

Meddőhányók földtani-geotechnikai vizsgálata in-situ módszerekkel

Stickel János
ELGOSCAR 2000 Kft
janos.stickel@elgoscar.eu

Összefoglalás

A cikk ismerteti néhány meddőhányó vagy hulladéklerakó komplex földtani-geofizikai-geotechnikai megkutatásának eredményein keresztül a diagnosztikai lehetőségek egyegy elemét és az általuk nyerhető információkon keresztül a megválaszolható, vagy éppen felvetődő kérdéseket, jelenségeket. A klasszikus és eseti tározó vizsgálati módszerek mellett a mérnök geofizikai szondázással megadható paraméterek listáját is megadja. Az esettanulmányok radioaktív hulladéktározó, ércfeldolgozó zagytározó, erőművi zagytározó és vegyes kommunális és ipari hulladéktározó példáin keresztül bemutatva elősegíti a komplex megközelítés gyakorlattá tételét és ösztönzést ad új módszertani keretek kidolgozására.

Kulcsszavak: geofizikai módszerek, mérnökgeofizikai szondázás, radioaktív zagytározó, ércfeldolgozó zagytározó, erőművi zagytározó, vegyes kommunális és ipari hulladéktározó

1. BEVEZETÉS

Az iparosítás korszakában megindult extenzív gazdaságfejlődés a nyersanyagok és fosszilis energiahordozók szinte korlátlan beszerzését igényelte. A nyersanyag hozzáférés első lépcsőjének tekinthető földtani kutatások szinte kizárólag nyersanyag orientáltságúak voltak és évtizedek alatt komoly módszertani fejlődésen mentek keresztül, létrehozva azt a széles alapokon álló eszköztárat és elméleti-tapasztalati tudást, amely mint kutatási módszer jelenleg rendelkezésünkre áll.

A felfutó bányászat és ipari tevékenység működése során a haszonanyag megszerzését olyan környezetvédelmi mellékhatások kísérték, amelyek felismerését és valós értékelését sem a kor igényei, sem tudományos-technológiai lehetőségei nem tették lehetővé. A bányászat által megmozgatott közettömegek nagy része a hasznosíthatósági kritériumok alapján meddőnek bizonyult és ekként került deponálásra. A nyersanyagokhoz való hozzáférés bonyolultsága és a befogadó közetekben gyakran tapasztalt alacsony koncentrációk nagy tömegű meddőt eredményeztek, amelyek évtizedek alatt hatalmas kiterjedésű objektumok létrejöttéhez vezettek.

A meddőt befogadó objektumok megfigyelése, ellenőrzése kis ráfordításokkal, egyszerű módszerekkel valósultak meg, amelyek mai szemléletünk tükrében inkább adminisztratív kontrollnak tekinthetők. A meddő hasznosítása a legutóbbi időkig – éppen a bányászat produktivitása okán – komolyan fel sem merült. A környezetre gyakorolt hatások átfogó bemutatása, a környezethez való viszony átértékelése szintén új utakat nyitott, amelyben összekapcsolódnak a hasznosíthatóság, a környezetterhelés és a biztonságba-helyezés kérdései. A környezetvédelemben lezajló szemléletváltás tette lehetővé, hogy sokkal realitásabban láthassuk ezen objektumok valódi tulajdonságait és a környezethez való – egyre bonyolultabbnak tűnő – viszonyait.

A hasznosítás, a további üzemeltetés, vagy biztonságos felhagyás kérdéseinek megítélésakor fontos feltétel az objektumok alapos és hozzáértő vizsgálata, mely feltárja a különféle környezetvédelmi és geotechnikai kényszereket, kereteket szabva a szóba jöhető megoldásoknak. Azonban az elmúlt időszak történései rávilágítanak arra, hogy az eddig alkalmazott vizsgálati módszerek, hatósági ellenőrzési eljárások végletesen alábecsülték a kérdések bonyolultságát. Azzal szembesülünk, hogy nincs kifejezetten az ilyen típusú és méretű objektumokra adaptált, széles alapokon álló vizsgálati módszertan, mely alkalmas lenne a hiteles diagnosztikai értékelés elvégzésére.

2. MÓDSZERTANI MEGALAPOZÁS

A meddőhányók diagnosztikai fázisának bonyolultsága több tudományterület együttes alkalmazását igényli. A legtöbb megválaszolandó kérdés ma már a földtan és környezetvédelem területéről jelentkezik és ezek értékelésében a vezető szerepet minden kétséget kizáróan a földtudományoknak lehet és kell ítélni. Ugyancsak nagyon fontosnak tartjuk a geotechnikát, amely részben érintkezik a földtudományokkal. Az egyéb tudományok elsősorban adatszolgáltatást végeznek e két szakterület számára.

A meddőhányók szakértői vizsgálatának lefolytatását a fokozatos közelítés szabályának betartásával célszerű megoldani, azaz a kutatást vizsgálati fázisokra kell bontani (előkutatás, alapkutatás, részletezés). Ennek tükrében az első két fázisban elsősorban geofizikai, a részletezésben pedig főként geológiai és geotechnikai vizsgálatok tervezhetők, bár a határokat nem lehet és nem is szabad mereven kezelni.

A módszertani kérdések egy része méréselméleti és gyakorlati, egy része pedig informatikai jellegű. A mérésekhez hibátlan módszertan és eszközpark, valamint megfelelő gyakorlat kell, amely feltételezi a feldolgozó eljárások gazdag, jól dokumentált tárházát és a használatban kellően járta szakembergárda meglétét. Fejlett modellező eljárások nélkül gyakran nem lehet helyes megítélést kialakítani, mivel a modellszámítások adják a keretet és a végső kontrollt a megfigyelt adatokhoz. A modellezés jósága a megfelelő számú és minőségű adat mellett a modellező személy tapasztalatától, szemléletétől és a matematikai modell fejlettségétől is nagyban függ. Ez utóbbi manapság kezd arra a szintre fejlődni, ahol izgalmas új eredmények várhatók. Ugyanakkor, az értelmezés, mint legmagasabb szintű szakértői tevékenység a legnehezebb próbaköve minden vizsgálatnak. Itt nagy tapasztalatokkal rendelkező szakemberek és konvencionális értékelési módszerek megléte mellett gyakran lehet ismeretlen területre tévedni, ahol nagy eredménynek tekinthető az is, ha egy új kérdés egyáltalán felvetődik vagy újszerűen kapcsolódik valami ismert kérdéshez. A meddőhányókkal kapcsolatban az új kérdések száma a kolontári katasztrófa után megszorodni látszik.

A módszertani kérdések között gyakori hiányosság, hogy minden vizsgálat az objektumra koncentrálódik, és nem fektetnek megfelelő hangsúlyt a környezetbe illesztéshez. Ez súlyos hiba, olykor a környezettel való interakciók a távoli környezet történéseinek gondos figyelembe vételét követelik meg (földrengés veszélyeztetettség, szennyezőanyag transzport, felszín alatti vizek terhelése, meteorológiai hatások, stb.)

A bemutatásra kerülő célobjektumok jellemzése:

ipari tározó kazetták, szélsőséges pH-jú iszapos zagyítottással, 15-20m magasságú, 20-50 hektár kiterjedésű, eltérő korú és állapotú cementált töltéstestekkel.

Klasszikus tározóvizsgálati módszerek:

- Hagyományos mintavételek, geotechnikai laborelemzések, modellszámítások (kiemelendő: Dr. Asbóth János metodikai alapvetései a tervezés és ellenőrzés szempontjaira). Problémák:
 - o A mintavételi helyek és mélységek sok prekonceptiót tartalmaznak az objektum állapotáról
 - o A vizsgálatok kizárólag pontszerű eredményeket adnak
 - o A vizsgálati szám rutin eljárásban kevés
 - o A magképtelen (!) töltéstestek nincsenek megfelelően minősítve
 - o A statikai modellező programok kizárólag rugalmas alakváltozásokat kezelnek legfeljebb 2.5 dimenzióban (szokásos eljárás: 1D)
- Penetrométerek, nehéz verőszondák: Az erősen cementált töltéseken nem alkalmazhatók (ez a jellemző)
- Geoelektromos szelvényezések: A kitöltő pórufolyadék magas vezetőképessége elfedi a tározó kőzet szerkezeti képét, ezáltal csak a szennyezettségi állapotra lesz érzékeny.

Eseti tározóvizsgálati módszerek:

- Egyéb felszíni geofizikai mérések: indoklás szükséges az alkalmazhatósághoz (felbontóképesség, érzékenység, értelmezés kérdései)
- Mélyfúrás geofizikai módszerek: A részletező fázisban egyes módszerei szinte megkerülhetetlen jelentőségűek.
- Mérnökgeofizikai módszerek: A kisebb behatolási mélység ellenére egyes módszereitől nagyon értékes eredmények várhatók.

A tározók állapotfelmérésnek legnagyobb problémái az időbeni változások előrejelzése körül jelentkeznek. Bár egy aktuális állapot megfelelő jellemzése is komoly kihívásokat tartogathat, az időbeliséget nagyon nehéz egy pillanatnyi állapot alapján megítélni. A gondot azok a relaxációs és szennyezőanyag transzport jelenségek okozzák, amelyek időállandóiról gyakran nincs értékelhető információnk. A transzport még

viszonylag kezelhető, ha a tározó és szűkebb környezetének permeabilitási és tározási tulajdonságait megfelelő részletességgel meghatároztuk. Ám a mechanikai állékonyság relaxációs időhöz kapcsolódó kérdéseit nem tudjuk hitelesen értékelni, mivel a geotechnikai modellek kizárólag rugalmas alakváltozások számítását teszik lehetővé és az elasztikus-plasztikus tulajdonságok hatását nem veszik figyelembe. Ezen utóbbiak éppen a miatt jelentenek nagy gondot, hogy a közetfeszültségek és az alakváltozások között fáziseltolódások és csillapodások-nagyítások lépnek fel.

Az időbeliséget – jobb híján – a mérések gyakori ismétlésével és/vagy állandó monitoring tevékenységgel lehet-lehetne láthatóvá tenni. A feltételes mód azért van, mert a monitoring tevékenység csak viszonylag szűk módszertannal áll rendelkezésre (kutak, inklinométerek, szeizmométerek) és azt sem működtetjük kellő számban. A modellekhez felvett nagyszámú állandót pedig irreverzibilis változások miatt nem szabad állandónak feltételezni, azt időszakosan meg kell újítani.

A vizsgálati módszerek közül kiemelhetők a geofizikai módszerek, közülük is a mérnökgeofizikai szondázás, amely az in-situ környezetdiagnosztikai állomás szerepét tölti be többféle kutatási feladatban. A módszer a penetrometriai vizsgálatok és a mélyfúrás geofizikai vizsgálatok kombinációjaként lett kifejlesztve, és továbbfejlesztése nem állt meg. Előnyös tulajdonságai között a legfontosabbak a következők:

- zavartalan rétegparaméterek megismerhetősége;
- in-situ vizsgálatok lehetősége;
- nincs elárasztott zóna, mint a mélyfúrások többségénél;
- kisaktivitású sugárforrások alkalmazásának lehetősége.

Mindezek mellett teljes értékű fúróberendezésként is üzemeltethető, mely szárazfúrásos technológiát biztosít a felhasználónak.

A mérnökgeofizikai szondázás által (jelenleg) mérhető paraméterek:

CPT-paraméterek:

Qc	- Csúcsellenállás	Litológiai alapmarker
Rf%	- Palástsúrlódás	Litológiai segédmarker
U2	- Pórusvíz nyomás	Közetfeszültség indikátor
INKL	- Inklinométer	Technikai paraméter

Nukleáris paraméterek:

GAM	- természetes gamma	Litológiai-mineralógiai alapmarker
DEN	- halmazsűrűség,	közetosztályozó paraméter
NPHI	- neutron-porozitás (víztartalom)	közetosztályozó paraméter

Villamos paraméterek:

RES	- fajlagos ellenállás	Litológiai-szennyezettségi indikátor
IP	- indukált polarizálhatóság	Litológiai-szennyezettségi indikátor
SP	- természetes potenciál	Litológiai-szennyezettségi indikátor

Elektromágneses (UV-fotometriai) paraméterek:

FFD	- 2 csatornás szerves fluoreszcencia	Szerves szennyezettségi indikátor
------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Származtatott paraméterek:

4 fázisú közetmodell és ebből számítható további paraméterek

- Rugalmassági modulus
- Konzisztencia
- Permeabilitás
- LITO-tényező
- Rétegsor és rétegparaméterek

A mérések 1-10 cm közötti mélységközzel, kvázi folyamatos szelvényben vehetők fel. A kutatási mélység az első kemény képződményig (pl. mészkő, dolomit, homokkő stb.), laza rétegekben 20-30 m-ig terjed. Alkalmazásával minden 10-20 cm-nél vastagabb, környezetétől eltérő tulajdonságú földtani réteg biztonsággal kimutatható olyan közegben is, amely laza szerkezete folytán magképtelen.

3. ESETTANULMÁNYOK

3.1. Radioaktív hulladéktározó

A radioaktív ércek feldolgozásából származó meddők különleges kategóriát alkotnak radiológiai tulajdonságaik miatt. Évtizedeken át tartó bányászatuk és feldolgozásuk nyomán Európa-szerte több

nagyméretű zagyártározó jött létre.

A magyarországi tározó Pécs térségében már két évtizeddel ezelőtt is célterülete volt a felszíni geofizikai méréseknek. Akkor még működő állapotában vizsgálták VESz-GP-Tranziens és EM31 mérésekkel, melynek célja a közeli vízbázis érintettsége volt. Megállapították, hogy a tározóból magas ionos vezetőképességű vizek szivárogtak el különböző irányokban. Ezeket a méréseket később megismételték a szennyezettségi frontok változásának meghatározására.

Az egyik fontos kérdés volt a radioaktív zagyösszetevők migrációjának kérdése. A radiológiai méréseket először mérnökgeofizikai vizsgálatokkal végezték el a felhagyást-követő időszak elején. A következő mérésszelvények a zagyon és a szennyezett külterületen felvett adatsorokat mutatják.

Megállapítható volt, hogy a zagy aktivitása eléri a méréshez használt gamma-forrás aktivitását. A fekvésében lévő radioaktív anyag infiltrálódás szépen kimutatható átmeneti zónát eredményezett, de oldalirányban nem tapasztaltunk számottevő szétáramlást. A talajvízbe oldódott magas vezetőképességű ionos szennyezettségű zagy viszont a tározótól 50 m-re lévő külső ponton a teljes mérésszelvényben jól látszik.

A mérnökgeofizikai vizsgálatok igazolták a felszíni geofizikai mérések indikációit. Az objektum ma már rekultivált állapotban van és figyelő-kutakból kialakított monitoring rendszerrel rendelkezik. A csapadékvíz okozta beszivárgást aktív gyűjtő-kezelő rendszerrel végzik. A fitoremediációs megoldás nem volt egyértelmű siker, a tervezett flóra egyéves túlélési aránya gyenge lett.

3.2. Ércfeldolgozó zagyártározó

Az ércek kinyeréséhez használt savas feltárás széles ipari alkalmazást nyert. A meddőt tartalmazó zagy alacsony pH-jú és polimetallikus ásványtársulásokból származó toxikus nehézfémeket gazdagon tartalmaz.

Elő kutatási jelleggel VESz-szondázások és dipól ellenállás szelvényezések készültek a tározón és közvetlen környezetében, a részletező fázisban mérnökgeofizikai szondázások és fúrásos mintavételek mélyültek, harántolva a zagyot.

Megállapítható, hogy a zagy infiltrálódása az érintetlen alaphegységbe egy központi zónában kiválóan megmutatkozik. Felhívja a figyelmet arra, hogy a tározó alatti kőzettestek nehézfém szennyezett vizeket közvetítenek a környezetbe. A hatásmechanizmus értékelése sok további vizsgálatot tesz szükségessé.

A mérnökgeofizikai adatok szerint a zagy szilárdsága a vizes elárasztás miatt igen gyenge. A bemutatott szelvényben alacsony fajlagos ellenállás és alacsony mechanikai szilárdság tapasztalható. Az állékonyság kérdése hagyományos geotechnikai módszerekkel kezelhetőnek ítéltető.

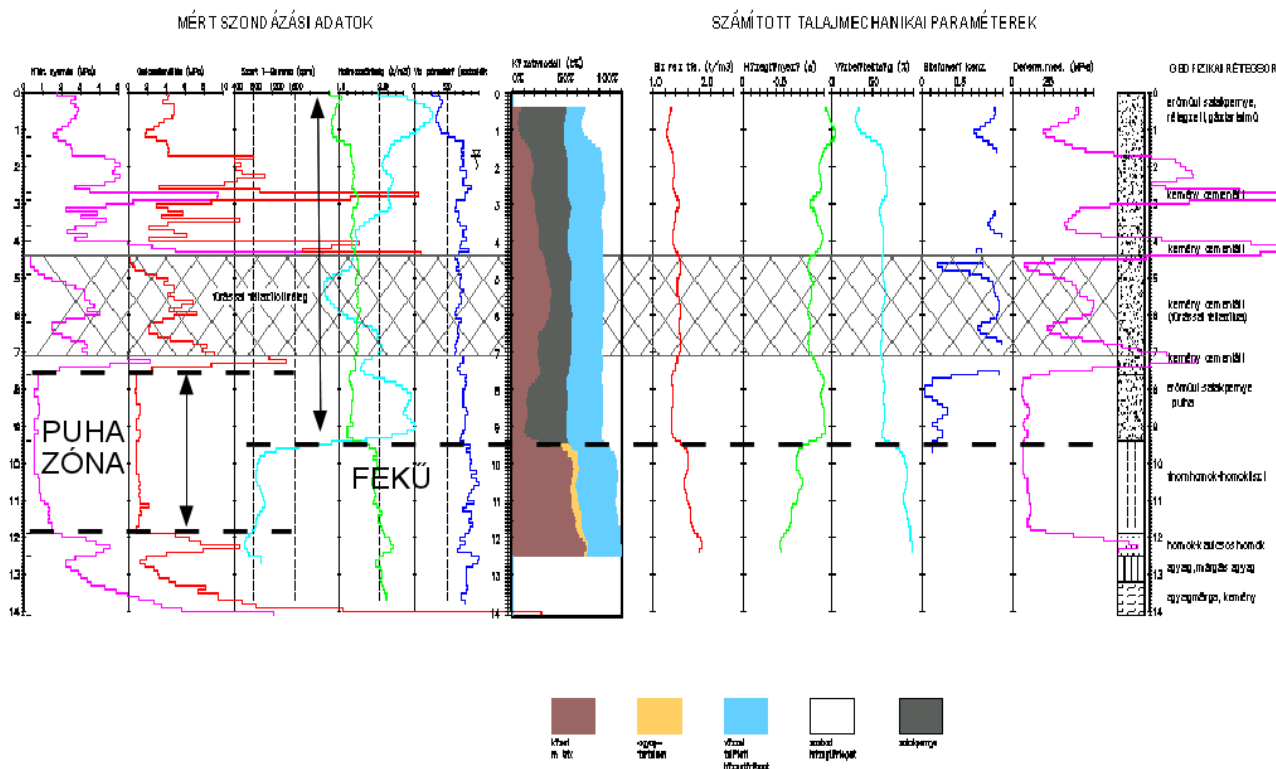
A meddőhányó rekultivációja befejezéshez közeledik. Az előzetes fitoremediációs tesztek a BIOCENTRUM Kft. és a Debreceni Egyetem közös kutatási projektben végezte el.

3.3. Erőművi zagyártározó

Az erőművi salakpernyék erősen lúgos kémhatásúak és évtizedeken át kezelés nélkül, nyers formában halmozták fel őket. A lúgos közeg kőzetroncsoló hatása miatt részletes hatásvizsgálat alá kerül magyarországi tározó tapasztalatait a következőkben lehet összefoglalni.

A tározótest rendkívül merev, cementált oldalfala és gát-teste alatt nagyon puha, folyadékszerűen plasztikus állapotú zóna található több méter vastagságban, amely vélhetően a lúgos beszivárgás miatt jött létre. A gyenge zóna minden általunk használt geofizikai módszerrel indikálható volt.

A kőzetfizikai tulajdonságok és a litológiai struktúrák nem koherens szerkezetet mutatnak. A sokféle geofizikai - geotechnikai adat együttes értékelése nyomán a magasítást támogató szakvélemény született. A módszertani tapasztalatok arra mutattak rá, hogy a jelenlegi módszertan sok kérdést nyitva hagyott (az objektum tényleges inhomogenitási foka, egyenlőtlen süllyedésre való hajlama, földrengés érzékenység, mélységi vizek állapota, geokémiai folyamatok részletes tárgyalása, meteorológiai tényezők hatása, stb.)



1. ábra: Az erőművi zagytározón mért mérnökgeofizikai szondázás görbéi, és az abból számított talajmechanikai paraméterek eredménygörbéi

3.4. Vegyes kommunális és ipari hulladéktározó

Egy németországi példa megerősíti azt a nézetet, hogy a komplex kutatás együttesen sokkal hatékonyabb megismerést tesz lehetővé a konvencionális módszereknél. A példában szereplő hulladéklerakó több tíz kilométeres körzetből mindenféle ipari és kommunális hulladékot deponált évtizedeken keresztül. A közeli ivóvízbázis veszélyeztetettsége kapcsán teszt területként lett megkutatva a környezetterhelés kérdéseinek tisztázására. A magyar fél mérnökgeofizikai és elektromágneses térképezési munkákat végzett a depónián és környezetében. Megállapítható volt, hogy hulladékot több helyen közvetlenül a karbonátos alaphegységre helyezték. A vizsgálatokból meghatározható volt a hulladék vastagsága és az alaphegységet takaró fedőközet minősége. Kiderült továbbá, hogy az alaphegységbe olyan bevágásokat készítettek a hulladékkal feltöltést jóval megelőző időszakban, hogy a hulladék a karsztvízzel is közvetlen érintkezésben van. A törés-zónák és hidraulikai viszonyok tisztázása után lehetővé vált a szennyezőanyag transzport kvalitatív meghatározása és a megoldás körvonalazása.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

- A meddőhányók vizsgálatokor komplex kutatási metodikát kell alkalmazni, mely igazodik a fokozatos közelítések módszeréhez. A módszertani sorrend felcserélése és a kutatási fázisok be nem tartása azzal jár, hogy a megszerzett információk nem képeznek ellentmondásmentes információs bázist a kiértékeléshez és sérül költséghatékonyság elve is.
- A geofizikai eljárások sokféleségük révén hatékony kutatómódszerek tekinthetők szinte minden kutatási fázisban. Nagy előnyük a roncsolás-mentesség és in-situ vizsgálódás lehetősége. Hátrányuk, hogy változó felbontóképesség és érzékenység miatt gondos előkészítés és tervezés szükséges alkalmazásukhoz.
- A meddőhányók diagnosztikájának módszertana mai nézetünk szerint nincs megfelelően tisztázva. Ha nem így lenne, nem kerülhetett volna sor a 2010-es katasztrófára. A vizsgálati metodikát, az egyes módszerek teljesítő képességét széles alapokon álló tesztekkel kell tisztázni és műszaki irányelvekbe

foglalni.

- A monitoring eszköztárát bővíteni kellene olyan módszerekkel, amelyek jelenleg egyedi felmérésekben fordulnak elő, de nincs telepíthető és jól távirányítható folyamatos mérésre alkalmas alternatívája. Hasonlóan a kommunális hulladéklerakók aljzatszigetelés integritásának mérésére alkalmas geofizikai szenzorrendszerhez itt is ki kell fejleszteni az ilyen objektumokra adaptálható sajátos mérésmetódusokat (ellenállás és sebesség tomográfia, természetes potenciál markerezés, nagy érzékenységű szeizmológia, célszerű informatikai háttér).
- Megengedhetetlen, hogy pontos jogi szabályozás hiányában kulcsfontosságú módszerek kimaradjanak egy-egy értékelésből.