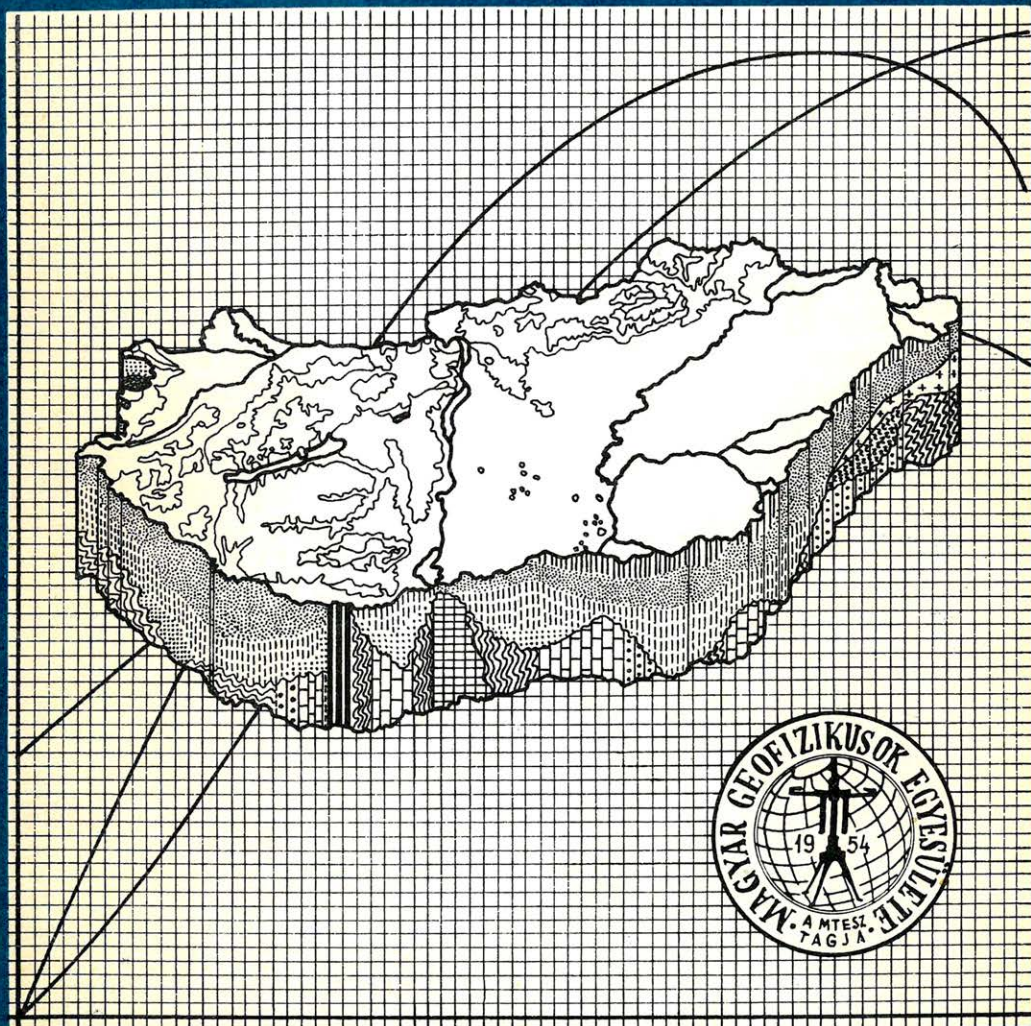


# MAGYAR

# GEOFIZIKA

52-ve  
1-2



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA  
BUDAPEST, 1982. XXIII. ÉVFOLYAM, 1-2. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Meskó A.</i> : A közös referenciapontos eljárás korlátai II. rész .....	2
<i>Késmárky I. – Pogácsás Gy. – Szanyi B.</i> : Szeizmikus szelvények sztratigráfiai értelmezése kelet-magyarországi neogén-quarter depressziók példáján .....	20
<i>Szülágyi L.</i> : Felszíni szeizmikus impulzusforrások hazai alkalmazása .....	31
<i>Drahos D.</i> : Karotázs elektromos mérések eredményeinek kiértékelése matematikai statisztikai becslési módszerrel .....	42
<i>Molnár G.</i> : Karotázs értelmezési rendszer (KISS) TPA – 70/25-ös számítógépen, és nyelve a GPL (Geophysical Programming Language) .....	58
Egyesületi hírek .....	76
Hírek .....	79
Könyvismertetés .....	80
Megemlékezés .....	1, 77

---

Főszerkesztő: Zelei András

Szerkesztő bizottság: Deres János, Kilényi Éva, Meskó Attila, Rádlér Béla, Verő József

Szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. félemelet 17. Postafiók 240.



**VARGA IMRE**  
1931 – 1982

Életének és alkotóerejének deklarációján 51 éves korában hunyt el a magyar geológus és geofizikus társadalom ismert és megbecsült tagja, Varga Imre igazgatóhelyettes, főgeológus.

Varga Imre a geofizikával már közvetlenül egyetemi tanulmányainak befejezése után elkötelezte magát. Mint tanársegéd tekintélyes részt vállalt az ELTE geofizikai tanszék szervezésében, és oktatási feladatainak teljesítésében.

Rövid ideig Komlón a Kossuth akna főgeológusi teendőit látta el, majd 1958-ban került a kőolajipar geofizikai részlegéhez, ahol váratlanul bekövetkezett haláláig tevékenykedett.

Munkájával megalapozta, majd fokról fokra fejlesztette a geofizikai adatok földtani értelmezését. Alkotó módon vett részt az időszakonként ismétlődő szénhidrogénprognózis-számítások elkészítésében, a különböző medenceterületek kutatási sorrendjének kimunkálásában, az alkalmazandó módszerek kiválasztásában, valamint a geofizikai kutatási koncepciók kialakításában.

Nevét és munkásságát nemcsak határainkon belül, hanem azon túl is megbecsülés és elismerés övezte, hisz a legaktívabb közreműködője volt a Magyarországgal határos országok közötti földtani-geofizikai együttműködésnek.

Allandó előadója volt a geofizikai vándorgyűléseknek, tartott előadásokat a nemzetközi szimpozionokon, és számos fejlődő országban ismertette a magyar olajipar eredményeit, teljesítőképességét. Szakmai munkáját a vállalati jelentéseken túlmenően mintegy 15 publikációja reprezentálja.

Részt vállalt az egyetemi oktatásban és továbbképzésben. Tanácsait, javaslatait kérték és meghallgatták országos hatáskörrel bíró szervek és intézmények. Munkabírása, memóriája, szintetizáló képessége minden munkatársában tiszteletet és bámulatot ébresztett.

Munkája elismeréseként számos kitüntetésben részesült. Ezek közül a legjelentősebb az 1967-ben kapott Akadémiai I. Díj és az 1978-ban kapott Állami Díj.

S bár szakmájának, munkájának megszállottja volt, érdekelte az élet minden mozzanata, szépsége. Szerette a társaságot és a társaság is szerette Őt. Humorával, magas fokú humán műveltségével azonnal belopta magát mindenki szívébe.

Szeretett utazni. Bejárta Európát, Ázsiát, az arab világot. Eljutott Peruba, Brazíliába. 1982. január 20-án azonban útlevél és vízum nélkül távozott ismeretlen messzeségbe. Nem búcsúzott el senkitől, és erről az úttjáról már élvezetes élménybeszámolót sem fog tartani.

Gyászolja családját, gyászolja a magyar geofizikusok, geológusok társadalma. Emlékét megőrizzük.

*Molnár Károly*

# A közös referenciapontos eljárás korlátai

## II. rész

M E S K Ó A T T I L A \*

A szeizmikus értelmezés alapja a jelenlegi gyakorlat szerint az időszelvény. A feldolgozás műveleteinek döntő többsége jó minőségű időszelvény előállítását segíti elő.

Az előző dolgozatban ismertetett és a jelen dolgozatban ismertetendő vizsgálatok célja a korrigált csatornák összegzésének minőségét befolyásoló hatások felmérése. Ezt az összegzendő csatornák jelei közötti különbségek (alak, amplitúdó, beérkezési idő), valamint a rendezetlen és koherens zajok határozzák meg. A jelenlegi gyakorlat a jelek beérkezési idői (statisztikus és dinamikus korrekciók), illetve amplitúdói közötti eltéréseket próbálja eltüntetni. Nem vagy csak ritkán foglalkozik a jelalak, illetve a rendezetlen és koherens zajok összegzés előtti kezelésével.

Az előző dolgozatban tisztáztuk a sebességfüggvény és terítési elrendezés szerepét a dinamikus korrekciók (és így közvetve a jelalak változásának) nagyságában, illetve a rendezetlen zaj relatív szintjének növekedésében. Reális modellekkel felmértük a dinamikus korrekció miatti jelalakváltozás, a statikus korrekciók és a rendezetlen zaj hatását. A jelen rész az amplitúdók közötti eltérésekkel, a többszörös reflexiók csökkenésével, valamint az összes tényezők hatását bemutató modellekkel foglalkozik. Ujal továbbá azokra a tényezőkre is, melyek csupán konkrét geológiai modell segítségével tanulmányozhatók.

Az alapvető következtetések egy része a jelenlegi metodikára és felhasználásra vonatkozik:

1. A mérések tervezésének előkészítésére célszerű megnyúlástérképeket, várható jel-energia csökkenéstérképeket számítani.

2. Az összegzés előtt kellene a jelalak változásait is korrigálni. Legalább a prediktív dekonvolúció műveletét az összegzés előtt kellene végezni.

3. A statikus korrekció analízist ki kellene bővíteni a jelalak korrigálásával.

A következtetések másik csoportja a jelenlegi technikával nyert időszelvények felhasználásának korlátaira vonatkozik:

1. Az összegzés hatásossága jóval kisebb annál, mint amit a szakirodalom az egyszerű lineáris modellek alapján becsül.

2. A felbontóképesség korlátozott, finomabb szerkezeti részletek megkülönböztetésére a jelenlegi technika alkalmatlan.

3. A jelenlegi technika alkalmatlan sztratigráfiai és litológiai következtetések levonására.

Основой сейсмической интерпретации в настоящее время служит сейсмический разрез. Большинство процедур обработки способствует получению временного разреза хорошего качества.

Целью описанных в предыдущей и настоящей статье исследований является определение факторов, влияющих на качество суммирования каналов после коррекции. Это обусловлено разницей между сигналами суммируемых каналов (форма, амплитуда, время вступления), а также когерентным и случайным шумом. Современная практика пытается исключить разницу в амплитудах и временах вступления сигналов (статические и кинематические поправки). Только изредка или совсем не занимаются формой сигнала и шумами перед суммированием.

В предыдущей статье было выяснено влияние скоростной зависимости и системы наблюдения на величину кинематической поправки (а через неё на изменение формы сигнала), кроме того на увеличение относительного уровня нестационарного шума. На реальных моделях исследовалось влияние связанного с кинематической поправкой изменения формы сигнала, влияние статических поправок и случайного шума.

В этой части показаны модели, показывающие различие между амплитудами, снижение влияния многократных волн и влияние всех факторов. Далее разбираются и те факторы, которые можно изучать лишь с помощью конкретной геологической модели.

Часть основных выводов относится к методике наблюдений и обработке материалов.

1. При планировании полевых наблюдений целесообразно составлять карты растяжений и карты ожидаемого снижения энергии сигнала.

\* ELTE Geofizika Tanszék.

2. Перед суммированием следовало бы проводить коррекцию изменения формы сигнала. Надо бы по крайней мере перед суммированием проводить предсказывающую деконволюцию.

3. Анализ статических поправок следовало бы расширить коррекцией формы сигнала. Вторая часть выводов относится к ограниченности применения обработанных настоящей техникой временных разрезов.

1. Эффективность суммирования намного меньше, чем она оценивается в литературе на основании простых линейных моделей.

2. Разрешенность ограничена, настоящая техника не применима для выделения более тонких структурных единиц.

3. На данном этапе имеющаяся в нашем распоряжении техника неприменима для выводов о стратиграфии и литологии.

*Seismic interpretation is based on the time section. The bulk of data processing procedures aim at improving the quality of seismic sections.*

*The investigations, reported in the previous and the present paper, evaluate the influence of several factors which have essential bearings upon the quality of stacking of corrected CRP traces and thus upon the quality of seismic section. The effectivity of the stack is determined by the deviations between the signals of the traces to be stacked as well as the amount of coherent and random noises. The routine processing tries to eliminate deviations between arrival times and amplitudes. Current practice does not or can not deal with the correction of signal shape or with the attenuation of coherent and random noises before stacking.*

*In the previous paper the influence of the velocity-time function and the positions of the receivers on the NMO corrections, which in turn, contribute to changes of the signal shape, and on the signal-to-random noise ratio, are discussed. The effects due to signal stretching of the NMO corrections, the static corrections and random noise have been evaluated.*

*Noise due to amplitude variations, a realistic estimation of the attenuation of surface multiples and complex models including all effects, are discussed in the present paper. The limitations of the models are also pointed out by describing some effects which have also bearing upon the effectivity of the stack but their contribution can be evaluated by a geological model, only.*

*A part of the conclusions refers to the present data gathering and data processing techniques, as follows.*

1. Before starting seismic measurements some evaluation of the prospect area is advisable by computing signal stretching, signal energy decrease and signal-to-noise ratio estimates.

2. The signal shape distortions should be corrected before stacking. At least a non-white deconvolution should be used to provide similar signals on all channels to be stacked.

3. The static correction analysis program should be complemented by signal shape analysis and correction.

*The second set of conclusions refers to the limited interpretation capabilities of the time sections obtained by the present data acquisition procedures.*

1. The effectivity of the stack is less than the one computed by the linear models. The output signal-to-noise ratio is about 6–10 dB for the frequency band 20–24 Hz and smaller for larger frequencies (in spite of 24-fold coverage).

2. Due to the limited band where the signal dominates the resolving power is insufficient to detect fine structural details.

3. Stratigraphic or lithologic interpretations can not be based on time sections obtained by the currently used data gathering and processing techniques.

## Bevezetés

A jelen dolgozat a *Magyar Geofizika* 1981. évi 5. számában megjelent, azonos című dolgozat folytatása. A bevezető célja pusztán a kapcsolódás megkönnyítése.

Az első részben bevezettük az energiahányados *ER* és a relatív hiba *RE* mennyiségeket – ld. (1) és (2) képletek – annak érdekében, hogy a korrekciók + összegzés nem-lineáris műveletsorozat hatását reálisan értékelhessük. Továbbra is ezeket a mennyiségeket fogjuk használni. Tárgyaltuk a sebesség-idő függvény és a dinamikus korrekció miatti megnyúlás kapcsolatát valamint ugyancsak a sebesség-idő függvény és a jel energia csökkenés kapcsolatát: l. (7), illetve (9) képleteket, valamint a 2.4–2.8 ábrákat. Ezekre a képletekre, illetve az azokhoz kapcsolódó megfontolásokra a továbbiakban is támaszkodunk.

Az összegezés hatásosságát a jelek közötti eltérések és a jelekhez adódó zajok egyaránt befolyásolják. A jelek közötti eltéréseket részben történeti okokból, részben az egyszerűbb tárgyalás miatt beérkezési idő különbségek, amplitúdó közötti eltérések és alak közötti eltérésekre bontjuk. A beérkezési idők közötti eltéréseket kívánja eltüntetni a statikus és dinamikus korrekció. Utóbbi azonban szükségképpen megváltoztatja a jelek alakját. Az amplitúdók közötti eltéréseket kívánja megszüntetni az amplitúdókorrekció. Nincsen rendszeresen alkalmazott eljárás a jelalak korrigálására, bár hasznossága nyilvánvaló. Az összegezés előtt alkalmazott nem-fehér-spektrumú dekonvolúció a jelalak-korrekció jó közelítése volna. Ez azonban — talán gépidőszükséglete miatt — nem terjedt el.

Az előző részben a felsorolt tényezők közül a dinamikus és statikus korrekciók hatását vizsgáltuk. A 6. fejezet (a dolgozat ezen, második részének első fejezete), az amplitúdókorrekció hatását mutatja be.

Az összegezés hatásosságát befolyásoló tényezők másik nagy csoportjából, a jelektől független zajok csoportjából (4. fejezet) már vázoltuk a rendezetlen zajok szerepét. A 7. fejezet a többszörös reflexiók változását vizsgálja.

A 8. fejezetben szerepelnek a felsorolt és külön-külön vizsgált valamennyi tényező hatását tartalmazó modellek. A vizsgálatok köre ugyan még ezzel sem teljes, de már lehetőséget nyújt néhány alapvető következtetés levonására: 9. fejezet.

A fejezetek számozása folyamatos, de a képletszámozás a jelen, második részben előlről kezdődik. Az ábrák számozása már az első részben is minden fejezetben egytől kezdődött (első szám a fejezetszám volt). Ezt itt is megtartottuk.

## 6. Az amplitúdók közötti eltérések hatása

Régóta ismert és az amplitúdókorrekciós programok (Véges – Makáry, 1977) segítségével kvantitatív analízisek sorozatával is kimutatott tény, hogy az összegzendő csatornák átlagos amplitúdói nem azonosak még a gömbi szóródás és az átlagos abszorpcióra jellemző hatás eltávolítása után sem. Az eltéréseket létrehozó tényezők közül talán a legfontosabbak, és statisztikus módszerekkel kezelhetők a robbantási körülmények változásai (robbantóponti hatás), a geofoncsoportok közvetlen környezeteinek és a csoport viselkedésének változásai (geofonponti hatás), illetve a robbantópont és észlelési hely közötti távolság hatása (offset hatás). Az utóbbi hatások eltávolítása nélkül az amplitúdók szórása elég nagy. Reális modell felépítésében ezt is figyelembe kell venni. Érdekes továbbá számunkra az is, mekkora javulást eredményez, ha az amplitúdók szórását a korrekciókkal csökkentjük.

Az amplitúdók különbségeinek hatását elemző modellvizsgálatokat kis statikus korrekciós hiba  $\sigma_t = 2$  ms feltételezésével végeztük.

A jobb áttekinthetőség érdekében a rendezetlen zaj hatását nem vettük figyelembe. Néhány megjegyzés azonban, ezzel kapcsolatban, még az összes tényezőt tartalmazó modellek (8. fejezet) tárgyalása előtt, ide kívánkozik.

Egy regisztrált csatornán a jel/zaj arányt nem változtatja, ha a csatornát tetszőleges konstanssal megszorozzuk. Az amplitúdókorrekció során az átlagos amplitúdót tudjuk csak kezelni. Feltételezhetjük, hogy a rendezetlen zaj kicsiny, emiatt az átlagos amplitúdó, legalábbis kedvezően választott, nem túlságosan nagy felvételi időkre eső időablak esetén a jelre jellemző. Ha a háttér zaj ebben az időablakban közel állandó, ez egyben azt is jelenti, hogy kis átlagos amplitúdó kisebb jel/zaj aránnyal jár. A korrekció a kis átlagos amplitúdójú

csatornákat növeli. Így éppen a rosszabb jel/zaj arányú csatornák súlyát növeljük meg, és ez az összegezés hatásosságát csökkenti.

Az amplitúdókorrekciók célja azonban nem az összegezés hatékonyságának kedvező befolyásolása, hanem lehetőleg a réteghatárok reflexiók együttthatóival arányos amplitúdók biztosítása az időszelvényen. Ennek ellenére nem közömbös a művelet analízise az összegezés hatásosságának szempontjából sem. Mivel a korrigált amplitúdókból kívánunk következtetni a reflexiók együttthatókra, hasznos felmérni, mekkora zaj terhelheti a korrigált értékeket.

A módszerről biztosat csak elég sok teljes időszelvénymodell alapján mondhatnánk. A következő ábrák bevezető jellegű vizsgálatok eredményei, korlátozott mértékű tájékoztatást nyújtanak. Inkább csak felhívjuk a figyelmet az amplitúdókorrekció helyes végrehajtásának problémáira.

A 6.1–6.4 ábrákon a relatív hiba menetét mutatjuk be. Az előző fejezet egy reális adatoknak megfelelő modelljét, melyben a statikus korrekció szórása  $\sigma_t = 2 \text{ ms}$ , bővítettük ki azzal, hogy megengedtük a jelamplitúdók változását is.

A két számítás közötti eltérés az, hogy a 6.1 és 6.2 ábrákon bemutatott esetben az amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó 90%-a, a 6.3 és 6.4 ábrákon látható esetben az átlagos amplitúdó 30%-a volt. Ez közel helyesen tükrözi az amplitúdókorrekció előtti és utáni szórások viszonyát. A 6.1 és 6.3 ábrák a kis offsetre (35 m), a 6.2 és 6.4 ábrák a nagy offsetre (840 m) vonatkozó számítási eredmények. Az eredmények értékelhetősége érdekében feltüntettük az ábrák felső részén a relatív hiba menetét abban az esetben is, amikor a valódi reflexiók beérkezési idői és amplitúdói azonosak. Így jól látszik, mekkora a dinamikus korrekció miatti megnyúlás szerepe és milyen romlást okoz a statikus korrekció és amplitúdókorrekció hibája. A használt jelalakot a bal felső kis négyszögben mutatjuk be. Az ábrák alsó részén szereplő 20, 40, 50 és 80 számok a jel domináns frekvenciájára vonatkoznak. Ezt a jelet használva és a tökéletes időbeli egybeesést az abszolút értékben legnagyobb amplitúdók egybeesésével definiálva, a korrekciós hibák nélküli eset a vizsgált tartományon (20 Hz–80 Hz), szinte frekvenciafüggetlen relatív hibamenetet mutatott.

Az ábrákból kitűnik, hogy a hiba nem lesz közel zérus, hanem bizonyos értékeknél „stabilizálódik”. Ennek nagysága frekvenciafüggő: nagyobb domináns frekvencián a hiba nagyobb. Az amplitúdók szórásának csökkentése a hibákat csökkenti.

Az ábrákon kevésbé látszik eltérés a 30%-os amplitúdószórás és 90%-os szórás között. Valóban aránylag kicsi az eltérés különösen nagyobb felvételi időknél. Kis különbségek azonban mégis léteznek. Ennek illusztrálására a 6.5 ábrán megadjuk a 90%-os 30%-os és 0%-os amplitúdószórásokra vonatkozó relatív hiba meneteket elég nagy felvételi időkre és 30 Hz csúcsfrekvenciájú jelre.

A modellszámításoknak ez a megállapítása összhangban van az elmélettel. Ha a jelek alakja (a dinamikus korrekció miatt) nem térne el egymástól, csupán amplitúdóik között volna zérus várható értékű különbség, a relatív hiba független volna az amplitúdók ingadozásától. Az összeg ugyanis ebben az esetben

$$g_{\text{stack}}(t) = \sum_{i=1}^{NC} (1 + \varepsilon_i) g(t). \quad (1)$$

Ennek várható értéke pedig

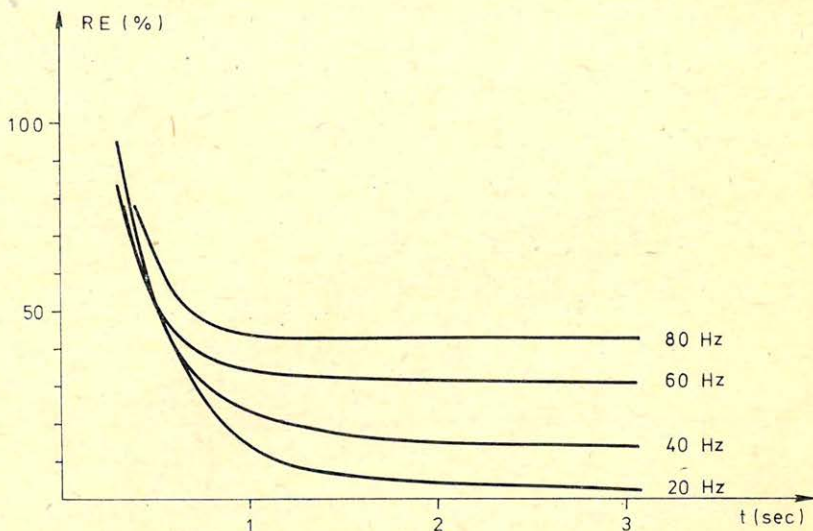
$$\mathcal{E}\{g_{\text{stack}}(t)\} = NC g(t)(1 + \mathcal{E}\{\varepsilon_i\}) = NC g(t), \quad (2)$$

ha az eltérések várható értéke,  $\mathcal{E}\{\varepsilon_i\} = 0$ .

A modellekben használt kapcsolat azonban

$$g_{\text{stack}}(t) = \sum_{i=1}^{NC} (1 + \varepsilon_i) g(\lambda_i t - \Delta t) \quad (3)$$

– ahol  $\lambda_i$  a megnyúlásra jellemző, a terítési geometriától, sebességfüggvénytől és felvételi időtől is függő mennyiség,  $\Delta t_i$  a statikus korrekció hibája.



Habár R.

GEO 81/1261

6.1. ábra. Relatív hiba a felvételi idő függvényében különböző domináns frekvenciájú jelekre. A statikus korrekció szórása 2 ms, az amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó 90%-a. 24-szeres fedés, kis off-set (35 m)

Рис. 6.1. Относительная ошибка в зависимости от времени вступления для сигналов различных преобладающих частот. Разброс статической поправки 2 мсек, разброс амплитуд составляет 90% от средней амплитуды. 24-х кратное перекрытие, малое удаление от пункта взрыва (35 м)

Fig. 6.1. The relative error of stacking as a function of record time for signals with the indicated dominant frequencies. The standard deviation of the static correction error is 2 ms, the standard deviation of the amplitudes is 90 percent of the average amplitude. 24-fold coverage small offset (35 m)

A  $\lambda_i$  jelenléte miatt (3) nem-lineáris átalakítás. Ennek tulajdonítható, hogy az  $\varepsilon_i$  amplitúdóingadozásoktól is – bár kis mértékben – függ az eredmény jósága. Lényeges tényező a statikus korrekció maradék hibája.

### 7. A többszörösök csökkentése

A többszörös reflexiók csökkentését a lineáris modellben átviteli függvényrel jellemezhetjük. Ennek levezetése közismert, lényeges pontjai közül a későbbiekben is felhasználandókat foglaljuk össze.

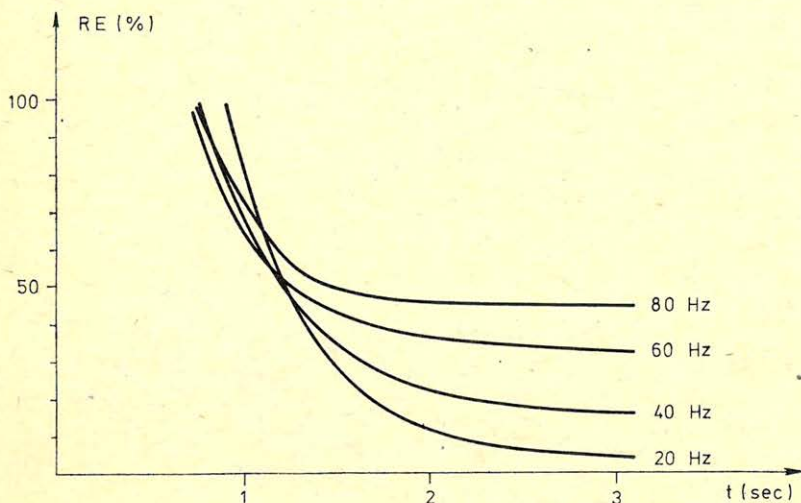


A korrekciók elvégzése után a többszörösök között időkülönbség marad. Ennek értéke

$$t_{rez}(x, t_0) = \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{x}{v_t}\right)^2} - \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{x}{v_p}\right)^2}, \quad (4)$$

melyben  $v_t$  a többszörös beérkezésére jellemző sebesség,  $v_p$  a dinamikus korrekcióban alkalmazott sebesség. A  $v_t$  minden esetben kisebb  $v_p$ -nél, felszíni többszörösre pedig jó közelítés

$$v_t(t_0) = v_p(t_0/2).$$



Habár R.

GEO 8/12-62

6.2. ábra. Relatív hiba a felvételi idő függvényében különböző domináns frekvenciájú jelekre. A statikus korrekció szórása 2 ms, az amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó 90%-a. 24-szeres fedés, nagy offset (840 m)

Рис. 6.2. Относительная ошибка в зависимости от времени вступления для сигналов различных преобладающих частот. Разброс статической поправки 2 мсек, разброс амплитуд составляет 90% от средней амплитуды. 24-х кратное перекрытие, большое удаление от ПВ (840 м)

Fig. 6.2. The relative error of stacking as a function of record time for signals with the indicated dominant frequencies. The standard deviation of the static correction error is 2 msec, the standard deviation of the amplitudes is 90 percent of the average amplitude. 24-fold coverage large offset (840 m)

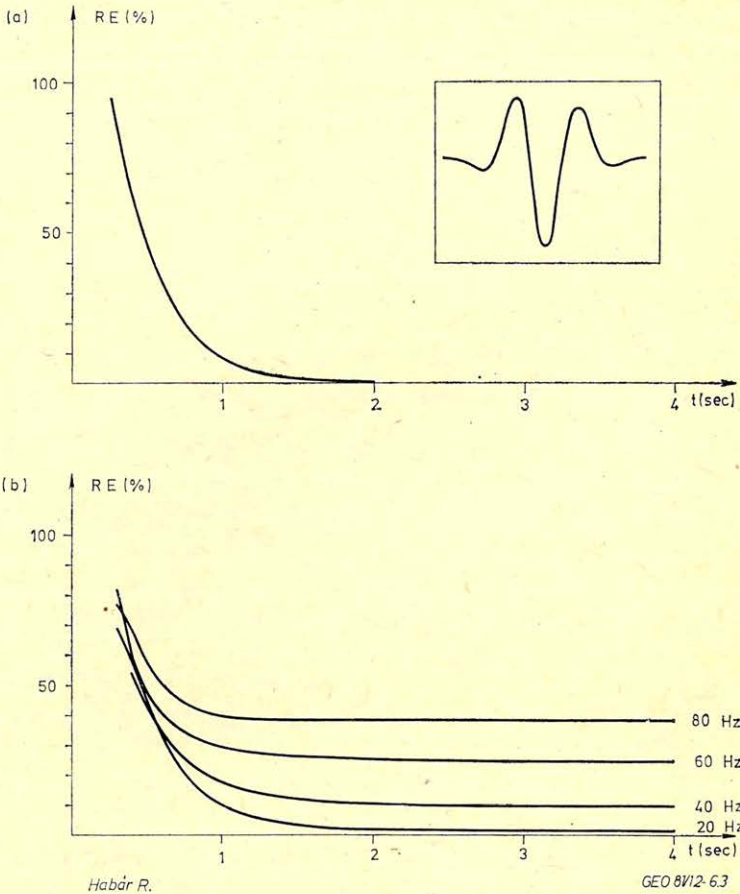
Az alkalmazott terítési rendszer megadja az összegzendő csatornákon tetszőleges időben jelentkező (azonos felületről származó) többszörösök közötti maradék időkülönbségeket, melyek

$$t_{rez}(x_k, t_0); (k = 1, 2, \dots, n)$$

$n$  az összegzendő csatornák száma.

Az összegzés eredménye a lineáris modell szerint

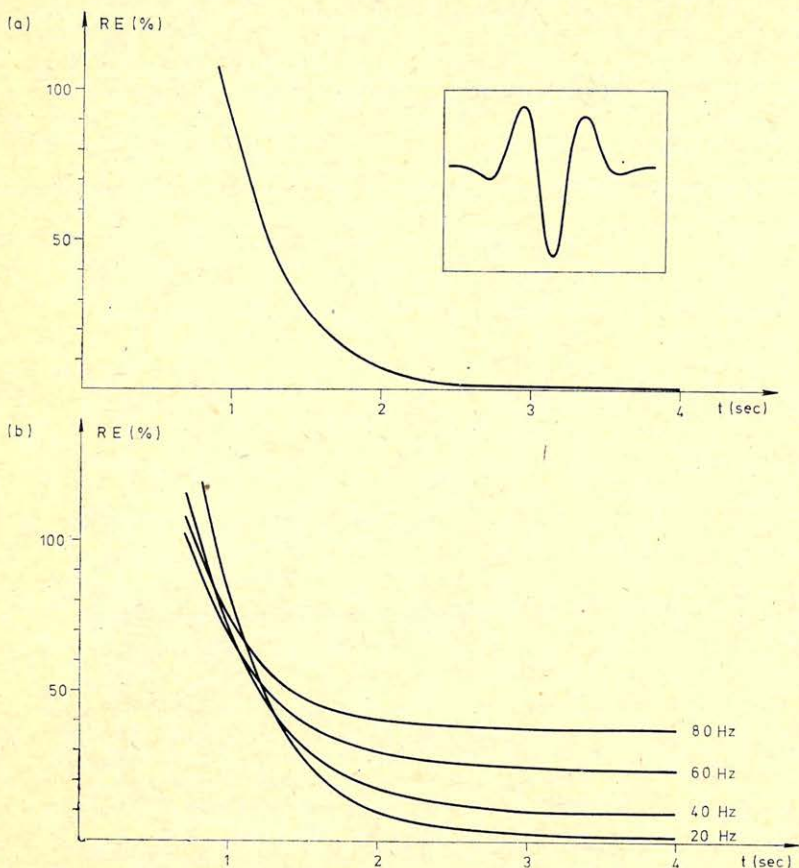
$$g_{\text{stack}}(t) = \sum_{k=1}^n g(t - t_0 - t_{\text{rez}}(x_k, t_0)) = g(t) * \sum_{k=1}^n \delta(t - t_0 - t_{\text{rez}}(x_k, t_0)). \quad (5)$$



6.3. ábra. Relatív hiba a felvételi idő függvényében különböző domináns frekvenciájú jelekre. A statikus korrekció szórása 2 ms, az amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó 30%-a. A felső görbén (a) statikus hiba nélküli, azonos amplitúdókra vonatkozó eset látható. A keretben a jelalakot mutatjuk be. 24-szeres fedés kis offset (35 m)

Рис. 6.3. Относительная ошибка в зависимости от времени вступления для сигналов различных преобладающих частот. Разброс статической поправки 2 мсек, разброс амплитуд составляет 30% от средней амплитуды. Верхняя кривая представляет случай без погрешности статической коррекции при одинаковых амплитудах. В рамке показана форма сигнала. 24-х кратное перекрытие, малое удаление от пункта взрыва (35 м)

Fig. 6.3. The relative error of stacking as a function of record time for signals with the indicated dominant frequencies. The standard deviation of the static correction error is 2 ms, the standard deviation of the amplitudes is 30 percent of the average amplitude. 24-fold coverage small offset (35 m). The upper part, denoted, by a shows the RE stacking of signals of identical amplitudes and without static correction errors. The inset gives the signal shape



Habár R

GEO 81/12-64

6.4. ábra. Relatív hiba a felvételi idő függvényében különböző domináns frekvenciájú jelekre. A statikus korrekció szórása 2 ms, az amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó 30%-a. A felső görbén (a) a statikus hiba nélküli, azonos amplitúdókra vonatkozó eset látható. A keretben a jelalakot mutatjuk be. 24-szeres fedés, nagy offset (840 m)

Рис. 6.4. Относительная ошибка в зависимости от времени вступления для сигналов различных преобладающих частот. Разброс статической поправки 2 мсек, разброс амплитуд составляет 30% от средней амплитуды. Верхняя кривая представляет случай без погрешности статической коррекции при одинаковых амплитудах. В рамке показана форма сигнала. 24-х кратное перекрытие, большое удаление от ПИВ (840 м)

Fig. 6.4. The relative error of stacking as a function of record time for signals with the indicated dominant frequencies. The standard deviation of the static correction error is 2 ms, the standard deviation of the amplitudes is 30 percent of the average amplitude. 24-fold coverage large offset (840 m). The upper part, denoted by a) shows the RE for stacking of signals of identical amplitudes and without static correction errors. The inset gives the signal shape

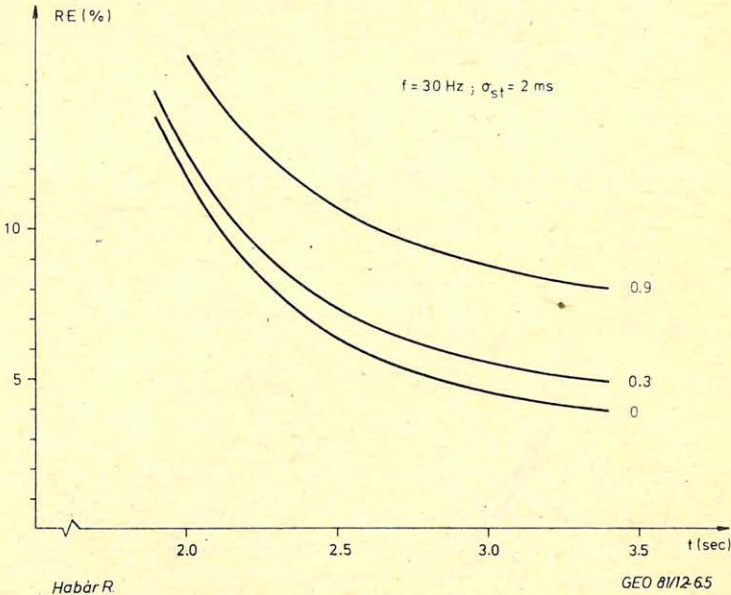
A konvolúció alakban felírt művelet pedig átviteli függvényével,

$$S(f) = \sum_{k=1}^n e^{-j2\pi f t_{rez}(x_k, t_0)} \quad (6)$$

jellemezhető.

A pontosabb leírásban figyelembe kell vennünk a jelek alakjának módosulását, az (5) helyett

$$g_{\text{stack}}(t) = \sum_{k=1}^n g(\lambda_k(t-t_0-t_{\text{rez}}(x_k, t_0))) \quad (7)$$



6.5. ábra. Relatív hiba 30 Hz csúsfrekvenciájú jelle. A statikus korrekció szórása 2 ms, az amplitúdók szórása 90%, 30%, illetve 0%

Рис. 6.5. Относительная ошибка для сигнала с частотой 30 Гц. Разброс статической поправки 2 мсек, разброс амплитуд 90%, 30%, 0%

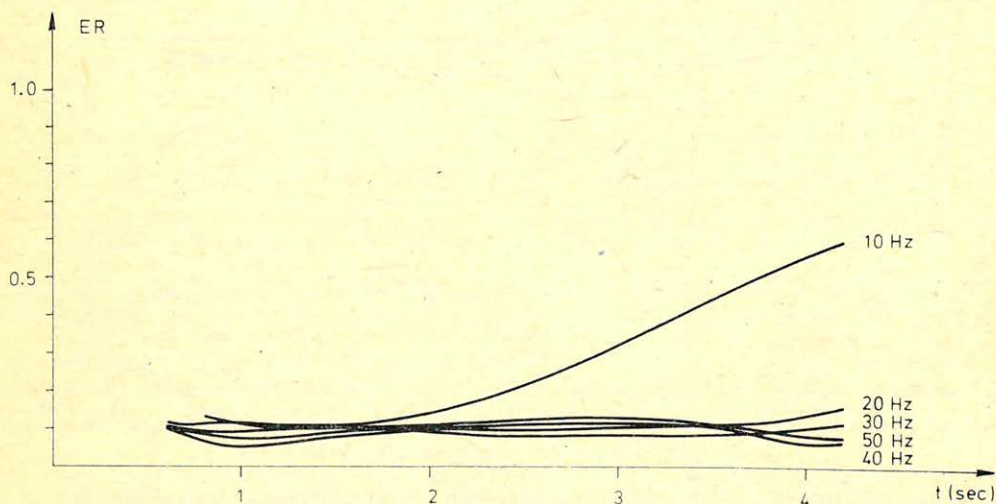
Fig. 6.5. The relative error as a function of record time for signals with dominant frequencies of 30 Hz. The standard deviation of the static correction errors is 2 ms, the standard deviation of amplitudes is 90, 30 and 0 percent of the average amplitude, respectively

írandó. Ebben  $\lambda_k$  a dinamikus korrekció során fellépő „megnyúlást” jellemzi, melyet részletesen tárgyaltunk a 2. fejezetben, a valódi reflexiók összegzésével kapcsolatban. A  $\lambda_k$  szorzók jelenléte miatt a (7) nem-lineáris művelet. Különösen kis felvételi időknél van lényeges eltérés (5) és (7) között. Kevésbé befolyásolják a többszörösök összegzésének eredményét a statikus hibák, hiszen amúgy is vannak időkülönbségek és ezek értéke csak viszonylag nagy felvételi időknél válik olyan kicsinnyé, hogy érezhető legyen a további rendezetlen időkülönbségek hatása.

A többszörösök összegzésének hatását ugyanúgy az ER és RE mennyiségekkel jellemezhetjük, mint a valódi reflexióknál tettük. A 7.1 és 7.2 ábrák kis offsetre, 70 méteres geofon közre és 24-szeres fedésre mutatják a mennyiségek változását. Az energiaarány növekszik – ami azt mutatja, hogy a csökkentés nagyobb felvételi időknél kevésbé hatásos. A domináns frekvencia szerepe is hasonló ahhoz, amit a valódi reflexiók összegzésével tapasztaltunk. Nagyobb

domináns frekvenciájú többszörösök csak nagyobb felvételi időknél érnek el összegzés után jelentős energiaarányt, illetőleg kis relatív hibát.

Ez a jelenség nem meglepő, valójában csak azt erősíti meg, amit amúgy is tudtunk: a többszörösök csökkentése a nagyobb felvételi időknél már nem (vagy kevésbé) hatásos. Az átvételi függvénnyel való jellemzéssel ellentétben világosan látszik, hogy még 10 db javulást is csak ritkán várhatunk (a 24-szeres



Habár R

GEO 8/12-71

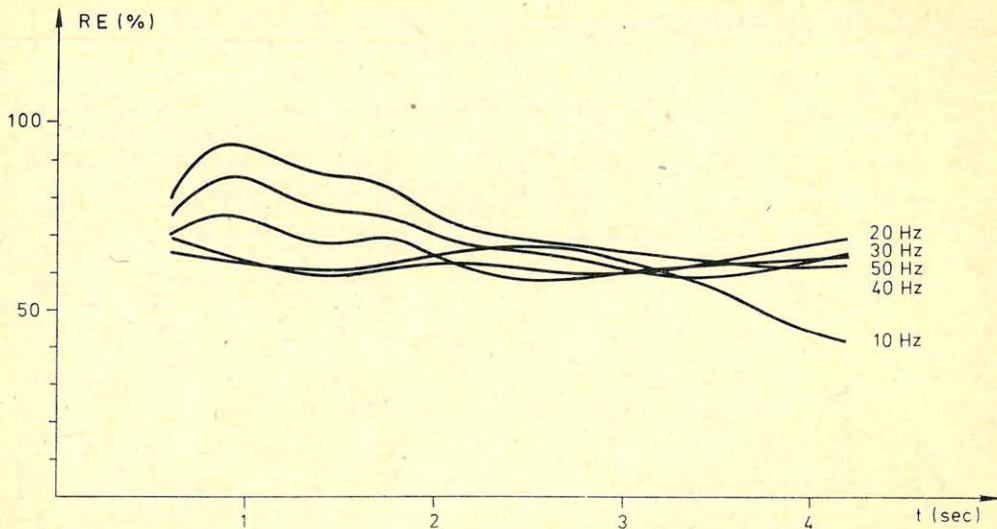
7.1. ábra. A felszíni többszörös összegzésére jellemző energiaarány menete különböző domináns frekvenciájú jelekre. 24-szeres fedés, kis off-set (35 m)

Рис. 7.1. Ход отношения энергии, характерной для суммирования многократных волн от поверхности для сигналов различных преобладающих частот. 24-х кратное перекрытие, малое удаление от ПВ (35 м)

Fig. 7.1. The energy ratio of stacking surface multiples for signals with the indicated dominant frequencies. 24-fold coverage small offset (35 m)

fedés ellenére). Képet ad továbbá a számítás arról is, hogy változik a hatásosság a felvételi idő függvényében. Ez az átviteli függvényből csak közvetve látszik. Mivel annak független változója a frekvencia és maximális kilépési időkülönbség szorzata, a felvételi idő növekedésével pedig a maximális kilépési időkülönbség csökken, az átviteli függvény origója felé haladunk és eközben — néhány kis ingadozástól eltekintve — fokozatosan növekvő értékeket találunk. Az elmondottak illusztrálására adjuk meg a 7.3 ábrán a 24-szeres fedésre vonatkozó, a (6) egyenlet felhasználásával, illetve további egyszerűsítésével meghatározott átviteli függvényt.

A lineáris modellből végső soron az összegzés utáni többszörös reflexió/valódi reflexió arányt vezetik le. Ezt adja meg a 7.3 ábra is. A (6) képlet csak a többszörös összegzésére jellemző átviteli függvény számítását írja elő. A lineáris modellben a valódi reflexiók azonos beérkezési időit és azonos alakját szokták feltételezni. Az ideális fázishelyes összegzés pedig a valódi reflexió  $n$ -szeresét adja az összegsatornán ( $n$  a fedésszám). A (6) képletet egyszerűen az  $1/n$



Habár R.

GEO 8/12-72

7.2. ábra. A felszíni többszörös összegzésére jellemző relatív hiba menete különböző domináns frekvenciájú jelekre. 24-szeres fedés, kis offset (35 m)

Рис. 7.2. Ход относительной ошибки, характерной для суммирования многокартных волн от поверхности для сигналов различных преобладающих частот. 24-х кратное перекрытие, малое удаление от ПВ (35 м)

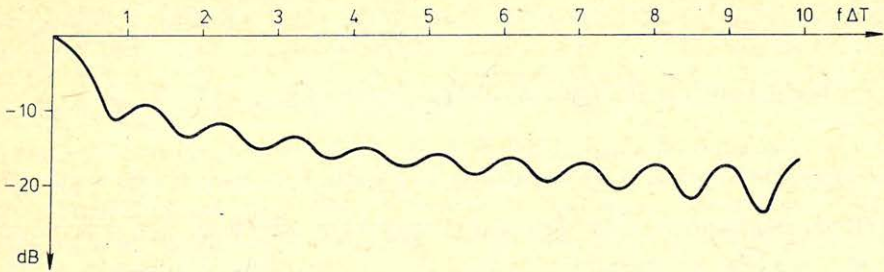
Fig. 7.2. The relative error of stacking surface multiples for signals with the indicated dominant frequencies. 24-fold coverage small offset (35 m)

szorzóval kiegészítve kapják meg a kívánt arányt. Valójában – ahogyan azt a 3–6. fejezetekben részletesen tárgyaltuk – a valódi reflexiók összege nagyon jelentősen különbözik az egyetlen valódi reflexió  $n$ -szeresétől. A jelek alakja, illetve beérkezési idői és amplitúdói is eltérők az egyes csatornákon. Ezek a tényezők a többszörösök csökkentésének hatásosságát is jelentősen kisebbé teszik.

A 7.4 ábrán a többszörös energia/valódi reflexió energiaarányával definiált, nem-lineáris modell alapján meghatározott hatásosság menete látható. A valóságot jobban közelítő modell a szakirodalomból ismert adatoknál jóval kisebb hatásosságra hívja fel a figyelmet.

#### 8. Több tényező hatását tartalmazó modellek

Célunk az előző fejezetekkel az volt, hogy előkészítsük a reális, összetett modellek felépítését. Nem minden hatás tárgyalható azonban olyan egyszerűen, mint a dinamikus korrekció miatt fellépő jel-alak változás vagy a statikus korrekció hibáinak, az amplitúdók közötti eltéréseknek a hatása. A nehezen kezelhető – de az összegzés hatásosságát szintén befolyásoló – tényezők közül még egyet említenünk kell, mielőtt az összetett modellek tárgyalására áttérünk. Ez a dinamikus korrekció alkalmazása után maradó hiba.



Habár R.

GEO 81/12-73

7.3. ábra. A felszíni többszörös csökkentésére jellemző átviteli függvény a lineáris modell alapján számítva. Független változó a frekvencia és a maximális maradék NMO szorzata

Рис. 7.3. Расчитанная на основании линейной модели переходная функция, характерная для снижения многократных волн от поверхности. Независимая переменная – произведение частоты и максимальной остаточной кинематической поправки

Fig. 7.3. The transfer functions, describing the relative attenuation of multiples as obtained from the linear model. The independent variable is the product of the frequency and the largest residual NMO

A tényleges rétegfelépítésnek megfelelő beérkezési idők és a korrekcióban feltételezett hiperbolikus menetidő között eltérés van. A sebességanalízis a korrekcióban alkalmazandó sebességet a semblance lokális maximumai, esetleg más hasonlósági kritériumok lokális maximumai alapján határozza meg. A hasonlósági kritériumot hiperbolikus menetidőgörbe közelítés alapján kiválogatott vagy rendezett adatokra alkalmazzuk. A megtalált maximumhelyeken emiatt természetesen a legnagyobb hasonlóságot biztosító hiperbolikus korrekciót alkalmazzuk. A korrekció sebességdimenziójú paraméterét nevezzük stacking sebességnek. Hangsúlyozni kell, bár talán nyilvánvaló, hogy a tényleges csatornák esetén a hasonlóság maximuma az összes eddig tárgyalt hatásokra érzékeny, emiatt nem feltétlenül adja meg a „helyes” sebességet. A „helyes” sebességet úgy értelmezzük, mint a valódi menetidőgörbe hiperbolikus közelítésének paraméterét. Az is eléggé kézenfekvő, hogy különböző hasonlósági kritériumok nem adnak feltétlenül azonos sebességet.

A korrekcióban alkalmazott, sebességdimenziójú paraméter meghatározásával most nem foglalkozunk. Csupán elvileg vizsgáljuk, hogy a valódi menetidő és hiperbolikus közelítése között milyen eltérés lehetséges. További egyszerűsítéseket is alkalmazunk. Eltekintünk a jelalaktól, rendezetlen zajtól stb., csak beérkezési időket hasonlíthatunk össze. Megjegyzendő, hogy ezt azért tesszük, mert átvezetne a sebességanalízis vizsgálatához.

A beérkezési idők a rétegfelépítésből adódnak. Ha vízszintes réteghatárokat tételezünk fel, melyek homogén rétegeket választanak el, a beérkezési idők a menetidőgörbe paraméteres alakjából egyszerű iterációs eljárással kaphatók. A teljesség kedvéért idézzük a megfelelő képleteket:

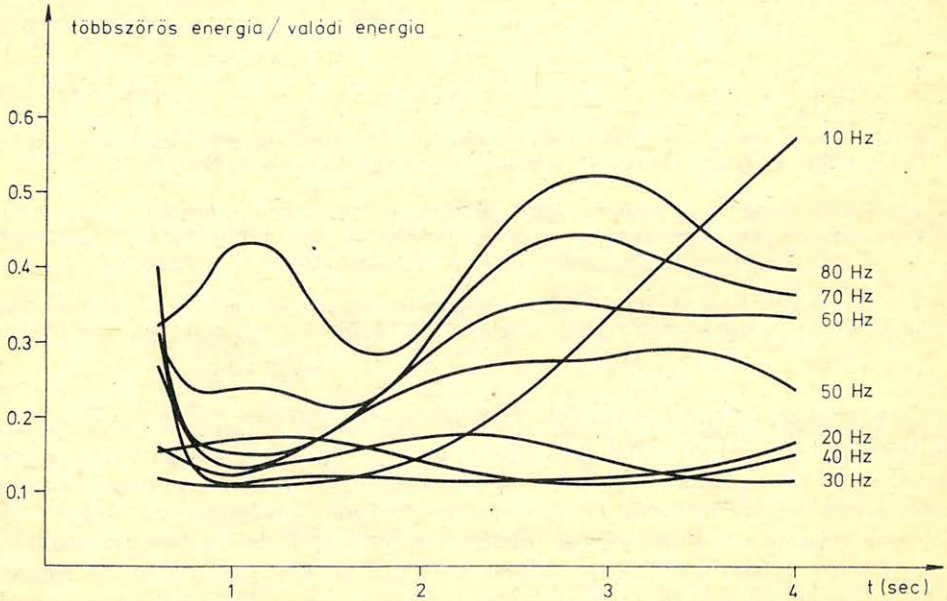
$$X = 2p \sum_{i=1}^m \frac{v_i h_i}{\sqrt{1 - (pv_i)^2}}, \quad (8)$$

$$T = 2 \sum_{i=1}^m \frac{h_i}{\sqrt{1 - (pv_i)^2}}, \quad (9)$$

ahol  $p$  a teljes befutott út mentén állandó paraméter

$$p = \frac{v_i}{\sin \alpha_i} = \frac{v_1}{\sin \alpha_1},$$

$h_i$  a rétegvastagságokat,  $v_i$  a terjedési sebességeket adja meg.



Habár R.

GEO 8/12-74

7.4. ábra. A felszíni többszörös csökkenése a pontosabb nem-lineáris modell alapján, a felvételi idő függvényében, különböző domináns frekvenciájú jelekre. Statikus korrekció szórása 2 ms, amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó 30%-a, 24-szeres fedés, kis offset (35 m)

Рис. 7.4. Рассчитанное на основании более точной нелинейной модели сокращение многократных волн от поверхности в зависимости от времени вступления. Разброс статической поправки 2 мсек, разброс амплитуд составляет 30% от средней амплитуды. 24-х кратное перекрытие, малое удаление от ПВ (35 м)

Fig. 7.4. The relative attenuation of the surface multiples computed from the non-linear model. The independent variable is the record time. The parameters indicated are the dominant frequencies. The standard deviation of the static correction error is 2 ms, the standard deviation of the amplitudes is 30 percent of the average amplitude

A menetidőket tetszőleges helyen számíthatjuk és a hiperbolikus közelítés jóságát, illetve az átlagnégyzetes értelemben legjobban illeszkedő görbe sebességdimenziójú paraméterét összevethetjük a modelltől levezethető átlagnégyzetes sebességgel.

Az átlagnégyzetes sebességgel számított hiperbola és tényleges réteg felépítésből adódó beérkezési idők között néhány msec eltérés van. Ezek a különb-



ségek megmaradnak a dinamikus korrekcióprogram alkalmazása után is. Az összegzendő csatornák között emiatt nemcsak statikus korrekció hibák, hanem rendszeres időtolások is vannak. Ezeket a statikus és dinamikus korrekciók javítása *nem* távolítja el. A járulékos időtolások különösen a nagy frekvenciás komponensek összegzését befolyásolják kedvezőtlenül.

Számos további hatást sem tudunk belefoglalni a modellekbe. Az összegzendő jelek alakja közötti eltéréseket növelik a közeli és távolabbi geofoncsoportok válaszfüggvényei közötti eltérések — különösen kis felvételi időknél. A felszíni többszörösökön kívül további koherens zajok is vannak stb. A dinamikus korrekció közelítő voltából adódó időkülönbségek és más hatások elhanyagolását azért kell emlitenünk, hogy világosan lássuk: a valóságnál még mindig kedvezőbb eredményeket adó modelleket építünk fel.

Az „összetett” modell a következő hatásokat tartalmazza:

1. Az összegjel torzulásából eredő zajok (nem-lineáris megnyúlás, maradékos statikus korrekciók hiba és az amplitúdók közötti maradék amplitúdókülönbségek hatása);

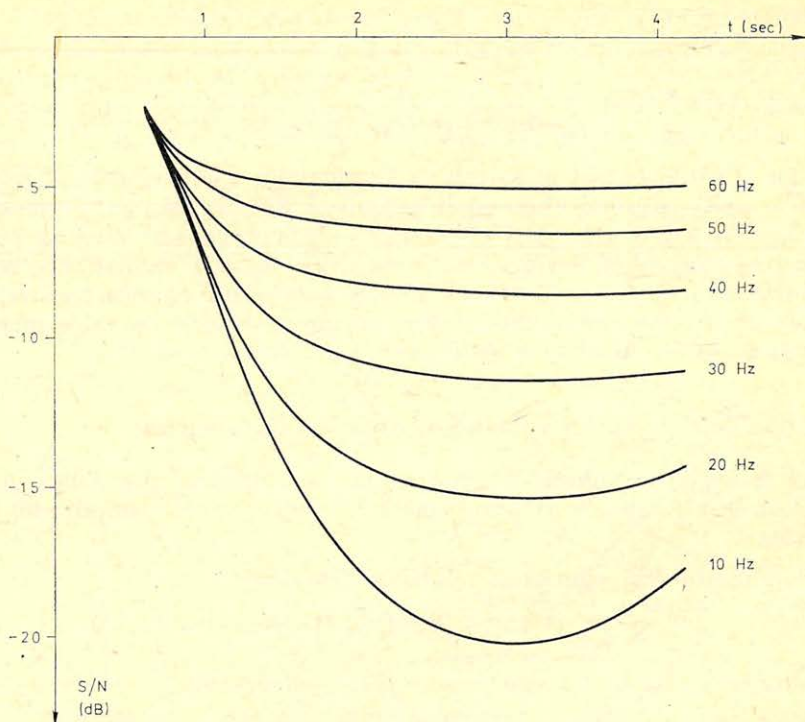
2. Rendezetlen zaj szintjének relatív növekedése;

3. Felszíni többszörös reflexiók (mint domináns koherens zaj).

Mindhárom tényező hatását energiájával jellemezzük. A leírás következménye, hogy a zajok értéke — kivéve a rendezetlen zajt — a vizsgálatban használt időablak hosszától is függ. A legkedvezőbb jel/zaj arányt a jel maximuma körüli viszonylag rövid időablak adja. A többszörös reflexiók szerepét jelentősen befolyásolja a kezdeti (összegzés előtti) többszörös reflexió — valódi reflexió energiaarány. Ezt  $0,5$ -nek választottuk.

A *8.1 ábra* azt az esetet mutatja néhány domináns frekvenciára, amikor a többszörös reflexiók elhanyagolhatók; a jel/zaj arányt csak az összegjel torzulásai, illetve — a nagyobb felvételi időknél — a rendezetlen zaj relatív súlyának növekedése alakítja ki. A *8.2 ábra* számításánál a felszíni többszörösöket is figyelembe vettük. Itt csak a szeizmikus vizsgálatokban lényeges  $20$  Hz,  $30$  Hz és  $40$  Hz csúcsfrekvenciájú jelekre vonatkozó görbéket ábrázoltuk. Mindkét ábra  $24$ -szeres fedésre és kis offsetre ( $35$  m) vonatkozó kimeneti jel/zaj arányt ad meg. Az ideálshoz közeli feldolgozást tételeztünk fel, mely hibátlan dinamikus korrekció mellett a statikus korrekciók szórását  $2$  ms-ra, az amplitúdók közötti eltérések szórását az átlagos amplitúdó  $10\%$ -ára csökkentette. Az időkapu hossza  $100$  ms volt.

Mindkét ábrát csak illusztratív példának tekinthetjük. A jel/zaj arány menetét számos tényező befolyásolja: a sebességfüggvény, a terítési elrendezés, a használt időkapu hossza, a ténylegesen fellépő többszörösök relatív amplitúdója, a rendezetlen zaj súlyának növekedési üteme stb. Ezeket a tényezőket adott kutatási területen becsülhetjük és így hatásokról pontosabb tájékoztatást kaphatunk. A pontosabb eredmények azonban aligha változtathatnak azon az alapvető felismerésen, hogy a jelenlegi mérési technika mellett még a legjobb feldolgozás és  $24$ -szeres fedés esetén sem várhatjuk, hogy a jel/zaj arány jelentősen nagyobb legyen  $6-10$  dB-nél és ezt is csak az alacsony frekvenciás tartományon, közelítőleg  $40$  Hz-ig remélhetjük.



Habár R

GEO 8/12-81

8.1. ábra. A kimeneti zaj/jel arány változása a felvételi idő függvényében. A zaj a jel torzulás és a rendezetlen zaj összege

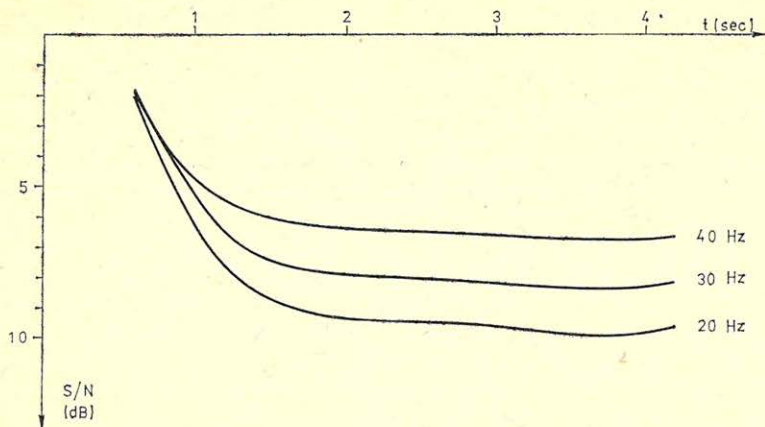
Рис. 8.1. Изменение отношения помеха/сигнал на выходе в зависимости от времени вступления. Шумом является сумма искажения сигнала и случайных помех

Fig. 8.1. The output noise-to-signal ratio as a function of record time. The noise component are the signal deterioration and random noise

## 9. Következtetések

A vizsgálatokból végleges következtetéseket még nem vonhatunk le. Ahogyan hangsúlyoztuk, az időszelvény egyetlen csatornája nem mérhető a teljes időszelvényre. A teljes időszelvény vizsgálata pedig csak közegmodell alapján alapulhat. A CRP sorozat és az időszelvény egyetlen csatornájának kapcsolatát felderítő vizsgálatok azonban nemcsak előkészítik a teljesebb modell kialakítását, de jelenlegi alakjukban is alkalmasak néhány következtetés levonására.

Célszerűnek látszik a mérések tervezése, előkészítése során a sebességfüggvényből levezethető megnyúlás „térképek”, várható jel/zaj arány görbék számítása. Az alkalmazni kívánt geofontávolság és offset segítségével megvizsgálhatjuk, hogy a kutatás céljaként kijelölt mélység-, illetve időintervallumokban nem kapunk-e túlságosan kicsiny jelenergiát, illetve jel/zaj arányt.



Habár R.

GEO 81/12-82

8.2. ábra. A kimeneti zaj/jel arány változása a felvételi idő függvényében. A zaj a jeltorzulás, rendezetlen zaj és a felszíni többszörös összege. Bemeneti többszörös energia valódi reflexió energia arány: 0,5

Рис. 8.2. Изменение отношения помеха/сигнал на выходе в зависимости от времени вступления. Шумом является сумма искажения сигнала, случайных помех и многократных волн от поверхности. Отношение на входе энергии многократных волн к энергии действительной отраженной волны: 0,5

Fig. 8.2. The output noise-to-signal ratio as a function of record time. The noise components are the signal deterioration random noise and surface multiples. The input energy ratio of the multiples and primaries is 0.5.

A feldolgozás, illetve fejlesztési munka számára a vizsgálatok még több tanulsággal szolgálnak.

Jelenleg a legtöbb művelet egy-egy részfeladatot ragad ki és ezt igyekszik többé-kevésbé optimálisan megoldani. Eközben szükségszerűen „elfelejtkeznek” további tényezőkről. A statikus korrekciók javítása lényegében idővel, az amplitúdókorrekció átlagos amplitúdókkal végez iterációs javításokat. A jelnek azonban nemcsak beérkezési ideje és átlagos amplitúdója van. Alakja is lényeges. A jelalak számos művelet, így a most vizsgált „alapművelet”, az összegcsatorna előállítására hatását is lényegesen befolyásolja. Voltaképpen olyan egyesített korrekció volna ideális, mely a teljes jelalakot szabadítaná meg a felszín, illetve a forrás és észlelés során megtett utak különbségei miatt ráakódott hatásoktól. Az összegzés előtt nemcsak a beérkezési időket, illetve átlagos amplitúdókat, hanem a jelek alakját is valamilyen referenciához kellene illeszteni.

A statikus korrekciók analízisének kiinduló művelete, az időtolások becslése keresztkorrelációval, ugyanúgy, mint a sebességspektrum számításában alkalmazott hasonlósági mértékek, a teljes időkapun belüli legnagyobb hasonlóságra érzékeny. Ez szerencsés abból a szempontból, hogy a zajok, jelalak közötti különbségek együttes hatását érzi és ezzel végső soron a jó összegződést készíti elő. Másrészt tévednénk, ha azt gondolnánk, hogy a levezetett időtolások, illetve a hiperbola (esetleg közelítő parabola) illesztéséből kapott sebességdimenziójú paraméterek mindig pontosan megegyeznek a jelek közötti időtolásokkal vagy sebességekkel.

A teljes időszelvénymodell vizsgálata még inkább megerősítheti azt a következtetést, hogy lényeges javulás az előzetes analízisek kiterjesztésétől és összevont korrekciós eljárásoktól várható.

A szeizmikus értelmezés – eltekintve az utóbbi néhány év törekvéseitől – a reflektáló felületek és törésvonalak kijelölésére szorítkozott. A szeizmika sikerrel derítette fel a szerkezettel kapcsolatos tárolókat. Erre a célra a jelenleg is alkalmazott mérési elrendezések és feldolgozási műveletek teljes mértékben alkalmasak. Az utóbbi években azonban lényegessé vált a nem-szerkezeti tárolók kutatása. Ha a szeizmikát alkalmassá kívánjuk tenni sztratigráfiai csapdák felismerésére, az értelmezésben nem elégedhetünk meg a mélységadatokkal. A közettípust, a homok-agyag-karbonátok arányát, a porozitást és permeabilitást, a tároló kiterjedését, szénhidrogéntelítettséget, a nyomásviszonyokat is meg kívánjuk határozni. Ez azonban csak akkor képzelhető el, ha mind a mérések során, mind a feldolgozásban a jelenleginél pontosabb eredményeket adó módszereket alkalmazunk. A felvevők számának növelése, az időbeli és térbeli mintavételi távolság csökkentése nyilvánvalóan szükséges feltételei annak, hogy a jel/zaj arányt növeljük és a jobb felbontás érdekében a nagyobb frekvenciák tartományát is felhasználhassuk. Ez adhat alapot az intervallumsebességek, az amplitúdóváltozások, a frekvenciafüggő abszorbeió és más szeizmikus paraméterek olyan pontosságú meghatározásához, melyekből a siker reményében következtethetünk a felsorolt, tárolóra jellemző paraméterekre. A feldolgozásban pedig – a megszokott műveletek javítása mellett – szükségessé lesznek az új paramétereket szolgáltató műveletek is.

A számítógépek kapacitásának növekedése azt a reményt ébreszti, hogy az új megközelítések is realizálhatók. Többek között ezek szükségességére kívántunk rámutatni a felsorolt vizsgálatokkal.

### *Köszönetnyilvánítás*

A bemutatott számítások jelentős gépidőt igényeltek. Köszönetemet fejezem ki az OKGT Geofizikai Kutató Vállalat vezetőségének, mely 1979 folyamán bérelt géptideje egy részét a számítások elvégzésére rendelkezésemre bocsátotta.

### IRODALOM

- Anstey, N. A.*, 1970: Signal Characteristics and Instrument Specifications. Geoexploration Monographs, Series 1 – No. 3., Vol. 1. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Anstey, N. A.*, 1977: Seismic Interpretation: The Physical Aspects IHRDC, Boston, US
- Buchhóltz, H.*, 1972: A note on signal distortion due to dynamic (NMO) corrections. Geophys. Prospect., Vol. 20, 395 – 402.
- Clark, S. P.* (szerkesztő), 1966: Handbook of Physical Constants. The Geological Soc. of America Memoir 97.
- Dobrin, M. B.*, 1976: Introduction to Geophysical Prospecting (Third Edition). McGraw Hill Book Co., New York.
- Dunkin, J. W. and F, K. Levin*, 1973: Effect of normal moveout on a seismic pulse. Geophysics, Vol. 38, 635 – 642
- Koehler, F. and T. M. Taner*, 1969: Velocity spectra – digital computer derivation and applications of velocity functions. Geophysics, Vol. 34., 859 – 881
- Makáry E. és Véges I.*, 1977: Felszíni hatások korrekciója a szeizmikus adatok valódi amplitúdójú feldolgozásában (Kutatási jelentés). OKGT GKV Adattára.
- Mayne, W. H.*, 1962: Common reflection point horizontal data stacking techniques. Geophysics, Vol. 27., 927 – 938

- Mayne, W. H.*, 1967: Practical considerations in the use of common reflection point techniques. *Geophysics*, Vol. 32., 225 – 229
- Meskó A.*, 1977: Szeizmikus módszertani kísérleti felvételek kiértékelése (Kutatási jelentés). ELGI Adattára.
- Meskó A.*, 1977: Szeizmika I. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó.
- Newman, P.*, 1973: Divergence effects in a layered earth *Geophysics*, Vol. 38., 481 – 488
- Neidell, N. S., and T. M. Taner*, 1971: Semblance and other coherency measures for multichannel data *Geophysics*, Vol. 36., 482 – 497
- Robinson, J. C.*, 1970: Statistically optimal stacking of seismic data. *Geophysics*, Vol. 35., 436 – 446
- Ricker, N.*, 1977: *Transient Waves in Visco-Elastic Media* Elsevier, Amsterdam.
- Sághy Gy. and A. Zelei*, 1975: Advanced method for selfadaptive estimation of residual static correction *Geophysical Prospect.*, Vol. 23., 259 – 274
- Sheriff, R. E.*, 1968: Glossary of terms used in geophysical exploration. *Geophysics*, Vol. 33., 181 – 227.
- Simpson, S. M. Jr.*, 1955: Similarity of output traces as a seismic operator criterion. *Geophysics*, Vol. 20., 254 – 269
- Simpson, S. M. Jr.*, 1967: Traveling signal-to-noise ratio and signal power estimates. *Geophysics*, Vol. 32., 485 – 493
- Taner, T. M., E. E. Cook, and N. S. Neidell*, 1970: Limitations of the reflection seismic method – lessons from computer simulations. *Geophysics*, Vol. 35., 551 – 573
- Telford, W. M., L. P. Geldart, R. E. Sheriff and D. A. Keys*, 1976: *Applied Geophysics*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Waters, K. H.*, 1978: *Reflection Seismology*. John Wiley, New York.
- White, R. E.*, 1977: The performance of optimum stacking filters in suppressing uncorrelated noise *Geophysical Prospect.*, Vol. 25., 165 – 178
- Zelei A. and G. Sághy*, 1980: Residual static corrections – Iterative solution analysis. *Geophysical Prospect.*, Vol. 28., 175 – 184

# Szeizmikus szelvények sztratigráfiai értelmezése kelet-magyarországi neogén-quarter depressziók példáján\*

K É S M Á R K Y I. – P O G Á C S Á S G Y. – S Z A N Y I B. \*\*

*A magas fedésszámú, nagy felbontóképességű szeizmikus eljárások alkalmazásával lehetőség nyílik a reflexiók kép finomszerkezetének vizsgálatára, szeizmikus fáciések elkülönítésére. A szeizmikus fáciéseket jellemző paraméterek és paramétereloszlások vizsgálatával a litológiai felépítésre, rétegviszonyokra, porózításra, túlnyomásra stb. vonatkozó információkhoz jutunk, emellett mód nyílik a földtörténeti eseménysor elemeire, ösföldrajzi viszonyok, üledékszállítás és felhalmozódás, transzgresszió, regresszió stb. vonatkozó következtetések levonására is. Végző soron különböző szeizmikus paraméterek felhasználásával a szerkezeti csapdák mellett más típusú, litológiai, sztratigráfiai, tektonikai stb. tárolók is felderíthetők vélnak.*

*Dolgozatunkban ismertetjük a szeizmikus sztratigráfiai értelmezés menetét és két kelet-magyarországi depresszió példáján beszámolunk a közvetett (indirekt) interpretációs eljárás alkalmazásával kapott eredményekről.*

*Применение сейсмических систем с многократным перекрытием и современных методов обработки данных позволяет изучать тонкие детали волновой картины и проводить стратиграфическое расчленение разрезов. При анализе характерных сейсмических параметров и их распределения получается полезная информация о литологии, стратиграфии, пористости, зонах с передавлением и т. д. Кроме этого можно делать выводы даже об элементах истории развития Земли (палеогеографические условия, перенос отложений, трансгрессия, регрессия и т. п. для изучаемого района.*

*В работе обсуждаются возможности стратиграфической интерпретации сейсмических данных в условиях Паннонского бассейна. Приводятся примеры использования косвенного метода интерпретации в двух разведочных районах Восточной Венгрии.*

*Multifold seismic profiling and modern data processing permits to carry out the analysis of fine structures and seismic stratigraphic interpretation. By the analysis of characteristic seismic parameters and their distribution inclusion data can be obtained about the lithology, stratigraphy, porosity, overpressure zones etc. Moreover, conclusions can be drawn about the geological history, (paleogeographical conditions, sediment transport, transgression, regression etc.) of the exploration area.*

*The paper discusses the possibilities of the stratigraphic interpretation of seismic data in the Pannonian Basin. Examples are shown from two exploration areas in Eastern Hungary where indirect interpretation approach was used.*

## Bevezetés

A szeizmikus szelvénykép finomszerkezetének vizsgálata hasznos információt nyújthat a földtani felépítésre jellemző fizikai paramétereloszlásról és ily módon hozzájárulhat a földtörténeti eseménysor rekonstruálásához. A szeizmikus reflexiók részletező vizsgálatára két fontosabb módszer ismeretes:

1. CH földtani szempontból fontos paraméterek meghatározása.

Ide tartozik a „valódi” amplitúdók, a frekvenciavizsgálatok és az intervallumsebességek alapján történő akusztikus impedancia, porozitás, túlnyomás és fluidumtartalom becslés (direkt CH-kutatás).

\* Elhangzott a Magyar Geofizikusok Egyesülete Felszíni Geofizikai Szakosztályának 1981. jún. 18-i előadójelentésén.

\*\* Geofizikai Kutató Vállalat. Budapest 1068 Gorkij fasor 42.

## 2. Sztratigráfiai értelmezés

Ezalatt a rétegtani felépítés vizsgálatát az ősföldrajzi és üledékképződési folyamatok rekonstrukcióját értjük, felhasználva a szeizmikus hullámtér jellegzetességeit.

Dolgozatunkban ez utóbbi eljárással foglalkozunk és megkíséreljük a *Sangree* és munkatársai által kidolgozott kiértékelési rendszer (*Sangree – Widmier, 1977*) alkalmazását a kelet-magyarországi neogén-quarter mélydepressziók üledékeire. Az eljárás rövid ismertetése után két konkrét példát is bemutatunk.

### *A sztratigráfiai kiértékelés elvi alapjai*

Az üledékképződés meghatározott ősföldrajzi, fizikai környezetben történik. Az eltérő üledékképződési viszonyok között lerakódó üledékek „*szeizmikus struktúrája*” is eltérő. A „*strukturális*” különbségek különböző reflexiós alakzatokat eredményeznek az időszelvényeken.

A szeizmikus reflexiók erőssége, a reflexiós horizontok (fázistengelyek) formája, követhetősége, kapcsolódási módja és egymáshoz viszonyított helyzete alapján elkülöníthetők és azonosíthatók az egyes üledékes rétegcsoportokat reprezentáló szeizmikus fáciesek. A reflexiós kép vizsgálatával tisztázhatók a különböző szeizmikus fácieseket létrehozó üledékképződési viszonyok és valószínűsíthetők a litológiai kifejlődések (*litofáciesek*). Az egymásra települő fáciesek sorozatát vizsgálva a földtani múlt eseménysorozatára, az ősföldrajzi viszonyokra, az üledékfelhalmozódás alakulására és a kutatási terület tektonikai fejlődésmenetére is következtetni lehet.

Végző soron a reflexiós szeizmikus profilok sztratigráfiai kiértékelése közvetett módszert kínál a szerkezeti csapdák mellett más típusú, litológiai és rétegtani változásokhoz kapcsolódó tárolók kutatásához.

### *A sztratigráfiai kiértékelés és értelmezés menete*

Először lépés a szeizmikus szelvényeken megjelenő és egymástól különböző reflexiós struktúrák, reflexiótartományok felismerése és elhatárolása. Az azonosítást és szétválasztást először az egyes profilokon (két dimenzióban), majd a teljes szeizmikus hálózaton (három dimenzióban) elvégezzük. A szeizmikus fáciesek határai *nem esnek* szükségszerűen reflexiós fázistengelyekre (5. ábra D<sub>2</sub> szeizmikus fáciese). Második lépésben az elkülönített reflexiótartományok (szeizmikus fáciesek) reflexióit vesszük részletes vizsgálat alá. Az elkülönítés alapját képező reflexió jellemzők (amplitúdó, reflexiókontinuitás és reflexiós konfigurációk) mellett a következő részleteket figyeljük meg:

- a szétválasztott tartományok elhatárolási módja,
- az egyes szekvenciákhoz tartozó reflexiók szekvencia határokon történő viselkedése (kiékelődés, ráékelődés, rálapolódás, szétválás, erózióhoz vagy üledékhíatushoz kapcsolható elvégződés) a struktúraváltozások jellege (konformitás és diszkordancia),
- a szeizmikus képet meghatározó reflexiók fázistengelyeinek (és három dimenzióban az ezeknek megfelelő reflektáló felületek) alakja, görbülete, dőlésszöge, párhuzamossága, divergenciája,
- a szeizmikus fácies egység külső (térbeli) formája (lemez, tábla, ék, depresszió kitérés).

Harmadik lépésben az összes vizsgált reflexió jellemző komplex értelmezésével azonosíthatjuk az elkülöníthető szeizmikus fáciesként leképeződő üledékes struktúrákat. Felvázoljuk az üledékképződési viszonyokat és a várható litofácieseket. Ennek során, különösen addig, amíg nem rendelkezünk kellő számú magyarországi szeizmikus sztratigráfiai „*etalonnal*” a szakirodalomban közzétett összefoglaló táblázatokra (pl. *Seismic Characteristics and Environmental Facies Interpretation Sangree, Widmier 1978*) támaszkodhatunk.

### Alkalmazási példák

Vizsgálatainkat Délkelet-Magyarország két – mélyfúrásokkal még jórészt feltáratlan – nagy mélységű, 6–7 km vastag neogén-quarter üledékekkel kitöltött depresszióban bemért profilokon végeztük (1. ábra). Mindkét depressziót CH-kutató szeizmikus mérésekkel mutatták ki a hatvanas (*Makói árok*), ill. a hetvenes években (*Derecskei mélyzóna*).



1. ábra. Kelet-Magyarország térképvázlata a 2–5. ábrákon szereplő szeizmikus profilok helyszínrajzával

Рис. 1. Схематическая карта Восточной Венгрии с планом сейсмических профилей, представленных на рисунках 2–5.

Fig. 1. Map of Eastern Hungary with location of seismic lines on Figures 2–5.

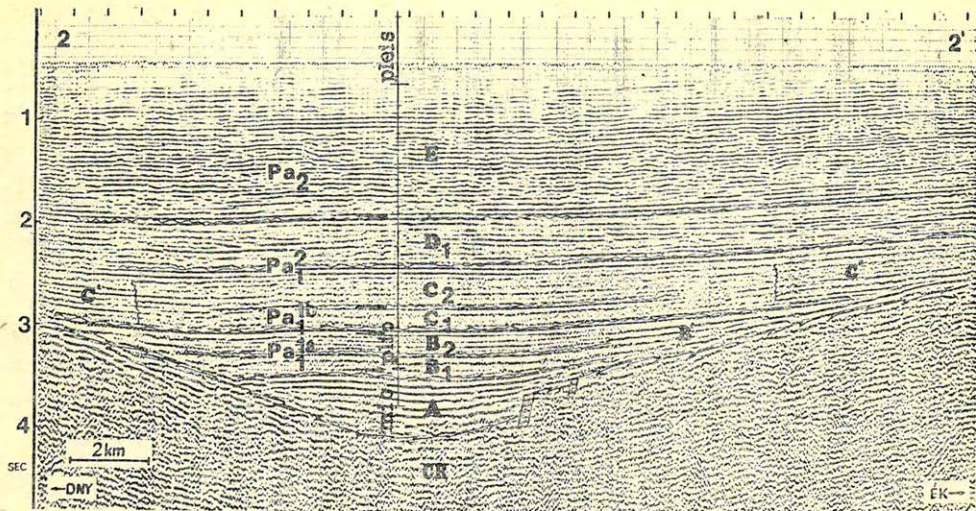
A depressziókban, de nem azok ultramély zónájában csupán egy-egy, a további kutatásokhoz nélkülözhetetlen földtani-geofizikai alapadatokat biztosító fúrás mélyült. A depressziókban elkülönített szeizmikus fácieseket két-két egymásra közel merőleges (a Makói árokban az árok legmélyebb centrális, a Derecskei depresszióban pedig annak középmező délnyugati részén bemért) szeizmikus profilon mutatjuk be. A profilokat 12– és 24 × -es fedéssel, az árok tengelyével közel párhuzamosan (3., 5. ábra), ill. arra merőlegesen (2., 4. ábra) mérték be.

A következőkben a két vizsgált terület szeizmikus fácieseit ismertetjük. Az egymásnak megfelelő szeizmikus fácieseket nagybetűkkel jelöltük. Az alfácieseket 1, 2 indexszel (pl. B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>), a „szeizmikus heterotopikus fácieseket” pedig A' B' C' jelöléssel különítettük el.

### Szeizmikus sztratigráfiai egységek

Mindkét területen a medencealjzat kaotikus reflexió konfigurációkkal jelentkezik az időszelvényeken (CR-sorozat). A CR (crystalline) összletben is jelentkező reflexiók beérkezésre emlékeztető szeizmikus horizontok (pl. 3. ábra jobb oldali felén) valószínűleg a medencealjzat belsejében húzódó (tektonikai?) határfelületek menti akusztikus impedanciaugrás kapcsán. E horizontok tektonikai





Geo 81/9-2

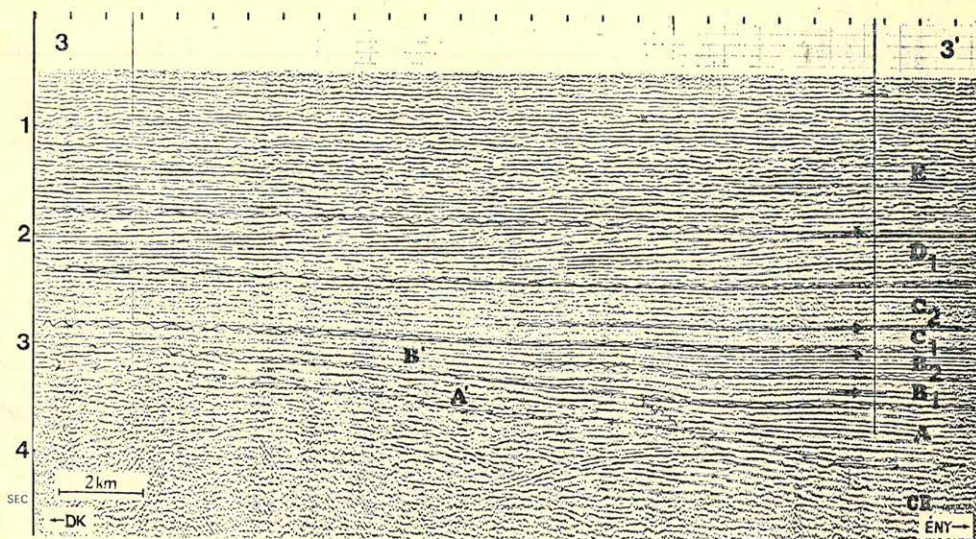
2. ábra. A Makói árkot harántoló szeizmikus szelvény. Jelmagyarázat: CR-kristályos képződményekből álló medencealjzat, A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, E szeizmikus sztratigráfiai egységek (szeizmikus fáciesek) B', C' laterális fáciesváltozatok, Pa<sub>1</sub><sup>a</sup>, Pa<sub>1</sub><sup>b</sup>, Pa<sub>1</sub><sup>c</sup>, Pa<sub>2</sub> litológiai trendelemzés alapján elkülöníthető üledékképződési egységek (Szalay Á. – Szentgyörgyi K. 1979 szerint). Az egyes egységeket a szelvény közelében mélyült Hód-I mélyfúrás tengelye mentén nyilak választják el. A Hód-I fúrásban határolt képződmények korbeosztását (mio-miocén, plio-pliocén, pleis-pleisztocén + holocén) is feltüntettük ezen az ábrán.

Рис. 2. Сейсмический разрез через Макоийский грабен. Означения CR – кристаллический фундамент бассейна, A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, E – сейсмические стратиграфические единицы (сейсмические фации); B', C' – латеральные фациальные изменения; Pa<sub>1</sub><sup>a</sup>, Pa<sub>1</sub><sup>b</sup>, Pa<sub>1</sub><sup>c</sup>, Pa<sub>2</sub> – периоды осадкообразования, выделяемые по литологическому анализу тренда (по А. Салаи и К. Сентгьорги, 1979). Периоды разделены стрелками по оси скважины Ход-1, которая была пробурена вблизи профиля. На рисунке отмечен и возраст, пробуренных скважиной образований (мио-миоцен, плио-плиоцен, плеис-плейстоцен + голоцен).

Fig. 2. Seismic profile along dip direction in the Makó trench. Legend: CR-cristalline basement. A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, E – seismic stratigraphic units (seismic facies units). B', C' – lateral facies changes. Pa<sub>1</sub><sup>a</sup>, Pa<sub>1</sub><sup>b</sup>, Pa<sub>1</sub><sup>c</sup>, Pa<sub>2</sub> sedimentation units according to lithological trend analysis (Szalay Á. – Szentgyörgyi K., 1979). Units are separated by arrows along the axis of deep borehole Hód-I. The figure also illustrates chronostratigraphic along the borehole (Mio-Miocene, Plio-Pliocene, Pleis-Plaiistocene + Holocene).

(és CH-földtani) szempontból igen fontosak, de előfordulási zónáik külön szeizmikus (al)fáciesként általában nem különíthetők el. A CR-sorozatot erősen átalakult, több 100 millió éves (paleozoós, prekambriumí (?)) kristályos képződmények alkotják.

A kristályos képződményekre eróziós diszkordanciával a középső miocénben (kárpáti) kezdődő neogén üledékciklus képződményei települnek. Az üledékes összlet kezdőtagját a Makói árok legmélyebb zónáját kitöltő enyhén hullámzó, párhuzamos reflexiókkal jellemezhető összlet képviseli (A). Alsó határát nem minden szelvényen jelzi határozott, nagy amplitúdóval jelentkező reflektáló felület. A szelvények reflexiók képe alapján feltételezhető, hogy a (metamorfizá-



Geo81/9-3

3. ábra. A Makói árok hossztengegyével közel párhuzamos szeizmikus szelvény. Az egyes jelölések azonosak a 2. ábrán alkalmazott jelekkel. Jól látható, hogy az árok hossztengegyével párhuzamos szelvény dőlésirányban metszi a ferde reflexiókkal jelentkező  $D_1$  összletet.

Рис. 3. Сейсмический профиль, приблизительно параллельный продольной оси Мако́йского грабена. Обозначения на рисунке соответствуют обозначениям рисунка 2. Хорошо видно, что профиль параллельный продольной оси грабена по падению пересекает толщу  $D_1$ , характеризующуюся наклонными отражениями.

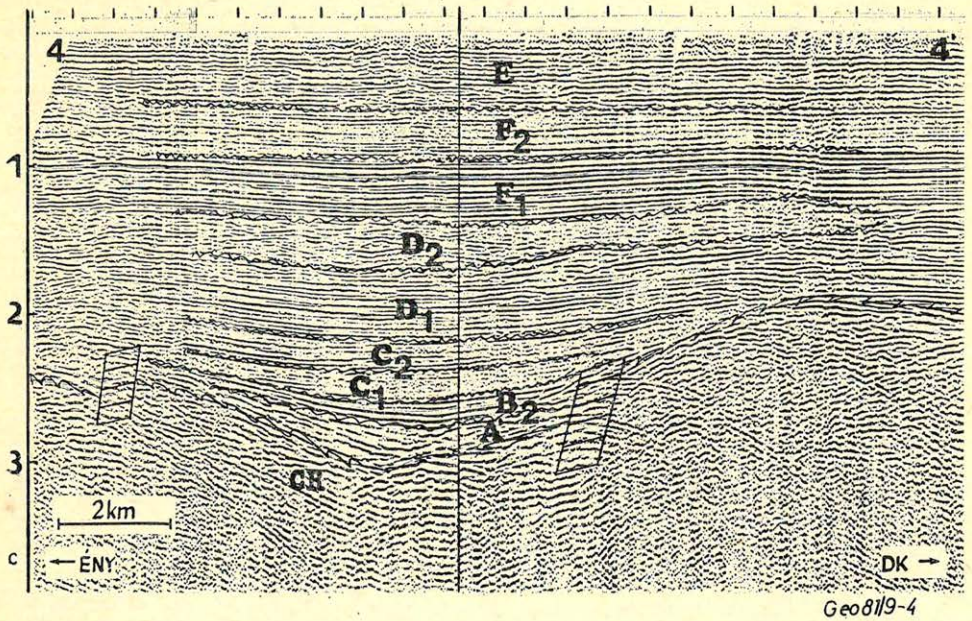
Fig. 3. Seismic profile along nearly strike direction in the Makó trench. Symbols are the same as in Fig. 2. It is readily seen that stratigraphic unit  $D_1$  is intersected along dip direction.

lódott) medencealjzatra a neogén transzgressziót megelőzően összecementált (autigén breccsához hasonló) törmelék települt. Akusztikus impedanciája megközelíti a medencealjzatét. Az (A) szeizmikus fácies képe alapján nyugodt, alacsony energiaszinttel jellemezhető környezetben lerakódó pelites képződmények valószínűsíthetők.

A Derecskei mélyzónában bemért szelvényeken (4., 5. ábra) a legalsó (üledékes) szeizmikus fácieshez ( $A'$ ) tartozó reflexiók kontinuitása gyenge, változó amplitúdó, a párhuzamosság szinte teljes hiánya és nagy dőlésszögek jellemzik őket. Az egyes reflexiók szintek a medencealjzat két oldalán, annak emelkedő szárnyaira rálapolódva ékelődnek ki. A medencealjzat töréses szerkezetére csupán a mélyzónák legmélyebb részén fellépő reflexiók kép utal. A 4. és 5. ábrán látható szelvények alapján elkülönített ( $A'$  jelű) összlet a Derecskei mélyzóna és a Makói árok centrális részén megtalálható medencebelseji fáciesű miocén összlet partközeli heteropikus fácieseként értelmezhető.

A Makói árokban az (A) jelű fáciesre ( $B_1$ ) alfácies közbeiktatódásával, Derecskei árokban pedig közvetlenül települ a ( $B_2$ ) alfácies.

A közbetelepült ( $B_1$ ) alfáciest vékony, zsindeyszerűen egymásra rakódó, kis amplitúdójú, gyenge kontinuitású reflexiók jellemzik. Valószínűleg a miocén-



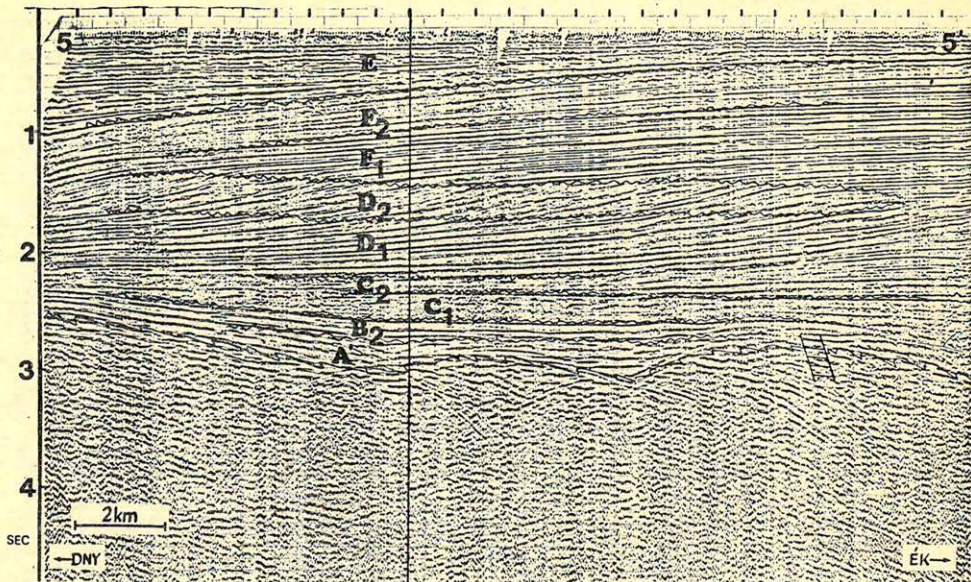
4. ábra. Harántirányú szeizmikus szelvény a Derecskei árok délnyugati emelkedő részén. Ábrajelölések azonosak a 2. ábra jelöléseivel.

Рис. 4. Поперечный профиль на юго-западной восходящей части Деречковского грабена. Обозначения на рисунке соответствуют обозначениям рисунка 2.

Fig. 4. Seismic profile along broadside in the SW part of the Derecske depression. Symbols are the same as in Fig. 2.

pannon határon elsekélyesedő (de feltehetőleg mindvégig vízzel borított) üledékgyűjtőben felhalmozódott képződmények képviselik. A ( $B_2$ ) fáciesnél kevésbé hullámos, erős kontinuitású, viszonylag nagy és egyenletes amplitúdóval jelentkező, egymáshoz igen hasonló párhuzamos reflexiók alkotják. A reflexiók a medence lejtőkön (annak elérése előtt) jórészt megszűnnek, az azt elérők arra rálapolódnak. A paleo medence szegélyén a medencebelseji kifejlődésű képződményeket reprezentáló ( $B$ ) fácies átadja helyét a medenceperemi vele heterotipikus ( $B'$ ) fáciesnek.

A derecskei területen (4. ábra) e fácies reflexiói, laterálisan heterotropikus fácies fellépte nélkül az árok két oldalát alkotó törészónákra lapolódnak rá. A ( $B$ ) fácies mindkét területen a depressziók viszonylag szűk belső mélyzónájára korlátozódó képződményeket képvisel. Hosszan követhető, határozott párhuzamos reflexiókból álló reflexiók képe alacsony energiaszinteken, nyugodt körülmények közt végbemenő üledékképződésre utal, melynek során viszonylag nagy laterális elterjedésű rétegcsoportok rakódtak le. A ( $B_2$ ) szeizmikus fácieset valószínűleg agyag, agyagmárga és márga túlsúlya jellemzi. Benne kisebb (a szeizmikus hullámhossz felbontóképességénél kisebb) vastagságú homok, homokkő közbetelepülések is előfordulhatnak. A  $B$  fáciesegységre éles határral és tőle markánsan különböző reflexiók képpel települ a kétosztatú ( $C_1$ ,  $C_2$ ) fácies. A ( $C$ ) fácies felső határát a *Makói árok* centrális részén hosszan követhető, erős



Geo 819-5

5. ábra. Hosszirányú szeizmikus szelvény a derecskei árok délnyugati emelkedő részén. Ábrajelölések azonosak a 2. ábra jelöléseivel. A  $D_2$  fácies határai nem esnek reflexiós horizontokra.

Рис. 5. Продольный сейсмический профиль в юго-западной части Деречковского грабена. Обозначения на рисунке соответствуют обозначениям рисунка 2. Границы фации  $D_2$  н. совпадают с отражающими горизонтами.

Fig. 5. Seismic profile lengthwise in the SW part of the Derecske depression. Symbols are the same as in Fig. 2. Boundaries of facies unit  $D_2$  are not parallel with the seismic reflection horizons.

reflexió képviseli. A 4. és 5. ábrán látható (a Derecskei árokban bemért) profilon a  $C$  fácies felső részét alkotó reflexiók balról jobbra, fokozatosan megváltoztatva dőlésszögüket, a  $D$  fáciesben is folytatódnak. (A  $C_2$  és  $D_1$  fácies határa a derecskei árokban nem esik egybe reflexiós fázistengellyel.) A  $C$  faciést az összes szelvényen felismerhető, hosszan követhető, közepes amplitúdóval jelentkező, közel szintes reflexió két részre osztja. Az alsó ( $C_1$ ) alfácies reflexiói a medenceperemi lejtőkre rálapolódva ékelődnek ki.

A ( $C_2$ ) fácies a *Makói árok* centrális részét szegélyező hátságok felett is folytatódik. A ( $C_1, C_2$ ) alfáciesek reflexiói képe mindkét területen rendkívül hasonló egymáshoz. Hosszan követhető, nagy amplitúdójú reflexiókat – az alfácieseket elválasztó reflexiókótegeket kivéve – nem tartalmaz. A szeizmikus kép (az előző fáciesektől erősen különböző) magas energiaszinten, szeszélyes, változó körülmények között, viszonylag kiegyenlített térszínen lezajló üledékképződésre utal. A szeizmikus kép – alátámasztva Szalay–Szentgyörgyi (1979) mélyfúrásokra alapozott interpretációját – sekélyvízi környezetre, változó erősségű áramlások által szállított és lerakott, uralkodóan homokos, törmelékes jellegű képződményekre utal. A  $C$  faciésegség az ismertetett formában csak a depressziók belső területein mutatható ki. A depressziók szegélyén a mélyzónákat elválasztó hátságok felett ez a fácies közepes amplitúdóval, változó kontinuitással jelent-

kező, párhuzamos reflexiókból álló kiegyenlítettebb (feltehetően pelitesebb) fáciesbe vált át ( $C'$  fácies).

A  $C$  faciést határozottan két részre osztó reflexiós horizont valószínűleg az általános alsó pannon transzgresszió kezdetéhez kapcsolódik.

A *derecskei* profilokon a  $B$  és  $C$  fácieseket érintő – valószínűleg e fáciesegységek lerakódásával szingenetikus – törések mentén történő besüllyedés figyelhető meg.

A reflexiós kép alapján könnyen elválasztható  $D$  fácies két alfáciesre osztható ( $D_1, D_2$ ). A  $D_1$  fáciesre (a Makói árokban csak ez van meg) a *Derecskei árokban* viszonylag vékony, kis és változó amplitúdójú, gyenge kontinuitású, ferde reflexiókból álló, balról jobbra ékszerűen elvégződő fáciesegység települ ( $D_2$ ).

A  $D_1$  alfáciést a depressziók tengelyével közel párhuzamos szelvényeken erősen változó amplitúdójú és kontinuitású, meredeken ( $5-10^\circ$ ) dőlő, ferde, vagy hajlított reflexiók képviselik. A csapásirányú (az árkok hossz tengelyére merőleges) szelvények kvázi párhuzamos reflexióinak amplitúdója és kontinuitása kisebb, mint a merőleges profilokén. A  $D_1$  fácies általános elterjedésű (a mély depressziókat elválasztó hátságok felett is megvan).

A derecskei szelvényeken a  $D$  fáciesre a kétosztatú  $F_1$  és  $F_2$  (a Makói árokban hiányzó) fáciesegység települ. Az  $F_1$  alfáciést hosszan követhető, viszonylag nagy és változó amplitúdójú, erős és változó kontinuitású, párhuzamos, ferdén dőlő (de egyenes) reflexiós struktúra képviseli. E fáciesegység  $\bar{E}K$ -ről  $DN\gamma$  felé fokozatosan elvégződő éket formál. Az  $F_2$  faciést alkotó reflexiók dőlésszöge és megjelenési módja az  $F_1$ -et alkotókhoz hasonló, azzal párhuzamos. A reflexiók amplitúdója és kontinuitása viszont sokkal alacsonyabb. Az  $F_1, F_2$  fáciesek a dőlésirányú profilokon sem egymástól, sem az alattuk ( $D_2$ ), illetve felettük elhelyezkedő ( $E$ ) fáciesektől nem egyetlen határozott reflexiós horizonttal határolódnak el. Az 5. ábrán a  $D$  és  $F$  fácies határát a reflexiók töréspontjait összekötve vontuk meg. E vonal felett ( $F_1$  fácies) nyugodt rétegzettségű üledékekre, alatta pedig zavart településű, törmelékesebb összletre ( $D_2$ ) számíthatunk.

A  $D-F_1$  határ  $DN\gamma$  felé lassan emelkedik, ez relatív vízszint emelkedést jelezhet. Az 5. ábra jobb oldalán kivastagodó  $F$  összlet párhuzamos, ferde reflexiói valószínűleg a paleolejtő felszínével párhuzamosan folyó üledéklerakódást reprezentálnak. Az  $F_2$  összlet kisebb vízmélységben rakódott le, mint az  $F_1$  fácies. A  $D$  és  $F$  fáciesek területrészenként eltérő jellegzetességei az alsó pannon transzgressziót követő regressziós feltöltődés menetéről szolgáltatnak információkat.

Az Alföldön bemért reflexiós profilok arra utalnak, hogy a feltöltődés északról dél felé haladt. A paleomorfológia a feltöltődés előrehaladását kis mértékben módosíthatta. Mindkét depresszióban a  $D_1$  összlet dőlésiránya párhuzamos az árok hossz tengelyével.

A neogén-quarter összlet zárótagját mindkét területen nagy amplitúdójú, változó kontinuitású, párhuzamos, vízszintes reflexiókból álló szeizmikus fácies képviseli ( $E$ ). E fáciesegység a makói területen vastag vízszintes lemezt, a derecskei területen az  $F_2$  fácies jobbról balra lejtő ferde felszínén kiemelkedő éket képez. E faciessel sekély vízben lerakódó fluvio-lakusztikus képződmények – lencses kifejlődésű homok, homokkő, agyag, agyagmárga rétegek – azonosíthatók.

### Ősföldrajzi, fejlődéstörténeti interpretáció

Az egymásra települő szeizmikus faciessorok alapján az ősföldrajzi, fejlődéstörténeti eseménysor főbb szakaszai a következők:

A mélydepressziók alján a felső miocénben feltöltődéses jellegű üledékképződés kezdődött, amely átnyúlt az alsó pannonba is (*A*, *B* fáciesek). (A mélyzónák centrumát metsző szeizmikus szelvényeken sem eróziós diszkordanciára, sem üledékhányra utaló hiátus nem található a miocén-pannon határon.)

Az alsópannon fokozatosan előretörő, először a paleomorfológiai depressziókat, majd a mélyzónákat elválasztó hátságokat is birtokba vevő transzgresszió jellemezte ( $C_1$ ,  $C_2$  fáciesek).

Az alsópannon transzgressziós képződményekre északról dél felé haladó feltöltődést képviselő regressziós képződmények települnek (*D*, *F* fáciesek).

Az 5. ábrán a *D* és *F* fáciesen ferdén keresztül haladó, hosszan követhető reflexiós horizontok két széle közt a szintkülönbség esetenként eléri a 300–500 msec-t. Feltételezve, hogy a reflexiók az egykori medence térben vándorló paleolejtőinek helyzetét is reprezentálják, igen nagy (5–600 m-es) mélységkülönbségeket kell feltételeznünk a *D* fácies lerakódása idején. A *Makói árokban* ezek a különbségek – a szeizmikus reflexiók szintkülönbsége alapján – nem érték el a 2–300 métert. A *B* és *C* fáciesek szintes reflexiói kizárják az utólagos (tektonikus) mozgások (kibillenés) lehetőségét.

A *Makói árok* és a *Derecskei depresszió* fejlődésmenete az *A*, *B* és *C* fáciesek lerakódása idején igen hasonló. A *D* és *F* fáciesek alakja, településmódja viszont sokban különbözik a *Makói árok* centrális- és a *Derecskei depresszió* délnyugati részén.

*Szalay–Szentgyörgyi* (1979) a *Hód-I* és a *Derecske-I* fúrások alapján litológiai trendanalízissel kimutatták a *Hódmezővásárhelyi depresszióban* a pannon felső részének erősen törmelékes, a *Derecskei depresszió* ugyanazon képződményeinek pedig erősen pelites jellegét. Az 5. ábrán látható profil *ÉK*-i részének közelében (néhány kilométerre a szelvény végétől) a pannonban (a *C* fácies lerakódását követően) aktívvá váló törészóna mentén lezajló mozgások kapcsán a nagy vízmélység különbség alakult ki. A terület megnövekedett üledékvisszatartó képessége és az egyébként is erős törmelékbeszállítás gyors ütemű feltöltődést eredményezett, amelyet jól illusztrál az 5. ábra  $D_1$  és  $F_1$  fáciesei.

Az általános alsó pannon transzgressziót (*C* fácies) követő medenceperemi lejtő vándorlására utaló eltérő dőlésű összlet általános elterjedésű a Pannon medencében (*Varga I. et al.* 1978).

Völgyi és szerzőtársai (*Völgyi*, 1975, *Gajdos et al.* 1979) regressziós, delta jellegű üledékképződéssel magyarázzák az algyői fúrások által feltárt, diszkordáns településű rétegcsoport (ennek feleltethető meg a *Makói árok* szeizmikus szelvényein *D*-vel azonosított fáciesegység) kialakulását. Az általuk megkülönböztetett deltafront és deltaháttér üledékcsoporttal azonban nem azonosítható mechanikusan a 4. és 5. ábra *D* és *F* jelű szeizmikus fáciesegysége. A neogén-kvarter összlet zárótagját északon vékonyabb, délen nagyobb vastagságban kifejlődő tavi-mocsári, folyóvízi feltöltődés képviseli (*E* fácies).

### *Szeizmikus fáciesek és litosztratigráfiai egységek*

Szeizmikus sztratigráfiai egységeinket kizárólag a reflexiós szeizmikus képre támaszkodva különítettük el. Az egyes szeizmikus fáciesegységekre jellemző szeizmikus paraméterek (intervallumsebességek, reflexiós együtthatók, akusztikus impedancia stb.) meghatározása további vizsgálatok feladata. Nyilvánvaló ezen paraméterek ismeretének fontossága a „nem szerkezeti típusú” *CH*-csapdák kutatása során.

Szeizmikus sztratigráfiai modellünket és a modellre alapozott ősföldrajzi következtetéseinket összevetettük a klasszikus (mélyfúrás) forrásokra alapozott mélyföldtani modellekkel. (Megjegyezzük, a derecskei területen bemért 4. és 5. sz. *profil* közelében nem mélyült mélyfúrás. A *Derecske-I* fúrásra vonatkozó adatokat csak a 4. és 5. ábrán közöltektől eltérő módon feldolgozott és megjelenített szeizmikus vonalakon keresztül „korrelálva” tudtuk figyelembe venni.)

A 2. és 3. ábrán látható a szelvények metszéspontja közelében mélyült *Hód-I* fúrásban harántolt képződmények korbeosztása. Látható, hogy a miocén-pleiocén határ a  $B_1$  szeizmikus fácies közepén húzódik. Korrektnek fogadva el a határ felrakásához használt sebességfüggvényt, megállapítható, hogy a miocén-pannon képződmények e szelvényeken szeizmikusan nem választódnak el éles határral.

A pliocén-pleisztocén képződmények reflexiók képe kissé különbözik. Megjegyezzük, hogy a szeizmikus feldolgozás során a GKV munkatársai elsősorban a mélyebb (*CH*-földtani szempontból fontos) képződményekre vonatkozó információk megjelenítésére törekedtek. Szeizmikus sztratigráfiai beosztásunkat összevetettük *Szalay Á. – Szentgyörgyi K.* trendelemzésre alapozott litológiai tagolásával. Az általuk elkülönített egységek ( $Pa_1^a$ ,  $Pa_1^b$ ,  $Pa_2^a$ ,  $Pa_2^b$ ) határait a 2. és 3. sz. *profil* metszéspontjának bal oldalán (nyilakkal) ábrázoltuk. A kétféle eljárással (szeizmika, illetve karotázis mérések alapján) végrehajtott tagolás egybeesése szembetűnő. Az eltérések egy fázison (a szeizmikus módszer felbontóképességének határán) belül vannak. (Szalayék a pannont osztották részekre és így a  $Pa_1^a$  egység határának a miocén-pleiocén határt tekintették.)

A  $Pa_2$  egység az  $E$  a  $Pa_1^a$  egység a  $C_2$ ,  $D_1$ , a  $Pa_1^b$  egység a  $C_1$ , a  $Pa_1^a$  a  $B_1$ ,  $B_2$ , fáciesekkel esik egybe. Nagyon hasonló a két modellre alapozott – az üledékfelhalmozódás menetére, az üledékképződési körülmények alakulására vonatkozó – interpretáció.

Szeizmikus sztratigráfiai elemzésünk során elkülönített fácieseket sikeresen azonosítottuk *Gajdos I. – Papp S. – Somfai A. – Völgyi L. (1979)* által (karotázis markerek alapján) elkülönített litosztratigráfiai egységekkel. (Publikálás alatt álló anyagaik rendelkezésünkre bocsátásáért ezúton is hálás köszönetünket fejezzük ki.)

Az általuk elkülönített formációk és tagozatok határai a szeizmikus szelvény felbontóképessége (és az alkalmazott sebességfüggvény pontossága) által megszabott határokon belül egybeesnek a szeizmikus fácies egységek határaival.

A különböző geofizikai-földtani eljárásokra (szeizmika, karotázis) alapozott, egymástól függetlenül végrehajtott rétegtani tagolás azonos eredménye ezen eljárások használhatóságát és korrektségét igazolja.

### *Szeizmikus sztratigráfia és CH-kutatás*

A *Makói árktot* és a *Derecskei depressziót* szegélyező magasvonulatokhoz több jelentős *CH*-kincsel rendelkező szerkezeti csapda kapcsolódik. Ezek *CH*-telepei a depressziókat kitöltő üledékek által generált, a neogén képződmények települési viszonyai által meghatározott migrációs viszonyok közt vándorló szénhidrogénnel töltődtek fel. Feltételezhető, hogy a már ismert szerkezeti csapdába a depressziókat kitöltő üledékek által generált szénhidrogéneknek csupán egy része halmozódott fel. A többi valószínűleg a neogén-quarter összleten belül – annak litológiai változásaihoz és rétegtani felépítéséhez kapcsolódó telepekben – található. Megtalálásuk fontos kutatási feladat, melyhez a dolgozatban ismertetett eljárás is segítséget nyújthat.

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Geofizikai Kutató Vállalat vezetőinek a dolgozat elkészítéséhez nyújtott támogatásukért.

#### IRODALOM

- [1] *Gajdos I. – Papp S. – Somfai A. – Völgyi L.*, 1979.: Az alföldi Tiszai Formáció csoport litosztratiográfiai egységei. KV Szolnok (kézirat).
- [2] *Mitchum, R. M., Vail, P. R., Sangree, J. B.* 1977.: Stratigraphic interpretation of seismic reflection Pattern in Depositional Sequences. AAPG Memoir 26 Tulsa, Oklahoma, USA p. 117 – 135.
- [3] *Pogácsás Gy.*, 1980.: Neogén süllyedékeink fejlődéstörténeti viszonyai a felszíni geofizikai mérések tükrében. Föld. Közl. v. 110/3 – 4. p. 485 – 497.
- [4] *Rädler B. – Sághy Gy. – Újfalussy A. – Varga I.*, 1978.: Seismic exploration of unconformably dipping neogene sediments. 23. Geophysical Symposium, Várna Proceedings Sofia.
- [5] *Rich, J. L.*, 1951.: Three critical environments of deposition and criteria for recognition of rocks deposited in each of them. Geol. Soc. America Bull., V. 62. p. 1 – 20.
- [6] *Sangree, J. B., Widmier, J. M.*, 1978.: Seismic Interpretation of Clastic Depositional Facies. AAPG Bulletin V. 62, No. 5. p. 752 – 771.
- [7] *Szalay A., Szentgyörgyi K.*, 1979.: Adatok a szénhidrogénkutató fúrások által feltárt medencebeli pannon képződmények litológiai tagolódásának ismeretéhez trendelemzés alapján. Geonómia és Bányászat V. 12/4, p. 401 – 425.



## Felszíni szeizmikus impulzusforrások hazai alkalmazása\*

SZILÁGYI LAJOS\*\*

*A dolgozat a szeizmikus felszíni impulzusforrások alkalmazásának hazai tapasztalataival foglalkozik. Tárgyaljuk az impulzusforrások technikai és geofizikai kritériumait. Bemutatjuk azokat a mérési és kísérleti eredményeket, amelyeket az air-gun és dinoszeiz rendszerű impulzusforrásokkal kaptunk. Megvizsgáltuk a felszíni források alkalmazásának lehetőségeit és korlátait a szénhidrogénipari kutatásban.*

*В докладе описывается опыт применения сейсморазведочных поверхностных импульсных источников. Рассматриваются техническо-геофизические критерии использования импульсных источников. Показываются полученные при применении импульсных источников-воздушной пушки и диносейса – результаты измерений и испытаний. Обсуждаются возможности и ограничения использования поверхностных источников в промышленной разведке на нефть и газ.*

*The paper describes experiences with the use of impulse surface seismic sources in Hungary. Technical and geophysical criteria of impulse-like seismic sources are dealt with. Data acquisition and experimental results gained by Air-gun and Dinoseis signal generation systems are shown. Possibilities and limitations of use of surface seismic in the exploration of hydrocarbons were investigated.*

Az utóbbi években a szénhidrogénipari szeizmikus kutatásban is világszerte egyre inkább előtérbe kerültek a felszíni nem robbantásos hullámkeltési módok. Ezen eljárások előnye, hogy alkalmazásuk nem okoz a fúrás-robbantáshoz hasonlóan környezeti ártalmakat. Kiküszöbölik a nehéz fizikai munkát, ugyanakkor eszközigényük nem, vagy alig haladja meg a fúrás-robbantásnál szükségességet. A felszíni forrásokat a gerjesztett jel típusa alapján két csoportra oszthatjuk: vibrációs és impulzus forrásokra. Jelen dolgozat csak ez utóbbiakkal, illetve azok használatának hazai tapasztalataival foglalkozik.

Az elmúlt években történt néhány rövid időtartamú kísérleti mérés Magyarországon, amelyekkel próbáltuk megismerni a felszíni impulzusforrásokat. 1975-ben a GKV-nál egy  $LSS-3^R$  típusú air-gunnal folyt kísérlet, 1977-ben a MÁELGI-nél a dinoszeiz rendszerű szovjet  $GSzK-10$ -zel, majd 1980-ban az ugyancsak szovjet  $Szi-40$  dinoszeizzel kísérleteztünk a GKV-nál. Ezek a kísérletek mindössze néhány hétig tartottak, de ez a rövid idő is alkalmat nyújtott arra, hogy a további felhasználás szempontjából megismerjük, értékeljük azokat. 1979 óta a GKV egyik szeizmikus csoportja  $LSS-3$  típusú air-gunnal dolgozik. A felsorolt kísérletek, valamint a két éve tartó air-gun rutinmérések idején elegendő tapasztalatot szereztünk ahhoz, hogy összefoglaljuk a felszíni impulzusforrásokkal kapcsolatban milyen technikai és geofizikai követelményeket kell felállítanunk. Ez a dolgozat a felszíni forrásokkal szemben támasztott technikai kritériumokkal, valamint a robbantással és a felszíni forrásokkal kapott eredmények összehasonlításával foglalkozik. A kipróbált különböző típusok egyenkénti értékelésével itt nem foglalkozunk.

\* Elhangzott 1981. január 29-én a Felszíni Geofizikai Szakosztály ülésén.

\*\* Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest

R Bolt Associates Inc. USA szabadalma

## I. Technikai követelmények

Először vizsgáljuk meg, hogy milyen technikai követelményeknek kell eleget tenniük a felszíni impulzusforrásoknak ahhoz, hogy eredményes geofizikai munkát végezhessünk. E követelményeknek nemcsak gazdasági, termelékenységi hatásai vannak, de jelentősen befolyásolhatják a kapott mérési eredmény használhatóságát.

### 1. Hiteles, szabályozott indítás

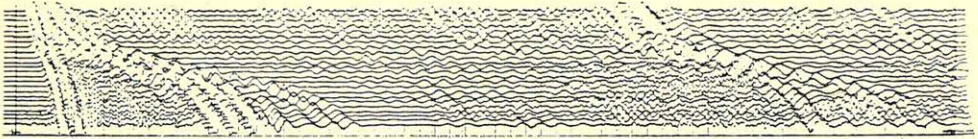
A szelvényméréseknél általában több rengéskeltő gép működik egyidejűleg. A műszer által kiadott indító jelre ezek szinkronban adnak egy szeizmikus impulzust, amelynek hatásából szeizmikus felvételt készíthetünk. Egy-egy ponton több így készített felvételt a terepi vagy központi összegzőn összeadhatunk, és így nyerünk egy hagyományos értelemben vett szeizmikus felvételt. Fentiekből következik, ahhoz, hogy az összegzéssel a jel/zaj viszonyt javítani tudjuk, szükséges, hogy a működő gépek a parancsjelhez viszonyítva mindig azonos időben, egyidejűleg adják az impulzust. Ez a pontosság a kipróbált gépeknél mechanikus, illetve elektronikus módon szabályozható és  $\pm 1$  msec-ra beállítható volt. A pontosság biztosítása és ellenőrzése érdekében kívánatos a működő gépekre olyan visszajelző és szabályozó rendszert szerelni, amelynek folyamatos figyelésével a kezelő meggyőződhet a helyes működésről és szükség esetén beavatkozhat. Ilyen célú, alkalmas rendszerrel találkoztunk, ami az egyes gépekre szerelt indító elektronikába épített késleltető áramkörből és a gép mozgórészére szerelt gyorsulásmérőből állt, amely megfelelő kijelzővel volt ellátva.

Feltétlen követelmény, hogy az impulzust csak parancsjelre adja ki a gép. Nem engedhető meg az emberi akarattól független, spontán impulzus. Az ilyen jelenség ugyanis nemcsak balesetveszélyes, de a mérési eredményeket is károsan befolyásolja.

Csupán termelékenységi szempontból van jelentősége annak, hogy azonos géppel az egyes impulzusok milyen gyakorisággal ismételhetők. A megismert típusoknál ez 10 sec körül volt, ami kielégítő a folyamatos munkához.

### 2. Másodlagos impulzusok

Az impulzust keltő rendszer nem kielégítő csillapítása esetén előfordulhat, hogy a szabályozott ütést követően a gép talajhoz csatolt részein keresztül másodlagos impulzust kelt. Ugyancsak káros, másodlagos impulzusforrás lehet maga az impulzust keltő harang, amennyiben azt, a szabályozott ütést követő felemelkedés után a hidraulikus fékező rendszer az észlelési időn belül visszahozza a talajra. Ez 24–36 dB-lel alacsonyabb energiát kelt az első impulzushoz viszonyítva. Emiatt a rutin szelvénymérésnél jelenlétét nem lehet felismerni a felvételeken. Ennek ellenére ez természetesen zajként értékelendő, ezért az észlelési időből való eltávolítása feltétlenül szükséges. Ellenőrzése és felismerése az egyébként is végrehajtandó speciális mérések (felszíni zavarhullám, kisrefrakció) alkalmával lehetséges. Egy ilyen terepi felvétel szalagja látható az 1. ábrán, ahol a 2,0 sec-nál fellépő másodlagos impulzus hatása jól megfigyelhető. A visszajátszás AGC-szerű erősítésszabályozással készült.



GEO 81/13-1

1. ábra. Másodlagos impulzus egy kisfrekvenciás felvételen

Рис. 1. Вторичный импульс на записи преломленных волн на малых глубинах

Fig. 1. Secondary impulse on a small refraction record

## II. Geofizikai jellemzők

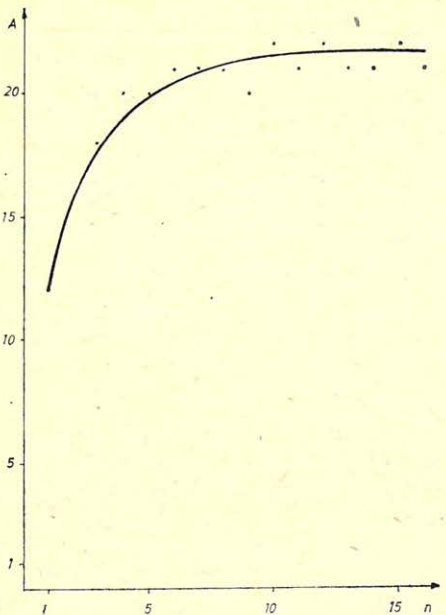
Alapvetően két jellemzőt szükséges megvizsgálni, az észlelt jel nagyságát és spektrumát.

### 1. A felszíni forrásokkal keltett jelek amplitúdója

Az általunk megismert felszíni impulzusforrások által egy ütéssel keltett maximális energia kb. 25 000 joule. Ennek az energiának jelentős része a kutatás szempontjából haszontalan vagy káros hullámokat kelt (direkt hullám, felszíni zavarhullám). Az energiának a hasznos hullámok keltésére fordítódó aránya a felszínközeli rétegek felépítésétől és a gép-talaj csatolásától függ. Ez utóbbit igazolja a 2. ábrán bemutatott görbe, amely mutatja a reflexiós jel amplitúdójának változását az azonos helyen végzett ütés sorszámának függvényében. Ebből látható, hogy a jel amplitúdója a bemutatott kísérleteknél az 5. ütés után stabilizálódik. Az ábrából az is kiszámítható, hogy a szeizmikus felvételle az első ütéset nem célszerű belevenni, mert annak hatása nem javítja, hanem rontja az összegfelvétel jel/zaj viszonyát.

A reflexiós jel nagyságát befolyásolhatjuk a felszabadított energia változtatásával is. Az energiát a robbanó tér térfogatának és nyomásának fokozásával növelhetjük. A gyakorlatban csak az air-gun paramétereinek változtatásával volt módunk kísérleteket végezni. Ezek egyik jellegzetes eredményét mutatja a 3. ábra. Az ábra az észlelt reflexiós jel amplitúdójának változását mutatja a nyomás változás függvényében. A görbék paramétere a puska térfogata 20–75 inch<sup>3</sup> között (1 inch<sup>3</sup> = 1,64 · 10<sup>-5</sup>m<sup>3</sup>). A görbék 300–1900 psi (1 psi = = 6895 Pa) között mutatják az amplitúdóváltozásokat úgy, hogy az adatokat a 20 inch<sup>3</sup>-el és 300 psi-al kapott amplitúdóértékre normáltuk.

Olyan méretű felszíni források nem készíthetők, amelyekkel az átlagos szénhidrogénipari kutatási feladatoknak megfelelő szeizmikus energiát keltethetnénk. Az egy, a terepi körülmények között célszerűen mozgatható felszíni forrással keltett impulzustól származó reflexiós jel amplitúdója általában a nyugalmi zajszint alatt van. Különösen érvényes ez a mélyebb horizontokról, illetve rosszul reflektáló felületekről származó jelekre. Ha ehhez hozzávesszük, hogy a rutin szelvény mérésnél nem biztosíthatjuk folyamatosan a nyugalmi zajszintet (az időjárási tényezők és ipari zajok 30–36 dB zajszintnövekedést is okozhatnak) nyilvánvalóvá válik, hogy több gépet kell szinkronban üzemeltetnünk és több felvétel vertikális összegéből kell előállítani egy hagyományos



GEO 8/13-2

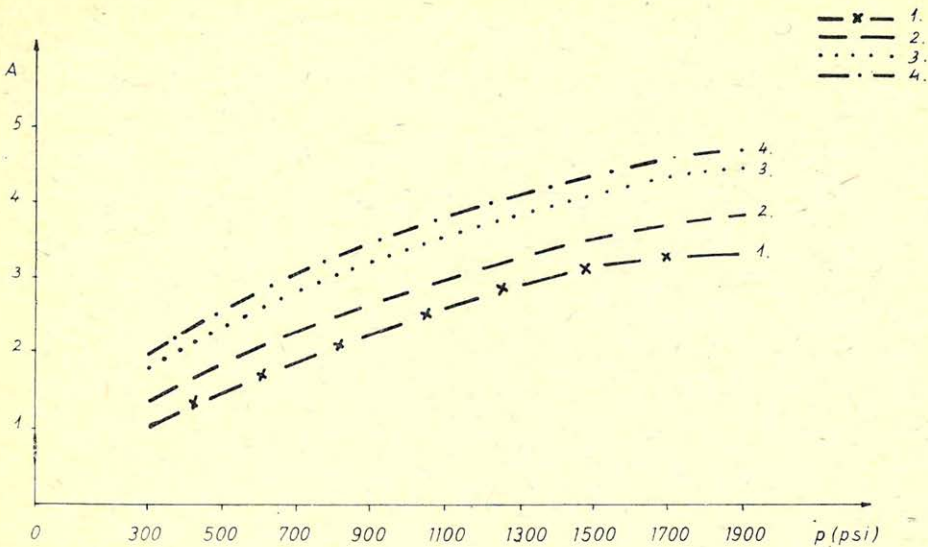
2. ábra. Az észlelt<sup>n</sup> jelamplitúdó változása az azonos helyen végzett ütés sorszámának függvényében

Рис.2. Изменение амплитуды сигнала в зависимости от числа ударов в одном и том же месте.

Fig. 2. Amplitude variation of recorded signal vs. serial number of pops at the same location.

szeizmikus felvételt. Mivel a jelamplitúdó a szinkron üzemelő gépek számával egyenes arányban növekszik, a jel/zaj viszony a gépek számának ( $k$ ) és az egyedi felvétel számok ( $n$ ) arányában  $k \cdot \sqrt{n}$ -szeresére növelhető. Az ipari gyakorlatban egy felvevő műszer kiszolgálásához 3–6 szinkron üzemelő gépet célszerű alkalmazni. Az egy szeizmikus felvételhez tartozó összegzendő részfelvételek számát is korlátoznunk kell, ami általában 64-nél több, technikai és termelékenységi okok miatt nem lehet. A terepi mérés közben a rendelkezésre álló gépek számától és a környezeti zaj szintjétől függően rugalmasan változtatni kell az egy szeizmikus felvételhez tartozó egyedi felvételek számát. Ez a gyakorlatban úgy történik, hogy kiválasztunk egy viszonylag sekély reflektáló szintet, annak megbecsüljük a legmélyebb kutatandó reflexióhoz viszonyított amplitúdó arányát. Ennek ismeretében az alkalmazott fedésszámtól függően meghatározhatjuk, hogy a referenciaszintnek mennyivel kell a külső zajszint fölött lennie, hogy az eredményül kapott időszelvény a kutatási célokat elérje. Az így meghatározott jel/zaj viszonyt az egy felvételhez tartozó, vertikálisan összegzendő egyedi felvételek számának helyes megválasztásával biztosíthatjuk. Mivel gazdasági okokból az egyedi felvételszám csökkentése, a kielégítő jel/zaj viszony eléréséhez ennek ellenkezője a célszerű, az egyedi felvételszám optimalizálása folyamatos feladat a terepi mérés közben. Ennek megfelelően az üzemelő gépek számának, az időjárásnak, az ipari zajszintnek vagy a harang-talaj csatolásnak a megváltozása szükségessé teszi az egy felvételhez tartozó összegzendő részfelvételek számának megváltoztatását is.

A fenti elvek betartása mellett is adódhatnak azonban olyan kutatási feladatok, amelyeket felszíni impulzusforrásokkal hatékonyan nem tudunk megoldani. A 4. ábrán mutatunk be egy szelvényrészlet a Békési medencéből. A szelvény 24-szeres fedéssel air-gun hullámkeltéssel készült, nagyobb részt négy üzemelő géppel, 32 egyedi felvételből álló szeizmikus felvételből, részben 3



GEO 81/13-3

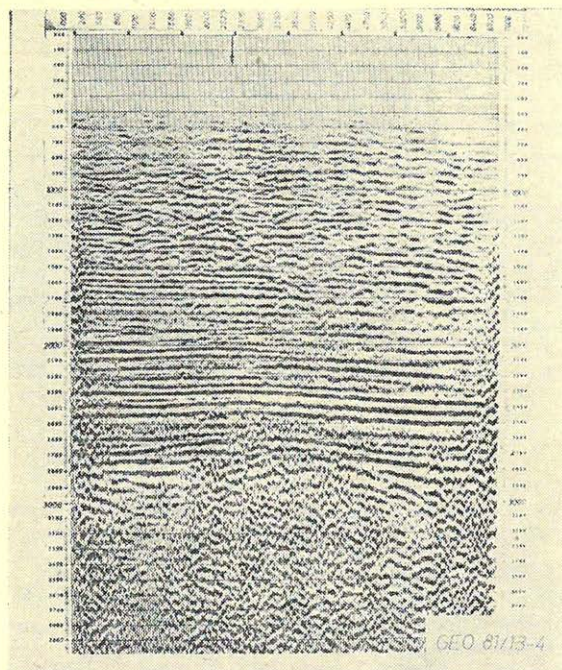
3. ábra. A jelamplitúdó változása az üzemi nyomás függvényében. A görbék paramétere az air-gun edény méret. (1 – 20 inch<sup>3</sup>; 2 – 40 inch<sup>3</sup>; 3 – 60 inch<sup>3</sup>; 4 – 75 inch<sup>3</sup>)

Рис. 3. Изменение амплитуды сигнала в зависимости от величины производственного давления. Параметры кривых – размер сосуда воздушной пушки (1 – 20 дюйм<sup>3</sup>, 2 – 40 дюйм<sup>3</sup>, 3 – 60 дюйм<sup>3</sup>, 4 – 75 дюйм<sup>3</sup>)

Fig. 3. Amplitude variation vs. working pressure. Curve parameters, Air-Gun chamber size. (1 – 20 cu. inch; 2 – 40 cu. inch; 3 – 60 cu. inch; 4 – 75 cu. inch)

üzemelő géppel 64-es ütésszámmal. A szelvényen 2,6 sec körül látható a mezozoikum felszíne. A korábbi robbantásos szelvények alapján a szelvény elejétől 3,3 sec-től indulva, a végén 3,6 sec-nál lenne a kristályos aljzat felszíne, ami ezen a szelvényen nem értelmezhető. Az 5. ábrán mutatunk be egy keresztzelvényt ami 12-szeres fedéssel, robbantással készült. A keresztveződési pont helyét a 4. és 5. ábrákon nyíllal jelöltük meg. Az 5. ábrán a szelvény elején 3,4 sec körül a paleozoikum felszíne látható.

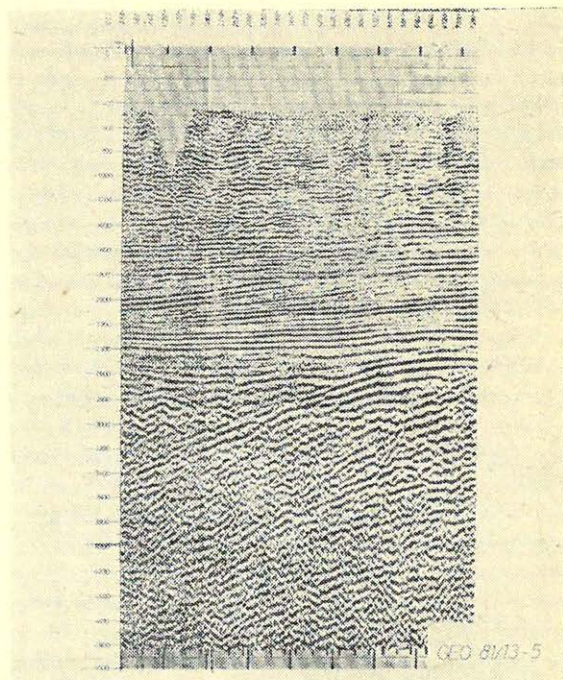
A 6. ábrán, egy a flis aljzatú tájegységen készült dinoszeiz szelvényt mutatunk be. A vonalat kedvező külső zajszint mellett mértük be, 24-szeres fedéssel. A felvételeket 6 szinkron üzemelő géppel, 16 részfelvételtől, illetve 4 géppel 16 vagy 32 részfelvételtől állítottuk elő. A 7. ábra ugyanazt a szelvényt mutatja 12-szeres fedéssel, ahol 10 m-es lyukakból 0,2 kg-os töltettel készültek a felvételek. Az 1,8 sec körüli flis felszín alól a robbantásos szelvényen hosszabb szakaszon korrelálható (földtanilag még nem azonosított) jeleket kaptunk. Ezek a dinoszeiz szelvényen csak nyomokban lelhetőek meg.



4. ábra. 24-szeres fedésű air-gun szelvény

Рис. 4. Сейсмический временной разрез с 24-х кратным перекрытием, источник – воздушная пушка

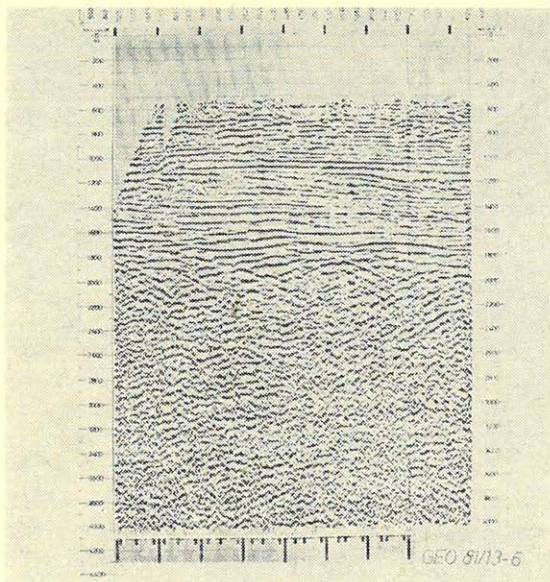
Fig. 4. 24-fold coverage Air-Gun profile



5. ábra. 12-szeres fedésű robbantásos szelvény

Рис. 5. Временной разрез с 12-ти кратным перекрытием, источник – взрыв

Fig. 5. 12-fold coverage dynamite profile



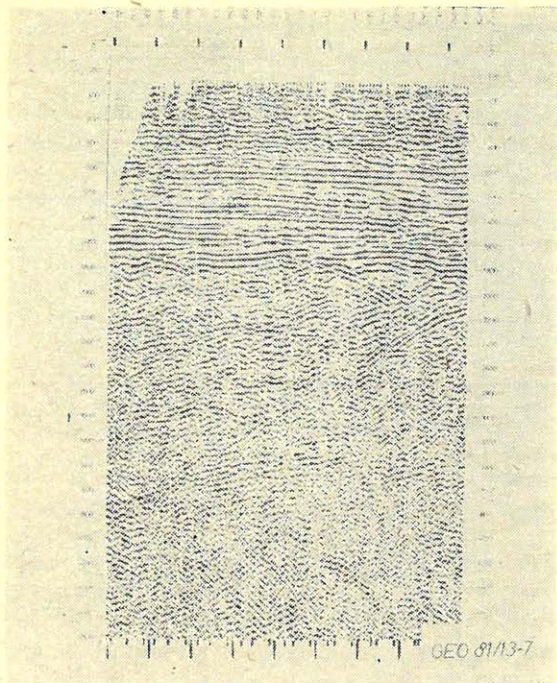
6. ábra. 24-szeres fedésű dinoseisz szelvény a flis aljzatú területen

Рис. 6. Временной разрез с 24-х кратным перекрытием с источником возбуждения – диносеис на территории, где фундамент представлен флишем

Fig. 6. 24-fold coverage Dinoseis profile in the Flysch belt

## 2. A felszíni impulzusforrásokkal keltett jelek spektruma

A felszíni impulzusforrásokkal keltett jelek spektrumát a forrásnál részleteiben nem elemeztük. Vizsgálataink elsősorban a végeredmény szempontjából számunkra lényegesebb, normál szeizmikus terítésben végzett észlelésekre szorítkoztak. Megvizsgáltuk, hogy milyen összefüggés van a hasznos jelek időtartományában végzett spektrumvizsgálatok eredményei és a felszíni forrás változtatható paramétereinek között. A 8. ábra azonos nyomásértéknél különböző air-gun kamramérettel végzett mérések eredményét mutatja. A 9. ábra egy 40 inch<sup>3</sup>-es kamránál az üzemi nyomásváltozástól függően mutatja a spektrumokat. Az ábrák alapján megállapítható, hogy a spektrumgörbék jellege nincs összefüggésben az air-gun paramétereinek változtatásával. A 10. ábra egy olyan szeizmikus szelvény egy összegesatornájának spektrumgörbéit mutatja, amelyet egyidejűleg, azonos paraméterekkel bemértünk air-gunnal (2. görbe) és dinoseiszszelvény (3. görbe). Az ábrán látható, hogy a két görbe között lényegi eltérés nincsen. Hasonló kis eltéréseket kaptunk a többi megvizsgált pontban is. A jelentéktelen eltérések nem szisztematikusak, tehát azt mondhatjuk, hogy a kétféle hullámkeltési mód azonos értékű. Az 1. görbe a területre jellemző, robbantásos módszerrel kapott szeizmikus összegesatorna spektrumát mutatja. (A mérés nem azonos helyen történt.)



7. ábra. A 6. ábrán bemutatott szelvény robbantásos változata. Robbantási paraméterek: 10 m, 0,2 kg

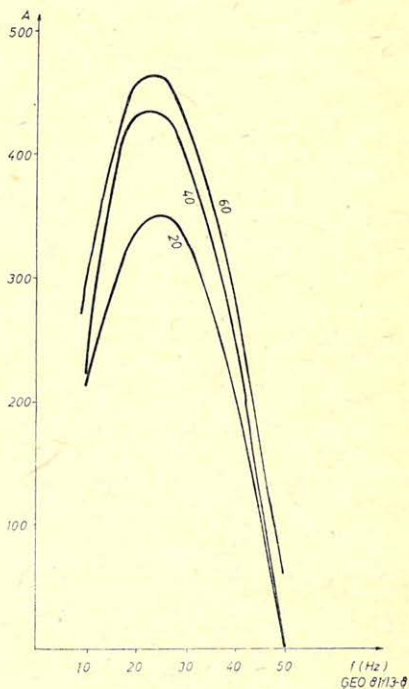
Рис. 7. Взрывной вариант показанного на рисунке 6. временного разреза (параметры: 10 м, 0,2 кг)

Fig. 7. Same profile as on Fig. 6. with shothole shooting. Parameters: hole depth: 10 m, charge: 0,2 kg

8. ábra. 20, 40 és 60 inch<sup>3</sup> űrtartalmú puskával készített szeizmikus felvételek amplitúdóspektrumai a hasznos jelek időtartományában

Рис. 8. Амплитудные спектры сейсмических записей, полученных в диапазоне времен полезных сигналов при разных объемах сосудов воздушных пушек 20, 40, 60 дюйм<sup>3</sup>

Fig. 8. Amplitude spectrum of seismic recordings by 20, 40 and 60 cu. inch guns.

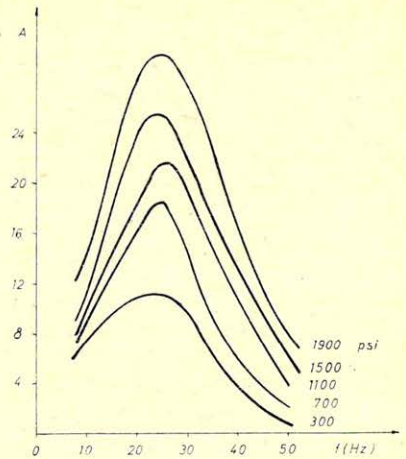




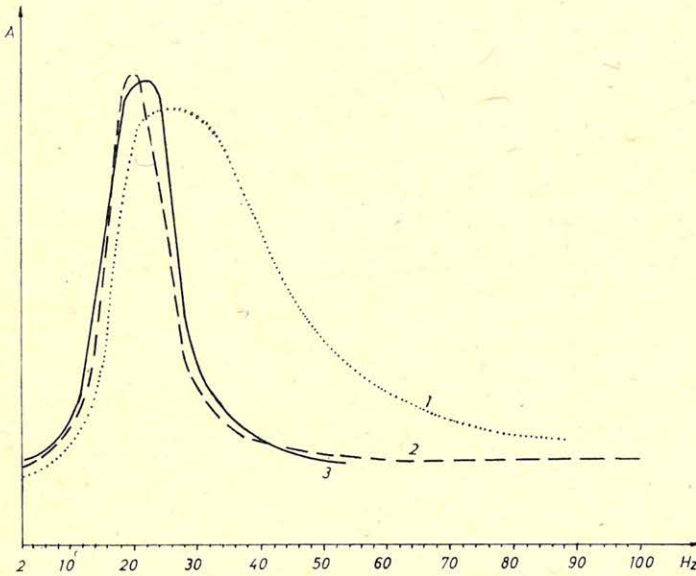
9. ábra. Különböző üzemi nyomással készített szeizmikus felvételek amplitúdóspektrumai a hasznos jelek időtartományában

Рис. 9. Амплитудные спектры сейсмических записей, полученных в диапазоне времен полезных сигналов при разных производственных давлениях

Fig. 9. Amplitude spectrum of seismic recordings in case of different working pressures



GEO 81/13-9



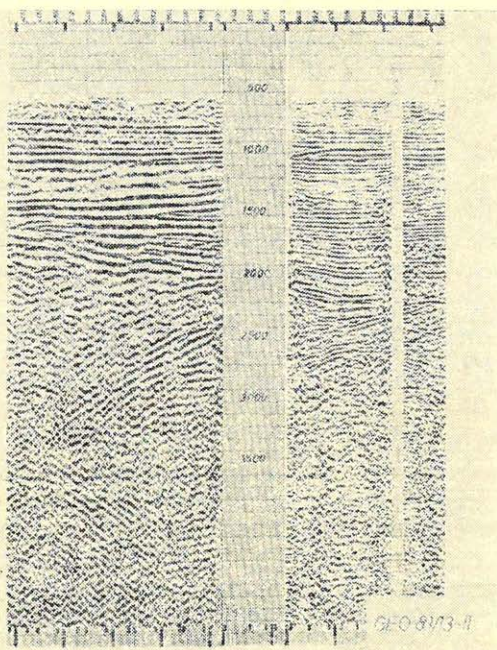
GEO 81/13-10

10. ábra. Különböző forrásokkal készített szeizmikus felvételek jellegzetes amplitúdóspektruma (1-robbantásos; 2-dinoszeis; 3-air-gun)

Рис. 10. Характерные амплитудные спектры сейсмических записей, полученных с разными источниками возбуждения (1 - взрыв, 2 - диносейс, 3 - воздушная пушка)

Fig. 10. Characteristic amplitude spectrums of seismic recordings by various sources. (1-shothole; 2-Dinoseis; 3-Air-Gun)

A 2. és 3. görbéből következik, hogy az air-gun és dinoszeiz hullámkeltéssel gyakorlatilag azonos értékű eredményt kell kapnunk, amennyiben az egyéb feltételek is azonosak. Ezt a gyakorlati eredmények is igazolták. Két teljes szelvényt mértünk végig azonos paraméterekkel air-gunnal, majd dinoszeizzel, és a mérésekből teljesen azonos időszelvényeket kaptunk. Ezek közül az egyik dinoszeizzel mért szelvény egy részletét mutatjuk be a 11. ábrán. A szelvény közepén látható kb. 1 km hosszú kimaradás a Tisza folyó miatt van. A szelvény Törökszentmiklós térségében készült, hozzávetőleges D–É-i orientációjú (az ábrán bal oldalon van dél) Feltűnő az a változás, ami a folyó két partján a reflexiós jelek frekvencia képében látható. A két eltérő képet mutató szakaszon a mérési és feldolgozási paraméterek azonosak voltak. Ez a jelenség Szolnok – Kisújszállás között a többi szelvényen is tapasztalható, a határvonal nagyjából a Tisza vonalába esik és kelet felé haladva a frekvenciaképben látható eltérés egyre kevésbé markáns.



11. ábra. Egy, a Tiszát keresztező dinoszeizzel készült szelvény, a jellegzetes hullámképváltozással

Рис. 11. Наблюденный источником динасейс, пересекающий Тису сейсмический профиль с характерным изменением волновой картины

Fig. 11. Dinoseis section across the Tisza River with characteristic signal changes

Korszerű eszközökkel végzett robbantásos szeizmikus szelvényünk a Tisza vonalát ebben a térségben nem keresztezi. A két oldalon, a folyótól kissé távolabb mért robbantásos szelvényeken fenti jelenség kevésbé éles módon jelentkezik. A szelvényszakaszok frekvenciaképében látható eltérést feltevésünk szerint a felszíni vagy felszínközeli felépítésben meglévő különbségek okozhatják. Ezeket a különbségeket azonban eddig nem tudtuk rendszerbe foglalni. A rendelkezésünkre álló adatok közül a következőket vizsgáltuk meg:

– a talajfelszín felépítése, ami szemre nem különíthető el a terület két jellegzetes részén,

– jelentős számú kisrefrakciós mérés volt a területen. Megvizsgáltuk a kisrefrakciós első beérkezések frekvenciaképét, interferenciáit, a mérésekből számított lazaréteg vastagságát, szeizmikus sebességét, valamint a konszolidált összlet sebességét. Ezen adatok alapján sem különíthető el a terület két része.

– a két területrészen mért felszíni zavarhullám mérésekből a jellegzetes zavarhullámok paraméterei sem mutatnak összefüggést a frekvenciaproblémával.

A jelenség vizsgálatára, illetve a szeizmikus szelvények frekvenciaképének egységessé tételére további kísérleti méréseket tervezünk.

### Összefoglalás

A leírt kísérleti eredmények és a két év óta folyó rutin mérések azt igazolják, hogy a felszíni impulzusforrásokat általában eredményesen lehet alkalmazni a szénhidrogénipari szeizmikus kutatása jelenlegi feladatainak megoldására. Vannak azonban olyan területrészek, ahol felszíni vagy mélyebb geológiai okok miatt a robbantásos módszert előnyben kell részesítenünk, mert a kutatandó mélységig nem tudjuk biztosítani a kielégítő jel/zaj viszonyt az egy felvevő műszerhez célszerűen hozzárendelt impulzusforrásszámmal. Jelenlegi ismereteink szerint a felszíni forrás által keltett impulzus spektrumát nem tudjuk befolyásolni.

### IRODALOM

- M. B. Snyeerszon, V. V. Mayorov:* Nazemnaja szeizmorazvedka sz nyevrűvnümi isztocsnnyikami kolebanij. Moszkva, Nyedra 1980.
- Rumpler J., Szilágyi L., Várkonyi L.:* Szeizmikus kísérleti mérések az „Air-Gun” rengéskeltő berendezéssel. Magyar Geofizika, 1977. 18. évf. 2. sz.
- Bodoky T., György L., Lukács A., Szilágyi L.:* Jelentés a szovjet GSZK – 10 gázrobbantásos felszíni rengéskeltő 1977. évi magyarországi kísérleti méréseiről. MÁELGI, 1978.
- Módszertani és technológiai utasítás air-gun mérésekhez. Geofizikai Kutató Vállalat, 1979.

# Karotázs elektromos mérések eredményeinek kiértékelése matematikai statisztikai becslési módszerrel

DRAHOS DEZSŐ\*

*A mérési eredmények kiértékelésénél alkalmazott idealizált modellek sohasem egyeznek a valóságos viszonyokkal, valamint a mért mennyiségek is tartalmaznak valamekkora mérési hibát. Ezek a hatások bizonytalanságot jelentenek a keresett paraméterek meghatározásában. A dolgozat ezt a problémakört vizsgálja a karotázs elektromos mérések esetében. A szokásos kiértékelési eljárások a paraméterek ( $R_1$ ,  $D$ ) megbízhatóságára nem adnak mértékszámot. A meghatározott paraméterek bizonytalanságát demonstráljuk egy laterolog mérési anyag kétféle hagyományos módszerrel végzett kiértékelési eredményeinek összehasonlításával, amely azt mutatja, hogy a különbözőképpen kapott eredmények között jelentős eltérések lehetnek. Az ellentmondás feloldására matematikai statisztikai becslési módszerrel értékeltük ki a mért eredményeket. Így a paraméterek becsült értékei mellett megkapjuk azok bizonytalanságát jellemző hibákat is. A dolgozat ismerteti a kiértékelési módszert, valamint ennek alkalmazását szimulált mérési adatokra és terepi mért adatokra.*

*Идеализированные модели, применяемые для оценки результатов измерений, никогда не совпадают с реальными условиями, так же как измеренные величины всегда содержат некоторую ошибку измерений. Влияние этих факторов вносит неуверенность в определение искоемых параметров. В данной работе этот вопрос исследуется для случая электрокаротажных измерений. Обычные методы оценки не дают численного значения надежности параметров ( $D$ ,  $R_1$ ). Неуверенность в определении параметров авторы демонстрируют с помощью сравнения результатов обработки материала измеренного laterолога двумя традиционными методами. Сравнение показывает, что между полученными различными способами результатами возможны существенные расхождения. Для разрешения противоречия была проведена оценка результатов измерений с помощью математико-статистического метода. Это позволило помимо оценок самих параметров получить и ошибки, характеризующие неуверенность их определения. В статье изложен метод оценки, а также его применение для случаев искусственного массива данных и данных полевых измерений.*

*Models applied for interpretation of measured data are always idealised and the data contain measuring errors. These factors lead to uncertainty in the parameters to be determined. The paper deals with this problem in the case of evaluation of electrical logs. The classical methods of evaluation do not give the measure of uncertainty of the determined parameters. This uncertainty is demonstrated here by the evaluation of the same measurements in two different ways, which led to different results. To overcome this difficulty, mathematical statistical evaluating method was applied for the interpretation. It gives the estimates of the parameters and also their standard deviations. The paper describes the estimation method and its application for simulated and real data.*

## Bevezetés

A mélyfúrési geofizikai adatok kiértékelésének elsődleges eredményei a vizsgált kőzettartományt jellemző különböző kőzetfizikai paraméterek, például sűrűség, fajlagos ellenállás, porozitás stb., valamint a kőzet anyagi összetételét jellemző mennyiségek, mint például agyagosság, víztelítettség, hamutartalom stb. számszerű értékei. A gyakorlatban elterjedt kiértékelési eljárások a vizsgált kőzetfizikai paraméterre egyetlen mennyiséget adnak meg; például a sűrűség

\* ELTE Geofizikai Tanszék

esetében  $\delta = 2,26 \text{ g/cm}^3$ , fajlagos ellenállás esetében  $R_t = 185 \Omega \text{ m}$  stb. Közismert dolog, hogy a mérési eredményeket többféle, különböző eredetű hiba terheli, továbbá a kiértékelés során használt idealizált modellek sem fedik a valóságot. Mindezek a hatások befolyásolják a kiértékelés eredményeit, a kapott paraméterek megbízhatóságát. A fenti számszerű példáknál azonban nem derül ki, hogy ezek a határok milyen mértékűek voltak, és a kapott  $D$ ,  $R_t$  paraméter értékek mennyire tekinthetők megbízhatónak.

A paraméterek meghatározásának bizonytalanságát jól szemlélteti egy az SZKFI-nél végzett interpretációs kísérlet, amelynek mérési anyagát és a meghatározott rétegpáraméter értékeket az 1. táblázat tartalmazza. Négy különböző laterolog szelvény alapján, az ezekből kiválasztott kétféle szondakombinációra

1. táblázat

Algyői fúrásban felvett elektromos mérési anyag kiértékelése az  $ML-PLH$  és az  $OL-PLH$  kiértékelési diagramok alapján. Jelölések: mikrolaterolog ( $MLL$ ), optimális laterolog ( $OL$ ), rövid pszeudolaterolog ( $PLR$ ), hosszú pszeudolaterolog ( $PLH$ ).  $H$  a rétegek vastagsága méterben.

Таблица 1.

Оценка материала электрических измерений, записанных в скважине Алдэ, на основании диаграмм  $ML-PLH$  и  $OL-PLH$ . Обозначения: микролатеролог ( $MLL$ ), оптимальный латеролог ( $OL$ ), короткий псевдолатеролог ( $PLR$ ), длинный псевдолатеролог ( $PLH$ ).  $H$  – толщина слоев в метрах

Table 1.

Evaluation of measured electrical data on the basis of the  $ML-PLH$  and  $OL-PLH$  laterolog butterfly diagrams. Note the different results of the two different interpretations. Abbreviations: Microlaterolog ( $MLL$ ), optimal laterolog ( $OL$ ), short pseudolaterolog ( $PLR$ ) and long pseudolaterolog ( $PLH$ ).  $H$  is the thickness of layers in meters.

Sor-szám	$H$ (m)	$R_a^{MLL}$	$R_a^{OL}$	$R_a^{PLR}$	$R_a^{PLH}$	$R_a^{ML}$	$ML-PLH$		$OL-PLH$	
							$R_t$	$D$	$R_t$	$D$
1	3,2	6,8	145	13,5	135	140	530	4,3	170	2,2
2	1,5	6,2	22	4,5	18	12,5	40	4	30	3,5
3	1,7	6,5	27,5	6	23	16,4	52	4,5	38	3,2
4	5,5	6,2	32,5	7	30,2	17,7	60	3,5	42	3,2
5	1,1	3,2	17,5	4,9	20,1	12,8	43	3,6	20	1
6	1,9	6,2	24	6	27,5	15	52	3,7	26	1
7	1,3	7	60	6,8	45	27,5	100	3,5	80	3,1
8	6,5	6,5	50	8	45	20	75	2,9	63	2,5
9	2,2	11,2	100	12	80	115	450	4,6	170	2,8
10	10,2	8,2	55	9,5	45	22,5	80	3,5	71,5	3
11	2,2	6,5	40	7,5	45	17,5	60	3	45	2
12	9,6	5,5	7,5	3,5	9	6	18,8	3	—	—

vonatkozó görbeseregek segítségével határozták meg az egyes rétegekre az  $R_t$  és  $D$  valódi fajlagos ellenállás, illetve relatív elárasztási mélység paramétereit. Az eredményeket megvizsgálva látható, hogy a kétféle interpretáció eredményei nem egyeznek, közöttük igen nagy különbség is előfordul. Ezek után felvetődik a kérdés, hogy melyik eredményt tekintsük elfogadhatónak, illetve hogy a kiértékelés eredménye mennyire megbízható. A továbbiakban ezt a problémát vizsgáljuk a laterologellenállás mérések kiértékelésének esetében.

### *A statisztikai elveken alapuló interpretáció matematikai algoritmus*

1. A statisztikai elveken alapuló interpretációs algoritmusok alapfeltételezése, hogy a mérésekből származó kísérleti anyagot valószínűségi jellegűnek tekintjük. Az interpretációs algoritmusok felépítése során meg kell különböztetni a vizsgált mennyiségek mérési eredményekből kapott értékeit — amelyeket valószínűségi változók realizációinak tekintünk, — valamint a szóban forgó mennyiségek bizonyos ideális modellre meghatározható elméleti értékeit. Ezeket a különböző eredetű mennyiségeket a továbbiakban általános esetben  $U$  és  $f$  szimbólumokkal, konkrétan pedig  $(M)$  és  $(T)$  felső indexszel jelöljük. Például az  $R_a$  látszólagos fajlagos ellenállásra vonatkoztatva:  $R_a^{(M)}$  a mért,  $R_a^{(T)}$  az elméleti számított értéket jelenti. A karotázs elektromos szondázásoknál a mért mennyiségek eredetük szempontjából két csoportba oszthatók:

a) az első csoportba tartoznak a közvetlenül mérőműszerekkel meghatározható, elsődleges mérési eredmények, például a feszültség ( $V^{(M)}$ ), az áramerősség ( $J^{(M)}$ ), elektródátávolságok ( $L_{AM}^{(M)}$ ,  $L_{AO}^{(M)}$ );

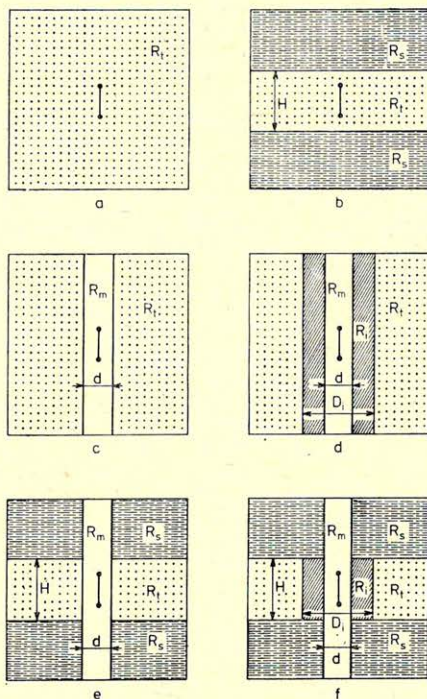
b) a második csoportba az előbbiekből leszármaztatott, másodlagos mérési eredmények tartoznak. Esetünkben ilyen az  $R_a^{(M)}$  látszólagos fajlagos ellenállás.

2. A mérési eredmények interpretációjához az interpretátornak meg kell választania valamilyen ideális fajlagos ellenállás eloszlást — a vizsgált geológiai közeg modelljét, amely a bonyolult valóságos viszonyok lényeges, jellemző vonásait tükrözi. A karotázs elektromos mérések szempontjából figyelembe veendő legfontosabb tulajdonság az, hogy a közeg a fúróluk tengelyére nézve többé-kevésbé hengersizmetrikus. Radiális irányban két vagy három különböző fajlagos ellenállású zóna (radiális réteg) különíthető el attól függően, hogy nem porózus, vagy porózus kőzetet vizsgálunk. Ezenkívül szerepe van a vizsgált zóna fölött és alatt elhelyezkedő különböző fajlagos ellenállású ágyazórétegeknek.

Ennek megfelelően a karotázs elektromos probléma megoldásánál a következő közegmodellek jöhetnek számításba:

- Végtelen homogén izotrop  $R_t$  fajlagos ellenállású közeg, a fúróluk átmérője elhanyagolhatóan kicsiny.
- $H$  vastagságú,  $R_t$  fajlagos ellenállású réteg,  $R_s$  fajlagos ellenállású félvégtelen ágyazó rétegek között. A fúróluk átmérője itt is elhanyagolhatóan kicsiny.
- Végtelen homogén  $R_t$  fajlagos ellenállású közeg, melyet  $R_m$  fajlagos ellenállású  $d$  átmérőjű fúróluk harántol.
- Megegyezik a c) modellel, azzal a különbséggel, hogy a fúróluk és az  $R_t$  fajlagos ellenállású zóna között  $D_i = d \cdot D$  külső átmérőjű,  $R_t$  fajlagos ellenállású elárasztott zóna helyezkedik el.

- e)  $H$  vastagságú réteget  $d$  átmérőjű fúróluk harántol. A b) és c) modellek kombinációja.
- f)  $H$  vastagságú réteg, amelyet fúróluk és elárasztott zóna harántol. A b) és d) modellek kombinációja. (Lásd: 1. a–f ábra.)



GEO 82/1-1

1. a–f ábra. Az elektromos karterázás közeg-modelljei

Рис. 1а–ф. Модели среды электрического каротажа

Fig. 1. a–f. Different models of electrical well logging

Az ideális modelleket jellemző fajlagos ellenállás és geometriai paramétereiket a  $\vec{p}$  paraméter vektor komponenseinek tekintjük. Például a d) esetben  $\vec{p} = \vec{p}(R_m, d, R_i, D, R_s)$ .

A fenti a) és b) modelleket főként a mérések kvalitatív értelmezésére használjuk, míg kvantitatív kiértékelésre a c) és d) modellek használatosak. Az e) és f) modelleknél a kétféle (radiális és vertikális) inhomogenitás együtt fordul elő. Ilyen esetben az elektromos direkt feladat megoldása igen bonyolult, és emiatt ezek a gyakorlatban nem használatosak.

A  $\vec{p}$  paraméter vektorral jellemzett interpretációs modellt a mérési eredmények (látszólagos fajlagos ellenállás) tartományában –  $K$  számú különböző ideálisnak tekintett (tehát fizikailag szintén modellezett) mérési elrendezés esetén – az  $f_1(\vec{p}), f_2(\vec{p}), \dots, f_K(\vec{p})$  elméleti értékek jellemzik, amelyeket az  $\vec{f}(\vec{p})$  vektor komponenseinek tekintünk. Esetünkben a mérési elrendezések különböző laterolog szondaelrendezések lehetnek. Ezek fizikai modellje pontszerűnek gondolt táp és érzelő elektródákat jelent, továbbá az elektródáknak a henger-szimmetrikus közegmodell tengelyén való elhelyezkedését is feltételezi.

3. Ha a geológiai és fizikai modell pontosan írná le a valóságos viszonyokat, és az  $U_1, U_2, \dots, U_K$  mért mennyiségeket hibátlanul tudnánk megmérni, akkor a pontos modell paramétereinél az  $\vec{U}$  mért és az  $\vec{f}(\vec{p})$  elméletileg számított mennyiségek azonosak lennének minden  $k$ -ra. A valóságban ez nem így van, a mért mennyiségek mindig valamekkora hibával terheltek, mivel a közeg modellje csak közelíti a bonyolult valóságos fajlagos ellenállás viszonyokat, és a központosított pontszerű elektróda modell is csupán közelítés. Ezért az  $U_k$  és  $f_k(\vec{p})$  mennyiségek sohasem egyeznek meg pontosan. Az  $U_k$  és  $f_k(\vec{p})$  mennyiségek eltérését  $n_k$ -val jelöljük:

$$\begin{aligned} U_1 &= f_1(\vec{p}) + n_1 \\ U_2 &= f_2(\vec{p}) + n_2 \\ &\vdots \\ U_K &= f_K(\vec{p}) + n_K \end{aligned} \quad (1)$$

Mivel  $U_k$ -ról feltételeztük, hogy valószínűségi jellegű mennyiség –  $f_k(\vec{p})$  pedig az aktuális modell paramétereitől általánosan determinált érték – ezért  $n_k$  szintén valószínűségi jellegű mennyiségnek tekintendő. Tehát az  $U_k$  mért mennyiség az  $f_k(\vec{p})$  modell által meghatározott komponens és az  $n_k$  véletlen eltérés komponens összege minden egyes szondára ( $k = 1, 2, \dots, K$ ).

A karotázs elektromos műszereket általában úgy konstruálják, hogy a mért mennyiség (például a  $V^{(M)}$  elektromos potenciál) állandó relatív pontossággal legyen meghatározható. Az állandó relatív hiba a mért mennyiség logaritmusának jó közelítéssel állandó szórását jelenti, mivel

$$\frac{\sqrt{\mathcal{D}(V^{(M)})}}{V^{(M)}} = \frac{dV^{(M)}}{V^{(M)}} \approx d(\log V^{(M)}) = \sqrt{\mathcal{D}(\log V^{(M)})} = \text{const.} \quad (2)$$

$d$  a teljes differenciálás,  $\mathcal{D}$  a szórás képzés operátora.

Az  $n_k$  véletlen eltérés komponens másik forrása a valóságos fajlagos ellenállás eloszlás és az ideális modell közötti eltérések. Az  $n_k$  harmadik komponense a valóságban nem központosított helyzetű, véges méretű elektródák centrikus pontszerűekkel való helyettesítéséből, a fizikai modell hibáiból adódik. A véletlen eltérések két utóbbi összetevőjéről meglehetősen nehéz statisztikai jellemzőket mondani. Mindenesetre más elektromos mérések interpretációs tapasztalatai, valamint bizonyos valószínűségi megfontolások (centrális határeloszlás tétel) miatt az  $n_k$  véletlen komponens – a látszólagos fajlagos ellenállás logaritmusára vonatkoztatva – célszerű normális eloszlású valószínűségi válto-



zónák tekinteni. Az  $n_k$  mennyiségek várható értékét nullának vesszük (az  $U_k$  és  $f_k(\vec{p})$  között nincs szisztematikus eltérés). A  $k$  szondával mért mennyiség logaritmusának és az elméleti érték logaritmusának eltérése a feltevés szerint  $\sigma_k$  szórású. Az (1) additív modell a karotázis elektromos szondázások esetére konkretizálva a következő:

$$\overrightarrow{\log R_a^{(M)}} = \overrightarrow{\log R_a^{(T)}} + \vec{n}.$$

A vektorok komponensei a  $k = 1, 2, \dots, K$  indexű szondák  $\log R_{a,k}^{(M)}$  mérési adatai,  $\log R_{a,k}^{(T)}$  elméleti értékei, illetve ezek  $n_k$  eltérései. Az  $\vec{n}$  eltérés vektor valószínűség sűrűségfüggvényét  $K$  számú mérés esetén  $K$  dimenziós normális eloszlásúnak feltételezzük, amelynek valószínűség sűrűségfüggvénye

$$prd(\vec{n}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^K \det\|C\|}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} \vec{n}^{TRP} \|C^{-1}\| \vec{n}\right\} \quad (4)$$

alakú (lásd pl. Vincze I.: Matematikai statisztika, 53. old.), ahol

$\vec{n}$  oszlopvektor,  $\vec{n}^{TRP}$  sorvektor;  
 $\|C^{-1}\|$  a  $\|C\|$  kovariancia mátrix inverze, és  
 $\det\|C\|$  ennek a mátrixnak a determinánsa.

Mivel a mérési eredményeket valószínűségi változók realizációjának tekintjük, a belőlük meghatározandó paraméterekre vonatkozó ismereteink is valószínűségi jellegűek lesznek.

4. Feladatunk azoknak a  $\hat{p}$  paraméter becsléseknek a meghatározása, amelyek a rendelkezésre álló mérési eredmények mellett megadott értelemben a legjobb minőségűek. A maximum likelihood becslést véve, a

$$prd(\overrightarrow{\log R_a^{(M)}}; \hat{p}) = \max. \quad (5)$$

feltételt kell kielégíteni, vagyis az adott  $prd(\vec{U}; \vec{p})$  valószínűség sűrűségfüggvény maximumához tartozó  $\hat{p}$  becsléseket kell meghatározni. E módszernél az (5) kifejezés konkrét alakja az  $\vec{n}$ -re feltételezett normális eloszlásnál az  $L(\vec{p})$  likelihood függvény maximalizálási feltétele:

$$L(\hat{p}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^K \det\|C\|}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} \overrightarrow{(\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)})} \xrightarrow{TRP} \|C^{-1}\| \overrightarrow{(\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)})}\right\} = \max. \quad (6)$$

A (6) kifejezés maximalizálásának jelentése a következő: keressük azt a  $\hat{p}$  paraméter vektorral jellemzett modellt, amely esetén a  $\log R_a^{(M)}$  mért mennyiségek bekövetkezése a legvalószínűbb.

Az  $\vec{n}$ -re feltételezett normális-eloszlás miatt a maximum likelihood becslés elégséges eljárásának függvénye identikus a súlyozott legkisebb négyzetes becslésnél szereplő kvadratikus alak  $(-I)$ -szeresével (lásd *Hudson*: Statisztika fizikusoknak (oroszul) 306. old.). Ahogy ez a (6) logaritmálásával közvetlenül belátható, a

$$Q(\hat{\vec{p}}) = \overrightarrow{(\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)})} \xrightarrow{TRP} \overrightarrow{(\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)})} \|C^{-1}\| \overrightarrow{(\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)})} = \min.$$

legkisebb négyzetes feltételben a  $Q(\vec{p})$  súlyozott négyzetösszeg függvény (válaszfüggvény) minimum értéke és az  $L(\vec{p})$  likelihood függvény maximum értéke ugyanahhoz a  $\hat{\vec{p}}$  paraméter becsléshez tartozik.

Az  $L(\vec{p})$  likelihood függvényben, illetve a  $Q(\vec{p})$  válaszfüggvényben szerepel a  $\|C\|$  kovariancia mátrix inverze. A  $\|C\|$  mátrix az egyes  $\log R_a^{(M)}$  mérési eredmények szórásaiból és az ezek közötti korrelációs együtthatókból épül fel. Ezekre vonatkozóan nincsenek ismereteink, ezért a  $\log R_a^{(M)}$  mérési eredményeket korrelálatlannak és azonos szórásúaknak fogjuk tekinteni, azaz

$$\|C\| = \sigma_0^2 \|I\|$$

és

$$\|C^{-1}\| = \frac{1}{\sigma_0^2} \|I\|,$$

ahol  $\|I\|$  az egységmátrix,  $\sigma_0$  a  $\log R_a^{(M)}$  mérések szórása. Ennek megfelelően a  $Q(\vec{p})$  válaszfüggvény

$$Q(\vec{p}) = \frac{1}{\sigma_0^2} \overrightarrow{(\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)})} \xrightarrow{TRP} \overrightarrow{(\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)})} \quad (7)$$

alakú lesz.

5. A paraméter becslés elméletéből ismert, hogy azokat a becsléseket célszerű megkeresni, amelyek torzítatlanok, effektívek és normális eloszlásúak. Az ilyen becsléseket nevezik optimálisnak. A maximum likelihood becslés aszimptotikusan optimális, azaz, ha viszonylag nagyszámú mérésből kevés számú paramétert becsülünk. Kevésszámú mérésből a maximum likelihood becslés szuboptimális.

Az optimális becslések effektivitását a paraméterek kovariancia mátrixa teljes mértékben meghatározza. A kovariancia mátrixot  $\|D(\vec{p})\|$ -vel, elemeit  $D(p_i, p_j)$ -vel vagy  $D_{ij}$ -vel jelöljük. A  $\|D(\vec{p})\|$  mátrix  $S$ -ed rendű ( $S$  a becsült paraméterek száma), négyzetes, szimmetrikus, pozitív definit mátrix. A főátlójában szereplő  $D_{ii}$  elemek a megfelelő  $\hat{p}_i$  becslések diszperziói. Ennek négyzetgyöke a  $\sigma(\hat{p}_i)$  szórás, amely a  $\hat{p}_i$  becslés hibájára jellemző. A kovariancia mátrix nem diagonális  $D_{ij}$  ( $i \neq j$ ) elemei az egyes  $\hat{p}_i$  és  $\hat{p}_j$  becslések közötti korrelációs kapcsolatot jellemzik:

$$D_{ij} = \sigma(\hat{p}_i) \sigma(\hat{p}_j) r_{ij}, \quad (8)$$

ahol  $r_{ij}$  a  $\hat{p}_i$  és  $\hat{p}_j$  becslések közötti korrelációs együttható. Ennek értéke  $(-1, +1)$  tartományon változhat. Ha  $r_{ij}$  nullához közeli érték, akkor a becsült paraméterek közötti kapcsolat gyenge, ilyenkor a  $\hat{p}_i$ ,  $\hat{p}_j$  becslések egymástól függetlenül

könnyen meghatározhatók. Hogyha  $|r_{ij}| \approx 1$ , akkor a becsült paraméterek közötti kapcsolat szoros (hasonló módon hatnak a  $\log R_a^{(T)}(\vec{p})$  elméleti térre — ez azt jelenti, hogy  $\hat{p}_i$  megváltozása kompenzálható  $\hat{p}_j$  valamekkora megváltoztatásával). Ilyenkor  $\hat{p}_i$  és  $\hat{p}_j$  együttes meghatározása nehezzé válik.

A  $\|D(\vec{p})\|$  kovariancia mátrix függ:

- a  $\log R_a^{(T)}(\vec{p})$  modell tértől;
- az  $\vec{n}$  véletlen komponens eloszlásának paramétereitől,
- a mérési komplexumtól.

Az interpretáció effektivitásáról közvetve tájékoztat a  $\hat{\sigma}_0$  empirikus szórás, valamint a  $\{\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)}\}$  reziduálok sorozata.

6. A likelihood függvény maximumhelyének (a  $Q(\vec{p})$  reziduál négyzetösszeg függvénye minimumhelyének) meghatározására többféle szélsőérték-kereső eljárás is alkalmazható. A karotázs elektromos problémához a  $\log R_a^{(T)}(\vec{p})$  függvények  $p_s$  paraméterek szerinti, lineáris tagig sorfejtett alakját felhasználó iterációs számítási eljárást választottunk. A közegmodell paramétereinek a továbbiakban az eredeti paraméter értékek logaritmusát tekintjük. Ezt azért célszerű megtenni, mivel így a szélsőérték keresést eleve a reális  $R > 0, D > 0$  tartományra korlátozzuk.

Fejtsük sorba a  $\log R_a^{(T)}(\vec{p})$  függvényt egy  $\vec{p}^0$  hely környezetében lineáris tagig:

$$\log R_a^{(T)}(\vec{p}) \approx \log R_a^{(T)} \vec{p}^0 + \sum_{s=1}^S \frac{\partial \log R_a^{(T)}(\vec{p})}{\partial \log p_s} \Big|_{\substack{\vec{p} = \vec{p}^0 \\ \vec{p} = \vec{p}}} \cdot (\log p_s - \log \hat{p}_s^0). \quad (9)$$

A (9) sorfejtéssel a  $Q(\vec{p})$  reziduál négyzetösszeg egy  $Q'(\vec{p})$  közelítő értékét kapjuk meg:

$$Q'(\vec{p}) = \left\{ \overbrace{\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)}(\vec{p}^0)}^{\rightarrow TRP} - \sum_{s=1}^S \frac{\partial \log R_a^{(T)}(\vec{p})}{\partial \log p_s} \Big|_{\substack{\vec{p} = \vec{p}^0 \\ \vec{p} = \vec{p}}} \cdot (\log p_s - \log \hat{p}_s^0) \right\} \cdot \left\{ \log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)}(\vec{p}^0) - \sum_{s=1}^S \frac{\partial \log R_a^{(T)}(\vec{p})}{\partial \log p_s} \Big|_{\substack{\vec{p} = \vec{p}^0 \\ \vec{p} = \vec{p}}} \cdot (\log p_s - \log \hat{p}_s^0) \right\}. \quad (10)$$

A  $Q(\vec{p})$ -t helyettesítő  $Q'(\vec{p})$  mennyiség bevezetésével a minimumhely megkeresése egyszerűbb feladattá válik. A  $Q'(\vec{p})$  helyettesítő mennyiség alkalmazása megkívánja a paraméterek egy  $\overset{0\hat{}}{p}$  nulladik közelítő becslésének ismeretét. A (10) összefüggést úgy alkalmazzuk, hogy a  $\overset{0\hat{}}{p}$  alapján a minimumfeltétel kielégítésével kapott  $\overset{1\hat{}}{p} = \overset{1\hat{}}{p}$ -et beírjuk  $\overset{0\hat{}}{p}$  helyébe, és újból megkeressük  $Q'(\vec{p})$  minimumát, ami egy újabb  $\overset{2\hat{}}{p} = \overset{2\hat{}}{p}$ -t eredményez és így tovább. Ezzel az iterációs eljárással alkalmas  $\overset{0\hat{}}{p}$  kezdőérték választása esetén elérjük, hogy

$$\min \{Q'(\vec{p})\} \rightarrow \min \{Q(\vec{p})\}$$

és

$$\overset{l\hat{}}{p} \rightarrow \overset{l\hat{}}{p}.$$

Írjuk fel (10)-et az alábbi áttekinthetőbb formában:

$$Q'(\vec{p}) = \overset{\text{TRP}}{\longrightarrow} (\vec{y} - \|A\| \vec{\Theta}) \cdot (y - \|A\| \vec{\Theta}), \quad (11)$$

ahol az egyes mennyiségek jelentése a következő:

$$y_k = \log R_{a,k}^{(M)} - \log R_{a,k}^{(T)}(\overset{l\hat{}}{p}) \text{ az } \vec{y} \text{ vektor komponense;}$$

$$A_{k,s} = \frac{\partial \log R_{a,k}^{(T)}(\vec{p})}{\partial \log p_s} \Bigg|_{\vec{p} = \overset{l\hat{}}{p}}, \text{ az } \|A\| \text{ mátrix általános eleme;}$$

$$\Theta_s = \log p_s - \log \overset{l\hat{}}{p}_s, \text{ a } \vec{\Theta} \text{ vektor komponense;}$$

$Q'(\vec{p})$  minimuma esetén

$$\frac{\partial Q'(\vec{p})}{\partial \log p_s} = 0 \quad s = 1, 2, \dots, S.$$

A minimumfeltételből következik a normálegyenletek rendszere, amelynek  $\overset{l\hat{}}{\Theta}$  megoldásához tartozik  $Q'(\vec{p})$  minimuma:

$$\|(\|A^{TRP}\| \cdot \|A\|)\| \cdot \overset{l\hat{}}{\Theta} = \|A^{TRP}\| \cdot \vec{y}. \quad (12)$$

Az

$$\|(\|A^{TRP}\| \cdot \|A\|)\|$$

mátrixot a normálegyenletek mátrixának nevezik. A normálegyenletek megoldása pedig:

$$\overset{l\hat{}}{\Theta} = \|(\|A^{TRP}\| \cdot \|A\|)^{-1}\| \cdot \|A^{TRP}\| \cdot \vec{y} \quad (13)$$

lesz. A  $\hat{\Theta}$  vektor szolgáltatja a  $\hat{p}$  becslés soronkövetkező javított értékét:

$${}^{l+1}\hat{p} = \frac{{}^l\hat{p} + \hat{\Theta}}{2}$$

Az iterációs lépéseket addig kell ismételni, amíg a  $Q'(\vec{p})$  mennyiség értéke nem változik számottevően. A lépésszám automatikusan beállítható valamilyen  $\varepsilon = \varepsilon(\sigma_0, K, S)$  korlát tapasztalati beállításával úgy, hogy az  $|Q'_{l+1} - Q'_l| < \varepsilon$  feltétel teljesülése esetén az iterációs eljárás álljon le, és a  $\hat{p}$  becslésnek a  $Q'_{l+1}$  minimumértékhez tartozó  ${}^{l+1}\hat{p}$  paramétereket tekintjük.

A (7) összefüggésben szereplő – az  $\vec{n}$  véletlen eltérés komponenszt jellemző –  $\sigma_0^2$  diszperzió általában nem ismert. Az interpretáció során lehetőség van  $\sigma_0^2$  becslésére is. Kimutatható, hogy a  $\hat{\sigma}_0^2$  becslés

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\overrightarrow{TRP} \cdot (\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)}(\hat{p})) \cdot (\log R_a^{(M)} - \log R_a^{(T)}(\hat{p}))}{K - S} \quad (14)$$

alakú, a  $\hat{p}$  becslött paramétereket jellemző  $\|D(\vec{p})\|$  kovariancia mátrix becslése pedig

$$\|\hat{D}(\vec{p})\| = \sigma_0^2 \|(\|A^{TRP}\| \cdot \|A\|)^{-1}\| \quad (15)$$

lesz.

A képleteket nem mátrix formában is célszerű felírni, amikor is lineáris egyenletek rendszerét kapjuk:

$$\sum_{s=1}^S B_{is} \cdot \Theta_s = C_i, \quad i = 1, 2, \dots, S, \quad (16)$$

ahol

$$B_{is} = \sum_{k=1}^K A_{ki} A_{ks}, \quad C_i = \sum_{k=1}^K A_{ki} y_k$$

Az ismertetett algoritmus megköveteli a direkt feladat tetszőleges paraméterre való megoldását és a paraméter értékek szerinti parciálisok meghatározását. A differenciálást a karotázs elektromos direkt feladat bonyolultsága miatt célszerű numerikus közelítéssel, differencia hányadosok képzésével elvégezni.

### *Az interpretációs algoritmus alkalmazása rétegenkénti kiértékelésre*

1. Az eljárást megvalósító számítógépi program az előző fejezetben leírtak alapján működik. A mérési kombináció a hazánkban használatos négyféle (optimális, mélybehatolású, rövid és hosszú pseudo) laterolog szondák. Rétegenkénti kiértékelésnél a különböző szelvények alapján kijelölt rétegekre az egyes laterolog szelvények valamilyen módon vett átlagértékét képezzük, és ezek lesznek az  $R_a^{(M)}$  mért mennyiségek. A mérésekből két paramétert ( $R_l$ ,  $D$ ) becslünk úgy, hogy  $R_l$ -nek a mikrolaterolog látszólagos fajlagos ellenállást, mint rögzített számértéket választottuk. A számítógépi program tartalmazza a late-

PLR, PLH, OL, ML laterologok szimulált mérési eredményeinek kiértékelése különböző nagyságú, mérési hiba feltételezése esetén. A modell paraméterei:  $R_m = 1 \Omega m$ ,  $d = 0,15 m$ ,  $R_t = 25 \Omega m$ ,  $D = 2$ ,  $R_t = 200 \Omega m$ . A táblázat első két oszlopában az  $R_t$ ,  $D$  nulladik közelítő becslések értékei találhatóak. A harmadik és negyedik oszlopban a középső számérték a megfelelő paraméter becsült értéke, az első és harmadik érték pedig a megfelelő hiba intervallum alsó és felső határa.  $r(R_t, D)$  a becsült paraméterek közötti korrelációs együttható.

Таблица 2. а-ц

Оценка результатов искусственных измерений с помощью латерологов PLR, PLH, OL, ML для различных принятых ошибок измерений. Параметры модели:  $R_m = 1 \Omega m$ ,  $d = 0,15 m$ ,  $R_t = 25 \Omega m$ ,  $D = 2$ ,  $R_t = 200 \Omega m$ . В первых двух колонках таблицы находятся значения оценок нулевого приближения параметров  $R_t$ ,  $D$ . Третья и четвертая колонки содержат среднее числовое значение оценки соответствующего параметра, а первое и третье значение соответствуют нижней и верхней границе интервала ошибки.  $r(R_t, D)$  корреляционные коэффициенты между оцениваемыми параметрами.

Table 2. a-c

Evaluation of simulated apparent resistivities of four different laterologs (ML, OL, PLR, PLH see the capture of Table 1. for abbreviations) in the case of different simulated measuring errors. The parameters of the original model:  $R_m = 1 \Omega m$ ,  $d = 0,15 m$ ,  $R_t = 25 \Omega m$ ,  $D = 2$ ,  $R_t = 200 \Omega m$ . In the first two columns show the estimated parameters and the lower and upper limit of the error interval.  $r(R_t, D)$  is the correlation coefficient between the two estimated parameters.

mérések hibája $\approx 10\%$				
$\hat{R}_t^0$	$\hat{D}^0$	$\hat{R}_t$	$\hat{D}$	$r(R_t, D)$
200	2	170 - 190 - 214	1,5 - 1,9 - 2,3	0,84
100	2	168 - 189 - 212	1,5 - 1,9 - 2,3	0,85
300	2	171 - 191 - 214	1,5 - 1,9 - 2,3	0,83
100	4	154 - 177 - 204	1,1 - 1,6 - 2,3	0,89
200	4	168 - 189 - 213	1,5 - 1,9 - 2,3	0,84
300	4	173 - 193 - 216	1,7 - 2,0 - 2,4	0,82
mérések hibája $\approx 25\%$				
$\hat{R}_t^0$	$\hat{D}^0$	$\hat{R}_t$	$\hat{D}$	$r(R_t, D)$
200	2	116 - 161 - 224	0,5 - 1,3 - 3,7	0,93
100	2	90 - 144 - 228	0,1 - 0,9 - 5,4	0,96
300	2	124 - 167 - 226	0,6 - 1,5 - 3,5	0,91
100	4	85 - 135 - 214	0,1 - 0,7 - 4,7	0,97
200	4	127 - 170 - 227	0,7 - 1,6 - 3,3	0,90
300	4	136 - 174 - 221	1,4 - 2,1 - 3,3	0,79

mérések hibája  $\approx 40\%$

$\hat{R}_t^0$	$\hat{D}^0$	$\hat{R}_t$	$\hat{D}$	$r(R_t, D)$
200	2	60 – 126 – 266	0 – 0,7 – 16,6	0,97
100	2	41 – 106 – 271	0 – 0,3 – 55,5	0,98
300	2	70 – 140 – 279	0,1 – 1,0 – 13,5	0,96
100	4	93 – 159 – 270	0,2 – 1,2 – 7,3	0,95
200	4	97 – 155 – 248	0,3 – 1,3 – 5,9	0,93
300	4	113 – 170 – 255	0,6 – 1,7 – 4,4	0,88

rologok direkt feladatát megoldó szubrutinokat és a (10) képlet szerint működő iterációs minimumkereső eljárást. Az interpretáció eredményei a  $\hat{\log} R_t$ ,  $\hat{\log} D$  becslések, ezek  $\hat{\sigma}(R_t)$ ,  $\hat{\sigma}(D)$  szórásai és a becsült paraméterek közötti  $r(R_t, D)$  korrelációs együttható.

Az interpretációs eljárást először szimulált mérési eredményeken próbáltuk ki. A szimulált mérési eredményeket a  $\log R_a^{(T)}(\vec{p})$  elméletileg meghatározott érték és egy  $n$  véletlen komponens összegeként állítottuk elő úgy, hogy  $n$  a

$$\sigma = \log \left( 1 + \frac{N}{100} \right)$$

szórású, nulla várható értékű normális eloszlásból vett véletlen minta.  $N$  közelítőleg a mérések százalékos hibáját jelenti. Ilyen szimulált mérések interpretációs eredményeit tartalmazza a  $2.a-b-c$  táblázat  $N = 10, 20$ , illetve  $40$  százalékos hiba esetére. A tapasztalatok szerint az eljárás  $2-3$  iterációs lépés után megtalálja a  $Q(\vec{p})$  függvény minimumát, további iterációs lépések során a minimumhely nem változik lényegesen.

Fontos megvizsgálni azt, hogy az iterációs eljárás kiinduló paramétereit milyen pontossággal kell ismernünk. Ha ugyanis a  $\hat{p}$  nulladik közelítő értékek nagyon különböznek a  $\hat{p}$  becsléstől, elképzelhető, hogy a (9) sorfejtés nem közelíti elég jól a  $\log R_a^{(T)}$  elméleti függvényt, és a  $Q'$  reziduálok sorozata nem konvergál a  $Q$  minimumához. A  $2. a-b-c$  táblázatbeli interpretációs kísérletek alapján több megfigyelést tehetünk. Egy bizonyos nagyságú hiba feltételezésével jó közelítéssel ugyanahhoz a várható értékhez jutunk, hasonló hibatartományokkal, függetlenül a kiindulásként felvett modellől. A feltételezett mérési hiba növekedtével egyre nagyobb lesz a becsült paraméterek hibája, és a becslések is jobban eltérnek egymástól. Ugyancsak nő a paraméterek közötti korreláció is.

Ezek után megvizsgáltuk, hogy milyen eredményeket szolgáltat az eljárás az  $1. táblázatban$  levő, valóságos mérési eredmények esetében. Az interpretáció eredményeit a  $3. táblázat$  tartalmazza. A rétegek általában vékony rétegnek tekinthetők, a  $4. (5,5 m)$ ,  $8. (6,5 m)$ ,  $10. (10,2 m)$  és a  $12. (9,6 m)$  rétegektől eltekintve  $3 m$ -nél vékonyabbak, öt réteg  $2 m$ -nél is vékonyabb. Mivel a közeg

Az 1. táblázatban közölt mérési anyag matematikai statisztikai módszer alapján végzett kiértékelésének eredményei. Az eredmények azt mutatják, hogy az 1. táblázatban kétféle módon kapott paraméterek a hibaintervallumba, vagy annak közelébe esnek.

Таблица 3.

Результаты оценки материала измерений, представленного в таблице 1, проведенной с помощью математико-статистического метода. Результаты показывают, что полученные семью способами результаты таблицы 1 попадают или в интервал ошибки, или лежат вблизи от него

Table 3.

Mathematical statistical evaluation of the measured data given in Table 1. (For explanation see Tables 1. and 2. a-c). It is seen that the results of the two different interpretations in Table 1. are within or very near to the error intervals.

Sor- szám	H (m)	MLL $R_a$	OL $R_a$	PLR $R_a$	$R_a^{PLH}$	$R_a^{ML}$	$\hat{R}_t$	$\hat{D}$	$r(R_t D)$	$\sigma_0(\%)$
1	3,2	6,8	145	13,5	135	140	188-304-496	1,7-2,5-3,5	0,44	40
2	1,5	6,2	22	4,5	18	12,5	24-33-45	2,3-3,5-5,2	0,35	25
3	1,7	6,5	27,5	6	23	16,4	35-44-56	2,4-3,2-4,2	0,37	21
4	5,5	6,2	32,5	7	30,2	17,7	40-51-66	2,1-2,7-3,5	0,42	21
5	1,1	3,2	17,5	4,9	20,1	12,8	25-32-42	1,9-2,5-3,2	0,39	23
6	1,9	6,2	24	6	27,5	15	30-40-54	1,9-2,8-3,2	0,39	23
7	1,3	7	60	6,8	45	27,5	59-86-125	2-2,9-4,1	0,42	31
8	6,5	6,5	50	8	45	20	52-68-90	1,7-2,3-3,1	0,49	24
9	2,2	11,2	100	12	80	115	158-268-454	2,4-3,8-6	0,60	36
10	10,2	8,2	55	9,5	45	22,5	59-76-97	1,9-2,5-3,3	0,49	21
11	2,2	6,5	40	7,5	45	17,5	41-56-78	1,5-2,2-3,1	0,53	27
12	9,6	5,5	7,5	3,5	9	6	5-14-34	1,1-8,1-55	0,95	21



modellje végtelen vastag réteg, ezért az ágyazó rétegek torzító hatásának mutatkoznia kell az interpretáció eredményeiben. Ez a hatás annál nagyobb, minél kisebb a rétegvastagság és minél nagyobb a réteg és az ágyazó környezet között a fajlagos ellenállás kontraszt. Ilyen esetben a (3)-beli  $n$  eltérések nagyok, tehát nagy a mérések hibáját jellemző  $\sigma_0$  szórás. Ez a hatás megfigyelhető a többihez képest nagy ellenállású és vékony 1., 9. és 7. rétegek esetében, amelyeknél a százalékban kifejezett  $\sigma_0$  szórás rendre 40%, 36% és 31%-nak adódott. Külön figyelmet érdemel a 12. réteg ( $H = 9,6$  m) amelynél a  $\sigma_0$  érték kicsi ( $\sigma_0 = 21\%$ ), ami azt jelenti, hogy az elméleti és a mért mennyiségek közel vannak egymáshoz, ezzel szemben a paraméterek gyengén meghatározottak. Ugyanakkor nagy a paraméterek közötti korrelációs együttható ( $r(R_t, D) = 9,95$ ). Ez utóbbi azt jelenti, hogy az  $R_t, D$  paraméterek nem határozhatók meg egymástól függetlenül; az egyik paraméterben bekövetkezett változás hatása kompenzálható a másik paraméter alkalmas változtatásával.

A vizsgált anyagon szerzett tapasztalatok szerint  $R_t$  kedvező esetben 15–25% relatív hibával határozható meg, az ágyazó rétegek hatásának növekedésével azonban a hiba erősen megnő.  $D$  meghatározottsága kedvező esetben is csak 25–30%. A kapott interpretációs eredményeket összehasonlítva a determinisztikus elven operáló, klasszikus interpretáció eredményeivel, látható, hogy nincs semmi különös abban, hogy az egyes determinisztikus algoritmusok eredményei között esetenként jelentős eltérések vannak. Általában elmondható, hogy ezek az eredmények a statisztikus interpretáció hibaintervallumába esnek, vagy ahhoz közeli értékek.

### *Digitalizált elektromos szelvények pontonkénti kiértékelése*

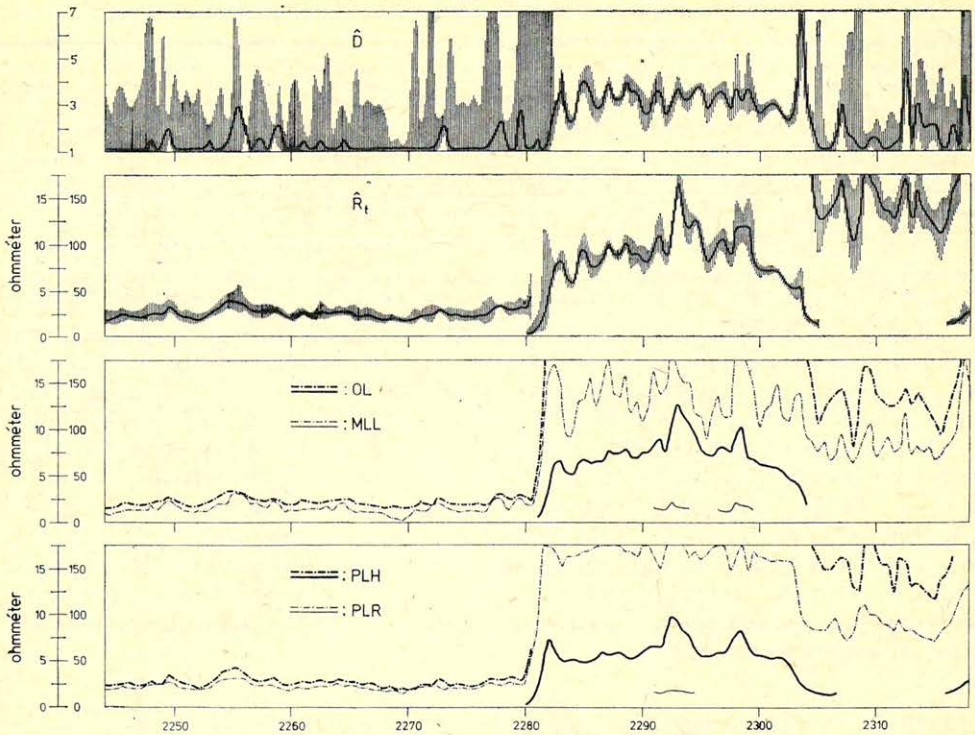
Az első részben ismertetett algoritmust alkalmaztuk laterolog szelvények pontonkénti kiértékelésére is. A 0,5 m-enként digitalizált szelvényértékeket a végtelen vastag réteg modelljével értékeltük ki, tekintet nélkül arra, hogy vastag réteg belsejében, vagy réteghatár környékén helyezkedtek el a pontok. A rétegenkénti kiértékelésnél tapasztalt paraméter hibák nagysága miatt ebben az esetben egyszerűsítettük a kiértékelési eljárást úgy, hogy a minimumkeresés csupán a paraméter tér diszkrét pontjaiban történik. Így a számítási idő körülbelül két nagyságrenddel kevesebb lett. A paraméter skálák diszkrétizálása úgy történt, hogy a soron következő diszkrét paraméter érték az előbbinek 1,072-szerese (logaritmikusan ekvidisztáns felosztás).

A vizsgált szelvényanyag egy az Alföldön mélyített fúrásban készült, optimális laterolog, rövid és hosszú pseudo-laterolog és mikrolaterolog mérésekből áll. Az elárasztott zóna fajlagos ellenállásának itt is a mikrolaterolog látszólagos fajlagos ellenállást választottuk. A kiértékelés eredményei a  $\hat{D}$  és  $\hat{R}_t$  becslések, valamint ezek egyszeres szórásának megfelelő hibaintervallumok a mélység függvényében. A mérési anyag és a kiértékelés eredményei a 2. ábrán láthatók. Három szakasz különíthető el a vizsgált zónában:

2244 m – 2281 m: impermeabilis agyag réteg;

2281 m – 2304 m: permeabilis, szénhidrogén-tartalmú zóna;

2304 m – 2319 m: permeabilis, víztartalmú zóna.



GEO 02/1-2

2. ábra. Egy alföldi fúrásban felvett digitalizált elektromos mérési anyag pontonkénti kiértékelése. A  $\hat{D}$  és  $\hat{R}_t$  szelvényen a folytonos vonal a megfelelő paraméterek becslései, a vonalkázott rész az egyszeres szórásnak megfelelő hiba intervallum a mélység függvényében.

Рис. 2. Поточечная оценка дигитализованного материала электрических измерений, записанного в одной из скважин Большой Венгерской Низменности. На графике  $\hat{D}$  и  $\hat{R}_t$  сплошная линия – оценка соответствующих параметров, заштрихованная часть – интервал ошибки, соответствующий однократному разбросу, как функция глубины.

Fig. 2. Evaluation of digitized electrical logs on the basis of mathematical statistical methods. On the  $\hat{D}$  and  $\hat{R}_t$  logs the curves are the estimates of the parameters (relative depth of infiltration and true resistivity, respectively), and the vertical lines give their error intervals.

$R_t$  szelvény: Legnagyobb bizonytalanság mutatkozik az agyagréteg-szénhidrogén zóna kontaktusánál, ugyanis itt a legnagyobb a réteghatár-effektus (2280 m–2282 m között). A feltételezett végtelen vastag réteg modell ebben az esetben nagyon rosszul közelíti a valóságos viszonyokat, azaz nagyok az  $n$  eltérések. Hasonlóképpen megnő a hiba a szénhidrogénes zóna alsó, vizes réteggel érintkező szakaszában is (2303 m–2305 m), itt azonban kisebb a fajlagos ellenállás kontraszt mint a felső réteghatárnál. Legkisebb hibák a szénhidrogénes szakasz belsejében adódtak, a vizes zónában esetenként nagyobb hibák is előfordulnak.

$\hat{D}$  szelvény: Igen nagy hibák adódtak az agyagréteg esetében. Ennek magyarázata az, hogy a közeg modellje itt is háromréteges, azonban a valóságban elárasztódás nem jön létre. Tehát az eljárás két azonos fajlagos ellenállású réteg között „keresi” a réteghatárt. A fizikailag irreális mennyiség becslése természetesen nagy hibával történik. Legkisebb hibával jellemzett a becslés a szénhidrogénes zónában. Itt nagy a fajlagos ellenállás kontraszt az elárasztott és bolygatatlan zóna között. Ennél nagyobb hibák adódtak a vizes zónában, ahol a fajlagos ellenállás kontraszt lényegesen kisebb, mint a szénhidrogénes szakaszban.

#### IRODALOM

- Barlai Z.*: Fúrólukban végzett geofizikai vizsgálatok speciális problémái. NIM DOK Budapest, 1971.
- Baráth I. – Drahos D. – Kovács J.-né – Salát P.*: Görbeseregek a fajlagos ellenállás meghatározására. A M. Á. E. L. Geofizikai Intézet kiadványa pp. 1 – 184. VIZDOK, Budapest, 1979.
- Drahos D.*: Karotázs elektromos görbék számítása a lineáris szűrés elméletén alapuló módszerrel. A Numerikus szűrési módszerek alkalmazásai a geofizikai adatok feldolgozásában c. jegyzet 10. fejezete, pp. 225 – 249. MGE kiadványa, 1973.
- Drahos D. – Salát P.*: The strategy for the interpretation of surface and borehole electromagnetic soundings based on the information theory and the linear filter theory. 19<sup>th</sup> Geophysical Symposium Contribution, Torun, 1974.
- Drahos D. – Salát P. – Torkos P.*: A karotázs elektromos szondázások felvételének és interpretációjának effektivitásvizsgálatai közel koaxiális rétegzettségű végtelen vastag fúróluk környezet esetében. Kutatási jelentés; készült az OKGT OGIL megbízásából az ELTE Geofizikai Tanszékén pp. 1 – 106. 1977.
- Hudson D. J.*: Statistics, Genf, 1964.
- Vincze I.*: Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. 2. kiadás, Budapest, 1975.

# Karotázs értelmezési rendszer (KISS) TPA — 70/25-ös számítógépen, és nyelve a GPL (Geophysical Programming Language)\*

M O L N Á R G Á B O R\*\*

*A korszerű karotázs értelmezés számítógépes feldolgozást igényel. Ennek érdekében készült el a KISS rendszer, mely a leggyakrabban előforduló litológiákra érvényes értelmezési eljárásokat foglalja magába.*

*Kezdve az adatelőkészítéstől a végeredmények szemléletes megjelenítéséig. A geofizikai és számítástechnikai szakág között teremt kapcsolatot a GPL geofizika orientált programnyelv. Az ipari alkalmazhatóságot néhány gyakorlati példán mutatja be a cikk.*

*Современная интерпретация каротажных диаграмм производится на ЭВМ. Для этого была разработана система под названием KISS. Она включает в себя методы, действенные на важные типы литологии от подготовки данных до наглядных изображений конечных результатов. Программный язык GPL, ориентированный к геофизике, производит связь между отраслями геофизики и вычислительной техникой. В статье будет показано несколько практических примеров применимости этой системы.*

*Modern log interpretation requires computer processing. For this purpose subsystem KISS was developed. Subsystem KISS is made up of interpretation processes valid for the most frequent lithologies.*

*GPL program language relates geophysics to scientific and technic calculations. This paper demonstrates some routine applications in the field.*

## Bevezetés

A megfelelő jó kvantitatív karotázs értelmezés igen sok munkát és számítást igényel. A szolnoki Kőolajkutató Vállalatnál 1980 közepéig jórészt kézzel, illetve egy *EMG 666*-os géppel végezték ezeket a számításokat. Természetesen így sok ideig tartott egy-egy feldolgozás, és kevés cross-plot készítésre, ellenőrzésre adott lehetőséget.

Munkahelyemre való kerülésem óta vezetőim minden segítséget megadtak egy új egységes feldolgozási rendszer kialakításához, és geofizikus kollégáim vezetésével elkészültek a feldolgozási fázisok folyamatábrái. A szolnoki Kőolajkutató Vállalatnál meglévő kisgép konfigurációra készült el a *KISS* rendszer, de bármely legalább *32K* központi memóriájú gépen futtatható a megfelelő verzió.

A kompatibilitást lehetővé teszik a FORTRAN nyelven írt programjai, valamint az egységes periféria és monitor kezelő rendszere. Az egyes alrendszerek egymástól viszonylag függetlenek, modulárisak, ami a fejleszthetőségét és a geofizikai szempontból is könnyű bővítést teszi lehetővé. Figyelembe véve a mélyfúrási geofizikai kiértékelések intuitív voltát, a rendszer maximálisan interaktívan kezelhető. Ennek ellenére tetszés szerint automatikusan is futtatható akár egy teljes feldolgozás is, a GPL nyelv segítségével.

\* Az IFJÚ SZAKEMBEREK ANKÉTJÁN első előadói díjat nyert dolgozat. Visegrád, 1981. márc. 26–27.

\*\* Kőolajkutató Vállalat, Geofizikai Főosztály, Szolnok.

A *KISS* rendszer karotázs szelvények feldolgozására szolgáló számítástechnikai eszköz, mely az értelmező geofizikusoknak a következő lehetőségeket, segítségeket nyújtja:

- az input szelvényeket egy adatelőkészítő rendszer digitalizálja, ami nagy pontosságot, gyors adatelőkészítést biztosít;
- az értelmező litológiatípusok között válogatva döntheti el a megfelelő feldolgozást, majd fázisonként egyre több adat birtokában hozhatja meg döntését;
- az egyes döntésekhez nagy mennyiségű információt kaphat a rendszertől, tetszőleges megosztásban;
- a gép ismerete nélkül speciális geofizikai nyelven kommunikálhat a géppel interaktívan, vagy választhat a már jól bevált feldolgozások között,
- a gép lehetővé teszi a gyors és pontos, naprakész értelmezés elvégzését;
- a végeredmény, valamint a feldolgozási menet könyvtározása révén évekkel visszamenőleg előkereshetők a telepek, kutak adatai.

## I. A *KISS* verziói, létrejötte, hardware lehetőségei

*Első verzió (1980.06.01 – 1981.02.01.)*

A vállalat Geofizikai Értelmezési Osztályára 1978-ban telepítettek egy *TPA-70/25*-ös *VILATI* gyártmányú számítógépet, teljes alapkiépítéssel:

- központi egység;
- 32 Kbyte operatív memória,
- lyukszalag olvasó,
- lyukszalag lyukasztó,
- *DZM* mátrixnyomtató,
- display konzol.

1980 tavaszáig ez az alapgép is kihasználatlanul állt. A szerény, de szabad lehetőségekkel (hardware) jöhetett létre a *KISS* rendszer első, papírszalagos verziója.

A programrendszer igazodott a szűkös memóriaterülethez, így minden adattárolást papírszalagon kellett megoldani, melyhez lineáris átviteli megoldást kellett találni. Már ez a viszonylag kényelmetlen rendszer (papírszalagos tárolás) is nagyszögrendekkel megjavította az eredmények biztonságát, lecsökkentette a feldolgozási időt. Ezen rendszer folyamatábrájának hét fázisa látható az *1. ábrán*.

Mint a bevezetésben említettem, a *KISS* rendszert elsősorban – a jelenlegi feltételekhez igazodó – a megbízhatóbb, pontosabb információszerzésre való törekvés hozta létre. Mivel kézzel például egy frekvencia-plot elkészítése 100–300 adat esetén hosszú órákat igénybevevő, fáradságos kézi munka, addig a gép 1 perc alatt több példányban ki is nyomtatja.

Az idő, amely egy teljes értelmezői fázis kérése, és a rá adott válasz között eltelik (a *KISS* rendszer esetén ez interaktív esetben 5 perc, batch esetben 1 óra alatt van) jelentős anyagi megtakarítással járhat, például cementezés, és egyéb gyors elhatározást követő döntéseknél.

FOLYAMATÁBRA  
 vegyes porózitású metamorf szénhidrogéntárolók  
 mélyfúrású geofizikai szelvényeinek feldolgozásához



1. ábra

Рис. 1.

Fig. 1.

Második verzió: (1981.02.01 – 1981.06.01)

1981 elején beérkezett egységek lehetővé tették a rendszer kibővítését, gyorsaságának növelését, kezelhetőbbé tételét:

- 64 Kbyte operatív memória,
- CM 5400 disc-egység (2 db),
- Videoton lineprinter.

Azonban még mindig nagyon gépfüggő a rendszernek ez a változata is, ismerni kell hozzá egyes FORTRAN megkötéseket, és csak alfanumerikus printerek álltak rendelkezésre, ami a szelvény visszarájzolást, eredmény megjelenítést nehézkessé tette.

A KISS/DILOG kispépre írt (EMG-666) program lehetővé tette a szelvények gyors digitalizálását. Egy feldolgozástípus egy fázisa látható a 2. ábrán.

Harmadik verzió (1981. 06.01 –)

Az előbb említett output periféria hiányosságokat küszöböli ki az érkezett:

- VERSATEC elektrosztatikus plotter,
- TEKTRONIX grafikus display.

A KISS rendszer egységes perifériakezelő rendszere ezen egységek bekapcsolódását is lehetővé tette. A rendszer immár bonyolódó kezelését egyszerűsíti le a GPL nyelv, mely teljesen gép- és programnyelv független kezelési lehetőséget biztosít a geofizikus interpretátor számára. A GPL interpreter a KISS rendszer logikai inputjára csatlakozik. Egy fázis feldolgozása látható a 3. ábrán.

## LITOLÓGIAI JELLEMZŐK

INPUT konstans	INPUT szelvényváltozó	*CNS MOD* 01 ⇒ CONSTANS N ⇒ N. iterációs változó }ra	
FINM, FINF, ATM, ATF, DEM, DEF, SP, TG CX, TG CN, RSH, BRSH, RTX.	AT, DE, FILM, TGC, SP,	$JM = \frac{ATF - AT}{DE - DEF} \cdot 0,003$ $JN = \frac{FINF - FILM}{DE - DEF}$ $JO = \frac{FINF - FILM}{ATF - AT} \cdot 0,330$ $JSP = \frac{SP}{SPS}$ $VSSP = (1 - JSP)$	<p>A TA (ME, SP, TGC, VS, VSKV, VSDA, VSSP, VSR1, VSR 2)</p> <p>TA (ME, JM, JN, JO)</p> <p>B F PLOT (JM, JN) F PLOT (JM, JO) F PLOT (JO, JN) F PLOT (FILM, VS) F PLOT (AT, VS) F PLOT (VS, 1/RT) F PLOT (VS, 1/RTX) F PLOT (VS, VSKV) F PLOT (VS, VSDA) F PLOT (VS, VSTG) F PLOT (VS, VSSP)</p>
OUTPUT konstans	OUTPUT szelvényváltozó	$VSTG = \frac{TGC - TG CN}{TG CX - TG CN} (= JTG)$ $VSR1 = \left[ \frac{RSH}{RT} \right] \frac{1}{BRSH}$ $VSR2 = \left[ \frac{RSH}{RT} \cdot \frac{RTX - RT}{RTX - RSH} \right] \frac{1}{BRSH}$ $VSKV = JTG \cdot (1 - JSP)$	<p>C L JN (VS, VSKV, VSDA)</p>

GEO 81/5-2

2. ábra. A feldolgozás egy fázisa

Рис. 2. Одна из фаз обработки

Fig. 2. A phase of the processing

```

MAIN KUT- 11.
READ AT
READ TG
READ NG
READ ROL
READ RMLL
FASE 1,1
FASE 1,2
FASE 1,3
TABL ME, SP, TG, VS, VSKV, VSDA, VSSP, VSR1, VSR2
TABL ME, JM, JN, JO, ME
PLOT JM, JN ; LIN 0-1, LIN 0-1
PLOT FILM, VS ; LIN 0,05, LIN 0 1
PLOT AT, VS ; LIN 150 - 400, LIN 0-1
PLOT VS, RT ; LIN 0-0,5, GYOK 0-200
LOG VS, VSKV, VSDA

END

```

GEO 81/5-3

3. ábra. Egy fázis feldolgozása GPL nyelven

Рис. 3. Обработка фазы на языке ГПЛ

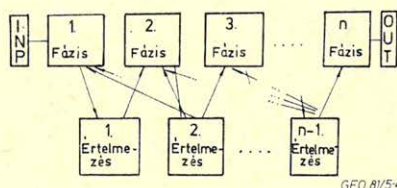
Fig. 3. The processing of a phase on language GPL

## 2. A jelenlegi KISS rendszer leírása

### 2.1. A KISS rendszer rövid geofizikai leírása.

Jelenleg egy technikai szelvény feldolgozó alrendszer, valamint három litológiatípusra kialakított karottázs értelmezési alrendszer készült el:

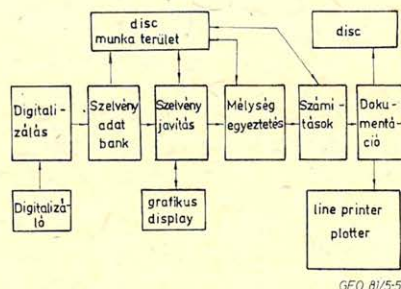
1. Üledékes (elsődleges porozitású) agyagos szénhidrogén-tárolók.
2. Elsődleges porozitású (összetett litológiájú) törmelékes szénhidrogén-tárolók.
3. Vegyes (elsődleges és repedezett) porozitású metamorf szénhidrogén-tárolók.



4. ábra. Az interaktív feldolgozás folyamata

Рис. 4. Процесс интерактивной обработки

Fig. 4. The process of the interactive processing



5. ábra. A szelvényfeldolgozás-értelmezés-lépései

Рис. 5. Ступени обработки-интерпретации профиля

Fig. 5. The steps of the processing-interpretation of the profile

A litológiatípusok, valamint ezekben felhasznált eljárások száma egyre bővül, illetve tetszőlegesen bővíthető. A gép sematikus precizitása, gyorsasága és nagy adattömeget biztosító eljárásai az interaktív üzemmód miatt jól ötvöződnek az értelmező geofizikus tudásával, tapasztalatával, intuíciójával. Ezt a feldolgozási folyamatot, mely a gép és emberi értelmezés felváltott alkalmazását szemlélteti – tetszőleges visszalépést megengedve – sematikusán a 4. ábra mutatja. Az egyes gépi fázisok 5–10 újabb kútparaméter meghatározását jelentik, valamint több táblázat, plot, szelvény nyomtatását, rajzolását. Az értelmezés lépései a következők (5. ábra).



1. A feldolgozás adatelőkészítéssel kezdődik (digitalizálás), majd a szelvényadatok gépbe vitelével (egy discen levő aktuális munkaterületre) megkezdődhet a tényleges munka.

2. Szelvények visszarájzolása ellenőrzés céljából, a hibák kijavítása.

3. A mért szelvények mélységegyeztetése grafikus displayen, valamint plotter segítségével.

4. Alapkonstansok megállapítása, valamint a feldolgozástípus, vagyis a litológia kijelölése az egyes rétegekben, valamint a számítási mód kijelölése.

5. Mélység helyes input szelvénytörés esetén elkezdődhet az 1. ábrán látható, már említett fázisonkénti értelmezés.

6. Megfelelő eredmény esetén további fázissal folytatható az eljárás, mivel az ezekhez szükséges paramétereket, konstansokat az előző fázis táblázatai, plotjai, szelvényei biztosították.

7. Nem megfelelő eredmény esetén újabb konstansokkal, paraméterekkel újra lefutatható a feldolgozás. Vagy ugyanazokkal, de a rendszerben levő eljárások iterációs jellegénél fogva ez az újrafuttatás pontosítja a kapott adatokat.

8. Megbízható kielégítő végeredmény esetén a kút egy egységes dokumentációja készül el, mely a felhasznált kútparamétereket tartalmazza táblázatosan, a felhasznált plotokat, valamint az alapszelvények összerajzolt szelvényeit, illetve a kért végeredményt szelvények formájában plotteren megjelenítve.

9. A kút dokumentációja, feldolgozási menete *GPL* nyelven a disc munkaterületéről permanens könyvtárba kerül, onnan 1–2 évig tetszőlegesen visszakereshető.

## 2.2. A KISS rendszer által nyújtott szolgáltatások.

A KISS rendszer nyújtja az összes eddigi, a vállalatnál használt feldolgozási menetekhez szükséges számításokat, plotok készítését, szelvények, grafikonok rajzolását, összerajzolását. Ezenkívül mód van több, eddig igen papír- és munkajényes rajzok, feldolgozások elkészítésére és újszerű feldolgozási lehetőséget is ad.

A számítógépes feldolgozás igen *meggyorsította* a feldolgozás menetét, és ami még lényegesebb, az összehasonlíthatatlanul több információ (plotok, szelvények, táblázatok) birtokában az értelmező *pontosabban, biztonságosabban* el tudja dönteni a helyes értelmezési eljárást és meg tudja határozni a tároló paramétereket. Mindezek bizonyítéka a KISS gyakorlati alkalmazása egy-egy teljes értelmezés elősegítésében.

A 6–14. ábrák a gyakorlati alkalmazás néhány jellemzőjét mutatják be:  
– a 6. ábra a konstansok táblázata, amely az egyes feldolgozási fázisok során folyamatosan töltődik fel;

– a 7. ábra néhány táblázat fejlécét szemlélteti;

– 8–12. ábrák jellemző cross-plotokat és kiértékeléseiket mutatja;

– a 13. ábra egy komplex tároló térfogati összetételének szelvényeszerű megjelenítését mutatja;

– a 14. ábrán egy értelmezési eredmény ellenőrzése látható, *RT* és *RTO* (= *RT*, ha *SW* = 1) visszaállításával.

K K I SSSS SSSS KAROTACE INTERPRETER SUBSYSTEMS  
 K K I S S TABULATE FROM KABA - DEL - 2.  
 I AM RESULT OF KKK I SSSS SSSS DATE = 1981. 04. 24.  
 K K I SSSS SSSS INTERVAL /% = 2037 2062  
 TYPE =

DEMU	RMU	FNE1	FNE2	FCE	ZD
1.78	0.90	270.00	219.00	26.00	9.00
**	**	G10L	FINH	FINF	FINS
0.00	0.00	0.10	0.04	1.00	0.34
ATM	ATF	ATS	DEM	DEF	DES
190.00	620.00	330.00	2.79	1.03	2.36
SPS	TCGX	TCGN	RTX	RSH	BRSH
13.50	9.50	3.10	285.00	2.00	1.50
BN	BAT	BDE	BFLI	FIM1	FIM2
0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04	0.06
ATM1	ATH2	DEM1	DEM2	RMF	RW
184.00	200.00	2.65	2.81	0.13	0.09
BA	BM	FINV	FICH	ATW	ATCH
1.00	2.20	1.00	0.85	620.00	000.00
DEV	DECH	BSWV	BSWC	BLM	BL11
1.05	0.60	0.17	0.25	2.60	0.04
BL12	BL13	BL14	*SW*	*FI*	*NL*
-0.03	-0.10	-0.24	0.00	0.00	0.00
*CO*	*VS*	*DA*	*R *	*#*#	*SX*
0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00

GEO 81/5-6

6. ábra. A feldolgozás konstansainak táblázata

Рис. 6. Таблица постоянных типичных таблиц обработки.

Fig. 6. The table of the constants of the processing

A rendszer viszonylag független alrendszerek összessége, melyeknek közös vonásaik az egyes input-output rendszer, amely a *GPL* interpreter-monitorral tartja a közvetlen kapcsolatot, valamint a közös adatstruktúra. Ez az adatstruktúra tulajdonképpen a rendszer munkaterülete (mely disc-en található) és egy speciális szekvenciális feldolgozást támogató elrendezés. Ebből következően a feldolgozás mélységpontonként történik, és az alrendszerek tetszőleges sorrendben operálhatnak rajta. Az egyes alrendszerek funkciói a *GPL* geofizikai programnyelv parancsszavaival aktiválhatók. Ezen parancsok értelemszerűen geofizikai rövidítések (lásd később a *GPL*-ről szóló részben), illetve a szelvények saját nevéikkel azonosíthatók csakúgy, mint a számított paraméterek, szelvények.

Az egyes alrendszerek (lásd 15. ábra) és funkcióik:

1. *Szelvénybeolvasó*, szelvény-editor. Feladata az egyes digitalizált szelvények munkaterületre vitele, az összetartozók összegyűjtése. A szelvényekben előfordult digitalizálási hibák javíthatók vele, valamint tetszőleges számú réteghatár jelölhető ki, mely rétegekhez külön-külön konstans-tábla tartozik.

2. *Táblázatkészítő*. Az aktuális fizikai output perifériától (line-printer, display stb.) függő számú tetszőleges típusú (mért szelvény, számított paraméter, szelvény) és sorrendű adatsor mélységpontonkénti kinyomtatása. Minden lapot azonosító fejléccel lát el.

I AN RESULT OF	K	K	I	SSSS	SSSS	KAROTACE INTERPRETER SUBSYSTEMS				DE	RMLL
	K	K	I	S	S	TABULATE FROM KABA - DEL - 2.					
	KKK	I	SSSS	SSSS	DATE = 1981. 04. 24.						
	K	K	I	S	S	INTERVAL /M/ = 2057 2062					
		HE	TC	NC	ROL	DL	SP	AT			
2057.00		5.60		1.47	3.00	24.68	6.80	368.00	2.53	1.90	
2057.50		5.70		1.53	3.00	24.89	7.10	354.00	2.53	1.76	
2058.00		5.50		1.65	3.00	24.68	7.90	319.00	2.48	2.00	
2058.50		4.70		2.05	83.00	30.13	8.20	259.00	2.42	8.50	
2059.00		3.60		2.27	200.00	25.31	9.30	200.00	2.57	13.00	
2059.50		3.10		2.00	160.00	21.96	9.60	355.00	2.54	8.50	
2060.00		3.30		1.75	29.00	22.16	9.30	330.00	2.52	5.00	
2060.50		4.10		2.00	30.00	22.50	9.60	330.00	2.60	3.00	
2061.00		4.10		2.18	27.50	23.21	9.30	330.00	2.52	7.50	
2061.50		4.90		2.00	12.50	21.96	9.30	290.00	2.47	6.50	
2062.00		5.60		1.90	7.50	22.06	9.30	300.00	2.50	4.00	

I AN RESULT OF	K	K	I	SSSS	SSSS	KAROTACE INTERPRETER SUBSYSTEMS				RX0	RT
	K	K	I	S	S	TABULATE FROM KABA - DEL - 2.					
	KKK	I	SSSS	SSSS	DATE = 1981. 04. 24.						
	K	K	I	S	S	INTERVAL /M/ = 2057 2062					
		HE	FILM	FISD	FIDO	FIGN	FICS	TGC			
2057.00		0.27		0.26	0.29	0.19	0.16	6.24	1.59	3.17	
2057.50		0.25		0.26	0.21	0.17	0.14	6.39	1.76	3.14	
2058.00		0.21		0.23	0.16	0.12	0.09	6.13	2.00	3.11	
2058.50		0.09		0.12	0.05	0.01	0.00	6.23	8.50	91.28	
2059.00		0.10		0.13	0.06	0.02	0.00	4.09	13.00	220.78	
2059.50		0.16		0.18	0.12	0.05	0.05	3.17	8.50	176.83	
2060.00		0.21		0.23	0.16	0.12	0.09	3.91	31.67	31.67	
2060.50		0.16		0.18	0.11	0.07	0.04	4.27	3.50	32.94	
2061.00		0.13		0.15	0.01	0.04	0.01	4.36	7.50	29.72	
2061.50		0.16		0.19	0.12	0.06	0.05	5.00	6.50	13.17	
2062.00		0.18		0.20	0.14	0.10	0.07	3.74	4.00	7.89	

I AN RESULT OF	K	K	I	SSSS	SSSS	KAROTACE INTERPRETER SUBSYSTEMS				FEA	FED
	K	K	I	S	S	TABULATE FROM KABA - DEL - 2.					
	KKK	I	SSSS	SSSS	DATE = 1981. 04. 24.						
	K	K	I	S	S	INTERVAL /M/ = 2057 2062					
		HE	FI	FIE	VI	V2	VS	#V			
2057.00		0.11		0.11	0.40	0.00	0.49	0.04	0.25	0.00	
2057.50		0.10		0.10	0.43	0.00	0.47	0.03	0.23	0.09	
2058.00		0.14		0.14	0.44	0.00	0.41	0.01	0.14	0.17	
2058.50		0.13		0.13	0.81	0.00	0.06	-0.00	0.12	0.20	
2059.00		0.12		0.12	0.06	0.00	0.02	0.05	0.20	0.12	
2059.50		0.18		0.18	0.01	0.00	0.01	0.03	0.38	0.14	
2060.00		0.18		0.18	0.69	0.00	0.13	0.07	0.20	0.14	
2060.50		0.13		0.13	0.73	0.00	0.14	0.07	0.20	0.09	
2061.00		0.10		0.10	0.74	0.00	0.15	0.02	0.23	0.13	
2061.50		0.09		0.09	0.63	0.00	0.20	0.00	0.14	0.13	
2062.00		0.10		0.10	0.59	0.00	0.31	0.01	0.13	0.13	

I AN RESULT OF	K	K	I	SSSS	SSSS	KAROTACE INTERPRETER SUBSYSTEMS				RT0	RX00
	K	K	I	S	S	TABULATE FROM KABA - DEL - 2.					
	KKK	I	SSSS	SSSS	DATE = 1981. 04. 24.						
	K	K	I	S	S	INTERVAL /M/ = 2057 2062					
		HE	SWL	SW2	SW3	SK01	SK02	SK03			
2057.00		0.90		0.46	2.38	0.97	0.93	3.94	2.52	2.84	
2057.50		0.96		0.48	2.64	0.98	0.85	4.06	2.54	3.17	
2058.00		0.89		0.49	1.81	0.96	0.75	2.61	2.38	2.79	
2058.50		0.36		0.11	0.42	0.71	0.64	1.46	0.88	13.46	
2059.00		0.30		0.11	0.31	0.67	0.67	1.32	15.20	21.56	
2059.50		0.23		0.10	0.23	0.61	0.60	1.09	6.86	9.83	
2060.00		0.41		0.14	0.50	0.74	0.59	1.37	4.34	5.76	
2060.50		0.49		0.14	0.69	0.79	0.89	2.25	6.96	8.91	
2061.00		0.59		0.16	0.93	0.84	0.54	2.05	9.46	11.73	
2061.50		0.68		0.20	1.43	0.88	0.40	2.33	5.66	6.61	
2062.00		0.80		0.30	1.74	0.93	0.57	2.80	4.78	5.54	

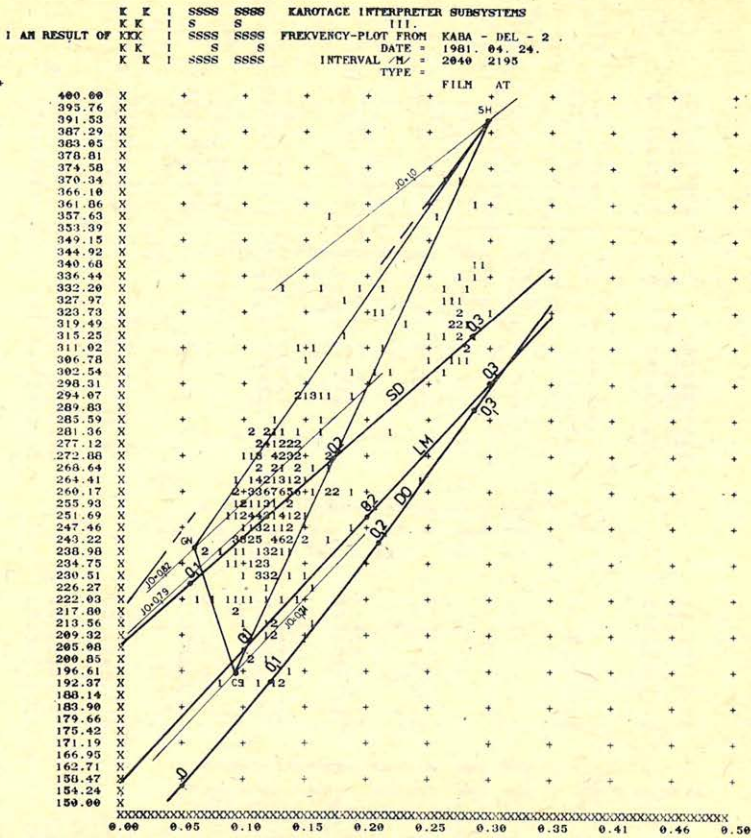
I AN RESULT OF	K	K	I	SSSS	SSSS	KAROTACE INTERPRETER SUBSYSTEMS				HE
	K	K	I	S	S	TABULATE FROM KABA - DEL - 2.				
	KKK	I	SSSS	SSSS	DATE = 1981. 04. 24.					
	K	K	I	S	S	INTERVAL /M/ = 2057 2062				
		HE	FI	VS	SWR	K1	K2			
2057.00		0.11		0.49	1.01	0.56	0.10	2057.00		
2057.50		0.10		0.47	1.07	0.52	0.05	2057.50		
2058.00		0.14		0.41	0.74	3.78	1.85	2058.00		
2058.50		0.13		0.06	0.33	13.26	3.31	2058.50		
2059.00		0.12		0.02	0.27	12.65	2.71	2059.00		
2059.50		0.10		0.01	0.26	76.37	50.43	2059.50		
2060.00		0.18		0.13	0.37	39.77	16.11	2060.00		
2060.50		0.13		0.14	0.44	6.56	1.56	2060.50		
2061.00		0.10		0.15	0.51	1.58	0.25	2061.00		
2061.50		0.09		0.20	0.75	0.56	0.08	2061.50		
2062.00		0.10		0.31	0.79	0.59	0.09	2062.00		

GEO 81/5-7

7. ábra. A feldolgozás néhány tipikus táblázatának fejlécei

Рис. 7. Заголовки некоторых типичных таблиц обработки

Fig. 7. The headings of some typical tables of the processing



8. ábra. Fplot (FILM, AT)

Рис. 8. Fplot (FILM, AT)

Fig. 8. Fplot (FILM, AT)

3. *Frekvencia-plot készítő.* Feladata két tetszőleges mélységpontonkénti meglévő szelvény, számolt szelvény értékeiből plot készítése. A plotok skálája és a skálák beosztására 8 féle standard skála áll rendelkezésre, de más egyéb is megadható. Az egyes tengelyekre kerülő értékeket tetszőleges, ugyanahhoz a réteghez tartozó szelvényvel, konstanssal el lehet osztani a plot készítésekor. A kész plotot tetszőleges outputra rajzolja.

4. *Z-plot készítő.* Teljesen hasonló a frekvencia plot készítővel, csak egy 3. szelvényt átlagol a megfelelő pontokban.

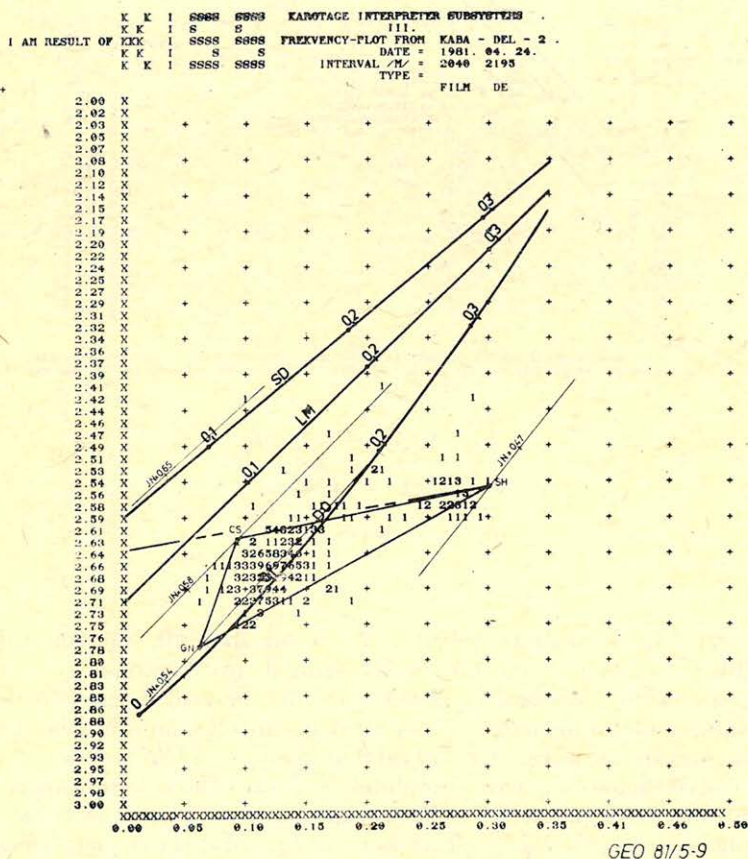
5. *Szelvényrajzoló.* Feladata az aktuális outputra (plotter, grafikus display, line printer) szelvények, számolt mélységpontonkénti paraméterek kirajzolása. 1:200-as mélységléptékben tetszőleges standard, illetve szabadon választott léptékben, skálán maximum öt darab szelvényt, függvényt tud egymásra rajzolni.

6. *Adatelőkészítő.* Kevés adatsor esetén (pl. ferdeség kiértékelésénél) gyorsabb (vagy csak így megoldható) közvetlenül a „gépbe írni” az adatokat digitalizálás helyett. Ezt teszi lehetővé az adatelőkészítő alrendszer.

7. *Mélységegyeztető.* Grafikus displayen interaktív mélységegyeztetést tesz lehetővé. Az egyes mért szelvények tetszőleges szakaszai egy lineáris függvénynek megfelelően egymáshoz képest eltolhatók.

8. *Bankkezelő.* Egy sűrített adatbankba írja, illetve onnan visszakeresi a megadott kút adatait, feldolgozási állapotát.

9. *Fázisok.* Különböző litológiaiákhöz tartozó számítási módszereket, képleteket tartalmazza, melyek használatával újabb mélységpontként számított grafikonokat, paramétereket kaphatunk meg az alapadatokból. Az értelmezés igényei szerint a meglévők újabbakkal bővíthetők, illetve javíthatók.

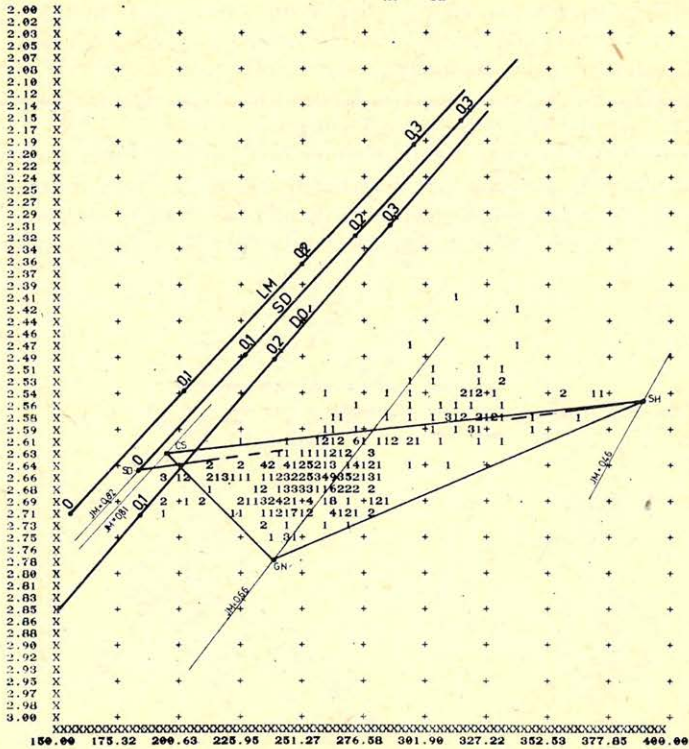


9. ábra. FPLLOT (FILM, DE)

Puc. 9. FPLLOT (FILM, DE)

Fig. 9. FPLLOT (FILM, DE)

K K I SSSS SSSS KAROTAGE INTERPRETER SUBSYSTEMS  
 K K I S S III.  
 I AM RESULT OF KKK I SSSS SSSS FREKVENCY-PLOT FROM KABA - DEL - 2 .  
 K K I S S S DATE = 1981. 04. 24.  
 K K I SSSS SSSS INTERVAL / 2% = 2040 2195  
 TYPE = AT DE



10. ábra. Fplot (AT, DE)  
 Puc. 10. Fplot (AT, DE)  
 Fig. 10. Fplot (AT, DE)

GEO 81/5-10

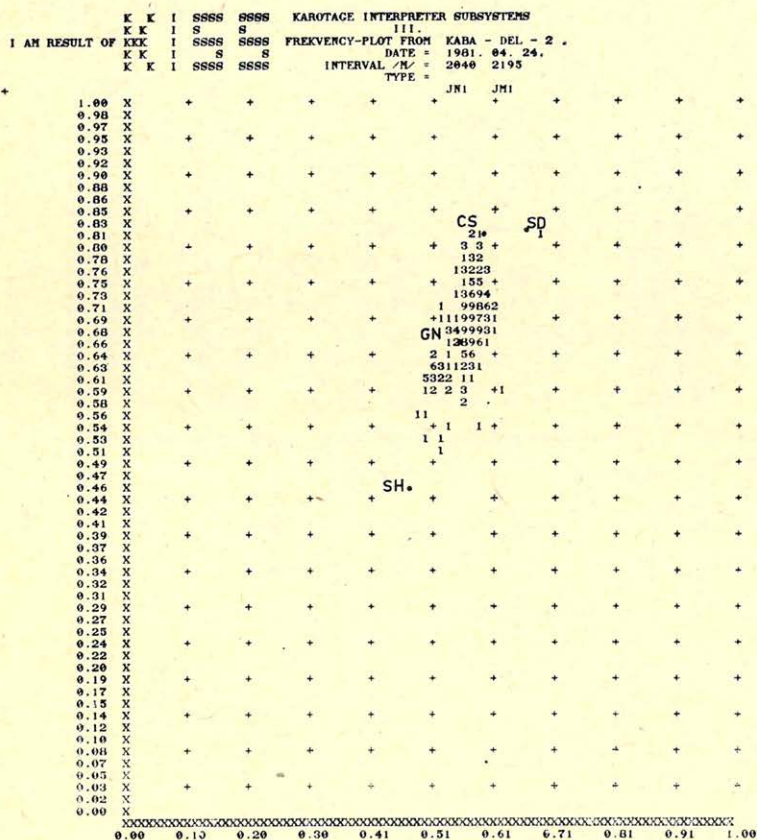
Mindegyik litológiatípus jelenleg 8-9 fázisból áll, melyek mindegyike 5-10 újabb paraméter meghatározására szolgál, így összesen kb. 30 db fázis (lásd 5. ábra) van a technikai értékekkel együtt, és ezek közel 300 darab képletet, egyenletet tartalmaznak a fúrás által harántolt szénhidrogén-tároló paramétereinek megállapítására. Ez tulajdonképpen a KISS rendszer geofizikai része. Sok helyen lehetőség van a képletek közötti választásra, kapcsolók segítségével. Így mindig a megfelelő feldolgozási folyamat választható ki.

Több helyen iterációval, javított konstansokkal és kevés ismétléssel a pontosabb eredmény. Tetszőleges számú mélységintervallum jelölhető ki, melyeken más-más konstans és feldolgozástípus lehet érvényben.

10. A ferdeség számítás inputja a mért mélység, azimut, ferdeség, ebből derékszögű Descartes koordináta rendszerben és egyúttal polárkoordináta-rendszerben számítja ki a koordinátákat, a fúrás felszíni talppontjához képest.

A mélységcsökkenést szintén számítja a rendszer. A számítások végeredményét a ferdeség rajzoló alrendszer fel tudja dolgozni. A ferdeségrajzoló alrendszerrel a kút felszíni talppontjához viszonyítva derékszögű koordináta-rendszerben, tetszőleges léptékkal ( $M 1:125 - 1:500$ ), a mágneses északhoz viszonyítva tetszőleges irányban (azaz tetszőlegesen elforgatva) rajzolható ki line-printeren a fúrás vízszintes vetülete, egyes mélységpontokkal megjelölve. Ez szemléletesen mutatja a fúrás geometrikai elhelyezkedését, a táblázatok pedig a pontos kiértékelést teszik lehetővé.

11. *Lyukterfogat-számítás* esetén a tényleges, névleges lyukterfogatok, és az extrém lyukátmérők kaphatók meg.

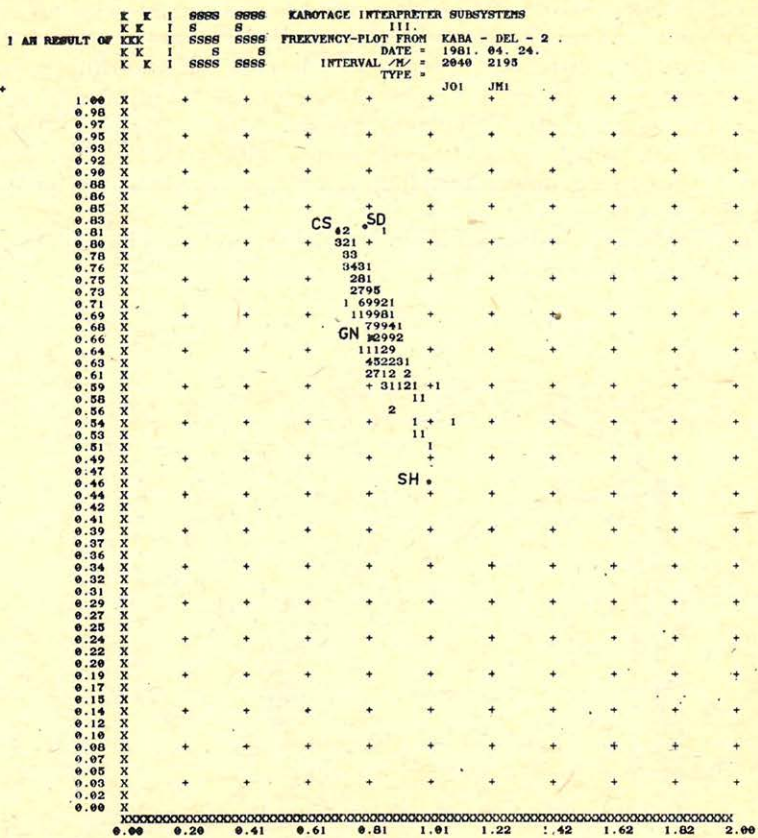


GEO 81/5-11

11. ábra. FPLOTT (JN, JM)

Рис. 11. FPLOTT (JN, JM)

Fig. 11. FPLOTT (JN, JM)



GEO 8/5-12

12. ábra. FPLOT (JO, JM)  
 Puc. 12. FPLOT (JO, JM)  
 Fig. 12. FPLOT (JO, JM)

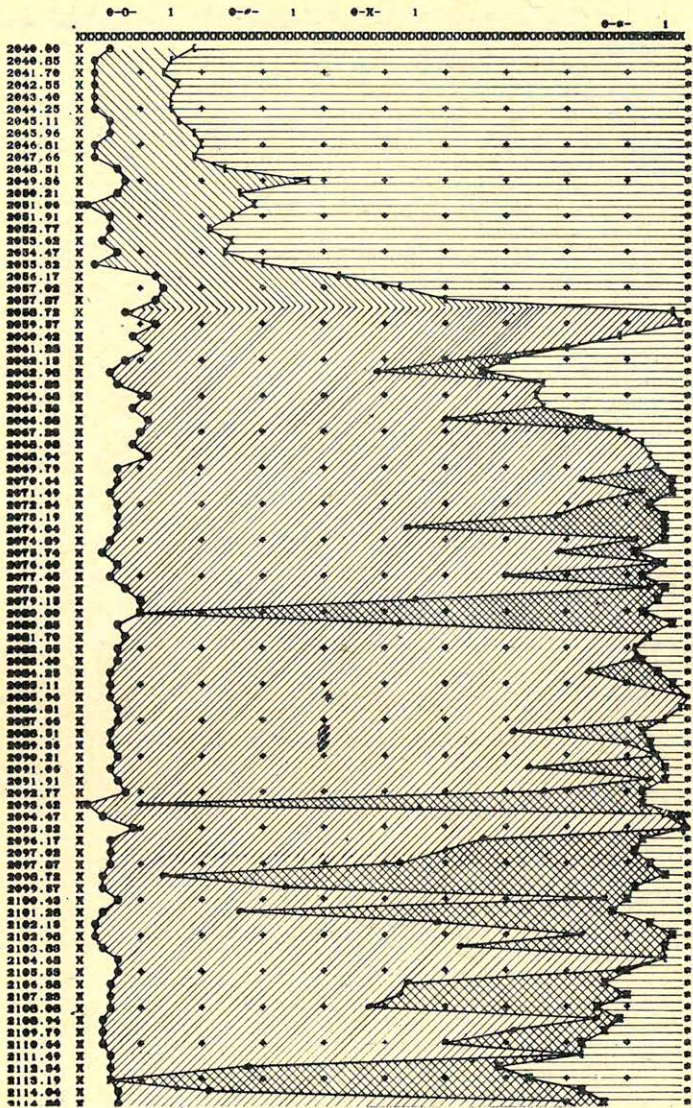
2.3. A KISS rövid rendszerleírása. A 15. ábrán közölt blokkvázlatból látni, hogy a rendszer a GPL interpreteren keresztül érintkezik a felhasználókkal, mely a nyelv értelmező programja, elemzője. A monitor tartja kezében az egyes alrendszereket, azok közti információátadást, valamint az I/O átviteleket hajtja végre. Ezzel maximális periféria-ekvivalencia hozható létre. Csak az éppen futó alrendszerek vannak a memóriában, az adatok a discen, munka-





13. ábra. Egy komplex-tároló térfogati összetételének szelvényeszerű megjelenítése

Puc. 13. Профильное представление объемного состава комплексного коллектора  
 Fig. 13. The profile-like representation of the volumetrical composition of a complex deposit

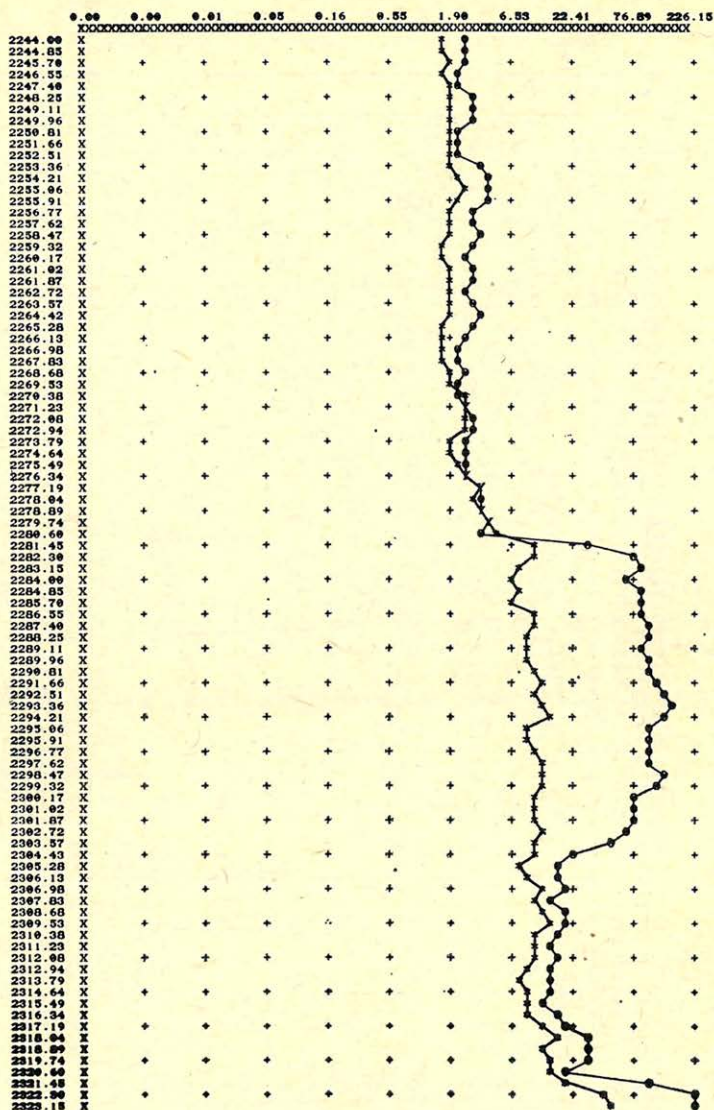


K K I SSSS SSSS KAROTACE INTERPRETER SUBSYSTEMS  
 K K I S S GRAF FUNCTION FROM KABA - DEL - 2 .  
 I AM RESULT OF KKK I SSSS SSSS III. DATE = 1981. 04. 24.  
 K K I S S INTERVAL /M = 2040 2055  
 K K I SSSS SSSS TYPE = FILE V1 V2 VS



.FIE	V1	V2	VS
			
porozitás	hkő gneisz	csillámpala	agyag
(F1)	(SD) (GN)	(CS)	(VS)

GEO 81/5-13

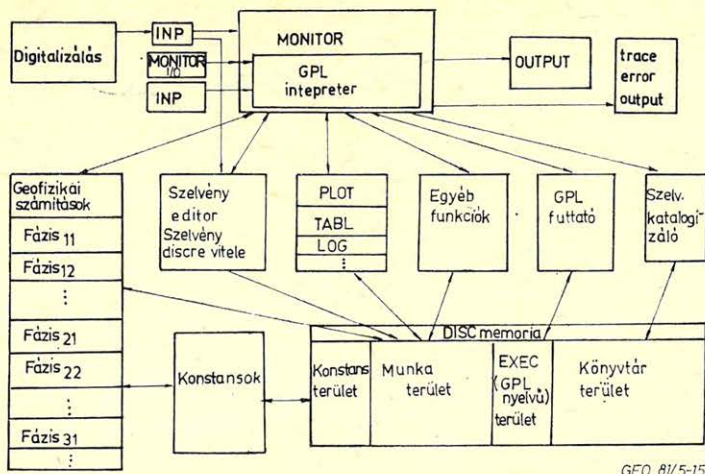


GEO 81/5-14

14. ábra. Értelmezési eredmény ellenőrzése – RT és a számított paramétereiből visszaállított RTO (ha SW = 1) – összehasonlításával

Рис. 14. Контроль результата обработки сравнением РТ и восстановленного по вычисленным параметрам РТ0 (если SW = 1)

Fig. 14. The check of the result of the interpretation comparing RT and RTO (if SW = 1) reconstructed from the computed parameters



GEO 81/5-15

15. ábra. A KISS rendszer blokkvázlata

Рис. 15. Блок-схема системы КИСС

Fig. 15. The flowchart of the subsystem KISS

területen vannak. Ezen operál az összes alrendszer egységesen. Könyvtározás egy cserélhető disc egységen történik. Lehetőség van EXEC-ek, GPL nyelvű programok tárolására is, melyek elindítása után a feldolgozás teljesen automatikussá válik. Ilyenkor operátori beavatkozás nélkül elkészül az összes előre beprogramozott plot, szelvény, számítás stb.

### 3. GPL nyelv

A GPL egy geofizika orientált speciális programnyelv. Létrehozásának szükségessége:

1. A rendszer gépfüggetlen, illetve programnyelv (itt FORTRAN) független voltának biztosítása.
2. A geofizikus értelmezőnek ne kelljen értenie a számítógéphez és annak programozásához. Csak az általa jól ismert terminológiában gondolkozhasson.
3. Előre írhatók legyenek geofizikai feldolgozási programok. Ezek ugyanazon telep más-más kútjain futtathatók, mivel a feldolgozási séma és eljárások, azonos telep miatt azonosak. Így az értelmezőnek csak a geofizikához közel álló kulcsszavakat kell megtanulnia, parancs módban irányíthatja a feldolgozást. A szelvényekre, konstansokra saját nevükkel hivatkozhat! Számokat, értékeket tetszőleges formában gépelheti be a gépbe. Itt egy páros soros mintát mutatunk be a GPL alkalmazására:

```

START
READ TG
READ NG
READ ROL
TAB ME TG NG

```

COUNT FILM FISD  
 TAB ME FILM FISD  
 PLOT ROL FILM 0-100 0-1  
 IF FILM < 0,1 STOP  
 GO TO 6

Az elkészült értelmezési végeredmény a könyvtárban tárolható, sűrített formában.

A könyvtározott forma:

- a feldolgozási folyamat (*GPL* nyelven),
- a mélységintervallumonkénti konstansok,
- az alapszelvények.

Ezen három információcsoport ismeretében a teljes feldolgozás reprodukálható a *GPL* nyelvű program futtatásával. A *KISS* rendszer alkalmazásával a készletszámításokhoz szükséges alapadatokat időben és megfelelő minőségben szolgáltatottuk a felhasználó geológusoknak.

#### 4. Jelölések

- AT* - akusztikus terjedési idő  $\left( \frac{\mu s}{m} \right)$ ,
- ATF* - folyadék akusztikus terjedési ideje  $\left( \frac{\mu s}{m} \right)$ ,
- ATM* - mátrix akusztikus terjedési ideje  $\left( \frac{\mu s}{m} \right)$ ,
- BRSH* - konstans (= 1-2),
- CS* - csillámpala,
- DE* - kőzetsűrűség ( $g/cm^3$ ),
- DEF* - folyadéksűrűség ( $g/cm^3$ ),
- DEM* - mátrixsűrűség ( $g/cm^3$ )
- DO* - dolomit,
- FINF* - folyadék neutron porozitása,
- FILM* - neutron szelvényből számított mészkőporozitás,
- FINM* - mátrix neutron porozitása (mészkőporozításban kifejezve),
- GN* - gneisz,
- JM* =  $\frac{ATF - AT}{DE - DEF} \cdot 0,003$
- JN* =  $\frac{FINF - FILM}{DE - DEF}$
- JO* =  $\frac{FINF - FILM}{ATF - AT} \cdot 330$
- JSP* =  $\frac{SP}{SPS}$  - *SP* csökkenési tényező,
- JTG* =  $\frac{TGC - TGCN}{TG CX - TG CN}$  - relatív *TG* érték,

} litológiai tényezők,

- RSH* – agyag elektromos fajlagos ellenállása (*ohmm*),  
*RT* – érintetlen zóna elektromos fajlagos ellenállása (*ohmm*),  
*RTO* – érintetlen zóna elektromos fajlagos ellenállása, ha *SW = I* a számított paramétereiből „visszaállított” szelvény (*ohmm*),  
*RTX* – *RT* maximuma,  
*RXO* – a kiöblített zóna elektromos fajlagos ellenállása (*ohmm*)  
*SD* – homokkő, homok,  
*SH* – agyag (shale),  
*SP* – természetes potenciál (*mV*),  
*SPS* – statikus természetes potenciál (*mV*),  
*TG* – természetes gamma (*FGE*),  
*TGC* – természetes gamma korrigált (*FGE*),  
*TGCN* – természetes gamma korrigált minimuma (*FGE*),  
*TGCX* – természetes gamma korrigált maximuma (*FGE*)  
*VS* – térfogati agyagtartalom,  
*VSSP* =  $(1 - JSP)$ , *SP*-ből számított agyagtartalom,  
*VSTG* =  $JTG$ , *TG*-ből számított agyagtartalom,  
*VSR1* =  $\left( \frac{RSH}{RT} \right)^{\frac{1}{BRSH}}$ , *RT*-ből számított agyagtartalom,  
*VSR2* =  $\left( \frac{RSH}{RT} \cdot \frac{RTX - RT}{RTX - RSH} \right)^{\frac{1}{BRSH}}$ ,  
*VSKV* =  $JTG \cdot (1 - JSP)$ ,  
*VSDA* =  $0,083 \cdot (2^{3,7 \cdot JTG} - 1)$ .

## Egyesületi hírek

### Beszámoló és értékelés a 12. Vándorgyűlésről

Egyesületünk Szolnokon, 1981. november 12–13-án rendezte meg a 12. Geofizikai Vándorgyűlést a Magyarhoni Földtani Társulat és az OMBKE Kőolaj-, Földgáz-, Vízzakosztály Fűrési szakcsoportjának közreműködésével. A téma *Kelet-Magyarország kutatási feladatai, különös tekintettel a miocén és idősebb szénhidrogén-tároló kőzetekre* volt.

A hasznos szakmai találkozó egyben kellemes emlék is maradt a körülbelül 130 résztvevő számára. Ezt fejezte ki az országos elnökség 1981. december 17-én tartott évrőli ülésén jegyzőkönyvbe foglalt köszönetnyilvánítása, mely a Kőolajkutató Vállalat igazgatóját, *Vándorfi Róbertet* és a szervezési és lebonyolítási munkát magukra vállaló *Kiss Bertalan*, *Kormos László* és *Suba Sándor* tagtársakat illeti meg.

Értékelve a vándorgyűlést megállapíthatjuk, hogy jó gondolatnak bizonyult a geológusokkal való együttműködés. Mint azt *Bese Vilmos* tiszteleti elnök az elnökségi ülésen elhangzott hozzászólásában kiemelte, ez a sikeres együttműködés a gazdasági célokat is jobban szolgálja, ami egyre inkább feladata az MTESZ egyesületeinek. *Deres János* főtitkár szerint a vándorgyűlés szakmai állásfoglalások és ajánlások fóruma is kell hogy legyen, s ezt javasolta a következő vándorgyűlés irányelvévé tenni.

Megállapíthatjuk, hogy a geológusok elismerik és értékelik a geofizika eredményeit. A sztratigráfiai és litológiai interpretáció közeljövőbeni bevezetésének szándéka és szükségessége az eddiginél szorosabb együttműködést igényel a karotázis és a szeizmikus szakemberek között. Mint az előadásokból kiderült, az első lépéseket a geológusok is megtették ezen a területen. Mindenesetre vigyázni kell, hogy a szervezeti korlátok ne akadályozzák a szakmai szempontból szükséges integrációt az értelmezés területén.

Z. A.

### Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár

Az *Országos Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ (OMKDK)* nevét az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság elnöke 1982. január 1-től *Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtárra (OMIKK)* változtatta. Az új elnevezésre azért volt szükség, mert az intézmény tevékenysége az utóbbi években jelentősen bővült új feladatokkal és munkája új információhordozókkal, technikai eszközökkel továbbra is korszerűsödik. Így bővül a széles műszaki rétegek – mindenekelőtt a kutatást-fejlesztést végrehajtók – műszaki információ ellátása egy átfogó szakirodalmi információs rendszer keretében és kiépül a felsőszintű vezetés műszaki tárgykorú irányítási információellátása. A könyvtár továbbra is Országos Műszaki Könyvtár elnevezéssel működik.

Papp János  
az OMIKK Sajtószolgálat  
vezetője

## Megemlékezés



**Wojciech Krzeminski**  
(1926 – 1981)

1981. április 9-én, rövid, váratlan betegség után alkotóereje teljében elhunyt Wojciech Krzeminski docens.

W. Krzeminski 1926. június 22-én született Varsóban. A német megszállás idején középiskolai tanulmányait csak titkos tanfolyamokon végezhetette. Már mint diák bekapcsolódott a megszállók elleni illegális szervezkedésbe és 1941-ben a 15 éves fiú Varsóban belépett az akkor alakult „Szürke Sorok” nevű úttörőszeregbe, ahol kiképzés után részt vett a német megszállók elleni aktív harcban. 1943–44-ben titkos tisztjelöltképző tanfolyamot végzett, majd a Varsói Felkelés kitörésekor csatlakozott a Honi Hadsereg „Gustav” nevű zászlóalja úttörőszázadához. A harcok során súlyosan megsebesült, kórházban kezelték, majd a felkelés bukása után német fogságba került, ahonnan 1945 áprilisában a szövetséges hadseregek előrenyomulása révén szabadult ki. Ezután a Lengyel Fegyveres erők II. Hadtestének páncélos hadosztályához, Olaszországba irányították. 1946-ban a II. Hadtesttel Angliába került, innen 1947 májusában tért haza.

Egyetemi tanulmányait a Varsói Műszaki Egyetemen 1947–52. között végezte és 1952-ben geodétamérnöki és „a műszaki tudományok magisztere” diplomát szerzett. Szakmai pályáját már egyetemi tanulmányai idején, mint földmérő kezdte meg. Tanulmányai befejeztével tudományos elhivatottságot érezve, az akkori Földmérési Tudományos Kutató Intézetben kezd dolgozni tanársegédként. 1952-ben főasszisztensi és laboratóriumvezetői kinevezést kapott a Geomágneses Kutató Laboratóriumba. Ifjú kora ellenére rábízák a Laboratórium vezetését, továbbá Lengyelország új mágneses anomália-térképe összeállításának irányítását a terepmérésektől a térképészeti és reprodukciós munkáig. Munkája elismeréseként az akkor már adjunktusi minőségben dolgozó W. Krzeminskit Arany Érdemkereszttel tüntetik ki.

1955–57-ben kiépíti Lengyelországban azoknak a geomágneses pontoknak hálózatát, ahol évenként rendszeresen végeznek mágneses méréseket. 1956-ban kezdi meg a lengyelországi obszervatóriumok rendszeres összemérését a főbb európai geomágneses obszervatóriumokkal. 1964–66-ban szervezi és irányítja Lengyelország országos komplex geomágneses térképezését, amelyhez 1971-ben hozzákapsolják a Balti-tenger nyugati részét is.

1957-től W. Krzeminski tevékenyen részt vesz a Lengyel Tudományos Akadémia mellett működő Nemzetközi Geofizikai Év Bizottság munkájában. Így 1957–58-ban koordinálja a lengyel műholdmegfigyelési programot, 1958–59-ben pedig megszervezi az I. lengyel Antarktisz-expedíciót. Tevékenységéért a „Lengyelország Újjászületése Érdemrend” lovagkeresztjével tüntetik ki.

Érdeklődik minden új iránt, így geomágneses tevékenysége mellett elvállalja a távolságmérés – akkor még új – elektronikus és elektromagnetikus módszerei kutatásának megszervezését és irányítását is. 1962-ben docenssé nevezik ki. 1964-ben felkéri a Geomágneses Alaphálózati Kutató Osztály vezetésére. E tevékenysége során átveszi a Földméréstani és Térképészeti Intézetől a távolság-metrológiai laboratóriumot, továbbfejleszti és a lengyel földmérés igényeinek megfelelően magas tudományos színvonalra emeli azt. Ugyanakkor az országos háromszögelési hálózat modernizálásának programjával is foglalkozik. Munkája gyakorlati értékét bizonyítja, hogy eredményeit széles körben alkalmazzák és őt magát többször megjutalmazzák a Földmérési és Térképészeti Főhivatal elnökének díjával.

W. Krzeminski az Osztályán, ill. a Lengyel Tudományos Akadémia Bizottságában végzett tevékenysége mellett még más teendőket is ellát, így az IGIK (Földmérési és Térképészeti Intézet) Munkái nevű kiadvány osztályszerkesztője és tagja a Tudományos Minősítő Bizottságának, a Varsói Műszaki Egyetem Földméréstani és Térképészeti Karán pedig oktatói tevékenységet végez.

Külön kell szólni W. Krzeminski munkájáról a nemzetközi tudományos szervezetekben. Részt vesz a szocialista országok Geofizikai Együttműködési Bizottságának, ill. 1966-tól ennek utódjaként a Szocialista Országok Tudományos Akadémiái KAPG Bizottságának munkájában, amelynek tudományos titkári teendőit élete végéig, azaz 15 éven át látja el. Ezzel a tevékenységével kivívta a Bizottság munkájában részt vevő országok képviselőinek egyöntetű elismerését.

1966-tól tagja a Lengyel Tudományos Akadémia Földméréstani és Geofizikai Nemzeti Bizottságának, 1957-től pedig a LTA Geodéziai Bizottságának és a LTA KAPG Bizottságának, majd 1969-től kinevezik a LTA Geodéziai és Geofizikai Nemzeti Bizottsága tudományos titkárává. Ebben az időben aktívan bekapcsolódik a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió munkájába és Lengyelországot számos nemzetközi értekezleten képviseli. Érdemei elismerésül a Nemzetközi Geodéziai Asszociáció főtítkárhelyettesévé választják meg.

Hazánk geofizikusaival a KAPG keretében talált kapcsolatot. Számos esetben járt Magyarországon, részt vett a MGE nemzetközi szimpóziumain, a KAPG számos hazánkban tartott rendezvényén, ahol többször tartott előadást is. Hazánk geofizikai eredményeit mindig nagy elismeréssel méltatta és propagálta hazájában és számos magyar geofizikushoz személyes baráti szálak is fűzték.

1978-ban a LTA Geofizikai Intézetének keretében új Antarktisz-expedíció szervezését és vezetését bízják rá. Az Antarktiszról való visszatérése után a Spitzbergákra vezetendő expedíció előkészítése során támadja meg a váratlan



betegség és a rövidesen bekövetkező halál vet véget megfeszített munkával teli és sikerekben gazdag életének.

Wojciech Krzeminski kiváló szakember és példás életet élő ember volt, aki sokak tiszteletét és barátságát nyerte meg és akire mi magyarok mint kiváló kollégára és jó barátunkra emlékezünk.

Wallner Ákos

## Hírek

A **Drilling** folyóirat 1981. júliusi számában *Ch. E. Chadwick* átfogó tanulmányban elemzi a nagy mélységű fúrások kutatás technológiai korlátait. A fúróberendezések és fúrási eszközök vizsgálatával kezdve, sorra veszi az iszap-, cementtechnika, valamint a mélyfúrási geofizika problémakörörét is.

A nagy hő- és nyomástűrési eszközök többsége  $175\text{ MPa}$ -ig és  $260\text{ °C}$ -ig működőképes. (A *Schlumberger Service Catalog* szerint ide tartoznak az indukciós, dual laterolog, akusztikus, természetes gamma, gamma-gamma és kompenzált neutron mérések.) Néhány művelet esetében vagy a nyomás- vagy a hőfokhatár, esetleg mindkettő alacsonyabb. (Pl. háromkaros rétegdőlésmérő  $140\text{ MPa}$ ,  $205\text{ °C}$ ; áramlásmérő-hőmérő  $140\text{ MPa}$ ,  $260\text{ °C}$ ; kábeles folyadékminta-vevő  $140\text{ MPa}$ ,  $177\text{ °C}$ ; oldalfalmintavevő  $140\text{ MPa}$ ,  $221\text{ °C}$ ). A nyitott szakaszok mérésére szolgáló szondák átmérője  $67\text{--}70\text{ mm}$ , az indukciós szondáé  $86\text{ mm}$ , a laterologé  $114\text{ mm}$ . A lyukműszerek működési ideje nagy hőfokon korlátozott.

A szelvényező mélységhatárát a dinamikus talphőmérséklet és az iszapfajsúly határozza meg. Pl.  $2,28\text{ g/cm}^3$  sűrűségű iszapban még a  $175\text{ MPa}$  nyomástűrési műszerekkel is csak  $7710\text{ m}$ -ig dolgozhatunk, míg  $1,1\text{ g/cm}^3$  sűrűség mellett már egy  $140\text{ MPa}$  nyomástűrési műszer is elegendő  $13\ 000\text{ m}$  mélységben. Az USA-ban szelvényezett legnagyobb fúrólyukmélység  $8992\text{ m}$ , a legmagasabb hőfok mélyfúrasi geofizikai műveletnél  $307\text{ °C}$  volt. A szelvényezhető legmagasabb mélységet a kábel szakítószilárdsága és az iszapfajsúly együttesen határozza meg. A jelenleg meglévő kábelekkel  $1,1\text{ g/cm}^3$  sűrűségű iszapban kb.  $10\ 000\text{ m}$  a mélységhatár, de igény esetén az ipar felkészült a nagyobb mélységű fúrásokhoz szükséges erősebb kábelek gyártására is.

Perforáló eszközöknél a legmagasabb hőtűrés  $316\text{ °C}$ ,  $175\text{ MPa}$  nyomástűrés mellett. A legnagyobb hőfokot perforálásnál  $-274\text{ °C}$ -t – egy geotermikus kútban mérték. Szénhidrogén-kutató fúrásban a perforálásakor meghatározott maximális hőmérséklet  $239\text{ °C}$  volt. A nyomás és hőmérséklet emelkedésével a perforálási hatékonyság csökken.

A közlemény szerint szelvényező eszközök hő- és nyomástűrését a további ipari igények jelentkezéséig nem kívánják növelni.

A felszíni vizsgáló-ellenőrző berendezések (autoklávok)  $343\text{ °C}$ -ig és  $245\text{ MPa}$ -ig rendelkezésre állnak.

D. J.

## Könyvismertetés

**Alfred WEGENER: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane.** (A kontinensek és óceánok keletkezése.) Az 1. és a 4. kiadás utánnomása. Szerkesztette, bevezetőt és utószót írt *Andreas Vogel*. Friedr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 1980. 381 oldal, 83 ábra, Wegener arcképpével.

1980-ban volt Alfred Wegener születésének 100. és halálának 50. évfordulója. Ez alkalommal, Wegener tiszteletére tudományos kongresszusokat rendeztek Berlin mindkét részében. A Vieweg kiadó pedig új kiadásban megjelentette Wegener világhírűvé vált könyvének első, 1915-ös és negyedik átdolgozott, 1929-es kiadását, egy kötetben, A. Vogel gondozásában.

Szerte a világon, a földtudományokkal foglalkozó idősebb nemzedék Wegener csodálatos frissességű gondolataival nőtt fel. E nemzedék nem kis meghatottsággal forgatja a régi szöveget, szemléli az ifjúkortól felcsillanó régi ábrákat. Wegener érveléseit, a kontinensek „vándorlása” mellett, befűjta az idők pora; Vogel professzor, utószavában részletesen megmutatja, miként áll hozzá a modern lemeztektonika a kontinensek vándorlásának kérdéséhez. Változó, növekvő tudásunk ellenére, Wegener hervadhatatlan érdeme, hogy nemcsak előfutára, de alapozója volt a lemeztektonikai elméletnek, amelyek áthatják korunk földtudományát.

Kevéssé ismert az a szerep, amely Eötvös Loránd munkásságának jutott Wegener elméletében. Amint Wegener írja, Eötvös, 1913-ban közzétett értekezésében megmutatta, hogy a Földön a függőleges vonal elgörbül a meridiánsíkban úgy, hogy a görbe konkáv oldala mutat a pólus felé. Ebből az következik, hogy valamely úszó testre (a kontinentális lemezre), melynek súlypontja magasabban fekszik mint a kiszorított folyadéktömegé, egy, az egyenlítő felé irányuló erő-komponens hat. Ez az erő okozza a kontinensek Polenflucht-ját, pólustól való menekvését, ahogyan azt Wegener kifejti. Ez az erő, amely valóban létezik, volt Wegener elképzeléseiben az egyetlen kézzelfogható erő, amely a kontinensek vándorlását okozta. Ma már tudjuk, hogy ez az erő kicsiny ahhoz, hogy a fel-lépő súrlódást legyőzze és nem akadályozta még pl. az Antarktisz helyzetét a Déli-sarkon. A litoszféra-lemezek mozgását más, részleteiben még nem tisztázott folyamatokkal magyarázzák.

*Dr. Stegena Lajos*

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>А. Мешко</i> : Ограничения метода ОГТ. Часть II .....	2
<i>И. Кешмарки – Г. Погачаш – Б. Саныи</i> : Стратиграфическая интерпретация сейсмических данных на примере неогеновых четвертичных депрессий восточной Венгрии .....	20
<i>Л. Силади</i> : Применение поверхностных импульсных источников в сейсморазведке на территории Венгрии .....	31
<i>Д. Драхош</i> : Интерпретация результатов электрокаротажа методом математической статистической оценки .....	42
<i>Г. Молнар</i> : Система интерпретации каротажных диаграмм (KISS) на ЭВМ типа ТРА – 70/25 и язык системы GPL (Geophysical Programming Language) .....	58
Новости в общества Венгерских геофизиков .....	76
Новости .....	79
Обзор книг .....	80
Воспоминания .....	1, 77

## CONTENTS

<i>A. Meskó</i> : The efficiency of the common reference point method Part II. ....	2
<i>I. Késmárky – Gy. Pogácsás – B. Szanyi</i> : Seismic stratigraphic interpretation in neogene-quaternary depressions of eastern Hungary .....	20
<i>L. Szilágyi</i> : The use of surface seismic impulse source in Hungary .....	31
<i>D. Drahos</i> : Interpretation of electric logs by mathematical statistical estimation .....	42
<i>G. Molnár</i> : Log interpretation subsystem on TPA 70/25 computer and its GPL (Geophysical Programming Language) .....	58
News about the Association .....	76
News .....	79
Book reviews .....	80
Commemoration .....	1, 77

### MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Zelei András

A szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. Telefon: 429-754

Kiadja a Lapkiadó Vállalat. 1073 Budapest, Lenin körút 9–11. Telefon: 429-350. Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 23

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

81.173. Állami Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Mihalek Sándor igazgató

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

**Index: 26 507**

