ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Fenntartható hulladékgazdálkodás és környezetkímélő cementgyártás: lehet-e alternatív tüzelőanyag a települési szennyvíziszap?¹

Bolczek Veronika – Pálvölgyi Tamás

Magyar Cementipari Szövetség

mcsz@mcsz.hu

Sustainable waste management and environmentfriendly cement-manufacturing, use of communal sewage for fuel in the cement industry

Cement production demands large amounts of energy. The European cement industry has been increasingly substituting, for many years, natural resources with various alternative fuels, recovered from selected industrial by-product. Various waste streams suitable to cement production in terms of certain criteria (process, environment, product quality and health and safety), in order to be able to supply the society needs in a sustainable way.

In the first part of the article the Hungarian waste management

and the status of sewage sludge have been shown. The different energy-related utilizations of sludge are also compared. The use of alternative fuels in cement manufacture has many advantages for environment, society, economy and industry; so the possibility of cement industrial utilization always has to be taken into account when choosing among the waste-treatment procedures. There are some critical parameters of the burning of sewage sludge (such as high emission, heavy metals content, etc.), but if these problems are solved, then cement production can get away from large amount of sewage sludge in an environment sound way.

Finally, some conclusions have been made about the Hungarian situation in the field of sewage sludge recycling.

1. Bevezetés

Környezetvédelem és versenyképesség – fejlődő gazdaságunkban gyakran ellentétbe állított fogalmak. Mégis mind szélesebb körben nyer teret az a nézet, hogy az ipar tartós és fenntartható fejlesztése csak oly módon képzelhető el, ha a termelés versenyképességét a környezet védelmének keresztül valósítjuk meg. Ennek egyik gyakorlati alkalmazási lehetősége, ha két különböző technológia anyagáramait összekapcsoljuk: azaz, ha az egyik termelési folyamatban feleslegessé váló anyagokat egy másik termelési folyamatban hasznosítjuk. Jelen elemzés keretei között azt vizsgáljuk, hogy a hulladékgazdálkodás egyik egyre növekvő mennyiségben keletkező „felesleges” mellékterméke, a települési szennyvíziszap milyen módon válthatja ki a környezetszennyező és klímakárosító fosszilis energiahordozókat a cementgyártás során. Vizsgáljuk a települési szennyvíziszap ártalmatlanításának hulladékgazdálkodási jelentőségét, majd összehasonlító elemzést mutatunk be az energetikai hasznosítási lehetőségekre. Végül részletezzük a települési szennyvíziszap cementgyártási hasznosításának előnyeit és akadályait.

2. A települési szennyvíziszap hulladékgazdálkodási jelentősége

A 2000. évi XLIII. sz. törvény a hulladékgazdálkodásról a környezet, az emberi egészség védelme és a fenntartható fejlődés biztosításának érdekében fogalmaz meg különböző előírásokat. Az elsődleges célként megjelölt megelőzést, illetve minimalizálást követően az egyes technológiákban keletkezett hulladékok más technológiában való alkalmazását írja elő a fent említett jogszabály és az Országos Hulladékgazdálkodási Terv (2000) egyaránt. Ezen utóbbi meghatározás alatt *elsősorban az anyagában, másodsorban az energiavisszanyerés formájában, alternatív tüzelőanyagként való hasznosítás értendő.* Az energetikai hasznosításra több tevékenység is lehetőséget nyújt, számos ipari létesítmény, pl. erőművek, kohászat, az egyes szilikátipari technológiák (tégla-, illetve a cementgyártás) alkalmas bizonyos, a technológia által előírt követelményeknek megfelelő hulladékok alternatív tüzelőanyagként való alkalmazására.

A szennyvíziszap fogalma úgy határozható meg, hogy az a szennyvízkezelés során kiválasztott, nagy víztartalmú

¹ Készült az SZTE 2005. évi Diplomadíj Pályázatán díjazott diplomamunka alapján.

A szennyvíziszap általános összetétele
The general composition of sewage sludge

Hasznosítható anyagok	Iszapvíz	szabad vagy könnyebb eltávolítható iszapvíz (70%)
		kapillárisvíz (20%)
		pehelyrészcscék nedvességtartalma (2%)
		sejtben kémiaiilag kötött víz (8%)
	Aprított, őrölt ásványi részecskék	finom és durva homok
		egyéb szemcsés anyagok
	Szerves anyagok	széntartalmú maradék anyagok
	Tápanyagok	N
		P
		K
Hasznosítást gátló anyagok	Nyomelemek	fémek, szerves vegyi
		nehézfémek (Cd, Pb, Hg, Cu, Ni, Zn, Cr)
	Mérgező elemek	egyéb toxikus anyagok (As, Mo, Se stb.)
		baktériumok
		vírusok
	Patogének	paraziták

hulladék. A települési szennyvizek tisztításából keletkező szennyvíziszap a települési szerves hulladék körébe tartozik. A keletkezés helyét tekintve tehát két fő csoport határozható meg, a kommunális szennyvíztisztítás során keletkező, illetve az ipari eredetű szennyvíziszapok. Az utóbbi fogalomkörbe tartozó szennyvíziszapok kezelése meglehetősen bonyolult, hiszen összetételük teljesen eltérő, iparág-specifikusnak mondható, éppen ezért e hulladéktípus részletes tárgyalásától ezen elemzés keretében eltekintünk.

A települési szennyvíziszap egyre nagyobb mértékű keletkezése – hazánkban évente több mint 1 millió tonna – napjaink egyik legjelentősebb környezeti problémája. Jelenleg ipari hasznosítása nem megoldott, csak kísérleti

próbálkozások vannak rá (pl. téglagyártásban). A mezőgazdaságban való hasznosítása pedig csak korlátozott mértékben mehet végbe az egyre szigorodó európai uniós szabályozások miatt. Éppen ezért érdemes más hasznosítási módok után kutatni, mégpedig annak érdekében, hogy minél kevesebb mennyiség kerüljön deponálásra. Ekkor jöhet szóba a fosszilis energiahordozókat kiváltó (alternatív) tüzelőanyagként való hasznosítás lehetősége.

A szennyvíziszap összetételét vizsgálva (1. táblázat) két fő alkotócsoporthatározhatunk meg, hasznosítható, illetve hasznosítást gátló összetevőket. E két csoport közül nyilvánvalóan a másodikra kell nagyobb figyelmet fordítani, hiszen az itt található alkotóelemek akadályozhatják a szennyvíziszap bármilyen hasznosítását (pl. nehézfémek). Éppen ezért fontos a keletkező szennyvíziszap összetételének alapos vizsgálata a megfelelő hasznosítási, ártalmatlanítási eljárás kiválasztása előtt. A szükséges vizsgálatok elvégzését, illetve a különféle kezelési folyamatokat (pl. iszapsűrítés, kondicionálás, szárítás stb.) követően a 1. ábrán látható hasznosítási és/vagy ártalmatlanítási technológiákra nyílik lehetőség.

Bár megbízható statisztikák a hazánkban keletkező szennyvíziszapok mennyiségére és összetételére nem léteznek, a Nemzeti Települési Szennyvíz-elvezetési és -tisztítási Megvalósítási Program szerint azonban Magyarországnak rövid idő alatt meg kellene háromszoroznia szennyvíztisztító telepeinek a számát, mialatt a tisztítókapacitás 2,5-szeresére növekszik. Ebből fakadóan a keletkező szennyvíziszap mennyisége is többszörösére nő. A 2. táblázat szemlélteti a szennyvíziszap keletkező, illetve a várható mennyiségét.

Jól látható, hogy a lehetséges kezelési módok között meglehetősen nagy részarányt képvisel a lerakás mint ár-

1. ábra. A szennyvíziszap lehetséges hasznosítási, illetve ártalmatlanítási eljárásai

The potential utilization and disposal methods of sewage sludge

2. táblázat

A képződő és várható hulladékmennyiségek, illetve kezelési módok az Országos Hulladékgazdálkodási Terv (2000) szerint
The occurring and expectable amount of sewage sludge, and the typical treatment methods in a pursuance of National Plan for Waste Management (2000)

Hulladék típusa		Települési szennyvíziszap (millió t/év)
Képződő mennyiségek (millió tonna)	1990	0,3
	1995	0,4
	2000	0,7
Várható mennyiségek (millió tonna)	2005	1,1
	2008	1,5
Kezelés módja (%)	Hasznosítás	40
	Lerakás	50
	Égetés, egyéb ártalmatlanítás	10

talmatlanítási megoldás. Ezt a mennyiséget mindenképpen csökkenteni kell, mivel 2005. június elseje óta a szennyvíziszap kezelés nélküli lerakása tilos a 22/2001. (X. 10.) KöM rendelet értelmében. A mezőgazdasági alkalmazás szintén nagy számban van jelen, de a korábban már említett szigorodó szabályozások meglehetősen csökkenthetik ezt a mennyiséget. Ez azonban mégsem jelenti a mezőgazdasági hasznosítás háttérbe szorulását, hiszen rengeteg technológia tartozik ehhez a területhez (pl. komposztálás, rekultiváció stb.), illetve számos új eljárás van jelenleg is kutatási fázis alatt (pl. fitoextrakció).

3. Települési szennyvíziszap energetikai hasznosításának lehetőségei – előnyök, hátrányok

A szennyvíziszap energetikai hasznosítása során nemcsak az iszap energiatartalma hasznosul, hanem egyben a hulladék

ártalmatlanítása is megoldódik. A technológia folyamán az alábbi három fő szempontra kell különös figyelmet fordítani:

- a szennyvíziszap magas hamutartalommal (~ 40–50%) rendelkezik, így az égetés során keletkező salak megfelelő ártalmatlanítását biztosítani kell;
- magas emisszió közvetlenül az égetőtér után (HCl, HF, CO₂, NO_x, SO₂, dioxin, VOC, nehézfémek, por), ezek miatt a megfelelő füstgáztisztítási rendszer kiépítéséről gondoskodni kell;
- „bűz”-hatás megakadályozása (főleg a tárolás során).

Az égetés történhet kizárólag szennyvíziszap égetésére létesült erőműben (monoégetés), illetve együttégetéssel kőszén- vagy baranzsenerőműben, cementgyárban és kommunális hulladékot égető műben. A 3. táblázat szemlélteti ezeket a fő technológiákat és néhány fontosabb sajátosságait. Ha az egyes hasznosítási, illetve ártalmatlanítási eljárásokat a környezeti elemekre gyakorolt hatásaiak szerint vizsgáljuk egy 0-tól 5-ig terjedő skála szerint (0 – nincs hatással; 5 – toxikus, veszélyes hatás), akkor a 4. táblázat által mutatott eredményeket kapjuk.

Alternatív tüzelőanyag hasznosítása a cementgyártás során

A 3. és 4. táblázatok alapján látható, hogy a cementipari feldolgozás környezeti szempontból kimondottan előnyös megoldást nyújthat a szennyvíziszap hasznosítására, mivel ez az eljárás rendelkezik a legcsekélyebb környezetre káros hatásokkal. Ennek fő oka, hogy ezen technológia során csak minimális mennyiségű szennyező anyag keletkezik, hiszen szinte minden beépül a klinkerbe.

A cementgyártási technológia folyamán a magas hőmérséklet létrehozására és fenntartására különféle energiahordozókra van szükség (ügymint: szén, földgáz, fűtőolaj). A nem megújuló (fosszilis) energiaforrások azonban végesek, és ezért egyre drágábbak, ami arra ösztönözte a fejlett országok cementiparát világszerte, hogy a hagyományos cementgyártási mód helyett új, alternatív tüzelőanyagokat

3. táblázat

Szennyvíziszap termikus hasznosítására alkalmas eljárások jellemzői
The properties of different technologies, which are suitable for using sewage sludge as energy source

	Füstgáztisztítás	Energiahasznosítás	Maradékanyag-felhasználás	Szennyvíziszap-kondicionálás			Probléma
				Víztelenített	Rész. szárított	Telj. szárított	
Szennyvíziszap-erőmű (monoégetés)	3	1 (?)	1 (?)	?	X	?	primer energia szükséges, magas költségek
Szénerőmű	2	3	2	X	?	X	szárítási kapacitási korlátok
Cementgyár	1	3	3	—	—	X	drága szárítás, Hg-, ill. P-tartalom
Hulladékégető-mű	3	1	0	X	X	X	tökéletes égés

0: jelentéktelen

5: kiemelt jelentőségű

Települési szennyvíziszap esetleges kezelési módjainak környezeti szempontú összehasonlítása
Comparative environmental assessment of sewage sludge treatment methods

Települési szennyvíziszap kezelési lehetőségei		Környezeti terhelések						
		Talaj	Levegő	Víz	Élővilág	Emberi egészség	Táj	Globális környezet
Termikus hasznosítás	Szennyvíziszap-erőmű (monoégetés)	4	3	1	3	3	2	3
	Szénerőmű	4	3	1	3	3	2	3
	Cementgyár	0	2	1	1	1	2	3
	Hulladékégető-mű	4	3	1	3	3	2	3
Mezőgazdasági hasznosítás		3	1	3	3	3	1	1
Lerakás		4	1	2	2	2	3	2

keressenek, amelyek nem csupán gazdaságosak, hanem környezetvédelmi szempontból is jobb helyzetet teremtenek. Mind több kutatás, illetve gyakorlati alkalmazás támasztja alá, hogy a cementgyártási technológia kiválóan alkalmas számos hulladékfajta alternatív tüzelőanyagként való hasznosítására még hozzá anélkül, hogy a *klinker-, illetve cementgyártási folyamat során a szennyezőanyag-kibocsátás bármi módon is növekedne, és a cement minősége romlana*. Ennek oka a technológiában keresendő, hiszen a cementgyártás folyamán számos, hulladékégetés szempontjából kedvező körülmény alakul ki, mint pl.:

- *hosszú tartózkodási idő*. Az égéstermékek tartózkodási ideje a kemencében 10 s körül van, ezen belül a 1100 °C feletti térben kb. 5–7 s, 850 °C felett kb. 10 s;
- *magas hőmérséklet*. Az ún. zsugorító zónában az anyag hőmérséklete eléri a 1400–1450 °C-ot (a láng hőmérséklete itt ~ 2000 °C);
- a magas hőmérséklet és hosszú tartózkodási idő a hulladékégetésre vonatkozó legszigorúbb követelményeknek való megfelelő feltételeket biztosít. A magas hőmérséklet és a nagy turbulencia biztosítja még a legstabilabb *szerves vegyületek hatékony lebomlását is*;
- *oxigénfelesleg* lesz, a távozó füstgáz O₂-tartalma nagyobb, mint 6 tf %;
- a klinkerképződés folyamatában kialakul egy erősen bázikus és oxidatív közeg, amely ideális a távozó *füstgázok káros anyagának a megkötésére*. Ezzel magyarázható, hogy a cementgyári emissziók mértéke – gyakorlati alkalmazási viszonyok között – alig függ az alkalmazott tüzelőanyagtól, csak a nyersanyagban található illó komponensek függvénye.

Az egységes hatósági megítélés, az engedélyezési eljárás egyszerűsítése, meggyorsítása, a társadalmi elfogadás elősegítése érdekében számos országban (Németország, Svájc stb.) bizottságokat (pl. BUWAL²) hoztak létre, amelyek a szakértők által kidolgozott műszaki irányelveket és az iparágban hasznosításra javasolt hulladéklistát – az ún. pozitív listát – megvitatták és jóváhagyták.

A cementgyártásnál felhasznált alternatív anyagokkal szemben a legfontosabb követelmény, hogy a komponensei olyanok legyenek, hogy az égetéskor keletkezett hamu ugyanolyan összetevőket tartalmazzon, mint a klinker, tehát ne legyen többletszennyezés és többletkibocsátás (2. ábra). Kizáró ok lehet azonban valamely komponens károsan magas koncentrációja, illetve az anyag veszélyes tulajdonsága, pl. robbanásveszélyesség és radioaktivitás, bűz. Az alternatív tüzelőanyagokat szemléltető ábrán többek között a szennyvíziszap is felfedezhető, felhasználását esetleg a benne lévő alkotók (főleg a foszfor és nehézfém-tartalom) korlátozhatják, mivel a klinker, illetve a cement minőségét ezekkel nem szabad károsan befolyásolni.

2. ábra. A cementklinker és az alternatív anyagok kémiai összetétele
Chemical composition of cement clinker and alternative materials

4. Következtetések

Hazánkban jelenleg még kevés lehetőség van a szennyvíziszap energetikai hasznosítására. Erőművi alkalmazásra igaz

² Svájci Környezetvédelmi, Erdőgazdálkodási és Tájvédelmi Ügynökség – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft – BUWAL.

akad példa, de gazdasági okok miatt a mai napig sem került gyakorlatba. A hulladékégető-műben való együttégetés kérdése szintén nem megoldott, mivel jelenleg nincs az országban erre a hasznosítási módra alkalmas égetőmű. A fejlett országok mindegyike végiggondolt és széles körű szakmai egyetértésen nyugvó stratégiát dolgozott ki a települési szennyvíziszap fosszilis tüzelőanyagokat kiváltó hasznosítására. Vannak országok (pl. Dánia vagy Svájc), ahol a cementipari hasznosítás dominál, míg máshol (pl. Németország) a szennyvíziszap erőműi felhasználása került előtérbe. Szem előtt tartva az energiaellátás biztonságának kérdését is átfogó, több évre kitékintő nemzeti stratégia kidolgozása szükséges a gyarapodó mennyiségű települési szennyvíziszap energetikai hasznosítására.

Vizsgálataink szerint e stratégiában a cementgyártási hasznosításnak célszerű központi szerepet kapnia, ugyanis nagy mennyiségű szennyvíziszaptól szabadulhatunk meg, mégpedig a leginkább környezetbarát módon. A települési szennyvíziszap cementgyárakban történő hasznosítása során nem csupán a hulladék ártalmatlanítása lenne megoldott, hanem az üvegházhatású CO₂ kibocsátása is csökkenthető, és a nem megújuló energiaforrásokat alternatív tüzelőanyagok alkalmazásával őrizhetjük meg a jövő generációja számára. Mindezek után azonban joggal merül fel a kérdés, hogy ha ez a hasznosítási mód ilyen sok előnnyel rendelkezik, akkor miért nem ez a „vezető” szennyvíziszap-hasznosítási (-ártalmatlanítási) mód.

A válasz a korábban már említett alkalmazást gátló tényezők (nagyfokú szárítás problémája; Hg-, illetve P-tartalom) kiküszöbölési nehézségeiben (mind technikai, mind gazdasági) rejlik. Ehhez még sok esetben hozzáadódhat a társadalommal való elfogadtatás problémaköre is.

A fenntartható fejlődés sokban múlik a „kíméletes” anyag- és energiafelhasználáson. Ebben nagy segítséget nyújthat, ha az eddigi hagyományos technológiákat környezetkímélő megoldásokkal próbáljuk kiváltani. A települési szennyvíziszap cementgyári együttégetése hazánkban is új alternatívát teremthet ezen a területen.

Irodalom

- [1] Alternative Fuels in Cement Manufacture – Technical and Environmental Review, 1997. Cembureau, www.cembureau.be
- [2] *Bolczek Veronika*: Alternatív tüzelőanyag-hasznosítás környezeti és gazdasági vonatkozásai a cementgyártásban. Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki Kar. 2005.
- [3] *Friedrich Wilitisch – Gernot Strum*: Use and preparation of alternative fuels for the cement industry. Cement Plant Handbook (2003).
- [4] *Klaus Steier*: Ist die thermische Entsorgung aller Klärschlämme in der BRD kurzfristig gewährleistet? Umwelt Praxis 11-12/2003, pp. 13–18.
- [6] *Kovács Adrienn – Kovács Róbert – Pétsy Zsolt – Szűcs Beatrix – Zelei Krisztina*: A szennyvíziszap-kezelés és hasznosítás jogi, gazdasági, műszaki, környezeti-egészségügyi feltételrendszere. EMLA Tanulmány, Budapest (2003).