

## *Természetes folyamatok szervesen mikroszennyezőkkel szennyezett talajokban*

Gruiz Katalin

Toxikus fémszennyeződések esetében is lejátszódik a környezet adaptációja, szelektálódnak a toxikus fémeket tűrő és/vagy akkumuláló mikroorganizmus, növényi és állati szervezetek a talajban. Az alkalmazandó technológia, illetve a kockázatcsökkentő intézkedések megválasztásához a jelenlegi helyzet ismeretére és az abból adódó technológiai lehetőségek felmérésére van szükség. A toxikus fémekkel szennyezett talajokkal végzett kísérletek során azokat a folyamatokat igyekeztünk tisztázni, amelyek a toxikus fémek környezeti kockázatának megítélésében, és a remediálásban jelentősek. Ilyen fontos folyamat például a toxikus fémek talajból talajvízbe mosódása, a talajt alkotó kőzetekből való kioldódása, feltáródása, a kémiai formától és a kölcsönhatásoktól függő mobilizálódása és immobilizálódása.

A modellterületünk Gyöngyösorszi, Toka patak völgye, melynek részletes állapotfelmérése 2001 nyarán folytatott terepmunkában történt meg. A korábbi dokumentumok és felmérések alapján azonosítottuk a fő szennyezőforrásokat és készítettük el a felmérést (Gruiz, 2001a,c)

### *A Toka patak völgyének állapotfelmérése, a természetes folyamatok és a környezeti kockázat jellemzése*

A felmérés során az integrált kockázati modellt alkalmaztuk, melynek sémái a **253. számú adatlapon** láthatók (Gruiz és mtsai, 2001). Az integrált kockázati modell egyesíti a terjedési modellt és a területhasználatokkal összefüggő expozíciós modellt, és az útvonalakat jelző nyilak vastagságával a folyamatok intenzitása is jellemezhető, tehát azonosíthatóak a domináns kockázatok (Gruiz, 2001a). Az egyes szennyezett részterületek részletes felmérése integrált fizikai-kémiai-biológiai-ökotoxikológiai mérésekkel történt. A természetes folyamatok és a talajremediáció vizsgálatához három részterületet választottunk ki, az egyik a falutól északra az erdőben található meddőközet depóniák (kibányászott, de fel nem dolgozott érc) környezete, a második a flotációs meddőhányó és környéke, ezek természetes növényzettel takart területek, a harmadik Gyöngyösorszi, illetve Gyöngyös lakossága által használt patakparti kiskertek területei. A természetes terület az izolálatlanul tárolt meddőanyagoknak, a kiskertek elsősorban a patak áradásakor a talajra került szennyezett üledéknek kitett területek. E három területet részletesen is felmértük, a laboratóriumi mérések jelenleg is folynak. Újdonság, hogy a bányászati hulladékok és a szennyezett talajok fémtartalmának kémiai analízise során párhuzamosan mértük az összes és a mozgékony (modell oldószerekkel kivonható) fémtartalmat, és ökotoxikológiai tesztekkel az aktuális hatást, mely a biológiai hozzáférhetőséget, valamint a kölcsönhatásokat (toxikus fém-mátrix, toxikus fém-organizmus, fémek egymással) is magába foglalja. A természetes növényzet diverzitásának felmérése és a szennyezett talajok mikrobiológiai jellemzése részben megtörtént. A mérési adatok alapján, mind az ökológiai, mind a humán egészségkockázat helyspecifikus mennyiségi felmérése a célunk, és ennek alapján a remediáció célértékének meghatározása és a megfelelő remediációs eljárás kiválasztása.

A feldolgozatlan érckupacokban az évtizedek során előrehaladt a kilúgzás, a felszíni rétegeken megindult a talajképződés. A depóniák alatti területek viszont nagymértékben elsavanyodtak és nagymértékben elszennyeződtek a meddőközetből kioldódott mobilizálódott fémekkel. Az egyik kupactól 10 méterre vett talajminta fémtartalma (2M salétromsavas kioldással) As: 371; Cd: 0,8; Hg: 0,7; Cu: 16,0; Pb: 244; Zn: 159 mg/kg értéket mutat. A kupac közelében található időszakos vízfolyás vizének pH értéke: 2,6 volt, a víz fémtartalma: Cd: 24; Pb: 55; Zn: 6000 µg/liter (vízre vonatkozó határértékek rendre: 5, 10 és 200 µg/liter) (Gruiz, 2001a). A természetes növényzet vizsgálatakor a meddőközet-kupacok környezetében pozitív korrelációt mértünk a pH és a diverzitás között: a pH csökkenésével csökkent a borítottság, a fajsűrűség és a Shanon-index (Tatai, 2001).

A flotációs meddőhányó és környéke része a természetes ökoszisztémának (gyér növényzet borítja, állatok élőhelye, a meddőhányó tetején található állóvíz vizét az állatok ivóvízként fogyasztják, de a faluhoz való közelsége miatt az emberi területhasználatok is jellemzőek, kirándulók és ásványgyűjtők százai keresik fel és a falu roma lakossága is intenzíven használja gyűjtögetésre (tüzifa, bogycsók). A meddőhányón a növényi fajok száma lényegesen kisebb, mint a hasonló adottságú kontrollterületen. A növényzet gyér, csak ott van foltokban növekedés, ahol a meddőanyagot vékony rétegben letakarták épületalap készítésekor kitermelt sziklás alapkőzettel, melyen az évek során megindult a talajképződés, a

belekeveredett meddőanyag feltáródásával kísérve. A meddőhányó esetében a növényi diverzitás jellemzésére használatos indexek nehezen értelmezhetőek, mert a meddőhányón és környékén több hatás szuperponálódik: a flotációs meddőanyag feltáródása, a toxikus fémek mobilizálódása, a ráhordott takarórétegen a talajképződés heterogén foltokban történt megindulása, a területet jellemző szárazság és a szulfidos ércek oxidációjából adódó savanyodás (Gruiz, 2001c; Landergott és Moline, 2001).

A modellterületünkön egyik legkockázatosabb folyamat megismerése céljából részletesen vizsgáltuk a toxikus fémeket tartalmazó bányászati hulladékok és szennyezett üledékek talajba keveredése (levegőből leülepedés, áradás) utáni **feltáródást és toxikus fém mobilizációt**, spontán lejátszódó természetes körülmények között és laboratóriumi mikrokozmosz kísérletekben (Kenesi, 2001; Gruiz, 2001)

### *A meddőhányót takaró talaj teljes és mozgékony fémtartalma*

A meddőhányót alkotó szürke színű flotációs meddőanyag, az ércelőkészítés maradéka nagy fémtartalommal rendelkezik. Ez a fémtartalom állandó utánpótlódását jelent a Toka-patak völgyének egyik fő szennyezőforrásából, a meddőhányóból.

Annak ellenére, hogy a meddőanyag fémtartalma igen nagy, toxicitása a várttal ellentétben nem számottevő, ellentétben a takaró talajréteggel, amint ezt az 1. és 2. táblázat mutatja.

**1. táblázat: A meddőhányóról származó minták fémtartalma (mg/kg)**

Meddőanyag	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co
3M	91 000	7 041	6	5 940	1 680	606
4M	113 000	21 120	1	6 140	1 450	100
8M	19 000	2 970	46	1 010	90	175

**2. táblázat: A flotációs meddőanyag és a takaró talajréteg ökotoxikológiai jellemzése**

Minta	<i>Azotobacter agile</i> dehidrogenáz aktivitás	<i>Sinapis alba</i> gyökérnövekedés	<i>Vibrio fischeri</i> lumineszcencia
Flotációs szürke meddőanyag	Nem toxikus	Enyhén toxikus	Nem toxikus
Meddőhányót részlegesen takaró talaj	Nagyon toxikus	Toxikus	Nagyon toxikus

Erre az ellentmondásra az ökotoxikológiai tesztek eredményei hívták fel először a figyelmünket. A jelenség magyarázatát a következő kísérletből kaptuk meg: kétféle extraktumot készítettünk: az ún. teljes fémtartalmat perklórsav+salétromsav elegyével, bombában történő feltárás után határoztuk meg, a mozgékony fémfrakciót pedig 20%-os KNO<sub>3</sub> oldattal való kioldás után. (3. táblázat).

**3. táblázat: A meddőhányó rétegeinek összes és mozgékony fémtartalma**

Minta	pH	Teljes fémtartalom mg/kg			Mozgékony fémtartalom mg/kg		
		Zn	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu
Szürke meddő	7,0	31 858	4 971	2 450	3,4	1,2	0,6
Vörös meddő	7,1	2 248	481	114	4,3	0,1	0,0
Sárgásszürke	7,3	7 571	2 766	984	3,9	1,7	0,6

A tendencia, melyet a fizikai-kémiai és biológiai eredmények együttes alkalmazásával kaptunk csak első pillantásra meglepőek. A csak minimális meddőanyag mennyiséggel keveredett takaróréteg toxicitása messze meghaladja a meddőanyagokét, annak ellenére, hogy a meddőanyag összes fémtartalma akár 10-50-szerese is lehet a takarórétegenek. Az akut kockázatot tehát a mobilizálódott, mozgékony fémtartalom határozza meg.

Ezek az eredmények egy rendkívül veszélyes folyamatra hívják fel a figyelmünket, nevezetesen a feltáródásra, mely folyamatosan zajlik a talajok képződése, fejlődése, a talajt alkotó kőzetek mállása

során. A bányászati hulladékok a talajképződés szempontjából alapkőzetnek tekintendők, olyannak, amely a fizikai aprózódáson az ércelőkészítés során már keresztül ment, tehát a kémiai és biológiai mállás alapfeltétele megvan. A nagy fajlagos felületű anyag a talajba kerülve, gyorsított málláson megy keresztül, rövid időn belül mobilizálódhat az 1. táblázat által mutatott teljes fémtartalom.

Ez a folyamat mind a természetes területek ökoszisztémáját, mind a mezőgazdasági művelés alatt álló területeket veszélyezteti, hiszen a patakparti kiskertek évi rendszerességgel elárasztódnak, a patak lerakja a szállított üledéket, amely a meddőanyaghoz hasonló összetételű, de még könnyebben mobilizálódó toxikus anyag tartalommal rendelkezik.