

# DIPLOMADOLGOZAT

## KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZISZAP TERMIKUS ÁRTALMATLANÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Készítette: Sallai Tibor

Témavezetők: Dr. Kárpáti Árpád

Thury Péter

Veszprémi Egyetem

Mérnöki Kar

Környezetmérnöki Szak

Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Intézeti Tanszék

2007.

## DIPLOMAMUNKA FELADAT

### KÖRNYEZETMÉRNÖK SZAKOS HALLGATÓK RÉSZÉRE

<b>Szakirány</b> Környezetmenedzsment		<b>Tanszék</b> Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Intézeti Tanszék
<b>Diplomamunka pontos címe:</b>  Kommunális szennyvíz iszap termikus ártalmatlanításának lehetőségei		
<b>Témavezető(k):</b> Dr. Kárpáti Árpád Thury Péter	<b>Jelölt:</b> Sallai Tibor	<b>A kidolgozás helyszíne(i):</b> Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Intézeti Tanszék
<b>Az elvégzendő feladat:</b> <p>A lakossági szennyvizek tisztítása során a tisztítóra befolyó szennyezőanyagok egy részét a mikroorganizmusok saját sejtanyagainak képzéséhez használják fel. A szennyvíz minősége és a tisztítás körülményei által meghatározott iszaphozam egy része a rendszerben elpusztuló szervezetek pótlására hasznosul. A tisztításhoz nem szükséges mennyiséget, pedig az adott technológiai lehetőségek mellett kezelik, ártalmatlanítják.</p> <p>Az Európai Unió mezőgazdasági irányelveknek megfelelően a fejlett államok folyamatosan törekednek a szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának minimalizálására, kerülésére. A szennyvíziszapból készült komposztokat, vagy magát az előkezelt szennyvíziszapot különböző hulladéklerakók rekultivációjára, vagy égetésre viszik. Az égetésnek mára már számos előfeltétele és technológiai megvalósítása ismeretes, ennek ellenére Magyarországon a mai napig még nem épültek ki olyan égetői kapacitások, amelyek a nagy mennyiségben keletkező kommunális szennyvíziszapok ilyen irányú ártalmatlanítását tennék lehetővé.</p> <p>A Jelölt feladata a szennyvíztisztítás anyagáramainak, az iszapkezelési technológiák és az azokra vonatkozó specifikus jogszabályok megismerése. Gyakorlati munkája során össze kell gyűjtenie a szárított szennyvíziszap termikus ártalmatlanítása szempontjából Magyarországon potenciálisan szóba jöhető technológiákat. Továbbá javaslatot kell megfogalmaznia Veszprém megye területén keletkező teljes szennyvíziszap mennyiség termikus ártalmatlanításának technológiájára és annak helyére.</p>		
<b>Speciális követelmények:</b> Angol nyelvtudás, önállóság a technológiai számítások elvégzésében.		
<b>Részfeladatok teljesítésének határideje:</b> 1. Szakirodalom folyamatos áttekintése, rendszerezése. 2. Szükséges technológiai számítások elvégzése 2007. márciusáig. 3. Diplomadolgozat elkészítése 2007. május közepéig.		

# Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
Köszönetnyilvánítás .....	4
Kivonat.....	5
Abstract.....	6
Bevezetés .....	7
<b>1.1. Biológiai szennyvíztisztítás anyagáramai .....</b>	<b>8</b>
1.1.1. A lakossági szennyvíztisztítás bemenő anyagáramai .....	8
1.1.2. A lakossági szennyvíztisztítás kimenő anyagáramai .....	9
<b>1.2. Biológiai szennyvíztisztítás iszaphozama .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3. A stabilizált és utókezelt szennyvíziszapok kezelését, hasznosítási és ártalmatlanítási lehetőségeit szabályozó jogszabályi környezet.....</b>	<b>13</b>
1.3.1. Mezőgazdasági hasznosítás jogszabályi háttere .....	16
1.3.2. Erdészeti hasznosítás jogszabályi háttere .....	20
1.3.3. Energetikai hasznosítás .....	20
1.3.4. Deponálással történő ártalmatlanítás jogszabályi háttere .....	22
<b>1.4. Szennyvíziszap stabilizálásának jelenlegi technológiai lehetőségei.....</b>	<b>23</b>
1.4.1. Anaerob iszapstabilizáció .....	23
1.4.2. Aerob iszapstabilizáció .....	24
1.4.3. Meszes kezelés .....	24
1.4.4. Komposztálás .....	25
1.4.5. Szárítás .....	26
1.4.5.1. Gépi szárítás .....	26
1.4.5.2. Szolár szárítás .....	27
<b>1.5. Stabilizált és utókezelt iszapok hasznosításának, és ártalmatlanításának technológia lehetőségei.....</b>	<b>27</b>
1.5.1. Mezőgazdasági elhelyezés .....	28
1.5.1.1. Talajjavítást célzó elhelyezése .....	28
1.5.1.2. „Rekultiválandó” területen való elhelyezése .....	28
1.5.1.3. Faültetvényen való elhelyezés .....	28
1.5.2. Égetés .....	28
1.5.3. Építőipar .....	29
1.5.3.1. Cementipar .....	29
1.5.3.2. Téglagyártás.....	32
1.5.3.3. Egyéb építőipari megoldások.....	33
1.5.3.4. Deponálás .....	34
<b>1.6. A szennyvíziszap jellemző paraméterei .....</b>	<b>34</b>
<b>1.7. A szárított szennyvíziszap termikus hasznosításának lehetőségei.....</b>	<b>36</b>
1.7.1. Égetés .....	36
1.7.2. Biomasszatüzelés .....	41
1.7.3. Pirolízis .....	41

<b>II. Gyakorlati rész.....</b>	<b>43</b>
<i>Bevezetés.....</i>	<b>43</b>
<i>2.1. A szárított szennyvíziszap szárításának-égetésének és komposztálásának-mezőgazdasági kihelyezésének környezeti hatásai.....</i>	<b>44</b>
2.1.1 Komposztálás és mezőgazdasági kihelyezés.....	44
2.1.2 Solár szárítás és égetés.....	47
<i>2.2. A szárított szennyvíziszap égetésének magyarországi lehetőségei.....</i>	<b>50</b>
<i>2.3. A szárított szennyvíziszap termikus ártalmatlanításának lehetőségei Veszprém és környezetében .....</i>	<b>56</b>
<i>2.4. Számítási példa a Veszprém megyében keletkező szárított iszap termikus ártalmatlanítására .....</i>	<b>59</b>
<b>Összefoglalás.....</b>	<b>64</b>
<b>Irodalomjegyzék.....</b>	<b>66</b>

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek Dr. Kárpáti Árpádnak, és Thury Péternek, hogy értékes tapasztalataikkal és építő kritikáikkal segítették a munkámat és dolgozatom elkészülését.

## Kivonat

A biológiai szennyvíztisztítás nagy mennyiségben keletkező mellékterméke a szennyvíziszap, amely ésszerű kezelése, ártalmatlanítása világszerte a környezetvédelmi célkitűzések egyik fontos eleme. A szennyvíziszap stabilizálás egyik fő feladata a sterilizálás, mellyel annak biológiai veszélyessége csökkenthető. Emellett szintén fontos szempont az iszap szervesanyag tartalmának, térfogatának csökkentése, az esetleges szaghatás mérsékelése, megszüntetése. További kérdés azonban, hogy a geológiai-, gazdasági-, műszaki-, környezetvédelmi- adottságok figyelembevételével az adott mennyiségű és minőségű stabilizált szennyvíziszap milyen megoldással kerülhet újrahasznosításra, ártalmatlanításra.

Munkám célkitűzése az ipari gyakorlatban elterjedt iszapstabilizációs technológiák összegyűjtése és bemutatása, továbbá a stabilizált szennyvíziszap ártalmatlanításának, és hasznosításának hazánkban még nem kimondottan elterjedt, de más országok gyakorlatában már működő alternatív megoldások részletezése volt. Mindezen technológiákra vonatkozó jogszabályi háttér ismertetése után a Veszprém megyében keletkező szennyvíziszapok esetleges szárítással történő stabilizálása után keletkezett iszap termikus ártalmatlanítási lehetőségeit vizsgáltam meg.

A mintegy 15-20% szárazanyag-tartalmú centrifugált szennyvíziszapok szárításával körülbelül 60-65%-os térfogat redukció érhető el, amely hatására lényeges csökkenthető annak tárolási és szállítási költségei is. Ezért Veszprém központtal kialakított 100-120 km sugarú terület esetében számítási példát készítettem a megyében keletkező szennyvíziszapok (5000 tonna szárazanyag/év) esetleges szárítással történő stabilizálása után azok termikus ártalmatlanítási lehetőségeire. A kapott eredmények alapján az ártalmatlanítási helyek között sorrendet állítottam fel. Eszerint a termikus ártalmatlanítására elsődlegesen szóba jöhető megoldás a Látatlani Cementgyár lenne, ahol a esetlegesen szárításra kerülő szennyvíziszap teljes mennyisége ártalmatlanítható, illetve hasznosítható lenne, mint másod nyersanyag, mind pedig másod tüzelőanyag formájában. A második preferált megoldás az Ajkai Erőmű lehet, amely egymaga szintén képes lenne fogadni a teljes mennyiségű szárított szennyvíziszapot. Harmadi alternatívaként merülhetne fel az Oroszlányi, és Bánhidai Erőművekben való elégetés, ahol a szennyvíziszap teljes mennyiségének ártalmatlanítása mellett, a széntüzelésű erőművek kéndioxid kibocsátását is csökkentheti.

## **Abstract**

Sludge is the byproduct of biological waste water purification, which adds up high volumes, so its elimination and rational handling is an important part of objectives at environmental projects. One of the main issues at handling of the sludge is the sterilization, which could reduce its pathogenity. Also important to decrease volume and organic content of the sludge or to minimize, or eliminate its smell.

By considering geological, economical, technical and environmental standpoints, still remaining question the right solution for recycling and disposing of the given amount of stabilized slurry, where both its quality and quantity should be observed.

The objective of my thesis was collecting and introducing the industrial scaled and already employed sludge stabilization techniques, furthermore presenting a literature review regarding different, alternative solutions applied by other countries but, which were not carried out in Hungary before. After presenting the Hungarian regulations about the sludge stabilization, the possibilities of the thermal treatment of the assumed dried sludge originated Veszprem county were investigated.

By drying of the 15-20% dry solid content dewatered sludge the volume reduction could be around 60-65%, that significantly reduces the cost of storage and transportation as well. A calculation example was executed and reported in the case of Veszprem and its 100-120 km radius area to obtain results about the possibilities of desiccation stabilization moreover thermal disposal of sludge. For the estimation, 5000 tons dry solid content of sludge per each year was applied. Based on the obtained result, a ranking list of disposal places was established.

According the characterized, the cement works at Labatlan would have the highest priority, where all of the slurry could be disposed, or could be utilized as a second source of a feed stock for klinker, or as fuel. The second, preferred solution is the powerplant in Ajka which could process all the desiccated sludge in itself. The third in the ranking list was burning the slurry at energy plants in Oroszlany and Bánhida, where the coal feeded stations could lower the emission of carbon dioxide beside the disposal of the slurry as well.

## Bevezetés

Egy fejlett társadalom egyik fő, de kevésbé ismert mutatója a termelt, keletkezett hulladék mennyisége. A környezetével harmóniában élő társadalomban a környezet szennyezés, a felesleges energia felhasználás, és a nyersanyagok elpocsékolása nem megengedhető.

A szennyvízkezelések fejlesztésével együtt járó iszapkérdés megoldása világszerte nagy gond. Az iszap elhelyezés és ártalmatlanítás minden országban a vízgazdálkodással, a környezetvédelemmel és mezőgazdasággal foglalkozó szakemberek érdeklődésének középpontjában áll, mert a szennyvíztisztítás egyre szélesebb körű elterjedésével az elhelyezendő iszapmennyiség is egyre növekszik, ugyanakkor az elhelyezési lehetőségek egyre nehezednek.

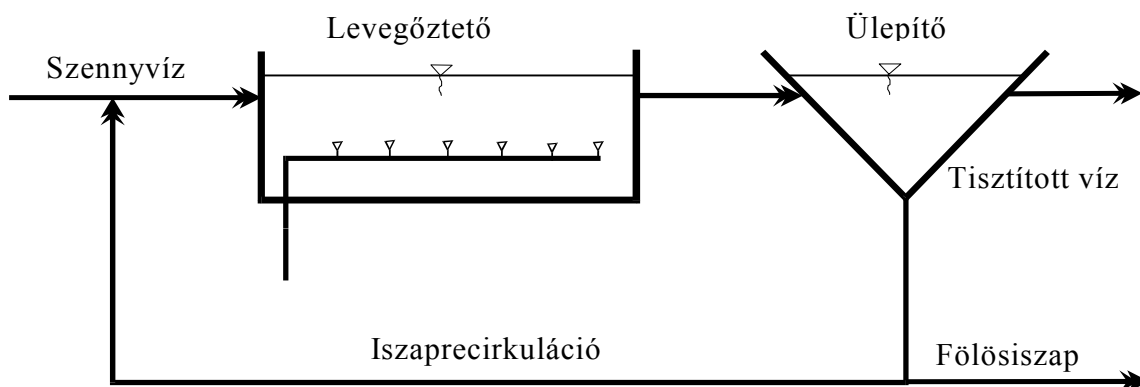
A szennyvíziszap hulladéklerakókban való elhelyezése egyszerű, és kényelmes megoldás, de a lerakással az iszapban található, és kinyerhető nyersanyagok vesznek el, ezért ez hosszútávon nem jelenhet alternatívát. Elterjed gyakorlat a mezőgazdasági újrahasznosítás, de felhasznált mennyiség további növelését, a talaj összetétele és szennyezőanyag tartalma, és egyéb adottságai erősen korlátozza. A folyamatosan szigorodó jogszabályi előírások a szennyvíziszap termelőjét, vagy feldolgozóját, ami klasszikus értelemben a szennyvíztisztító telep, más megoldások keresésére ösztönzik. Ezen tények ismeretében kijelenthető, hogy az iszap csökkentésére a termikus ártalmatlanítás lehetséges megoldást nyújthat. Az ilyen jelegű technológiák amellet, hogy megoldják az iszap térfogat redukcióját, nem igényelnek többlet tüzelőanyagot az égetéshez, mert a szárított iszap fűtőértéke közel megegyező a lignitével, ezáltal az égetéshez szükséges energiát biztosítja.



## I. Irodalmi rész

### 1.1. Biológiai szennyvíztisztítás anyagáramai

A szennyvíztisztítás feladata a társadalom által felhasznált és elszennyezett vízben található szennyezők lehető legtökéletesebb eltávolítása a befogadóba történő bevezetést megelőzően. A tisztítás szükséges mértékét a tisztítóba befolyó víz szennyezettsége (BOI, KOI,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\Sigma\text{P}$ , vagy ortofoszfát), és a befogadóra vonatkozó határértékek határozzák meg. A felsoroltakon túl a mindenkor érvényes előírások számos egyéb egyedi komponens koncentrációját is szigorúan szabályozhatják (28/ 2004 (XII. 25.) KvVm rendelet), azonban a fenti egyéb komponensek nem lévén a mikroorganizmusok makro-tápanyagai, eltávolításukat a biológiai szennyvíztisztítás csak kisebb mértékben képes megoldani. Így tehát a biológiai szennyvíztisztítás alapvető feladata a szennyvízben található makro-tápanyagok, szerves szén, redukált, vagy oxidált nitrogén, valamint a foszfor eltávolítása. [1]



1. ábra A biológiai szennyvíztisztítás elvi sémája

#### 1.1.1. A lakossági szennyvíztisztítás bemenő anyagáramai

A szennyvíztisztító rendszerek anyagáramai közül a legfontosabb, az emberi és ipar tevékenységekből származó szennyező anyagokat tartalmazó víz (szennyvíz). Minőségét az adott településen folyó ipari tevékenység, a lakosság életkörülményei és természetesen a kialakított csatornahálózat tulajdonságai, az abban végbemenő biológiai folyamatok is nagymértékben befolyásolják. A szennyvíz szerves és szervesetlen szennyezőket egyaránt tartalmaz, melyek

mennyiségi és minőségi jellemzésére összegző- (KOI, BOI<sub>5</sub>, TSS, TOC, TN, TKN stb.) és egyedi (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>x</sub><sup>-</sup>, Zn, Cd, Hg, stb.) paraméterek is használatosak. A fenti paramétereken túl fontos megemlíteni, hogy a kommunális szennyvizek mikrobiológiai szennyezőket, kórokozó mikroorganizmusokat is tartalmaznak. A tisztítást meghatározó másik fontos bemenő anyagáram a vízben lévő és oda megfelelő eljárással bejuttatott oxigén (levegő). Az oxigén a szennyezők aerob bontásért felelős mikroorganizmusok élettevékenységének elengedhetetlen segédanyag, mely mellett a levegőztetés a legtöbb rendszerben a biotürelőanyag tartására, s a tápanyagok konvekciójának biztosítására is szolgál. A szennyvízben található nitrogénformák (szerves-N, ammónia) nagy részét azok hidrolízise és oxidálása/redukálása során a baktériumok N<sub>2</sub> gázzá alakítják. A NO<sub>x</sub><sup>-</sup> redukció folyamata lakossági szennyvizek esetében meggyorsítható segédanyag, például: metanol, etanol adagolásával, azonban a segédanyag adagolás jelentős költsége miatt, inkább az ipari szennyvizek tisztításánál jellemző. A szennyvízben található könnyen bontható szerves tápanyagok, acetát, vagy egyéb kis molekulatömegű karbonsavak, fermentált származékok a foszfor-akkumulálók (PAH) jó szaporodásához is elengedhetetlenek.

A fertőtlenítőszeret, a tisztított szennyvíz kórokozó mikroorganizmusainak elpusztítására, fertőzőképességük csökkentésére, megszüntetésére használják. A folyamat lényege, hogy a mikroorganizmusok enzimsziszteme az oxidáló anyagokra [klór (Cl<sub>2</sub>), klórdioxid (ClO<sub>2</sub>), ózon (O<sub>3</sub>), nátriumhipoklórít (NaHOCl)] igen érzékeny, ezért a fenti anyagok megfelelő dózisaival a kórokozó (és nem kórokozó) mikroorganizmusok elpusztíthatók. A szilárd, lebegő anyagok eltávolítására, illetve foszfortartalom eltávolítására alkalmazott kicsapószeret lehetnek Fe-sók, Al-sók, mészhidrát [Ca(OH)<sub>2</sub>].

A létesítmények, berendezések (szivattyúk, motorok, fűvók) munkagépek, és az irodai eszközök működtetéséhez elengedhetetlen a felhasznált villamos energia is, de további erőforrásként jelentkezik a termelést végző munkások, és irodai dolgozók (emberi erőforrások) [1, 2].

### 1.1.2. A lakossági szennyvíztisztítás kimenő anyagáramai

A szennyvíztisztító kimenő anyagáramai közé sorolhatjuk a legfontosabb végterméket, a tisztított vizet is. A tisztított víz jellemzésére a gyakorlatban ugyanazok a paraméterek

használatosak, mint a befolyó szennyvizére. A tisztítás egyik hasznosíthatatlan terméke a levegőbe kerülő széndioxid. A másik főtermék a keletkező szennyvíziszap. Egyfajta hasznos „mellékterméke” a biogáz, amely az iszap anaerob rothasztásánál keletkezik, s melynek legnagyobb része  $\text{CH}_4$  és  $\text{CO}_2$ , de kis részarányban tartalmaz  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$  és  $\text{H}_2\text{S}$  gázt is. Az ugyancsak hasznosítható tisztítási maradék a szennyvíziszap rothasztásának a szilárd végterméke. Ez ugyanakkor tovább hasznosítható melléktermék, amely, nagyrészt C-, H-, O-, N-, P-tartalmú szerves vegyületekből áll, de a tisztítandó szennyvíz minőségétől függően különböző mértékben tartalmazhat szervetlen fémzennyezőket, toxikus anyagokat is. A tisztítási folyamat során keletkezhetnek még különböző gáz halmazállapotú szagos szerves anyagok ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  és egyéb szerves kénvegyületek és aminok), illetve szagtalan ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ , stb.) melléktermékek. A szaghatású gázok a technológiában több helyen keletkezhetnek. Ilyen például a bejövő szennyvizet fogadó aknánál, a homokfogó műtárgynál, és az előülepítő medencénél, valamint a rothasztó kigázósítójánál, illetve a nem megfelelően üzemeltetett iszapkezelő egységeknél.

A gépjármű forgalom, és a szennyvíztisztító működése is járhat bizonyos mértékű zaj és kipufogógáz kibocsátással. Nem elhanyagolható kimenő anyagáram, a dolgozók munkája során keletkező kommunális hulladék sem, mely megfelelő ártalmatlanításáról gondoskodni kell [1, 2].

## ***1.2. Biológiai szennyvíztisztítás iszaphozama***

A tisztítás során keletkező szennyvíziszap a befolyó szennyező anyagok mintegy felét – negyedét tartalmazza [1]. Nitrogéntartalma a kiindulási mennyiségnek 15-20 % -a, foszfortartalma ugyanakkor a szennyvíz foszfortartalmának akár a 70-80 %-a is lehet, bár vegyszeres foszforeltávolítás esetében igen rosszul oldható, növények számára hozzáférhető formában [12]. A szennyvíz többi szennyezője, vagy a légkörbe (gázként), vagy a befogadóba oldott és lebegő formában távozik.

A tervezők és a kutatók saját belátásuk, valamint gyakorlati tapasztalataik alapján különböző összefüggéseket használnak az iszaphozam tervezésre, valamint a folyamatok leírására, modellezésére. A keletkező iszap minőségének, mennyiségének befolyásolására az üzemeltetőnek a relatív iszapterheléssel, fordítottan arányos iszapkornak szabályozásával (főlösizap elvétel) van lehetősége. Az iszapkor a lejátszódó tisztítási folyamatok mellett

befolyásolja többek között a szekunder iszap ülepedését, vízteleníthetőségét, valamint a fajlagos iszaphozamot is. A tisztítási igény és a szükséges iszapkor között összefüggést a 1. táblázat mutatja.

**1. táblázat** A tisztítási igény és az iszapkor viszonya

Tisztítási igény	Szükséges iszapkor
csak BOI <sub>5</sub> eltávolítás	3-5 nap
+ nitrifikáció	9-10 nap
+ denitrifikáció	14-15 nap
+ foszforeltávolítás	17-20 nap

A kezdeti időszakban kialakult az a nézet, mely szerint az iszapprodukción az adott technológiában a tömegáramok alapján számolják egy meghatározott műtárgyra, vagy tisztítási lépcsőre. A keletkező iszap hozamának számításakor persze nem szabad elfeledkezni az előülepítés során keletkező iszapról sem (ha a technológiában van előülepítés). Ekkor elfogadva azt az előrejelzést, hogy az előülepítés során a lebegő anyag bizonyos része kiülepedik a műtárgyban (1. egyenlet) [11].

$$W_{PS} = Q_i * E_{SS} * C_{SS} * 10^{-5} \quad (1)$$

ahol:  $W_{PS}$  - a primeriszap hozama (kg-szárazanyag/d),  
 $Q_i$  - a befolyó szennyvíz térfogatáram (m<sup>3</sup>/d),  
 $E_{SS}$  - a lebegőanyag eltávolítási hatásfok,  
 $C_{SS}$  - a befolyó szennyvíz lebegőanyag koncentrációja (mg/l).

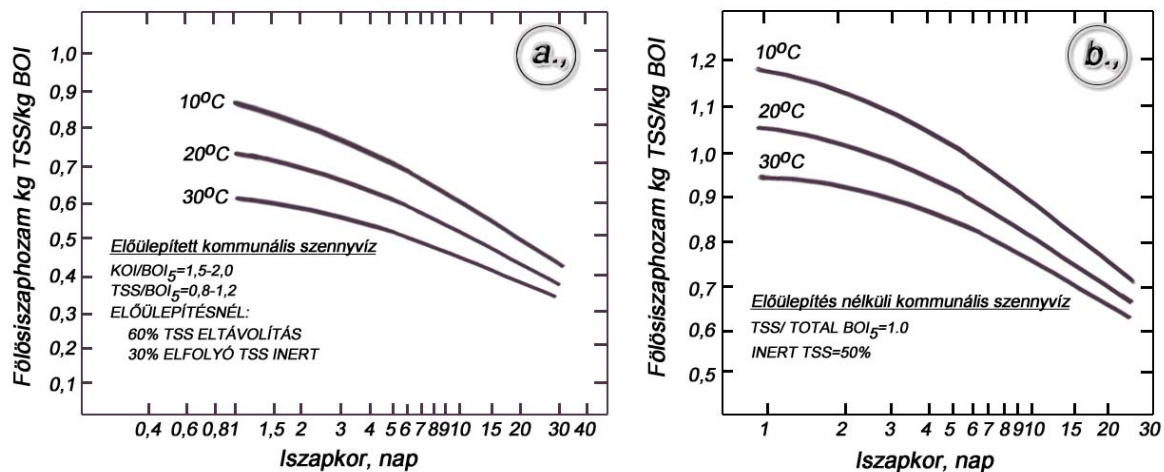
A lebegőanyag-eltávolítás hatásfoka 18 amerikai telepen tapasztalatai alapján a következő összefüggéssel számolható (2. egyenlet) [5]

$$E_{SS} (\%) = \frac{t}{(a + b * t)} \quad (3)$$

ahol:  $E_{SS}$  - a lebegőanyag eltávolítási hatásfok,  
 $t$  - a folyadék átlagos tartózkodási ideje az előülepítőben (perc),  
 $a$  - konstans (becsült értéke 0,406 perc),  
 $b$  - konstans (becsült értéke 0,015).

A lebegőanyag-eltávolítás hatásfoka az előülető felületi folyadékterhelésétől is függ ( $m^3/m^2h$ ), ami a napi folyadékáram ( $m^3/d$ ) és az előülető felületének ( $m^2$ ) a hányadosa (Vesilind és Spinosa 2001).

Az iszapkor és az iszapozom közti összefüggéseket általában nomogramokkal adják meg, különböző hőmérsékletekre és tisztítandó szennyvíz KOI/BOI<sub>5</sub>, vagy lebegőanyag/BOI<sub>5</sub> arányára. Ilyen nomogramok láthatók a 2. a-b ábrákon. Jól kivehető az, hogy az előületített szennyvíz esetében kisebb biológiai iszapozom várható azonos iszapkorok esetén, mint az előületítetlen szennyvíz biológiai tisztításánál.



2. a-b ábrák: Az iszapkor és hőmérséklet hatása a fajlagos iszapozomra (Y) előületített és előületítetlen kommunális szennyvíz eleveniszapos tisztításánál (WEF, 1990)

A hőmérséklet iszapozomra gyakorolt hatása az alábbi egyenlettel is kifejezhető (Pöpel 1994) (3. egyenlet)

$$\ddot{U}S_{BSB} = 0,6 * \left( W_B + \frac{TS_o}{S_o} \right) - \frac{0,072 * 0,6 * fT}{\frac{1}{t_{TS}} + 0,08 * fT} \quad (3)$$

ahol: TS<sub>o</sub> - a biológiára belépő szennyvíz lebegőanyag koncentrációja (mg/l),  
S<sub>o</sub> - a biológiára befolyó víz BOI<sub>5</sub> koncentrációja (mg/l),  
t<sub>TS</sub> - iszapkor (d),  
W<sub>B</sub> - %-os BOI eltávolítási hatásfok (-), amely közelítőleg 1,

a hőmérséklet hatását számításba vevő  $fT$  függvény (4. egyenlet).

$$fT = 1,072^{T-15} \quad (4)$$

Az ATV-131a (1999) tervezési irányelveiben az iszaphozam számításához a biológiai és vegyszeres iszapot (foszforeltávolítás) külön veszik figyelembe ( $\dot{U}S_d = \dot{U}S_{d,C} + \dot{U}S_{d,P}$ ). A szerves anyag lebontásából eredő iszap mennyisége azonban a következő módon számolható (5. egyenlet).

$$\dot{U}S_{d,C} = B_{d,BSB} * \left( 0,75 + 0,6 * \left( \frac{X_{TS,ZB}}{C_{BSB,ZB}} \right) - \frac{(1-0,2) * 0,17 * 0,75 * t_{TS} * F_T}{1 + 0,17 * t_{TS} * F_T} \right) \quad (5)$$

Az endogén légzéshez szükséges hőmérsékleti tényező ( $F_T = fT$ ) a korábbival megegyező,  $t_{TS}$  pedig az iszapkort jelöli. A foszforeltávolításnál a keletkező iszap mennyisége a biológiai eltávolításból (általánosan 3g TS/g biológiailag eltávolítható foszfát), és a vegyszeres kicsapatásból tevődik össze [11, 12, 13].

### ***1.3. A stabilizált és utókezelt szennyvíziszapok kezelését, hasznosítási és ártalmatlanítási lehetőségeit szabályozó jogszabályi környezet***

A szennyvíztisztítás során melléktermékeként, hulladékként keletkező szennyvíziszap nagy víztartalmú anyag. A hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. törvény értelmében a kommunális szennyvíz tisztításából származó szennyvíziszap a települési hulladék körébe tartozó sajátos hulladéktípus. A hulladékok jegyzékéről szóló 16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet 1. sz. melléklete nem veszélyes hulladékként jelöli meg a szennyvíziszapokat, mint keletkezésük telephelyén kívül kezelő szennyvíztisztítókból származó hulladékokat [20]. Abban az esetben azonban, ha a szennyvíziszap meghatározott veszélyességi jellemzőkkel rendelkezik, illetve meghatározott anyagokat tartalmaz, és eredete, összetétele, koncentrációja miatt az egészségre, a környezetre kockázatot jelent, veszélyes hulladéknak minősül. Ezt a megállapítást a 98/2001. (VI. 15.) Korm. rendelet mondja ki, amely a veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeit rögzíti [21].

A szennyvíziszap kezelése a hulladék gyűjtésére, elszállítására, ártalmatlanítására illetve hasznosítására irányuló folyamatok összessége. Ez a megközelítés a szennyvíztisztítók tervezésénél a szennyvíziszap elhelyezés és a tisztítás technológiája mellett újabb megoldható problémákat vet fel, mivel figyelemmel kell lenni az iszap várható minőségére és elhelyezési lehetőségeire is.

A szennyvíziszap stabilizálásának elsődleges célja, a sterilizáláson, kívül az iszap szerves anyag tartalmának csökkentése, esetleges szagának mérséklése, illetve megszüntetése. Végző célként, pedig az iszap veszélyességét megszüntetve kell elérni, hogy az hasznosítható vagy, végző esetben hulladékként lerakással ártalmatlanítható legyen.

A stabilizációs technológiákkal kezelt szennyvíziszap hasznosítása másodnyersanyagként mindenképpen valamifajta kezelést feltételez. A szennyvíziszap tehát csak bizonyos feltételek nem teljesítése esetén válik hulladékká.

A szennyvíztisztítóban keletkezett iszapok bármilyen jelegű kezelése esetén figyelembe kell venni a környezet terhelési díjról szóló 2003. LXXXIX törvény ösztönzőit. Eszerint a környezet és természet megóvása érdekében a környezetbe történő anyag-, vagy energia kibocsátás csökkentése mindig a lehető leghatékonyabb megoldással kell, hogy történjen. A törvény meghatározza, hogy „a kibocsátó, aki az engedélyhez kötött környezethasználata során a környezet terhelésével járó anyagot bocsát ki a környezetbe (levegőbe, felszíni vizekbe illetve sz időszakos folyásokba, talajba) környezet terhelési díjat köteles fizetni a törvényben meghatározott környezetterhelő anyagok minden egysége után” [22]. Igaz azonban az is hogy a díj teljes mértékét áraikban érvényesítheti.

A szennyvíziszap ártalmatlanítási technológiák megválasztása tekintetében a vízterhelési díj iszapelhelyezési szorzó faktora érdemel figyelmet. A vízterhelési díj a következőknek megfelelően számító (6. egyenlet):

$$VTD(Ft/év) = \sum (M_i [kg/év] * P_i [Ft/kg] * T * I) \quad (6)$$

ahol: VTD: a fizetendő vízterhelési díj,

M<sub>i</sub>: az adott (i-edik) vízterhelő anyag nettó - belépő-kilépő közötti különbség kibocsátott éves mennyisége,

T: területérzékenységi szorzó,

I: a 2. táblázatban meghatározott iszap-elhelyezési szorzó,

P<sub>i</sub>: az adott (i-edik) vízterhelő anyagra érvényes egységdíj.

A területi faktor 1,4-0,7-ig változik, az anyagokra meghatározott díjak pedig az anyag veszélyességétől függően 90- 220.000-ig.

A 2. táblázat a 2003. LXXXIX törvényben megfelelő iszapelhelyezési szorzó számokat mutatja [22].

**2. táblázat** Az iszapelhelyezési szorzó számok

Az elhelyezés módja		Iszapszorzó (I)		
		Területi kategóriák		
		A	B	C
Mezőgazdasági hasznosítás		0,8	0,8	0,8
Égetés		1	1	1
Lerakás	Átmeneti depóniába	1,3	1,2	1,1
	Végleges depónia (iszappal együtt)	1,2	1,1	1,0
	Regionális végleges depónia (iszappal együtt)	1,1	1,0	1,0
	Egyéb, engedélyezett	1,1	1,0	1,0



Az a kibocsátó, aki hulladékhasznosítást végez, az új termékbe beépülő hazai hulladék mennyiségének arányában, energetikai hasznosítás esetében, pedig a hasznosításra kerülő hazai hulladék mennyiségének arányában, jogosult a díjat visszaigényelni, ha az elérhető legjobb technikát alkalmazza [22].

### 1.3.1. Mezőgazdasági hasznosítás jogszabályi háttere

A szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználása a talajok szerves anyag, és tápanyag-utánpótlásának egyik lehetséges eszköze. Alkalmazásukkor azonban körültekintően és szakszerűen kell eljárni, mert a szennyvíziszapok különböző mennyiségben tartalmazhatnak toxikus, vagy környezetet terhelő anyagokat is.

Magyarország az Európai Unióhoz történő csatlakozással együtt járó jogharmonizáció keretében került megalkotásra a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól szóló 50/2001 (IV. 3.) Kormányrendelet, mely a jelenleg is hatályos szabályozás [3]. A rendelet tartalmazza a 86/278/EEC irányelv Európai Uniósi irányelv egyes előnyeit, amíg a szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználása esetén a környezet, különösen a talaj védelméről szól. Ez az [23] irányelv leszögezi, hogy a szennyvíziszap mezőgazdasági használatát bátorítani kell, mert lehetnek értékes mezőgazdasági jellemzői, ha a felhasználás megfelelő módon történik. A rendelet [3] tartalmazza még a 91/271/EGK irányelv egyes megfontolását, melynek 14. sz. cikkelye kimondja, hogy a szennyvíziszap minimális környezeti terhelés mellett hasznosítható. A szabályozás célja, hogy egyes szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági területen való szakszerű felhasználásával elkerülhetővé váljanak a talajra, felszíni és felszín alatti vizekre, valamint az emberek egészségére, növényekre és állatokra gyakorolt káros hatások.

A fent említett [3] magyarországi rendelet szabályozza a szennyvízelvezető művek összegyűjtött és szennyvíztisztító műben tisztított szennyvíz, illetve a szennyvíziszap mezőgazdasági területre történő kijuttatását, valamint felhasználásának szakmai feltételeit, és több lehetőséget is megenged a szennyvíziszap stabilizálására.

A nem minden esetben kellő pontossággal hivatkozott szabályozás az alábbi fogalmakat is megfelelően pontosítja (3.§):

- Iszapok: települési szennyvíztisztítás során keletkező iszapok és települési folyékony hulladékok.
- Nyersiszap: a szennyvíztisztító művekben kizárólag mechanikai tisztítás során, az előülepítőben keletkező, kezelés nélkül nyert iszap.
- Kezelt iszapok: biológiai, kémiai, illetve hőkezeléssel, tartós (legalább 6 hónapig tartó) tárolással vagy más kezeléssel nyert olyan iszapok, melyek szennyezőanyag-tartalma a rendelet előírásainak megfelel (lásd a rendelet 5. mellékletében), és amelyekben a kezelés hatására a fekál coli és fekál streptococcus-szám az eredeti érték 10%-a alá csökken.
- Mezőgazdasági felhasználás: olyan tevékenység, ami szennyvíznek, szennyvíziszapnak mezőgazdasági terület talajára történő kijuttatását, illetve bedolgozását célozza.
- Stabilizálás: biohulladék bomlókéességének csökkentése olyan mechanikai-biológiai eljárással, amelynek következtében a légzési intenzitás egyidejű csökkenése mellett a szagmisszió is minimalizálódik.

Magyarországon csak a települési szennyvíz tisztítása során, vagy az ahhoz hasonló összetételű szennyvizeket kezelő tisztító műben keletkező, tisztított szennyvizeket és kezelt szennyvíziszapokat lehet termőföldön felhasználni. A felhasználás feltétel a talajvédelmi hatóság engedélye. Az engedélyezés alapja a talajtani szakvélemény, mely ebben az esetben kiterjed a kijuttatni kívánt szennyvíz, illetve szennyvíziszap minőségi jellemzőire és az kiválasztott mezőgazdasági terület talajának alkalmasságára. A szennyvíziszap minőségének és a talaj tulajdonságainak függvényében a talajtani szakvélemény tesz javaslatot a felhasználás mennyiségére és a kijuttatás feltételeire. Nem juttatható ki szennyvíziszap a határértéket meghaladó toxikus elemtartalmú talajra, valamint ott, ahol a talaj

1. pH értéke 5,5-nél kisebb,
2. szélsőséges mechanikai összetételű (durva homok vagy nehéz agyag),
3. a termőréteg vastagsága kisebb mint 60 cm,
4. talajvizének átlagos szintje 1,5-m-nél sekélyebben van.

Szintén tilos a szennyvíziszap felhasználása:

- 6%-nál nagyobb lejtésű területen,
- védett természeti területen,
- rét és legelő művelési ágban hasznosított területen,
- felszíni vizek parti sávjában, árvíz és belvíz veszélyeztetett területeken és vízjárta területeken,
- azokon a mezőgazdasági területeken, ahol ökológiai gazdálkodást folytatnak.

Szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználása esetén 300 m védőtávolságot kell tartani lakott területtől, illetve minden olyan területtől, ahol a jogszabály szerint szennyvíziszap felhasználása tiltott. A 208/2003. (XII. 10.) Korm. rendelet értelmében a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználása esetén betartandó védőtávolság mértékét (300 méter) - felszíni kijuttatás esetén - a közegészségügyi hatóság legfeljebb kétszeresére növelheti. [26]

Az 50/2001-es kormányrendeletet a 208/2003 (XII. 10.) kormányrendelet módosítja, amely az értelmében és a 49/2001 (IV. 3.) Korm. rendelet alapján [27]: mezőgazdasági területre a szennyvízzel, illetve szennyvíziszappal kijuttatott összes nitrogén mennyiség nem haladhatja meg 170 kg/ha értéket [22]. További feltétel, hogy a talajvízben a nitrát koncentráció értéke nem érheti el a „B” szennyezettség határértékét. [27] A tapasztalatok szerint az alföldi területeken ez utóbbi jelentős korlátot jelent, mivel az engedélyeztetéshez szükséges vizsgálatok igen gyakran mutatják ki a talajvizek nitrát-szennyezettségét [27].

A szennyvíziszapok kijuttatásához szükséges engedélyeztetésben az illetékes hatóságok a megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálatok, amelyek határozatban csak a földtulajdonos hozzájárulásával engedélyezik a szennyvíz, vagy szennyvíziszap kijuttatását a földterületre, és egyidejűleg előírják annak feltételeit is [3].

A biohulladékok és a komposztálás műszaki követelményeiről szól a 23/2003. (XII. 29.) kormányrendelet [4], amíg előírásai kiterjednek minden biohulladékra, valamint mindenkire, akinek a tevékenysége során biohulladék keletkezik, aki biohulladék-kezelő telep létesítésével,

kialakításával és üzemeltetésével kapcsolatos tevékenységet végez, illetve aki a biohulladék felhasználásával foglalkozik.

A rendelet értelmében komposztálás “a szelektíven gyűjtött biohulladék (biohulladék: minden olyan növényi és állati eredetű szerves hulladék, amely aerob vagy anaerob úton biológiailag lebomlik vagy lebontható) ellenőrzött körülmények között, oxigén jelenlétében történő autotermikus és termofil biológiai lebontása, mikro- és makroorganizmusok segítségével” [4]. Alapfeltétel, hogy komposztálás esetén a biohulladékot a keletkezés helyén elkülönítetten kell gyűjteni, és el kell kerülni annak egyéb hulladékkal, vagy anyaggal való szennyeződését, továbbá hogy a biohulladék elkülönített begyűjtését követően azt kezelni kell.

A kezelt iszapot használhatják a mezőgazdaságban, mint másodnyersanyag, azonban a szennyvíziszap-komposzt fogalmát a jog nem ismeri. Arra csak indirekt módon következtethetünk, a tartalmára pedig a megalkotott 50/2003 (V.9.) FVM rendeletről [28], amely a termésknövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról szól. A rendelet az első olyan jogszabály, amely meghatározás alapján a „komposzt a növények tápanyagellátásának, illetve a talaj tápanyag-szolgáltató képességének javítására szolgáló, szerves, szervesetlen és ásványi eredetű anyagokból komposztálás útján előállított termésknövelő anyag”.

A termésknövelő anyagok forgalomba hozatalát és felhasználását a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium engedélyezi, amennyiben a termésknövelő anyag veszélyes hulladéknak minősülő összetevőt, illetve szennyvíziszapot tartalmaz, mellékelni kell a veszélytelenség megállapításáról szóló határozatot is.

A szennyvíziszap-komposzt tehát potenciálisan termésknövelő anyagnak minősíthető, ilyenként forgalomba hozható, azonban ennek feltétele a veszélytelenség megállapítása. Ennek megállapítására az 50/2003 (V.9.) FVM rendelet 2. számú mellékletében [28] leírt fizikai, kémiai és mikrobiológiai minősítő vizsgálatokon kívül, a toxikus elemeket és a csírázásgátló hatást is vizsgálni kell.

### 1.3.2. Erdészeti hasznosítás jogszabályi háttere

Az erdőre, mint különös termőföldre az erdőről és az erdő védelméről szóló 1996. évi LIV. törvény rendelkezései az irányadóak [29]. A törvény azonban kategorikusan tiltja – erdő talaja szennyezésének megakadályozása céljából – az erdőterületen szennyvíz, szennyvíziszap, hígtrágya, vagy egyéb talajszennyező anyag elhelyezését. A szennyvíziszap elhelyezése csupán azon a faállományon lehetséges, amelyet igazolhatóan e célból telepítettek, illetve amelynek termelésből való kivonását - a talajvédelmi hatóság szakhatósági hozzájárulásával - erdészeti hatóság előzetesen engedélyezte. Művelés alól kivett területnek kell tekinteni azt a faállománnyal fedett területet, amely a szennyvíz elhelyezését, szikkasztását szolgálja.

Másik lehetőség az energiaerdő létesítése, ez esetben nem az Etv az irányadó, mivel nem erdőnek minősülő területeket érint.

### 1.3.3. Energetikai hasznosítás

A hazai villamosenergia-termelés jogi hátterét a villamos energiáról szóló 2001. évi CX. törvény (VET) [30], egységes szerkezetben a végrehajtásról szóló 180/2002. (VIII. 23.) Korm. rendelet biztosítja [31]. Az átvételi kötelezettség alá tartozó villamos energia átvételének szabályairól és árainak megállapításáról szóló 56/2002. (XII. 29.) GKM rendelet értelmében [32]:

- Biomassza: minden biológiailag lebomló szerves anyag, amely mezőgazdasági tevékenységből, fennmaradó erdőgazdálkodásból, energetikai célú ültetvényekből, élelmiszeripari tevékenységből, vagy ezek termékeinek, melléktermékeinek vagy hulladékainak feldolgozásából, valamint hulladékgyűjtésből, vagy szennyvízkezelésből származik.

A jogszabály szerint a biomasszával vagy biogázzal termelt villamos energiára kötelező átvétel vonatkozik a meghatározott átvételi áron, ha a villamos energia átadási teljesítménye 0,1 MW-nál nagyobb, és a hálózatra adás megfelel az átvételi engedélyes és a közüzemi nagykereskedő, illetve az elosztó és a közüzemi szolgáltató üzletszabályzatában, valamint a villamosenergia-ellátási szabályzatokban meghatározott feltételeknek.

2003. július 18-án a Magyar Energetikai Hivatal a kommunális szennyvíziszapot biomasszának minősítette.

A szennyvíziszapok termikus ártalmatlanításáról „A hulladékok égetésének műszaki követelményeiről, működési feltételeiről és a hulladékégetés technológiai kibocsátási határértékeiről” című, 3/2002. (II. 22.) KöM rendelet határoz [33], amelyet azóta a 19/2003. (XII.10.) KvVM rendelete módosította. A rendelet hatálya a hulladékégető, hulladék együttégető művekre, azok üzemeltetőire, valamint azok kibocsátásaira terjed ki.

Az égető-, vagy együttégető-műre vonatkozó, a környezetvédelmi hatósághoz a környezetvédelmi engedély, illetőleg az egységes környezethasználati engedély tárgyában benyújtott engedély iránti kérelemnek a következőket is tartalmaznia kell:

- a mű tervezése, kialakítása és üzemeltetése kielégíti e rendelet követelményeit, figyelembe véve az égetendő hulladék fajtáját, összetételét, fizikai és kémiai jellemzőit,
- az égető- vagy együttégető eljárás során keletkező hő, lehetőség szerint, hasznosításra kerül, például villamosenergia-, távhő- vagy technológiai gőz termelésre,
- az égetési tevékenység során keletkező hulladékok mennyisége a lehető legkevesebb, és veszélyessége a lehető legkisebb, valamint hogy ezek minél nagyobb hányadban hasznosításra kerülnek,
- az égetési tevékenység során keletkező azon hulladékokat, amelyek keletkezése nem előzhető meg, mennyisége nem csökkenthető, vagy hasznosítása nem oldható meg, a vonatkozó hatályos jogszabályok előírásai szerint ártalmatlanítják,
- amennyiben az együttégetés termékgyártás céljából történik, az elégetett hulladék termékbe kerülő összetevői nem okoznak többlet-környezetterhelést a termék felhasználása, valamint annak hulladékká válása folyamán,
- annak igazolását, hogy a levegőbe és a vízbe történő kibocsátások meghatározására tervezett mérési módszerek megfelelnek a rendeletben leírtaknak

A környezetvédelmi hatóság az égető-, vagy együttégető műre a kibocsátási határértékeket és a környezetvédelmi követelményeket engedélyben írja elő, amelynek az alábbiakat is tartalmaznia kell:

- a kezelhető hulladékok megnevezését, a hulladékok jegyzékéről szóló 16/2001 ( VII. 18. ) KöM rendelet [20] szerinti EWC kódszámát, valamint a hulladékok kódszám szerinti mennyiségét;
- a kezelésre átvehető legnagyobb hulladékmennyiséget, amely a kezelőlétesítmény zavartalan üzemeltetéséhez megengedhető;
- az égető-, vagy együttégető mű névleges teljesítményét t/óra mértékegységben, egységenkénti bontásban és teljes kapacitását t/év mértékegységben;
- minden egyes légszennyező és vízszennyező anyag időszakos mérésére vonatkozó kötelezettségeket és azok teljesítését biztosító mintavételi és mérési eljárásokat.

Amennyiben a nem veszélyeshulladék-égető, vagy együttégető mű üzemeltetője olyan működési változtatást akar végrehajtani, amely veszélyes hulladék égetését, vagy együttégetését is magába foglalja, akkor ez jelentős változtatásnak minősül, és erre csak a környezetvédelmi hatóság engedélye alapján kerülhet sor. A hatóságnak a módosított engedélyben elő kell írni a változtatással érintett összes berendezésre és folyamatra vonatkozóan mindazon intézkedéseket, amelyek ahhoz szükségesek, hogy a veszélyes hulladék égetése vagy együttégetése következtében se léphessen fel határértéket meghaladó levegő-, felszíni víz-, közvetetten felszín alatti víz- vagy talajszennyezés.

Szabályozásra és ellenőrzésre a vonatkozó követelményeket a környezetvédelmi hatóság által kiadott engedélyben kell előírni.

#### 1.3.4. Deponálással történő ártalmatlanítás jogszabályi háttere

Abban az esetben, amikor a stabilizációs folyamatot, csupán térfogatcsökkentésre használjuk, és a keletkezett iszapot a továbbiakban nem akarjuk/tudjuk tovább hasznosítani, akkor a hulladéklerakásról és a hulladéklerakók szabályairól, és feltételeiről szóló 20/2006. (IV.5.), KvVM rendelet [34] előírásai alapján meg van a lehetőségünk a rendezett lerakáshoz. A rendelet szerint csak 70 % szárazanyag tartalom feletti szennyvíziszapot lehet lerakni. A rendelet

azonban megengedi (*IV. Melléklet*), hogy a hulladéklerakó növelése és bezárása mind az ideiglenes, mind pedig a végső felső záróréteg fedőrétege 30-30 cm vastagságban komposztot tartalmazzon. További nehezen értelmezhető kitétel a fenti két zárórétegben 50-70 cm vastagságban alkalmazható általaj amely stabilizált biohulladékból is kialakítható.

#### ***1.4. Szennyvíziszap stabilizálásának jelenlegi technológiai lehetőségei***

Napjainkban egyre több iszapstabilizálási eljárás terjedt el világszerte. A lehetséges input különbsége, összetettsége miatt, azonban nehéz pontosan megítélni az egyes eljárások általános hatásosságát.

##### **1.4.1. Anaerob iszapstabilizáció**

Az anaerob szennyvíziszap rothasztás olyan szabályozott technológia, melyben megfelelő baktérium csoportok együttese végzi a szerves anyag célirányos lebontását oxigén jelenléte nélkül. Az iszap stabilizációja folyamán gáz, elsősorban metán, széndioxid és kis mennyiségű kénhidrogén keletkezik.

Az eljárás előnye, hogy végeredményeként biogáz formájában energiahordozó keletkezik. Az átalakulás során az iszap szerves anyag tartalma 25-50 %-kal csökkenthető, miközben patogén mikroorganizmusok elpusztulnak, amely kedvező a további feldolgozás, elhelyezés szempontjából.

Az eljárás hátránya a nagy beruházási költségen kívül, a hosszú iszaptartózkodási idő (~25-30 nap). Éppen ezért a kezelni kívánt iszap térfogatának mintegy 25-30 szoros térfogatú zárt, hőszigetelt, jól kevertető reaktorok építése csak nagyobb üzemméret mellett lehet gazdaságos. Viszonylagosan szennyezett iszapvíz jelentős mennyiségű lebegő és oldott szerves anyagot, nitrogént, foszfort és egyéb szennyezőket tartalmaz, ami visszakerülve a szennyvíztisztítóra esetenként annak a terhelését 10-20 %-kal is megnövelheti. Különösen problematikus ez a hidegebb téli időszakokban (víz hőmérséklet < 12 °C) az ammónia tekintetében, amikor is az autotróf nitrifikálók működése lelassul.



## 1.4.2. Aerob iszapstabilizáció

Megfelelően kiépített levegőztető rendszerrel biztosítják a lebontást végző baktériumok számára szükséges oxigén mennyiségét. A lejátszódó folyamatok megegyeznek az aerob komposztálással, ezért nevezhetjük folyékony komposztálásnak is. Az aerob rendszer legfontosabb jellegzetessége, hogy a bontható szerves vegyületek oxidációjakor jelentős hőmennyiség szabadul fel. A felszabaduló hő a közeg hőmérsékletének növelésére használható fel, így érhető el a termofil hőmérséklettartomány. [17] A rendszert ezért önhevítő aerob termofil rothasztásnak (ATAD - Autothermal Aerob Digestion) nevezik. A folyamatban termelődő hő mennyisége természetesen jelentősen függ a szerves anyag összetételétől. Az iszap az eljárás végén 25-30 % szárazanyag tartalomra vízteleníthető. Az eljárás előnye, hogy a beruházási költségek kisebbek hasonló méretű anaerob rendszerhez képest, és a stabilizáló rendszer üzemeltetése viszonylag egyszerű. Hátránya viszont, hogy az üzemeltetés költsége a levegőztetési igény miatt nagy, illetve az aerob úton stabilizált iszap csak korlátozottan deponálható, mert nagy cellulóztartalma anaerob körülmények között ismét savas erjedésbe megy át, és szaghatást okozhat [6, 14].

## 1.4.3. Meszes kezelés

Az iszap vegyszeres stabilizálása, melynek során lúgos vegyszerek, oltott-mész ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) és égetett-mész ( $\text{CaO}$ ) használható. Az eljárás során, a vegyszeradagolástól függően a pH 12 fölé, a hőmérséklet  $60^\circ\text{C}$  fölé növelhető, mely körülmények között a fertőtlenítés igen rövid tartózkodási idővel (pár óra) is biztosítható. A meszezés csökkenti a szagok keletkezésének lehetőségét, mivel a lúgos pH gátolja a mikrobiológiai folyamatokat, továbbá a nagyobb pH gátolja a  $\text{H}_2\text{S}$  és az illó szerves savak párolgását is. A baktériumok újabb növekedése és újbóli szennyezése nem jelentkezik, amíg a rendszer pH-ja 12-nél nagyobb. Az így készített termékek mezőgazdasági felhasználásával a talajokba nem csak szerves anyagot (s vele nitrogént és foszfort), humusz alapanyagot, de jelentős mennyiségű kalciumot, magnéziumot is be lehet juttatni.

Ha más lúgos vegyületeket, nátrium-, kálium- hidroxidot használnak, akkor a keletkezett termékben a nagy nátrium és kálium koncentráció gátolhatja a növények fejlődését, ezért az így készített terméket mezőgazdasági célokra nem használják [6].

#### 1.4.4. Komposztálás

A komposztálás technológiája egy irányított, de részben spontán körülmények között a természetben is lejátszódó, részben aerob biológiai folyamat. A folyamat során a szerves anyagok lebontása, majd részleges újra felépítése (tápanyagok, nedvességtartalom, hőmérséklet, oxigén) zajlik le. A szerves anyagok egyszerű alapvegyületekre, szén-dioxidra, szulfátra, nitrátra és vízre való lebontása majd a bonyolult molekulák felépítése különböző mikroorganizmusok és magasabb rendű talajlakó szervezetek közreműködésével történik [1, 2, 3].

A komposztálás olyan földszerű végterméket eredményez, amely körülbelül 40-60 % nedvességtartalmú, humusz és növényi tápanyagtartalma miatt mezőgazdasági, kertészeti és egyéb hasonló célokra alkalmas.

A komposztálás során biztosítani kell a lebontást végző mikroorganizmusok életfeltételeit. Az optimális lebontási folyamatok biztosítása érdekében szem előtt kell tartani az alapanyag összetételét, nedvességtartalmát, az oxigénellátást, C/N arányt, szemcseméretet és a hőmérsékletet. A szennyvíziszap komposztálás jellemzően aerob technológia. Az aerob körülmények biztosításakor magasabb hőmérséklet érhető el és így a szagképződés jobban csökkenthető. A komposztálási technológiák egy lehetséges csoportosítása szerint azok három nagy csoportját különböztetjük meg: a nyílt, félig zárt, zárt rendszereket [5, 10].

Nyílt rendszereket leggyakrabban a szennyvíziszap kezelésénél alkalmazzák. Ezek közül a legelterjedtebb a prizmás komposztálás. A víztelenített iszapot adalékanyaggal összekeverik, mellyel beállítható a megfelelő C:N arány, és egyben megtörténik az iszap lazítása, strukturálása is. Ezután a keveréket prizmákba rakják, és egy adott ideig levegőztetik. Ez történhet a prizma rendszeres átforgatásával, vagy levegőztető csőhálózaton keresztül.

Félig zárt rendszerekben a komposztálás vízszintes silófolyosók belsejében történik, amely perforált csövekből vagy levegőztető csatornákból álló levegőztető rendszerrel és beépített

forogatóval vannak ellátva. Az éghajlati hatások kiküszöbölése érdekében a silófolyosókat gyakran csarnokokban, fólia- vagy üvegházakban helyezik el. A keletkező gázokat és az esetleg termelődő kellemetlen szagokat biofilterekbe vezetve tisztítják.

Zárt, tartályos rendszerek alkalmazása a fentieknél kisebb terület igényű, mert ilyenkor a rétegek magasabbak lehetnek. A stabilizálásra használt tartályreaktor mindegyike, alakjuktól függetlenül, a csőreaktorok típusába tartozik. Ez a módszer teljes mértékben automatizált, az anyag be- és kitárolásán kívül beavatkozást nem, csak felügyeletet igényel. A hőmérséklet és a nedvességtartalom szabályozhatósága révén a komposztálási idő is változtatható. A zárt komposztálóknál az összes anyagban a hőmérsékletet 60-75 °C között is alakulhat, s ennek megfelelően a szükséges komposztálási idő a 14 napról 5 napra is rövidülhet. Ezt az időtartamot még egy utóérlelésnek kell azonban minden esetben kiegészítenie, hogy elérjék a megkívánt biológiai stabilitást, érettséget.

#### 1.4.5. Szárítás

Szárítás során a nagy hőmérséklet hatására elpárologtatják a szennyvíziszap víztartalmának egy részét, mellyel meggátolják a vízfilmben lejátszódó mikrobiológiai folyamatokat, és csökkentik a patogénitást, elpusztítják a gyommagvakat. Szárítás során lecsökken az iszap víztartalma, így az könnyebben, gazdaságosabban, a szaghatást csökkentve szállítható, még nagyobb távolságok esetén is.

##### 1.4.5.1. Gépi szárítás

A szárítás kivitelezésére, jellemzően kontakt-szárítókat alkalmaznak, ahol a hő közvetlenül egy melegítő felületen keresztül szárítja a víztelenített iszapot. A szárított anyagot szitálni, rostálni lehet az adott szemcseméret eléréséhez, illetve a por eltávolításához. Az anyagot az öngyulladás megelőzése végett folyamatosan hűtik. A szárításhoz szükséges hőmennyiség csökkenthető, ha az anaerob iszaprohasztás során keletkező biogázt, a szárítási technológiában fűtőgázként használják fel [5, 6]. Hazánkban ilyen technológiát a kommunális szennyvíziszap szárítására alkalmaznak Győrben, Pécsen, és Egerben is.

#### **1.4.5.2. Szolár szárítás**

Ennél a megoldásnál a szárítás hőenergia igényét alapvetően a természetes napenergia biztosítja, amely a szárító csarnokokban, mint hőcsapdában gyűlik össze. A nap ultraibolya sugárzásának hatására az „üvegházban” az iszap és a levegő felmelegszik. Így a melegebb iszapnak nagyobb lesz a párolgása és a melegebb levegő is több vízgőzt képes felvenni. A vízgőzzel már nagymértékben telített levegőt az „üvegházból” ventilátorok hajtják ki. Erre azért van szükség, mert a levegő telítődése következtében csökken a párolgási teljesítmény is. A légcserével mellett fontos az iszap állandó átkeveréssel történő levegőztetése, a felület frissítése. A keverés vagy az úgynevezett toló-keverő, vagy a malac segítségével történhet, amely az üvegház teljes szélességében és hosszában intenzíven keveri és egyben levegőzteti az iszapot. A tolókeverő a forgási irányba egyidejűleg tovább is szállítja a terméket. A malaccal való keverés esetén, pedig egy szakaszos technológia alakítható ki.

A szárítás időigényét leginkább az energiaellátási lehetőségek (napsugárzás intenzitásának ideje) határozzák meg. Télen, amikor kevesebb napenergia áll rendelkezésre, a hatékony szárítás akár 2-3 hónapig is eltarthat, nyáron a megfelelő eredmény már 2-3 hét alatt is elérhető. A szárítás eredményeként a kezdeti iszap mennyiség 40-60 %-kal csökken, és a végtermék szárazanyag tartalma akár 90%-ot is elérheti. Az eljárásnak köszönhetően értékes anyag keletkezik, mely mezőgazdasági alapanyagként, vagy fűtőanyagként hasznosítható. A végtermék fűtőértéke megegyezhet a lignitével, mely szárazanyagtartalmától és a szervesanyagtartalmától függően akár: 10 MJ/kg is lehet [8, 9]. Hazánkban ilyen technológiát használnak a veszprémi szennyvíztisztító rothasztott, víztelenített iszapjának szárítására.

### ***1.5. Stabilizált és utókezelt iszapok hasznosításának, és ártalmatlanításának technológia lehetőségei***

Napjainkban a szennyvíztisztítás egyre szélesebb körű elterjedésével az elhelyezendő iszap mennyiség is folyamatosan növekszik, ugyanakkor az elhelyezés jogszabályi háttere egyre inkább szigorodik. A helyi, regionális körülményeknek megfelelő kombinációkat mindig az adott lehetőségek számbavételével, értékelésével kell megoldani. A meghatározott minőségi feltételek teljesülése esetén a hasznosítással egybekötött iszapelhelyezés során mindig tekintettel kell lenni

az iszap értékes anyagainak a lehető legnagyobb mértékű hasznosítására. Ennek megfelelően a szennyvíziszap hasznosítása során véleményem szerint a következő prioritási sorrendet kellene követni.

### 1.5.1. Mezőgazdasági elhelyezés

A stabilizált iszap mezőgazdasági területen történő hasznosításával egybekötött elhelyezés, mely a mezőgazdasági terület típusától függően eltérő céllal történhet.

#### 1.5.1.1. Talajjavítást célzó elhelyezése

A szennyvíziszap talajjavító hatása a rossz vízgazdálkodású, szerves anyagokban szegény, biológiailag leromlott talajokon eredményes. Az iszappal a talajba vitt szerves anyagok növelik a talaj víztartó képességét, ami a tenyészidőben a vízhiány okozta kárt és talajerózió mértékét csökkenti. A szervesanyag-bevitel növeli a térfogatsűrűséget és a talaj tömörségét, ami javítja a porozitást. A iszapelhelyezés lehet egyszeri vagy hosszabb időközönkénti nagy adagú kezelés.

#### 1.5.1.2. „Rekultiválandó” területen való elhelyezése

A korábban mezőgazdasági művelés alatt álló területek, melynek termékenysége egyéb emberi beavatkozás során megromlott, újra termővé, illetve művelhetővé tétele, melynek során alkalmassá váljanak kultúrnövények megtelepítésére és eredményes termesztésére.

#### 1.5.1.3. Faültetvényen való elhelyezés

Az iszap szerves anyag tartalma jó tápanyagot biztosít a biomasszatermelő vagy aprítéktermelő faültetvényeknek. A megtermelt biomassa az energia-, a fafeldolgozó- és a papíriparban használható fel, így nem kerül vissza a táplálékláncba. [14]

### 1.5.2. Égetés

Az égetés során az iszap összetevői hőenergia hatására megváltoznak, az égési folyamat végeredményeként veszélytelenebb és könnyebben kezelhető anyagot kapunk. Az így keletkezett anyag ártalmatlanításáról, kezeléséről gondoskodni kell, mely legtöbbször lerakással történik.

Az elégetés célja alapján beszélhetünk ártalmatlanításról, amikor is az iszap mennyiségének csökkentése az elsődleges feladat, hogy ezáltal megkönnyítse a lerakást, vagy energetikai hasznosításról, amikor az iszap ártalmatlanításakor keletkezett hőmennyiséget is hasznosítjuk. Természetesen elsődleges az égetés során keletkező hőmennyiség hasznosítása ilyenkor.

Az iszap égetése során salak keletkezik, melynek térfogata lényegesen kisebb, szervesanyag tartalma elhanyagolható, patogén szervezeteket nem tartalmaz, ezért utókezelést nem igényel. Ennek ellenére veszélyes anyagnak minősül, ezért csak ennek megfelelő lerakóban helyezhető el. Az égetés során keletkező füstgáz nagy portartalmú, a porszemcsékhez szerves rákkeltő anyagok, kloridionok, fluoridionok kötődhetnek. A porleválasztást filterek beépítésével, a gáznemű szennyező anyagokat elsősorban gázmosók alkalmazásával oldják meg. Az így visszamaradt anyagok ártalmatlanítása az égetés további költség növekedését eredményezi. Az égetőműből a tisztított gázok magas kéményen át távoznak a légtérbe. [14]

### 1.5.3. Építőipar

Napjainkban a települési szennyvíziszap egyre nagyobb mennyisége, a már meglévő felhasználási módokon túl, újabb lehetőségek keresését indokolja. Ilyen új terület lehet az építőipar, ahol a stabilizált iszapot elsősorban az anyagában, másodsorban az energianyeres céljából, alternatív tüzelőanyagként hasznosítható.

#### 1.5.3.1. Cementipar

A cementgyártási technológiában a nagy hőmérséklet eléréséhez és fenntartásához fosszilis energiaforrásokat kell felhasználni, amelyek készlete véges, ezáltal beszerzési árak folyamatosan nő. Ennek megoldására a világon a hagyományos cementgyártási tüzelőanyagok helyett új, alternatív anyagokat keresnek, melyeknek nem csak gazdaságilag, hanem környezetvédelmi szempontból is meg kell felelniük.

A cementgyártás során számos, hulladékégetés szempontjából kedvező körülmény alakul ki, úgy mint a magas hőmérséklet, a hosszú tartózkodási idő, a füstgázban kialakuló oxigén felesleg, és a klinkerképződés során kialakuló erősen bázikus és oxidatív közeg, amely képes a

füstgázok káros anyagainak megkötésére. A lehető legjobb alternatív anyag kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy a klinker (a cementgyártás félkész terméke) -, illetve a cementgyártás folyamata során a szennyezőanyag-kibocsátás ne növekedjen, és a cement minősége ne romoljon. Ezért olyan anyagokat kell választani, melyek komponensei olyanok, hogy az égetéskor keletkezett hamu ugyanolyan összetevőket tartalmazzon, mint a klinker. A stabilizált szennyvíziszap ezeknek a feltételeknek megfelel, mert összetétele ( $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) nagymértékben hasonlít a klinkeréhez, és hasznosítása során nem csupán a hulladék ártalmatlanítása oldható meg, hanem az üvegházhatású  $\text{CO}_2$  gáz kibocsátása is csökkenthető. [15]

A cement előállításánál az összekevert és megőrölt nyersanyagokat, általában mészkövet, agyagot és egyéb adalékanyagokat, felmelegítik, kalcinálják és szinterelik (zsugorítják) annak érdekében, hogy  $1450\text{ }^\circ\text{C}$ -on klinker képződjön belőlük. A képződött klinkerből aztán hűtés, és kis mennyiségű gipsz hozzáadása, valamint őrlés után portlandcement lesz. A hőközlés a klinkerégető kemencében megy végbe, amely egy hőálló téglával kibélelt, kis lejtésszögű, forgó henger ciklon-előmelegítővel vagy anélkül.

A portlandcement a legáltalánosabb cementfajta. A kohósalak-, pernye-, mészkő- stb. cementeket a cementklinker adalékanyagokkal történő együtt őrlésével állítják elő.

Az úgynevezett nedves eljárásnál a nyerslisztet víz hozzáadásával összekeverik, és az így keletkező iszapot – amely általában 30-40% vizet tartalmaz – közvetlenül adják fel a forgókemencére.

Az úgynevezett szárazeljárásnál a nyersanyagkeverék szárazon, por alakban kerül a kemencébe. Ez a kemencerendszer egy hőcserélő ciklonokból álló tornyot is magában foglal, melyben a feladott száraz anyagkeveréket forró füstgázzal előmelegítik. Már a hőcserélő rendszer alsó részén is elég magas a hőmérséklet a  $\text{CO}_2$  mészkőből történő távozásának megindításához. Itt egy speciális égetőkamrában, fűtőanyag és égési levegő járulékos hozzávezetésével a folyamat csaknem teljesen befejezhető, még a nyersanyagnak a kemencébe történő belépése előtt.

Magyarországon egy kis kapacitású, régi gyár nedveseljárású, míg a többi a szárazeljárású technológia alapján működik [15].

A cementiparban ma már általános gyakorlat, hogy a klinker (a cementgyártás félkész terméke) előállításához különféle hulladékokból származó helyettesítő anyagokat használnak fel. Ezt az eljárást röviden együttegetésnek nevezik, mely gyakorlatilag egy 4-5 méter átmérőjű, mintegy 100 méter hosszú forgó csőkemencében történik. A hagyományos nyers- és tüzelőanyagokkal együtt kemencébe bekerülő hulladékok szerves komponensei (például kalcium, szilícium, alumínium, vas stb.) a kialakuló klinkerásvány mátrixszerkezetébe stabilan beépülve hasznosulnak, illetve megkötődnek. A hulladék szénatomokból és hidrogénatomokból felépülő összetevői, tehát a különféle szénhidrogének, a tökéletes égést biztosító kemencében szén-dioxiddá és vízzé égnek el, miközben a felszabaduló hőenergia a gyártási folyamatban a lehető legnagyobb mértékben hasznosul, kiváltva ezzel a hagyományos tüzelőanyagok (szén, olaj, gáz stb.) egy részét. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy az együttegetés során a klinkergyártás zavartalan működése érdekében fokozott figyelmet kell fordítani a felhasznált helyettesítő anyagok vizsgálatára és előkészítésre, mivel összetételük, illetve fizikai-kémiai tulajdonságaik révén hatással lehetnek a klinkerégetés folyamatára és berendezéseire. A negatív hatások figyelmen kívül hagyása végső soron a klinkertermelési kapacitás csökkenéséhez, illetve a költségek növekedéséhez vezethetnek.

A megfelelő helyettesítő anyag megválasztásánál figyelembe kell venni, hogy a cementgyárak számára elsődleges szempont a termelési költségek alakulása, a kemence kihasználtsága és a klinker minőség megtartása. A hulladék alapú helyettesítő anyagok helytelen felhasználása mindhárom tényezőre negatív hatással lehet, mivel a gyártási folyamatba bekerülő anyagok víztartalma, hamutartalma, homogenitásuk és a körfolyamatot képző elemek mennyisége egyaránt befolyással bírnak.

A stabilizált szennyvíziszap, mint alternatív tüzelőanyag felhasználását a benne lévő alkotók, főleg a foszfor és a nehézfém-tartalom korlátozhatják, mivel ezek károsan befolyásolják a klinker, illetve a cement minőségét.

Hazánkban a beremendi cementgyárban a hagyományos nyers- és tüzelőanyagok kiváltására használnak szennyvíziszapot [19].



### 1.5.3.2. Téglagyártás

A stabilizált iszap illetve az égetőműben történő elégetéséből származó hamu a téglaiipari adalékként, mint értékes nyersanyag alkalmazható [15,16]. A felhasználás mértékénél figyelembe kell venni, a megfelelő hamutartalmat és égetési hőmérsékletet annak érdekében, hogy a téгла minősége ne romoljon. Megoldások előnyeként kiemelhető, hogy a hamu hozzáadása csökkenti az agyagkeverék plaszticitását, kohéziós és tapadási tulajdonságát, vagyis megnő a pórusképződés veszélye, ezért nő a vízabszorpció.

Egy kísérletben [16] a víztelenített szennyvíziszapot 1 napig 103 °C-on szárítják, majd bizonyos alapvizsgálatokat elvégeztek rajta (részecskeméret, pH, elemösszetétel, részecskesűrűség, szervesanyag-tartalom, fajlagos felület /SSA/). A téglaiipari felhasználás előtt a szennyvíziszapot 800 °C-on izzították, majd további kezelés nélkül agyagpótló anyagként használták [16]. A keveréket az optimális nedvességtartalom mellett kevertették, és vákuummal eltávolították belőle a levegőt, hogy ne repedezzen a későbbi feldolgozás során. A keveréket standard formákba öntötték, 24 óráig érlelték, majd 24 óráig 105 °C-on szárították, végül 1000 °C-on 6 óráig kiégették [16]. A kísérletben megállapították, hogy a szennyvíziszapból nyert hamu műszaki szempontból biztonságosan felhasználható téglaiipari adalékanyagként a megfelelő izzítási hőmérséklet beállításával.

A kísérletben tett megállapítások szerint [16] a megfelelő hamutartalom megválasztása és ellenőrzése nagyon fontos, mert a hamu hozzáadása az agyag keverék plaszticitását, kohéziós és tapadási tulajdonságait, vagyis megnő a pórusképződés veszélye, a vízabszorpció. A hamu használatának előnyös tulajdonága, hogy a kiégetés közbeni zsugorodás hamu hozzáadásával csökkenthető, mivel a hamu jóval kevésbé duzzad víz hatására, mint az agyag. Ez a téгла kiégetésénél kifejezetten előnyös. A gyártás során az izzítási tömegveszteség annál kisebb, minél több a hamu a téglában, mert azt a folyamat során a magas hőmérsékleten kiizzítják [16]. Az iszap hamujának pH-ja 6,0 körüli, ezért a fémionok kioldódásának veszélye minimális. A nagy hőmérsékleti tartományban a fémek oxiddá alakulnak, amely tovább csökkenti a fémek oldhatóságát. A hamu hozzáadásával készült téglák felülete egyenletesebb [15].

A felhasználás mértékét az elkészült téгла és a kiégetéshez szükséges hőmérséklet szabja meg. A téglagyártás során felhasznált optimális hamutartalom ne haladja meg a 20%-ot, a

kiégetési hőmérsékletnek 1000 °C-nak kell lennie. Az így készített téglák megfelelnek az „első osztályú” kritériumnak [15].

A települési szennyvíziszap téglaiipari hasznosítása nagyipari mértékben jelenleg mégsem kiforrott megoldás, mindmáig, csak félüzemi kísérletekről olvashattunk. [15, 16]

### **1.5.3.3. Egyéb építőipari megoldások**

A szénerőművi pernyék és vaskohászati salakok alkalmasak útépitésben használt elsődleges alapanyagok (kő, kavics, föld) kiváltásában, hiszen tulajdonságaik, paramétereik minden tekintetben megegyezik az utóbbiakkal. [24] A pernye például a puha altalajt kevésbé terheli, lerakás után tovább nő a szilárdsága.

Magyarországon eddig az ilyen fajta megoldás még nem eléggé elterjedt, csak próbálkozások voltak rá, többek között a miskolci M35-ös út töltésében, az M3-as Görbeháza-Nyíregyháza szakaszán, és az M6-os alapjába használtak fel pernyét, salakot [25].

#### Bitumenbeágyazás

A bitumenbe ágyazás során a hulladékot, illetve a szennyező anyagot tartalmazó közeget olvadt bitumenbe helyezik általában iszap formájában egy fűtött extrúderben, amelyben a keverés is történik. A keverékből a vizet eltávolítják, és 0,5% nedvesség-tartalmú homogén végterméket állítanak elő.

#### Aszfalt emulzióba ágyazás

Az aszfalt emulzió vízben diszpergált aszfalt, amelyet emulgeálószerrel stabilizálnak. Az emulziók kationosak és anionosak is lehetnek. A folyamat során optimális hőmérsékleten megfelelő töltésű aszfalt emulziót adnak a hidrofíl folyadék állapotú hulladékhoz. Keverés után az emulzió megbomlik, a hulladék elveszíti víztartalmát, és a szerves fázis összefüggő hidrofób aszfalt-mátrixot képez a szilárd hulladék körül. Bizonyos esetekben semlegesítő ágensek, például: mész, vagy gipsz adagolása is szükséges. A végtermék víz számára átjárhatatlan.

#### **1.5.3.4. Deponálás**

Legutolsó, környezetvédelmi szempontból és gazdaságilag a legkevésbé preferálható megoldás a deponálás lehet. Ekkor a stabilizált szennyvíziszap végeleges lerakása műszakilag kellően előkészített területen történhet. A deponáló terület alatt jó vízzáró réteget kell kialakítani. Az iszapot a víztartalmának függvényében kommunális hulladékkal összekeverve kell lerakni, végül földréteggel borítani, amely füvesíthető, fásítható, parkosítható. A deponia körül a csapadékvizek számára övárkot kell kialakítani, és monitoring kutakkal a talajvíz minőségét ellenőrizni. Az iszap szerves anyag tartalmának aerob lebomlása során hőmérséklet emelkedéssel, illetve lerakó-gáz képződésével kell számolnunk.

### ***1.6. A szennyvíziszap jellemző paraméterei***

Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv kimondja, a szennyvíziszap hasznosítási arányát minimálisan 55%-ra kell növelni 2008-ig, illetve a hasznosításra nem alkalmas iszapok mennyiségét a szennyvíz és az iszapok előkezelésével a lehető legkisebbre kell csökkenteni. Ennek következtében a keletkező szennyvíz mennyisége 2008-ra várhatóan eléri a 1 500 ezer tonnát, és várhatóan a szennyvíztisztítási és -elvetetési program előre haladásával növekedni fog. A meglévő hasznosítási, és ártalmatlanítási módszerek mellett ezért újabb alkalmazásokat célszerű figyelembe venni. Ilyen megoldás lehet a szennyvíziszap égetés útján való ártalmatlanítása.

Magyarországon ma a szennyvíziszapok 18,5%-át stabilizálják, pedig a stabilizálás során az iszap jelentős mennyiségű vizet veszít, és a szárazanyag-tartalma (sza) eléri a 60-65%-ot. Ennek következtében nem csak a tárolás válik könnyebbé, hanem az égetés során használt előszárítási idő is lecsökken. A stabilizált iszap fűtőértéke 7-12 MJ/kg között van (3. táblázat), ami nagyban megegyezik a lignitével. E kettő paraméter fontos, hogy elfogadjassuk az égetést, mint ártalmatlanítási technológiát, és hogy az stabilizált iszapra, mint másodnyersanyagra tekintsünk.

A szerves anyag tartalom 270 ezer mg/kg a szárazanyagra vonatkoztatva. A stabilizált iszap hasznosítása kapcsán fontos az iszap nitrogén és foszfor tartalmának ismerete. A nitrogén

tartalom átlagosan mintegy 4900 mg/kg a szárazanyagra vonatkoztatva. A foszfor átlagos koncentrációja a szennyvíziszapban átlagosan 300 g/kg szárazanyag.

A kén és vegyületeinek mennyisége az iszapban nagyon fontos a kénhidrogén keletkezése miatt, tartalma eléri 4500 mg/kg

Az adszorbeált vagy szerves kötésben levő halogének (AOX), 120–220 mg/kg policiklikus aromás szénhidrogének (PAH) 1,8-4,7 mg/kg,

A toxikus szerves anyagokhoz hasonlóan, az iszap jelentős koncentrációban tartalmazhat nehézfémeket is. Az iszap réz tartalma 200-250 mg/kg sza, a nikkel tartalma 25 mg/kg sza, az ólom tartalma 40 mg/kg sza, a cink 500-1000 mg/kg sza, a króm 40 mg/kg sza, és a kadmium 2 mg/kg sza körüli értékeket vehet fel.

### **3. táblázat** *Tüzelőanyagok fűtőértéke*

<b>Tüzelőanyag</b>	<b>Fűtőérték [KJ/kg]</b>
<b>Szennyvíziszap</b>	1000-2000
<b>Stabilizált szennyvíziszap</b>	7000-12000
<b>Hulladék maradék</b>	8000-11000
<b>Barna szén</b>	8000-11000
<b>Fa</b>	14000-17000
<b>Pehely</b>	15000-17000
<b>Aprított hulladék maradék</b>	17000-18000
<b>Bőr</b>	20000-25000
<b>Bitumenes szén</b>	25000-34000
<b>Használt gumi</b>	30000-33000
<b>Műanyag</b>	25000-40000
<b>Fűtőolaj</b>	40000-42000
<b>Földgáz</b>	38000-45000

## ***1.7. A szárított szennyvíziszap termikus hasznosításának lehetőségei***

### **1.7.1. Égetés**

Az égetés a stabilizált szennyvíziszap ártalmatlanításának termikus módszere, mely számos előnyének, illetve hátrányának komplex értékelése mellett, világszerte a környezetvédelmi vizsgálatok központjában áll. Az égetés előnye, hogy a keletkező hulladékok térfogatát és tömegét jelentősen csökkenti (ezáltal kisebb anyagmozgatás, kisebb elhelyező terület, földhasználat szükséges). Az égetés energiatermeléssel is járhat, a keletkezett hő pedig hasznosítható. Az eljárás közegészségügyi szempontból is a leghatékonyabbnak nevezhető, mivel a kórokozók az égetés hőmérsékletén garantáltan elpusztulnak.

Az égetés hátránya, hogy az másodlagos környezetszennyezéssel jár (légszennyezés, pernye, salakelhelyezés problémái). Ökológiai szempontból kedvezőtlen, mivel a termikusan bontott anyag kikerül a természetes körforgásból. Továbbá az égetés beruházási és üzemeltetési költségei lényegesen nagyobbak a hagyományos eljárásoknál (mezőgazdasági elhelyezés, lerakás). Másik igencsak fontos hátránya az égetésnek, hogy a víztelenített iszapot további szárítást, víztartalmának csökkentését igényli. Ez a már említett megoldásokkal, az égetés technológiájának igényei szerint kizárólag igen költséges beruházásokkal érhető el.

A hulladékégetés exoterm folyamat. Az égetés során a hulladék szerves anyag komponensei a levegő oxigénjével reagálva gázokká, vízgőzzé alakulnak és füstgázként távoznak a rendszerből. Az éghetetlen szervesetlen anyag salak, illetve pernye alakjában marad vissza.

A stabilizált szennyvíziszap termikus kezelése, égetése a szilárd anyag tartalom nagy mértékű csökkentését eredményezi, amely az iszapártalmatlanítási, illetve elhelyezési költségeinek csökkenését eredményezheti. Ha a stabilizált szennyvíziszap megfelelő nedvességtartalommal, hamutartalommal, és szerves-anyagtartalommal rendelkezik, akkor az égető berendezések nem csak kevesebb segéd-tüzelőanyagot használnak, hanem az önfenntartó égés is biztosítható. A stabilizált iszap szerves anyagtartalmát teljes, vagy részlegesen oxidálásakor a végtermékként elsősorban hamu, széndioxid, víz és hő keletkezik.

A stabilizált szennyvíziszap termikus ártalmatlanítása és megsemmisítése nem az energia kinyerésre irányul, hanem célja a lehet legkisebb költséggel megszabadulni a szennyvíziszaptól. Az égetés megkezdése előtt az iszapot termikus szárításnak kell alávetni.

Két égetési technológiát különböztethető meg: az egyik esetben kizárólag iszapot felhasználó égetésre kerül sor (mono égetés), a másik esetben egyéb hulladékokkal égetik el az iszapot (együttégetés).

- Mono égetéses módszer alkalmazásánál nincs szükség járulékos energiafelhasználásra, mert az iszap saját fűtőértékét alkalmazzák az ártalmatlanítás során. Az alkalmazás elterjedését, a szigorú füstgáztisztítási előírások betartása, nagy beruházási költsége hátráltatja. Az első égetőművek forgó csökemencék voltak, amelyeket ma már fluidizált ágyas rendszerek váltottak fel. Az égetőberendezés tervezésekor alapvetően a termikus hasznosítás kritériumát veszik alapul. Az eljárás során füstgázok jelentős hőtartalmát visszatáplálják a rendszerbe (táplevegő előmelegítésére, fluidizációs berendezések esetén a réteg előmelegítésére, gőz termelésére stb.). A legújabb égetőberendezések a fluidizált réteg égését használják fel az iszap oxidálására 800–900 °C hőmérsékleten [15]. A fluidizált réteg önfenntartó elégéséhez 33%-os szárazanyag tartalomra és égésgázzal végzett előmelegítésre van szükség. Előmelegítés nélkül 45%-os szárazanyag tartalom szükséges. Az égetés eredményeként a nehézfémek a hamuba kerülnek, amelyeket a további kezelés szempontjából minősíteni kell. Ügyelni kell azonban, nehogy a hamu megfolyósodjon, ami megnehezíti a végső hulladék eltávolítását.

- Együttégetéses módszernél az iszapot már meglévő égető-berendezésekben, leggyakrabban a háztartási szeméttel közösen égetik el. Ez egyszerűen megoldható, és általában a meglévő berendezéseken nagyobb átalakítás nélkül kivitelezhető [19]. Az eltávozó füstgázok tisztítására szolgáló meglévő berendezések általában megfelelőek a szennyvíziszap együttégetése során keletkező égéstermékek tisztítására. Problémát jelenthet azonban az iszap tárolása, szállítása és a szükséges kapacitás beállítása. A füstgáz kezelésre a háztartási szemétre érvényes előírásokat kell figyelembe venni [19].

A gyakorlatban a szennyvíziszap égetésénél legtöbb esetben együttégetésre kerül sor, és a háztartási szeméthez viszonyítva az iszap mennyisége 15–20% közt alakul [18, 19]. Az ilyen égetés előnye, hogy jelentős mértékben csökkenti az iszap térfogatát, termikusan roncsolja a

mérgező hatású elemeket, és a nehézfémek a hamuba kerülnek, valamint a keletkező hő visszanyerésére is van lehetőség. Meg kell azonban jegyezni, hogy a kötelező gáztisztítás komoly költségekkel jár együtt, és hogy a szeméttégetés nem túlzottan népszerű megoldás a lakosság körében. Másrészt ez a megoldás szükségessé teszi az előállított hő közvetlen hasznosítását is, és sok esetben az iszap szállítása is elkerülhetetlen, miután az energia tárolására nincs lehetőség [18].

Hazánkban a hulladék égetőműben való együttégetés nem megoldott, mivel jelenleg Magyarországon nincs erre a hasznosítási módra alkalmassá tett erőmű [18].

Az iszapok égetéshez jellemzően a következő kemencetípusokat használják [17]:

### Etázkemence

Az iszapot a legfelső tüztér oldalsó részébe vezetik be, ahonnan az iszap a kaparókarok, és a rajtuk lévő kaparólemezek irányításával először a tüztér középső részébe kerül, majd az alatt lévő tüztérbe csúszik le, ahonnan azt a kaparólemezek a tüztér oldalsó részébe továbbítják. Az égés során keletkező hamut előbb lehűtik, majd elvezetik.

A kemence három különböző működési övezetre osztható. A szárítási zóna, ahol a gravitációs és kapilláris víz zöme elgőzölög. Az égetési zóna, ahol az éghető illékony anyagok általában a 760-920 °C hőmérsékleti tartományban inert hamuanyaggá oxidálódnak. A hűtési zóna, ahol a hamu lehül, mielőtt a gyűjtő tartályba kerül.

Az etázkemence alkalmazásának előnyei, hogy az iszapok elégetése tökéletesnek mondható [17]. A keletkező füstgáz, nem tartalmaz bűzös anyagokat, további tisztítása nem okoz nagy gondot. A kemencében kialakuló ellenáramok miatt a hőátadási viszonyok kedvezők. Könnyen automatizálható, és a kaparólemezek, illetve a kaparókarok forgási sebességének változtatásával az iszap optimális tartózkodási ideje szabályozható [17].

Az égetés során a kemencében keletkező meleg levegőt és gázokat el kell távolítani és az atmoszférába való engedés előtt tisztítórendszeren kell átvezetni. A nagy beruházási költség, és a rendszer üzemeltetése komplex feladat, amely berendezés alkalmazásának további hátrányaiként jelentkeznek.

### Forgó csőkemence

Az iszap elégetése egy forgó, belülről lemezekkel bélelt csőkemencében megy végbe. Az égetendő iszap a füstgázzal megegyező, vagy ellenkező irányban is mozoghat.

A kemencetípus előnye a relatív egyszerűsége. A kisebb kapacitású iszapégető telepeken könnyen alkalmazható, a csőkemencében lévő terelőlemezekkel és közfalakkal, pedig az iszap tartózkodási ideje szabályozható [17].

A nagy helyigény, a gyengébb hőhasznosítás mellett, a kemencében keletkező gázok fokozottabb tisztítási igénye egyértelműen a forgó kemence hátrányai között említendők.

(A cementiparban alkalmazott dobkemence megegyezik a csőkemencével.)

### Fluidizációs kemence

A kemence függőleges tartály, melynek fenekére rácsszerű kialakítású. Erre a rácstra injektálják be a víztelenített iszapot. Fehlette helyezkedik el a szuszpendált homokrég, ahol maga az égetés történik. Az égető gáz alulról áramlik felfelé, miközben a homokot és iszapot lebegésben tartja. A keletkező hamu, égés-gázok és a vízgőz együtt távoznak el kemence felső részéből. Levegőtisztító berendezések alkalmazásával a hamu szeparálható.

A betáplált iszap és a befűvott levegő mennyiségével szabályozható az égési folyamat. Az iszapban lévő összes illékony szilárd anyag oxidálható, és teljes szagtalanítást is elérhető.

A kemencetípus hátránya, hogy az iszap beadagolása előtt előhevítést igényel, amely legtöbbször gázzal, vagy olajjal történik. Továbbá az égetés komplex folyamat, amely képzett üzemeltetőket is igényel. [17]

### Mikrohullámú kemence

Az égetés elve azon alapul, hogy a mikrohullámú térben a molekulák elektromosságot indukálnak. Az égetés során keletkező hamu egy tölcserrel az olvasztótérbe jut, ahol megolvad. A megolvadt hamut a forgó hűtő lemezekon lehűl, és kis golyókká keményedik. A gáz



halmazállapotú égéstermékekben lévő port speciális szűrők kell tartják vissza és az égésterbe vezetik.

A technológia a hamu és az abban lévő veszélyes komponensek ártalmatlanítását segíti elő, úgy hogy a hamut összeolvasztják, amely lehűléskor üvegszerűvé dermed. A keletkező golyócskák az építőiparban, betontechnológiai eljárásoknál felhasználhatók [18].

### Rostélyos kemence

A rostélyos tűzterekben a levegőt alulról, az égő tüzelőanyagon keresztül áramoltatják, hasonlóan a háztartási kályhákhoz. A rostélyok egyrészt biztosítják a hulladék állandó keverését, mozgatását elválasztva a salaktértől, másrészt az égéságy megfelelő levegőztetését teszik lehetővé.

A füstgáz és a levegő áramlási iránya szerint egyenáramú, ellenáramú és kombinált áramú tűztérformák különböztethetők meg. Az egyenáramú tüzelés során a kis fűtőértékű tüzelőanyag kiszáritása és begyújtása nehezebb. Ezt a gondot az égéshez használt levegő előmelegítésével csökkentik. Az ellenáramú tüzelés esetében ilyen problémák nem jelentkeznek, viszont hátránya, hogy a gyulladási tartományból részgázáramok kerülhetnek az első huzamba anélkül, hogy kényszerítetten átáramolnának a legforróbb zónán. A két megoldás közötti áthidaló megoldás a kombinált áramú tüzelés. Ez utóbbiban az egyenáramú, száritási és gyulladási zónából származó, részgázáramot elterelik és a turbulenciazónában a fő égési zónából érkező forró gázárammal és a befűvott szekunder levegővel összekeverik a tökéletes kiégetés érdekében.

A nagyobb fűtőértékű hulladékok esetében a forró zónán való biztos áthaladás miatt az egyenáramú tűztérmegoldásokat részesítik előnyben. Erősen ingadozó fűtőérték-tartomány esetén előnyösebbek a turbulenciazónájú kombinált áramú tűztérformák.

Hátránya, hogy az égetendő anyag fűtőértékének ingadozása miatt gyakorlatilag nem nélkülözhető a póttüzelés, amihez olaj-vagy gázégőket használnak [35].

### 1.7.2. Biomasszatüzelés

A biomassa különböző formáit (fa, fahulladék, szalma, szárított trágya), mint szilárd energiahordozót tüzeléssel hőenergiatermelésre használható. Ez a legegyszerűbb, de viszonylag kis hatásfokú energianyeresi forma. Közvetlen tüzelésre csak a száraz vagy kis nedvességtartalmú biomassa használható. A biomassa tüzelésű erőművek nemcsak fosszilis energiahordozókat takarítanak meg, hanem a légkörbe is kevesebb széndioxidot juttatnak. Biomassa elégetésekor csak annyi széndioxid termelődik, amennyit a növényi fotoszintézis felhasznál, tehát elvileg kevésbé környezetszennyezők, mint a szén-, vagy az olajtüzelés. A biomassa-erőművek hátránya nagy beruházási költségük is, ami a nagyobb tárolótér, a nyersanyagelőkészítés, az automatikus táplálás, a mechanikus hamueltávolítás és a füstgáztisztítás számlájára írható. Emellett a biomassa-erőműveknél a karbantartási és a javítási, valamint az áramköltségek is nagyobbak, kiszolgálásuk a hulladékégetőknél nagyobb személyzetet igényel.

A szennyvíziszap magyarországi biomassa-erőművekben való felhasználására Visontán, és Pornóapátin vannak előirányzott törekvések. További erőművek található Pécsen, és Szakolyban, illetve Szolnokon, Salgótarjánban, és Vépen pedig biomassa erőmű égetését tervezik.

### 1.7.3. Pirolízis

A pirolízis az oxigén nélkül a szerves anyagokban hő hatására végbemenő kémiai lebomlás, átalakulás. A szerves anyagok különböző gázokra és szilárd anyagokra (pl. koks) bomlanak. Bár a pirolízis lényege az oxigén kizárása, a gyakorlatban teljesen oxigénmentes környezet biztosítása nem lehetséges. A működő pirolízis rendszerekben valamennyi oxigén mindig jelen van. Ezen kevés oxigén bizonyos mértékű oxidációt is eredményez. Illékony komponensek esetében termikus deszorpció is lejátszódik. A pirolízis során keletkező gázok éghetőek, mint például a szénmonoxid, hidrogén, metán, és egyéb szénhidrogének. A füstgázok hűtésekor távozó gázok kondenzációja során keletkező folyadékok: olaj, kátrány maradék és szennyezett víz.

A pirolízis általában nyomás alatt, 430°C feletti hőmérsékleten zajlik le. A keletkező gázok további kezelést igényelnek, például másodlagos égetőkemence, részleges kondenzáció. Részecskék eltávolítására alkalmas berendezésekre, mint például szűrőkre, vagy nedves kotrókra ugyancsak szükség van. A hagyományos termikus mentesítési módszer berendezései, mint például forgó kemence, használatosak a pirolízis során.

A szabályozott termikus oxidáción alapuló pirolízis technológia lényege, hogy az első kamrában oxigénmentes körülmények között. A szilárd hulladékot alkotó szénvegyületek gázfázisúvá alakulnak át. A második kamrában (az úgynevezett utóégetőben) a gáz levegővel turbulens áramlással keveredik, ez által magasabb hőmérsékletet elérve, biztosítjuk a lehetséges veszélyes anyagok teljes ártalmatlanítását.

Az eljárás hatásfokát és alkalmazhatóságát befolyásolja, hogy speciális anyagkezelési és adagoló méreti előírásokat kell betartani. A stabilizált iszap további szárítása szükséges, 1% alatti nedvességtartalom kívánatos, a ennél nagyobb nedvességtartalom pedig, a mentesítés költségét növeli [36].

## II. Gyakorlati rész

### *Bevezetés*

A szennyvíztisztítás egyik legnagyobb mennyiségben keletkező mellékterméket a szennyvíziszap, amely nagy víztartalmú, és értékes szerves, valamint szervetlen anyagokat is tartalmaz. A szennyvíziszap víztartalma, az előbbi anyagok aránya nagyban befolyásolhatják, hogy a szennyvíziszap milyen technológiával hasznosítható, ártalmatlanítható.

A keletkezett szennyvíziszapot csaknem minden hasznosítási vagy ártalmatlanítási megoldás előtt stabilizálni kell. Az iszapstabilizálási technológiák számos pozitív hatása mellett, nagymértékű térfogat csökkenés is bekövetkezik, amely megkönnyíti a termék további szállítását, vagy tárolását. A stabilizált iszap ártalmatlanítására, illetve hasznosítására több lehetséges módszer közül választhatunk, figyelembe véve, hogy az adott területre viszonyítva melyik mutatkozik a leggazdaságosabb megoldásnak. Felhasználhatjuk a mezőgazdaságban, illetve az erdészetben, mint talajjavító anyag, továbbá hulladéklerakók, vagy meddőhányók rekultivációnál is felhasználható. Választhatjuk ártalmatlanítási megoldásnak a depóniában való elhelyezést is, de ezáltal rengeteg értékes anyag kerül ki a körforgásból.

A stabilizált iszap fűtő értéke miatt racionális megoldásként merül fel az szárított iszap energetikai iparban való hasznosítása. Itt nem csak az iszap mennyiségének további térfogat csökkenése valósulhat meg, hanem az ártalmatlanítás során még hőenergia kinyerhető.

A legutóbbi törekvések egyike az iszap felhasználása az építőipar valamely területén. Ekkor a szárítással stabilizált szennyvíziszap nem csak mint másodlagos tüzelőanyag, hanem másodnyersanyagként is szóba jöhet.

A dolgozat gyakorlati részben szeretném megvizsgálni, hogy Veszprém megyében keletkező szennyvíziszap teljes mennyiségének szárítással történő stabilizálása után a stabilizált iszapot hol, milyen mértékben lehetne termikusan hasznosítani, vagy ártalmatlanítani. A kevés publikus adat birtokában számításaim során azzal az egyszerűsítéssel éltem, hogy a megyében keletkező iszap mennyiség teljes egészében Veszprém megyében kerül stabilizálásra (szárítással). Veszprémtől 100-120 km-es körzetben vizsgáltam a termikus ártalmatlanítás lehetőségeit. A

számításaimnál nem vettem figyelembe a szóba jöhető különböző szállítási módokat előnyeik hátrányait. Céloom kizárólag a lehetséges helyszínek és kapacitások felderítése volt.

## ***2.1. A szárított szennyvíziszap szárításának-égetésének és komposztálásának-mezőgazdasági kihelyezésének környezeti hatásai***

A szárított szennyvíziszapok termikus ártalmatlanításának megkezdése előtt fontos szempont a hazánkban jellemző kezelési és kihelyezési módok kritikus pontjainak, környezeti kockázatainak összevetése. Ennek érdekében készítettem el ezt a fejezetet, amelyben a komposztálás és a komposzt mezőgazdasági kihelyezésének kibocsátásait, környezeti hatásait, valamint az iszapszárítás és a termikus ártalmatlanítás (iszapégetés) hasonló paramétereit vizsgáltam meg.

### **2.1.1 Komposztálás és mezőgazdasági kihelyezés**

A szennyvíziszap ártalmatlanítás egyik napjainkban is jellemző megoldása a komposztálás. Az eljárás lényege, hogy a szennyvíziszap megfelelő környezeti feltételek mellett, elsősorban mikroorganizmusok és oxigén hatására lebomlanak, szervesen ásványi és stabil szerves anyagokká alakulnak. Az eljárás végterméke a földszertű körülbelül 40–50% nedvességtartalmú, humuszos szerves-anyag, amely növényi tápanyag-(NPK) tartalma miatt a mezőgazdaságban talajtermelékenység növelésére, valamint hulladéklerakó- és talaj-rekultivációra hasznosítható.

A komposztálás szempontjából optimális feltételeket az alapanyag megfelelő összeállításával kell biztosítani. A komposztálás optimális C:N aránya 25-35 körüli, ha az arány a fenti értéknél kisebb a komposztálódás során nagy mennyiségű bűzös nitrogén tartalmú vegyületek keletkezhetnek. Ha az alapanyagok aránya a fenti értéknél nagyobb akkor, pedig nagy mennyiségű C tartalmú, üvegházhatású szagtalan és bűzös vegyületek kerülhetnek a légkörbe.

A komposztáláshoz az alapanyagok optimális nedvességtartalma körülbelül 40-60%-ra tehető. Ennél nagyobb nedvességtartalom esetén a komposztálódás során az anyag összeroskad, a hézagterefogat lecsökken, a halom szellőzése leáll és a folyamat anaerobbá válik. Ekkor nagy mennyiségben keletkezhetnek bűzanyagok, amely kedvezőtlen telep-elhelyezkedés és széljárás

esetén a lakott területeket is elérheti. Túl kis nedvességtartalom esetén pedig a folyamat leáll, mivel a mikroorganizmusok a szemcsék felületét beborító vékony vízfilmben végzik tevékenységüket.

A komposztálás során a halom hőmérséklete kezdetben növekszik, majd a folyamat végére lecsökken. Maximumán elérheti a 70°C-ot is. Így gyakorlatilag biztosítható a végtermék elvárt patogén mentessége.

A komposztálás pH-ja a természetben lejátszódó egyéb folyamatok tartományában optimális, ami kutatási eredmények szerint 5,5-8 közöttinek tekinthető.

A megfelelő komposztálási folyamat kiválasztása nemcsak ökológiai szempontból fontos, hanem meghatározza a társadalom hozzáállását is a szerves hulladék újrahasznosításának a módszeréhez. Különböző fajtájú és mértékű környezeti hatások minden emberi tevékenység eredményeként fellépnek. Lehetőségek szerinti csökkentésük döntő szempont az adott rendszerek kialakítása, így a komposztálás módszerének, technológiájának kiválasztásában.

A 4. táblázatban foglaltam össze a komposztálás egyes részműveleteinek környezeti hatásait az adott környezeti elem vonatkozásában.

#### 4. táblázat A komposztálás környezeti hatásai

Munka fázis/ termék	Környezeti hatások		
	Víz	Levegő	Talaj
<b>Beszállítás, lerakás</b>	Csurgaléklé	Szaghatás, por	-
<b>Előkezelés</b>	Csurgaléklé, kondenzvíz	Szaghatás, por	-
<b>Előérlelés</b>	Csurgaléklé, kondenzvíz	Szaghatás	-
<b>Főérés</b>	Csurgaléklé, kondenzvíz	Szaghatás	-
<b>Konfekcionálás</b>	-	Szaghatás, por	-
<b>Komposzt</b>	-	Szaghatás, por	Nehézfémek, szerves káros anyagok, magvak

A komposztok mezőgazdasági hasznosítása a „befogadó” mezőgazdasági terület szempontjából számos kedvező (kémiai-biológiai, fizikai) hatással, a technológiai fegyelem be nem tartásával készített komposztok esetén kedvezőtlen tényezővel bír.

Kedvező hatások:

A) kémiai és biológiai:

- fokozza a talaj biológiai aktivitását,
- lassú a tápanyag-feltáródás, kicsi a kimosódás veszélye,
- a magas adszorpciós képesség miatt növeli a talajok tápanyag tároló kapacitását,
- a szerves anyag mineralizációja közben keletkező CO<sub>2</sub> a növények által asszimilálódik,
- fokozódik a növények ellenállóképessége a kórokozókkel és kártevőkkel szemben.

A) fizikai:

- stabil talajszerkezet alakul ki, amely csökkenti a porosodás és az erózió veszélyét,
- javul a talajok víz-, hő- és levegőgazdálkodása.

A jó minőségű komposzt felhasználása során nem kell kedvezőtlen hatással számolni. A nyersanyagok szennyezettsége és a folyamat nem megfelelő irányítása esetén, azonban a termék a kihelyezendő kedvezőtlen hatásait is figyelembe kell venni.

Kedvezőtlen hatások:

- maradó patogenitás, emberre, állatra fertőző mikroorganizmusok jelenléte,
- nem elpusztuló gyommagvak elszaporodása a területen.

A mezőgazdasági hasznosítás esetén a *1.3. fejezetben* már részletezett kihelyezési megkötések érvényesek, amelyek egyértelműen behatárolják az adott területen elhelyezhető komposzt mennyiségét. A szennyvíziszapokból készült komposztok jellemző minőségi

paramétereit mellett a komposztok N tartalma, Zn és Cu tartalma a meghatározó komponens. Jellemző kommunális szennyvíziszap komposzt esetén, környezetvédelmi szempontból, ezen paraméterek jelentik a szűk keresztmetszetet az anyag mezőgazdasági kihelyezésénél.

Az 5. táblázatban foglaltam össze a komposztkihelyezés részműveleteinek környezeti hatásait az adott környezeti elem vonatkozásában.

**5. táblázat** A mezőgazdasági kihelyezés környezeti hatásai

Munka fázis/ termék	Környezeti hatások		
	Víz	Levegő	Talaj
Szállítás	-	Szaghatás, por	-
Rövid idejű tározás	Kimosódás	Szaghatás,	-
Beszántás	-	Szaghatás, por	-
Hasznosulás	-	-	Kedvező hatás

### 2.1.2. Solár szárítás és égetés

A solár szárító a nap rövid hullámú sugárzási energiával működik. A szárítás hőenergia igényét alapvetően a természetes napenergia biztosítja, amely a szárító csarnokokban gyűlik össze. A nap ultraibolya sugárzásának hatására az üvegházban az iszap és a levegő felmelegszik. A melegebb iszapnak nagyobb a párolgása és a melegebb levegő is több vízgőzt képes felvenni.

A solár iszapszárítási technológiával kizárólag stabil iszapot szabad szárítani, amit maximálisan 40-50 cm vastagságban lehet lerakni, hogy elkerüljük az iszap alsóbb rétegeiben a berothadást.

A vízgőzzel már nagymértékben telített levegőt az üvegházból ventilátorok vezetik el. Erre azért van szükség, mert a levegő telítődése miatt csökken a párolgási teljesítmény.

A légcserével mellett fontos az iszap állandó levegőztetése, átkeverése, a felület frissítése miatt. A keverés az úgynevezett malac segítségével történik, amely az üvegház teljes



szélességében intenzíven keveri és egyben levegőzteti az iszapot. Egyes megoldásoknál a keverés az iszap haladási irányát is megszabja.

A felső rétegekben lévő, a felületén leszárított iszap gyors cseréje az alsó rétegekben lévő nedves iszapra döntő fontosságú. Minél többször és minél intenzívebben történik a nedves felületű iszapnak a vízzel relatív telítetlen levegővel való érintkezése, annál nagyobb lesz a víztávoltítási teljesítmény. Az iszapágy minden pontját a berendezés naponta meghatározott alkalommal átkeveri, biztosítva ezzel a szagmentes folyamatos iszapszáradást.

A szárítás eredményeként a keletkező termék granulátum jellegű, könnyen kezelhető, ami a kezdeti iszap mennyiség 40 - 60 %-ára csökkent, és a szárítás folyamán a téli időszakban 40-50 %, nyári időszakban 60-70 % szárazanyag tartalmú lehet.

Az 1.4. fejezetben részletezett Solár szárítási műveletnek gyakorlatilag a komposztáláshoz hasonló kibocsátásai említhetők. A Solár szárítás környezeti hatásait a 6. táblázatban foglaltam.

**6. táblázat** A Solár-szárítás környezeti hatásai

Munka fázis/ termék	Környezeti hatások		
	Víz	Levegő	Talaj
Beszállítás, lerakás	Csurgaléklé	Szaghatás, por	-
Tárolás	Csurgaléklé, kondenzvíz	Szaghatás, por	-
Betöltés	-	Szaghatás	-
Átkeverés	-	Szaghatást	-
Granulátum	-	-	Nehézfémek, szerves káros anyagok

A stabilizált szennyvíziszap égetése összetett folyamat, amely hatására a magas hőfokon a termikus lebontási reakciók hatására illékony anyagok keletkeznek. Ezek az illékony anyagok általában elégethetők és meggyulladásuk után lángolva égnek.

Azok az anyagok égethetők el póttüzelés nélkül, melynek fűtőértéke legalább 5000 kJ/kg. Ez a feltétel csak akkor valósulhat meg, ha az anyag hamutartalma kisebb, mint 60%, nedvességtartalma kisebb, mint 50%, és szilárd éghető szerves-anyagtartalma eléri a 25%-ot.

Ezek a feltételek a Solár szárítással stabilizált iszap esetében teljesülnek, ezért a Solár szárítás során nyert iszap további ártalmatlanítási technológiájaként is alkalmazhatjuk az égetést.

A stabilizált iszap önállóan, vagy települési hulladékkal együtt égethető, és egyik esetben sem szükséges póttüzelést alkalmazni, mert az előbbi módszer alkalmazásánál az iszap saját fűtőértékét hasznosítják az ártalmatlanítás során, az utóbbi esetben pedig a kommunális hulladék fűtőértéke megfelelő energiát biztosít.

Az égetés fő hátránya, hogy másodlagos környezetszennyezéssel jár, illetve ökológiai szempontból kedvezőtlen, mivel a termikusan bontott anyag kikerül a természetes körforgásból. Ilyen probléma a keletkező füstgáz ártalmatlanítása, ami korrozív égéstermékeket tartalmaz, ami tisztítása tovább növeli a költségeket. A szárítással stabilizált szennyvíziszap esetén ezért fontos minden olyan termikus ártalmatlanítási megoldás figyelembevétele, amely során az iszap anyagában is hasznosul.

Az égetés során számolnunk kell azzal, hogy az iszap tömegének mintegy 40-50%-a hamuként visszamarad, amely elszállítását, további kezelését meg kell oldani. Másik igencsak fontos hátránya az égetésnek, hogy a víztelenített iszap további szárítását, víztartalmának csökkentését igényli, így a hagyományos iszapvíztelenítő eljárások után további egyéb technológiák kiépítésére van szükség (Solár-, granuláló szárítás, stb.).

Problémát jelenthet az iszap tárolása, szállítása és a szükséges kapacitások beállítása is. Az égetés technológiája kizárólag igen költséges beruházásokkal érhető el, illetve más hagyományos eljárásokkal összevetve a beruházási és üzemeltetési költségei lényegesen nagyobbak, azonban a nagyvárosokban, régiókban az iszapégetés reális célkitűzésnek is tekinthető.

Az 1.7. fejezetben részletezett égetés környezeti hatásait a 7. táblázatban foglaltam össze.

**7. táblázat** Az égetés környezeti hatásai

Munka fázis/ termék	Környezeti hatások		
	Víz	Levegő	Talaj
Beszállítás, lerakás	Párolgási víz	Szaghatás, por	-
Előszárítás	-	-	-
Égetés	-	Füstgáz	-
Hűtés	-	-	-
Füstgáztisztítás	Tisztított szennyvíz	-	-
Salak, hamu	Csurgalékvíz	Por	Nehézfémek, szervesanyagok

## **2.2. A szárított szennyvíziszap égetésének magyarországi lehetőségei**

A magyarországi helyzet tisztán látása érdekében elkészítettem az országban szóba jöhető helyszíneket és technológiákat (3. ábra), ahol a szárítással stabilizált szennyvíziszapok termikus ártalmatlanítására lehetőség van, amit a 8. táblázatban foglaltam össze. Elsőként az országban található szén tüzelésű erőművek kerültek összegyűjtésre és kiértékelésre.

Visontán található az ország legnagyobb széntüzelésű erőműve, amely a magyar nemzetgazdaság villamosenergia-fogyasztásának mintegy 13%-át termeli. A társaság saját bányáiban külfejtéses technológiával termelt lignitből állít elő villamos energiát. Az erőmű 836 MW beépített teljesítménnyel rendelkezik, ez 2 db 100 MW-os és 3 db 212 MW-os beépített villamos teljesítményű energiatermelő blokkból tevődik össze. A blokkok fő egységei: gőzkazán, elektrofilter, gőzturbina, generátor, főtranszformátor, hűtőrendszer. Mind az öt kazán szénportüzeléses, kéthuzamú kazán, fél-szabadtéri kivitelű. A kazánokból kilépő füstgáz porleválasztását német LURGI-, ill. HEG-típusú elektrofilterek végzik. A pormentesített füstgáz további tisztítását a 2000 októberétől üzemelő füstgáz-kéntelenítő berendezés végzi. A keletkezett salak és pernye sűrűzagy formájában zagyterre kerül [37].

Bánhidai erőmű egy 100 MW-os blokkból áll, melynek fő berendezése a besugárzott tüztérű, szénportüzeléses, kétdobos kazán, ami 320 t/h kapacitással bír. Tüztere hatszög keresztmetszetű, amelynek nyolc szénporégőjét négy malom táplálja. Az 56 m magas kazánhoz Ljungström rendszerű levegő-előmelegítő és három fokozatú iker elektromos pernyeválasztó csatlakozik. A kazán begyújtása fűtőolajjal történik, amelyet 2 darab 100 köbméteres fekvőhengeres tartályban tárolnak. A Láng gyártmányú háromházas turbina közvetlenül a kazánból kilépő fűgőzvezetékhez csatlakozik [38].

Az oroszlányi szén erőmű négy blokkból áll, melyek 200 MW-os összteljesítményre képesek. A kazánok olajbegyújtású és szénportüzelésű, egy kazándobos, membránfalas kialakításúak. A kazánok egyenként 230 t/h névleges teljesítőképességűek. Az erőmű éves szénfelhasználása mintegy 1700 kt energetikai szén [38].

A kelenföldi erőmű energetikai szempontból hatékony, a környezetvédelmi követelményeket is kielégítő 136 MW villamos hőhasznosító blokkal üzemel [39].

Pécsen lévő erőmű 6 blokkal működik, összes teljesítménye 215 MW. Az legutóbbi rekonstrukciós átalakítások után, már nem csak szénnel, hanem biomasszával is tüzelnek. A VI-os blokk átalakításával biomassza tüzelésű blokkot hozottak létre, mintegy 50 MW kapacitással. A kazán teljesítménye 200 T/h, éves villamosenergia-termelése mintegy 340 GWh. Az éves tüzelőanyag-felhasználás 3800 TJ [40, 41].

Az Ajkán meglévő barnaszén tüzelésű erőműnél 2004-ben átalakítási munkák során alkalmassá tették a 11. és 12 kazánokat biomassza tüzelésre. A kazánok 100 t/h-s teljesítménnyel működnek, és az erőm vezetése 250 e tonna/év megújuló bioenergia felhasználását tűzte ki célul. Az erőműnek 3 blokkja van, amivel 100 MW teljesítményt tudnak elérni [40].

Tiszapalkonyon egy 116 MW kapacitású biomassza- és széntüzelésű erőmű van. A kazánátalakítások eredményeként a 3-as és 4-es kazán 100%-ban nagyon jó minőségű import feketeszén eltüzelésére képes. Szintén a technológiai váltásnak köszönhetően az 1-es és 2-es kazánban 100%-ban biomasszát tüzelnek el. A kazánok nagynyomású szénportüzelésű kazánok egyenként 125 t/h gőztermelési teljesítménnyel bírnak. A kondenzációs villamosenergia-

termelést 3 db 55 MW-os turbógép-csoport látja el. Jelenleg 60%-ban biomasszát, 30%-ban jó minőségű import feketeszenet és mintegy 10%-ban földgázt használ föl az erőmű [40].

A Berentén lévő erőmű 94 MW kapacitású biomassza- és széntüzelésű erőmű. Az átalakított kazánjainak biomassza felvevő maximális kapacitása 400.000 tonna/év, amely mintegy 330 GWh megújuló villamosenergia-termelésnek felel meg, de ezt meghaladó mennyiségű tüzelőanyag rendelkezésre állása esetén az erőmű a szükségnek megfelelően további kazánokat képes biomassza tüzelésre átállítani [40].

Továbbá meg kell említeni, hogy Szerencsen 2010-ben átadásra kerül egy biomassza erőmű, ami 50 MW kapacitással működne. Az éves tüzelőanyag fogyasztása 270 ezer tonna/év lesz [42].

Magyarország egyetlen kommunális hulladék égetőműve Rákospalotán található, ami 420 ezer tonnát tud termikusan hasznosítani. Az égetés során keletkező hőenergiából áramot és távfűtésre alkalmas meleg vizet állítanak elő.

Továbbá tervbe vették, hogy Inota-Várpalotán egy újabb hulladék égetőmű üzembe helyezését 2010-től, ami 100 ezer tonna/év kapacitással működne.

#### **8. táblázat** A stabilizált szennyvíziszap magyarországi termikus ártalmatlanítási lehetőségei

Telephely	Termikus ártalmatlanítás típusa	Teljesítmény [MW]	Tüzelőanyag [t/év]	Biomassza felhasználás		
				Éves kapacitás [t/év]	Maximális kapacitás [t/év]	Tervezett kapacitás [t/év]
Visonta	Szén	836	130000000	0	0	n.a.
Bánhida	Szén	100	n.a.	0	0	n.a.
Oroszlány	Szén	200	1700000	0	0	n.a.
Kelenföld	Szén	136	n.a.	0	0	n.a.
Pécs	Szén	165	n.a.	230000	1752000	n.a.
	Biomassza	50	230000			

\* A felhasznált mennyiség 60%-ban biomassza

n.a. nincs adat

8. táblázat A stabilizált szennyvíziszap magyarországi termikus ártalmatlanítási lehetőségei (folytatás)

Telephely	Termikus ártalmatlanítás típusa	Teljesítmény [MW]	Tüzelőanyag [t/év]	Biomassza felhasználás		
				Éves kapacitás [t/év]	Maximális kapacitás [t/év]	Tervezett kapacitás [t/év]
Tiszapalkony	Szén	116	n.a.	*	n.a.	n.a.
	Biomassza		n.a.			
Ajka	Szén	100	n.a.	250000	876000	250000
	Biomassza		250000			
Berente	Szén	200	n.a.	270000	400000	400000
	Biomassza		270000			
Rákospalota	Égetőmű	n.a.	420000	0	0	n.a.
Inota	Égetőmű	n.a.	100000	0	0	n.a.
Szerencs	Biomassza	n.a.	270000	0	0	n.a.

\* A felhasznált mennyiség 60%-ban biomassza

n.a. nincs adat



3. ábra A magyarországi termikus ártalmatlanítási telephelyek

Amennyiben a stabilizált iszapot nem csak ártalmatlanítani, hanem hasznosítani is szeretnénk, akkor erre lehetőség van az építőiparban. A továbbiakban mutatom be mindazon helyeket ahol erre hazánkban lehetőség mutatkozik. A 4. ábrán az országban való elhelyezkedésüket is feltüntettem.

A hazai cementtermékek előállítása jelenleg öt (Lábatlan, Beremend, Vác, Bélapátfalva, és Hejőcsaba), korszerű technológiával működő gyárban történik, melyek - igény esetén - nagyobb volumen előállítására is képesek. A magyarországi cementfelhasználás az utóbbi években lényegében stagnált, az egy lakosra jutó cement mennyisége 400 kg/fő\*év körül alakult. A hazai társaságok összességében mintegy tizenöt-húsz fajta, különböző felhasználói igényt kielégítő, megfelelő minőségű cementterméket állítanak elő.

A szárított szennyvíziszap cementipari hasznosítására, ártalmatlanítására egyetlen hazai referencia (Váci cementművek) adatai szerint a tüzelőanyag kiváltására 3%, klinker alapanyaghoz pedig 20% szennyvíziszapot hasznosíthatnak [43].

A már meglévő cementgyárak mellé 2010-től egy újabb gyár építését tervezik, mely várhatóan Nyergesújfalun kerül felépítésre.

A magyarországi cementgyártás termelését, és az általuk ártalmatlanított biomassa mennyiségét az 9. táblázatban foglaltam össze.

**9. táblázat** A magyarországi cementgyárak termelési adatai

Cementgyárak	Cement [millió t/év]	Biomassa felhasználás [t/ év]	
		Másod tüzelőanyag	Másodnyersanyag
Beremend	1,4	n.a.	n.a.
Vác	1	30000	
Hejőcsaba	1,8	6300	n.a.
Lábatlan	1,44		3000 papír iszap
Bélapátfalva	n.a.	n.a.	n.a.
Nyergesújfalu	Kivitelezés alatt	50000 (20000 szárított szennyvíziszap)	

n.a. nincs adat

A fentiek alapján több, mint 1 millió t/év mennyiségű szennyvíziszapot lehetne hasznosítani a cementgyártásban, a jelenlegi közel 40 ezer t/év-i mennyiség helyett.

Lehetséges megoldás mutatkozik a stabilizált iszap felhasználás a téglagyártásban, ahol külföldi példák alapján a nyersanyagban alkalmazható a helyszínen elégetett, stabilizált iszap hamuja, mintegy 20%-os bekeverési aránnyal. Ma Magyarországon 30 cég foglalkozik égetett agyag építőanyag gyártással. A cégek 46 gyárat üzemeltetnek, melyek közül a fontosabb téglagyárakat a 4. ábrán jelöltem. A magyarországi téglagyártás termelését a 10. és 11. táblázatba gyűjtöttem össze [44].

**10. táblázat** A magyarországi téglagyárak termelési adatai

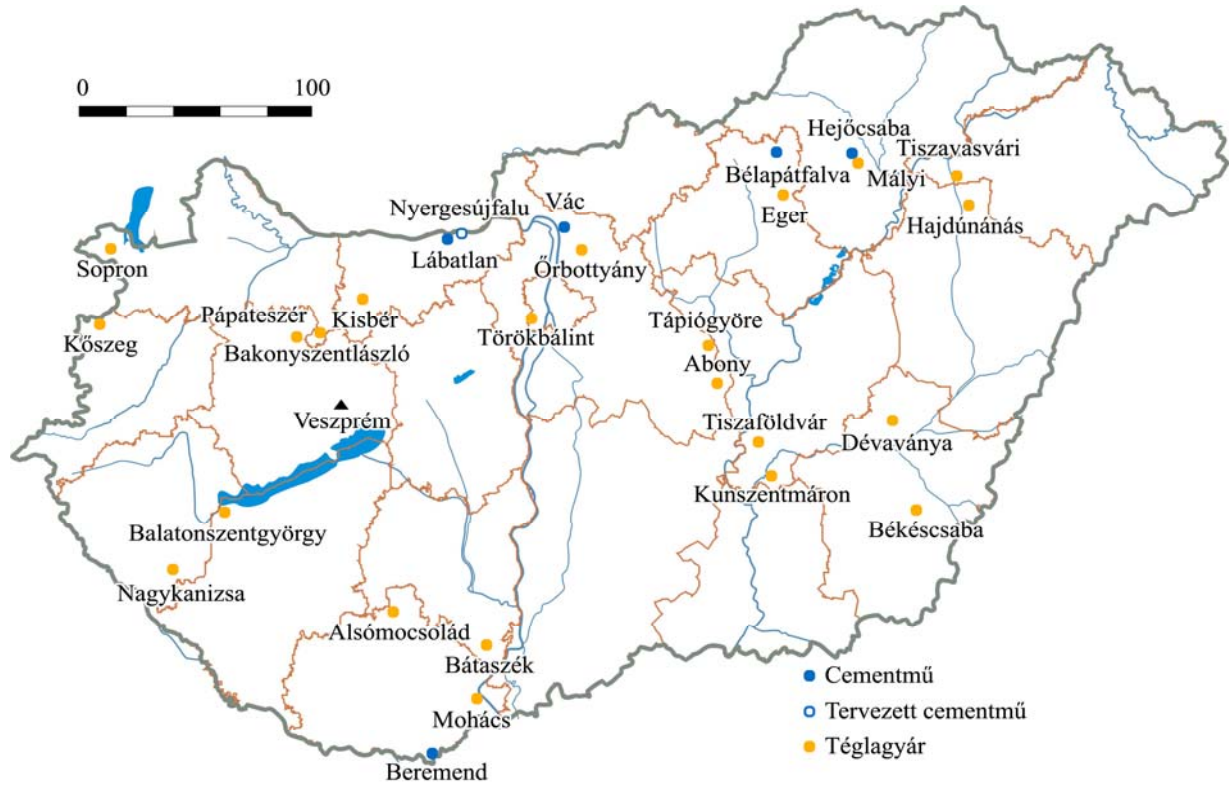
	<b>Gyártók [db]</b>	<b>Gyárak [db]</b>	<b>Termelt téglamennyisége [ezer t/év]</b>	<b>Termelt téglamennyiségi aránya [%]</b>
<b>Magyar Téglás Szövetség tagjai</b>	17	33	2215	82
<b>A nem tagok</b>	13	13	487	18
<b>Összesen</b>	30	46	2702	100

**11. táblázat** A 46 darab téglagyár 2004-2005. évi téglatermelése [44]

<b>Termék</b>	<b>Termelés [ezer db]</b>	
	<b>2004. év</b>	<b>2005. év</b>
<b>Kisméretű ill. kettős</b>	73502	67373
<b>Egyszerű blokk</b>	165359	73069
<b>Hő-takarékos</b>	132840	78417
<b>Hő-takarékos porózus</b>	907194	923566
<b>Válaszfal</b>	193160	193115
<b>Födém</b>	56271	54525
<b>Burkoló</b>	10534	9911
<b>Egyéb</b>	60642	13295
<b>Export</b>		126482
<b>Összesen</b>	1599502	1539743



A fentiek alapján mintegy 1-1,3 millió t/év mennyiségű szennyvíziszapot lehetne hasznosítani a téglagyártásban, a jelenlegi 0 t/év helyett.



4. ábra A magyarországi cementgyárak, és a fontosabb téglagyárak

### 2.3. A szárított szennyvíziszap termikus ártalmatlanításának lehetőségei

#### *Veszprém és környezetében*

##### Jelenlegi helyzet értékelése

A dolgozat célkitűzése Veszprém megyében keletkező szennyvíziszap teljes mennyiségének szárítása esetén keletkező iszap termikus ártalmatlanítási lehetőségeinek megvizsgálása. A megfelelő következtetések levonása érdekében a legfrissebb adatok begyűjtése, a helyzet értékelése után tehetőek meg a korrekt megállapítások. A legfrissebb publikus forrás

alapján [45] Veszprém megyében (12. táblázat) különböző kommunális szennyvíziszap mennyiségekkel és ártalmatlanítási megoldásokkal számolhatunk.

A jelenlegi helyzetben a kommunális szennyvíziszap előkezelése, kezelése egyes telepeken helyben történik, a többi esetben a szennyvíziszap a veszprémi, vagy mentshelyi komposztáló telepre kerül beszállításra, illetve hulladéklerakó telepeken kerül lerakásra. Mezőgazdasági hasznosításra az erre szakosodott vállalkozások szállítják el és végzik az iszap kihelyezését. A szennyvíz tisztítási tevékenység során keletkező szennyvíz iszapokat a közszolgáltatók (Bakonykarszt Rt., DRV Rt. és Pápai Víz- és Csatornamű Rt.) a keletkező szennyvíziszapokat 100 %-ban kezelik, jelentősebb mértékben komposztálják, kisebb mennyiségüket lerakással ártalmatlanítják.

A megye területén a települési szennyvíziszap 12. táblázatban látható része lerakással kerül ártalmatlanításra.

**12. táblázat** Veszprém megyében keletkező és ártalmatlanított kommunális szennyvíziszap mennyisége

	2002			2003		
	m <sup>3</sup> /év	t/év	t sz.a./év	m <sup>3</sup> /év	t/év	t sz.a./év
<b>Keletkező kommunális szennyvíziszap mennyisége</b>	42500	n.a.	6340	50000	n.a.	11800
<b>Vp. megye beszállított kommunális szennyvíziszap</b>	0	n.a.	0	0	n.a.	0
<b>Vp. megye kiszállított kommunális szennyvíziszap</b>	3500	n.a.	n.a.	3054	n.a.	n.a.
<b>Vp. megye területén hasznosított kommunális szennyvíziszap*</b>		17050			23000	
<b>Vp. megye területén elégetett kommunális szennyvíziszap**</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Vp. megye területén lerakással ártalmatlanított kommunális szennyvíziszap</b>	n.a.	25450	3797***	n.a.	27000***	4028

\* Anyagában történő hasznosítás

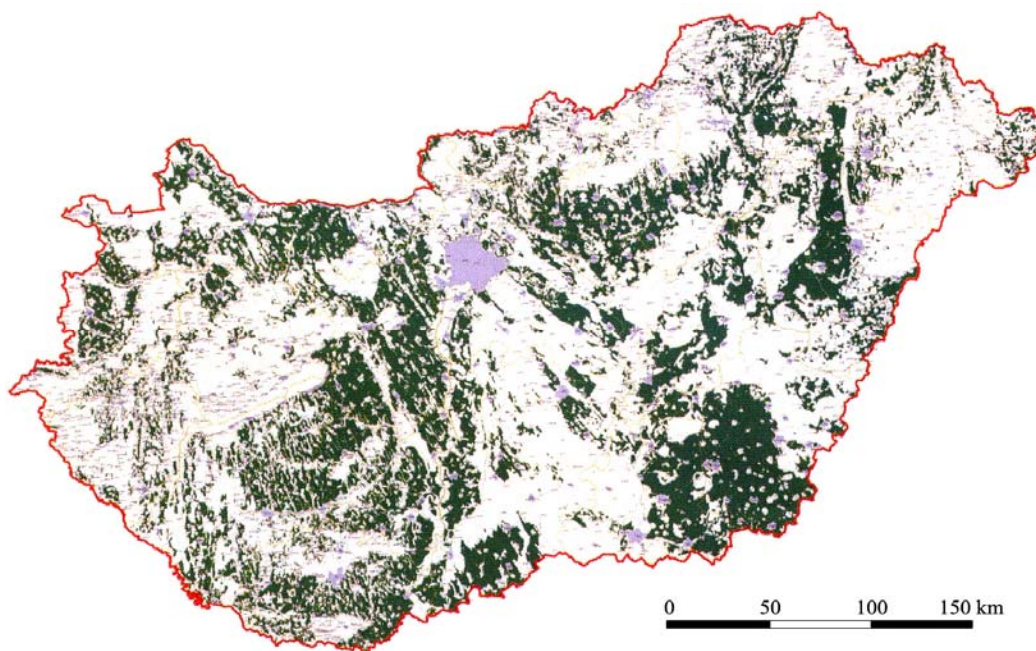
\*\* Energianyerés céljából végzett hasznosítás

\*\*\* A keletkező szennyvíziszap mennyisége sor alapján számított adat  
n.a. nincs adat

A 12. táblázatból világosan látszik, hogy a lerakással történő ártalmatlanítás teljes megszüntetése érdekében 2002-2003-as évben mintegy 3800-4000 t kommunális szennyvíziszap szárazanyag/év termikus ártalmatlanításáról kellett volna gondoskodni.

A csatornahálózatba bekötött települések számának növelésével párhuzamosan az ilyen technológiával ártalmatlanítandó szennyvíziszap mennyisége azonban várhatóan csak növekedett és növekedni is fog a jövőben.

A lerakással történő ártalmatlanítást a közeljövőben igencsak megnehezíti a 20/2006-os (IV. 5.) KvVM rendelet [30] mely alapján a B3 alkategóriájú lerakóban a kommunális szennyvíztisztító üzemek iszapjai, kizárólag 70% szárazanyag-koncentráció elérése után ártalmatlanítható lerakással. Ezért a mezőgazdasági hasznosítás melletti megfelelő megoldások kialakítása a jövő egyik nagy kihívása. Különösen igaz ez Veszprém megye területére, ahol a geológiai adottságok szűk mozgásteret engednek a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításának növelésére is. Az 5. ábrán látható, hogy a szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezése tekintetében Veszprém körzeténél lényegesen szerencsésebb geológia adottságokkal rendelkező területek is találhatóak. Az ábrán sötét színnel vannak jelölve mindazon területek ahol az adott régió geológiai adottságai és a valószínűsíthető jogszabályi megfelelések esetén kommunális szennyvíztisztító iszapja a mezőgazdaságban hasznosítható.



5. ábra Szennyvíziszap mezőgazdasági elhelyezésére alkalmas területek Magyarországon [46]

A fent valószínűsített trendeknek megfelelően számításaimat a 2002-2003-as év iszapmennyiségénél mintegy 20%-al nagyobb értékre, 5000 tonna/év szennyvíziszap szárazanyagra végeztem el.

## ***2.4. Számítási példa a Veszprém megyében keletkező szárított iszap termikus ártalmatlanítására***

A szárítás közelítő anyagmérlege a 7. *egyenlet* alapján adható meg.

$$m_{\text{végső}} = \frac{m_{\text{kiind}} [t \cdot \text{nedves} \cdot \text{tömeg}] \cdot * \cdot \text{szárazanyag} \cdot \text{tartalom}_{\text{kiind}} [\%]}{\text{szárazanyag} \cdot \text{tartalom}_{\text{végső}} [\%]} \cdot [t \cdot \text{nedves} \cdot \text{tömeg}] \quad (7)$$

A gyakorlati tapasztalatok alapján szárítás során mintegy 50-70%-os tömeg és mintegy 60-65% térfogatredukció érhető el [8,9]. Ennek megfelelően a kiindulási térfogathoz könnyen meghatározható a szolár szárítással stabilizált szennyvíziszap térfogata. A fenitek alapján az 5000 tonna szennyvíziszap szárazanyag/év mennyiség mintegy 13000-14000 m<sup>3</sup> szárított (60-65% szárazanya tartalmú) iszap termikus ártalmatlanítását igényli.

Számításaimnál kizárólag a termikus ártalmatlanításra alkalmas égetőművek, üzemek távolságát, technológiáját és kapacitásait vettem figyelembe, azonban a kialakult sorrendet a környezetvédelmi szempontok éppúgy befolyásolták, mint az 1.5. fejezetben rögzített, általam rögzített termikus ártalmatlanítási módszerek preferált sorrendje.

A 6.ábrán vizsgált távolságban (Veszprém 100-120 km-es vonzáskörzete) a meglévő, ismert kapacitások esetén a következő termikus ártalmatlanítási helyek jöhetnek szóba, kezdve a fenti szempontok szerint a legkedvezőbbnek ígérkezővel.

1. A legkézenfekvőbb megoldás a cementgyárban való ártalmatlanítás, hiszen ennek hazai gyakorlata, mellett a szennyvíziszap hőtartalmának termikus hasznosítása mellett, anyagában történő hasznosításról is beszélhetünk. Az általam meghatározott vonzáskörzetben Lábatlanon van cementgyár. A gyár esetében a felhasznált alapanyagok mennyiségéről nem állt rendelkezésemre érdemi információ, arra kizárólag a termelt cement mennyiségéből következtettem. A ki- és bemenő anyagmérleget közelítőleg

egyenlővé téve, egyértelmű, hogy minimálisan 1440 ezer tonna/év alapanyag szükséges a gyártáshoz. A gyakorlati tapasztalatok szerint a klinkerhez 20%-ban használnak fel másodlagos nyersanyagot, amit ha teljes egészében stabilizált szennyvíziszappal akarnánk ki váltani, az 288 ezer tonna/év-i mennyiségnek felelhet meg. Tehát megállapíthatom, hogy a fent leírt szárított szennyvíziszap mennyiség (5000 tonna szárazanyag/év, 13000-14000 m<sup>3</sup>/év) a Lábatlani cementgyárban minden további nélkül teljes egészében ártalmatlanítható.

Ilyen jelegű törekvések már vannak a gyárba, hiszen a Lábatlanon lévő papírgyártásból származó papíriszapot, mint másodnyersanyagot hasznosítják, de ez nem számottevő, kizárólag az adott körzet igényeit szolgálja ki. Az itt ártalmatlanított papíriszap mintegy 3 ezer t/év mennyiségű.

Azonban a cementgyártásnál a stabilizált iszap szóba jöhet, mint másodlagos tüzelő anyag. A magyarországi tapasztalatok szerint ez a mennyiség a teljes tüzelő anyag mennyiségének a 3%-át teszi ki. Ez a felhasználási mennyiség valószínűsíthetően nőni fog, ha figyelembe vesszük az Európai Unió gyakorlatokat, ahol ez 12%-ot tesz ki. A mostani gyakorlatban a cégcsoporthoz tartozó lábatlani és a hejőcsabai cementgyárakban 6,3 ezer tonna/év-i mennyiségű biomasszát alkalmaznak tüzelőanyag kiváltására.

A vonzáskörzeten belül fog majd elhelyezkedni a Nyergesújfalun épülő cementgyár, amely a terveik szerint a gyártás során 50 ezer tonna/év biomassza mennyiséget fog felhasználni, amiből 20 ezer tonna/év.-i mennyiség szárított szennyvíziszap lenne. Ezek után megállapíthatom, hogy a 2010-ben megépülő gyár is képes lehet fogadni a Veszprémben stabilizált iszap mennyiséget, ha annak mennyisége jelentősen nem növekszik az elkövetkezendő években.

2. A térségben egyetlen biomassza tüzelésű erőmű az ajkai, mely régen szénttüzelésű erőmű volt, de a 2004-es átalakításoknak köszönhetően a 11. és a 12. kazánokat átalakították biomassza égetővé. Ezek teljesítménye egyenként 100 t/h, ezek közül csak a 12-es kazánt alkalmazzák biomassza égetésre, a 11-es csak tartalékként működik. A kazán teljesítménye és a felhasznált biomassza típusa alapján éves szinten ez mintegy 876 ezer tonna biomasszának felel meg. Ezzel a mennyiséggel bőven teljesíthető a cég célkitűzése,

amely a 2005-ös évre 250 ezer tonna/ év-i mennyiséget irányzott elő. A biomassza égető nagy részében fát használ biomasszának, amit a környező erdőgazdaságoktól vásárol. Ennek ellenére úgy gondolom, hogy a Veszprémben stabilizált szennyvíziszapot (5000 tonna szárazanyag/év, 13000-14000 m<sup>3</sup>/év), amennyiben szükséges megtéve a szükséges technológiai módosításokat, mint energiaforrást könnyedén teljes egészében el lehetne égetni az erőműben.

3. A térségben két széntüzelésű erőmű működik. Az oroszlányi erőműben a 4 kazán egyenként 230 t/h órás teljesítménnyel üzemel. Az erőmű éves nyersanyag felhasználása 1700 kt energetikai szén. Számításaim eredményeként megállapíthatom, hogy a Veszprémben stabilizált szennyvíziszap mennyisége, ami jelenleg 5000 tonna szárazanyag/év, 13000-14000 m<sup>3</sup>/év, a teljesítmény adatok alapján részlegesen bekeverhetőnek tűnik az oroszlányi erőmű megfelelő kazánjába történő termikus ártalmatlanítás érdekében.

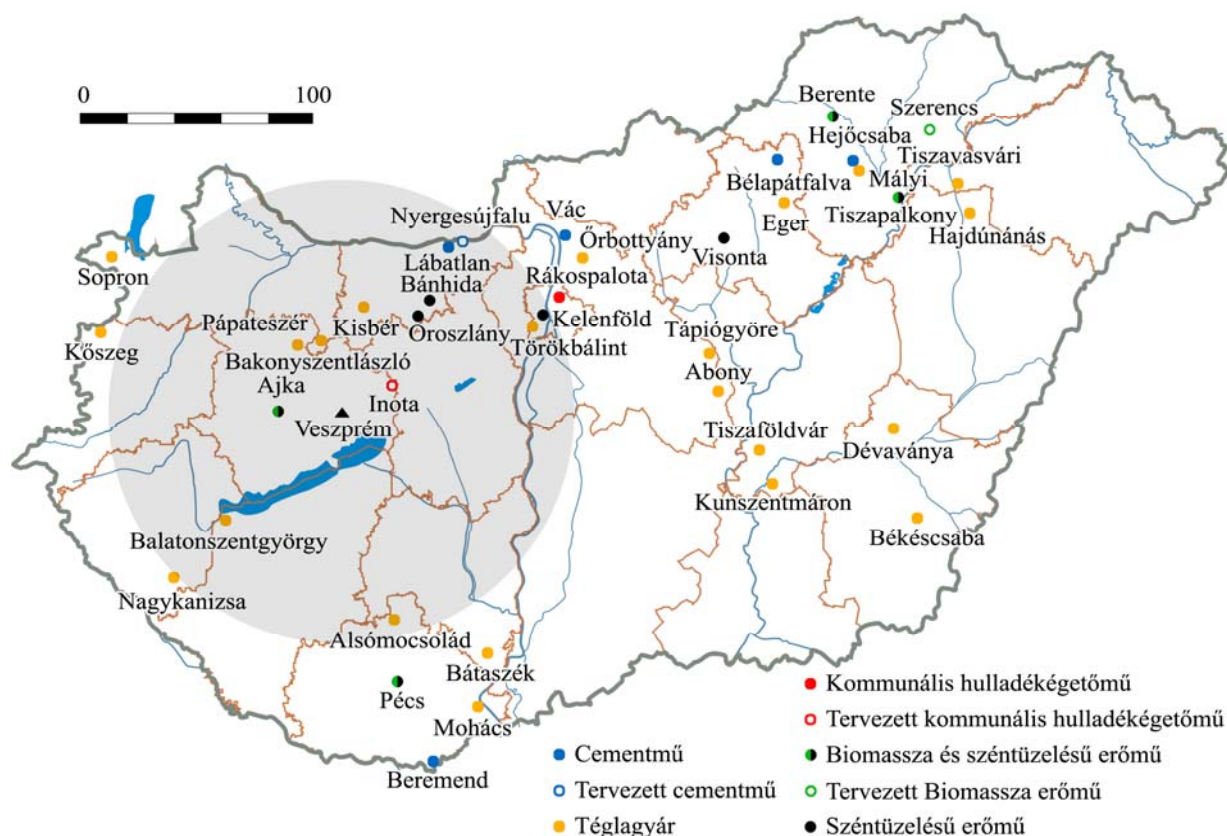
A bánhidai erőműben lévő kazán 320 t/h órás teljesítménnyel üzemel, ez éves szinten, ha az erőmű 100%-os kapacitással működne 2800 kt szént igényelne. A fentiekhez hasonlóan itt is megállapítható, hogy a Veszprém megyében keletkezett iszap mennyiség teljes egészében elégethető lehetne.

4. A magyarországi gyakorlatban még nem terjedt el a stabilizált szennyvíziszap, mint másodnyersanyagként való hasznosítása a téglagyártásban. De ahogy azt már korábban is bemutattam a világ számos részén kísérletek folynak az irányú ártalmatlanításra is. Ezek szerint, ha a téglagyártás nyersanyagába 20%-ba keverik bele a szennyvíziszap hamuját, a gyártott téglák minősége nem romlik.

A veszprémi vonzáskörzetben számos jelentős téglagyár van, ezek közül annak ellenére a legközelebbit választottam. A legközelebbi téglagyár Bakonyszentlászlón található, aminek éves gyártó kapacitása a magyar téglaiipar 7%-át adja. Ez éves szinten 189 ezer tonna előállított téglát jelent. Mivel a nyersanyag mennyiségéről nem áll rendelkezésre megfelelő adat, a termelt téglák mennyiségéből valószínűsítettem a felhasználás alapanyag mennyiségét. Ez alapján minimum 189 ezer tonna/év száraz nyersanyaggal számolhatok. Ha ennek a 20%-át pótolhatjuk stabilizált szennyvíziszappal, akkor ez 37,8 ezer tonnának

felel meg éves szinten. Tehát megállapítható, hogy a Veszprémben keletkezett stabilizált iszap égetése után keletkező hamu itt is teljes egészében ártalmatlanítható és hasznosítható.

- Jelenleg Veszprém közelében Inotára tervezik hulladék égetőmű építését, amely a tervek szerint 2010-től kezdené meg működését, mintegy 100 ezer tonna kommunális hulladék égetési kapacitással. A települési hulladékkal való együttégetési gyakorlatában a nemzetközi tapasztalatnak megfelelően a felhasználható szárított iszap mennyiség 15-20% [43], ez 15-20 ezer tonna szárított iszap mennyiséget jelenten éves szinten. Megállapíthatom, ha a keletkező, és ártalmatlanítandó iszap mennyisége jelentősen nem változna Veszprém megyében, akkor az Inotán épülő hulladék égetőmű is, alkalmas annak ártalmatlanítására.



**6. ábra** Veszprém 100 km-es vonzás körzetében található termikus ártalmatlanítási lehetőségek

A preferált termikus ártalmatlanítási lehetőségek közül elsőnek a magyarországi gyakorlatban is megtalálható megoldást választottam ki. A felállított sorrend további alapja az

volt, hogy az adott technológia nemzetközi gyakorlatában mennyire elterjedt a szennyvíziszap felhasználása, és az eseteleges kibocsátási anyagáramok tovább terheli-e a környezetet. E sorrend alapján megállapíthatom, hogy 5000 tonna szárazanyag/év szárítással stabilizált iszap ártalmatlanítására, hasznosítására a Lábatlani Cementgyár tűnik a legalkalmasabbnak. Ha erre nem lenne lehetőség akkor a fejezetben említett helyszínek, és technológiák egyedileg is alkalmasak lennének a szárított iszap teljes mennyiségének fogadására.



## Összefoglalás

Napjainkban a szennyvíztisztítás során keletkező szennyvíziszap növekvő mennyiségének ártalmatlanítása, illetve hasznosítása világ szerte komoly feladatot jelent mind a mérnökök, mind pedig a kutatók és a gazdaság egyéb szereplői számára. Ennek megfelelően számos érdekcsoport, az általuk preferált alternatívát támogatva keresi a Magyarországon hosszú távon megoldatlannal látszó nagy mennyiségű szennyvíziszap hasznosítási, ártalmatlanítási lehetőségeit.

Diplomadolgozatomban a szennyvíziszapok ipari gyakorlatban elterjedt stabilizációs technológiát gyűjtöttem össze, továbbá a stabilizált szennyvíziszap ártalmatlanításának, és hasznosításának hazánkban még nem kimondottan elterjedt, de más országok gyakorlatában már működő alternatív megoldásokat részleteztem. A szennyvíziszapok lehetséges hasznosítási, ártalmatlanítási megoldásait szabályozó főbb jogszabályok nyújtotta keretek megismertetése után a Veszprém megyében keletkező szennyvíziszapok esetleges szárítással történő stabilizálása után keletkezett iszap termikus ártalmatlanításának lehetőségeit kívántam megvizsgálni. Vizsgálataimat egy Veszprém centrummal kialakított 100-120 km-es körzetben végeztem.

A mintegy 15-20%-os száraanyag tartalmú centrifugált szennyvíziszapok szárításával közel 60-65%-os száraanyag-, és mintegy 50%-os térfogat redukció érhető el. Ennek hatására lényegesen csökkenthető a tárolási és szállítási költségek.

Az általam behatárolt területen a becsléssel meghatározott mintegy 5000 tonna száraanyag/év kommunális szennyvíziszap Veszprémi központtal történő esetleges szárítása után a következő termikus ártalmatlanítási, és hasznosítási lehetőségeket találtam. Az általam elsődlegesen preferált lehetőség a Látatlani Cementgyárban való hasznosítás lenne, akár mint alternatív nyersanyag, akár mint másodlagos tüzelőanyag. A cementgyár olyan kapacitással üzemel, hogy a keletkezett stabilizált iszap itt teljes mennyiségben felhasználható lenne. A következő megoldás az Ajkai Erőmű biomassza tüzelésű kazánjaiban való elégetés, mert az iszapnak olyan fűtőértékkel bír, hogy nem igényel többlet energiát, mivel égése önfenttartó. A harmadik lehetséges megoldás az Oroszlányi, vagy a Bánhidai Erőművekben való termikus ártalmatlanítás. Ezek az erőművek olyan nagy kapacitású széntüzelésű erőművek, hogy ezáltal nem okozhatna gondot az évi 5000 tonna iszap száraanyag elégetése is. Lehetséges

megoldásként szerepel a Bakonyszentlászlói Téglagyárban másodlagos nyersanyagként való hasznosítás, bár az ilyen jellegű felhasználásra Magyarországon még gyakorlati tapasztalat nincs. Legutolsó variációként pedig a várhatóan a 2010-es évtől üzemelő az Inotai hulladékégető művet jelöltem meg, amely megépülése esetén szintén képes lesz majd fogadni a kezelni kívánt szárított szennyvíziszapot.

A dolgozat, elméleti oldalról kívánja megvilágítani a szennyvíziszap termikus ártalmatlanítási problémáit. A probléma gyakorlati megoldását nemcsak elméleti oldalról segítő anyag elkészítéséhez, azonban az általam bemutatott cégektől pontos információkat kell bekérni. Az üzemi bemenő anyagáramok, a termelési kapacitások, illetve a helyi biomassza hasznosítási tervek, célkitűzések adataiból naprakész, részletes gazdaságossági számításokon alapuló tanulmány készíthető. A számítások segítségével, pedig a szennyvíztisztítókat üzemeltetők eldönthetnék, hogy mely területeken valósítható meg a szennyvíziszapok gazdaságos, környezetkímélő termikus ártalmatlanítása.

## Irodalomjegyzék

- [1] Kárpáti Árpád (2002) *Eleveniszapos szennyvíztisztítás Fejlesztésének irányai*, Veszprémi Egyetem
- [2] Tömösy Pál (2004) *Víztisztaságvédelem-Szennyvíztisztítás*, Budapesti Műszaki Egyetem, Oktatási segédlet, Budapest (<http://www.vegyelgep.bme.hu/main.php?folderID=843>, 2007. március 11.)
- [3] 50/2001 (IV.3.) Kormányrendelet *A szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól rendelkezik*
- [4] 23/2003 (XII.29.) Kormányrendelet *A biohulladék kezeléséről és a komposztálás műszaki követelményeiről rendelkezik*
- [5] Kárpáti Á., Thury P. (2004) *Szennyvíziszap termelése és hasznosításának lehetősége*, Veszprémi Egyetem, Oktatási segédlet, 9. Füzet, 82-92 old.
- [6] Rendesné Sebő Gabirella (2003) *Iszapstabilizálás a különböző szennyvíziszap kezeléseknél*, Veszprémi Egyetem, Tanulmány gyűjtemény, 8. Füzet, 86-95 old.
- [7] Horváthné Király V., Kiss Zs., Kárpáti Á. (2002) *A szennyvíziszap komposztálásának lehetősége és nyílt rendszerű kialakítása*. Tanulmány gyűjtemény, 5. Füzet, Veszprémi Egyetem, KmKTT, Összeállította Kárpáti Á., 60-85.
- [8] Radács A., Horváth A., Thury P., Kárpáti Á. (2004) *A Nap energiájával történő iszapszárítás tapasztalatai Veszprémben*, XVIII. Országos Környezetvédelmi Konferenciára és Szakkiállítás, Siófok, Konferencia kiadvány 22-27. old.
- [9] Kárpáti, Á. (2003) *Szennyvíziszap szárítása napenergia segítségével - Egy tanulmányút tapasztalatai*, VÍZMŰ Panoráma, XI évf. (2003/2. különszám) 33-40.
- [10] Alexa László, Dér Sándor (1998) *A komposztálás elméleti és gyakorlati alapjai*, Bio-Szaktanácsadók Bt., Gödöllő
- [11] Kárpáti Árpád, Thury Péter (2004) *Szennyvíziszap termelése és hasznosításának lehetőségei* VÍZMŰ Panoráma, 2004, XII. (4) 19-24 old.
- [12] Thury P., Kárpáti Á. (2004) *Az iszaphozam számítása az eleveniszapos szennyvíztisztításnál*, MASZESZ hírcsatorna, máj.-jún., 14-18. old.

- [13] Thury P., Pásztor I. (2004) *Szennyvíziszap termelése és hasznosításának lehetőségei*, XXII. Országos Hidrológiai Vándorgyűlés, Keszthely, Konferencia cd-kiadvány 5. szekció/5. előadás
- [14] Vermes László (2005) *Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás*, Mezőgazda Kiadó, 143-168 old.
- [15] Bolczek Veronika, Pálvölgyi Tamás (2006) *Fenntartható hulladékgazdálkodás és környezetkímélő cementgyártás: lehet-e alternatív tüzelőanyag a települési szennyvíziszap?*, Építőanyag 58. évf. 2006. 1. szám
- [16] Bánhegyi Tóth Ágnes (2002) *Téglagyártás szennyvíziszap hamujából* Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest  
([www.info.omikk.bme.hu/mgkszfull/hullad/2002/2002\\_9/pdf/0907.pdf](http://www.info.omikk.bme.hu/mgkszfull/hullad/2002/2002_9/pdf/0907.pdf), 2007. március 21.)
- [17] Öllös Géza (1991) *Csatornázás és szennyvíztisztítás I-II.*, Aqua Kiadó, 1042-1062 old.
- [18] Barna Györgyné (2002) *Szennyvíziszap értékesítése termokémiai eljárással-eltávolítás* Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest  
([http://www.info.omikk.bme.hu/mgkszfull/hullad/2002/2002\\_12/pdf/1204.pdf](http://www.info.omikk.bme.hu/mgkszfull/hullad/2002/2002_12/pdf/1204.pdf), 2007. március 22.)
- [19] Leskó Gábor (2005) *Az együttégetés klinkergyártási technológiára gyakorolt hatásai és azok minimalizálási lehetőségei*, Építőanyag 57. évf. 2005. 5. szám
- [20] 16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet *A hulladékok jegyzékéről rendelkezik*
- [21] 98/2001. (VI. 15.) Korm. rendelet *A veszélyes hulladékokkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről rendelkezik*
- [22] 2003. LXXXIX törvény *A környezetterhelési díjról*
- [23] 86/278/EEC *Európai Unió szabályozás a szennyvíziszapról*
- [24] Szilágyi A. János (2004) *Az úthálózat mindent elnyel*, Hulladéksors 2004. október 5. old
- [25] Szabó Gábor (2007) *Salakhintés*, HVG, 14. szám 2007. április 7. 67-68. old
- [26] 208/2003. (XII. 10.) Korm. rendelet *A szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól szóló 30/2001.(IV.3.) Korm. rendelet módosításáról*
- [27] 49/2001 (IV. 3.) Korm. rendelet *A vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről*

- [28] 50/2003 (V.9.) FVM rendelet *A terménővelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról szóló 8/2001. (I. 26.) FVM rendelet módosításáról*
- [29] 1996. évi LIV. törvény *Az erdőről és az erdő védelméről, egységes szerkezetben a végrehajtásáról szóló 29/1997. (IV. 30.) FM rendelettel*
- [30] 2001. évi CX. törvény (VET) *a villamos energiáról, egységes szerkezetben a végrehajtásáról szóló a 180/2002 (VII.23.) Korm. rendelettel*
- [31] 180/2002. (VIII. 23.) Korm. rendelet *A villamos energiáról szóló 2001. évi CX. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról*
- [32] 56/2002. (XII. 29.) GKM rendelet *Az átvételi kötelezettség alá eső villamosenergia átvételének szabályairól és árának megállapításáról*
- [33] 3/2002. (II. 22.) KöM rendelet *A hulladékok égetésének műszaki követelményeiről, működési feltételeiről és a hulladékégetés technológiai határértékeiről*
- [34] 20/2006. (IV.5.), KvVM rendelet *A hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről*
- [35] [www.hik.hu/tankonyvtar/site/books/b108/ch02s06s01s02.html](http://www.hik.hu/tankonyvtar/site/books/b108/ch02s06s01s02.html), 2007. május 10.
- [36] [www.hik.hu/tankonyvtar/site/books/b108/ch06s10s02.html](http://www.hik.hu/tankonyvtar/site/books/b108/ch06s10s02.html), 2007. május 10.
- [37] <http://www.mert.hu>, 2007. május 12.
- [38] <http://www.vert.hu/vert.eromuigazgatosag.html>, 2007. május 12.
- [39] <http://www.bert.hu/doc.asp?id=56&lang=hu>, 2007. május 12.
- [40] [http://www.biomasszaeromuvek.hu/bemutakozunk/alapito\\_tagok](http://www.biomasszaeromuvek.hu/bemutakozunk/alapito_tagok), 2007. május 12.
- [41] <http://www.pannonpower.hu/>, 2007. május 13.
- [42] <http://www.bhd.hu/eromu.html>, 2007. május 13.
- [43] <http://www.mcsz.hu/>, 2007. május 13.
- [44] <http://www.teglapont.hu/index.html>, 2007. május 13.
- [45] Veszprém megye hulladékgazdálkodási terve (2004)
- [46] Anton Attila, Uzinger Nikolett (2007) *A szennyvíziszap elhelyezése, hasznosítása*, Környezetvédelem XV. évfolyam 2. szám 2007. április 18-19. oldal