

A diffúz szennyezettség környezeti kockázatának csökkentése érdekében speciális gondolkodásmódra és módszerekre van szükség. A Műegyetem, a Talajtani Kutató Intézet, a MECSEK-ÖKO Zrt. és a Tatai Környezetvédelmi Zrt. részvételével folyó „BÁNYAREM” című kutatás-fejlesztési projekt bányászati tevékenységből visszamaradt pontszerű és diffúz szennyezőforrások környezetmenedzsmentjével foglalkozott. A projekt címe a „bányászat” és a „remediáció” kifejezéseket rejt. Remediáció a környezet gyógyítását jelenti.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem kutatócsoportja 1989-től foglalkozik a Gyöngyösoroszi felhagyott bányászati tevékenység környezeti kockázataival. A Toka-patak völgye a Műegyetem környezetvédelmi oktatóterülete, ahol a környezeti problémák és megoldások széles körét mutathatják be az egyetemi hallgatóknak.

2003-ban a Nemzeti Kármentesítési Terv keretében Mecsek-Öko Zrt. a Mecseki Uránbányánál szerzett tapasztalatai alapján megbízást kapott a bányabezárás munkák kivitelezésére és a terület, nagyméretű pontszerű szennyezőforrásainak remediálására.

A BANYAREM projekt a remediációs munka utolsó fázisára, az el nem távolítható, szétszórott szennyezettség (diffúz források) környezeti kockázatának csökkentésére keresett megoldást. A környezeti kockázat a szennyezőforrások fémtartalmából adódik (arzén, kadmium, réz, ólom, cink). A bányászati hulladék lerakatok felszíne borítatlan, a csupasz felszín ki van téve az időjárási viszonyok (eső, szél, nap, stb.) okozta lemorzsolódásnak (erózió). A BANYAREM kutatás-fejlesztési projekt lényeges vonásai, hogy a teljes vízgyűjtőterülettel, mint egységes egésszel foglalkozik és a modern eszközökkel kiszámított környezeti kockázat nagyságán alapul a szennyezettség megítélése, a terület jövőbeni minőségének meghatározása és a remediációs módszer megválasztása.

## A munka szakaszai

A komplex bányabezárás és remediációs munka első részében megtörtént a terület állapotfelmérése, a szennyezőforrások, a terjedési útvonalak, valamint a jelenlegi szennyezettség feltérképezése. Azonosítottuk a veszélyeztetett területeket, a területek használóit (emberek vagy természetes ökoszisztéma), melynek eredményeképpen a Toka-patak vizét, mint a terület legérzékenyebb pontját, választottuk mérvadónak.

A második lépés annak meghatározása volt, hogy a Toka-patak vízgyűjtője milyen minőségű legyen a bányabezárás és a remediációt követően. A patak és a tavak vizére a legszigorúbb követelményeket állítottuk fel, hogy azok turisztikai és szabadidős célokra is alkalmasak legyenek. A talajra a mezőgazdasági normákat vettük alapul.

Az első munkaszakaszban a bányamérnökök ismét járhatóvá teszik az évek óta vízzel elárasztott bányát, szétválasztják az északi és déli mezőket és elvégzik a tárok és aknák időtálló lezárását.



Új-Károly-tározó bányameddő



Flotációs meddőhányó

A terület remediációja, vagyis a bányászati hulladékok eltávolítása és izolálása már folyamatban van.

- A legnagyobb, erózió által még szét nem hordott bányameddőhányókat eltávolítják az északi erdős területről, a szennyezett anyagot a flotációs meddőhányóra hordják.
- A savas bányavíz kezelésére modern víztisztító technológiát telepítettek, intenzív ülepítéssel és centrifugás víztelenítéssel. A víztelenített meszes csapadékot hulladéklerakóba szállítják.
- Megszüntették a vízkezelő üzem ülepítőmedencéit, belőlük puffertározókat képeztek ki. Leeresztették a Bencevölgyi víztározó vizét és az ott éveken át ülepített vörös víztisztítási csapadékot szárítás után veszélyes hulladéklerakóba szállítják.
- Több méteres izoláló és termőréteggel fogják letakarni a Szárazvölgyi flotációs zagytározót, ha már minden hulladékot felhordtak a tetjére. Optimális, tájba illeszkedő alakja lesz, és vízgyűjtő árok veszi körül, amely a remediált meddőhányóról lefolyó csapadékvizet a vízkezelőbe, majd a Toka-patakba vezeti.
- A Toka-patak víztározóinak szennyezett üledékét eltávolítják. A régi havária-tározó szennyezett anyagát már kiürítették. Az ipari víztározó vízszintjét lecsökkentik, hogy hozzáférjenek az üledékhez. A szennyezett üledék kikotrása után a tavat visszaadják a természetnek. A mezőgazdasági tározó és a Toka-patak üledékének kikotrása, a meder és az árterületek rehabilitációja a közeljövő feladata.

A körülhatárolható pontforrások eltávolítása és remediálása után visszamaradó enyhébben szennyezett talajfelületeket, az évek során a szél és a víz által tovább szállított, áthalmazott, ma diffúzan szétszórott hulladékokat, a természetlen hulladékok miatti kopasz foltokat valamint a hulladékok kitermelése miatti felszíni sebeket a BANYAREM projektben kidolgozott eljárással lehet meggyógyítani, remediálni.



Az ipari tározó leeresztése



A Bencevölgyi tározó kiürítése

A BANYAREM projekt a helyszínen maradó, izolálatlan hulladéklerakatok kockázatának csökkentését és erre alkalmas remediációs technológiák fejlesztését tűzte ki célul. A projekt egyik kísérleti területe a Gyöngyösoroszi Altároi Bányaudvaron található, a másik a Toka-patak öntésterületén.

## Kombinált kémiai- és fitostabilizáció

A pontforrások eltávolítása és izolálása utáni feladathoz, a maradó és szétszórott szennyezőforrások remediálására kombinált kémiai és fitostabilizációs módszert fejlesztettünk ki. A technológia lényege az, hogy a szennyezett talajhoz adott adalék kémiai reakcióba lép a talaj toxikus fémtartalmával, ezáltal a fémek vízoldhatósága és növény általi felvehetősége lecsökken. A növények növekedése megindul és a növényi takaróréteg stabilizáló, eróziógátló hatása megakadályozza a szennyezőanyag tovaterjedését.



Kémiai- és fitostabilizáció sémája

A növénytakaró gátolja a kiporzást és a fémek esővíz általi kimosódását is, így a toxikus fémek sem a levegőbe, sem a felszíni vízbe, sem a növényekbe nem kerülhetnek be. Olyan növényeket alkalmazunk, melyek a föld feletti szerveikben nem akumulálnak toxikus fémet, gyorsan nőnek és tökéletesen fedik a talajt. A kémiai kezelés erőművi pernye és mésszel kevert pernye alkalmazását jelentette. Az adalékok kiválasztása sok száz laboratóriumi kísérlet eredménye alapján történt. Az ábra a kémiaival kombinált fitostabilizáció vázlatát mutatja: A toxikus fémek továbbra is a talajban maradnak, de ártalmatlan formában, ami sem a vizeket, sem a növényeket nem veszélyezteti, és a növénytakaró miatt a hulladék szél és víz általi szállítása is nagymértékben lecsökken.

Az Altáró udvarán három kísérleti parcella került kialakításra a Bányabérci hulladéklerakat természetlen anyagából. Egy adalék nélküli kontroll parcella mellett, egy pernyével és egy pernye+mésszel kezelt parcellát vizsgáltunk. A kísérleti növények a következők voltak: fűkeverék, cirok, szudáni fű. A kezeletlen parcella felülete kopár maradt, nem alakult ki rajta növénytakaró. Az adalékokkal kezelt parcella felületére telepített növényzet jól nőtt, a fűkeverék egybefüggő takaróréteget hozott létre, megfogva ezzel a talajt és a vizet, így a szél és víz talajpusztító hatásának ellenálló felületet kialakítva. A cirok és a szudáni fű sorokba ültetve nőtt és hasznosítható terméket eredményezett. A növények fémtartalma a kezelt parcellákban határérték alatti. Összehasonlítva a szennyezett területeken növő természetes növényzettel ez nagy eredmény, mert a meddőhányókon növő növények a határérték 10–100 szorosát is tartalmazhatják egyes fémekből.

A talajon átszivárgó vizet a kísérlet kedvéért a kísérleti parcella alá helyezett vízgyűjtőrendszerrel összegyűjtöttük és folyamatosan mintáztuk és analizáltuk. A kezeletlen parcella igen savas és nagy fémtartalmú csurgalékvizéhez képest a kezelt parcellákból kevesebb és jó minőségű (határérték alatti) víz kerül ki.

A patakparti elárasztott kertek talajára is kipróbáltuk a talajstabilizációs eljárást. A kísérletek itt is pozitív eredményt hoztak, a kísérletekbe bevont növények: kukorica, szudáni fű és cirok fémtartalma a kezelés hatására nagymértékben lecsökkent és határérték alá került.

Az első sikerek után további kísérleteket indítottunk más bányászati hulladékok, meddőközetek kémiaival kombinált fitostabilizációjára. Az első eredmények intenzív növénynövekedést mutatnak.



Kezeletlen (kontroll) parcella



Pernye+mész kezelés hatása



Fűkeverék a kezelt parcellán



Szudáni fű a kezelt parcellán

A kémiai stabilizálószer hatására a fémek a talajban víz és növények számára hozzáférhetetlen formájúvá alakulnak. Tehát az esővíz nem oldja ki a toxikus fémeket a talajból, nem mossa a felszíni és felszín alatti vizekbe, a növények pedig nem tudják felvenni, szervezetükbe beépíteni és ezzel más élőlényeket veszélyeztetni. A korábban kopasz területeket borító növényzet jótékony hatással van a talaj stabilitására, lecsökkenti a talajpusztulást és a szennyeződés szétszóródását.

A kombinált kémiai- és fitostabilizáció hatékonyságát mutatja a táblázat, melyben a kezeletlen és a kezelt parcellákon átszivárgó csurgalékvíz és a növényzet fémtartalom adatai láthatóak. A pernye+mész stabilizáló hatására határérték alá csökkentek az értékek.

Kezelés	Víz Cd µg/liter	Víz Zn µg/liter	Víz Pb µg/liter	Növény Cd mg/kg	Növény Zn mg/kg	Növény Pb mg/kg
Kontroll	441	89 080	53	Nem nőtt	Nem nőtt	Nem nőtt
Pernye	138	30 380	131	1,2	192	60
Pernye+mész	2	230	2	0,16	58	8
Határérték talajvízre, ill. takarmányra	5	2000	10	1	200	10

**A BÁNYAREM Projektet** a KPI közreműködésével a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium és az EU-val közösen finanszírozta. A kutatás-fejlesztés 2005–2007 között folyt, 22 kutató és kivitelező részvételével. Fő eredményei a diffúz szennyezettségre kidolgozott kockázatfelmérési metodika és a toxikus fémekkel diffúzan szennyezett területek remedialására kifejlesztett kémiaival kombinált fitostabilizációs technológia. Az eredményekből nemzetközi együttműködések, 13 publikáció, 3 diplomamunka és egy Ph.D. dolgozat született.



# BÁNYAREM

GVOP-3.1.1-2004-05-0261/3.0

## A GYÖNGYÖSOROSZI BÁNYA BEZÁRÁSA ÉS A TOKA-PATAK VÖLGYÉNEK REMEDIÁLÁSA

Egy bánya bezárása szigorú előírások szerint történik. A bányaterületet úgy kell visszaadni a természetnek és a területet használó lakosságnak, hogy a bányászattól visszamaradó kockázatok a lehető legkisebbek legyenek. Gyöngyösorosziban 1985-ben felhagytak a cink-ólom bánya működtetésével, de a bánya bezárására csak 2005-től került sor.

A végleges bányabezárási folyamat során a néhai bánya aknáit és táróit biztonságosan lezárják, a bányászati hulladékokat statikailag biztonságos és a környezettől izolált tározókban és meddőhányókban helyezik el, hogy a bányászati hulladék ne kerülhessen kapcsolatba a természetes ökoszisztémával vagy az emberrel. A hulladékok letakarására jól ismert és bevált technológiai megoldásokat alkalmaznak.

A teljes vízgyűjtő-területen szétszórtnak, kisebb-nagyobb foltokban, kupacokban előforduló bányászati hulladékok kezelésére ma még nincs általánosan elfogadott módszer. Ilyen szétszórtnak, ún. diffúz szennyezőforrás az itt-ott lerakott, kiborult, rossz minősége miatt fel nem dolgozott érc és meddőközet, valamint a felszíni vizek által szállított és a vízfolyások mentén lerakott és a víztározók üledékében felgyűlt szennyezett anyag. A patak által elárasztott talajokra került fémtartalmú hulladék is ebbe a kategóriába tartozik. A szétszórtnak hulladék összegyűjtése és eltávolítása csak részben lehetséges, letakarása sem megoldható.