

## A települési szilárd hulladékok ártalmatlanításának és hasznosításának ökológiai kérdései

PFEIFFER ZSUZSANNA és KECSKÉS MIHÁLY

Fővárosi Közterület-fenntartó Vállalat  
és MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Magyarországon évente 14 millió m<sup>3</sup> szilárd települési hulladék keletkezik és annak mintegy 50%-át gyűjtik össze. (Falvaknál ez az arány 9%, városoknál 75%). A főváros 525 km<sup>2</sup>-nyi területén koncentrálódik az összlakosság 20%-a és az ipari termelés 50%-a, az évente összegyűjtött települési szilárd hulladék mennyisége meghaladja a 4 millió m<sup>3</sup>-t.

Természeti környezetünk károsodását jelentős részben a nem megfelelően kezelt termelési és települési hulladékok okozzák. A károsító hatás két formában jelentkezhet:

- Valamennyi hulladékká vált anyag helyettesítésére új, még érintetlen természeti erőforrások igénybevételére van szükség. A pazarló felhasználás következtében gyorsan csökkennek a természeti erőforrások.
- A keletkezett hulladékanyag a környezetbe kerülve szennyeződést okoz, megbontja az ökológiai egyensúlyt.

A hulladékeltávolítás korszerű fejlesztése, megfelelő ártalmatlanítási és hasznosítási módszerek kiválasztása a hulladék mennyiségére és minőségére vonatkozó megbízható adatokból indulhat ki.

A települési szilárd hulladékok részletes fizikai, kémiai, biológiai vizsgálatát KGST munkaprogram keretében a Fővárosi Közterület-fenntartó Vállalat Környezetvédelmi Laboratóriuma végzi.

A korszerű hulladékártalmatlanítási és -hasznosítási technológiák (égetés, komposztálás, biogáztermelés, pirolízis, másodnyersanyag-visszanyerés) fokozatos hazai bevezetése mellett a szilárd hulladékok rendezett lerakása még hosszú ideig jellemző és alapvető ártalmatlanítási megoldás marad.

A lerakóhely kijelölésének, üzemeltetésének lényeges környezetvédelmi kérdése a talaj- és a talajvízvédelem megoldása. A lerakóhelyeken végbemenő folyamatok ismerete szükséges ahhoz, hogy a környezeti terhelést okozó hatásokat kiküszöböljék. A talajban lebomló, az öntisztulási folyamatokat nem gátló szennyeződések (organogén anyagok) közegészségügyi szempontból, esetleges patogén mikroorganizmus-tartalmuk miatt veszélyeztethetik az emberi környezetet. A hulladék egy része tartalmazhat az egészségre káros, a talajban nem, vagy hosszú idő alatt lebomló alkatrészeket, amelyek talajszennyeződéseket okozhatnak. Az így szennyezett területek általában nem nagy kiterjedésűek, de koncentrátságuk révén jelentős károsodások forrásaivá válhatnak.

A helytelen hulladékkezelés okozta ártalmak veszélyeztethetik a települési környezet higiéniáját. A nyitottan kezelt hulladékok lehetőséget nyújtanak a rovarok, rágcsálók elszaporodására, egyes fertőzőbetegségek terjesztésére, a levegő szennyezésére por, bűz útján; a talajba kerülő szerves és szervetlen hulladékanyagok károsan megváltoztathatják a talaj összetételét, kedvezőtlenül hathatnak az edafonra, a talajtakaróra került vagy kiszórt anyagok bekerülhetnek a felszíni, illetve felszín alatti vizekbe.

Egyre több vizsgálati eredmény bizonyítja, hogy a rendezetlen lerakóhelyek környezetében a talaj és talajvíz szennyeződhet. Ilyen hulladéktelep közelében 41 talajvízre telepített ásott kút vizének mikrobiológiai, kémiai vizsgálati eredményei a talajvízre érvényes határértékeket meghaladták, a coliszám és a nitráttartalom értéke a szennyvizekre megengedett határértékeket is meghaladta.

A hulladék talajvíz-károsító hatására figyelmeztetnek laboratóriumi modellkísérleteink is. A modell-hulladékra 100 mm csapadéknak megfelelő vizet szivárogtattunk át, és meghatároztuk az átfolyó víz jellemző környezetvédelmi paramétereit. A vizsgálati eredmények szerint a hulladék jelentős mértékben tartalmazott vízzel kioldható szennyeződésekkel. Magas volt az átfolyó vizek oxigénfogyasztása, keménysége, nitráttartalma, nem várt módon ipari hulladékokra utaló cianid, kadmium, króm és nikkelt is kimutatható volt bennük.

A 29,7% papírt, 3,9% textilt, 4,5% műanyagot, 33,9% organikus konyhai hulladékot, 4% üveget, 3,5% fémeket, 20,5% egyéb anorganikus anyagot tartalmazó települési hulladék jelentős részét a fővárosban 1981-től égetéssel ártalmatlanítják. A 3346-10455 KJ/kg fűtőértékű hulladék összes baktériumszáma  $10^6$ — $10^8$  nagyságrendben évszakosan változik, a szelektív táptalajon kimutatott patogén baktériumok (*Esheria coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*) az égetési hőmérsékleten elpusztulnak.

Az égetéses ártalmatlanításnál keletkező nagy mennyiségű salak szükségessé teszi, hogy foglalkozzunk a salak elhelyezésével ill. hasznosításával, amelynek alapfeltétele, hogy ismerjük a salak kémiai jellemzőit.

A vizsgálatok során elektrometriás pH-méréssel meghatározott kémhatás minden minta esetében erősen lúgos: pH = 8,1—11,2. A 600 °C-on elégetett hulladék 32,4%-ban salak formájában maradt vissza. A kémiai meghatározásokhoz a salakot lúgos (kálium-hidroxidos) illetve savas ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) feltárásból keletkező törzsoldatokból határoztuk meg. A savas feltárást jobb hatásokkal végezhető, a M. Sz. 5922/2—78. előírásainak megfelelően.

A 42,1%  $\text{SiO}_2$ -ot, 5,19%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ot, 7,68%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ot, 13,60% CaO-ot, 16,62% MgO-ot, 4,34%  $\text{SO}_3$ -ot, 0,20%  $\text{K}_2\text{O}$ -ot, 1,3%  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ot, 0,4%  $\text{N}_2$ -t és egyéb, nem meghatározott alkotórészeket tartalmazó égési melléktermék a termikus salak, a természetes talajokban is előforduló alkotórészeket tartalmaz.

A laboratóriumi vizsgálatok kiterjedtek a települési szilárd hulladék elégetéséből keletkező salakok toxikológiai hatásának vizsgálatára is.

A salak, csakúgy mint a kiindulási hulladék, sokféle anyagot tartalmaz, amely közül több az optimális koncentráción túl káros lehet a talajban lejátszódó biológiai folyamatokra. Az élő szervezetek életjelenségeit gátolhatják, megszüntethetik, esetleg a megfelelő koncentrációban serkenthetik. A salakoknak illetve a bennük levő anyagoknak a toxikus hatását csíranövény-teszttel és baktériumteszttel határoztuk meg. A tesztek alapelve, hogy mind a csírázó magvak, mind a mikroorganizmusok rendkívül érzékenyek a mérgező anyagokkal szemben.

Megállapítottuk, hogy a nagy koncentrációk (10—50%-os salakszuszpenziók) hatása kedvezőtlen a csíranövény fejlődésére és a baktériumok szaporodására.

A Sasad MgTSz tárnoki telepén mikroparcellás szabadföldi kísérleteket állítottunk be. Két  $7 \times 7$  db  $4 \text{ m}^2$ -es területen a réti csernozjom talaj felső 15 cm-es rétegébe kevertünk ismert összetételű salakmennyiségeket (100—1000 g). Kísérleti növényként lucernát és céklát alkalmaztunk. Hat kezelést hét ismétlésben vizsgáltunk, latin négyzetes elrendezésű kísérleti terv szerint. Ez a kísérleti elrendezés biztosította a talajegyenletlenségekből adódó hibák kiküszöbölését.

A terméseredményeket variancia-analízissel értékelve megállapítottuk, hogy az alkalmazott kis dózisok nem gyakoroltak negatív hatást a termés mennyiségére, míg a 800—1000 g-os salakkoncentrációk a termésmennyiségeket 15—20%-kal csökkentették. A megfelelő előkészítés (szárítás, aprítás) után került sor az egyes termékek beltartalmi értékeinek vizsgálatára. A beltartalmi értékek meghatározásánál nem észleltünk szignifikáns növekedést vagy degradációt egyik kezelés esetében sem a kontrollparcellák hasonló értékeihez viszonyítva.

A tájékozódó jellegű előkísérletek eredményei alapján felmerülhet a termikus salakok egy részének talajon történő elhelyezése, azonban a mezőgazdasági felhasználáshoz további vizsgálatok szükségesek (a talajszerkezetre gyakorolt hatás ellenőrzése, adalékanyagokkal való bekeverés, hatásvizsgálatok).

A termikus salakok útépitési alapanyagként történő felhasználása svájci tapasztalatok és saját vizsgálati eredményeink alapján megkezdődött. A hulladékdepóniából szivárgó vizek mennyiségét és szennyező hatását sikeresen csökkentettük a hulladék égetésénél keletkező termikus salakok felhasználásával.

A hulladékok ártalmatlanításának hazánkban kevésbé alkalmazott módszere a komposztálás. A komposztálás során a szerves anyagot tartalmazó hulladékok a mikroorganizmusok tevékenységének hatására hőfejlődés közben lebomlanak. Értékes tápanyagokat lehet a szerves anyagokban elszegényedő talajokba visszajuttatni a komposztált hulladékokkal. A nem megfelelően érett komposzt felhasználása viszont közegészségügyi problémákat okozhat.

A hulladékdepóniában biokémiai-mikrobiológiai bomlási folyamatok során a szerves anyagokból anaerob körülmények között több lépcsőben keletkező biogáz metánt, széndioxidot, hidrogént, nitrogént, kénhidrogént tartalmaz. A biogáz minőségét a lerakott hulladék összetétele befolyásolja. 1 t kommunális hulladék bomlása során elméletileg 160–240 m<sup>3</sup>, 16 000 KJ/m<sup>3</sup> fűtőértékű gáz nyerhető. A biogáz-kinyerés megfelelően alkalmazott technológiájával a gáz veszély nélkül, jó hatásfokkal felhasználható.

Az egyre inkább jelentkező nyersanyaghiány indokolja, hogy a hulladékokat különböző előkezelés után fizikai, kémiai módszerekkel feldolgozzák illetve új terméké alakítsák. Minél több másodnyersanyag kerül vissza a termelésbe, annál inkább kímélhetjük az elsődleges nyersanyagforrásokat (1000 t papírhulladék újrafelhasználásával 10 hektár erdőt lehet megmenteni a kivágástól). Több technológia ismert a másodnyersanyagok visszanyerésére; a Cecchini-rendszerű technológia a gyakorlatban is bebizonyította életképességét, hogy versenyképes az égetőművekkel.

A hulladék hő hatására történő elbontása, a pirolízis technológiája a hulladékhasznosítás újonnan alkalmazott módszere. A még tisztázatlan problémák és a fennálló nehézségek ellenére már a közeljövőben várható a pirolízisen alapuló hulladékártalmatlanító nagyüzemek létesítése.

A hulladékártalmatlanítás módjainak megválasztását napjainkban még elsősorban gazdasági megfontolások döntenek el, a környezetvédelmi és ökológiai szempontok egyelőre sajnálatosan csak másodlagosak.