

A mélyfúrási geofizika szerepe a budapesti metróépítés talajkutató fúrásaiban

KISS E. ZOLTÁN*

A szerző néhány példán bemutatja a budapesti metró építését megelőző talajkutató fúrásokban végzett geofizikai szelvényezésből nyerhető többletinformációkat.

Examples of complementary informations are presented, obtained by means of geophysical loggings carried out in exploratory drillings performed prior to the construction works of the underground railway of Budapest.

Роль буровой геофизики при бурении скважин для исследования почвы во время строительства будапештского метро.

В работе на нескольких примерах показано, какая добавочная информация была получена при геофизическом профилировании скважин по исследованию почвы, которые бурились в связи со строительством будапештского метро.

Bevezetés

A budapesti metrófúrások karotázs vizsgálata 1967-ben kezdődött és feladata – miként jelenleg is – az alagutak építése szempontjából fontos földtani, tektonikai és hidrogeológiai információkkal hozzájárulni a kutatás utóbb megfogalmazott célkitűzéseéhez.

A fúrásokban kezdettől fogva a következő méréskomplexum került alkalmazásra: potenciál, ill. diff. PS mérés, konvencionális- és mikroellenállás-szelvényezés, természetes gamma, gamma-gamma és neutron-gamma mérés, lyukbőség-szelvényezés, esetenként termoszelvényezés, perforátoros magorientálás és a hidrogeológiai fúrásokban még sózásos folyadékellenállás-mérés.

Az első években a mélyfúrási geofizika eredményességét úgyszólván kizárólag a kutatásban igen lényeges feladatként jelentkező orientált rétegdőlések megoldása alapján ítélték meg. Így állhatott elő az a helyzet, hogy az említett rétegdőlés-meghatározáson kívül a szelvények interpretálása csupán a legszükségesebb adatok megállapítására (a rétegsorok kőzettani és települési mélységek szerinti felosztása, a vízveszélyes rétegek szűrőzési- és termelési paramétereinek megadása) korlátozódott. Pedig, mint az a későbbiekben bemutatásra kerülő példákban kitűnik, a karotázs-szelvények kellő földtani és kőzetfizikai szemléletű értelmezés esetén számos további, az alagútfúrás, ill. -építés szempontjából értékes kvalitatív információt szolgáltathattak volna.

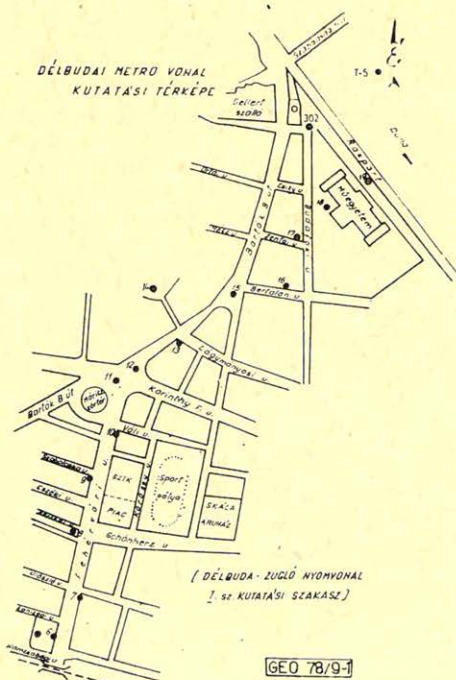
Gondolok itt elsősorban a fúrólukátmérő-szelvény egyéb karotázs paramétereit is mérlegelő beható vizsgálatára, mely fontos kőzetfizikai adatokat szolgáltat éppen azokról a kőzetekről (folyásra hajlamos homokok, képlékeny agyagok, kompakt képződmények, töredezett és csúszási zónák), melyek ismerete az alagútfúrás, ill. -építés tervezéséhez (pl. fúrópajzs teljesítmény programozás, biztosítás) szükséges; vagy pl. a fúrások közötti geofizikai rétegkorreláció lehetőségeinek tanulmányozására és alkalmazására, melynek a kutatásban jelenleg is igen nagy a szerepe a földtani korok és szintek, de főképpen a geológiai szerkezetek meghatározása terén.

A következőkben az OFKfV kutatási gyakorlatából vett néhány szelvényési példa alapján rövid áttekintést adok a komplex földtani, ill. a kőzetfizikai szemléletű interpretáció érvényesítéséről a metrófúrásokban.

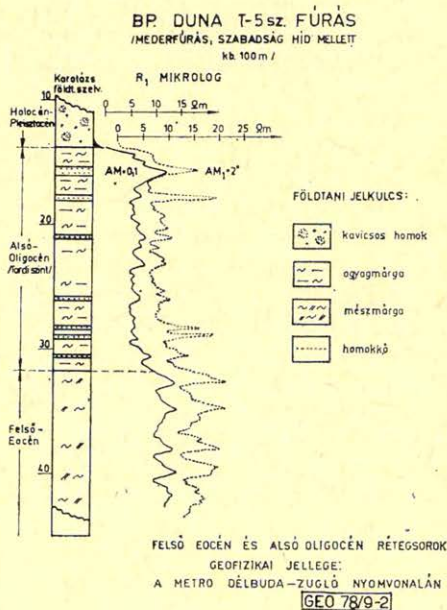
1. Rétegzonosítási lehetőségek és eredmények a metró Délbuda–Zugló nyomvonalának I. és II. kutatási szakaszán:

Az átfúrt rétegsorokat felépítő kőzetek geofizikai jellegzetességeit a bemutatásra kerülő ábrákon feltüntetett – az azonosítás alapját képező – ellenállás-szelvényeken, az üledékképződésnek megfelelően az idősebb képződményektől a fiatalabbak felé haladva ismertetjük. A korrelációban résztvevő fúrások helyszínrajzát a délbudai szakaszra vonatkozóan az I. ábrán látható térképészlet tartalmazza.

A nyomvonalszakasz legidősebb – a szakirodalomból budai márga néven ismert – felső eocén korú képződményeit 31,80–45,00 m (talp) között az 1972-ben mélyített Duna T-5 sz. mederfúrás tárta fel, az alsó oligocén tardi szintjébe sorolt vékony homokkőpadokkal tarkított agyagmárga rétegek alatt (2. ábra). Megemlítendő, hogy ettől a fúrástól kb. 200–250 m-re DNy-ra, az 1976-ban mélyített Bp. – 302 sz. fúróluk a felső eocén mészmárga képződményeket már 126 m-ben érte csak el. Így a két fúrás között mintegy 100 m elvetési magasságú szerkezeti vonal állapítható meg. Geofizikai szempontból feltétlenül említésre méltó az alsó oligocén homokkővek (10–15 ohmm), ill. a felső eocén mészmárgák (15–20 ohmm) rendkívül alacsony ellenállása, mely lényegesen eltér más terüle-



1. ábra. – Fig. 1. – Puc. 1.

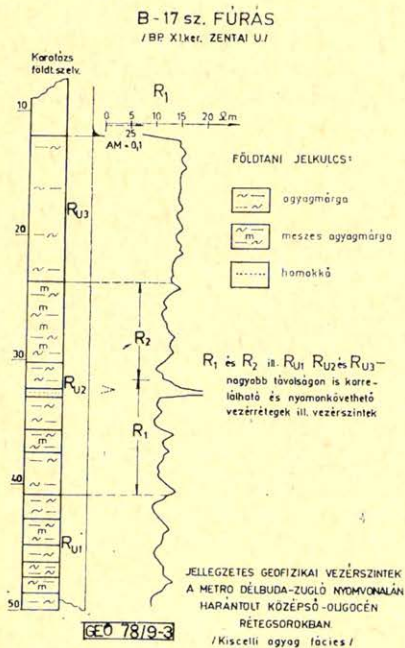


2. ábra. – Fig. 2. – Puc. 2.

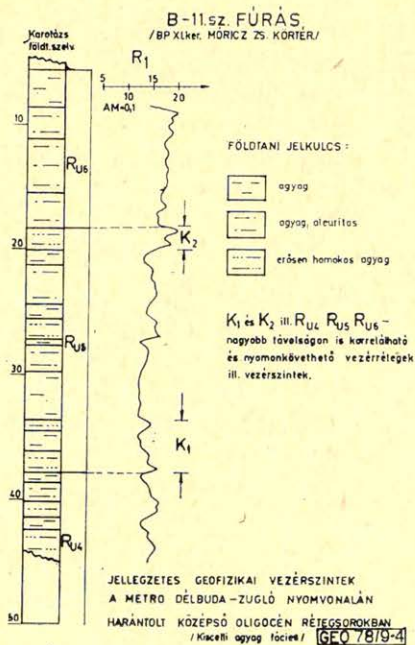
tek — korban is fiatalabb — hasonló képződményeitől. Ebben feltehetően az oligocén rétegsorokat felépítő kőzetek rétegvizének közismerten magas sótartalmán kívül laza szerkezetük és kis állékonyságuk is szerepet játszik. Ezt a megállapítást számos fúrás bőségszelvényén a névlegeshez képest megfigyelt jelentős átmérőnövekedés is alátámasztja.

A középső oligocén rétegsorokban (rupéli emelet, kiscelli agyag fácies) megismert jellegzetes geofizikai vezérszinteket példaképpen a B-17., ill., B-11. sz. fúrások 3., ill. 4. ábrán látható ellenállásszelvényei tüntetik fel. Őslénytani vizsgálatok alapján a Ru_1 , Ru_2 , Ru_3 jelzésű geofizikai vezérrétegsorok földtaniilag a rupéli emelet egy mélyebb, míg Ru_4 , Ru_5 , Ru_6 az előbbinél magasabb helyzetű szintjeinek felelnek meg. A mélyebb helyzetű tagok négy (B-15...18), míg a magasabb helyzetben levők hét (B-7...B-13) fúrásban fordultak elő jól azonosíthatóan.

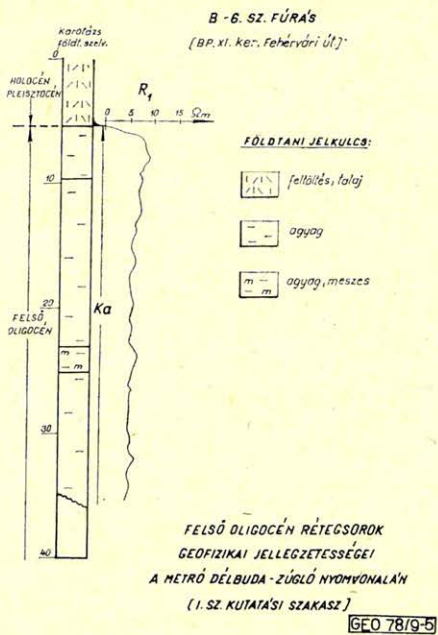
A felső-oligocén rétegsorok (Ka) túlsúlyban agyag — helyenként meszes agyag — képződményeinek geofizikai jellegét az 5. ábrán látható B-6 fúrás tünteti fel. Ezekben az 5-10 ohmm-es ellenállással, meglehetősen monoton lefutású görbéikkel jelentkező rétegsorokban szerkezeti meghatározásra alkalmas azonosítható rétegek nem voltak ugyan felfedezhetőek, de jellegük (vagy inkább jellegzetességük) alapján földtani kor hovatartozásuk geofizikai úton egyértelműen eldönthető. A délbudai nyomvonal IV. sz. kutatási szakaszán hasonló agyagos kőzetekből felépülő rétegsorban *mikroszelvényeken alapuló korrelációval olyan földtani kor- és szerkezet-meghatározási eredményeket értünk el, melyeket az utólagos őslénytani vizsgálatok teljes egészében igazoltak.* Ebből a területi geofizikai szintézis



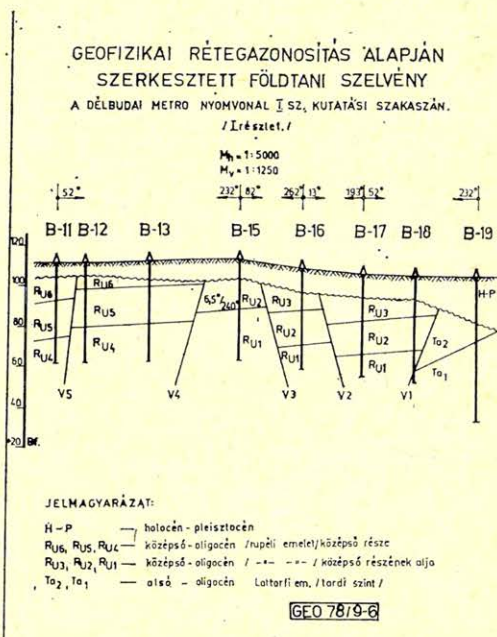
3. ábra. — Fig. 3. — Puc. 3.



4. ábra. — Fig. 4. — Puc. 4.



5. ábra. — Fig. 5. — Puc. 5.



6. ábra. — Fig. 6. — Puc. 6.

számára az a fontos gyakorlati következtetés vonható le, hogy mikroszelvények alapján is lehetséges fúrások közötti korreláció minden olyan nem permeábilis kőzetekből felépülő rétegsorban, melyben a görbéket a fúrólukhatások nem befolyásolják számottevően.

Az eddigiekben megismert oligocén rétegsorok korrelációs eredményei alapján szerkesztett tényleges földtani metszetek a 6. és 7. ábrán láthatók. Amint az ábrákból kitűnik, a kb. 1,5 km hosszú szelvényvonalon $V_1 \dots V_8$ vetők fordultak elő, 5 – 25 m közötti elvetési magassággal. A B – 15 fúrásban (6. ábra) a $Ru_1 - Ru_2$ vezérszintek határán megadott $6,5^\circ/240^\circ$ rétegdőlés-, ill. rétegdőlési irányértéket perforátoros magorientálással határozták meg. A kapott 240° -os szelvényirányú dőlés igen jól beleillik a rétegazonosításból is következő szerkezeti képbe. Így tehát a korreláció mintegy ellenőrzésül szolgál a perforátoros magorientálással nyerhető adatok megbízhatóságára nézve.

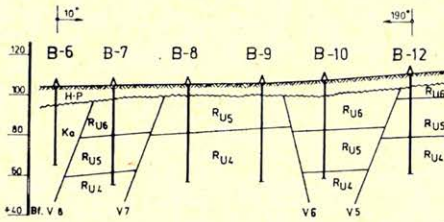
A 8. ábra a Kálvin tér – Baross tér közötti II. sz. kutatási szakaszon feltárt alsómiocén rétegsorokat felépítő képződmények fajlagos ellenállását tükrözi a Z – 29 sz. fúrás alapján. Az $A_1 - A_4$ jelzésű jellegzetes geofizikai vezérszintek 18 fúrásban (Z – 25. . . Z – 42) voltak azonosíthatók. A korreláció eredményeképpen megállapíthatjuk, hogy a Baross tértől a Kálvin tér felé haladva a szelvényvonalon, a mélyebb szintek (A_4, A_3) egyre magasabb helyzetbe kerültek, miközben a felsők (A_2, A_1) kiékelődtek, ill. lepusztultak. (A szelvényt több szerkezeti vonal is metszette.) Végül a Kecskeméti utca Kálvin tér felőli oldalán mélyített Z – 44 sz. fúrásban már felső oligocén korú képződmények jelentek meg.

GEOFIZIKAI RÉTEGAZONOSÍTÁS ALAPJÁN
SZERKESZTETT FÖLDTANI SZELVÉNY

A DÉLBUDA METRO NYOMVONAL I. SZ. KUTATÁSI SZAKASZÁN.

/ I. részlet /

M_H = 1:5000
M_V = 1:1250

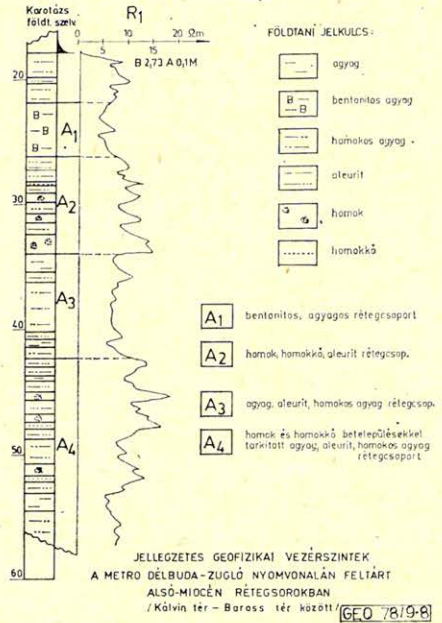


JELMAGYARÁZAT:

H - P — helacén - pleisztocén
Ka — felső-oligocén / katti em. /
R_{U6}, R_{U5}, R_{U4} — középső-oligocén középső rész

GEO 78/9-7

7. ábra. — Fig. 7. — Puc. 7.



FÖLDTANI JELKULCS:

- agrag
- bentonitos agrag
- homokos agrag
- aleurit
- homok
- homokkő

- A1** bentonitos, agyagos rétegsapart
- A2** homok, homokkő, aleurit rétegsap.
- A3** agyag, aleurit, homokos agyag rétegsap.
- A4** homok és homokkő betelepülésekkel tarkított agyag, aleurit, homokos agyag rétegsapart

JELLEGZETES GEOFIZIKAI VEZÉRSZINTEK

A METRO DÉLBUDA - ZUGLÓ NYOMVONALÁN FELTÁRT
ALSÓ-MIOCÉN RÉTEGSOROKBAN
/ Kálvin tér - Baross tér között /

GEO 78/9-8

8. ábra. — Fig. 8. — Puc. 8.

2. Karotázs szelvények közetfizikai szemléletű értékelése:

A kutatófúrások gyakorlatából jól ismert az az általános jelenség, hogy az agyag, agyagmárga rétegek kavernásodnak, míg a homok, homokkő rétegek nem. A kérdést részletesebben vizsgálva abból kell kiindulnunk, hogy a lyukbőség-szelvényt a mérés időpontjában egyrészt az átfúrt kőzetek eredeti fizikai állapota (pl. töredezettség) és feszültségi viszonyai, másrészt a már rendszerint hosszabb idő óta tartó iszapöblítés fizikai-kémiai hatása befolyásolja a névleges furatátmérőhöz képest.

Fontos szerepe van még a fúrás folyamatának (öblítés, szerszámmozgatás), mint a lyuk falára ható dinamikus tényezőnek. Mindezek végső fokon a kőzetek állékonyágával vannak összefüggésben, melyek leginkább a bőség-szelvényeken tükröződnek. Így ezek és egyéb karotázs paraméterek komplex vizsgálata révén lehetőség van a metrófúrásokban igen lényeges problémaként felvetődő folyásra hajlamos homokok (melyek pl. a Kálvin tér - Ferenc krt. közötti Üllői úti szakaszon 1975-ben komoly nehézséget okoztak az alagút-fúrásnál), képlékeny agyagok, töredezett és csúszási zónák megállapítására.

A mondottakat kívánja szemléltetni a 9. ábrán feltüntetett Bp. Metró - 26 sz. fúrás.

A bőség-szelvényen a 31,5 m feletti szakaszon a névlegeshez képest megfigyelhető jelentős furatátmérő-növekedés a túlsúlyban laza aleuritekből felépült képződmények kevésbé állékony voltát tanúsítja.

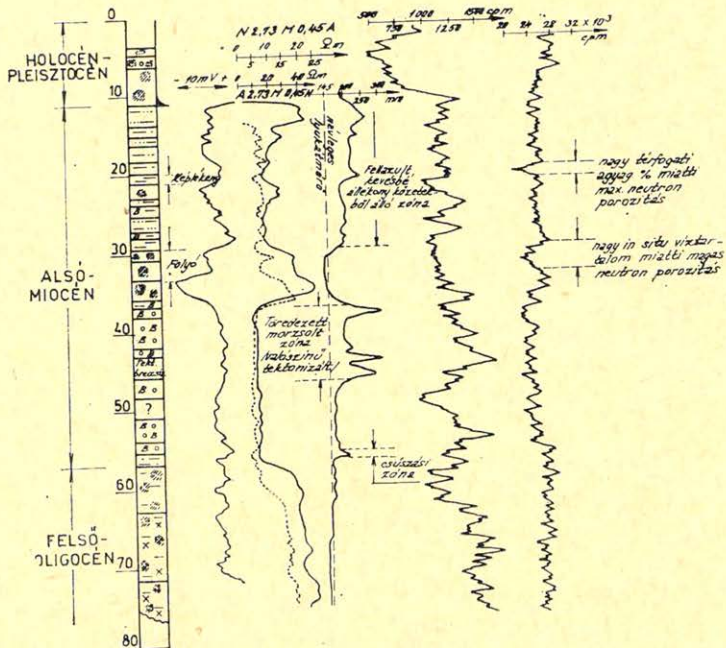
A GEOFIZIKAI SZELVÉNYEK KVALITATÍV ANALIZISÉVEL NYERHETŐ KÖZETFIZIKAI INFORMÁCIÓK

BP. METRO-26

/ BP. VIII. BAROSS U. /

Diff. PS R_1 - R_3 Lyukbőség R_a - $10'$

R_a - N - $0'$



FÖLDTANI JELKULCS:

	agyag		bentonitos agyag		bentonit konglomerátum		aleurit
	homokos aleurit		homok		kavicsos homok		agyagos, tufos homok

GEO 78/9-9

9. ábra. — Fig. 9. — Puc. 9.

A nagy térfogati agyagszázalék miatti maximális neutron-porozitás 21 m-ben képlékeny agyagot jelöl. A 29–34 m közötti – átmérő bővülettel jelentkező – homokréteggel szemben a neutron-gamma szelvényen a nagy in situ víztartalom következtében tapasztalható megnövekedett neutron-porozitás a homok folyásra való hajlamosságát bizonyítja.

A 37,50–48,00 m-ig terjedő, uralkodóan bentonit konglomerátumból álló lyukszakaszon látható erőteljes átmérőnövekedés és kavernásodás tektonikai hatásoknak tulajdonítható, töredezett, morzsolt zónára utal. Az 56 m-ben megfigyelhető éles, vékony bőség-anómália pedig csúszási zónát jelöl.

A fentiekben közölt eredményeket a geofizikai paramétereknek a fúrt magokon végzett makroszkópos megfigyelések és a laboratóriumi vizsgálatok adataival történt összehasonlító analízise alapján állapítottuk meg.

3. Összefoglalás, további lehetőségek:

A bemutatott példák és a velük kapcsolatban mondottak alapján érzékelteni kívántuk, hogy a mélyfúrás geofizika jelentősen hozzájárult a bevezetőben említett földtani célok eléréséhez. Amennyiben a jövőben a térfogatsűrűsége, ill. porozitásra hitelesített kompenzált gamma-gamma, ill. neutron-neutron szondákkal való mérések kiterjedt alkalmazására kerülnek a metrófúrásokban is, mód nyílik a jelenlegi kvalitatív információkon túl mennyiségi adatok szolgáltatására. Ez további minőségi előrelépést jelentene a karotázs eredményességét illetően. A transzverzális detektálására alkalmas akusztikus szelvényezés bevezetésével pedig olyan fontos adatok szolgáltatása is lehetővé válhat, mint amit a kőzetek nyomó- ill. nyírószilárdságának és ezen keresztül folyási határának in situ meghatározása jelent.

IRODALOM

1. Kiss E. Zoltán: Összefoglaló karotázs földtani jelentések a budapesti metró É-D-i, Délbuda – Zugló és IV. sz. nyomvonaláról. OFK FV vállalati jelentések 1974 – 77.
2. Fábiansics László: Aknatengely fúrások tervezéséhez szükséges adatok meghatározási lehetősége geofizikai szelvényezéssel. Doktori értekezés 1977. 4 – 11. o.

Lapszemle

Bányászati és Kohászati Lapok, Kőolaj és Földgáz 11. (111.) évf. 2. sz., 1978. február

Munkácsi Z. – K. László P.: Az OMBKE Kőolaj-, Földgáz- és Vízszakosztályának XVI. Vándorgyűlése, Balatonfüred, 1977. szept. 24 – 27. 33 – 40. old.

Alliquander Ö.: A kőolaj- és földgázbányászat jelene és jövője, 40 – 43. old.

A. Werner: A sekély- és nagyátmérőjű fúrás technika mai helyzete és eredményei, 44 – 45. old.

Jesch A.: Az ötvenéves mélyfúrás geofizika legújabb fejlődéséről, 45 – 51 old.

„1927. szeptember 5-én, tehát csaknem pontosan 50 évvel ezelőtt, a franciaországi Pechelbronnbán végezték az első olyan geofizikai fúrólukmérést, mely már valóban szelvényezésnek tekinthető”, mondja a szerző bevezetőjében. Három éven belül már három világrész országában is bevezették az új módszert: 1929-ben Venezuelában, az USA-ban és a Szovjetunióban, 1930-ban pedig Indonéziában. Az azóta eltelt ötven év fejlődését áttekinthetően a szerző leszögezi, hogy: „A mélyfúrás geofizika ötvenéves múltja sok eredményt hozott, de ebben az esetben is igaz lett az, amit olyan sokszor tapasztalunk, hogy egy-egy kérdés megoldása mindig újabb akadályokat tár fel, így aztán a műszaki fejlesztésnek még hosszú időre megvan a programja világszerte, nálunk is.”

Földtani Közlöny 107. kötet, 2. sz., 1977.

Ádám Oszkár: A földtani előkutatások jelentősége az ásványnyersanyag-kutatásban, 125 – 129. old.

Bányászati és Kohászati Lapok, Kőolaj és Földgáz, 1976. Különszám

A kőolaj- és földgázbányászat műszaki fejlődése 1975-ben. Bibliográfiai tanulmány. Szerkesztették: Alliquander Ödön, Arnold Werner, Gyulai Zoltán; egyes fejezeteket összeállítottak: Jesch Aladár, Takács Gábor, Bálint Valér, számos hazai és NDK-beli szakember közreműködésével. Az egyidejűleg Freibergben (NDK) megjelenő német nyelvű kiadás szerzője: W. Reichel. 1 – 178. old.

Ez a tájékoztató a sorozat nyolcadik tagja; az összeállításnál ugyanazokat az alapelveket és módszereket követték, mint az előzőknél. A kiadvány egyedülálló hasznosságát a szerkesztők azzal is fokozni igyekeznek, hogy a következő évekre vonatkozó köteteket még kisebb késéssel adják közre.

Geofizikai szempontból legértékesebb ezúttal is a 3. fejezet: Mélyfúrás geofizika (Jesch Aladár, 59 – 77. old., 220 irodalmi utalással).

A füzet az eddigiekhez hasonlóan kimeríthetetlen és nélkülözhetetlen tárháza a korszerű információknak az egész tárgykörre vonatkozóan.

T. G.