

NÉMETH NORBERT, FÖLDESSY JÁNOS,

NYERSANYAGKUTATÁSI MÓDSZEREK

9



A Műszaki Földtudományi Alapszak tananyagainak kifejlesztése a
TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0033 pályázat keretében valósult meg.

IX. GEOFIZIKAI MÉRÉSEK FÚRÁSOKBAN – KAROTTÁZS

1. A FÚRÓLYUK-GEOFIZIKÁRÓL ÁLTALÁBAN

A mélyfúrési geofizikai módszerek (**karottázs**) a fúrólyukban végezhető, a fúrólyuk, a fúrólyuk falának közeli környezetét alkotó kőzetek, a fúrólyukba áramló fluidumok jellemzésére szolgáló mérések összefoglaló neve.

Az ásványnyersanyag-kutatásban a szénhidrogének és a geotermia kutatásában alkalmazzák a legkiterjedtebben a mélyfúrési geofizikát. Emellett a kőszén, urániumércsek, homok, kavics, agyag, lignit kutatásánál közvetlenül a nyersanyag minőségére kalibrált és elterjedt karottázs-geofizikai mérések használatosak. Egyéb nyersanyagok kutatása során a nyersanyag, a befogadó kőzetek illetve a fúrólyuk bizonyos fizikai jellemzőit mérhetjük a fúrólyukban, amelyek segítségével a nyersanyag helyzetére és minőségére vonatkozó többletinformációt kapunk.

A karottázs-berendezések részei:

- a fúrólyukban vontatott vagy tolt **mérőszonda**;
- a mérőszondát és a felszíni adatrögzítőt összekötő **kábel**;
- a szondát mozgató **csörlő**;
- a felszíni **adatrögzítő**.

A fúrólyukban mozgatott mérőszondával a fúrólyuk hossza mentén rendszeres mélységközökben mérjük a különböző szondák mérő-, érzékelőegységébe érkező jeleket.



9.1 ábra: Karottázs-berendezés

A jelenleg a felszín fölött függő szondát a mélységszámlálóval ellátott csörlőkeréken keresztül engedik a fúrólyukba. A jeleket a csörlővel összekapcsolt kábeldobra tekert kábelen továbbítja a berendezés a kábeldob mögötti adatgyűjtőbe.

A fúrési módszerek költségesek, és ezért alkalmazhatóságuk nem korlátlan. A fúrásokból szereshető földtani információt kiegészíti, kiterjeszti, sőt néhány esetben helyettesíti a fúrásban végzett geofizikai vizsgálat. A felszínen

vagy levegőből végzett geofizikai mérések eredményének kalibrálására és hitelesítésére is fúróluk-geofizikai módszerek alkalmazhatók, hiszen itt a mért fizikai paraméteradat közvetlenül összevethető a vett anyagmintával. A magfúrési módszer mintavételi nehézségeivel, helyenként csökkent mintakihozatalával szemben, ahol a mélységi felbontás pontosságát a legtöbb kutatási környezetben kb. 0,1 m körülire tehetjük, a karottázs a lyukfalról, és azon túlmenően a lyukfal környezetéből gyűjtött fizikai paraméter mérésekkel igen pontos (mm körüli) mélységi felbontású képet ad.

A vizsgálatok igen sokrétűek, és értelmezésük is változó lehet a kutatási cél függvényében. A módszerek elvi alapjait a geofizika tárgyalja, ebben a jegyzetben arra térünk ki részletesen, hogy mit várhatunk biztonsággal a fúróluk-geofizikai mérési együttesektől, illetve az egyes földtani környezetekben milyen mérési sorozatok alkalmazhatók a legjobb hatékonysággal.

A méréseknek technikai feltételei is vannak. Vannak mérési módszerek, amelyek beléscsővezetett szakaszon is végezhetők, de a mérések jelentős részéhez nyitott, csövezetlen furatra van szükség. Több mérésfajtnál fontos, hogy a furat öblítőfolyadékkal vagy vízzel legyen feltöltve. A fúrólukban a falat alkotó kőzet, a falra kiülepedett iszaplepeny, a fúrólukat feltöltő folyadék, és ha van, a beépített beléscső együttes hatásait mérjük. Ezért az öblítőfolyadék, illetve a furat falán képződött iszaplepeny fizikai paraméterei is megjelennek a mérési adatokban, így a kőzetről információt csak ezekre alkalmazott korrekcióval szerezhethetünk.

A fúrési módszerek nyersanyagkutatási alkalmazásainál minden esetben sor kerül **fúrólukgeofizikai mérésekre**. Ezekben a fúrólukban kábelen vontatott (vagy fúrórúddal betölt) mérőeszközök által észlelt jeleket rögzítik a mélység függvényében.

A mérés-együttesek tartalma a kutatási céltól függően eltérő.

A főbb mérésfajták:

- Ferdeség
- Lyukbőség
- Hőmérséklet
- Elektromos mérések
- Nukleáris mérések
- Mágneses mérések
- Akusztikus mérések



TOVÁBBI INFORMÁCIÓK

Introduction to borehole geophysics <http://ny.water.usgs.gov/projects/bgag/intro.text.html>

2. FÚRÓLYUK MÉRÉSEK

Ferdeségmérés

A furat tervezett iránya csak ritka esetekben egyezik meg hibahatáron belül a ténylegesen kivitelezett furat irányával, a fúrési szerszámzat elhajlása, a rá ható feszültségek, illetve a harántolt kőzetek változó keménysége miatt.

A mintavétel céljából mélyített fúrásokban ezért még függőlegesnek tervezett fúróluk esetén is ferdeséget kell mérni. Ezt a mérésfajta karottázs-geofizikai szerszámzattal végzik. Meghatározzák a mérési pontban a fúrólukszakasz irányának a mágneses északi iránnyal bezárt szögét (*azimut*) és a vízszinteshez viszonyított lehajlását. Megfelelő számú méréssel kirajzolható a furat **ferdeséggörbéje**.

Sokféle **ferdeségmérő eszköz** ismert, az egyedi mérést biztosító óraműves műszertől a sokpontos észlelést és mágneses közegben is iránymérést lehetővé tevő giroszkópos berendezésig.



9.2 ábra: Tropari típusú óraműves egyponthoz ferdeségmérő műszer

A három tengelyen elmozdulni képes mágneses kompasz a súlypontjánál fogva rögzítetlen állapotban vízszintes helyzetbe áll, a rögzítő szerkezet működésbe lépése után a kompasz helyzete a műszer hossz tengelyéhez képest a fúróluk ferdeségét, a kompasz mágneses egysége a ferdeség irányát rögzíti, amelyet kilépés után lehet leolvasni a műszerről.

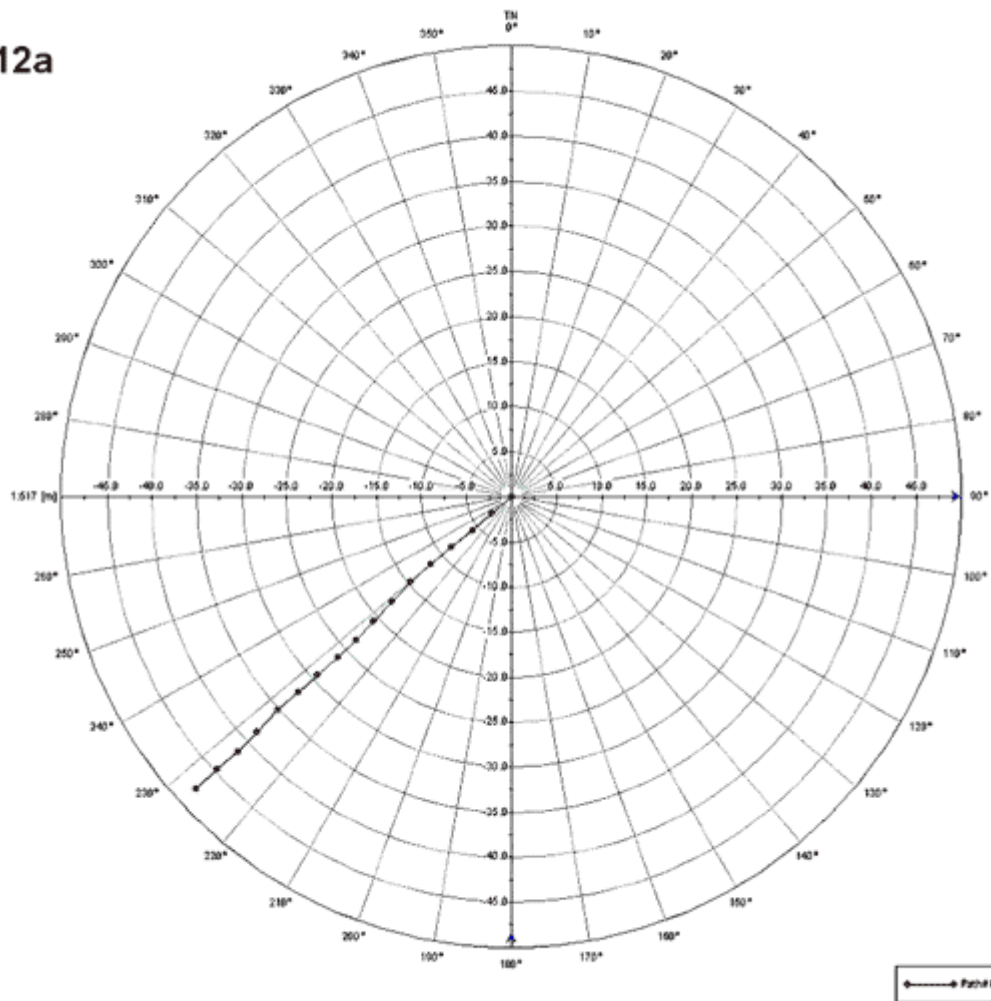
A nyersanyagkutatói célú mintavételezésnél a sekélyfúrás mélységek (10-50 m) kivételével a fúrások eltérése a tervezett iránytól és dőlésszögtől a későbbi tervezés szempontjait tekintve már jelentős lehet, ezért a ferdeségmérés alkalmazása kötelező olyan esetekben, ahol a minták adatait ásványi nyersanyag vagy becslésére használják fel.

A szonda a fúróluk vízszinteshez viszonyított dőlésének és mágneses északhoz viszonyított irányának változását méri a fúrólukban, rendszeres mélységközökben. A mérőeszköz lehet **mágneses** (*függőkompasz*), illetve **nem-mágneses** (*giroszkópos, optikai*). Nem-mágneses mérőeszközökre béléscsőben mérendő ferdeség, illetve a földtani környezetben lévő nagy szuszceptibilitású ásványok (pl. magnetit, maghemit, pirrotin) jelenléte esetén van szükség.

A mérés lehet egyponthoz, amikor az észlelés befejezése után a műszert leolvasáshoz ki kell építeni, és lehet kvázi-folyamatos, amikor a berendezés kiépítés nélkül több pontban az Északhoz mért irányt és a függőlegeshez viszonyított dőlésszögadatot mér, s a mérési eredmény a kábelen érkezik a külszínre a mérőfej kiépítése nélkül. Az irányszög és a dőlésszög mérése során kb. 2-5 fok pontosság érhető el.

A fúrás nyomvonala legtöbbször térgörbe: a tényleges nyomvonal úgy irányban, mint dőlésben eltér a tervezettől. A kitérésnek gyakran vannak földtani, szerkezeti elemek jelenlétére visszavezethető okai: pl. nyomvonal-elterelő törési felületek, réteglapfelületek mentén.

T-12a



9.3. ábra: Ferdeségi diagram

A diagram egy rudabányai, ferde telepítésű fúrás (T12/A) mért ferdeség adatait mutatja. A 84,07 m hosszúságú fúróluk tervezett telepítési iránya 220 fok volt, míg a tényleges fúrás iránya 228 fok; talpi eltérése 47,29 m, ebből számolt ferdesége 55,7 fok (tervezett 55 fok). A mérések a fúróluk mentén 5 m-es közböben történtek. Rotaqua KFT, Rudabánya, 2010.

Lyukbősségmérés

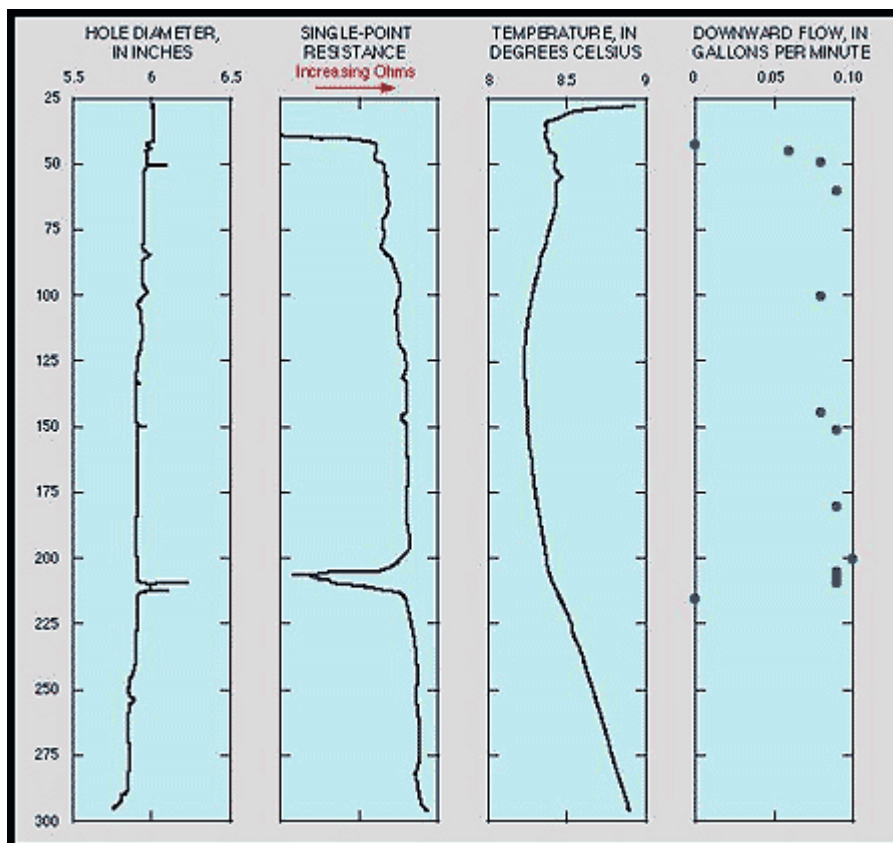
Úgynevezett **kaliberszondával** végzett mérés, amellyel a lyukátmérő fúrástengely mentén jelentkező változását méri egy vagy több irányban. A mérési eredményekből következtethetünk a lyukfal állapotára, a fúrás közben a korona kopására, béléscsőben a lerakódott ásványi kiválás vastagságára, a béléscső korróziójára, az iszaplepleny vastagságára.

Hőmérsékletmérés

A földi hőáram potenciálfelületeit, melyek homogén közeget feltéve egyenletesen vízszintesek lennének, megzavarják az áramló anyagok okozta hőmérsékletkülönbségek, illetve a geotermikus gradiensben mutatkozó különbségek.

Folyamatos és pontszerű észlelést végző műszerek alkalmazása lehetséges.

Mivel a fúrás során óhatatlanul jelentős hőáramlás valósul meg az öblítésen keresztül, a művelet befejezése és a termikus egyensúly beállása utáni mérés ad reális értéket.



9.4 ábra: Vízkutatás során használt lyuk-geofizikai mérésegyüttes eredménygörbéi

A mélységek lábban vannak feltüntetve. A lyukbővszélvényen 223 lábánál található megnövekedett lyukátmérő kisebb keménységű vagy töredezett kőzetet jelez a lyukfalban. Az ellenállás szelvény ugyanitt jelentős ellenálláscsökkenést mutat. Ez feltételezhetően jelentősebb agyagásványosodásnak tulajdonítható, ami vízzárónak értelmezhető. A párhuzamos hőmérsékletszelvény a felszíntől ugyaneddig a pontig azonos, nem változó hőmérsékletet mutat (a lyukbeli vízáramlás kiegyenlítő hatására), majd innentől emelkedő, a geotermikus gradiensnek megfelelő hőmérsékletnövekedést mutat. A jobboldali görbe a fűrőlyukban lefelé áramló talajvíz mennyiségét mutatja gallon/perc mértékegységben.

3. KAROTTÁZS – ELEKTROMOS MÓDSZEREK

A három leggyakrabban használt módszer csoport:

- ellenállás – vezetőképesség mérés
- természetes potenciál PS mérés
- gerjesztett potenciál mérés

Ellenállásmérés

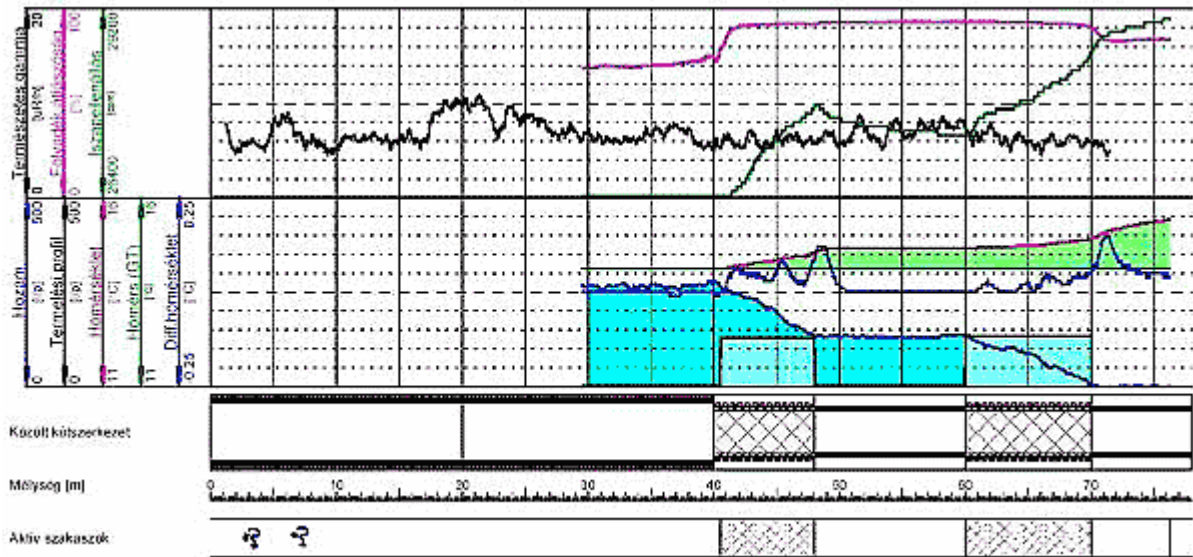
A mélyfúrás geofizika általánosan használt módszere. A sonda áramelektrodáin keresztül ismert feszültségű és áramerősségű egyenáramot átbocsátva a mérőelektrodák közötti feszültségesést (és ebből értelmezett fajlagos ellenállást) mérik. A látszólagos fajlagos ellenállásban a kőzetváz, a fúrat falára ülepedett iszaplepleny, a kőzet pórusait kitöltő fluidum, s ennek esetleges áramlása együttes hatásként jelentkezik.

Az **ellenállásszelvény** alkalmas többek között:

- üledékes rétegorok litológiai tagolására, réteghatárok kijelölésére;
- permeabilitás jellemzésére;
- porozitás becslésére;
- víz kémiai összetételének becslésére.

A látszólagos fajlagos ellenállás mérésével a kőzetekben lévő formációvíz sótartalma, porozitása, a kőzet permeabilitása, illetve elektromosan vezető ásványok (pl. színesfémszulfidok) nagy tömegű jelenléte jelezhető a

rétegsorban. Jól lehatárolható a mállási kéreg és az aljzatában lévő, nem mállott kőzet harántolt szakasza.



9.5 ábra: Egy szűrőzött víztermelő (külfertés víztelenítő) sekélyfúrás komplex lyuk-geofizikai szelvényének összefoglaló ábrája
 A két szűrőzött (rácsozottan jelölt) szakaszon keresztül történik a lyukból a víztermelés. A beáramlás jól látható a differenciális hőmérsékletszondázás eredményein. A hőmérsékletszonda a két szűrőzött szakasz között jelzi a vízáramlás mennyiségének csökkenését, a második szűrőzött szakasz alatt pedig a geotermikus gradiens okozta hőmérsékletnövekedést. A nagyobb vezetőképességű rétegvíz csökkenő beáramlását mutatja az iszapellenállás megnövekedése a nem szűrőzött, alsó lyukszakaszon. A természetes gamma szelvény a 20 m körüli (kicsővezett szakaszon mért) növekedéstől eltekintve nem mutat értékelhető változást. Geo-log KFT 2010.

SP szelvényezés

A fúrásban a felszínen telepített földelt elektróda és a szondaként a fúrásba leeresztett elektróda közötti kis feszültségkülönbséget mérik a mélység függvényében, a szonda az ellenállászondával azonos. Bár az SP szelvényezés a legrégebb alkalmazott módszer, elméleti alapjai nem teljesen tisztázottak, több elektrokémiai és elektrokinetikai hatás együttes eredőjeként jön létre a feszültségkülönbség.

Különösen alkalmas agyagos és homokos képződmények elkülönítésére, mivel az agyagok az oldatban lévő anionokkal és kationokkal szemben eltérő módon áteresztőek, *adszorbensek*, így az anion-kation szétkülönülés révén feszültségkülönbség jön létre. Az SP méréseknek széles alkalmazási területe van a szénhidrogénkutatásokban.

GP szelvényezés

A felszíni GP mérés elvével azonos módon áramot vezetve a kőzetbe, majd az áramteret kikapcsolva a gerjesztett feszültség leépülését mérik. Hintett szulfidércdúsulások kimutatásánál hasznosan alkalmazható, a hintett szulfidok mennyiségi becslésére alkalmas mérési módszer.

4. NUKLEÁRIS MÉRÉSI MÓDSZEREK

Természetes gamma mérés

A kőzetekben lévő, radioaktív bomlással jellemzett elemek és bomlástermékeik által keltett gammasugárzás mértékét mérik a fúrólukban. A legfontosabb, természetben előforduló radioaktív izotópok: ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U . Ezek közül a legszélesebb földtani alkalmazás a ^{40}K izotóp esetében lehetséges, mivel az agyagásványok és a savanyú magmás kőzetek jelentős csoportjában a kálium jelentős mennyiségben megjelenik. A mérés történhet az összes részecskeszámra együttesen (*összbeütésszám*), vagy gamma-spektrometria alkalmazásával, az egyes elemekre külön-külön. A mérési módszer üledékes uránérctelepek esetében közvetlen minőség-meghatározásra is alkalmas.

Neutron-gamma – porozitásszelvényezés

A fúrólukba leküldött szonda ismert erősségű neutronforrást és a visszaszórt neutronok beütését észlelő detektort tartalmaz. A nagy energiájú neutronsugárzás behatol a kőzetbe. Energiáját egyedül a hidrogénnel való ütközés során veszíti el, a neutronsugárzás ezért a hidrogénkoncentráció függvényében nyelődik el. A szelvényezés a béléscsővön


keresztül is végezhető. Feltételezve, hogy a kőzetek pórusteret tartalmaznak, s ezek teljesen vízzel telítettek, más jelentős H-forrás a kőzetekben nincs (pl. OH⁻-tartalmú ásványok), a neutron sugárzás energiacsökkenése a vízkoncentrációval (ennek révén pedig a vizet tartalmazó pórusok mennyiségével) arányos, így a kapott eredményekből porozitás becsülhető.

Gamma-gamma – térfogatsűrűség-szelvényezés

A fúrólukba leküldött szonda sugárforrást tartalmaz, mely nagy energiájú gammasugárzást bocsát ki. A sugárzást a kőzet anyagának atomjai az elektronsűrűség függvényében elnyelik. A szonda detektorai a visszaszórt energia erősségét mérik. Az elektronsűrűség szoros függvény kapcsolatban van a tömegsűrűséggel. A módszerrel, megfelelő kalibrációval és megfelelő földtani körülmények megléte esetén üledékes kőzetösszetekben kb +/-0,03 g/cm³ becslési pontosság érhető el.

5. FORRÁSGYŰJTEMÉNY


A TÉMÁVAL FOGLALKOZÓ SZAKFOLYÓIRATOK

Canadian Journal of Exploration Geophysics: <http://www.cseg.ca/publications/journal.cfm> 

Geofizikai közlemények (Geophysical Transactions) (weben nem elérhető)


Geophysical Prospecting: <http://www.wiley.com/bw/journal.asp?ref=0016-8025> 

Geophysics (SEG):


http://wtest.seg.org/SEGportalWEBproject/portals/SEG_Online.portal?_nfpb=true&_pageLabel=pg_gen_content&Doc_Url=prod/SEG-Publications/Pub-Geophysics/Pub-Geo-Overview/geophysics.htm 

International Journal of Geophysics: <http://www.hindawi.com/journals/ijgp> 

Journal of Applied Geophysics (Geoexploration):


http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/503333/description#description 

Journal of Environmental & Engineering Geophysics: <http://jeeg.geoscienceworld.org> 

Journal of Geophysical Research B: Solid Earth: <http://www.agu.org/journals/jb> 

Magyar Geofizika: <http://www.mageof.hu/m1lap.htm> 

Pure and Applied Geophysics: <http://www.springer.com/birkhauser/geo+science/journal/24> 

Studia Geophysica et Geodaetica: <http://www.springerlink.com/content/109194> 

SZEMELVÉNYES SZAKIRODALOM

Szilágyi E. 1979: Fejezetek a mélyfúrési geofizika gyakorlatából. *Tankönyvkiadó, Budapest*, 289 p.

Fábiáncsics L. 1968: Szilárd ásványkutatás mélyfúrési geofizikája. *Tankönyvkiadó, Budapest*, 124 p.

6. FELADATOK

FELADATOK - 9. LECKE

Többször megoldható feladat, **elvégzése kötelező**.

A feladat végső eredményének a mindenkor **legutolsó megoldás** számít.

Adja meg a helyes választ!

1. Milyen furólyuk szelvényezési módszer ad információt a porozításra?

termo

lyukbőség

gamma-gamma

neutron

2. Milyen fúróluk szelvényezési módszer ad információt a sűrűsége ?

lyukferdeség

SP

természetes gamma

gamma-gamma

3. Melyek a természetes radioaktív izotópok?

^{12}C

^{238}U

^{232}Th

^{40}K

^2H

^{34}S

4. Milyen geoelektromos fúróluk szelvényezési módszer használható hatékonyan hintett szulfidos ércesedések kimutatására ?

látszólagos fajlagos ellenállás

természetes potenciál

gerjesztett potenciál

5. Milyen karottázs módszer alkalmazható urán ércesedés minőségének közvetlen kimutatására ?

neutron gamma

természetes gamma

gamma-gamma

természetes potenciál