

FŐSZERKESZTŐI ELŐSZÓ

Kedves Olvasóink!

A folyóiratunk ezt a legújabb számát egy neves alkalomhoz időzítettük, nevezetesen a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet 90. éves jubileumához. Holnap rendezik meg ez alkalomból szakmai konferenciát a Miskolci Egyetemen.

Az Intézet hosszú története alatt a nyersanyagelőkészítés magyarországi oktatásának mindvégig egyetlen, a művelésének pedig mindvégig vezető helye volt. A hulladék-előkészítéssel 25 évvel ezelőtt kezdett foglalkozni behatóan az Intézet, azóta mind az oktatás, mind a kutatás-fejlesztés terén országos szinten vezető szerepet játszik.

Települési hulladékok vonatkozásában az Intézetben Prof. Dr. Csőke Barnabás vezetésével tervezték meg az első magyar válogatóművet, kidolgozták a hulladék-analízis metodikáját és eszközeit, ezek ma a Magyar Szabvány részei. Együttműködésben kikísérletezték és meghonosították a mechanikai-biológiai hulladékkezelést, eredményes K+F munkát végeznek a komposztálás és a biogáz előállítása terén.

Ipari hulladékok vonatkozásában sikeresen működik az Intézet az erőműi, az elektronikai hulladékok visszanyerésében, a szennyezett levegő és vizek tisztításában. Az elektronikai hulladékok előkészítésére üzemet is terveztek és a megvalósításában is közreműködtek. A shredder-maradék feldolgozására épült üzem avatásáról pedig a HÍREK rovatunkban olvashatnak.

Nemrégiben elnyert TÁMOP-CriticEl kutatási projekt keretén belül az Intézet munkatársai – a hallgatók bevonásával - kutatják a kritikus anyagok kinyerhetőségét a bányászati-előkészítési meddőből és az elhasznált elektronikai eszközökből is (LCD kijelzők, battériák, NYÁK-ok, stb.), valamint a geopolimer kérdéseivel is foglalkoznak.

A jubileumhoz gratulálunk, az Intézet összes munkatársának szakmai sikereket, jó egészséget és

Jó szerencsét

kívánunk.

Dr. Bokányi Ljudmilla

főszerkesztő

Miskolc, 2013. november 28.

NÖVÉNYVÉDŐSZER-MARADÉK ANALITIKAI MULTI-RESIDUE MÓDSZER KIDOLGOZÁSA TALAJMINTÁKRA A NÖVÉNYI MÁTRIXOKBAN KITŰNŐEN ALKALMAZHATÓ QUECHERS MÓDSZER ÁTALAKÍTÁSÁVAL GC/MS, LC/MS, GC/ECD ÉS GC/FPD DETEKTÁLÁSSAL.

II. RÉSZ: KLÓROZOTT SZÉNHIIDROGÉNEK ÉS EGYÉB HALOGÉNEZETT NÖVÉNYVÉDŐSZEREK.

Dr. Kadenczki Lajos¹, Keresztény Natália², Szemánné Dobrik Henriett²

1./ Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Kémiai Intézet

2./ NÉBIH Miskolci Növényvédőszermaradék Analitikai Laboratóriuma

3515, Miskolc-Egyetemváros

green.park@chello.hu

ABSTRACT

A simple and complete multiresidue method has been developed for the routine determination of more than 50 chlorinated pesticides and degradation products in soil. This original approach combines a modified Quick Easy Cheap Effective Rugged and Safe (QuEChERS) sample preparation method using a double partitioning extraction step with water/ACN and a system composed of GC with programmable temperature vaporization injector hyphenated to an IT-MS. Detection was performed in selective ion storage mode, with one quantification ion and two or more identification ions. Direct consequences were the increasing of method sensitivity and the diminishment of the frequency of maintenance of the analytical instrument.

The recovery data were obtained by spiking blank samples at two concentration levels (5 and 50 µg/kg) over five replicates, yielding average recoveries in the range 70–120% with a RSD evaluated between 2–25%. Linearity was good in the range of 5–500 µg/kg with determination coefficients (R^2) superior or equal to 0.9950 for all target analytes. Best LODs and LOQs were established as 0.005 and 0.01 mg/kg, respectively. Total instrumental analysis of all molecules was carried out in less than 1 h.

1. BEVEZETÉS

A növényvédőszer a mezőgazdasági termelésben betöltött pozitív szerepükön túl nagyon sok esetben a környezetet szennyező anyagokként is előfordulnak. Ezért nagyon fontos, hogy ezek meghatározásához gyors, hatékony, olcsó és kevés munkaráfordítást igénylő módszer álljon a laboratóriumok rendelkezésére. Az első részben megfogalmazott célkitűzésnek megfelelően a második részben a foszforsavészterekre sikeresen bevezetett módszer alkalmazása volt a feladat a klórozott szénhidrogén típusú növényvédőszerre. Ezek a hatóanyagok a talaj szempontjából sokkal érdekesebbek, mint a foszforsavészterek. Annál is inkább, mert annak ellenére, hogy ezeket a vegyületeket már több mint 50 éve kivonták a mezőgazdasági forgalomból még mindig megtalálhatók a talajmintákban azokon a területeken, ahol intenzív gazdálkodás folyt az 50-60-as években. Ilyen vegyület pl. a dieldrin, mely még a mai napig is veszélyt jelent a héj nélküli tököt termelő gazdák részére. A héj nélküli tökmag kozmetikai és élelmiszeripari alapanyag, így szigorú szermaradék-ellenőrzés kíséri mind hazai, mind pedig export felhasználását. A dieldrin az aldrinos szuperfoszfát talajfertőtlenítő műtrágya formájában került a talajba az 50-es évek második és a 60-as évek első felében. Az aldrin bomlásterméke a dieldrin, mely a talajvízzel egyre mélyebbre kerül a talajba. A

dieldrin mellett ritkábban és alacsonyabb szennyezettségi szinten a DDT és HCH származékok találhatók még meg a talajban.

Amint azt már az első részben említettük közel 300-350 hatóanyagot szeretnénk ellenőrizni, és hatékonyan kinyerni ezzel a módosított QuEChERS [2003, ANASTASSIADES et. al] módszerrel. Ebben a részben a klasszikus klórozott szénhidrogének mellett egyéb halogénezett növényvédőszer is ellenőrzésre kerültek.

A módszer elve:

A homogén talajminta pH értékét 0,1M-os foszfátpufferrel pH 3-4 közé állítjuk be, rázatjuk, majd centrifugáljuk. Adjunk acetonitrilt az így nyert vizes zagyhoz és extraháljuk további 20 percig ultrahangfürdőben. Centrifugálással válasszuk szét a szilárd talajfázist a vizes acetonitriles fázistól. A felülúszó vizes acetonitriles részt teljes terjedelmében öntsük át egy másik 50ml-es PP edénybe és adjunk hozzá extrakciós sókeveréket. A magnézium-szulfát, nátrium-klorid és citrát sók (puffer, pH 5-5,5) hozzáadása után a keveréket intenzíven rázzuk össze, majd a fázisok elkülönüléséhez centrifugáljuk. A szerves fázis egy részét a benne diszpergált adszorbenssel tisztítjuk (diszperzív-SPE), a víznyomok eltávolításához magnézium-szulfátot alkalmazva. Az amino-adszorbensekkel (pl. primer-szekunder-amin, PSA) tisztított extraktot kis mennyiségű hangyasavval megsavanyítjuk, hogy növeljük bizonyos bázis-érzékeny peszticidek tárolási stabilitását. A végső extraktot közvetlenül vizsgálhatjuk GC vagy LC módszerrel. A mennyiségi meghatározáshoz belső standardot alkalmazunk, amit az acetonitriles oldatban adunk az extrakthoz.

2. FELHASZNÁLT VEGYSZEREK ÉS OLDATOK

- Víz, HPLC-tiszta
- Acetonitril, HPLC-tiszta
- Metanol, HPLC tiszta
- Ammónium-formiát
- Magnézium-szulfát, vízmentes, szemcsés, pl. Fluka No. 63135
- Magnézium-szulfát, vízmentes, finom por, a ftalátok égetőkemencében 550 °C-on eltávolíthatók (pl. egy éjszaka alatt)
- Nátrium- klorid
- Dinátrium-hidrogén-citrát szeszkvihidrát
- Trinátrium-citrát dihidrát
- Nátrium-hidroxid, c = 5 mol/l: 2 g nátrium-hidroxidot feloldunk kb. 5 ml vízben, majd feltöltjük 10 ml-re.
- Amino-adszorbens, pl. Bondesil-PSA 40 µm, Varian No. 12213023

2. 1. Puffer-oldat

0,1M Foszfát puffer: 11,99gNaH₂PO₄-ot és 11,53g H₃PO₄-t feloldunk 100ml vízben.

2. 2. Extrakciós sókeverék

Mérjünk be 6 g 0, 2 g vízmentes magnézium-szulfátot, 1, 5 g 0, 05 g nátrium-kloridot, 1, 5 g 0, 05 g trinátrium-citrát dihidrátot és 0, 75 g 0, 03 g dinátrium-hidrogén-citrát szeszkvihidrátot egy edénybe. Savas mintáknál (pH <3) a puffer só hozzáadásával elért pH érték normál esetben 5 alatt van. Hogy a savas pH-n könnyen bomló hatóanyagokat jobban védjük, a pH érték 5 N-os nátrium-hidroxid oldattal növelhető

Megjegyzés: Tanácsos nagyobb mennyiségű puffer-sókeveréket előre elkészíteni, így a sorozatban végzett extrakciók gyorsan, megszakítás nélkül kivitelezhetők. A sókeverék elkészítését lényegesen megkönnyíti az automata mintaszétosztó használata. A fent leírt sókeveréket kb. 10 g vizet tartalmazó mintahányadok esetén használjuk.

2. 3. Tisztító sókeverék

Mérjünk be 6*150mg MgSO₄ + 6*25mg PSA-t, mely 6 ml nyers extrakthoz szükséges. Másfajta amino-adszorbens is használható, de ebben az esetben meg kell vizsgálni, hogy a szorbens egyenértékű-e.

Anyag neve	Log P (oktanol- víz)	Klórato- mok	Koncentráció [µg/ml]*	GC				LC	
				ECD	NPD	MSD EI (+)	MSD CI (-)	MS/MS ESI (+)	MS/MS ESI (-)
Potenciális belső standardok									
Trifenil-foszfát	4,59	-	20	-	+++	+++	-	+++	-
Trisz-(1,3- diklórizopropil)- foszfát	3,65	6	50	+++	+++	+++	+++	+++	+
Potenciális minőségbiztosítási standardok (lehet közös mixben a belső standarddal)									
PCB 138**	6,83	6	50	+++	-	++	+++	-	-
PCB 153**	7,75	6	50	+++	-	++	+++	-	-
Antracén (vagy d10 analógja)***	4,45	-	100	-	-	++	-	-	-

1. Táblázat: A lehetséges belső standardok (ISTD) vagy minőség ellenőrzési (QC) standardok

2.4. Növényvédőszer törzsoldatok

Az analitikai standardok felhasználásával készítsünk egyedi törzsoldatokat olyan koncentrációban, ami megfelelő ahhoz, hogy az oldatból egy olyan összetett keveréket (mixet) készítsünk, amit majd a kalibrációs standard oldatok elkészítéséhez használhatunk fel. Az alkalmazott oldószer nem befolyásolhatja negatívan a benne oldott növényvédőszer stabilitását.

2.5. Növényvédőszer munkaoldatok (növényvédőszer mixek)

A módszer széles körű alkalmazhatósága illetve a növényvédőszerek részben változó pH-stabilitása miatt egy vagy több növényvédőszert tartalmazó munkaoldatok szükségesek, melyeket a vizsgálandó hatóanyagot tartalmazó standard törzsoldatokból kivett meghatározott térfogatok összemérésével, készítünk el. A végső térfogat beállításához acetonitrilt használunk. Az oldatok koncentrációját úgy válasszuk meg, hogy a mérsékeltten hígított (pl. kisebb, mint 20 %) vak minta extrakt felhasználásával alkalmasak legyenek a szükséges matrix-matched standard oldatok elkészítéséhez.

2.6. Standard oldatok (kalibrációs mixek)

2.6.1. Vak minta extraktban készített oldatok (matrix-matched standardok)

A matrix-matched standardokat az oldószeralapú standardokkal azonos módon készítjük, de tiszta acetonitril helyett vak minta extraktot használunk a hígításhoz. Ahhoz hogy minimálisra csökkentsük a mintamátrixból eredő hibát a kromatográfiás meghatározás során, a legjobb, ha teljesen üres talajextraktot választunk. Amennyiben a munkaoldatok készítése során a vak mintaextrakt hígításának mértéke túllépi a 20 %-ot, a végtérfogatot úgy kell beállítani, hogy elkerüljük a mintaextraktban és a matrix-matched standardokban jelentkező, a mátrixból eredő erősítő hatások közötti különbségeket. A növényvédőszerek stabilitása a matrix-matched standardok esetében alacsonyabb lehet, mint a tiszta acetonitrilben készített standardok esetében, ezért azt alaposan ellenőrizni kell.

3. ESZKÖZÖK

Szokásos laboratóriumi eszközök, különösen az alábbiak:

- Mintafeldolgozó/homogenizáló készülék, pl. Stephan UM 5 universal
- Nagy sebességű homogenizáló készülék, a homogenizáló fej átmérője illeszkedjen az alkalmazott centrifuga cső szájához
- Automata pipetták, legyenek alkalmasak a következő térfogatok kezelésére: 10-100 µl, 200-1000 µl és 1-10 ml.

- 50 ml centrifuga csövek csavaros kupakkal, például: a) 50 ml-es politetrafluoretilén centrifuga csövek csavaros kupakkal vagy b) eldobható 50 ml-es polipropilén centrifuga csövek csavaros kupakkal
- 10 vagy 12 ml-es polipropilén egyszer használatos centrifuga csövek csavaros kupakkal
- 10 ml-es oldószeradagoló az acetonitrilhez
- Centrifuga, alkalmas a leírásban szereplő centrifuga csövekhez és képes legalább 3000 rcf-re (relative centrifugal force – relatív centrifugális erő)
- Portölcsér, illeszkedjen a centrifuga csövek szájához
- Mintatartó fiolák automata mintaadagolóhoz, 1,5 ml-es, alkalmas GC és LC készülékek automata mintaadagolóihoz (autosampler-hez), szükség szerint mikro inzerttel (szűkítő)
- Csavaros tetejű mintatartó edények, 20 ml-es, a nagyobb mennyiségű végső extrakt esetleges tárolásához
- Műanyag poharak (egymásba rakható), 25 ml-es, a puffersó keverék tárolásához (kiadagolásához) szükségesek (3.12)
- Mintaadagoló, a sók és adszorbensek automatikus adagolásához, pl. Retsch/Haan, PT 100 vagy Fritsch/Idar-Oberstein, Laborette 27 vagy Bürkle/Lörrach, Repro nagy pontosságú mintaadagoló. Használatuk nem kötelező, de különösen ajánlott nagy számú minta feldolgozásánál
- Rázóegység, pl. Vortex (a visszanyerési vizsgálatokhoz)
- LC-MS vagy LC-MS/MS-rendszer, electrospray ionizáció (ESI) interface-szel ellátott.
- GC-MS vagy GC-MS/MS rendszer, a következő detektorokkal ellátva, pl. MS, MS/MS, TOF, valamint PTV-injectorral (oldószer ventilációs módban), GC/ECD, GC/FPD készülékek.

4. MÓDSZER LEÍRÁSA

4.1. Minták előkészítése és tárolása

4.1.1. Általános információk

A minta feldolgozása és tárolása során bizonyítani kell, hogy ezen folyamatoknak nincs jelentős hatása az analitikai minta szermaradék-tartalmára. A feldolgozás során biztosítani kell, hogy az analitikai minta elég homogén legyen ahhoz, hogy az analitikai mintahányadok kivételének variabilitása elfogadható legyen. Amennyiben valószínűnek tartjuk, hogy az analitikai mintahányad nem reprezentatív az analitikai mintára nézve, nagyobb vagy ismételt mintahányadokra van szükség, hogy jobb becslést kapjunk az elméletileg helyes értékre. Az elért aprítási fokkal biztosítani kell azt is, hogy a szermaradék mennyiségileg kinyerhető legyen.

4.1.2. Analitikai minta

A laboratóriumi mintáról eltávolítjuk azokat a részeket, amik nehézséget okoznak a homogenizálás során. Az eltávolított rész tömegét fel kell jegyezni. Az ily módon előkészített minta lesz az analitikai minta. Ha az analitikai minta homogenitása nem megfelelő vagy a szermaradék kinyerését a nagyméretű mintarészek jelentősen veszélyeztetik, további alapos aprításra van szükség a megfelelő eszközt használva. Ezt végezhetjük szobahőmérsékleten, vagy hűtött körülmények között. A minták fagyott állapotban történő aprítása jelentősen csökkenti a kémiai instabil anyagok vesztesét, illetve általában kisebb méretű mintarészeket eredményez, ezáltal nagyobb fokú homogenitás érhető el. Megkönnyíti a feldolgozást, ha a mintákat durván feldaraboljuk (pl. 3 cm x 3 cm) majd egy éjszakára mélyhűtőbe tesszük (pl. -18 °C). A feldolgozást segíti, ill. még hatékonyabbá teszi szobahőmérsékleten történő eljárással szemben, ha az aprítást hűtés mellett (szárazjég vagy folyékony nitrogén) végezzük, a hőmérsékletet 0 °C alatt tartva. Figyelembe véve azt a tényt, hogy a nem-szisztémikus (kontakt) növényvédő szerek gyakran túlnyomórészt a felületen koncentrálnak, a hűtőkeverék alkalmazásával végzett aprítás jelentősen csökkenti a mintahányadok kivételének variabilitását. Ha a mintákat alacsony hőmérsékleten dolgozzuk fel, a kondenzációt el kell kerülni. Biztosítsuk, hogy a maradék szén-dioxid kellőképpen eltávozzon, hogy a minta átlagos tömegéhez való hozzájárulása elhanyagolható legyen.

4.2. Bemérés

Tegyünk egy reprezentatív analitikai mintahányadot (ma) a felaprított, homogenizált mintából egy 50 ml-es centrifuga csőbe. Talaj esetében $20 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$ -t mérjünk a centrifuga csőbe.

4.3. Puffer-oldat hozzáadása

A bemért talajmintához adjunk 12 ml puffer oldatot, hogy a minta összes víztartalma kb. 12-15 g legyen.

4.4. Rázatás, centrifugálás

Rázassuk a PP csöveket rázógépen 10 percig. (Figyeljünk a gázképződésre!) Centrifugálással válasszuk szét a szilárd- és folyadékfázist, ellenőrizzük a pH-t.

4.5. Oldószer és belső standard hozzáadása

Adjunk a mintához 20 ml acetonitrilt valamint meghatározott mennyiségű QESTD oldatot (VESTD pl. 200 µl), mely egy vagy több hatóanyagot tartalmaz az 1. Táblázatban megadott anyagok közül, olyan koncentrációban, ami a táblázatban példaként szerepel (CESTD).

4.6. Extrakció

Zárjuk le a centrifuga csöveket és rázzuk össze erőteljesen 1 percig, majd helyezzük a PP csöveket ultrahangfürdőbe és rázassuk 20 percig. A mintákat fagyos állapotban, vagy kiengedés közben kell extrahálni. Ha a mintákat szobahőmérsékleten extraháljuk, meg kell győződnünk arról, hogy a cél hatóanyagokra vonatkozóan nem lép fel jelentős degradáció. Rázás után centrifugáljuk le a mintát 3000-es fordulaton és a teljes felülúszó folyadékfázist öntsük át egy tiszta 50ml-es PP csőbe. Adjunk 9,75g extrakciós sókeveréket az elkülönített víz-acetonitril elegyhez. Zárjuk le a centrifugacsövet és azonnal, erőteljesen rázzuk össze 1 percig, majd centrifugáljuk 5 percig > 3000 rcf fordulattal. A művelet végén az acetonitriles extrakt elkülönül a sókeveréktől és a vízes fázistól.

4.7. Tisztítás

Különítsünk el 6ml acetonitriles extraktot 15ml-es PP centrifugacsövekbe. Adjuk hozzá 1050mg tisztító sókeveréket. Zárjuk le a centrifugacsövet és azonnal, erőteljesen rázzuk össze 1 percig, majd centrifugáljuk 5 percig > 3000 rcf fordulattal. Ha víz van jelen, a magnézium-szulfát röögbe áll össze, majd hamar megkeményedik. Ez elkerülhető, ha a só hozzáadása után azonnal néhány percig erősen összerázzuk a centrifugacsövet. A teljes mintasorozat 1 perces extrakciója párhuzamosan végezhető a só hozzáadása után.

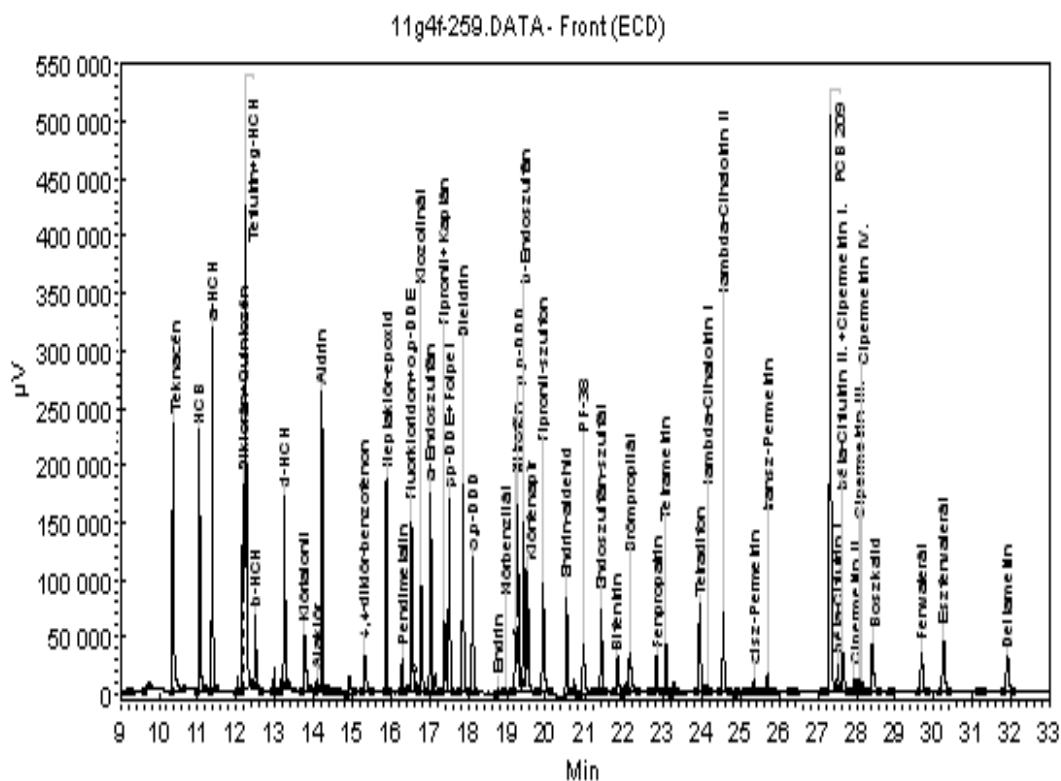
5. VALIDÁLÁSI EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Hozzáadási szintek	0,01 mg/kg			0,1 mg/kg			
Komponensek	Visszanyerés (%)	Standard deviáció (%)	Alkalmasok (n=5)	Visszanyerés (%)	Standard deviáció (%)	Alkalmasok (n=5)	Mérési körülmény
alfa-HCH	63%	17,2%	5	75%	24,5%	5	ECD/MSD
béta-HCH	74%	15,4%	5	62%	3,3%	4	ECD/MSD
delta-HCH	77%	21,6%	5	106%	20,6%	5	ECD/MSD
gamma-HCH	94%	12,7%	5	86%	10,3%	5	ECD/MSD
epxilon-HCH	89%	18,3%	5	92%	12,5%	5	ECD/MSD
HCB	100%	25,9%	5	85%	19,1%	5	ECD/MSD
Tehnacén	123%	17,4%	5	88%	15,0%	5	ECD/MSD
TCNB	117%	11,5%	5	94%	11,9%	5	ECD/MSD
Aldrin	119%	15,3%	5	116%	14,7%	5	ECD/MSD
Dieldrin	62%	20,7%	5	116%	8,3%	5	ECD/MSD
Endrin	63%	31,9%	5	99%	18,3%	5	ECD/MSD
Izodrin	68%	24,1%	5	88%	13,7%	5	ECD/MSD
gamma Klórdán	76%	18,5%	5	80%	15,6%	5	ECD/MSD
oxi Klórdán	95%	9,3%	5	93%	15,8%	5	ECD/MSD
p,p'-DDE	71%	19,4%	5	111%	15,9%	5	ECD/MSD
o,p'-DDE	95%	4,4%	5	98%	22,2%	5	ECD/MSD
p,p'-DDD	108%	6,0%	5	76%	4,6%	4	ECD/MSD
o,p'-DDD	112%	19,9%	5	76%	11,0%	3	ECD/MSD
o,p'-DDT	66%	28,0%	5	110%	15,3%	5	ECD/MSD
p,p'-DDT	74%	17,6%	5	95%	16,4%	5	ECD/MSD
alfa-	75%	14,5%	5	78%	5,7%	5	ECD/MSD

Hozzáadási szintek	0,01 mg/kg			0,1 mg/kg			
Komponensek	Visszanyerés (%)	Standard deviáció (%)	Alkalmasok (n=5)	Visszanyerés (%)	Standard deviáció (%)	Alkalmasok (n=5)	Mérési körülmény
Endosulfán							
béta-Endosulfán	78%	22,4%	5	96%	12,6%	5	ECD/MSD
Endosulfán szulfát	75%	16,7%	5	84%	13,6%	5	ECD/MSD
Metoxiklór	112%	27,2%	5	72%	17,5%	5	ECD/MSD
Heptaklór	69%	21,6%	5	81%	19,7%	5	ECD/MSD
Heptaklór-epoxid	51%	17,2%	5	93%	12,9%	5	ECD/MSD
Alaklór	89%	11,3%	5	80%	13,8%	5	ECD/MSD
Endrin-aldehid	86%	8,3%	5	73%	7,8%	5	ECD/MSD
Boszkalid	80%	13,6%	5	94%	11,4%	5	ECD/MSD
Fipronil	72%	16,4%	5	75%	7,2%	5	ECD/MSD
Klórbenzilát	70%	14,6%	5	77%	11,1%	5	ECD/MSD
Klórfenapír	103%	22,7%	5	69%	8,7%	5	ECD/MSD
Fipronil-szulfon	77%	12,7%	5	78%	7,6%	5	ECD/MSD
Fluórkloridon	72%	20,0%	5	70%	4,9%	5	ECD/MSD
Pendimetalin	79%	13,9%	5	82%	11,6%	5	ECD/MSD
Teflutrin	79%	17,7%	5	63%	7,5%	5	ECD/MSD
Quintozen	73%	17,2%	5	72%	5,3%	5	ECD/MSD
Kaptán	79%	6,3%	5	80%	5,1%	5	ECD/MSD
Folpet	77%	4,5%	5	72%	10,1%	5	ECD/MSD
Bifentrin	71%	6,8%	5	71%	6,9%	5	ECD/MSD
Brómpropilát	71%	9,5%	5	75%	5,3%	5	ECD/MSD

Hozzáadási szintek	0,01 mg/kg			0,1 mg/kg			
Komponensek	Visszanyerés (%)	Standard deviáció (%)	Alkalmasok (n=5)	Visszanyerés (%)	Standard deviáció (%)	Alkalmasok (n=5)	Mérési körülmény
Fenpropatrin	77%	8,3%	5	77%	1,9%	5	ECD/MSD
Tetrametrin	80%	4,2%	5	80%	4,2%	5	ECD/MSD
Tetradifon	72%	5,2%	5	72%	5,2%	5	ECD/MSD
Fenvalerát	76%	5,5%	5	66%	5,5%	5	ECD/MSD
Eszfenvalerát	78%	4,9%	5	78%	4,9%	5	ECD/MSD
Deltametrin	75%	8,7%	5	75%	8,7%	5	ECD/MSD
lambda-Cihalotrin I	71%	7,6%	5	71%	7,6%	5	ECD/MSD
lambda-Cihalotrin II	70%	7,5%	5	70%	7,5%	5	ECD/MSD
cisz-permetrin	78%	4,9%	5	78%	4,9%	5	ECD/MSD
transz-Permetrin	78%	4,9%	5	78%	4,9%	5	ECD/MSD
Béta-Ciflutrin I	78%	4,9%	5	78%	4,9%	5	ECD/MSD
Béta-Ciflutrin I	78%	4,9%	5	78%	4,9%	5	ECD/MSD
Cipermetrin I	78%	4,9%	5	78%	4,9%	5	ECD/MSD
Cipermetrin II	78%	4,9%	5	78%	4,9%	5	ECD/MSD
Cipermetrin III	78%	4,9%	5	78%	4,9%	5	ECD/MSD
Cipermetrin IV	78%	4,9%	5	78%	4,9%	5	ECD/MSD

2. Táblázat: Klórozott szénhidrogének és egyéb halogénezett növényvédőszeresek visszanyerési eredményei talajmintákból



1. Ábra: Klórozott szénhidrogének és egyéb halogénezett növényvédőszer kromatogramja (GC-ECD)

6. KONKLÚZIÓ

A növényi mintákra (zöldségekre, gyümölcsökre) leírt QuEChERS módszer közvetlenül, változtatások nélkül nem adaptálható talajmintákra. A módszerünkben ismertetett módosítások után a második lépésben kiértékelt klórozott szénhidrogénekre és egyéb halogénezett hatóanyagokra viszonylag jó eredményeket kaptunk. A következő lépésben a GC/MS/SIS rendszerrel meghatározható környezetvédelmi szempontból rendkívül fontos triazin, klóracetanilid és tiolkarbamát csoportba tartozó hatóanyagok következnek, majd utolsónak az LC/MS/MS rendszerrel kiértékelhető rendkívül széles hatóanyagspektrumot felölelő csoport következik. A vizsgálati sorozat végén lehet egységes formába önteni a módszert és megtalálni azokat a pontokat, melyek behatárolják alkalmazhatóságát.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány/kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOM

- [1] ANASTASSIADES M, LEHOTAY SJ, STAJNBAHER D AND SCHENCK FJ:
Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and dispersive solid-phase extraction for the determination of pesticide residues in produce.
JAOAC Int 86(2) 412-31, 2003

A KRITIKUS NYERSANYAGOKRÓL

Magyar Tamás¹, Gombkötő Imre²

tanszéki mérnök¹, egyetemi docens, intézeti tanszékvezető²

Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

ABSTRACT

Recently, there is a growing demand for raw materials and this is driven by the growth of developing economies and new emerging technologies. On the other hand the worldwide production of some materials mainly comes from a handful of countries, for example: China - Rare Earths Elements (REE), Russia, South Africa - Platinum Group Elements (PGE), Democratic Republic of Congo – Cobalt, etc. In the EU as well as inside in Hungary the importance of the so called 14 critical elements has been recognized. In the TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0005 project, the Institute of Raw Materials Preparation and Environmental Process Engineering in cooperation with the Institute of Mineralogy and Geology of the University of Miskolc work on the exploration of the primary and secondary raw critical material sources in Hungary. Furthermore our main task is the development of the process techniques and technologies for the prospective sources. This paper is going to introduce the 14 critical raw material and their technologic and economic importance.

I. BEVEZETÉS

A megfelelő mennyiségű és minőségű nyersanyag megléte alapvető fontosságú az európai és a magyar gazdaság számára. Ennek tükrében az olaj és földgáz, illetve szénkészletek jelentősége állandóan a köztudatban forog, míg a nem energiahordozó nyersanyagok, mint az ércek és egyéb ásványi anyagok stratégiai hordereje sokszor a háttérbe szorul. A legismertebb elemek, mint a réz vagy alumínium jelentőségével gyakran mindenki tisztában van ugyan, de kevesen tudják, hogy egyes egyéb elemek szintén alapvető fontosságúak modern életünkben, a mai gyártástechnológiai alkalmazásokban [7]. A fluor például nélkülözhetetlen kelléke a TV és számítógép képernyőknek, de egyes ún. "high-tech" elemek szintén nélkülözhetetlenek a modern személygépjárművek, lapos képernyők, okos telefonok esetén, amelyek megszámlálhatatlan sora épül olyan elemekből készült anyagok alkalmazására, mint az antimon, kobalt, lítium, tantál, volfrám vagy molibdén. Egy másik anyagcsoport nélkül nem létezhetnek az ún. "zöld technológiák", mint a hibrid személygépjárművek, azok katalizátorai vagy egyszerűen a könnyű szerkezetekből történő építés gondolata mentén alkotott erős, de mégis alacsony fajsúlyú ötvözetek a jobb és környezetkímélőbb közlekedés érdekében. Ide kell sorolni a napelemek és szélturbinák által képviselt technológiákat, illetve az egyre nagyobb kapacitású és hosszabb élettartamú elemeket, akkumulátorokat is. Ezen technológiák rendszeresen alkalmaznak lítiumot, ritka földfémeket, a platina csoport elemeit. Összességében elmondható, hogy elsősorban a jelentős gazdasági potenciállal bíró high-tech ipar, a megújuló energiaforrásokat kiaknázó technológiák és a hadiipar a jelentős felhasználói ezen kritikus fontosságú elemek alkotta anyagoknak.

Napjainkban gyökeres gazdasági és politikai átalakulások időszakát éljük. Az eddig a fejlett országok csoportjába tartozó régiók (pl. Európa, Egyesült Államok, Japán) több válság folyamat ismétlődő hatását szenvedik el, miközben a korábban fejlődők közé sorolt, és GDP tömeg szempontjából az első tíz közé tartozó ún. CRIB országok csoportja (Kína, Oroszország, Brazília, India) gazdasági fejlődésének üteme nő [60]. A válságjelenségek egyik fő oka az energia és nyersanyag források fölötti rendelkezés eddigi egyensúlyának megbomlása, az eddig könnyen elérhető import megdrágulása és bizonytalanná válása.

Az EU az e téren mutatkozó jelentős elmaradások felismeréséhez a 2000-es évtized végén jutott el. Az EU SECC(2008)2741 számú kommunikációjában [56] mutatott irányt arra vonatkozóan, hogy az Európai Unió országaiban újra kell indítani a stratégiai fontosságú ásványi nyersanyag készletek felmérését, feltárását és értékelését. Teret, sőt elsőbbséget kell biztosítani a nyersanyag kitermelési és feldolgozási technológiákkal foglalkozó képzéseknek. Át kell tekinteni a környezet- és természetvédelem szabályozásának azon részeit, amelyek módosítása a környezeti fenntarthatóságot még nem veszélyeztető módon a kitermelést az EU belső forrásaiból serkenthetik (pl. a Natura 2000 területek szabályozása). A stratégiai alapidokumentum megszületése után kezdődő munka egyik jelentős eredménye az a jelentés, amelyet az EU Bizottság mellett szerveződött RawMaterials Group

adott ki 2010-ben [55].

A jelentés az Európai Unió tagországain belül várható ipari igények és a lehetséges beszerzési források szerint rangsorolva 14 olyan nyersanyagfajtát nevez meg (1. táblázat), amelyekből a 2030-ra Európa jelentős mértékben behozatalra szorulhat, majd a felsorolt nyersanyagok kitermelési volumenének ütemét, az azokra vonatkozó trendeket. Az említett nyersanyagok elérhető elsődleges forrásainak koncentrációjának az Unió számára egyúttal komoly kockázatot, bizonytalanságot is jelent.

Kritikus nyersanyagok	
Antimon	Indium
Berillium	Magnézium
Kobalt	Nióbium
Fluor	Platina csoport elemei
Gallium	Ritka földfémek
Germánium	Tantál
Grafit	Volfrám

1. táblázat: Kritikus nyersanyagok.

Az Európai Unió megbízásából készült tanulmány eredményei jól megmutatják, hogy az új technológiákban jelentkező nyersanyag igény hogyan hat az egyes nyersanyagok kritikusságának megítélésére [5]. A 2. táblázatban összehasonlító adatokat láthatunk a fenti tanulmányban elemzett nyersanyagok jelenlegi globális kitermelési rátája és a jelenlegi, illetve az érintett iparágakban jelentkező jelenlegi és a 2030-as évben becsült felhasználási igény esetére. A táblázat tartalmaz egy olyan kereslet/termelés indikátort is, amely a jelenlegi és jövőbeni felhasználási igényt hasonlítja össze a jelenlegi termelési adatokkal. Jól látható, hogy ez az indikátor például gallium esetén közel 4, indium esetén 3,3, amely gallium esetén 20-szoros igénynövekedést jelent világviszonylatban.

Nyersanyag	Termelés [tonnában] 2006	Igény [tonnában] 2006	Igény [tonnában] 2030	Indikátor [-] 2006	Indikátor [-] 2030
Gallium	152	28	603	0,18	3,97
Indium	581	234	1.911	0,40	3,29
Germánium	100	28	220	0,28	2,20
Neodímium	16.800	4.000	27.900	0,23	1,66
Platina	255	csekély	345	0	1,35
Tantál	1.384	551	1.410	0,40	1,02
Kobalt	62.279	12.820	26.860	0,21	0,43
Palládium	267	23	77	0,09	0,29
Titán	7.211.000	15.397	58.148	0,08	0,29
Ruténium	29 4	0	1	0	0,03
Nióbium	44.531	288	1.410	0,01	0,03
Antimon	172.223	28	71	<0,01	<0,01

2. táblázat: Egyes nyersanyagok termelési és igényelt mennyiségének összehasonlítása [54].

II. A KRITIKUS ELEMÉK

II.1. ANTIMON (Sb)

A világ jelentősebb (primer) **antimon** forrásai Bolíviában, Kínában, Mexikóban és Dél-Afrikában találhatóak (3. táblázat) [33], de jelenleg is zajlanak olyan kutatások Olaszországban és Szlovákiában, amelyek az antimon keresésére irányulnak. Habár az EU teljesen importfüggő antimon tekintetében, a 2007-es adatok alapján az EU antimon felhasználása a világ termelésének csak a 0,5 %-a (792 tonna) volt. Az adatok alapján az is megállapítható, hogy a világ antimon termelésének kevesebb, mint 1 %-a történik az EU-n belül (Európán belül kizárólag Törökország mutat csekély jelentőségű antimon termelést) [8]. A 2008-2009 közötti időszakban a világ antimon termelése 5 %-al csökkent.

Antimon (Sb)	Tartalékok		Termelés		EU import	
Országok	[1.000 tonnában] 2010	[%]	[1.000 tonnában] 2009	[%]	[tonnában] 2007	[%]
Bolívia	310	14,7	4,5	2,4	608	76,8
Kína	790	37,4	170	91,2	122	15,4
Oroszország (újrahasznosítható)	350	16,6	3	1,6	-	-
Dél-Afrika	44	2,1	3	1,6	-	-
Tadzsisztán	50	2,4	2	1,1	-	-
Thaiföld	420	19,9	-	-	-	-
Japán	-	-	-	-	14	1,8
Peru	-	-	-	-	48	6,1
Egyéb	150	7,1	4	2,1	-	-
Összesen	2.114		186,5		792	

3. táblázat: Az antimon (Sb) tartalékok, a termelés és az EU import adatai [27].

A gyakorlatban az antimon visszanyerését főleg az elhasznált savas ólom akkumulátorok újrahasznosításával oldják meg, azonban az új technológiával gyártott savas ólom akkumulátorokból visszanyerhető antimon mennyisége már lényegesen kevesebb. Az elérhető információk alapján az akkumulátorokból visszanyerhető antimon aránya 3-20 % közötti. A másodlagos nyersanyagforrásból visszanyerhető antimon jelentős hányadát antimonos ötvözetekből forgatják vissza, amelyeket az akkumulátor ipar termel.

Az elmúlt néhány évben az ipari trendek megváltoztak, amely a másodlagos antimon termelés csökkenésével járt, ugyanis a kevés karbantartást igénylő akkumulátorok megjelenése felborította az antimon fogyasztás egyensúlyát, amely egyre inkább a kalcium tartalmú adalékanyagok irányába változik meg, ezzel helyettesítve az antimont [54].

II.2. BERILLIUM (BE)

A világon fellelhető **berillium** készletek becsült összértéke 80 ezer tonna, amelynek jelentős hányada, mintegy 65 %-a az USA területén található [34]. A berillium stratégiai fontosságú elem a hadiipar számára, éppen ezért a készletekről kapott adatok és az alkalmazása is nagymértékben korlátozott.

A berillium kereslet igen korlátozott a magas árak miatt. Az Európai Gazdasági Területen (EEA) belül jelenleg nincs ismert, a berillium bányászat. A globális, becsült tartalékokról szóló adatok és az éves szintű felhasználás alapján azonban úgy tűnik, hogy az USA területén található ércekben előforduló berilliumból bőséges kínálat van. A jelenlegi igény mellett az adatokból megállapítható, hogy a tartalékok fedezni tudják az EU és világ berillium szükségletét az elkövetkezendő 100 évben [54].

Jelenleg a berillium fogyasztás közel 19 %-a másodlagos nyersanyagokból forgatják vissza, amelyből megközelítőleg 50 % egy elsődleges feldolgozás, majd egy másodlagos aktív feldolgozás során exportálásra és újra olvasztásra kerül [4]. A másodlagos nyersanyagok feldolgozása során a berillium tartalom közel 90 %-anyerhető vissza ötvözetként már az elsődleges feldolgozás során. A visszanyerési folyamat viszonylag egyszerű, nem igényel speciális eszközöket és technológiákat sem.

A berillium magas ára

miatt az alkalmazása csak ott jöhet szóba, ahol az kritikus fontosságú, éppen ezért nagyon nehezen helyettesíthető elem. Ennek ellenére mégis léteznek olyan fém mátrixok és szerves kompozitok, mint például a nagy szilárdsággal rendelkező alumíniumok, pirolitikus grafitok, karbidok (fémek szénal alkotott vegyületei), az acél vagy a titán, amelyek bizonyos esetekben helyettesíthetik az egyébként kulcsfontosságú berilliumot. A fent említetteken kívül még számos lehetséges helyettesítő anyag létezik, azonban ezek alkalmazása a helyettesítő anyag rosszabb tulajdonságai nem feltétlen célszerű.

II.3. KOBALT (CO)

A **kobalt** jellemzően a rézhez vagy a nikkelhez társul az ásványokban, emiatt a világ kobalt termelésének a 85 %-a a nikkel- (~50 %) és a réz- (~35 %) kitermelési, gyártási folyamata során keletkezik. A világ kobalt termelésének mindössze 15 %-a származik közvetlen kobaltkohászatból. A primer források uralkodó többsége Afrikában található, de számottevő készletek vannak az amerikai és az ausztrál térségekben is (4. táblázat). Az Európai térségben jelenleg nincs ismert kobalt kitermelés [29]. A kobalt készletek becslésére vonatkozóan a CDI (Kobalt Fejlesztési Intézet) végzett el kutatásokat, amelyek eredményeként megállapították, hogy a világ kobalt készletének becsült értéke 7,1 millió tonna. A világ kobalt termelése 1995 óta jelentősen megugrott, majdnem megnégyszereződött.

Kobalt (Co)	Tartalékok		Termelés		EU import	
Országok	[1.000 tonnában]	[%]	[1.000 tonnában] 2008	[%]	[1.000 tonnában] 2007	[%]
Kongói Köztársaság	3.400	51,5	31	40,8	18,6	70,3
Ausztrália	1.500	22,7	6,1	8	-	-
Kuba	500	7,6	3,2	4,2	-	-
Zambia	270	4,1	6,9	9,1	-	-
Oroszország	250	3,8	6,2	8,2	5	19,1
Új-Kaledónia	230	3,5	1,6	2,1	-	-
Kanada	120	1,8	8,6	11,3	-	-
Kína	72	1,1	6	7,9	0,05	0,2
USA	33	0,5	0	0	-	-
Brazília	29	0,4	1,2	1,6	0,5	2
Marokkó	20	0,3	1,7	2,2	-	-
Egyéb	180	2,7	3,4	4,5	2,2	8,4
Összesen	6.604		75,9		26,5	

4. táblázat: A kobalt (Co) tartalékok, a termelés és az EU import adatai [29].

A CDI értékelése szerint a fémként vagy koncentrátumként (amelyek további finomítást igénylő kobalt tartalmú anyagokból keletkeznek) keletkező kobalt mennyisége 2008-ban 56.400 tonna volt, amelyből 18 % az EU-ban keletkezett [59].

A kobalt másodlagos nyersanyagokból történő visszaforgatása gazdasági okok (áringadozás, magas költségek) és a kínálat geopolitikai struktúrája (a közép-afrikai országok dominanciája) miatt indokolt. Az ötvözetekből és a fémkarbid szekunder forrásokból (általában szuperötvözet és fém-karbid tartalmú eszközökből) a kobaltot ötvözetként vagy valamilyen keverék formájában nyerik vissza. Néhány kobalt tartalmú karbid anyagot is visszaforgatnak a kobaltgyártás ipari technológiáján keresztül, a katalizátorokban és az akkumulátorokban lévő mennyiség visszanyerése is megoldott, szintén a gyártási technológiába történő visszaforgatással. Ezek az elhasznált termékek egyre értékesebb források az EU számára, amellyel csökkenthető az ipar számára nélkülözhetetlen, teljes mértékben importált kobalt mennyisége. A kobalt pigmentekből, festékekből, üvegekből történő visszanyerése nem lehetséges. Az UNEP vizsgálata alapján megállapítható, hogy a kobaltra vonatkozó elhasznált termékek visszaforgatási aránya 68 %, amely lényegesen magasabb, mint a legtöbb fémé, viszont a visszanyert kobalt mennyiség aránya csak 32 %.

A kobalt helyettesíthetőségét folyamatosan kutatják, főleg a fém árának ingadozása miatt, azonban az egyedülálló, speciális tulajdonságai miatt a lehetőségek korlátozottak. A kutatások alapján az egyik potenciális helyettesítési terület a mágneses alkalmazásoknál lehetséges, az akkumulátorokban történő helyettesítés vizsgálatai szintén folynak [54].

II.4. FLUOR (F)

A világ **fluor** készletei megoszlának mind az öt kontinensen [17]. A fellelhető, becsült fluor készletek mennyiségét 500 millió tonnára teszik. A fluor készletek széles körű megoszlása ellenére, a világ vezető fluor kitermelője Kína (5. táblázat).

Fluor (F)	Tartalékok		Termelés		EU import	
Országok	[1.000 tonnában] 2010	[%]	[1.000 tonnában] 2009	[%]	[1.000 tonnában] 2007	[%]
Kína	21.000	9,3	3.000	58,8	192	26,9
Kenya	2.000	0,9	45	0,9	44	6,1
Mexikó	32.000	14,1	925	18,1	170	23,8
Mongólia	12.000	5,3	280	5,5	1,6	0,2
Marokkó	-	-	40	0,8	13,9	2
Namíbia	3.000	1,3	60	1,2	112,6	15,7
Oroszország	-	-	210	4,1	-	-
Dél-Afrika	41.000	18,1	180	3,5	180,3	25,2
Spanyolország	6.000	2,6	110	2,2	-	-
Egyéb	110.000	48,5	250	4,9	-	-
Összesen	227.000		5.100		715	

5. táblázat: A fluor (F) tartalékok, a termelés és az EU import adatai [26].

2007-ben a fluor felhasználás 25 %-át az EU tagállamai állították elő, főként Spanyolország, Németország és az Egyesült Királyság [58]. A legnagyobb mennyiségek importálása Kínából, Dél-Afrikából és Mexikóból történt. A Franciaországban, 2006-ban beszüntetett fluor gyártás miatt az előállított fluor mennyisége radikálisan lecsökkent. A nagymértékű kínai import-függőség jelentősen megemelte a fluor fajlagos árát, éppen ezért kezdődtek meg a fluor utáni kutatások Bulgáriában (2009) [54].

Az elmúlt néhány évben, a másodlagos forrásokból visszanyert (urán dúsításából és rozsdamentes acélok felületkezeléséből származó anyagok) fluor mennyisége mindössze néhány ezer tonna volt az USA-ban [36]. A teljes felhasznált mennyiséghez képest, ez az érték csak pár százalékos visszaforgatási arányt jelent. A szakértők szerint a visszaforgatás aránya az EU-n belül kevesebb, mint 1 %, amellyel kapcsolatban az előrejelzések szerint sem várható változás. Az alumínium gyártók többsége visszaforgatja a HF és a fluorid tartalmú vegyületeket az olvasztási folyamatokba. A HF visszaforgatása a kőolaj alkilezési folyamata során is kivitelezhető [35].

A fluor helyettesíthetősége korlátozott, kizárólag a foszfor gyártás során keletkező fluoro-kovaszav alkalmazható az alumínium-fluorid gyártásban helyettesítő anyagként. A fluor folyósítószerként történő alkalmazása során az alábbi vegyületek jöhetnek szóba helyettesítőként: alumínium-olvasztási

salak, borax, kalcium-klorid, vas-oxidok, mangán érc, kvartchomok és a titán-dioxid. A foszforsav gyártás során, annak melléktermékeként keletkező fluoro-kovasav használható az alumínium-fluorid és a HF gyártásnál, de ezek jelentősége igen csekély, mert az előállításukhoz 5-ször, illetve 6-szor több energia szükséges, mint a fluor előállítási folyamatához [53].

II.5. GALLIUM (GA)

2009-ben a világ **gallium** termelése 78 tonna volt, 30 %-al kevesebb, mint az azt megelőző évben (2008), amikor 111 tonnás értéket mutatott. A fő termelő országok közé Kína, Németország, Kazahsztán és Ukrajna tartozik, itt azonban meg kell említeni azokat az országokat is, amelyek csekélyebb előállítási mennyiséggel rendelkeznek: Magyarország, Japán, Oroszország, valamint Szlovákia. A finomított gallium gyártás során közel 118 tonna galliumot állítanak elő, amely magába foglalja a szekunder forrásokból visszanyerhető anyagmennyiséget is. Kína, Japán és az USA a fő előállítói a finomított galliumnak [37]. A 2003-as adatok alapján 60 ismert gallium gyártót tartottak számon 18 országból, amelyből 17 cég az EU területén található [16]. Habár a gallium meglehetősen széles körben elterjedt a földkéregben, mégsem fordul elő jelentősebb, feldolgozható koncentrációkban. Esetenként a cink ércekben és a bauxitban is megtalálható nagyon kis koncentrációkban. A gallium további forrásai közé sorolhatóak a szén égetése során keletkező erőműi pernyék is, amelyekben a gallium mennyiségét a szakértői jelentések 1,5 % körüli értékre teszik. A foszfát is tartalmaz nyomokban galliumot [10]. 2009-ben az USA az éves gallium felhasználásának 67 %-át az integrált áramkörök (IC), 31 %-át az optoelektronikus eszközök előállítására fordította. Csupán az éves fogyasztás 2 %-át használták fel másfajta célokra.

Jelenleg, a gallium még nem visszanyerhető a szekunder (elhasznált) forrásokból. Az elhasznált gallium tartalmú források még nem elérhetőek (nem használták el) az új technológiák közelmúltban történő megjelenése és alkalmazása miatt. Ezek, a még nem felhasználható források lényeges mennyiséget tesznek ki a GaAs alapú eszközökben.

Manapság, a technológia fejlődésével egyre inkább teret nyernek a szerves anyagok segítségével felépülő folyadékkristályos kijelzők. A kutatók folyamatosan a szerves bázisú LED-ek fejlesztésén dolgoznak, amelyek GaAs hozzáadásával egészülhetnek ki a jövőben [11]. Az infravörös lézer diódákban az indium-foszfid tartalmú komponensek GaAs-el történő helyettesítése egyszerűen megoldható, habár csak néhány különleges hullámhosszal rendelkező eszközknél. A napelemekben lévő GaAs legfőbb versenytársa a szilícium. A GaAs egyedülálló tulajdonságai miatt számos, a védelemmel kapcsolatos alkalmazása ismert (IC). Ezen eszközöknél nincs olyan elem, amely képes lenne hatékonyan helyettesíteni a speciális tulajdonságokkal rendelkező galliumot [54]. A GaAs bipoláris tranzistorokban történő alkalmazását a szilícium-germánium tartalmú anyagok helyettesíthetik a jövőben, azonban a helyettesíthetőség vizsgálatai még jelenleg is folynak.

II.6. GERMÁNIUM (Ge)

A **germánium** elsődlegesen ásványaiból (germanit, renierit, argirodit) nyerhető ki, de másodlagos nyersanyagforrásként a szén égetése során az erőműi pernyékben is megtalálható. A germánium kizárólag más fémekhez kötött bányászat során, azoknak melléktermékeként állítható elő (réz, ólom, cink). A kereskedelmi germániumot a leginkább finomítóknak dúsítják [48]. A germánium tartalékok a cink- és a cink- ólom- réz-szulfid ércekhez társulnak [40]. A germánium tartalékokra vonatkozó mennyiségi adatok korlátozottan elérhetőek (6. táblázat). Az EU területén belül jelenleg nincs germánium kitermelés, a kitermelt anyag az EU-n kívüli ércbányákban kerül finomításra majd exportálásra, főként Kínából [38].

Germánium (Ge)	Tartalékok		Termelés		EU import	
Országok	[tonnában] 2010	[%]	[tonnában] 2009	[%]	[tonnában] 2007	[%]
USA	450	-	4,6	3,3	5,8	18,6
Kína	-	-	100	71,6	22,5	72,3
Hong Kong	-	-	-	-	2,2	7,1
Dél-Korea	-	-	-	-	0,2	0,6
Japán	-	-	-	-	0,2	0,6
Szingapúr	-	-	-	-	0,2	0,6
Oroszország	-	-	5	3,6	-	-
Egyéb	-	-	30	21,5	-	-
Összesen	-		139,6		31,1	

6. táblázat: A germánium tartalékok, a termelés és az EU import adatai [25].

A világ germánium felhasználásának közel 30 %-a másodlagos nyersanyagokból kerül visszaforgatásra. A legtöbb optikai eszköznél, a gyártás során a felhasznált germánium, több mint 60 %-a kerül rutinszerűen visszaforgatásra a már elhasznált eszközökből. A germánium szintén visszanyerhető az üzemén kívüli tankok és egyéb katonai járművek alkatrészeiből. 2009-ben, a germánium tartalmú fémhulladékok hozzáférhetőségének csökkenésével az optikai szálak gyártásának technológiai fejlesztései is jelentősen lecsökkentek [39].

A jövőben a germánium szilíciummal való helyettesítése viszonylag könnyen megoldható lesz néhány elektronikus eszközben, már ma is léteznek ilyesfajta helyettesítések, például a tranzistorokban. Mindazonáltal a germánium még mindig a legmegbízhatóbb anyag a nagy frekvenciás eszközökben történő alkalmazásoknál. Valójában a germánium alkalmazása a LED-ekben még mindig sokkal gazdaságosabb, mint a helyettesítő elemeké [54]. Az infravörös alkalmazásoknál a germánium cink-szeleniddel történő helyettesíthetősége kivitelezhető, ha bizonyos tulajdonságok romlása (gyengülése)

még elfogadható az eszközzel szemben. A jövőben a titán potenciális katalizátorként jelenhet meg a polimerizációk folyamatában.

II.7. GRAFIT

A természetes **grafit** fém és nem fém tulajdonságokkal is rendelkezik, amely számos ipari eszköznél indokolja az alkalmazhatóságát. A fém tulajdonságai közé tartozik az elektromos- és hővezető képesség. A nem fém tulajdonságok közé a magas hőállóság, az inertség és a kenhetőség tartozik. A grafit számos hasznos tulajdonsággal rendelkezik, amelyek teret adnak a széleskörű alkalmazhatóságnak (30 különböző alkalmazás, több száz formában).

A természetes grafit három típusú előfordulása ismert: vénás (erezetes) grafit (1 %-os piaci részesedés), pelyhes (réteges) grafit (38 %-os piaci részesedés) és mikrokristályos grafit (61 %-os piaci részesedés). A csúcscategóriás ipari alkalmazások a pelyhes (réteges) grafitra fókuszálnak. A felmérések alapján a grafit tartalékok bőségesek, a kereskedelemben azonban az uralkodó szerep mégis Kínáé (7. táblázat) [28].

Grafit	Tartalékok		Termelés		EU import	
Országok	[1.000 tonnában]	[%]	[1.000 tonnában] 2008	[%]	[1.000 tonnában] 2007	[%]
Kína	55.000	77,5	810	72,3	90	74,1
India	5.200	7,3	140	12,5	1	0,9
Mexikó	3.100	4,4	10	0,9	-	-
Brazília	360	0,5	77	6,9	9	7,7
Egyéb	7.340	10,3	83	7,4	21	17,3
Összesen	71.000		1120		122	

7. táblázat: A grafit tartalékok, a termelés és az EU import adatai [28].

Habár, több mint 5 millió tonna igazolt készlet (tartalék) található Norvégiában, Svédországban, Ausztriában, Németországban és a Cseh Köztársaságban, az EU országainak grafit termelése mégis csekély jelentőségű, amelynek következménye, hogy a régió 95 %-a grafit importfüggőségben szenved. A kitermelés fejlődésével, 2008-ra a természetes grafit világtermelése jelentősen megnőtt, mintegy 11,2 millió tonna volt, ellentétben az 1995-ös év 7,5 millió tonnás értékével.

Az acélgyártásból visszamaradt jó minőségű pelyhes (réteges) grafit visszanyerése technikailag megoldható, de jelenleg még nem bevett gyakorlat. A világpiac grafit bősége jelentősen gátolja a növekvő, másodnyersanyagokból történő visszanyerésre irányuló erőfeszítéseket. A másodnyersanyagokból visszanyert grafit mennyiségére és értékére vonatkozóan nem találhatóak adatok a szakirodalomban [54].

II.8. INDIUM (IN)

Az **indium** széles körben elterjedt a földkéregben, azonban igen kis koncentrációkban található meg. Az indium termelés az ólom-cink tartalmú ércek bányászatához kötődik, éppen ezért a jelentős részét a szfalerit nevű ásványból (ólom-cink-szulfid) nyerik ki [41]. 2007-ben a felmérések szerint, -amely jelentősen hozzájárult az indium árának növekedéséhez-, az indium tartalékok becsült összege nagyjából 6.000 tonna volt (8. táblázat). Az új lelőhelyek azonosításával, valamint gazdaságossá válásával az indium tartalékok mennyisége már nem olyan mértékben kritikus, mint annak előtte. Valójában, az indium gyártó vállalatok által meghatározott -az azonosítható alap fém ércek (ólom-cink ércek) készleteiből becsült (igazolt és várható, mért és jelzett, következtetett)- indium világkészlet közel 50.000 millió tonna, amelyből 26.000 millió tonna a világ nyugati részein, a 23.000 millió tonna nagy része pedig Kína és a korábbi Szovjetunió területén helyezkedik el. Mindezek ellenére az indium fajlagos ára még mindig nagyon magas. Az indium bizonyos szempontokból egy jelentéktelen fém, amelyre nem irányul konkrét (csak az indium miatti) bányászat. Annak érdekében, hogy a bányászati adatokat egyszerűsítsük, és ésszerű áttekintést kapjunk az indium termelésről, csak az ólom és a cink bányászathoz kötődő indium termelés adatait célszerű áttekinteni [9].

- Ólom érc bányászat: az EU országai közül 12 ország járult hozzá a világtermeléshez (2007-es adatok alapján), 269.300 tonna ólom termelésével, amely mintegy 7,5 %-ot tesz ki a világ össztermeléséből. Összességében az EU országait figyelembe véve elmondható, hogy jelentős mennyiségű ólom importálására van szükség az igények kielégítéséhez.
- Cink érc bányászat: 2007-ben az EU országai közül 11 ország járult hozzá a világtermeléshez, 945.000 tonna cink termelésével, amely mintegy 8,6 %-ot tesz ki a világ össztermeléséből. Összességében véve elmondható, hogy, jelentős mennyiségű cink importálására van szükség az igények kielégítéséhez.

A fenti adatok alapján megállapítható, hogy az EU az indium érceinek tekintetében importfüggő, amelynek egyenes következménye, hogy magából az indiumból is importálásra szorul. Ezt a megfigyelést erősíti az a tény is, hogy az EU országai közül egyedül Belgium mutat aktivitást az indium finomítása és gyártása terén.

Az indium kinyerés problémáinak fő okai:

- Az ércek 30 %-ának indium koncentrációja nem éri el a megfelelő, kohászat számára szükséges indium tartalmat, azért az indium tartalom egy része továbbra is elveszik.
- Az ércekben lévő indium tartalom 70 %-ának (amely eléri a kohászathoz szükséges indium tartalmat) a végső kinyerés során elért átlagos kitermelési aránya is csupán 50 %.

Indium (In)	Termelés		EU import	
Országok	[tonnában] 2008	[%]	[tonnában] 2006	[%]
Belgium	30	5,3	-	-
Kanada	50	8,8	-	-
Kína	330	58,1	47,3	81,3
Japán	60	10,6	0,5	0,9
Korea	50	8,8	-	-
Peru	6	1,1	1,5	2,6
Oroszország	12	2,1	1,6	2,7
Hong Kong	-	-	2,3	4
Norvégia	-	-	0,6	1
USA	-	-	2,2	3,8
Szingapúr	-	-	2,2	3,8
Svájc	-	-	-	-
Egyéb	30	5,3	-	-
Összesen	568		58	

8. táblázat: Az indium (In) termelés és az EU import adatai [24].

Az indium másodlagos nyersanyagokból történő visszanyerése igen korlátozott. Az indium visszanyerését másodlagos nyersanyagokból főleg az indium-ón-oxidot (ITO) tartalmazó eszközökből (LCD kijelzők) lehet megoldani, azonban a visszaforgatás aránya itt kevesebb, mint 1% [18]. Az ITO feldolgozásából származó indium visszanyerése gazdaságtalan. A kohászati cégek hatalmas mennyiségű, indium tartalmú meddőket halmoztak és halmoznak fel az évek során. Ezen indium tartalmú meddők kezelése bonyolult és nehézkes, azonban az indium tartalom kinyerhető belőlük, ha szükséges vagy a világpiaci ár gazdaságossá teszi azt. Egy újabb felmérés szerint, az összes, meddőkben tárolt indium tartalom közel 15.000 millió tonna világszerte, amely 500 millió tonna indium tartalmú meddővel gyarapodik évente. A felmérés arra enged következtetni, hogy a bányászati tartalékok (100 éven át 500 millió tonna tiszta indium évente) és a meddőkben lévő tartalékok (30 éven át 500 millió tonna évente), valamint a folyamatos fejlesztések alatt lévő visszanyerési technológiák segítségével az indium még hosszú időn keresztül elérhető lesz az ipar számára.

Jelenleg, az indium áringadozása és a szükséges ellátás aggodalma miatt az indium antimon-ón-oxiddal történő helyettesíthetősége érdekessé válhat az LCD kijelzőkben. A szén nanocsöves fedőrétegek alkalmazása alternatívát kínál a kijelzőkben, a napelemekben és az érintőképernyőkben. Számos, más anyag is létezik az indium-ón-oxid helyettesítésére, amelyek természetesen nagyban függenek a helyettesítő anyag alkalmazásának céljaitól is. Az indium helyettesíthető gallium-arseniddel a félvezető gyártásával készült termékekben, valamint hafniummal a nukleáris reaktorokat szabályzó rudak ötvözeiben [54].

II.9. MAGNÉZIUM (MG)

A USGS adatai szerint, a **magnézium** tartalmú primer források gyakorlatilag széles körben fellelhetőek világszerte. A világ azonosítható magnezit (MgCO_3 – magnézium-karbonát) készlete mintegy 13 billió tonna (9. táblázat), amelyhez még hozzáadódik a néhány millió tonna brucit (magnézium-hidroxid) készlet. Ezek együttesen alkotják a magnézium kinyerésének fő forrásait. A dolomit-, a forsterit-, a magnézium tartalmú evaporit-, illetve a magnézium tartalmú sóoldat készletek is számottevőnek mondhatóak, együttes mennyiségük több billió tonnás értéket tesz ki. A magnézium-hidroxid a tengervízből is kinyerhető.

Magnezit (MgCO_3)	Tartalékok		Termelés		EU import	
Országok	[1.000 tonnában]	[%]	[1.000 tonnában] 2009	[%]	[1.000 tonnában] 2006	[%]
USA	10.000	0,4	-	-	-	-
Ausztrália	100.000	4,4	130	2,6	-	-
Ausztria	15.000	0,7	200	4	-	-
Brazília	99.000	4,4	100	2	-	-
Kína	400.000	17,7	2.800	56,1	1.156	81,5
Görögország	30.000	1,3	100	2	-	-
India	14.000	0,6	100	2	-	-
Észak-Korea	450.000	19,9	50	1	-	-
Oroszország	650.000	28,9	350	7	44	3,1
Szlovákia	36.000	1,6	270	5,4	-	-
Spanyolország	10.000	0,4	130	2,6	-	-
Törökország	49.000	2,2	600	12	-	-
Egyéb	390.000	17,3	160	3,2	218	15,4
Összesen	2.253.000		30.190		1.418	

9. táblázat: A magnezit (MgCO_3) tartalékok, a termelés és az EU import adatai [22].

A táblázat a magnezit kitermelés adatait és nem az előállított tiszta magnéziumra vonatkozó adatokat szemlélteti. Egy másik felmérés becsült adatai szerint a világtermelés mértéke 570.000 tonna magnezit volt 2009-ben, amelynek az uralkodó részét, hozzávetőleg 470.000 tonnát Kína állított elő.

A magnézium másodlagos nyersanyagforrásokból történő visszanyerésének aránya 33 %. A legtöbb fémre, így a magnéziumra is elmondható, hogy a szekunder forrásokból történő visszanyerése csökkenti az energiaköltségeket és az importfüggőséget is. A becsült adatok extrapolálása alapján megállapítható, hogy a 33 %-os visszaforgatási arány a közeljövőben emelkedni fog.

A magnézium helyettesítésére -főleg az öntvényekben és a kovácsoltvas termékekben- az alumínium és a cink alkalmas. Néhány hőálló alkalmazásnál a magnéziumoxidot kromittal és kovással helyettesíthetik [54].

II.10. NIÓBIUM (Nb)

A **nióbium** a föld számos pontján megtalálható, de csak ritkán fordul elő gazdaságosan kitermelhető koncentrációkban. A nióbium földkéregben való átlagos koncentrációját tekintve a 33. helyen áll (24 ppm) az elemek között. Jelenleg, körülbelül 60 nióbium tartalmú ásványt tartanak számon világszerte, amelyek közül a piroklór $((\text{Na,Ca})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH,F}))$ és a kolumbit $(\text{Fe}(\text{NbTa})_2\text{O}_6)$ a legfontosabbak [49]. A piroklórból (90 %) és a kolumbitból (7,5 %) kinyert nióbium a világ kínálatának majdnem a 100 %-át adja. A világ nióbium forrásainak mennyisége több mint, a várható kereslet. A nióbium termelés világszerte vezetője Brazília (10. táblázat) [43].

Nióbium (Nb)	Tartalékok		Termelés		EU import	
Országok	[1.000 tonnában] 2010	[%]	[1.000 tonnában] 2009	[%]	[tonnában] 2006	[%]
Brazília	2.900	98,4	57	92,4	16,6	84,1
Kanada	46	1,6	4,3	7	3,1	15,8
Oroszország	-	-	-	-	0,009	0,05
Egyéb	-	-	0,4	0,6	-	-
Összesen	2.946		61,7		19,7	

10. táblázat: A nióbium (Nb) tartalékok, a termelés és az EU import adatai [20].

Az import fő forrása Brazília, kisebb mennyiségben pedig Kanada. Az EU országai is exportálnak kisebb mennyiségben nióbiumot, habár az EU területén nem történik előállítás. A 2007-es adatok szerint, a Morella Salles csoport adta a nióbium termelés 85 %-át, amelyet az amerikai Angelo PLC (8 %) és a Lamgold (7 %) vállalatok követnek.

A nióbium visszanyerhető másodlagos nyersanyagokból is, például a nióbium tartalmú acélokból és a szuperötvözetekből. Az elektronikai hulladékokból történő visszanyerés, a visszanyerhető, kevés nióbium tartalom miatt elhanyagolható. A szekunder nyersanyagokból történő nióbium visszanyerésére vonatkozóan nem állnak rendelkezésre adatok, azonban egyes becslések ezt az értéket 20 % körülre teszik [42]. Habár a nióbium helyettesítése megoldható más elemekkel, a helyettesítés magába foglalja a magasabb költségeket, csakúgy, mint a helyettesítő elem eltérő tulajdonságaiból adódó teljesítmény csökkenést [54]. A nióbium helyettesítésére az alábbi elemek lehetnek alkalmasak:

- A molibdén és a vanádium, mint ötvöző elem a nagy szilárdságú acélokból.
- A tantál és a titán, mint ötvöző elem a rozsdamentes és nagy szilárdságú acélokból.
- A kerámiák, molibdén, tantál és a volfrám a magas hőmérsékletű alkalmazásoknál.

II.11. PLATINA CSOPORT ELEMEI (PGM)

A **platina csoport elemei (PGM)** nagyon ritkán, kis koncentrációkban fordulnak elő a földkéregben. A platina és a palládium átlagos, a természetben előforduló koncentrációja megközelítőleg 5 ppm, míg a ródiumé, az irídiumé és a ruténiumé 1 ppm körül van [1]. A platina csoport elemeire nem irányul közvetlen bányászat az EU-ban [2], habár néhány ország csekély platina és palládium termelést produkált a 2007-es adatok alapján [52]. Az EU országai közül csak Finnország és Lengyelország járult hozzá kis mértékben a világ platina termeléséhez. Finnország termelése 800 kg volt, ami a világtermelés 0,39 %-át jelenti, Lengyelországé pedig mindössze 10 kg. A jelentések szerint palládium termelést egyedül Lengyelország mutat, 20 kg előállított palládiummal, ami 0,01 %-ot tesz ki a világtermelésből. A platina csoportban lévő elemek tartalékainak 90 %-a Dél-Afrikában található, éppen ezért nem meglepő, hogy Dél-Afrika a világ, vezető platina kitermelője (11. táblázat) [44]. A természetben előforduló platina csoport elemei minden esetben más elemekkel összekapcsoltan jelennek meg. Ezekben a társulásokban a leggyakoribb fémes alkotóelem a platina és a palládium, átlagosan a ródium és a ruténium, míg a legalacsonyabb előfordulással az irídium és az ozmium jelenik meg. A platina csoport elemeihez kapcsolódóan további elemek társulása is jellemző, ilyen a nikkel, a réz és az arany. Míg a Dél-Afrikában, a Zimbabweben és az USA-ban található készleteket kizárólag a platina csoport elemei miatt bányásszák, addig az Oroszországban és a Kanadában található készletekből a platina csoport elemeinek előállítása a nikkel bányászat melléktermékeként jelentkezik. A platina csoport elemeire jellemző társulások miatt a ródium, a ruténium, az irídium és az ozmium kínálata nagyban függ a platinára és a palládiumra irányuló bányászattól, mindeközben Oroszországban és Kanadában a kínálatot jellemzően a nikkel bányászata határozza meg [14].

Platina csoport elemei (PGM)	Tartalékok (PGM)		Palládium termelés		Platina termelés	
Országok	[tonnában] 2010	[%]	[tonnában] 2009	[%]	[tonnában] 2009	[%]
USA	900	1,3	12,5	6,4	3,8	2,1
Kanada	310	0,4	9	4,6	5	2,8
Oroszország	6.200	8,7	80	41	20	11,2
Dél-Afrika	63.000	88,5	79	40,5	140	78,7
Zimbabwe	-	-	4,8	2,5	6	3,4
Egyéb	800	1,1	9,8	5	3,2	1,8
Összesen	71.210		195,1		178	

11. táblázat: A platina csoport elemeinek (PGM) tartalékai, a palládium termelés- és a platina termelés adatai [44].

Az EU számára szükséges, főbb importforrások Dél-Afrikában (megközelítőleg 60 %) és Oroszországban (több mint 30 %) találhatóak [32]. A platina árának fajlagos növekedése az elmúlt 20 évben számos új terület felfedezéséhez és a már előzőleg gazdaságtalannak minősített előfordulások újraértékeléséhez vezetett. Ezen területek közé sorolható a grönlandi Skaergaard-, az amerikai Duluth- és a finn Penikat- és Keivitsa-komplexumok [3].

A platina csoport elemei megtalálhatóak a réz palás előfordulásaiban is. Az alapanyagok árának növekedésével az EU területén található üledékes kőzetek kitermelése egyre inkább gazdaságossá válik, amely számos új forrást jelent a platina csoport elemeinek bányászatában. Jelenleg Európában 7 projekt ismert a platina csoport elemeinek bányászatához kapcsolódóan, amelyből 1 már a megvalósítás fázisába lépett. A világ platina kereskedelmének 70 %-át a Norilsk Nikkel Bányászati és Metallurgiai vállalat, az Angelo American PLC és az Impala Platinum Holding Ltd. uralja.

A platina csoport elemeinek fajlagosan magas ára miatt a másodlagos nyersanyagforrásból történő visszaforgatásuk igen gazdaságos, főleg azokban az ipari folyamatokban, ahol katalizátorként alkalmazzák, valamint az üvegiparban a PGM tartalmú eszközökből [15]. Ezen alkalmazásokhoz az eredetileg felhasznált platina csoport elemeinek 90 %-át másodlagos nyersanyagforrásból forgatják vissza. A legtöbb ipari felhasználó igyekszik magánál tartani a PGM vagyont, amelyet másodlagos nyersanyagforrásból történő visszanyeréssel oldanak meg, egy zárt körfolyamaton keresztül. A jelentések alapján megállapítható, hogy a kőolaj finomításhoz és az üvegiparhoz szükséges PGM felhasználás adatai nettó számok, amelyek a bruttó keresletnek csak egy töredékét fejezik ki. Jelenleg nincs univerzális eljárás az elhasznált másodnyersanyagokból (elektronikai összetevők, ékszerek, autóiipari katalizátorok) történő PGM visszanyerésére. Az autóiipari katalizátorok különösen fontos forrásai a másodnyersanyagokból visszanyert platina csoport elemeinek, a visszaforgatott PGM mennyisége várhatóan emelkedni fog a katalizátorral felszerelt gépjárművek elhasználódásával. A globális adatokat tekintve az autóiiparban felhasznált platina csoport elemeinek mintegy 50-60 %-át forgatják vissza a termelési folyamatba, Európában ez az arány jóval 50 % alatt van, főleg az elhasznált gépjárművek magas export árai és a nem megfelelő visszanyerési eljárások miatt. Az EU országaiban az elhasznált gépjárművekből kötelezően eltávolítják a katalizátorokat, növelve ezzel a másodnyersanyagokból visszaforgatott PGM arányát, azonban ez nem érinti azokat a gépjárműveket, amelyeket az EU területéről exportálnak.

A platina csoport elemeinek más fogyasztási felhasználásokból eredő visszaforgatási aránya lényegesen rosszabb, mint a már fentebb említett autóiipari katalizátorokból történő visszaforgatás aránya. Az elhasznált elektronikai alkalmazásokból visszanyert PGM aránya a 10 %-ot sem éri el. A platina csoport elemeinek másodnyersanyagokból (autóiipari katalizátorokból és más felhasználásokból) történő visszanyerésében a PGM tartalmú hulladékok szelektív gyűjtése, majd a fém feldolgozási folyamatba történő visszaforgatása a kihívás. A fém feldolgozási folyamatba történő

visszaforгатás elég hatékony, amely hozzájárul a platina csoport elemeinek közel 95 %-os visszaforгатási rátájához [13].

A platina csoport elemeinek felhasználása egy bizonyos mértékig disszipatív (veszteséggel járó) úton történik, amely gazdasági- és technikai kihívásokat is jelent a másodnyersanyagokból történő visszaforгатásban. A ruténium a merevlemezekben (manapság a ruténium felhasználás 80 %-a itt történik), a platina a szilikonokban és a szenzorokban, míg az irídium a gyújtógyertyákban használatos összetevő. A platina csoport elemeinek a felhasználása nélkülözhetetlen az orvosi alkalmazásokban is. Az ékszerkészítés- és a pénzverés folyamatához felhasznált PGM gyakran örök életre gyártott termékekbe kerül. Ezen alkalmazásoknál gyakorlatilag nincs, vagy alig van elhasználódás, illetve PGM tartalmú hulladékképződés.

Általánosságban elmondható, hogy a platina csoport elemei egymással jól helyettesíthetőek a hasonló kémiai és fizikai tulajdonságaik miatt [54]. Az autópári katalizátorokban a platina gyakran helyettesíthető a palládiummal, azonban az általános helyettesítésre irányuló erőfeszítések jelentősen megemelhetik a fajlagos árakat. A palládium fajlagos ára mindig alacsonyabb, mint a platináé, amelynek következményeként az autópár az uralkodóan palládium összetevőjű katalizátorok alkalmazására váltott. Viszont a dízel gépjárművek európai fellendülése további platina szükségletet generált, ugyanis az eredeti dízel katalizátorok működéséhez nélkülözhetetlen a platina összetevő jelenléte. Jelenleg, az új technológiák alkalmazása megengedi a platina, palládiummal történő részleges helyettesítését, azonban még így is a platina marad az uralkodó összetevő a dízel katalizátorokban. A ródium alkalmazása a katalizátorokban nem szükséges, de gyakran alkalmazzák helyettesítő elemként, kombinálva a platinával és a palládiummal is. A többrétegű kerámia kondenzátorokban lévő ezüst-palládium pasztákban, a palládium helyettesítése alap fémekkel (nikkel, réz) is megoldható. A csúcstechnológiás elektronikai eszközökben lévő többrétegű kerámia kondenzátorokban azonban még mindig a palládiumot alkalmazzák a leggyakrabban [44]. Az autópári felhasználás során az új technológiával készülő katalizátorokban már sokkal kevesebb a felhasznált PGM mennyisége, mint a régebbi katalizátorok esetében.

II.12. RITKAFÖLDFÉMEK (REE)

A világ **ritkaföldfémek** készletének (kivéve a Szkandiumot) becsült értéke kb. 99 millió tonna (12. táblázat). A világ ritkaföldfém termelésének 97 %-át Kína állítja elő, habár a világkészletek mindössze egyharmada található az ország területén belül [45].

A ritkaföldfémekre nem irányul közvetlen bányászat az Európai Unión belül, azonban a Svédországban lévő ismert előfordulások mennyiségileg mintegy 500.000 tonnát tesznek ki [51]. 2007-ben megközelítőleg 17.600 tonna (a világtermelés 14 %-a) ritkaföldfémeket importált az EU,

amely még így is 14 %-al kevesebb, mint az azt, egy évvel megelőző (2006-os) adat. Az import fő forrása Kína, kisebb mennyiségben Oroszország.

Ritkaföldfémek (REE)	Tartalékok		Termelés		EU import	
Országok	[1.000 tonnában] 2009	[%]	[1.000 tonnában] 2009	[%]	[tonnában] 2007	[%]
USA	13.000	13,2	-	-	-	-
Ausztrália	5.400	5,5	-	-	-	-
Brazília	48	<0,1	0,65	0,5	-	-
Kína	36.000	36,5	120	97	15,8	89,7
India	3.100	3,1	2,7	2,2	0,07	0,4
Malajzia	30	<0,1	0,38	0,3	-	-
Kazahsztán	-	-	-	-	0,1	0,6
Oroszország	-	-	-	-	1,6	9,2
Vietnám	-	-	-	-	0,01	0,1
Egyéb	41.000	41,6	-	-	-	-
Összesen	98.578		123,7		17,6	

12. táblázat: A ritkaföldfémek (REE) tartalékai, a termelés és az EU import adatai [31].

Az előrejelzések alapján megállapítható, hogy Kína a közeljövőben a saját ritkaföldfém termelését teljes mértékben fel fogja használni, éppen ezért számos, a ritkaföldfémek kinyerésére irányuló projekt indult el nemrégiben. Ezek közül, a két legjelentősebb az amerikai Mountain Pass-ban és az ausztráliai Weld-hegységben található.

A ritkaföldfémek másodlagos nyersanyagokból történő visszaforgatásának aránya igen alacsony, körülbelül 1 %, amelyet főként az elhasznált permanens mágnesekből nyernek vissza [54].

A ritkaföldfémek más elemekkel történő helyettesíthetősége megoldható, de számolni kell az eltérő fizikai és kémiai tulajdonságokból adódó teljesítmény csökkenéssel.

II.13. TANTÁL (TA)

A **tantál** gyakran a nióbiummal együtt lelhető fel, ennek ellenére a tantál átlagos, a természetben előforduló koncentrációja (2,1 ppm) kevesebb, mint a nióbiium koncentrációjának (24 ppm) a tizede [50]. A tantál tartalmú ásványok (tantalit - $(\text{Fe,Mn})(\text{Ta,Nb})_2\text{O}_6$, wodginit - $\text{MnSnTa}_2\text{O}_8$, mikrolit - $(\text{Na,Ca})_2\text{Ta}_2\text{O}_6(\text{O,OH,F})$) szinte bárhol megtalálhatóak, de csak nagyon ritkán fordulnak elő jelentősebb tantál koncentrációval. A tantál előállítható az ón olvasztási folyamatának melléktermékeként is [19].

A világ vezető tantál termelői Brazília és Ausztrália (itt találhatóak a főbb tantál készletek is), kisebb mennyiségben a Kongói Köztársaság is állít elő tantál koncentrátumokat (13. táblázat) [46].

Tantál (Ta)	Tartalékok		Termelés		EU import	
Országok	[tonnában] 2010	[%]	[tonnában] 2009	[%]	[tonnában] 2006	[%]
Ausztrália	40.000	38,1	560	48,3	-	-
Brazília	65.000	61,9	180	15,5	-	-
Kanada	-	-	40	3,4	-	-
Kongói Köztársaság	-	-	100	8,6	-	-
Ruanda	-	-	100	8,6	-	-
Kína	-	-	-	-	17	13
Japán	-	-	-	-	78	60
Kazahsztán	-	-	-	-	35	27
Egyéb	-	-	180	15,5	2	-
Összesen	105.000		1.160		131	

13. táblázat: A tantál (Ta) tartalékok, a termelés és az EU import adatai [21].

A fentebb lévő, összegzett táblázat kereskedelmi adatai az adatok korlátozottsága miatt nem a koncentrátumokra, hanem a megmunkálatlan tantálra vonatkoznak. A jelenlegi tantál kínálat főleg primer (ásványi) forrásokból (65 %-a a tantál tartalmú ásványokból, 13 %-a az ön feldolgozása során visszamaradt salakokból) tevődik össze, azonban a kínálat több, mint 20 %-át szekunder nyersanyagokból forgatják vissza [47]. Az EU tantál ipara mindössze néhány céget foglal magában, amelyek főként tantál-oxidot, fémport és karbidot állítanak elő, mintegy 250-300 tonna éves termelési teljesítménnyel. A cégek a tantál előállításához szükséges teljes nyersanyagot az EU-n kívülről importálják, ebből következik, hogy az EU gyakorlatilag teljesen függ a nemzetközi piac nyersanyagforrásaitól (az EU piacán belül csak kis mennyiségű tantál tartalmú hulladék áll rendelkezésre, a másodnyersanyagokból történő visszaforgatás számára).

A tantál másodnyersanyagokból történő visszaforgatása főként a cementált karbidot és az ötvözeteket gyártó ágazatokban megoldott. A feldolgozási eljárások során a tantál tartalmú végterméket ötvözet formájában nyerik vissza a hulladékokból. A kondenzátorok a fő szekunder nyersanyagforrásai a tantál másodnyersanyagokból történő visszanyerésének. A kondenzátorokból történő tantál visszanyerési folyamata igen bonyolult és gazdaságtalan. A másodnyersanyagokból visszanyerhető tantál tartalom változó, a kevesebb, mint 1 %-tól egészen a 9 %-ig ingadozhat [12].

A tantál kondenzátorokban történő helyettesíthetőségével kapcsolatban számos erőfeszítés történt a közelmúltban, amelynek során megállapították, hogy a leginkább megfelelően funkcionáló helyettesítő elem az alumínium. A nióbiummal történő helyettesítés a karbidokban és az üvegekben megoldható, míg a platina, a titán és a cirkónium használata a korrózióálló alkalmazásokban válthatja ki a

szükséges tantált. A hafnium, az irídium, a molibdén, a nióbium, a rénium és a volfrám helyettesítő anyagként való alkalmazása főként a magas hőmérsékletű eszközökben lehet indokolt. A tantál helyettesítésével számolni kell a helyettesítő elem eltérő fizikai és kémiai tulajdonságaiból adódó hatékonyság csökkenésével [54].

II.14. VOLFRÁM (W)

A világ **volfrám** készletei földrajzilag széles körben oszlanak meg a Földön. Kína rendelkezik a világon a legbőségebb forrásokkal és tartalékokkal, azonban Kanadában, Kazahsztánban, Oroszországban és az USA-ban is jelentős készletek találhatók (14. táblázat). A világ volfrám termelésének 78 %-át Kína adja, de a Kínából történő export korlátozott, mert a volfrám tartalmú nyersanyagok kizárólag ammónium-paravolframát (APT) és oxid formában hozzáférhetőek [2]. Európa a világ volfrám termelésének a 26 %-át importálja (~2.500 tonnát érc formájában, ~2.100 tonnát APT formájában és ~4.000 tonnát oxidok formájában), az adatok alapján megállapítható, hogy az EU jelentősen importfüggő ebben a tekintetben.

Volfrám (W)	Tartalékok		Termelés		EU import	
Országok	[1.000 tonnában]	[%]	[tonnában] 2008	[%]	[tonnában] 2006	[%]
USA	140	5,1	-	-	-	-
Ausztria	10	0,4	1.100	2	-	-
Bolívia	53	1,9	1.100	2	352	6,6
Kanada	110	4	2.300	4,1	22	0,4
Kína	1.800	65	43.500	77,8	19	0,4
Portugál	4	0,2	850	1,5	-	-
Oroszország	250	9	3.000	5,4	4.026	75,6
Egyéb	400	14,5	4.100	7,3	910	17,1
Összesen	2.767		55.950		5.329	

14. táblázat: A volfrám (W) tartalékok, a termelés és az EU import adatai [30].

Az EU területén jelenleg két volfrám termelő bánya működik, az egyik Portugáliában, a másik Ausztriában található, azonban az ausztriai termelés igen kötött. Az ITIA (Nemzetközi Volfrám Ipari Egyesület) által készített jelentés külön kiemeli, hogy a másodnyersanyagokból történő volfrám visszanyerés jelentős tényezővel bír a világkínálatot figyelembe véve [57]. A volfrám feldolgozó iparágak képesek majdnem minden volfrám tartalmú hulladékból a volfrám visszanyerésre. A volfrám tartalmú hulladékok az ércekben lévő volfrám koncentrációk többszörösével rendelkeznek, éppen ezért értékes másodnyersanyagai a volfrám előállításának. A másodnyersanyagokból történő visszaforgatás számos országban magas aránnyal történik, azonban a világ átlagát nézve csak 35-40 %-os

visszaforгатási rátával számolhatunk, amely nagyban függ a gazdasági feltételektől is [6]. A szennyezett, cementált, volfrám tartalmú karbid hulladékokat leőrlik és a por formában kapott anyagot oxidálják, majd kémiai eljárások segítségével nyerik vissza belőlük az értékes volfrámot. A karbidokból történő volfrám visszanyerése mellett, ha szükséges a kobalt, a tantál és a nióbbium visszanyerése is megoldható különböző szeparációs eljárásokkal. Az egyéb, volfrám tartalmú hulladékokból és maradványanyagokból történő volfrám visszanyeréshez a különböző eljárások módosítása szükséges. A tiszta, cementált karbid betéteket és tömörítvényeket szintén por formába alakítják a cink feldolgozási folyamata során (olvadt cinkkel kezelik, amely a kobalt fázisában oldódik, ezután desztillálják, végül egy szivacsos anyagot kapnak végtermékként, ami könnyen szétzúzható és aprítható). Az így kapott port adják vissza a gyártási folyamatba. Az említett eljárással nem csak a volfrám-karbidból, hanem a tantál-karbidból és a kobalt-karbidból is visszanyerhető az értékes fém. Másrészt, a szakirodalomból az is megállapítható, hogy bizonyos alkalmazásokban a felhasznált volfrám visszanyerhetősége teljes mértékben korlátozott, ilyen alkalmazás például az izzószálakban, valamint a hegesztő elektródákban történő volfrám felhasználás.

A cementált volfrám-karbidok potenciális helyettesíthetősége a következő anyagokkal lehetséges: molibdén-karbid, titán-karbid, kerámiák, valamint fém-kerámia kompozitok. Más alkalmazásoknál lehetséges volfrám helyettesítések:

- Bizonyos malomipari termékekben és az acélok adalékanyagaként a molibdén.
- A fény alapú alkalmazásoknál a szénszálas nanocsövek és a LED-ek.
- A páncéltörő lövedékek alkalmazásánál a karbidokban és az ötvözetekben a kimerült urán.

A felsorolt helyettesítési lehetőségek általában nagyobb költségekkel járnak, mérgező hatásúak és kevésbé környezetbarát alternatívákat kínálnak [54].

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV -2012-0005 jelű projekt részeként, a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ tevékenységének részeként az Új Széchenyi Terv keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] BGS Commodity Summaries (2009): *Platinum*.
- [2] BGS European Mineral Statistics (2003-2007).
- [3] BGS Profile (2010): *PGMs*, p. 22.
- [4] Civic (2009).

- [5] Critical raw materials for the EU (2010).
- [6] Dirk Kotze (2009): *The outlook to 2013 with a focus on China*. Presentation ITIA-meeting, CRU Strategies.
- [7] EU Raw Materials Initiative (2008).
- [8] European Mineral Statistics (2003-2007), BGS.
- [9] European Mineral Statistics (2008), BGS.
- [10] Feneau (2002).
- [11] Fraunhofer Institut Für System und Innovationsforschung and Institut Für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (2009): *Rohstoffe für Zukunftstechnologien*. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- [12] Graedel T. et al. (upcoming UNEP): *The Recycling of Metals: A Status Report*, Report of the Global Metal Flows Group to the International Panel for Sustainable Resource Management.
- [13] Hagelüken (2007): *Challenge of open cycles*.
- [14] Hagelüken (2006): *Markets of PGMs*.
- [15] Hagelüken (2006): *Precious metals process catalysts*.
- [16] Moskalyk (2003).
- [17] Ullmann's Encyclopedia of Chemical Technology (2006): *Fluorine Compounds, inorganic*. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- [18] Ullmann's Encyclopedia of Chemical Technology (2006): *Indium and Indium Compounds*. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- [19] Ullmann's Encyclopedia of Chemical Technology (2006): *Tantalum and Tantalum Compounds*. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- [20] USGS (2010): *ComExt (CN 7202 93 00, Ferro-Niobium)*.
- [21] USGS (2010): *ComExt (CN 8103 20 00)*.
- [22] USGS (2010): *ComExt (CN 8104 19 00 & CN 8104 11 00)*.
- [23] USGS (2010): *ComExt (CN 8112 12 00)*.
- [24] USGS (2010): *ComExt (CN 8112 92 81)*.
- [25] USGS (2010): *ComExt (CN 8112 92 95)*.
- [26] USGS (2010): *Trade data provided by BGS based on EU ComTrade (HS 252921 & HS 252922)*.
- [27] USGS (2010): *Trade data provided by BGS based on EU ComTrade (HS 261710)*.
- [28] USGS (2010): *Trade data provided by BGS based on UN ComTrade (HS 2504)*.
- [29] USGS (2010): *Trade data provided by BGS based on UN ComTrade (HS 2605)*.
- [30] USGS (2010): *Trade data provided by BGS based on UN ComTrade (HS 2611)*.
- [31] USGS (2010): *Trade data provided by BGS based on UN ComTrade (HS 280530, HS 284610, HS 284690)*.

- [32] USGS (2010): *Trade data provided by BGS based on UN ComTrade (HS 711011 & HS 711021)*.
- [33] USGS Mineral Commodity Summaries (2009): *Antimony*.
- [34] USGS Mineral Commodity Summaries (2010): *Beryllium*.
- [35] USGS Mineral Commodity Summaries (2009): *Fluorspar*.
- [36] USGS Mineral Commodity Summaries (2010): *Fluorspar*.
- [37] USGS Mineral Commodity Summaries (2009): *Gallium*.
- [38] USGS Mineral Commodity Summaries (2006): *Germanium*.
- [39] USGS Mineral Commodity Summaries (2009): *Germanium*.
- [40] USGS Mineral Commodity Summaries (2010): *Germanium*.
- [41] USGS Mineral Commodity Summaries (2009): *Indium*.
- [42] USGS Mineral Commodity Summaries (2009): *Niobium*.
- [43] USGS Mineral Commodity Summaries (2010): *Niobium*.
- [44] USGS Mineral Commodity Summaries (2010): *Platinum Group Metals*.
- [45] USGS Mineral Commodity Summaries (2010): *Rare Earths*.
- [46] USGS Mineral Commodity Summaries (2010): *Tantalum*.
- [47] Roskill (2005): *The Economics of Tantalum*, Ninth Edition.
- [48] Römpf Online (2007): *Germanium*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- [49] Römpf Online (2006): *Niob*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- [50] Römpf Online (2007): *Tantal*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- [51] Sveriges Geologiska Undersökning (2010).
- [52] World Mining Data (2009).

INTERNETES HIVATKOZÁSOK

- [53] ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/lvic_bref_0907.pdf,
EU BREF *Large Volume Inorganic Chemicals*.
- [54] http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/documents/index_en.htm,
European Commission (30 July 2010): *Annex V to the Report of the Ad-hoc Working Group on defining Critical Raw Materials*.
- [55] http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/report-b_en.pdf,
European Commission (30 July 2010): *Report of the Ad-hoc Working Group on defining Critical Raw Materials*.
- [56] http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/metals-minerals/files/sec_2741_en.pdf,
Commission of the European Communities (2008): *The Raw Materials Initiative*.

[57] <http://www.itia.info>,

ITIA (International Tungsten Industry Association).

[58] <http://www.roskill.com>,

Roskill Market Report (2009): *The Economics of Flourspar*, 10th Edition.

[59] <http://www.thecdi.com>,

CDI (Cobalt Development Institute).

[60] <http://www2.goldmansachs.com/our-thinking/brics/index.html>.

SZEKUNDER ENERGIAHORDOZÓ GÁZOK TERMIKUS HASZNOSÍTÁSA THERMAL UTILIZATION OF GASEOUS SECONDARY ENERGY SOURCES

Dr. Kapros Tibor

ny. egyetemi docens

Műszaki Anyagtudományi Kar, Energiahasznosítási Intézeti Kihelyezett Tanszék

Abstract

The paper focused on the utilization of gaseous secondary energy sources – stressed of the gasification products of wastes and of the metallurgical gaseous by-products. Giving an overview about the present situation of the thermal utilization of communal and industrial solid wastes, it summarizes the gasifying processes. The second part of the publication introduces a simplified calculation method for defining of the transferred heat at the firing chamber if natural gas would be substituted by non conventional gaseous fuel. The difference could achieve the range of 2-4% resulting important modification of the total energy utilization process.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat a hulladékok elgázosítási folyamataiban és a metallurgiai eljárásokban képződött szekunder energiahordozók termikus hasznosítására összpontosít. Bemutatja a szilárd kommunális és ipari hulladékok hasznosításának jelenleg elterjedten alkalmazott módszereit kiemelt figyelemmel az elgázosítási technológiákra. A folytatásban egyszerűsített számítási módszer kerül ismertetésre, amelynek segítségével különböző gázok tüztéri hőátadásának mértéke határozható meg. Az összehasonlító számítási eredmények szerint földgázt nem hagyományos gáznemű tüzelőanyaggal – pl. kamragázzal - helyettesítve 2-4% energia megtakarítás is elérhető.

BEVEZETÉS

Villamos vagy fűtési célú energia előállítására a földgáz ill. PB gáz mellett jelentős és egyre növekvő mennyiségben használnak hulladékok termikus kezelésével nyert szintézis gázokat. Alkalmazásuk többnyire a földgáz kiváltásának lehetőségéhez kapcsolódik. Ugyanakkor a gáztüzelő berendezések és rendszerek alapesetben „normál” földgáz ill. PB gáz tüzelőanyag bázison történő üzemeltetés céljára kerültek kifejlesztésre, ahol a gáz szénhidrogén tartalma általában meghaladja a 90%-t. A szintézis gázoknak a földgázéhoz képest eltérő összetétele a fűtőértékek különbözősége mellett azonban az alkalmazás számos egyéb járulékos szempontját is felveti. Ezek egyik eredő hatása a tüztéri hőátadási viszonyok megváltozása. Ez befolyásolja az elektromos vagy hőenergia termelés hatásfokát, de

magasabb tüztéri hőmérséklet a falazatra nézve is nagyobb termikus igénybevételt jelent. A hulladék gázoknak vagy szilárd hulladék hőbontásával képződött szintézis gázoknak meglévő rendszereknél történő alkalmazása mindezek figyelembe vételét igénylik.

Hulladék alapú energia termelés

A hulladék kezelés ma már Európa minden országában a környezetvédelem kiemelt feladata. A megoldás több irányból közelíthető meg. Értékelve ezek összesített végső hatását környezetünkre, a rangsorolás az 1. sz. ábrán bemutatott „piramis” alapelvnek megfelelően történik [1].

Felmérés szerint világméretben a hulladékkezelési módok közül jelenleg a tárolás képviseli a legmagasabb részarányt (57.%). Az égetés a hulladékok 18%-ra terjed ki, míg a hulladékok 25%-nál alkalmaznak újrahasznosítási technológiát [2]. Európában a termikus hasznosítást elterjedtebben alkalmazzák. Az átlagos érték 20%, de Dániában és Svájcban a hulladéknak közel felét használják energia termelésre. Az arány Németországban is 34% [3]. Előrejelzések szerint a legnagyobb fejlődés ez utóbbi eljárásoknál várható, de a termikus hasznosítás hányada is növekvő tendenciát képvisel. Jóllehet a „hulladékból energia” csábító stratégia, azonban a technológiák gazdaságos és környezetkímélő megvalósítása összetett folyamat, ahol számos feltételnek kell teljesülni. A termikus hasznosítás támogatói és ellenzői egyaránt számos érvet sorakoztatnak fel.



Forrás: Hornyák M. Hulladékok termikus hasznosításának szerepe az új keretirányelv tükrében. *Konf. ea. Veszprém 2010. április*

1. ábra Hulladékkezelési hierarchia

Az energia előállításának gyakorlatban jelenleg alkalmazott technológiái a hulladék termikus kezeléséhez kapcsolódnak. Ennek előnyei az alábbiak szerint összegezhetők.

- A hulladékból jelentős mennyiségű elektromos, ill. hőenergia nyerhető. Ez hálózati betáplálás szempontjából is számottevő, de a lokális energiaellátásban is fontos szerepet tölthet be.
- A termikus kezelések „melléktermékei” számos esetben (jobb) lehetőséget biztosítanak a nem éghető hulladékok újrahasznosítására.
- Hulladéktároló helyek kapacitását szabadítja fel, ill. teszi szükségtelemmé sűrűn lakott vidékeken új, helyigényt és környezeti terhelést jelentő tároló kialakítását.
- A termikus kezelés megteremti kórházi és egyéb veszélyes hulladékkezelés lehetőségét
- Csökkenti a nyitott depóniatelepek metánkibocsátásából származó üvegházhatást.

A technológia ellenzői az alábbi érveket fogalmazzák meg

- Az égetési technológia az egészségre rendkívül ártalmas dioxin és furán komponensek megjelenését eredményezi.
- A beruházás megvalósítása jelentős költséget igényel.
- A teljes folyamat az alapanyag előkészítő és a füstgáz, ill. salakkezelő fázisokban egyúttal jelentős mennyiségű energiát használ fel. A nettó energiahozamot ez jelentősen csökkenti.
- Az elégetlen, ill. hasznosíthatatlan végtermékek biztonságos deponálásánál további kezelésre van szükség.
- A végtermékek ismét a hulladéklerakóba kerülnek. A hulladék szervesanyag tartalma folyamatosan csökken. A folyamat energiahozama idővel negatívvá válhat.

Mindkét oldalon jelennek meg pozitív, ill. elrettentő hatású bizonyítékok valamely álláspont védelmében. A hulladékkezelési módok sorában az újrahasznosítás prioritása általánosságban nem vitatható – amennyiben a technológia garantálni képes az elvárt minőséget. A termikus kezelést minden esetben elutasító vélemények azonban az előnyök alulértékelése és a negatív példák általánosítása mellett nem (vagy csak idealizált mértékben) veszik figyelembe

- a hulladékok gyűjtésének, rendelkezésre állásának meglévő rendszerét mint realitást,
- más hulladékkezelési technológia adott helyszíni megvalósításának akadályait, időigényét
- a hulladékégetést „helyettesítő” más technológiák, vagy a tárolás energia igényét és környezeti hatását.

A megvalósíthatóság döntő szempontja a technológiának a környezetre gyakorolt hatása. Brit célvizsgálat mutatta ki, hogy 1 t városi hulladéktelepi hulladék elégetésekor 132 kg CO₂, 1,1-5,5 g

korom és más szilárd részecske, 16,5 g sósav-gáz, 275 g SO₂, 1925 g NO_x, 82,5 g CO és 10⁻⁶g dioxin képződik.

Az előállított energia mennyisége – 20% hatásfok és 8 000 kJ/kg fűtőérték feltételezésével - kb. 130 m³ földgáz eltüzeléséből származó villamos energiának ($\eta_{el} = 0,35$) felel meg. A képződött füstgáz mennyisége földgáztüzelés esetén 1615m³ (n=1,2). A keletkezett CO₂ mennyisége 220 kg. A füstgáz NO_x tartalma 100 mg/m³ kibocsátást tételezve fel 161,5 gramm. A szénmonoxid kibocsátás nagyságrendje 20 gramm.

Az adatokból kitűnik, hogy szilárd hulladék eltüzelésekor a széndioxid terhelés kisebb. További előny, hogy a hulladékban elégetett karbon 50-60%-a nem fosszilis eredetű, klíma semleges komponens. Egyéb szennyezők vonatkozásában azonban nagyobb kibocsátási értékek adódnak, mint földgáztüzelés esetén. A fosszilis tüzelés füstgázával összehasonlítva további szennyezőanyagok is jelennek meg. A példa jól érzékelteti a kérdés összetettségét. A döntéshozatalnál a kibocsátási értékek egyszerű összehasonlításán kívül vizsgálni kell a képződött szilárd végtermékek további kezelésének és tárolásának feltételeit, az égetés elmaradása esetén jelentkező, egyéb kezelési technológiákhoz vagy a tároláshoz kapcsolódó – gyakran jelentős - környezeti ártalmakat és természetesen mindezek pénzügyi vonzatát.

Hulladék alapú szintézis gázok előállítása

A szilárd hulladékok közvetlen energetikai hasznosítása rostélytüzelésű vagy forgódobos kemencében történő elégetéssel, egyéb tüzelőanyagokkal történő együttégetés formájában, ill. plazmatechnológia megvalósításával történik. A termikus hasznosítás céljára szolgáló hulladék alapú gázok előállítása hőbontással történik. A szerves anyagú hulladékok összetett vegyületei hő hatására, oxigénmentes (pirolízis) vagy oxigénszegény (elgázosítás) közegben, szabályozott körülmények között kémiai bomlási folyamatban vesznek részt. Az eljárás során gázmotorokban is felhasználható pirolízis-gáz, folyékony termék (olaj, kátrány, szerves savakat tartalmazó víz) és szilárd végtermék (pirolízis-koks) keletkezik.

A pirolízis alkalmazása főként homogén hulladékokra korlátozódik (gumi, műanyag, fa, kábelhulladék, stb.). Az eljárás alkalmas tiszta, magas fűtőértékű gáznak homogén hulladékból, vagy biomasszából történő előállítására. A feldolgozott hulladék anyagtól függően a gáz jellemzően 22 - 30 MJ/m³ fűtőértékkel rendelkezik. A hulladék szénhidrogén tartalma szintézisgáz formában jelenik meg és mind gázmotorokban kapcsolt villamos energia előállításának tüzelőanyagaként, mind kazántüzelésre alkalmas. Ez utóbbi esetben az átalakítás hatásfoka kedvezőtlenebb (gőzturbina), azonban a füstgáz kezelése elmaradhat, az eljárás kisebb ráfordítást igényel.

Az elgázosító technológia alkalmazásának elterjedt formája az ún. parciális pirolízis. A 650-980 C° hőmérséklet tartományban üzemeltetett égetőkamrában oxigénhiányos tüzelést valósítva meg a gáznemű bomlási és parciális oxidációs termékek az utóégető térbe áramlanak. Ennek hőmérséklete 1100 C°. A füstgáz hőtartalmát melegvíz vagy gőztermelés formájában hasznosítják. Esetenként az utóégetés és hőhasznosítás egységeit különválasztva önálló, nagy turbulenciájú utóégető kerül kialakításra.

A hőbontási technológia forgódobos kemencében történő is alkalmazható a dob külső fűtése által megvalósított pirolízis alkalmazásával. A képződött gázok a hulladék kezdeti energiatartalmának mintegy 65%-t tartalmazzák. Tisztítás után a tüzelőanyag gázmotorban használható fel villamos energia előállítására. A külső fűtés hőigénye a képződött pirolízis kokszt elégetésével nyert füstgázból biztosítható.

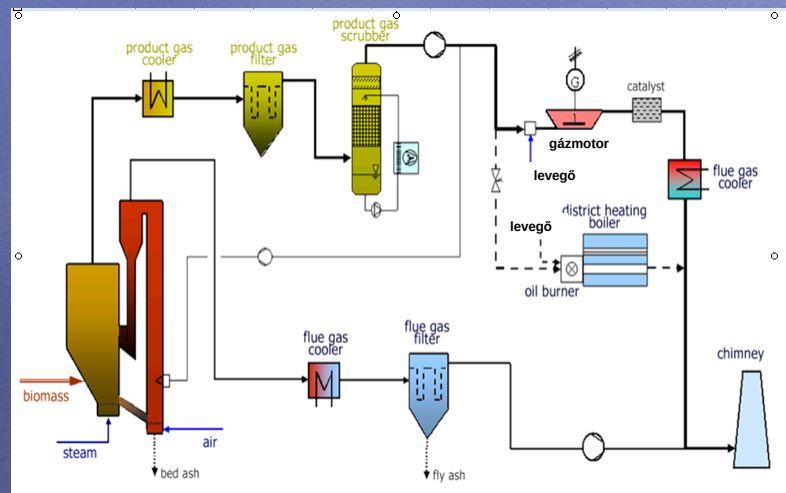
Az elgázosítás elterjedtebben alkalmazott eljárás. A technológia minden éghető hulladékanyag-fajtára alkalmas. A folyamatban valamennyi szerves anyag elbomlik és a keletkező gáz többfokozatú tisztítás után hasznosítható. Az elgázosító technológiák lényege, hogy léghiányos aránynak megfelelő oxigén (levegő) befűvást – esetenként vízgőzadagolást - alkalmazva a hulladékok illó anyagai a hőmérséklet hatására szabaddá válnak, illetve a lejátszódó oxidációs folyamatok eredményeként az égési végtermékek mellett jelentős fűtőértéket képviselő parciális oxidációs reakciótermékek képződnek. A hőenergiát az exoterm oxidációs folyamatok kialakulásához szükséges levegőtényező alkalmazása vagy külső fűtés biztosítja. A távozó szintézisgáz kezelést vagy további feldolgozást követően energetikai vagy vegyipari céllal hasznosítható.

Az eljárás általános előnyei az alábbiakban foglalhatók össze.

- elgázosítás esetén a kibocsátás ellenőrzése a szilárd anyag tüzeléséhez képest kevesebb eszközt igényel
- a képződött melléktermékek jól hasznosíthatók.
- rugalmas üzemmenetet, többféle alapanyaggal történő működtetést enged meg.
- a képződött gáz közvetlenül alkalmas földgáz kiváltására

Egy gőzbefűvást alkalmazó elgázosító rendszer vázlatát a 2. sz. ábra mutatja be [4]. A képződött szintézisgáz energiatartalma kéntelenítő, szárító és porleválasztó egységeken átáramoltatva gázmotor-generátor rendszerben közvetlenül hasznosítható villamos energia termelésére. Más megoldásoknál kétfokozatú aggregát formájában valósítják meg az energiatermelést. Az első lépcsőben alacsony hőmérsékleten, oxigénszegény körülmények között a hulladékot bontják, és a keletkező gáznemű termékek tökéletes elégetése magas hőmérsékletű termikus reaktorban történik. Kémiai és hőenergiája itt hasznosul gőztermelés áttétellel villamos energia előállítás, ill. szekunder hőhasznosítás formájában.

A kapcsolt energiatermelés gázmotorral (egy lehetséges séma)



16

Forrás: Dr. Johann Geyer (2005): Biomass district heating systems: Europaisches Zentrum für Erneuerbare Energia Güssing GmbH, Güssing

2. ábra Villamos energia termelése elgázosítási folyamatban

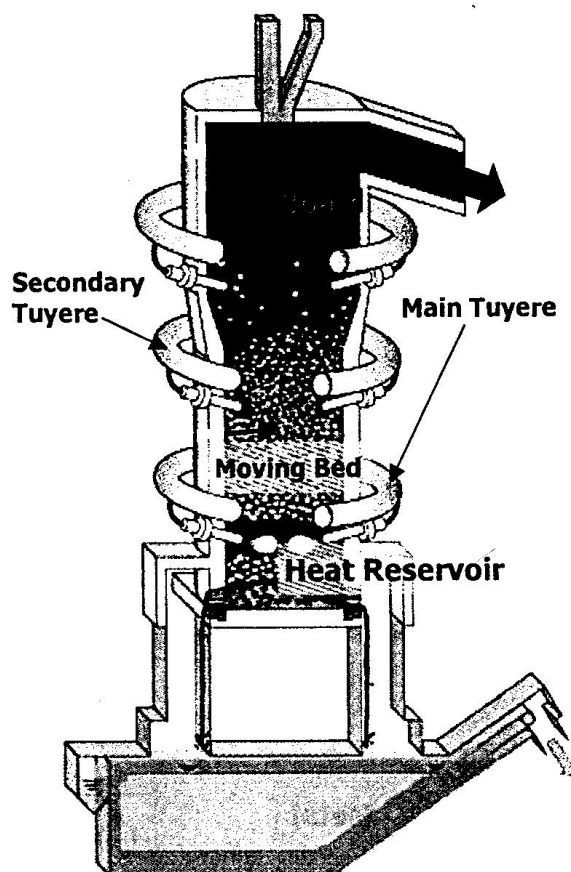
A hulladékégetési technológiákra érvényes tüztérhőmérsékletet és az előírt tartózkodási időt az utóégető berendezés, ill. a gázmotor konstrukciós kialakításai biztosítják.

Hulladék termikus kezelése esetében az elgázosító eljárás további előnye, hogy lehetőséget biztosít veszélyes hulladékok együttégetés formájában történő termikus kezelésére - mennyiségi és a halogéntartalomra vonatkozó korlátok figyelembe vételével. Az alacsony bomlási hőmérséklet miatt a füstgázban csak minimális mennyiségű nehézfém szennyeződés jelenik meg és a salaklágyulás veszélye is csökken. Ez utóbbi technológiai adottság a hagyományos berendezések biztonságos üzemeltethetősége miatt kedvező, azonban a salak újrahasznosításának szempontjai éppen az olvasztás folyamatát részesítik előnyben célorientált szerkezeti kialakítások alkalmazásával.

Az elgázosítás elvén üzemelő hulladékégetők egyik korszerű változatát a japán JFE cég dolgozta ki. Az elgázosító reaktor elvi vázlata a 3. sz. ábrán látható [5].

A függőleges tengelyű készülék a nagyolvasztók működési elvével mutat rokonságot. Felül adagolják be a hulladékot mészkövet és aktív szenet keverve hozzá. A levegő három fűvósíkon át áramlik a térbe. A lefelé haladó anyagáram száradási, illó anyag eltávolítási, elgázosítási, ill. pirolízis folyamatokban vesz részt. Az intenzív anyag és hőátadást a középső fűvósíkon nagy sebességgel befűvott levegőáram turbulencia keltő hatása és a kialakult fluid állapot biztosítja.

A reaktor alsó zónájába oxigénben dúsított levegőt vezetnek be. Az izzó szénágy által létrehozott magas hőmérsékleten a salak, ill. a fémek megolvadnak. Elkülönített eltávolításuk újrahasznosításukra ad lehetőséget.



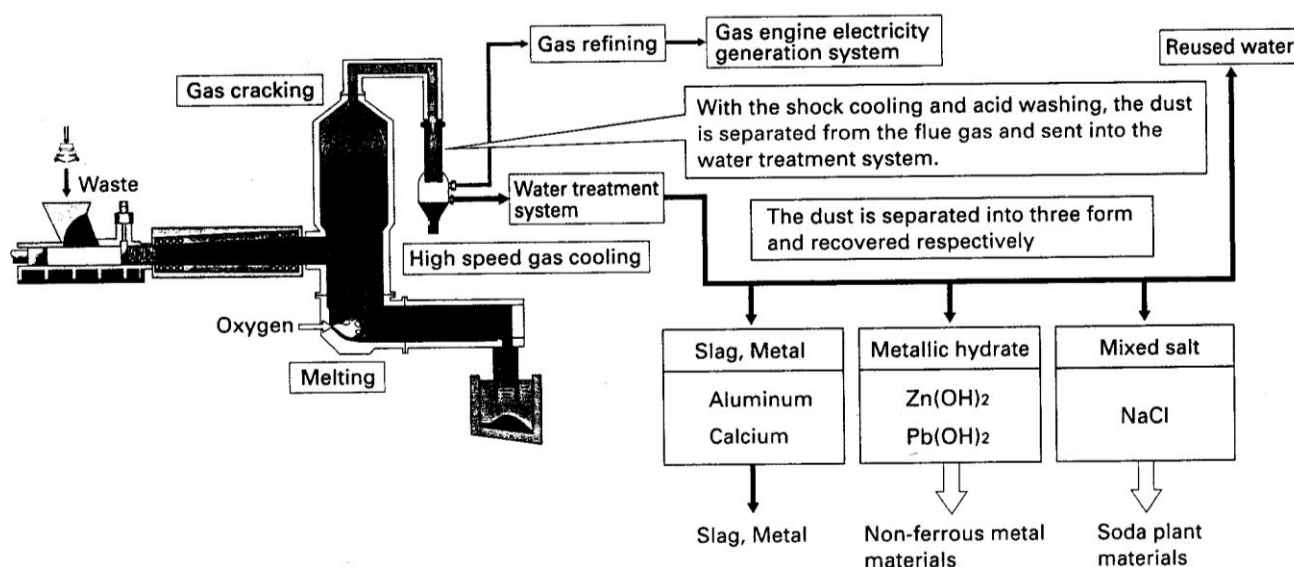
Forrás: JFE Engineering Corporation termékismertető

3. ábra Magas hőmérsékletű elgázosító-olvasztó kemence

Elgázosító technológián alapul a kommunális hulladékok termikus kezelésének egy új eljárása [6]. Itt a reaktortérbe szabályozott mennyiségű oxigént juttatnak – a hulladék összetételétől függően 200 Nm³/t nagyságrendben – megfelelő irányítottságú fúvóka rendszeren keresztül. A lejátszódó exoterm és endoterm reakciók szintézisgáz, ill. metanol termékeket eredményeznek. A képződött szintézisgáz a hidrogén-klorid és a kénhidrogén eltávolítását követően gázmotorba betáplálható. A technológia kátrány, dioxin és aromás vegyület mentes szintézisgázt és jelentős CO₂ kibocsátás csökkenést eredményez. Az eljárás külön utóégető alkalmazását nem igényli.

A Thermostelect rendszerben [5] a hulladékot annak 1/5 részére tömörítve szakaszos mozgatható dugattyú továbbítja a külső fűtésű vízszintes reaktorban. Itt történik meg az anyag szárítása és elgázosítása. A reaktorok elvi kialakítását a 4. sz. ábra szemlélteti.

A képződött gázok a függőleges tengelyű 1200 C° hőmérsékletű krakkoló egységbe lépve keverednek a pirolízis szilárd szénnek oxigénárammal történt égetésekor képződött égéstermékekkel és távoznak a rendszerből. A legalább 2 másodperc tartózkodási idő és a kilépő gázelegy gyors hűtése minimális káros komponens kibocsátást eredményez. A szállópor szennyezést a reaktor alsó részén történő oxigén befúvás által eredményezett magas hőmérsékletű salak- és fémolvasztási fázis akadályozza meg. Az olvadékok szelektálhatók és újrahasznosíthatók.



Forrás: JFE Engineering Corporation termékismertető

4. ábra JFE rendszerű külső fűtéses elgázosító reaktor

Általánosságban megfogalmazható, hogy a pirolízis eljárás rugalmasabb, de alacsonyabb villamos hatásfok értéket eredményez. Az elgázosítás hatásfoka kedvezőbb, de fokozottabb előkészítést igényel. Az optimális eljárás kiválasztásának folyamatát

- az alapanyag minősége, a veszélyes komponensek aránya
- az alapanyag előkezeltségének mértéke,
- a gáz hasznosításának tervezett technológiája
- a végtermék (salak) kezelésének, értékesítésének szempontjai
- segédenergia ellátás feltételei
- füstgázkezelésre vonatkozó igények

befolyásolják. A döntés az együttes hatások részletes műszaki és gazdasági elemzése alapján hozható meg.

Hulladék alapú szintézis gázok eltüzelésének általános irányelve

Mind a hulladék alapú gázok termikus hasznosítása, mind az ártalmatlanítási eljárások utóégetési folyamataiban szigorú tüzeléstechnikai és technológiai feltételeket kell biztosítani [7].

- 1 m/m% halogéntartalmat el nem érő gázok esetében a hőmérséklet a tüztér valamennyi pontjában el kell, hogy érje a 850 C° értéket. Az elégetésre kerülő gázoknak a gázáram útjában levő utolsó oxigén bevezetés helyétől számítva legkevesebb 2 sec időtartamot kell a tüztérben tölteni 6% O₂ tartalom mellett. Amennyiben a halogéntartalom meghaladja az 1 m/m% értéket, a tüztérben 1100 C° hőmérsékletet kell biztosítani.
- A kilépő füstgáz NO_x tartalmát a technológia és a telepítés adottságaihoz illeszthető eljárással kell csökkenteni (töblépcsős tüzelés, alacsony tüztérhőmérséklet, füstgáz visszakeringtetés). Az égéslevegő előmelegítés mértékét az energetikai és kibocsátási szempontok kompromisszumaként, de az utóbbi prioritásának figyelembe vételével kell meghatározni.
- A tüztér minimális hőmérsékletére vonatkozóan a termikusan lebontható szennyezőanyagokra vonatkozó megengedett kibocsátási értékek az irányadók.

A szintézis gázok tüzelésével kapcsolatos műszaki szempontok értékelésénél a földgáztüzelő berendezések és rendszerek adottságaiból célszerű kiindulni. A járulékos fejlesztési feladatok ill. a földgázüzemhez képest eltérő megoldások a tüzelési rendszer szerkezeti kialakításánál, a korróziós és eróziós hatások figyelembevételénél és a tüztér kialakításánál jelentkeznek. Külön figyelmet igényel a megváltozott lánghőmérséklet, láng alak és égési sebesség (lángleszakadás, visszagyulladás) veszélye. 40-45% metántartalom alatt a biztonságos égetés már égéslevegő előmelegítést, vagy a tüztér előzetes felfűtésére szolgáló kiegészítő tüzelőberendezés alkalmazását teszi szükségessé.

A szennyező anyagok jelenléte miatt a tüzelés során fennáll a dioxin, ill. furán képződésének veszélye. Ennek ellensúlyozására a tüztér kialakítás és az üzemeltetési paraméterek vonatkozásában az alábbi követelményeknek kell teljesülni:

- minimális tüztérhőmérséklet 1000C°,
- tartózkodási idő legkevesebb 0,3 sec,
- belső szigeteléssel ellátott, közel adiabatikus égetést megvalósító tüzelőkamra,
- optimális levegőtényező biztosítása (gázösszetételtől függően, de $n > 1,15$),
- gáz és az égéslevegő intenzív keveredése,
- hideg zónáktól mentes egyenletes tüztérhőmérséklet,
- a lángnak teljes terhelés esetén is a tüztéren belül kell maradni,
- távozó füstgáz oxigéntartalmáról történő arányszabályozás,
- gyors reagálású vezérlő elemek alkalmazása az esetleges mennyiségi és gázminőségi ingadozások hatásának ellensúlyozására.

Szintézis gázzal történő tüzelés hatása a hőhasznosítás folyamatára

A szintézis gázoknak a földgázétól különböző tüzeléstechnikai tulajdonságai és az eltérő füstgázösszetétel együttes hatására megváltoznak a hőátadási viszonyok mind a tüztér, mind a távozó füstgáz hőtartalmát hasznosító berendezések esetében [8]. Változik a láng- és füstgázszugárzás mértéke, de a tüzelőanyag összetételétől függő füstgáz térfogatáramok befolyásolják a konvektív hőátadást is [9]. A tüzelési tulajdonságok megváltozása a termikus hasznosítás hatásfokát is befolyásolja. A tüzelőanyag váltásnak a tüztéri hőátadási folyamatokra gyakorolt hatását számítási modell segítségével vizsgáltuk. Az elemzést a hulladék alapú szintézis gázokéhoz hasonló tüzeléstechnikai tulajdonságokkal rendelkező, a kohászati vertikumokban elterjedten alkalmazott u.n. kamragázra végeztük. A gázelegy a kokszyártási folyamatban a szén pirolízise során képződik. Összetételét az 1. sz. táblázat mutatja be.

CH ₄	C ₂ H ₆	C _n H _m	CO	H ₂	CO ₂	O ₂	N ₂	Benzol	Toluol	Xilol	H _u
25,9%	3,75	0,4%	6,0%	59,3%	1,6%	0,2%	2,7%	4,3 g/m ³	0,6g/m ³	0,2g/m ³	18 MJ/m ³

1. sz. táblázat

A vizsgált esetben a rendszer földgáz tüzelőanyaggal 5,3 GJ/h tüzelési teljesítménnyel üzemelt. A tüztéri hőátadás szempontjából releváns adatok a 2. sz. táblázatban vannak feltüntetve. A hengeres kialakítású technológiai berendezés éghető komponenseket is tartalmazó hulladék gáz termikus megsemmisítésére szolgált. A táblázatban szereplő füstgáz mennyiségi adatok az így képződött - mindkét tüzelőanyag változatnál azonos értékű - járulékos füstgáz mennyiség figyelembe vételével kerültek meghatározásra.

Megnevezés	Földgáztüzelés	Kamragáz tüzelés
Tüzelőanyag m ³ /h	150	288
Primer égéslevegő (n = 1,1) m ³ /h	1559	1484
Füstgáz m ³ /h	2834	2798
Nitrogén %	70,3	69,2
Vízgőz %	24,4	26,7
Széndioxid %	5,3	4,1
Elméleti láng hőmérséklet (C°; n = 1,1)	1910	2035
Tényleges láng hőmérséklet (C°; n = 1,1)	1662	1770
Tüztéri sugárzási tényező	0,27	0,29

2. sz. táblázat Földgáz és kamragáz tüzelési jellemzői

Egydimenziós áramlási viszonyok feltételezésével a füstgáz hőtartalma egy részét az áramlás irányában értelmezett ds szakasz megtétele során a „K” kerületű palást felületnek adja át. Az időegység alatt átadott hő mennyisége

$$\dot{Q}_h = \alpha_h \cdot K \cdot ds (T_{fg} - T_h) - c_{fg} \cdot \dot{V}_{fg} \cdot dT_{fg} \quad [1]$$

Az egyenletből levezethetően a T_{fg0} kezdeti hőmérsékletű (adiabatikus láng hőmérséklet) füstgáz a állandó T_h falazati hőmérséklettel rendelkező tüztéren történő áramlása során az „x” koordinátájú helyen közelítőleg

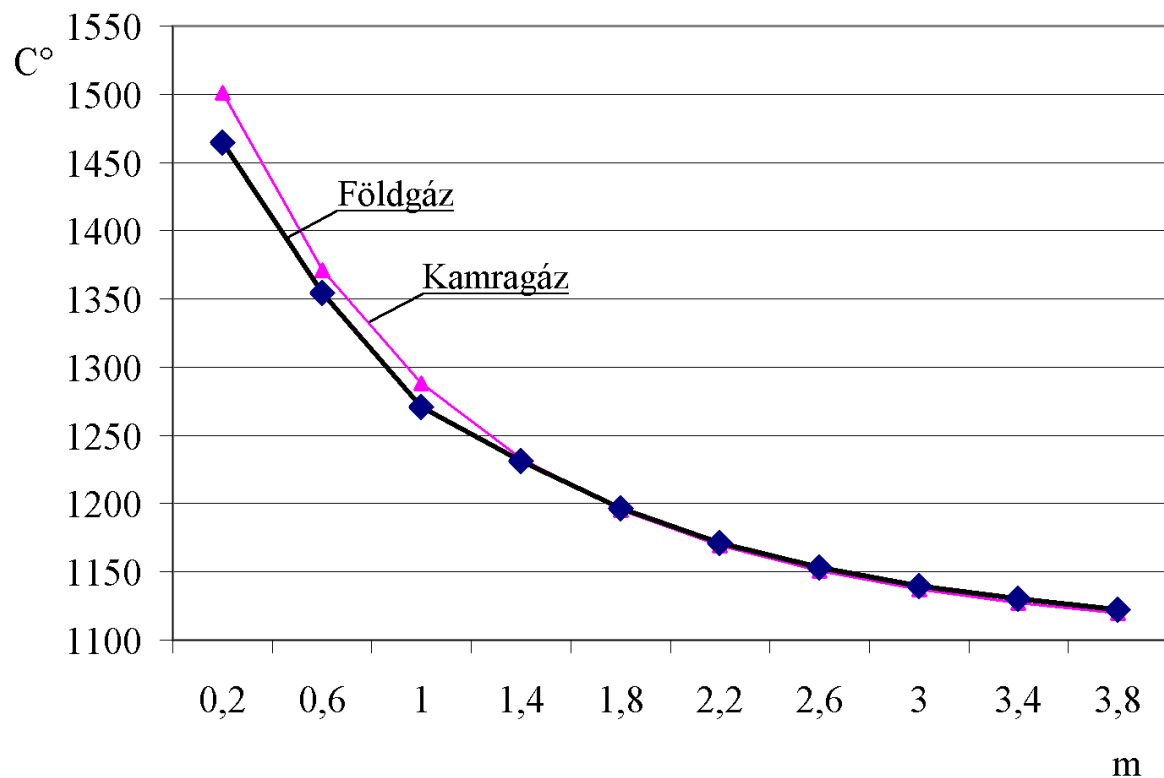
$$T_{fg} = T_h + (T_{fg0} - T_h) \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot K}{c_{fg} \cdot \dot{V}_{fg}} x} \quad [K] \quad [2]$$

hőmérsékletre hűl. Az „L” hosszúságú tüztében a falazatnak átadott hő teljes mennyiségét a

$$\dot{Q}_h = c_{fg} \cdot \dot{V}_{fg} (T_{fg0} - T_h) \left[1 - e^{-\frac{\alpha \cdot K}{c_{fg} \cdot \dot{V}_{fg}} L} \right] \quad [kJ/s] \quad [3]$$

összefüggés szolgáltatja.

Az 5. sz. ábra a füstgáz hőmérsékletének változását mutatja be földgáz ill. kamragáz esetén a tüzelőberendezésből történő kilépéstől számított 4m szakaszon. A diagramból látható, hogy kamragáz tüzelés esetén a kezdeti szakaszban a füstgáz hőmérséklete mintegy 70 °C-kal meghaladja a földgázüzemét. A különbség csökken, és a vizsgált szakasz végén a földgázüzemi füstgáz már néhány °C értékkel magasabb hőmérsékletű. A számítás 1100 °C falazati hőmérséklet figyelembe vételével készült.

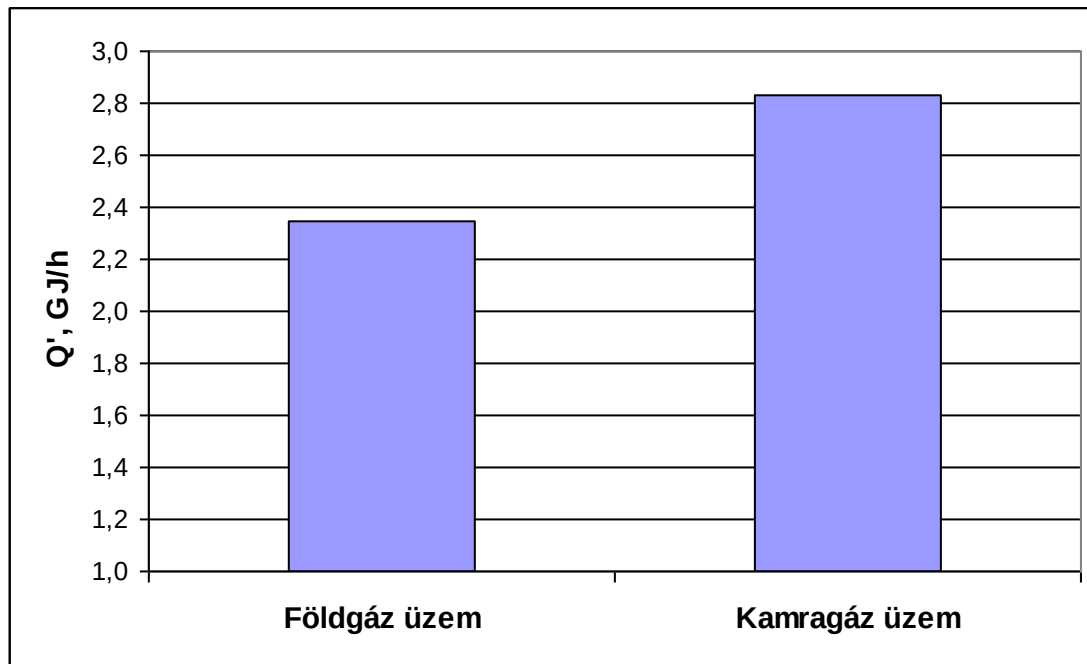


5. sz. ábra. Tűztéri hőmérséklet lefutás földgáz és kamragáz tüzelés esetén

A 3. sz. összefüggés segítségével meghatározhatók a vizsgált 4m hosszúságú szakaszon a tűztéri falzatnak átadott hőmennyiség. A földgáz ill. kamragáz tüzelés esetén nyert értékek a 6. sz. ábrán láthatók.

A tüzelőanyagok füstgázának térfogatárama és emissziós tényezője csak kis mértékben különbözik. Hatásuk az α hőátadási tényező értékére csekély, a hőátadásra érdemi hatást nem gyakorol. A kamragázzal történő tüzelés során ugyanakkor több mint 20%-kal nagyobb hőmennyiség kerül átadásra.

A modellben a jelenség alapvetően a magasabb hőmérsékletre vezethető vissza. A sugárzással átadott hőmennyiséget ennek negyedik hatványával arányos. A kezdeti szakaszban átadott nagyobb hőmennyiség hatására a kamragáz füstgáza gyorsabban hűl és eléri a földgáz üzemnél mutatkozó értéket. A továbbiakban - azonos hőmennyiség betáplálása esetén - már földgáztüzelésnél valósul meg intenzívebb hőleadás.



6. sz. ábra. Tüztéri falazatnak átadott hőmennyiségek

A tényleges viszonyok azonban ennél összetettebbek. A befolyásoló tényezők az alábbiak szerint foglalhatók össze.

- A vizsgált esetben a füstgázzal mindkét tüzelési módnál azonos mennyiségű, hőmérsékletű és összetételű hulladékgáz keveredett. Emiatt csökkent a füstgáz „belépési” hőmérséklete, a térfogatáram növekedése ugyanakkor lassította a hűlési folyamatot. Hasonló hatás jelentkezik magasabb levegőtényezővel történő tüzelés esetén.
- A vízgőz és széndioxid emissziós tényezői között érdemi különbség van. Különböző tüzelőanyagoknál ezek eltérő aránya különböző hőátadási feltételeket teremt. Hasonló hatást fejt ki a füstgáz térfogatáramok különbözősége.
- A magasabb hőáramsűrűség a hőfelvevő falazati belső réteg magasabb hőmérsékletét eredményezi. Hőfelvevő képessége csökken.
- A kemencetérben a füstgáz keveredik, az áramlási út menti hőmérséklete nem követi pontosan a modell szerint meghatározott függvényt. Egy kiegyenlítődési hatás érvényesül. A magasabb hőmérsékletűnek feltételezett szakaszok hőmérséklete a valóságban alacsonyabb, a „lehűlt” szakaszokban a füstgáz hőmérséklete ennek megfelelő mértékben emelkedik. A jelenség magasabb füstgáz hőmérsékletnél nagyobb hatást fejt ki csökkentve az átadott hőmennyiségek közötti különbséget.

A kapott eredmények érvényessége nem korlátozódik a hulladék alapú szintézisgázok és a kamragáz viszonyaira. Hasonló feltételek vonatkoznak a nagyolvasztókban felhasznált kokszt parciális oxidációs

folyamatában képződött 3 MJ/m^3 fűtőértéket képviselő kohógázra vagy az acélgyártás oxigén befűvású konvertereiben a földgáz parciális oxidációja során keletkezett mintegy $9,5 \text{ MJ/m}^3$ fűtőértékű konvertergázra is. A megváltozott hőátadási feltételek befolyása érvényesül a magas inert tartalmú földgázok és biogázok különböző fajtáinak - gyakorlatilag a földgázt kiváltó NC (non conventional) gázok valamennyi típusának - alkalmazása esetén is.

A számítási modell érzékelteti a lánghőmérsékletnek, az emissziós tényezőnek és a képződött füstgáz térfogatáramnak a hőátadási viszonyokra gyakorolt befolyását. A legjelentősebb hatás nyilvánvalóan a tüzterekben mutatkozik, de eltérő füstgáz térfogatáramok esetén a hőcserélőknél is adódhat számottevő változás. A bemutatott példában a kamragáz alkalmazása kedvező termodinamikai hatást eredményez. Más esetben azonban – pl. alacsony égési hőmérsékletű kohógázzal történő üzemeltetésnél – azonos hasznos hőmennyiség előállítása nagyobb hőbevitelt igényel.

A hulladékok hőbontásából keletkező szintézisgázoknál jelentkező hatás az adott gáz tüzelési jellemzői és füstgáz összetétele alapján egyedi vizsgálat alapján határozható meg.

Jóllehet általános érvényű számszerű megállapítások nem tehetők, mint tendenciát a modell is igazolja, hogy a magasabb lánghőmérséklet kedvező hatása a kezdeti szakaszban érvényesül. A rövidebb áramlási úthossz ill. magasabb hőmérsékletű tüztér eredményez intenzívebb hőátadást. Alacsonyabb égési hőmérsékletű gázok eltüzelésénél a helyzet fordított. A kezdeti szakaszban a földgáztüzelés viszonyaihoz képest kevésbé intenzív hőleadás valósul meg. Itt a hosszabb áramlási úthossz ill. az alacsony tüztér hőmérséklet teszi lehetővé a gáz hőtartalmának nagyobb mértékű hasznosulását.

A hulladék alapú szintézis gázok jelentős része az elgázosító (pirolizáló) egységgel közös rendszert képező hőhasznosító kazánban nyer felhasználást. A rendszert szállító cégek a kazán méreteit, tüztér kialakítását és a garantált hőtéljesítményt a fenti szempontok figyelembe vételével határozzák meg.

A fenti egyszerűsített számítás segítségével elsősorban gőz körfolyamatú villamos és hőenergia energia előállítás esetén nyerhető hasznos információ a tüztér kialakításra – vagy adott rendszerben történő földgáz kiváltás esetén a hatásfok várható módosulására vonatkozóan. Gázturbinák, gázmotorok más típusú hőátadási modell alkalmazásával vizsgálhatók.

Az NC gázok kémiai energiája ideális esetben összességében 90% hatásfokkal hasznosítható. Ez mintegy 40% villamos energiát és 50% hőenergiát jelent. Kombinált ciklusú erőmű esetében gázturbina, hőhasznosító kazán és gőzturbina együttes alkalmazásával 56-58%-nak megfelelő villamos energia mennyiség állítható elő. Üzemeltetési adatok ugyanakkor azt igazolják, hogy az elektromos átalakítási hatásfoka a 40%-t nem éri el, de vannak 30% alatti értékkel üzemelő rendszerek is [10].

Az alkalmazott technológiának meghatározó szerepe van. Gázmotorok, gázturbinák alkalmazása kedvezőbb hatásfokot eredményeznek. Gőzkörfolyamat esetén az nyomásszint, a turbinák állapota gyakorol jelentős befolyást a hasznosulás mértékére. Mindezekkel együtt a tüzelési folyamat termikus

hatásfoka szintén nem hanyagolható el és az alkalmazott tüzelőanyag minősége a gőz előállításának fázisában 2-4% hatásfok különbséget is eredményezhet [11].

A szekunder energiahordozó gázok hőjének hasznosítása természetesen a teljes folyamatnak csak egy része. A szintézis gázok alapanyagának (hulladéknak) előkészítése, az elgázosítási technológiák megvalósítása, a gázok tisztítása és felhasználáshoz történő előkészítése (pl. tárolás, nyomásfokozás) jelentős mértékben befolyásolják egy adott hulladéktípus termikus hasznosítási rendszerének rentabilitását. Az optimális hulladékkezelési eljárás (ld. 1. sz. ábra) ill. termikus hasznosítás esetén a technológia mindezek együttes figyelembe vételével választható ki.

Hivatkozások

1. Hornyák M. Hulladékok termiku hasznosításának szerepe az új keretirányelv tükrében. Konf. ea. Veszprém 2010. április
2. Energy report- Municipal Waste Combustion
www.window.state.tx.us/specialrpt/energy/renewable/municipal.php
3. Települési szilárd hulladékok energetikai hasznosítása
4. Lang M. Varga M. Németh G. Faipari hulladékok hasznosítása kapcsolt hő, és villamosenergia fejlesztésre ea. innoLignum Sopron 2009. szeptember
5. JFE Engineering Corporation termékismertető
6. Raisz I. Barta I. Kommunális hulladékból szintézisgáz és eco-methanol előállítása Környezettudatos energiatermelés és –felhasználás Környezet és Energia Konferencia ea. Debrecen, 2009. május Kiadvány 76 old.
7. Why High Temperature Combustion of Landfill Gas? Hofgas know-how 05, H - Hasonló oldalak
8. Gőzkazánok hőátadási feltételeinek javítása, légszennyezésének csökkentése MeAKKK kut. téma jelentés 2007.
9. Sevcsik M. Kapros T. A földgázétól eltérő összetételű gázok tüzeléstechnikai hasznosítása. Kohászat 141. évf. 2008/6
10. Kapros T. Elektromos energia termelése tüzelésre szánt hulladékok felhasználásával ÉMOP-1.2.1-2008-0012 kódjelű projekt tanulmány
11. Sevcsik M. Kapros T. Optimization of Fuel Composition of Boilers Heat Engines and Environmental Protection. 10th Jubilee International Conference 23-25 May 2011 Balatonfüred

AMARÁNT ANAEROB BONTATHATÓSÁGÁNAK KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA

Dr. Bokányi Ljudmilla¹, Varga Terézia², Szaszák Adrienn³.

egyetemi docens, intézeti tanszékvezető¹, tudományos segédmunkatárs², BSc hallgató³

Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

1. Bevezetés

Az amaránt növény magja széles körben felhasználásra kerül: pl. az élelmiszeripar, az állattakarmányozás és kozmetika-ipar használja, ugyanakkor a növény levele és szára mezőgazdasági hulladékként jelenik meg. Megvizsgáltuk, hogy az étetéssel történő hasznosítás helyett, alkalmas-e az amaránt növény – a mag eltávolítását követően - biogáz előállítására megfelelő előkezelés után.

A növény szárának szerkezete cellulózos, amelynek mind aerob, mind anaerob biológiai lebontása nehézségekbe ütközik. Ezért a cellulóz-szerkezet roncsolása alapvető előfeltétele a további biodegradációnak. Megvizsgáltuk laboratóriumi körülmények között egyrészt az amaránt minta biogáz termelő képességét statikus berendezésben, másrészt azt, hogy a keverőmalom típusú mechanokémiai reaktorban végzett mechanikai előaktiválás okoz-e a biogáz-képződésben számottevően növelő változást.

2. A minta előkészítése és a mechanikai előaktiválás

A minta előkészítése (előaprítása, homogenizálása) a vizsgálatok első lépése. Az aprítás célja a fajlagos felület növelése a mikroorganizmusok jobb hozzáférhetősége érdekében. A Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetbe beérkező száraz amaránt mintát (1. ábra) először függőleges tengelyű vágómalomban (2. ábra) aprítottuk, majd második lépcsőben Retsch vágómalomban (3. ábra) tovább csökkentettük a szemcseméretet 1 mm alá a biogázos elővizsgálathoz, ill. 500µm alá a mechanikai előaktiváláshoz.



1. ábra: A vizsgált amaránt minta



2. ábra: Függőleges tengelyű vágómalom



3. ábra: Retsch vágómalom

A mechanikai előaktiválás célja az amaránt cellulóz, rostos szerkezetének a roncsolása, melynek eredményeként a biogáz hozam fokozható. E mellett a fajlagos felület további növelése is a cél a nagyobb mérvű anyagátbocsátás érdekében.

Az előaktiválást a tanszéki fejlesztésű keverőmalomban végeztük nedves mechanokémiai kezelés útján. A nedves kezelés előnye a száraz eljárással szemben, hogy víz jelenlétében a hőmérséklet emelkedése és a folyamatos mechanikai igénybevétel a szerkezet roncsolását eredményezi hozzájárulva a cellulóz-szerkezet anaerob lebontásának első lépcsőjének, hidrolízisnek megkezdéséhez.

Az Intézet saját fejlesztésű (4. ábra) keverőmalom-reaktor falazata, valamint a tengelyre rögzített tárcsák és őrlőtestek nagy kopásállóságú Al_2O_3 kerámiából készültek. Az őrlés a keverőmalomban egyrészt az őrlőtestek egymáshoz ütődésének következménye, másrészt az őrlőtestek a falnak ütközése következtében lép fel, ehhez a tárcsák és őrlőtestek közötti súrlódás is hozzájárul.

Az őrlés során a súrlódás hatására a hőmérséklet nő, amit opcionálisan csökkenthetünk a köpenybe vezetett vízhűtéssel. Az őrlés a tárcsák és őrlőtestek (őrlőgolyók) hatására fellépő fizikai erők hatására megy végbe, míg a cellulóz-hidrolízis elősegítése a mechanokémiai hatások által valósul meg.

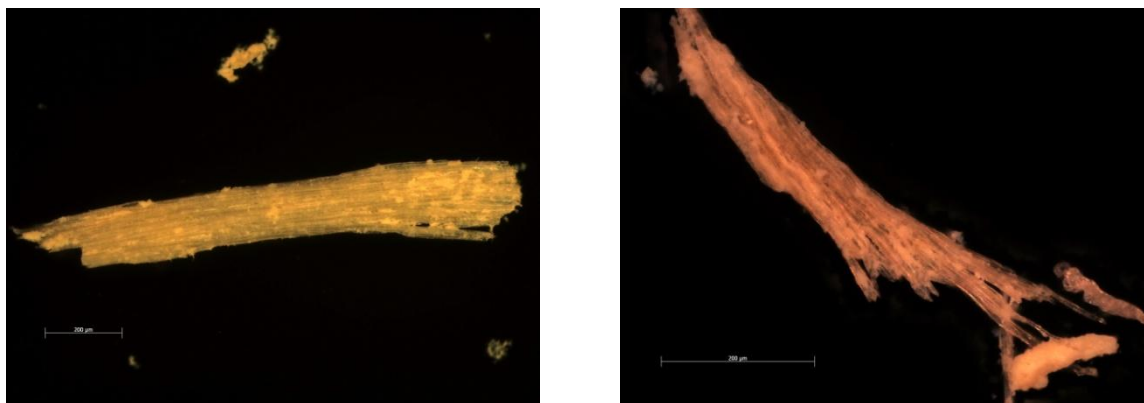


4. ábra: Kerámiabéléses, keverőmalom típusú mechanokémiai reaktor

Az amaránt-szár mechanikai aktiválásához 5 tömeg%-os szuszpenziót állítottunk elő az előaprított mintát felhasználva. Őrlőtestek 1-1,2 mm-es kerámia golyók voltak, melyet 60%-os töltési fokban adtunk be. Az előaktiválást különböző tartózkodási idők (5, 10, 20, 30, 60 perc) mellett végeztük el. A kerületi sebesség 5m/s. A berendezés lehetővé teszi az energiafelvétel mérését, továbbá meghatároztuk a hőmérséklet növekedését is az egyes kísérleteknél. Nem használtuk a malom köpenyhűtését, feltételezve, hogy a magas hőmérséklet szintén elősegíti az amaránt-szár szerkezetének roncsolását.

A különböző tartózkodási időnél végzett előaktiválásokat követően meghatároztuk a szuszpenziók szemcseméret-eloszlását nedves szitálással, valamint a Horiba Practica LA-950 típusú lézeres berendezéssel. Az őrlési idő növelésével csökkent a minták szemcsemérete, azaz nőtt a fajlagos felülete, ami kedvező a mikroorganizmusok által történő anaerob lebontás szempontjából.

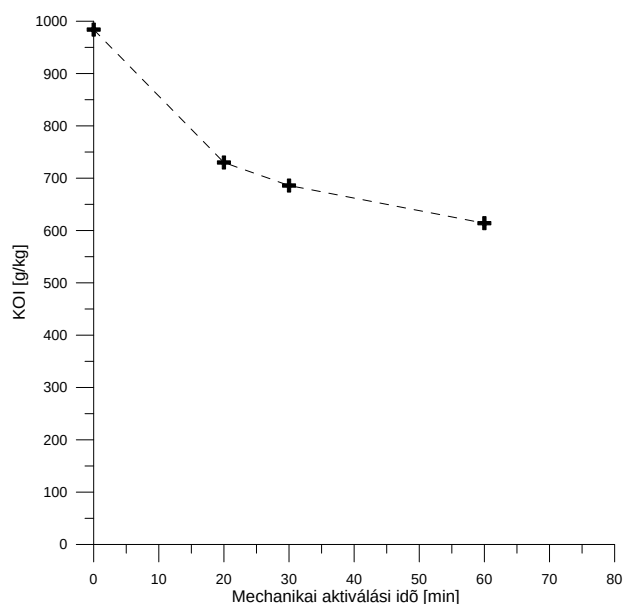
Megvizsgáltuk az előaktivált mintákat optikai mikroszkóppal, annak érdekében, hogy lássuk, hogy történt-e változás az amaránt minta szerkezetében. Az 5. ábrán került összehasonlításra egy 30 perces és egy 60 perces őrlést elszenvedett amaránt-szár részecskéről készített felvétel. Látható, hogy a hosszabb őrlési idő esetében a rostok bizonyos mértékben szétváltak egymástól, számottevően megbomlott a szálak szerkezet integritása.



5. ábra: A 30 perces keverőmalmi őrlés (bal) és 60 perces keverőmalmi őrlés (jobb) utáni szemcse optikai mikroszkópos felvétele (125-250 µm szemcseméret-tartomány)

Megvizsgáltuk továbbá az őrlési idő függvényében a kémiai oxigénigény (KOI) érték változását is (6. ábra). A kémiai oxigén igény kifejezi, hogy mekkora mennyiségű oxigén szükséges a vizsgált anyag kémiai úton való oxidációjához. A KOI-érték csökkent az őrlési idő növelésével. A kiindulási minta (<500µm) KOI értéke 984 g/kg volt, 30 perces mechanikai aktiválást követően ez az érték 686 g/kg-ra, míg 60 perces őrlés után 614 g/kg értékre, mintegy 37,6 %-kal lecsökkent.

A mechanikai előaktiválás során fellépő kémiai oxigénigény értékének drasztikus csökkenése azt feltételezteti, hogy az előkezelt amaránt-szár anaerob bonthatósága pozitívan alakul. Az is feltételezhető, hogy az őrlési idő növelésével a minták várhatóan egyre nagyobb gázhozamot fognak eredményezni a biogáz vizsgálatok során a fajlagos felület növekedése és a cellulóz szerkezetben végbement pozitív változások következtében.



6. ábra: Amaránt-szár KOI-értékének változása a keverőmalomban való őrlési idő függvényében

3. Biogáz-képződésének vizsgálata

A szerves hulladékok anaerob lebontása energetikailag hasznosítható környezetbarát és megújuló biogázt eredményez. Megvizsgáltuk laboratóriumi körülmények között a mag eltávolítása után hulladékként jelentkező amaránt-szár biogáz leadó képességét, mind az előaprított minta (<1mm), illetve a 10, 20, 30 percig mechanikailag előaktivált minták esetében is. Az anaerob bontási vizsgálatokat laboratóriumi statikus berendezésben végeztük el termofil hőmérsékleten a Nyeranyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet Bioeljárástechnikai Laboratóriumában.

A berendezés egy vízfürdőből, termosztátból, valamint kénsavas telített sóoldatot tartalmazó gázmennyiség mérő egységekből áll, ahogy ezt a 7. ábrán láthatjuk. A megfelelően előkészített mintát Erlenmeyer lombikokba helyeztük, ill. inokulumot adagoltunk. A lombikokat gázbiztosan csatlakoztattuk a gázmennyiség mérő egységekhez, majd a vízfürdőbe helyeztük. A képződő gáz mennyiségét térfogat-kiszorítás útján határoztuk meg.

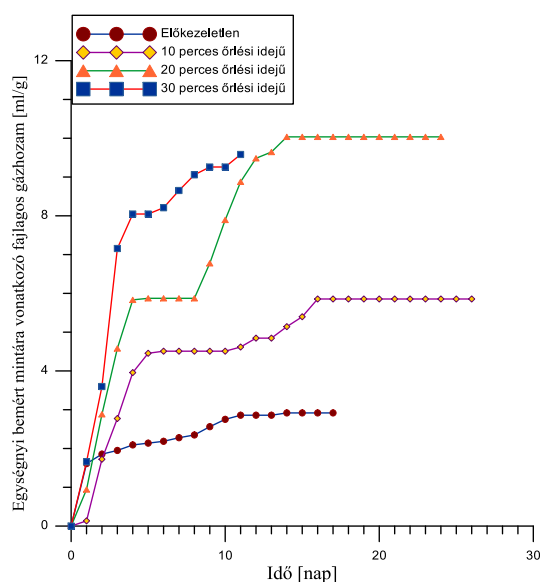
A laboratóriumi statikus biogáz berendezésben megvizsgáltuk az előaprított minta (<1mm) és a keverőmalom-reaktorban mechanikailag előaktivált minták anaerob bonthatóságát. Az első esetben a száraz mintához vizet kevertünk, míg a második esetben a nedves keverőmalmi őrlések utáni szuszpenziókat vizsgáltuk. Minden esetben szarvasmarha trágyát adtunk inokulumként. A lombikokat



7. ábra: Laboratóriumi statikus biogáz berendezés

alufóliával tekertük be a mikroorganizmusok számára szükséges sötét környezet biztosítása érdekében. A gáztermelődést 54 °C-os hőmérséklet mellett határoztuk meg. Párhuzamos méréseket végeztünk, amelyek eredményét a kiértékelésnél átlagoltuk.

Meghatároztuk a biogázos mérések során a gáztermelődés kinetikáját. A görbéről leolvasható a képződő maximális fajlagos gázmennyiség, ugyanakkor a görbe alakja a mechanikai előaktiválás nélküli, ill. előaktivált minták anaerob bonthatóságáról is információt ad.



8. ábra: A nyers- és mechanikailag előaktivált amaránt-szár minták kumulált fajlagos gázhozamai az idő függvényében

A8. ábrán látható az előkezelés nélküli, valamint a 10, 20 és 30 perces őrlést követő minták tömegre vonatkoztatott fajlagos kumulált gázhozamai. Noha az elért biogáz hozamok lemaradnak a nem cellulóz alapú szubsztrátokra jellemzőektől, az ábrán bemutatott kísérleti adatokból egyértelműen látszik, hogy a mechanikai előkezeléssel 2..4 vagy feltételezhetően 6-szorosára nőtt a napi kumulált fajlagos gázhozam.

A maximális gázhozam értéke a nedves őrlési idő növekedésével is nőtt, bár ez utóbbinál a 30 percig őrlött minta hosszabb vizsgálati időt szükségeltetett volna (sajnálatos módon más mintához kellett a berendezés). Ugyanakkor a trend egyértelműen azt mutatja, hogy a 60 perces őrlés utáni minta gázhozama tovább javulna a 30 perceséhez képest.

Az amaránt-szár mechanikailag előkezelt minták biogáz-leadó képességének vizsgálata minden esetben lépcsőzetes, több inflexiós ponttal rendelkező görbéket eredményezett. E közben a nyers mintánál szignifikánsan csak egy inflexiós pont mutatható ki: az a pont, ahol a biogáz képződés intenzitása megnő. A mechanikailag előaktivált mintákra jellemző görbéinek inflexiós pontjai más-más szerves fázisok biogázzá való átalakulását jelzik. Ez azt jelenti, hogy a mechanikai előaktiválás révén több korábban nehezen bontható organikus fázis lebonthatóvá alakult át az anaerob mikroorganizmusok számára.

A görbék platóinak hossza azonban egyre csökkent az őrlési idővel. Ez nem jelenthet mást, mint az egyes szerves fázisok anaerob lebontási sebessége nő az őrlési idő növelésével.

4. Konklúziók

A biohulladéknak számító amaránt-szár minta biogáz termelő képességének laboratóriumi vizsgálata során, a keverőmalom típusú mechanokémiai reaktorban végzett mechanikai előaktiválás után és anélkül, az alábbiakat állapítottuk meg:

1. A cellulóz-szerkezetű szubsztrátok mechanikai előaktiválása pozitív hatással van az anaerob lebontás mértékére és intenzitására.
2. Noha az elért biogáz hozamok lemaradnak a nem cellulóz alapú szubsztrátokra jellemzőektől, a kísérleti adatokból egyértelműen látszik, hogy a mechanikai előkezeléssel 2..4 vagy feltételezhetően 6-szorosára nőtt a maximális fajlagos gázhozam.
3. A maximális gázhozam értéke a nedves őrlési idő növekedésével nő.
4. Az amaránt-szár mechanikailag előkezelt minták biogáz-leadása lépcsőzetes, több inflexiós ponttal rendelkező görbékkel jellemezhető, miközben a nyers mintánál szignifikánsan csak egy inflexiós pont mutatható ki: az a pont, ahol a biogáz képződés intenzitása megnő.
5. A mechanikailag előaktivált mintákra jellemző görbeinek inflexiós pontjai más-más szerves fázisok biogázzá való átalakulását jelzik, a mechanikai előaktiválás révén több - korábban

nehezen bontható - organikus fázis lebonthatóvá alakult át az anaerob mikroorganizmusok számára.

6. A görbék platóinak hossza egyre csökkent az őrlési idővel, vagyis az egyes szerves fázisok anaerob lebontási sebessége nő az őrlési idő növelésével.
7. Az amaránt-szár tekintetében a még mindig relatíve alacsony gázhozam és a nagy befektetett energia miatt a mechanikai előkezelést követő biogázosítása pillanatnyilag nem nyújthat még iparilag megvalósítható gazdaságos megoldást, ugyanakkor egyértelmű a kapott kísérleti eredmények jelentősége a cellulóz-alapú hulladékok aerob, anaerob és fermentációs biokezelése terén. A megkezdett kutatást feltétlenül folytatni kell!

A tanulmány és kutató munka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV -2012-0005 jelű projekt részeként, a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ tevékenységének részeként az Új Széchenyi Terv keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

5. Felhasznált irodalom

Dr. L. Alexa, Dr. L. Bokányi, Prof. Dr. B. Csőke, T. Varga: A novel complex MSW and biomass processing system with the economical and environmental target to maximize waste-to-energy output, 19th European Biomass Conference, Berlin, ISBN 978-88-89407-55-7, 2011., p.1851-1857

Rácz Á., Mucsi G., Ultrafinom őrlmények előállítása keverőmalomban, Bányászat és Kohászati Lapok- Bányászat, 145. évfolyam, 5. szám

T. Varga, L. Bokányi: Energetic utilization of municipal sewage sludge and the applicable pre-treatments for the increased biogas yield – 1st Knowbridge Conference on Renewables, (2010), p. 69-75, ISBN 978-963-661-944-2

Üveges, V. – Mucsi G. - Bokányi, L.: EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF LEACH-GRINDING PROCESS FOR THE RECYCLING OF EAF DUST Micro CAD International Scientific Conference (kiadvány), 2008, p. 93-98. ISBN 978-963-661-812-40

ÚJRAHASZNOSÍTOTT ANYAGOK FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI A REKULTIVÁCIÓ SORÁN

Dr. Szabó Attila¹, Dr. Szabó Imre², Faur Krisztina Beáta³

¹okl. környezetmérnök, okl. közgazdász, ²okl. geológusmérnök, egyetemi tanár, ³okl.

környezetmérnök, építőmérnök, tanszéki mérnök

¹Geon-System Kft.

^{2,3}Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai I. Tanszék

1. A HULLADÉKLERAKÓK REKULTIVÁCIÓJÁNAK JOGSZABÁLYI HÁTTERE

A hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről szóló 20/2006.(IV.5.) KvVM rendelet módosításáról szóló 92/2007 (XI.28.) KvVM rendelet szerint a *rekultiváció* a bezárt hulladéklerakó, vagy a hulladéklerakó egy része *környezeti veszélyességének csökkentése új területhasználat előkészítése érdekében* lezárással, műszaki védelem és monitoringrendszer kiépítésével vagy a hulladék felszedésével, továbbá tájbaillesztéssel történik. A *tájbaillesztés* a létesítmény funkcionális és esztétikai szempontok szerinti környezetalakítása a táji adottságok figyelembevételével.

A hulladéklerakó rekultivációja történhet *lezárással*, illetve *felszámolással*. A lerakók lezárását a vonatkozó törvény két lépésben szabályozza: *átmeneti és végleges lezárást* ír elő, bizonyos feltételek mellett.

A rendelet szerint:

A *végleges záróréteg-rendszer rendeltetése* a csapadékvíz hulladéktestbe való bejutásának megakadályozása, a csurgalékvíz képződésének (és kezelésének) lehetőség szerinti csökkentése, továbbá a környezetbe való potenciális kijutásának megelőzése.

Az *átmeneti záróréteg-rendszer legfontosabb feladata*, hogy tegye lehetővé elegendő vízmennyiségnek a hulladéktestbe való bejutását, a hulladékban lévő szerves összetevők biológiai lebomlásának a meggyorsítását és a végleges záróréteg kiépítése érdekében a rendszer stabilizálódását. Beépítését indokolja, hogy a hulladék konszolidációja, azaz a lebomlás-stabilizálódás folyamata során a lerakó felszínén jelentős süllyedések várhatók, ami a végleges zárószigetelő-rendszer egyenlőtlen süllyedéséhez, repedezéséhez vezetne, ami végül is a szigetelőképeség hatékonyságának jelentős csökkenését eredményezheti.

A fentiekből következik, hogy a lezárással történő rekultiváció a hulladék stabilizálódásától függően történhet egy-, illetve két lépésben. Előbbi esetben a rekultiváció során rögtön a végleges zárószigetelő-rendszert építjük ki a lerakón, míg az utóbbi esetben azt megelőzi egy átmeneti felső

záróréteg kialakítása is. A felső záróréteg-rendszer kialakítása értelemszerűen tartalmazza - ahol az szükséges - a hulladéklerakó oldalirányú záróréteg-rendszerét is.

Az átmeneti zárószigetelő-rendszertől *elvárt követelmények*:

az alkalmazott anyag a várható süllyedéseket, ill. a tönkremenetelt jelentősebb hatékonyság-csökkenés nélkül el tudja viselni;

segítse elő a minimális csurgalékvíz képződést;

akadályozza meg a csapadékvíznek *a kívánatosnál nagyobb mértékű beszivárgását a depóniába*;

tegye lehetővé a depóniagáz ellenőrzött kezelését.

Az átmeneti szigetelő-rendszer kialakítására a magyar lerakórendelet nem határoz meg egy előírt rétegrendet, hanem meglehetősen nagy mozgásteret biztosít, és a következőképpen rendelkezik:

A rétegrend kialakítását egyedileg a tervező határozza meg, és a Felügyelőség hagyja jóvá az engedélyben.

Az átmeneti zárószigetelő-rendszer *anyagának kiválasztásánál figyelembe veendő szempontok a következők*:

megkívánt mértékű vízzáróság;

időtartam;

széljárás;

fagyérzékenység;

erózióvesztély;

a beépíthetőség (aljzat, rézsű);

az újrafelhasználhatóság, ill. a végleges zárószigetelő-rendszerbe való integrálhatóság;

a visszabonthatóság;

a költségek.

A záróréteg kialakítása során alkalmazandó műszaki megoldást a 20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet 4. számú melléklete részletesen szabályozza. A jogszabály a rekultivációs rétegrendben felhasználható anyagok listáját is előírja. Fontosnak tartjuk kihangsúlyozni, hogy a jelenlegi hazai jogi szabályozás lehetőséget ad az előírásoktól való eltérésre is, amelynek során a végleges műszaki megoldásra az engedélyt az illetékes Környezetvédelmi Felügyelőség adja meg, a szaktervező által elkészített rekultiváció engedélyezési terv alapján.

A rekultivációs rétegrend kialakításához nagy területű hulladéklerakók esetében jelentős mennyiségű anyagra van szükség. A beépítendő anyagok csak legális forrásból származhatnak, amelyek származási helyét igazolni kell. Ilyen anyagok elsősorban a bányákban előforduló ásványi nyersanyagok, amelyek egyébként más építmények anyagai is lehetnek. Ezen jelentős anyagmennyiségi igény, valamint a gazdaságosság indukálja azt a szándékot, hogy a *költséges bányabeli nyersanyagok (agyag, kavics,*

homok) helyett - a jogszabály adta lehetőségeken belül - újrahasznosított anyagokat is felhasználjunk a rekultivációs rétegrend kialakítása során.

Az átmeneti felső záróréteg-rendszer részei:

- a kiegyenlítő réteg (0-50 cm): anyaga: aprószemcsés hulladék, külön jogszabályban meghatározott maradék hulladék vagy stabilizált biohulladék, salak, pernye, kőmentes talaj;
- a gázvezető réteg (amennyiben a rekultivációs terv szerint ez szükséges): anyaga: kis mésztartalmú, egyenletes szemcseeloszlású, jó gázvezető-képességű anyag, amely az adott esésviszonyok mellett kellő állékonyságú is;
- a szigetelőréteg (amennyiben a rekultivációs terv szerint ez szükséges): anyaga: ásványi anyagú szigetelés és/vagy geomembrán;
- a fedőréteg (legalább 40 cm): anyaga: stabilizált biohulladék és/vagy humuszos talaj, ami lehet szerves anyaggal kevert föld, a rézsűkön geotextiliával megerősítve.

A végleges felső záróréteg-rendszer részei:

- kiegyenlítő réteg (0–50 cm). :anyaga: kis mésztartalmú, homogén, nem kötött talaj, kohósalak vagy hulladékégető salakja, B3 alkategóriájú lerakó esetén jó gázvezető képességű talaj, kohósalak, hulladékégető salakja, aprószemcsés hulladék, külön jogszabályban meghatározott maradék hulladék vagy stabilizált biohulladék.
- szivárgó- és szűrőréteg: anyaga: mosott kavics, a rézsűkön osztályozatlan homokos kavics vagy kőzúzalék, $k > 5 \times 10^{-3}$ m/s szivárgási tényezőjű aprított hulladék, amelyből vízzel nem oldódik ki kockázatos anyag (pl. szederezett gumihulladék, aprított inert hulladék), geodrén, geokompozit, illetőleg geotextília, amely csak a szűrőréteg anyaga lehet.
- fedőréteg: a szivárgó- és szűrőréteggel érintkező (20–30 cm vastagságú) gyökérszáró réteg erősen kötött vagy erősen kötörmelékös tömör anyag, célszerűen osztályozott építési-bontási hulladék. Ezt követi az (50–70 cm vastagságú) altalaj réteg, amely készülhet kis humusztartalmú talajból vagy stabilizált biohulladékból.

A felsorolásban dőlt betűkkel emeltük ki azokat az újrahasznosítható hulladékokat, amelyek vagy önmagukban, vagy megfelelő előkészítés után a rekultiváció során felhasználhatók.

A szigetelőrendszerek felépítésének szabályozására, az alternatív megoldásokra számos megoldás, példa található SZABÓ I. – SZABÓ A. (2013) munkájában.

Amennyiben egy szervezet (pl. a kivitelező) a rekultiváció során valamilyen célból hulladékot kíván felhasználni, abban az esetben a következő engedélyekre van szükség a jelenlegi jogi szabályozás alapján:

előkezelési engedélyre (pl. a hulladékok rostálásához);

hasznosítási engedélyre (a hasznosítható hulladék beépítésének helyére vonatkozóan).

A települési szilárd hulladék *hasznosításának szabályait* a 213/2001. (XI. 14.) Korm. rendelet határozta meg. A begyűjtött települési szilárd hulladék hasznosítását is csak engedéllyel rendelkező telephelyen szabad végezni. A hasznosítási engedély megadásához különösen a következő szempontokat kell figyelembe venni:

a kérelmező hasznosítási technológiájának az értékelését a hasznosításra javasolt települési szilárd hulladék összetétele függvényében, különös tekintettel a kezelendő összetevők anyagi minőségére, mennyiségére és koncentrációjára;

a hasznosítás során keletkező új hulladékot, illetve a nem hasznosítható, megmaradó hulladék mennyiségét és kezelését;

a hasznosítással előállítani kívánt termék, illetve alapanyag minőségét és környezeti jellemzőit;

a bemutatott technológia anyag- és energiahatékonyságát, valamint a hasznosítás során a környezeti elemeket érő terheléseket.

Amennyiben, a rendelkezésre álló hulladékártalmatlanítási megoldásokhoz viszonyítva a hasznosítási technológia kisebb környezetterhelése, hatékonyabb anyag- és energiafelhasználása egyértelműen nem igazolható, a hasznosítási engedély nem adható meg. A hasznosítás során keletkező hulladék mennyisége - kivéve, ha az adott, alkalmazott technológia jellege indokolja - nem lehet több, mint a kiindulási hulladék mennyisége.

Jogilag nincsenek szabályozva az újrahasznosított hulladék beépítésének kritériumai, különösen a szennyezettségre vonatkozó határértékek. Németországban erre vonatkozóan a depóniarendelet egyik melléklete rendelkezik, ahol depóniaosztályonként megadják mind az összetételre, mind az eluátum koncentrációkra vonatkozó határértékeket. Amíg nálunk is nem születik meg egy ehhez hasonló rendelet, úgy a következők betartását tartjuk indokoltnak:

Azoknál az alternatív anyagoknál, amelyeket a zárószigetelő-rendszer *szigetelőrétege alá* építenek be (*kiegyenlítő réteg, gázgyűjtő és -elvezető réteg, fogadóréteg*), ott a felhasználandó anyagnál az adott depóniaosztályban elhelyezhető hulladékokra vonatkozó kritériumoknak kell teljesülniük (20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet, 2. számú melléklet, 2.2.1.-1 és 2.2.1.-2 táblázatok)

A *szigetelőréteg* alternatív anyagánál az eluátum koncentrációk alapján kell dönteni. Itt ugyancsak a rendelet előző pontban szereplő mellékletének az előírásait kell betartani. (Megj.: ezen anyagoknál azért célszerű az eluátum koncentrációkat figyelembe venni, mert a szigetelőréteg anyagaként használt újrahasznosított anyag vagy hulladék minden valószínűség szerint bentonittal, polimerrel, vízüveggel stb. kezelt, és ezek az anyagok jelentősen növelik a szennyezőanyag-visszatartó képességet, és a kockázatot nem az anyagi összetétel jelenti).

Azoknál az alternatív anyagoknál, amelyeket a zárószigetelő-rendszer *szigetelőrétege fölé* építenek be (*csurgalékvíz-gyűjtő réteg, gyökérszáró réteg, rekultivációs réteg*) az inert hulladékokra vonatkozó kritériumokat ((20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet, 2. számú melléklet, 2.1.-2 és 2.1.-3 táblázatok) kell betartani.

A beépíthetőség további kritériuma értelemszerűen az, hogy az alternatív anyag geotechnikai tulajdonságai (tömöríthetőség, szivárgási tényező) feleljenek meg a felhasználási terület anyagával szemben támasztott követelményeknek.

Az alternatív anyagok felhasználását önmagában a fizikai alkalmasság nem határozza meg. Az alkalmazást befolyásoló egyéb tényezők:

a térségben rendelkezésre álló helyi építőanyag;

a szállítási távolság;

a költség, az előkészítés járulékos költségei;

a rendelkezésre álló készlet mennyisége;

a folyamatos utánpótlás biztosítása;

az egyenletes anyagminőség stb.

2. ÚJRAHASZNOSÍTOTT ANYAGOK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

2.1. Ipari hulladékok felhasználása a rekultiváció során

A *bányameddőkből* elsősorban a *technológiai maradék-anyagok* jöhetnek számításba (CSÖKE, 2011). A *szénbányászati meddőknél* elsősorban az ún. *fekete meddő* anyaga hasznosítható. A szénbányák környékén nagy mennyiségű fekete vagy szürke színű meddő halmozódik fel. A hányókat kőbányászati berendezésekkel termelik ki, majd zúzással állítják elő a kívánt szemeloszlású anyagot, amely *kiegyenlítő réteggént, gázgyűjtő réteggént vagy a fedőrétegben gyökérszáró réteggént* jól hasznosítható. A *kiegített vörös meddő /salak/* anyaga elsősorban a hulladék feletti *kiegyenlítő réteggént, gázgyűjtő réteggént* jöhet számításba. A külfejtések *letakarási meddői* különösen alkalmasak a *rekultivációs réteg altalajaként* vagy, lévén, hogy nagy mennyiségben állnak rendelkezésre, az *evapotranszspirációs lezárás anyagaként* is kiválóan hasznosíthatók. Ebben az esetben az elsődleges kérdés a *szállítási távolság* költsége.

Az *érc- és nemfémes ásványi nyersanyagbányászati meddők* anyagai közül elsődlegesen az utóbbiak jöhetnek számításba, az *ércbányászati meddőknél* probléma a szennyezettség lehetősége. A *kő- és kavicsbányászati meddőhányók*, különösen a korábbi bányászati tevékenység során létesített meddőhányók esetében, jelentős mennyiségben tartalmazhatnak még hasznosítható anyagot. Ennek

kinyerése többlépcsős osztályozással, esetleg közbülső töréssel valósítható meg (CSŐKE, 2011). Az így kinyert osztályozott kő vagy kavics kiválóan megfelel(het) *kiegyenlítő réteggént, vagy szivárgóréteggént, ill. gyökérszűrő réteggént*.

Az építési és bontási hulladékok: a kommunális hulladékok után legnagyobb mennyiségben az építési és bontási hulladékok keletkeznek. Újrahasznosításukra a műszaki lehetőségek adottak. A legértékesebb másodlagos nyersanyagot az útfeltörés és az építmények bontásából származó törmelékek képezik. A teljes építési hulladékmennyiségben belül a legnagyobb részarányt (60-80 %) a kiemelt föld képviseli, a többi hulladékfajta – építési, bontási hulladék, építéshelyi hulladék és az útbontási törmelék – hozzávetőlegesen egyenlő arányban keletkezik (CSŐKE, 2011). *Az építési- és építéshelyi törmelék, az útbontási törmelék* megfelelő előkészítés után a *kiegyenlítő, a gázgyűjtő és a szűrőrétegben* egyaránt felhasználható, de itt az elsődleges felhasználási terület az építőipar. A szűrőréteggént való alkalmazás alapvető feltétele a szennyeződés-mentesség, azaz káros anyagok nem oldódhatnak ki belőle. A *kiemelt föld* elsősorban a *rekultivációs réteg altalajaként* jöhet számításba. Hangsúlyozni kell, hogy ezek az alkalmazási lehetőségek csak a *megfelelően előkészített hulladékokra* vonatkoznak. A hulladék-anyag szennyezettségének mértékét a szállítmány beérkezésekor (előkészítés előtt) vizsgálni kell. A finom anyagrészre külön figyelmet kell fordítani, mennyiségét kémiai és ásványos összetételét meg kell állapítani, mivel a *legfinomabb rész gyakran magasabb károsanyag-tartalommal* is rendelkezik.

Az erőművi pernye: Magyarországon az eddig keletkezett pernye mennyisége becslések szerint kb. 184 millió m³, amely jól felhasználható másodnyersanyag-forrást jelenthet. A hasznosításnál számításba jöhet a hulladéklerakók rekultivációja is. A pernye elsősorban a *szigetelőréteg anyagaként* lenne hasznosítható, további adalékanyagokkal biztosítva a vízzáróságát, valamint a benne lévő szennyezőanyagok immobilizálását. Számításba jövő adalékanyagok: *bentonit, vízüveg, polimer adalékok*. Ezen adalékanyagokkal már történtek biztató kísérletek, de az eredmények hasznosítása ipari körülmények között még további laboratóriumi és in situ kísérleteket igényelnek. A pernye *kiegyenlítő réteg anyagaként is számításba jöhet*, de ekkor azt egyéb anyagokkal (salak, nem szennyezett építési törmelék, vegyes szemcseméretű talaj, stb.) keverni kell, mert a pernye anyag önmagában, az egyenletes szemcseeloszlása miatt, *nehezen tömöríthető*.

Kohászati hulladékok: A salak (ipari kőzet) az ércek meddő alkotórészeinek, valamint a fémolvadékokból eltávolítandó nemkívánatos elemeknek folyékony állapotban keletkező, majd megdermedő keveréke. Felhasználásra elsősorban a *nagyolvasztói salakok* vagy *kohósalakok* és a *konverteres acélműi salakok* jöhetnek számításba. Az *elektroacélműi salakok* hasznosítását az is *korlátozza*, hogy gyakran vízben oldható nehézfém szennyezőket is tartalmaznak. A különböző

salakanyagok alkalmazási területe a *kiegyenlítő, gázgyűjtő és –mentesítő réteg, esetleg a gyökérszáró réteg*. Ezen anyagok újrahasznosításának alapvető feltétele, hogy szennyezőanyag tartalmuk, illetőleg a *belőlük kioldódó káros anyagok mennyisége és koncentrációja* környezetvédelmi szempontból megengedhető legyen.

2.2 A hulladéklerakók anyagának felhasználása a rekultiváció során

Ezen hulladékok döntő többsége régi, korábban már felhagyott települési hulladéklerakókban, illetve inert hulladékok lerakását szolgáló depóniákban fordulhatnak elő. Az új, korszerű, EU-konform hulladéklerakók összetétele a legtöbb esetben nem megfelelő ahhoz, hogy az ott lerakott hulladékokat a rekultiváció rétegrendjébe be lehessen építeni. Ennek oka az elmúlt évtized hulladék-összetételének jelentős változása (a műanyag hulladékok arányának jelentős növekedése), illetve az, hogy a lerakótestben a lebomlási folyamatok még nem zajlottak le. A hasznosításnak ez a módja elsősorban a *felszámolásra kerülő hulladéklerakók* anyagánál jöhet számításba. Abban az esetben, ha a hasznosítás mennyisége a jelenlegi jogi szabályozás alapján meghaladja a 10 t/nap mennyiséget, a hasznosítási engedély megszerzése előtt a hasznosítás környezeti hatásainak vizsgálatára előzetes vizsgálati dokumentációt is be kell nyújtani az illetékes hatóság felé. A hulladékok előkezelési és hasznosítási tevékenysége is csak jogerős és végrehajtható engedély(ek) birtokában kezdhető meg.

A rekultivációs rétegrend kialakításának nagy anyagigénye indokolja, hogy a felszámolandó hulladéklerakókból kitermelt hulladék *frakcionálásával, válogatásával* olyan hasznosítható hulladékot lehessen nyerni, amely a helyben történő rekultiváció során a rekultivációs rétegrendbe beépíthető. A hulladék frakcionálására, szétválogatására gyakorlati tapasztalataink alapján a sikrosta alkalmas.

Az eljárás folyamata a következő:

a hulladék kitermelése;

a kitermelt hulladék feladása a rostára;

a hulladék rostálása (frakcionálás);

a hasznosítható és nem hasznosítható (ártalmatlanítandó) frakciók külön történő deponálása;

az alkalmassági vizsgálatokhoz szükséges mintavétel és analitikai vizsgálatok;

a hasznosításra való alkalmasság esetén: maga a hasznosítás;

ártalmatlanság esetén (pl. ha az anyag szennyezett, technológiailag nem alkalmas): az elszállítás és ártalmatlanítás.

A hulladék rostálását szemlélteti az **1. ábra**, amely egy olyan esetet mutat be, amikor a felszámolandó hulladéklerakókból kitermelt anyagokat helyben kívánják hasznosítani. A rostált anyagból a 60 mm feletti frakció elszállításra kerül, a 20-60 mm közötti frakció a *kiegyenlítő réteg anyagaként*, a 20 mm alatti frakció a *rekultivációs réteg anyagaként* beépíthető, ha a beépíthetőségi, valamint alkalmassági

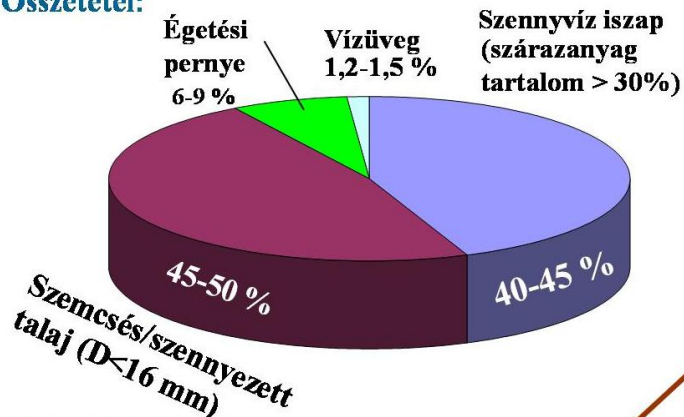
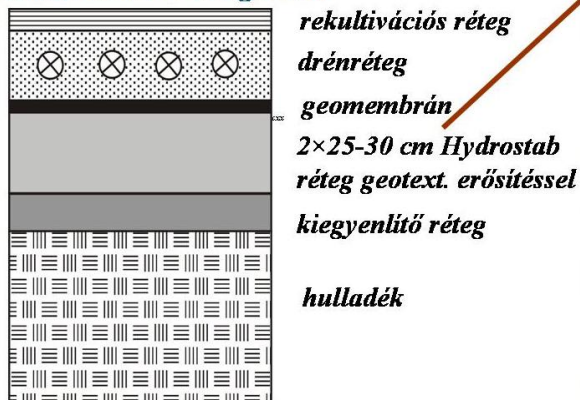
kritériumnak megfelelnek. A 20 mm alatti frakciónál különös figyelem fordítandó a szennyezettség vizsgálatára, mert a szennyezés a finom szemcsefrakcióhoz erősebben kötődik.



1. ábra: A hulladékrótálás folyamata

2.3. Kezelt, szennyezett talajok, hulladékok felhasználása a rekultiváció során

A rekultiváció során nemcsak az előző fejezetekben felsorolt hulladékok újrahasznosítással való alkalmazására van példa, hanem sikeres megoldások ismertek arra az esetre is, amikor szennyezett talajt használtak fel a rekultivációs rétegrendben. Jó példa erre az ún. Hydrostab® technológia, amely megoldás mind Belgiumban, mind Hollandiában alkalmazási engedéllyel rendelkezik, és eredményesen alkalmazták is több le rakó (Antwerpen, Twente) rekultivációja során. A Hydrostab® technológiában használt keverékek összetételét a **2. ábra** szemlélteti, s mint látható, az egyes alkotóelemek: homok, szennyezett talaj, égetési pernye, szennyvíziszap és vízüveg. Nagyon lényeges, hogy a három különböző szemcseméret-tartományba tartozó alkotórészek jól graduált, folyamatos szemeloszlási görbét adjanak, azaz a rendszer ne legyen ún. „egyszemcsés”, de szemcsefrakcióhiányos sem. Nagyon lényeges a vízüveg adalék, amely jelen esetben egy speciális termék (BELOUSCHEK *et al.*, 1990; BELOUSCHEK, 2002). Az előállított keverékanyagnál különösen fontos szempont a jó szennyezőanyag-visszatartó képesség, mert a beépítendő komponensek szennyezőanyag tartalma magas, és kívánatos, hogy ezek ne oldódhassanak ki. A *speciális ún. Terrostab vízüveg adalékkal készített szigetelőrétegben kialakuló szilikát gél biztosítja a szennyezőanyagok immobilitását, valamint az agyagrétegénél lényegesen kedvezőbb deformációs képességet* (BEUKEMA, 2001). Az elvégzett vizsgálatok (laboratóriumi és több éves in-situ) eredményei megtalálhatók SZABÓ I. (2003) anyagában.

Összetétel:**Alkalmazás****Rekultivációs rétegrend:****2. ábra: Az ún. HYDROSTAB® technológia**

A Hydrostab® anyagú zárószigetelésekkel szerzett eddigi tapasztalatok alapján megállapítható, hogy az a hagyományos agyagszigetelésekkel szemben, az adalékanyag következtében, számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik, amelyek egy rekultivációs rétegrend szigetelő anyagánál különösen előnyösek:

- a nagyon kedvező vízzáróság (lásd **1-2. táblázatokban**, $k < 5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$);
- a jó szennyezőanyag-visszatartó képesség;
- a deformációk (süllyedéskülönbségek) jobb elviselése;
- a zsugorodásra kevésbé hajlamos (lásd **3. ábrán**), és
- a kedvező beépítési tulajdonságok.

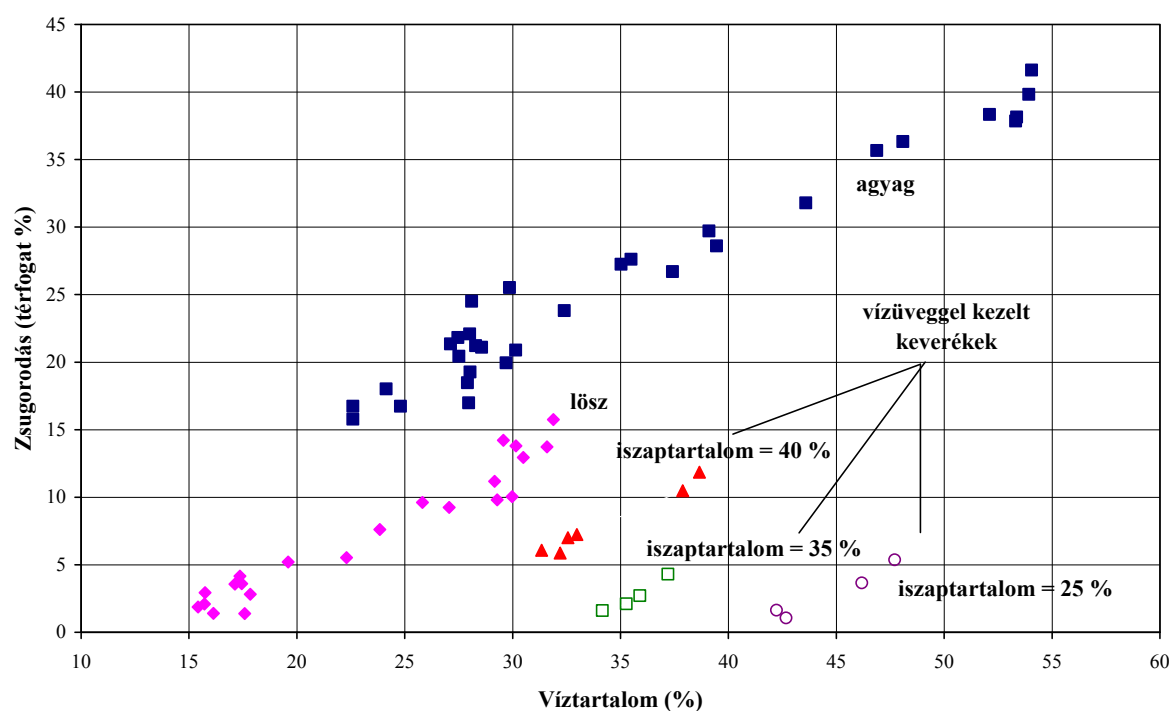
Zárószigetelő-réteggként való alkalmazásnál különösen fontos a jó vízzáróság, a zsugorodásra való kisebb hajlam, mert a kis takarási vastagság miatt a bízrtalom változás nagy lehet, így a zsugorodás veszélye is nagyobb

1. táblázat

Különböző keverékek triaxiális cellában ($i=30$) mért szivárgási tényező értékei (BELOUSCHEK, P. – KÜGLER, J.U., 1995.)							
Száraz anyag [%]	Iszap víztartalom [%]	Égetési pernye [%]	Filter por [%]	A keverék víztartalma [%]	Szilikát [%]	Gélképző Adalék	Szivárgási tényező [m/s]
6	-400	94	-	20-25	-	-	$3,9 \times 10^{-9}$
6	-400	94	-	20-25	1	-	$2,7 \times 10^{-10}$
20	-200	80	-	40-45	-	-	$2,5 \times 10^{-9}$
20	-200	80	-	40-45	1,5	-	$1,7 \times 10^{-10}$
20	-200	80	-	40-45	1,5	+	$6,4 \times 10^{-11}$
20	-200	80	-	40-45	1,5	+	$4,4 \times 10^{-11}$
40	-110	60	-	50-60	-	-	$1,3 \times 10^{-9}$
40	-110	60	-	50-60	2	-	$1,7 \times 10^{-10}$
40	-110	50	10	50-60	2	-	$2,6 \times 10^{-10}$
40	-110	50	10	50-60	2	+	$9,7 \times 10^{-11}$
40	-110	50	10	50-60	2	+	$6,0 \times 10^{-11}$

2. táblázat

A szivárgási tényező különböző időpontokban mért értékei (k ; m/s) (Twente lerakó, Hollandia) (BELOUSCHEK, P. , 2002.)					
építési fázis:	1994. július	1994. november	1995. március	1996. április	1997. március
I. próbamező	$(6-9) \times 10^{-11}$		$(4-5) \times 10^{-11}$	$< 1 \times 10^{-11}$	$5,1 \times 10^{-11}$
II. próbamező	5×10^{-10} $8,5 \times 10^{-11}$		$(3-4) \times 10^{-11}$	$(1-2) \times 10^{-11}$	$1,3 \times 10^{-11}$
III. próbamező	1×10^{-9} 7×10^{-10}	$(6-8) \times 10^{-11}$		$(5-7) \times 10^{-11}$	
IV. próbamező	$(5-7) \times 10^{-11}$	$(4-6) \times 10^{-11}$		5×10^{-11}	$2,8 \times 10^{-11}$



3. ábra: Különböző szennyvíziszap tartalmú minták zsugorodása az agyag ill. lösz alapanyagú szigetelő rétegekkel való összehasonlításban. [BEUKEMA, 2001]

A **4. táblázatban** az újrahasznosított anyagoknak a rekultiváció során történő alkalmazási lehetőségeit foglaltuk össze.

4. táblázat

<i>Újrahasznosított anyagok felhasználási lehetőségei a rekultivációs rétegrendben *</i>	
A felhasználás helye	Anyag
Kiegyenlítő réteg	szénbányászati fekete meddő; kieggett vörös meddő; kő- és kavicsbányászati meddőhányók anyaga; építési és építéshelyi törmelék, útbontási törmelék; erőműi pernye (keverés után); hulladékégetői salak, pernye; nagyolvasztói salakok; rostált hulladék (a 20-60 mm közötti frakció).
Gázgyűjtő, gázvezető réteg	szénbányászati fekete meddő; kieggett vörös meddő; kő- és kavicsbányászati meddőhányók anyaga, építési és építéshelyi törmelék, útbontási törmelék; nagyolvasztói salakok; konverteres acélműi salakok.
Fogadóréteg (tükör)	letakarási meddő, kiemelt föld; rostált hulladék (a 20 mm alatti frakció).
Szigetelőréteg	erőműi pernye (adalékokkal **); letakarási meddő; kis szennyezettségű talaj (adalékokkal **);
Szivárgóréteg***	építési és építéshelyi törmelék, útbontási törmelék; kavicsbányászati meddőhányók anyaga.
Gyökérzáró réteg	szénbányászati fekete meddő; kőbányászati meddőhányók anyaga; nagyolvasztói salakok (feltételelesen); konverteres acélműi salakok (feltételelesen); tört üveghulladék, üvegüzalék.
Rekultivációs réteg	letakarási meddő, kiemelt föld; rostált hulladék (a 20 mm alatti frakció).
Vegetációs réteg	komposztált biohulladék
Megj.: * A megengedett szennyezettségre és a beépítés geotechnikai követelményeire vonatkozó korlátok, kritériumok teljesülése esetében ** Adalékok: bentonit, vízüveg, polimerek *** Anyagánál szennyezőanyag nem oldódhat ki	

3. IRODALOMJEGYZÉK

- BELOUSCHEK, P. - KÜGLER, J. U. - NOVOTNY, R. (1990): Wasserglas für Deponieabdichtungen; Umwelt, Band 20. No. 78. pp. 387-388.
- BELOUSCHEK, P – KÜGLER, J.U. (1995.): Test fields in The dumping field Twente: Surface sealing with silicate enriched waste mixtures with active crack preventing properties. Earth mechanical aspects, (Szakvélemény, kézirat).
- BEUKEMA, H.B. (2001): Construction programme for HYDROSTAB® impermeable layers
HYDROSTAB® Protocols
- BELOUSCHEK, P. (2002): Ausgewählte deponietechnische Eigenschaften von Abdichtungsschichten nach der HYDROSTAB® - Technologie; (Szakvélemény, kézirat).
- CSÓKE B. (2011): Ipari hulladékok előkészítése és hasznosítása hulladekonline.hu
- SZABÓ I. – SZABÓ A. (2012): Hulladéklerakók rekultivációja és utógondozása, Miskolci Egyetem, ISBN 978-963-661-627-4, p.342.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

"A tanulmány/kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg"

TÁRSADALMI FELELŐSSÉGVÁLLALÁS A HULLADÉKGAZDÁLKODÁSBAN

Dr. Szabó Attila¹, Dr. Szabó Imre², Faur Krisztina Beáta³

¹okl. környezetmérnök, okl. közgazdász, ²okl. geológusmérnök, egyetemi tanár, ³okl.

környezetmérnök, építőmérnök, tanszéki mérnök

¹Geon-System Kft.

^{2,3}Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai I. Tanszék

A cégek társadalmi felelősségvállalása (CSR) az elmúlt évtizedben jelentős fejlődésen ment át, habár története sokkal korábbra nyúlik vissza. Hazánkban a CSR kevés hagyománnyal rendelkezik, manapság is sokan kritika éri. A kritikusok fő érve az, hogy a cégeket alapvetően nem erre találták ki, hanem a legnagyobb profit elérésére.

A környezetvédelem, ezen belül a hulladékgazdálkodás korunk egyik kiemelt fontosságú feladata, amely ágazatban tevékenykedő cégeknek fontos szerepet kell játszania társadalmi felelősségvállalásban.

1. A TÁRSADALMI FELELŐSSÉGVÁLLALÁSRÓL ÁLTALÁBAN

A vállalatok társadalmi felelősségvállalásával kapcsolatosan az üzleti világ több, gyakran egymással rokon értelműnek vélt kifejezést használ a vállalati működés iránt támasztott etikai elvárások jelölésére. Japánban már régóta létezik, ott a társadalmi felelősségvállaláshoz hasonlítható Keyosei elve. A Keyosei lényege az, hogy együtt éljünk, és közösen dolgozzunk a közjó érdekében, lehetővé téve az együttműködést és kölcsönös jólétet, valamint az egészséges és fair versenyhelyzetet (NYÁRÁDY - SZELES, 2004). A vállalati társadalmi felelősséget nemzetközi közegben az angol Corporate Social Responsibility (vállalaton belüli társadalmi felelősség) szó CSR rövidítésével szokták jelölni. A társadalmi felelősségvállalást sokan sokféleképpen definiálják, nincs általánosan elfogadott meghatározása. Ezekből emelek ki néhányat:

„A vállalatok önkéntesen szociális és környezeti szempontokat érvényesítenek tevékenységükben és partnereikkel fenntartott kapcsolatban”, (EURÓPAI KÖZÖSSÉGEK BIZOTTSÁGA, 2006).

„A vállalati társadalmi felelősségvállalás azt az elkötelezettséget jelenti, amely során a vállalat a közösség jólétének érdekében folytat önkéntesen, szabadon választott üzleti gyakorlatot, amit erőforrásaival is támogat” (KOTLER, 2007).

„Vállalatok társadalmi felelősségén azt értjük, ha egy üzleti vállalkozás folyamatosan elköteleződik az etikus viselkedés és a gazdasági fejlődéshez való hozzájárulás iránt, mialatt javítja munkavállalóinak

és családjaiknak életminőségét, csakúgy, mint a helyi közösségét és általában a társadalomét (WATTS, PH - HOLME, L., 1998).

„A társadalmi felelősségvállalás minden önkéntes pénzügyi, termékbeli vagy szolgáltatásbeli hozzájárulás, ami közösségi vagy kormányzati célokat támogat. Ebbe nem tartoznak bele az olyan tevékenységek, amelyek közvetlenül kötődnek a vállalat gyártó- vagy kereskedelmi tevékenységéhez. Az olyan tevékenység sem része ennek, amely törvény vagy kormányzati szabályozás alapján kötelező.” (DEÁK et. al., 2006)

Az utca emberének még mindig leginkább az jut eszébe a felelős vállalatról, hogy az jobban támogathatná a helyi színházat, focicsapatot, vagy a gyerekétkeztetést segítő alapítványt (TÓTH G., 2007).

Az idézett megfogalmazások nagyon sokrétűen írják le a vállalatok társadalmi felelősségvállalását. Habár a definíciók különbözőek egy dologban a mondanivalójuk közös: a *társadalmi felelősségvállalást önkéntesen, külső kormányzati, jogszabályi, vagy egyéb kényszer nélkül kell végezni.*

A CSR történelmét eredeztethetjük az ókori időktől is, a modern értelemben vett vállalati társadalmi felelősségvállalás szemléletét az 1950-es évektől datáljuk. Nagy lökést adott a kérdéskör tárgyalásának Milton FRIEDMAN vitaindítónak is nevezhető írása az üzleti szféra társadalmi felelősségvállalása ellen. FRIEDMAN határozottan kiállt amellett, hogy az üzleti élet szereplőinek a felelőssége a társadalommal szemben az üzleti érdekek képviselete és az üzleti célok – azaz értelmezésében a profitmaximalizálás – minél tökéletesebb megvalósítása a törvényes felelősségi és etikai kereteken belül.

Friedman akkori álláspontja nem mond ellent a CSR mai elterjedésének, hiszen a hatvanas évek óta jelentősen megváltozott az üzleti társadalmi környezet, a fogyasztók elvárásai, az épített és természetes környezethez fűződő egyéni és közösségi viszony éppen úgy, mint az etikus üzleti működéssel kapcsolatos felfogás. A következő két évtizedben egyre nagyobb teret és figyelmet kapott a vállalati társadalmi felelősségvállalás, sorra születtek a definíciók, egyre kidolgozottabbak, specializáltabbak lettek az elméletek. A 20. század utolsó évtizedében olyan témák, területek kerültek középpontba a vállalati társadalmi felelősségvállalás kapcsán, mint az érintettek bevonása a döntéshozatali folyamatokba, a modern üzleti etika kérdései, a fenntarthatóság kérdései vagy éppen a „vállalati állampolgáriság” elmélete. Az ezredfordulót követően pedig, napjainkban még erőteljesebb hangsúlyt kap egyfelől az érintettek mind teljesebb bevonása, másfelől a mérhetőség, elszámoltathatóság és átláthatóság kérdése, GSZT (2007).

2. AJÁNLÁSOK, SZABVÁNYOK A TÁRSADALMI FELELŐSSÉGVÁLLALÁS TERÜLETÉN

A társadalmi felelősségvállalás területén számos ajánlás, szabvány létezik a CSR hatékonyabb alkalmazásának elősegítésére. Ezen eszközök célja a vállalatoknak a határozott és egyértelmű iránymutatás, illetve olyan eszközöket biztosít, amely segítségével a szervezetek valamilyen szinten mérhetővé teszik felelős működésüket. Ilyen szabvány az ISO 26000:2010 Útmutató a társadalmi felelősségről. Ez a dokumentum több mint 90 ország és 40 nemzetközi vagy regionális szervezet legszélesebb köréből érkező szakértőinek bevonásával született meg, hogy az első olyan globális szabvány legyen, mely minden szervezet számára útmutatóul szolgál a társadalmi felelősségvállalás területén.

Az ISO 26000:2010 olyan témákkal foglalkozik, mint:

- a társadalmi felelősségvállalással kapcsolatos alapelvek, kifejezések és definíciók;
- a társadalmi felelősségvállalás háttere, trendjei és jellemzői;
- a társadalmi felelősségvállalással kapcsolatos alapelvek és gyakorlatok;
- a társadalmi felelősségvállalás leglényegesebb témakörei;
- a társadalmilag felelős viselkedés integrálása, bevezetése és elősegítése a szervezeten belül, valamint politikái és gyakorlata a hatáskörén (befolyási övezetén) belül;
- az érintettek azonosítása és elkötelezése; valamint
- kötelezettségvállalások, teljesítmények és más, a társadalmi felelősségvállalással kapcsolatos információk kommunikálása, (www.alfacon.hu/2011/03/19/iso-26000/).

3. A TÁRSADALMI FELELŐSSÉGVÁLLALÁS FORMÁI

A legfontosabb társadalmi felelősségvállalási formákat KOTLER (2007) című munkája alapján mutatjuk be.

3.1. Célhoz rendelt promóciók

A vállalatok pénzügyi eszközöket, természetbeni hozzájárulást nyújtanak, vagy más egyéb vállalati energiaforrásokat bocsátanak rendelkezésre. Az alkalmazott elsődleges stratégia a meggyőző kommunikáció, melyek a tudatosság és az érdeklődés felkeltésére irányulnak. A támogatással számos esetben a vállalat neve, illetve logója is megjelenik promóciós anyagokban. A vállalatok számára ez elsősorban marketingelőnyt jelent. A hátránya az, hogy elveszhet a vállalat láthatósága, illetve a promóciós anyagok életciklusa leginkább rövid, esetleg középtávú csupán.

3.2. Ügyhöz kapcsolt marketing

A vállalat kötelezi magát, hogy a bevételeinek egy részét egy speciális ügyhöz rendeli az értékesített termékmennyiség szerint. Egy bizonyos időszakra, termékre és meghatározott jótékonyág javára szól. Sokan úgy tartják, hogy ez háromszorosan nyerő (win-win-win) helyzet, mivel a fogyasztóknak is lehetővé teszi, hogy kedvenc jótékonyági területüket úgy támogassák, hogy az nem okoz nekik többletköltséget. Ebben az esetben a vállalat által adott adakozás mértéke jelentős mértékben függ a fogyasztótól. A kezdeményezés a több CSR forma közül a legtöbb promóciót igényli. Fontos, hogy a vállalat, illetve a közreműködők megbízható monitoring rendszert dolgozzanak ki, amellyel biztosítani lehet, hogy a fogyasztóknak tett ígéretek teljesüljenek. Mivel a tételenként adományozás viszonylag kicsi, ezért magas részvételi arányt kell elérni. A fogyasztók felé sok esetben kétséges, hogy mennyire üzleti és mennyire CSR tevékenységről van szó.

3.3. Vállalati társadalmi marketing

A vállalatok ez esetben magatartás-változást célzó kampány kialakítását és végrehajtását támogatják a közegészségügy, környezetvédelem vagy a közösségi jólét területén. Ilyen kampányt a vállalat önmaga is véghezvihet, de a leginkább valamilyen közintézménnyel, illetve nonprofit partnerrel együttműködve végzik. Ilyen módú jellegzetes kampányok az alábbiak:

- egészségügyi problémák
- baleset-megelőzési programok
- környezetvédelmi problémák
- közösségi részvétel programjai

Általában a vállalat fő tevékenységi köréhez kapcsolódó programokat valósítanak meg. Az ilyen jellegű kampány kialakítása, támogatása sokkal nagyobb részvételt igényel a vállalattól, mint egy esetleges készpénzadomány. Előfordulhat, hogy a kampányt sokan kritizálják amiatt, hogy az adott probléma nem a vállalatra tartozik. Célszerű együttműködést kialakítani olyan szervezetekkel, amelyekkel közösek a célok és az érdekek. Akkor célszerű alkalmazni, ha a szervezet által támogatott társadalmi ügy olyan potenciállal rendelkezik, amely képes az egyéni magatartás-változás előidézésére.

3.4. Vállalati adományozás

Ezen esetekben a vállalatok közvetlen adományt nyújtanak a jótékonyági szervezet vagy ügy számára leggyakrabban készpénzes pályázatok, adományok és/vagy természetbeni szolgáltatások formájában. Ez a legnagyobb hagyománnyal rendelkező kezdeményezés. A vállalati adományok lehetnek:

- készpénzadományok
- pályázati ösztöndíjak
- ösztöndíjak
- termékadományok
- szolgáltatásadományok
- műszaki szakértelem
- értékesítési csatornák és létesítmények használata
- eszközök, berendezések használata

A többi CSR forma közül ez a legkevésbé látványos, de a legegyszerűbb módja a tevékenységnek. Általában egy vagy két területre érdemes koncentrálni, nem szabad sok ügyet felvállalni. Fontos annak a módnak a megtalálása, hogy a program konkrét eredményekkel járjon. A legtöbb vállalat számára az adományozási tevékenység valójában elvárt norma, s ha egy vállalat társadalmi vagy jótékonyági célokat tűz ki maga elé, mindig mérlegelik is az alkalmazását. A kezdeményezés legfontosabb előnyei a vállalati hírnév és megbízhatóság felépítése, a motivált munkavállalók vonzása és megtartása, továbbá társadalmi ügyekre tett hatása, valamint a folyamatban lévő vállalati társadalmi kezdeményezések erősítése.

3.5. Közösségi önkéntes munka

A vállalatok támogatják és ösztönzik dolgozóikat, hogy önkéntes munkát vállaljanak a helyi közösségi szervezetekben a helyi ügyekért. Az önkéntes tevékenységeket szervezheti a vállalat, de az alkalmazottak maguk is választhatnak saját önkéntes tevékenységet, amit a vállalat például fizetett távolléttel támogat, vagy az önkéntes lehetőségek összegyűjtésével és közvetítésével segít. Előnye, hogy általuk erős és valódi kapcsolatokat tudnak kialakítani a helyi közösségekkel, elégedett és motivált alkalmazottakat tudnak felvenni és tartósan alkalmazni. Hátránya, hogy a vállalatnak sok pénzbe kerülhet, illetve ha sok alkalmazott végez sok helyen önkéntes munkát, akkor a szétaprózódás miatt alig van hatása, ezáltal az üzleti előnyök nehezen mérhetők, vagy csökkennek. Kifejezetten célszerű alkalmazni abban az esetben, ha különösen váratlanul előálló közösségi szükséglet jelentkezik, ami egybeesik a vállalat forrásaival és a munkaerő szaktudásával.

3.6. Társadalmilag felelős üzleti gyakorlat

A vállalatok önkéntesen vállalt üzleti gyakorlatot alkalmaznak és befektetéseket végeznek, melyekkel olyan társadalmi ügyeket támogatnak, amelyek a közösségi jóléti szint emelkedését és a környezetvédelmet célozzák. Ezeket más kezdeményezésektől az különbözteti meg, hogy egyedi

tetszés szerinti lépéseket jelenthetnek, a közösséget, mint fogalmat tágabban értelmezi, a közösség jóléte egészséget, biztonságot, de lélektani és érzelmi szükségleteket is jelenthet.

A CSR leggyakoribb megnyilvánulásai a vállalat üzleti gyakorlatában a következők:

- létesítménytervezés, amely során lehetőség szerint túlteljesítik a környezetvédelmi előírásokat és ajánlásokat (pl. energiatakarékosság, hulladékmentes technológiák)
- gyártási folyamat fejlesztése: hulladékok, veszélyes hulladékok keletkezésének csökkentése, kiküszöbölése, vegyi anyagok használatának csökkentése
- egyes termékek gyártásának beszüntetése: olyanok, amelyek nem illegálisak ugyan, de veszélyesnek tartják őket
- beszállítók kiválasztása a fenntartható fejlődés szempontjainak figyelembe vételével
- a leginkább környezetbarát nyersanyagok és csomagolóanyagok kiválasztása, hulladékcsökkentés
- teljes nyilvánosság a gyártáshoz felhasznált anyag és származásuk vonatkozásában
- alkalmazottak jólétét befolyásoló programok kifejlesztése
- számon kérhető célok és tevékenységek mérése, lekövetése és beszámoltatása
- gyermekeknek szóló marketingtevékenységgel kapcsolatos irányelvek kidolgozása
- közösségi szempontok figyelembevétele az üzem helyéről, a vállalati tevékenység kiszervezéséről és a kiskereskedelmi egységek helyéről hozott döntésekben.

4. A TÁRSADALMI FELELŐSSÉGVÁLLALÁS A HULLADÉKGAZDÁLKODÁSBAN

A társadalmi felelősségvállalás és a fenntartható fejlődés szoros kapcsolatban áll egymással. A fenntartható fejlődés egy olyan fejlődési folyamat, amely „kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy csökkentené a jövőendő generációk képességét, hogy kielégítsék saját szükségleteiket (ENSZ, 1987). A jelen szükségletein kívül másik tényező, amit le kell küzdenie, a környezet elhasználódása, de ezt úgy kell véghezvinnie, hogy közben ne mondjon le sem a gazdasági fejlődés, sem a társadalmi egyenlőség és igazságosság igényeiről.

Az elmúlt évtizedekben a keletkező hulladékok mennyisége többszöröződött. A hulladékok káros hatása a környezetre még abban az esetben is jelentős, ha a hulladékot megfelelően kezelik, nem beszélve a nem megfelelő hulladékkezelés, gazdálkodás okozta környezeti terhekről, ártalmakról. A hulladékokra azonban nemcsak úgy lehet tekinteni, mint a környezetre káros anyagok összességére, hanem fejlesztéssel, innovatív technológiák alkalmazásával a hulladék lehet energiaforrás, illetve a termeléshez felhasználható nyersanyag is. Ilyen szempontból vizsgálva a hulladékgazdálkodást a hulladékok kezelése, ártalmatlanítása a fenntartható fejlődés biztosításához (a szinten tartás ma már nem elegendő), mint korunk egyik alapvető céljához jelentős mértékben járulhat hozzá.

Egy kérdőíves kutatás segítségével (SZABÓ A, 2011) arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a CSR hogyan valósul meg a hazai hulladékgazdálkodási szektorban.

4.1. A felmérés menete

A kérdőívben az általános adatokon (név, alkalmazottak száma, árbevétel, lakosságszám stb.) megtalálhatóak a kifejtést igénylő kérdések, az eldöntendő kérdések, illetve az értékelést igénylő kérdések egyaránt. Azon kérdésekhez, amelyek nem egyértelműen eldönthetőek, szemantikus differenciálskálát alkalmaztunk, így lehetőséget biztosítva a kérdőívet kitöltőknek az adott kérdésre árnyaltabb válasz adására. A kérdőívben megtalálhatók a nyitott, kifejtést igénylő kérdések, azonban ez csupán két kérdésre korlátozódik. Habár a nyitott kérdésekkel bővebb információhoz lehet jutni, azonban úgy véljük, hogy ha egy kérdőívben sok nyitott kérdés található (tehát kitöltése hosszabb időráfordítást igényel), az a válaszadókat elriasztja a kérdőív kitöltésétől.

A vélemények pontosabb megismerésére visszacsatoló kérdéseket is használtunk.

A kérdőíveket hulladékgazdálkodással foglalkozó cégeknek (elsősorban közszolgáltatóknak) küldtük meg.

4.2. A felmérésben részt vevő vállalatok

A felmérésünk elsősorban közszolgáltatást végző szervezetek tevékenységére irányult. Ebből kifolyólag meghatározható az, hogy mekkora az a lakosságszám, amely közvetett módon érintett ebben a felmérésben. (Azt feltételeztük, hogy a CSR legkedveltebb célterülete a helyi közösségek támogatása, tehát az „érintett” lakosságszám bemutatásának, mint egyfajta mérőszámnak, ilyen módon látjuk értelmét).

A felmérésben résztvevő (a kérdőívet kitöltő) cégek összesen 1.118 településen szolgáltatnak (az összes település 35,4 %-a). A szolgáltatást igénybe vevő lakosok száma: 5.498.319 (a népesség 55 %-a).

A kérdőívet kitöltő cégek árbevétele összesen: 87 milliárd Forint, az alkalmazottak száma összesen 6.027 fő. A legkisebb cég 150 millió Forint, a legnagyobb cég 40 milliárd Forint árbevétellel rendelkezik (a 40 milliárd Forint kiugró érték, átlagosan a cégek árbevétele 1,7 milliárd Forint volt).

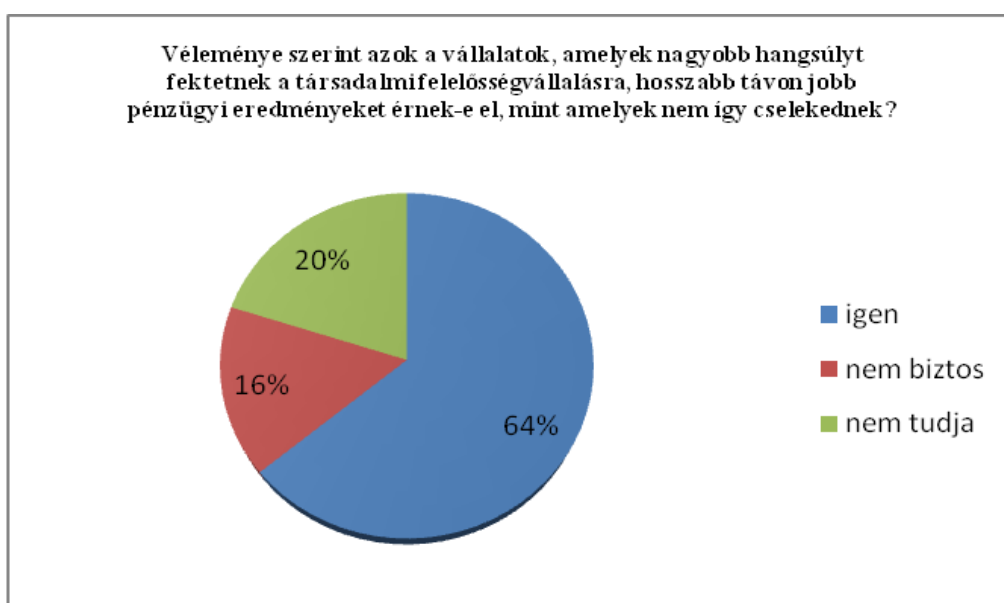
4.3. A felmérés eredményei

4.3.1. A társadalmi felelősségvállalás és a pénzügyi eredmények kapcsolata

Feltett kérdés: *Véleménye szerint azok a vállalatok, amelyek nagyobb hangsúlyt fektetnek a társadalmi felelősségvállalásra, hosszabb távon jobb pénzügyi eredményeket érnek-e el, mint amelyek nem így cselekednek?*

A válaszadók többsége (64 %-a) válaszolt igennel, tehát a többség úgy gondolja, hogy ha nagyobb hangsúlyt fektet a társadalmi felelősségvállalásra, akkor hosszabb távon jobb pénzügyi eredményt ér el, mintha a társadalmi felelősségvállalást figyelmen kívül hagyja (lásd. az **1. ábrán**).

Az adott válaszok összhangban vannak a Braun és Partners – GfK Hungária által 2006-ban készített felmérés (BRAUN & PARTNERS, 2006) során kapott eredményekkel. Ebben a tekintetben nincs eltérés a hulladékgazdálkodási cégek a korábbi kutatás során megkérdezett cégek között. Érdekes azonban, míg a vállalatok többsége látja azt, hogy a társadalmi felelősségvállalás hangsúlyosabbá tételével jobb pénzügyi eredményeket érhetnek el, a kérdőív egy későbbi kérdésére, amely szerint tervezi-e a CSR-re fordított pénzek, erőforrások növelését, a válaszadók alig kevesebb, mint 50 %-a nem-el válaszolt. Ha megvizsgáljuk azt, hogy a kérdőív kitöltésében résztvevő cégek az árbevételükhöz képest mekkora pénzüsszeget fordítanak CSR programokra (ld. később) a kérdés sokkal árnyaltabb képet mutat. Úgy tűnik, hogy a vezetők többsége felismeri a CSR fontosságát és hosszú távú üzleti hasznosságát, azonban a megvalósításban, illetve annak konkrét eredményességében már merülnek fel problémák. Azon válaszadók, akik erre a kérdésre igennel válaszoltak, tehát fontosnak tartják, illetve üzileg hasznosnak tartják a CSR-t, 47 %-uk nem tervezi növelni a CSR projektekre fordítandó pénzeket, illetve erőforrásokat.



1. ábra

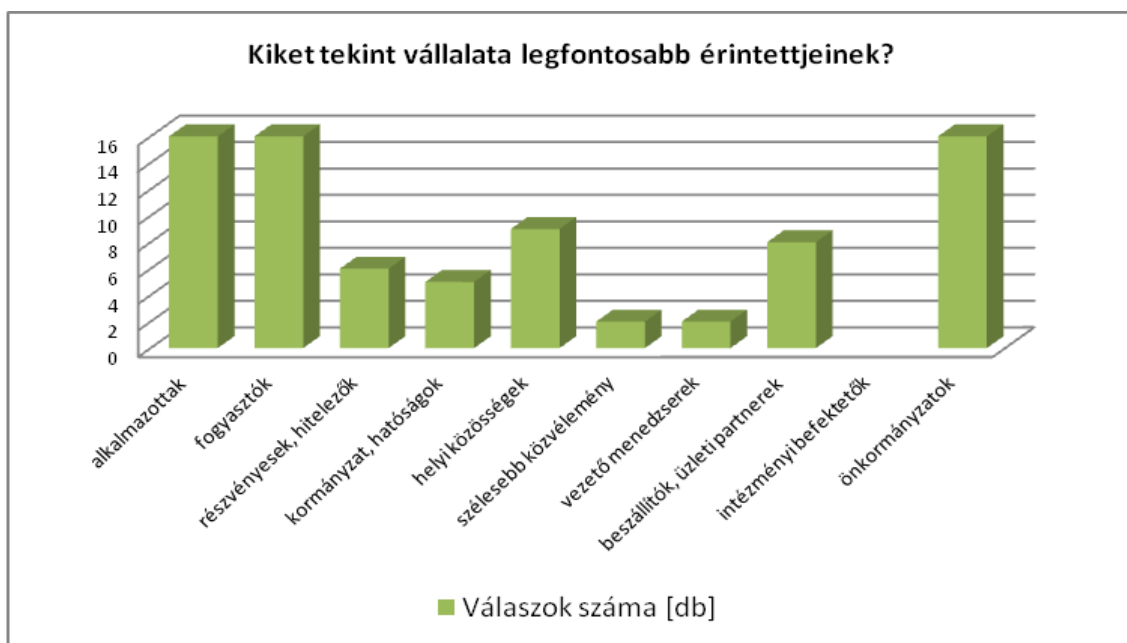
Úgy véljük, a válaszadók többsége elméletben elfogadja a kérdés állítását, fontosnak tartja kihangsúlyozni a CSR korábbiakban említett hasznosságát, azonban a gyakorlatban inkább kételkedők. A kérdésre igennel válaszolók döntő többségének már származott valamilyen előnye a CSR tevékenységből (ld. később). Érdekes, hogy a nem tudja/nem biztos válaszadók körülbelül felének is volt már hasonló tapasztalata a CSR tevékenységgel kapcsolatosan (valamilyen előnye származott a tevékenységből). A három kérdésre adott válaszok együttes vizsgálata alapján (elfogadja, hogy a CSR fontos és üzletileg hasznos / tervezi a CSR keret növelését / származott előnye a CSR tevékenységből) nem állítható egyértelműen, hogy azon cégek, amelyeknek konkrét tapasztalatuk van abból, hogy az elvégzett CSR projekt előnyt jelentett számukra és elfogadják, hogy a CSR előnnyel jár, azok a CSR projektek erőforrásának növelését a logika alapján el is végzik.

4.3.2. A vállalatok legfontosabb érintettjei a CSR keretében

Feltett kérdés: *Kiket tekint vállalata legfontosabb érintettjeinek?*

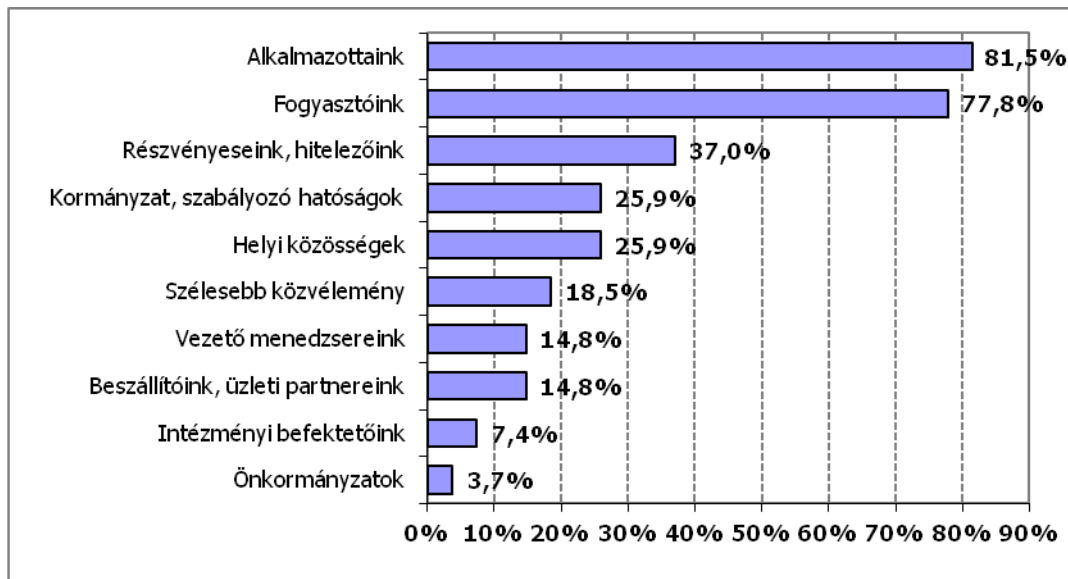
Az érintetti bevonás fő célja olyan stratégiai irányok, működési elvek kialakítása, amelyek fenntartható teljesítményt és fejlődést biztosítanak. Egy ilyen folyamat során az érintettektől származó tudás elsajátítása és az ennek alapján megvalósított innovációk révén a vállalat növelni tudja teljesítményét oly módon, hogy az hosszú távon is fenntartható legyen. Ebből nemcsak a vállalat profitál, hanem maguk az érintettek és összességében a társadalom egésze is (GSZT, 2007).

A kérdőívet kitöltő vállalatvezetők által a stratégiai döntéseik során a leginkább figyelembe vett csoportok az alkalmazottak, a fogyasztók és az önkormányzatok. Ezt szemlélteti a **2. ábra**.



2. ábra

A korábban említett Braun & Partners – GfK Hungária 2006-ban készült kutatás ugyanezen kérdésre vonatkozó eredményei a **3. ábrán** láthatók.



3. ábra

[BRAUN & PARTNERS – GFK HUNGÁRIA (2006)]

A két ábra összehasonlításából jól látszik, hogy a legfontosabb, az érintettek az alkalmazottak és a fogyasztók. A harmadik helyen a részvényesek és a hitelezők állnak, míg az általam vizsgált cégek esetében az önkormányzatokat jelölték meg a cégvezetők (az alkalmazottak, a fogyasztók és az önkormányzatok ugyanannyi szavazatot kaptak, tehát nem lehet sorrendet megállapítani). Ahhoz, hogy választ kapjunk arra, miért van ekkora jelentősége az önkormányzatoknak, ismernünk kell a hulladékgazdálkodási cégek sajátos működését, illetve tulajdonosi összetételét. A hulladékgazdálkodási cégek közszolgáltatást végeznek, amelynek megrendelője (a legtöbb esetben a fizető fél is) az önkormányzat. A vállalatok általában vegyes tulajdonosi szerkezetűek, tehát magán-önkormányzati tulajdonban vannak (ld. 4. ábra). Ez az esetek döntő többségében kettős ügyvezetést is jelent (egy ügyvezető az önkormányzati tulajdonost, egy ügyvezető a másik tulajdonost képviseli).



4. ábra

Az ábrából jól látszik, hogy a vizsgált cégek döntő többsége (64 %) köthető önkormányzati tulajdonhoz, 20 % kizárólag önkormányzati tulajdonban van. A kizárólag magán tulajdonban lévő vállalatok esetében is az egyik legfontosabb érintett az önkormányzat, jelentős különbség a válaszadók esetében nem mutatkozik. Ez véleményünk szerint elsősorban az előzőekben említett közszolgáltatói feladattal magyarázható.

4.3.3. A CSR stratégiák vizsgálata

Feltett kérdés: *A cég rendelkezik-e valamilyen írásos CSR koncepcióval (stratégiával) dokumentummal?*

Úgy véljük, hogy egy olyan cég, amely nagy figyelmet fordít a társadalmi felelősségvállalásra, mindenképpen rendelkeznie kell valamilyen CSR stratégiával, amelyet rövid- és középtávon követhet. Ennek szükségszerűségét abban látjuk, hogy a CSR feladata véleményünk szerint valamilyen segítségnyújtás, változás előidézése, segítése, társadalmi probléma megoldása, amelyet nem szabad „ad hoc” döntésekkel végezni. A vizsgált vállalatok döntő többsége nem rendelkezik ilyen dokumentummal, koncepcióval (**5. ábra**).



5. ábra

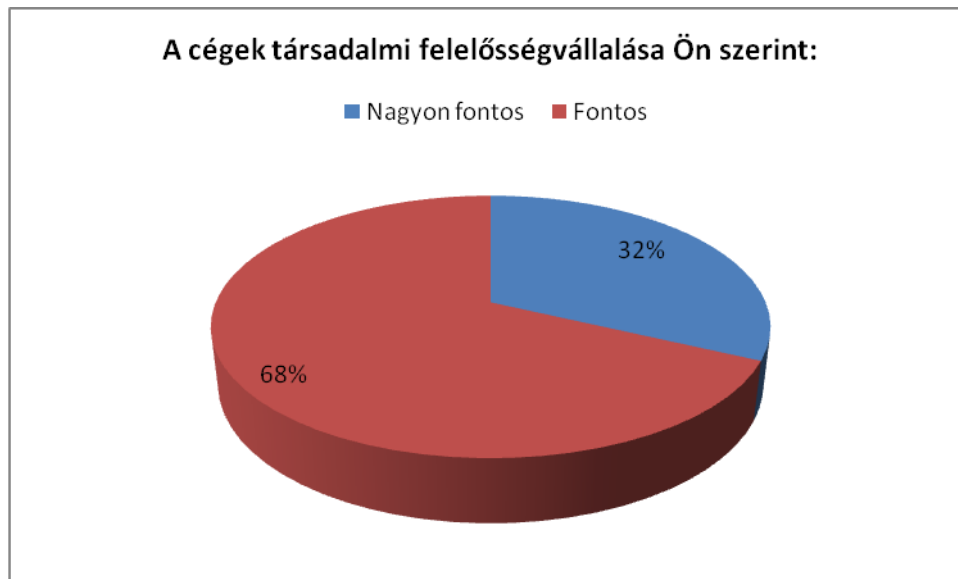
Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy azon cégek, amelyek rendelkeznek valamilyen dokumentumba foglalt CSR stratégiával, mindegyik egy külföldi multinacionális cég magyarországi vállalata. Ezen cégek a legtöbb esetben a külföldi anyagcég CSR stratégiáját vették át és alkalmazzák hazánkban.

A későbbiekben látható, hogy a hulladékgazdálkodási cégek CSR tevékenysége általában korlátozódik valamilyen szervezet, vagy személyek felé támogatás nyújtására, azonban általánosságban nincs olyan tipikusnak mondható CSR célkitűzés, amelyet egy cég következetesen alkalmaz.

4.3.4. A CSR fontosságának a vizsgálata

Feltett kérdés: *Mennyire fontos Ön szerint a cégek társadalmi felelősségvállalása?*

A válaszadók mindegyike legalább fontosnak tartotta a cégek társadalmi felelősségvállalását. Ezt szemlélteti a **6. ábra**.

**6. ábra**

Az ábra alapján jól látható, hogy a válaszadó cégek több, mint 30 %-a nagyon fontosnak véli a cégek társadalmi felelősségvállalását. Ha visszautalunk az 1. kérdésre, amely szerint a válaszadók döntő többsége elfogadja és egyetért azzal az állítással, hogy azok a vállalatok, amelyek nagyobb hangsúlyt fektetnek a társadalmi felelősségvállalásra, hosszabb távon jobb pénzügyi eredményeket érnek el, mint azok a vállalatok, amelyek nem így cselekednek, akkor arra kell következtetnünk, hogy a vizsgált hulladékgazdálkodási cégek esetében a CSR tevékenység logikusan kiemelt szerepet kap. A logika azt diktálja, hogy ha egy cégvezető fontosnak, vagy nagyon fontosnak tartja a CSR-t és az hosszútávon még jobb pénzügyi eredményekkel is társul, abban az esetben a vállalatnak kiemelt helyen kell kezelnie a CSR-t. Ezzel ellentmond, hogy a cégek döntő többsége nem rendelkezik CSR stratégiával sem, tehát végez valamilyen CSR-nak nevezhető tevékenységet, azonban ezt csak részben teszi tudatosan, de a válaszok alapján a tevékenységet nem valamilyen stratégia mentén, hanem „ad hoc” jelleggel végzi el.

4.3.5. A CSR jelentőségének és szerepe növekedésének a vizsgálata

Feltett kérdés: *Ön szerint milyen tényezőknek köszönhetően fog növekedni a CSR jelentősége és szerepe?*

A korábbiakban láthattuk, hogy vállalatvezetők a CSR szerepét fontosnak, illetve nagyon fontosnak tartják és elfogadják azt, hogy a társadalmi felelősségvállalás növekedésével a társaságok hosszútávon egyéb előnyök mellett jobb pénzügyi eredményeket is el tudnak érni. Érdekes kérdés, hogy mit gondolnak a cégvezetők arról, melyek azok a tényezők, amelyek elősegítik véleményük szerint a CSR jelentőségének és szerepének a növekedését. A válaszadók döntő többsége a növekedés egyik

lehetőségét, vagy másképpen megfogalmazva a fejlődés „gátjaként” a tulajdonosok CSR-al kapcsolatos figyelmét jelölte meg (lásd a 7. ábrát).



7. ábra

A válaszokból jól látható, hogy a cégvezetők nem érzik kellőképpen a tulajdonosi kör ilyen irányú támogatását, holott a válaszokból kitűnik, hogy felismerik azt, hogy a CSR versenyelőnyt eredményez. A cégekkel kapcsolatos általános gondolkodásmód az, hogy a cégeket (és azok tulajdonosait) elsősorban profit és nem pedig a felelősség maximalizálására találták ki (FRIEDMAN, 1970). Ezzel ellentétben a „hármass optimalizálás” (triple bottom line) gondolata, amely szerint egy élenjáró vállalatnak nemcsak pénzügyi eredményt kell javítani, hanem környezeti és társadalmi teljesítményt is. Általánosságban elmondható, hogy a gazdaságin túl a két másik cél (környezeti és társadalmi haszon) legkevésbé sem érdekli a szavak szintjén túl a világ vállalkozóinak és vállalatainak túlnyomó részét. (Kivételt képeznek persze az élenjáró cégek.) Nem azért van ezen érdektelenség, mert vezetőik szignifikánsan gonoszabbak vagy kevésbé gonoszak lennének, mint általában az emberek, hanem egyszerűen azért, mert a vállalat lényege: profitot kell maximalizálnia minél hatékonyabban (TÓTH, 2007). Ebből következik, ha a tulajdonosok figyelve megváltozik, és a tulajdonosok szándéka a profittermelés mellett a CSR-al kapcsolatos ügyekre is kiterjed, akkor a vállalatvezetők is több figyelmet fordítanak a CSR-ra. A vállalatvezetők a tulajdonosok elvárásainak kell, hogy megfeleljenek (többek között), de egy tulajdonosi oldalról indított kezdeményezésnek értelem szerűen a cégvezetők sem fognak gátat szabni, így elősegítve a CSR a növekedését.

Több válaszadó a változás egyik lehetőségeként jelölte meg a média nagyobb figyelmét a CSR-ra. A média és a CSR kapcsolatával a későbbiekben részletesen foglalkozom.

Érdekes, hogy a válaszadók egy része a CSR jelentőségének és szerepének növekedését a hatósági előírások, jogszabályok változásában látja, illetve fontos tényezőnek tartja a nagyobb kormányzati és hatósági oldali beavatkozást, ráhatást. Nyilvánvalóan az ezen választ adóknak egyik oldalról igazuk

van, hiszen ha a hatósági előírások, jogszabályok változnak, azt a cégeknek be kell tartaniuk. Ez azonban teljes mértékben ellentétes a CSR értelmezésével, amely szerint az üzleti szereplők önkéntesen tesznek lépéseket az őket körülvevő társadalom életszínvonalának javítása céljából. Amennyiben hatósági, kormányzati oldalról érkezik valamilyen „nyomás”, illetve a jogszabályi környezet kötelezővé teszi a CSR-t, abban az esetben az önkéntesség már megkérdőjelezhető, nem lesz más csupán, mint egy jogszabály kötelező alkalmazása.

A hatósági előírások, jogszabályok változásával járó CSR hatásokat természetesen lehet másként is értelmezni. Úgy is gondolhatjuk, hogy egy kedvezőbb jogszabályi környezet (pl. adójogszabályok módosítása) előnyösebb helyzetet teremt a CSR tevékenységekre, elég csak a K+F és az innovációban rejlő valós lehetőségekre gondolnunk. Ezt támasztja alá egy a Szonda Ipsos által 2008-ban készített kutatás, amely szerint az ő általuk megkérdezett 100 cég vezetőinek több, mint 93 %-a úgy véli, hogy az államnak is ösztönöznie kellene azokat a cégeket, melyek többet tesznek a fenntartható fejlődésért, mint ami a jogszabályokban rögzítve van. A cégvezetők szerint a kormányzat ehhez leginkább adókedvezményekkel, adócsökkentéssel tudna hozzájárulni (SZONDA IPSOS, 2008).

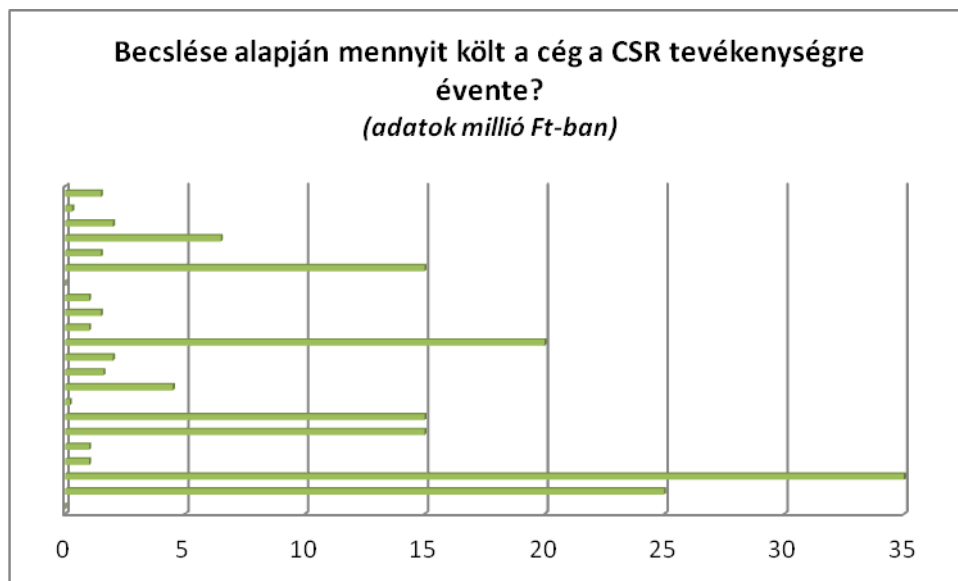
4.3.6. A CSR-re fordított pénzügyi erőforrások

A feltett kérdés: *Becslése alapján mennyit költ a cég a CSR tevékenységre évente?*

A kérdőív korábbi válaszaiból jól látszik, hogy a cégvezetők döntő többsége hisz a társadalmi felelősségvállalásban, ismeri az előnyöket, tudatában van kik a legfontosabb érintettek, tehát tevékenységét tudatosan, többé-kevésbé szervezett formában végzik (azonban a legtöbb esetben stratégia nélkül). A kérdés alapján egy általam feltételezett anomáliára akartunk rávilágítani. A feltételezésem az volt, hogy a hulladékgazdálkodással foglalkozó vállalatok felismerve a CSR fontosságát, illetve ha hisznek a fenntartható fejlődésben, akkor a CSR tevékenységhez kapcsolódó anyagi ráfordítások is magasak.

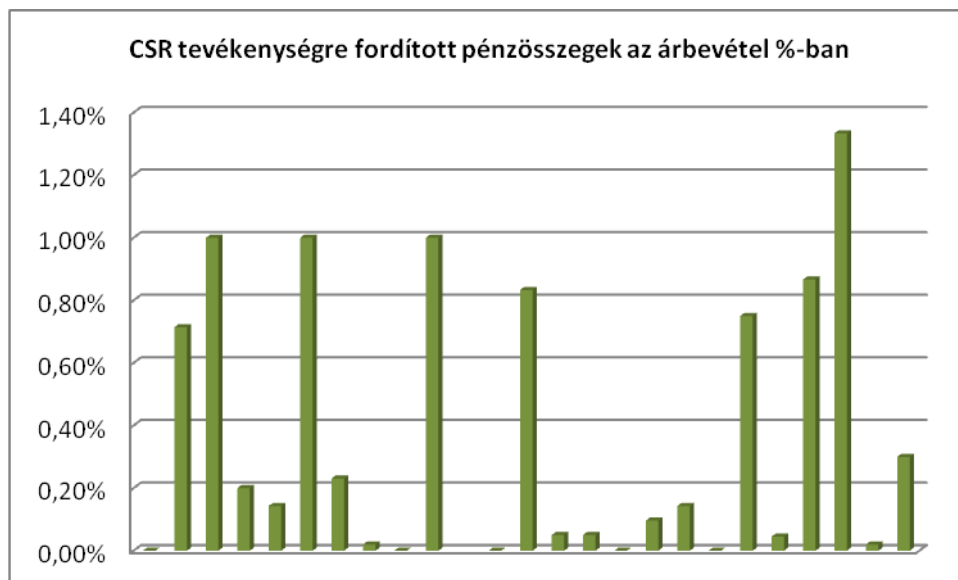
A válaszadók CSR tevékenységre meglehetősen változó összegeket költenek. A legkevesebb a 0 Ft (nem költ ilyen tevékenységre) a legmagasabb összeg 35 millió Ft. A legtöbb cég átlagosan 1-1,5 millió Ft-ot költ évente CSR tevékenységre. Ezt szemlélteti a **8. ábra**.

Az ábrából jól látszik, hogy egyes cégek kiemelten kezelik a CSR tevékenységet az éves ráfordításuk több, mint 15 millió Ft, de a legtöbb cég a méretükhöz képest (az átlagos árbevétel: 1.7 milliárd Ft) véleményünk szerint keveset áldoz ilyen tevékenységre.



8. ábra

Külön megvizsgáltuk a cégek árbevételének és a CSR tevékenységre vonatkozó ráfordítások kapcsolatát. Ezt szemlélteti a **9. ábra**.



9. ábra

A megvizsgált cégek átlagosan árbevételük 0,366 %-át költik CSR tevékenységre. A vizsgált cégek több, mint 50 %-a az árbevételük kevesebb, mint 0,2 %-át fordítják erre a célra. Véleményünk szerint a CSR tevékenységre fordított összeg meglehetősen kevés, a fenntartható fejlődésért, a környezeti állapot javításáért, illetve az érintettjeikkel kapcsolatos célok megvalósítására többet is áldozhatnának. A GKI Gazdaságkutató Zrt. 2009-ben felmérést készített Magyarországon működő vállalat társadalmi felelősségvállalásával kapcsolatban. A felmérés alapján a vállalkozások több mint felénél a vállalati

társadalmi felelősségvállalás kiadásokban is megmutatkozó tevékenységet jelentett. Ezen vállalatokra a cég klaszterelemzést készített, amely alapján kilenc csoportba sorolta a vállalatokat, amelyek a következők:

- A társadalmi felelősségvállalás hazai példaképei (c1)
- Tudatos CSR-stratégiával rendelkező vállalatok (c2)
- Jótékonyági CSR-t folytató cégek (c3)
- Környezetvédelmi célokat középpontba állító vállalatok (c4)
- Elvárásoknak megfelelni szándékozó, adományozói profilú cégek (c5)
- A CSR üzleti előnyeire összpontosító vállalatok (c6)
- A CSR-t üzleti szükségszerűségből felvállaló cégek (c7)
- "Divat CSR" klaszter (c8)
- "Minimál CSR" klaszter (c9)

A felmérés során a vizsgált vállalkozások CSR-re való költsége átlagosan az árbevétel 0,2 %-a volt. A CSR tevékenységre fordított legnagyobb költségek, 8% az árbevétel arányában a bányászat és a nehézipar területén tapasztalhatóak. Az általunk végzett kérdőíves kutatás eredményei azt mutatták, hogy a hulladékgazdálkodással foglalkozó cégek CSR-re való pénzbeli ráfordításai a hazai átlagot képviselik. A GKI kutatás azt is kimutatta, hogy azon cégek, amelyek rendelkeznek tudatos CSR stratégiával jóval az átlag felett költenek CSR-ra. Az általunk vizsgált cégek esetében ez a tendencia csak részben igazolódott be. A cégek közül összesen öt cég rendelkezik írásos, tehát tudatosnak mondható CSR stratégiával, ezen cégek mindegyike valamilyen külföldi multinacionális vállalathoz kapcsolódik. A vizsgált öt cég árbevétele és a CSR-ra fordított összegének kapcsolatát az **1. táblázat** szemlélteti.

1. táblázat

Sorszám	Árbevétel [millió Ft]	CSR-re fordított összeg [millió Ft]	CSR-re fordított összeg az árbevétel %-ban
1.	3.500	25	0,71
2.	2.000	15	0,75
3.	500	1	0,20
4.	700	1	0,14
5.	3.500	35	1,00

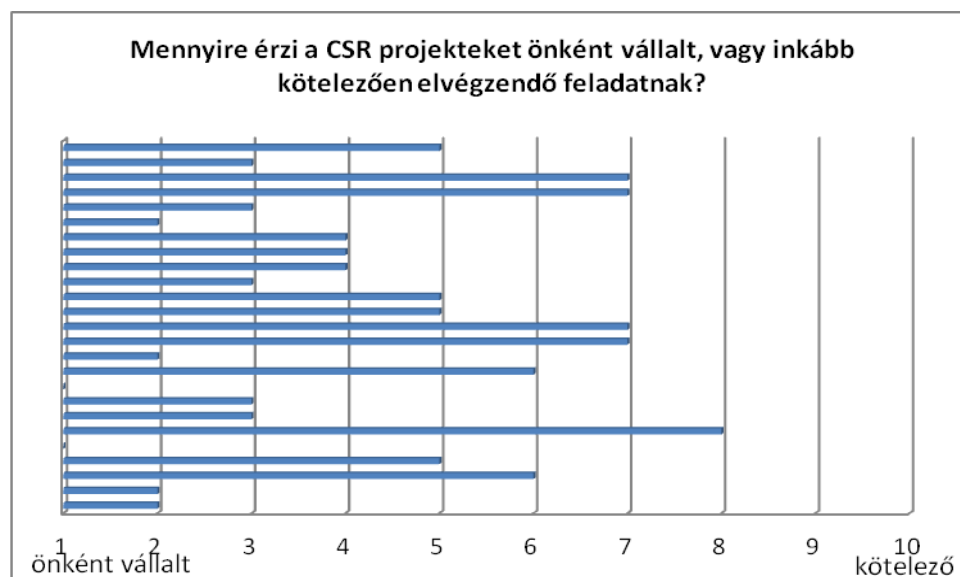
A GKI kutatás következtetése az általunk vizsgált mintára nem alkalmazható. Azt sem lehet kiemelni, hogy azon hulladékgazdálkodási cégek, amelyek tudatos CSR stratégiával rendelkeznek, árbevételük nagyobb százalékában költenek a CSR-re, mint az ilyen dokumentummal, koncepcióval nem rendelkező cégek.

4.3.7. A CSR önkéntessége

A feltett kérdés: *Mennyire érzi a CSR projekteket önként vállalt, vagy inkább kötelezően elvégzendő feladatnak?*

A hulladékgazdálkodással kapcsolatos cégek CSR tevékenysége „kívülről” nézve számos esetben számunkra kötelezően elvégzendő feladatnak bizonyult. Meg kívántuk ismerni, hogy mit gondolnak a cégvezetők, hogy a vélt vagy valós CSR projektjeik mennyire tükrözték a CSR alapgondolatát, hogy annak önként, minden külső kényszer, ráhatás nélkül kell megvalósulnia.

A kérdéssel kapcsolatos pontosabb vélemények megismerésére szemantikus differenciálskálát alkalmaztunk. A kérdőívet kitöltő cégvezetők a kérdéssel kapcsolatos véleményét mutatja be a **10. ábra**.



10. ábra

Az ábra alapján jól látható, hogy a cégek nem egységesek ebben a kérdésben. A kérdést fel lehetett volna tenni eldöntendő kérdésként is, hiszen maga a feltett kérdés egy eldöntendő kérdés volt. A válaszokat a kérdőívben szereplő módszerrel vizsgálva sokkal árnyaltabb képet kapunk. A válaszadók kevesebb, mint 10 %-a vélekedett úgy, hogy a CSR projektek teljes mértékben önként vállalt feladatok. A cégvezetők többsége (56 %) gondolja úgy, hogy az önkéntesség mellett a CSR projektek kötelezően is végzendő feladatok (4-8 pont között), illetve az ábrából jól látható, hogy több cég (a válaszadók közel 30 %-a) inkább kötelező feladatként jelölte meg a CSR projektek végzését. Itt is visszaautalnánk a CSR definíció szerinti önkéntes mivoltára, amely úgy tűnik a megkérdezettek szerint az általuk végzett tevékenység, vagy a CSR-ről alkotott kép tartalmaz kötelezendően végzendő elemeket is.

Azon cégek, amelyek CSR tevékenységre többet költenek, a válaszok többsége 5-10 közé, tehát az inkább kötelezően elvégzendő feladatként értékelik a CSR tevékenységüket (lásd a **2. táblázatban**).

2. táblázat

Becslése alapján mennyit költ a cég a CSR tevékenységre évente? (adatok millió Ft-ban)	Mennyire érzi a CSR projekteket önként vállalt, vagy inkább kötelezően elvégzendő feladatnak? (1- önként vállalt 10- kötelező)
25	2
35	6
15	8
15	3
4,5	6
20	5
15	2
6,5	7

Úgy véljük, hogy a CSR tevékenység egyáltalán nem lehet kötelezően végzendő feladat. A társadalmi felelősségvállalást önként kell gyakorolniuk a cégeknek, az azokban rejlő előnyöket saját maguknak kell felismerniük.

4.3.8. A CSR-ből származó előnyök

A feltett kérdés: *Származott-e már valamilyen előnye a cégnek abból, hogy CSR tevékenységet végez?*

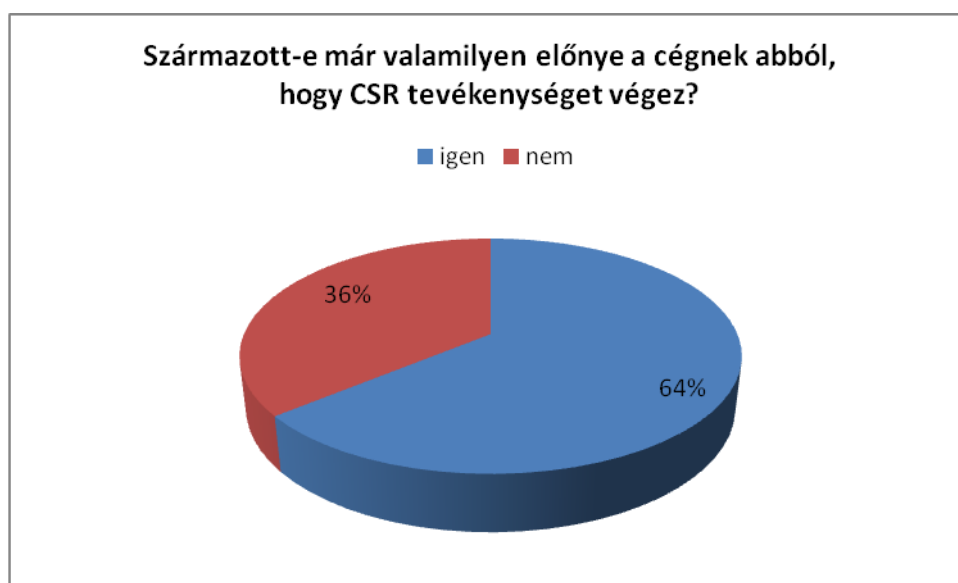
A cégek társadalmi felelősségvállalása a vállalkozások számára kézzelfogható előnyt is jelent. Ezek az előnyök elsősorban közép- illetve hosszútávon jelentkeznek. A CSR-re természetesen nem úgy kell tekinteni, mint egy olyan tevékenységre, amely minden esetben és „kötelezően” előnyt kell hogy jelentsen a cégek számára, azonban szinte minden CSR projekt azt bizonyítja, hogy a céget az érintettek körében kedvezőbb színben tűnik fel, illetve a vállalatot a társadalomért tenni akaró szervezetként tüntetik fel. Azt mondhatjuk, hogy a megfelelő színvonalú CSR programok „nyer-nyer” (win-win) helyzetet alakítanak ki, ugyanis előnyöket hoznak mind a vállalat, mind pedig a helyi közösségek, vagy más érintettek számára.

Azon vállalatok, amelyek magukévá teszik és alkalmazzák a CSR eszközöket, elveket, az alábbi vélhető előnyökre tehetnek szert:

- Javuló kép a vállalat arculatáról, illetve a márka, a védjegy várható felértékelődése, jobb megbecsülése.

- A vállalat vonzóbb lesz a jó szakemberek és a képzett munkaerő számára, illetve könnyebb lesz a cégnek megtartania ezen értékes dolgozóit.
- Javul a munkaszellem, a munkakörnyezet, ami elkötelezettebb, produktívabb, lojálisabb, elégedettebb munkaerőt eredményez (direkt hatás).
- Nő az esélye, hogy minőségi üzleti partnerekkel kerüljön kapcsolatba a vállalat, és hogy őt magát is megbízható, preferált partnerként tartsák számon. Továbbá a hasonló irányultságú vállalatokkal való kapcsolathoz a CSR közös nyelvet, alapvető referenciapontot jelenthet.
- Nagyobb fogyasztói és beruházói érdeklődés, elégedettség. Új üzleti, kereskedelmi lehetőségek, kedvező hozzáférés a fontos piacokhoz.
- Javuló válságmenedzselés, a rizikók és botrányok megelőzésének fejlődő képessége.
- Alacsonyabb biztosítási díjak (pl. környezetvédelmi felelősségbiztosítások).
- Jó kapcsolat a közhatalommal, a hatóságokkal és általában a közvéleménnyel, a közösséggel és főként a médiával.
- A PR és a reklám lehetőségek megsokszorozódása.
- Hozzájárulás a stabilabb globális piac kialakításához.
- Csökkenhet a civil szervezetek és más nyomásgyakorlók irányából érkező kritika (és esetlegesen a pereskedések, vagy ellenkampányok száma), csökken a „támadási felületek” száma (CCBE, 2005).

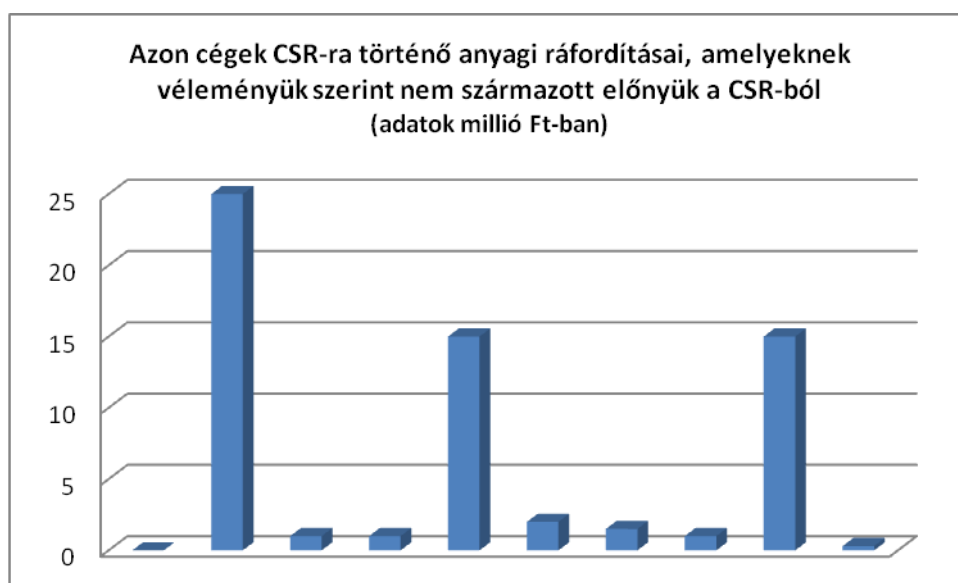
Jól látható, hogy a felsorolt előnyök jelentős hasznot hozhatnak egy vállalat számára. A felmérés során vizsgáltuk azt is, hogy hogyan gondolkodnak a hulladékgazdálkodási tevékenységgel kapcsolatos cégek azzal kapcsolatban, hogy származott-e már valamilyen előnyük a CSR tevékenységükkel összefüggésben. A válaszokat a **11. ábra** szemlélteti.



11. ábra

Az ábra alapján jól látható, hogy a cégek döntő többségének már származott előnye abból, hogy alkalmaztak CSR eszközöket.

Azt vizsgálva, hogy van-e összefüggés a nem választ adók és a CSR-re fordított pénzüsszegek nagysága között, vagyis azt feltételezve, hogy azért nem érzi azt a kérdőívet kitöltő cégvezető, hogy valamilyen haszna származott az elvégzett CSR tevékenységből, mert csekély pénzüsszeget költött rá, a megadott válaszok alapján egyértelmű összefüggést nem lehet megállapítani, sőt általában a nem választ megjelölők költötték a legnagyobb összegeket CSR-re (lásd a **12. ábrán**).



12. ábra

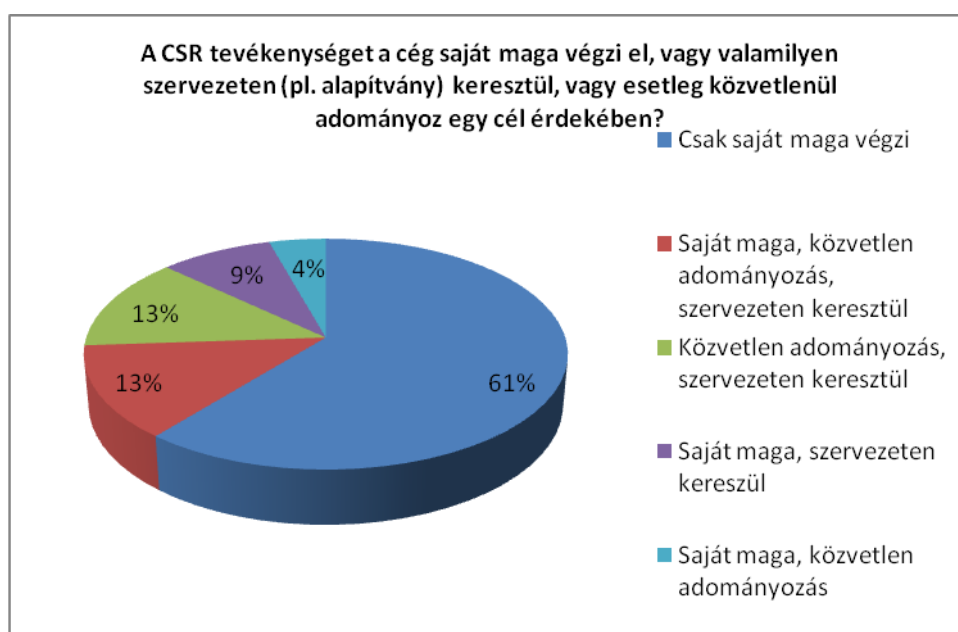
A **12. ábrán** látható adatoknak többféle értelmezése lehet. Az egyik lehetséges magyarázat az, amelyet az előzőekben is feltételeztünk, hogy a cégek anyagi ráfordításai nem elegendőek ahhoz, hogy a CSR tevékenységük érzékelhető legyen. Ez az ábra alapján az egyes cégek esetében elfogadható magyarázat is lehet. Azon cégeknél, amelyek a többiekhez képest kimagaslóan magas pénzüsszeget költöttek CSR-re, úgy is vélekedhetnek, hogy számukra ez vagy kötelezően elvégzendő feladatok voltak (pl. valamilyen külső ráhatásra, amely már azonban nem minősíthető CSR-nek), vagy úgy vélik, hogy a viszonylag magas anyagi ráfordítás nem hozta meg az általuk vélt előnyt számukra, így összességében nemleges volt a válaszuk.

4.3.9. A szervezeten keresztül végzett CSR tevékenység

A feltett kérdés: *A CSR tevékenységet a cég saját maga végzi el, vagy valamilyen szervezeten (pl. alapítvány) keresztül, vagy esetleg közvetlenül adományoz egy cél érdekében? (több válasz is megadható)*

Amennyiben a CSR tevékenységet valamilyen szervezeten keresztül végzi (pl. alapítvány), mennyire van meggyőződve arról, hogy az adomány a megfelelő helyre jut el?

A két kérdés értékelését, tekintve, hogy azok összefüggenek, összevontan végeztük el. A cégvezetők válaszait arra a feltett kérdésre, hogy hogyan végzik CSR tevékenységüket a **13. ábra** mutatja be.



13. ábra

Az ábra alapján jól látható, hogy a cégek a CSR tevékenységüket az esetek többségében saját maguk végzik.

4.3.10. A média és a CSR

A feltett kérdés: *Ön szerint a cég által végzett CSR tevékenységgel kapcsolatos médiafigyelem megfelelő volt?*

A vállalatok az üzleti tevékenységükben és a partnereikkel fenntartott kapcsolatokban önkéntesen szociális és környezeti szempontokat is érvényesítenek. A megtermelt profit egy részét visszajuttatják a társadalomnak, előnyben részesítve azokat, akiknek a szükségesnél kevesebb anyagi forrás jut, vagy akiket emberségből támogatni szükséges. A társadalom elismeréssel fogadja e tevékenységet, mivel az

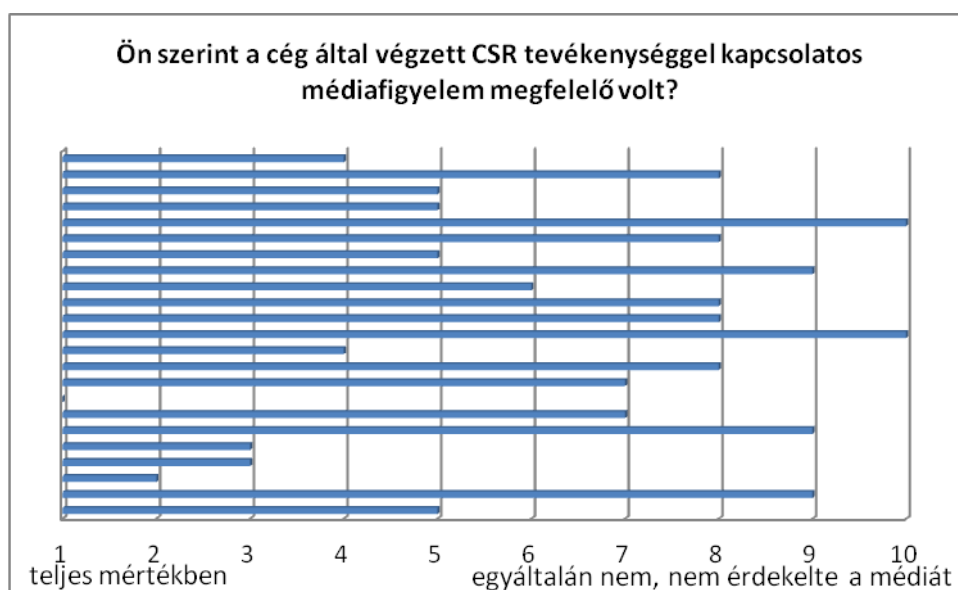
a közjót szolgálja. Az Európai Közösség Bizottságának megfogalmazásában ez a vállalati társadalmi felelősségvállalás lényege (M&H CIU, 2006).

A cégek társadalmi felelősségvállalása nem PR fogás. Azt azonban fontosnak tartjuk, hogy a cégek CSR projektjeiről a szélesebb nyilvánosság is tájékoztatást kapjon, mert ez egyrészt elősegíti a CSR terjedését, másrészt, ismerve a média, a nyilvánosság erejét, a projektek tárgykörében további fejlődést tehet lehetővé. Ez a társadalmi haszon értékéből semmit nem vesz el, s nem mond ellent neki. A nyilvánosság fontos feltétele annak, hogy a köztudatos vállalatok tevékenysége például szolgálhasson a kevésbé felelősen viselkedő cégek számára. Természetesen a médianyilvánosság, médiaszereplések elősegítik azt is, hogy a cégek CSR tevékenysége ismert legyen, az ilyen tevékenységet végző vállalatok kedvezőbb megítélés alá kerüljenek. Egyesek ezt egyszerű reklámfogásnak értékelik, amely akár igaz is lehet, de véleményünk szerint a dolgok ezen jóval túlmutatnak. Mint azt általánosan tapasztaljuk a média meglehetősen mostohán viszonyul a vállalati társadalmi felelősségvállaláshoz. A hírek mennyiségéhez képest igen csekély szerep jut a CSR bemutatására, a hírekben, különösen a mostani híradásokban, elsősorban a negatív hírek kerülnek napirendre. A hazai helyzet egy 2006-ban készült tanulmány (M&H CIU, 2006) alapján igencsak kedvezőtlen képet tünteti fel a CSR és a média helyzetét. A tanulmány úgy véli, hogy a helyzet meglehetősen ellentmondásos, a médiaszabályozás a vállalati kezdeményezéseket fékezi, a médiagyakorlat inkább elutasító, mint felkaroló, amit az egymást váltó kormányok téma iránti érzéketlenségével magyaráz. Fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy a 2006-ban készült tanulmány óta jogszabályi oldalról jelentős változás történt az új médiatörvény megjelenésével. Az idézett tanulmány alapján a média-megjelenéseket egyrészt a korábbi nem egyértelmű szabályozás korlátozta, mivel szerinte egy cég társadalmi felelősségvállalási projektjére lehet úgy is tekinteni, mint egy burkolt reklámra, amelynek megjelenítését a jogszabály tiltotta, másrészt a média meglehetősen közömbösen viszonyult a téma iránt. Úgy tűnik, a pozitív eseményeknek még akkor is ritkán van hírértéke a sajtó szemében, ha azok társadalmi hatása az egész ország területére kiterjed.

A jogszabályi környezet az új médiatörvény (2010. évi CLXXXV. törvény) hatályba lépésével módosult. A médiatörvény 32 § 9. bekezdése kimondja, hogy „Nem minősül burkolt kereskedelmi közleménynek valamely vállalkozás társadalmi célú, közérdekű szerepvállalásáról történő tájékoztatás, azonban az ilyen beszámolóban kizárólag a vállalkozás neve, lógója és védjegye tüntethető fel, valamint – amennyiben a társadalmi szerepvállaláshoz szorosan kapcsolódik – terméke, szolgáltatása jeleníthető meg. Nem jelenhet meg a beszámolóban a vállalkozás jelszava, kereskedelmi közlemény részlete, és a tájékoztatás nem ösztönözhet kifejezetten a vállalkozás termékének megvásárlására vagy szolgáltatásának igénybevételére.”

A kérdőíves felmérésem során azt is vizsgáltuk, hogy milyen tapasztalataik vannak a hulladékgazdálkodási cégek vezetőinek a CSR és a média kapcsolatára vonatkozóan. A válaszokat a **14. ábra** szemlélteti.

A válaszok alapján jól látszik, hogy a válaszadók csekély része volt elégedett a CSR-rel kapcsolatos média figyelemmel, döntő többsége nem tartotta megfelelőnek a média hozzáállását. A korábban említett tanulmány a média-megjelenések egyik gátjaként említi azt a feltételezést, hogy a média döntéseit egyes esetekben anyagi érdekek vezérlik. A CSR tevékenységről szóló kommunikációnak a társadalmi célú hirdetésben való beszámolás a legelterjedtebb módja, ami gazdaságilag nyilvánvalóan előnyösebb a csatornák számára (a társadalmi célú hirdetésekért fizetni kell a cégeknek, amelynek díja alacsonyabb a reklámnál).



14. ábra

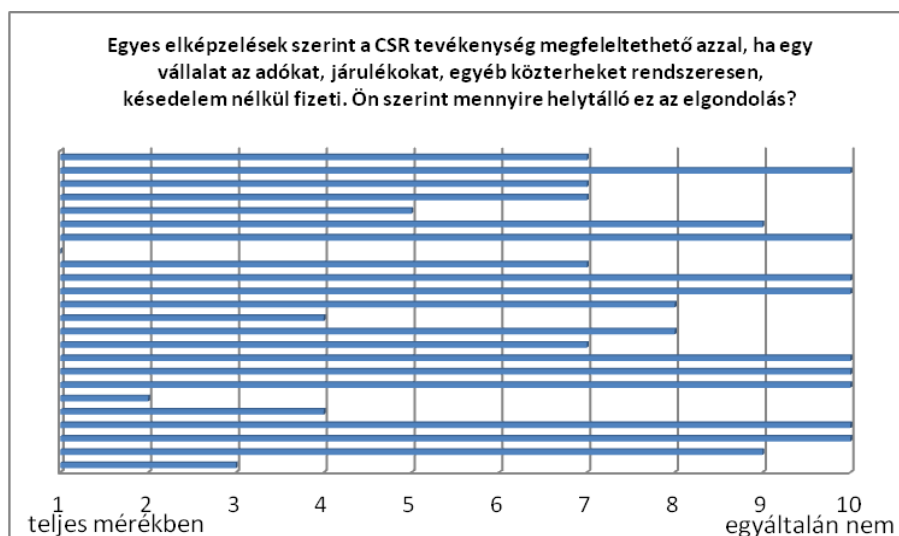
Úgy véljük, ahhoz, hogy a CSR hazánkban még jobban elterjedjen, különösen fontos a média a témához való pozitív viszonyulása. A jelenleg alkalmazott módszereket egyáltalán nem tartjuk megfelelőnek, amennyiben a helyzet önmagától nem változik meg (a média nem ismeri fel, vagy felismeri, de érdektelen aziránt, hogy megjelenítse azt, hogy a CSR bemutatása a társadalom számára milyen előnyökkel jár), úgy gondoljuk, hogy célszerű a CSR és a média kapcsolatát jogszabályba foglalni. Nem valószínű, hogy a híradóban nagyobb értéke van egy baleset bemutatásának (ezen események száma naponta jóval meghaladhatja a százat), mint egy eredményes CSR projekt bemutatásának. Úgy gondoljuk, a társadalomra vonatkozó hatás az utóbbi esetben lényegesen nagyobb.

4.3.11. A CSR = rendszeres adófizetés?

A feltett kérdés: *Egyes elképzelések szerint a CSR tevékenység megfeleltethető azzal, ha egy vállalat az adókat, járulékokat, egyéb közterheket rendszeresen, késelelem nélkül fizeti. Ön szerint mennyire helytálló ez az elgondolás?*

Egyes cégek úgy gondolkoznak, hogy egy vállalat a legnagyobb társadalmi hasznot nem mással, mint a tisztességes adófizetéssel és bérezéssel szolgáltathatja, illetve a törvényben előírt kötelezettségek teljesítését is CSR-nak tekintik (ANONYMUS, 2009). Ismerve a CSR általánosan elfogadott definícióját, ezen megállapítások természetesen ellentmondanak annak. Különösen igaz ez a hulladékgazdálkodási tevékenységet végző, ezen belül a vizsgálat tárgya alá eső cégek közszolgáltatói feladatokat is ellátó vállalatokra, ahol a fizetési hajlandóság még alacsonyabb. Számos esetben a kintlévőségek olyan mértékben terhelik a cégeket, hogy az a napi működésben is zavarokat okoz.

A kérdőíves kutatásomban feltettük ezt a kérdést is. A méréshez a szemantikus differenciálskálát alkalmaztunk. A válaszokat a **15. ábra** mutatja be.



15. ábra

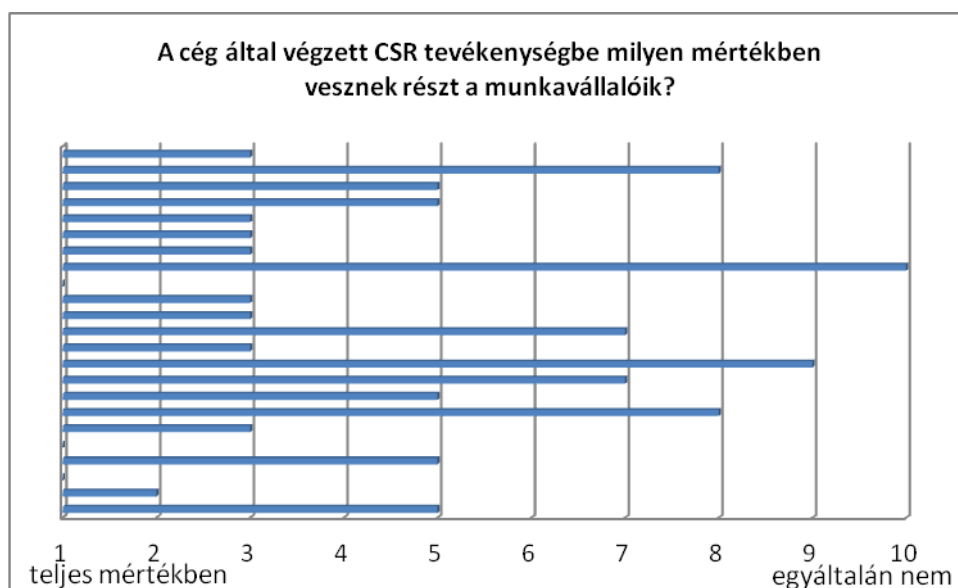
Az ábrából jól látható, hogy a válaszadók többsége elutasítja azt az álláspontot, hogy a CSR megfeleltethető annak, hogy egy vállalat az adókat, járulékokat és a közterheket rendszeresen, késelelem nélkül fizeti.

4.3.12. A CSR projektek résztvevői

A feltett kérdés: A cég által végzett CSR tevékenységben milyen mértékben vesznek részt a munkavállalók?

Korábban már bemutattuk, hogy a cégvezetők döntő többsége a CSR-ban többek között a munkavállalókat tekinti érintettjeinek. A munkavállalók a CSR projektekbe számos esetben bevonásra kerülnek, aktívan közreműködve a programok megvalósításában. Ez javíthatja a munkaszellemet, a dolgozókat lojálisabbá teheti a cége felé, erősítheti a cégen belüli összetartást. A munkavállalók bevonása a CSR projektekbe többféleképpen történhet, ezt a korábbiakban már bemutattuk. A kérdőíves kutatásban azt vizsgáltuk, hogy speciálisan a hulladékgazdálkodással foglalkozó cégek milyen mértékben vonják be dolgozóikat a projektjeikbe. A kérdésre adott válaszokat a **16. ábra** foglalja össze.

Az ábra alapján jól látszik, hogy a cégek ebben a kérdésben nem egységesek. A kisebb része vonja be munkavállalóit a társadalmi felelősségvállalással kapcsolatos projektjeibe, míg nagyobb részük csak részben, vagy egyáltalán nem teszi ezt. Úgy gondoljuk, hogy a munkavállalók bevonása ezen programokba nagyon fontos lenne, így ezt a gyakorlatot érdemesnek tartjuk megváltoztatni.



16. ábra

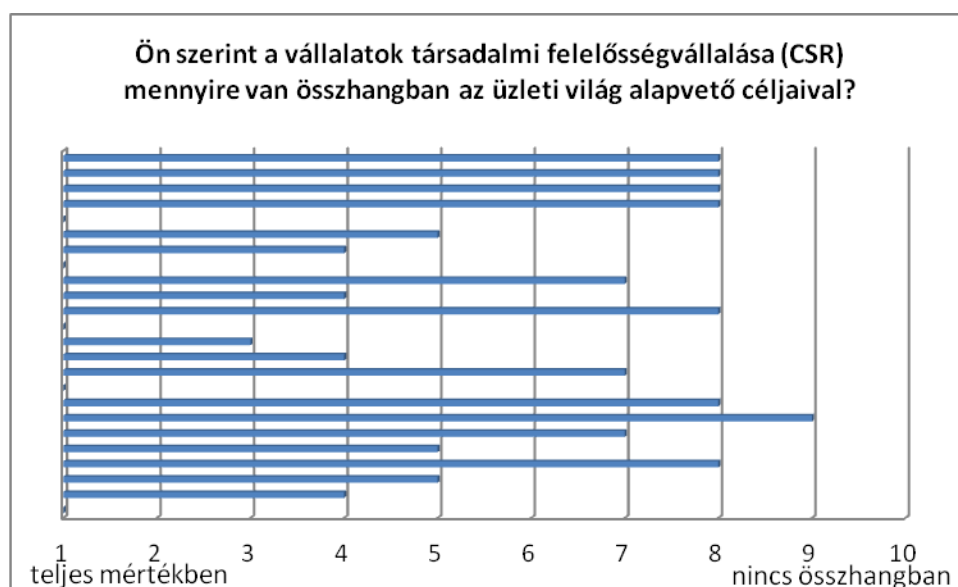
4.3.12. Az üzleti világ alapvető céljai és a CSR

A feltett kérdés: *Ön szerint a vállalatok társadalmi felelősségvállalása (CSR) mennyire van összhangban az üzleti világ alapvető céljaival?*

Egyes nézetek szerint a vállalatok társadalmi felelősségvállalása nincs összhangban az üzleti világ alapvető céljaival (FRIEDMAN, 1970). Ezen nézetet vallók szerint a vállalatot a profit, nem pedig a felelősség maximalizálására találták ki. Ez abból is következik, hogy az általános felfogás szerint a részvényesek és a fogyasztók teljes mértékben gazdasági emberként való viselkedését veszik alapul,

amely szerint ezen embereket kizárólag a hasznom, az elérhető legnagyobb nyereség motiválja. Azt azonban ritkán vizsgálják, hogy a befektetők vagy a tulajdonosok mennyire elkötelezettek a társadalmi felelősségvállalás iránt. Szívesebben fektetnek-e be a befektetők egy társadalmi felelősségvállalás iránt messzemenően elkötelezett és azért tenni is hajlandó vállalatba, vagy egy ezen szempontokat figyelmen kívül hagyó vállalatba? A korábbiakban már bemutattuk, hogy a CSR számos, sok esetben kézzelfogható előnnyel is jár, illetve rámutattunk arra, amit a legtöbb cégvezető is elfogad, hogy hosszabb távon jobb pénzügyi eredmények is elérhetők. Ha mindezeket együttesen figyelembe vesszük és megvizsgáljuk, akkor véleményünk szerint kijelenthető, hogy a vállalatok társadalmi felelősségvállalása összeegyeztethető az üzleti világ alapvető céljaival.

A vizsgált vállalatok vezetői erre a kérdésre adott válaszaikat a **17. ábra** mutatja be.



17. ábra

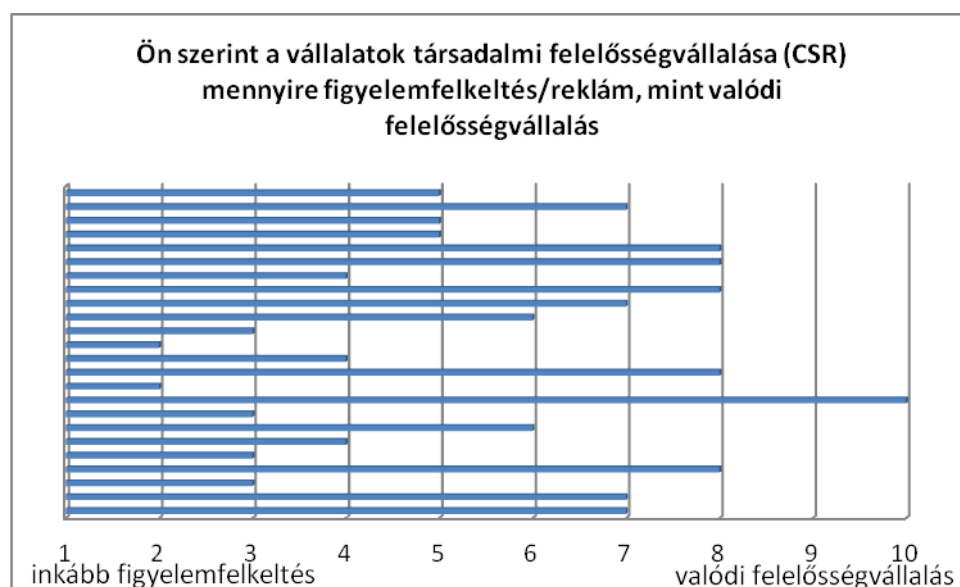
Ebben a kérdésben a válaszadók megosztottsága meglehetősen nagy. Jól látszik, hogy egyik cégvezető sincs teljes mértékben ezen kijelentés ellen, azonban a válaszadók döntő többsége nem ért egyet azzal, hogy a CSR teljes mértékben megfeleltethető az üzleti világ alapvető céljaival. Ha a korábbi kérdésekre adott válaszokat megfigyeljük, érezhető némi idegenkedés a CSR-el kapcsolatosan. Látjuk, hogy a cégvezetők egyes kérdésekben bizonytalanok, tudják, hogy valamilyen haszonnal jár a cégnek is a CSR tevékenység, azonban ennek gyakorlati értékét cégvezetői szempontból nem igazán látják. Cégvezetőként elsősorban a legtöbb haszon megszerzése, a tulajdonosoknak való maximális megfelelés a cél, amit a legnagyobb nyereség elérésével tudnak elérni és nem a CSR tevékenységgel. Úgy gondoljuk, hogy a CSR tevékenység elterjedésének ez az egyik legnagyobb gátja.

4.3.13. A CSR és a reklám kapcsolata

A feltett kérdés: *Ön szerint a vállalatok társadalmi felelősségvállalása (CSR) mennyire figyelemfelkeltés/reklám, mint valódi felelősségvállalás?*

Sokszor hangoztatott vélemény, hogy a CSR inkább figyelemfelkeltés, vagy reklám, marketingfogás, mint valós elkötelezett magatartás. Mint azt már korábban bemutattuk, a CSR nyilvánvaló előnyöket jelent egy vállalatnak, de utaltunk arra is, hogy a CSR ügyek médianyilvánossága meglehetősen alacsony. Nem egyszerű annak a határnak a meghúzása, ami a CSR-ról szóló beszámolók és a reklámok, promóciók között van. Nehéz ugyanis túllépni azon a beidegződésen, amely szerint üzleti reklámnak minősül minden, ahol egy cég neve, logója felbukkan, függetlenül attól, hogy ott és akkor ez nem a társaság bevételeinek növelését szolgálja, legalábbis nem direkt formában. Pedig nem baj, ha a CSR nagy nyilvánosságot kap, sőt kimondottan támogatandó, mivel az egyéni választás olyan cégekre eshet, amelyek profitjuk egy részét közérdekű célból visszaadják azoknak, akiktől a profitot megszerezték. Ez egyrészt jó példát mutat a többi vállalkozás számára, másrészt a fogyasztó számára is szimpatikusabbá válhat egy tudatos cég.

A kérdőíves felmérés során adott válaszokat a **18. ábra** mutatja be.



18. ábra

A válaszadók többsége a vállalatok társadalmi felelősségvállalását inkább figyelemfelkeltésnek/reklámnak, mintsem valódi felelősségvállalásnak értékelte. A válaszadók között csupán egy cég volt, amely valódi felelősségvállalásként értelmezi a CSR-t.

4.3.14. A hulladékgazdálkodási tevékenységet folytató cégek társadalmi felelősségvállalási szerepe

A feltett kérdés: *Ön szerint a hulladékgazdálkodással/környezetvédelemmel foglalkozó cégeknek nagyobb társadalmi felelősségvállalási szerepet kellene vállalniuk, mint a többi cégnek?*

A környezetvédelemmel, hulladékgazdálkodással foglalkozó cégek tevékenysége alapvetően nagyobb környezeti kockázattal jár, mint a más területen tevékenykedő cégeké. Kíváncsiak voltunk, hogy a vizsgált cégek vezetői hogyan vélekednek arról, hogy ez a többlet kockázat nagyobb CSR szereppel is kell, hogy társuljon, vagy sem. A válaszokat a **19. ábra** foglalja össze.



19. ábra

A cégvezetők csekély többsége gondolja úgy, hogy az ilyen tevékenységű cégeknek nagyobb CSR szerepet kell vállalniuk, mint a többi cégnek. Véleményünk szerint ezen cégeknek kiemelt szerep kell, hogy jusson a CSR-ben, mivel közszolgáltatóként élen járhatnak ebben a kérdésben, nagyobb nyilvánosságot kaphatnak (a vizsgált cégek szolgáltatási területe több, mint 5 millió lakost érint), ezáltal hajtóereje is lehetne a cégek társadalmi felelősségvállalásának, ami a többi más cég CSR programjaira is katalizátorként hatna.

5. CSR CÉLOK A HULLADÉKGAZDÁLKODÁSBAN

A felmérés során vizsgáltuk azt is, hogy milyen társadalmi felelősségvállalási célok lehetnek a hulladékgazdálkodási szektorban. A vizsgálat eredményeit az alábbiakban soroljuk fel:

- oktatás támogatása;
- az önkéntes munka értékének megmutatásán keresztüli példamutatás;
- minőségi szolgáltatások megismertetése a partnerekkel;

- az elismertség növelése;
- a helyi társadalmi kezdeményezések támogatása a környezetvédelem területén;
- támogatás valamilyen helyi egyéb probléma megoldásában;
- környezetvédelem-, fenntartható fejlődés biztosítása;
- munkabiztonság növelése;
- a jogszabályi előírások szerinti működés;
- környezetvédelmi tudatformálás;
- környezettudatos nevelés;
- fiatalok képzésének támogatása;
- egészségmegőrzés
- a cég dolgozóinak a helyzetén való segítségnyújtás;
- ellenőrizhető módon támogatni különböző kezdeményezéseket;
- az önhibájukon kívüli hátrányos helyzetűek segítése;
- a társadalom egészét érintő feladatok felvállalása;
- a környezetvédelmi programok támogatása;
- az ifjúsági korosztály tudatformálása;
- a környezeti kultúra erősítése;
- új hulladékgazdálkodási célok, módszerek, technikák megismertetése;
- a környezeti fenntarthatóság megismertetése, népszerűsítése;
- a szelektív hulladékgyűjtés népszerűsítése;
- a jogszabályok, etikai normák betartása az üzleti életben,
- környezeti felelősségvállalás;
- a munkavállalók és a cég közötti kapcsolatok erősítése;
- a környezettudatos nevelés támogatása;
- a jövő nemzedéke számára élhetőbbé tenni környezetünket;
- környezet- és egészségmegóvó, megújító stratégia kialakítása a vállalat működésében.

A felsorolásból jól látható, hogy a cégek ismerik a társadalmi felelősségvállalás legfontosabb feladatait. A különböző célok igen szerteágazóak, azonban jelentős részük a környezetvédelemhez, illetve a fenntartható fejlődéshez köthető.

6. ÖSSZEFOGLALÁS, JAVASLATOK

Az elvégzett vizsgálatok, kérdőíves felmérés alapján megállapítható, hogy a hazai cégek CSR gyakorlatában van még fejlődési lehetőség. A cégek tulajdonosi hozzáállása az adott feladathoz

kulcskérdés. A vizsgálat során bebizonyosodott, hogy a cégek részéről megvan a szándék a CSR tevékenység gyakorlására.

Az alábbiakban példákat és javaslatokat mutatunk be a CSR bővítésére és fejlesztésére.

6.1. CSR stratégiák kidolgozása

A cégek társadalmi felelősségvállalását sokkal a hatékonyabbá lehetne tenni, amennyiben a cégek rendelkeznek egy komplex, a teljes CSR-t átfogó stratégiával. Az ilyen tevékenységet folytató cégekkel kapcsolatosan, tekintettel a vállalatok hasonló szerkezetére, problémáira, célszerűnek tartjuk egy közösen kidolgozott ajánlás elkészítését a társadalmi felelősségvállalással kapcsolatosan. Az ajánlásban rögzítésre kerülnének a legfontosabb feladatok, illetve bemutatásra kerülhetnének a CSR különböző formái, esettanulmányok is. Ez az ajánlás ösztönzőleg hatna a vállalatokra, illetve a cégvezetőkre is.

6.2. Lakossági szemléletformálás

A társadalmi felelősségvállalási tevékenységet nem kizárólag pénzadományokkal, támogatással lehet folytatni. A környezet terhelésének csökkentésével, a hulladékok nagyobb mennyiségének anyagában, vagy másodnyersanyagként való felhasználásával jelentős környezeti, társadalmi előnyre tehetünk szert. Úgy véljük, hogy szelektív hulladékgyűjtési projektekkel, a szelektív hulladékgyűjtés társadalmi elfogadottságát célzó CSR projektekkel jelentős előrelépést lehetne elérni. Ezek képzések, ismeretterjesztő rendezvények lehetnek, de számtalan más megoldás is kínálkozik. A hulladékok szelektív gyűjtése nem a szolgáltatóknál kezdődik. A lakossági szemléletformálás, a lakosság tudatának formálása, az ismeretterjesztés véleményünk szerint a hulladékgazdálkodási szektor legfontosabb feladata. Hatékony CSR projektekkel a jelenlegi szemlélet (amely a legtöbb esetben érdektelenséget eredményez), mind a környezet, mind a lakosság, a társadalom számára jelentős előnyt lehetne elérni.

6.3. Zöld irodák, digitális irodák létesítése

Véleményünk szerint egy hulladékgazdálkodással foglalkozó cégnek az élen kell járnia a környezet védelmében, ezért javasoljuk a zöld irodák kialakítását. A zöld iroda jellemzője, hogy energia-hatékony technológiát alkalmaz, ahol kiemelten kezelendő a papírok, nyomtatott dokumentumok mennyiségének csökkentése (digitális iroda), valamint az elektronikus számlázás bevezetése.

6.4. Fenntarthatósági jelentés

Úgy véljük, hogy azon cégek, amelyek a környezetvédelemmel kapcsolatos tevékenységet folytatnak, számukra kiemelten javasolt, hogy évente fenntarthatósági jelentést készítsenek, amelyben beszámolnak az előző évi tevékenységükről. Ennek a jelentésnek nyilvánosnak, közérthetőnek és könnyen elérhetőnek kellene lennie.

6.5. Dolgozók bevonása a CSR tevékenységbe

A dolgozók bevonása a CSR tevékenységbe több, korábban bemutatott, előnnyel is jár. Úgy gondoljuk, hogy egy céges CSR nem lehet hatékony anélkül, hogy a dolgozók önként ne vállalnának szerepet benne. Jó lehetőség lehet erre a hulladékgyűjtési akciókban való közreműködés, a helyi cégen belüli programok szervezése.

6.6. A céges ajándékozásra fordított összegek

Ajándékokra a vállalatok sokat költenek. Az ajándékokkal a cégek partnereiket, ügyfeleiket ajándékozzák meg valamilyen ünnep (pl. Karácsony), vagy egyéb esemény alkalmából. Ezen ajándékok véleményünk szerint feleslegesek, hasznosságuk erőteljesen megkérdőjelezhető. Úgy gondoljuk, hogy az ajándékozásra fordított összeget lehetne valamilyen a társadalom egészére nézve fontos feladatra költeni és az ügyfeleket tájékoztatni, informálni arról, hogy a cég felelősen gondolkozva a szokásos „sablon” ajándékok helyett, az arra fordítandó összeggel valamilyen nemes célt támogatott.

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

ANONYMUS (2009): A nagyobb cégek bíznak a CSR erejében, Gazdaság és Felelősség 2009. május, http://www.csrhivvel.hu/hu/05_04/gki/kutatas.html

BRAUN & PARTNERS – GFK HUNGÁRIA (2006): CSR vezetői szemmel, Cégvezetők a vállalatok társadalmi felelősségvállalásáról

CCBE (2005): Corporate Social Responsibility and the role of the legal profession. A guide for European Lawyers advising on CSR issues. April 2005

http://www.ccbe.org/fileadmin/user_upload/NTCdocument/csr_guidelines_0405_1_1182254964.pdf

DEÁK et. al (2006): Több mint üzlet: vállalati társadalmi felelősségvállalás, DEMOS Magyarország Alapítvány Tanulmánya.

ENSZ (1987): Brundtland jelentés

- EURÓPAI KÖZÖSSÉGEK BIZOTTSÁGA, (2006): A növekedési és munkahely-teremtési partnerség megvalósítása: Európa, mint kiválósági központ a vállalati társadalmi felelősség terén, Brüsszel,
- FRIEDMAN, M., (1970): The social responsibility of business is to increase its profits, The New York Times, September 13, 1970.
- GKI Gazdaságkutató Zrt., (2009): Hungarian CSR at a glance, Budapest Business Journal 2010. Vol 18.
- GSZT (2007): Ajánlás a társadalmi felelősségvállalásról, <http://www.mgszt.hu>
- KOTLER (2007): Vállalatok társadalmi felelősségvállalása, HVG Kiadó, Budapest
- M&H CIU (2006): CSR A magyar beteg, M&H Communications Intelligence Unit London–Budapest, 2006. február – október
- http://www.ortt.hu/elemzesek/21/1164814291_a_magyar_beteg_20061109.pdf
- NYÁRÁDY-SZELES, (2004): Public Relations II., Perfekt Kiadó, Budapest
- SZABÓ A. (2011): A cégek társadalmi felelősségvállalásának vizsgálata a hulladékgazdálkodási ágazatban, MSc záródolgozat, Miskolci Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, 2011., kézirat
- SZONDA IPSOS, (2008): Ismeretek és vélemények a fenntartható fejlődésről és a vállalati felelősségvállalásról –online közvélemény-kutatás cégek körében, Kutatási jelentés, 2008. október, http://www.bcsdh.hu/images/uploads/Szonda_2008.pdf
- TÓTH G., (2007): A valóban felelős vállalat, Környezettudatos Vállalatirányítási Egyesület www.kovet.hu
- WATTS, PH - HOLME, L., (1998): Meeting Changing Expectations – Corporate Social Responsibility, WBCSD Report, Geneva, <http://www.wbcds.org/DocRoot/hbdf19Txhmk3kDxBQDWW/CSRmeeting.pdf>
- www.alfacon.hu/2011/03/19/iso-26000/

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

"A tanulmány/kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg"

MEREDEK RÉZSÚVEL KIALAKÍTOTT HULLADÉKLERAKÓK ÁLLÉKONYSÁGI KÉRDÉSEI

Dr. Varga Gabriella

PhD; egyetemi adjunktus

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Geotechnikai Tanszék

ÖSSZEFOGLALÁS

Hulladéklerakók állékonyság vizsgálatának elvégzéséhez szükséges talajfizikai paraméterek hulladékok esetén igen nagy szórást mutatnak, jelentősen függnak az adott hulladék korától, összetételétől, tömörítettségétől, stb [1]. Jelen kutatás keretében több nagytérű fúrást, statikus és dinamikus szondázást végeztünk a Pustazátori Regionális Hulladéklerakóban. A mintákat speciálisan erre a célra kialakított 500 × 500 mm-es nyíró berendezéssel vizsgáltuk meg. Laboratóriumi vizsgálataink eredményeinek felhasználásával különböző rézsű kialakítások mellett vizsgáltuk hulladéklerakók állékonyságát. Meredekebb rézsűszögek esetén a zárószigetelések létesítésének lehetőségeit is áttekintettük.

ABSTRACT

Stability analysis is one of the major tasks of waste management. Soil mechanical parameters needed for stability analysis vary by age, composition, compaction of waste and they exhibit great deviation, too. In this research a number of drillings, CPTu tests and dynamic penetration tests were performed in the Pustazátori Regional Landfill. Direct shear tests were executed in purpose-built shearing equipment (500 × 500 × 400 mm). Based on the results of our laboratory tests we have tested the stability of landfills with regards to the shape of the slopes. We have also examined the impact of covers in case of steeper slope angles.

1. BEVEZETÉS

A hulladéklerakók geotechnikai vizsgálata aktuális téma hazánkban és világszerte is. Az Európai Unió előírásainak megfelelően 2007-re minden olyan hulladéklerakót meg kellett szüntetni, amely szennyezi környezetét, illetve 2009-re minden hulladéklerakónak meg kellett felelnie az uniós szabványoknak. A felülvizsgálatot nehezíti, hogy az esetek 99 %-ában semmilyen monitoring

tevékenység nem folyt, gyakran még a behordott hulladék mennyisége sem ismert. A régi lerakók rekultiválása és az új, korszerű lerakók tervezése speciális feladatot jelent a mérnökök számára. Jelen kutatásban hulladéklerakóban végzett helyszíni mérések eredményeit értékeltük ki és vetettük össze laboratóriumi vizsgálataink eredményeivel.

LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK BEMUTATÁSA

A hulladékok laboratóriumban végzett geotechnikai vizsgálatára vonatkozó hazai és nemzetközi szabályozás sem határozza meg egyértelműen a vizsgálat menetét, a szükséges minta mennyiségét, a vizsgálat sebességét és egyéb körülményeit [2]. Ezzel ellentétben a lerakók telepítésére, kémiai-biológiai vizsgálataira részletes szabályozási rendszer létezik. Ennek megfelelően az egyes eredmények összehasonlíthatósága igen nehézkes, hiszen számos szerző e körülményekre nem tér ki az eredmények ismertetésekor. Laboratóriumi vizsgálataink során az EUROCODE 7 szerint dolgoztunk. Az alkalmazott szabványokra és előszabványokra az egyes vizsgálatoknál részletesen hivatkozunk.

Víz- és szervesanyag tartalom meghatározása

A laboratóriumi feldolgozás során első lépésben a hulladékot 16 mm-nél kisebb és annál nagyobb „szemcseátmérőjű” frakciókra bontottuk szét szitálással. A 16 mm-nél kisebb szemcseátmérőjű anyagokat a nemzetközi gyakorlat „talaj jellegű” alkotórészként nevezi el [5]. A hulladék e csoportját a szokásos talajmechanikai módszerekkel tudjuk vizsgálni, azaz meghatározzuk a víztartalmát, szervesanyag tartalmát és szemeloszlási görbéjét. A vizsgált minták szervesanyag tartalmát és víztartalmát az 1. táblázat mutatja.

A hulladékminták víztartalmának ismerete kiemelten fontos a geotechnikai elemzések alkalmával. A minták víztartalma a hulladék degradációja során jellemzően növekszik. A hulladék lerakását követően annak víztartalma azonnal nőni kezd, mivel egyes alkotórészek –mint a papír vagy a textil– adszorpció útján vizet kötnek meg. A hulladék víztartalmát annak kora, az időjárás alakulása, hirtelen csapadékosabb időszakok és az évszakok változása is jelentősen befolyásolja. Mindazonáltal megállapítható, hogy a hulladék víztartalma a felszín közelében a legkisebb, majd a mélységgel folyamatosan növekszik.

A hulladék szervesanyag tartalmának változása jelentősen befolyásolja annak mechanikai tulajdonságait. A hulladék szervesanyag tartalma a degradáció folyamán csökken, azaz mélyebben kisebb szervesanyag tartalmat tapasztalunk, mint a felszín közeli, frissen lerakott hulladék rétegekben, amelyek még az első bomlási szakaszban vannak. A degradáció folyamán leghamarabb a szerves

alkotók bomlanak le, a hulladék vázszerkezete megváltozik, tömörsége megnő. Jelen kutatásban is a szervesanyag tartalom csökkenését tapasztaltuk a bomlás előrehaladtával.

Minta neve (degradációs foka)	Víztartalom (%)	Szervesanyag tartalom (%)
A (1)	32,3	63,8
B (1)	35,7	56,4
C (1)	29,5	50,1
D (2)	45,6	42,5
E (2)	54,6	40,9
F (2)	57,8	37,5
G (3)	88,5	32,6
H (3)	84,2	35,9
I (3)	79,6	35,7
J (4)	106,7	29,4
K (4)	95,7	25,6
L (4)	103,8	27,2
M (5)	121,4	18,9
N (5)	115,6	23,6
O (5)	118,9	15,3

1. táblázat. A vizsgált hulladékminták víztartalmának és szervesanyag tartalmának alakulása az egyes degradációs fázisok esetén

Közvetlen nyírókísérlet ismertetése

Hulladékok nyírószilárdsági paramétereinek meghatározása igen bonyolult feladat a minta előkészítése, beépítése és mérete miatt, ezért a korábbi kutatásokban jellemzően 5-20 vizsgálati eredmény született az egyes szerzőktől, gyakran csak egyetlen feltárásból dolgozva. Jelen kutatási folyamatban 15 db nagy nyírókísérletet végeztünk 500 × 500 × 400 mm-es nyíróládában, a feltárt hulladék nyírószilárdsági paramétereinek meghatározására. Vizsgálataink során különböző összetételű mintákat készítettünk. A vizsgált minták beépítése az amerikai javaslatok alapján történt. Első ütemben a helyszíni viszonyoknak megfelelő hulladék összetétel elérése érdekében a 16 mm-nél kisebb és nagyobb alkotórészeket a fűrés során meghatározott tömegszázalékban kevertük össze, figyelembe véve az egyes anyag típusok arányát is. A minta beépítését a feltárást során meghatározott víztartalom mellett végeztük el. A nemzetközi gyakorlatnak megfelelően a maximális alkotórész

mérete nem haladhatta meg a mérőeszköz méretének 1/6-od részét, azaz a 8,3 cm-t. A hulladékot jellemzően 8 rétegben tömörítettük be.

Vizsgálataink során 50-100-150-200 kPa normálfeszültség mellett végeztük el a kísérleteket.

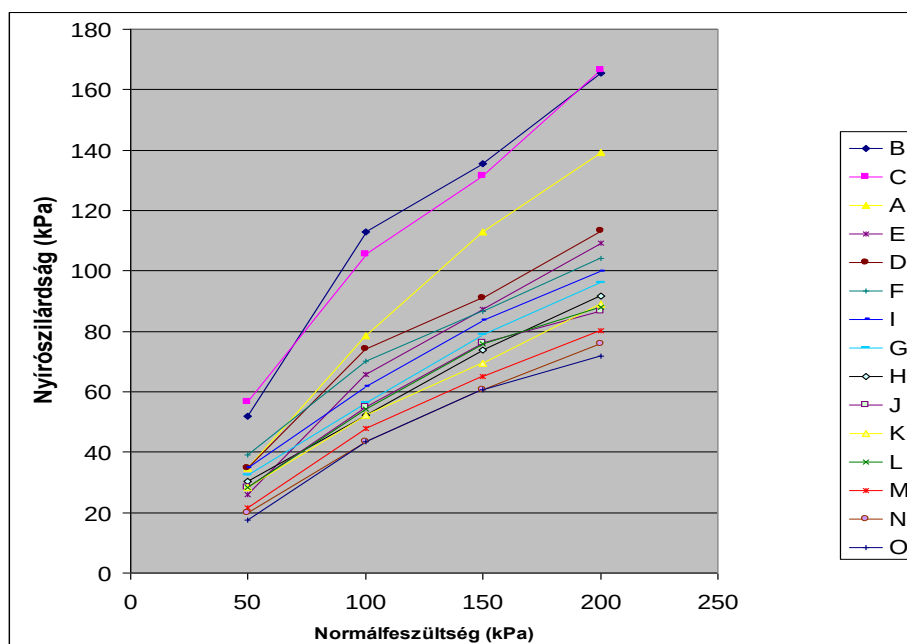


1. ábra. Közvetlen nyírókísérlet 500 x 500 x 400 mm-es nyíróládában

Az egyes mérések alkalmával –a korlátozott alakváltozási lehetőségek miatt- a minták nem érték el a törési állapotot, ami a hulladék jellegéből fakad és a szakirodalmi adatok is hasonló tapasztalatokról számolnak be. Az eredményként kapott nyírószilárdság értékeket a normálfeszültségek függvényében a 2. ábra szemlélteti.

Mint látható, a degradáció előrehaladtával az adott normálfeszültségekhez tartozó nyírószilárdság értéke jelentősen, akár harmadára csökken, azaz a hulladéktest „teherbírása” a degradáció folyamán romlik. Minden vizsgált esetben meghatároztuk a minták belső súrlódási szögét (φ') és kohézióját (c'), amelyet a 2. táblázatban foglaltuk össze.

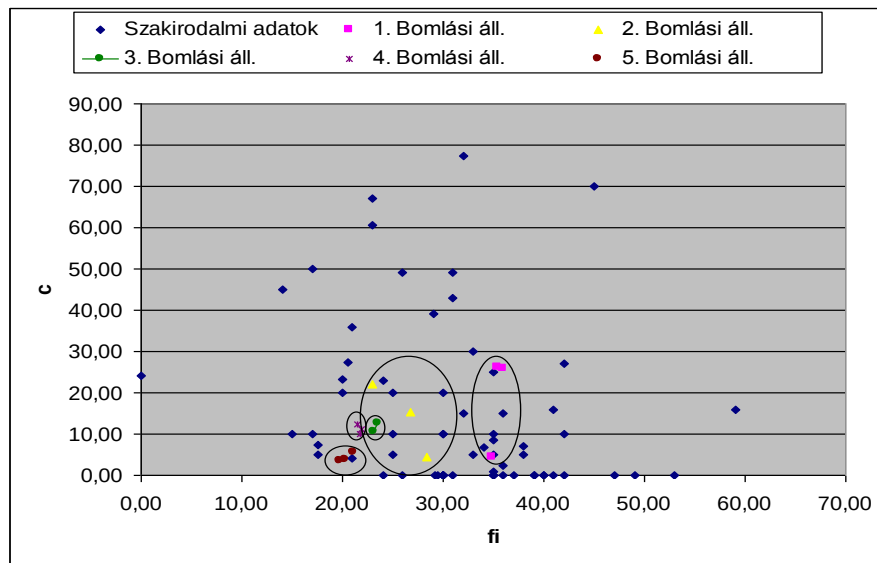
Az eredmények alapján látható, hogy a hulladék súrlódási szöge és kohéziója is csökkent a degradáció folyamán. Az általunk kapott értékpárokat a korábbi szakirodalmi adatokkal is összehasonlítottuk, amit a 3. ábra mutat.



2. ábra. A nyírószilárdság alakulása a normálfeszültségek függvényében

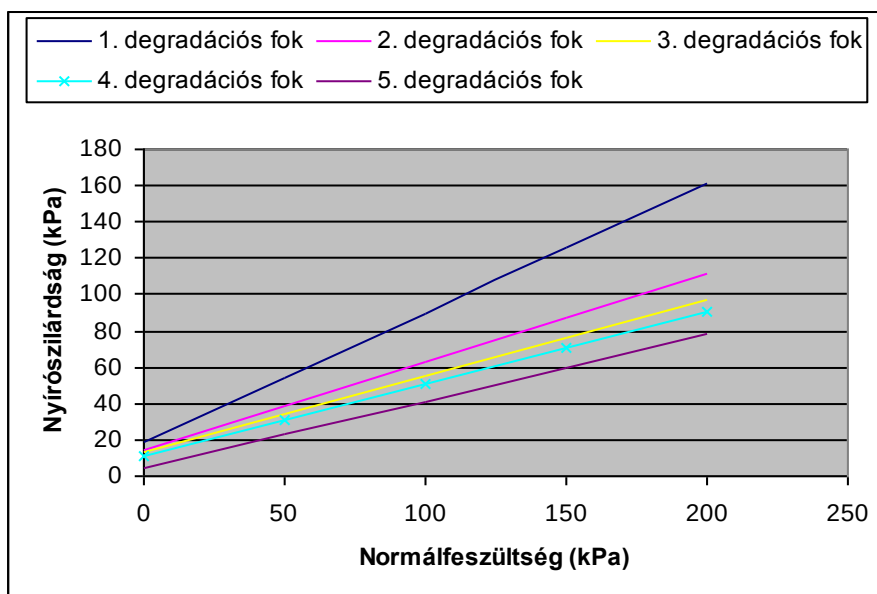
1. állapot	A	B	C
φ' (°)	34,86	35,99	35,42
c' (kPa)	4,31	25,74	26,15
2. állapot	D	E	F
φ' (°)	26,78	28,4	22,92
c' (kPa)	15,17	4,4	22,13
3. állapot	G	H	I
φ' (°)	23,08	22,35	23,46
c' (kPa)	12,68	10,59	15,67
4. állapot	J	K	L
φ' (°)	21,49	21,74	21,92
c' (kPa)	12,28	9,87	11,29
5. állapot	M	N	O
φ' (°)	21,09	20,32	19,77
c' (kPa)	5,47	3,69	3,44

2. táblázat. A belső súrlódási szög és a kohézió alakulása az egyes degradációs fázisokban



3. ábra. A belső súrlódási szög és a kohézió alakulása hulladékok esetén

Az eredmények alapján teherbírási görbéket határoztunk meg, amelyekkel a hulladék szilárdságának alakulása a degradáció folyamán jól modellezhető. A teherbírási görbéket a 4. ábra mutatja.



4. ábra. Hulladék nyírószilárdságának változása a normálfeszültségek függvényében

A teherbírási görbék segítségével a normálfeszültségek és a nyírószilárdságok ismeretében egy adott hulladékminta degradációs állapota jól becsülhető, ami a lerakó üzemeltetése, a lerakási terv és a depóniagáz kinyerés szempontjából elengedhetetlen. A kapott teherbírási görbék lehetővé teszik a lerakók állékonyságvizsgálatainak elvégzését a teljes bomlási folyamat figyelembe vételével, ezáltal az éppen aktuális biztonság meghatározását szolgálják. Amennyiben szükséges (a jövőbeni biztonság kiszámításával) még az esetleges károsodás bekövetkezése előtt lehetőség nyílik biztonsági

intézkedések megtételére, akár a lerakási geometria megváltoztatásával, akár más mechanikai stabilizáció segítségével.

2. MEREDEKEBB RÉZSŰVEL KIALAKÍTOTT LERAKÓK ZÁRÓSZIGETELLÉSE

Meredekebb oldalfal esetén nemcsak a hulladéktest, hanem a zárószigetelő réteg állékonyságát is igazolnunk kell. A szigetelések állékonysága szempontjából kedvező, ha a rétegek között a súrlódási szög minél nagyobb [3]. A súrlódási szögek meghatározása történhet a műanyagok vizsgálatánál megszokott módon közvetlen nyírókísérlettel vagy pull-out (kihúzásos) teszttel. Jelen kutatásban közvetlen nyírókísérletek elvégzésére volt módunk.

Közvetlen nyírókísérlet ismertetése

A laboratóriumban elvégzett vizsgálataink során a kiválasztott zárószigetelő rendszerek azon tönkremeneteli felületét kerestük, amely mentén a legkisebb a megcsúszással szembeni biztonság. Közvetlen nyírókísérlettel az egymáson elmozduló rétegek közötti súrlódási szögek értékeit határoztuk meg. Vizsgálataink során különböző, a szigetelési rétegrendben egymásra kerülő rétegeket helyeztünk el a nyíródobozban. A vizsgálatokat 12-20-30 kPa normálfeszültség mellett végeztük el. A terhelések azért ilyen alacsony értékűek, mivel a záró-szigetelést csak a rekultivációs réteg és erre kerülő növényzet terheli. A következő ábrán a vizsgálatok során használt nyíródoboz látható.



5. ábra: Nyíródoboz

A laboratóriumi vizsgálatok során különböző rétegrendeket vizsgáltunk. A rétegrendeket a szigetelőrétegek alapján csoportosítottuk. Három különböző szigetelőréteget alkalmaztunk.

Kutatásunkban természetes alapanyagú, geomembrán és bentonitos szőnyeg szigetelő rendszereket vizsgáltunk geotextília, geodrén és kavics szivárgó alkalmazása mellett.

Eredmények értékelése

A vizsgálati eredmények közül, egy választott rétegrend adatait a 3. táblázat mutatja.

Geomembrán szigetelőréteg (érdes)			
	Alsó réteg	Felső réteg	Belső súrlódási szög [°]
1	<i>Kiegyenlítő réteg</i>	<i>Geomembrán</i>	37,2°
2	<i>Geomembrán</i>	<i>Szőtt geotextília</i>	21,9°
3	<i>Szőtt geotextília</i>	<i>Természetes anyagú szivárgó paplan</i>	26,8°
4	<i>Természetes anyagú szivárgó paplan</i>	<i>Szőtt geotextília</i>	26,8°
5	<i>Szőtt geotextília</i>	<i>Rekultivációs réteg</i>	31,8°

3. táblázat. Belső súrlódási szögek alakulása érdes geomembrán alkalmazásakor

Az eredményekből jól látható, hogy a fő problémát a sima geomembrán viselkedése okozza. Azon rétegrendekben, melyekben a szigetelőréteg sima felületű, a gyenge sík a geomembrán és a különböző textília vagy a geodrén között alakul ki. Az érdes felületű geomembrán sokkal kedvezőbb értékeket mutat. A sima geomembrán alkalmazása tehát zárószigetelő réteg esetén kedvezőtlen, de aljzatszigetelésben sík lerakók esetén kedvezően alkalmazhatjuk. Völgyben épített lerakók esetén az építés közbeni állékonyságvesztés lehetőségét mérlegelnünk kell. A további rétegrendekben a gyenge sík a szivárgó réteg, legyen az természetes anyagú szivárgó paplan vagy geodrén, és a geotextília között jön létre. Azokban a rétegrendekben, melyekben nem alkalmazunk geotextíliát, a veszélyes sík a szigetelőréteg és a szivárgó réteg találkozásánál jön létre. A laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapján a meredeken kialakított oldalfalú (1:1, vagy 1:1,5) lerakók rekultivációja során szigetelőréteggént bentonit-szőnyeg vagy érdes felületű geomembrán, szivárgó réteggént pedig geodrén alkalmazását ajánljuk.

Meredek oldalfal esetén felmerül a kérdés, hogy hogyan váltható ki a rekultivációs réteg, és hogy szükséges-e [4], mivel a meredek rézsű kialakítás miatt a csapadék lefut a felszínen, kevés csapadék

jut a belsőbb rétegekre. Egy lehetséges alternatíva a geocella használata. A geocella alkalmas lehet a meredek felületen a humusz réteg megtartására, valamint a növényzet számára tartós megerősítést biztosít.

3. ÁLLÉKONYSÁGVIZSGÁLATOK

Hulladéktest állékonysága

A depóniatest vizsgálata során az általunk meghatározott belső súrlódási szög és kohézió értékeket használtuk. A pusztazámori lerakó vizsgálata során a biztonság értéke meghaladta a globális állékonyságra előírt értéket, 2,418-ra adódott. A továbbiakban megtartva a kétlépcsős rézsű kialakítást, változtattuk a meredekséget és meghatároztuk a hozzájuk tartozó biztonság értékét. Először a jelenlegi szabályozásnak megfelelő 1:3 rézsűhajlást vizsgáltuk, majd fokozatosan növeltük a meredekséget. A vizsgálatok eredményeit a 4. táblázat mutatja.

Állékonyságvizsgálat		
Meredekség	Hajlásszög	Biztonság
Eredeti	15,35°	2,418
1:3	18,43°	2,049
1:2	25,56°	1,524
1:1,7	30,47°	1,35
1:1,5	33,69°	1,262
1:1	45°	1,016

4. táblázat. Állékonysági biztonság alakulása eltérő rézsűszögek esetén

Az Eurocode által előírt 1,35-ös biztonság még az 1:1,7-es rézsűhajlás esetén is teljesül.

Zárószigetelő réteg állékonysági kérdései

A hulladéktest állékonyságnak ellenőrzése után a különböző megerősítések alkalmazása mellett, a laboratóriumi vizsgálatok alapján kiválasztott két meredek oldalfal esetén kedvezően alkalmazható zárószigetelő rétegrendek viselkedését vizsgáltuk. Első lépésben a meghatározott súrlódási értékek alapján kiválasztottuk a rétegrendekben a gyenge síkot. A 6-os rétegrend esetén a vizsgálatok alapján a csúszás az érdes felületű geomembrán és a geotextíliával borított geodrén találkozási felületén alakul ki. A másik rétegrend esetén a gyenge sík a geodrén és a rekultivációs réteg között jön létre. A szigetelőrétegek vizsgálatát is a kétdimenziós Plaxis programmal végeztük. A szigetelések esetén csak a leggyengébb réteget modelleztük, a többi réteget megoszló teherként vettük figyelembe. Az első esetben geomembránt modelleztük, a második esetben pedig a geodrén borító geotextíliát, mivel több vizsgált réteg esetén is a geotextília találkozásánál jött létre a legkisebb súrlódási ellenállás.

A Plaxis programban a felépített hulladéklerakó modell globális vizsgálatát tudtuk elvégezni. A zárószigetelés elhelyezésével a rézsú globális tönkremenetele nem változott jelentősen. A biztonság értékeiben, valamint a csúszólapok kialakulásában nem mutatkoztak jelentős eltérések.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az oldalfal meredekség növelésével jelentős mennyiségű többlet hulladék elhelyezését teszi lehetővé. Az **5. táblázat** megmutatja, hogy a szabványban előírt 1:3-es rézsúhajláshoz képest mekkora mennyiséggel növekszik a lerakó kapacitása, ha az oldalfalat a következő meredekségekkel alakítjuk ki.

Hulladékmennyiség növekedése	
Meredekség	Hulladék [m ³ /m]
1:2	480,5
1:1,7	624,65
1:1,5	720,75
1:1	961

5. táblázat: Hulladékmennyiség növekedése a meredekség függvényében

A hulladéktest bizonyos rézsűhajlás esetén már nem lesz állékony, ezért megerősítése szükséges. A valóságban a kialakított rézsűhajlások a hulladék ülepedésével csökkennek, ez látható a pusztazámori hulladéklerakó esetén is, hogy a valós rézsűhajlás a felmérés készítésekor kisebb volt, mint a szabvány által előírt 1.3.

A hulladéklerakó a lerakás idején még nagyobb szögben áll meg, majd a degradációval csökken a belső súrlódási szög értéke, viszont az ülepedés miatt csökken a rézsűhajlása. Ez alapján a meghatározott biztonságok szerint hosszútávon megfelelően kialakítható 1:1-es és 1:1,5-es rézsűhajlással a lerakó és a szükséges megerősítéssel a lerakó oldalfala is.

A laboratóriumi vizsgálatok alapján jól látható, hogy több alternatív zárószigetelő rétegrend alkalmazható kedvezően a természetes alapanyagú szigetelésen kívül. A természetes anyagú szigetelőréteget tartalmazó rétegrend súrlódással szembeni ellenállása kedvező, viszont a meredek oldalfalon a beépítésük, tömörítésük nehézségekbe ütközik.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Faur K. B. 2012: Hulladéklerakók magasítási lehetőségeinek ellenőrzése állékonyságvizsgálattal, SZIE YMÉK 2012
2. Kavazanjian Jr. E. K. 2001: Mechanical properties of municipal solid waste. In: Proceedings of the Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfilling Symposium, Sardinia, Italy, vol. 3, pp.: 415–424.
3. Szabó A. 2004: Hulladéklerakók zárószigetelési lehetőségei. Mélyépítés, 2004. január - március pp. 36-42.
4. Szabó I. 2010: Hulladéklerakók lezárása és rekultivációja II. Oktatási segédlet. Miskolci Egyetem, Hidrogeológiai –Mérnökgeológiai tanszék. pp. 41-42.
5. Zekkos, D. P., Bray, J. D., Reimer, M. F. 2006: Shear Modulus Reduction and material damping relations for municipal solid waste. Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, April 18-22, San Francisco, California, USA. Paper No.1324.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

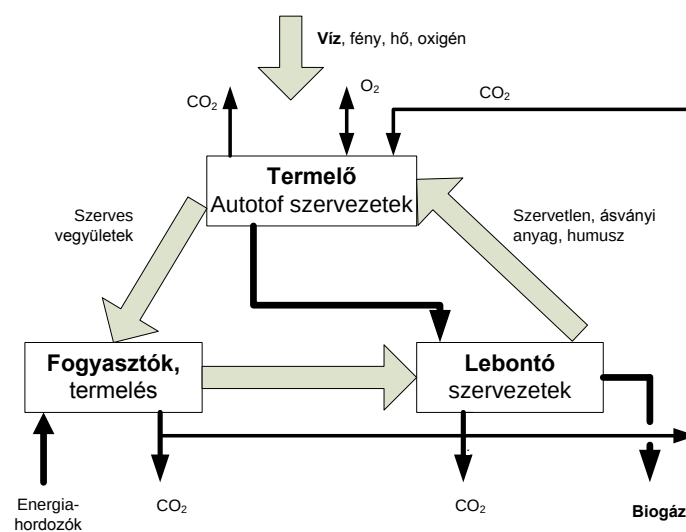
"A tanulmány/kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg"

KOMMUNÁLIS SZENNYVIZEK TÁPANYAGTARTALMÁNAK CSÖKKENTÉSI LEHETŐSÉGE

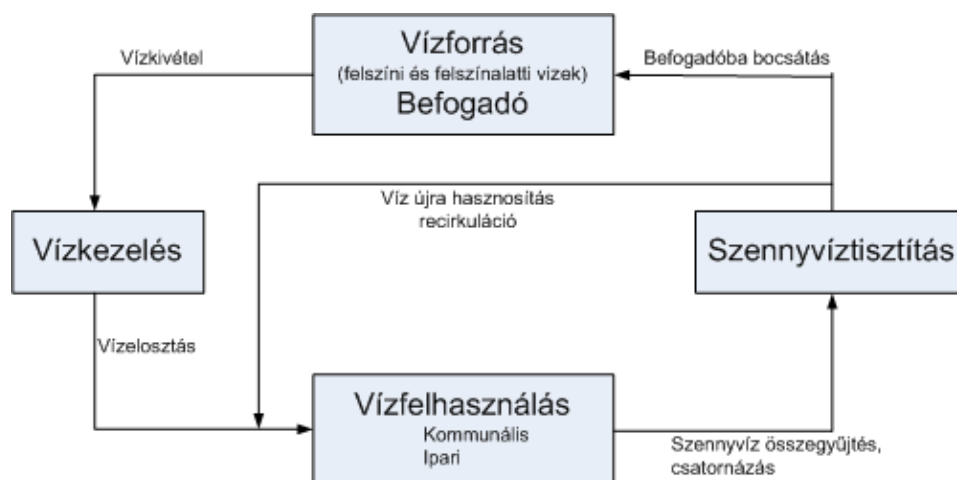
Dr. Takács János

1. BEVEZETÉS

A víz a tápanyag körfolyamnak (1. ábra), a különböző technológiai (2. ábra) folyamatnak fontos közege, része. Az előfordulási körülményei, a felhasználás jelleg meghatározza kémiai összetételét, a szennyezett víz befogadókra (különböző víztestekre, talajra) gyakorolt veszélyességét, káros hatását.



1. ábra: A víz szerepe a táplálékláncban



2. ábra: A víz társadalmi körforgása

Az élet fenntartása során keletkező ún. kommunális szennyvíz, tisztítás nélkül komoly egészségügyi és környezeti problémát jelent a nagy mennyisége, és összetétele miatt. A szennyezői tulajdonképpen a táplálékláncba bekerült szerves és szervetlen anyagok, és mikroorganizmusok.

2. A KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZ, FŐ JELLEMZŐI, TÁPANYAGTARTALMA, HATÁSAI A KÖRNYEZETRE

Az ember élettevékenysége során sokféle anyaggal találkozunk, melyek a kommunális szennyvízbe megjelenhetnek. A sokrétűsége miatt a szennyvíz legfontosabb jellemzői a következők:

- Fizikai jellemzők:
 - hőmérséklet
 - szilárdanyag tartalom
 - íz, szag
- Kémiai jellemzők:
 - pH: 6,5-8 közötti
 - KOI (kémiai oxigénigény), a kémiai oxidálható anyagokra utal, átlagos koncentrációja az aerob biológiai úton bontható szerves anyagok átalakítása során a mikroorganizmusok tevékenységéhez szükséges oxigénmennyiség, átlagos: $KOI_k = 500-600 \text{ mg/l}$ BOI (biológiai oxigénigény), értéke: $BOI_5 = 200-300 \text{ mg/l}$
 - Szerves szén (C), a szerves anyagok széntartalma, kommunális szennyvíz esetén átlagos értéke 50-150 mg/l
 - Nitrogén (N); mint szerves nitrogén, ammónia vagy ezek lebontása után nitrit, nitrát formában fordul elő. Átlagos össz-N tartalom 40-50 mg/l. Megfelelő szén, foszfortartalom esetén a befogadó eutrofizációjához vezethet.
 - Foszfor (P) tartalom a táplálkozás, mosás következménye, tápanyag, a termelő szervezetek számára minimumfaktor, 20 mg/m³ fölött az élővízben az eutrofizációt beindítja.
 - Mérgezőanyag-tartalom, nehézfémek (Ni, Cd, Cu, Zn, Pb, Hg, Cr), peszticidek, stb.
 - Higiéniai paraméter: a szennyvízben levő kórokozó baktériumok típusait ill. azok mennyiségeit jellemzi. A kommunális szennyvízben leggyakrabban előforduló mikroorganizmusok: coli, streptococcus faecalis, enterialis patogén baktériumok, paraziták és egyéb betegséget okozó mikroorganizmusok

A lakossági életvitel következtében a szennyvízbe bejutó fajlagos szennyezőanyag mennyiség a fejlett országokban viszonylag kis szórással állandónak tekinthető (ezzel szemben a fajlagos vízfelhasználás, a keletkező szennyvíz mennyisége elég nagy szórást mutat ($60\text{--}250\text{ dm}^3/\text{fő}/\text{nap}$). Ebből kifolyólag a szennyvíz fajlagos szennyezőanyag koncentrációja is jelentősen eltérhet (pl. a KOI érték az említett szórást és a táblázat adatait figyelembe véve $2000 - 480\text{ mg/l}$, míg a BOI értéke $1000 - 240\text{ mg/l}$ között ingadozik a szennyvízhozam függvényében). Emiatt általában tervezéskor a lakosegyenértékeket veszik figyelembe (1. táblázat).

1. táblázat: Az átlagos szennyvízhozam és a lakosság által termelt átlagos fajlagos szennyezőanyag értékek

Paraméter	Dimenzió	Fajlagos érték
Fajlagos szennyvízhozam, q	$\text{dm}^3/\text{fő}/\text{d}$	150
Kémiai oxigénigény, KOI	$\text{g}/\text{fő}/\text{d}$	120
Biológiai oxigénigény, BOI	$\text{g}/\text{fő}/\text{d}$	60
Lebegőanyag, LA	$\text{g}/\text{fő}/\text{d}$	70
Összes nitrogén, öN	$\text{g}/\text{fő}/\text{d}$	12
Összes foszfor, öP	$\text{g}/\text{fő}/\text{d}$	2

A kedvezőtlen hatások miatt a szennyvizet megfelelő hatásfokú tisztításnak kell alávetni. Az első időkben a tisztítás mértékét annak hatásfokával jellemezték, majd ez követően a 28/1978 M.T. rendelet és a 3/1984.(II.7.) OVH számú rendelet rendelkezett a befogadóba vezethető tisztított víz szennyezőanyag koncentráció határértékéről a befogadó területi besorolása szerint.

Az Európai Unióban 1991-től a 91/271 EGK Irányelv a meghatározó a tisztított szennyvíz befogadóba való bevezetésének feltételeként. A magyar és az EU-s követelmények eltértek egymástól. A magyar előírás területi kategóriaként, míg a 91/271 Irányelv a szennyvíztisztító telep kapacitása függvényében határozta meg a szükséges tisztítás mértékét (a kibocsátható szennyezőanyag koncentrációt). A hazai előírások EGK Irányelvhez történő harmonizációja eredményeként született meg a 28/2004. (XII.25.) KvVM rendelet, mely a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól szól. A rendelet többek között a települések szennyvízelvezetésre és -tisztítására vonatkozó technológiai határértékeket is tartalmazza a kiépített terhelési kapacitás függvényében. A rendelet határértékek mellett tisztítási hatásfokot is elfogadhatónak tart (2. táblázat).

2. táblázat: A települések szennyvízelvezetésére és –tisztítására vonatkozó technológiai határértékek a 28/2004. (XII.25.) KvVM rendelet szerint

Kiépített terhelési kapacitás (LE)	KOl _k		BOI ₅		Összes LA		ÖP		öN	
									V.1-XI.15	XI.16-IV.30
	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	mg/l
< 600	300	70	80	75	100	-				
601-2000	200	75	50	80	75	-				
2001-10.000	125	75	25	70-90	35	90				
10.001-100.000	125	75	25	70-90	35	90	2	80	15	25
> 100.000		75	25	70-90	35	90	1	80	10	20

A 10.000 LE alatti telepek a kibocsátható tápanyagtartalomra egyedi határértéket kaphatnak.

A szennyvizek tisztítása a szennyvíz mennyiségétől (LE), szennyezettség mértékétől, (szennyezőanyag típus, koncentráció), a befogadó tulajdonságaitól függ, azaz az említett paraméterek befolyásolják a betervezhető technológiákat, technológiai lépcsőket. Ezek közül a gazdaságosságot is figyelembe véve kell az alkalmazható tisztítási technológiát kiválasztani.

A klasszikus kommunális szennyvíztisztítási technológia elsősorban a könnyen lebomló szerves anyagok ártalmatlanítását biztosítja. A szennyezők között az egyik legnagyobb probléma a szennyvízben levő kolloid és oldott szerves anyag tartalom. A víznek ezek a komponensei a táplálékláncban szereplő ún. lebontó mikroorganizmusok segítségével biokémiai úton ártalmatlaníthatók, bonthatók le. Ez a folyamat a biológiai reaktorban megy végbe, amelyet 10 000 LE kapacitású telepeken ki kell egészíteni a tápanyag-eltávolítással, azaz a nitrogén illetve foszfor leválasztásával, eltávolításával.

2.1. A nitrogén tartalom és környezeti hatásai

A kommunális szennyvízben, mint szennyező tápanyag a nitrogén öt formában fordulhat elő: elemi-, szerves-, nitrit- és nitrát-nitrogén, illetve ammónia.

Az elemi nitrogén vízben jól oldódik, inert tulajdonságú, nem jelent szennyezést. A többi előfordulási forma viszont szennyezőnek tekinthető.

Az ammónia a szerves nitrogénvegyületek bomlástermékeként kerül a szennyvízbe, jelenléte egyértelműen indikálja a bomló szerves anyagok jelenlétét. A vízben ammónia, illetve ammónium-ion van egyensúlyban, amely a pH függvénye:



Savas közegben az ammónium-ion van túlsúlyban, míg lúgos körülmények között az ammónia.

Az ammóniát a nitrifikáló baktériumok oxidálják, közben oxigént fogyasztanak, nitriteket és nitrátokat hoznak létre (Nitrosomonas hatására NO^{2-} , Nitrobakter hatására NO^{3-}). A lejátszódó biokémiai oxidáció következtében a szerves anyagokhoz hasonlóan oxigénfogyasztó "terhelést" jelent a szennyvizekben, kis koncentrációban is. Az ammónia a víz által könnyen kerülhet a különböző élő szervezetekbe, amelyekre méregként hat. Meghatározott feltételek mellett sejtmérég, az ember esetében gyomorba kerülve kiválasztó rendszeri, szervi megbetegedéseket, fájdalmakat okozhat, illetve a halogénnel rákkeltő anyag keletkezéséhez vezethet.

A vizek nagy nitrit-nitrát tartalma (a foszfortartalommal együtt) a vízínövények, algák túlburjánzását okozzák (eutrofizáció). A szennyvizek nitrit-nitrát tartalma, mint oldott szennyező, átkerül az ivóvízbe, s ott csecsemőknél methemoglobéniát, esetenként csecsemőhalált okozhat.

A környezetre gyakorolt káros hatásai miatt a szennyvíztisztítás fő feladata az ammónia (vagy ammónium-ion) jó hatásfokú ártalmatlanítása, illetve a koncentrációjának egy megadott érték alá való csökkentése. Az ivóvízben megengedhető mennyisége 2001. októbere óta az EU-s szabályozással összhangban 0,5 mg/l. A szennyvizek esetében a szennyvíztisztító telep kapacitása, illetve a szennyvíz eredeti koncentrációja, az esetleges utótisztítás jellege határozza meg az ammónia-mentesítés mértékét.

2.2. A foszfor tartalom és hatása a környezetben.

Az élőlények egyik építőeleme. A csontképzésben a kalcium mellett a foszfornak is jelentős szerepe van. Csontok, kötőszövetek védelmét szolgálja. Az emberi kiválasztás naponta, személyenként kb. 2g foszfort, ezen felül a hagyományos mosószeres további 2 g foszfort juttatnak a vizekbe. Az erőteljes műtrágyázás is folyamatos foszfor-kimosódást okoz. A természetben kőzetek mállásterméke bomlásaként is keletkezhet oldható foszfor.

A foszfor (foszfátion) természetes vizekben nagyon kis mennyiségben van jelen foszfát tartalmú kőzetek mállásából, gerinces állatok csont szövetéből. A talaj a foszfort igen nagymértékben adszorbeálja. Megjelenési formája a vízben PO_4^{3-} , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , ez utóbbi kettő semleges pH körülmények között ortofoszfátok. A növények ezt képesek asszimilálni. Kationokkal oldhatatlan vegyületeket képez semleges pH tartományban, pl. $\text{Fe}_3(\text{PO}_4^{3-})_2$, mely vegyületek a pH megváltozására visszaoldódhatnak.

A foszfor nem mérgező, de a vizek nagy aktív foszfortartalma a növények, algák túlburjánzását (eutrofizációt) eredményezi és ezért káros. A vízben 10 mg/m^3 koncentrációig nincs jelentős biológiai produkció. 20 mg/m^3 felett fotoszintézis felgyorsul az elegendő tápanyag jelenlétében (CO_2 , NO_3^- , PO_4^{3-} , $\rightarrow$ protoplazma). Az algák ideális tevékenységének tápelem felvételei aránya C : N : P = 106 : 16 : 1. A szükséges tápanyagok közül elsősorban a foszfor mennyisége szabályozható (a vízből kicsapatható), ezért ez limitáló tényezőként kezelhető. A vízben jelenlévő nagymennyiségű tápanyag jelenlét az algák gyors növekedését, a víz szagának, ízének, szépségének romlását, a napsugarak vízbe való behatolási mélységének csökkenését okozza, illetve az algák pusztulása, bomlása a víz oldott oxigéntartalmát csökkenti, az anaerób lebomlás következtében pedig kellemetlen gázképződéshez vezethet.

A nyers, kezeletlen kommunális szennyvíz 5-20 mg/l összes foszfor tartalmának 15-20%-a az aktív. A klasszikus biológiailag tisztítás után a kommunális szennyvíz foszfor tartalma ezzel szemben 3-10 mg/l-re csökken, melynek 50-90%-a ortofoszfát formában van jelen.

Kellemetlen hatásaik miatt a hagyományos kommunáliszennyvíz tisztítási technológiákat ki kell egészíteni, át kell alakítani olyan technológiai fokozatokkal, amelyek optimális paraméterek mellett biztosítani tudják a 28/2004. (XII.25.) KvVM rendelet szerinti határértékeket, az ember és a természet védelmét.

3. TÁPANYAGCSÖKKENTÉS LEHETŐSÉGEI

A szennyvíztisztítás során a tápanyagsökkentés többféle módon oldható meg. Célszerű megvizsgálni a lehetőségeket, feltételeit, azt a saját feltételeinkkel, igényeinkkel összevetve dönthető el az alkalmazni kívánt módszer.

3.1. A nitrogén eltávolítás lehetőségei

A nyers kommunális szennyvízben a nitrogén elsősorban ammónia formában van jelen. Az ammónia-mentesítésére több lehetőség adódik, amelyek lényege röviden az alábbiakban foglalhatók össze:

- *Törésponti klórozás:* Az ammóniából klóraminokat (monoklór-amint, vagy diklóramint) állítunk elő. Az ammónia tartalom csökkenése azonban nem jelenti a vízben az összes N-tartalom csökkenését is. Hátránya a klórozásnak éppen a klóramin megjelenése, amely az élővilágra lehet káros.

A klóraminok leválasztása érdekében célszerű a folyamatot egy aktívszenes adszorpcióval kiegészíteni. Ezáltal ugyan a vizet megtisztítottuk, de a kimerült aktív szenet regenerálni (a regenerátumot kezelni), illetve ártalmatlanítani kell.

- *Adszorpcióval történő leválasztás:* Néhány nagy fajlagos felületű szilárd anyag képes a felületén laza kötéssel megfogni az ammónium-iont. A szakirodalmak szerint a természetes zeolit adszorpciós kapacitása átlagosan 0,35 mg NH_4^+ /g zeolit, de függ a zeolit eredetétől, összetételétől, típusától, valamint a vízben eredetileg található ammónium-ion koncentrációtól. Alkalmazása kisebb koncentrációnál képzelhető el.

Hátránya, hogy a kapacitást a zeolit jellemzői mellett befolyásolja a víz keménysége, a benne lévő kationok mennyisége, valamint az a tény, hogy a kimerült adszorbenst regenerálni (termikus, kémiai vagy biológiai), elhelyezni kell, regenerálás esetén a keletkező regenerátum kezelést igényel.

- *Ioncsere:* Történhet műgyanták illetve természetes anyagok segítségével.

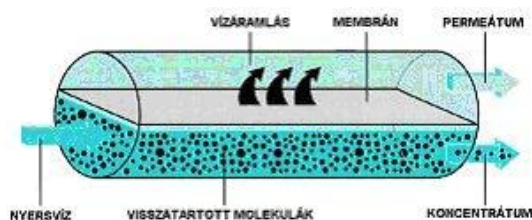
1. Kationcserélő műgyanták alkalmazása:

- Nem szelektívek az ammónium ionra, mint a zeolitok, ezért lényegesen gyengébb a megkötődésük, mint zeolitokon.
- A kétértékű ionok megkötődése lényegesen hatékonyabb.

- A gyanta felületén mikroorganizmusok is megjelenhetnek.
 - A módszer nem alkalmas az ammónium ionok hatékony kivonására a vízből.
2. Módosított zeolit alapú, regenerálható, ammónia-mentesítő vízszűrő-közeg (klinoptilolitos riolittufa - GEOPRODUCT KFT.)

Az ammónia megkötése ioncsere és felületi abszorpció útján történik. Az ioncsere folyamata sokkal meghatározóbb, mint a felületi megkötés. A lecserélhető kationok helyére ammónium-ion lép, míg az ammónia a felületen adszorbeálódik. A megkötődés reverzibilis. Leginkább a kalcium adszorbeálódik együtt az ammóniával, szintén reverzibilis módon. Az ásványi anyag speciális elő-kondicionálásának köszönhetően az egyéb ionok megkötődése alárendelt. Sikerült elérni például, hogy a magnézium szinte elenyésző mennyiségben kötődjön. A Granofilter-NAFE1000 szűrőanyag a nagy szelektivitásával tűnik ki a hasonló készítmények közül. A hatóanyag - az (Na,Fe,H)-klinoptilolit - ammónia-komplexének disszociációja annyira alacsony, hogy szükség esetén akár 0,05 mg/literes ammóniakoncentráció is tartható a vízben.

- *Membrán eljárással, fordított ozmózissal (RO) történő leválasztás:* Ennek lényege (2. ábra), hogy egy féligáteresztő hártya (membrán) segítségével az ammónium-ion a méreténél fogva nyomás alkalmazásával (molekula szűrés) leválasztható.



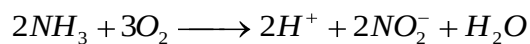
2. ábra: A membrán eljárás (RO) sémája

Az eljárás hátrányai: a nagy nyomás-igény, a koncentrátum koncentrációja behatárolt, a koncentrátum továbbkezelési igényel.

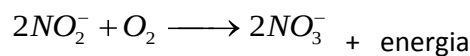
- A *biológiai tápanyag* eltávolításnál a nitrogén tartalom csökkentése több kémiai átalakulás eredménye, amely alapvetően két lépcsőben játszódik le:

- **Nitrifikáció:** $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ – a nitrifikáló mikroorganizmusok az ammóniát nitráttá, ill. később nitráttá oxidálják. A nitrifikáló organizmusok autotrófok, nincs szükségük az energiatermeléshez szerves anyagra. Kizárólag oxigén jelenlétében (aerob körülmények között) élnek.

Nitrifikáló mikroorg.



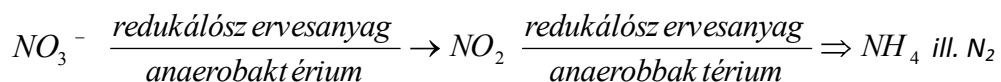
Nitróbacter mikroorg.



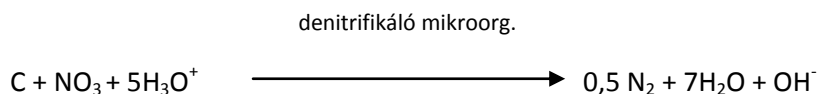
A nitrifikáció során a közeg kissé savasodik, amely karbonátok adagolásával semlegesíthetők. Az átalakulás pH igényei: a nitritképződésnél 5,8-8,5, míg a nitrát képződésé 6,5-8,5 között van nagy iszapkor mellett. Az O_2 igény: 1g NH_4^+ -hoz 4,57g O_2

A nitritképződés 10°C alatt lelassul, pH függő folyamat, a leggyorsabban megy végbe pH 8-8,5 között. A nitrit nem szaporodik fel, mert tovább oxidálódik, és nitrát képződés következik be. Nitrát a növények számára felvehető, hozzáférhető, felvétel után oxidálódik, és szerves nitrogénné alakul át.

A nitrát nitriten keresztül visszaalakulhat ammóniává (redukció) anaerob, redukzív körülmények között:



- A **denitrifikáció** anoxikus körülmények (amennyiben oxigén nincs jelen a rendszerben, nitrát azonban igen, így ez szolgál elektronakceptorként) között játszódik le. A denitrifikáló mikroorganizmusok a nitrátot elemi nitrogénné képesek redukálni. A denitrifikáló organizmusok heterotrófok, élettevékenységükhöz szükség van biodegradálható szerves anyagra.



Az energiaigényt szénhidrogén formájában szükséges biztosítani. A reakció során a köze pH-ja kismértékben emelkedik.

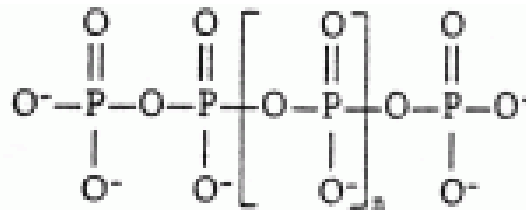
A jelenlegi kommunális szennyvíz tisztítás biológiai fokozatát szükségszerűen úgy kell megtervezni, megoldani, hogy a szerves anyag lebontása mellett a maradó összes N ne legyen 10 mg/l felett, illetve egy meghatározott százalékát a vízből el kell távolítani. Ez kombinált módszerrel történhet, ami az aerob illetve anox rendszerek egymás utáni alkalmazását jelenti. A kapcsolás különböző sorrendben történhet:

- *Utó-denitrifikáció:* Az előülepítőből a túlfolyás az aerob reaktorba jut, ahol megtörténik a szerves anyag mikrobiológiai lebontása, majd a nitrifikáció. A kezelt szennyvíz ezután kerül az anox, vagy anaerob reaktorba, ahol a denitrifikáció következik be.
- *Elő-denitrifikáció:* Az előülepített befolyó szennyvíz nem levegőztetett, anox reaktorba kerül, majd átfolyik az aerob, a levegőztetett reaktorba. A levegőztetett reaktorban megtörténik a szerves anyag lebomlása valamint a nitrifikáció, a keletkezett nitrátot a tisztított víz részleges recirkulációjával (az anox térbe) ill. iszaprecirkulációval, megtörténik a denitrifikáció. A denitrifikációhoz szükséges energiát a szennyvíz szerves anyag tartalma biztosítja.

3.2. A foszfor eltávolítás lehetőségei

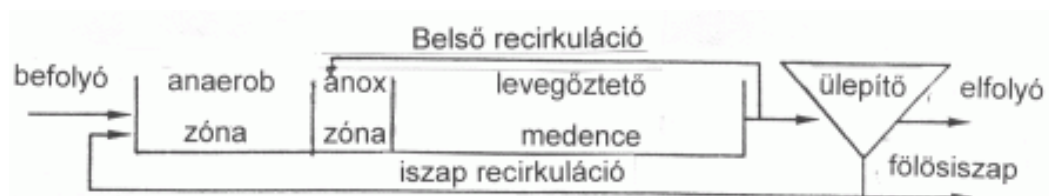
Az eddigi szakmai publikációk, tapasztalatok szerint a kommunális szennyvizek foszfortartalmának csökkentése biológiai és kémiai úton lehetséges.

A biológiai foszfor eltávolítás a szennyvíz szerves anyag tartalmának biológiai vizsgálatával együtt vált ismertté. A lebontó mikroorganizmusok ugyanis sejteikben tartalmazzak foszfort, mint építő elemet, amely a sejt metabolizmusának is alapanyaga. Egy sejtben a foszfor tartalom átlagosan 3 %, szárazanyagra vonatkoztatva, azonban vannak mikroorganizmusok, amelyek képesek ennél többet is felvenni, akkumulálni (akár 12 % körüli mértékig is). A felvett többlet foszfort a sejt poli-foszfát formájában (3. ábra) tárolja.



3. ábra: A poli-foszfát szerkezeti képlete

A foszfort (poli-foszfátot) akkumuláló baktériumok speciális üzemeltetésnél (anaerob és aerob körülmények időszakos, vagy térbeli ciklikus használata) elszaporodnak a biológiai reaktorban levő iszapban. Aerob körülmények között jellemző a mikroorganizmusok általi foszfor felvétel, anaerob viszonyoknál pedig a foszfor leadás, visszaoldódás, de a ciklikusság közben az újabb aerob szakaszban a foszfát újra felvételre kerül, nagyobb mértékben, mint amilyen mértékben az anaerob fázisban visszaoldódott. Ennek következtében a foszfor az eleveniszapban koncentrálnálódik, amellyel együtt leválasztódik (4. ábra). Hatásfoka a szakirodalmak szerint 40 – 60 %.



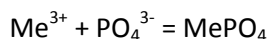
4. ábra: Egy biológiai foszformentesítés ciklikus megoldási sémája

Az egész folyamat pontos mechanizmusa még nem ismert, de hatásfokát az eddigi tapasztalatok szerint, befolyásolja a szennyvíz eredeti foszfor tartalma a magas nitrát tartalom. A magasabb foszfor tartalom növeli, a nagyobb nitrát tartalom pedig csökkenti a leválasztás mértékét, amelyet befolyásol még a szennyvíz összetétele, valamint a biológiai lebontást végző mikroorganizmusok fajtája is.

A foszfor akkumulálására alkalmas baktériumok az Acinetobacter fajok, illetve sok gram-negatív és gram-pozitív baktériumok, mint pl. a Pseudomonas, Arthrobacter, Coryne baktériumok valamint a Microlunatus fajok, de a fonalasan szaporodó baktériumok is képesek a foszfor megkötésére. Ez utóbbiak azonban az iszap felúszásához (habzásához) is hozzájárulnak.

A foszfort *kémiai úton, vegyszeres kicsapással* is lehet távolítani, melynek során a szennyvizekben levő foszfor tartalmat kicsapják, általában a többértékű fémionok (vas, alumínium vagy kalcium ionok) hozzáadásával. A hagyományos biológiai szennyvíztisztítás jól működő telepek esetén is csupán a foszfor 20-30% -ának eltávolítására alkalmas.

A kicsapásra jellemző kémiai reakció az alábbi képlettel jellemezhető:



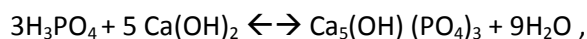
A kicsapás a szennyvíz pH-jától függ. A különböző fémek esetében különböző az optimális pH tartomány is eltérő. A vassal és alumíniummal történő kicsapásnak a kicsit savas - semleges pH (pH 5-6) kedvez.

A foszfor kicsapás háromértékű vas és alumínium sókkal az alábbi összefüggések szerint történik:



1 foszfátion kicsapásához elmélet szerint 1,5 vas- illetve alumíniumion szükséges. A foszformentesítés tényleges vegyszerigénye az elméletileg számított értéknél több: 1g P ~ 2,0-3,5g Fe^{3+} , illetve ~1,2-2,5g Al^{3+} iont igényel, a technológia sajátosságai függvényében. A háromértékű sók egy része ugyanis hidrolizál és pelyhesedést, koagulációt eredményez, mely javítja a csapadék leválasztás hatásfokát. A többlet vas- illetve alumíniumion igény a szükséges foszfor kicsapást is biztosítja a koaguláció mellett. A tényleges fajlagos vegyszerigényt esetenként laboratóriumban célszerű meghatározni.

A foszfát kicsapása kalciumfoszfátként is lehetséges. A hatásos foszfor kicsapás eléréséhez szükséges vegyszermennyiség és pH a víz minőségének megfelelően alakul. A kalcium hidrogénfoszfát oldhatósága semleges (pH ≈ 7) környezetben kb. 23 mg/l. A pH emelésével a reakció során kalciumhidroxofoszfát (hidroxilappatit) képződik.



Melynek oldhatósága $\text{pH} \geq 10$ -nél 1 mg/l alatt van. A kalciummal megvalósított kicsapatsnál emiatt célszerű labor körülmények között meghatározni a foszfor kicsapats paramétereit, figyelembe véve a rendszer puffer-kapacitását is.

A fém-foszfátok keletkezése több lépcsős folyamat:

1. A vegyszer szennyvízbe történő gyors, néhány perces bekeverése fém- foszfátok nagy sebességű keletkezése, a fém-hidroxidok kialakulása előtt.
2. A fém-foszfátok és fém-hidroxidok kialakulását követően a szennyvíz összetétele függvényében karbonátok létrejötte.
3. A felületi töltéssel rendelkező természetes kolloid részecskék semlegesítése, és ezek koagulációja, majd makroflokkok képződése, amely 20-30 perces keverési időt igényel.
4. Fázisztválasztás, azaz a flokkulált részecskék leválasztása a vízből ülepítéssel, szűréssel vagy flotálással.

A foszfor kicsapatsára használatos vegyszerek a következők:

Vas (II)-só:	FeSO_4
Vas (III)-sók	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; FeClSO_4 ; FeCl_3
Alumínium-sók:	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; AlCl_3
Poli-Al-klorid	$(\text{Al}(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n})_m$
Na-aluminát	$\text{NaAl}(\text{OH})_4$
Kalcium	CaO por; $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Vas(II)- sôt alkalmazásakor előzetesen vas(III)-á kell oxidálni, hogy a kicsapats valóban hatékony lehessen pl. levegőztetéssel, melynek során vas (III)-sóvá oxidálódik.

A adagolás helye szerint 3 féle foszforeltávolítási technológiát lehet megkülönböztetni. Ezek az elő-, szimultán-, és utókicsapats (3. táblázat).

3. táblázat: A foszfor kicsapás módjai és azok jellemzői

	Előkicsapás	Szimultán kicsapás	Utókicsapás
Adagolás helye	Előülepítő elé	Levegőztetőbe	Utóülepítő után
Jellemzője:	A vegyszer nem csak a foszfor, hanem a kolloidok eltávolításra is fordítódik	A vegyszer közvetlenül az eleveniszapos medencébe jut	A tisztított szennyvízhez adjuk a vegyszert.
Előnye:	Kevesebb szennyezőanyag jut a biológiára, annak hatásfoka nő.	Már előkezelt szennyvizet kezelünk, és nem szükséges további ülepítő.	Itt kell a legkevesebb vegyszer.
Hátránya:	Nő a keletkezett primér iszap mennyisége	Nem ismeretes.	Az utóülepítő után egy újabb csapadék leválasztás szükséges.

Mind a vas-só oldatok, mind az alumínium-klorid esetében jelentkeznek az alábbi pozitív hatások:

- A P^{3+} értéke a tisztított szennyvízben a kívánt határértéken belül tartható.
- Javul a szerves anyag lebomlás hatásfoka.
- Akadályozza a fonalas baktériumok elszaporodását.
- Segíti a jó ülepedési tulajdonságú iszap kialakulását.
- Növeli az iszap szárazanyag-tartalmát, javítja az ülepíthetőségét, víztelenítési hatásfokát.

4. JAVASLAT TÁPANYAG TARTALOM CSÖKKENTÉSI TECHNOLOGIÁRA

Amint az előző szakirodalmi összefoglalásból látható, a szennyvíz tápanyag tartalmának csökkentésére több lehetőség áll rendelkezésre. A kommunális szennyvíz tápanyaga nem túlságosan magas (ammónia tartalma átlagosan 40 - 50 mg/l, foszfortartalma 8 -10 mg/l) emiatt ezek eltávolítását vegyes módszerrel érdemes elvégezni. Ez azt jelenti, hogy egy koagulálással ($Fe_2(SO_4)_3$ és $Ca(OH)_2$

adagolás) intenzifikált előüleptést (előkicsapatasos foszfor tartalom csökkentés) egy biológiai nitrogén és foszfor eltávolítás követ.

Az ajánlott technológia alkalmazhatóságának és hatékonyságának tesztelése céljából laboratóriumi kísérletek végeztünk, hogy bizonyítsuk a javasolt megoldás hatásosságát, alkalmazhatóságát.

4.1. A laboratórium kísérletek alapjai, rövid leírása

Az intenzifikálás (a foszfor kémiai eltávolítás) rövid elméleti alapja:

Az előüleptés intenzifikálásának célja a 100 µm alatti kis sűrűségű szilárd szennyező anyagok koagulálása, valamint a víz oldott foszfortartalmának csökkentése. A két feladat ugyanazon vegyszeres kezeléssel oldható meg, Ca-, Fe- ill. Al- vegyületek alkalmazásával. Ezek a vegyületek ugyanis koagulálószeres, a foszforral pedig nehezen oldódó vegyületet képeznek a 3.2. fejezetben leírtaknak megfelelően.

A Fe-, ill. Al sók közül a vas (III)-szulfát használatát javaslom, mert a vas környezetbarát jellegének megítélése kedvezőbb, és a szulfátgyök részben kicsapódása is megtörténik, nem növeli jelentősen a víz sótartalmát.

A kísérleteknél a Miskolci Szennyvíztisztító telepi, homokfogó utáni szennyvizet használtunk. A kezelésekhez 1 liter ürtartalmú főzőpoharat használtunk fel. A minták vízminőségének állandósága biztosítása érdekében egyszer vettünk egy nagyobb mintát, melyet átlagosítás után lehűtve tároltunk, és ebből vettünk az egyes kísérletekhez minimum 0,8 liter szennyvizet. A kísérlet lépései a következők voltak:

- A nyers kommunális szennyvízből vett un. „nagy minta” pH-jának, és összes tápanyagtartalmának mérése.
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adagolás a mintákhoz előre meghatározott pH értékig, a kezelt víz üleptése, majd a derített fázisból tápanyag tartalom mérése.
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adagolás egy előre meghatározott pH értékig, majd $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ hozzáadással minden mintánál a 8,6 pH érték beállítása, üleptés, és a derített rész vizsgálata.

4.1.1 Biológiai szennyvíztisztítás, tápanyag csökkentés modellezése:

E kísérletekkel az volt a cél, hogy megvizsgáljuk, hogy az előkicsapatas, koagulálás és azt követő fázisszétválasztás után maradó tápanyagtartalom elegendő-e a biológiai szerves anyag lebontásához,

továbbá megvizsgálni, hogyan alakul a tápanyag koncentrációja a ciklikus aerob, anaerob (anox) körülmények között megvalósított biológiai szennyvízkezelés hatására, illetve a szerves anyag biológiai lebontása, biztosíthatók-e ezzel a tisztítási folyamattal a határértékekre szabványban megadott értékek.

A biológiai szennyvíztisztításnál az intenzifikált előülepítés modellezésénél keletkezett előtisztított szennyvizet szennyvíztisztító telepről származó szennyvíz iszappal (többször átmostuk tiszta vízzel, hogy az iszapvíz tápanyagtartalma ne befolyásolja a kísérletük eredményét) kevertük, úgy hogy a lebontó szervezetek mennyisége 3,5 g/l legyen. Ezután a keveréket nagyobb főzőpohárba, mint bioreaktorba öntöttük, és mélylevegőztetéssel több óráig (általában 4 óra időtartamban) levegőztettük (5. ábra), biztosítottuk az aerob feltételeket a nitrifikációhoz, illetve foszfor mikroorganizmusok általi felvételéhez. Közben mértük a szennyvíz oldott O_2 tartalmát és azt megfelelő szinten tartottuk, illetve az időközönként mintákat vettünk, melyeknek minőségét megvizsgáltunk.



5. ábra: Az aerob biológiai szennyvíztisztítás laboratóriumi modellezése

A denitrifikáció érdekében a szükséges anaerob illetve anox lebontási folyamat modellezésénél a főzőpoharakban megszüntettük a levegő bevezetését, lezártuk, és mágneses keverővel biztosítottuk a szuszpenzió homogén jelleget, akadályoztuk meg a mikroorganizmusok kiülepedését (6. ábra). Ebben a ciklusban játszódó folyamatok a denitrifikáció és a foszfor mikroorganizmus általi leadása.



6. ábra az anaerob illetve anox biológiai kezelés laboratóriumi modellezése

Ezt követte egy 30 perces ülepítés, és a derített fázisból vett minták jellemzőinek meghatározása, a $P_{\text{összes}}$, PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- és pH értékek mérése.

4.1.2. Az előülepítés intenzifikálási kísérletek értékelése

A kísérletek eredményei alapján megállapítható volt, hogy a derített szennyvíz *szilárd (lebegőanyag tartalma) jelentősen csökken* a kezelésnél felhasznált vegyszerek függvényében. *Jelentősen csökkent (több kísérletnél lényegesen 1mg/l alá) az összes foszfor* tartalom is, mert a kolloidokban levő foszfor koagulálás után kiülepedett ugyan úgy, mint a kicsapott a szennyvízben eredetileg oldott foszforfészeségek. A maradó összes foszfor tartalmat a biológiai folyamatokhoz elegendőnek tartjuk.

Hasonlóképpen jelentős a kolloidok, lebegő szennyeződések leválasztása következtében a *KOI érték csökkenése is, több esetben az eredeti érték közel harmadára csökkent le*, ami a biológiai tisztítás tervezése, illetve üzemeltetése szempontjából lényeges. Az *ammónia-nitrogén illetve összes nitrogén* leválasztása szempontjából az intenzifikált előülepítés nem mondható eredményesnek, *minimális változás* volt megfigyelhető (de ezt előre is tudtuk), mivel a koagulálással, intenzív előülepítéssel ez az oldott komponens a vízből nem távolítható el.

Véleményem szerint a kommunális, illetve hasonló típusú szennyvíz minőségének ez a változása a biológiai tisztítást kedvezően befolyásolja. A szennyvízben maradó tápanyagok, illetve azok mennyiségi arányai elegendőek a maradó szerves anyag biológiai lebontásához, amelyet annak kisebb koncentrációja miatt a mikroorganizmusok rövidebb idő alatt tudnak elvégezni. Emellett a biológiai lebontás paraméterei úgy alakíthatók, hogy a nitrifikáció és denitrifikáció lejátszódásához kedvezőbb körülmények adódjanak. Ezt a megállapítást a laboratóriumi kísérletek is igazolják.

4.1.3. Biológiai szennyvíztisztítás modellezésének értékelése

Az első biológiai kísérletnél azt vizsgáltuk meg, hogy a kicsapítás és az azt követő ülepitéssel kapott előtisztított víz minősége hogyan alakul a biológiai kezelés hatására. Mivel a biológiai kezeléshez hagyományos technológiával működő telepről biztosítottuk a szükséges eleveniszapot (a lebontást végző mikroorganizmusokat), melynek iszapvizében nagyobb mennyiségben találhatók még oldott szerves anyagok, valamint tápanyagok, emiatt ezt az iszapot előkezeltük, azaz az iszapvizet atmoszárral tisztítottuk. Így modelleztük az új technológiában várhatóan keletkező eleveniszapot. Ezután kezdtük el a biológiai tisztítási modell kísérleteket az aerob szerves anyag lebontással, nitrifikációval, majd a denitrifikációval anaerob (anox) körülmények között.

A vegyszeres foszfor kicsapást, koagulációt követő 30 perces előülepités túlfolyásával nyert előtisztított szennyvizet használtuk fel a biológiai tisztítási kísérletekhez. Az aerob rész 4 óra hosszáig tartott, ugyan úgy, mint az anaerob (anox) fokozat, amelynél a denitrifikáció hatásosságát vizsgáltuk.

A választott tartózkodási idő után a tisztított szennyvízben levő lebegő (szilárd) anyagot (mikroorganizmusokat) leülepítettük, majd a derített vízből mintát vettünk, melyeknek meghatároztuk az oldott NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , $\text{P}_{\text{összes}}$, KOI tartalmát. A mérési eredményeket a 4. táblázat tartalmazza.

A táblázat adataiból jól látható, hogy az *aerob biológiai kezelés* hatására a mikroorganizmusok a szerves anyagot nagyon jól lebontották, a maradó KOI az aerob fokozat után mindössze 10,5 mg/l ami nagyon jó érték. A tisztítási fokozatban a szerves anyag lebontása mellett végbe ment az NH_4^+ nitrifikációja is, egészen a nitrát vegyületek képződéséig. Az összes P- tartalom is kisebb lett, mint 1 mg/l.

4. táblázat: Az első biológiai szennyvíztisztítási technológiai kísérlet eredményei

Minták	KOI	NH_4^+/N	Összes P	NO_3^-	NO_2^-
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Befolyó szennyvíz (rács után)	299,70	35,60	5,74	0,50	0,62
Befolyó szennyvíz. (kezelés és ülepités után)	94,80	35,10	-	0,40	0,63
Recirk.i. (kezelés előtt)	22,60	0,98	6,06	76,50	3,00
Recirk.i. (mosás után)	8,90	0,48	0,60	0,03	0,03
Aerob	10,50	0,19	0,81	109,00	0,19
Anaerob	20,20	22,50	4,70	23,80	0,23

A denitrifikáció csak részben játszódtott le. Elemi nitrogén távozott a rendszerből, de a nitrát egy része visszaalakult ammóniává. A KOI emelkedése azt is jelentheti, hogy a lebontó mikroorganizmusok egy része elpusztult, a sejt fala felszakadt, és sejtnedv került a víz fázisba. Ez hozzájárulhatott minimális mennyiségben a nitrogén vegyületek koncentrációjának alakulásához is. A foszfor tartalom növekedése pedig jól mutatja az anaerob fázisban a mikroorganizmusok általi foszforleadást.

A következő kísérleteknél az intenzifikált előülepítést követően az aerob folyamat hatásosságát vizsgálva az idő függvényében (az előzőeknek megfelelő előkészítés és paraméterek mellett) 4 óra tartózkodási idő alatt. A vizsgálati eredményeket az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: A P és a KOI változás mértéke aerob tisztítás modellezése közben az idő függvényében

Minták	P [mg/l]	KOI [mg/l]
Rács (kezelés előtt) után	9,4	557
Rács (kezelés + ülepítés után)	0,81	133
Aerob biológia (kezdéskor)	0,74	70
Aerob biológia (30 perc elteltével)	0,68	51
Aerob biológia (60 perc elteltével)	0,65	57
Aerob biológia (90 perc elteltével)	0,55	49
Aerob biológia (120 perc elteltével)	0,57	53
Aerob biológia (150 perc elteltével)	0,64	53
Aerob biológia (180 perc elteltével)	0,69	36,9
Aerob biológia (210 perc elteltével)	0,85	28,1
Aerob biológia (240 perc elteltével)	0,65	28,9

Az 5. táblázat adatai alapján a tisztítás közben a foszfor tartalom 90 percig csökken, utána kis mértékben emelkedik. A KOI csökkenés alakulása (a szerves anyag lebontás mértéke) a tisztítási idő függvényében az adatok alapján az első 30 percben jelentősebb, utána szinte stagnál, majd 150 perc után újra mérhető. Feltételezhető, hogy kissé magasabb kiinduló KOI értékek esetén látványosabb az első időszakokban az aerob lebontás mértéke.

A kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy egy koagulálást, flokkulálást követő ülepítés után az aerob biológiai lebontás időigénye jelentősen csökken. Esetünkben, a rendelkezésünkre álló szennyvíz tisztításához az aerob reaktorban 90-120 perces tartózkodási idő elegendő.

A következőkben az anox folyamat hatásosságának vizsgálata történt meg az idő függvényében. Először egy új szennyvíz mintát előkezeltünk (kicsapátás, ülepítés, aerob tisztítás 120 perces tartózkodási idővel), majd folytattuk a kísérletet az anox eljárás modellezésével. Az anox eljárás a már korábban említett lépések (szén alapú utánpótlás hozzáadásával) szerint történt. A kísérleti időtartam alatt több alkalommal (különböző rész idő tartózkodásánál) mintát vettünk, amit lebegőanyag mentesítés után megelemezítettünk. Elemzésnél az anox folyamatot jellemző komponensek értékeit (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) mérettük meg. A tápanyag utánpótlás mennyiségét a kezelt szennyvízhez viszonyítva 1:5 arányban határoztuk meg. Ez azt jelentette, hogy egy liter aerob eljárással kezelt szennyvízhez 20 ml ülepítésből nyert szennyvizet kevertünk. A mérések eredményei a 6. táblázatban találhatók.

6. táblázat: A szennyvíztisztítás mértékének alakulása az anox biológiai folyamatban, a tartózkodási idő függvényében

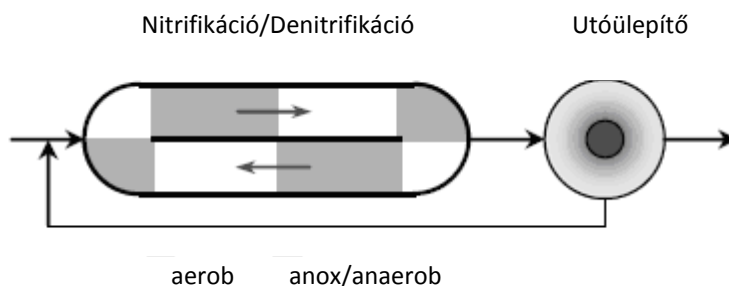
Minták	P [mg/l]	KOI [mg/l]	NO_3^- [mg/l]	NO_2^- [mg/l]	NH_4^+/N [mg/l]
Rács (kezelés előtt) után	3,3	141	6,65	0,78	21,6
Aerob biológia kezdete	0,7	28,5	11	2,21	13,9
Utánpótlás az anoxhoz (kicsapva + ülepítve)	1,18	52,9	6,6	0,87	18
Aerob biológia vége, anox biológia kezdete	0,79	27,4	75,5	0,24	2,8
Anox biológia (30 perc múlva)			49,4	3,89	
Anox biológia (60 perc múlva)			42,2	5,67	
Anox biológia (120 perc múlva)			25,2	9,1	
Anox biológia (180 perc múlva)			9,7	8,3	
Anox biológia (240 perc múlva)	1,95	35	0,62	0,93	6,2

Az eredményekből látható, hogy az anox folyamat elejéhez képest a 4 órás folyamatban a KOI érték növekedése következett be (feltehetően az elpusztult mikroorganizmusok sejtnedve következtében), de ennek mértéke nem nagy, a tisztított víz KOI-ja még így is lényegesen kisebb, mint a szabványban előírt határérték. A denitrifikációra jellemző mérési eredmények viszont azt mutatják, hogy a

feltételek, a kísérleti paraméterek megválasztása jó volt, hiszen a 4 órás kezelés után nőtt valamit ugyan az ammónium-ion mennyisége, de jelentősen nőtt a denitrifikáció mértéke, a nitrit és nitrát ion maradó koncentrációja kisebb, mint 1 mg/l. Összességében megállapítható, hogy a kétlépcsős biológiai kezelés eredményeképpen biztosítható a tisztított víz összes nitrogéntartalmának 10 mg/l alá vitele. Ugyanakkor az anox folyamat ideje alatt a mikroorganizmusok foszforleadása újból igazolódott.

Az elvégzett laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapján megállapíthat, hogy a tisztításra kerülő szennyvíz koagulálása, flokkulálása, valamint az azt követő ülepítés kedvező hatással van a maradó szerves anyagok lebontására, illetve a biológiai folyamatokkal megvalósított nitrifikációra és denitrifikációra. Az intenzív koaguláció, flokkuláció hátránya lehet, hogy az aerob lebontás hatására nagyon kevés szénalapú tápanyag marad a vízben, amely kevés a denitrifikáló mikroorganizmusok számára. Ez a probléma az aerob és anox körülményeket váltogatva, ciklikusan alkalmazva teljesen kiküszöbölhető.

Erre megoldásként a legújabb kutatási eredményeket figyelembe véve az egyik német szakcikk által említett eljárás tűnt a legígéretesebbnek, mely szerint az aerob- és anox eljárásokat egymás után váltva (7. ábra), szimultán eljárással biztosítható a nitrifikáció és denitrifikáció még teljesebb és tökéletesebb lejátszódása, remény szerint a tápanyag hozzáadása nélkül. Ahogy a sematikus ábrán is látható, aerob és anox terek ciklikusan követik egymást a biológiai kezelésnél.



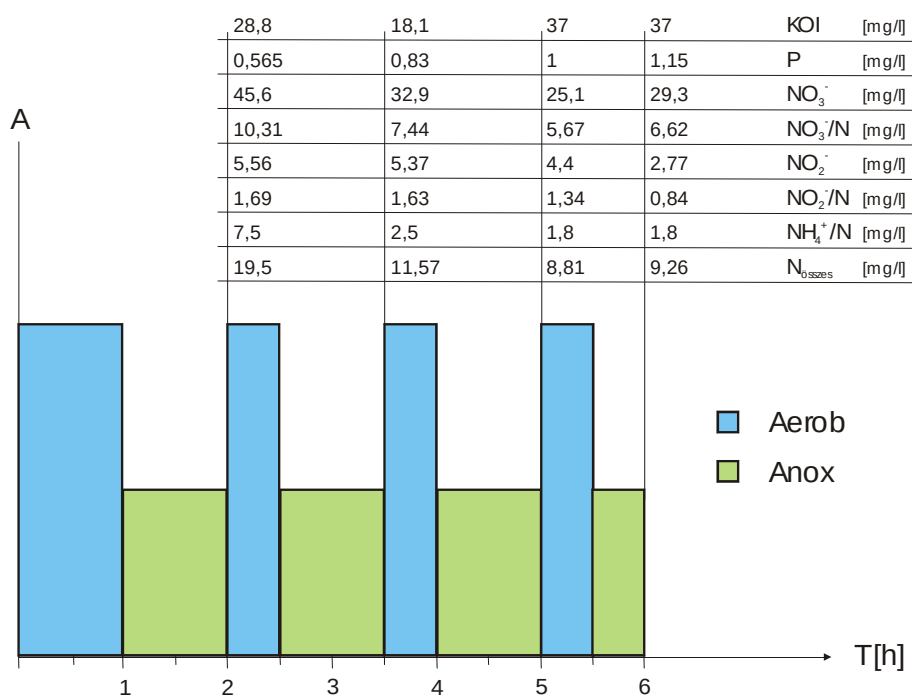
7. ábra: A szimultán nitrifikációt/denitrifikációt biztosító biológiai szennyvízkezelés sémája

A következő kísérletek ezt a módszert modellezték. E kísérlet szerint az aerob- és anox eljárásokat egymás után, váltva alkalmazva, figyeltük a nitrifikáció és denitrifikáció lejátszódását, tápanyag hozzáadása nélkül.

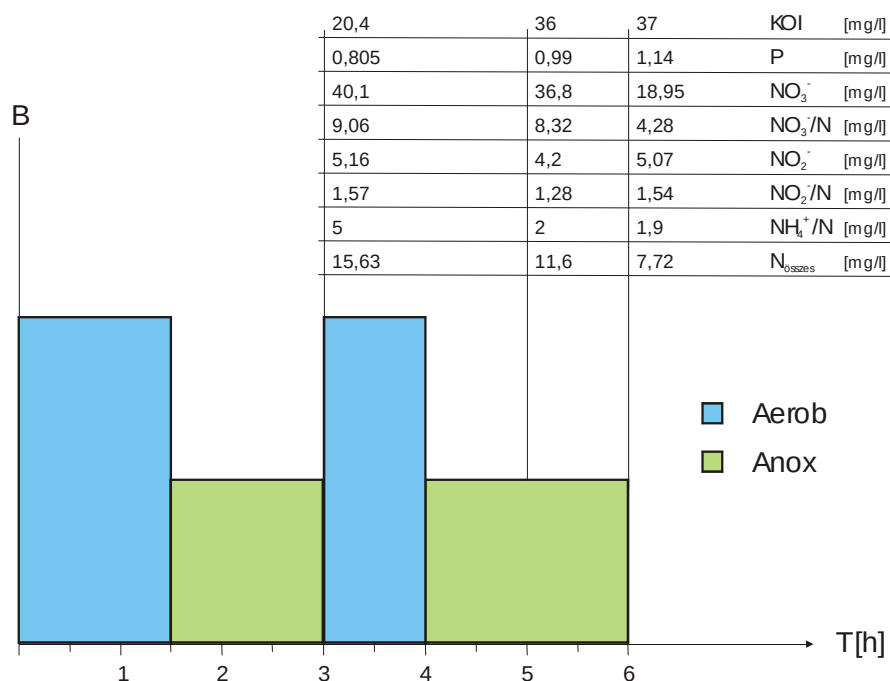
Két azonos módon előkezelt (kicsapátás, ülepítés) mintát készítettünk elő két kísérlethez. Eltérés az aerob- és az anox eljárás időtartamában, illetve ezek váltakozásának számában volt. Az összes tartózkodási idő az aerob körülmények között mindkét esetben 2 óra 30 perc, míg az anox terekben 3

óra 30 perc volt, csak más elosztásban. A két minta közül az elsőben („A”) négyciklusú, míg a másodikban („B”) kétciklusú technológiát modelleztük (egy ciklus 1 aerob és 1 anox kezelési folyamat). Az alábbi, 17. és 18. ábrákon a biológiai kezelés (aerob + anox) alkalmazásával a mintavételek idejét és az azokhoz tartozó mérési eredményeket mutatjuk be.

A kísérletek eredménye igazolták a német szakirodalom állításait. Az eredményekből látható, hogy a teljes biológiai tisztítási folyamat mindkét esetben 6 óra alatt lezajszódott.



8. ábra: Az „A” kísérlet ciklusainak eredményei



9. ábra: A „B” kísérlet ciklusainak eredményei

A tisztított víz KOI értéke 40 mg/l alá csökkent, amely lényegesen kisebb érték, mint a 2. táblázatban feltüntetett határérték. A vízben maradt összes foszfortartalom az 1 mg/l értéket éppen hogy meghaladja, míg az összes nitrogén koncentráció 10 mg/l alatti. A folyamat úgy biztosította ezeket a jellemzőket, hogy nem volt külön tápanyag hozzáadás.

Az ábrákból az eredmények alapján azt a következtetést is megtehetjük, hogy kedvező körülmények között akár 5 óra összes tartózkodási idő is elégséges a tervezett mértékű biológiai tisztításhoz.

5. ÖSSZEGZÉS

A szakmai információk összefoglalása alapján egyértelműen megállapítható, hogy a kommunális és hasonló jellegű szennyvizek tápanyagtartalmának csökkentésére több lehetőség áll rendelkezésre. A foszfortartalom kellő mértékű csökkentése kémiai illetve kémiai és biológiai úton valósítható meg, míg a nitrogén tartalom gazdaságosan a biológiai tisztítás segítségével csökkenthető. A szakirodalmi adatokra támaszkodva javasolt technológia a foszfor tartalom előkicsapattalásal míg a nitrogén tartalom ciklikus aerob/anox biológiai körülmények között csökkenthető a kellő mérték, a jogszabályban meghatározott értékek alá. Ennek a megoldásnak a hatásosságát laboratóriumi kísérletek igazolták. A

gyakorlati alkalmazás előtt minden egyes szennyvíznél célszerű azonban laboratóriumi kísérletek segítségével meghatározni az üzemi paramétereket, feltételeket, amelyeket a szennyvíz mindenkori összetétele is befolyásol.

Felhasznált irodalom

1. Dr. Barótfi I.: Környezettechnika; Mezőgazdasági Kiadó, 2003. ISBN 963 286 009 8
2. H. Brauer (Hrsg): Handbuch des Umweltschutzes und Umweltschutztechnik. Band 4. Additiver Umweltschutz: Behandlung von Abwasser; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996.
3. Dr. Benedek Pál: Vízisztítás-Szennyvíztisztítás; Zsebkönyv, Műszaki Könyvkiadó, 1989.
4. J. Bever, H. Teichmann: Weitergehende Abwasserreinigung; Oldenbourg Industrie Verlag, München, 2002. ISBN 3-486-26527-X
5. Dittrich Ernő: Biológiai szennyvíztisztítás; PTE-TTK oktatási segédlet
6. DORAU, W. and LOPEZ-PILA, J.M: Neue Strategie zur Bekämpfung der Eutrophierung und zur Entfernung von Krankheitserregern in kommunalen Abwässern mittels Mikrofiltration - Teil 2. Umwelt Technologie Aktuell, 5. Jahrgang, 4/1994, Seite 317-325.
7. Eleveniszapos szennyvíztisztítás tervezése www.1-2-Eleveni-szvt-terv.
8. Karl und Klaus R.Imhoff: Taschenbuch der Stadtentwässerung; Oldenbourg Industrie Verlag, München, 2007, ISBN 3-486-3094-6.
9. Környezeti Biológia, Szennyvíztisztítási műveletek.
www.mfte.unideb.hu/userdir/kasj/kornyezet/.../szennyvii.pdf.
10. Dr. Öllös G.: Szennyvíztisztítás kézirat; BME Mérnöktoábbképző Intézet, Budapest, 1992
11. Dr. Öllös G.: Szennyvíztisztító telepek-üzemeltetése I.II. Akadémiai Kiadó 1995.
12. Réti L.: Biológiai tápanyag eltávolítást végző szennyvíztisztító telepek tervezésének, üzemeltetésének egyes kérdései. MHT.XX. vándorgyűlés, 3/15 előadás.
13. H. Spaeth: Welche Möglichkeiten zur Nährstoffentfernung aus dem Abwasser gibt es? Ingenieurbüro Schlegel, München, 2008
14. Tömössy L.: Vízisztaságvédelem – Szennyvíztisztítás; Oktatási segédlet, 2004 Debrecen
15. Vízisztítás; Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar; Oktatási segédanyag, 2007. Budapest

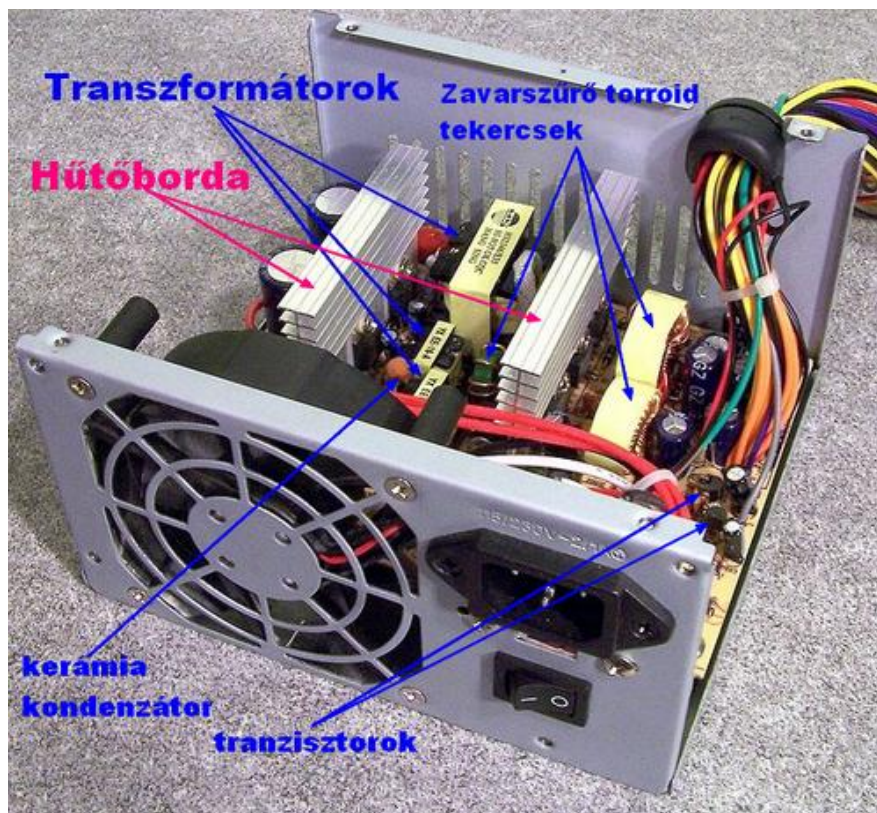
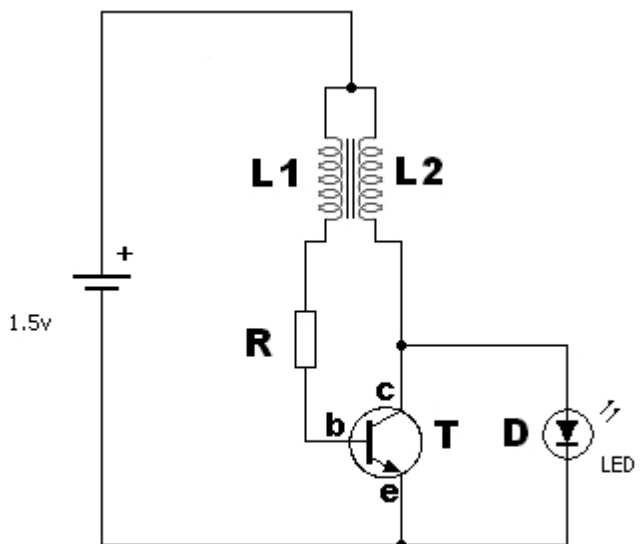
ROSSZ TÁPEGYSÉG TRANSZFORMÁTORAINAK ÉS TOROID GYŰRŰINEK ÚJRA FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

Molnár László

Az alábbi áramkör, amit „Joule thief”-nek is becéznek, egy egyszerű, néhány alkatrészből álló „butított” blocking oszcillátor áramkör amiről egy vagy több dióda is működtethető.

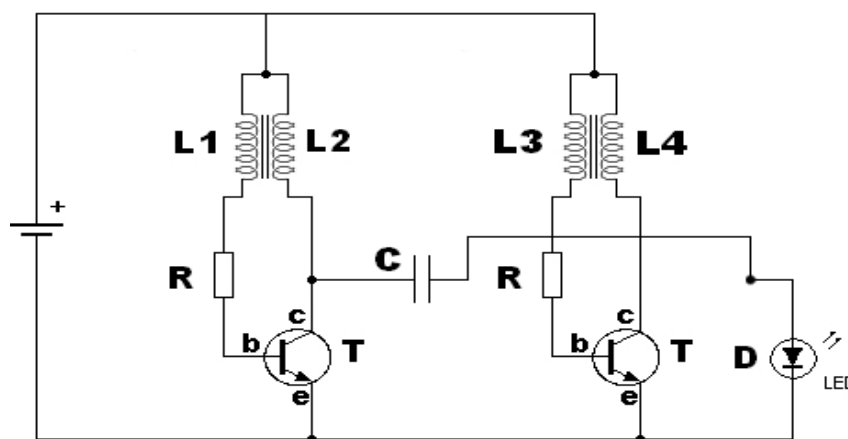
A led 1,5 voltról nem világítana mivel ez feszültség a működési feszültség alatt van. Ezzel az áramkörrel a ciklikusan felépülő és indukálódó mágneses mezővel a feszültség 2,2 volt fölé emelkedik aminek segítségével már egy vagy több led dióda képes világítani 45-60 mA bemeneti áramfelvétel mellett.

A célom az volt hogy ezt az egyszerű áramkört főleg használt alkatrészekből építsem meg.



S miért pont egy rossz ATX-es tápegységet választottan „alkatrész forrásul”? Mert viszonylag kedvező alig 100 Ft-ért vagy esetleg ingyen is beszerezhető rossz tápegység. Jónéhány után-épített verzióban az L1, L2 tekercstestének toroid gyűrűt javasol, ami megtalálható kapcsolóüzemű táp szekunder oldalán a szűrő résznél is. Az áramkör így is működik, de fontos a megfelelő hosszúságú s vastagságú rézhuzal felhasználása az L1, L2 tekercsek kialakításához. Megnéztem a rossz tápegységben található transzformátorokat is mivel ezek mennek tönkre a legkevésbé meghibásodás esetén is. A transzformátortok kiegészítve egy 1 K ohmos ellenállással és egy szintén használt a táp paneljéből származó D239-es jelölésű tranzisztorral az áramkör gond nélkül működött.

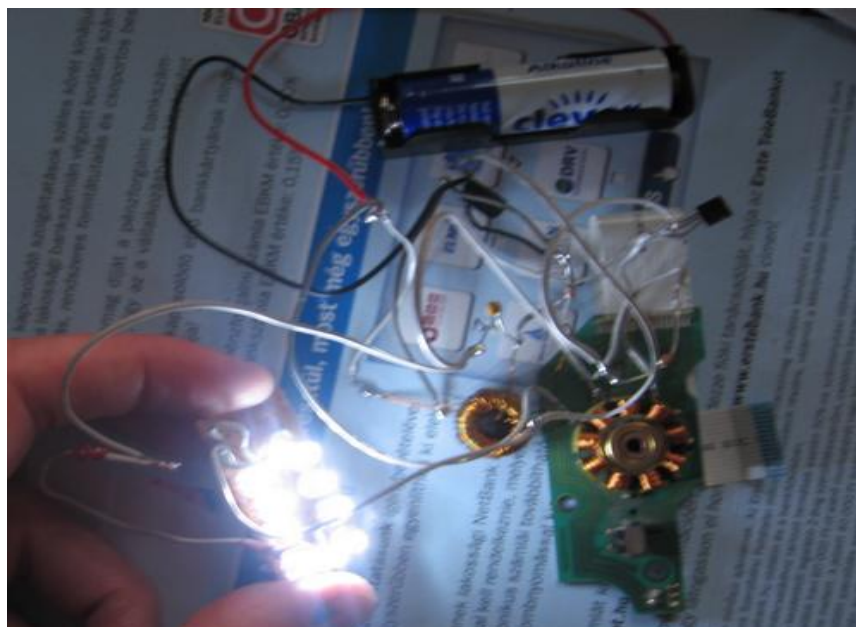
Az áramkört példaként 1 db (fehér) fényű led működtetésére szokták bemutatni. Már így is egy gazdaságos hosszú élettartamú ledes világító forráshoz juthatunk. Ami mindössze egy ceruza elemről vagy akkumulátorról működik. A szolárlámpák is hasonlóan működnek



Itt egy módosított 2 db „Joule Thief” áramkör összeépítésénél a cél a L tekercsek összekapcsolásával a kollektor ági indukciós energia növelése volt a cél. A C kondenzátor értéke 100 nF. A bemeneten mért fogyasztás 200-260 mA áram. A a kacsolás kisteljesítményű áramgenerátornak is tekinthető amely már képes több 1 W-os ledet is meghajtani, akár több lumennel is a becsült érték 15-25 Lumen közötti. Természetesen nem szükséges az 1 W-os lednek ekkora hűtőborda csak a gyorsaság és az egyszerűség kedvéért így sikerült kialakítani.

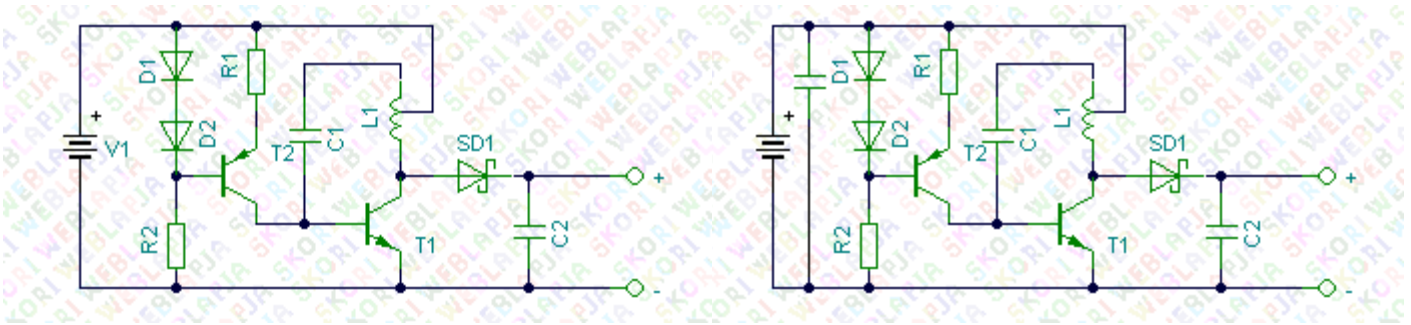
Az R értéke 2,2 K Ohm Az L1 L2 tekercsek itt a kisebb zavarászűrű legkisebb toroid gyűrűjén lettek kialakítva az L3 L4 egy rossz CD olvasó Brushless motor tekercseinek a felhasználásával lett kialakítva.

Itt a kapcsolás 10 db párhuzamosan kötött fehér fényű ledet hajt meg:



Az 1 W-os, hűtőbordára szerelt hideg fehér fényű led

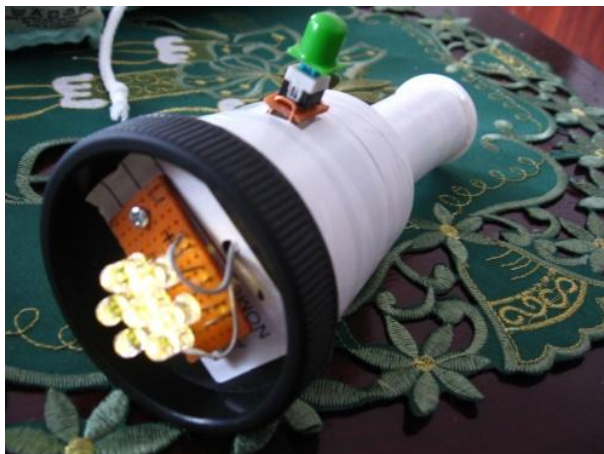
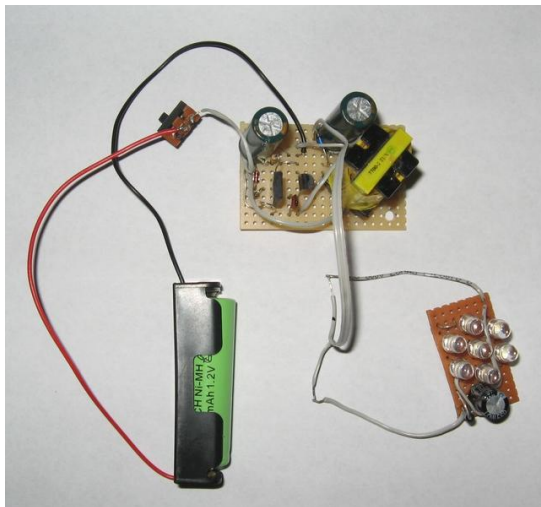




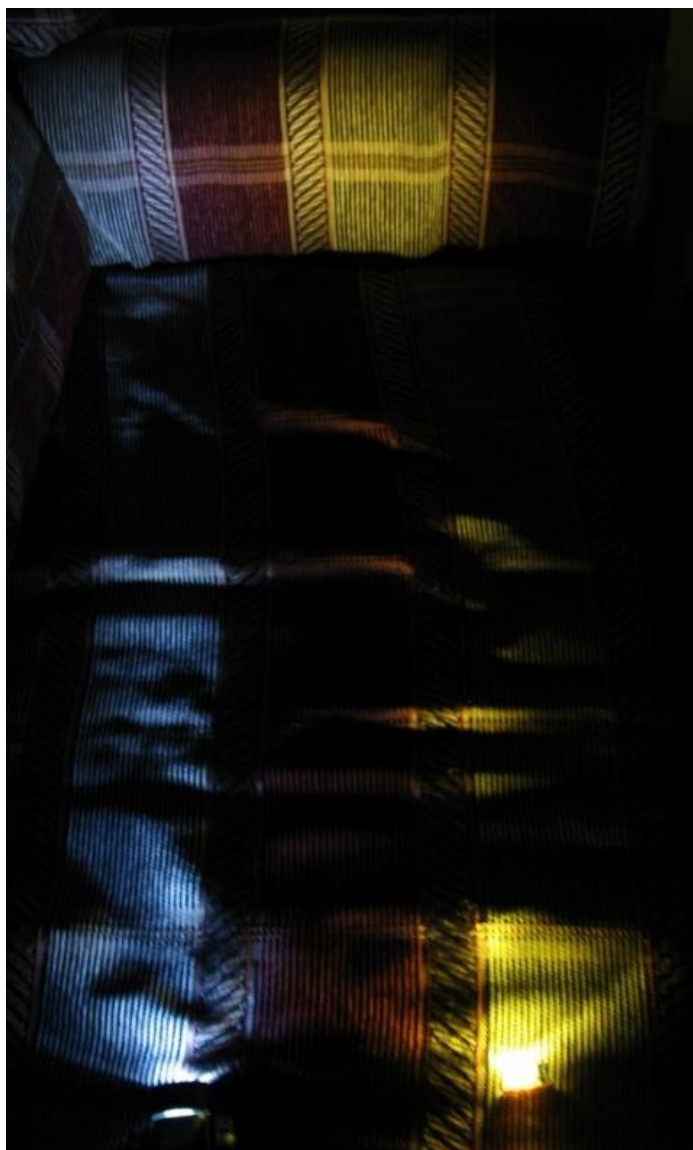
Többek véleményét megkérdeztem. Ezúton is szeretném megköszönni Skory javaslatait ötletit a továbbfejlesztéshez az ő javaslatára megépítettem s kipróbáltam a következő általa tervezett áramkört is !

Az áramkör nagyszerűen működik 7 sorba kapcsolt ledet simán meg tud hajtani egy 1,5 voltos ceruzaelemről 55-60 mA-es áramfelvétel mellett !

Az áramkör másik érdekessége hogy bekapcsolás után másodpercekkel kell várni hogy a teljes fényerőt elérje. Kikapcsolás után pedig a kimeneti pufferkondi jó ideig „izzásban” tartja a ledet. Ezt az áramkört egy egyszerű kis teljesítményű ledes lámpaként használom.



oldalon található a saját változat 7 db melegfényű leddel épített változat látható



Itt pedig egy „megbuherált” kínai led lámpa látható:

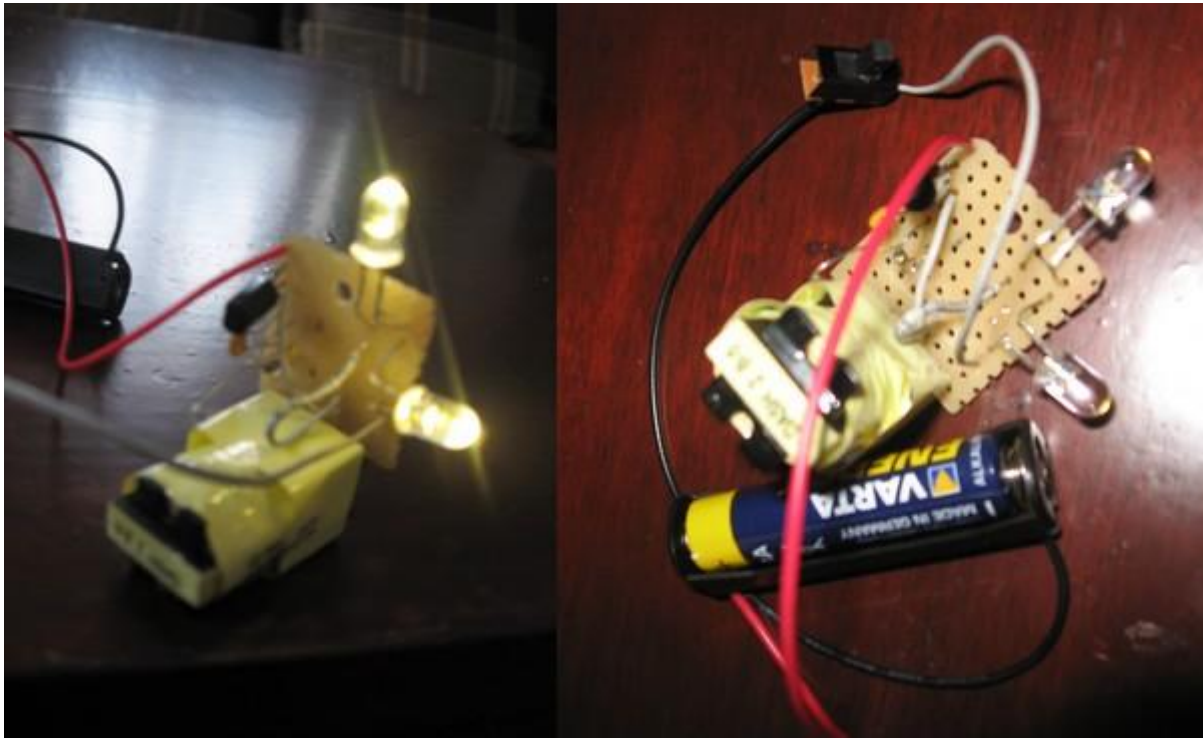


A „fej egység” mögé épített blocking oszcillátor látható a lámpánál. Az átalakítást azért csináltam, hogy a 3 emelet kiváltsam 1 db akkumulátorral. A fényerő még így is megfelelő. Az építés „legbonyolultabb része” a tekercs elkészítése volt. Könnyű dolgom volt ennél a lámpánál hátrafelé is elég hely volt a beépítésre, s a tekercs kivezetéseit is kényelmesen és könnyen rá tudtam forrasztani a led panel bevezető + - pontjaira.

Itt a másik ledes lámpa verzió Itt a már korábban említett rossz CD olvasó Brushless motor tekercseit használtam fel. Ez az áramkör a Skoryénál egyszerűbb a tranzisztor bázisához egy 1 K ohmos ellenállás és az ezzel sorba kapcsolt 16 Ohmos s az ezzel párhuzamosan kapcsolt 100 nF-os kondenzátor illetve egy sima dióda valamint egy 470 mikrófarados pufferkondenzátorból áll. A fogyasztást itt sikerült 18 mA-re „belőni” .



S végül egy kis éjszakai irányfényes áramkör itt szintén egy rossz pc táp trafója és tranzisztora lett felhasználva. A bázishoz egy 43 K ohmos ellenállás kapcsolódik egy 100 nf-os kondenzátorral. Itt a fogyasztás mindössze 1,8 mA ! Az egyszerű összedobott dizájnokért elnézést hirtelenjében így sikerült „bedobozolni” az áramköröket. Ezek nagy rész különböző használt flakonokból, dobozokból / pl. Eurovites C vitaminos doboz :) / is kialakítható, így csökkentve a keletkező hulladék mennyiségét.



Ezekkel az egyszerű kapcsolásokkal elsősorban azt kívántam bemutatni, hogy a használt vagy rossz tápegységekből kitermelt zavarszűrő toroid gyűrűk, vagy transzformátorokból felhasználásával, kiforrasztás után néhány alkatrész kiegészítésével milyen egyszerűen készíthető akár 5-8 egymással sorba kapcsolt ledet is meghajtani képes gazdaságos környezetbarát világító forrás. Mindenkinek szeretném megköszönni akik támogattak a munkában s legfőképpen a családom türelmét

Felhasznált irodalom:

<http://skory.gylcomp.hu/kistap/kistap.html>

<http://www.muzique.com/news/joule-thief/>

<http://www.evilmadscientist.com/article.php/joulethief>

Molnár László

Kedves Kollégák!

Örömmel tájékoztatom Önöket, hogy a Recytech projekt folytatásaként – az Intézetünk eljárástechnikai tervezésében, Clasikmechanik és Terra Center Kft. gépészeti tervezői és gyártói, valamint az UniFlexys menedzseri közreműködésével - megvalósult géprendszert, melynek eredményeként egy jól működő szeparációs technológiai rendszer épült meg a shredderüzemi maradékanyagok előkészítésére az ALCUFER Kft. fehérvárcsurgói telephelyén, 2012. november 22.-én sikeresen és ünnepélyes keretek között üzembe helyeztek.

Az avatóbeszédekben (5 volt) számos alkalommal kiemelték a Miskolci Egyetem és Intézetünk szerepét, tehát ez számunkra és az egyetemünk számára egyaránt, jelentős szakmai sikert hozott az átadás. Latorcai János az országgyűlés alelnöke és Kovács államtitkár pedig, mint magyar mérnöki sikert emelték ki, amely nemzetközi sikerre is számíthat.

Bevallom, oly sokszor hangzott el a dicséret felénk, mind az intézet, mind pedig a közreműködő személyekre vonatkozóan, hogy kezdtem babonás lenni, mert ismeritek Parkinson-törvényét, hogy ami mindig jól működik, az a gyakran éppen bemutató napján az mondja fel a szolgálatot. De most nem jött be Parkinsonnak, minden jól és szépen működött.

Prof. Dr. Csőke Barnabás