

Újszerű geofizikai mérések alkalmazása a hidrogeológiában és a mérnökgeofizikába

Application of novelty geophysical measurements in hydrogeology and engineering geophysics

SERFŐZŐ Antal¹, ANDRÁS Eduárd², KASSAY Zsombor³,
FUKKER Norbert¹, SZÓTS Gergely¹, BUJDOSÓ Márton¹

¹Geogold Kárpátia Környezetvédelmi és Mérnöki Kft

²GeoSearch Srl.

³Total Proiect Srl.

Abstract

The humanity is facing enormous challenges in the upcoming decades: decreasing resources, growing population, huge metropolises, increasing sea level due to the global climate changes, floods and drought. The adaptation to these complex challenges can only be done with different innovative methods. Faster and more precise monitoring systems must be established. We must see and control the processes better that takes place in our environment so we can manage in time the outcome of these events in a way that more appropriate for us. The former large and expensive sensors and instruments will be replaced by large amount of cheaper ones, so the former large and expensive measurements can be mass products.

In our presentation we will introduce results from the field of hydrogeology and engineering geophysics, where the decision making processes could be more faster and easier to interpret based on the evaluation of the large amount subsurface data.

Bevezetés

A következő évtizedekben óriási kihívások elé néz az emberiség. Csökkenő erőforrások, növekvő népesség, kialakuló óriásméretű metropoliszok, globális klímaváltozás okozta tengerszint emelkedések, árvizek, aszályok. Ezen komplex kihívásokhoz való alkalmazkodást csak innovatív, a korábbiaktól eltérő módszerekkel lehet elérni. A jelenleginél gyorsabb, pontosabb méréseket, komplexebb tervezéseket és kivitelezéseket kell kialakítani, végrehajtani.

El kell érjünk, hogy a természetben illetve a környezetünkben lezajló folyamatokat jobban átlássuk, kontroláljuk és adott esetben még időben, számunkra megfelelően alakítsuk ki egy esemény végkimenetelét.

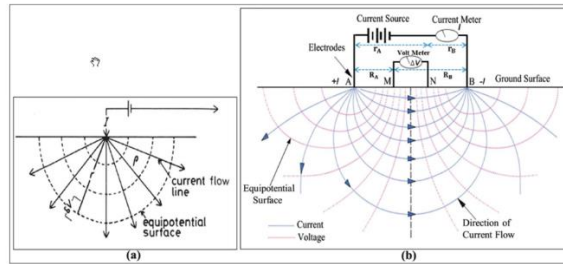
A globális klímaváltozással párhuzamosan zajlik egy szintén fontos folyamat: a negyedik ipari forradalom [1,2,3], amely során exponenciálisan fejlődik az automatizálás, robotizáció, az adatcsere. A jelenleg is zajló ipar forradalom hajtóereje a számítógépes chip-ek (Moore törvény [4]) és összetett algoritmusok töretlen fejlődése és ár-érték arányának csökkenése. A fentiek figyelembevételével látjuk, hogy földtani szakterületek is fordulópont előtt állnak. A korábban nagyméretű és drága műszereket rövid időn belül felváltják sokkal pontosabb, nagyobb kapacitású olcsóbb, nagy mennyiségű érzékelők, azaz tömegterméké tudnak válni a korábban drága és nagy precizitást igénylő mérések.

A jelenlegi előadásunkban két szakterületen a hidrogeológiában és a mérnökgeofizikában mutatunk be eredményeket, ahol a nagy mennyiségű feszínalatti adat kiértékelésével, és megjelenítésével gyorsítani és könnyen értelmezhetővé lehetett tenni a döntési folyamatokat.

Mérési Technológia bemutatása

A felszínközeli alkalmazott geofizika egyik széleskörűen használt módszere az aktív egyenáramú multielektrodás elektromos ellenállás tomográfia (ERT, Electric Resistivity Tomography). A módszer elméleti háttere a következő, két darab áramelektrodán áramot juttatva a földbe, féltér-modell közelítést használva,

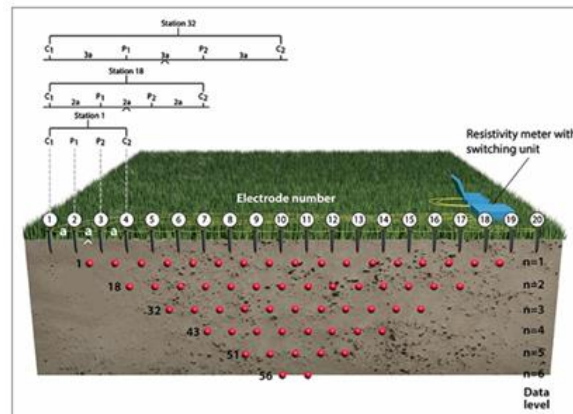
másik ún. potenciálektróda-páron kialakuló feszültség mérésével meghatározható a talaj egy pontjában a látszólagos fajlagos elektromos ellenállás (1. ábra).



1. ábra

Az ERT mérések sematikus ábrája (A-B az áramelektroda párokat, M-N a feszültség elektróda párokat jelöli, I a kiadott áramerősség, ΔV a műszer által mért potenciálváltozás, $r, R-a, b$ a mérés során használt szekvencia geometriai paramétere)

A multielektrodás méréseknél több tucat elektródát egy rendszerre kötve, automata szoftveres vezérléssel a „kiterített” sok elektróda közül az aktuális mérési elrendezés geometriai feltételének megfelelő 4 elektróda kiválasztható. A megfelelő betáplált szekvencia szerint a szoftver végig méri az adott szelvény mentén diszkrét pontokban (a 4 elektróda megfelelő permutációival) a látszólagos fajlagos elektromos ellenállást mélység és szelvénymenti távolság függvényében (2. ábra).



2. ábra

A ERT mérés adatrendszerének sematikus ábrája

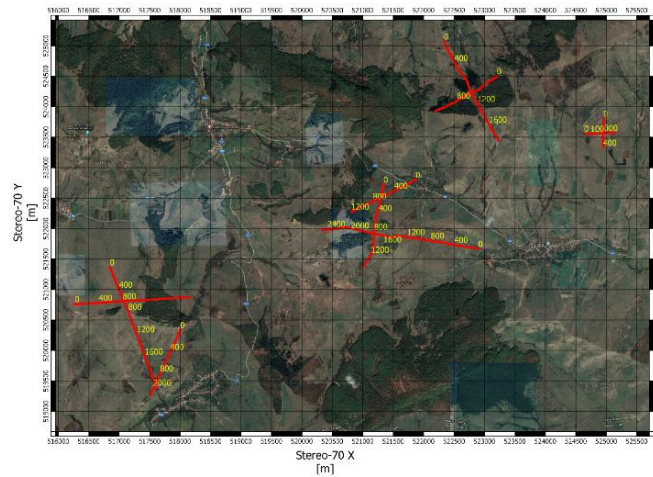
A mért látszólagos fajlagos elektromos ellenállásszelvényekhez hozzárendelve a domborzatot, valamint az egyes elektródák koordinátáit, geofizikai inverzió végezhető. Az inverzió során a nyers mérési adatokból előállíthatjuk a szelvények menti fajlagos elektromos ellenállás-eloszlást, mely valós fizikai paramétereloszlásként jellemezi a felszín alatti térrészt.

A multielektrodás méréseket a francia IRIS Instruments cég által gyártott SYSCAL PRO SWITCH 96 -192 csatorna műszerrel végeztük, a megfelelő térbeli pontosság érdekében RTK GPS-el mértük be az egyes elektródákat (Stereo70 vagy EOVS rendszerben)

Hidrogeológiai alkalmazás

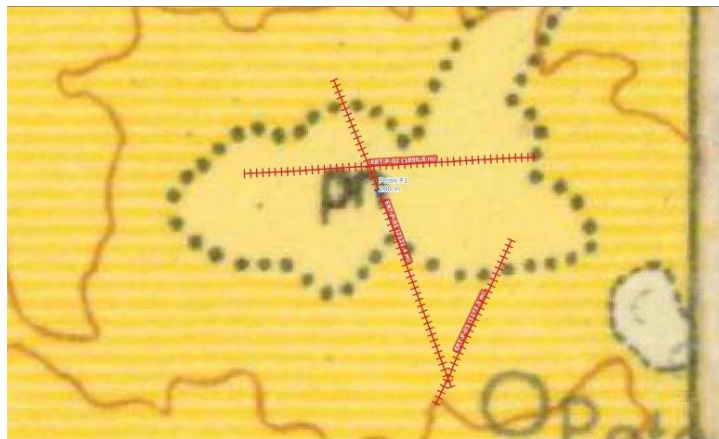
Kányád Község - Románia

A GeoGold Kárpátia Kft. Kányád község megbízásából geoelektromos mérést végzett Petek, Székelydála és Ábránfalva településeken – Kányád község közigazgatási területein (3. ábra). A továbbiakban csak a peteki mérést részletezzük.



3. ábra
A geoelektromos szelvények nyomvonalai

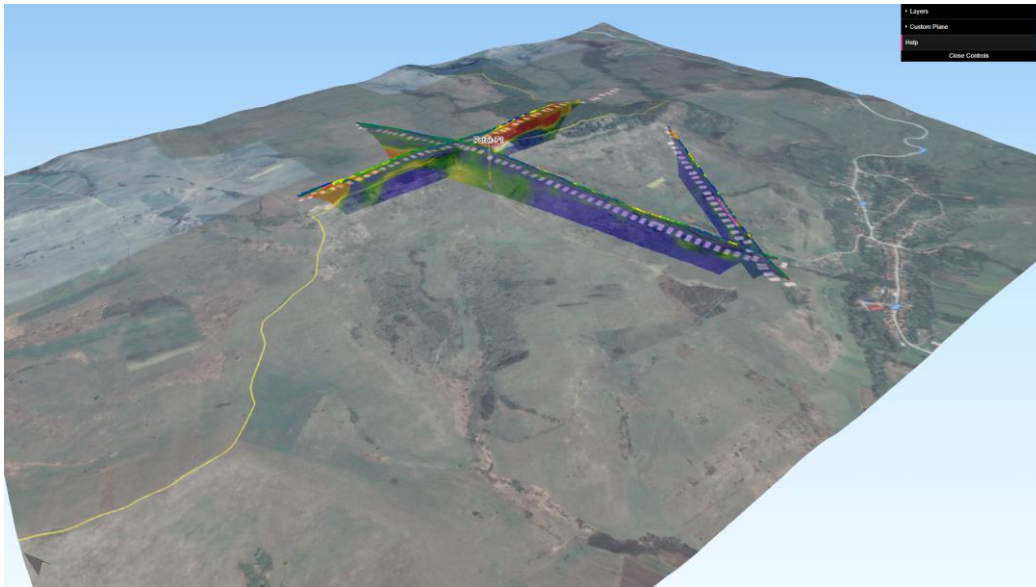
A geofizikai vizsgálat célja a területen olyan geológiai rétegek lehatárolása, amelyekből kútkiképzés után ivóvíz nyerhető a környező települések részére. A területre jellemző agyag rétegek (bádeni, szarmata korú képződmények) környezetében különböző mélységben potenciális vízadó pannon homokrétegek jelennek meg. Ezeknek a kavicsos homokrétegeknek az elhelyezkedését, kivékonyodását vizsgáltuk geofizikai módszerekkel a földtani térképek alapján előre kijelölt nyomvonalakon (4. ábra).



4. ábra
Földtani térkép és a geoelektromos szelvények nyomvonalai Petek területén

Az értelmezés során figyelembe kell venni, hogy a különböző kőzetek karakterisztikus fajlagos elektromos ellenállása számos tényezőtől függően egy viszonylag széles tartományban mozog (az agyag esetében 1-100 Ohmm, homok esetében 10-1000 Ohmm). Ezen tényezők közül a legfontosabbak közé sorolható a víztelítettség, kompaktság, töredezettség, ásványos összetétel. Továbbá nehezhítheti a megfelelő földtani értelmezést az egyes rétegek közötti fokozatos átmenet, illetve a mélyebb tartományban előforduló kisebb vastagságú rétegek jelenléte.

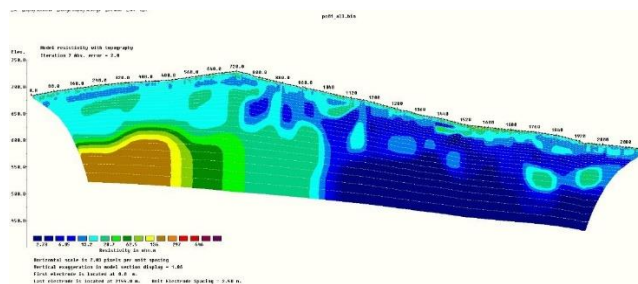
A kutatás tervezése és a kivitelezés módszertana dinamikus volt, hasonlatosan a „design as you go” elvnek, vagyis az új beérkező adatok alapján módosítottuk, finomhangoltuk a szelvények helyzetét és jellemzőit. A módszert úgy lehet hatékonyan alkalmazni, hogy rendelkezésre áll megfelelő számítási kapacitás és emberi erőforrás. Közvetlenül a mérés után elkészítettük a szelvény előzetes kiértékelését, majd az interpolált ellenállásértékeket pontfelhő formájában valós 3D térben elemeztük (5. ábra). Az ígéretes térrészekre újabb szelvényeket jelöltünk ki.



5. ábra

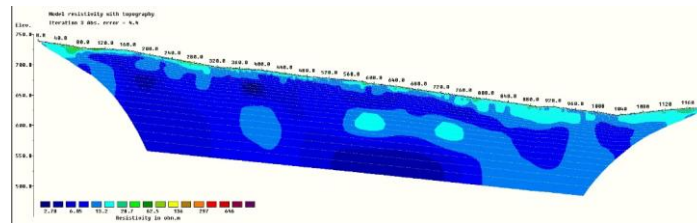
A mért geoelektromos szelvények megjelenítése valós 3D térben

A három mért geoelektromos szelvény ERT-P-01,-02,-03 feldolgozása után jól látható, hogy a megfelelő módszer lett kiválasztva a cél eléréséhez, köszönhetően a nagy elektromos ellenállás kontrasztoknak, ami jellemzi a területen található rétegeket. Megfigyelhető (6-7-8 ábrák), hogy a hegyháton mért szelvényt leszámítva (P-02) mindenhol a felső 50-60 méteren kis elektromos ellenállású (5-10 Ohmm) összlet található, amit agyagként azonosítottunk. Ahogy jövünk le a hegyhátról D-DK irányba úgy nő ennek a rétegnek a vastagsága (6.ábra) és vékonyodik, majd tűnik el a homok réteg. A P-03 szelvény (7. ábra) is ezt a képet erősíti meg, azaz a pannon homok rétegek nem jelennek meg ilyen mélységben ebben az irányban és a P-01 szelvény DK-i végéhez hasonlóan itt is 5-10 Ohmm ellenállással végig követhető az agyagréteg geológiai elhelyezkedése anélkül, hogy homok réteg detektálható lenne benne. A keresett pannon homokrég a P-01 szelvény (6. ábra) ÉÉNY részén jól látható a rá jellemző elektromos ellenállás értékek alapján (30-60 Ohmm). A tszf. magasság 590-625 m között elhelyezkedő homokrég végig követhető szelvénymenti távolságban kifejezve 0-1040m-ig, ahol is bejön a fentebb említett agyagos réteg. A szelvény elejétől a szelvény mentén 480m-ig látható a homok alatt egy nagyobb ellenállású 150-200 Ohmm ellenállású ~50m vastag réteg, ami lehet szárazabb, kevésbé víztelített szarmata homokkő/konglomerátum. A hegyerincsel párhuzamos szelvény (P-02, 8.ábra) kettős képet mutat a felszínhez közeli geológiával kapcsolatban. Míg a szelvény középső részén a felső 20 métert alacsony ellenállású agyag tölti ki, addig a szelvény két végén jelentős ellenállás kontraszt figyelhető meg. A keleti végén tszfm. 725-650m közötti teret nagy ellenállású (600+ Ohmm) konglomerátum, kavics tölti ki. Ettől a szelvényen NY-ra haladva tszfm 650-680m között megjelenik ugyanaz a 30-60 Ohmm ellenállású homokrég mint amit a P-01 keresztzelvény ÉNY részén is láttunk.



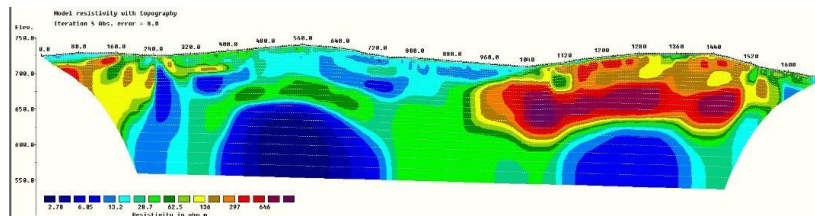
6. ábra

ERT-P-01 szelvény, ÉÉNY-DDK irányba. 960-1040m környékén a homoktest elvékonyodik és a déli irányba már csak agyag figyelhető meg a maximális behatolásig.



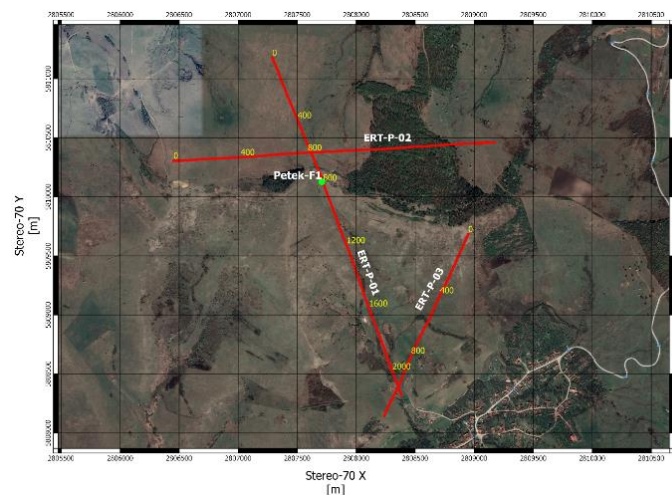
7. ábra

ERT-P-03 szelvény ÉK-DNY irányban. Összefüggő, szinte homogén, alacsony (10 Ohmm) ellenállású agyagok jelenlétét mutatta ki a mérés.



8. ábra

ERT-P-02 NY-K irányú gerincen mért geoelektromos szelvény. A szelvény keleti felében megjelenik egy vastag 600+ Ohmm feltehetőleg kavicsréteg.



9. ábra

Petek-F1-es fúrás helye zöld ponttal jelölve

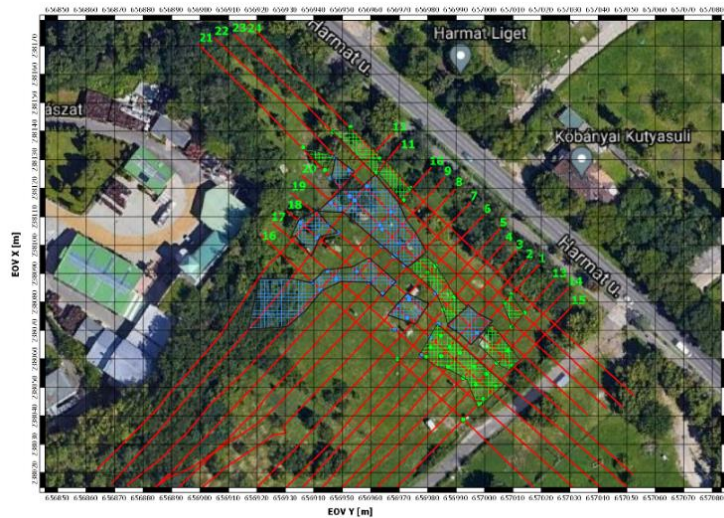
A mért szelvények alapján és a helyi geológiát figyelembe véve a következő helyet javasoltuk fúrásra (9. ábra) - a térképen zöld ponttal jelölt Petek-F1-es 180 m mély fúrás. A fúrás után a kút kb. 100 m³/nap vízhozammal rendelkezett, ami a helyi igényeket messzemenően kielégítette.

Mérnökgeofizikai alkalmazás

Kőbányai pincerendszerek -Budapest-Magyarország

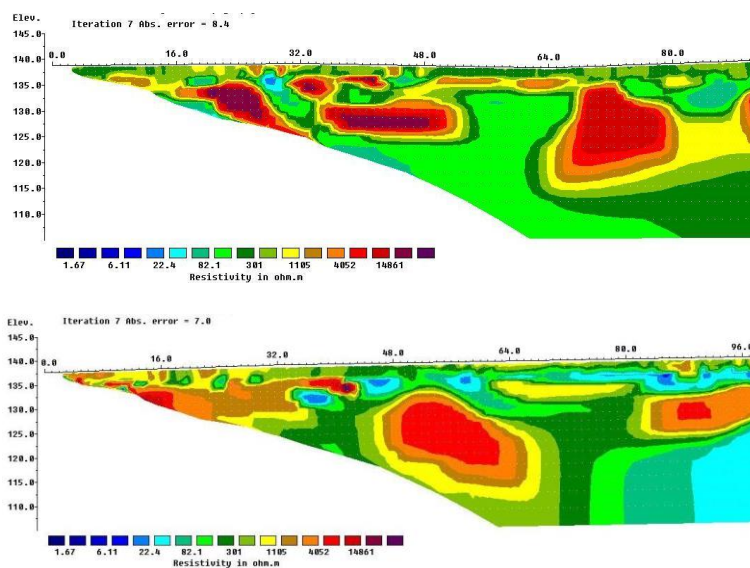
A GeoGold Kárpátia Kft. a Körös-Consult Tervező Kft. megbízásából geoelektromos mérést végzett a Budapest, Kőbánya Óhegy, 41405/1 és 41405/2 HRSZ területén. A geofizikai vizsgálat célja a terület udvarának 2D-s elektromos ellenállás eloszlásának és a felszín alatt elhelyezkedő üregek felmérése volt. A kiválasztott geofizikai módszer segítségével meghatározhatóak a felszínalatti objektumok (pl. eltemetett üregek) helyzetei, és emellett vizsgálhatóak az egyes földtani rétegek térbeli változásai. A kiválasztott módszer a felszín alatti zóna látszólagos-fajlagos ellenállásának mérésén alapul, azaz a különböző elektromos ellenállású rétegek (jelen esetben: levegővel kitöltött üregek, mészkő rétegek, homokrétegek) a végleges, feldolgozott adatrendszeren elkülöníthetővé válnak. A szelvények előre egyeztetett nyomvonalakon, 5 méteres távolságban lettek

kijelölve egymástól, így biztosítva a kellően nagy térbeli felbontását a vizsgált területen. Az alkalmazott paraméterekkel 20 méter behatolási mélység biztosítva volt. Összesen 4016 méter hosszan történt szelvényezés a területen, 24 db 2D-s szelvényt mértünk ÉNy-DK és ezekre merőleges ÉK-DNy irányban (10. ábra).



10. ábra

Szelvények nyomvonalai a területen, mellette kirajzolva az ellenállások alapján szerkesztett üregek



11. ábra

ERT 10 és ERT 20-as szelvények, rajta a nagy ellenállású (piros) üregek helyszínei

A területen 2D-s szelvényezés történt (11. ábra), amiből maximum csak következtethetünk a szelvények alatt és között húzódó járatok 3D-s térbeli kiterjedésére. A pontokat egybekötve két, közel párhuzamos járat rendszert láthatunk ÉNy-DK irányban, melyekből a nyugatabbra eső járat nyugati irányba elkanyarodik (9. ábra). A két feltételezett járatrendszer délkeleti felében kisebb ellenállásúak az anomáliák, aminek lehet oka akár beszakadt üreg is.

Irodalom

1. <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>
2. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/what-is-the-fourth-industrial-revolution/>
3. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/04/05/why-everyone-must-get-ready-for-4th-industrial-revolution/#69dfe4283f90>
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law