók szűrésére felhasznált adszorbens anyag a dokumentum szerint a **Sorbacal SP**. Ezen anyag a füstgáz kezelésében hangsúlyos szerepet kap, ahol a filtrációs egység együtt a beinjektált Sorbacal anyaggal éri el a kívánatos füstgázösszetételt. A savas gáz semlegesítés helye a cső és a filter zsák felszíne. Ezzel az anyaggal a kibocsátási határértékek alatti SO₂-HCl-HF szintet lehet elérni. A gyakorlat jó eredményeket mutat, mely szerint pl.: 1 tonna települési hulladék égetésekor 8 és 18kg mész dózist kell felhasználni – a hulladék klór és kéntartalmának függvényében. (Egy gyakorlati példa 16-20kg Sorbacal anyaggal számol 1 tonna szennyvíziszap égetésénél.)

4.14. Táblázat: Sorbacal SP összetétele



Material Safety Data Sheet Sorbacal® SP30AC

SECTION 3: COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

Ingredient	Chemical Formula	Common Name	Conc. (%)	CAS
Calcium Hydroxide	Ca(OH) ₂	Hydrated Lime	60 - 80	1305-62-0
Activated Carbon	C	Activated Carbon	15 - 30	7440-44-0
Proprietary Compounds			< 2	
Magnesium Oxide	MgO	Periclase	< 2	1309-48-4
Calcium Carbonate	CaCO ₃	Limestone	< 2	1317-65-3
Crystalline Silica	SiO ₂	Quartz	< 2	14808-60-7

(Crystalline Silica is reported as total silica and not just the respirable fraction)

(7)

Hamu összetétele, ártalmatlanítása:

Előzetes vizsgálatokkal alátámasztva az életciklus elemzés a következő arányokkal számol a tüzelés során képződő hamu összetételét tekintve:

- 15% foszfor
- 80% mezőgazdasági hasznosításra alkalmas anyag
- 5% nehézfémekkel terhelt veszélyes anyag

Bár ezen frakciók elválasztására még nincs alkalmazott technológiai sor, de mint lehetőséget figyelembe veszi. A beépített folyamat során az első két anyag további hasznosításra kerül, míg a harmadik 5%-os rész összetétele miatt veszélyes hulladéklerakóba.

Jelenleg az előbbi arányok meghatározása a Biomorv becslése alapján történt. E szerint a termikus eljárás során a füstgázsűrő felfogja a nehézfémek egy részét, a fennmaradó rész kerül a hamuba, mely az előzetes vizsgálatok alapján határérték-alatti mennyiségű. A 80%-os mennyiség úgy került értelmezésre, mint mezőgazdasági hasznosításra alkalmas anyag, mely teljes

egészében – összetételét tekintve is – megfelel a műtrágyázás során felhasznált anyaggal. Ez a mennyiség, mint megtakarítás jelentkezik.

4.15. Táblázat: Hamu összetétele fémtartalom tekintetében (5)

Elem	oxid	oxid	Kivonásra kerülő anyagok
		m/m%	
Mg	MgO	2,616	2,616
Al	Al ₂ O ₃	7,488	7,488
Si	SiO ₂	20,901	
P	P ₂ O ₅	20,541	
S	SO ₃	2,249	2,249
K	K ₂ O	3,575	
Ca	CaO	33,249	
Ti	TiO ₂	1,081	1,081
Mn	MnO ₂	0,406	0,406
Fe	Fe ₂ O ₃	7,174	7,174
Cu	CuO	0,188	0,188
Zn	ZnO	0,443	
Sr	SrO	0,093	0,093
Összes	166.583	100,004	21,295

Az összetétel változás nem számol az egyes tüzelési arányok változásával. A mintavétel az egyes (szennyvíziszap monoégetése) tüzelési mód alatt történt.

Foszfor kinyerés:

Egységes arányok kerültek felhasználásra az égetés után visszamaradó hamuból kinyerhető **foszfor** tekintetében, mi szerint a hamu foszfortartalma 15% (5). Bár erre még jelenleg nincs kidolgozott ipari méretben működtethető technológia, ezért az elemzés, mint lehetőséggel számol csak, további anyag és energiaáramok mellőzésével.

Mechanikai- Biológiai hulladékkezelés (MBH technológia) (8):

Célja a települési szilárd hulladék kevert égetésével a megfelelő fűtőérték és szárazanyag-tartalom elérése.

Az RDF másodlagos tüzelőanyag (Refuse Derived Fuel) a különválogatott, magas fűtőértékű frakciót jelenti. Az RDF-et kizárólag hulladékégetőkben és együttégetés során lehet felhasználni, annak kevésbé meghatározott összetételi és minőségbeli tulajdonságai miatt.

Ez esetben a folyamatok az MBH technológia maradékát – a stabilátot - hasznosítják – ami ez esetben 14MJ/kg-al jelenik meg a rendszerben. Mivel ezt az anyagot az előállítási folyamat maradékaként értelmezzük, így az MBH technológia folyamatát és környezetterhelését nem tartalmazza az elemzés.

Emisszió:

Az emisszió értékei a próbaüzem mérései adatai alapján lett felhasználva. Bár a mérés csak egyetlen tüzelő-beállításra vonatkozik,- többi hiányában - ez az érték kerül felhasználásra a többi tüzelő-beállításnál is.

4.16. táblázat: Emisszió értékei (9)

Légszennyezők	Mért adatok (mg/m³)	Éves adatok (kg/év)
CO	3,07E+01	1,08E+03
CO ₂	6,06E+04	2,14E+06
NO _x	1,88E+02	6,64E+03
SO ₂	6,06E+01	2,14E+03
<i>egyéb:</i>		0,00E+00
<i>toc</i>	6,70E+00	2,36E+02
<i>Szilárd anyag</i>	9,70E+00	3,42E+02
HCl	8,50E-04	3,00E-02
HF	2,80E-04	9,88E-03
Egyéb légszennyezők		
<i>Cd</i>	2,40E-03	8,47E-02
<i>Tl</i>		0,00E+00
<i>Sb</i>		0,00E+00
<i>As</i>	6,80E-03	2,40E-01
<i>Pb</i>	4,84E-02	1,71E+00
<i>Cr</i>	1,32E-02	4,66E-01
<i>Co</i>	2,40E-04	8,47E-03
<i>Cu</i>	2,78E-01	9,81E+00
<i>Mn</i>	3,58E-02	1,26E+00
<i>Ni</i>	5,00E-03	1,76E-01
<i>V</i>	6,00E-04	2,12E-02
<i>Hg</i>	2,80E-04	9,88E-03
<i>Dioxinok és Furánok</i>	7,61E-06	2,68E-04

Szállítási távolságok:

Az életciklus elemzés fontos része az egyes életciklus szakaszokat/ anyagáramokat összekapcsoló szállítási folyamatok. A szállítandó anyag függvényében két szállítójármű került a modellekbe:

- 28 - 34t teljes súly/ 22t hasznos terhű teherautó
- 7,5 t - 12t teljes súly / 5t hasznos terhű teherautó

A szállítási távolságok tekintetében a következő értékek kerültek beépítésre:

- adszorbens beszállítás – 100km
- ártalmatlanítandó hulladék szállítása – 10km
- STABILÁT beszállítás – 10km
- komposzt kihordása – 80km
- faapríték beszállítás – 20km

4.3.7 Biogáztermelés

Az anaerob körülmények között lezajló fermentáció célja jelen esetben elsősorban az, hogy a fermentált iszap magasabb fűtőértékkel rendelkezik, így alkalmas a tüzelőtérbe adásra. Ezen kívül nem elhanyagolható előnyök: növekszik a fajlagos felület, a szerves anyag feltáródása miatt növekszik a biogáz kihozatal, a szuszpenzió szaghatása jelentősen lecsökken, valamint a patogén baktériumok száma jelentősen lecsökken. (10) Ez utóbbi miatt a fermentációs iszap ártalmatlanítása (égetése) fontos szerepet kap.

A biogáz-képződés szükséges feltételei:

- megfelelő méretű szerves anyag
- levegőtől, oxigéntől elzárt rendszer
- fénytől elzárt környezet
- állandó hőmérséklet
- metanogén baktériumok jelenléte
- folyamatos keverés

A Biomorv Zrt. adatai alapján, valamint az életciklus elemző szoftver ecoinvent adatbázisából vett adatok alapján került modellezésre a biogáz-képződés folyamata.

4.17. táblázat: Biogáz képződés adatai (1)

A biogáz képződés anyag és energia áramai 1 t víztelenített (20% szárazanyag-tartalmú) szennyvíziszapra vetítve	
Megnevezés	Érték
CO ₂ részaránya %	40%

1 t iszaphoz szükséges hígító víz t	1,00
1 t iszából az induló szubsztrátum t.	2,00
Metán energia tartalma MJ/kg	50
Metán sűrűsége kg/m ³	0,71
Metán energia tartalma MJ/m ³	35,5
Biogáz energia tartalma MJ/m ³	21,3
Biogáz sűrűsége kg/m ³	1,21
Biogáz tömege 1 t. iszából kg	92,24
A biogázban a szén részaránya %	55,91%
Száranyag tömegcsökkenés kg	51,57
Maradék száranyag kg	148,43
Maradék energia MJ	1 981,20
A fermentációs maradvány energia tartalma MJ/kg.	13,35
A fermentációs maradvány száranyaga %	7,78%

Az ecoinvent adatbázisából (11) az üzem felépítésére, amortizációjára, valamint a szállításokra vonatkozó adatok nem kerültek felhasználásra. S mivel a biogáz kihozatal megegyezett a Biomorv Zrt adataival, ezért a fermentációs maradvány a cég adatai alapján lett beépítve a modellbe.

4.18. táblázat: A biogáz előállítás anyag és energiaárama

<i>input</i>			
	electricity	0,907	MJ
	heat (natural gas)	4,02	MJ
	lubricating oil	0,000285	kg
	Carbon dioxide	2,01	kg
	sewage sludge	12,5	kg
<i>output</i>			
	Carbon dioxide	0,0999	kg
	biogas	1	Nm ³
	Methane	0,00337	kg
	waste heat	0,907	MJ

4.3.8 Komposztálás

A szennyvíziszap biológiai úton való ártalmatlanításának egyik módja a komposztálás, ahol többnyire aerob körülmények között a szerves anyagokat oxigén jelenlétében az aktivizált baktériumtömeg lebontja, illetve szervesen ásványi anyaggá alakítja át (nitrifikáció, humifikáció). A folyamat közben hő fejlődik, mely a patogének nagy részét elpusztítja. Gyakorlatban a

szennyvíziszaphoz töltőanyagot adagolnak a folyamat során, ami lehet pl.: mezőgazdasági hulladék: tőzeg, szalma, kukoricaszár, forgács, stb. (12)

A folyamat modellezésénél több összefüggés került feldolgozásra. Alapot az életciklus elemző szoftver ecoinvent adatbázisának folyamata adta (11), mely a bekeverési arányokon kívül a kezeléshez szükséges jármű igényt, valamint az emissziókat is tartalmazza. Ez módosult egyrészt a töltőanyag bekeverésével, ami szerves növényi szár (1). Ez 80%szárazanyag tartalommal rendelkezik, melynek mennyisége a bekeverés tekintetében két-háromszorosa a bevitt szennyvíziszapénak. Valamint irodalmi adatok alapján a keletkező komposzt nehézfém tartalom értékeivel (13) bővült a folyamat.

Az összesített adattábla mutatja egységnyi szennyvíziszapra vonatkozó értékeket.

4.19. táblázat: Komposztálás adattáblája

input	Bentonite	1,66E-02	kg
	Electricity	4,25E-02	MJ
	Kaolin	1,66E-02	kg
	Limestone	4,16E-02	kg
	wood chips	6,60E+01	kg
	Sewage sludge	3,40E+01	kg
output	compost	1,50E-01	kg
	Sewage sludge	1,85E-02	kg
	Ammonia	9,78E-04	kg
	Arsenic	8,00E-06	kg
	Cadmium	3,00E-06	kg
	Carbon dioxide	8,43E-03	kg
	Carbon dioxide (biotic)	5,20E-01	kg
	Carbon monoxide	1,28E-04	kg
	Chromium	4,00E-05	kg
	Cobalt	5,00E-06	kg
	Hydrogen sulphide	5,28E-04	kg
	Lead	2,50E-05	kg
	Methane (biotic)	1,01E-02	kg
	Molybdenum	2,00E-06	kg
	Nickel	2,50E-05	kg
	Nitrogen oxides	4,53E-04	kg
	Nitrous oxide	2,81E-04	kg

	Selenium	5,00E-05	kg
	Waste heat	6,60E+00	MJ

4.3.9 Környezeti megtakarítások modellezése

A környezeti életciklus elemzés első elgondolás szerint szigorúan a leírt szabályok és meghatározások mentén készült, mi szerint a rendszerhatárban meghatározott fő folyamatot vizsgálja az ISO 14040 szabvány keretrendszer mentén. Ebben az esetben a termikus hulladékártalmatlanítási folyamatok kifejezetten a környezetterhelésekre fókuszálnak, az elkerült környezeti hatások kiemelése nélkül. Az egyes eljárások valós környezeti kárainak és előnyeinek modellezésével számszerűsíthetők azok valós mértéke, illetve e folyamatok összehasonlíthatóvá válnak.

Az elemzés során környezeti megtakarítást adó folyamatok a következők:

- villamos energia
- hőenergia
- biogáz-előállítás esetén metán
- foszfát kinyerés
- STABILÁT hulladék hulladéklerakóba kerülésének elkerülése
- foszfor bányászattal előállított műtrágya gyártás elkerülése

Technikailag az elkerült környezeti hatások modellezése úgy kerül megvalósításra, hogy a megtermelt hasznos anyag és energiaáramok előállítása során a primer erőforrások felhasználása az előállítási folyamathoz elkerülhető.

4.4 Az elemzéshez felhasznált folyamatok

A célterület életciklus elemző szoftverben való modellezésénél elsődleges szempont volt – az LCA elveivel összhangban – az elsődleges adatok felhasználása. Így készültek saját specifikus folyamatok a Biomorv Zrt-től kapott input-output adatokból. Ahol nem volt információ vagy nem szükségeltetik az anyag, vagy energiaáram külön modellezése, ott a GaBi szoftver adatbázisa (14) lett felhasználva. Az adatbázis adataiból a Magyarországra specifikus folyamatok élveztek előnyt az európai, illetve a németországi folyamatokkal szemben. Ez utóbbiakra csak abban az esetben kerül sor, ha az adott folyamatból nincs magyarországi.

4.20. táblázat: A modellépítésnél felhasznált folyamatok

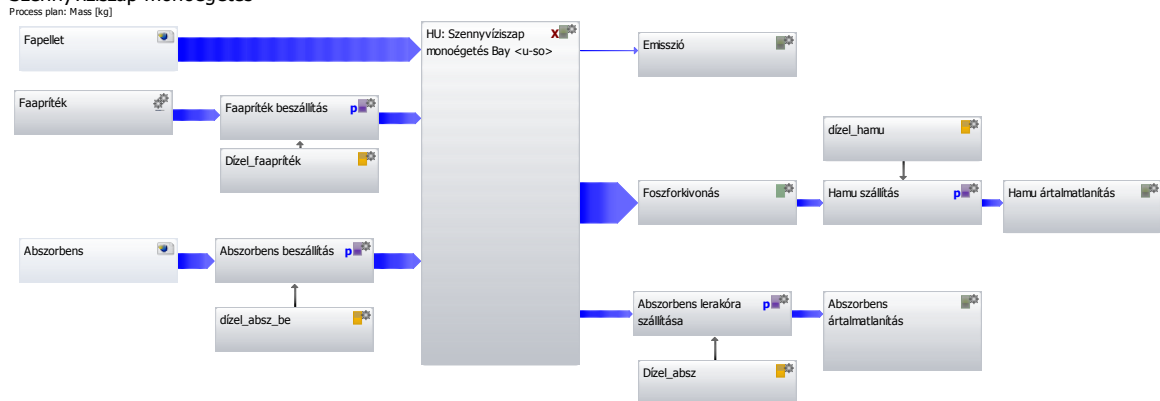
Folyamat neve	Ország	Készítő
Electricity grid mix	HU	PE-GaBi
Thermal energy from natural gas	HU	PE-GaBi

Truck	GLO	PE-GaBi
Diesel mix at refinery	EU-27	PE-GaBi
Faapríték	HU	Bay
Carbon black (furnace black; general purpose)	DE	PE-GaBi
Calcium hydroxide (Ca(OH) ₂ ; dry; slaked lime)	DE	PE-GaBi
Limestone flour (CaCO ₃ ; dried)	DE	PE-GaBi
Magnesium	CN	PE-GaBi
Silica sand (flour)	DE	PE-GaBi
Landfill (Municipal household waste; AT, DE, IT, LU, NL, SE, CH)	EU-27	PE-GaBi
Monoammonium phosphate (MAP)	DE	PE-GaBi
Potassium chloride (agrarian)	DE	PE-GaBi
Truck-trailer	GLO	PE-GaBi
Lubricants at refinery	EU-27	PE-GaBi
Methane	DE	PE-GaBi
Waste incineration of biodegradable waste fraction in municipal solid waste (MSW)	EU-27	PE-GaBi
Tápanyagpótlás (műtrágyázás)	HU	Bay
Waste incineration of municipal solid waste (MSW)	EU-27	PE-GaBi
Municipal waste water treatment (sludge incineration)	DE	PE-GaBi
Municipal waste water treatment (sludge incineration, without credit)	DE	PE-GaBi; Bay
Waste incineration of municipal solid waste (MSW, without Credit)	DE	PE-GaBi; Bay

5 Modellépítés

Az előző fejezetek szerint (adatok, folyamatok kiválasztása) került felépítésre az életciklus elemző szoftver segítségével (GaBi 6.4) az öt eltérő tüzelő-beállítással rendelkező modell. A következő ábra az első bekeverést mutatja, mely szerint a szennyvíziszap monoégetésre kerül.

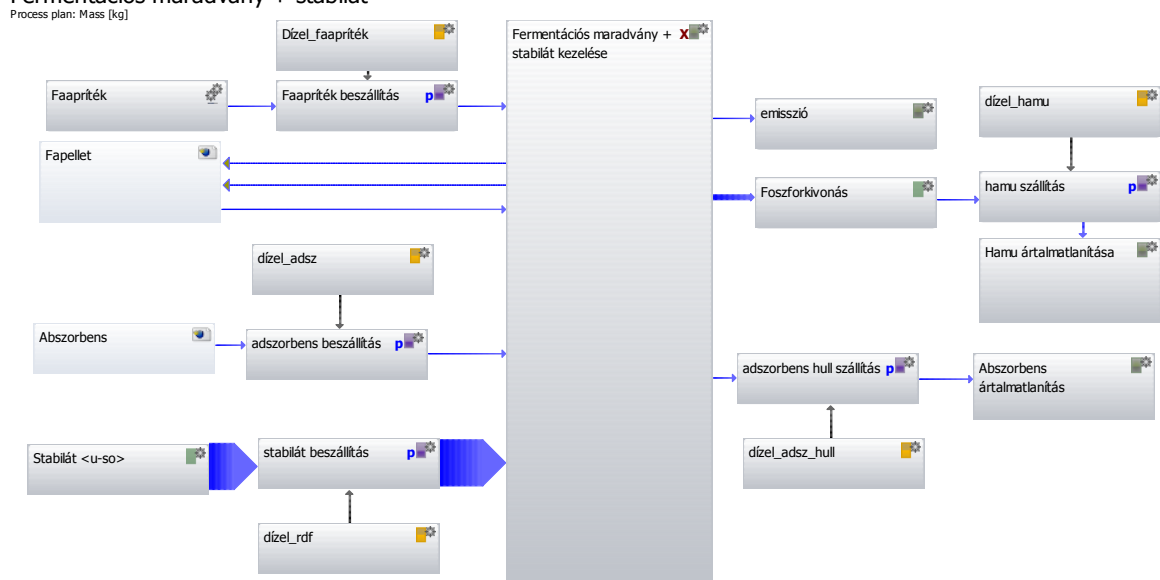
Szennyvíziszap monoégetés



5.1. ábra: Szennyvíziszap monoégetésének életciklus elemző szoftverben felépített modellje

A modell ábrák látszólag “ nagyon hasonlóak, mögöttes tartalmukat tekintve azonban folyamataiban, a bevitt anyag és energiaáramok értékeiben eltérnek egymástól az előző fejezetekben bemutatott üzemmódoknak megfelelően. A stabilát bekeverése miatt bemutatásra kerül a fermentációs iszap+STABILÁT tüzelő-beállítás ábrája is.

Fermentációs maradvány + stabilát

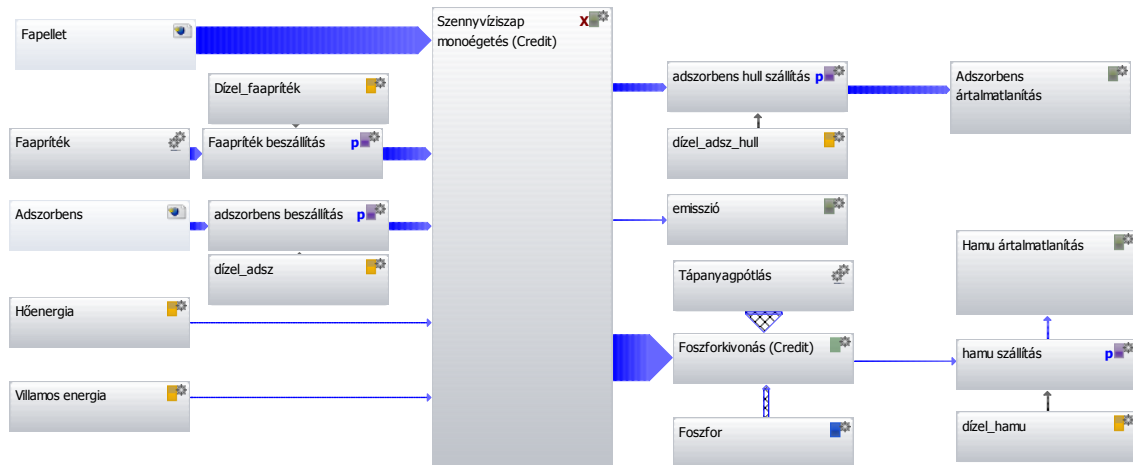


5.2. ábra: Fermentációs szennyvíziszap + STABILÁT együttégetésének életciklus elemző szoftverben felépített modellje

A folytatólagos elgondolás alapján az egyes modellek tartalmazzák a folyamat során képződő hasznos anyag és energiaáramokat. Az első modell (szennyvíziszap monoégetése) esetén villamos és hőenergia megtakarítással jár.

Szennyvíziszap monoégetés (Credit)

Process plan: Mass [kg]

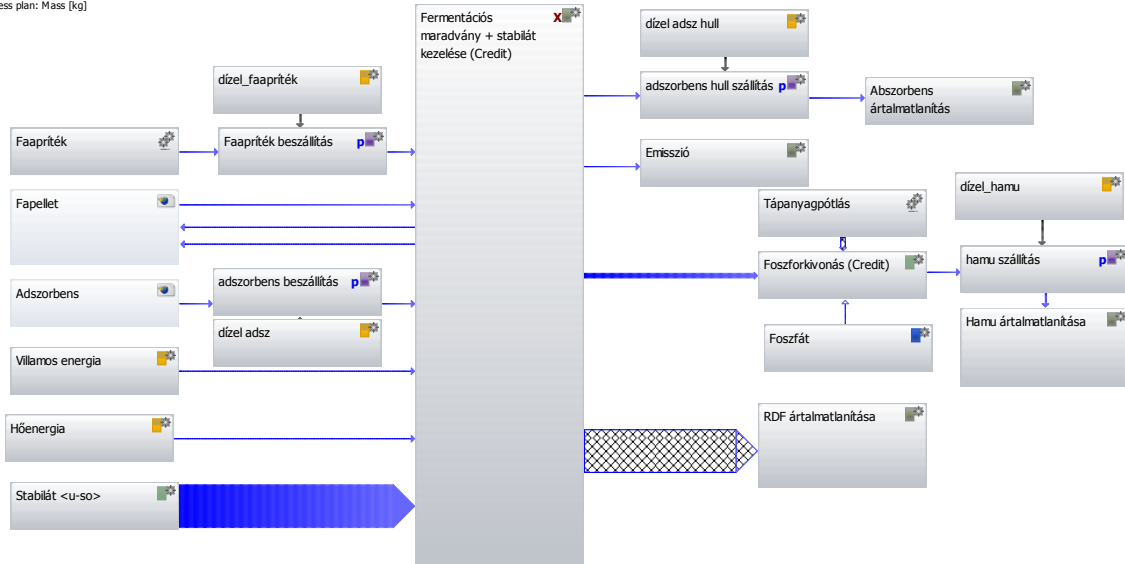


5.3. ábra: Szennyvíziszap monoégetésének életciklus elemző szoftverben felépített modellje – megtakarítással

Azoknál a tüzelő beállítási módoknál, ahol annyi energia keletkezik, hogy a fapelletáló üzem energiaigényét fedezze, ott az a haszon visszavezetődik. (Ez szaggatott, illetve kockás vonallal jelenik meg a modellen).

Fermentációs maradvány + stabilát (Credit)

Process plan: Mass [kg]

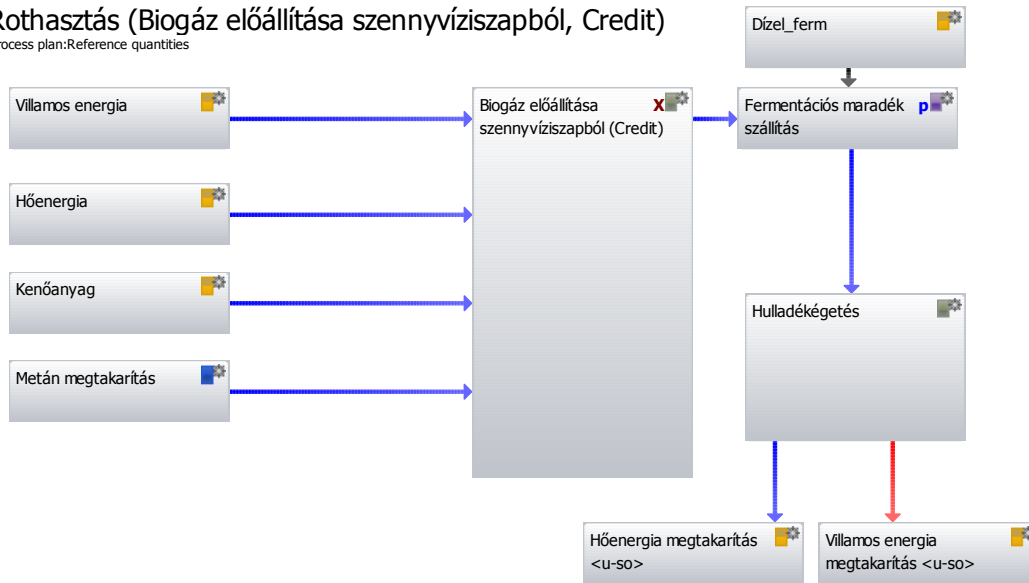


5.4. ábra: Fermentációs szennyvíziszap + STABILÁT együttégetésének életciklus elemző szoftverben felépített modellje - megtakarítással

Az elemzés célfolyamataival mellett az összehasonlító elemzésekhez modellezésre kerültek egyéb szennyvíziszap ártalmatlanítási technológiák. A következőekben a fermentálás (biogázelőállítás rothasztással) és a komposztálás modellje látható.

Rothasztás (Biogáz előállítása szennyvíziszapból, Credit)

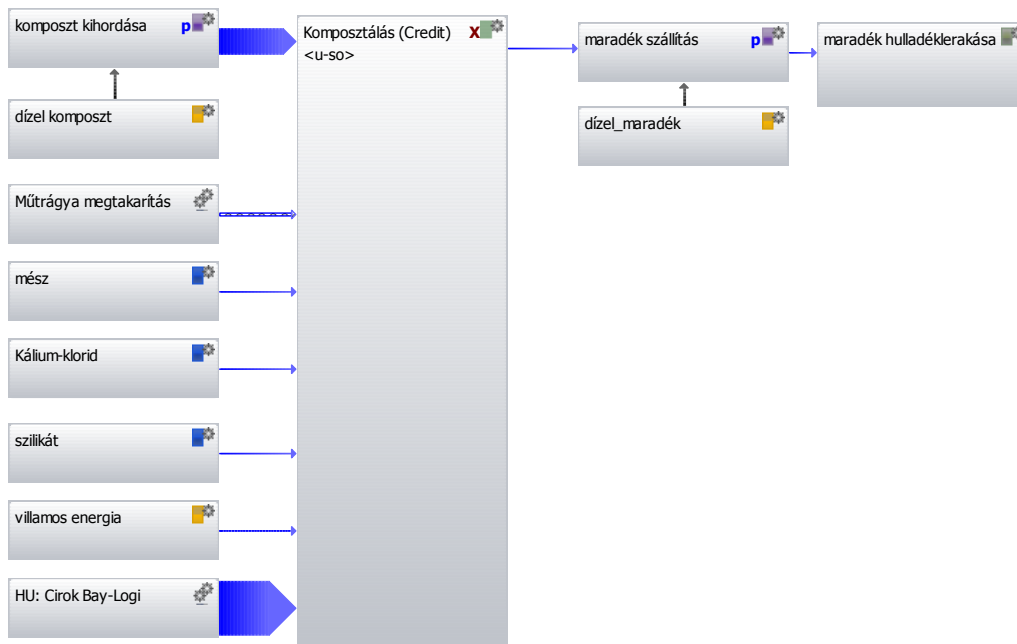
Process plan: Reference quantities



5.5. ábra: Fermentálás életciklus elemző szoftverben felépített modellje - megtakarítással

Komposztálás (megtakarítással)

Process plan: Mass [kg]



5.6. ábra: Komposztálás életciklus elemző szoftverben felépített modellje - megtakarítással

6 Hatáselemzés

A környezeti hatáselemzés kiválasztott hatásértékelő módszere a CML2001 – Ápr.2013 módszer, mely hatáskategóriái közül kiemelt részletezés alá kerülnek a következők (2.2):

- GWP – Globális felmelegedési Potenciál

- EP – Eutrofizációs Potenciál
- AP – Savasodási Potenciál
- ADP – Erőforrások csökkenése
- ODP – Ózonréteg Csökkenési Potenciál
- POCP – Fotokémiai Ózonképződési Potenciál
- illetve összefoglalva betekintés készül az ökotoxicitás hatáskategóriákba, kiemelten az emberi ökotoxicitás (HTP) kategóriába.

A vizsgált folyamatok, melyek összehasonlításra kerülnek az alapfeltételek szerint (4.3):

- Szennyvíziszap monoégetés hővel való szárítással (1-es)
- Szennyvíziszap monoégetés szolárisan szárított iszap felhasználásával (2-es)
- Szennyvíziszap és STABILÁT együttegés (3-as)
- Fermentációs maradvány monoégetés (4-es)
- Dekantált (35% szárazanyagú) fermentációs maradvány és STABILÁT együttegés (5-ös)
- Biogáztermelés
- Komposztálás
- Dekantált szennyvíziszap lerakása
- Dekantált szennyvíziszap égetése települési szilárd hulladékégetőben

6.1 A minta projektben megalkotott öt eljárás hatáselemzése

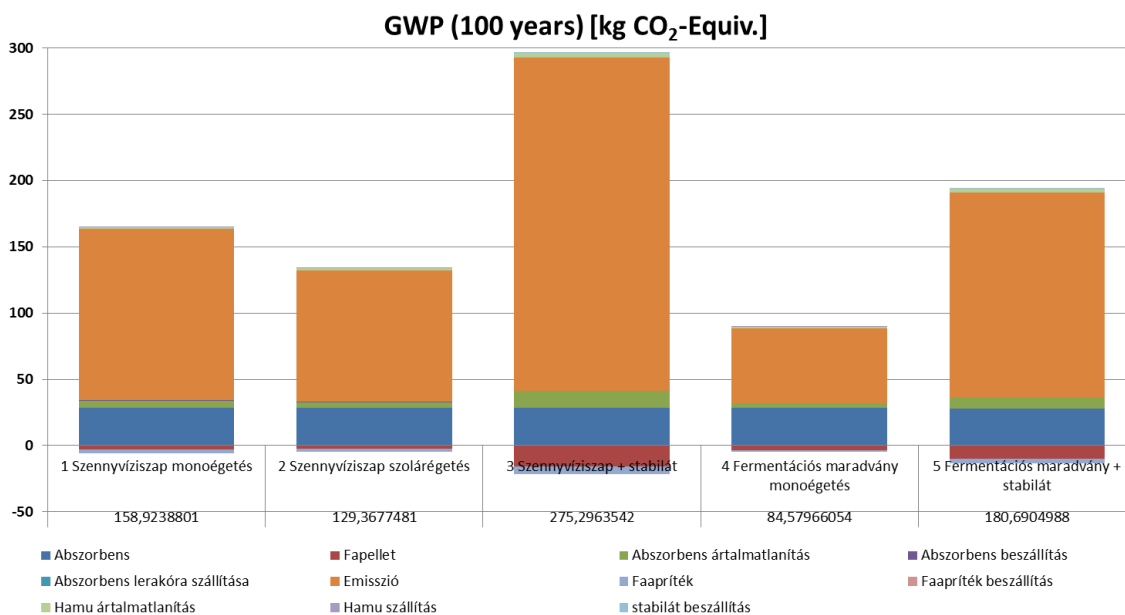
A környezeti hatáselemzés elsődleges célja a megtervezett szennyvíziszap ártalmatlanítási rendszerek vizsgálata. Ez a fejezet az egyes tüzelési módokat hasonlítja össze, úgy, hogy a ténylegese környezeti terhelésekkel számol – megtakarítások elhanyagolásával.

6.1.1 GWP – Globális felmelegedési Potenciál

A karbon lábnyom értékeknek is említett kategóriában a környezetben jutó szén származékok a befolyásolók. Az öt tüzelési mód viszonylatában hangsúlyos szerepet a 3-as modell kap (szennyvíziszap és STABILÁT együttegés), amelynek a befolyásolói az emisszióból származó környezeti hatások. A 3-as és 5-ös modellben is ez a két tényező a meghatározó.

További jelentős értékeket képvisel a füsttisztításban használatos adszorbens anyag felhasználása (illetve a felhasznált mennyiség előállítása), valamint annak ártalmatlanítása. Az égetés után visszamaradó hamu ártalmatlanítása ebben a kategóriában kisebb, de kimutatható mértékű.

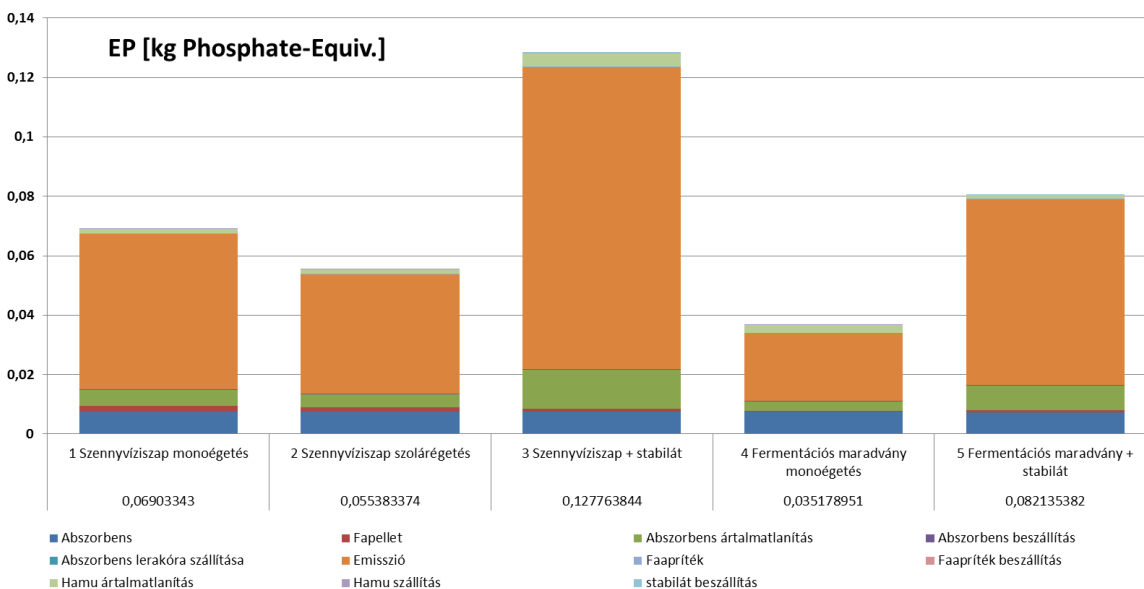
Az adalékanyagok, szállítások környezetterhelése nem releváns.



6.1. ábra: Globális felmelegedési Potenciál

6.1.2 EP – Eutrofizációs Potenciál

Az előző gondolatmenet folytatásaként a hatáskategóriában kiemelkedő súlyt kap az emisszió során légkörbe kerülő nitrogén dioxid, mely a teljes hatások döntő százalékát képviseli. A hamu és az adszorbens anyag lerakásánál is hatásnövelők a talajba jutó inorganikus szennyezők, így az ammónia és a foszfor.

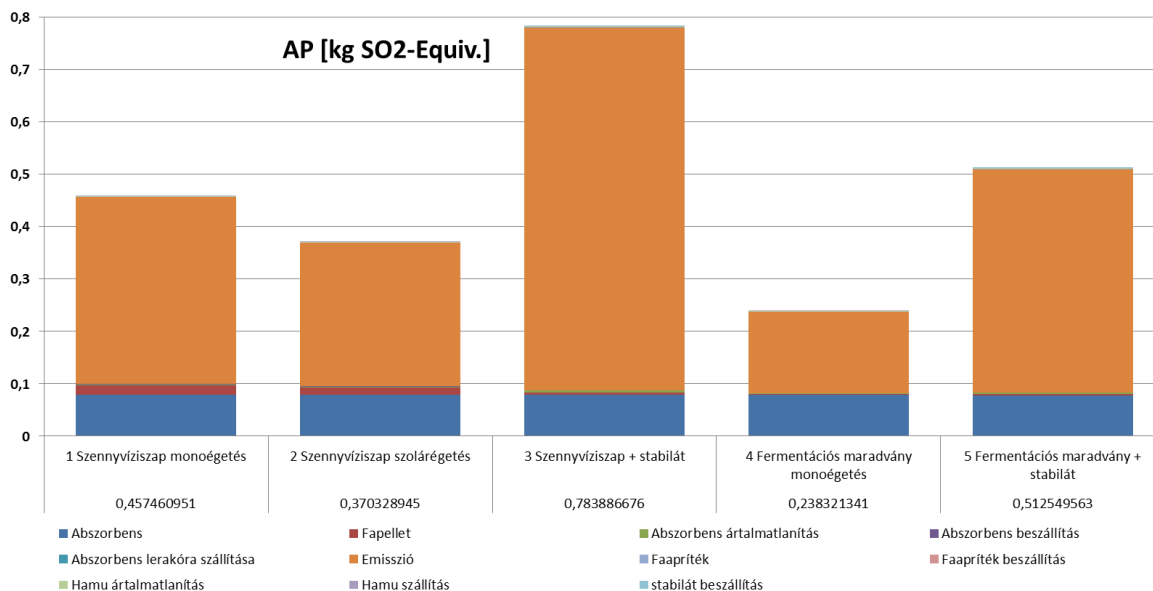


6.2. ábra: Eutrofizációs Potenciál

6.1.3 AP – Savasodási Potenciál

A savasodási potenciál kategóriába hasonlóak egy egyes tüzelési módok egymáshoz viszonyított arányai, azzal a különbséggel, hogy itt hangsúlyosabb szerepet kap az emisszió során légkörbe

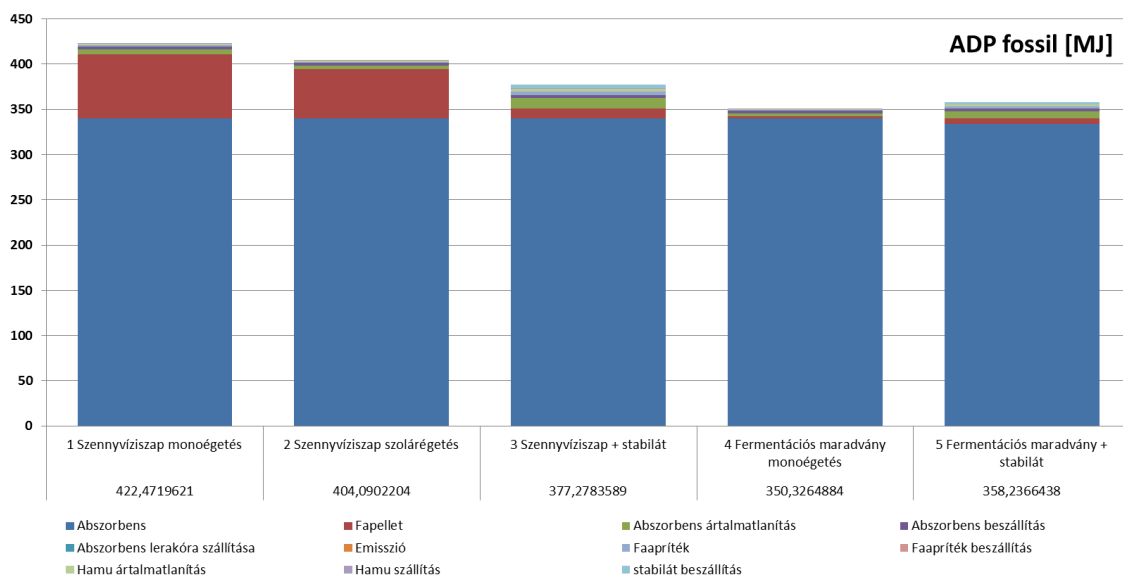
jutó inorganikus anyagok. A 3-as tüzelési mód esetén a nitrogén-dioxidok (36,9%), valamint a kén-dioxid (28,5%) adja a környezetterhelést, illetve a hulladéklerakás miatt a nitrogén-oxidok (közel 10%-ban). Míg az előző kategóriákban csak néhány százalék volt a részesedése az adszorbens anyagnak, itt ezt jóval többszörözi. Az első két esetben néhány százalékkal jelen van a terheléseknél a pelletálás folyamata, melyeknél külső villamos energiát használnak fel.



6.3. ábra: AP – Savasodási Potenciál

6.1.4 ADP – Erőforrások csökkenése

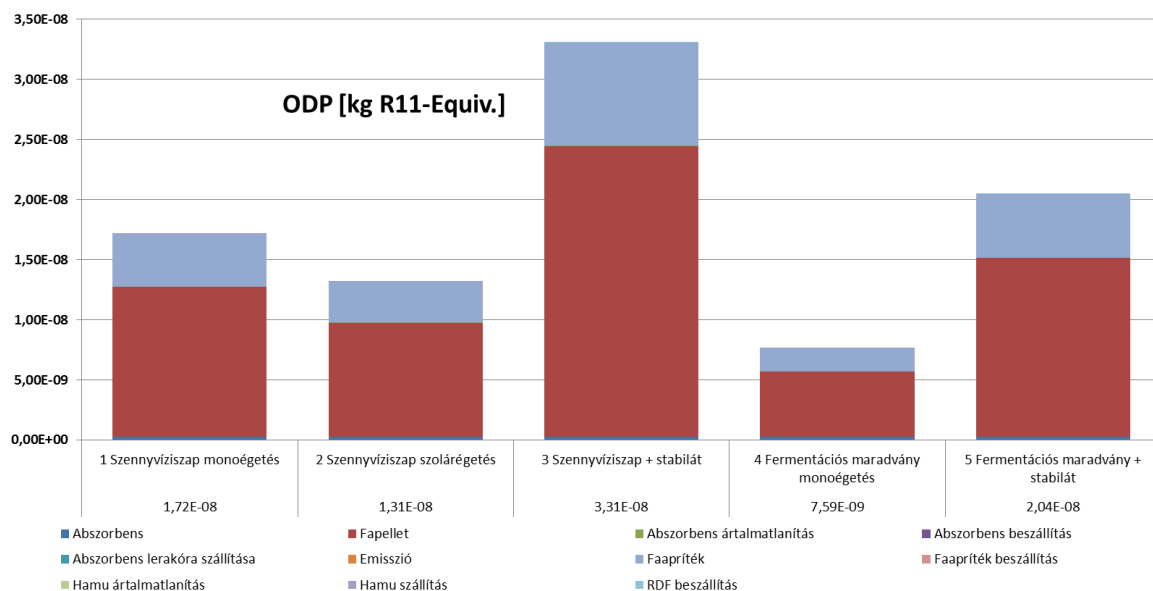
Az erőforrások csökkenésénél a teljes hatásoknak az adszorbens anyagnak az előállításának részesedése a meghatározó minden tüzelési módnál. E mellett az első két módozatnál a fapellet gyártásának van részesedése – villamos energia felhasználása és a fapellet előállítás miatt. Minden tüzelési mód esetén a szállításoknak (felhasznált üzemanyagok miatt) és az ártalmatlanításoknak összesen csak néhány százalékos a részesedése.



6.4. ábra: ADP – Erőforrások csökkenése

6.1.5 ODP – Ózonréteg Csökkenési Potenciál

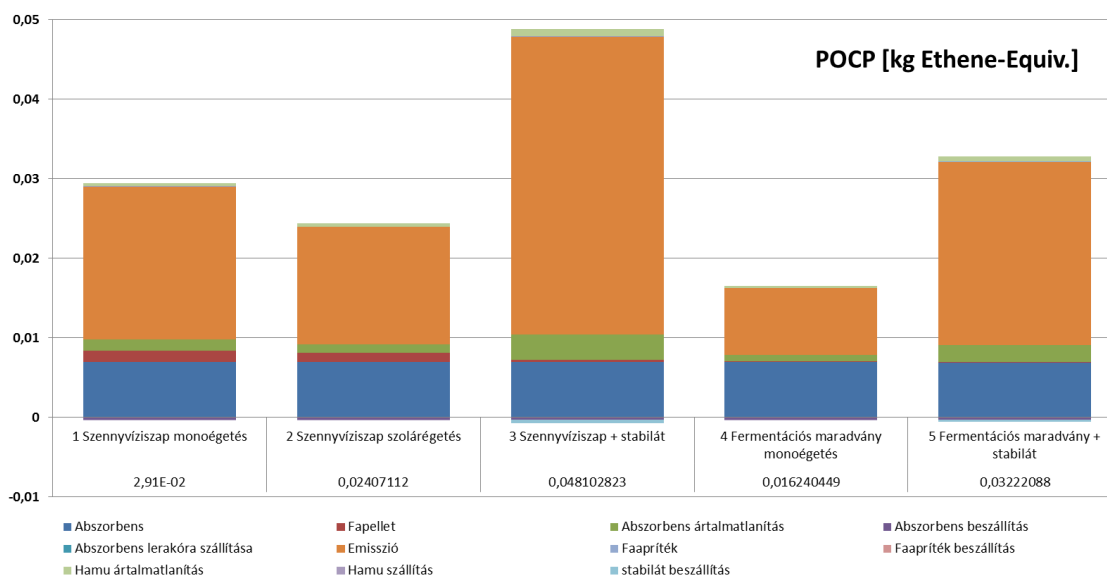
Ezt a kategóriát szinte teljes mértékben a felhasznált faapríték mennyisége befolyásolja. Bár erősen ki kell hangsúlyozni, hogy ez a folyamat tartalmazza a növény termesztését, annak minden műveletével, így a növényápoló-szerek felhasználásával. Amennyiben ezek mennyisége elhanyagolható lenne – saját természetes trágya használatával, akkor a hatáskategória értékei is csökkennének.



6.5. ábra: ODP – Ózonréteg Csökkenési Potenciál

6.1.6 POCP – Fotokémiai Ózonképződési Potenciál

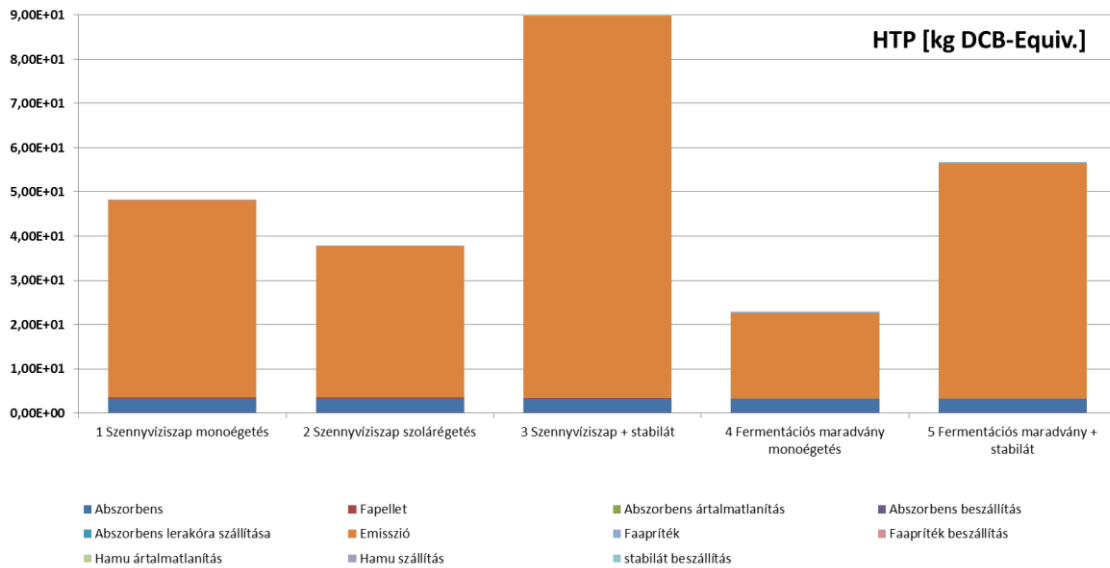
Ennél a hatáskategóriánál az emisszió értékei a befolyásolók a légkörbe kerülő inorganikus szennyezők, így a nitrogén-dioxid és kén-dioxid, valamint a szerves szennyezők, a metán miatt. Emellett befolyásoló még az adszorbens anyag gyártása, valamint a hulladékok ártalmatlanítása.



6.6. ábra: POCP – Fotokémiai Ózonképződési Potenciál

6.1.7 HTP - Emberi Ökotoxicitási Potenciál

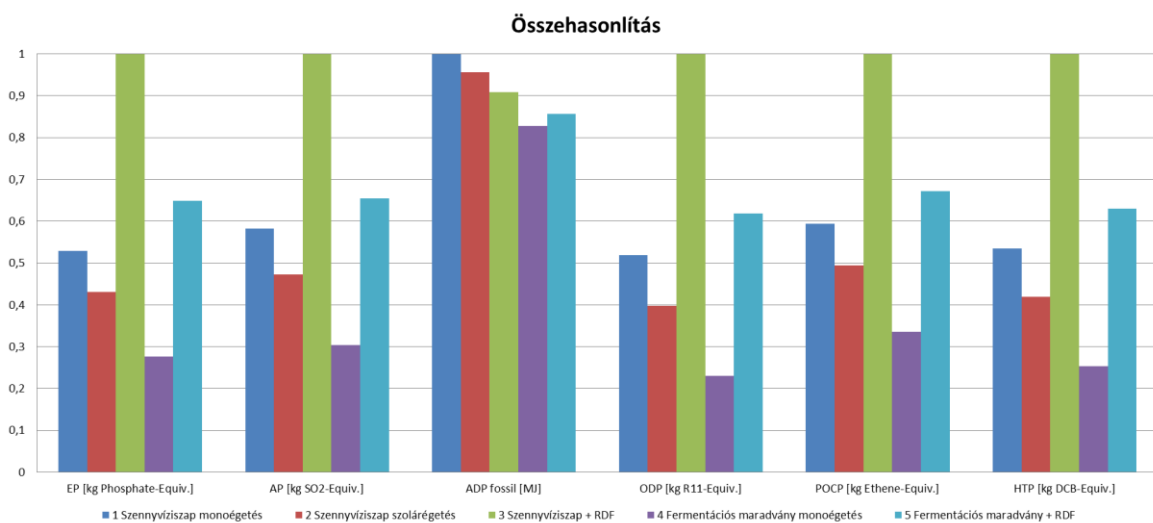
Az emberi ökotoxicitás kategória tulajdonképp nem tartozik a megbízhatóbb kategóriák közé, mert ennek értékeit jelentősen befolyásolják a helyviszonyok, nehezebb konkrétan meghatározni annak pontos értékét. Mégis a jelen folyamatok vizsgálatánál látszik, hogy minden tüzelési beállításnál a légszennyezési értékek vannak a legkárosítóbb hatással az emberi szervezetre - a légkörbe jutó nehézfémek és szerves anyagok miatt. Bár a légszennyezés vizsgálati eredmények határértéken belülnek mutatták az emissziós értékeket, mégis az egész rendszer tekintetében ennek van a legnagyobb szerepe az emberi egészségre.



6.7. ábra: HTP - Emberi Ökotoxicitási Potenciál

6.1.8 Összefoglaló diagram

Az előzőekben részletezett hatáskategóriákban 100%-ra normalizált értékekkel a vizsgált öt tüzelési beállítás egymáshoz viszonyított értékei láthatók. Ennek eredménye, hogy a megtakarítások nélküli vizsgálat során valamivel környezetterhelőbb a szennyvíziszap+ STABILÁT együttegítés beállítás, melynek értékeitől jelentősen elmaradt, de a többi három beállítástól még mindig nagyobb fermentációs maradvány+ STABILÁT együttegítése volt. Azokban az esetekben, ahol nem volt STABILÁT használat, ott a környezeti hatások alacsonyabbak voltak. Ettől kivételt képez az erőforrások csökkenése kategóriában a szennyvíziszap monoégetése beállítás, mely itt valamivel túlszárnyalja a többi környezetterhelési értékét a fajlagosan magas adszorbens felhasználás miatt, valamint fapellet felhasználás miatt. Legjobbnek minden vizsgált hatáskategóriában a fermentációs maradvány monoégetése mutatkozott.



6.8. ábra: Összefoglaló diagram

6.1. táblázat: Hatáselemzés értékei a vizsgált beállítások alapján

	1 Szennyvíziszap monoégetés	2 Szennyvíziszap szolárégetés	3 Szennyvíziszap + STABILÁT	4 Fermentációs maradvány monoégetés	5 Fermentációs maradvány + STABILÁT
GWP (100 years) [kg CO ₂ -Equiv.]	1,59E+02	1,29E+02	2,75E+02	8,46E+01	1,81E+02
EP [kg Phosphate- Equiv.]	6,90E-02	5,54E-02	1,28E-01	3,52E-02	8,21E-02
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	4,57E-01	3,70E-01	7,84E-01	2,38E-01	5,13E-01
ADP fossil [MJ]	4,22E+02	4,04E+02	3,77E+02	3,50E+02	3,58E+02
ODP [kg R11-Equiv.]	1,72E-08	1,31E-08	3,31E-08	7,59E-09	2,04E-08
POCP [kg Ethene- Equiv.]	2,91E-02	2,41E-02	4,81E-02	1,62E-02	3,22E-02
HTP [kg DCB-Equiv.]	4,81E+01	3,77E+01	8,99E+01	2,27E+01	5,66E+01

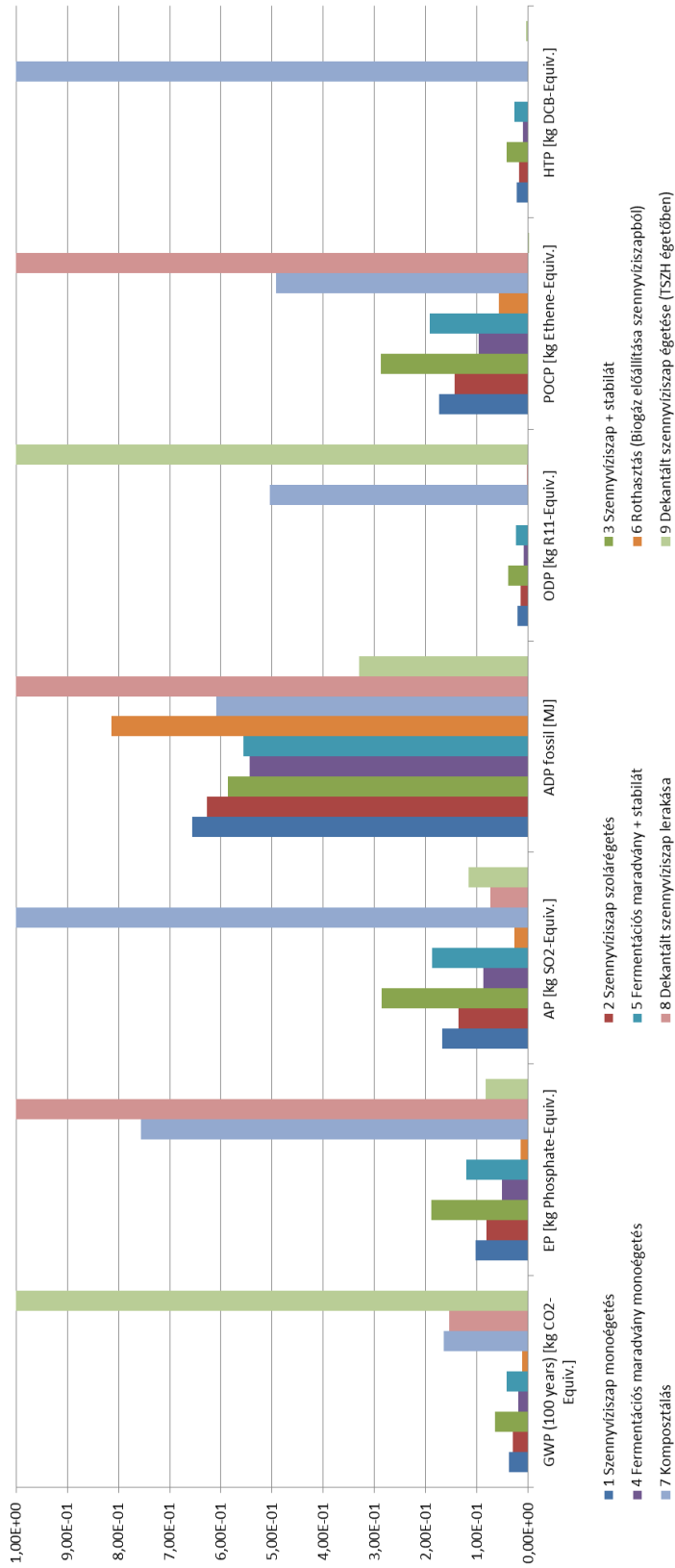
6.2 Összehasonlító elemzés – megtakarítások nélkül

Az összehasonlító elemzés a célból készült, hogy a modellezett öt különböző tüzelő-beállítási módot egybevesse más szennyvíziszap ártalmatlanítási módokkal. Ez alapján került modellezésre a biogáz előállítás, az összetétel, az összefoglaló részben bővül az összehasonlítás a dekantált szennyvíziszap lerakása, illetve égetése modellekkel.

6.2.1 Összefoglaló diagram

A kibővített összehasonlító elemzésben egy grafikonon belül 100%-ra normalizált értékekkel bemutatathatók az egyes szennyvíziszap ártalmatlanítási módok egymáshoz viszonyított arányai hatáskategóriánként:

- GWP, ODP: egyértelműen a legkörnyezetkárosítóbb mód a dekantált szennyvíziszapnak a hulladékégetőben való ártalmatlanítása.
- EP, ADP, POCP: A hatáskategóriákban kiemelkedő a szennyvíziszap hulladéklerakóban való ártalmatlanítás elképzelés
- AP, HTP: komposztálás negatív hatásai érvényesülnek kiemelkedően a többi viszonylatában.



6.9. ábra: Összefoglaló diagram

6.3 A minta projektben megalkotott öt eljárás hatáselemzése, megtakarítással

Az előzőekben vizsgált elemzések, kifejezetten a környezetterhelések értékeire fókuszáltak. Ahhoz, hogy jól lehessen szemléltetni egy rendszer hasznosságát érdemes a környezet-megtakarításokat is bemutatni. Ez egy tüzelési mód esetén:

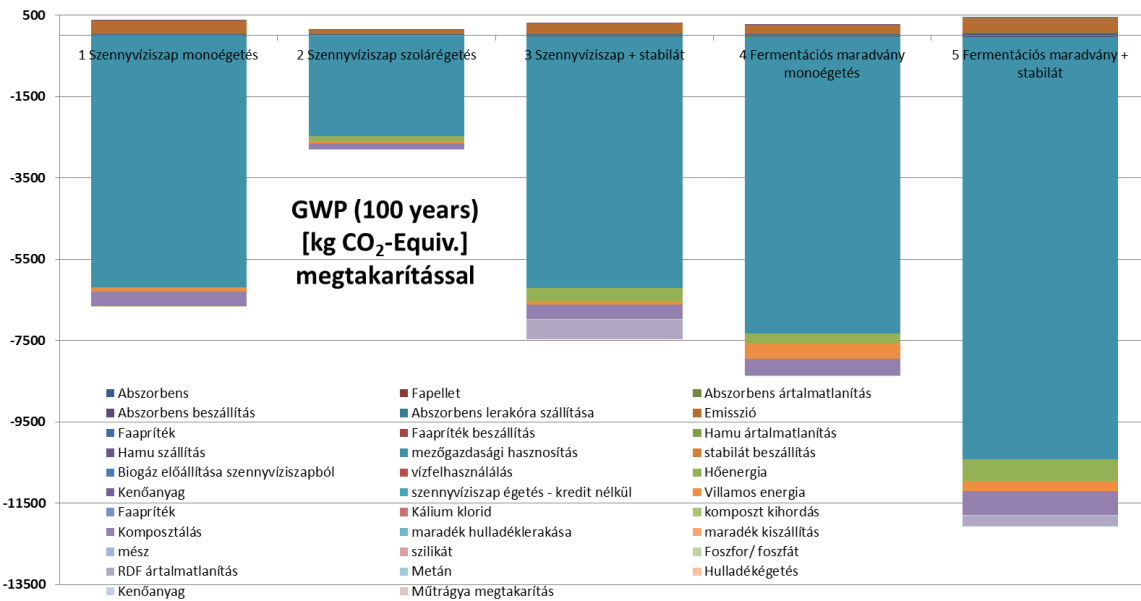
- elsősorban a villamos- és hőenergiát jelenti, ahol ezzel a megtermelt energia miatt nem kell az országos hálózatból ezt a mennyiséget felhasználni,
- de ide lehet venni azokat az áramokat, aminek a felhasználását elkerüljük, mint pl.: biogáz készítésénél és annak hasznosításánál, nincs szükség más biogáz előállítására,
- hulladékok hasznosításánál, egyes komponensek, alkotók kinyerése másodnyersanyagforrásként értendő, nincs szükség primer nyersanyagból való előállításra
- Szintén a hulladékok hasznosításánál elkerülhető a hulladéklerakás, vagy hulladékégetés környezetterhelése.

A grafikonos ábrázolás során a környezeti megtakarítások (előnyök) a grafikon negatív oldalán helyezkednek el, míg a terhelések a pozitív részen.

6.3.1 GWP – Globális felmelegedési Potenciál

A globális felmelegedés tekintetében az eddig – megtakarítások nélkül vizsgált hatáskategóriákban – legrosszabb értékeket mutató stabiláttal együttégetéses módok, ebben a szemléletben a legelőnyösebbek. Az öt rendszer tekintetében a legjobb a fermentációs maradvány stabiláttal együttégetése, valamint a fermentációs maradvány monoégetése. De a másik stabilátot felhasználó mód (szennyvíziszap stabiláttal együttégetése) is több környezeti megtakarítást mutat, mint terhelést.

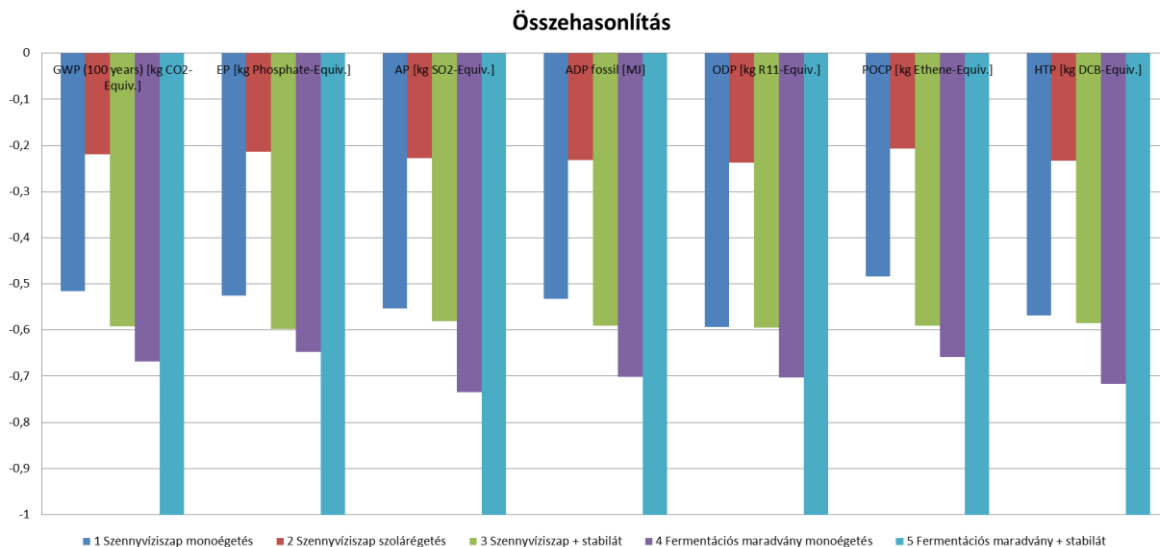
A megtakarítások az előállított villamos- és hőenergiának, az utókezelt szennyvíziszap komposztálásából származó megtakarításnak, a települési szilárd-hulladéklerakóban való ártalmatlanításának elkerülésének és főképp a képződött hamu mezőgazdasági hasznosításának köszönhető.



6.10. ábra: Globális felmelegedési Potenciál

6.3.2 Összefoglaló diagram

A vizsgált hatáskategóriák tekintetében a (GWP, EP, AP, ADP, ODP, POCP és HTP) a fermentációs maradvány+STABILÁT együttégetése folyamat bizonyult a legkevésbé környezetterhelő alternatívnak. Az összes vizsgált kategóriában legkisebb környezet megtakarítást a szennyvíziszap szolárégetése folyamat adta. Az egyes módok egymáshoz viszonyított arányai hasonlóak minden hatáskategóriában – néhány százalék eltéréssel. A megtakarítások több, mint 90%-a a hamu mezőgazdasági alkalmazásából származik, mely esetében az került feltételezésre, hogy annak összetétele folytán hasonló tápanyagpótló értékekkel rendelkezik, mint egy műtrágya. Ez utóbbinak az előállítására így nincs szükség.



6.11. ábra: Összefoglaló diagram

6.2. táblázat: Hatáselemzés értékei a vizsgált beállítások alapján

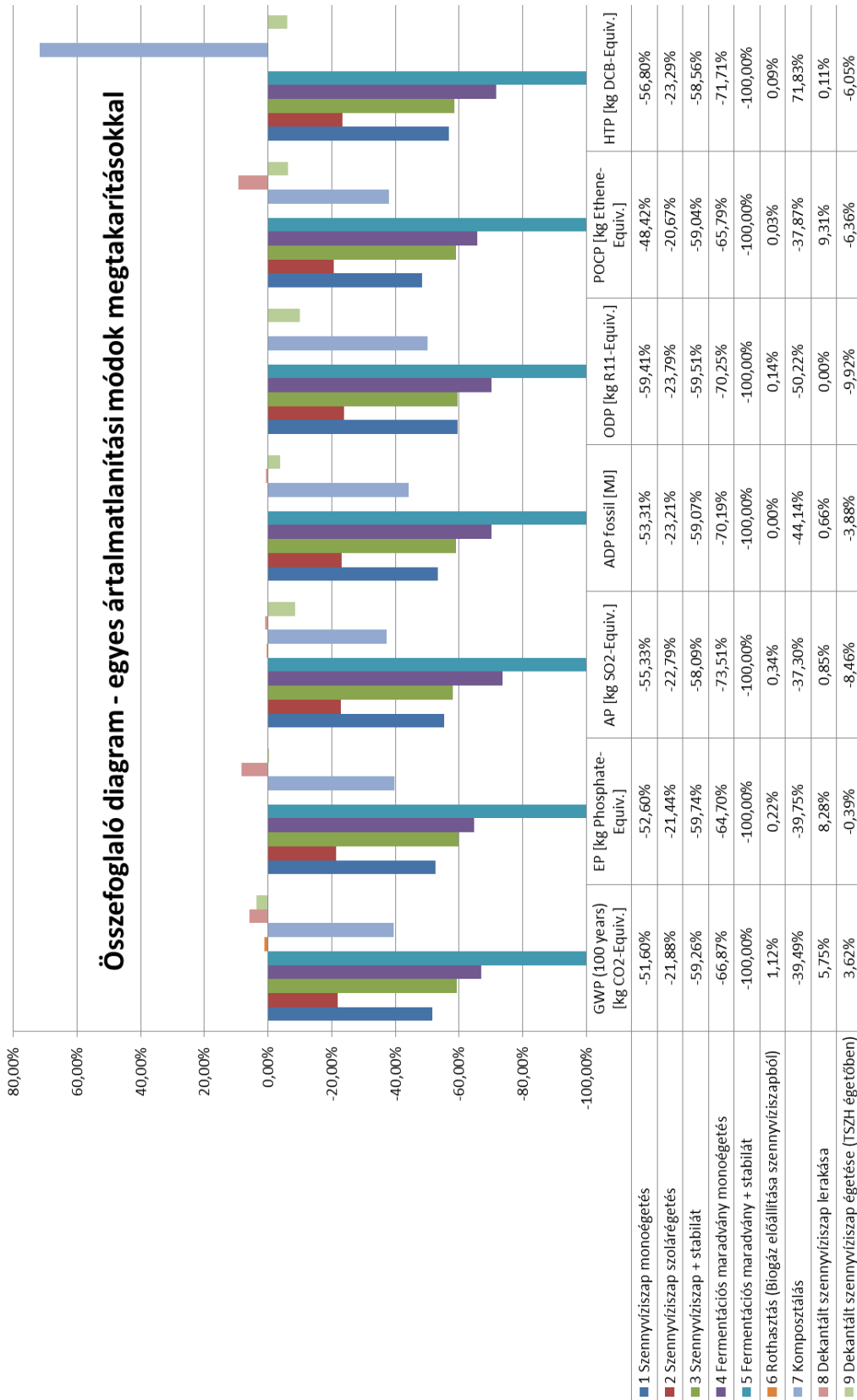
	1 Szennyvíziszap monoégetés	2 Szennyvíziszap szolárégetés	3 Szennyvíziszap + STABILÁT	4 Fermentációs maradvány monoégetés	5 Fermentációs maradvány + STABILÁT
GWP (100 years) [kg CO2-Equiv.]	-5,94E+03	-2,52E+03	-6,82E+03	-7,70E+03	-1,15E+04
EP [kg Phosphate- Equiv.]	-4,30E+00	-1,75E+00	-4,88E+00	-5,29E+00	-8,17E+00
AP [kg SO2-Equiv.]	-1,31E+01	-5,38E+00	-1,37E+01	-1,73E+01	-2,36E+01
ADP fossil [MJ]	-5,23E+04	-2,28E+04	-5,79E+04	-6,88E+04	-9,80E+04
ODP [kg R11-Equiv.]	-1,96E-04	-7,84E-05	-1,96E-04	-2,31E-04	-3,29E-04
POCP [kg Ethene- Equiv.]	-8,71E-01	-3,72E-01	-1,06E+00	-1,18E+00	-1,80E+00
HTP [kg DCB-Equiv.]	-9,73E+02	-3,99E+02	-1,00E+03	-1,23E+03	-1,71E+03

6.4 Összehasonlító elemzés, megtakarítással

Összehasonlító elemzés készült a célból, hogy az előzőleg részletezett folyamatok összehasonlításra kerüljenek más szennyvíziszap ártalmatlanítási módokkal. A következő grafikonok a biogáz-előállítással, a komposztálás, a szennyvíziszap lerakása és égetése folyamatokkal bővülnek.

6.4.1 Összefoglaló diagram

Szinte minden vizsgált hatáskategóriában a szennyvíziszap lerakásából származó környezetterhelés a legjelentősebb - hiszen itt nincs semmi haszna a folyamatnak, az energiában gazdag iszap lerakásra kerül -, e mellett az ártalmatlanítási mód mellett szintén csak környezetterhelést mutat dekantált szennyvíziszap rothasztása, valamint a dekantált szennyvíziszap égetése. Legnagyobb megtakarítást a két fermentációs folyamat értékei adják szinte minden vizsgált kategóriában, ez magyarázható ezekben az eljárásokban előállított hasznos energiák (hő és villamos energia) értékeivel. A fermentációs maradvány monoégetése módtól csak kis mértékben marad el pozitív hatások tekintetében a szennyvíziszap stabiláttal való együttégetése és a szennyvíziszap monoégetése módok. Továbbra is legkevesebb hasznót a szennyvíziszap szolárégetési módja adja – itt kevesebb megtakarított energia, de a befektetett energia is alacsonyabb, mint a többi tüzelési módban.



6.12. ábra: Összefoglaló diagram - megtakarításokkal

Javaslat a munka további fejlesztéséhez:

- valós mért adatok felhasználása a modellek finomításához (ott ahol vagy számított, vagy irodalmi adatok kerültek felhasználásra), minden tüzelési mód mért adatainak felhasználása, a valós környezeti hatások minél pontosabb meghatározás érdekében;
- bizonytalan tényezők pontosítása (hamu összetételének pontos ismerete – nehézfém tartalom, tápérték, stb.-, műtrágya összetételével való összehasonlítása, hamu hasznosítására vonatkozó pontosítások;),
- esetleges szennyeződések (nehézfém tartalom) eltávolítása a hamuból,
- eddig elhanyagolt részek pótlása (pl.: hamuból való foszforkinyerés technológiája, nehézfém leválasztás technológiai input – output anyag – és energia adatai),
- stabilát pontos energiatartalmának meghatározása, ennek függvényében egyes tüzelési módok keverési arányainak meghatározása, beállítása,
- működés esetén évenkénti adatfrissítéssel összehasonlító elemzés elvégzése,
- esetleges újonnan telepített hasonló rendszerek összehasonlítása.

7 Összefoglalás

A Magyarországon keletkező szennyvíziszap mennyiségének csökkentésére, valamint a jelenlegitől kedvezőbb ártalmatlanítási mód keresése céljából készült el a BIOMORV projekt keretében egy új szennyvíziszap ártalmatlanítási technológia. Ezzel az új berendezéssel - a hulladékégetés feltételeinek betartása mellett, - magas nedvességtartalmú (50%) szerves anyag tartalmú hulladékot lehet hasznosítani energetikai célokra. A kidolgozott rendszer több tüzelési mód lehetőségével számol – a szennyvíziszap, illetve a települési szilárd hulladék mennyiségének, tehát - a település (körzet) nagyságának függvényében alkalmazza ezek változatát. Az előzetes technológiai és gazdasági számításokat egészíti ki a környezeti hatáselemzés, melynek célja a Biomorv Zrt. által kialakított szennyvíziszap ártalmatlanítási rendszerek környezeti hatásvizsgálata; a kiválasztott öt eltérő rendszer összehasonlító elemzése; valamint azoknak a jelenleg meglévő és feltételezett szennyvíz-ártalmatlanítási folyamatokkal való összehasonlítása. A kiértékelt eredmények minden esetben 1 tonna betáplált legalább 50% szárazanyag-tartalommal rendelkező magas nedvességtartalmú kommunális hulladékra vonatkoznak. A tényleges elemzés elvégzését megelőzte a témával kapcsolatos irodalomkutatás, mi szerint a világ több pontján foglalkoznak a szennyvíziszap ártalmatlanítás környezeti aspektusú elemzésével. Egyértelműen rávilágítanak a tanulmányok a téma terület fontosságára. Több helyen valós rendszer került modellezésre, de volt ahol új technológiák adta környezeti előnyökre-hátrányokra voltak kíváncsiak.

Jelen tanulmány a nagyrészt számításokon alapuló tüzelési módokat hivatott elemezni környezeti szempontból. Mivel ez még jelenleg nem egy folyamatosan üzemelő egység, ezért az elemzés több esetben számított, becsült vagy irodalmi adatokat használt fel. Ilyen volt a füstgáztisztítás módja, ahol a próba üzem során vett mintavétel alapján történt ennek modellezése. Mivel több tüzelő-beállításnál nem volt ilyen mérés, ezért ezeknél az alternatíváknál is ezek a mérési értékek kerültek felhasználásra. Ugyanakkor feltételezhető, hogy egy települési szilárd hulladék bekeveréses üzem mód esetén változna a füstgáz összetétele is a bevitt anyag összetétele szerint. Ugyanez igaz a hamu összetételére, ahol minden esetben az került feltételezésre, hogy a tüzelés után visszamaradó hamuból azonos arányban kivonható a foszfor, továbbá a nehézfémek kivonása után a maradékanyag mezőgazdaságilag hasznosítható. Ez utóbbi anyag bár mennyiségét tekintve az összanyagáramhoz képest nem magas, mégis, ha egyenértékűvé tesszük hasznos összetétele folytán egy műtrágyával, hatalmas környezeti haszon tapasztalható. Két tüzelési-mód jelentős mennyiségben számol az stabilát felhasználásával. Ennek az anyagnak az energiaértéke a hulladék összetételéből fakadónak eltérő lehet, tényleges működtetés esetén nem elhanyagolható ennek pontos ismerete, mely megváltoztathatja a keverési arányokat.

Hatáselemzés kiválasztott módszere a CML 2001-es hatáselemző módszer, mely esetén általában 6 hatáskategóriában történik a vizsgálat. Az előzetes vizsgálatok rámutattak, hogy bizonyos szennyeződések negatív hatásainak bemutatására további hatáskategória értékeit is be kell mutatni, ez az emberi ökotoxicitási kategória. Az első vizsgálat a tervezett öt tüzelési mód környezetterheléseit, illetve ezek egymáshoz viszonyított arányait mutatta be a kiválasztott funkcionális egység függvényében. Ez alapján az öt változat közül majd minden hatáskategóriában a szennyvíziszap stabiláttal való együttégetése mutatta a legjelentősebb környezetterhelést – ez alól kivétel az erőforrások csökkenése kategória (ADP), ahol a szennyvíziszap monoégetése módnak van a legmagasabb hatása a többi tekintetében. A rendszerekben a hatásokért felelősek az emissziós értékek, az adalékanyagok felhasználása: fapellet, faapríték, adszorbens anyag. Amennyiben ezek a rendszerek összehasonlításra kerülnek más szennyvíziszap ártalmatlanítási módokkal akkor a következő eredmények születnek:

- a jelenlegi tüzelési módoktól rosszabb eredményeket mutatnak, sőt az összes közt kiemelkednek:
 - a dekantált szennyvíziszap hulladéklerakóban való ártalmatlanítása (EP, ADP, POCP kategóriák),
 - a dekantált szennyvíziszap kommunális hulladékégetőben való ártalmatlanítása (GWP, ODP kategóriák), valamint
 - szennyvíziszap komposztálása (AP és HTP kategóriák).

Az előzőekben vizsgált elemzések, kifejezetten a környezetterhelések értékeire fókuszáltak, azok adták az LCA szabványához szigorúan igazodó eredményeket. Ahhoz, hogy jól lehessen szemléltetni egy rendszer hasznosságát érdemes a környezet-megtakarításokat is bemutatni. Jelenleg tervezett technológiának nem csak az ártalmatlanítás a célja, hanem az, hogy a hulladékként jelentkező szennyvíziszapot energetikai és mezőgazdasági célokra hasznosítsák. A megtakarítások esetén a modell úgy számol, hogy az előállított hasznos anyag miatt nincs szükség ugyanazon anyag hagyományos úton való előállítására vagy a felhasznált hulladék hasznosítása miatt nincs szükség ugyanazon anyagmennyiség ártalmatlanítására. Ilyen kontextusban vizsgálva az elképzelt tüzelési módokat elmondható, hogy bár a legnagyobb környezetterhelése a két stabiláttal való együttégetéses technológiának volt, de ezek adják a legmagasabb környezeti előnyöket is – a fermentációs maradvány monoégetése mellett,

- a megtermelt villamos és hőenergia mennyiségével,
- az stabilát hagyományos ártalmatlanításának elkerülésével,
- valamint a hamuból kinyerhető másodnyersanyag, a foszfor primer előállításának elkerülésével, ugyanilyen mennyiségű műtrágya előállításának elkerülésével.

Amennyiben figyelemvételre kerülnek a környezeti megtakarítások, akkor legelőnyösebb módnak a fermentációs maradvány és STABILÁT együttégetése bizonyul, a fermentációs maradvány monoégetése technológia és a szennyvíziszap és STABILÁT együttégetési mód mellett. Ezen

technológiai elképzelések többi ártalmatlanítási módszerrel való összehasonlítása rámutat, hogy az eddig öt üzemmód megtakarítási értékeket mutat minden vizsgált hatáskategóriában, ezzel szemben a dekantált szennyvíziszap hulladéklerakóban való elhelyezése az egyik legrosszabb elképzelés, hiszen itt a magas energiatartalmú tüzelőanyag elvész, az nem hasznosul.

Bár több hatáskategóriában nagyságrendileg hasonló megtakarítási értékeket mutat a komposztálás, de az emberi hatások tekintetében kiemelkedően környezetterhelő a többihez képest a környezetbe kerülő nehézfém-tartalom miatt.

A felvett alapparaméterek függvényében elmondható, hogy a jelenleg megtervezett rendszerek mindegyike jobb megoldásnak bizonyul a környezet szempontjából, mint az eddig alkalmazott technológiák.

Az életciklus elemzés alapköveinek (cél, funkcionális egység, rendszerhatár) helyes megválasztása meghatározzák és befolyásolják a kapott eredményeket. Az, hogy:

- kifejezetten csak a „gyárkapun” belüli műveletek kerülnek vizsgálat alá, vagy a teljes életciklus;
- funkcionális egység tekintetében, hogy minden kapott eredmény 1 tonna anyagra vonatkozzon-e, vagy a rendszerek vizsgálhatók olyan összehasonlításban is, mikor a funkcionális egység pl.: 1MJ előállított villamos energia, stb.

Egy plusz vizsgálat keretében az előre meghatározott funkcionális egység (1 tonna betáplált legalább 50% szárazanyag-tartalommal rendelkező magas nedvességtartalmú kommunális hulladék) ha változtatásra kerül, és egy más szemszögből megvilágítva, a továbbiakban egy évre vonatkoznának a kapott értékek, akkor a környezetterhelések vizsgálatánál hasonló szórások mellett, a leg-környezetterhelőbb változat a fermentációs maradvány monoégetése mód lenne, kicsit megelőzve a szennyvíziszap monoégetési módot. A megtakarítások összértékeinek figyelembevételénél ebben a vonatkozási rendszerben is a legjobb a fermentációs maradvány monoégetése lenne – ebből is látszik, hogy bár ez a tüzelési mód igényli a legtöbb plusz befektetést, mely környezetterheléssel jár, de ennek van a legmagasabb haszna is. Viszonylag kevesebb lenne a terhelés, illetve a megtakarítás az első két tüzelési módban (szennyvíziszap monoégetése, illetve annak szolár-szárítóval módosult változata).

Bár e tanulmány környezeti szempontból segít meghatározni az egyes tüzelési módok előnyét, hátrányát, de mindenképp az alkalmazott metodikának illeszkednie kell a helyi igényekhez és feltételekhez, valamint összhangban kell lennie a gazdasági, és társadalmi alapokkal.

8 Irodalomjegyzék

1. BIOMORV Kazánfejlesztő, Gyártó és Üzemeltető Zrt.
2. ISO 14040:2006 Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretek
3. Life cycle assessment of sewage sludge management: A review (Hiroko Yoshida, Thomas H. Christensen and Charlotte Scheutz, 2013)
4. Environmental and economic assessment of sewage sludge handling options (M.Lundin, M.Olofsson, G.J.Petterson, H.Zetterlund, 2003)
5. Bay Zoltán Nonprofit Kft.
6. BIOMORV Kazánfejlesztő, Gyártó és Üzemeltető Zrt. - A szerves, nagy nedvességtartalmú kockázatot jelentő hulladékok ártalmatlanítására és más ártalmatlanító technológiák maradékainak energetikai hasznosítására – Összegzés2014_október_22 dokumentum, valamint a Termikus ártalmatlanítás_TURBODEN ORC-2 táblázat alapján
7. Sorbacal brosúra (sorbacal.com); Material Safety Data Sheet – Sorbacal SP30AC; Optimization of additives for flue gas cleaning of sewage sludge incineration – ir.L.D.Korving, SNB, Moerdijk, The Netherlands
8. Miskolci Egyetem- Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet – Mechanikai Eljárástechnikai Intézeti Tanszék
9. BIOMORV Kazánfejlesztő, Gyártó és Üzemeltető Zrt. - Air Analytic System Kft. Vizsgálati jegyzőkönyve alapján. BIOMORV_Egri_Meresi_jkv_2014-11-12.pdf
10. Szennyvíziszap dezintegrálási és anaerob lebontási kísérlet – Lipták Miklós – Miskolci Egyetem, Kőolaj és Földgáz intézet
11. Ecoinvent Centre – Swiss Centre for Life Cycle Inventories – Database
12. Környezettechnika- Bartótfi István
13. A Zala szennyvíziszap – komposzt vizsgálata és annak hatása a zalai termőtalajra – Gecse Zsuzsanna
14. <http://www.gabi-software.com/international/databases/gabi-databases/professional/>
15. Kommunális szennyvíziszapok beintegrálása az agrártermelésbe – Dr. Sárly Lajos