

A mélyfúrési geofizika története Magyarországon¹

(avagy „a világszínvonalról a világszínvonalig”)

BARÁTH ISTVÁN², KISS BERTALAN³

A mélyfúrési geofizika történetét 1927-től, az első Schlumberger-szelvényezéstől számítjuk (de újabb adatok szerint már 1869-től!), Magyarországon pedig 1935-től, az első hazai SP&R szelvényezéstől. Kezdetben tehát a hazai mélyfúrési geofizika világszínvonalú volt. Magyar gyártmányú berendezéssel az ELGI 1935–1939 között három alkalommal végzett szelvényezéseket (SP, R, TEL) a Mezőkövesd-1 sz. CH-kutató fúrásban. A hőskort 1935–1954 között számítjuk, az időkavak végére a szakmán kívül álló okok miatt a világszínvonalról elmaradtunk. Az extenzív fejlődés azonban nem állt meg, a következő időkavakban, 1954–1970 között történt meg az analóg mélyfúrési geofizika térhódítása. Az ELGI-ben halaszthatatlanná vált a nem olajipari célú mélyfúrési geofizikai eszközök fejlesztése, de az olajipar is — 1954 után — fokozatosan áttért a hazai gyártmányú berendezések használatára, míg lyukeszkozei vegyesek (hazai, szovjet, NDK-beli stb.) voltak. A vízkutatás fejlődése is töretlen volt a 60-as években és a 70-es évek elején, bár a félautomata berendezések csaknem a 60-as évek végéig üzemeltek. A hetvenes évek végén a Bauxitkutató V. átvette az ELGI-től a karotázs munkák végzését. A NAG szelvényezés fejlesztése érdekében a Bauxitkutató V. hitelesítő kutakat fúrt különböző átmérőkkel s ezek, illetve elméleti számítások segítségével kvantitatív Al-értékelési eljárást dolgoztak ki.

Az extenzív fejlődés intenzívvé válása az 1970–1982 közötti időkavakra tehető, a szelvényezések minőségi fejlődésével és az értelmezések kvantitatívvá válásával. A 70-es évek elején az ELGI-ben a karotázsszállomások családja az új K-600, K-1000 és K-1500-as tagokkal bővült. Az olajipari kutatás-termelés a legkorszerűbb mélyfúrás-geofizikai módszerek alkalmazását igényelte. Ehhez a szükséges műszereket és szoftvert az időkavak végén (1982) vásárlással biztosították. 1982–1992 között a számítástechnika térhódításával kezdődött a mélyfúrési geofizika rendszerre szervezése — a magyarországi digitális korszak. Az 1990-es évek döntő változásokat hoztak a hazai mélyfúrési geofizikában is. Az ELGI-t mint a hazai fejlesztés bázisát két lépcsőben leépítették (1990–1993), de az új körülmények között is szakmai háttér kíván maradni: pl. az országos adatbázis kiépítésével, a radioaktív hulladék-elhelyezés lehetőségének és a földrengés-veszélyeztetettség megismerésének vizsgálatával. Végül az olajipar területén ezen időkavakat a MOL megalakulásától számíthatjuk és a fordulat azt jelenti szakmailag, hogy minden — a világban elérhető — indokolt szelvény mérhető/megrendelhető, így az olajiparban 2000 után megjelentek a XXI. század módszerei (ATSIGN, NMR, MDT, CBIL, FMI, UBI, ...), s ezzel újra visszatértünk a világszínvonalhoz.

I. BARÁTH, B. KISS: The history of well logging in Hungary

The history of well logging is counted from the first measurement of Schlumberger in 1927 (according to more recent data the beginning must be dated to 1869!). In Hungary the first logging of SP&R took place in 1935. At the beginning, the Hungarian well logging was considered being at the word standard. Using Hungarian instruments, ELGI carried out well loggings (SP, R, TEL) three times between 1935–1939, in the Mezőkövesd-1 CH prospecting well. It was our heroic age, between 1935 and 1954, but by the end of this period, through no fault of our own, we were dropped behind. However, the extensive development did not stop, and between 1954 and 1970 the analogue well logging was propagating, and became common. That is why the development of non-oil industry well logging instruments in the ELGI became urgent. However, after 1954, the oil industry switched to using Hungarian made logging stations, while the logging tools were mixed (Hungarian, Soviet, East German etc.). In the 60-ies and at the beginning of 70-ies, the development of water prospecting was continuous as well, though they used the semiautomatic stations by the end of the 60-ies. At the end of the 70-ies, the Bauxite prospecting Co. took over the bauxite well logging from the ELGI. In order to improve the NAG logging, they drilled test wells with different diameters. Using these wells, and theoretical models, they elaborated a quantitative method for Al content determination.

The extensive evolution switched into an intensive period between 1970–1982 with the ever-improving quality of logs and with the beginning of quantitative interpretation. At the beginning of 70-ies, the ELGI widened the family of logging stations with new members, as the K-600, K-1000 and K-1500. For the exploration and production in the oil industry, the most modern well logging methods became necessary; this demand was satisfied by purchase of tools in 1982. Between 1982–1992, as the computers became more common, the well logging started to be organized into complex systems — it was the dawn of our digital age. The 90-ies have brought decisive changes in the Hungarian well logging too. The ELGI, as the base of national development, was cut back in two steps (1990–1993). However, among the new circumstances, it remains the professional background: improving a national database, investigating the possibilities of radioactive waste material disposal, the endangered areas prone to seismic activities, etc. At last, in the oil industry, this new period is reckoned from the establishment of MOL, which has meant a professional turning point as well. From then on, all the necessary and available on earth logging methods can be ordered, so after 2000, in the oil industry, the XXI century logs (ATSIGN, NMR, MDT, CBIL, FMI, UBI, etc.) have become available, resulting in our return to the highest world standards.

¹ Beérkezett: 2004. január 29-én

² Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet,
H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.

³ MOL Rt., H-5001 Szolnok, Pf. 86

Bevezetés

A mélyfúrás geofizika történetét általában 1927-től az első Schlumberger-szelvényezéstől számítják, de újabb adatok szerint Lord Kelvin (USA) már 1869-ben hőmérsékletszelvényt vett fel.

A másik dilemma — a történet kezdetét illetően — az, hogy a mélyfúrás geofizikai szelvényezés és szelvényértelmezés, valamint a közetfizika (petrofizika) mint szakterület szorosan összekapcsolódik, különösen a kezdeteknél és az utóbbi időben (példa erre, hogy a Log Analysis 2000 óta Petrophysics néven jelenik meg). A közetfizika történetét az általunk is használt és törvénynyé nemesült Darcy-féle összefüggés publikálásától, 1856-tól számítják.

A mélyfúrás geofizika, de döntően a közetfizika is — adatait, információit mélyfúrásokban / kutakban végzett mérésekből, mintavételekből nyeri; — alapadatai a fúradék- és a magvizsgálatok, valamint a szelvények (log-ok), amelyek egy jellemzője mindig a fúrás/kút mélysége, a másik a mintavétel helye, vagy valamilyen mért fizikai (ellenállás-R; akusztikus-AT; neutronporozitás-PORN; sűrűség-DEN stb.) jellemző; — kiegészítésként geológiai, termelési, művelési, laboratóriumi mérési adatokat használ;

— a fúrás közben végzett mérések adatait is alkalmazza.

A mélyfúrás geofizika a felszín alatti geológiai képződmények kutatásának, megismerésének, jellemzésének az egyik leghatékonyabb eszköze.

„A világszínvonalról a világszínvonalig” alcím azt kívánja jelezni, hogy a kezdetekkor (1935) közel voltunk, illetve világszínvonalon dolgoztunk és 2003-ban az e szakterületet vezető „világcégek” fontosnak érezték, hogy megjelenjenek a vándorgyűlésünkön. Emellett meg kell emlékezni arról is, hogy az utóbbi öt évben megjelentek a „XXI. század szelvényei”.

Az előbbiekből kiderül, hogy mi — eddig szokásunkhoz híven — 1927-től számítjuk a mélyfúrás geofizika történetét, hazai kezdetét pedig pedig 1935-től, az első magyarországi szelvényezéstől.

1. A mélyfúrás geofizika történetének kezdetei — „világszínvonalon” — a hőskor (1935–1954)

Az első mélyfúrás geofizikai — 1 m-kénti ellenállás-mérést a Schlumberger fivérek végezték (1927. szeptember 5., szénkutató fúrás, Pechelbronn, Franciaország).

Az első magyarországi szelvényezésre (SP+R) 1935. december 21-én került sor a Görgeteg-1 sz. szénhidrogénkutató fúrásban, a mérés 1985 m-től indult, és érdekessége még, hogy az ellenállást logaritmikus skálán regisztrálták (1. ábra).

Az igények indokoltá tették, hogy a Schlumberger cég Nagykanizsán bázist alakítson ki:

- itt volt a Magyar–Amerikai Olajipari Rt. központja is;
- a csoport tevékenysége az egész országra és a határokon túlra is (Erdélyre, Kárpátaljára) kiterjedt;
- költségessége miatt szinte kizárólag CH-kutató fúrásokban voltak szelvényezések.

A szelvényválaszték alakulása — 1935: SP, R₁, 1936: TEL, TEMX, 1937: R₂, golyós perforálás, 1939: oldalfal magminta, 1943: DV + AZ, 1952: rétegdőlés.

Magyar gyártmányú berendezéssel a m. kir. báró Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (továbbiakban ELGI) 1938–39-ben három alkalommal végzett szelvényezéseket (SP, R₁, TEL) a Mezőkövesd-1 sz. CH-kutató fúrásban 790,4 m-es mélységben (2. ábra).

A második világháború alatt és után

— a Schlumberger csoport magyar tagjai eredményesen tudtak dolgozni a cég tulajdonát képező eszközökkel (a külföldi — francia, svájci — állampolgárokat hazaküldték);

— a MAORT-ot államosították (1948);

— a Schlumberger eszközeit 1949–50-ben az államosított olajipar megvásárolta. Megvette az első automata szelvényező berendezést is a hozzá tartozó eszközökkel együtt. Ez az automata berendezés képezte a hazai mélyfúrás-geofizikai műszergyártás alapját, amely a későbbi években jelentős exporthoz vezetett (pl. NDK, Cseh-szlovákia, Kína);

— a MASZOVOL megjelenésével az olajipari mélyfúrás-geofizikai szelvényezéseket a nagykanizsai Schlumberger csoport továbbra is folyamatosan, és az Alföldi csoport (Biharnagybajom 1949, Mezőkövesd 1951) végezte;

— szakmailag érdekes helyzet alakult ki a dunántúli „nyugati technikával felszerelt”, és az alföldi, szovjet eszközökkel ellátott csoportok között;

— a Schlumberger 1940-től használta az automata jelrögzítést, hazánkban ez 1950-ben indult meg a Dunántúlon, míg a Szovjetunióból 1952–55 között érkeztek hasonló berendezések (AKSZ/L-51);

— Archie 1942-ben publikálta az $F=POR^2$, illetve

$$S_w^2 = POR^{-m} \frac{R_w}{R_l}$$
 összefüggést, amellyel megkezdőd-

hetett a mélyfúrás geofizikai szelvények kvantitatív kiértékelése;

— A Schlumberger-automatával végzett mérések elindították az ugyan még kezdetleges kvantitatív értelmezést. Van olyan budafai szelvény, amelyen egyes szintek víztelítettsége (S_w) számszerűen meg van adva;

— a Szovjetunióból ered a vizsgálandó rétegek *mélyfúrás-geofizikai minősítési rendszere*, amely még közetfizikai-mélyfúrás geofizikai alapokon nyugszik;

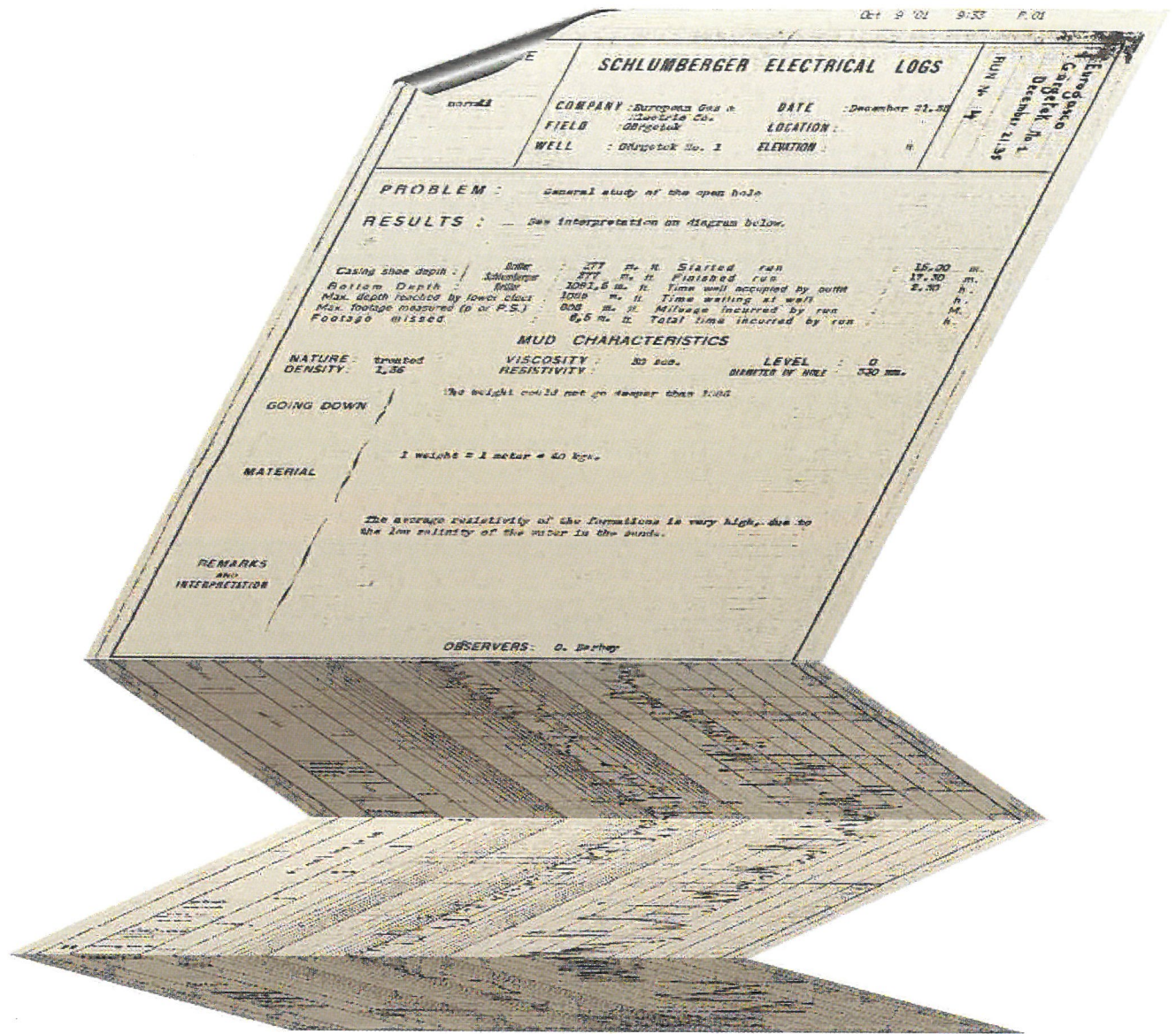
— a szelvényválaszték és a minőség lehetővé tette a rétegek korrelációját, valamint a rétegvizsgálatra alkalmas permeabilis, szénhidrogén-gyanús rétegek mélységének kijelölését;

— 1954-ben megszűnt a MASZOLAJ Rt., távoztak a szovjet szakértők.

Az új helyzet 1954-ben azt eredményezte, hogy

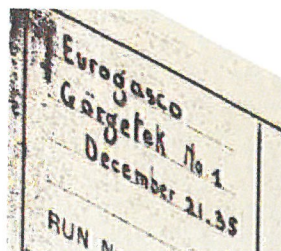
— a kőolajbányászatban a mélyfúrás geofizika teljesen visszatért saját területére (korábban szénkutató fúrásokban is mértek);

— az ELGI jelentős szerepet kapott és vállalt a hazai szilárdásvány- és vízkutatásban.

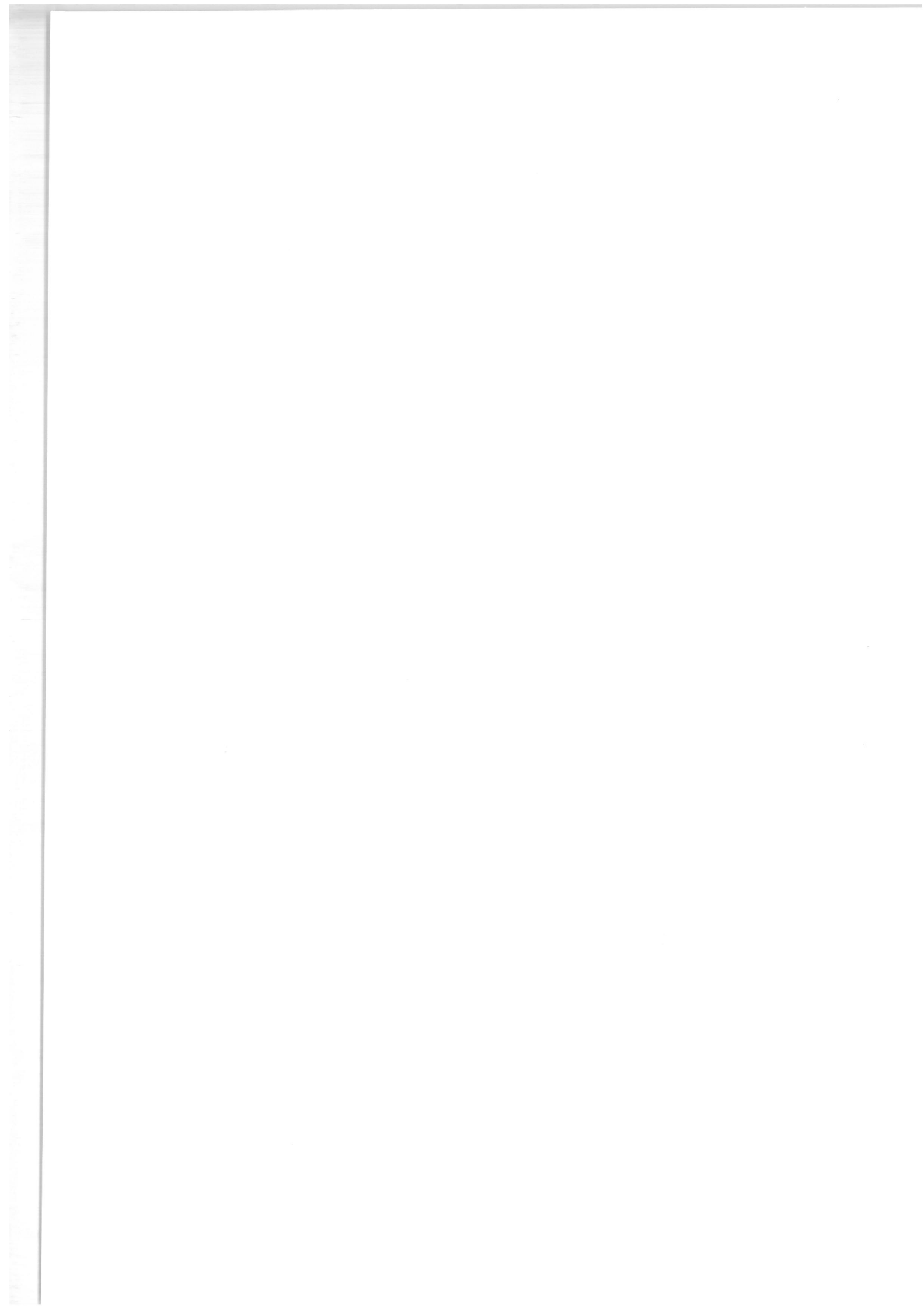


1. ábra. Az első, Magyarországon készült szelvény (Görgeteg-1. sz. fúrás)

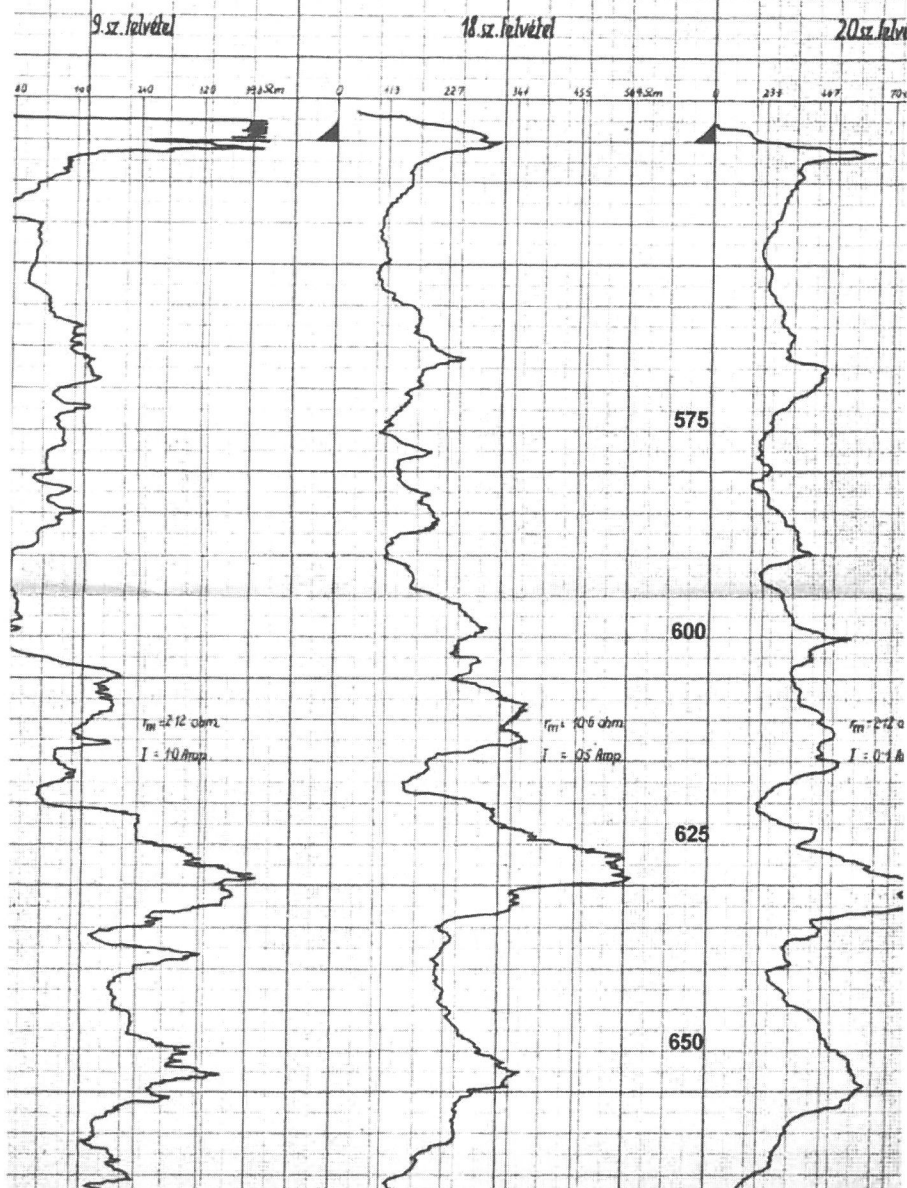
Fig. 1. The first log in Hungary (Görgeteg-1)



(Ezt csak zárójelben — T. L.)



A Mezőkövesd-i I. sz. mélyfúrás 538,5-790,4 m szelvényének elektr. ellenállásváltozásait különböző elektródatávolságokkal készült felvételei.



2. ábra. A Mezőkövesd – I. számú fúrás ellenállásgörbéi [BARÁTH 2001]

Fig. 2. Resistivity logs in the Mezőkövesd – I. borehole [BARÁTH 2001]

2. A mélyfúrás geofizika térhódítása — az analóg korszak (1954–1970)

Az ELGI-ben halaszthatatlanná vált a nem olajipari célú mélyfúrás geofizikai eszközök fejlesztése, mert — a szilárdásvány-kutatásra mélyített fúrások kis átmérőjűek (76 mm) és sekélyek voltak; — a vízkutató fúrások szelvényigénye kisebb volt az olajipariakénál;

— a fejlesztést a Bányászati Aknamélyítő Trösztől átvett (1953) kétsatornás félautomata és egy GMG-s automata berendezésre alapozták, amelyet később a világ számos országába exportáltak.

Az ELGI-fejlesztések sikeresen alkalmazást nyertek — a hódmezővásárhelyi strandfürdő területén (1953. december 1.), amely az első eredményes mérés vízkutató fúrásban;

— szénkutató fúrásokban (pl. Do-T-8, 1954. április 9.), amelyek szükségessé tették csoportok létrehozását Esz-

tergomban (1955 nyara), Komlón (1955 ősze), Miskolcon (1958. november 1.);

A szelvényválaszték is bővült — 1955: TG, 1958: GG, R (A1.95M0.1N és 3.6M0.1N), CAL, DV+AZ, oldalfal magmintavevő (50 mm-es átmérővel), RML. Ezáltal olyan szelvényválaszték állt az értelmezők rendelkezésére, amellyel — megoldható a litológiai tagolás;

— kijelölhető a haszonanyag (kőszén, víz stb.) és meghatározható minőségi paraméterei;

— meghatározható a haszonanyag fedője, fekéje, vastagsága, települési mélysége, valamint részletes felbontása (betelepülések elkülönítése stb.);

— minősíthető a vízáadó réteg szűrőzés szempontjából, valamint vízvédelmi szempontok szerint;

— elvégezhető a geofizikai réteggörbe, amelynek segítségével lehetségessé válik a földtani szerkezet (völtek) és a földtani kor meghatározása is.

Az olajipar 1954 után fokozatosan áttért a hazai gyártmányú szelvényező berendezések használatára, míg a lyukszközök tekintetében vegyes volt a kép:

— az EL-301. típusú (GMG, 1952–54 között) és EL-7000-es elektronikus (1963) szelvényező berendezések kifejlesztése, amelyeket sorozatban gyártottak;

— a lyukszközök vonatkozásában mikrolog (hazai, 1955); TG+NG (szovjet, 1955); LL (hazai, 1960-as évek eleje); rétegdőlésmérő (hazai, 1955); Δt (NDK, 1968, majd SZKFI); kommutatív perforátorok (hazai, 1964); kábelteszter (szovjet, 1969).

A fentiek elősegítették az értelmezés fejlődését is, hiszen — szelvények korrelációja alapján tisztázták a szerkezeti viszonyokat, szintvonalas térképeket szerkesztettek;

— a mélyfúrás-geofizikai értelmezések egyre inkább a rétegvizsgálati tervek alapját képezték;

— a mélyfúrás-geofizikai értelmezés litológiai leírást, jellemzést is tartalmazott;

— a műszaki adatok (lyukferdeség, lyukterfogó, cementpalást-tető és minőség) szolgáltatása egyre rendszeresebbé vált;

— a tároló paraméterek közül — nem rendszeresen ugyan — de már megadták a telepvastagságot, az effektív vastagságot, a fázishatárokat, az effektív porozitást és a víztelítettséget.

Az olajipar területén a 60-as években komoly erőpróbát jelentett a nagy mélységű kutatás, mert nemcsak a mélység, hanem az extrém geotermikus helyzet miatt is bonyolultabbá vált a megoldandó feladat. A hetvenes évek elején kiderült, hogy a kutatás és a termelés igényeit csak a legkorszerűbb mélyfúrás-geofizikai módszerek és eszközök alkalmazásával lehet kielégíteni.

A szénhidrogén-kutatás az 50-es évek végéig főleg a Dunántúlra koncentráldott, majd ezt követően a súlypont fokozatosan az Alföldre tevődött át. Az Alföldön jelentős kutatási eredmények születtek (Tótkomlós, Hajdúszoboszló, Pusztaföldvár, majd később Algyő, Dorozsma, Szeged, Sarkadkeresztúr, Füzesgyarmat). 1959-ben és 1960-ban szelvényező és perforáló csoportok települtek Orosházára, Hajdúszoboszlóra, ill. Szolnokra. A nagymélységű kutatás továbbra is a Dunántúlra koncentráldott (pl. Budafa, Lovászi, Bósárkány, Csesztreg), ahol a hőmérsékletek lényegesen magasabbak voltak. Ezért a hetvenes évek második felében jelentős változások következtek be az olajipari szelvényezés területén.

A vízkutatás egyre szélesebb körű alkalmazásával a munkálatok az ELGI-ből a Vízkutató és Fúró Vállalathoz (VIKUV) kerültek át 1959-ben. A fejlődés töretlen volt a 60-as években és a 70-es évek elején is (alkalmazásba kerültek az ELGI fejlesztésű AB12-es típusú hordozható automata mérőműszerek). A félautomata berendezések csaknem a 60-as évek végéig üzemeltek, mert a vízkarotázs árak nem tették lehetővé az új beruházásokat, a szükséges mennyiségű mérésadatgyűjtők megvásárlását. A termálfúrásokban a következő mérési program volt kötelező (9/1973. sz. KFH elnöki utasítás) — bár e mérések részben már korábban gyakorlattá váltak: SP, RPOL, RGR, RML, TG/GR, NG, GG, CAL, DA+AZ, TEBU, TEL, FLOWM. Ezek alapján meghatározták a litológiai viszonyokat, kijelölték a szűrőzés helyét, kútdiagnosztikai vizsgálatokat végeztek, régi kutak vizsgálatával a kútjavításokhoz szükséges információkat szolgáltatottak.

A szénkarotázs 1965. január elsejével az ELGI-ből az Országos Földtani Kutató-Fúró Vállalathoz (OFKFFV) került. 1977-ben a bauxitkutatásban végzett mélyfúrás-geofizikai munkálatok önállósodtak és az ELGI-ből a Bauxitkutató Vállalathoz (BKV) kerültek.

Továbbra is mért az ELGI érckutató fúrásokban (első méréseit 1956-ban Rudabányán, 1957-ben Úrkúton, 1962-ben Recskben végezte). Az érckutatásban elterjedt gyémántkoronájú fúrás (46, ill. 59 mm lyukátmérők) szükségessé tették a 36, ill. 43 mm átmérőjű szondacsatlódók kifejlesztését.

A 60-as évek második felétől alkalmazzák az ELGI K-500-as műszercsaládját, amely akkor korszerű rack rendszerével, megbízhatóságával eredményes volt nemcsak a hazai földtani kutatásban, hanem a környező országokban is, sőt eljutott Indiába és Irakba is. Kisebbsé vált az elhordozható K-300-as műszer, amely sekély (300 m-nél nem mélyebb) és nehezen megközelíthető fúrások mélyfúrás-geofizikai vizsgálatára készült.

A hazai uránkutatást a Mecseki Ércbányászati Vállalat Geofizikai Szolgálat végezte. Tevékenységüket titok övezte. A 70-es évektől kezdve nyitottabbá váltak, s a hazai érckutatásba is bekapcsolódtak.

3. A szelvényezések minőségi fejlődésének — analóg-digitális átmenet — időszaka, az értelmezések kvantitatív válnak (1970–1982)

Az olajipar területén az 1970-es évek elején kiderült, hogy a kutatás-termelés igényeit csak a legkorszerűbb mélyfúrás-geofizikai eszközök és módszerek alkalmazásával lehet kielégíteni. Újabb technikai-technológiai feladatok igénye jelentkezett:

— a kalibrált mérések, a technológizált szelvényezések és a feladat-orientált szelvényezési programok gyakorlattá szervezésén túl igényként merült fel a nagymélységű fúrások szelvényezése;

— az EL-7000-es elektronikus szelvényező berendezések előkészítése nagy nyomásra és hőmérsékletre (Hód-I. 5750 m, 212 °C, 805 bar, karotázs tesztelés 4995 m-ben, rétegmegnyitás 4990 m-ben);

— eredményes radioaktív mérés a Bó-1 sz. fúrásban 243 °C talphőmérsékleten;

- 1973-ban Szolnokon üzembe állították a szondavizsgáló állomást (150 MPa, 250 °C);
- ugyancsak 1973-ban elkezdődött a kiértékelés gépesítése (szelvénytáblázat — számítás — eredménytáblázat);
- 1974-ben magyar (nagykanizsai) csoport végezte a legmélyebb csehszlovákiai fúrás szelvényezését (Laksarska N.V.-7), 5756 m, 140 °C;
- 1977-ben a Dresser Atlastól használt IL, DEN, a Gearhart Owen-től PL-t és lyukeszközöket (TEL, PR, flow-meterek, CBL stb.) vásároltak.
- a robbanóanyagok fejlesztése eredményesebb volt a hőálló robbantólánc kis keresztmetszetű béléscsőben történő alkalmazása és az iker-perforátorok tekintetében;
- a mélyfúrás geofizika szerkezetileg is megerősödött (főosztály – 3 osztály, 1 üzem – 3 telephely);
- az időszak végére nyomasztó igény volt a szakterülettel szemben a minőség és a megfelelő szelvényválaszték biztosítása, ezt támasztotta alá a petrofizikusok által kidolgozott integrált CH-kutatás és -termelés módszertana (1980), amelyben kulcsszerephez jutott a mélyfúrás geofizika mint egyik fő szakterület;
- 1976-ra a kiértékelés gépesítése ott tartott, hogy a képletek és állandók a számítógépben voltak és papírcsíkokra nyomtatták az eredményeket;
- az 1980-ban már pontonkénti feldolgozás volt digitalizált adatokon (adat—program—eredmény-lyukszalagok).

A 70-es évek elején az ELGI-ben a mélyfúrás-geofizikai állomások családja a K-600, K-1000 és K-1500-as új tagokkal bővült. A természetes gamma spektrális változatának fejlesztése eredményesen végződött, és alkalmazni kezdték a műszereket a köszénkutatásban. Így lehetőség nyílt arra is, hogy a nagy aktivitású köszén és a lignit (általában inaktív) anomáliáinak összetevőit is megvizsgálják (Tatabánya, Mány stb.), valamint a bauxitkutatásban is alkalmazták genetikai kérdések vizsgálatára, miután in situ mérték a K^{40} mellett az U és Th aktivitását is.

Az 1974 végéig kifejlesztett analóg berendezések kisebb változtatásokkal mind a mai napig használatban vannak itthon és külföldön egyaránt.

Az ELGI 1974-től eredményesen alkalmazta és értékesítette a K-3000-es digitális karotázsállomást, amely 3000 m mélységig szelvényezett. 1976-ban fejezte be az ELGI a sekély fúrások (köszén, érc, víz) karotálására szolgáló, terepi digitalizálással rendelkező kisberendezés (KD-10) kifejlesztését. Ezt a műszert a hazai szükségletek kielégítésén túl elég nagy számban külföldön is értékesítették. 1979-ben az ELGI létrehozta a számítógéppel vezérelt karotázsállomást (INTERGEOTECHNIKA nemzetközi program), amely stabil, igen jó berendezés volt. Szovjet eladásra is került, de mégsem terjedt el, mert a számítógép szériadarabjai elég megbízhatatlannak bizonyultak. Ezért 1984-re az ELGI kifejlesztette a mikroprocesszoros KD-80-as (MOLE) karotázsállomást, amelyből több példányt értékesítettek, s amelyek még ma is eredményes működnek (Geo-Log Kft.).

A digitális rendszerek adathordozói igen nagy fejlődésen mentek keresztül. Az analóg regisztrálók is változatosak voltak, valamennyit az ELGI fejlesztette ki. Ezekből az olajiparba is kerültek. Lehetőség volt nyomtatók csatlakoztatására és megjelent a diszkes adatrögzítés is.

A lyukműszerek területén a teljes ELGI-szondakészlet megjelent:

- a 70-es évek végére kifejlesztették a kompenzált gamma-gamma, kompenzált neutron-neutron szondákat;
- a 80-as évek elején elkészült a kis átmérőjű indukciós szonda és a kis átmérőjű akusztikus szonda (a magyar-szovjet együttműködés termékei);
- ugyancsak a 80-as évek második felére elkészült a háromelektródás (guard) laterolog szonda és a gerjesztett potenciál szonda.

Az eszközök átmérője szabványosított (36, 43, 76, 86 mm), hőtűrésük 70, 120, 150, 200 °C, amelyek közül néhányat az olajiparban is felhasználtak mind a nyitott, mind pedig a béléscsővezetett fúrásokban. Az ELGI szondaparkját (1. táblázat) mind itthon, mind a volt szocialista országokban, valamint jó néhány egyéb országban is használják, de korlátozott mértékben az olajipar is. A szondák különböző átmérői és hőtűrése azt mutatja, hogy mind a szilárd hasznos ásvány (szén, lignit, bauxit, érc), mind a víz és olaj kutatásához rendelkezünk hazai fejlesztésű szondákkal. Az eredményesen működő kft.-k (Geo-Log, Geo-Genesis, Geoservice, Karotázs) ma is ezekkel az eszközökkel dolgoznak.

Az ELGI olajipari célú eszközfejlesztésében jelentős szerepet játszott az akkor már az olajipari mélyfúrás geofizikában meglévő fejlett nyugati eszközök ismerete. Erre az időszakra tehető a Magyar Kútgeofizikai Metrológiai Bázis létrehozása, jelentős bővülése. Az ELGI-ben a hatvanas évek elején kezdődött a Modellbázis létrehozása, amely később az olajipar (OKGT) és Gamma Művek támogatásával Magyar Kútgeofizikai Metrológiai Bázissá fejlődött. Ma tehát lehetőség van természetes gamma és spektrális gamma szondák hitelesítésére, gamma-gamma modellezésére és sűrűségekre való hitelesítésre homokkő, mészkő és szén mátrix figyelembevételével, neutron-neutron szondák modellezésére, neutron-porozitás meghatározására és hitelesítésére különböző kőzetmátrix, illetve lyukátmérő esetén, M=1:1 méretarányban (3. ábra). A kifejlesztett saját eszközöket az ELGI módszertani segédlettel látta el.

Bauxit modellsorral rendelkezett a BKV geofizikai szolgálata is, melyek az Al_2O_3 meghatározását segítették fúrólyukokban.

A számítógépes feldolgozás elősegítésére a hatvanas évek végére az ELGI kifejlesztette a KAD típusú asztali digitalizálót, majd a hetvenes évek közepén tökéletesítette. Az ELGI-ben a feldolgozás háttérét biztosító központi számítógépek a Minszk-2, Minszk-32, ESZ-35, ESZ-55 és IBM voltak ebben az időben. A 80-as évek végén nagy számban jelentek meg az IBM-kompatibilis személyi számítógépek az ELGI-ben, többek között mélyfúrás-geofizikai minicentrum szerepkörben is. Ezekre készült el a COAL-1 és WATER-1 feldolgozó programcsomag.

A mérő- és feldolgozóeszközök fejlődésével lehetővé vált a rétegfizikai paraméterek meghatározásán túl a köszén minőségi paramétereinek meghatározása. Ezek a paraméterek a következők: sűrűség, fűtőérték, hamutartalom, víztartalom; rugalmassági paraméterek: Poisson-szám, Young-modulus, nyírési modulus stb., ez utóbbiak a szén fedő és fektő rétegeire vonatkozóan különösen fontosak. Lehetővé vált továbbá a hidrológiai fontos rétegek tanulmányozása, a területi réteggörreláció és a sztratigráfiai kérdések tisztázása.

1. táblázat

		Mért paraméterek			
Alkalmazás	Mérnökgeofizika	•	•		
	Szénhidrogén-kutatás	•	•		
	Uránkutatás	•	•		
	Bauxitkutatás	•	•		
	Érckutatás	•	•		
	Vizkutatás	•	•		
	Szénkutatás	•	•		
	Kutatás	•	•		
	Szelvények	Karmantyulokátor		◆	
		Aramlásmérés			
		Folyadéksűrűség			
		Iszapellenállás			
		Lyukferdeség		◆	
		Hőmérséklet		◆	
		Lyukátmérő		◆	
		Röntgen radiometria		◆	
		Szelektív gamma-gamma			
		Neutron aktiváció		◆	
		Kompenzált n-n		◆	
		Neutron-neutron		◆	
Neutron-gamma			◆		
Kompenzált g-g			◆		
Gamma-gamma			◆		
Spektrális term. gamma			◆		
Természetes gamma			◆		
Akusztkikus			◆		
Gerjesztett polarizáció			◆		
Mágneses szuszceptibilitás			◆		
Indukciós		◆			
Fokuszált fajt. ellenállás		◆			
Mikro-fajlagos ellenállás		◆			
Fajlagos ellenállás		◆			
SP		◆	◆		
Szondatípus	Tipus				
	Paraméter				
	Hőmérsékl.				
	Átmérő				
	Egyéb				
	2N4		43 – 60		
	kábeliszondák		43 – 60		
	MS1		43 – 60		
	KLLS4	120	43 – 60		
	4FV40		43 – 60		
	MG23250		43		
	GM25060		43		
	KIP	2	80	43 – 60	
	KAS	2		43	
	KRGU	2	50	36	SY
	KRGE	1	80 – 175	43 – 76	S
	KRG	2	80 – 120	36 – 60	SY
	KRGG	2	80 – 150	43 – 85	SY
	KRGGC	3	80 – 175	43 – 85	SMY
	KRGN	2	80 – 150	36 – 85	SHY
KRNN	2	120	43 – 85	HY	
KRGNN	3	80 – 200	43 – 85	SHY	
KsGC	2	80	43	SMY	
KRG	2	50	43	XY	
KRGE	1	50	36 – 43	X	
KCT	2	120 – 150	36 – 43	MY	
KGC	2	80	36 – 43	SMY	
MI-30					
FKF-PRSR		60	43		
KRGFD	2	150	43	SY	
FL			36 – 43		
KL	1	150	36 – 85		

1. táblázat. A jelmagyarázatot ld. a következő oldalon

K	R	GNN	3	120	43	SHY
Fúróluk szelvényezés (karotázs)	A szondában lévő radioaktív izotóp jelzése (kombinált szondáknál nincs jelölve)	Az egyidejűleg mért paraméterek jelölése: G–Gamma N–Neutron L–Fokuszált ellenállás A–Akusztikus GU–Uránkutató GE–Energiaszelektív sG–Szelektív gamma-gamma C–Lyukátmérő T–Hőmérséklet L–Karmantyúlokátor	Az egyidejűleg mért paraméterek száma	A maximális üzemi hőmérséklet °C	A szonda külső átmérője	Különleges jelölések: S–szcintillációs detektor H–Hélium töltésű proporcionális neutrondetektor P–„pados” detektor D–Dewar-edény alkalmazása M–Motoros működésű átmérőmérés Y–Holtidő- és koincidencia-független rendszer

Jelmagyarázat az 1. táblázathoz. Alkalmazott szondaátmérők: 36, 43, 60, 76, 85 mm;
a szondák hőmérséklettűrése: 50, 80, 120, 150, 175, 200 °C

4. A mélyfúrás geofizika rendszerre szervezése — a digitális korszak (1982–1992)

A hetvenes évek közepétől a *kőolaj-* és a *kőszénkutatás* erőteljes fejlesztése hatással volt a mélyfúrás geofizika fejlesztésére is. A *kőolaj* kutatása az idősebb korú képződmények felé fordult, így a nehezebb körülmények (nagy mélység, extrém hőmérséklet és nyomás), összetett (kettős porozitású és bonyolult összetételű) kőzetek (pl. metamorfitek) miatt szükség volt

- a megfelelő technikai háttérre (komplett szelvényező berendezés analóg és digitális felvételi lehetőségekkel, a szondavonatok módosítási segédletekkel láttuk el);
- valamint feldolgozó szoftverre és hardverre (bár ezek ekkor még alapvető igényként nem jelentkeztek).

A hazai fejlesztő kapacitás és ipari háttér nem volt elégséges, ezért magasabb szinten döntés született (1978. április) egy *korszerű, komplett szelvényező berendezés* beszerzésére. A berendezés hosszú idő után, 1982. áprilisában érkezett a Dresser Atlastól a megfelelő lyukszközökkel: nagy hőmérséklet- és nyomás-tűrésű szondák (200 °C, 20 kbar), de hangsúlyosan nem volt „igény” a szelvényfeldolgozó és kiértékelő szoftverekre (ezért csak később — 1986-került sor ezek megvásárlására). Az 1980-as évek végén már évi 2–2,5 millió méter szelvény készült és megvásároltuk a Well Data System (Dresser Atlas) szelvényfeldolgozó és kiértékelő szoftverét a szükséges hardverekkel (egyesegek COCOM-listások voltak).

1982 és 1987 között

- a szelvényfeldolgozást, értelmezést saját fejlesztésű szoftverrel oldottuk meg (Karotage Interpreter SubSystem — KISS, 1982-ben fejeződött be a tesztelése, 4. ábra). A mélyfúrás-geofizikai szelvényértelmezés eredményesen szolgálta a szénhidrogén-kutatási-termelési feladatok megoldását;
- a rétegmegnyitás nagy hőállóságú (200 °C) robbantóláncok, termelőcsövön keresztül lebecsátható perforátorok létrehozásában és a perforátorok teljesítményének növelésében nyilvánult meg.

Nem lenne teljes az olajipari mélyfúrás geofizika története a Schlumberger cég által végzett bérmerések említése nélkül, amelyeket részben egyes területek kulcsfúrásai,

részben extrém mérési körülmények miatt vett igénybe az olajipar.

Az ELGI-ben a digitális rendszerek igen nagy fejlődésen mentek keresztül:

— ekkora ért be a KD-10 terepi digitalizálóval ellátott kisberendezés és a számítógéppel vezérelt karotázs-állomás, majd a KD-80 (MOLE) mérésadatgyűjtő;

— a lyukműszerek vonatkozásában kompenzált neutron-neutron és kompenzált gamma-gamma (sűrűség), fluidum sűrűség stb. alkalmazására került sor.

Más hazai fejlesztőhelyeken (SZKFI, GAMMA) az akusztikus és a laterolog mérőrendszereket vezették be.

A perforátorok tekintetében a nagy hőmérséklet-tűrésűekre volt igény (200–300 °C), elsősorban az Al-földön.

A szelvények kiértékelése terén is jelentős változások történtek az 1970-es évek közepétől kezdődően:

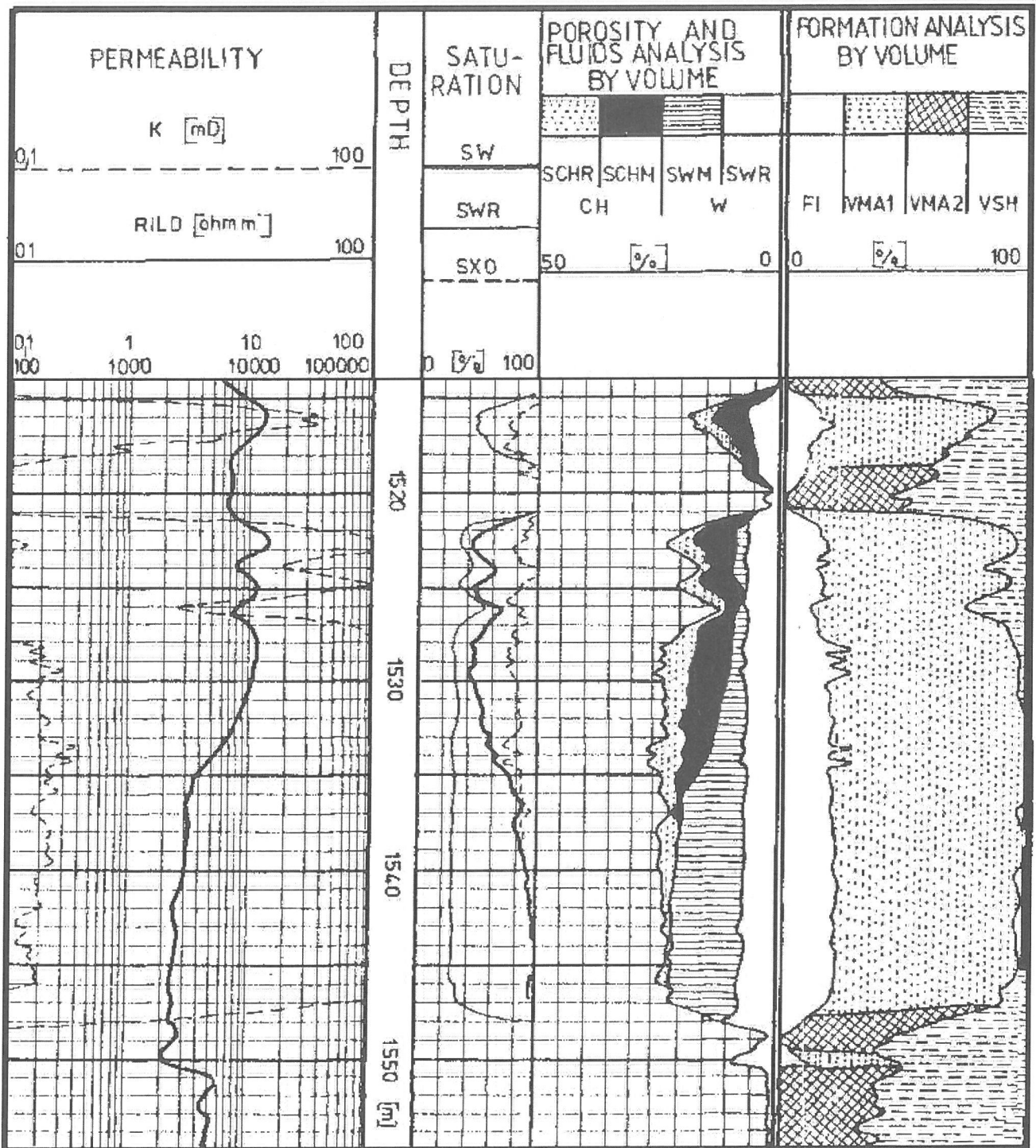
a) A *nyitott lyukszelvények területén* a számítógépes szelvényfeldolgozás kisszámítógépen kezdődött 1974 körül, majd a KÉR (Karotázs Értelmezési Rendszer) kifejlesztésével folytatódott. A KISS-t TPA-70-es gépre 1983-ra fejlesztették ki a Kőolajkutató Vállalatnál, majd az IBM PC-re 1988-ra. A KfV és SZKFI 1987-ben szoftvert vásárolt (Petroleum Computing INC. PCI USA, Dallas). Bonyolult litológiai tárolók elemzésére az ELGI-ben kidolgozták a Comwell-B.R. értelmezési rendszert. A szocialista országok olajipari szelvényfeldolgozó rendszere, az ASZOIGISZ is alkalmazásra került néhány esetben. A Kőolajkutató V.-nál 1988-ban helyezték üzembe az új számítóközpontot (Perkin Elmer — PE — számítógéppel, IBM PC terminálokkal és megfelelő perifériákkal), főként Western Atlas szoftverekkel. A számítóközpont — a karotázs kiértékelésen túl — alkalmas volt geológiai metszet és térképrajzolás céljára, valamint fúrás és gazdasági feladatok megoldására is.

b) A *kútgeofizikai és termelés-geofizikai mérések értelmezése* az alábbi fő területekre terjed ki: a gáz–folyadék fázishatár és gáztelítettség meghatározása; besajtolási profil megállapítása; termelési profil és termelvény összetétel meghatározása; kútproblémák felderítése és felszámolása; bonyolult felépítésű tárolók egyes tároló-

paramétereinek pontosabb meghatározása (kutatási feladatok).

- c) A vízszintes fúrások szelvényezése és kiértékelése új kihívásként jelentkezett az 1990-es évek elején (5. ábra). Magyarországon az első vízszintes fúrás 1989-ben mélyült, amelyben szelvényezés nem volt, az első algyői (AI-34) pedig 1993-ban, amelynek víz-

szintes hossza a tárolóban 300 m. A termelékenység átlagosan 10-szeresére, majd néhány hónap után 4-8-szorosára nőtt. A vízszintes fúrások alkalmazásának célja a produktivitás javítása, a művelési idő (töke megtérülés) lerövidítése, a kizozatal növelése (lefűződött szakaszok) és a gázkúp-, illetve vízkúp-képződés mérséklése volt.

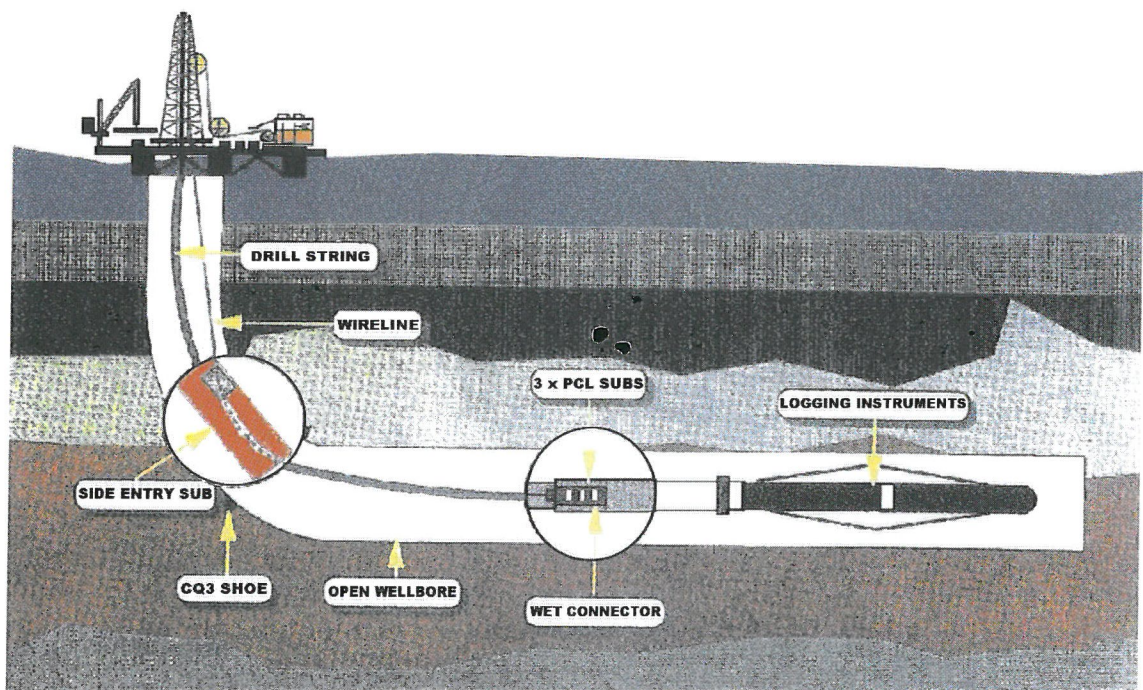


4. ábra. Az első hazai szelvényfeldolgozó program — KISS (Karotage Interpreter SubSystems)

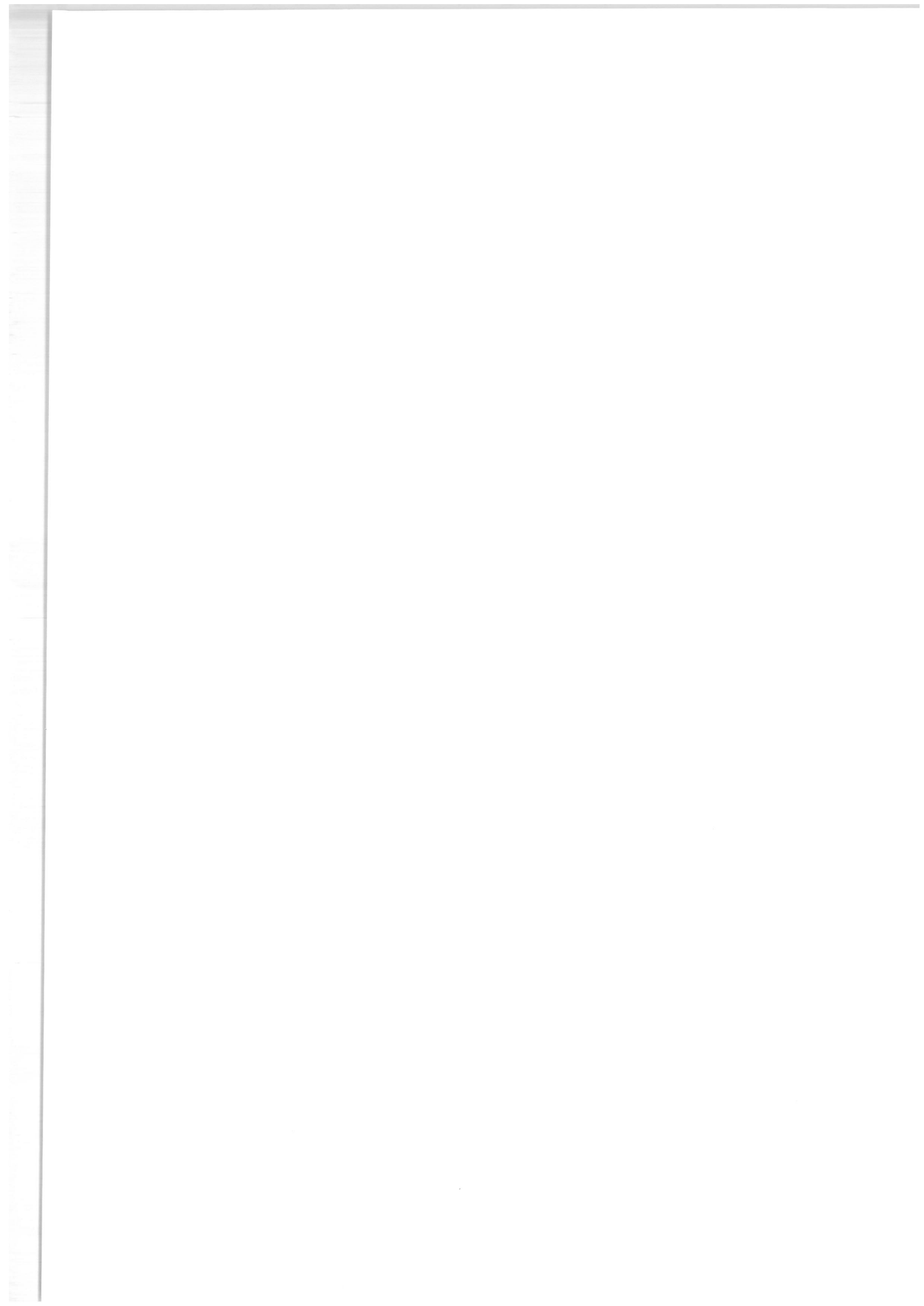
Fig. 4. The first Hungarian log evaluation software — KISS (Karotage Interpreter SubSystems)

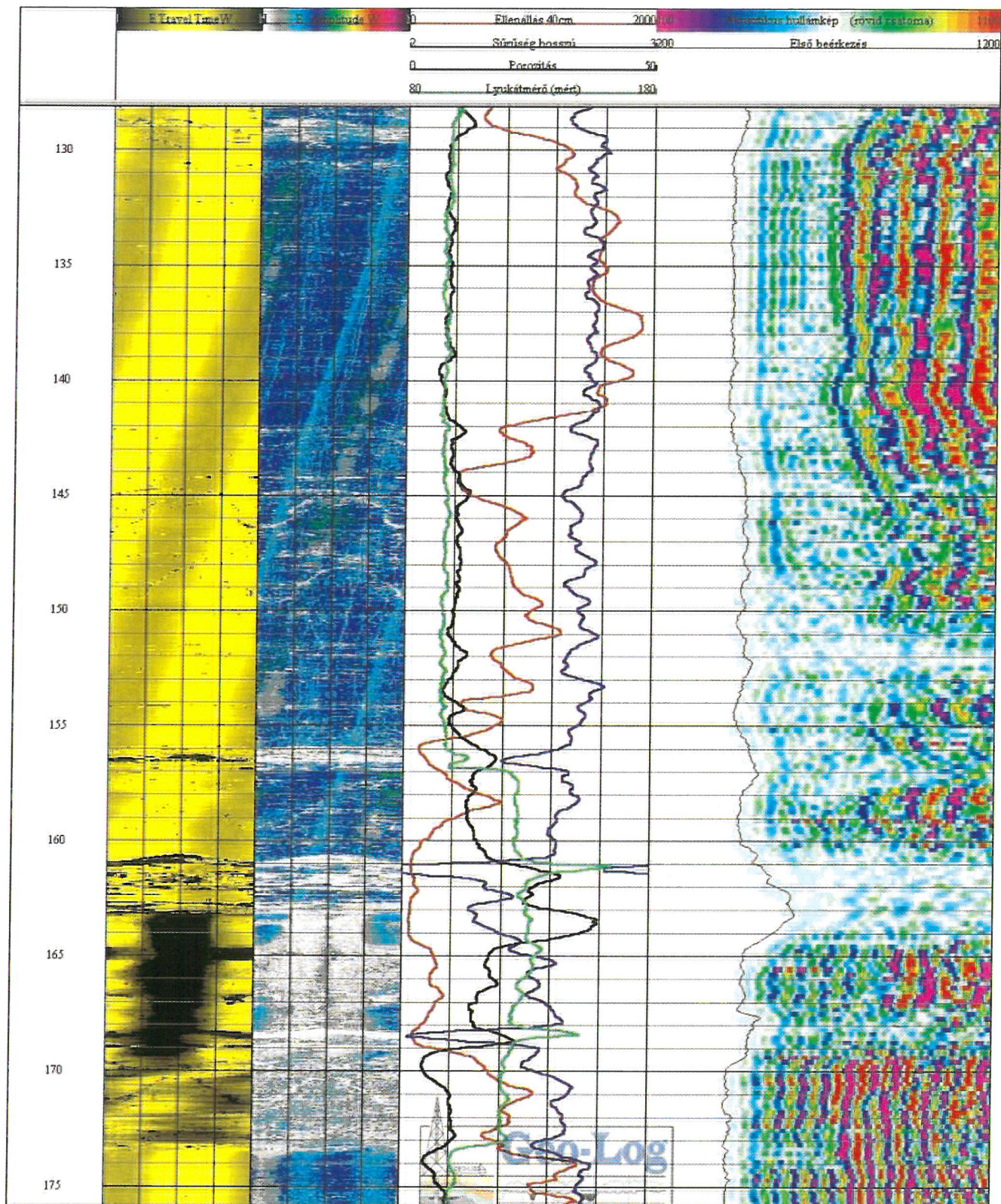


3. ábra. Magyar Kútgeofizikai Metrológiai Bázis
 Fig. 3. Hungarian Metrological Base for Well-logging



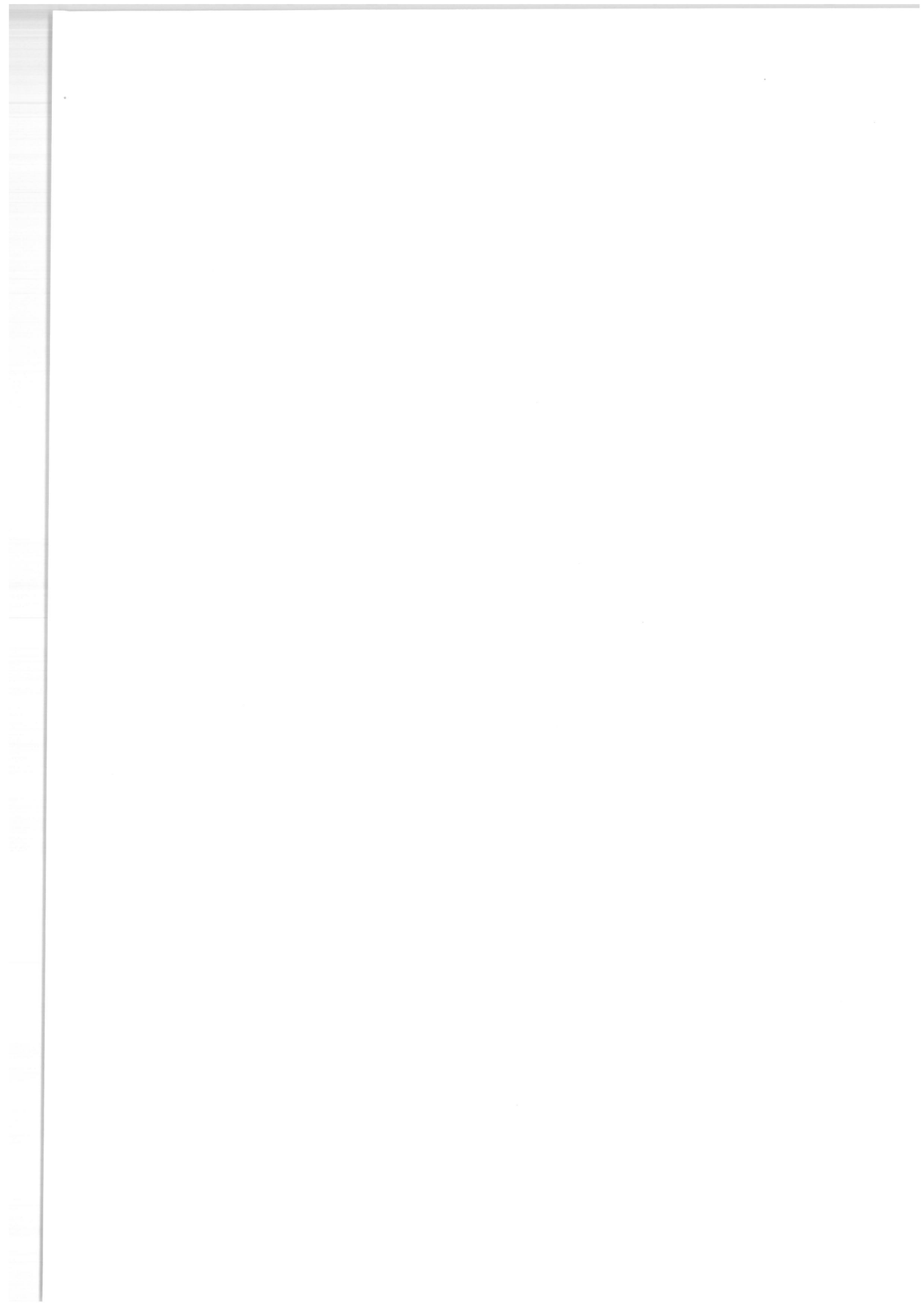
5. ábra. Vízszintes fúrások szelvényezése
 Fig. 5. Logging of horizontal wells

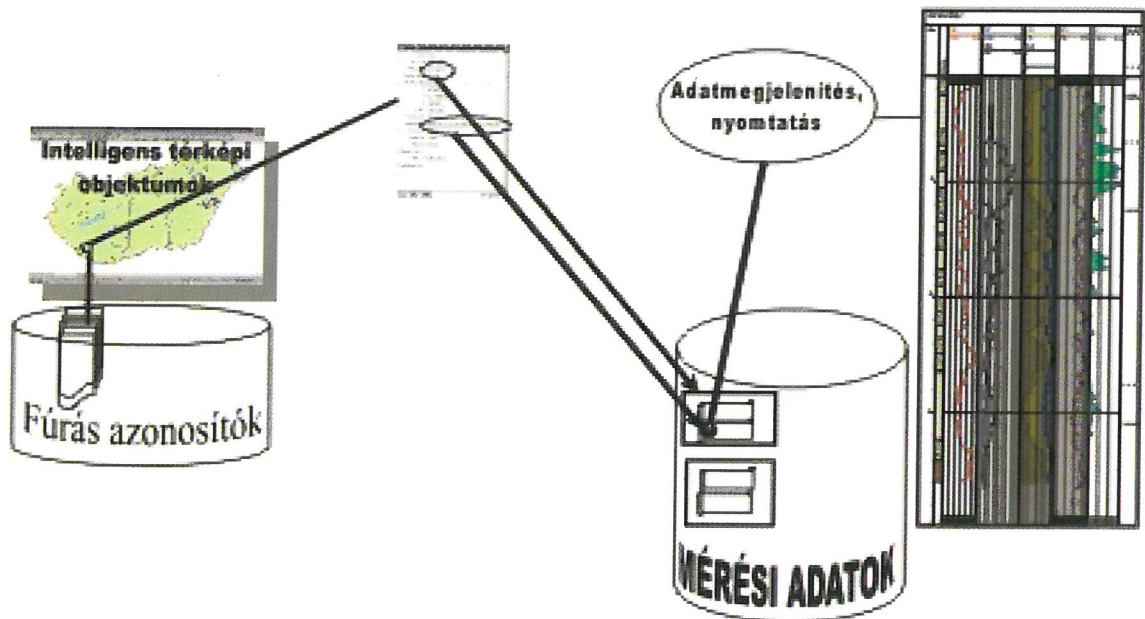




6. ábra. Akusztikus hullámkép és lyuktelevíziós mérés összehasonlítása

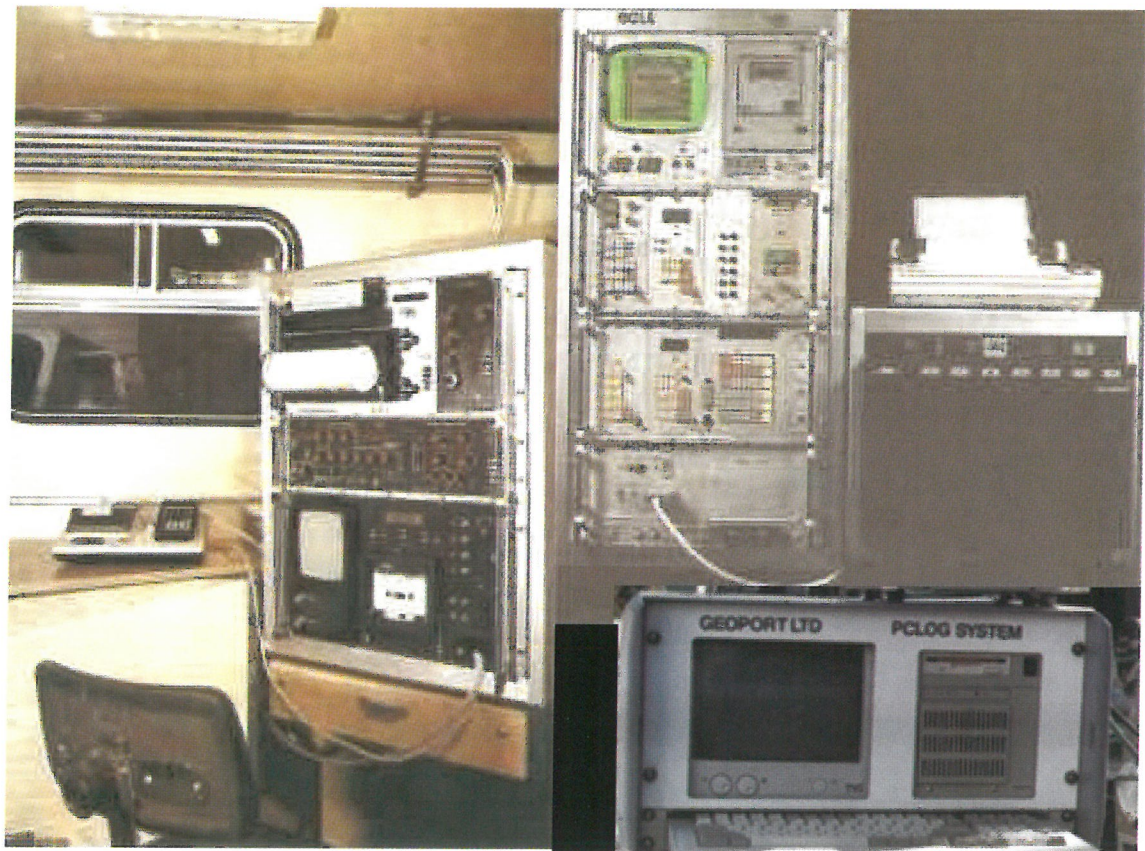
Fig. 6. Comparison of full wave sonic to borehole TV logs





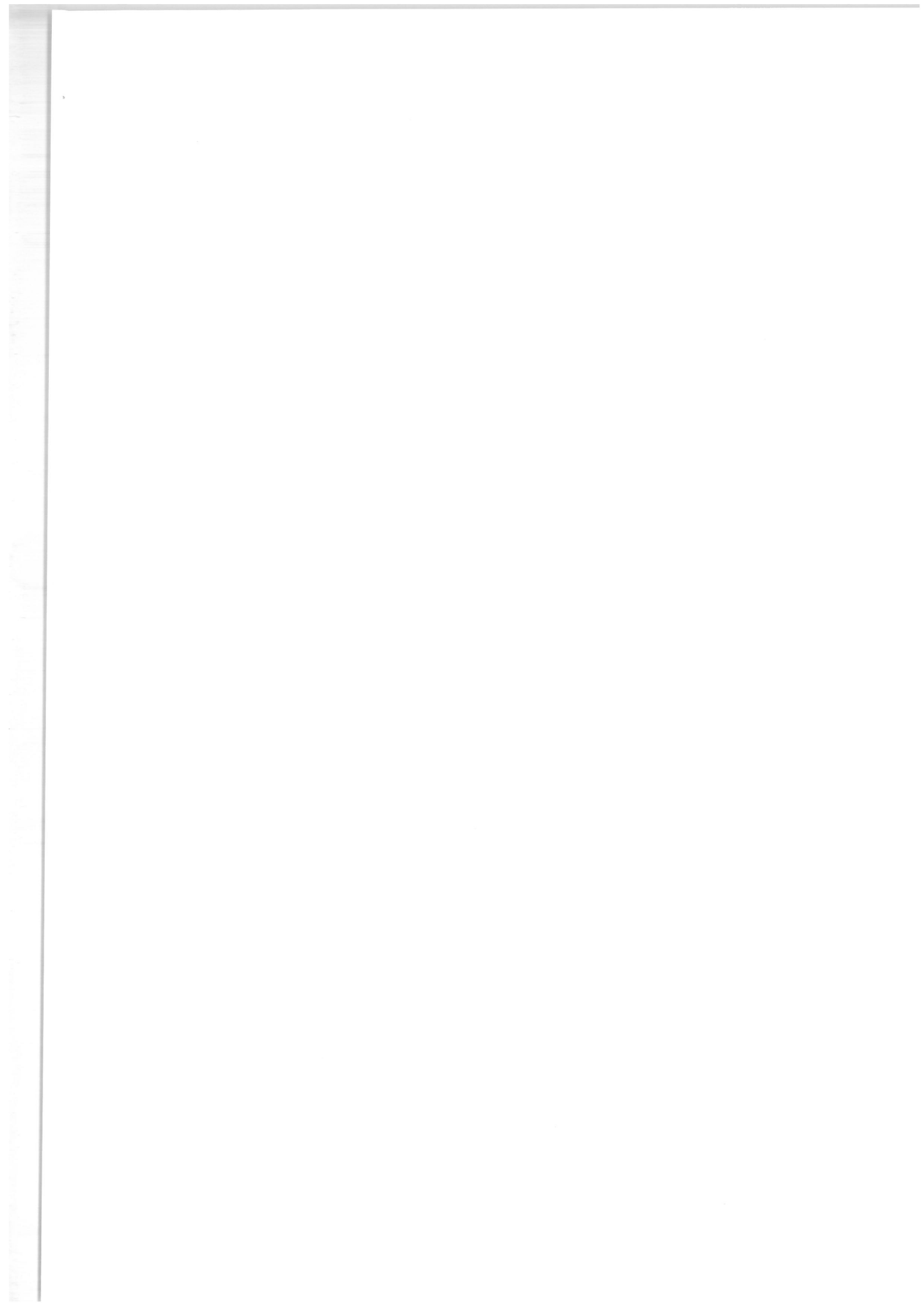
7. ábra. Mélyfúrás-geofizikai adatbázis (ELGI)

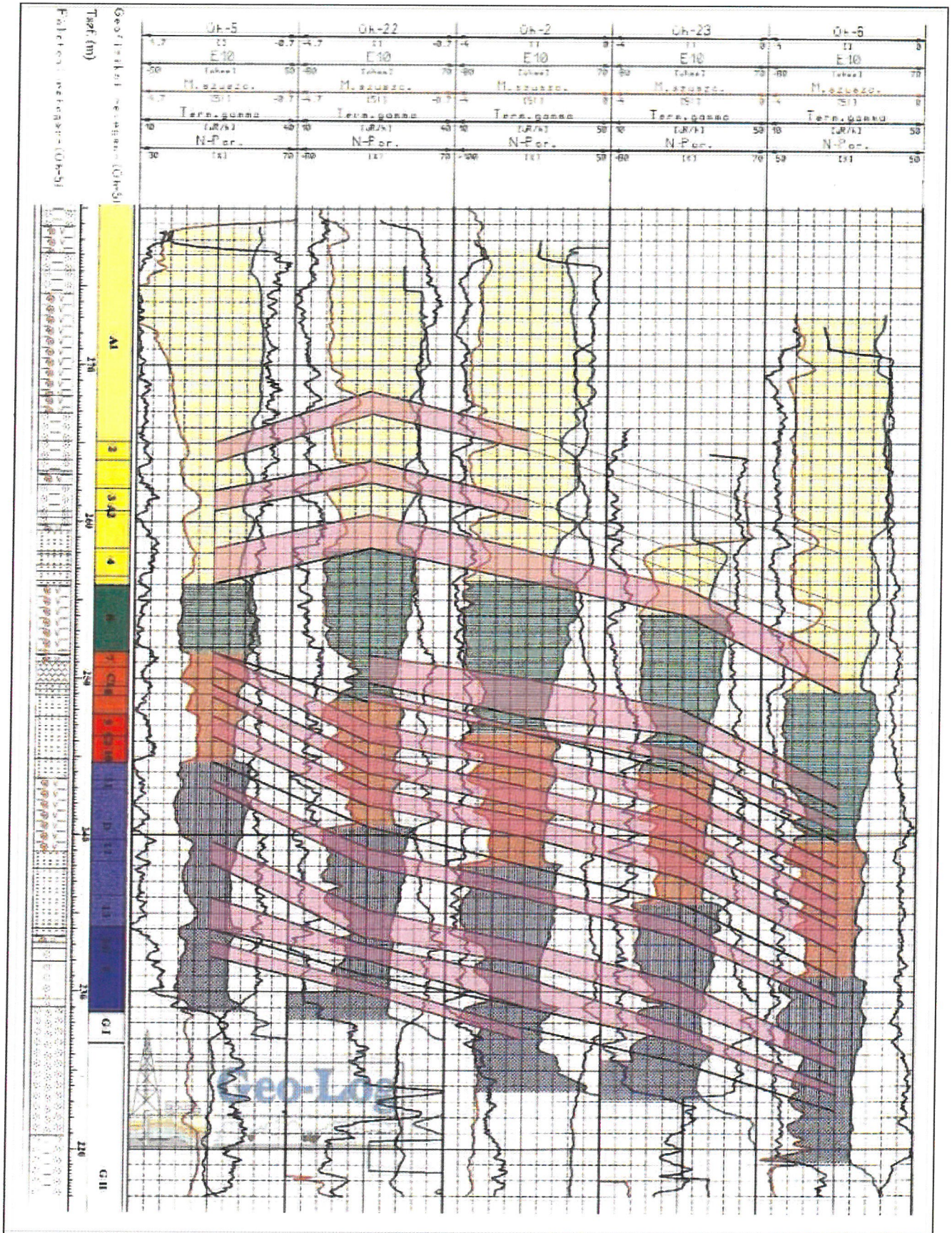
Fig. 7. Well logging data base of ELGI



8. ábra. Korszakváltó mélyfúrás-geofizikai felszíni műszerek

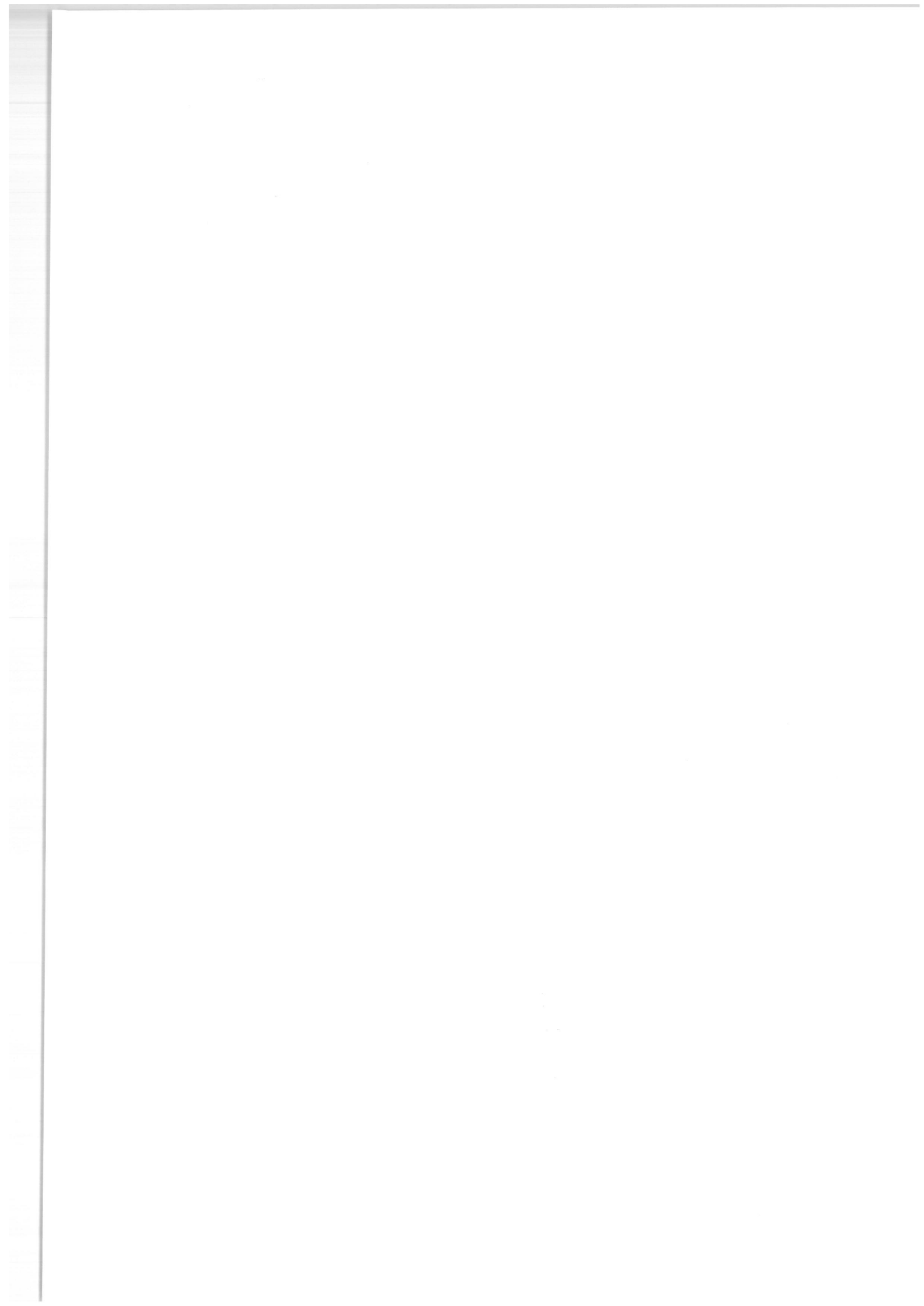
Fig. 8. Epoch-changing well logging units

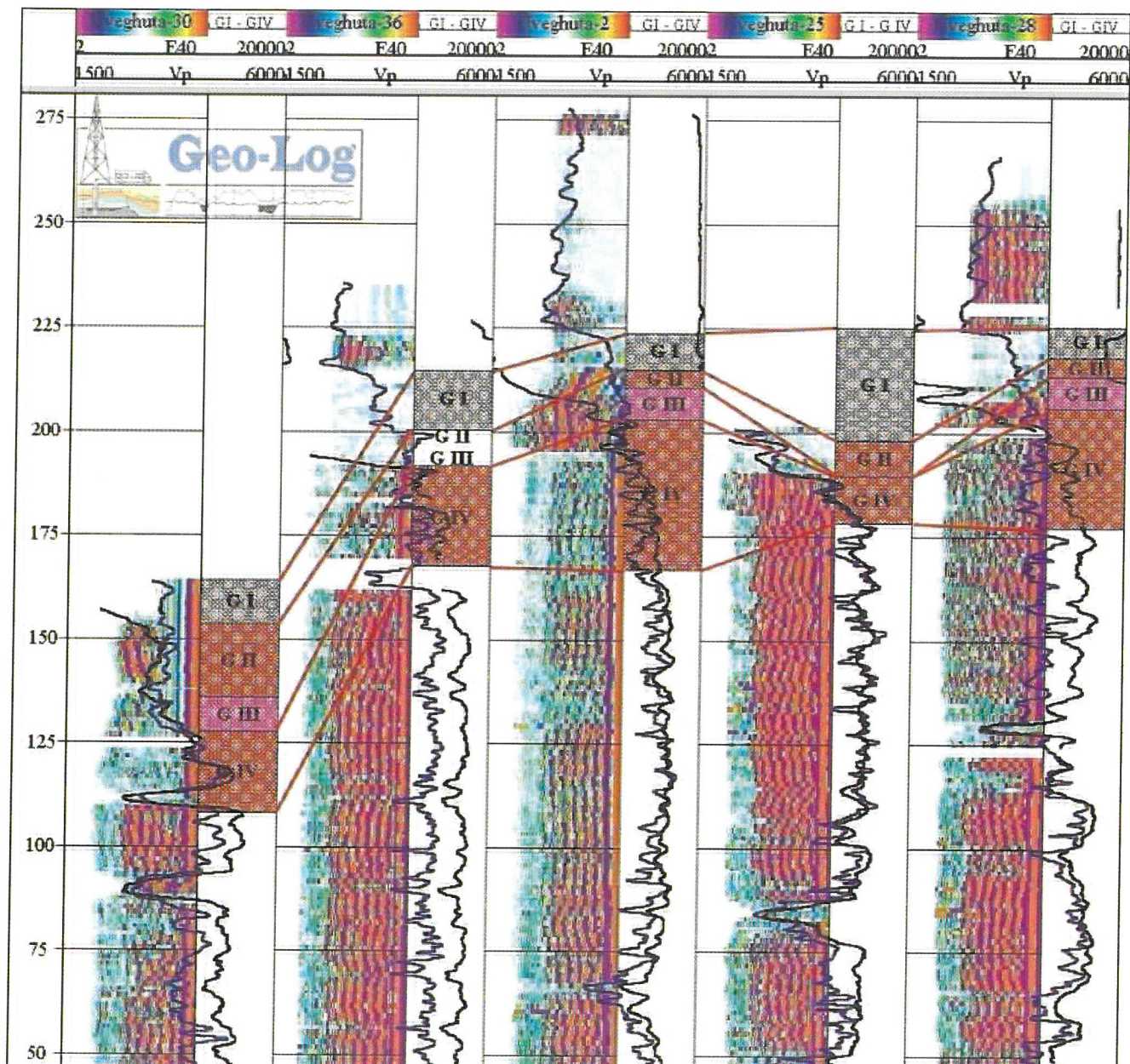




9. ábra. Korreláció löszben

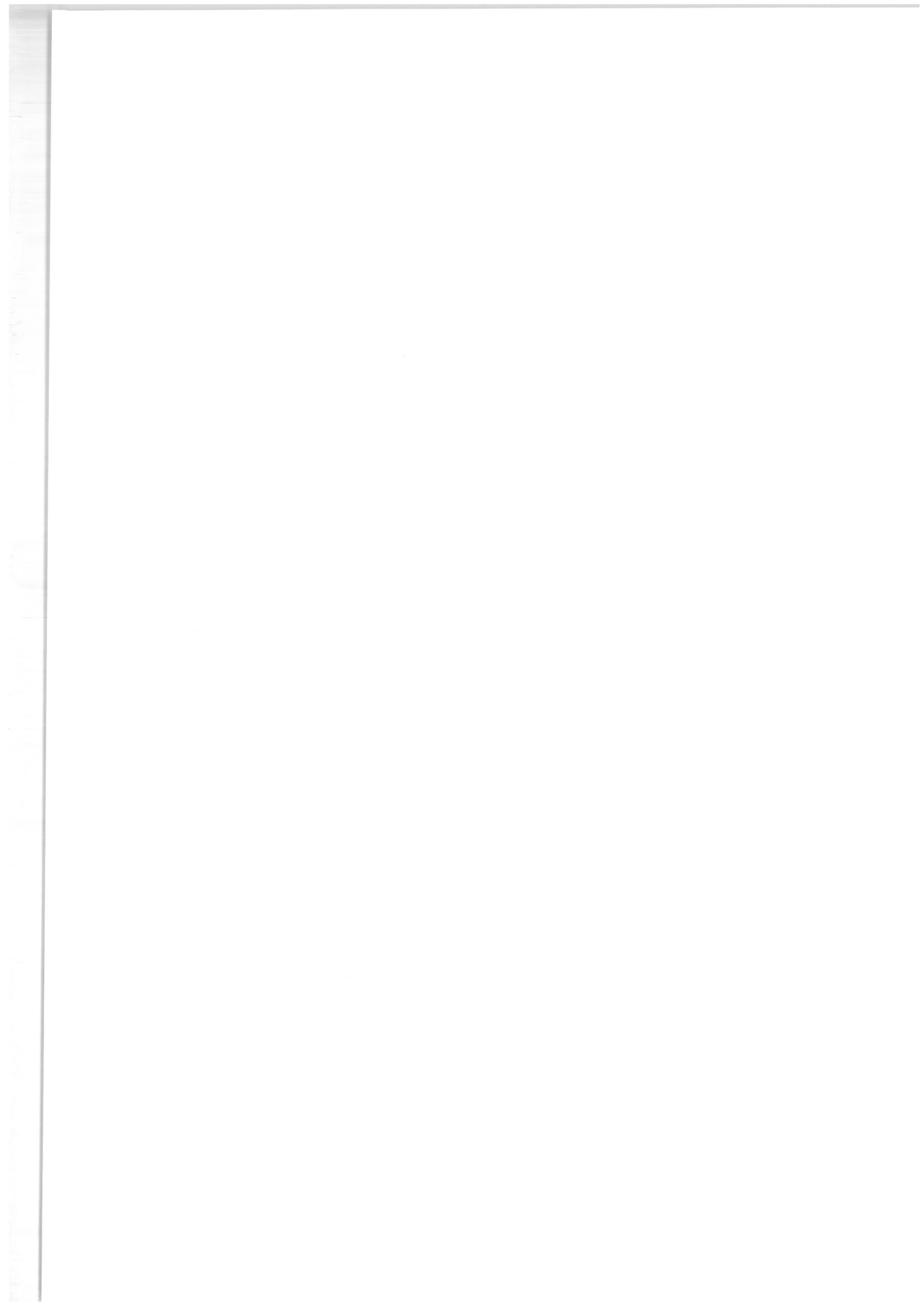
Fig. 9. Cross section in loess

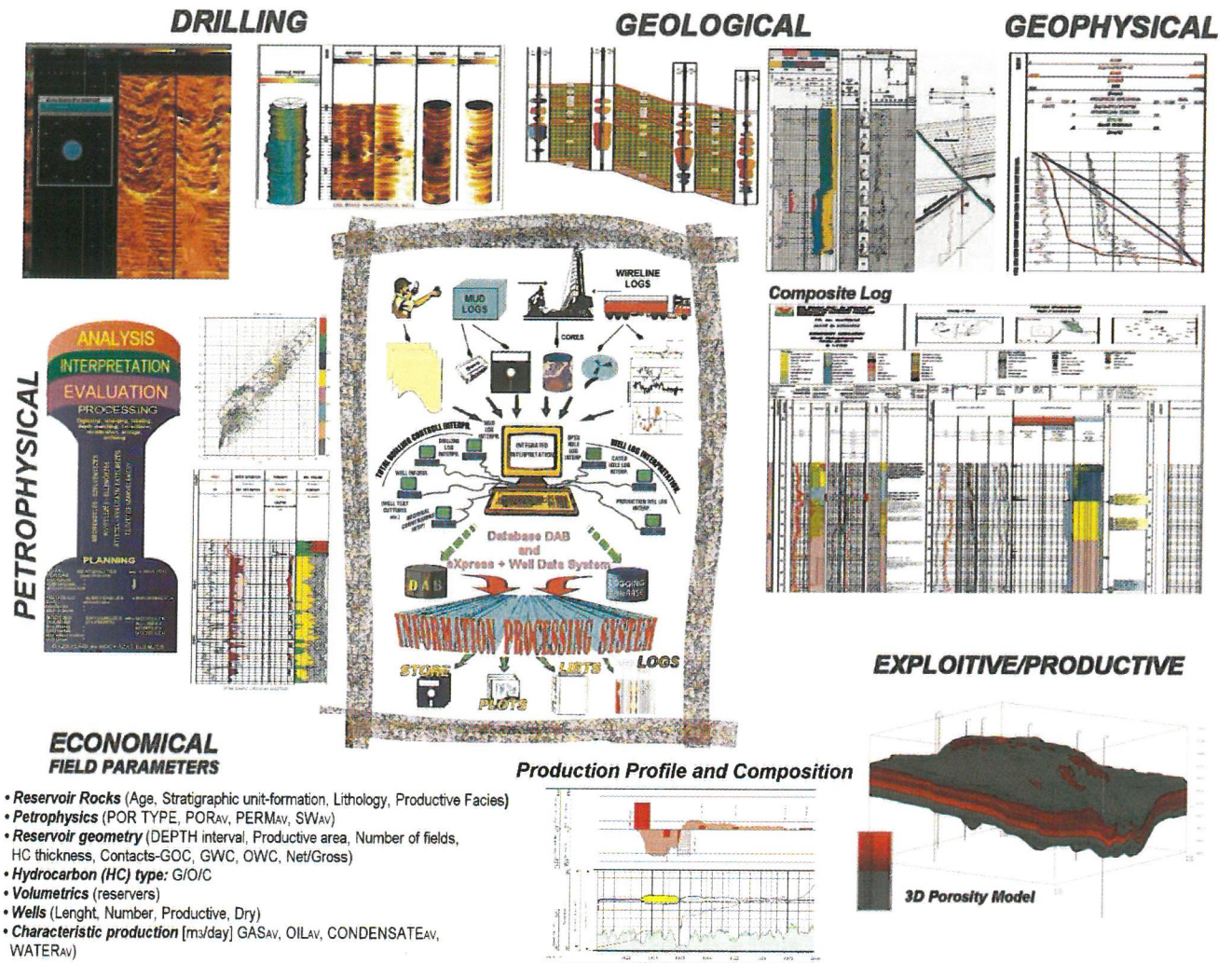




10. ábra. A radioaktív hulladék elhelyezés lehetőségének vizsgálata (a gránit mállási kéreg övezetei)

Fig. 10. Radioactive waste disposal site exploration (zones of the weathering crust of the granite)





11. ábra. Petrofizikai (közvetfizikai) dokumentációk

Fig. 11. Petrophysical documentations



5. A fordulat/a nagy változások időszaka — „újra világszínvonalon” (1992–2003)

Ezen időszak előkészítésének is tekinthetjük az 1990. október 22–26. között Budapesten megrendezett „The Thirteenth European Formation Evaluation Symposium”-ot.

Az 1990-es évek döntő változásokat hoztak a hazai mélyfúrási geofizikában is.

Az ELGI-t mint a hazai fejlesztés bázisát két lépcsőben leépítették (1990–1993), de az új körülmények között is — az állami feladatok mellett — szakmai háttérre kívánt lenni a kis egységeknek, a magánvállalkozásoknak:

- a víz és a szilárd hasznos ásvány mélyfúrási geofizikai munkálataira kft.-k alakultak (Geo-Log, Geo-Genesis, Geoservice, Karotázs stb.), amelyek az ELGI-műszerekkel dolgoznak, kiegészítve a teljes akusztikus hullámkép (V_p , V_s , V_{st}) felvételére alkalmas 3 és 4 elemes lyukműszerrel (AHK-val) és lyuktelevízióval (BHTV) (6. ábra);
- a csökkenő mértékű nyersanyagkutatás (ivóvíz, lignit, építőanyag) mellett egyre gyakrabban vettek részt régi kutak (víz, termálvíz) diagnosztikai vizsgálatában;
- a mélyfúrási geofizika a lignitkutatásban (visontai és bükkábrányi lignitmezők) alapvető szerepet játszik (ELGI, Geo-Log Kft., Geoservice Kft.), elsősorban a harántolt rétegsor litológiai tagolásában, a lignittelepek kijelölésében és korrelációjában, a víztelenítés mértékének nyomon követésében és a külszíni fejtést zavaró kemény képződmények kijelölésében.

Az 1990-es évek elejétől jelentősen megváltozott az ELGI-ben folyó munka és szerepe:

- fontos volt az országos adatbázis kiépítése (7. ábra), amely — a szilárd hasznos ásvány- és vízkutatás területén — az analóg szelvények digitalizálását is igényelte;
- korszakváltó — ELGI fejlesztésű — KD-80, PC LOG (8. ábra) digitális szelvényező berendezés (szilárd hasznos ásványra és vízre), amelyek szelvényeit a WellCAD programmal dolgozzák fel (elfogadott és használt nemcsak az európai országokban, de az afrikai és amerikai kontinensen is);
- a felhasznált szelvények: GR, CAL, DEN, NG, ATSIGN (ATP, ATS), amelyekből rétegfizikai paramétereket határoztak meg;
- állami feladatként foglalkozik az ELGI a földrengés-veszélyeztetettség mélyfúrási-geofizikai vizsgálatával, mivel a felszínközeli rétegek szerepet játszanak a földrengés energiájának közvetítésében (9. ábra);
- az elmúlt évek egyik legfontosabb feladata a radioaktív hulladék-elhelyezés lehetőségének vizsgálata, a számításba jöhető objektumok a gránitok, s itt fontos a repedések és a mállási kérgék kimutatása és követése (BHTV, AHK, R stb.) (10. ábra).

A következő évek feladatai között kiemelkedően fontos

- az új és régi ivóvíz- és termálkutak mélyfúrási-geofizikai vizsgálata (VIKUV Rt., Geo-Log Kft., Geo-Genesis Kft., Karotázs Kft.);
- a földrengés-veszélyeztetettség tanulmányozása (ELGI, Geo-Log Kft.);
- a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék elhelyezésének kutatása (ELGI, Geo-Log Kft., Karotázs Kft.).

A szilárd hasznos ásvány- és vízkutatással foglalkozó mélyfúrási-geofizikai egységek szakemberei mind műszer,

mind módszertani vonatkozásban felkészültek a fontosabb nemzetgazdasági feladatok megoldására, a többi geozakemberrel együtt.

Az 1992–2003 közötti időszakot (11. ábra) a MOL megalakulásától számíthatjuk és a fordulat azt jelenti szakmailag, hogy minden — a világban elérhető — indokolt szelvény mérhető/megrendelhető:

- a szelvényezés és a rétegmegnyitás a Geoinform Kft.-hez, a kiértékelés/értelmezés pedig a MOL-hoz került;
- továbbra is a Baker Atlas (volt Dresser, majd Western) technológiára támaszkodtunk (CLS-CLU-ECLIPS);
- korszerűsítettük a feldolgozó szoftvereket (eXpress-WA) és hardvereket, és ezek beépültek a MOL integrált rendszerébe (ISZFÉR-Landmark);
- rendszeressé vált a fúrásonkénti/kutankénti kvantitatív szelvény-/petrofizikai értelmezés, de tőlünk nem fogadják el kifogásként azt, hogy „nincs pontos R_w , a , m , n adatunk”;
- fordulat (szemléletváltás) következett be abban is, hogy nem a mérendő program a fontos elsősorban, hanem az értelmezés eredményessége, minősége, megbízhatósága;
- tevékenységünk (szelvényezés, értelmezés) megállta a helyét nemcsak itthon, hanem külföldön is (Szíria, Pakisztán, Tunézia, Jemen stb.).

Az, hogy a világ vezető cégei kötelességüknek érezték a vándorgyűlésen való aktív és reprezentatív részvételt, a MOL-ban folyó petrofizikai munka szakmai színvonalának is köszönhető — „újra közel a világszínvonalhoz”, s talán ennek is tulajdonítható, hogy a 2003. évi vándorgyűlésünkön

- a résztvevők 20%-a külföldi (a résztvevők száma 155 fő volt);
- kiállított a Schlumberger, a Computalog, a Baker Atlas-Geoinform Kft. (a világ élvonala);
- előadások hangzottak el a MOL, a Schlumberger, a Computalog, az ELGI, Geoinform és közösen a Baker Atlas-MOL szakemberei részéről;
- támogatóink között volt a MOL Rt., a Schlumberger és az EAGE.

Az olajiparban megjelentek a XXI. század szelvényei:

- az akusztikus teljes hullámkép (ATSIGN) felvétele és analízise (Δt_p , Δt_s , Δt_{ST});
- a nukleáris mágneses rezonancia (NMR) mérés és elemzés;
- array indukciós felvétel;
- a lyukfal leképezés (ellenállás és akusztikus alapú: CBIL, FMI, UBI);
- a kábelteszter (MDT) fluidumelemzéssel, nyomásméréssel és permeabilitászámítással;
- C/O szelvényezés olaj-víz fázishatár és olajteltettség meghatározása céljából.

A szövegben alkalmazott jelölések

a	tortuozitási együttható
AHK/ATSIGN	akusztikus teljes hullámkép
AT	akusztikus terjedési idő (Δt)
ATP	longitudinális hullám terjedési idő
ATS	nyíró hullám terjedési idő
ATST	Stonely-hullám terjedési idő
BHTV	lyuktelevízió (Bore Hole Televíwer)
C/O	szén-oxigén szelvényezés

CAL	lyukátmérő
CBIL	akusztikus lyukfalkép (Circumferential Borehole Imaging Log)
CBL	cementlog
CH	szénhidrogén
DEN	sűrűség/közetsűrűség
DV-AZ	lyukferdeség, azimut
F	formáció tényező
FMI	ellenállás lyukfalkép (Formation Micro Imaging)
GG	gamma-gamma
<i>m</i>	cementációs kitévő
<i>n</i>	szaturációs kitévő
NG	neutron gamma
NMR	nukleáris mágneses rezonancia (Nuclear Magnetic Resonance)
POR	porozitás
PR	nyomásmérés
PWL	termelés geofizikai szelvényezés (Production Well Logging)
R	ellenállás
R1/R2/RPOL	ellenállás
RML	mikrolog (ellenállás)
R_t	érintetlen zóna ellenállása
R_w	rétegvíz ellenállás
SP	természetes potenciál
SW	víztelítettség
TEBH	hőmérséklet (lyuktalp)
TEL	hőmérsékletszelvény
TEMX	hőmérséklet (maximum hőmérővel)
TG	természetes gamma
UBI	akusztikus lyukfal kép (Ultrasonic Borehole Imaging)

IRODALOM

- BARÁTH I. 2001: A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet szerepe a hazai geofizika fejlődésében 1950–2000-ig. Az 50 éves a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszéke c. ünnepi rendezvényen elhangzott előadás (Kézirat)
- BARÁTH I., JESCH A., KISS B., LAKATOS S. 1994: A mélyfúrás geofizikai kutatás története Magyarországon. *Magyar Geofizika* **35**, 2
- KISS B. 2003: Nemzetközi geofizikai földtani fluidumbányászati környezetvédelmi vándorgyűlés és kiállítás. *Magyar Geofizika* **44**, 3
- KISS B. 2003: Chapter News — Budapest Chapter. *Petrophysics* **44**, 6
- KISS B., BUCSI SZABÓ L., LENDVAY P., ZILAHY-SEBESS L., JÁMBOR Á., DRAHOS D., FERENCZY L. 2002: Magyarország legelterjedtebb litosztratigráfiai egységeinek mélyfúrás geofizikai jellemzése. *Magyar Geofizika* **43**, OTKA különszám
- LENDVAY P. 2002. Mélyfúrás geofizikai adatbázis fejlesztése az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben. Doktoranduszok fóruma 2002, p. 37–42. ME Műszaki Földtudományi Kar kiadványa
- MÉSZÁROS F., ZILAHY-SEBESS L. 2001: Földrengés-veszélyeztetettség és a mélyfúrás geofizika kapcsolata. *Magyar Geofizika* **42**, 4
- MÉSZÁROS F., ZILAHY-SEBESS L. 2001: Compaction of sediments with great thickness in the Pannonian Basin. *Geophysical Transactions* **44**, 1
- ZILAHY-SEBESS L. 2003: Well-logging methods to investigate a granitic site for radioactive waste deposition. *Geophysical Transactions* **44**, 2
- ZILAHY-SEBESS L., SZONGOTH G. 2002: Investigation of granite inhomogeneity by well logging methods. *Bulletin of Czech Geological Survey* **77**, 2