

GEOFIZIKA A VÉGEKEN

A TISZABEZDÉDI VÍZBÁZIS Győröcske-környéki szennyeződésének vizsgálata

Bucsi Szabó László¹

Bevezetés

Az Észak-Szabolcsi Regionális Vízmű Tiszabezdédi vízbázisa felderítő geoelektromos kutatásakor a terület északi részén, Győröcske község határában a III. geoelektromos szelvény nagy elektromos vezetőképességű anomáliát mutatott egy elfedett, régi kommunális hulladéklerakó szélén. A falusi szemét mellett ezen a telepen helyezték el a záhonyi, korábbi magyar-szovjet vasúti átrakóval kapcsolatos, évtizedeken át keletkezett vegyes hulladékot. A vízmű számára fontos kérdés volt, hogy a hulladéklerakó csurgalékvize milyen mélyre jutott le, és mélyen elszivárgott-e a vízmű felé, déli irányban.

A hulladéktároló Győröcske község északi tözsomszédságában fekszik, tőle északra Záhony, nyugatra a Tisza-folyó említésre méltó azonosítási hely [\(1. ábra\)](#). A terület a Győröcskét Záhonnal összekötő helyi úttól keletre, a temetőtől DK irányban a 4-es főútig húzódik. Felszínét agyagos fedőréteg borítja, melyből itt-ott kitüremkedik a szemét, egy-egy kábelköteg, flakonok, rongycsomók. Feltételezett szélein feltáró árkok szelik át. Ezekről eltekintve a területen dús gyomnövényzet virul, legelésző kecskék teszik hangulatossá a tájat. Különösebb szagot, bűzt nem éreztünk.

A feladat megoldásában elektromos módszerek kombinációja jöhetett számba. A mérési pontok elhelyezkedését a [2. ábra](#) mutatja.

Az 1999. év májusában készített jelentésünkben tájékoztattuk a fővállalkozó Aquifer Kft.-t, hogy gyanúnk szerint a 30. sz. VESZ mérési ponton észlelt, később megismételt $\rho < 10$ ohmm anomália a hulladéklerakó csurgalékvízétől eredhet, részletesebb vizsgálata mindenképpen indokolt. Horizontális kiterjedése nem ismeretes, vertikálisan 15 m mélységben is érzékelhető. A víztároló kőzeteket nem védi összefüggő vastag vízzáró réteg, a fekében pedig többnyire finomhomokos, agyagos homok rétegek települnek. A VESZ mérésekkel korábban feltárt

¹ Háromkő BT. 3519. Miskolc, Esze Tamás u. 1/A.

rétegösszletben horizontálisan csaknem akadálytalan az áramlás, vertikálisan pedig kb. 100 m mélységig - bizonyos késleltetéssel - létrejöhet a lassú szivárgás. Világossá vált, hogy a probléma az idő elteltével egyre komolyabb lehet, további hatékony vizsgálatokkal kell meghatározni, hogy hol tart a szennyeződés és milyen jellegű. A cél érdekében felkerestük a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékét, és megállapodtunk a gerjesztett polarizációs (GP) vizsgálatok, mint direkt módszer alkalmazásában ([Turai, E. et al, 1992](#) és [Turai, E., 1999](#))

A GP mérések mellett, ismételt vertikális elektromos szondázások (VESZ), természetes potenciál (SP) mérések és injektáló kút felhasználásával un. töltött test módszerrel többazimutú geoelektromos szivárgás-meghatározásra került sor, a [3. ábra](#) szerinti elrendezésben.

A feladat megoldásában elektromos módszerek kombinációja jöhetett szóba. A mérési pontok elhelyezkedését a [2. ábra](#) mutatja.

Az alkalmazott módszerek és a terepi műveletek

A szokásos módszereket röviden ismertetjük, a GP mérésekkel részletesebben foglalkozunk.

Az alapállapot felvétele

VESZ

A hulladéktároló területén feltártuk az elektromos fajlagos ellenállás mélység szerinti változását, meghatároztuk a rétegek elhelyezkedését, vertikális elektromos szondázással.

A területen 25m*25m mérési hálózatot tűztünk ki, ennek minden második pontján VESZ mérést végeztünk, 25 m-ként természetes potenciál SP méréseket végeztünk ([2. ábra](#)). Ehhez járult még 2 VESZ-vonal, melyeket átlósan futtatunk át 175° irányban (a MÁV-átrakó irányában) és 230° irányban a temető alatt a falu széléig. A szondázások száma összesen 66 volt.

.A természetes potenciál (SP)

Eloszlását 25*25 m-es hálózatban való mérésekkel határoztuk meg, a feltételezett szennyezetlen háttérig. SP anomáliák a filtrációs, elektrokémiai és redox folyamatok működése miatt léptek fel a felszínközélen. A méréseket 25 m-es MN mérőelektroda távolsággal, 25 m-es lépésközzel végeztük. Nem polarizálódó Pb-PbCl elektródákat használtunk. Mérés előtt közös oldatban megmértük az elektródák saját potenciálját, s ezekkel az értékekkel a mérési eredményeket korrigáltuk.

Az időbeli változás (drift) korrigálását egy-egy mérési ciklus kezdőpontjára való visszatéréssel, megismételt mérések alapján végeztük el. A drift nagysága a mérési ciklusok alatt nem haladta meg az 1mV/pont értéket. A zárási hibát elosztottuk a pontok közt. A mért pontok száma 130.

Gerjesztett polarizáció: GP szondázás

Az eljárás kivitelezése hasonlóan megy a jól ismert VESZ mérésekéhez, azzal a különbséggel, hogy a különböző elektróda-állásoknál a jelet a tápáram kikapcsolás után mérjük. Indukált polarizációnak (IP vagy GP) nevezzük azt a megmaradó kicsiny feszültséget, amely az áram kikapcsolása után - néhány 100 msec ideig - mérhető a közegben. A lecsengés exponenciális jellegű. Nem természetes közetről, hanem mesterséges "ható"-ról lévén szó, a gerjeszthetőséget növeli az anyag heterogenitása, a szemét között található fémes- és/vagy vegyi anyagok jelenléte, az oxidációs folyamatok intenzitása. A szemételep határán túl más a helyzet, ott a kőzetben szivárgó oldatok okoznak filtrációs és vegyi eredetű GP hatást. Távoli, szűz területre telepítettük a referencia-szondázást, s erre a pontra normáltuk a vizsgált vonalon kapott GP értékeket. A GP lecsengési görbék TAU-transzformációjával kapott spektrális időállandó-elemzéssel a szennyeződés erősségét megbecsültük, és a szennyezés típusát minősítettük.

A GP szondázásokat az ellenállásmérésekkel felderített minimumra telepítettük, a vizsgált vonalra 4 szondázás jutott, az 5. a távoli referencia pont volt.

Az 5 db szondázási ponton 16 mélység szinten végeztük el az időtartománybeli GP méréseket úgy, hogy minden egyes mélység szinten 5 mintát vettünk a lecsengési görbéből, s a mintavételi pontokban meghatároztuk a GP $\eta(t)$ -vel jelölt (az ábrákon ETA) látszólagos

polarizálhatóság paramétereit. Az 5 db mintavételi idő a gerjesztő tér kikapcsolása után $t_1=0.1\text{ s}$, $t_2=0.2\text{ s}$, $t_3=0.4\text{ s}$, $t_4=0.8\text{ s}$ és $t_5=1.5\text{ s}$ volt. A mintavételi időket azért terveztük ilyen módon, mert a korábbi mérési tapasztalatok alapján az ezeknél az időknél mért $\eta(t)$ értékekből a szennyezésekhez köthető, GP-vel kimutatható polarizáció típusok (filtrációs, membrán, redox, metallikus, elektród) meghatározására, s azokon keresztül, a szennyezés típusának a minősítésére volt mód.

A méréseket *DIAPIR-18* típusú műszerrel végeztük, amely lehetővé tette a GP mérésekkel szinkron (azonos mérési elrendezésben) a VESZ mérések elvégzését is. A méréseket Schlumberger elrendezésben végeztük.

A szivárgási viszonyok kutatása

Töltött test” módszer:

Az elnevezés a geofizikai irodalomban és tankönyvekben szokásos, azt jelzi, hogy magát a hatót: ércetestet vagy masszív szennyezett testet használjuk elektródképpen azáltal, hogy az egyik tápelektrodát hozzá kötjük.

Esetünkben adott a hulladékkal feltöltött terület, alatta a csurgalékvíze.

(A próbafúrások szerint a vízminták elektromos vezetőképessége a következő:

K-1 (X=880281, Y=342801)

0.0 - 3.2 m *Feltöltés, szemét*

3.2 - 4.6 m Szürkéssárga, iszapos homok

4.6 - 5.0 m Szürkéssárga homok

5.0 - 5.8 m Sárgásszürke, rozsdas homok

5.8 - 7.3 m Sárgásszürke, durvaszemcsés homok

7.3 - 10.0 m Szürke homok.

Megütött víz 1.5 m. Vízminták vez. kép. szemétkben: 8990 $\mu\text{S}/\text{cm}$, rétegben: 2690 $\mu\text{S}/\text{cm}$.)

A szivárgás irányának keresése megoldható már meglévő kút felhasználásával, a potenciálkeresés módszerével, egy telepített injektáló kút segítségével ([3. ábra](#)). Bár a sóoldat

tulajdonságai nem azonosak a hulladék csurgalékvizével, meg lehet kísérni a szivárgás kikényszerítését mesterséges rátöltéssel, s analógiát feltételezni a kétféle oldat szivárgási hajlandósága közt. A kútban elhelyezett tápelektroda létesíti a mesterséges potenciáalteret.

A pontforrás potenciálját az $U = \frac{I \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot r}$ összefüggés írja le, ahol

- I -a pontforráson keresztülhaladó áram,
- ρ -a homogén féltér fajlagos ellenállása,
- r -a pontforrás és a mérési pont távolsága.

Ennek felszíni vetülete ideális esetben szabályos, körkörös elrendezésű. A mérési eljárás azon alapul, hogy a kútba helyezett pontforrás felszíni potenciálképe megváltozik a talajba szivárgó sós víz hatására, mivel az elektromosan jól vezető folyadéktömeg felszíne nagyjából azonos potenciálon van, mint a vele érintkező pontforrás. A folyadék elmozdulása miatt a potenciáltér az alapállapothoz képest eltorzul, általában ellipszis alakú lesz. Ennek nagy tengelye jelöli a szivárgás irányát. A mérések során a potenciáleloszlás alapállapotát felvettük a terület közepén létesített (6-os VESZ mérés mellett) kút körüli 10 m sugarú körben. Ezután a réteget 3 m³ tömény sósvízzel feltöltöttük, majd 4 sorozatban megismételtük a korábbi méréseket 24, 28, 48 óra és 14 nap elteltével.

Ellenőrző VESZ mérések:

A kutatás eredményei

Részletes geoelektromos felmérés

A felmérés azt mutatja, hogy a vizsgált 20 m mélységig megtalálhatók azok az ellenállás-minimumok (5-10 ohmm vagy kisebb), melyek egyértelműen a szennyezés következményei. Alakjuk szabálytalan, összefüggésük egyenetlen. Figyelembe véve a 3D ábrázolással bemutatott 500*400*20 m térrészt, megkísérelve több ábra együttes szemléletét, azt lehet mondani, hogy *a teljes köbtartalom kb. 1/3--1/4 része tekinthető szennyezettnek.*

Megállapítható továbbá, hogy az a szennyezőanyag-tömeg, amely többé-kevésbé összefüggő elszíneződést okoz a 3D tömbszelvényen, fő tömegében a 880170, 342810--880330, 342640--

880400, 342790--880250, 342925 EOVS koordináta párokkal jellemezhető pontok közt. Az anomáliának kisebb nyúlványa található a 4SZFI1 jelű figyelő kút irányában, a 2-13 sz. pontok közt, egy másik pedig ÉK felé a -I/6 pont környékén. Utóbbi kettő sekélyebb mélységű (8-10 m-es) anomália, és az SP képen is jól látszik, és ÉK felé nincs lezárva. Az intenzív anomáliákon túl csupán hígul a szennyezés, - erre figyelmeztet a K-2 és K-3 jelű mintavételi fúrás: előbbi vízmintája 3140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ vezetőképességű, utóbbié 1520 $\mu\text{S}/\text{cm}$, miközben ugyanez az adat a szűz területen 447 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tehát a kontraszt hatszoros ill. háromszoros.

Az SP anomáliák nem azonosíthatók szigorúan az ellenállás minimumokkal.

A mélyben legintenzívebben szennyezett rész a VESZ-6 és VESZ-26 pont között van (880230, 342800), közel a GP szelvény első pontjához. Ezzel egybeesik egy közepes, 40 mV körüli SP anomália. Viszont a 200 mV-ot meghaladó SP anomália-helyen az ellenállásmérések közepes erősségű szennyeződést mutatnak. Az itt (EOV 880324, 342710) mélyített K-4 jelű ellenőrző fúrás felszínétől -2.2 m-ig *szemétfeltöltést* harántolt, alatta 6 m-ig különböző szemcseméretű homokok találhatók.

A természetes potenciálkép tehát igen hasznosnak mutatkozik a hulladék felszíni lehatárolásában, de nem szabad csak erre hagyatkozni, mert nem jelzi a felszín alatt a régi lerakóhelyről már elszivárgott csurgalékvizeket.

A mélységbeli szennyezettségi állapot minőségi analizésére a gerjesztett polarizációs vizsgálatot használtuk. (A GP mérések helye a [2. ábra](#) közepén látható.)

A szelvény első része (0 méter, GP1 pont) a jól vezető anomália fölé esett, míg a szelvény másik vége (70 méter, GP4) már kívül esett a hulladéktároló felszínen látható határán. A referencia ponton egy kb. 20 ohmm ellenállású fedőréteg alatt, egy nagyobb ellenállású homok helyezkedik el. A referencia ponton a GP mérések minden mélységponton 2% alatti polarizálhatóságot mutattak, igazolva, hogy itt valóban tisztának ítéltető a rétegsor.

A GP1-GP4 szondázási görbék VESZ mérésein látható, hogy a mélység növekedésével nem kapunk ellenállás-növekedést, hanem a fedőben ellenállás-csökkenést mutatnak (annak ellenére, hogy a kontroll fúrások mindegyike 10 m-ig homokot harántolt), egészen 2-3 ohmm-

es látszólagos értékig, s csak a nagyobb mélységekben kezd újra növekedni az ellenállás értéke. Ezek az eredmények - igazolva a korábbi VESZ méréseket - indikálták az anomálisan jó vezető zónát, ami a vízminták laborelemzése szerint a folyadék vezetőképessége igen jelentős emelkedésének tulajdonítható. A VESZ mérés R_0 paraméterének a szennyezésre való relatív érzékenysége 100% körüli ([4. ábra](#)).

A GP mérések görbéin, a GP4 pont kivételével, igen nagy ETA (esetenként 20% feletti) polarizálhatóság értékek találhatók, amelyekből már a terepen, a mérés időpontjában is lehetett következtetni a nagy mértékű szennyezettségre; az [5.](#), [6. ábrán](#) a látszólagos polarizálhatóság két metszete látható. Feltűnő, hogy a természetes kőzetektől eltérően, a lecsengés későbbi időpontjában – 1.5 s – is viszonylag nagy a maradék feszültség ([6. ábra](#)).

A GP méréseknél a szennyezettségre vonatkozó relatív érzékenység a R_0 -nál jóval nagyobb, esetenként nagyobb, több 1000 %. Ez azt mutatja, hogy a szennyezett térrészek lehatárolása ellenállásméréssel is lehetséges, de a GP mérés sokkal hatékonyabb, mivel a szennyezésre 25-30-szor érzékenyebb még a nagy időtartományban is ([7.](#), [8. ábra](#)). Az előbbi két ábra a GP értékek térbeli eloszlását meglehetősen részletgazdagsággal mutatja.

A szennyezés minősítése:

A GP mérés eredményeiből minden egyes mélységpontra, TAU-transzformációval elvégezhető az időállandó-spektrum közelítő meghatározása az alábbi összefüggés segítségével:

$$\eta(t) = \int_0^{\infty} w(\tau) e^{-t/\tau} d\tau$$

ahol

- $\eta(t)$ - a mért GP görbe,
- t - a gerjesztő tér kikapcsolásától eltelt idő,
- $w(\tau)$ - az időállandó-spektrum,
- τ - a polarizáció időállandója.

A τ -értékei a mérésben megjelenő polarizációval arányosak, míg a $w(\tau)$ értékek az adott polarizáció súlyát adják meg. Az időállandó spektrumok felhasználásával minősíteni lehet a szennyeződések. A tapasztalat szerint a filtrációs (elektromosan vezető fluidum áramlásához

kötött) polarizációhoz tartoznak a legkisebb időállandók, az agyagos jellegű diszperz szennyezéshez kötődő membránpolarizáció közepes időállandóval jelentkezik. A tulajdonképpen *veszélyes szennyezőanyagok* (kémiai, fémes anyagok) redox, ill. metallikus, más néven elektróda-polarizációt okoznak, melyeknek az időállandója 1 s körüli, vagy ennél nagyobb. A veszélyesebb szennyeződések hatását emelhetjük ki, és a vizes, diszperz agyagos hatáshoz tartozó (nem a hulladékhoz kötött) kisebb időállandójú polarizációkat nyomhatjuk el, ha a $w(\tau)$ amplitúdó értékeket az időállandó értékekkel súlyozzuk.

A GP mérések előző feldolgozásával megtörténhet a szennyeződés lehatárolása, mennyiségi és minőségi jellemzőkkel történő minősítése. A súlyozott polarizálhatóságok alapján készített mennyiségi szennyezésminősítést a [9. ábra](#) mutatja. Az ábráról leolvasható, hogy a GP4-es pont alatt a felszín közelében már nincs szennyezés, azonban a mélyebb szintek még itt is gyengén szennyezettek. Ezt igazolja, hogy a közeli K-3 ellenőrző fúrás folyadékmintájának 1520 $\mu\text{S}/\text{cm}$ volt a vezetőképessége.

A szelvény többi része *erősen szennyezett*. A legerősebb szennyezés a GP1 és GP2 pont között, kb. 3-18 m mélységben található.

A fontosabb polarizáció-típusokhoz kötött szennyezések elhelyezkedését mutatja a [10.](#), [11.](#) ábra. Figyelemre méltó, hogy *a terület nagy részén a veszélyes hulladékhoz köthető kémiai és fémes szennyezések okozzák a GP anomáliák zömét.*

Szivárgási viszonyok

Az értelmezés lényege, hogy a felszíni potenciálképen az ekvipotenciális vonalak megnyúlási iránya jelöli ki az áramlás irányát, mert a sós oldat beszivárgása miatt errefelé kicsik a változások.

A kút körüli méréseket a [3. ábrán](#) vázoltak szerint végeztük. Az alapállapotot a sóoldat betöltése előtt 9 nappal felvettük. A sózást követő 24. órában végeztük a következő méréssorozatot. A potenciálkép súlypontja kb. 1 m-t vándorolt D felé, és a potenciálvonalak orientációja átváltott DK felé. A következő 24 órában a potenciálvonalak lassan tágultak, az izovonalak DK felé enyhén megnyúltak ([12. ábra](#)).

Későbbi állapot szerint a potenciálkép alakja hasonló, a szabálytalan ellipszoid nagytengelye DDK irányba mutat, két hét alatt 1.5 m-t mozdult el, - ami éves megközelítésben 36 m-t jelent.

Összefoglalás

Az Aquifer Kft. megbízása alapján a Háromkő BT 1999-2000. évek nyári hónapjaiban geofizikai vizsgálatokat végzett Győröcske község külterületén elhelyezkedő kommunális hulladéklerakó elfedett anyagának és elszivárgott csurgalékvizének kutatására.

Geoelektromos VESZ mérések 66 ponton, természetes potenciál (SP) mérések 130 ponton, gerjesztett polarizációs (GP) szondázások 5 állomáson, szivárgásvizsgálatok injektáló kút körül 8 azimutban és 5 sorozatban, ellenőrző VESZ (4+8 állomás) az injektáló kút körül.

A VESZ mérésekkel sikerült kimutatni a hulladéktároló alatti, kb. 20 m mélységig terjedő szabálytalan alakú *szennyezett kőzettest körvonalait*.

A lefedett hulladék felszínközeli kontúrjait jelzi a természetes potenciálkép több 50 mV-nál nagyobb anomáliával. E szerint ÉK felé, jelenlegi méréseinken túl folytatódik egy figyelemreméltó anomália, aminek még nem ismeretes a határa.

A szivárgásvizsgálatok kb. DK irányú lassú szivárgást mutattak. Becslésünk szerint a szivárgás sebessége kb. 30 m évente.

A GP mérések alapján nyilvánvalóvá vált, hogy a vizsgált terület központi részén erős környezetszennyezés található. A görbék TAU transzformációja kimutatta, hogy a szennyezés genetikailag főleg a "fémes" és "elektrokémiai jellegű" típushoz köthető. Ezek alapján a hulladéklerakó további állapotvizsgálata, monitorozása - a veszélyes hulladéokra tekintettel is - indokolt, a környező ivóvízbázis védelme miatt.

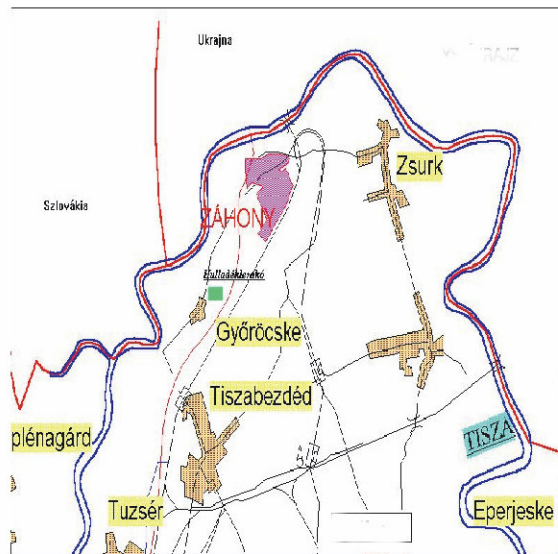
Irodalom

Turai, E., Elsen, K., Limbrock, K. (1992):

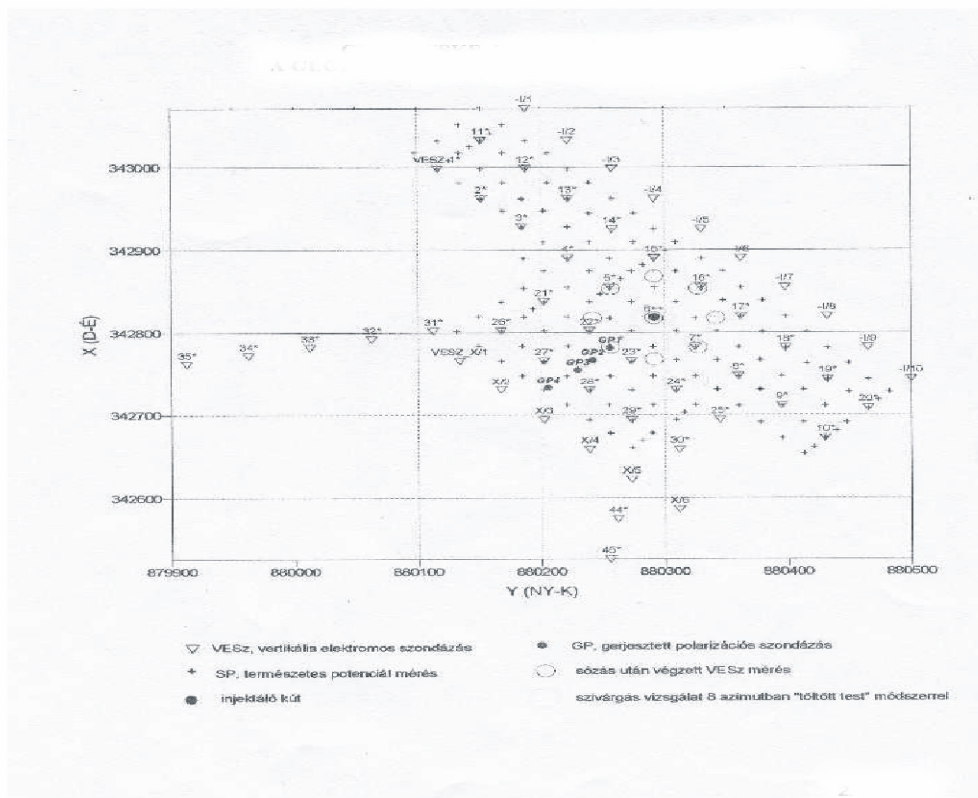
Analysis of IP Time-Domain Data Measured Above a Waste Site Near Offheim Using Tau-Transformation of IP Chargeability Curves. - *JEP 1553 TEMPUS project report, DMT-Bochum.*

Turai E. (témavezető) (1999):

Az IP-adatok TAU-transzformációját felhasználó környezetvizsgálati célú módszer fejlesztése. - *OTKA kutatási részjelentés, ME-Miskolc.*

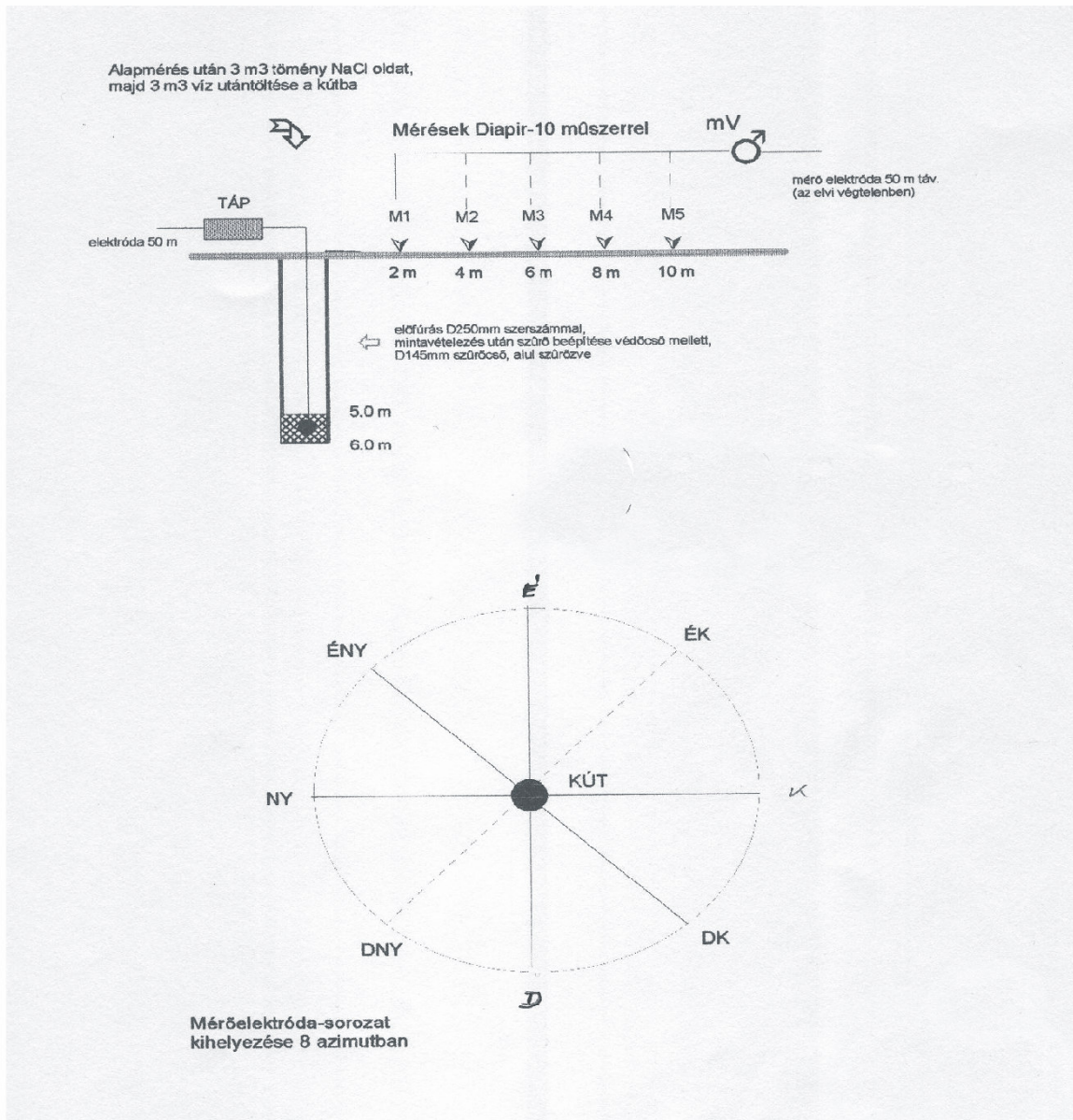


1. ábra
Helyszínrajz



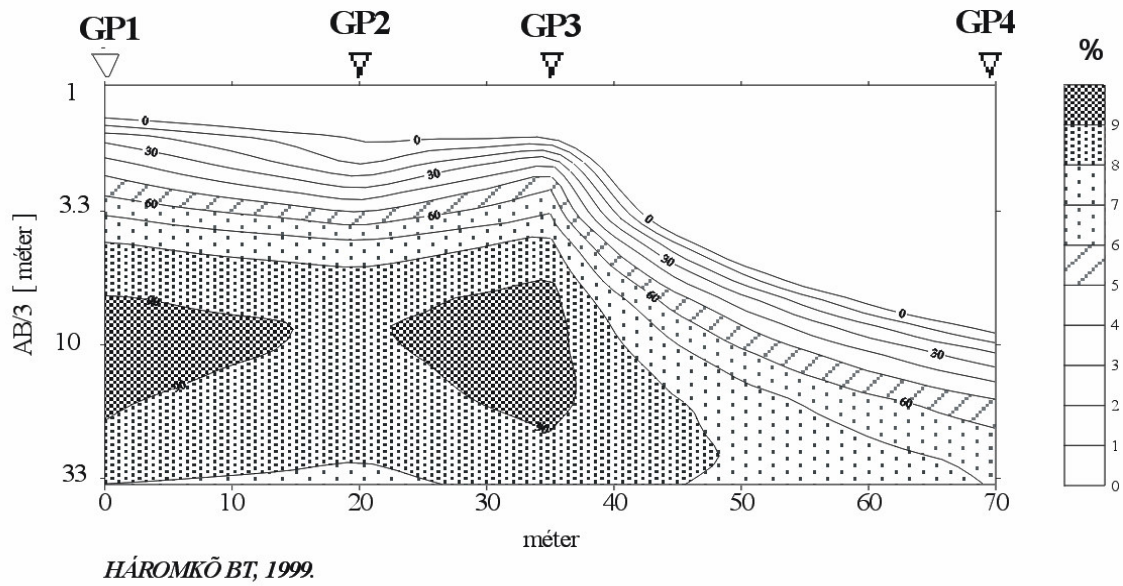
2. ábra

Győröcske hulladéklerakó.
A geofizikai mérési pontok helyszínrajza



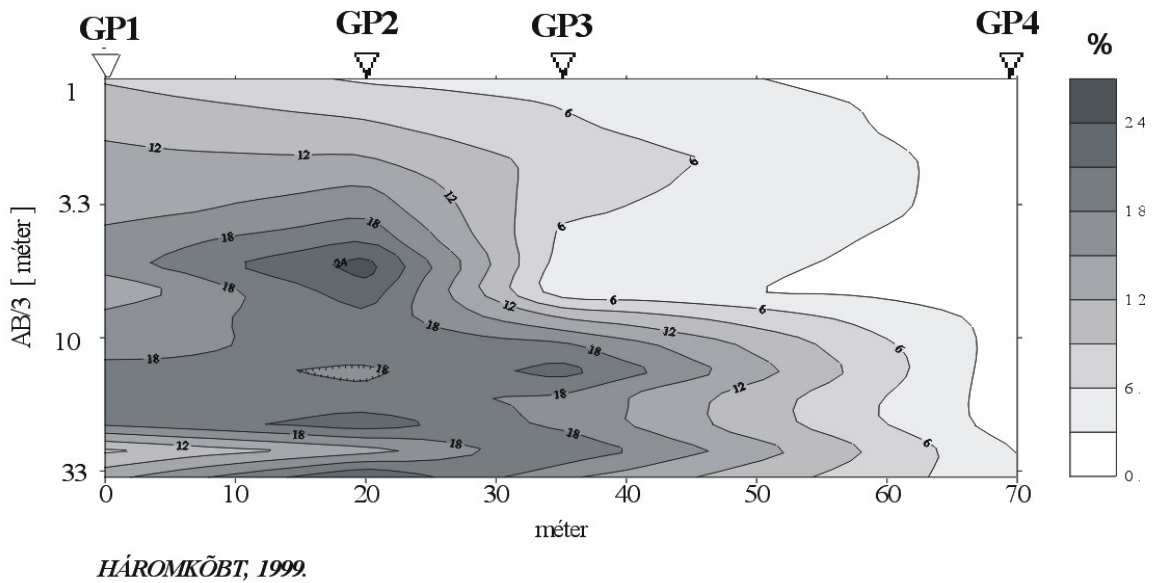
3. ábra

A szivárgásmérési vizsgálatok elrendezése



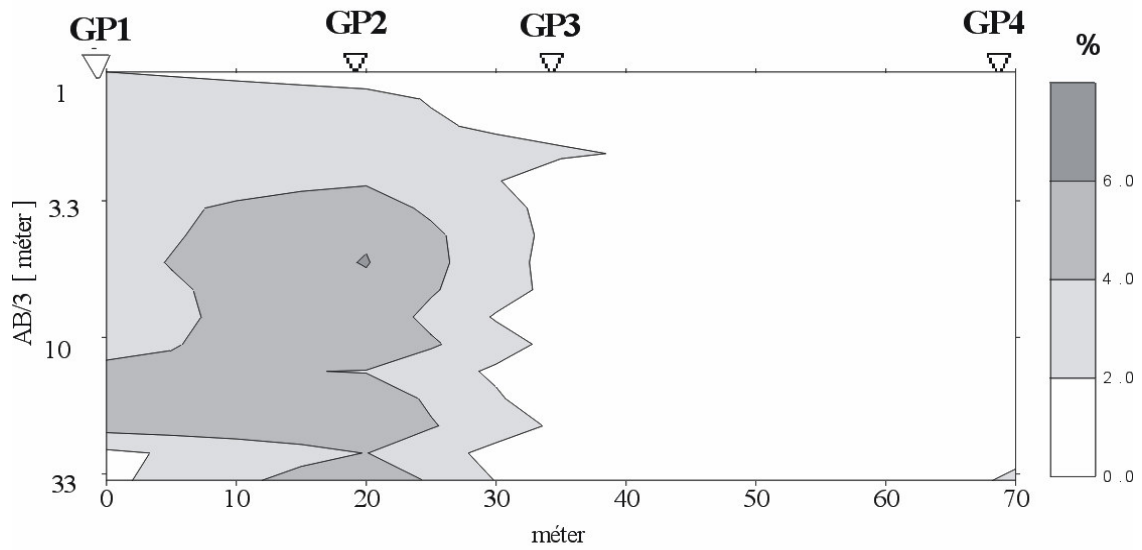
4. ábra

Tiszabездéd, győröcskei hulladéklerakó.
A fajlagos ellenállás szennyezés-érzékenysége



5. ábra

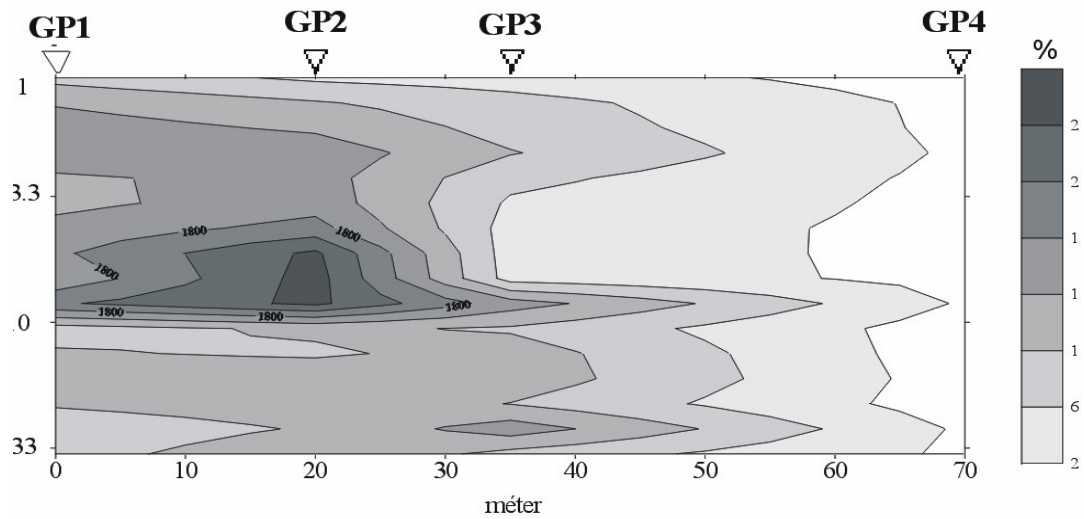
Tiszabездéd, győröcskei hulladéklerakó
A polarizálhatóság Eta(0.1s)



HÁROMKŐ BT. 1999.

6. ábra

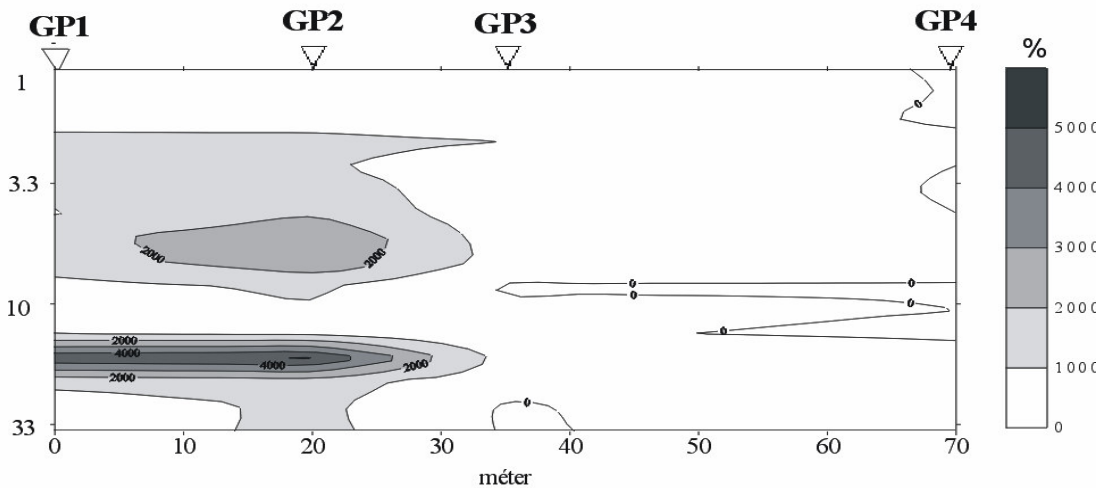
*Tiszabездé, győröcskei hulladéklerakó.
A polarizálhatóság Ete(1,5s)*



HÁROMKŐ BT, 1999.

7. ábra

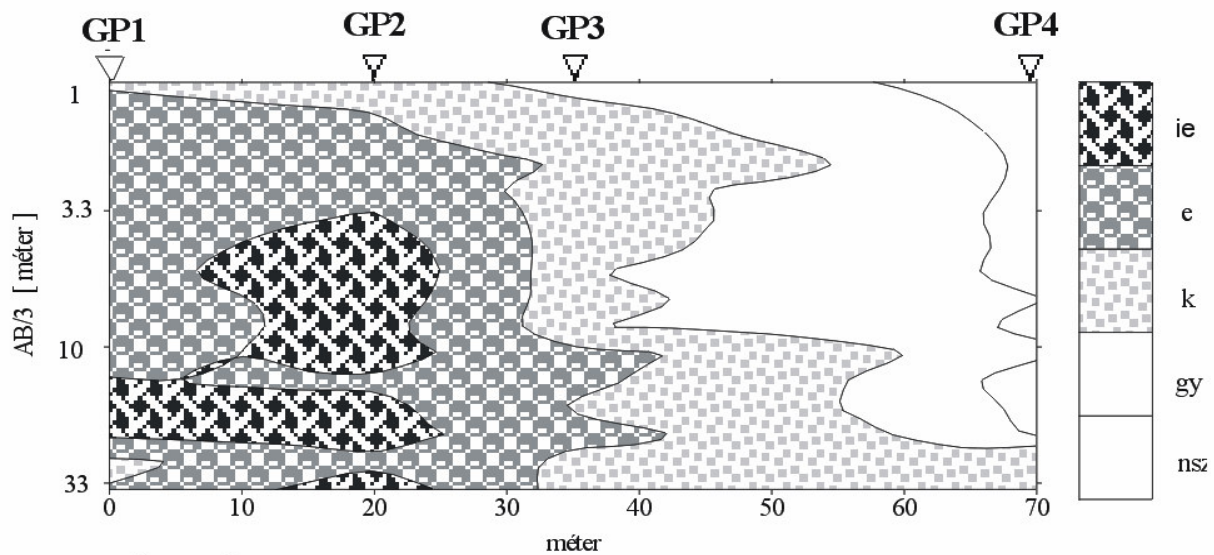
*Tiszabездé, győröcskei hulladéklerakó
A polarizálhatóság Eeta(0,1s) szennyezésre való érzékenysége*



HÁROMKŐ BT. 1999.

8. ábra

Tiszabездé, győröcskei hulladéklerakó
Az Eta(1,5s) szennyezésre való érzékenysége

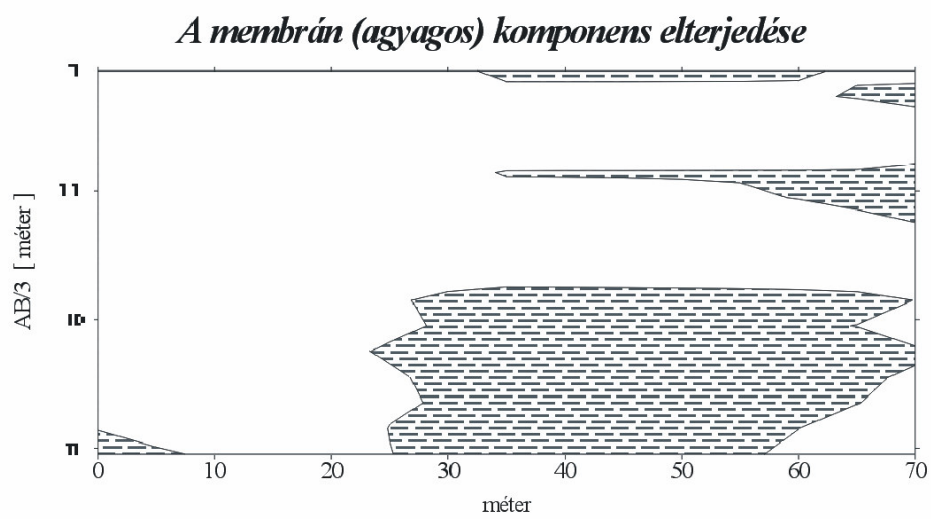
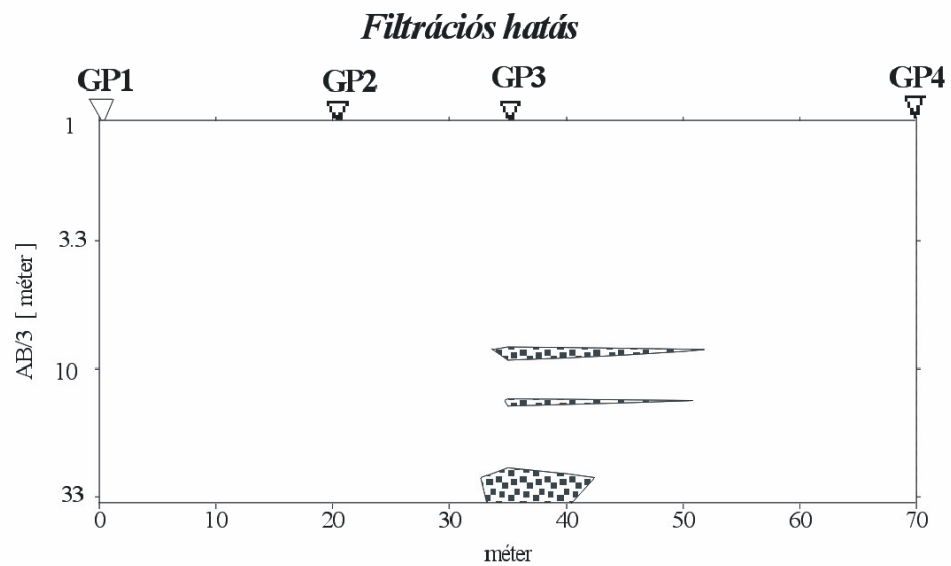


HÁROMKŐ BT, 1999.

nsz - szennyezetlen	gy - gyengén szennyezett
k - közepesen szennyezett	e - erős szennyezés
ie - igen erős szennyezés	

9. ábra

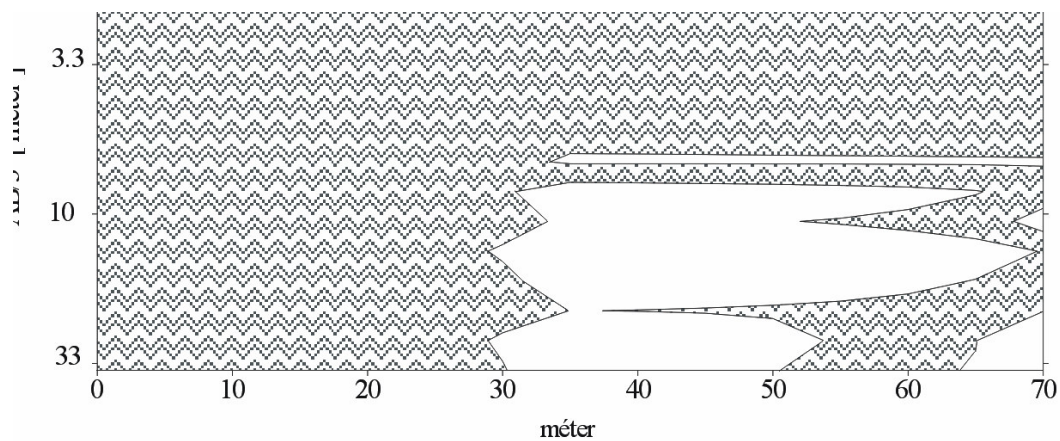
Tiszabездé, győröcskei hulladéklerakó
A szennyeződés mértéke a GP mérések alapján



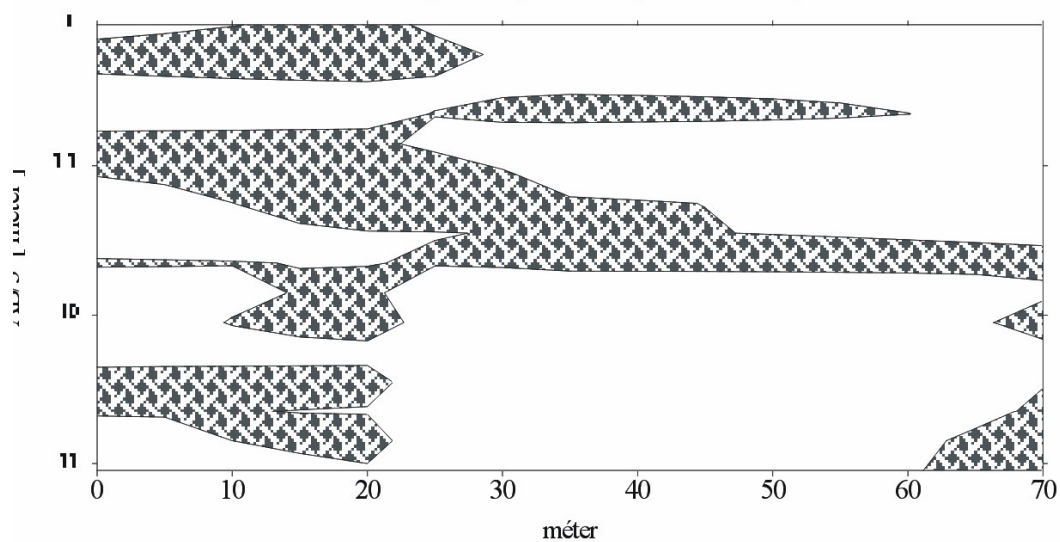
HÁROMKÖBT. 1999.

10. ábra
Tiszabездé, győröcskei hulladéklerakó.
A szennyezés típusa a GP mérések szerint

Az elektrokémiai (redox) szennyezés elterjedése



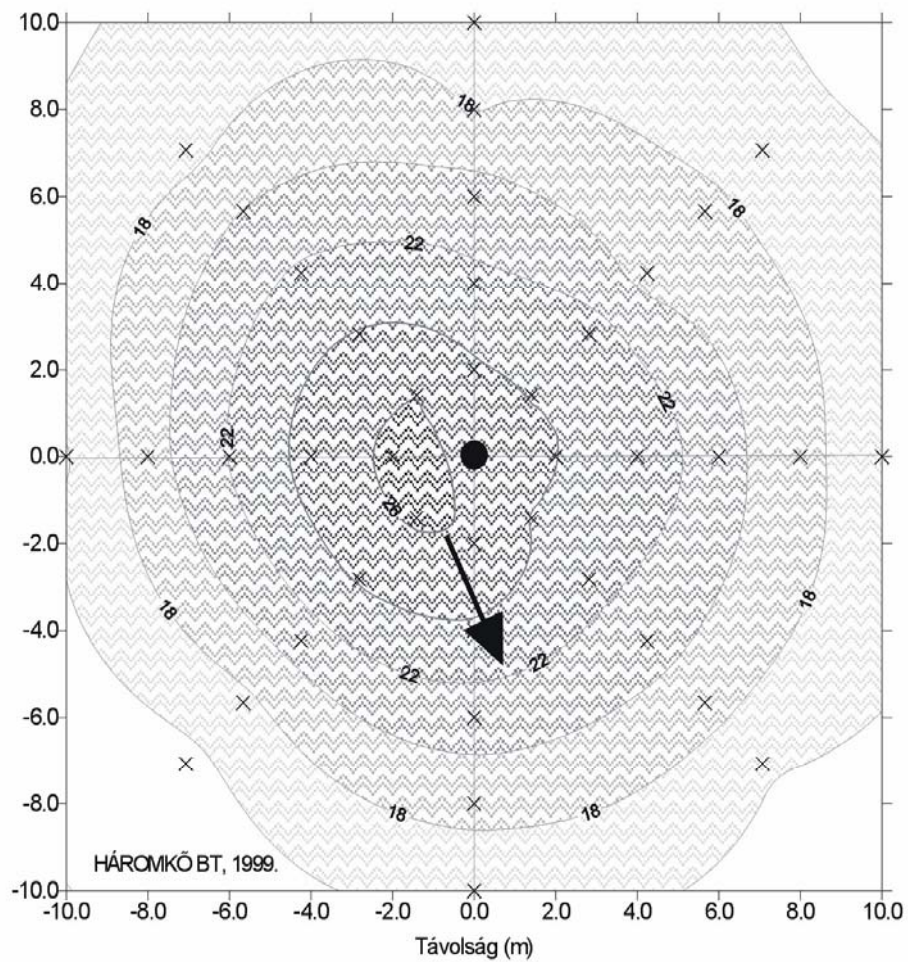
A metallikus (fémes) szennyezés elterjedése



HÁROMKŐ BT. 1999.

11. ábra

Tiszabездéd, győröcskei hulladéklerakó
A szennyezés típusa a GP mérések alapján



- injektáló kút
- X N mérőelektrodák helye
- ↑ áramlás iránya

12. ábra

*Tiszabездéd, győröcskei hulladéklerakó.
Potenciáeloszlás a kút körül 45 h múlva*