

MIKOVINY SÁMUEL FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

Doktori értekezés tézisei

**MODERN HULLADÉKLERAKÓK
ALJZATSZIGETELÉSI VIZSGÁLATA
GEOELEKTROMOS MÓDSZEREKKEL**

Írta:

BARACZA MÁTYÁS KRISZTIÁN

Tudományos vezető:

DR. GYULAI ÁKOS

egyetemi tanár,
az MTA doktora

**Miskolci Egyetem
Geofizikai Tanszék
Miskolc
2013**

I. TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEK ÉS CÉLKITŰZÉSEK

Az egyre növekvő számú modern hulladéklerakók aljzatszigetelését sokszor geomembránok felhasználásával építik ki. A geomembránok olyan speciális polimerek (pl. HDPE nagy sűrűségű polietilén), amelyek képesek visszatartani a hulladéklerakókból kiszivárgó folyadékokat és emellett kiváló elektromos szigetelő tulajdonságokkal is rendelkeznek. A nagy fajlagos ellenállás előnyeiket kihasználva válnak geoelektromos szempontból vizsgálhatóvá a hulladéklerakók aljzatszigetelési rendszerei. A módszer lényege, hogy a nagy fajlagos ellenállású geomembránon keresztül akkor képes jelentős áram átfolyni, ha valahol a felületén felszakadás keletkezett. A felszakadáson keresztül átfolyó áram megváltoztatja a hulladéklerakón és annak környezetében mérhető potenciál értékeket (potenciál különbség értékeket).

Az eddigi gyakorlatban a hulladéklerakók aljzatszigetelési vizsgálataira, előre beépített kivitelű geoelektromos mérőrendszereket használtak. A beépített kifejezés azt jelenti, hogy a geomembrán aljzatra fektetése előtt, hálószerűen érzékelő elektródákat építenek be, a természetes anyagú aljzatszigetelés agyagába. Az elektródákat kábel rendszer segítségével kivezetik a hulladéklerakón kívülre, és ezen keresztül tapogatják le a potenciáltér térbeli eloszlását, miközben a forrás elektródát a hulladéklerakón belül, annak felszínén, a nyelő elektródát a hulladéklerakón kívül nagy távolságban földelik (Hix 1998). Az elektródaháló kiépítési sűrűségét a hulladéktároló felépítése, fizikai és geometriai viszonyai alapján tervezik. Ezek mellett fontos szerepet játszanak a gazdasági szempontok is. A felszakadás kimutatásának szempontjából a sűrűn elhelyezett érzékelő pontok lennének előnyösek.

A szigetelés szakadásmentességére vonatkozó vizsgálatok két részre bonthatók: a hulladéklerakó kiépítési időszakához kapcsolódó vizsgálatokra, továbbá az üzemeltetési időszakban végzett mérésekre (monitoring). A két időszak fő különbségét a behordott hulladék vastagsága jelenti.

Előfordulhat, hogy az üzemeltetés során a szigetelés hibáját feltárni hivatott beépített geofizikai mérő rendszer meghibásodik, javítása nem kivitelezhető, így további ellenőrzési mérésekre nem használható fel. Több korábban készített hulladéklerakónál előfordulhat, hogy annak építését megelőzően nem telepítettek a lerakó alá érzékelő elektródákat. Ezen esetekre illetve, a meglévő beépített rendszer kontrollálására jelent megoldást egy új mobil szakadáskeresési eljárás, melynél az áram és a nyelő elektródát hasonlóan helyezik el, mint a beépített rendszer esetében azért, hogy az alkalmazott geoelektromos mérések kellően érzékenyek legyenek a szakadási helyek kimutatására. A forrás és a nyelő ily módon történt elhelyezésével az áramot átkényszerítjük a geomembrán szigetelésén és különösen annak szakadásán keresztül. A potenciál méréseket (potenciál különbségeket) a hulladék felszínébe szúrt és ún. távoli elektródák segítségével lehet elvégezni. Dolgozatomban a mobil szakadáskeresési eljárás alkalmazhatóságát vizsgáltam szintetikus és terepi adatok segítségével. Vizsgálataimat különböző típusú nagy inhomogenitású hulladéklerakó modellek felhasználásával végeztem. A hulladéklerakó paramétereinek meghatározására –amely magába foglalja elsősorban a szigetelő aljzat hibáit, illetve hiányosságait– új kiértékelési módszereket dolgoztam ki, melyeket szintetikus és terepi példákon alkalmaztam.

II. ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

Értekezésemben áttekintettem a hulladéklerakók szakirodalomban közölt főbb típusait, jellemzőit és azok mesterséges anyagú szigetelőrétegének sajátosságait. Összefoglaltam a

hulladéklerakók geoelektromos aljzatszigetelési vizsgálataira vonatkozó szakirodalomban eddig megjelent eredményeket.

Új geoelektromos módszer kidolgozásához elméleti vizsgálatokat végeztem különböző geometriájú és eltérő inhomogenitással rendelkező hulladék modelleken. A modellezéshez Spitzer 3-D véges differencia elven működő programját használtam (Spitzer 1995). A hulladéklerakók rendkívül összetett és geoelektromos szempontból nagyon bonyolult szerkezeténél fogva, kizárólag 3-D modelleket alkalmaztam.

Az adatok kiértékelésénél potenciál és potenciál különbség eloszlás térképeket alkalmaztam, vizsgáltam a normálás lehetőségét és eredményeit, továbbá különböző típusú szűrésék lehetőségét a zajok csökkentésére és ezzel az aljzatszigetelési szakadási hibák kiemelését.

Áttekintettem a geofizikai inverz feladat megoldásánál jelenleg használatos módszereket, majd ezek mellett kidolgoztam az egyesített sorozatos közelítések módszerét. Az egyesített sorozatos közelítések módszerének használatával több geoelektromos adatrendszerrel együtt értékeltem ki a hulladéklerakók szerkezetének meghatározásához. A módszer alkalmazásához 3-D paraméter érzékenységi vizsgálatokat végeztem a vizsgált lerakóban lévő egyéb objektumrészek tekintetében. A 3-D modellstruktúrákban tapasztalható szakadások és inhomogenitások, továbbá az egyes rétegjellemzők egymásra gyakorolt hatásait paraméterérzékenységi vizsgálatok felhasználásával végeztem, melyekhez hasznosítottam a Gyulai által (1989) definiált paraméterérzékenységeket és vizsgálati eredményeket.

A kidolgozott új módszer lényegében komplex interpretációs eljárás az inverz feladat megoldására és a joint inverzióhoz hasonlóan javítja a kiértékelés eredményeit (Gyulai és Baracza 2012).

III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. tézis

Elméleti vizsgálatokkal igazoltam, hogy „A” forráselektroda hulladéklerakó területén való elhelyezésével, valamint a „B” nyelő elektróda távoli elhelyezésével és „MN” potenciál mérőelektródák segítségével olyan geoelektromos mérési rendszer alakítható ki, amely különösen érzékeny a hulladéklerakó geomembrán szigetelésének sérülésére. Az alkalmazott mérési elrendezés „N” mérőelektródája Pole-Pole elrendezés esetén a hulladéklerakó elszigetelt területétől távol, Pole-Dipole elrendezés esetén a hulladéklerakón belül helyezkedik el. Ehhez 3-D modellezési vizsgálatokat végeztem, melyekkel bizonyítottam, hogy a hulladéklerakó felszínen végzett területi és/vagy szelvény menti geoelektromos mérések alkalmasak kis és nagy vastagságú (5-20m) lerakók vizsgálatához.

2. tézis

Új normálási eljárást vezettem be a geomembrán hibáinak, illetve hiba helyeinek meghatározására, amely a gyakorlatban alkalmazott kétféle normálás előnyét egyesíti:

$$\eta^* = \frac{1}{2} \left(\frac{a-b}{a} + \frac{a-b}{b} \right) = \frac{a^2-b^2}{2ab},$$

ahol „a” a hibás geomembrán esetén mért vagy számított adatok értéke, „b” a hibátlan geomembrán esetén mért vagy számított adatok értéke.

3. tézis

Felszínen mért potenciál és potenciál különbség (X vagy Y tengely mentén jelentkező) eloszlás térképi megjelenítésével, a mért adatok normált értékeinek ábrázolásával, az eloszlás térképek geofizikai szűrésével igazoltam, hogy kis vastagságú (1-5m) hulladéklerakók geomembrán hibái és azok helyei (1-2m-es is) meghatározhatók.

4. tézis

Kidolgoztam az egyesített fokozatos közelítés módszert hulladéklerakók vizsgálatához, mely az inverz feladat megoldását jelenti, különböző geofizikai mérési adatok együttes kiértékelésére, beleértve a hulladéklerakó összes paraméterének meghatározását. Ez jelenti:

- a. a hulladéklerakó geometriai és fizikai paramétereinek meghatározását,
- b. a geomembrán hibahelyének meghatározását,
- c. a geomembrán hibahelyek és a hulladék inhomogenitásainak megkülönböztetését.

5. tézis

Modellszámításokkal igazoltam, hogy hulladéklerakók felszínén végzett területi és/vagy szelvény menti geoelektromos mérések látszólagos fajlagos ellenállás számításai nagy vastagságú lerakók vizsgálatára is alkalmasak. Az aljzatszigetelés geomembránjának hibája a potenciál mérések esetében a látszólagos fajlagos ellenállásokat kis és nagy mélységek esetén egyaránt csökkenti. A hibahely a potenciálkülönbség mérések esetén a forrás és a geomembrán hiba között növeli, majd a hibát követően csökkenti a látszólagos fajlagos ellenállás értékeket. A hiba fölött lévő „durva” inhomogenitás azonban ennek az átmenetnek a helyét befolyásolja.

6. tézis

Felszínen végzett mobil terepi mérési adatoknak az egyesített fokozatos közelítés módszerével történt kiértékelésével igazoltam, hogy a geoelektromos módszer alkalmas még nagy vastagságú (20m) hulladéklerakók esetében is azok geomembrán hibáinak feltárására. Az általam kidolgozott új módszerrel a hulladéklerakók többi paraméterét is meghatároztam.

7. tézis

Paraméterérzékenységi módszert dolgoztam ki hulladéklerakók geoelektromos kutatásához. Bizonyítottam, hogy a potenciál mérésekkel és a potenciál különbség mérésekkel kapott látszólagos fajlagos ellenállásokból számított paraméterérzékenységek a hulladéklerakó szerkezetétől függően igen jelentősen eltérnek egymástól. A paraméterérzékenységek:

- a. alkalmasak a kutatás mérési rendszerének kiválasztásra,
- b. segítik az inverz feladatban a kezdeti, start modell meghatározását,
- c. szükségesek az egyesített fokozatos közelítés módszer alkalmazásához.

AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTÁSA

A modern geomembrán aljzatszigeteléssel rendelkező hulladéklerakók kiépítése során és az üzemeltetési időszakban is fontos tudni, hogy az aljzatszigetelésen keresztül nem jutnak-e ki

szennyező anyagok a hulladékokból a befogadó geológiai környezetbe. Ennek a megállapítására, az egyik lehetőség a geofizikai monitoring, melynek mérési módszere lehet a geomembrán szigetelés alá előre beépített mérőrendszer. A másik lehetőség a hulladékfelszínen végezhető mobil kivitelű mérőrendszer. Mindkét geoelektromos módszer azonos működési elven tárja fel a geomembrán szigetelés hibahelyeit, mint az áramszökés helyét. A dolgozatban bemutatott 3-D előremodellezési és a terepi adatok kiértékelésére szolgáló módszerek segítségével a hulladéklerakók eredményesen vizsgálhatók geoelektromos szempontból, mint pl. behordott hulladékok geometriai sajátságai, inhomogenitásai, fizikai tulajdonságai. Kimutathatók hulladékretegek inhomogenitásainak hatásai, a geomembrán felszínén elhelyezkedő felszakadási helyekre vonatkozóan. Lehetővé válnak nem csak geoelektromos, hanem egyéb geofizikai módszerek adatainak kiértékelésekor felépített bonyolult modellek inverz feladatának megoldásai.

A bemutatott paraméterérzékenység vizsgálati módszer alkalmazható az inverz feladat megoldásában is. Az alkalmazott elektrodaelrendezési sajátságok és adatkiértékelési módszerek segítségével kutathatók, más a környezetvédelemben széles körben alkalmazott geomembrán szigetelésű objektumok is. Amelyek lehetnek például a hulladékok biztonságos elhelyezésével kapcsolatban létre hozott szádfalak, gátak, különböző szigetelések. Vizsgálható továbbá minden olyan zárt tér, amelynek szigetelését nagy elektromos ellenállású geomembránnal végezték pl. hulladéklerakók zárószigetelő-rendszere, tartályok, csövek, kármentő medencék, mezőgazdasági öntözővíz csatornák, esővíztárolók, hígrágya, iszap, salaktároló medencék szigetelése.

A bemutatott módszerek segítségével tanulmányozhatóak a szigeteléssel elzárt területek külső és belső területei, azok geometriai és ellenállás inhomogenitás feltárási szempontból, valamint elektromosan szigetelő anyagból épített szádfalak, hidraulikus gátak falának szivárgási viszonyai.

A kidolgozott egyesített fokozatos közelítés módszer alkalmazásával szélesebb körben nyílik lehetőség a geofizikai módszerek együttes alkalmazására (melyek működhetnek azonos vagy különböző fizikai elven). Az eljárás kihasználja a geofizikai módszerek azon tulajdonságát, hogy a vizsgált objektum szempontjából különböző paraméter érzékenységgel rendelkeznek. Az egyesített fokozatos közelítés módszer segítségével javítható a vizsgált objektumról származó adatok információ tartalma, növelhető a kiértékelés pontossága. Így megbízhatóbbá válik a geofizikai módszerrel meghatározott geológiai, hidrogeológiai, környezetfizikai szerkezetek kiértékelése.

A TÉZISFÜZETBEN SZEREPLŐ HIVATKOZÁSOK LISTÁJA

HIX K. 1998. Leak Detection for Landfill Liners Overview of Tools for Vadose Zone Monitoring, Technology Status Report prepared for the U.S. E.P.A., August 1998.

GYULAI Á., BARACZA M. K. 2012. Mi a Joint inverzió?, Magyar Geofizika, 53(4), pp. 275-280.

GYULAI Á. 1989. Parameter sensitivity of underground DC measurements, Geophysical Transactions, 35(3), pp. 209-225.

SPITZER K. 1995. A 3-D finite difference algorithm for DC resistivity modeling using conjugate gradient methods, Geophysical Journal International, 123, pp. 902-914.

IV. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK ÉS ELŐADÁSOK JEGYZÉKE**FOLYÓIRAT CIKKEK**

1. GYULAI Á., BARACZA M. K., SZABÓ N. 2013. On the application of Combined Geoelectric Weighted Inversion in environmental exploration, Environmental Earth Sciences, Springer, DOI 10.1007/s12665-013-2441-9.
2. GYULAI Á., BARACZA M. K., TOLNAI É. 2013. The application of joint inversion in geophysical exploration, International Journal of Geosciences, Volume 4., Number 2., pp. 283-289., DOI: 10.4236/ijg.2013.42026.
3. GYULAI Á., TURAI E., BARACZA M. K. 2012. A CGI inverzió alkalmazási eredményének elemzése terepi példán, Magyar Geofizika, 53. évfolyam 4. szám, pp. 267-274.
4. GYULAI Á., BARACZA M. K. 2012. Mi a Joint Inverzió?, Magyar Geofizika, 53. évfolyam 4. szám, pp. 275-280.
5. BARACZA M. K. 2012. Modern hulladéklerakók aljzatszigetelési hibáinak kimutatása 3D modellezéssel, Magyar Geofizika, 53. évfolyam 2. szám, pp. 91-98.
6. BARACZA M. K. 2012. 3 Dimensional Model Studies of Modern Landfills, Geosciences and Engineering, Volume 1., Number 1., pp. 21-28.

NEMZETKÖZI KONFERENCIÁK KIADVÁNYAI

7. BARACZA M. K., SZABÓ I. 2005. 3-D FD model experiments in view of exploration of waste sites, 5th International Conference of Ph.D. Students, Proceedings, Miskolc, 2005. augusztus 14-20., pp.1-6.
8. BARACZA M. K., SZABÓ I. 2005. Joint Geoelectric- seismic and combined geoelectric function inversion to determine geological structures, 5th International Conference of PhD Students, Proceedings, Miskolc, 2005. augusztus 14-20., pp. 235-240.
9. BARACZA M. K. 2002. Geoelektromos modellvizsgálatok szigetelő réteg szakadási helyeinek kimutatására, MicroCAD 2002 Konferencia, Konferencia kiadvány, Miskolci Egyetem, 2002. március 7-8., pp. 29-34.
10. BARACZA M. K. 2002. Geoelektromos módszerek alkalmazásának lehetőségei környezetföldtani kutatáshoz, Bányászati Kohászati Földtani Konferencia, Konferencia kiadvány, Románia, Menyháza, 2002. április 5-7., pp. 32-35.

HAZAI KONFERENCIÁK KIADVÁNYAI

1. GYULAI Á., BARACZA M. K. 2004. A függvényinverzió hatékonysága és egy kiértékelési stratégiája, Inverziós Anket, Miskolc, 2004. 03. 29-30., pp. 5.

2. BARACZA M. K. 2003. Környezetvédelmi célú geoelektromos modellvizsgálatok eredményei, XXXIV. Ifjú Szakemberek Ankétja, Konferencia kiadvány, Dobogókő, 2003. március 21-22., pp. 52.
3. BARACZA M. K. 2002. Geoelektromos modellvizsgálatok környezetvédelmi kutatáshoz, Doktoranduszok Fóruma, Konferencia kiadvány, Miskolci Egyetem, 2002. november 6., pp. 8-13.
4. BARACZA M. K. 2002. Szigetelő réteg szakadási helyeinek kimutatása geoelektromos modellvizsgálatok segítségével, XXXIII. Ifjú Szakemberek Ankétja, Konferencia kiadvány, Salgótarján, 2002. március 22-23., pp 28.
5. BARACZA M. K. 2001. Szennyeződés lehatárolása geofizikai módszerekkel, Doktoranduszok Fóruma, Konferencia kiadvány, Miskolci Egyetem, 2001. november 6., pp. 1-7.
6. BARACZA M. K. 2001. Balaton-felvidéken végzett környezetvédelmi célú geoelektromos mérések kiértékelése, XXXI. Ifjú Szakemberek Ankétja, Konferencia kiadvány, Győr, 2001. március 23-24., pp. 41.

NEMZETKÖZI KONFERENCIA ELŐADÁSOK

1. BARACZA M. K., SZABÓ I. 2005. 3-D FD model experiments in view of exploration of waste sites, 5th International Conference of Ph.D. Students, Miskolc, 2005. augusztus 14-20.
2. BARACZA M. K., SZABÓ I. 2005. Joint geoelectric- seismic and combined geoelectric Function Inversion to determine geological structures, 5th International Conference of PhD Students, Miskolc, 2005. augusztus 14-20.
3. BARACZA M. K., GYULAI Á., ORMOS T., SZABÓ I., TURAI E., DOBRÓKA M. 2005. The exploration of waste sites by means of geoelectric and seismic methods, EGU General Assembly, Bécs, 2005. április 24-29.
4. BARACZA M. K.: Hulladéklerakók aljzatszigetelésének vizsgálata geoelektromos módszerekkel, IX. Nemzetközi Környezetvédelmi Szakmai Diákkonferencia, Tessedik Sámuel Főiskola, Mezőtúr, 2003. július 2-4.
5. BARACZA M. K. 2002. Hulladéklerakók aljzatszigetelési hibáinak kimutatása geoelektromos modellvizsgálatok segítségével, VIII. Nemzetközi Környezetvédelmi Szakmai Diákkonferencia, Tessedik Sámuel Főiskola, Mezőtúr, 2002. július 3-5.
6. BARACZA M. K. 2002. Geoelektromos módszerek alkalmazásának lehetőségei környezetföldtani kutatáshoz, Bányászati Kohászati Földtani Konferencia, Románia, Menyháza, 2002. április 5-7.
7. BARACZA M. K. 2002. Geoelektromos modellvizsgálatok szigetelő réteg szakadási helyeinek kimutatására, MicroCAD 2002 Konferencia, Miskolci Egyetem, 2002. március 7-8.

HAZAI KONFERENCIA ELŐADÁSOK

1. GYULAI Á., BARACZA M. K. 2004. A függvényinverzió hatékonysága és egy kiértékelési stratégiája, Inverziós ankét, Miskolc, 2004. 03. 29-30.
2. BARACZA M. K. 2003. Környezetvédelmi célú geoelektromos modellvizsgálatok eredményei, XXXIV. Ifjú Szakemberek Ankétja, Dobogókő, 2003. március 21-22.
3. BARACZA M. K. 2002. Geoelektromos modellvizsgálatok környezetvédelmi kutatáshoz, Doktoranduszok Fóruma, Miskolci Egyetem, 2002. november 6.
4. BARACZA M. K. 2002. Szigetelő réteg szakadási helyeinek kimutatása geoelektromos modellvizsgálatok segítségével, XXXIII. Ifjú Szakemberek Ankétja, Salgótarján, 2002. március 22-23.
5. BARACZA M. K. 2001. Szennyeződés lehatárolása geofizikai módszerekkel, Doktoranduszok Fóruma, Miskolci Egyetem, 2001. november 6.
6. BARACZA M. K. 2001. Balaton-felvidéken végzett környezetvédelmi célú geoelektromos mérések kiértékelése, XXXI. Ifjú Szakemberek Ankétja, Győr, 2001. március 23-24.