

MAGYAR

# Geofizika



MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA  
BUDAPEST, 1971. XII. ÉVFOLYAM, 2—3. SZÁM

**MAGYAR GEOFIZIKA**  
a **MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE** folyóirata

**XII. évfolyam**

**2—3. szám**

*Szerkesztőség*

Magyar Geofizikusok Egyesülete  
Budapest V., Szabadság tér 17.  
Telefon: 118—476

TARTALOMJEGYZÉK

*Felelős szerkesztő*

Dr. SEBESTYÉN KÁROLY

*Szerkesztő bizottság*

CZEGLÉDI ISTVÁN  
Dr. POSGAY KÁROLY  
RÁDLER BÉLA  
Dr. RENNER JÁNOS

*Felelős kiadó*

SALA SÁNDOR  
igazgató

<i>Karasné Tamás Zsuzsa—Nagy Zoltán:</i> A gépi adatfeldolgozás alkalmazása az OKGT Geofizikai Kutatási Üzemben, a vertikális elektromos szondázások és a magnetotellurikus mérések adatainak feldolgozásában .....	41
<i>Korvin Gábor:</i> Digitális szeizmikus kiértékelés kis elektronikus számítógéppel .....	51
<i>Meskó Attila—Rádlér Béla—Szulyovszky Imre:</i> Az átlagnégyzetes hibakritérium alkalmazása szeizmikus digitális szűrők hatássóságának becslésére .....	56
<i>Andrássy László—Baráth István—Drahos Dezső:</i> Homokos tárolók porozitásának meghatározása kettős forrás-detektor távolsággal végzett termikus-neutron szelvényezési eljárással .....	63
<i>Markó László:</i> Karbonátos tárolók karottázás-értelmezése .....	71
<i>Márton Péter—M. Szalay Emőke:</i> Paleomágneses vizsgálatok a Börzsöny hegységben .....	77
<i>Kardeván Péter:</i> Az exponenciális eloszlás alkalmazása az általaj rezonancia-frekvenciáinak megkeresésére .....	84
<i>Csókás János:</i> Újabb mélyfúrási geofizikai eljárások a szénhidrogén-termelés érdekében .....	92
<i>Ferenczy Imre:</i> Kútgeofizikai vizsgálatok helyzete és fejlesztésének iránya a termelő mérnök szemével nézve .....	104
<i>Szalóki István:</i> A mélyfúrási geofizika szénhidrogénkutatással és termeléssel kapcsolatos néhány kérdése .....	111
<i>Szulágyi Endre:</i> Kísérletek szénhidrogéntermeléssel kapcsolatos feladatok mélyfúrási geofizikai megoldására .....	114
Könyv- és lapszemle .....	55, 70, 76, 83, 120
Egyesületi hírek .....	50

Index: 26 507

MAGYAR GEOFIZIKA

Felelős szerkesztő: Dr. Sebestyén Károly

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11., Telefon: 221—293

Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató

Terjeszti: MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Megjelenik évente hatszor

Megrendelhető egész évről 60,— Ft előfizetési áron, mely összeg a MTESZ 232—90171—2494 csekkszámjára fizetendő be. Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

71.326. Állami Nyomda, Budapest



# A gépi adatfeldolgozás alkalmazása az OKGT Geofizikai Kutatási Üzemben, a vertikális elektromos szondázások és a magnetotellurikus mérések adatainak feldolgozásában

KARASNÉ TAMÁS ZSUZSA - NAGY ZOLTÁN

Az OKGT Geofizikai Kutatási Üzemben a geofizikai (geoelektromos) adatok gépi feldolgozása már négyéves múltira tekint vissza, azonban a kezdetben megoldott egyedi feladatok (pl. gépi térképszerkesztés) még nem igényelték a tömeges adatfeldolgozást és a kézi feldolgozásnál nem alkalmazható bonyolult algoritmusok felhasználását. Az elmúlt években kibővült és megváltozott feladataink ma már nemcsak lehetővé, hanem szükségessé is teszik, hogy a gépi számításnak ezt a két előnyét együttesen aknázzuk ki.

Jelenleg a vertikális elektromos szondázások módszerének és a magnetotellurikus szondázások módszerének kiterjedt alkalmazása készlet a gépi adatfeldolgozás adta lehetőségek szélesebb körű felhasználására, illetve ennek előfeltételeként a megfelelő algoritmusok és programok, illetve perifériaegységek megvalósítására. A dolgozat ezt a két tárgykört elemzi.

В Предприятии геофизической разведки Треста нефтяной и газовой промышленности работы по машинной обработке геофизических (электроразведочных) данных проводятся уже четыре года. Однако, частные задачи, решенные в первое время (напр. составление карт при помощи ЭВМ) не требовали проведения массовой обработки данных и применения сложных алгоритмов, не используемых при ручной обработке. Но в настоящее время расширяющиеся и изменившиеся за последние годы задачи не только позволяют, но и требуют совместного использования указанных двух преимуществ вычислительной техники.

Широкое применение метода ВЭЗ и МТЗ заставляют нас как можно полнее использовать возможности машинной обработки данных, разработать соответствующие алгоритмы и программы, являющиеся предпосылками машинной обработки, и создать подходящие внешние устройства для ЭВМ. В настоящей работе освещаются связанные с этим вопросы.

Die maschinelle Aufarbeitung geophysikalischer Daten im Geophysikalischen Forschungsbetrieb des OKGT geht schon auf vier Jahre zurück, am Anfang sind aber nur solche individuelle Aufgaben gelöst worden (z.B. maschinelle Kartenzeichnung), die noch keine Massendatenbearbeitung sowie die Anwendung von verwickelten Algorithmen benötigten, welche letztere bei der manuellen Behandlung sowieso nicht zu gebrauchen sind. Der Aufgabenkreis erweiterte sich aber im Laufe der Jahre dermaßen, dass wir dazu gezwungen wurden, beide Vorteile der maschinellen Rechnungen auszunutzen.

Zurzeit werden zwei Themenkreise behandelt: das Verfahren der vertikalen elektrischen und jenes der magnetotellurischen Sondierung. Als Vorbedingung für diese Anwendungen wurden entsprechende Algorithmen und Maschinenprogramme bearbeitet und Periferien-Einheiten entwickelt. Im Aufsatz wird auf diese zwei Themengebiete eingegangen.

## Vertikális elektromos szondázások

Az OKGT Geofizikai Kutatási Üzem geoelektromos csoportjai a szeizmikus vonalak robbantópontjain rendszeresen végeznek vertikális elektromos szondázást,  $AMNB$  elektrodaelrendezéssel,  $AB_{max} = 400$  m tápelektrodatávolsággal. A sekélyszondázással nyert geoelektromos szelvény az optimális robbantási mélység kiválasztásában nyújt segítséget.

A felhasználás sajátágából adódóan a nagymennyiségű szelvényanyag viszonylag rövid időn belüli feldolgozása szükséges.



Az üzemi követelmények, továbbá az a törekvés, hogy a feldolgozási folyamat csupán egy geofizikus munkáját kösse le, a szondázási görbék gépi interpretációjának bevezetését sürgették.

A *VESZ*-görbék számítására a Geofizikai Kutatási Üzem megbízásából 1968-ban elkészült egy tanulmányterv az *ELTE Geofizikai Tanszékén* [1], mely a *VESZ*-görbék kiértékelésére jelenleg használt „Szonda” elnevezésű program összeállításának kiindulópontja volt.

A terepi mélyszondázás görbéit ún. direkt eljárással dolgozzuk fel, mely eljárás elvi alapjául Koefoed, Flathe, Pekeris publikációi szolgálnak [2, 3, 4, 5].

Koefoed és Flathe kimutatták, hogy a vízszintesen rétegzett szerkezetek felett mért  $\varrho_L(r)$  látszólagos ellenállás a következőképpen írható le:

$$\varrho_L(r) = \varrho_1 \left[ 1 + 2r^2 \int_0^\infty K_i(m) J_1(mr) m dm \right].$$

$$\text{A formulában szereplő } K_i(m) = \int_0^\infty \frac{\varrho_L(r) - \varrho_1}{2\varrho_1 r} J_1(mr) dr,$$

az integrál magját adó ún. magfüggvény, mely csak a rétegvastagságok és rétegenállások függvénye.

Pekeris és Koefoed megadtak egy eljárást, melynek segítségével a magfüggvényből a rétetparaméterek kiszámíthatók.

Az eljárás vázlatosan a következő:

Bevezették az ún. módosított magfüggvény fogalmát:

$$G_i(m) = \frac{K_i(m)}{1 + K_i(m)}.$$

A módosított magfüggvényről bebizonyítható, hogy  $m$  megfelelően nagy értékeinél aszimptotikusan közeledik egy  $Y_i(m) = k_1 e^{-2md_1}$  függvényhez melyből  $k_1$  és  $d_1$  (reflexió koefficiens és első rétegvastagság) számítható. Kétréteges féltér esetén az  $\ln Y_i(m)$  függvény pontjai az  $\ln k_1 - 2md_1$  egyenesre esnek.

A többréteges féltér esetén a már meghatározott  $k_1$  és  $d_1$  értékek felhasználásával rekurziós formula segítségével az előzőhöz hasonló tulajdonságokkal rendelkező  $G_{i-1}(m)$  módosított magfüggvényt számolunk, amelyből a  $k_2$ ,  $d_2$  értékeket nyerjük.

Ha az  $\ln G_{i-1}(m)$  értékei nem helyezkednek el egy egyenesen, további  $G_{i-2}(m)$ , . . . . módosított magfüggvényeket számolunk, amelyekből rendre megkapjuk a  $k_3$ ,  $d_3$  stb. értékeket.

A terepi görbe magfüggvényét a már ismertetett

$$K_i(m) = \int_0^\infty \frac{\varrho_L(r) - \varrho_1}{2\varrho_1 r} J_1(mr) dr$$

képlet alapján számoljuk.

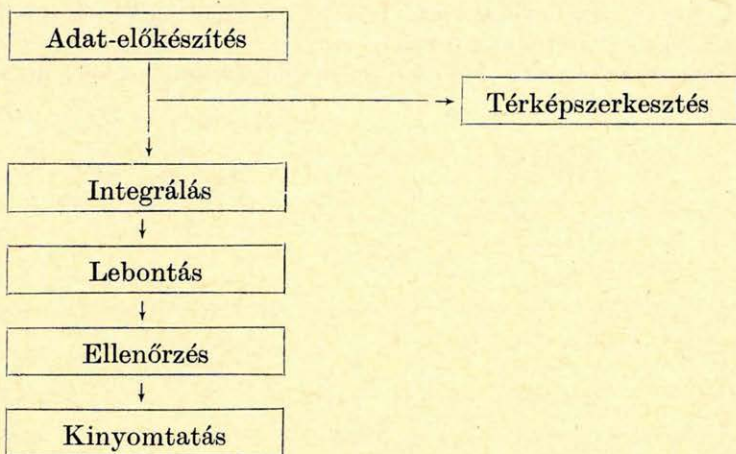
Mivel az integrálás csak véges intervallumokra végezhető el, ezért az intergrandust azonos átalakításokkal olyan alakra hozzuk, melynek csak véges intervallumokban van  $\theta$ -tól különböző értéke.



Ezen átalakítások eredményeképpen a magfüggvény három részből tevődik össze: első a terepi görbe végéhez simuló elméleti kétréteges görbe magfüggvénye, amely a rétegpárparaméterek ismeretében két polinom hányadosaként számolható; a következő tag alakilag a magfüggvénnyel megegyezik, azzal az eltéréssel, hogy az integrandusban szerepel a terepi és a hozzáillesztett kétréteges elméleti görbe különbsége, ily módon az integrálás véges intervallumra korlátozódik. A harmadik tag tartalmazza a konstanssal szorzott Bessel-függvény integráljait.

A kiszámított  $K_i(m)$  magfüggvényből a módosított magfüggvényeket, majd ezek segítségével a rétegpárparamétereket a már említett módon nyerjük.

A számítás blokk-sémája:



### 1. Adatelőkészítés

Ebben a fázisban történik a terepi szondázási görbeágak összetolása a vonatkozási  $MN$  ágra, az összetolt görbe mérési pontokban vett  $\rho_L$  értékeinek telexszalagra való lyukasztása a robbantópont és annak tengerszint feletti magassága megadásával, a  $\bar{\rho}_L$  értékek interpolálása  $40\sqrt{2}$  lépésközű adathalmazzá, a  $\rho_1$  értékek megadása, a görbe végéhez illeszkedő kétréteges elméleti görbe számítása, a terepi és elméleti görbe különbségének számítása, a különbség-görbe simítása, a Bessel-függvényeket tartalmazó  $(K_i(m))$  harmadik tagja integrálok számítása.

### 2. Integrálás

A magfüggvény második tagjának számítása téglányösszegekkel  $(40\sqrt{2})$ , az illeszkedő kétréteges elméleti görbe magfüggvényének számítása, a módosított magfüggvény  $G_i(m)$  számítása.

### 3. Lebontás

Az  $\ln G_i(m) = Am + B + Ce^{-Dm}$  közelítés paramétereinek kiszámítása az első és második differencia-hányadosokból (ahol  $A$  a  $d$ -knek,  $B$  a  $k$ -knak függvénye,  $C$  a reflexiókoefficiensek bizonyos függvénye,  $D$  pedig a rétegvastag-



ságok valamilyen kombinációja). A különböző  $m$  értékekhez tartozó, egymástó kevéssé eltérő  $k$  és  $d$  paramétereiből eredő számítása számtani közép képzéssé (2%-tól 64%-ig való eltérés, hármass pontsor alakítása).

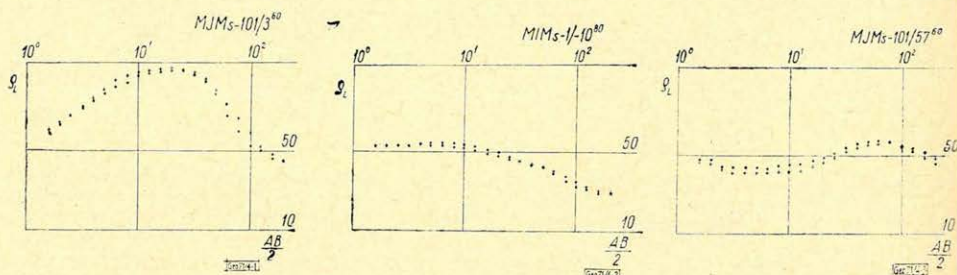
A rekurzió folytatása az előírt rétegszámig.

#### 4. Ellenőrzés

A kapott paramétereiből a görbe visszszámítása, a terepi görbével való hanyados képzése.

#### 5. Eredmények kinyomatása

Az 1. és 2. ábrán háromréteges terepi görbék láthatók (-al jelölve), valamint ezek gépi interpretációja során nyert  $\rho$  és  $d$  paramétereiből visszszámolt  $\rho_L$  görbék (+-tel jelölve). A 3. ábra a fentiekhez hasonlóan készült, négyréteges VESZ-görbére.



1. ábra -  $\Phi_{uz. 1.}$  - Fig. 1.      2. ábra -  $\Phi_{uz. 2.}$  - Fig. 2.      3. ábra -  $\Phi_{uz. 3.}$  - Fig. 3.

A bemutatott ábrák a kapott eredmények szemléletessé tételére és bizonyo mértékben közvetlen elsődleges ellenőrzésre szolgálnak.

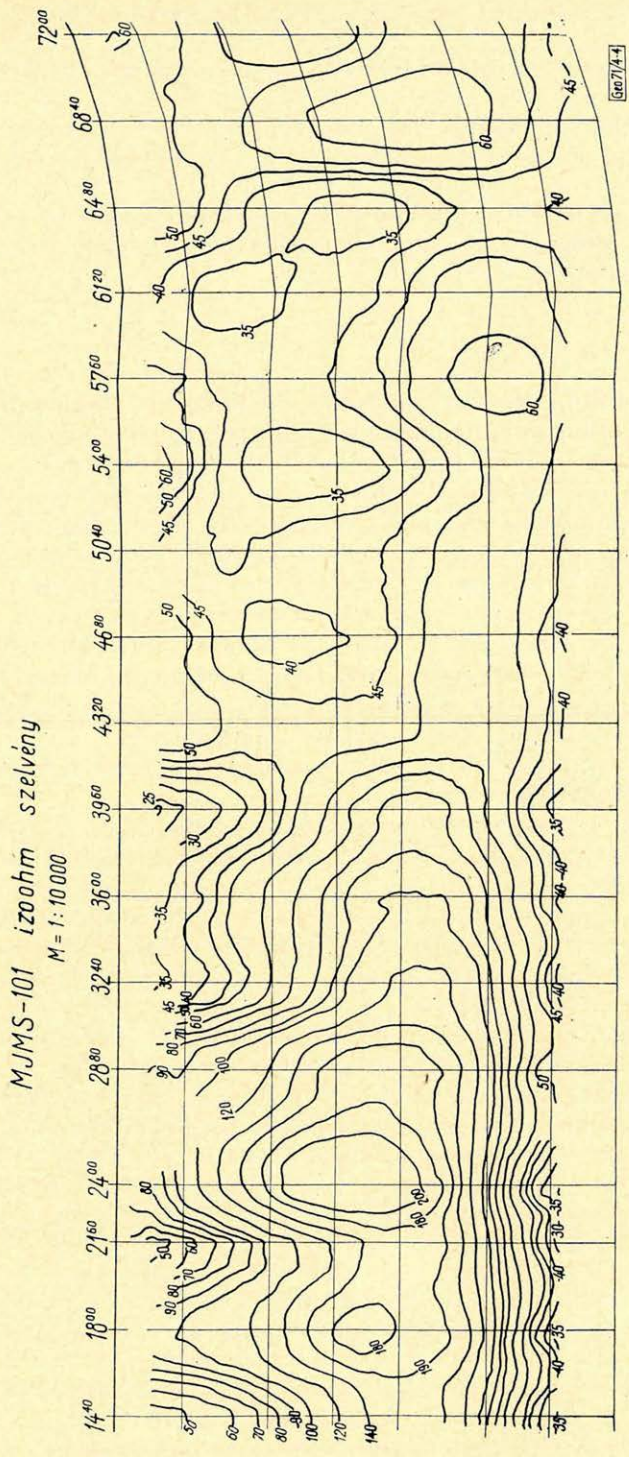
Az adatelőkészítésnél a program ketté ágazik. A telexszalagra lyukasztot  $\rho_L$  adatrendszerből készül a látszólagos ellenállásértékek izovonalas térkép (4. ábra), amely egy megadott irányban - a szeizmikus vonal mentén -  $\rho$  változásairól nyújt képet, amely igen hasznos segítség a korrelációnál. A térkép szerkesztő program a mérési pontokból interpolációval egyenközű rácso készít, majd az értékeket vonal szerint rendezi és graphomátkódos rajzszalago ad. A térkép rajzolása azután graphomáttal történik.

A gépi feldolgozást ez év nyarán indítottuk el, üzemszerűen rövidebb idő óta alkalmazzuk. Ezen idő alatt kb. 300 db terepi görbe kiértékelését végeztük el, éves viszonylatban átlagosan 2000 görbe került feldolgozásra.

Tapasztalataink szerint a nem torzult terepi görbék feldolgozása 4 rétegi, kielégítő, az 5 vagy ennél többretegű görbék kiértékelése már bizonytalan. Ennek oka abban keresendő, hogy magasabb rétegszám esetén a módosított magfüggvény lebontásánál a közelítés előírt kritériuma nem mindenben áll fenn.

Beszélnünk kell az ekvivalens görbék értékeléséről is. A gépi interpretálás nál kapott megoldás egy az ekvivalens megoldások közül. Amennyiben a második réteg ekvivalens és  $\rho_2$  valamilyen más módon ismert, úgy a program módot ad az ismert  $\rho_2$  értékeknek, mint kényszerfeltételnek a programba való beépítésére.





4. ábra. MJMS – 101 izoohm szelvény  
 Фиг. 4. График изоом по профилю MJMS – 101  
 Fig. 4. MJMS – 101 Isohm-Profil



A „Szonda” kiértékelő program Elliott 803 gépre készült Elliott autokódban.

Egy négyréteges görbe lefutási ideje 10 perc, az ellenőrző visszaszámolásé 4 perc.

A program jelenleg is fejlesztés alatt áll. Az elkövetkezendő időkben beható vizsgálatokat igényel az ekvivalenciataromány meghatározásának lehetősége.

Célszerű lenne a kiértékelést teljesen automatizálni, ehhez az szükséges, hogy a  $\rho_1$  értéket, a rétegszámot, valamint a kétréteges elméleti görbe adatait maga a program határozza meg.

### *Magnetotellurikus szondázások*

Üzemünk a korábbi kísérleti időszak eredményei alapján 1968-ban bevezette a magnetotellurikus szondázások módszerét, amelyet a szénhidrogén-kutatással kapcsolatos földtani szerkezetkutatásban alkalmazunk.

A nagymélységű medencék kutatásában a módszer az első hazai eredmények alapján kedvezőnek bizonyult. Az ország több részén sikerült a nagyellenállású triász-korú összlet alatt kisellenállású rétegeket és a prekambriumi kristályos aljzat közeteit kimutatni, amely a szeizmikus mérések adatainak fontos kiegészítését jelenti, mivel a szeizmikus módszer számára a triász-korú összlet felszíne alatt a szeizmológiai viszonyok gyakran kedvezőtlenek. [6, 7].

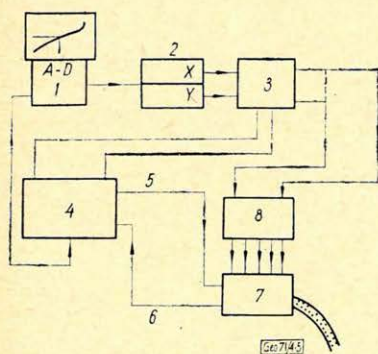
Ezek az eredmények a magnetotellurikus módszer további kiterjedt alkalmazását követelik a jelenleginél mind a gazdaságosság, mind a felhasználható geofizikai információtartalom szempontjából hatékonyabb módon. Ennek elsősorban műszertechnikai, másodsorban a mérési adatok feldolgozási technikájával összefüggő feltételei vannak.

Ismeretes, hogy az utóbbi években mind a Szovjetunióban (*CESZ-1*), mind az USA-ban (*GEOSCIENCE MT-1000*, *GEOTRONICS MTD-1*) megjelentek a korszerű mágnesszalagos jelrögzítésű digitális magnetotellurikus műszerberendezések, melyek széles frekvencia- és dinamikatarománnyal rögzített adatainak nagyteljesítményű elektronikus számítógépeken történő adatfeldolgozása a módszer hatékonyságát és eredményeinek pontosságát lényegesen megnövelte [8, 9, 10].

Jelenlegi hazai körülmények között a magnetotellurikus méréseket magyar *GAMMA* gyártmányú *T-14* típ. geofizikai fotoregisztrálókkal végezzük a magnetotellurikus frekvenciatartomány viszonylag szűk sávjában. Az így nyert felvételek közvetlenül nem alkalmasak számítógépes feldolgozásra, melynek bevezetését a megoldásra váró problémák halaszthatatlanná teszik. Mivel hazai méréseinknél a korszerű mágnesszalagos digitális műszerek megjelenése leg hamarabb 1,5–2,5 év múlva várható, üzemünk 1969-ben olyan átmeneti (3–4 évre szóló) megoldást választott a magnetotellurikus mérési adatok feldolgozásával kapcsolatban, amely lehetővé teszi egy a *Budapesti Műegyetem Villamosmérnöki Karának Folyamatszabályozási Tanszékén* kifejlesztett fél-automatikus analóg-digitális átalakító üzemeltetésével a fotoregisztrátumok adatainak lyukszalagra való átírását és ezzel a számítógépes adatfeldolgozás megvalósítását. Ezzel a terepi méréssel nyerhető információ mennyiség ugyan nem növelhető, de a hagyományos feldolgozással szemben az interpretáció számára hasznosítható információ mennyiség megsokszorozódik. Üzemünk



elkészítettett egy ilyen berendezést, speciális módosításokkal az adott műszer-technikai feltételeinkhez alkalmazkodva. A berendezés 1970. decemberétől üzemel. Az adatokat a berendezéshez csatlakozó *Facit 4070 tip.* lyukasztó (75 karakter/sec sebességgel) viszi 5 csatornás telex-kódban lyukszalagra. (A gép blokksemája az 5. ábrán látható.)



5. ábra. A BME digitális görbekiértékelő blokksemája. 1. átalakító – 2. számlálók – 3. elosztó egység – 4. vezérlő számláló – 5. „start” lyukasztó – 6. „kész” lyukasztó – 7. lyukasztó – 8. átkódoló mátrix.

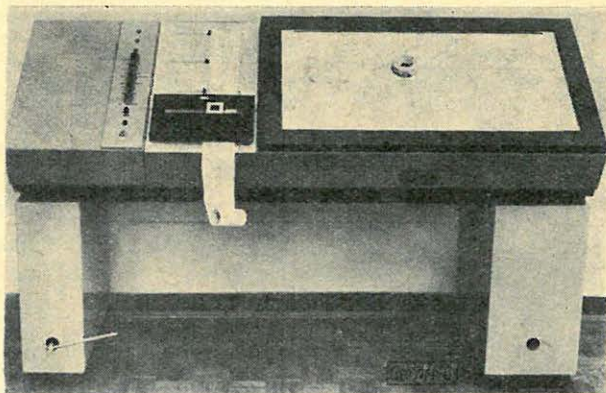
Fig. 5. Схема цифрового устройства БМЭ для интерпретации кривых. 1 – преобразователь; 2 – счетчики; 3 – распределитель; 4 – управляющий щетчик; 5 – перфоратор „старт”; 6 – перфоратор „готовность”; 7 – перфоратор; 8 – матрица кодирования

Fig. 5. Blockschema des digitalen Kurvenauswertungsapparats Typ BME. 1. – Transformator, 2. – Zähler, 3. – Verteiler, 4. – Leitzähler, 5. – „Start”-Locher, 6. – „Fertig”-Locher, 7. – Locher, 8. – Transkodier-Matrix

A berendezés  $40 \times 80$  cm-es sík felületről történő koordinátás mintavételezést tesz lehetővé, vagy más üzemmódban  $100 - 200$  mm széles fotóregisztrátumok továbbléptetésével, a fotóregisztrátumok időtengelye mentén egyenközű mintavételezést biztosít (6. ábra).

Az analóg-digitális átalakító elkészítésével párhuzamosan folyt Üzemünkben az *MT* szondázási görbéknek digitális csatornaadatokból történő kiszámítására algoritmusok készítése.

Az algoritmusokkal részben a mért elektromos vektor-komponens-irányoknak megfelelő  $\rho_T$  (fajlagos ellenállási) szondázási görbék kiszámítása a célunk, másrészt a mérési pontra jellemző impedanciatenzor skaláris jellemzőinek és a tenzort reprezentáló *MT* ellipszisek irányítottságának frekvenciális értelemben történő meghatározása.



6. ábra. A BME digitális görbekiértékelő

Fig. 6. Внешний вид цифрового устройства БМЭ для интерпретации кривых

Fig. 6. Digitaler Kurvenauswertungsapparat BME



A feladat megoldásának első fázisában a terepi regisztrátumok digitális szűrésének módszerét elemeztük és kiválasztottuk a leghatásosabbnak ítélt megoldást. Összehasonlítottuk a magnetotellurikus adatfeldolgozás irodalmában leírt és a digitális szűrésben alkalmazott Hanning és Parzen-féle csonkítófüggvényekkel kapott szűrő-spektrumokat az Üzemünkben folyó szeizmikus digitális adatfeldolgozási fejlesztőmunka eredményei alapján optimális tulajdonságokkal jellemezhető Meskó-féle csonkítófüggvényekkel kapott szűrőspektrumokkal [11, 12, 13].

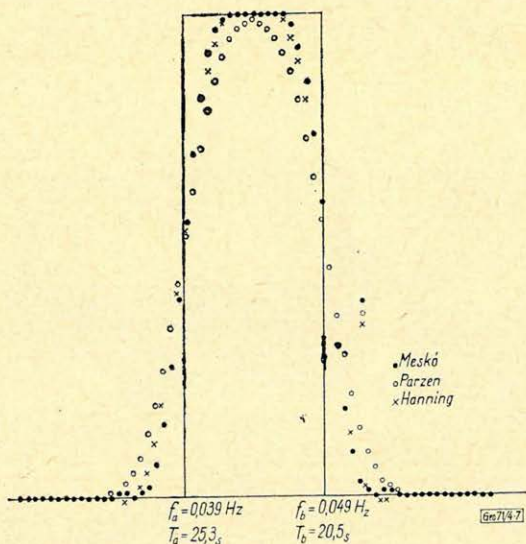
Összehasonlított csonkítófüggvények:

$$\text{HANNING } W_1(k) = 0,5 + 0,5 \cdot \cos \frac{\pi k}{m} \quad k = 0; \pm 1; \pm 2 \dots \pm m$$

$$\text{PARSEN } W_2(k) = \begin{cases} 1 - 6 \left(\frac{k}{m}\right)^2 + 6 \left(\frac{k}{m}\right)^3 & k \leq \frac{m}{2} \\ 2 \left(1 - \frac{k}{m}\right)^3 & k > \frac{m}{2} \end{cases}$$

$$\text{MESKÓ } W_3(k) = e^{-3 \frac{k^2}{m^2}}$$

A 7. ábrán mutatjuk be a háromféle csonkítással kapott szűrőfüggvények spektrumát. A szűrő határfrekvenciái  $f_a = 0,03979 \text{ Hz}$ ,  $f_b = 0,04935 \text{ Hz}$ , ami megfelel a  $T = 20,5 \text{ sec}$  –  $T = 25,3 \text{ sec}$  periódusidejű pulzációkat átteresztő sávszűrőnek. Az ábrán megjelölt ideális szűrőspektrumokat legjobban a Meskó-féle csonkítással kapott eredmények közelítik. A magnetotellurikus felvételek szűrését a továbbiakban ezzel a módszerrel végezzük.



7. ábra. Szűrőfüggvények spektrumainak összehasonlítása

Фиг. 7. Сопоставление спектров функций фильтрации

Fig. 7. Vergleich der Spektren von Filterfunktionen



Szemléltető példaként a 8. ábrán mutatunk be egy kétcsatornás regisztrátumot ( $E_x$  és  $E_y$  elektromos csatornák) és a csatornák sáváteresztő szűrőkön történő áteresztése után kapott szűrt adatokból megrajzolt csatornákat (9. és 10. ábra).

8. ábra. Kétcsatornás regisztrátum

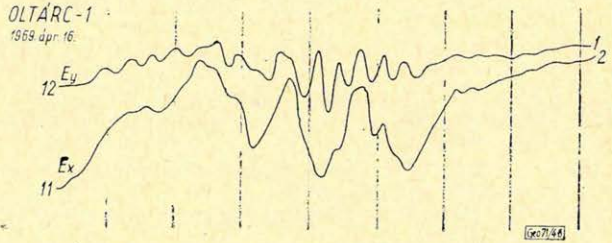
1. K-i elektromos összetevő
2. É-i elektromos összetevő

Фиг. 8. Запись двухканальной регистрации

- 1 — восточная составляющая электрического поля
- 2 — северная составляющая электрического поля

Fig. 8. Zweikanälen-Registram

1. elektrische Ostkomponente,
2. elektrische Nordkomponente



9. ábra. Szűrt adatok

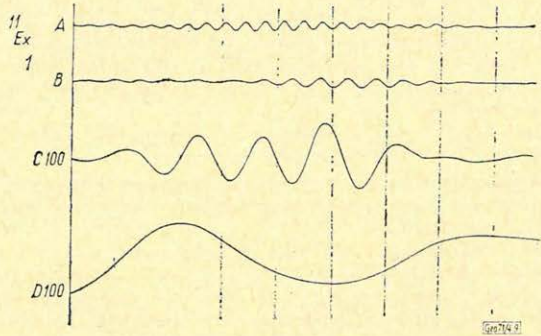
1. É-i elektromos összetevő

Фиг. 9. Результаты фильтрации

- 1 — северная составляющая электрического поля

Fig. 9. Gefilterte Daten

1. elektrische Nordkomponente



10. ábra. Szűrt adatok

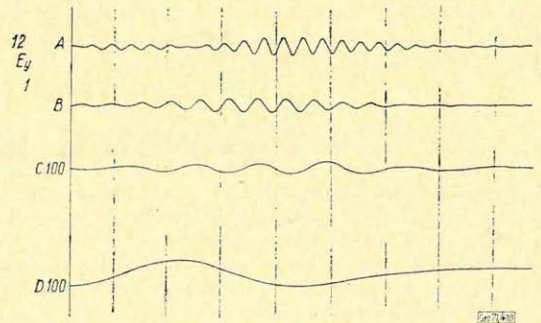
2. K-i elektromos összetevő

Фиг. 10. Результаты фильтрации

- 1 — восточная составляющая электрического поля

Fig. 10. Gefilterte Daten

2. elektrische Ostkomponente



Az egyes sáváteresztő szűrők alsó és felső határfrekvenciái és az ennek megfelelő periódusidők:

<i>A</i> szűrő:	$f$ 0,03979–0,04935 Hz	<i>C</i> szűrő:	$f$ 0,00667–0,01667 Hz
	$T$ 20,5–25,3 sec		$T$ 60 – 150 sec
<i>B</i> szűrő:	$f$ 0,02865–0,03501 Hz	<i>D</i> szűrő:	$f$ 0,001–0,00667 Hz
	$T$ 28,6–34,9 sec		$T$ 150 – 1000 sec



A szűrőfüggvények számításánál a Meyerhof-féle kritériumokat alkalmaztuk [14].

Munkánk további részében az impedancia-tenzor spektrális számításának programozását végezzük. A terepi *MT* mérések adatainak feldolgozásában 1971. II. negyedévében szeretnénk a számítógépes technikát általánossá tenni.

#### IRODALOM

- [1] *Salát Péter*: ELTE tanulmányterv a VESZ görbék számítógépes interpretációjáról. 1968.
- [2] *Flathe H.*: 1955. The practical method of calculation of geoelectrical model graphs for horizontally stratified media. *Geophys. Pros.* III. pp. 268 – 294.
- [3] *Koefoed O.*: 1966. A semi-direct method of interpreting resistivity observations. *Geophys. Prosp.* XIII. pp. 259 – 282.
- [4] *Koefoed O.*: 1965. Direct method of interpreting resistivity observations. *Geophys. Prosp.* 1966. XIII. pp. 586 – 591.
- [5] *Pekeris T. L.*: 1940. Direct method of interpretation in the resistivity prospecting. *Geophysics* V. pp. 31 – 42.
- [6] *Lantos Miklós – Nagy Zoltán*: Újabb adatok a Kisalföld mélyszerkezetéről. *Földtani Kutatás* 1970. XIII. évf. 1. sz.
- [7] *Nagy Zoltán*: Összefoglaló jelentés a MT módszer fejlesztésének és alkalmazásának az OKGT Geofizikai Kutatási Üzem és a NME Geofizikai Tanszék együttműködéséeként 1963 – 1969 között elért eredményeiről. OKGT GKÜ Adattár 1969.
- [8] *V. N. Kljucskín*: A CESZ – 1 tip. digitális geoelektromos kutatóegység. *Prikladnaja Geofizika* No. 60. 1970.
- [9] *Magnetotellurics in Petroleum Exploration*, 1968. GEOSCIENCE Incorporated, USA, MASSACHUSETTS, CAMBRIDGE.
- [10] Analog data acquisition section magnetotelluric system, and digital recording system for magnetotellurics data acquisition. GEOTRONICS CORPORATION, USA, AUSTIN, TEXAS, 1970.
- [11] *D. Rankin and I. K. Reddy*: A magnetotelluric study of Resistivity Anisotropy. *GEOPHYSICS*, 1969. jún. No. 3.
- [12] *M. R. Forster and N. J. Guinzy*: A koherencia koeficiensének becslése és alkalmazása a geofizikai adatfeldolgozásban. *GEOPHYSICS*. XXXII. 1967. No. 4.
- [13] *Meskó Attila – Szulyovszky Imre – Véges István – Zelei András*: Csonkítófüggvények alkalmazása az ideális felülvágó, alulvágó, sáváteresztő és sávágó szűrők átviteli tulajdonságainak javításához. *Magyar Geofizika* XI. évf. 1970. 3. sz.
- [14] *H. J. Meyerhoff*: Realization of sharp cut-off frequency characteristics on digital computers. Part I – II – III. *Geophysical Prospecting* 1968. No. 2. 1968. No. 4.

## Egyesületi hírek

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület elnöksége, figyelembe véve, hogy a bányászatban és egyéb területeken folyamatban levő nagyfokú gépesítés mellett továbbra is fontos szerep vár a korszerű robbantóanyagok, robbantási eljárások alkalmazására és egyre több, új vonatkozásban vetődik fel a hagyományos munkamódszerek helyett a robbantási eljárásra való áttérés, indokoltnak látta a Bányászati Szakosztályon belül a Bányászati Robbantástechnikai Szakbizottság megalakítását.

A szakbizottság célkitűzései és feladatai között az alábbiak szerepelnek:

1. A robbantási tevékenységgel, a robbantó anyagok gyártásával és felhasználásával, az ilyen irányú kutatásokkal foglalkozó szakemberek összefogása, kapcsolatuk erősítése és véleményeserjük biztosítása.
2. A bányászati, valamint az egyéb különleges (szeizmikus, jég, kohászati, mélyfúrásban végzett) robbantási tevékenységgel kapcsolatos műszaki, gazdasági és biztonsági feladatok ismertetése, a robbantástechnika fejlesztési lehetőségének rendszeres vizsgálata, a hazai és külföldi szakmai tapasztalatok bővítése, gyakorlati alkalmazásuk elterjesztése.
3. A robbantóanyagok használati körének bővítése, a robbantási technika erőteljesebb bekapcsolása a gazdaságosság növelésére irányuló műszaki fejlesztésbe, az új robbantóanyagok és a velük elért eredmények ismertetése, javaslattétel a robbantási célokat legjobban kielégítő robbantóanyagok kialakítását célzó fejlesztés irányaira.



# Digitális szeizmikus kiértékelés kis elektronikus számítógéppel

KORVIN GÁBOR

*A dolgozatban bemutatjuk a MINSZK-2 számítógépen folytatott kísérleti szeizmikus feldolgozás fő lépéseit.*

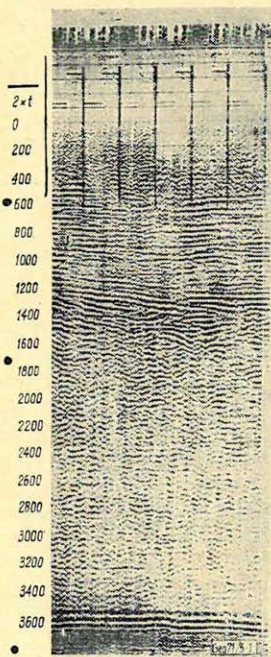
*В работе описываются основные этапы обработки сейсмических данных, проведенной на ЭВМ Минск-2 в опытный порядок.*

*Es werden die wichtigeren Schritte der seismischen Datenverarbeitung mitgeteilt, die mit Hilfe der Rechenmaschine MINSZK - 2 durchgeführt wird.*

A digitális feldolgozás előkészítésére a MINSZK-2 számítógépen kísérleteket végeztünk. A gép kis sebessége miatt rutinszerű feldolgozásra nem törekedhettünk. Célunk az volt, hogy az elsődleges szeizmikus feldolgozás modellezésével a MINSZK-32 gépre is felhasználható programozási tapasztalatot nyerjünk.

A számításokat a Nyírségi-8a hatszoros fedésű stacking-szelvény szeizmogramjain végeztük. A szelvénynek az OKGTGKŰ CS 621 centrumán feldolgozott szeizmogramjait mutatja az 1. ábra.

A szelvény első 6 szeizmogramját dolgoztuk fel digitálisan, ez összesen 41 szeizmogram feldolgozását jelentette; a szeizmogramok hossza 3,5 sec volt. A feldolgozás blokkdiagramja a 2. ábrán látható.



1. ábra. A No-69/8a hatszoros stacking-szelvény részlete az OKGTGKŰ CS 621 centrumán feldolgozva

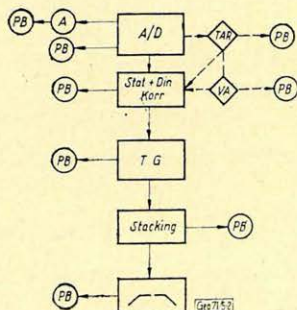
Fig. 1. Часть разреза No-69/8a с шестикратным перекрытием, обработанного на аналоговом вычислительном центре Треста нефтяной и газовой промышленности типа Cs-625

Fig. 1. Teil des sechsfachen Stacking-Profiles No-69/8a bearbeitet am Zentrum Cs 621 des OKGTGKŰ-s

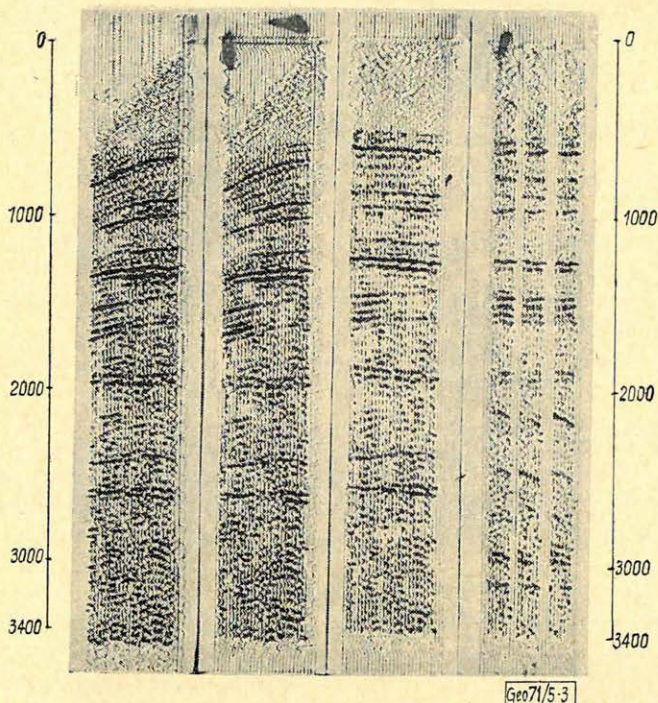
2. ábra. A digitális feldolgozás blokkdiagramja

Fig. 2. Схема цифровой обработки

Fig. 2. Blockdiagramm der digitalen Bearbeitung





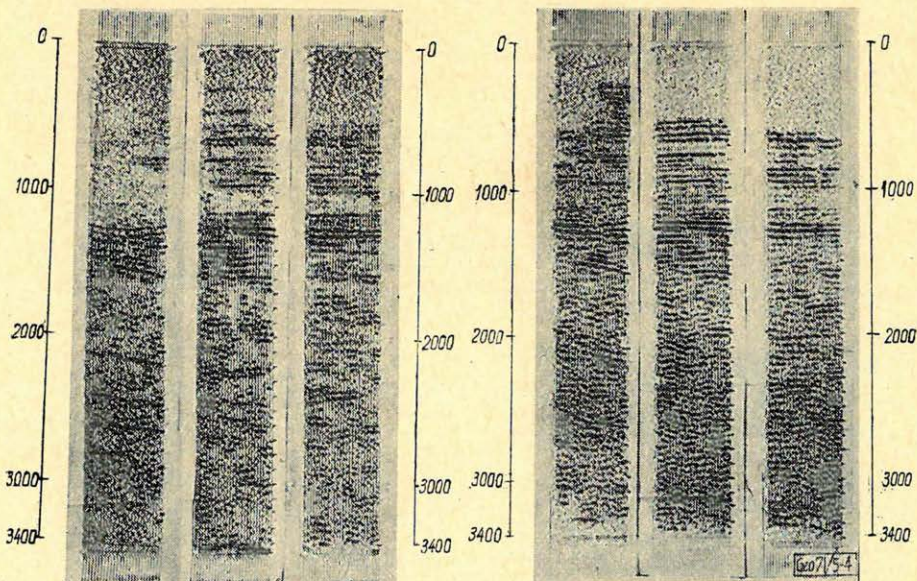


3. ábra. A feldolgozás fázisai: analog kiírás, gépből visszajátszás, normál korrekció és TG

Fig. 3. Этапы обработки: аналоговое представление; воспроизведение; ввод нормальных поправок и сбор каналов

Fig. 3. Phasen der Bearbeitung: analoges Ausschreiben, Wiedergabe aus der Maschine, Normalkorrektion und TG

Geo7/53



4. ábra. Hatszoros stacking, szűretlenül és digitálisan szűrve

Fig. 4. Шестикратное накопление без фильтрации и с цифровой фильтрацией

Fig. 4. Sechsfach-Stacking ohne Filterung und digital gefiltert



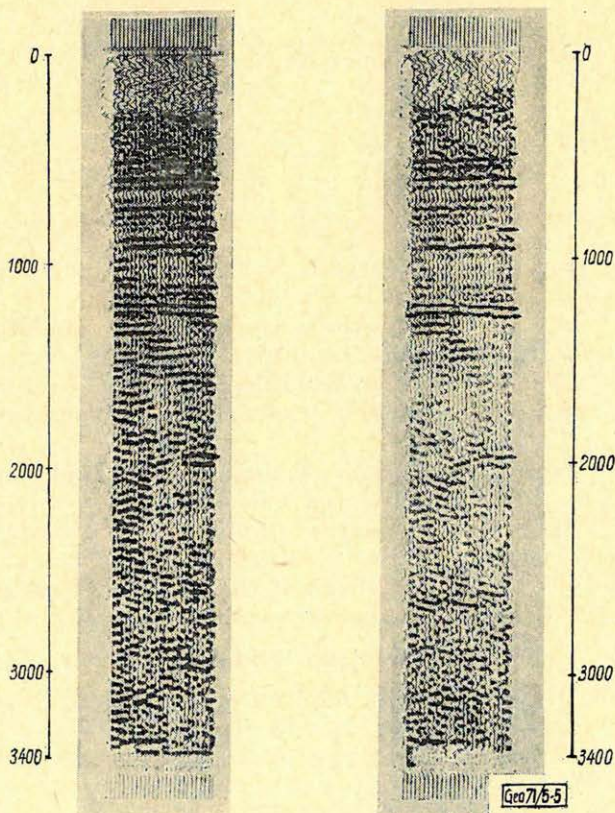
A beadás *FM* rendszerű analóg terepi mágnesszalagról *AD* konverterrel történt, csatornánkénti üzemmódban, 2 *msec*-es mintavételezéssel. A *MINSZK-2* gép szavai 37 bitesek, így egy gépi szóba 3 szeizmikus adat kerül, mivel a beadás dinamikája 12 bit.

A beadás ellenőrzésére a szeizmogramokat közvetlenül analóg módon, *AD-DA* üzemmódban, és *AD-MINSZK-2-DA* üzemmódban is kiírtuk. A kiírás melegtűs regisztrálással történik, a *DA* konverter a számítógép facit egységéhez csatlakozik. A jelenleg kiíró rendszerben visszajátszószűrő nem szerepel. Lehetőség van az erősítés szabályozására, és *AGC* használatára. A kiíró dinamikája 6 bit.

Megemlítjük, hogy a gépbeadás digitális terepi mágnesszalagról is történhet, ezzel is végeztünk kísérleteket.

A feldolgozás első lépéseként előre megadott paraméterek alapján a szeizmogramokat sztatikusan és dinamikusan korrigáltuk. Ezt újabb visszajátszás követte (3. ábra).

Ezután a  $6 \times$ -os fedés sorrendjének megfelelően külön mágnesszalagokra átrendeztük és közös mélységpontonként csoportosítva visszajátszottuk az összeadandó csatornákat. (Ez az ún. *TG = trace gathering program*.) A visszajátszás alapján manuálisan kijelölhetők a rossz csatornák és szembeötlenek a korrekciós hibák. Az ilyen módon összegyűjtött csatornák alapján a stacking

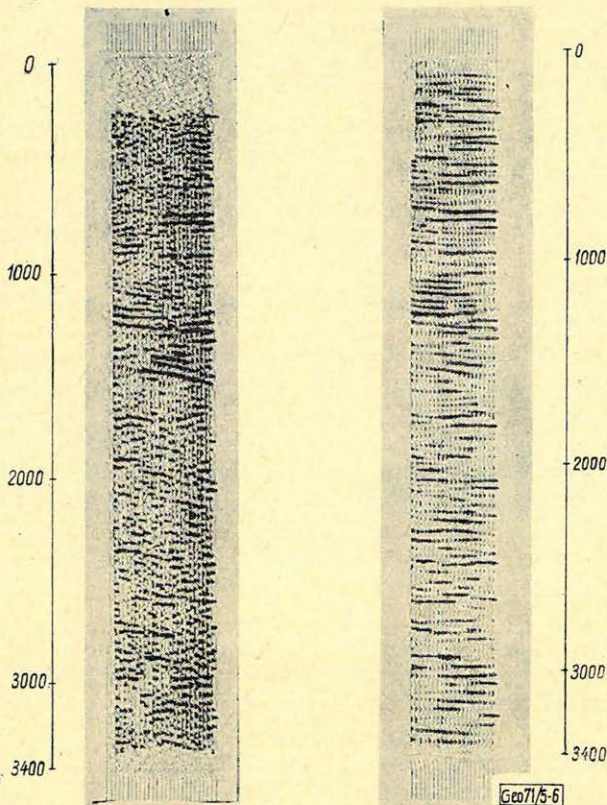


5. ábra. Automatikus korrekciójavítás a stacking folyamán (balra javítás előtt, jobbra utána)

Фиг. 5. Автоматическая коррекция поправок в процессе накопления (слева — до коррекции; справа — после коррекции)

Fig. 5. Automatische Korrektion-Durchführung während der Stacking (links vor der Korrektion, rechts korrigiert)





6. ábra. Kétdimenziós szűrés stacking után (balra szűrés nélkül, jobbra szűréssel) (10–50 Hz,  $V = 15\,500$  m/s)

Фиг. 6. Двумерная фильтрация после накопления (слева – без фильтрации; справа – с фильтрацией (10–50 гц,  $V = 15\,500$  м/сек)

Fig. 6. Zweidimensionale Filterung nach Stacking [links ohne Filterung, rechts mit Filterung (10–50 Hz,  $V = 15\,500$  m/s)]

egyszerűbben szervezhető és az automatikus korrekciójavítás is könnyebbé válik.

A 4. ábrán a stacking szelvény egy részlete látható szüretlenül és 41 pontos, 8–40 Hz-es digitális sávszűrővel szűrve.

A feldolgozás további lépései között automatikus sztatikus-korrekciójavítást, és a stacking szelvények kétdimenziós szűrését hajtottuk végre (5., 6. ábrák).

Nézzük meg újra a feldolgozás blokkdiagramját. A szaggatott vonallal jelölt korrekciójavítás és valódi amplitúdó-helyreállítás még fejlesztés alatt álló programok. Jelenleg az automatikus sztatikus korrekció javításnak egy egyszerű változatát használjuk, amely a stackinggel egyidőben végezhető. A TAR programmal kapcsolatban több elképzelés született, most csak a TAR egyes lépéseinek a szerepét szeretnénk bemutatni (7. ábra).

A lényegesebb eljárások időigénye a MINSZK–2 esetében a következő:

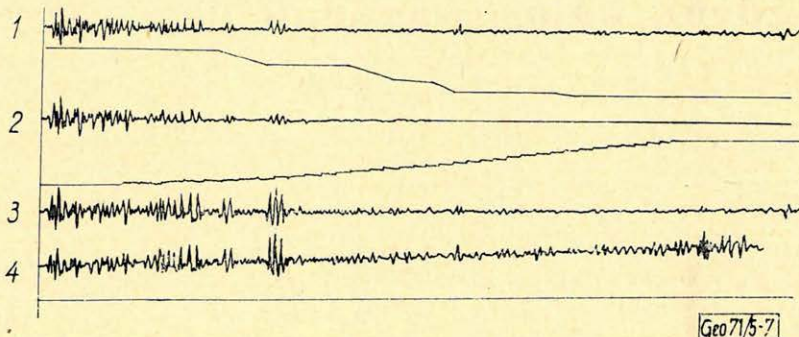
1. gépbeadás, ill. kiírás: 4–5 perc/szeizmogram.
2. dinamikus és sztatikus korrekció: 30 perc/szeizmogram,
3. csatornák összegyűjtése közös mélységpont szerint 2–3 perc/mélységpont
4. stacking: 20 perc/stacking szeizmogram.



Megemlítjük, hogy programrendszerünkben a stacking súlyozással törté-  
nik, a rossz csatornák interpolálását pl. stacking közben végeztük.

5. digitális frekvenciaszűrés 25 perc/szeizmogram 40 pontos szűrő esetén.

6. kétdimenziós szűrés  $9 \times 41$  pontos szűrővel, kb. 4 óra/szeizmogram.



7. ábra. A TAR lépéseinek szemléltetése: digitálisan szűrt csatorna (20 – 80 Hz), az antidinamika menete, szeizmikus csatorna antidinamika alkalmazása után, szférikus korrekció és alkalmazása, végleges csatorna az (abszorpciós) inelasztikus szóródás korrigálása után ( $\alpha = 0,0002$ )

Fig. 7. Иллюстрация шагов обработки по системе „TAR”: трасса с цифровой фильтрацией (20 – 80 гц); ход антидинамики; сейсмическая трасса после применения антидинамики; воод сферической поправки; окончательная трасса после ввода поправки за неупругое (абсорпционное) рассеяния ( $\alpha = 0,0002$ )

Fig. 7. Darstellung der Schritte von TAR: Kanal mit digitaler Filterung (20 – 80 Hz), Gang der Antidynamik, seismischer Kanal nach der Anwendung der Antidynamik, sphärische Korrektion und ihre Anwendung, resultierender Kanal nach der Korrigierung der inelastischen (Absorptions-) Zerstreung ( $\alpha = 0,0002$ )

A programozás optimalizálásával komoly időt nyerhetünk. A korrekciók 30 perc/szeizmogramos idejét pl. 5 perc alá sikerült leSORÍTANI a korrekciós képletben szereplő, az egy szeizmogram feldolgozásában több mint tízezerszer felhasználásra kerülő négyzetgyökvonás-számítás optimális felhasználásával.

## Lapszemle

Földtani Kutatás 1970. XIII. évf. 3 – 4. sz.

Bjamba Zsambün – N. T. Rjaguzov: A közép-mongóliai kaledóniak tektonikája, 1 – 8 old.

Jaskó Tamás – Viczián István: Néhány a földtanban alkalmazható egzakt osztályozási módszer, 33 – 39. old.

Bondarenkó B. M. – Viktorov G. G. – Tarhov A. G.: A geokozmikus módszer helyzete és fejlesztési perspektívái, 40 – 45. old. A kozmikus sugárzás átható komponenseinek földtani, és geofizikai műszaki célú gyakorlati felhasználását a szerzők már 1959-ben javasolták. Az első föld alatti kísérleteket 1961-ben a moszkvai metróban végezték. A cikk ismerteti a módszer kidolgozott elméletét, az alkalmazandó műszert és az alkalmazási területeket.

Sinoros Szabó Lóránd: Kutató magfúrás a földtani kutatás szolgálatában, 67 – 73. old.

Nagy Magdolna: Geofizikai mérések jelentés-jegyzéke II., 75 – 77. old. A Földtani Kutatás XI. évf. 1 számában 1965-ig közölt jegyzék kiegészítése, 1970-ig.

TG



# Az átlagnégyzetes hibakritérium alkalmazása szeizmikus digitális szűrők hatásosságának becslésére

MESKÓ ATTILA - RÁDLER BÉLA - SZULYOVSKY IMRE

*Az egy- és többcsatornás simitőszűrők tervezése során az átlagnégyzetes hiba minimalizálásával határozzák meg az optimális átviteli függvényeket. Másrészt a szakirodalomban elterjedt és szinte kizárólagos módszer a szűrők hatásosságának értékelésére a jel/zaj arány javulásának megadása. A jel/zaj-arány-javulást az energiákból vagy az amplitúdókból határozzák meg. A szűrők értékelése tehát jelenleg más kritérium alapján történik, mint a tervezés.*

*Az előadás szertné felhívni a figyelmet a két kritérium különbségére. Ez a különbség ellentmondásokra vezethet (pl. a jel/zaj-arány maximális javulása más paramétereknél ad optimumot, mint az átlagnégyzetes hiba minimuma). A szerzők javaslata az, hogy az értékelésben a tervezésével azonos jósági kritériumot használjunk.*

*В процессе разработки одно- и двухканальных сглаживающих фильтров функции передачи и весовые функции определяются с помощью минимализации среднеквадратической ошибки. С другой стороны наиболее распространённым в литературе и почти единственным методом оценки эффективности фильтров является определение степени улучшения отношения сигнал/помеха. Улучшение отношения сигнал/помеха определяется по значениям получаемых энергий и амплитуд. Это значит, что при оценке фильтров и их разработке принимаются во внимание разные критерии.*

*Данная работа обращает внимание на различие между этими двумя критериями. Это различие может вызвать противоречия, так например максимальное улучшение отношения сигнал/помеха принимает оптимальное значение при других параметрах, чем минимум среднеквадратической ошибки. Авторы предлагают при оценке эффективности фильтров применять критерии, одинаковые по своему характеру с критериями установленными при разработке фильтров.*

*Im Laufe der Planung der ein- und mehrkanaligen Glättungsfilter werden die optimalen Übertragungsfunktionen oder die Gewichtsfunktionen durch die Minimalisierung des mittleren quadratischen Fehlers bestimmt. Andererseits ist eine in der Literatur verbreitete und fast ausschließlich angewendete Methode der Bewertung der Effektivität der Filter die Angabe der Verbesserung des Signal/Geräusch-Verhältnisses. Dies wird aus den Amplituden oder aus den Energien berechnet. Eine Folge davon ist, dass bei der Bewertung der Filter von einem anderen Kriterium ausgegangen wird, als bei der Konstruktion.*

*Im Vortrag wird auf diese Duplizität aufmerksam gemacht. Die Abweichung der zwei Kriterien-Arten kann zu Widersprüchen führen (z. B. die maximale Verbesserung des Signal/Geräusch-Verhältnisses führt zum Optimum für andere Parameterwerte, als dies sich bei dem Kriterium des durchschnittlichen quadratischen Fehlers ergibt.) Die Verfasser schlagen vor, sowohl bei der Planung, wie auch bei der Bewertung dieselbe Güte-Kriterien anzuwenden.*

## Az irodalomban használatos hatásossági kritériumok áttekintése

A hasznos jel kiemelését célzó műveletek hatásosságának becslésére leggyakrabban használatos hatásossági kritérium az átalakított csatorna jel/zaj-arány-javulása. Jel/zaj arányon energiaarányt, teljesítményarányt, vagy amplitúdóarányt szoktak érteni. Geofoncsoportok átviteli tulajdonságának becslésére a teljesítményarány-kritériumot használja pl. J. R. Arora: (1968) [3]. Optimumszűrés hatásosságának becslésére W. A. Schneider et al (1965) [1] cikkükben az energiaarány-kritériumot használják.

Ota Kulhanek (1968) [2] cikkében az amplitúdó-hányados kritériumot használja optimum-simitőszűrés hatásosságának becslésére.



Jelen dolgozat modellvizsgálatok alapján szeretné bemutatni az átlag-négyzetes hibakritériumot, összehasonlítva a fenti kritériumokkal.

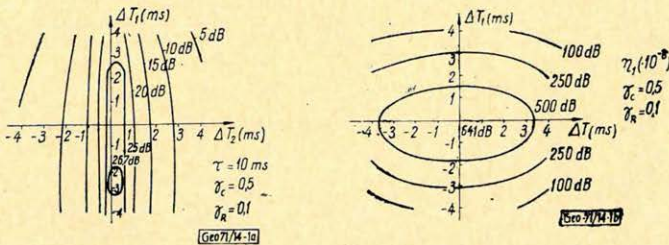
### Az átlagnégyzetes hibakritérium alkalmazása

Először vizsgáljuk meg az optimum vertikális stacking hatásosságát modell csatornákon, az irodalomban használatos energiakritérium alapján. A modell-csatorna álljon jel- és ghost-waveletből [alakra megegyeznek:  $W(t)$ ] és rendezetlen zajból:

$$W(t) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} H_8(t) e^{-t^2},$$

ahol  $H_8(t)$ : nyolcadfokú Hermite-polinom.

A rendezetlen zaj/jel teljesítményarányt  $\gamma_R = 0,1$ , a koherens zaj/jel teljesítményarányt  $\gamma_c = 0,5$ -nek választottuk. A két csatornán fellépő ghostok közötti időkülönbség:  $\tau = 10$  ms. Erre a modellre meghatározva az optimumszűrőket, elvégeztük a szűrést és számítottuk a szűrés hatásosságát a jelek közötti időkülönbség ( $\Delta T_1$ ) és a ghost-késés hibájának ( $\Delta T_2$ ) függvényében. Jelöljük az energiák hányadosa alapján számított hatásosságot  $\eta_2$ -vel ( $I/a$  ábra). A számítás érdekes eredményt adott: a hatásosság nem akkor maximális, amikor a modelleszatorna paramétereire megegyeznek a szűrő paramétereivel, hanem akkor, ha a jelek közötti időkülönbség  $-3$  ms.



1. ábra. Optimum vertikális stacking hatásossága a ghost reflexiók közötti időkülönbség hibája ( $\Delta T_2$ ) és a jelek közötti időkülönbség ( $\Delta T_1$ ) függvényében;  $\eta_1$  az átlagnégyzetes hibakritériummal számított hatásosság;  $\eta_2$  az energiáhányados-kritériummal számított hatásosság

Фиг. 1. Зависимость эффективности оптимального вертикального накопления от погрешности разности времен между отражениями-спутниками  $\Delta T_2$  и от разности времени сигналов  $\Delta T_1$ ;  $\eta_1$  — эффективность, подсчитанная с критерием среднеквадратичной погрешности;  $\eta_2$  — эффективность, подсчитанная с критерием отношения энергии

Fig. 1. Effektivität der vertikalen Optimumstapelung als Funktion vom Zeitdifferenzfehler der „Ghost“-Reflexionen  $\Delta T_2$  und von der Zeitdifferenz der Signale  $\Delta T_1$ ;  $\eta_1$  Effektivität, berechnet mit dem Kriterium des quadratischen Mittelfehlers;  $\eta_2$  Effektivität, berechnet mit dem Kriterium des Energieverhältnisses

Ez a jelenség azért léphet fel, mert más kritérium szerint vizsgáltuk a szűrés hatásosságát, mint amit az optimumszűrő tervezésénél használtunk, vagyis a szűrt és összegezett jel energiája nem akkor lesz maximális, amikor az eredeti wavelettől való eltérés négyzetösszege minimális.



Legyen most hatásossági kritériumunk a szűrő-tervezési kritérium reciprokoka:

$$\eta_1 = \frac{N}{\sum_{i=1}^N (g_i - w_i)^2},$$

ahol:  $g_i$  szűrt csatorna,  
 $w_i$  kívánt kimenet.

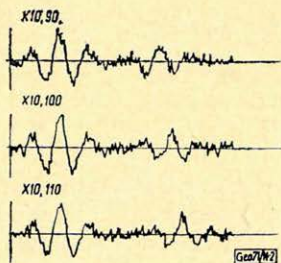
A számítás eredménye az 1/b. ábra. Ebben az esetben a hatásosság maximuma ott jelentkezik, ahol a modellesatorna paraméterei megegyeznek a szűrő paramétereivel. Ez a példa felhívja a figyelmet arra, hogy a szűrőtervezési kritérium alapján, ill. az energiák hányadosának felhasználásával számított hatásosság között eltérések lehetnek.

Az optimumszűrő-tervezési-kritériumot használva, a hatásossági értékeknek nincs olyan szemléletes jelentésük, mint a hányadoskritériummal számított értékeknek. Lényeges különbség még a kétféle hatásosság között az, hogy  $\eta_1$  értékei  $\Delta T_1$  növekedésével gyorsabban csökkennek, mint  $\eta_2$  értékei.  $\eta_2$  számításánál ugyanis a hányados-kritérium nem veszi figyelembe a jel beérkezésének helyét, csak energiáját. Ha a jel eltolva jelentkezik, de ugyanolyan energiával, akkor az energiahányados-kritérium ugyanolyan hatásosságot fog eredményezni, az átlagnégyzetes kritérium viszont különbözőt. Ugyanez történik akkor, is ha a jel torzult. Ez a különbség lényeges lehet.

Vizsgáljuk meg a horizontális stacking és az optimum horizontális stacking (OHS) hatásosságát.

A jelek közötti időkülönbség (rossz korrekció) hatását már az előző OVS példánál megvizsgáltuk. A következőkben feltesszük, hogy a jelek között időkülönbség nincs, vagyis nincs korrekciós hiba. Modellesatornáink álljanak jelwaveletből, rendezetlen fehér zajból (amelynek teljesítménye 10-ed, illetve 100-ad része a teljesítménynek:  $\gamma = 10$  és  $\gamma = 100$ ) és a többszörösöknek megfelelő waveletből, amelynek amplitúdója fele a jelamplitúdónak. Háromszoros fedést vizsgálunk. A többszörös relatív időtolása 10 – 10 ms. Ezekre a paraméterekre optimumszűrőket terveztünk (lásd Schneider et al 1965) és vizsgáltuk a szűrő hatásosságát a fenti kritériumok szerint a többszörösök közötti tolás hibájának függvényében.

Összehasonlítás céljából kiszámítottuk az egyszerű összegezés hatásosságát is.



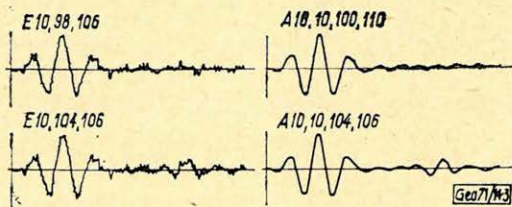
2. ábra. Modellesatornák az optimum horizontális stacking hatásosság-vizsgálataihoz

Фиг. 2. Модельные каналы для изучения эффективности оптимального горизонтального накопления

Fig. 2. Modellkanäle zur Untersuchung der Effektivität der horizontalen Optimumstapelung



A 2. ábrán bemutatjuk a bemenetként használt három modelleszatornát  $\gamma = 10$  esetében. A 3. ábrán példákat mutatunk az eredményeszatornákából. Az eredményül kapott OHS hatásossági görbék a 4. ábrán láthatók.



3. ábra. Horizontális stacking (*E*) és optimum horizontális stacking (*A*) eredményeszatornák. Paraméterek rendre:  $\gamma_x, \gamma_y, M_2, M_3$ ;  $\gamma_x$ : a csatornák jel/rendezetlen zaj-teljesítményaránya;  $\gamma_y$ : optimumszűrő tervezésénél figyelembe vett jel/rendezetlen zaj-teljesítményarány;  $M_1, M_2, M_3$  rendre a három többszörös időkéscése a jelhez képest

Фиг. 3. Трассы, полученные в результате горизонтального накопления (*E*) и оптимального горизонтального накопления (*A*). Параметры:  $\gamma_x, \gamma_y, M_2, M_3$ ;  $\gamma_x$  — отношение мощностей сигнал/неупорядоченный шум каналов  $\gamma_y$  — отношение мощностей сигнал/неупорядоченный шум, учтенное при разработке оптимального фильтра;  $M_1, M_2, M_3$  — запаздывание трех кратных волн по отношению к полезному сигналу

Fig. 3. Ergebnis der horizontalen Stapelung (*E*) und der horizontalen Optimumstapelung (*A*). Die einbezogenen Parameter sind:  $\gamma_x, \gamma_y, M_2, M_3$ ;  $\gamma_x$  Leistungsverhältnis „Signal/ungeregeltes Geräusch“ der Kanäle,  $\gamma_y$  Leistungsverhältnis „Signal/ ungerichtetes Geräusch“, das bei der Entwicklung des Optimumfilters in Betracht gezogen wurde;  $M_1, M_2, M_3$  Zeitverspätung der drei Mehrfachreflexionen im Vergleich zum Signal

A hatásosság maximuma a pontos paramétereknél jelentkezik, mivel feltételezzük, hogy korrekciós hiba nincs. Továbbá kitűnik, hogy a rendezetlen zaj csökkenése csak kis hibák esetén hoz jelentős javulást a szűrés hatásosságában.

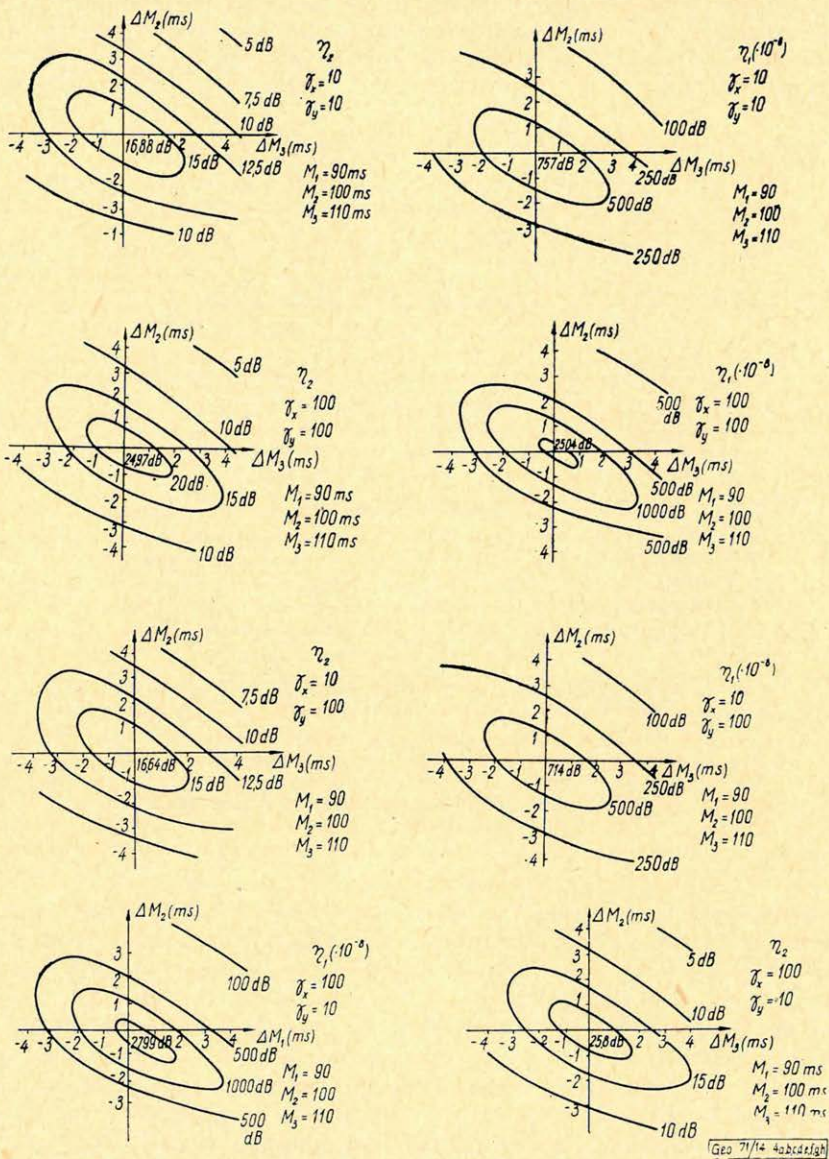
Elvégeztük az OHS műveletet úgy is, hogy a szűrőket a paraméterek szerint felcseréltük:  $\gamma_x = 10, \gamma_y = 100$  esetén kisebb hatásosságot kaptunk, mint  $\gamma_x = \gamma_y = 10$  esetén.  $\gamma_x = 100, \gamma_y = 10$  esetén viszont valamivel nagyobb hatásosságot kaptunk, mint  $\gamma_x = \gamma_y = 100$  esetén. (4. ábra).

Ez azt jelentené, hogy a szűrőt hibás paraméterrel tervezve nagyobb hatásosságot kapunk, mint pontos paraméterek esetén.

A súlyfüggvények alakja és az alkalmazott csonkítás megmagyarázza ezt az ellentmondást. A súlyfüggvény 100 ms hosszúságú szakaszát használtuk. Mivel  $\gamma_y = 100$  paraméter esetén a súlyfüggvény lassan cseng le, a csonkítás a szűrés hatásosságát kedvezőtlenebbül befolyásolta mint  $\gamma_y = 10$  paraméterhez tartozó gyorsabban csökkenő súlyfüggvény esetén.

Egyszerű összegezés esetében nincs szó tervezési kritériumról, mégis jól használható az átlagnégyzetes hibakritériummal számított hatásosság. Az OHS eredményekkel összehasonlítva  $\eta_1$  érzékenyebben követi a változásokat, mint  $\eta_2$  ( $\eta_1$  kifejezésben nem szerepel ugyanis logaritmus-képzés) (5. ábra).





4. ábra. Optimum horizontális stacking hatásossága a többszörösök időkülönbségének hibái  $\Delta M_2$ ,  $\Delta M_3$  függvényében (jelöléseket lásd fent)

Fig. 4. Зависимость эффективности оптимального горизонтального накопления от погрешностей разности времен кратных волн  $\Delta M_2$ ,  $\Delta M_3$  (условные обозначения см. выше)

Fig. 4. Effektivität der horizontalen Optimumstapelung in Funktion von Zeitdifferenzfehlern der Mehrfachreflexionen  $\Delta M_2$ ,  $\Delta M_3$  (Bezeichnungen wie oben)

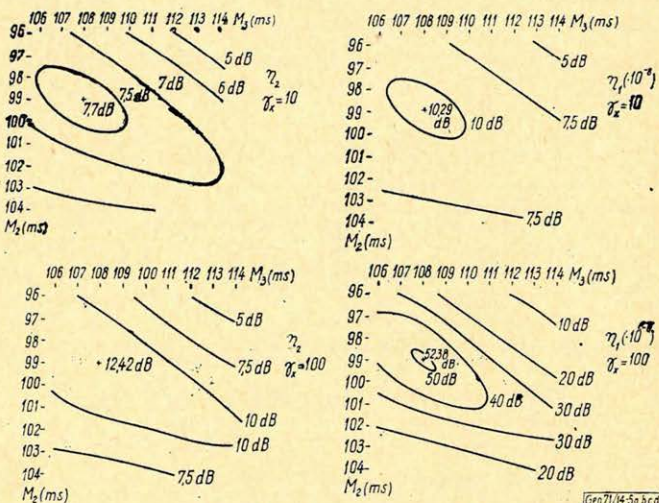


Tehát, ha a jelek beérkezését pontosnak tételezzük fel, akkor a vizsgált két kritérium esetén kapott hatásossági görbék jellege azonos, azonban az átlagnégyzetes kritériummal számított hatásosság érzékenyebb, mint az energiahányados alapján számított.

5. ábra. Horizontális stacking hatásossága a többszörösök időkéésésének függvényében (jelöléseket lásd fent)

Фиг. 5. Зависимость эффективности горизонтального накопления от запаздывания кратных волн (условные обозначения см. выше)

Fig. 5. Effektivität der horizontalen Stapelung in Funktion der Zeitverspätung der Mehrfachreflexionen (Bezeichnungen wie oben)



Megvizsgáltuk a szűrés hatásosságát az amplitúdóhányados-kritérium alapján is. Ezen kritériummal számított hatásosságot  $\eta_3$ -al jelöltük.  $\eta_3$  és  $\eta_2$  hatásosságok között természetesen sokkal szorosabb összefüggés áll fenn, mint  $\eta_1$  és  $\eta_3$  között. Bemutatjuk pl. a  $\gamma_x = \gamma_y = 100$  paraméterekhez tartozó OHS vizsgálatának eredményét (6. ábra). Itt azt figyelhetjük meg, hogy a hatásosság lassabban csökken és a maximum értéke alacsonyabb. Az alacsonyabb érték magyarázata az, hogy egy bizonyos többszörös csillapodás után a maximális zajamplitúdót mérve a rendezetlen zajt fogjuk mérni, ezért alacsonyabb hatásossági értékeket kapunk. A lassúbb csökkenést az okozza, hogy hibás paraméterek esetén viszonylag nagy energiájú többszörösök maradnak a csatornán a zajba simulva, amit az energia-kritérium érzékenyebben regisztrál, mint az amplitúdókritérium.

Az elmondottakat sokkal jobban látjuk, ha a  $\Delta M_2 = \Delta M_3$  metszetet külön ábrázoljuk: 7. ábra. ( $\eta_1$ -hez  $10^{-8}$ -szoros skála tartozik.  $\eta_1$  és  $\eta_2$  maximumok pontos egybeesése véletlen, hiszen  $\eta_1$  skálája más mint  $\eta_2$  és  $\eta_3$  skálája.)

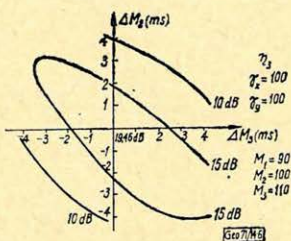
Következtetések: A vizsgált esetekben azt találtuk, hogy ha a jelek között korrekciós hibát tételezünk fel, akkor az energiahányados felhasználásával számított hatásosság félrevezető lehet, ugyanakkor az átlagnégyzetes hibakritérium megfelelő eredményt ad.

Ha a jelek között a modellszámításban nem tételezünk fel korrekciós hibát, akkor az átlagnégyzetes hibakritérium érzékenyebb, de ugyanúgy használható, mint az irodalomban használatos hatásossági kritériumok.

Ezért, amikor egy adott típusú szűrő hatásosságát, bizonyos paramétereknek a hatásosságra való befolyását vizsgáljuk, a tervezésben használt jósági kritériumot kell használni.



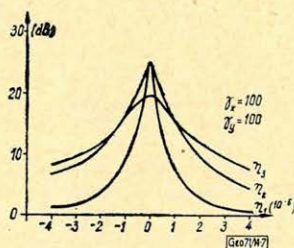
A fent vizsgált hatásossági kritériumok közül a gyakorlati értelmezéshez legközelebb az amplitúdóhányados-kritérium áll. Egy műveletet a gyakorlatban akkor tartunk leghatásosabbnak, amikor a kiértékelésnél legbiztosabban meg tudjuk állapítani a reflexió jelenlétét és pontos helyét. Ezt olyan kritérium tudná biztosítani, amely függvénye mind a teljesítménynek, mind a maximális amplitúdónak. Ezek alapján a jel/zaj teljesítményjavulásból számított hatásosság és a maximális jelamplitúdó/zaj átlagos amplitúdó hányadosból számított hatásosság szorzata javasolható.



6. ábra. Optimum horizontális stacking amplitúdóhányados-kritériummal számított hatásossága ( $\eta_3$ ) (jelöléseket lásd fent)

Фиг. 6 Эффективность оптимального горизонтального накопления, подсчитанная по критерию отношения амплитуд ( $\eta_3$ ) (условные обозначения см. выше)

Fig. 6. Effektivität der horizontalen Optimumstapelung, berechnet mit dem Kriterium des Amplitudenverhältnisses  $\eta_3$  (Bezeichnungen wie oben)



7. ábra. A vizsgált hatásossági kritériumok összehasonlítása

Фиг. 7. Сопоставление рассматриваемых критериев для оценки эффективности

Fig. 7. Vergleich der untersuchten Kriterien der Effektivitätsabschätzung

Megjegyzendő, hogy ez a kritérium sem biztosítaná, hogy a hatásosság maximuma ott legyen, ahol a szűrőtervezésben használt paraméterek meg egyeznek a csatorna vagy csatornák valódi paramétereivel.

Az amplitúdókból vagy teljesítményekből meghatározott hatásosságok vagy a most javasolt kombinált hatásossági kritérium más, a gyakorlathoz közelebb álló szempontból vizsgálják a szűrők működését és különösen több művelet együttes hatásának értékelésében lehetnek hasznosak.

## IRODALOM

- [1] W. A. Schneider, E. R. Prince, B. F. Giles, 1965. A New Data-Processing Technique for Multiple Attenuation Exploiting Differential Normal Moveout: Geophysics, XXX. n. 3. pp. 348–362.
- [2] Ota Kulhanek, 1968. Seismic Noise Discrete Filtering: Pure and Applied Geophysics, v. 69.
- [3] J. R. Arora, 1968. Signal-to-Noise-Ratio Improvement of Linear Seismic Array: Pure and Applied Geophysics, v. 69.
- [4] W. A. Schneider, K. L. Larver, J. P. Burg, M. N. Backus, 1964. A New Data-Processing Technique for the Elimination of Ghost Arrivals on Reflection Seismograms: Geophysics, v. 29. No. 5. pp. 783–805.
- [5] Meskó–Rádlér B., 1969. Koherens zaj NMO-jai eloszlásának szerepe a többcsatornás szeizmikus optimumszűrők tervezésében. Geofizikai Közlemények, XVIII. No. 4. pp. 69–77.



# Homokos tárolók porozitásának meghatározása kettős forrás-detektor távolsággal végzett termikus-neutron szelvényezési eljárással

ANDRÁSSY LÁSZLÓ - BARÁTH ISTVÁN - DRAHOS DEZSŐ

*A szerzők a dolgozatban irodalmi közlések alapján kidolgozták a két szondahosszas termikus neutron szelvényezési eljárást modell körülményekre. Bemutadják kísérleti méréseik eredményeit az optimális mérési feltételek megállapítására, valamint a több-pontos H-porozításra való hitelesítést, amelyet az Intézetben kifejlesztett KRN-2-150-85 típusú neutron-berendezéssel végeztek. Elméleti görbék számítását végezték el különböző szondahosszak és lyukátmérek esetére. Külföldi és hazai tapasztalatok felhasználásával hitelesítést-ellenőrző egységet dolgoztak ki.*

*По литературным данным авторами разработан метод НГК-Т при двух длинах зонда для условий модели. В настоящей работе описываются результаты опытных работ, проведенных для определения оптимальных условий работы по этому методу. Излагаются исследования по калибровке для пористости H, проведенные с использованием разработанной в Геофизическом институте аппаратуры типа КРН-2-150-85. Вычислены теоретические кривые для различных длин зонда и диаметров скважины. С использованием опыта, накопленного как в нашей стране, так и за границей, разработано устройство для проверки калибровки.*

*Es wurde auf Grund von Literaturdaten das Thermische-Neutron-Verfahren der Profilierung mit zwei Sondenlängen für Modellverhältnisse ausgearbeitet. Es werden die Versuchsergebnisse für die Bestimmung der optimalen Messbedingungen, sowie für die Mehrpunkt-H-Porosität-Kalibrierung mitgeteilt, die im Geophysikalischen Institut mit Hilfe einer Einrichtung Typ KERN-2-150-85 (entwickelt im Institut) gewonnen wurden. Es wurden theoretische Berechnungen der Kurven für verschiedene Sondenlängen und Lochdurchmesser durchgeführt, und auf Grund einheimischer und ausländischer Erfahrungen eine Kalibrierungs-Kontrolleinheit ausgearbeitet.*

A neutron-neutron szelvényeket alapvetően porózus képződmények, homokos és karbonátos tárolók kijelölésére és porozitásának meghatározására használják. Ezekon a szelvényeken elsősorban a pórusokat kitöltő folyadék (gáz) mennyiségére utaló anomáliákat figyelhetünk meg, amelyek értelmezése nehézkesé válik, ha a  $H$  mellett agyag (vagy más szennyező) is előfordul. Tiszta képződményekben, ahol a pórusok vízzel, olajjal vagy gázzal, esetleg ezek kombinációival telítettek, a mért és számított porozitás a jelenlevő folyadékra (gázra) lesz jellemző.

A gyakorlati neutron-neutron szelvényezésnél a fellépő folyamatok igen bonyolultak. A neutron forrásból kibocsátott neutronok ütközést szenvednek a képződmények anyagának atomjain és néhány száz mikroszekundumon belül lelassulnak a termikus sebességértékekre. Ezután véletlenszerű diffúziós mozgást végeznek mindaddig, amíg el nem fogja őket valamely atommag, mint pl. a klór, a hidrogén, a szilícium.

A neutronok lassulását és diffúzióját a fizikában többek között az ún. csoport-diffúziós elméletekkel írják le. Attól függően, hogy ez elméletet konstans energiájú neutronokra (egycsoportos elmélet), termikus és epitermikus neutronokra (kétcsoportos elmélet), vagy a neutronok egész energia-spektrumára (többcsoportos elmélet) alkalmazzák, a folyamatokat gyengébben, illetve jobban közelítik.



A szelvényezés elméletében nehézségeket okoz az ún. fúróluk-geometria (említett elméletek). A csoport-diffúziós egyenletek két koncentrikus henger szimmetrikus esetére (fúróluk és közeg), illetve három koncentrikus henger szimmetriájára (fúróluk, elárasztott zóna és formáció) való kidolgozása az irodalomból ismeretes [1, 2, 3, 4].

Jelen tanulmányunkban a kettős forrás-detektor-távolsággal végzett neutron porozitás-szelvényezés modell körülmények mellett kialakított mérés-technikájával és a porozitás meghatározásához a fúróluk hatását korrekcióba vevő görbeseregek kiszámításával foglalkozunk. A jövőben az eljárást a hazai szelvényezési gyakorlatba kívánjuk bevezetni, mivel homokos képződmények porozitásának meghatározását mind az olajkutatás, mind a víz- (hazai termálvíz), szén- és más ásványkutatás már sürgetően igényli. Természetesen az eljárást a tárolók szennyezettségi (agyagossági) foka módosítja, ezért további vizsgálatainkat az említett viszonyokra is ki fogjuk terjeszteni.

*Kettős forrásdetektor-távolsággal végzett termikus-neutron porozitásslvelvényezés.*

A neutron-neutron szelvényezési eljárásnál a forrásból kilépő neutronok áthaladnak a fúrólukon, mielőtt a formáció atomjaival kölcsönhatásba lépnek. A neutron-forrást közvetlenül körülvevő anyag (fúróiszap)  $H$ -koncentrációja nagy hatással van a neutronok további mozgására. Ha a  $H$ -koncentráció nagy (nagy fúróluk átmérő), akkor a neutronok nagy része a sugárforrástól kis távolságon belül lelassul és befogódik. A szelvényezési eljárás porozitás-érzékenysége csökken. Ezzel ellentétben, ha a  $H$ -koncentráció kisebb (kis fúróluk átmérő), a neutronok messzebb jutnak, mielőtt befogódnak. A szelvényezési eljárás porozitás-érzékenysége növekszik a fúróluk-átmérő csökkenésével.

A fentiekben leírt fizikai folyamatot legjobban megközelítik, ha a két-csoportos neutron-diffúziós elméletet olyan két koncentrikus hengeres tartományra alkalmazzák [1], amelyek a fúrólukat és a formációt képviselik. A három koncentrikus hengeres tartomány vizsgálata, amely az elárasztott zóna hatását is figyelembe veszi, – a neutronok behatolási mélységével összemérhető elárasztások esetén, – empirikus vagy egzakt számítások útján az eljárás továbbfejlesztésének következő fázis-feladata lesz. Az említett közelítés nagy előnye, hogy matematikailag levezethető, hogy a forrás-detektor tengelyén megfelelően megválasztott két különböző távolságban a termikus fluxusok aránya lényegében azonos az epitermikus fluxusok arányával. Ennek következtében a formáció egyetlen paraméternek, az epitermikus neutronok lassulási hosszának mértékéül szolgál. A termikus-neutron-mérések, amelyek a lassulási hossz iránt érzékenyek, azért is jelentősek, mert a lassulási hossz értékét a közeg  $H$ -koncentrációja szabja meg, amely szoros kapcsolatban van a kőzet porozitásával. Az előbbieken említettekből következik, hogy a forrás-detektor tengelyen a két detektort alkalmas távolságban elhelyezve a formáció tulajdonságai iránti érzékenység nő és csökken a fúróluk hatása. Ez képezi alapját a kettős forrás-detektor távolsággal végzett termikus neutron szelvényezésnek.

A szelvényezési eljárás kidolgozásában az elméleti alapok mellett igen nagy segítséget jelentettek a fúrólukmodellen végzett kísérletek és hitelesítések. Ezek a vizsgálatok lehetővé tették, hogy az elméleti görbéket fúróluk-modellen végzett kísérleti eredményekkel összehasonlítsuk és azok gyakorlati használhatóságát bizonyítsuk.



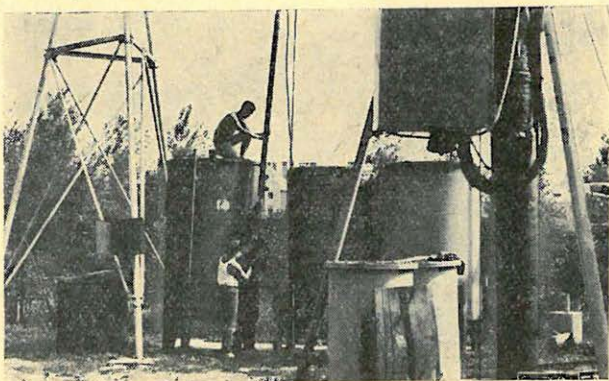
A Geofizikai Intézetben rendelkezésünkre álló neutronszelvényezési eljárások hitelesítésre alkalmas modellrendszer leírásával és az első kísérletek eredményeivel korábbi tanulmányban már foglalkoztunk [5].

A következőkben néhány olyan eredményt ismertetünk, amelyekkel méréseink hitelességét alátámasztjuk.

1. ábra. Neutron módszer hitelesítésére alkalmas modellrendszer fényképe

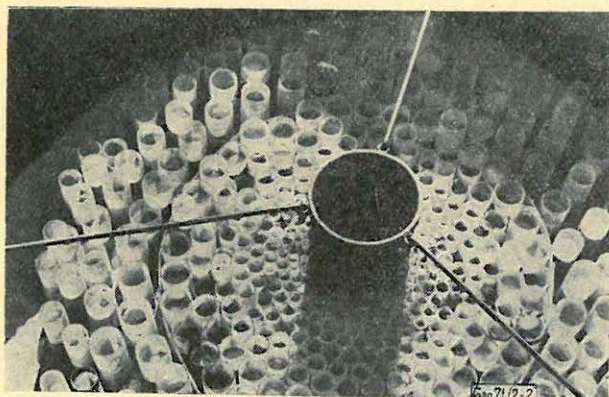
Фиг. 1. Внешний вид модельной системы для эталонирования метода ННК

Fig. 1. Bild eines Modellsystems für die Kalibrierung bei dem Neutron-Verfahren



Kísérleteket végeztünk a különböző porozitású homokos tárolók modellezésére szolgáló üvegszó-modell (1., 2. ábra) geometriai méreteinek (magasság: 2200 mm; átmérő: 1400 mm; belső cső: 158 mm) és homogenitásának ellenőrzésére. Az első mérési sorozatnál a neutron-szondát az üvegszó-modellbe épített béléscsőben helyeztük el a neutron forrással együtt és a külső zóna egyes köreit fokozatosan édes vízzel telítettük. Az egyes beállításoknál mért termikus-neutron-fluxus arányából meghatároztuk azt az extrapolációs távolságot, amelyen túli zóna már nincs hatással a mért értékekre. Ez a távolság méréseinkben 448 mm-nek adódott, amely megfelel 1045 mm-es modellátmérőnek. Ez az érték kisebb, mint az üvegszó-modell átmérője.

A kísérletek folytatásaként a homogenitás ellenőrzésére a szondát a modellben  $z$  irányban függőlegesen mozgattuk teljes víztelítettség esetén és mértük a termikus és epitermikus neutron-eloszlást (3. ábra). Megállapítottuk, hogy az eloszlás egyenletes; kivételt képez a modell alsó és felső vége, ahol az



2. ábra. Üvegszó-modell fényképe felülnézetből

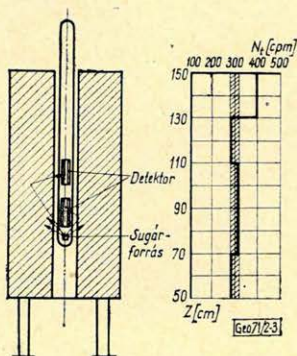
Фиг. 2. Вид модели из стеклянной трубы сверху

Fig. 2. Bild eines Glasrohr-Modells (von oben gesehen)



ún. „szélhatás” jelentkezik, amely impulzusszám-növekedést (termikus-neutron), ill. impulzusszám-csökkenést (epitermikus-neutron) eredményez.

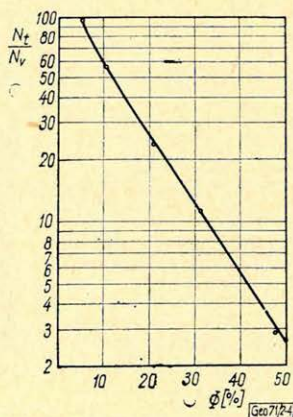
Kísérleti modell-méréseket a két csatornás  $KRN-2-150-85$  típusú neutron szondával végeztünk. Sugárbiztonsági és gazdasági szempontokat szem előtt tartva  $Pu-Be^{5}Ci-s$  ( $7 \times 10^6$ ) neutron(sec) neutronforrást alkalmaztunk.



3. ábra. Üvegcső-modellben  $Z$  irányú termikus neutron-eloszlás teljes édesvíztelítettség mellett

Fig. 3. Распределение тепловых нейтронов в направлении  $Z$  в модели из стеклянной трубы при полной насыщенности пресной водой

Fig. 3. Verteilung der thermischen Neutronen in der  $Z$ -Richtung in einem Glasmodell bei vollständiger Wassersättigung



4. ábra. Összefüggés a beütésszamarány ( $N_T/N_V$ ) és a %-os  $H$  tartalom között termikus neutronokra homokos tárolók esetében

Fig. 4. Зависимость отношения количеств импульсов ( $N_T/N_V$ ) от процентного содержания водорода для тепловых нейтронов при песчаных коллекторах

Fig. 4. Zusammenhang des Einschlagzahlverhältnisses ( $N_T/N_V$ ) mit dem prozentigen Hydrogen-Gehalt für thermische Neutronen im Falle von sandigen Speichern

A rövid és hosszú szondahosszak legalkalmasabb megválasztásához előkísérletképpen modell-méréseket végeztünk a termikus-neutron fluxus, a szondahosszak és a porozitás összefüggésének megállapítására. A szondahosszakat  $50\text{ cm}$ -től  $90\text{ cm}$ -ig változtattuk a szonda mindkét csatornájára. Mérési eredményeink azt mutatták, hogy a  $76$  és  $60\text{ cm}$ -es szondahosszakkal végzett mérések alkalmasnak látszanak a további modell- és terepi-munkák elvégzésére.

#### A mérőberendezések hitelesítése

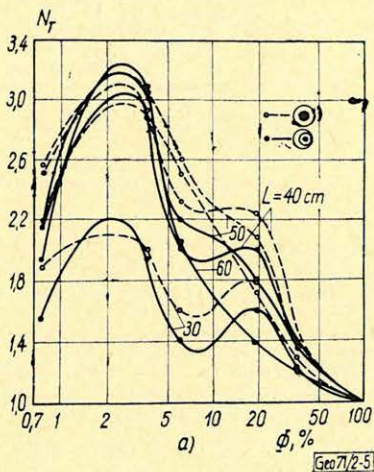
A gépi úton kiszámított görbeseregnek használatához hitelesítő modell-méréseket végeztünk a porozitás és a mért termikus fluxus eredmények összefüggésének megállapítására. A 4. ábrán látható a mérőberendezés  $76\text{ cm}$ -es szondahosszal végzett hitelesítő görbéje termikus neutronra. A hitelesítő görbe egyes pontjait a víz ( $100\%$ ) és olajos homok ( $50\%$ )  $H$  indexe, valamint különböző beállítások mellett (az üvegcső modellben  $48,2\%$ ;  $31,8\%$ ;  $20,8\%$ ;



10,4% és 5,2%) végzett mérésekből szerkesztettük meg. A diagram függőleges tengelyén a beütésszámokat normált alakban, vízszintes tengelyén a porozitás-értékeket ábrázoltuk 0–50%-ig.

A 4. ábrán feltüntetett diagram alkalmazhatóságát gyakorlati példán mutatjuk be. A példának vett fúrás vízkutatás céljából mélyült. A vízadó rétegeket mind az elektromos, mind a radioaktív felvételek egyértelműen kijelölik. A kijelölt rétegek porozitását a termikus-neutron szelvényből számítottuk ki. Mélységi sorrendben a következő értékek adódtak:

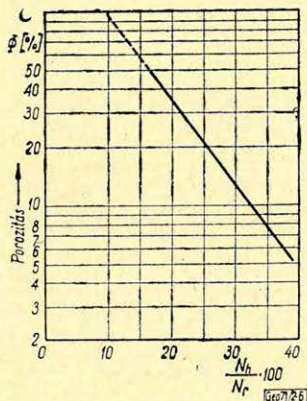
	Mélységintervallum (m)	Vastagság	Beütésszám	Vízre vonatkoztatott beütésszám	Porozitás %
1.	48,2 – 75,8	27,6	1321	16,2	26,2
2.	79,8 – 86,8	7,0	1260	15,7	27,0
3.	169,0 – 181,6	12,6	1425	17,8	25,5
4.	187,9 – 203,4	15,5	1390	17,3	26,0
5.	232,2 – 249,8	17,6	1220	15,3	27,2



5. ábra. Vízjáróló homokkővek porozitása és feltételes egységekben adott termikus neutronindikációk közötti összefüggések különböző szondahosszak esetén paraffin-szűrővel, S. A. Guberman szerint

Fig. 5. Графики зависимости пористости водоносных песчаников и показаний тепловых нейтронов в условных единицах при различных длинах зонда с парафиновом фильтром (по С. А. Губерману)

Fig. 5. Zusammenhänge zwischen der Porosität von wasserspeichernden Sandsteinen und in verschiedenen hypothetischen Einheiten gegebenen thermischen Neutron-Indikationen im Falle von verschiedenen Sondenlängen mit Paraffin-Filter (nach S. A. Guberman)



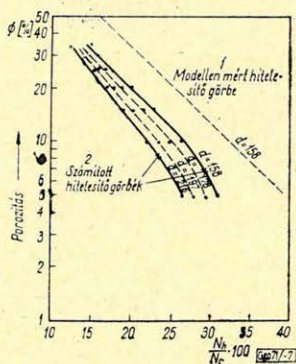
6. ábra. Kétsatornás KRN-2-85 típusú neutronszonda hitelesítő görbéje a  $l_h = 76$  cm és  $l_r = 60$  cm-es szondákra

Fig. 6. Градуировочная кривая двуканального зонда НКР-2-85 для зондов  $l_h = 76$  см и  $l_r = 60$  см

Fig. 6. Kalibrierungskurve einer Neutron-Sonde Typ KRN-2-85 mit zwei Kanälen (für die Längen  $l_h = 76$  cm und  $l_r = 60$  cm)



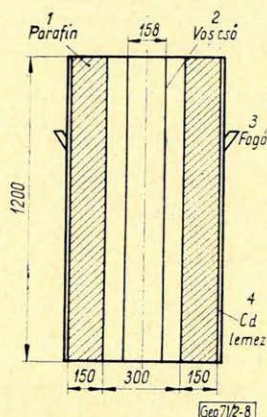
A 4. ábrán feltüntetett hitelesítő görbe 5-től 45%-ig terjedő porozitás-tartományban való számításokra alkalmas. 5%-nál kisebb, illetve 45%-nál nagyobb (a gyakorlati szelvény-méréseknél már elő nem forduló) porozitás értékekre a hitelesítő görbe eltérően viselkedik. Ezt az állítást szemléletesen mutatja S. A. Guberman ábrája (5. ábra). Az ábrán látható görbesereg víz-tároló homokkövek porozitása és feltételes egységekben adott termikus-neutron-indikációk közötti összefüggést adja meg különböző szondahosszak esetén paraffin szűrővel.



7. ábra. Számított termikus neutron-neutron görbék

Фиг. 7. Расчетные кривые ННК—Т. 1 — градуировочная кривая, полученная на модели; 2 — расчетная градуировочная кривая

Fig. 7. Errechnete thermische Neutron-Neutron-Kurven. 1. Kalibrierungskurve eines Modells 2. Errechnete Kalibrierungskurven



8. ábra. Terepi hitelesítő berendezés elvi vázlatja.

Фиг. 8. Схема полевого градуировочного устройства. 1 — парафин, 2 — железная труба, 3 — захватка, 4 — плита Cd

Fig. 8. Prinzipielle Skizze einer Kalibrierungseinrichtung für das Gelände. 1. Paraffin, 2. Eisenrohr 3. Handgriff, 4. Cadmium-Platte

Az ábrából látható, hogy 50 cm-es szondahosszig a görbék a vizsgált porozitás-tartományban változó jelleggel viselkednek igen rövid lineáris szakasszal. 50 cm-nél nagyobb szondahosszaknál 5–45%-ig terjedő porozitás-tartományban a kapott összefüggések lineáris tartománya egyre növekszik. Ezt igazolják és kiszélesítik a 60 cm-től 90 cm-ig terjedő szondahossz-intervallumban végzett kísérleti mérések eredményei és a 4. ábrán bemutatott hitelesítő görbe jellege is.

A 6. ábrán az ismertetett mérőberendezés hitelesítő görbéjét olyan formában ábráztuk, amely már alkalmas szelvényekből porozitás meghatározására 158 mm körüli fúróluk-átmérőkre. A diagram vízszintes tengelyére a hosszú (76 cm) és rövid (60 cm) szondával mért beütésszám-arányokat százalékos értékben, függőleges tengelyére pedig a porozitás értékeket (5–45%) ábráztuk.

A továbbiakban vizsgálatainkat a fúróluk-hatás figyelembevételére végeztük el. A feladatot az irodalmi egyenletek felhasználásával [I. Allen] gépi úton oldottuk meg. A számításokat véges kiterjedésű, két koncentrikus hen-



geres közegre (fúróluk és formáció), a megadott egyenletek és határfeltételek közvetlen felhasználásával végeztük el. A neutronok diffúzióját két energiacsoportban vizsgáltuk: epitermikus és termikus csoportokban: végeredményként pedig a fúrólukban jelentkező termikus fluxust számítottuk ki. A fúrólukbeli termikus fluxus-kifejezés két részből tevődik össze: az első rész a fúrólukközégre végtelen kiterjedés esetén adódó fluxusérték, a másik pedig a fúróluk végessége és a réteg hatása miatt lép fel, ez végtelen függvény sor alakjában adott. Ez utóbbi nagy előnye a diffúziós paraméterek széles tartományában jelentkező jó konvergencia.

A számításoknál a függvény sor figyelembe vett tagszámát automatikusan állítottuk be egy bizonyos hiba-kritérium alapján. A görbeseregeket eltérő fúróluk-átmérőkre változó szondahosszakra és a fekézési úthosszak ismeretében különböző porozitás-értékekre számítottuk ki.

A 7. ábrán látható görbesereg egyes pontjait gépi számítással határoztuk meg. A görbék paramétere a fúróluk -átmérő. A görbéket 159 mm-es (üvegső-modell) és 216 mm-es (kőolajkutatásnál használatos) fúróluk-átmérőkre számítottuk ki. A diagram alkalmazható 159 mm-nél nagyobb és 216 mm-nél kisebb fúróluk átmérőknél is a porozitás meghatározására, ha a méréseket 76 és 60 cm-es szondahosszakkal végezzük.

### *Eljárás a műszer hitelesítésének ellenőrzésére*

A porozításra hitelesített radioaktív berendezést időről időre ellenőrizni kell függetlenül attól, hogy történt-e detektor- vagy valamilyen alkatrész-csere.

A hét-pontos hitelesítési görbét teljes egészben kontrollálni körülményes és nagy időt igénylő feladat, ugyanakkor nem is szükséges. A cél olyan könnyen hordozható hitelesítés-ellenőrző berendezést alkalmazni, amely biztosítja terepi viszonyok között, a mérés előtt és után, a kontroll elvégzését. Ilyen berendezés létrehozásán a Szolnoki Geofizikai Üzem is dolgozik. A Szovjetunióban alkalmazott gyakorlat szerint két lehetőség kínálkozik. A VUF VNII geofizikában és a VNIIAGG-ban kidolgozottak közül mi az előbbit tartjuk egyszerűbbnek, s célra megfelelőnek. A szerkezet méreteit és konstrukcióját a 8. ábra mutatja. A méretek megválasztásánál abból indultunk ki, hogy az ellenőrzésnél elegendő beütésszámot kapjunk, s a környezet hatása minimális legyen. A hitelesítési ellenőrzés lényege az ún.  $K_{he}$  érték állandóságának (5%-os hibahatáron belül) megfigyelése, számontartása.

$$K_{he} = \frac{N_{he}}{N_v},$$

ahol  $N_{he}$  = a hitelesítést ellenőrző berendezésben kapott beütésszám,  
 $N_v$  = ugyanazzal a szondával az édesvízben kapott beütésszám.

A méréseket többször megismételjük, hogy jó átlagértéket kapjunk:

$$K_{he} = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_n}{n}.$$

Terepi viszonyok között az így kapott  $K_{he}$  érték 5%-on belüli állandóságát ellenőrizzük.



A terepen végzett mérés előtti és utáni ellenőrzés adatait regisztrálni kell filmen, s a szerkezet és szonda számát párosan rögzíteni kell. Ezt az eljárást javasoljuk a terepi méréseknél bevezetni.

A kompenzált rendszerek módszertani és műszertani vizsgálata jelentős helyet foglal el a *Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Mélyfúrási Geofizikai Főosztályának* tevékenységében. A cél olyan nukleáris komplexum kialakítása, amely elegendő információt ad beléscsővezetett vagy olajbázisú iszappal mélyített fúrások esetén is mennyiségi kiértékelés elvégzésére. Ebben a gondolatban kidolgoztuk a kompenzációs rendszerű gamma-gamma eljárást, amelynek segítségével jó pontossággal meghatározhatjuk a képződmények sűrűségét, s porozitást számíthatunk. A fentebb ismertetett neutron eljárás eredményeképpen *H*-porozitást határozunk meg. A különböző elven alapuló eljárások eredményét összehasonlítva megbízhatóbb adatokat kaphatunk a vizsgálandó rétegekre és azok milyenségére. A cél ezen adatok számítógépes feldolgozása és paletkarendszerek kidolgozása a különböző korrekciók figyelembevételére és a számítások megbízhatóságának növelésére, ami folyamatban van.

## IRODALOM

- [1] *L. I. Allen, C. W. Tuttle, W. R. Miels, R. L. Caldwell*: Dual-spaced neutron logging for porosity GEOPHYSICS Vol. XXXII, No. 1. 1967. febr. p. 60 – 68.
- [2] *G. W. Tuttle*: Theory of Neutron Logging I. GEOPHYSICS Vol. XXVI. No. 1. 1961. febr. p. 27 – 39.
- [3] *G. W. Tuttle, L. I. Allen*: Theory of Neutron Logging GEOPHYSICS Vol. XXXI. No. 1. 1966. Febr. p. 214 – 224.
- [4] *S. A. Guberman*: Teorija nozdobija i radiometrija szkvazsin. Goszoptechizdat, 1962.
- [5] *Andrássy László – Mészáros Ferenc – Uhlmann Norbert*: Radioaktív fúrólukmodell-mérések legújabb eredményei. Geofizikai Közlemények XIX. kötet 1 – 2 sz. 1970.

## Lapszemle

### Fizikai Szemle 1970. 12. szám

*Barta György*: Búcsú Egyed Lászlótól, 353. old.

A magyar tudomány és művelődés kiemelkedő alakja, Egyed László akadémikus temetésén elmondott beszéd szövege.

*Egyed László*: A Föld belső szerkezetének új, dinamikus felfogása, 354 – 364. old.

Szerzőnek a *Geologische Rundschau* (46. l. 101 – 1021 old.) c. folyóiratban angolul megjelent cikke magyar fordításban. A dolgozat a földtágulás elméletének és földtani-geofizikai következményeinek első részletes kifejtése a nemzetközi szakirodalomban. Egyed későbbi munkáiban a részleteket tovább finomította, a hipotézist további érvekkel támasztotta alá, de a rendkívül gyümölcsöző elmélet alapvonásai már ebben a dolgozatban is világosan láthatók.

TG



# Karbonátos tárolók karottázs-értelmezése

MARKÓ LÁSZLÓ

*A hasadékos karbonátotárolók karottázs-értelmezésére a szakirodalomban több módszert ajánlanak csakis, mint a klasztikus tároló kőzetekre.*

*Általános érvényű módszer ilyen kőzetekre sem ajánlható, ezért a helyi adottságok figyelembevételével kell a problémát megközelíteni. A szerző olyan módszert mutat be, amely elsősorban szelvény-kombinációk segítségével mutatja ki a hasadékos zónákat és az olaj-víz határt. Felhasználja az elektrokémiai módszer adta lehetőségeket is az olajos zóna vastagságának megállapítására.*

*A dolgozat röviden foglalkozik azzal a kérdéssel, hogy a digitális technika miképpen segítheti elő az ilyenfajta módszer könnyű és gyors alkalmazását és ezzel a szelvények hatékonyabb felhasználását az ilyen bonyolult felépítésű kőzetekben.*

*В литературе предложен ряд методов для трещиноватых карбонатных коллекторах так же, как при обыкновенных коллекторах.*

*Общий метод не может быть предложен, и проблемы должны решаться в каждом случае с учетом местных особенностей. В настоящем докладе автор описывает метод, при помощи которого трещиноватые зоны и НВК выделяются прежде всего по комбинации различных кривых. Кроме того, для определения мощности нефтеносной зоны используются возможности электрохимического метода.*

*Коротко рассматривается вопрос о том, каким образом цифровая техника может способствовать удобному и быстрому применению подобных методов и тем самым более эффективному использованию каротажных кривых при наличии коллекторов подобного сложного строения.*

*Zur Karottage-Interpretation von klüftigen Karbonat-Speichern sowie auch von klastischen Speichergesteinen werden in der Fachliteratur mehrere Methoden empfohlen. Eine allgemein gültige Methode kann auch für diese Gesteine nicht angegeben werden, man muss daher das Problem in Einzelfällen durch die Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse zu lösen suchen. Im Aufsatz wird eine Methode dargelegt, wobei die klüftigen Zonen und die Öl-Wasser-Grenze mit der Anwendung von Profil-Kombinationen bestimmt werden. Auch die Möglichkeiten der elektrochemischen Methode werden für die Bestimmung der Mächtigkeit der Ölzone benutzt.*

*Es wird auch die Frage kurz behandelt, wie eine leichte und schnelle Anwendung der Methode durch die digitale Technik, und somit die möglichst effektive Anwendung der Profile im Falle von Gesteinen von so verwickeltem Aufbau gefördert werden kann.*

A karbonátos olajtároló kőzetek fizikai jellemzőinek és rétegtartalmának karottázs-szelvények alapján való vizsgálata sokkal nehezebb, mint a klasztikus üledéké. Ennek oka az ilyen kőzetek összetettebb és szeszélyesebben változó hézag-struktúrájában van. E kőzetekre jellemző a kis elsődleges porozitás, amely miatt rendszerint csak akkor van ipari értékük, ha másodlagos porozitással is bírnak. Ezért, ha karbonátos tárolókról beszélünk, rendszerint mindig repedezett, üreges kőzetekre gondolunk, mivel ez a sajátosságuk teszi karottázs értelmezésüket is sajátossá és nehezebbé a homoktárolókéhoz képest. Ez elsőfokon abban nyilvánul meg, hogy a fajlagos ellenállás és a porozitás, valamint rétegtartalom közötti kapcsolat nem fejezhető ki a szokásos Archie formulákon alapuló összefüggésekkel, sőt bizonyos esetekben a hézag-struktúra hirtelen és szeszélyes változásai miatt semmilyen, gyakorlatban követhető, tehát következetesen érvényesülő összefüggés megállapítására nincs mód.

Az utóbbival nem a problémát akarom eltúlozni, csupán ki szeretném fejezni, hogy a karbonátok értelmezésére általános érvényű ún. „*univerzális módszert*” sokkal kisebb valószínűséggel lehet találni, mint a klasztikus tároló-



kőzetekre. Természetesen ez a jelen dolgozatban ismertetésre kerülő közelítő módszerre is áll.

Az általunk vizsgált tárolók mezozoos mészkövek és triász földolomitok, amelyek kristályos szövetűek és hasadékok (rések), valamint kisebb-nagyobb méretű oldási üregek jellemzők rájuk. A mátrix-porozitás, amely főleg dolomitossal függ össze, csak ritkán haladja meg az 5–6%-ot, de általában 1–3%. A másodlagos porozitás rendszerint csak néhány tizedszázalék, de néha néhány százalékot is elérhet.

A mátrix rendszerint olajat nem tartalmaz, csak a másodlagos hézagteret (üregek és hasadékok). Ebből következik, hogy a legfontosabb probléma a másodlagos porozitású szakaszok kimutatása, továbbá a hasadékok és egymással kapcsolatos üregek által képviselt hézagteret relatív nagyságának meghatározása. Az ilyen feladat megoldására a szakirodalomból többféle eszközt ismerünk, azonban ezekkel (mikroszeizmogramok, lyuktelevízió, stb.) nem rendelkezünk. Azonkívül ezek a módszerek csak kőzetrések és üregek kimutatására képesek, holott az általuk képviselt hézagteret nagysága és eloszlása is döntő. Végeredményben olyan „*térfogati módszerre*” van szükség, amely a másodlagos hézagteret nagyságát a kőzettérfogat vagy a teljes porozitás ( $\Phi_t$ ) százalékában adja meg. A neutron-latrolog kombináción alapuló következő módszer ilyen paraméterek megadására törekszik.

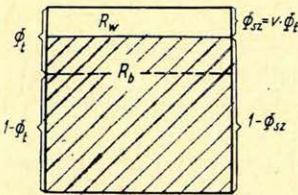
A kiinduló modellt az 1. ábra mutatja.  $\Phi_{sz}$  a másodlagos hézagteret jelöli, amelyet  $R_m$  vagy  $R_w$  fajlagos ellenállású folyadék tölt ki, ha a kőzet víztároló.

A kőzet többi része ( $1 - \Phi_{sz}$ ), feltételezésünk szerint elsődleges porozitású blokkokból áll, melyek fajlagos ellenállása ( $R_b$ ) az elsődleges vagy mátrix-porozitás és pórusvíz  $R_w$  függvénye:

$$R_b = \frac{R_w}{\Phi^2} \quad (1)$$

Az ilyen másodlagos porozitású kőzet vezetőképessége, ha az víztároló:

$$\frac{1}{h_0} = \frac{\Phi_{sz}}{R_w} + \frac{1 - \Phi_{sz}}{R_b} \quad (2)$$



Ha olajtároló:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{\Phi_{sz}}{R_w} \cdot S_w + \frac{1 - \Phi_{sz}}{R_b} \quad (3)$$

A másodlagos porozitás a 2. egyenlet alapján, megengedhető elhanyagolás után

$$\Phi_{sz} = \frac{R_w}{R_0} \cdot \frac{R_b - R_0}{R_b} = \frac{R_w}{R_0} \cdot \frac{\Delta R}{R_b} \quad (4)$$

A fenti összefüggés (4) alapján látjuk, hogy minél nagyobb a  $\Delta R$ , vagyis a kőzet fajlagos ( $R_0$ ) ellenállásának a blokk-ellenálláshoz ( $R_b$ ) viszonyított lecsökkenése, annál nagyobb a szekundér porozitás, illetve fordítva.

$$R_b = \frac{R_w}{\Phi^2} \quad (1)$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{\Phi_{sz}}{R_w} + \frac{1 - \Phi_{sz}}{R_b} \quad (2)$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{\Phi_{sz}}{R_w} S_w + \frac{1 - \Phi_{sz}}{R_b} \quad (3)$$

$$\Phi_{sz} = \frac{R_w}{R_0} \left( \frac{R_b - R_0}{R_b} \right) = \frac{R_w}{R_0} \cdot \frac{\Delta R}{R_b} \quad (4)$$

[G69/75]

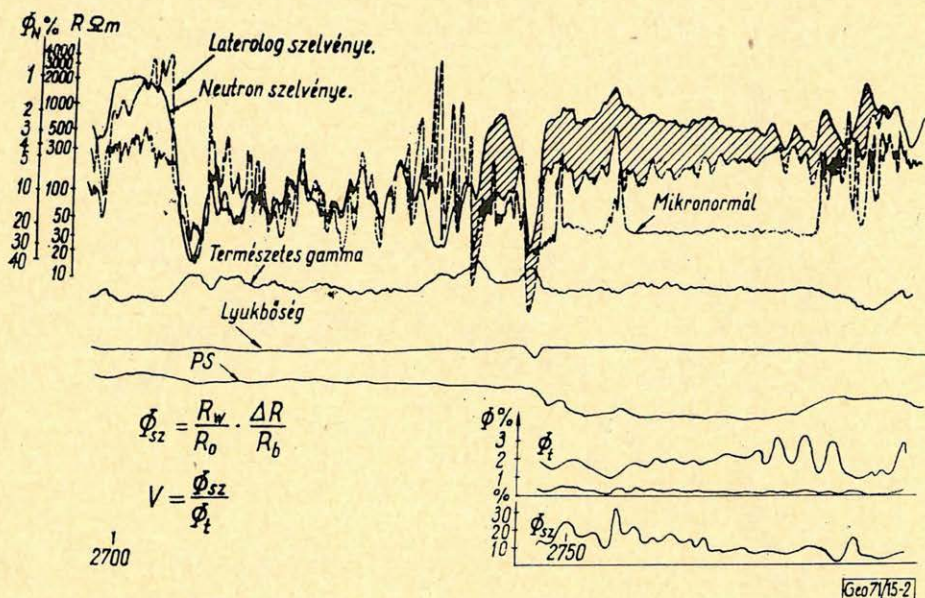
1. ábra

Fig. 1.

Fig. 1.



Például egy 3000 ohmm fajlagos ellenállású elsődleges porozitású kőzet fajlagos ellenállása negyedére csökken le, ha méterenként egy darab 1 mm tágasságú és 1 ohmm fajlagos ellenállású folyadékkal töltött kőzetrést hozunk létre benne. Egy ilyen hasadék viszont csak 0,1%-kal növeli a kőzet teljes porozitását, amely a neutron-szelvényen a márgához képest a kitérést tizedrészével sem csökkenti, vagyis a neutron-szelvényen észrevehetően változást okoz.



2. ábra

Физ. 2.

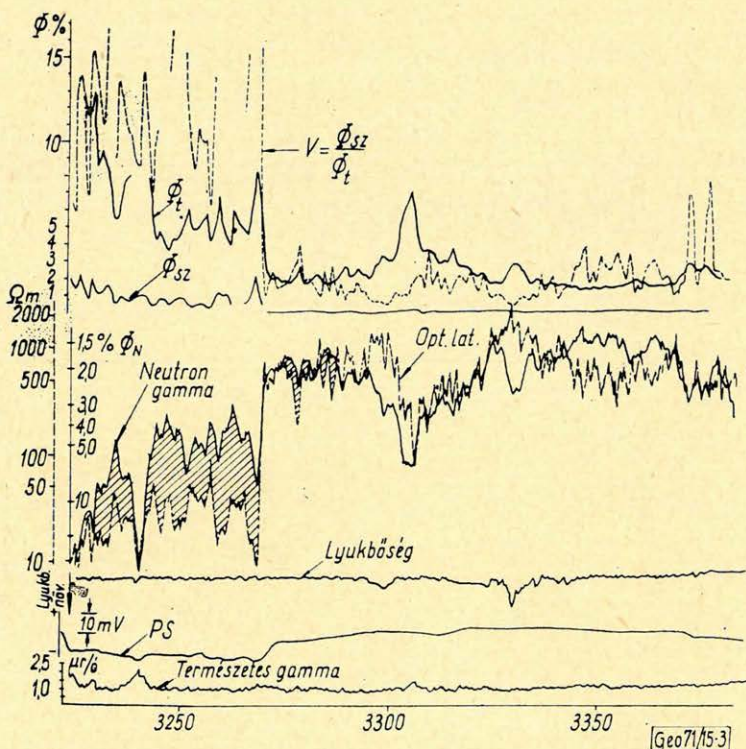
Fig. 2.

Ebből adódik az a gondolat, hogy a neutron- és a laterolog-szelvényt olyan szakaszon, illetve szakaszokon összeillesztjük, ahol feltételezzük, hogy csak mátrix-porozitás van, a másodlagos porozitású helyeken a laterolog a neutron görbékből csökkenő irányban elválik. Mivel ismeretes, hogy a neutron-kitérés a porozitáson keresztül a fajlagos ellenállással logaritmikus összefüggésben van, a laterolog görbének a választott helyeken a neutron-görbéhez való összeillesztése céljából a laterolog görbét logaritmikusan transzformálni kell. Ennek módját, mivel eléggé egyszerű művelet, itt nem ismertetjük. Viszont példaképpen bemutatjuk a 2. ábrát.

A neutron és laterolog görbéket a 2700–2740 szakaszon illesztettük össze, mely a PS és mikrolog görbék alapján impermeabilis kőzeteket tartalmaz. Ez alatt a két görbe elválik, amelyet sraffozással jelöltünk. A kőzet másodlagos porozitását a földtani leírások szerint üregek (likacsok) és rések képezik. Ezek nagyságára jellemző, hogy a mikrolog iszaplepenyes szakaszokhoz hasonlóan a többi szakaszéhoz képest erősen lecsökkent, kisímult görbét mutat. A PS görbe is kifejlődik.



Az ábrán feltüntettük a neutronból kapott teljes porozitást,  $\Phi_t$ -t (amely közelítőleg a blokk- vagy mátrix-porozitással egyenlő), a  $\Phi_{sz}$  másodlagos porozitást és a „*repedezettségi indexet, v-t*” amely a másodlagos porozitásnak a teljes porozitáshoz viszonyított értékét fejezi ki. A számítással kapott eredmények jó egyezésben vannak a triász földolomitra más kutakban kapott nagyságrendekkel.



3. ábra

$\Phi_{uz}$ . 3.

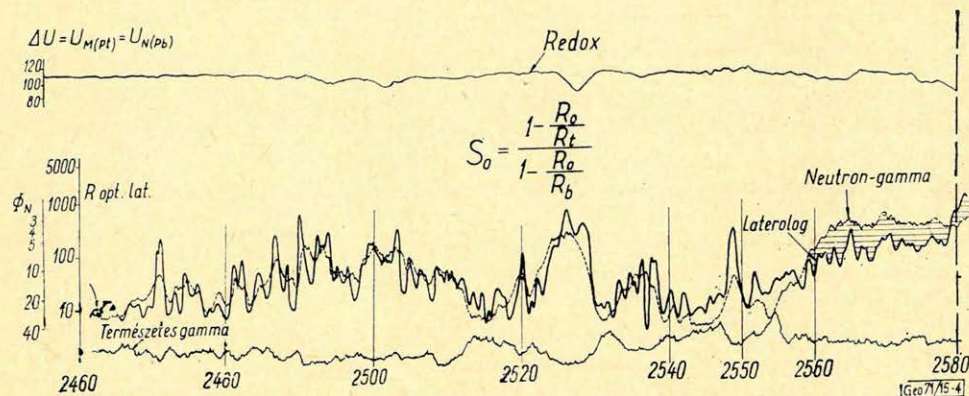
Fig. 3.

A 3. ábra a fenti módszerek ugyancsak víztároló, de mezozoós kristályos mészkőre és felette települt karbonátkötőanyagú mészkőbreccsára való alkalmazását szemlélteti. A sraffozott részek itt is a másodlagos porozitású szakaszokat mutatják be. Láthatjuk, hogy a 3225–3270 m közötti mészkőbreccsa az alatta levőnél nagyobb teljes ( $\Phi_t$ ) és másodlagos ( $\Phi_{sz}$ ) porozitással bír és a *PS* görbe szerint a másodlagos hézagter valószínűleg nem agyaggal van kitöltve. A mészkőben a másodlagos porozitás igen kicsi: a sraffozott szakaszokon is csak néhány tizedszázalék. A két görbének üresen hagyott ellenkező értelmű (negatív) elválásait részben kavernásodás, részben talán nem kapcsolódó üregesség okozza.



A fenti példa esetében feltételezzük, hogy az iszap a rétegfolyadékot a vizsgálati térből teljesen kiszorította, így a folyadék ellenállásának az iszap fajlagos ellenállását ( $R_m$ ) vettük a számításoknál. Itt a kút és rétegfolyadék fajlagos ellenállása ( $R_w$ ) egyébként sem különbözik lényegesen egymástól.

Vannak esetek, így például a triász földolomit esetében is, amikor a fúró-iszap nem szorítja ki a szondák vizsgálati teréből az olajat. Ilyen esetekre rendszerint a mikrolog viszonylag kis mértékei és kisimultabb görbemenete jellemző, miként a 2. ábrán láttuk.



4. ábra

$\Phi_{uz}$ . 4.

Fig. 4.

Ez az eset kedvező az olajtest vastagságának megállapítására, de kedvezőtlen az olajos zóna hézagterének meghatározása szempontjából, mivel a laterolog által mért fajlagos ellenállás a repedezettség-üregesség határára nem csökken le, hanem megnő a neutronhoz képest az olajos zónában. Erre mutatunk példát a 4. ábrán. A neutron és laterolog görbék összeillesztése a földolomit szakasz felett kréta összletben (2460–2550 m) történt, amely a mikrolog és a PS, valamint a földtani ismeretek alapján tömött, márgás, másodlagos porozitással általában nem rendelkező kőzetekből épül fel.

Az összeillesztett szelvények az olaj-víz-határt 2260 m-ben mutatják. A dolomit felett 2560–2580 m között agyagos kötőanyagú dolomitbreccsa van a földtani megfigyelés szerint, amely összerajzolt szelvényünkön úgy viselkedik, mint a 2660 m alatti vizes zóna, nyilván az agyagos kitöltő anyag hatására. A PS és a mikrolog (itt nem mutatjuk) világosan mutatja a vízszintessel srafózott szakasznak az alatta levő dolomittól eltérő felépítését.

A dolomit maga egyébként a 2. ábrán mutatottal azonos triász földolomit, ezért hézagstruktúrája az ott megállapított átlagos  $\Phi_t$ ,  $\Phi_{sz}$ , illetve „v” értékkel jellemezhető. De ellenőrzésképpen ezen értékek az olaj-víz határ alatti vizes szakaszon ugyancsak megállapíthatók.



Az olajtelítettség közelítő meghatározására 2. és 3. egyenlet kombinálásával kapott 5. egyenlet használható fel:

$$S_0 = \frac{1 - \frac{h_0}{R_t}}{1 - \frac{R_0}{R_b}} \quad (5)$$

ahol:

- $R_0$  = a kőzet fajlagos ellenállása víztároló esetén;  
 $R_t$  = a kőzet fajlagos ellenállása olajtároló esetén;  
 $R_b$  = a kőzet-blokkok fajlagos ellenállása.

$R_0$  értékét az olaj-vízhatár alatti zóna átlagos fajlagos ellenállása, vagy szomszédos kútban kapott átlagos érték adja. Ez természetesen csak közelítőleg helyes, amely a hézagstruktúra állandóságának feltételezésén alapul, ami karbonátok esetében általában ritkán teljesül. Ezért az olajtelítettségre kapott értékek csak durva közelítések és csak szigorúan ellenőrzött, illetve ellenőrizhető esetekben alkalmazhatók. Példánk esetében a tört egyenesekkel ábrázolt  $S_0$  görbe minden esetre jól jellemzi az olajtest vastagságát. A vizsgálatok a számított értékeket igazolták.

Az ábrán legfelül az ún. redox-görbét ábrázoltuk, amelyet iszapban platina és ólom elektródák segítségével vettünk fel.

Összefoglalva, ismételten szeretném kiemelni, hogy a közölt módszer csak szerény hozzájárulásnak tekinthető a karbonátos tárolók igen sokrétű problémájához, ennek ellenére bizonyos területeken elősegítheti az egész mezőre kiterjedő becslési munkát. Minthogy a koordináta-transzformálással történő szelvény-összeillesztés kézilég igen fáradságos és pontatlan művelet, a digitalizált szelvények és azok számítógépi felhasználása igen meggyorsítja ezt a munkát. Minthogy a porozitás-paraméterek és a rétegtartalmat jellemző index kiszámítása csak egyszerű műveletek elvégzését igénylik, e módszer számítógépi programozása nem a távoli jövő, hanem a ma lehetőségei közé tartozik.

## Lapszemle

Hidrológiai Közlöny, 1970. 10. szám

*Gabos György*: 20 éves a Földmérő és Talajvizsgáló állomás, 443–446. old.

*Karácsonyi Sándor* – *Laczkovics József*: Mérnökgeofizikai tapasztalatok vízfeltárási feladatoknál, 447–451. old.

*Aujeszký Géza* – *Scheuer Gyula*: Lakótelepek vízföldtani vizsgálata 452–458. old.

*Kiss László*: A Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat új kútvizsgáló berendezése, 464–465. old.

*A Márkói – tározó komplex vizsgálata*, 486–487. old.

Ennek keretében különösen:

*Gálfi János*: A Márkói tározó területén végzett geofizikai mérések, 472–478. old. (Folytatódik a következő számban.)

T.G.



# Paleomágneses vizsgálatok a Börzsöny hegységben

M Á R T O N P É T E R – M. S Z A L A Y E M Ő K E

*A termomágneses analízissel és ércmikroszkópi vizsgálatokkal kiegészített börzsönyi paleomágneses mérések nyomán lehetővé vált a remanens mágnesezettség eredetének tisztázása. A primer remanens mágnesezettséggel rendelkező képződmények mágneses polaritása alapján egy pozitív polaritású, idősebb (helvét – legalsó torton) és egy negatív polaritású, fiatalabb (alsó-felső torton) közetsoport különíthető el. Ez az eredmény a földtani megfigyeléssel összhangban van. A börzsönyi vulkanitok mágnesezettségének helyi középírányából számítható virtuális geomágneses pólus koordinátái az adott időszakra (helvét-torton):  $\Phi = 83,5^\circ$   $\Lambda = 279,7^\circ$ .*

*В настоящей работе изложены результаты изучения изверженных пород, отображенных в горах Бёржёнъ. Оценка стабильности и первичности  $I_n$  проводилась по пезультатам магнитной чистки, термомангнитного анализа и микроскопического наблюдения.*

*По полярностям групп, преобладающих первичной намагниченностью, выделяются две палеомагнитные зоны: более старые породы (возраст гелветский-нижний тортонский) имеют положительную полярность, а более молодые (возраст тортонский), отрицательную полярность. Этот результат согласуется геологическими наблюдениями. Вычисленные координаты виртуального геомагнитного полюса по средним магнитным направлениям групп:  $\Phi = 83,5^\circ$ ,  $\Lambda = 279,7^\circ$ .*

*In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der paleomagnetischen Untersuchung der Vulkaniten aus dem Börzsöny-Gebirge dargestellt. Bei der Auswertung der magnetischen Stabilität und bei der Feststellung der primären Magnetisierung wurden folgende Methoden angewandt: Wechselfeldmagnetisierung, thermische Behandlung und erzmikroskopische Beobachtung. Auf Grund der paleomagnetischen Richtungen der Probengruppen, die primäre remanente Magnetisierung haben, wurde eine Zone von positiver Polarität in den mittleren-oberen helvetischen und untersten tortonischen Stufen und eine Zone von negativer Polarität in der tortonischen Stufe festgestellt.*

*Die Koordinaten des mittleren paleomagnetischen Pols sind:  $\Phi = 83,5^\circ$   $\Lambda = 279,7^\circ$ .*

## 1. Bevezetés

A börzsönyi paleomágneses vizsgálatokban a különböző képződmények stabil mágnesezettségének meghatározásán túl igyekeztünk tisztázni a mágnesezettség eredetének kérdését is. Ez a rutin mérési technika alkalmazásán kívül pl. [1] olyan ún. hitelesség-becslési eljárások bevezetését jelentette, mint a termomágneses analízis és a mágneses ásványok mikroszkópi vizsgálata [2].

## 2. A börzsönyi vulkanizmus és a középső miocén paleomágneses sztratigráfiai skála

A vulkáni működés a helvét emelet középső részében kezdődött. A hegység keleti peremén középső helvétii tengeri üledékekkel váltakozva jelennek meg a vulkáni működés első nyomai. A hegység nyugati részén a vulkáni összlet fekvője mindössze egy ponton ismert: az ipolydamásdi fúrt kút szelvényében a vulkáni összlet felső helvétii rétegekre települ.

A vulkáni működés kezdeti szakaszát K-i hegységperemen szubvulkáni dacitok és savanyú andezitek képviselik. A hegység egyéb részein előforduló hasonló képződmények e fázishoz tartozása sztratigráfiailag nem bizonyítható.

A savanyú vulkáni működést piroklasztikum-szórás követi (agglomerátumos tufa), amely a szemnagyság növekedésével a kőagglomerátum-szintbe megy át. Utóbbi a hegység É-i részén három fő lávafolyást tartalmaz, D-en monogén vulkánok törnek át. Ez a fő paroxizmus.



A fő paroxizmust követő működési szakasz termékei a Börzsöny középső részére, a kaldera területére korlátozódnak: változatos lávaközetekből állnak, a piroklasztikum alárendelt. Ehhez az ún. kaldera-fázishoz kapcsolódik az érces tevékenység.

A befejező fázisban közettellérek és tömzsök képződtek, amelyek a kalderaperemi és nyugati hegység peremi törésekhez kapcsolódnak.

A vulkáni összlet peremi lejtőjére települő felsőtortonai lajtamészko jelzi, hogy a vulkáni működés még a tortonai emeletben befejeződött [3], [4], [5].

Hazai vulkáni kőzetek paleomágneses vizsgálatából tudjuk, hogy a börzsönyi vulkáni működés időszaka (helvét – tortonai emelet) egy normális és egy fordított paleomágneses zónával jellemezhető.

A földi mágneses tér a helvét emeletben és a tortonai emelet alján a maival egyező, normális polaritású volt. A tortonai emeletben viszont a mai térhez képest fordított polaritást regisztráltunk.

A két zóna közti előjelváltást, a térfordulást a mátrai vizsgálatok nyomán pontosan lehetett rögzíteni a mátrai középső andezit legsó – csak helyi jellegű kitorésekkel képviselt – szintje és az azt követő bronzitos piroxéndezit – az első általánosan elterjedt lávaközet – szint közé [1].

Szintén korábban elvégzett paleomágneses vizsgálatok eredményeiből [6], megadható a Börzsöny területére az egykori (középső miocén) mágneses tér átlagos iránya, amely a mágneses deklinációval ( $D$ ) és inklinációval ( $I$ ) jellemezhető, és  $D = 356,3^\circ$ ;  $I = 62,3^\circ$ .

### 3. A vizsgált képződmények remanens mágnesezettségének eredete

35 mintavételi helyről származó, mintegy 250 minta paleomágneses feldolgozását végeztük el. Minden mintacsoport egy-egy jellemző mintáján termomágneses analízist és mikroszkópi vizsgálatokat is végeztünk [2]. Adataink szerint 35 mintacsoportból legfeljebb 20 hordoz a megfelelő kőzet keletkezésével (lehülésével) egyidős, eredeti termoremanens mágnesezettséget (*I. táblázat*). (*Az I. táblázatban a termoremanens mágnesezettséggel bíró kőzeteken kívül két feltételeesen elsődleges kémiai remanens mágnesezettséget hordozó mintacsoport – 5. és 17. sorszámúak – is szerepel.*)

Ez különös eredmény, hiszen a vulkáni kőzetek legközönségesebb stabil mágnesezettsége termoremanens mágnesezettség.

A hitelességvizsgálatok folyamán bebizonyosodott, hogy utólagos (a kőzet élete folyamán létrejött) mágnesezettség, legtöbbször stabil kémiai remanens mágnesezettség is szolgáltathat egységes mágnesezettségi irányt, amely viszont másodlagos jellegénél fogva nem hozható kapcsolatba a kőzet keletkezésekor ható földi mágneses térrel. A másodlagos kémiai remanens mágnesezettség általában különféle eredetű maghemitekhez kapcsolódik.

A termoremanens mágnesezettség egyes börzsönyi mintacsoportokban dominánsan hemoilmenitekhez, másokban uralkodóan titanomaghemitekhez kapcsolódik.

A hemoilmenitet tartalmazó csoportokban a pontossági érték ( $K \cong 100$ ) [7] kedvezőbb, mint a titanomagnetites kőzeteknél. Hemoilmenitet inkább leukokrata és nagyobb oxidációs fokú kőzetek tartalmaznak. A hemoilmenitek nagyobb oxidációs fokuknak megfelelően utólagos oxidatív hatásokkal szemben igen ellenállóak, míg a titanomagnetitek közönséges hőmérsékleten is titanomaghemitté oxidálódhatnak. Emellett a hemoilmenitek termoremanens mágnesezettségének koercitív ereje is nagyobb, mint a titanomagnetiteké.



$\bar{\psi} = 47,95^\circ$        $\bar{\lambda} = 18,96^\circ$

Mintavételi hely	N/N <sub>0</sub>		$\bar{D}^\circ$	$\bar{I}^\circ$	K	$\alpha^\circ$	Polaritás	$\Phi^\circ$	$\Lambda^\circ$
1. Nagyoroszi, Kőemberhegy .....	12/12	TRM	8,6	71,0	69,9	5,2	+	80,8	51,1
2. Málnapatak kf. ....	10/10	TRM	237,9	12,5	150,9	3,9	+	-15,8	317,9
3. Závoy kf. ....	6/8	TRM (+ CRM)	75,3	46,0	15,0	18,1	+	28,2	99,7
4. Somlyóhegy .....	10/10	TRM	255,2	67,0	41,3	7,6	+	27,1	334,7
5. Nógrádi Várhegy ....	6/6	CRM	359,0	84,0	33,3	11,8	+	59,8	18,6
6. Rókahegyi kf. ....	8/8	TRM	11,1	52,4	129,8	4,9	+	72,9	165,7
7. Inóc kf. ....	25/25	TRM	23,4	64,6	117,4	2,7	+	74,1	105,7
8. Bajdázóhegy kf. ....	8/8	TRM + CRM	357,2	60,0	141,0	4,7	+	82,6	215,8
9. Aranyoskút kf. ....	3/4	TRM	335,5	67,0	100,0	12,5	+	74,0	55,0
10. Kismaros-Kóspallag úmenti feltárás .....	8/8	TRM	350,1	23,3	66,5	6,8	+	53,2	215,3
11. Kisirtápuszta kf. ....	6/7	TRM	47,9	42,8	274,6	4,1	+	46,0	123,2
12. Szokolya, Paphegy kf.	7/8	TRM	130,4	-71,5	24,4	12,5	-	-59,2	143,2
13. Kóspallag, Pereshegy kf. ....	7/7	TRM	174,4	-40,9	127,7	5,4	-	-65,0	31,1
14. Pokolvölgy kf. ....	5/6	TRM	170,3	-71,1	114,0	7,2	-	-80,0	196,0
15. Kísinóc, útbevágás Lóhegy oldalán .....	6/9	TRM	184,9	-68,1	92,0	7,0	-	-83,9	253,6
16. Zebegény, Kerekhegy kf. ....	6/6	TRM	142,5	-50,1	291,7	3,9	-	-57,1	93,0
17. Rózsaszikla .....	6/6	CRM ?	199,3	-65,0	11,2	20,9	-	-77,1	280,6
18. Sóshegy kf. ....	7/11	TRM + CRM ?	162,9	-47,8	25,0	12,3	-	-71,0	348,5
19. Feltárás a Sóshegy és Nagy-Sashegy között .	5/5	TRM + CRM ?	166,0	-61,6	4,9	38,5	-	-79,0	272,5
20. Czerinabánya .....	9/9	TRM	153,2	-84,0	41,4	8,1	-	-58,2	188,8
21. Csákhegy, Malomvölgyi kf. ....	7/7	TRM	164,8	-70,8	21,7	13,3	-	-78,2	151,4
22. Csákhegy, Fehérbánya	8/8	TRM	134,2	-69,7	108,9	5,3	-	-61,0	137,8

$\bar{\varphi}^\circ, \bar{\lambda}^\circ$  a Börzsöny hegység közepes földrajzi koordinátái  
 N/N<sub>0</sub> a minták száma a mintacsoportokban (feldolgozott, gyűjtött)  
 TRM termoremanens mágnesezettség  
 CRM kémiai remanent mágnesezettség  
 $\bar{D}^\circ$  deklináció } a remanens mágnesezettség  
 $\bar{I}^\circ$  inklináció } irányának jellemzői  
 K pontossági paraméter } statisztikai jellemzők  
 $\alpha^\circ$  a 95%-os konfidencia kör sugara } Fischer szerint [7]  
 $\Phi^\circ, \Lambda^\circ$  a virtuális geomágneses pólus koordinátái

$\bar{\varphi}^\circ, \bar{\lambda}^\circ$  средние географические координаты гор Бързань  
 N/N<sub>0</sub> число образцов (разработанных/отобранных)  
 TRM термоостаточная намагниченность  
 CRM химическая остаточная намагниченность  
 $\bar{D}^\circ$  среднее склонение групп  
 $\bar{I}^\circ$  среднее наклонение групп  
 K,  $\alpha^\circ$  статистические параметры по Фишеру  
 $\Phi^\circ, \Lambda^\circ$  координаты виртуального геомагнитного полюса

$\bar{\varphi}^\circ, \bar{\lambda}^\circ$  Mittlere Geographische Koordinaten des Börzsöny Gebirges  
 N/N<sub>0</sub> Anzahl der Proben in den Probegruppen (ausgemessen/gesammelt)  
 TRM Thermoremanente Magnetisierung  
 CRM Chemische remanente Magnetisierung  
 $\bar{D}^\circ$  mittlere Deklination  
 $\bar{I}^\circ$  mittlere Inklination  
 K Genauigkeitsparameter } Statistische Kennziffern  
 $\alpha^\circ$  Radius des Konfidenzkreises (95%) } nach Fischer [7]  
 $\Phi^\circ, \Lambda^\circ$  Koordinaten des virtuellen Paleopols



#### 4. Paleomágneses polaritás és sztratigráfia

A 2. pontban leírtak alapján a Börzsöny hegység elsődleges (vagy feltételesen elsődleges) mágnesezettséggel rendelkező magmás kőzeteit tisztán paleomágneses alapon egy idősebb és egy fiatalabb csoportra oszthatjuk. A pozitív mágneses polaritású képződmények a helvét-legalsó tortonai, a negatív mágneses polaritású kőzetek az alsó-felső tortonai emeletbe kerülnek. Az I. táblázatba foglalt mintacsoportokból így az 1–11. sorszámúakhoz tartozó kőzetek idősebbek (helvét-legalsó torton), a 12–22. sorszámúakkal képviselt vulkanitok pedig fiatalabbak (alsó-felső torton). A börzsönyi mágneses polaritásokat a mintavételi helyeket is bemutató 1. ábrán szemléltethetjük.

A magmatitok paleomágneses módszerrel történt idősebb és fiatalabb csoportra osztása konzisztens a hegység vulkáni működési fázisainak egymáshozkövetkezésével [4], [5]. A kezdeti működéshez tartozó képződmények mind pozitív polaritású mágnesezettséget hordoznak. A fő paroxizmus képviselői részben pozitívan, részben negatívan mágnesezettek. (Negatív mágnesezettségűek a [8] által utolsó áttöréseknek tekintett kőzetek is.)

#### 5. A börzsönyi paleomágneses középirányok

A hitelességvizsgálatok szerint eredeti, a kőzet lehülésével egyidőben létrejött remanens mágnesezettséget hordozó mintacsoportok mágnesezettségének középirányait a 2. ábrán mutatjuk be.

E középirányok várható értékének becslésekor a rendellenesen nagy eltérést adó irányokat (2, 3, 4, 10, 11) elhagytuk.\* Így a középirányok átlagára  $D = 350,2^\circ$ ,  $I = 66,1^\circ$  adódott,  $K = 31$  pontossági paraméterrel. A középirányok várható értéke ezen irány köré rajzolt  $\alpha = 6,6^\circ$  nyílású kúpba 0,95 valószínűséggel (95%-os biztonsággal) beleesik.

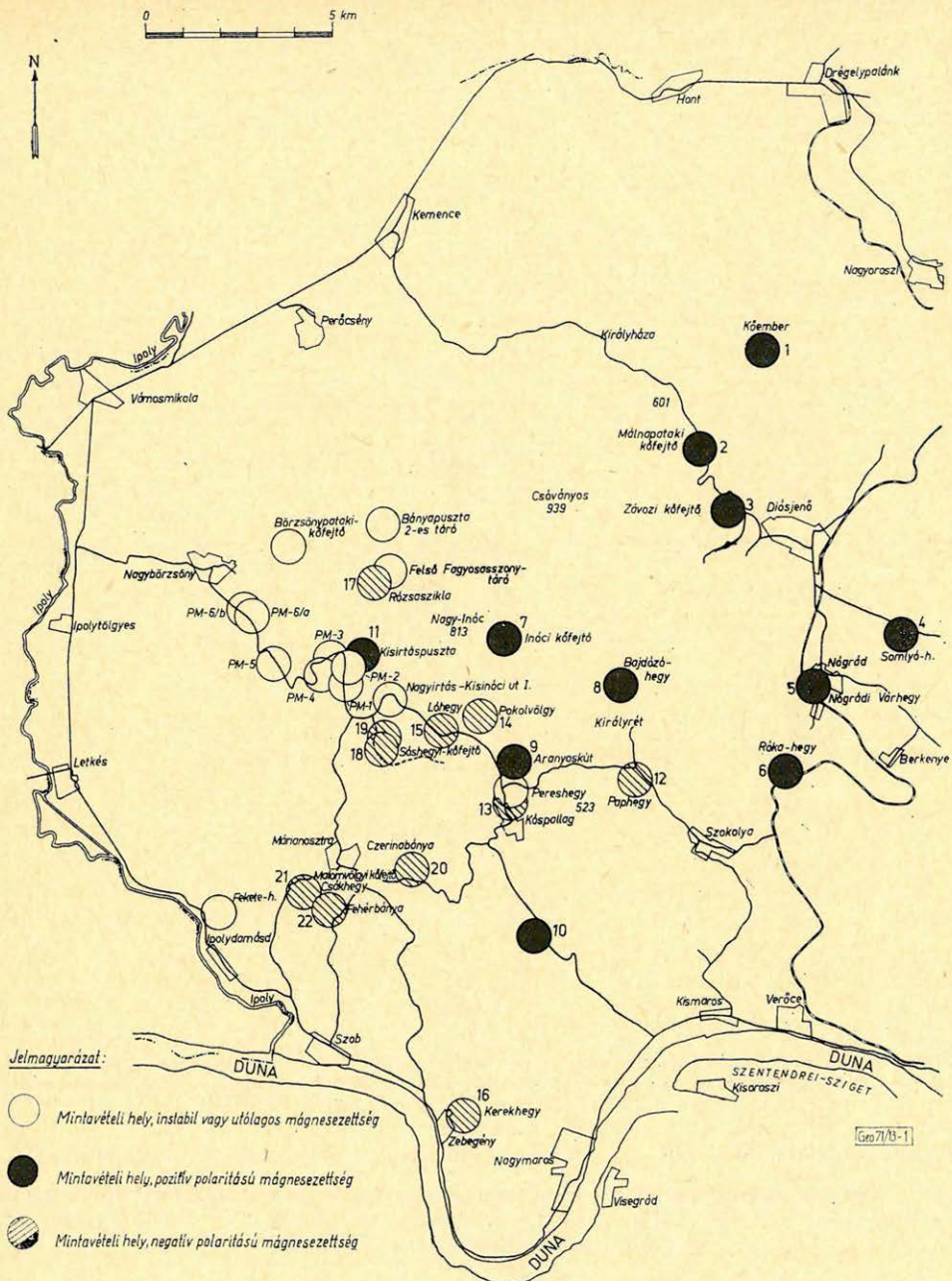
A börzsönyi középirányok átlagának megfelelő virtuális földmágneses pólus koordinátái:  $\Phi = 83,5^\circ$ ,  $\Delta = 297,7^\circ$ , a 96% konfidenciaovál-tengelyei pedig  $\Delta p = 8,9^\circ$ ,  $\Delta m = 10,8^\circ$ .  $\Delta p$  a Börzsönyt és a  $(\Phi, \Delta)$  koordinátájú virtuális földmágneses pólust összekötő főkör mentén,  $\Delta m$  erre merőlegesen mérődik fel [9].

#### \*Megjegyzés:

Az egykori helyi földmágneses középirányoktól jelentősen eltérő irányú mágnesezettség keletkezhet a kőzetben, ha az a földmágneses tér polaritásváltozásának idején jön létre. Utólagos tektonikai mozgások rotációs komponensei, az elfordulás mértékének megfelelő kisebb-nagyobb mágnesezettségi irányváltozást vonnak maguk után.

Esetünkben a 2., 3., 4., 10., 11. számú képződmények (I. táblázat) anomális mágneses irányai a térfordulási időszak mágneses terének egy-egy momentumát tükrözhetik.





1. ábra. Mintavételi helyek a Börzsönyben

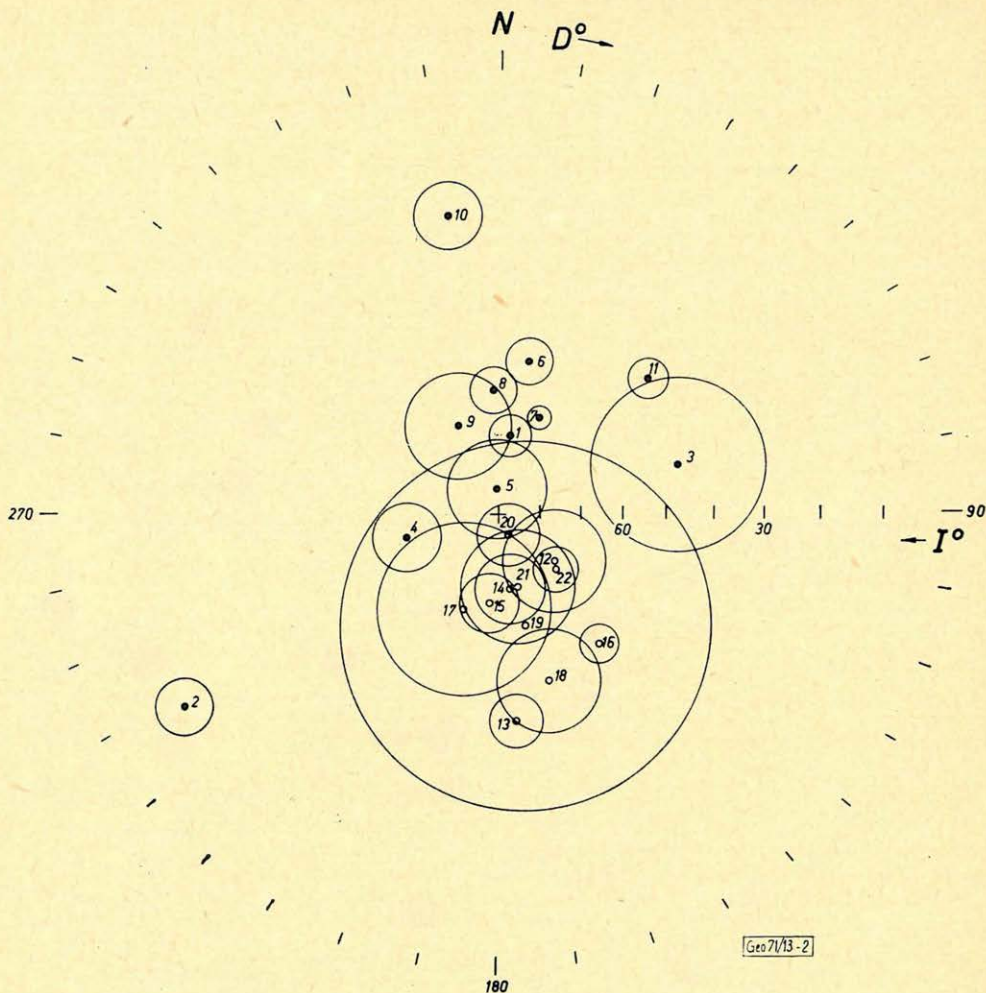
Fig. 1. Места отбора образцов в горах Бёржёнъ  
Обозначения:

1. место отбора образцов, нестабильная или вторичная намагниченность
2. место отбора образцов, намагниченность положительной полярности
3. место отбора образцов, намагниченность отрицательной полярности

Fig. 1. Probeentnahmestellen im Börzsöny-Gebirge  
Zeichenerklärung:

1. Probeentnahmestelle mit instabiler oder sekundärer Magnetisierung
2. Probeentnahmestelle mit positiver paleomagnetischer Polarität
3. Probeentnahmestelle mit negativer paleomagnetischer Polarität





2. ábra. Börzsönyi vulkáni képződmények primer mágnesezettségének helyi középíránya ( $\bar{D}$ ,  $\bar{I}$ ), a konfidenciakörrel ( $\alpha$ ). A középírányoknak megfelelő ● és ○ jelek mellé írt számok a mintavételi helyek sorszámai (I. táblázat)

Jelölések:

- pozitív inklinációjú csoport   ○ negatív inklinációjú csoport   ○ konfidenciakör (95%)

Fig. 2. Средние местные направления первичной намагниченности ( $\bar{D}$ ,  $\bar{I}$ ), с кругом доверия ( $\alpha$ ) в горах Бёржёнъ. Цифры появляющиеся около знаков ● и ○ соответствуют средним магнитным направлениям (см. Табл. 1.)

Обозначения:

- группа положительного наклонения   ○ группа отрицательного наклонения  
○ круг доверия (95%)

Fig. 2. Lokale mittlere Richtungen der primären Magnetisierung ( $\bar{D}$ ,  $\bar{I}$ ), mit dem Konfidenzkreis ( $\alpha$ ) der vulkanischen Formationen im Börzsöny-Gebirge. Die Ziffern bei den mittleren Richtungen entsprechenden Zeichen ● und ○ sind die laufenden Nummern der Probeentnahmestellen

Bezeichnungen:

- Gruppe mit positiver Inklination   ○ Gruppe mit negativer Inklination  
○ Konfidenzkreis (95%)



- [1] Márton, P. – Szalay, E.: Áttekintő paleomágneses vizsgálatok Mátra hegységi andezitekén. Földtani Közlöny 99. p. 166. (1969).
- [2] Jelentés a Börzsöny hegységi paleomágneses vizsgálatokról. ELTE Geofizikai Tanszék. Kézirat (1970).
- [3] Lengyel, E.: A Börzsöny-hegység K-i peremének földtani és közettani ismertetése. MÁFI Évi Jel. 1953. I. p. 67. (1955).
- [4] Pantó, G. – Mikó, L.: A nagybörzsónyi ércesedés. MÁFI Évkönyve I. 1. füzet (1964).
- [5] Pantó, Gy.: Kandidátusi értekezés. Budapest (1966).
- [6] Irving, R.: Paleomagnetism. John Wiley, New York (1964).
- [7] Fischer, R. A.: Dispersion on a sphere. Proc. Roy. Soc. 217, 1150 (1953).
- [8] Papp, F.: A Börzsónyi hegység középső részének eruptív kőzeteiről. Földtani Közlöny 64, p. 31. (1934).
- [9] Nagata, T.: Rock Magnetism. Marusen. Tokyo (1962).

## Lapszemle

*Magyarország szénhidrogén telepei – Algyő.*

*Irták:* Völgyi László, Suba Sándor, Balla Kálmán, Csalagovits István. *Felelős szerkesztő:* Dank Viktor. Az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt kiadványa 1970. 424 old. 206 szöveg közti ábra, 137 táblázat, mellékletek (64 db) külön kötetben.

Az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt új kiadványsorozata első példányát adta közre ezzel a művel: a sorozat hivatva van arra, hogy a hazai szénhidrogéntelemek rendszeres ismertetésével kitöltse azt a hézagot, melyet az 1937-ben felfedezett budafai és az 1941-ben megtalált lovászi szénhidrogéntelemek publikációja óta szénhidrogénföldtani vonatkozásban a hazai földtudományok irodalmában találunk. Szimbólumnak tekinthető, hogy a sorozat első tagja éppen a jelenleg legnagyobb kőolaj- földgázélfordulásunk ismertetését tartalmazza. A kiadvány részletes és alapos „case history”, célja azonban ezen túlmenően általános tanulságok levonása is.

### Tartalmi beosztása

Előszó: (Dank Viktor) .....	7 – 9 old.
I. fejezet: A geofizikai- és földtani kutatások története .....	11 – 19 old.
II. fejezet: A felszíni geofizikai mérések földtani értékelése .....	20 – 26 old.
III. fejezet: Rétegtani felépítés és szerkezeti viszonyok .....	27 – 75 old.
IV. fejezet: Szénhidrogénföldtani viszonyok .....	76 – 80 old.
V. fejezet: A szénhidrogén telepek földtani feldolgozásánál alkalmazott módszerek .....	81 – 104 old.
VI. fejezet: A mélyfúrás geofizika feldolgozási módszerei .....	105 – 190 old.
VII. fejezet: A felsőpannóniai szénhidrogéntelemek kőolajföldtani jellemzése .....	193 – 262 old.
VIII. fejezet: A feldolgozásnál figyelembe vett algyői fúrások fontosabb adatai .....	263 – 417 old.
IX. fejezet: Irodalom .....	419 – 423 old.

A számos szöveg közti ábrán felül külön kötetben szerepel 64 (jórészt színes) rajzmelléklet, ami emeli a kiadvány forrásmunka jellegét. (A kötet szerkesztői: Völgyi László, Pintér László, Grónai Istvánné és Fábán Gyula.) A táblázatok száma tekintélyes: 137.

Kár, hogy az egyes fejezeteket író, illetve összeállító személyek nincsenek megjelölve. Ez a kiadványnak kissé merev, hivatalos jelleget ad, pedig bizonyára sok helyen kerül sor egyéni nézetek, esetleg vitatható állásfoglalások kifejtésére és az ezekhez fűződő diskussziót mégis személyekkel kellene folytatni. A kiadvány megérdemelné az ilyen beható megtárgyalást esetleg egyesületi klubest alakjában s az ott elhangzó hozzászólások bizonyára elősegíthetnék a felelős szerkesztő által az előszóban kifejezett szándék keresztülvitelét, hogy ti. „Célunk a módosított változatok közzététele is”. A mű kéziratát 1967-ben zárták le, a megjelenés éve 1970. A közben eltelt időköz nem mondható ugyan túl hosszúnak, mégis – amint az előszóban is olvassuk – „... az ilyen jellegű összeállításokat csakhamar túlhaladja az élet ...”. Mindenesetre azonban a mű „hasznos alapforrássul szolgál a földtudományok művelői és érdeklődői számára.”

TG



# Az exponenciális eloszlás alkalmazása az altalaj rezonancia-frekvenciáinak megkeresésére\*

KARDEVÁN PÉTER

*A statisztikus feldolgozási módszernél használt periodicitás fogalmát egy adott fizikai esemény ismétlődési tulajdonságaként definiálhatjuk. Elvetjük a logaritmikusan állandó szélességű intervallumrendszer használatát a periódus-gyakorisági görbék meghatározásában s a vizsgált fizikai folyamat természetének megfelelő, specifikus osztályozási módszer szükségességét hangsúlyozzuk. A dolgozat az exponenciális eloszlás alkalmazásának lehetőségét tárgyalja a talajrezonancia helyeinek meghatározására a városi talajnyugtalan-ság-regisztrátumok kiértékelése alapján.*

*Понятие периодичности у метода статистической обработки определяется повторным свойством физического события. Отбрасывается употребление интервалов логарифмически постоянной ширины в определении диаграмм частот и подчеркивается необходимость соответствующего природе физического события особенно квалификационного метода. Статья занимается возможностью употребления показательного распределения для определения резонансных мест колебаний почвы на основе регистрации сейсмических помех в городе.*

*Der Begriff der Periodizität wird bei den statistischen Bearbeitungsmethoden als Wiederholungseigenschaft eines physikalischen Stadiums definiert. Die Anwendung eines Intervallsystems, in dem die Breite des einzelnen Intervalls in logarithmischer Skala konstant ist, wird abgelehnt, und die Notwendigkeit spezifischer Klassifizierungsmethoden betont.*

*Die aus den Registrierungen der industriellen Bodenunruhe bestimmten Perioden mögen eine exponentielle Verteilung befolgen. Ein Verfahren wird vorgeschlagen, mit dessen Hilfe die Resonanzperioden des Bodens ermittelt werden können.*

## 1. Bevezetés

Mint ismeretes, a földrengéshullámok terjedésük utolsó szakaszán változást szenvednek. Úgy képzelhetjük el, hogy a talaj legfelsőbb rétegei a földrengéshullámok hatására gerjesztődnek, s a felszínen mérhető rezgéskép e gerjesztett rendszernek a gerjesztésre adott válasza. Bizonyos esetekben rezonanciajelenség figyelhető meg: az altalaj meghatározott periódusú rezgések amplitúdóját megnöveli. A földrengéskárosodás szempontjából döntő jelentőségű, hogy mely periódusú rezgéseket emeli ki a talaj. Japán kutatók kimutatták [1], [2], hogy a talaj hasonlóan viselkedik, mind a kárt okozó földrengéshullámok, mind a közlekedés vagy ipari tevékenység okozta rezgések hatására. Ez azt jelenti, hogy az altalaj módosító hatását a városi talajnyugtalan-ság vizsgálatával is kideríthetjük. Megállapították azt is [1], [2], hogy az amplitúdó-periódus-görbék és a periódus-gyakoriság-görbék maximumai egybeesnek. Sok esetben fáradtságos a nagyobb periódusok tartományában jelentkező maximumok helyének pontos meghatározása. A következőkben a periódusgyakoriság-eloszlásokat vizsgáljuk és módszert javaslunk, mely megkönnyíti az altalaj rezonancia-periódusainak megkeresését.

## 2. A periodicitás statisztikus értelmezése

A természetben nem fordulnak elő matematikai értelemben vett periodikus jelenségek. Ennek oka az, hogy a fizikai jelenségekre vonatkozó megfigyelések mindig több különböző tényező együttes hatásának eredményei. Ha ezek közül

\* A városi talajnyugtalan-ság-regisztrátumok kiértékelése alapján.



a tényezők közül egy dominál és a többi hatása elhanyagolható, s a domináló jelenség periodikus folyamat, akkor a jelenséget jó közelítéssel periodikus függvénnyel írhatjuk le, s az eltéréseket egyszerűen hibának tekinthetjük. A valóságban azonban nagyon sok olyan jelenség van, amelynél már nem tudunk hibahatáron belül periódust értelmezni, mégis periodicitáshoz hasonló viselkedést figyelhetünk meg. Ilyen többek között a vizsgálataink tárgyát képező városi talajnyugtalanlás is.

A periodicitás egyszerű általánosításával olyan periódus-fogalomhoz jutunk, melyet hasznosan alkalmazhatunk a szóban forgó esetekben. A matematikában előforduló periodikus függvények két sajátosságát figyelhetjük meg: egy tetszőleges függvényérték ismétlődik s az ismétlődés egyenlő közökben valósul meg. Tekintsünk el az ismétlődés szabályosságától s definiáljuk a periodicitást egy fizikai folyamat bizonyos állapotának ismétlődési tulajdonságaként. A periódus ekkor – időben lejátszódó folyamatoknál – a kiválasztott, pontosan definiált fizikai állapot két egymás utáni bekövetkezése között eltelt időként értelmezhető. A statisztikus feldolgozási módszernél ezeknek az időközöknek a gyakorisági eloszlását vizsgáljuk, melyet a szóban forgó fizikai jelenségre jellemzőnek tekinthetünk.

Az ilyen, ún. periodogramokkal való periódus-kutatás általános gyakorlattá vált. Többnyire a 0-átmeneti intervallumokat tekintik félperiódusnak. Ki kell hangsúlyoznunk azonban, hogy a fenti értelmezésnél mindig ugyanannak a fizikai eseménynek az ismétlődési időközzeit vizsgáljuk. A 0-átmeneti intervallumoknál azt nézzük, hogy a fizikai folyamatot leíró függvény hol metszi a 0-vonalat.

Ez matematikailag azonos feltételt jelent, korántsem bizonyos azonban, hogy a metszéspontokhoz tartozó fizikai események is azonosak. Különböző fizikai hatások is hozhatják a regisztráló műszert ugyanolyan állapotba. Másrészt például a talajelmozdulás-regisztrátumok esetén a 0-átmenetekhez tartozó sebességértékek különbözőek. Így, ha eseményként az elmozdulás-sebesség értékpárt értelmezzük, akkor a 0-átmenetekhez már nem ugyanaz az esemény tartozik. Mindebből látható, hogy a tárgyalt periódus-gyakoriságok nemcsak a vizsgált jelenségre lesznek jellemzőek, hanem attól is függenek, hogy a jelenség melyik állapotának ismétlődéseit vizsgáljuk s egyáltalán hogyan értelmezzük ezt az állapotot. Lehetőségünk van tehát ugyanannál a folyamatnál több eltérő tulajdonságú periódusgyakoriság-görbét meghatározni, melyek mindegyike a fizikai folyamat más más tulajdonságát tárja fel.

### *3. Logaritmikusan állandó szélességű intervallum-rendszer használatának kritikája*

A gyakoriság-görbéket úgy állapítják meg, hogy megszámozzák, a kioltasított periódusértékek közül hány darab esik az előre meghatározott periódus intervallumrendszer egyes intervallumaiba.

Többnyire ekvidisztáns intervallum-rendszert használnak, mely teljesen megfelel keskenysávú zajok vizsgálatánál.

A városok peremkerületeiben – ahol egyébként a legtöbb új létesítmény épül, s a leginkább aktuális a talaj vizsgálata – a talajrezgések szélessávú spektrummal rendelkeznek. Az empirikus periódus-gyakoriság-görbéken megfigyelhetjük, hogy a kis periódusok gyakrabban fordulnak elő, mint a nagyobb periódusok.



Japán kutatók annak érdekében, hogy a nagyobb periódusok területén jelentkező gyakoriság-maximumokat kiemeljék, s így a rezonancia helyeket nagyobb biztonsággal állapítsák meg, olyan intervallumrendszert használtak, melynél az egyes intervallumok szélessége logaritmikus skálán volt konstans [3]. A periódus-intervallum-rendszer osztópontjait tehát a

$$T_i = T_0 \gamma^i, \quad \gamma, T_0 = \text{konst}, \quad i = 1, 2, \dots \quad (1)$$

képlettel határozták meg. Ez a módszer hallgatólagosan feltételezi azonban, hogy az egyes periódusok előfordulási gyakorisága a periódusok hosszával fordítottan arányos. Ezt egyszerűen beláthatjuk.

E feltételezés szerint ugyanis célszerűnek látszik a gyakoriságeloszlásnak ily módon létrejövő aszimmetriáját eltüntetni. Így olyan intervallumrendszert határozunk meg, melynek első osztópontját az

$$\int_{t_0}^{t_1} \frac{a}{t} dt = p = \text{konst}$$

egyenletből kapjuk, ahol  $t_0 > 0$ ,  $a$  és  $p$  alkalmasan választott konstansok. Ebből

$$t_1 = t_0 e^{+\frac{p}{a}}.$$

A második osztópontot az

$$\int_{t_0 e^{\frac{p}{a}}}^{t_2} \frac{a}{t} dt = p$$

egyenletből kaphatjuk:

$$t_2 = t_0 e^{\frac{2p}{a}} = t_0 \left( e^{\frac{p}{a}} \right)^2.$$

Az  $i$ -ik osztópontot a  $\gamma = e^{p/a}$  jelöléssel a

$$t_i = t_0 \gamma^i$$

képlet szolgáltatja, amely (1) képlettel azonos. Ez a feltételezés, mely mint láthatjuk a logaritmikusan állandó szélességű intervallum-rendszer használata mögött rejlik, nem helyes, mert az egyes periódusok előfordulási gyakorisága a tárgyalt értelmezés szerint nem függhet maguktól a periódusoktól, hanem kizárólag annak a kiválasztott fizikai eseménynek a tulajdonságaitól, melynek ismétlődési közeit vizsgáljuk.

Az a kiértékelési módszer, melynek segítségével kapjuk a periódus-gyakoriság-görbéket, kizárja tehát, hogy bármit is általánosságban kimondjunk a periodogramokról.

Így pl. a  $\frac{\Delta T}{T}$  felbontóképesség fogalmának használata értelmetlenné válik a periódus-kutatás statisztikus módszereinél.



#### 4. Az exponenciális eloszlás alkalmazása

Annak magyarázata, hogy a városi talajnyugtalanásra vonatkozó periódusgyakoriság-görbéknél a gyakoriság-értékek a periódusok növekedésével csökkennek, a talajrezgések keletkezési módjában keresendő. A városi talajnyugtalanosság igen nagy számú és egymástól függetlenül működő pontforrás által gerjesztett hullámok szuperpozíciójaként képzelhető el. A város egész területén működnek egymástól független, pontszerűnek képzelhető zajforrások, így a peremkerületekben levő regisztrálási pontba közeli és távoli részekből egyaránt érkeznek hullámcsoportok. Az előbbieknél a kis távolság miatt a talaj szűrő hatása még elhanyagolható, az utóbbiakból érkező rezgések e szűrőhatás miatt hosszabb periódusúak. Feltesszük, hogy a regisztrálási pont közvetlen környezetében nem működik nagyobb energiájú zajforrás, tehát a talajnyugtalanosság-regisztrátumok a város összes pontforrásai által meghatározott átlagos rezgési folyamatot tükrözik. Ilyen esetben jogosnak látszik az a hipotézis, mely szerint a talaj egy kiválasztott rezgési állapotának egyes bekövetkezései függetlenek egymástól. Legyen ez az esemény az, amikor a talajrezgés sebessége a 0 értéket veszi fel. (Ezzel ekvivalens a talajmozdulás-idő-függvényén a szélsőértékek kialakulása). A szokásos periódus-fogalommal összhangban tekintsük ennek az eseménynek két egymásutáni bekövetkezése között eltelt időt félpériódusnak. Regisztráljuk a talajsebességet  $t$  ideig. Határozzuk meg ekkor, hogy mi annak a valószínűsége, hogy a kiválasztott esemény  $t_n = t/n$  ideig nem következik be, ahol  $n$  tetszőleges pozitív egész szám. Az empirikusan megállapított gyakoriság-értékeket a valószínűség mért értékeinek tekinthetjük [4]. Így a keresett valószínűség közelítő értékét határozhatjuk meg a következő méréssel: végezzünk  $n$  darab  $t_n = t/n$  időtartamú kísérletet közvetlenül egymás után. (Mivel a kísérletek kezdetének megválasztása tetszőleges lehet, éppen ilyen választással is élhetünk.). Mindegyik kísérlet abból áll, hogy megállapítjuk, hogy az illető kísérlet alatt bekövetkezett-e az esemény vagy sem. Tegyük fel, a  $t$  időtartam alatt ( $n$  darab kísérlet)  $k$  darab kísérletnél következett be az esemény. A  $k/n$  gyakoriság-érték annak a valószínűségnek mért értéke lesz, hogy az esemény a  $t_n$  idő alatt előfordul. Egymást kizáró eseményekről lévén szó, annak valószínűségét, hogy az esemény a  $t_n$  idő alatt nem következik be, az  $1 - k/n$  gyakoriságérték közelíti. (Feltételezzük, hogy a vizsgált elemi esemény bekövetkezési valószínűsége minden kísérlet alatt ugyanaz, tehát időben állandó.)

Ismételjük meg a mérést úgy, hogy most  $2n$  darab  $t/n$  időtartamú kísérletet végzünk. Minthogy az esemény egyes bekövetkezései egymástól függetlenek, annak a valószínűsége, hogy az esemény két egymást követő  $t/2n$  időtartamú kísérletnél nem következik be, ugyan az, mint annak valószínűsége, hogy egy  $t_n$  időtartamú kísérletnél nem következik be. Így a független eseményekre vonatkozó szorzási szabályt alkalmazva, az

$$\left(1 - \frac{k}{2n}\right)^2$$

mennyiség szintén az előbbi valószínűség közelítő értéke lesz.

A mérés nyilván pontatlan, hiszen előfordulhat, hogy egy kísérlet alatt az esemény többször is bekövetkezhessen, amire a gyakoriság-értékek megállapításánál nem voltunk tekintettel. Ha feltesszük azonban, hogy ennek a



valószínűsége az egyes kísérletek időtartamának csökkenésével csökken, akkor a teljesen hasonló gondolatmenet alapján adódó

$$\left(1 - \frac{k}{3n}\right)^3, \left(1 - \frac{k}{4n}\right)^4, \dots, \left(1 - \frac{k}{m \cdot n}\right)^m, \dots$$

mennyiségek a keresett valószínűség egyre nagyobb pontosságú közelítései lesznek. A keresett valószínűségnek tetszőleges regisztrátum-darabra is érvényes alakját határértékképzéssel kapjuk:

$$P(T > t_n) = \lim_{m \rightarrow +\infty} \left(1 - \frac{k}{n \cdot m}\right)^m = \lim_{m \rightarrow +\infty} \left(1 - \frac{\frac{k}{t} t_n}{m}\right)^m = e^{-\frac{k}{t} t_n}. \quad (2)$$

A  $k/t$  mennyiség a vizsgált esemény időegység alatti átlagos előfordulási száma, vagy az átlagperiódus reciprokának kétszerese. Annak a valószínűségét, hogy az esemény pontosan  $t_n$  idő múlva következik be, a (2) eloszlásfüggvény deriválásával nyert valószínűség-sűrűség függvény adja meg a különböző  $t_n$  értékekre:

$$p(t_n) = -\frac{dP(t_n)}{dt_n} = \frac{k}{t} e^{-\frac{k}{t} t_n}. \quad (3)$$

Feltételezésünk szerint tehát a (3) sűrűségfüggvény írja le a talajnyugtalanág-regisztrátumokból kapott periódus-gyakoriságok eloszlását. Abból a célból, hogy ennek helyességét ellenőrizzük, kiszámítottuk az egyes empirikus gyakoriság-görbékhez tartozó elméleti eloszlásfüggvényeket. A kiolvasott periódus-értékek diszkrét értéksorozatot alkotnak. Ha a fél periódusokat  $\pm \tau/2$  hibával mérjük ki, a periódusok  $\pm \tau$  pontosságúak. Úgy képzelhetjük el, hogy minden olyan periódust, mely a  $\left(T_0 - \frac{\tau}{2}, T_0 + \frac{\tau}{2}\right)$  intervallumba esik,  $T_0$  értékűnek olvasunk ki. Így egy  $\tau$  közönként kiolvasott periódus-értéksorozatból készített gyakoriság-görbének megfelelő elméleti exponenciális függvényt a következő képlettel számíthatjuk:

$$p(t) = \int_{t-\tau}^{t+\tau} \alpha e^{-\alpha t} dt = 2e^{-\alpha t} \operatorname{sh}(\alpha \tau),$$

ahol  $\alpha$  az átlagperiódus reciprokának kétszerese.

### 5. A talaj rezonancia-helyeinek értelmezése

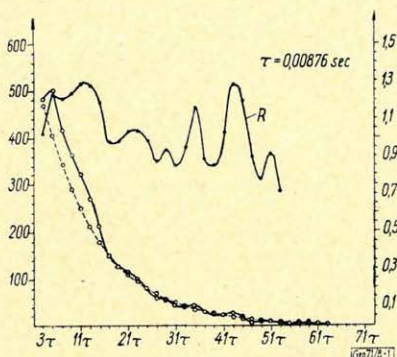
Az egyes periódus-gyakoriság-értékek az altalaj módosító hatása miatt eltérnek helyenként az elméleti elosztástól.

Képezve az egyes empirikus gyakoriságértékek és az elméleti valószínűség-értékek hányadosát, ugyanazon periódusnál véve mindkettőt, olyan redukált görbét kapunk, mely elvileg már csak az altalaj módosító hatását tükrözi. Az ezen görbén jelentkező maximumokhoz tartozó periódus-értékeket tekintjük



a talaj rezonancia-periódusainak. Az exponenciális eloszlástól való legnagyobb eltérések helyei nem mindig esnek egybe a szokásos módon megállapított gyakoriság-görbéken jelentkező maximumokkal. A mellékelt ábrákon a valószínűség- és gyakoriság-értékek helyett az elméleti darabszámot, illetve a tényleges előfordulási darabszámokat tüntettük fel a periódus függvényében. Ugyanazon ábrákon láthatjuk a megfelelő redukált görbéket is, melyet  $r$  betűvel jelöltünk. Ezekre az ábrák jobb oldalán meghúzott függőleges tengelyen levő skálabeosztás érvényes.

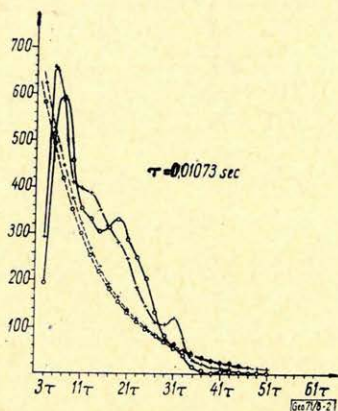
Az 1. ábrán látható gyakoriság-eloszlás követi legjobban az elméleti eloszlást, ezt készítettük a legtöbb (1870) periódusértékből. A többinél átlag 5–600 periódusérték állt rendelkezésre. Minél hosszabb regisztrátumokat dolgozunk fel, annál inkább várhatjuk, hogy a zajra vonatkozó alapfeltevésünk teljesül. Természetesen nem zárhatjuk ki annak lehetőségét, hogy a regisztrá-



1. ábra. Kihúzott görbe: a talajnyugtalan-ság-regisztrátumok alapján, 1870 érték felhasználásával kapott periódusgyakoriság-görbe; szaggatott görbe: a gyakoriság-eloszlást közelítő elméleti exponenciális valószínűségeloszlás;  $R$  jelölés: az előbbiekből hányados képzéssel nyert redukált görbe

Fig. 1. Кривые распределения: непрерывная линия — получена на основе регистрации сейсмических похем из 1870 данных, пунктир — теоретическая показательная линия распределения по вероятности, которая прилагается к распределению частот,  $R$  — редуцированная линия, получена из теоретических и измеренных данных с делением

Fig. 1. Voll ausgezogen: die Periodenhäufigkeitskurve aus 1870 Periodenwerten, bezogen auf die Registrierung der Bodennruhe; gestrichelte Kurve: theoretische exponentielle Wahrscheinlichkeitsverteilung; mit  $R$  bezeichnet: die aus den beiden vorhergehenden Kurven durch Dividierung bekommene reduzierte Kurve



2. ábra. Kihúzott görbék: két, különböző időből származó, ugyanarra a mérési pontra vonatkozó periódusgyakoriság-görbe (karikával, illetve kereszttel jelölve); szaggatott görbék: az előbbiekből megfelelő exponenciális eloszlások

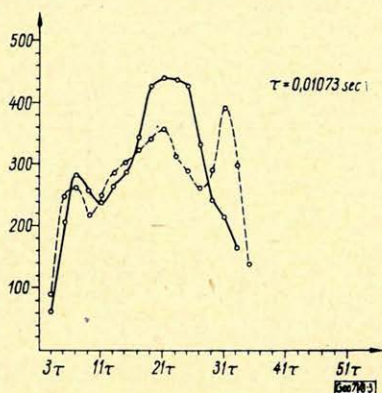
Fig. 2. Кривые распределения: непрерывная линия и  $\circ \circ \circ$  и  $+++$  знаки измеренных данных на том же месте в различное время, пунктир — соответствующее измеренным данным теоретическое распределение

Fig. 2. Voll ausgezogen: die Periodenhäufigkeitskurven bezogen auf verschiedene Zeitpunkte (bezeichnet  $\circ \circ \circ$  bzw.  $+++$ ), an demselben Registrierungsor; gestrichelte Kurven: die den vorhergehenden Kurven entsprechenden exponentiellen Verteilungen



tumokon időnként csupán egy-két nagyobb energiájú zajforrásra jellemző összefüggő hullámvonulatok jelennek meg, melyekre természetesen a véletlenszerűség nem teljesül. Pusztán emiatt is alakulhatnak ki maximumok a gyakoriság-görbéken, melyek félrevezetőek. Ezért olyan regisztrátum-szakaszokat is kiértékelünk az új módszer segítségével, melyek a zaj ilyen tulajdonságait is tükrözik.

A 2. ábrán két különböző időből származó, de ugyanarra a mérési pontra vonatkozó regisztrátumok kiértékelése alapján nyert gyakoriság-görbéket ábrázoltunk. Az egyiknél körökkel, másiknál keresztekkel jelöltük a kiszámított gyakoriságértékeket. A gyakoriság-eloszlásoknak megfelelő elméleti görbéket szaggatott vonallal rajzoltuk meg. A rezonancia-jelenség következtében kialakult maximumok helyzete ugyanannál a mérési pontnál nem változik. Ezzel szemben a szóban forgó két gyakoriság-görbénél a maximumok nem esnek egybe.



3. ábra. A 2. ábrán látható gyakoriság- és elméleti-görbékből hányadosképzéssel kapott redukált görbék

Фиг. 3. Редуцированные кривые, полученные из теоретических и измеренных данных второго рисунка

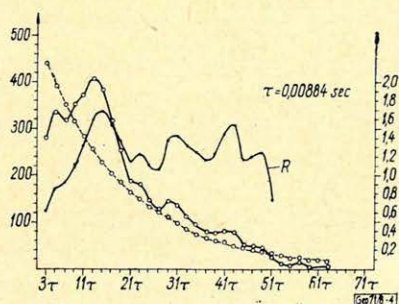
Fig. 3. Die aus den Häufigkeits- und theoretischen Kurven, die in Fig. 2. zu sehen sind, durch Dividierung erhaltenen reduzierten Kurven

A 3. ábrán látható redukált görbéken a maximumok, tehát a gyakoriság-értékeknek az exponenciális eloszlástól való legnagyobb eltéréseinek helyei már megegyeznek a két különböző időből származó regisztrátumra vonatkozólag. Így indokoltnak látszik a redukált görbéken kialakult időben állandó helyzetű maximumokhoz tartozó periódusokat, melynek az eredeti gyakoriság-görbék maximumaihoz tartozó periódus értékek egyikével sem egyeznek, a rezonancia-jelenség következtében kialakultnak, tehát az altalajra jellemzőnek tekinteni. A 4. és 5. ábrán látható görbékkel illusztrálni szeretnénk, hogy még viszonylag kevés (5–600) adatból készített gyakoriság-görbék átlagos lefutása is megfelelően jellemezhető az exponenciális valószínűség-eloszlással. Megemlítjük még, hogy a regisztráló műszer korlátozott frekvenciaátvivő képessége miatt a kisperiódusú rezgések egy része kiszűrődik, így a kis periódusok területén szükségképpen kialakul egy maximum, mely esetenként



egybeeshet a rezonancia-maximummal, többnyire azonban nincs kapcsolata vele. Ennek megítélésében is hatékonyan használhatjuk az ismertetett módszert.

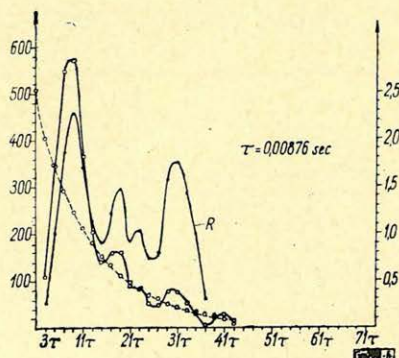
Mind a kiértékelést, mind a feldolgozást számítógéppel végeztük.



4. ábra. Kihúzott görbe: a talajnyugtalan-ság-regisztrátumok alapján 5–600 érték felhasználásával kapott periódus-gyakoriság-görbe; szaggatott görbe: a gyakoriság-eloszlást közelítő elméleti exponenciális görbe;  $R$  jelzés: az előbbiekből hányadosképzéssel nyert redukált görbe

Фиг. 4. Кривые распределения: непрерывная линия — получена на основе регистрации сейсмических помех из 500–600 данных, пунктир — теоретическая показательная линия распределения по вероятности, которая приближается к распределению частот,  $R$  — редуцированная линия ком на фиг. 1.

Fig. 4. Voll ausgezogen: die Periodenhäufigkeitskurve der Bodenunruhe, aus 500–600 Periodenwerten; gestrichelte Kurve: entsprechende theoretische exponentielle Verteilung; mit  $R$  bezeichnet: die aus den beiden vorhergehenden Kurven durch Dividierung erhaltene reduzierte Kurve



5. ábra. Kihúzott görbe: a talajnyugtalan-ság regisztrátumok alapján 5–600 érték felhasználásával kapott periódus-gyakoriság-görbe; szaggatott görbe: a gyakoriság-eloszlást közelítő elméleti exponenciális görbe;  $R$  jelzés: az előbbiekből hányadosképzéssel nyert redukált görbe

Фиг. 5. Кривые распределения: непрерывная линия — получена на основе регистрации сейсмических помех из 500–600 данных, пунктир — теоретическая показательная линия распределения по вероятности, которая приближается к распределению частот,  $R$  — редуцированная линия ком на фиг. 1.

Fig. 5. Voll ausgezogen: die Periodenhäufigkeitskurve der Bodenunruhe, aus 500–600 Periodenwerten; gestrichelte Kurve: theoretische exponentielle Verteilung; mit  $R$  bezeichnet: aus den beiden vorhergehenden Kurven durch Dividierung erhaltene reduzierte Kurve

## IRODALOM

- [1] Kanai, K. — Suzuki, M. (1954): Analytical Results of the Acceleration Seismograms obtained at Tokyo and Yokohama. Bull. Earth. Res. Inst., Vol. 32. pp. 189–197.
- [2] Kanai, K. — Tanaka, T. — Osada, K. (1954): Measurement of the Micro-tremor. I. Bull. Earth. Res. Inst. Vol. 32. pp. 198–209.
- [3] Tanaka, T. (1962): Period Distribution Analyser for Irregular Motion. Bull. Earth. Res. Inst. Vol. 40. pp. 861–871.
- [4] Jánossy, L.: Mérési eredmények kiértékelésének elmélete és gyakorlata. 1968. Akadémiai Kiadó.



# Újabb mélyfúrási geofizikai eljárások a szénhidrogéntermelés érdekében

A MGE Alföldi Csoportja 1970. dec. 18-án tartott előadóülésén  
elhangzott előadás (Szerk.)

C S Ó K Á S J Á N O S

*Az utóbbi években egyre gyakrabban alkalmaznak mélyfúrási geofizikai módszereket a szénhidrogén-termelés szolgálatában. Megoldották az átfúrt formációk közzetani analízisét fúrómagokon mért paraméterek és geofizikai szelvények korrelációja útján. A leírt korszerű eljárások egy része rövid időn belül nálunk is bevezethető.*

*За последнее время все чаще применяются промышленно-геофизические методы на службе добычи углеводородов. Уже решена задача петрографического анализа пройденных скважинами горных пород путем сопоставления параметров, определенных на буровых ядрах с данными промышленно-геофизических работ. Часть описываемых в настоящей работе современных методов скоро можно будет внедрить и в условиях Венгрии.*

*Bohrlochgeophysikalische Untersuchungsverfahren werden in unseren Zeiten immer häufiger im Interesse der Kohlenwasserstoff-Produktion eingesetzt. Es wurde das Problem der petrographischen Analyse der durchbohrten Formationen mit Hilfe der Korrelation der an Bohrkernen gemessenen Parameter und der geophysikalischen Profile gelöst. Die hier beschriebenen modernen Verfahren können binnen kurzer Zeit auch bei uns eingeführt werden.*

Egy francia szerző a fúrólyukszelvényezés fejlődését három fázisra osztja [1]. 1925–1945 között zajlott le a *kvalitatív fázis*, 1945–1970(?) között a *kvantitatív fázis* és valószínűleg 1970-ben kezdődött az *analitikus fázis*. Az első periódusban a kőzetparaméterek iszapfiltrátummal befolyásolt látszólagos értékének megmérésére törekedtek és ezen paraméterek (*SP*, fajlagos ellenállás) alapján litológiai tagolást, réteg-korrelációt, a rétegek nagyvonalú jellemzését (milyen kőzet, homok, agyag, karbonátos, porózus vagy nem porózus) végezték el és kvalitatív képet adtak a rétegek porozitásáról ( $\Phi$ ) és víztelítettségéről ( $S_w$ ).

Számos kutató eredményei alapján megvetették a mennyiségi értelmezés alapját a valódi fajlagos ellenállás meghatározása útján. Elsősorban az érintetlen zóna ( $R_t$ ) és a kiöblített zóna ( $R_{x_0}$ ) valódi fajlagos ellenállását határozták meg különféle látszólagos fajlagos ellenállás mérő szonda-kombinációk és eltérési görbeseregék vagy korrekciós diagramok segítségével.

A fajlagos ellenállásokból számított porozitás- és folyadéktelítettség-adatok azonban sokszor megtévesztőek voltak, ezért 1955–1960 között átérttek azok közvetlen meghatározására. Ma már az érintetlen zóna ( $R_t$ ) valódi fajlagos ellenállásának korszerű meghatározását indukciós vagy laterolog szondával végzik, a kiöblített zóna ( $R_{x_0}$ ) fajlagos ellenállása mikrolaterolog-szondával mérhető a víztelítettség kiszámításához.

A rétegek porozitását neutron és/vagy szonikus szelvényezéssel, térfogat-súlyát pedig gamma-gamma méréssel határozzák meg. A felhasznált matematikai képletek egyszerűbbek, a mérési hibák kevésbé halmozódnak, az eredmények lényegesen megbízhatóbbak kifogástalan mérések esetén.

1960-tól 1970–75-ig zajlik le a szelvényezés, a kiértékelés és a feldolgozás számítógépesítése. Ebben az analitikus fázisban már porozitás-, víztelítettség-, agyagtartalom-szelvény megadására törekszenek.

Az egyik irányzat szerint a formációk analízise a rétegvíz-tartalom, a kiseperhető olaj- és maradék-olajtelítettség eloszlásának együttes szemléletes



regisztrálásaként jelenik meg a karottázs-szelvényeken. Másik eljárásnál a rétegek szilícium, gipsz, anhidrit és dolomit térfogat-százalékát ábrázolják a kőzet-tani porozitással együtt a mélység függvényében.

A Schlumberger Vállalat ún. „Saraband” (lassú spanyol tánc és zenéje) programja a homokkövek analizálására alkalmas és megkülönbözteti az olaj- és gáztárolók zónákat egymástól, sőt mindkettőt a víztárolóktól. Kellő tájékoztatást nyújt az eddigieknél gazdaságosabb fúróluk kiképzési terv elkészítéséhez [2].

A Birdwell Csoport már külön felhívással fordul az olajmérnökökhöz, a reservoir-, a lyukbefejező-, a bánya- és a kultúrmérnökhöz azzal, hogy porozitás, mindenfajta szaturáció, kiséperhető olajszázalék-adatok szolgáltatására képes [3]. Ásványtani analízist, Poisson-számot, rugalmassági állandókat, térfogatsúlyt, hézagténytézőt képes megadni szelvényezési adatok alapján.

Van már olyan vállalat is, amelyik különféle speciális szelvényezési programot ajánl kén-, kálium-, urán- és széntelepek kutatására.

Az említett francia szerző, sajnos, tehetett egy reánk nézve szomorú megállapítást is. A háború után a kelet-európai országok olyan eszközökkel dolgoztak, mint a Schlumberger Vállalat 1937-ben, azaz 8–10 éves elmaradással. Ez a technikában nagyon sok, ma már – véleményem szerint – megengedhetetlen.

A nyugati világ 50 kőolajtermelő országában lényegében 4–5 számottevő fúrólukszelvényező vállalat létezik. Ezek között a Schlumberger 1965-ben 170 mérnököt és kutatót alkalmazott, költségvetése  $37,5 \cdot 10^6$  frank csak kutatásra és fejlesztésre. A karottázs-szolgálatot 1250 mérnökkel, 850 karottázs kocsival végezte. Ez a szám 1968-ra 1600 mérnökre és 1000 műszerkocsira nőtt. 1965-ben mintegy 152 regisztráló egységet, 600 db szondát, 85 műszerkocsit, 62 tengeri szelvényező egységet állított elő 125 millió frankért. Talán jellemzőbb a következő: 1965-ben a nyugati olajvállalatok termelése  $1,5 \cdot 10^9$  t volt kb.  $127 \cdot 10^9$  Fr. értékben. A karottázs-szelvényezési és értelmezési költségek kb.  $1,4 \cdot 10^9$  Fr.-ot tettek ki, azaz a termelési értéknek mindössze 1%-át.

Ebből az arányból az is következik, hogy százalékosan a legjövődélmezőbb beruházás a karottázs-szolgálatnál érhető el. Ásványi telepek fel nem ismerése vagy pontatlan meghatározása pedig nagy nemzeti haszon elmaradását, illetve nagymértékű fölösleges termelési beruházást eredményez.

Az utóbbi évek karottázs-szakirodalma mindinkább a termelő mérnökök szempontja felé tolódik, amíg régebben főleg geológiai jellegű információk szolgáltatását tekintették szinte kizárólagos feladatnak.

A kőolaj-termelő mérnököket elsősorban a tárolók porozitása és folyadék-tartalma érdekli. Ezen adatok ismeretében csökken a rétegvizsgálatokra fordított idő, kevesebb magfúrás és magvizsgálat szükséges, meggyorsul a kút kiképzése a termelésre.

Újabbban számos közlemény jelent meg főleg agyagos homokok réteg-paramétereinek meghatározásáról. Különösen figyelemre méltó az az irányzat, amely szerint nem elméleti kőzetmodellek matematikai leírásával foglalkoznak, hanem fúrómagok laboratóriumban megmért adataiból korrelációs, regressziós eljárással állítanak fel a valóságot jól megközelítő tapasztalati formulákat.

Agyagos kifejlődésű homokkő-formációkban porozitás-meghatározáshoz jelenleg a legmegbízhatóbb módszernek az ún. „szonikus-sűrűség-háromszög” módszert tartják [4]. A módszer alapelve szerint az agyag 50% vizet tartalmaz, tehát diszperz agyagos  $\Phi_N$  neutron-porozitása:

$$\Phi_N = \Phi + 0,5 \cdot p,$$



ha  $\Phi$  az agyagos kőzet hasznos porozitása és  $p$  az agyag térfogataránya. A kőzetsűrűség-porozitás a gamma-gamma szelvényből

$$\Phi_D = \Phi + \frac{d_m - d_{sh}}{d_m - d_f} p.$$

Itt  $d_m$  a kőzet mátrix-,  $d_{sh}$  az agyag-,  $d_f$  a pórusfolyadék sűrűsége. Agyagcsíkokat tartalmazó összletre a szonikus porozitás

$$\Phi_S = \Phi + \frac{\Delta t_{sh} - \Delta t_m}{\Delta t_f - \Delta t_m},$$

ahol  $\Delta t_{sh}$ ,  $\Delta t_m$  és  $\Delta t_f$  a terjedési idő  $\mu s/m$ -ben mérve, az agyagban, a kőzetmátrixban, ill. a pórusfolyadékban. A terjedési idők különbségének hányadosa agyagcsíkos homokkövekben  $0,2 - 0,6$  közötti érték, diszperz agyagos kőzetben  $0,1 - 1,0$ .

A felsorolt összefüggések alapján  $\Phi_N$  és  $\Phi_D$  vagy  $\Phi_N$  és  $\Phi_S$ , vagy  $\Phi_S$  és  $\Phi_D$  szelvényekből meghatározható  $\Phi$  és  $p$  értéke.

Például  $\Phi_S$  és  $\Phi_D$  mérésből a vizsgált szintre felírható:

$$\Phi_S = \Phi + 0,6 p$$

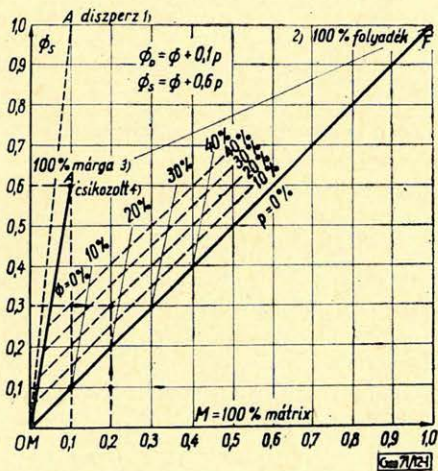
$$\Phi_D = \Phi + 0,1 p$$

Az egyenletrendszer megoldása

$$\Phi = \frac{\begin{vmatrix} \Phi_D 0,1 \\ \Phi_S 0,6 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 0,1 \\ 1 0,6 \end{vmatrix}}, \quad p = \frac{\begin{vmatrix} 1 \Phi_D \\ 1 \Phi_S \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 0,1 \\ 1 0,6 \end{vmatrix}}$$

A pórusokban az agyagfrakció által elfoglalt térrész (1. ábra):

$$q = \frac{p}{\Phi + p}$$



1. ábra. Szonikus-sűrűség háromszög-diagram

Фиг. 1. График зависимости акустических волн и плотности. 1 — рассеянные известняки; 2 — 100%-ное насыщение жидкостью; 3 — мергели; 4 — полосчат

Fig. 1. Ultraschall-Dichte-Dreiecks-Diagram. 1 dispers, 2 100% Flüssigkeit, 3 Mergel, 4 gestreift



Ehhez hasonló matematikai eljárással több szimultán egyenlet megoldása a formáció összetételét adja pl. szilíciumra, gipsz-, anhidrit-, dolomit-tartalomra és porozitásra [5].

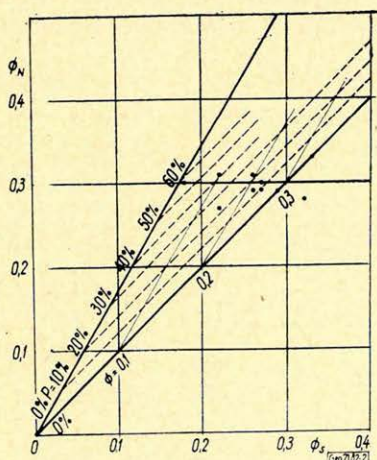
Ha a szonikus időkülönbségek hányadosa = 1, azaz  $\Delta t_{sh} \approx \Delta t_p$ , akkor

$$q = \frac{\Phi_S - \Phi_D}{\Phi_S}$$

Ha sor kerül a Nyírség tufás rétegeinek kutatására, gondolni kell azok porozitásának nagy változásaira is. A nevadai földalatti nukleáris kísérletek kapcsán vulkáni tufákban végzett vizsgálatok szerint lineáris összefüggés van az akusztikus futási idő és a porozitás között a Wyllie-egyenletnek megfelelően [6]. Nagyobb montmorillonit-tartalom csökkenti a mátrix-sebességet, ezáltal bonyolulttá teszi az agyagos homok olajtárolók akusztikus-porozitás meghatározását. A  $\Phi = a \cdot \Delta t - b$  összefüggés első közelítésként jól alkalmazható. Négy kútból vett kb. 60 db mintamérés porozitás-standard hibája  $\pm 3,82\%$ . Regressziós számítással  $r = 0,88$  korrelációs együtthatóval  $a = 2,455$  és  $b = 40,1$ .

Ez a mennyiség a formációk pórustere agyagtartalmának diagnosztikus analízisét teszi lehetővé egyrészt a mélység szerint, másrészt egy mező korrelálható tároló rétegeire izovonalas térképek szerkeszthetők. Ezt összevetve ugyanazon réteg térképével, az agyag és márga rétegek izoohm és izoradiációs térképeivel, a tároló horizontális változásai felderíthetők és földtanilag értelmezhetők további kútelepítési és termelési tervek készítése céljából.

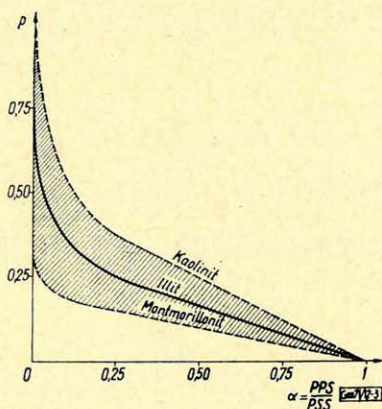
Az agyagtartalom az agyag minőségének ismeretében a sztatikus  $SP$  és a pszeudosztatikus  $SP$  hányadosából ugyancsak meghatározható, ha az iszap-filtrátum és a rétegvíz disszociált ionkoncentrációja membránpotenciál kialakulását lehetővé tette (2. ábra) (3. ábra).



2. ábra. Szonikus-neutron háromszögdiagram

Фиг. 2. График зависимости акустических волн и нейтронов

Fig. 2. Ultraschall-Neutron-Dreiecks-Diagram



3. ábra.  $p = f(\alpha)$  agyagfrakció összefüggés

Фиг. 3. Зависимость глинистых фракций  $p = f(\alpha)$

Fig. 3.  $p = f(\alpha)$  Tonfraktion-Zusammenhang



Nagyon fontos a termelőmérnök művelési tervének elkészítéséhez a szénhidrogén-tárolók átérésztőképesség-változásának leírása a kútszelvény mentén.

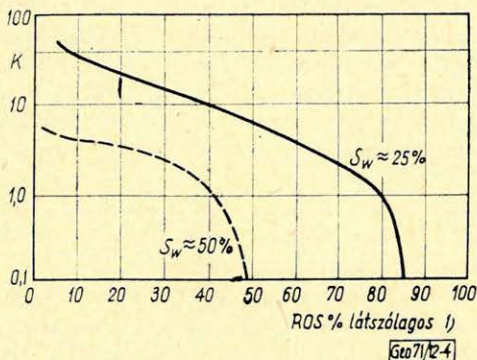
A permeabilitásról tud a mélyfúrású geofizika a legkevesebbet mondani, és azt is pontatlanul.

Felállítottak egy összefüggést, mely szertint egy  $\Phi$  porozitású homokkő permeabilitása

$$k = 2 \cdot 10^6 \Phi^{2m+1},$$

ahol  $m = 1,75$ , a cementációs kitevő.

Találtak szabályos kapcsolatot tapasztalati úton a kisépért zóna látszólagos maradék olajteltettsége és permeabilitása között is, az összefüggés paramétere az érintetlen réteg  $S_w$  vízteltettsége [7] (4. ábra).



4. ábra. ROS és K közötti korreláció

Фиг. 4. Корреляция остаточной насыщенности нефтью и величины K. 1 — кажю

Fig. 4. Korrelation zwischen ROS (residuelle Oilsättigung) und K (Permeabilität). 1 scheinbar

Érdeemes figyelmet szentelni, közel 1000 homok- és mészkő-fúrómagon végzett mérésből statisztikai alapon nyert összefüggésekre [8], melyek szerint a formációtényező és a porozitás között általánosíthatók az alábbi egyenletek.

Tiszta homokkövekre:

$$F = \frac{1,45}{\Phi^{1,54}},$$

agyagos homokkövekre:

$$F = \frac{1,65}{\Phi^{1,33}},$$

meszes homokkövekre:

$$F = \frac{1,45}{\Phi^{1,7}}$$

mészkövekre:

$$F = \frac{0,85}{\Phi^{2,14}} \quad \text{vagy} \quad F = \frac{1}{\Phi^{2,04}}.$$

A permeabilitás és formációtényező között homokkövekre a:

$$K = \frac{7 \cdot 10^8}{F^{4,50}},$$



mészkövekre a:

$$K = \frac{4,0 \cdot 10^8}{F^{3,65}}$$

összefüggést ajánlja 10 millidarcy felett a szerző azzal, hogy még további vizsgálat szükséges az összefüggés megerősítéséhez.

Pillanatnyilag a nukleáris mágneses rezonancia (*NMR*)-módszer látszik a legjobb permeabilitás-, kiséperhető olajszázalék- és porozitás-meghatározó eljárásnak [10]. A karottázs-értelmezési formulák (*Archie, Tixier, Hossin, De Witte, Doll, Simandoux, Barlai*) különféle idealizált kőzetmodelleken alapulnak. Újabban több fizikai és geofizikai dolgozatban A. Scheidegger alapvető monográfiájából indulnak ki, melyben a porózus kőzeteken keresztül történő folyadékáramlás fizikáját írta le [11]. A nukleáris-mágneses-karottázs kísérleti adatai alapján valószínűleg eldől, hogy sokféle kőzetmodell közül melyik közül melyik meg legjobban a valóságot.

A 155 magminta alapján felállított tapasztalati összefüggés a homokkő permeabilitására nukleáris mágneses rezonanciamérések alapján a következő [12]:

$$k = 0,136 \frac{\Phi^{4,4}}{(S_w)_{irr}^2},$$

ahol  $\Phi$  a térfogati porozitás százalék,  $(S_w)_{irr}$  a tapadóvíz a póruster százalékában kifejezve. Szénhidrogéntárolóra  $(S_w)_{irr} \approx S_w$ .

A *NMR*-módszerrel meghatározható szabad-folyadék-indexet *FFI*-vel jelölve, levezettek egy tapasztalati összefüggést, mely szerint:

$$(S_w)_{irr} = \left(1 - \frac{FFI}{\Phi}\right) \cdot 100$$

Mivel a kiséperhető folyadékkal kitöltött porozitás

$$\Phi_p = \left(1 - \frac{(S_w)_{irr}}{100}\right),$$

a homokkő permeabilitása, porozitása és a szabadfolyadék indexe között a

$$k = 0,125 \left[ \frac{\Phi^{4,4}}{10^4 \left(1 - \frac{FFI}{\Phi}\right)^2} \right]^{0,97}$$

összefüggés állítható fel, ahol 0,125 és 0,97 kísérletekből nyerhető állandók. A fúrómagok vizsgálatából regressziós eljárással az  $FFI = 1,0\Phi_p + 0,8$  összefüggést kapták  $r = 0,96$  regressziós együtthatóval, 2,1 standard hibával. Telített kőzetminták  $\Phi$  porozitása, redukálhatatlan víztelítettsége és permeabilitása *FFI*-mérésből kiszámítható [10]. Ilyen vizsgálatokhoz építhető olyan laboratóriumi műszer, mellyel egy fúrómag vizsgálata 5 percig tart, a három adat kiszámítása számítógéppel pár másodperc. A mélyfúrás geofizikai osztályok kőzetlaboratóriumaiban a *NMR*-kőzetmintavizsgálatok bevezethetők, a feltételek megvannak hozzá.



A tároló rétegek permeabilis anizotrópiájának vizsgálata, ami a termelő-mérnököt nagyon érdekelné, karottázs módszerekkel nehéz feladat. Vissza kellene nyúlni a tároló kőzetek agyagtartalom-eloszlásának vizsgálatához. Nagy neutron-hozamú és kis gamma aktivitású  $n$ -forrással szelvényezve, pl. Californium-252-vel, melynek hozama kb. 300-szor nagyobb a többi  $n$ -forrásénál, ( $4,4 \times 10^9$   $n/sec$ ), az  $Al-28$  izotóp aktivációs analízis-szelvényre felvehető 1,68 m szondahosszal, mely a természetes gamma szelvényhez hasonló agyagosodási szelvényt ad. A természetes gamma és  $Al^{28}$ -szelvény különbsége az aleurit és az agyag, illetve a  $K^{40}$ -tól és egyéb radioaktív elemektől eredő természetes-gamma intenzitás szétválasztására is lehetőséget nyújt. Az aktiválás és mérés közötti idő megfelelő megválasztásával más elemek mennyisége is meghatározható ( $Na-24$ ,  $Mg-56$ ).

Az agyagtartalom és a porozitás ismeretében szükséges még a víztelítettség meghatározása a szénhidrogén-tárolás kimutatásához. Agyagos homokkövekre a Simandoux-módszer szerint az

$$\frac{1}{R_t} = \frac{p}{R_c} + \frac{S_w^2}{FR_w}$$

összefüggés érvényes, ahol  $R_c$  a szaturációtól is függő állandó, illetve  $R_c = 0,4 R_{sh}$ -nak vehető, ha  $R_{sh}$  az ágyazó agyagréteg fajlagos ellenállása. Számos összehasonlító vizsgálat szerint jól használható az alábbi összefüggés

$$\frac{1}{R_t} = \frac{p \cdot S_w}{R_c} + \frac{S_w^2}{FR_w}$$

ahol  $R_c$  a diszperz-agyag fajlagos ellenállása [13]. Az egyenletből  $S_w$  kiszámítható. Fajlagos ellenállás és porozitás-adatokból sok más módszer és összefüggés ismeretes  $S_w$  meghatározására. Mindezekhez az értelmezési eljárásokhoz azonban szigorú technikai fegyelem alatt, hitelesített szondákkal és felszíni egységekkel végzett pontos kútszelvényezés és gondos kiértékelés szükséges.

Az  $S_w$  víztelítettség kiszámításához ismerni kell az  $F$  formációtényezőt is. Kiderült, hogy agyagos homokkövek formációtényezője függ a rétegnyomás és a réteg pórusaiban uralkodó folyadéknyomás különbségétől. Ha a fúrómagok porozitását (formációtényezőjét) atmoszférikus nyomáson határozzák meg, akkor pl. 9% (térfogat) agyagtartalom esetén, ha a kőzet porozitása atmoszférikus nyomáson 11%, akkor 276 atm. diff. nyomáson a formáció tényezője 1,18-szor, 24% agyagtartalom esetén 1,25-ször nagyobb. A differenciálnyomás  $P =$  réteg (geosztatikus) nyomás = 0,85. tároló nyomás. A szilárd mátrix a rétegnyomás egy részét kiegyensúlyozza [14].

Az előbbi módon meghatározott  $\Phi$  haszon-porozitás ismeretében indukciós- vagy laterolog-, valamint mikrolaterolog-szelvények birtokában meghatározható a kitermelhető olaj a pórusrét arányában kifejezve, ugyanis az érintetlen rétegre

$$\Phi \cdot S_w = \sqrt{\frac{R_w}{R_t}}$$

$$\text{a kiöblített zónára pedig } \Phi \cdot S_{x0} = \sqrt{\frac{R_{mf}}{R_{x0}}}$$



A valószínű termelőképesség indexe:  $\Phi(S_{x_0} - S_w)$ . Itt  $R_{mf}$  az iszapfiltrátum fajlagos ellenállása,  $S_{x_0}$  a kisépért zóna víztelítettsége.

A kisépért zóna szelvényezése sok esetben a szénhidrogén kitermelhetősé-  
géről ad felvilágosítást [15]. Az

$$S_{x_0} = \sqrt{\frac{FR_{mf}}{R_{x_0}}}$$

és az

$$S_w = \sqrt{\frac{FR_w}{R_t}}$$

összefüggések alapján képezhető a  $\Phi(S_{x_0} - S_w)$  mennyiség, mely a kisépért olaj térfogatarányát jelenti. Ezt felhordva a formációvíz ( $\Phi S_w$ ) térfogatarány-  
logaritmusára, az egyes rétegek szénhidrogén-kiséperhetősége azonnal lát-  
hatóvá válik. A potenciálisan produktív zónák kis víztelítettségükről és nagy  
olaj-kiséperhetőségükről felismerhetők. Ha a tároló réteg mentén a  $\Phi S_w$  mennyi-  
ség többé-kevésbé állandó, vagy a porozitás tükörképe, akkor valószínűleg  
tapadóvíz-szaturációs zónáról van szó. Ha a  $\Phi \cdot S_w$ -nek a mélységgel növekvő  
gradiense van, tehát az  $I$   $m$ -re eső növekedése lefelé mindig nagyobb, vagy a  
porozitással párhuzamosan változik, akkor ott már nemcsak tapadóvíz-szatu-  
rációs a zóna.

Második diagnosztikus adat: ha  $S_w/S_{x_0} \approx 1,0$ , a zóna vizes, vagy ipari olaj-  
termelés nem várható. Tapasztalat szerint olajtermelésre  $S_w/S_{x_0} < 0,75$  esetén  
alkalmas a tároló. Figyelemre méltó az ún. logaritmikusan „kitermelhető olaj-  
szelvény” felvétele. Három görbét vesznek fel logaritmikusan léptékben: az  $R_t$   
valódi fajlagos-ellenállást laterologgal, az  $R_{x_0}$  kisépért zóna fajlagos-ellenállását  
proximity- vagy mikrolaterologgal és az  $F$  formációtényezőt szonikus vagy  
sűrűség, vagy neutron-szelvényezéssel ( $F_S, F_D, F_R$ ). Ezt a három görbét víz-  
tároló tiszta homokrétégnél fedésbe hozzák a regisztrátumon.

Mivel az  $R_t$  görbe  $1/R_w$ -szerint változik, az  $R_{x_0}$ -görbe pedig  $1/R_{mf}$  szerint,  
így az  $R_t$  és  $R_{x_0}$  görbe elválása a kiséperhető szénhidrogén-arány indikációja.  
Az  $R_t$ - és  $F$ - görbe elválása permeabilis képződménynél szénhidrogén-szaturá-  
ciót jelent. Ennek az eljárásnak nagy előnye, hogy  $R_w$  és  $R_{mf}$  értékének válto-  
zása nem játszik nagy szerepet.

Szellemes eljárást ajánlanak vastag iszaplepleny esetére az  $R_{x_0}$  meghatáro-  
zására. Ugyanis ilyen esetben  $R_{x_0}$  meghatározása még mikrolaterologgal is  
hibás. Közös szondatestre szerelnék egy mikroszonda- és egy proximity-szel-  
vényező papucsot. A mikrogradiens- és mikropotenciál-görbe elválásánál a  
permeabilis zónák kijelölhetők, az effektív termelőrétegvastagság megállapí-  
tása, a homokszámlálás elvégezhető. Kaliber-szelvényt is fel kell venni, mint  
minden mikroméréshez, legjobban egyidejűleg. A proximity-szelvény ( $R_{PL}$ ) az  
iszapvastagságra korrigálandó, ha  $R_{PL}/R_{mc} > 10 \sim 20$ , egyébként  $R_{PL} = R_{x_0}$ .  
Itt  $R_{mc}$  az iszaplepleny fajlagos ellenállását jelenti.

Olaj- és gázszintek megkülönböztetését sikeresen oldották meg nagy  
GOV-os zónák kizárása céljából proximity-,  $\Phi_D$  és  $\Phi_N$  szelvényezéssel. A kisépért  
zóna szénhidrogén-szaturációja ismeretében még a tárolt szénhidrogén sűrűsége  
is megadható. A módszer azon alapul, hogy kis sűrűségű szénhidrogén, például  
gáz,  $\Phi_D$ -t és  $\Phi_N$ -et egymással ellentétes értelemben változtatja meg. A szén-  
hidrogén-sűrűség csökkenése a látszólagos neutron-porozitást csökkenti, a lát-



szólagos gamma-gamma porozitást növeli. Gázos zónáknál  $\Phi_D \gg \Phi_N$ . A  $(\Phi_D - \Phi_N)$  különbség a  $(\Phi \cdot S_{CH})$  szénhidrogén mennyiségtől függ, ahol  $S_{CH} = 1 - S_{x_0}$ . Az  $S_{x_0}$  az előbbieket szerint  $R_{x_0}$ -ból határozható meg.

A tárolt szénhidrogén sűrűsége görbeseregekből kiolvasható (5. ábra).

Miocén korú gázos homokok értelmezésénél [16] egyrészt azon az alapon dolgoztak ki eljárást, hogy az iszapos vagy más néven aleuritós és márgás (agyagos) homokkővek viszonylag nagyobb természetes gamma intenzitásúak (úgy mint az Alföldön), másrészt a gáztartalom nincs hatással a szonikus porozitásra, viszont tiszta homokok esetén a gamma-gamma porozitás gázos szinteknél nagyobb a magon mért értéknél, a neutron porozitás pedig kisebb.

A márga (agyag) tartalom meglehetősen megnöveli a szonikus és a neutron-porozitást a magon mért értékkel összehasonlítva. A szonikus-, a sűrűség- és a neutron-porozitásra felírható három egyenlet:  $\Phi_S = 0,00713 \Delta t - 0,396$ , ha  $\Delta t$ (mátrix) = 55,5  $\mu\text{sec}/30 \text{ cm}$  és  $\Delta t$ (folyadék) = 189  $\mu\text{sec}/30 \text{ cm}$ , a kompaktációs tényező:  $C_p = 1,05$  tapasztalati alapon miocén homokokra.  $\Phi_D = 1,606 - 0,606 \rho_t$ , ha  $\rho$  (matrix) = 2,65  $\text{g}/\text{cm}^3$   $\rho$ (folyadék) = 1,00  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Végül  $\Phi_N = \Phi_N(\text{mért}) - 0,052$ , ahol a 0,052-nek megfelelő korrekciós tényező tiszta víztároló homokoknál kísérleti úton határozható meg. A  $\Phi_e$  effektív-porozitás az előbbiekből a „szonikus-neutron módszer” szerint

$$\Phi_e = \Phi_D - \frac{\Phi_S - \Phi_N}{1,4}$$

Ha egy szintnél  $\Phi_D \geq \Phi_N$ , akkor tiszta homoknak veendő.

Ha  $\Phi_D < \Phi_N$ , akkor agyagos, márgás homokokról van szó. Tiszta homokra megfelelőnek bizonyult a „sűrűség-neutron módszer”, mely szerint:

$$\Phi_e = \frac{1,4 \Phi_D + \Phi_N}{2,4}$$

Produktív, ha

$$I = \frac{R_t}{R_0} \geq 3,0.$$

Agyagos homokra jó közelítéssel  $\Phi_e = \Phi_D$  adott. Produktív ha  $I \geq 2,0$ .

Víztároló tiszta és agyagos homokokra  $0,5 \leq I < 2,0$ .

Az  $R_0 = FR_w$  egyenlet alapján, ahol  $F = 0,62\Phi^{-2,15}$ ,  $\Phi$  bármelyik porozitás szelvényből vehető,  $R_w$  az  $SP$ -ből számítható,  $R_t$ -t laterolog vagy indukciós szelvényből lehet meghatározni.

A gázos homokokat az olaj- vagy víztárolóktól a kisépért zóna  $S_{g_{x_0}}$  gáz-szaturációja számértéke szerint lehet szétválasztani. A „szonikus-sűrűség-neutron módszer” szerint a maradék gáztelítettség a lyukfal közelében:

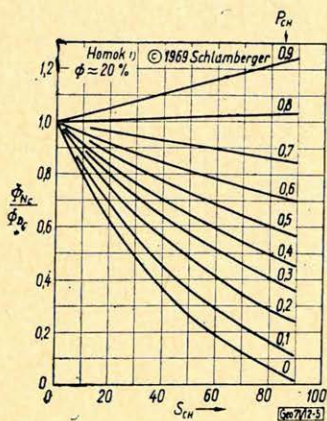
$$S_{g_{x_0}} = \frac{\Phi_S - \Phi_N}{0,7 \Phi_e},$$

ahol  $\Phi_e$  a fentiek szerint számítható.

Ha pl. a vizsgált homokra felvehető átlagban  $\Phi_e = 25\%$ , akkor, ha  $S_{g_{x_0}} \geq 15\%$ , úgy gázos a réteg, ha  $S_{g_{x_0}} < 15\%$ , akkor olaj- vagy víztároló.



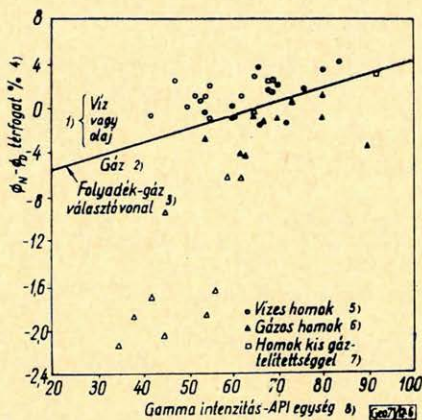
A „sűrűség-neutron-módszer”-rel a gáztároló homokok az olaj- vagy víztárolóktól azon az alapon különíthetők el, hogy a  $(\Phi_N - \Phi_D)$  különbség a gázszaturációt és az agyagtartalmat együtt tükrözi. A rétegek természetes gamma-intenzitására felhordva a vizsgált szintnek megfelelő  $(\Phi_N - \Phi_D)$  különbségértékeket, a kapott pontok között megtalálható az a legjobb elválasztó egyenes, amely felett folyadék- (olaj, víz) tárolók a zónák, alatta gáztárolók. A vonal közelébe eső szinteknél határozatlan az eset.



5. ábra. Neutron per sűrűség porozitás és szénhidrogén-telítettség összefüggés

Fig. 5. Зависимость отношения нейтронов к плотности, пористости от насыщенности углеводородами. 1 — пески

Fig. 5. Neutron/Dichte-Porosität und Kohlenwasserstoff-Sättigung. 1 Sand



6. ábra. Természetes gamma-intenzitás és neutron-sűrűség porozitás összefüggése

Fig. 6. Зависимость интенсивности естественного гамма-излучения от плотности нейтронов и пористости. 1 — вода или нефть; 2 — газ; 3 — контакт жидкости с газом; 4 — объем %; 5 — водоносные пески; 6 — газоносные пески; 7 — пески с незначительным насыщением газом; 8 — интенсивность гамма-излучения — единицы API

Fig. 6. Zusammenhang zwischen natürlicher Gamma-Intensität und Neutron-Dichte-Porosität. 1 Wasser oder Öl, 2 Gas, 3 Scheidelinie Flüssigkeit-Gas, 4 Rauminhalt %, 5 wässriger Sand, 6 gashaltiger Sand, 7 Sand mit geringer Gassättigung, 8 Gamma-Intensität in API-Einheiten

Megbízhatóbb módszer a gáztároló homokok kimutatására a három porozitás-szelvény valamelyikének és a fajlagos-ellenállás indexének ( $I$ ) összevetése. Bármilyen eredmény is adódik azonban a porozitás szelvényből, ha  $0,5 < I < 2,0$ , a homok csak víztároló lehet (6. ábra).

Víz-szaturáció meghatározására a Tixier-féle

$$S_w = \frac{[F_z R_w / R_t] + q^2(4 - q)^2}{1 - q}$$



bonyolult összefüggés helyett miocén korú üledékek esetén a közismert Archie-féle szaturációs formulából lehet kiindulni [16], mely szerint

$$S_w = \left( \frac{FR_w}{R_t} \right)^{1/n}$$

ahol  $F = 1,43 \cdot \Phi_e^{-1,60}$  maganalízis alapján, vagy  
 $\Phi_e$  = az előbbi sűrűség-neutron módszerrel kapható,  
 $R_t$  = laterologból,  
 $n = 1,67$ , maganalízisből  $R_0$  és  $R_w$  a közismert eljárásokkal meghatározható.

Az agyagfrakció meghatározása a természetes gamma-görbe alapján jobbnak bizonyult, mint a Tixier-féle eljárással. A

$$q = \frac{\Phi_S - \Phi_e}{\Phi_S}$$

agyagtartalom különösen gázos homokok esetén nem volt korrelálható a természetes gamma-intenzitással. Nem adott jobb korrelációt a  $q = \frac{\Phi_N - \Phi_D}{\Phi_N}$

és a  $q = \frac{\Phi_S - \Phi_D}{\Phi_S}$  érték sem. Jobb korrelációt adott a természetes gamma-intenzitással tiszta homokokra, vagyis ha  $(\Phi_D \geq \Phi_N)$ , a

$$\Phi_e = \frac{1,4 \Phi_D + \Phi_N}{2,4}$$

effektív porozitás; agyagos homokokra pedig, ha  $(\Phi_D < \Phi_N)$ , a  $\Phi_e = \Phi_D$  effektív porozitás érték. Ezekből tehát az agyag-frakció értéke:

$$q = \frac{\Phi_S - \Phi_e}{\Phi_S},$$

ha nem gáztároló a homokkő.

Jelentek meg újabb közlemények [17] fűrés alatt gázdetektorral végzett folyamatos izzapgáz-analízisről, valamint gázkromatográfiás eljárásról is. Alkalmazhatnák nálunk is.

További új karottázs módszer a termelés szolgálatában az ismételt hőmérsékletszelvényezés a besajtolási zóna pontos meghatározása céljából [18], továbbá a túlnyomásos agyag- és márgarétegek kutatása, melyeknél anomálian nagy geotermikus gradiens mérhető. A túlnyomásos zóna ugyanis nem eléggé tömörödött, ezért nagyobb tömegű formációvizet tárol. A formációvíz háromszor jobb hőszigetelő a kőzetmatrixnál, tehát a túlnyomásos zóna nagy hőmennyiség-tároló és a hővezető képessége is kisebb a normális nyomású rétegek-nél. A mező izogradiens térképén kijelölhetők a túlnyomásos zónák [19]. Lehet, hogy nem a hivatkozott közleményben említett rossz kompaktció, hanem a rossz hővezetés folytán beállt magasabb hőfok a túlnyomás oka, és éppen a pórusokban uralkodó túlnyomás akadályozta meg a teljes kompaktciót.



Figyelemre méltó az a megfigyelés is, amely szerint rendellenesen nagy nyomású összletben a márgák látszólagos formációtényezője is rendellenes, mivel ilyen helyeken a formációvíz fajlagos ellenállása ugyancsak anomális.

Pirittartalmú rétegek vezérréteggént kimutathatók differenciál-*SP*-szelvényezéssel, ha oxidáló agyagos iszappal kezelik a réteget. Kidolgozták szigetelő iszappan az *SP*-szelvényezés technikáját speciális sonda segítségével [22].

A tároló termeltetése alatt tömörödést, vagy a besajtolás miatt történő zóna-kitágulást a szomszédos béléseső-karmantyúk közötti távolság regisztrálásával vagy két belőtt radioaktív nyomjelző helyzetének mérésével lehet ellenőrizni. Ez utóbbi független a béléseső-deformációtól [20]. Újabban sokat várnak a neutron-élettartam-szelvényezéstől fázisok és fázishatárok béléseső mögötti kimutatása érdekében. Lehetőség van termelő vagy megfigyelő kutakban a víz előnyomulásának és a szénhidrogén kimerülésének ellenőrzésére egy kút vagy egy olajmező egész termeltetési ideje alatt [21].

Rheométer-szelvényezéssel főleg a beáramlási és besajtolási műveletek ellenőrizhetők. Torziósszálás, elektrodinamikus áramlásmérőkkel hazai kísérletek már történtek vízfúrásokban.

*Összefoglalva:* Minden feltétel adott ahhoz, hogy viszonylag rövid idő alatt ki lehessen fejleszteni a laterolog-szelvényezést és a fajlagos-ellenállásmérő mikroszondákat, valamint a természetes-gamma, a sűrűség- és neutron-szelvényező szondákat úgy, hogy azok hitelesíthetők, és a velük felvett szelvények az ismertetett analitikus módszerekkel értelmezhetők legyenek.

Mindez azonban csak számítógépes feldolgozással és kőzetlaboratóriumi összehasonlító és ellenőrző fúrómagmérésekkel együtt végezhető [23].

#### IRODALOM

- [1] *Desbrandes, R.*: Théorie et interprétation des diagraphies. 1968. Technip. Paris. p. 520.
- [2] *The Log Analyst. Vol. XI. No. 2. 1970.*: Journal of Petr. Techn. July, 1970. p. 867.
- [3] *The Log Analyst. Vol. XI. No. 3. 1970.*: p. 35.
- [4] *Desbrandes, R.*: Théorie et interprétation des diagraphies. 1968. Technip. Paris. p. 306.
- [5] *Roper, W. A. et al.*: Journal of Petr. Techn. July, 1969. p. 827.
- [6] *Carroll, R. D.*: Journal of Petr. Techn. 1968. December p. 1371.
- [7] *Desbrandes, R.*: Théorie et interprétation des diagraphies. 1968. Technip. Paris p. 286.
- [8] *Carothers, J. E.*: The Log Analyst. Vol IX. No. 5. p. 13.
- [9] *Desbrandes, R.*: Théorie et interprétation des diagraphies. 1968. Technip. Paris. p. 298 – 299.
- [10] *Timur, A.*: Journal of Petr. Techn. June. 1969. p. 775.
- [11] *Scheidegger, A. E.*: The Physics of Flow through Porous Media. Toronto. 1960.
- [12] *Timur, A.*: The Log Analyst. Vol. IX. No. 4. p. 8.
- [13] *Bardon, C. et al.*: The Log Analyst. Vol. X. No. 1. p. 23.
- [14] *Khelil, Ch.*: The Log. Analyst. Vol. X. No. 5. p. 3.
- [15] *Rayner, L. L. et al.*: The Log. Analyst. Vol. XI. No. 3. p. 17.
- [16] *Glanville, C. R.*: The Log. Analyst. Vol. XI. No. 4. p. 3.
- [17] *Piater, B. O.*: Journal of Petr. Techn. June, 1969. p. 665.
- [18] *Cocanower, R. D. et al.*: Journal of Petr. Techn. August. 1969. p. 933.
- [19] *Lewis, C. R. et al.*: Journal of Petr. Techn. January, 1970. p. 11.
- [20] *The Log. Analyst. Vol. XI. No. 2. 1970.*: p. 50.
- [21] *Fons, L.*: Journ. of Petr. Techn. April, 1970. p. 424.
- [22] *Osoba, J. S. et al.*: The Log. Analyst. Vol. XI. No. 3. p. 3.
- [23] *Pickett, G. R.*: The Log. Analyst. Vol. X. No. 3. p. 22.



# Kútgeofizikai vizsgálatok helyzete és fejlesztésének iránya a termelő mérnök szemével nézve

A MGE Alföldi Csoportja 1970. dec. 18-án tartott előadójelentésén  
elhangzott előadás (Szerk.)

F E R E N C Z Y I M R E

*A dolgozat összefoglalja a szénhidrogén-telepek termelésbe állítását megelőző, illetve a termelés folyamatait kísérő adatgyűjtő és tervező munkákat.*

*Megadja azokat a munkafázisokat, melyekben a geofizikai vizsgálatok már ma bekapcsolódhatnak, illetve ahol bekapcsolódásuk a jövőben szükséges volna.*

*Рассматриваются вопросы о работах по сбору данных и по проектированию, проводящихся при подготовке нефтяных и газовых месторождений к разработке, а также в процессе самой разработки. Анализируются этапы работы, в которые уже в настоящее время могут включаться геофизические исследования и в которые их будет необходимо включить в будущем.*

*Es werden die Datensammlungs- und Plan- Arbeiten zusammengefasst, die der Einschaltung der Kohlenwasserstoff-flöze in die Produktion vorangehen bzw. den Produktionsvorgang begleiten.*

*Alle die Arbeitsphasen werden angegeben, wobei die geophysikalischen Untersuchungen schon heute Anwendung finden können oder wo ihre Einschaltung in der Zukunft als notwendig erscheint.*

Az olaj- és gáztelep termelésének hosszú, általában több évtizedes folyamata tulajdonképpen már az első kút lemélyítésével megkezdődik. Az első kút az első ismeretek forrása, amely a további fúrásokkal folyamatosan bővül, és a termelés tervezéséhez, majd a művelés irányításához nélkülözhetetlen, és később már be sem szerezhető adatokat szolgáltatja. Ezek között időben mindig első, és a hosszú művelési idő egyes szakaszaiban legfontosabb a kútgeofizikai mérések eredménye.

Számunkra a szerkezeten fúrt első, szénhidrogén termelést eredményező fúrás adja meg a jelet arra, hogy olaj- vagy gáztermelésre kell felkészülni. Eddig az időpontig a szerkezeten már több fúrás is lemélyülhet. Ettől a pillanattól kezdve ezeknek a nyilvánvalóan meddő, vagy víztermelést adó kutaknak a jelentősége megnő, és minden további kút fontos lesz a tároló részletes megismerése szempontjából.

A megismerés első szakasza addig tart, amíg tisztázza azt a kérdést, hogy a földtani szerkezetben hol, hány darab és milyen szénhidrogént (vagy  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  gázt) tartalmazó tároló van. A megismerés második szakaszában meg kell ismerni a kőolaj- vagy földgáztelepek határait, a határokon belül levő szénhidrogén mennyiségét és minőségét, majd pedig vizsgálni kell a tárolót, a szénhidrogén teleppel összefüggő víztároló méreteit, tulajdonságait.

Az első szakaszban az első pontos adatokat a kútgeofizikai mérések szolgáltatják, amelyekről a tárolók elhatárolásán kívül minél részletesebb adatokat várunk a kőzet fizikai paramétereinek és folyadéktartalmának meghatározására. Ezeket az adatokat magfúrások anyagának vizsgálata, pontos kútáram összetétel vizsgálat, és a kutak termelő kapacitásának meghatározása egészíti ki.



Ezek a vizsgálatok gáztermelő kutaknál a műszakilag megvalósítható legnagyobb megcsapolás mértékének meghatározására is kiterjednek. Olajtelepet megnyitó kutaknál néhány hetes (esetleg 1–2 hónapos) kísérleti termelést végzünk, amelynek célja hidrodinamikai vizsgálatok végzése, a kút körzetében levő tárolókőzet áteresztő képességének számítása, és a kút tartós termelő kapacitásának megállapítása.

Az így nyert adatokat használjuk fel majd az első termelő kutak helyének kijelölésére, a rétegenyitás helyének és mértékének meghatározására, és a maximálisan megengedhető kútmegecsapolás meghatározására.

A kutató fúrások számának növekedése egyre közelebb visz a széndirogén telepek határainak megismeréséhez. Ebben az időszakban a geofizikai mérésektől ugyanazokat az eredményeket várjuk, és egyéb vizsgálati igényeink is változatlanok. A hidrodinamikai vizsgálatok kiegészülhetnek kútinterferencia mérésekkel, és a fázishatárok helyének meghatározására vonatkozó hidrodinamikai vizsgálatokkal.

A tárolók megismerésének szakaszában legfőbb feladatunk a várható tárolórezsim megállapítása. Ezért az egyes olajtelepekben, vagy azok egy részén, a telep készletéhez viszonyítva jelentős ütemű termelést kell végezni, szükség esetén erre a célra fúrt kutak segítségével. A vizsgálatoknak ki kell terjedniük az olajtelep esetleges gázsapkájára, és a víztest minél nagyobb, vizsgálható részére. Ebben az időszakban döntő segítséget jelentene a kútgeofizikai szelvények részletes elemzése a szerkezet minden tárolójának gázos, olajos és vizes szakaszában. Az elemzésnek a porozitás, víztelítettség és áteresztőképesség értékét kellene meghatározni, 0,5 m-nél nem nagyobb vastagságú rétegszakaszonként.

Amikor a szénhidrogén-tároló komplex vizsgálatai az olaj- vagy gáztelep határait megközelítően megállapították, a vizsgálatokról a hangsúly fokozatosan a tervezésre helyeződik át, és célja a felkutatott szénhidrogén készlet mielőbbi, jó hatásfokú kitermelésének előkészítése előnyös gazdasági feltételek biztosítása mellett.

A termelés tervezésének egysége ezért nem a szénhidrogén telep, hanem a mező, amely a szerkezeten talált szénhidrogén telepek felszíni vetületével egyező terület. Ezen helyezkednek majd el a termelés biztosításához szükséges objektumok, a termelő, besajtoló és megfigyelő kutaktól kezdve a termékek elszállításához szükséges berendezésekig.

Az első feladat ezért annak eldöntése, hogy a mező szénhidrogén telepeit milyen sorrendben, milyen művelési technológia alkalmazásával lehet termelésbe állítani, milyen ütemű termelés várható, a műszakilag lehetséges megoldások közül gazdaságilag melyik előnyösebb, és a megvalósítás milyen anyagi eszközöket kíván. A feladat megoldása egyszerűbb akkor, ha a szerkezeten csak olaj, vagy csak gáztelepek találhatóak, és legegyszerűbb abban az esetben, ha csupán egyetlen kőolaj-, vagy földgáz telepet sikerült felfedezni.

Ezt a tervet természetesen telepenkénti vizsgálatokból építjük fel, ami a lehetőségek rendkívül nagy számú változatát jelenti. Olajtelepeknél a művelést a természetes rétegenergia érvényesülésének esetével kezdjük vizsgálni, ami lehet kimerülés, a gázsapka vagy a rétegvíz kiterjedésének eredménye, vagy ezek valamilyen kombinációja. Ezen belül speciális művelési technológiák alkalmazására is sor kerülhet például a természetes víz kiszorítás serkentésére a rétegenyomás csökkentésével, a gáz-olaj határ mozdulatlanul tartása mellett.



Mindezekhez különböző kútelhelyezési rendszerek lehetségesek, különböző kúttávolságokkal, rétegnytási helyekkel és kútmegcsapolási ütemekkel.

Ezenkívül meg kell vizsgálni vízelárasztás alkalmazását akkor, ha ezzel az ipari készlet növekedése várható. A vízbesajtolás lehetőségét vizsgálni kell a víz-olaj határon, a gáz-olaj határon, vagy mindkét oldalon egyidőben alkalmazva, az olajos zóna „feldarabolásával” vagy anélkül, esetleg a területen egyenletesen elosztott vízbemajtoló és termelő kutakkal, a kezdeti rétegnyomáson, vagy annál alacsonyabb nyomás mellett. Mindegyik művelési változaton belül meg kell vizsgálni az előzőekhez hasonlóan a kutak helyének, egymás közötti távolságának, és a többi tényezőnek a lehetséges változatait.

Gáztelepek művelési lehetőségeinek vizsgálatánál döntő a teleprezsim felismerése, ennek megfelelően kell a kutak elhelyezésének és a többi felsorolt tényezőnek lehetséges változatait vizsgálni. A másik döntő tényező a gáztelep szénhidrogén rendszerének viselkedése; a rétegnyomás csökkenése következtében a telepben lejátszódó kondenzáció-vaporizáció folyamatának leírása. Ezek ismeretében a termelési ütem különböző változatait kell vizsgálni, amelyek a leművelés különböző időtartama mellett különböző ipari gáz- és kondenzátum készletet is eredményeznek.

Végül utalni kell arra, hogy a telepek természeti adottságait ismerve, van-e lehetőség a vízelárasztásnál jobb hatásfokú leművelési technológia alkalmazására, a gázcsapadék telepeknél pedig a kondenzátum veszteség csökkentésére.

Könnyen belátható, hogy az egyes telepekre vonatkozó döntések nem születhetnek meg egymástól elvonatkoztatva, sem műszaki, sem gazdasági indokok alapján. Ezért például az algyői szerkezeten sok olaj- és gáztelep művelési technológiájának kiválasztása és a leművelés sorrendjének meghatározása igen sok lehetséges megoldás figyelembevételével történik még akkor is, ha azok közül műszaki vagy gazdasági szempontok alapján a választásból többet ki lehetett zárni. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy az Ásotthalom mező művelési lehetőségeinek vizsgálata jóval egyszerűbb feladat, mert a szerkezeten csak egyetlen olajtelep található.

A végleges döntéseket ezenkívül számtalan tényező befolyásolja még; az ország energia helyzetétől, gazdasági lehetőségeitől egészen a nemzetközi helyzetig. Ezeknek a hatása a termelés megkívánt ütemében, a termelésbe állítás gyorsaságában, vagy a felhasználható eszközök nagyságában mutatkozik.

A művelés alapelveinek és fő feladatainak meghatározásától függően — és logikusan csak ezt követően — kerül sor a termelés eszközeinek a tervezésére, majd építésére. Ezek műszaki tartalmát, az építés sorrendjét és időpontját a kiválasztott művelési technológia határozza meg. Így például az olajtermelés közvetlen berendezésein kívül a vízbesajtolás eszközeit kell először megépíteni akkor, ha a kezdeti rétegnyomás fenntartását tervezzük vízvisszanyomással, de kompresszortelepet kell építeni akkor, ha a termelés döntő mértékben a gáz-sapka expanziójának hatása alatt történik.

A döntések legnagyobb része olyan jellegű, hogy később jelentős költség-többlet nélkül nem változtatható meg. Így például nem lehet az algyői mező bázistelepeire lefűrt termelő kutakon keresztül természetes rétegenergia hatására kitermelni az ipari olajkészletet, mert azokat kétoldali vízelárasztás alkalmazásának megfelelően helyeztük el.



Ahhoz például, hogy a gázsapka expanzióval várható kihazatalt elérjük, még egy termelő kútsort kellene lefúrni, a víz-olaj határ közelében. Ezenkívül sok példával lehetne még rámutatni arra, hogy a szénhidrogén tárolók megismerésének első szakaszában, amikor még aránylag kevés számú adattal rendelkezünk a termelés döntő kérdéseiben kell állást foglalnunk. Ezért van szükségünk minél több megbízható adatra, köztük a kútgeofizikai mérések eredményeire.

A kőolaj- vagy földgázmező termelő kútjainak lemélyítésével, és a termelő berendezések előre meghatározott sorrend szerinti építésével párhuzamosan emelkedik a termelés mennyisége, eléri a tervezett szintet. Az eddigi általános gyakorlat alapján úgy tűnik, hogy a rendszeres kútgeofizikai mérések időszaka befejeződött, mert a geofizikai méréseknek a termelés idején már nincs jelentős szerepük. A mérőeszközök fejlesztése azonban lehetővé tette azt, hogy a korszerű művelési technológiai eljárások ellenőrzéséhez és irányításához mind nagyobb számban alkalmazzuk a fejlett geofizikai mérési módszereket. Ezeknek az alkalmazása minden esetben attól a kizsoritási mechanizmustól függ, amely a szénhidrogént a kőzet porusaiból, vagy repedéseiből eltávolítja.

Ezeket a lehetőségeket és igényeket munkaterületemen, a Nagyalföldi Kőolaj- és Földgáztermelő Vállalat olaj- és gázmezőin tudom összefoglalni.

A feladatok egyszerűbbnek látszanak a földgáztelepek művelésének ellenőrzésénél. Hidrodinamikai szempontból zártnak tekinthető gáztelep esetében – ahol a telep határán rétegvíz nem lép be – a művelés ellenőrzéséhez geofizikai módszerek nem alkalmazhatók. Ilyen fajta gáztelep a Nagyalföldön az egyetlen fedémesi kis mező kivételével azonban nincs.

Földgáztelepeink általában részleges víznyomással rendelkeznek, ahol a gáz egy részét víz szorítja ki a pórusokból, más részét a – pórusrésztér 18–25%-ában – pedig bezárja és a kitermelését megakadályozza. Gáztelepeink nagy részénél a termelés befejezését tehát nem a telep kimerülése, hanem elvizesedése jelenti. Ezeket a telepeket tartalmazó kőzetek általában heterogének, és több, különböző vastagságú és áteresztő képességű rétegszakaszból vannak felépítve. A pannóniai és miocén korú tároló kőzeteinkre általában még az is jellemző, hogy a felső rétegszakaszok nagyobb áteresztő képességűek. Ennek az a következménye, hogy a víz nem egyenletesen halad a termelő kutak felé, hanem előretör, nyelveket alkot. A termelő kútban megnyitott rétegek nem egy időben kezdenek vizesedni, a jó áteresztő képességű rétegszakaszokban a víz jóval megelőzi a többiét. A folyamat szabályozása a gáztelep termelésének létérdeke. A szabályozás pedig csak úgy lehetséges, ha a víz mozgását időben, a termelő kutak elérése előtt ellenőrizni tudjuk. Erre a célra gázmezőinkben, amelyek általában egynél több gáztelepet tartalmaznak, a radioaktív szelvényezések alkalmazhatók. A méréseket más telepeken megnyitott kutak béléscsovezett, és meg nem nyitott szakaszában lehet elvégezni. Ezeknek a méréseknek a maradék gáztelítettséget figyelembe véve, gáztelítettség (vagy víztelítettség) szelvényt kellene mutatni. Ilyen méréseket a hajdúszoboszlói tatárülés – kunmadarasi, majd később az algyői mezőben szükséges elvégezni.

Gáztelepeink másik csoportja viszonylag homogén tároló kőzetben, talp vízzel érintkezik. Ilyenek a Békés megyei gázelfordulásaink és mások, ahol egyes esetekben a víz-gáz határ emelkedését kell hasonló módon és hasonló körülmények között ellenőrizni.



A kőolajtelepek művelése során, a kimerüléssel rezsimmel termelő telepeknél, a gáztelepekhez hasonlóan, ugyancsak nincs lehetőség kútgeofizikai mérések végzésére. Minden más esetben, amikor az olajat a porusokban valamilyen kiszorító közeg helyettesíti, a kútgeofizikai mérés lehet az ellenőrzés és irányítás legfontosabb eszköze abban az időszakban, amikor az olajat vagy gázt kiszorító víz, vagy más közeg a termelő kútban még nem jelenik meg.

Ha az olajtelep leművelése a gázsapka expanziójának hatására történik, időszakonként szükséges a termelés miatt szabálytalanul előre haladó gáz-olaj határ helyének ellenőrzése. Erre a célra vagy a termelő kutaknak a perforáció fölötti, bélésű szakszakasza, vagy más telepre lefűrt kutak bélésű szakszakasza használható. Ilyen mérési igények főként az algyői mező nagy gázsapkás, és vízelárasztás nélkül termelő olajtelepeinél merülnek fel. A méréseket más telepekre fűrt kutak bélésű szakszakaszaiban lehet elvégezni.

A művelés egyik speciális esete a mozdulatlan gáz-olaj határ biztosítása mellett a rétegvízzel történő olajkiszorítás. Ezt úgy érjük el, hogy a gázsapka megcsapolásával csökkentjük a rétegnyomást. Az ellenőrző mérések igénye és lehetősége az előzővel teljesen azonos, alkalmazására Algyő mező egyik olajtelepeinél kerül sor, de lényegében azonos helyzet alakulhat ki Szank, Pusztaföldvár, Békés szinti, Pusztaszöllös és Battonya mezők olajtelepeinél. Itt nagyon fontos a művelés pontos végrehajtása és annak ellenőrzése, mert hibás irányítás esetén az aktív víz az olaj egyik részét leszorítja a gázsapka tároló kőzetébe, amelynek egy részét már nem lehet kitermelni.

A vízzel történő olajkiszorítás a jelenleg alkalmazható leghatékonyabb műveléstechnológiai módszer. Ez a víz lehet talpi vagy peremi rétegvíz, vagy a felszínről besajtolt víz, általában alacsony NaCl tartalommal. Valamilyen mértékű vízbeáramlás jóformán minden olajtelepünkönél előfordul. Mindegyik esetben, az eddigiekhez hasonlóan bélésű szakszakaszzal, de meg nem nyitott kutakban kellene a víztelítettség növekedését az olajban kimutatni.

Mivel az olajtelepeink is általában heterogén, rétegzett tárolóban helyezkednek el, a víztelítettség növekedés kimutatását rétegszakaszonként kellene elvégezni. Ennek a feladatnak a megoldása az olajtelepek műveléséhez a legjelentősebb segítséget adná, de hazai viszonyok között ilyen adatok szerzésére jelenleg még nincs lehetőség.

A vízelárasztásnak egy különleges esete az, amit az algyői mezőben kezdtünk alkalmazni: vízbesajtolás a gáz-olaj határon. Ebben az esetben a benyomott víz rétegtetőtől a réteg talpáig gázzal telített kőzetbe kerül, amelyet teljes vastagságában ki kell tölteni. Ez a folyamat az országban alkalmazva még nem volt, ezért a benyomott víz mozgását rendszeresen ellenőrizni kell. Eldöntetlen kérdés ugyanis, hogy a víz a gravitációs erő hatására a réteg talpán szétterül-e, és csak olajat szorít ki, vagy például a nagyobb áteresztő képességű rétegszakaszokban halad előre, a rétegtető közelében. Ellenőrző méréseket ugyan csak bélésű szakszakaszzal, nem megnyitott kutakban lehet végezni. A feladat jelenleg csak részben látszik megoldottnak, ha pedig a víz az olajtestet is eléri, további követését az alkalmazott mérési eljárásokkal lehetetlennek mondják.

Néhány esetben a Nagyalföld olajmezőin is alkalmazunk speciális műveléstechnológiai eljárásokat: így például Pusztaföldvár mező Földvár-Alsó szintben magas CO<sub>2</sub> tartalmú, Békés szinti gáz visszanyomását, Demjén-Nyugaton pedig földalatti elégetéses olajtermelési kísérletet. Kísérlet alatt áll még különböző baktériumtörzsek alkalmazása is az olajkiszorítás növelése érdekében.



Ezek közül a műveletek közül kútgeofizikai méréseket legfeljebb a magas CO<sub>2</sub> tartalmú gázbesajtolás folyamatának ellenőrzésére képzelek el. Ehhez azonban nincs elegendő számú, ellenőrzésre alkalmas kút.

A felsorolt mérések és vizsgálatok a művelés első szakaszában szükségességek. Ez alatt azt az időt értjük, ameddig az olajat vagy gázt kiszorító víz vagy más közeg a termelő kútban meg nem jelenik. Ennek az időtartama a telep nagyságától és művelési technológiától függően néhány évtől akár évtizedig is tarthat. A mi olaj- és gázmezőink méretei azonban olyanok, hogy ez a szakasz csak néhány évig tart. Mivel a termelést az egyes telepeknél különböző időpontokban kezdtük meg, ezek a munkák nyilvánvalóan nem egy időben kerülnek sorra, hanem megfelelően eloszlanak. A mérések számát az igényeken kívül a lehetőségek is szabályozzák, hiszen általában kútmunkálatl járnak együtt, számukat tehát korlátozza a kútjavító berendezések kapacitása. Nagy segítséget jelentene a termelőcsőben végzett mérések eszközeinek kifejlesztése.

Az olaj- és gáztelepek művelésének abban a szakaszában, amikor a termelő kútban már megjelent a kiszorító közeg — víz vagy gáz —, a kútgeofizikai vizsgálatoknak egy újabb módszere válik szükségessé. Ez tulajdonképpen nem konkrétan geofizikai mérés, hanem inkább a hozamvizsgálatok csoportjába tartozik. Ebben az időszakban szükségessé válik a termelő kutakban beáramlási profilok vizsgálata. Ennek segítségével meg kellene tudnunk azt, hogy a tároló melyik rétegszakaszában jelent meg a kiszorító közeg, azt ideiglenesen ki kellene zárni, hogy a vizet vagy gázt azokba a kőzetszakaszokba irányítsuk, ahonnan az olajat még nem szorították ki. Ehhez tartozik a víz- vagy gázvisszanyomás esetén a besajtoló kutakban elnyelési profilok felvétele is. Ennek a két adatnak a birtokában tudnánk úgy szabályozni a termelési folyamatot, hogy a tároló kőzet minél nagyobb térfogatából távolítsa el jó hatásokkal az olajat vagy földgázt. Ezek a mérőeszközök általában kábellel engedhetők le, és a különböző típusok különböző módon érik a réteg egyes szakaszaiból beáramló folyadék vagy gáz mennyiségét. Ilyen eszközeink jelenleg nincsenek, sürgősen szükség lenne azonban ezek beszerzésére. A termelésnek ez a második szakasza általában hosszú ideig eltart, ezért ezek a mérések többéves perspektívával rendelkeznek.

Áttekintve megegyezően a termelési folyamatot, és ennek során az adatszerezés, vagy a termelés ellenőrzése érdekében szükséges kútgeofizikai méréseket, úgy foglalhatjuk össze, hogy a termelésnek abban az időszakában, amikor a hangsúly a megismerésen és a tervezésen van, a geofizikai méréseket beléscsővezetlen kútban a tároló kőzetfizikai tulajdonságai és a benne található folyadék minőségének a megállapítása érdekében végezzük. A termelésnek abban a szakaszában, amikor az olaj vagy gáz kiszorítási folyamat ellenőrzéséhez és irányításához van szükségünk geofizikai mérésekre, akkor általában beléscsővezetett kútban kellene méréseket végezni, melyek célja főképpen az, hogy a kőzet telítettségének változását regisztrálják megfelelő részletességgel és érzékenységgel. A termelés utolsó fázisában pedig főképpen hozamvizsgálatokra van szükség. A hozamvizsgálat alatt a réteg részletes, legalább méretenkénti vizsgálatát értjük.

Minden időszakban fontos számunkra az, hogy a szénhidrogén mező területén lefúrt kút műszakilag tökéletes állapotban legyen, és az átfúrt rétegeket egymástól teljes mértékben elzárja. Ha ugyanis valamilyen műszaki hiba (beléscső sérülés) következne az olaj- vagy főként a gáztelep felsőbb,



alacsonyabb nyomású rétegekkel kerül kapcsolatba, azonnal megindul a gáz, esetleg olaj áttermelődése az érintett vizes rétegbe. Ez a folyamat azonkívül, hogy nagy szénhidrogén-vagyon veszteséggel jár, nehezen belátható következményű műszaki balesetek forrása is lehet. Ilyen átfejtődött gázunk a pusztaföldvári és szanki mezőben jelenleg is ismert. A kutak műszaki állapotának ellenőrzésére alkalmasnak látszik a cementlog mérések bevezetése és rendszeres alkalmazása. Külön hangsúlyt kap ez a mérés az algyői mezőben akkor, amikor egymás fölött elhelyezkedő 3–4 bázistelep egyidőben van termelésbe állítva. Míg egyes kutakban egyik rétegbe vizet sajtolunk be viszonylag magas talpnyomással, addig a szomszédos rétegből ugyanabban a kútban olajat termelünk valamilyen nyomáscsökkenés mellett. Ennek következtében könnyen megtörténhet a cementpalást felszakadása a telepeket elválasztó, néhány méteres márgarétegek előtt, és eljuthatunk oda, hogy a víz nem a tervezett helyre, hanem valamilyen más rétegbe kerül. Különösen veszélyes ez akkor, ha az illető réteg az adott kútban nincs megnyitva termelésre, mert akkor a műszaki baleset egyszerűbb módszerekkel nem deríthető ki. Ezért az algyői mezőben rendszeressé kell tennünk ezeknek a méréseknek alkalmazását tervszerű, megelőző karbantartás jelleggel.

Az olyan esetekben, amikor az említett gázátfejtődés már megtörtént, és a földgáz magasabban fekvő vizes rétegbe került, rendszeres és időszakonként megismételt ellenőrző méréseket kell végeznünk a gáz pontos helyének, és a vándorlás irányának, sebességének ellenőrzésére. Ezt mindaddig folytatnunk kell, amíg a gáz megfelelő szerkezetben csapdába nem kerül, vagy időközben ki nem termeljük.

A hosszára nyúló felsorolásból az derül ki, hogy a kutatás időszakában szeretnénk elérni a geofizikai mérések hatékonyságának növekedését, és az elvégzett korszerű mérésekből több jó adatot szeretnénk kapni a termelési folyamatok tervezéséhez. Ezért azt kérjük, hogy a geofizikai mérések értelmezésére és feldolgozására legyen részletesebb, terjedjen ki mindazokra a fizikai paraméterekre, és a tárolónak mindazon szakaszaira, amelyeket az előzőekben felsoroltam. Véleményem szerint nem lehet általános akadály az, hogy a magyarországi kőolajtárolók agyagosak és ez az agyagosság lehetetlenné tesz mindenféle kvantitatív értelmezést. Helyes úton azok a geofizikusok járnak, akik a tároló tulajdonságokat egyéb kiegészítő vizsgálatokból (mágfúrásokból) megismerve, méréseik értelmezését korrigálni tudják ilyen tárolóra jellemző korrelációs tényezők alkalmazásával. Ebben az esetben a geofizikus értelmező részéről az óvatosság nem előny, hanem minden szempontból hátrányt jelent. Ha ugyanis a geofizikus nem szolgáltatja a szükséges alapadatokat, akkor végül is a termelő mérnök kényszerül arra, hogy becsülje azokat a számításaihoz, ha más lehetősége nincs. Ennél minden körülmények között jobb a tároló viszonyoknak megfelelően korrigált értékek kiszámítása még akkor is, hogy ha azok abszolút értékben esetleg pontatlanságot jelentenek.

Jelenleg nagy mennyiségű információt szerzünk, nagy mennyiségű geofizikai szelvény készül a kutakban és nagy mennyiségű mágfúrás és maganyag feldolgozás is történik. A kettőt összhangban, ésszerű határok közé kell szorítani, mert vagy egyik, vagy a másik fölöslegessé válik. Ezért szükségesnek tartom azt, hogy a közeljövőben tisztázzuk a geofizika lehetőségeit, és ennek megfelelően alkalmazzuk a különböző ismeretszerzési módszereket.



# A mélyfúrési geofizika szénhidrogén- kutatással és termeléssel kapcsolatos néhány kérdése

(Hozzászólás az Alföldi Csoport 1970. dec. 18-i előadójelentésén)

S Z A L Ó K I I S T V Á N

A téma ilyen megvilágításában is feltétlenül aláhúzható ennek és a hasonló szaküléseknek a hasznossága, hiszen a feladatok megoldásához közelebb viszik az illetékes szakembereket.

*О некоторых вопросах промышленной геофизики, связанных с разведкой и разработкой нефтяных и газовых месторождений.*

*Einige Fragen der Bohrlochgeophysik in Zusammenhang mit der Kohlenwasserstoff-Schürfung und Produktion. (Diskussionsbeitrag an der Vortragssitzung der Tiefenengruppe am 18ten Dez. 1970).*

A tapasztalatok szerint az Alföldön a kőolajiparban jelenleg alkalmazott karottázs-metodika — a felvett szelvények és azok geofizikai értelmezése — a szénhidrogén-kutatás számára többnyire kielégítő információt nyújt a harántolt rétegsorról: a szelvények alapján vizsgálatra érdemesített rétegek helyét kijelöli; azokat minősíti; esetenként meghatározza a rétegtartalmat, a fázis-határt vagy a fázishatárokat, az átmeneti zóna vastagságát stb. Az interpretáció pontosságának, részletességének gyakorlatilag a litológiai tényezők szabnak határt: a tiszta homokköveknél, ahol a szilárd kőzet-mátrix elektromos szigetelőként viselkedik, az értelmezés során probléma nem jelentkezik, míg a nagyobb bizonytalanságot rejtő munkát az agyagtartalom dúsulása, és a homoktól eltérő tulajdonságokkal rendelkező kőzetek (márga, mészkő, dolomit, konglomerátum stb.) megjelenése okozzák.

A kutatás elsődleges feladata lényegében a kőolaj- vagy földgáztelep megtalálása, s a kutatás további fázisai (lehatárolás, teleptani leírás, készlet-számítás stb.) már közvetve vagy közvetlenül a kutatási folyamat végeéjéjé, a termelést szolgálják. Ilyen vonatkozásban a kutatás és a termelés előkészítése szorosan összefonódik, s az előző által szolgáltatott alapadatok pontosságának vagy pontatlanságának jelentős gazdasági kihatásai lehetnek a termelésre. Ezért a kutatást irányító szakemberek fontos feladata, hogy minden eszközt felhasználjanak a kutatás eredményességének fokozására.

Ily módon ma a kőolajiparban dolgozó geológusoknak elengedhetlenül megfelelő geofizikai tájékozottsággal kell rendelkezniük. Feltétlenül támaszkodniuk kell a geofizikára, igényelniük kell a geofizikusok által nyújtott információkat. Ez az utóbbi években állandóan jelentkező igény és igényesség is mintegy serkentően hatott a geofizika fejlődésére, így az nem máról holnapra, hanem lépésről lépésre érte el a mai, korántsem végső fejlettségét.

A kutatást követő termelés során felhasználásra kerülnek a kutatási alapadatok, melyek gyakorlatilag a telep érintetlen, sztatikus állapotát írják le. Ezen túlmenően azonban, mivel a termelés folyamán a telepben lényeges változások következnek be, annak irányításához a termelési mérnöknek a változások ismeretére, a tárolóban levő fluidumok helyzetének térbeli és időbeli leírására van szüksége a kitermelhető szénhidrogének mennyisége (ipari kész-



let) növelésének érdekében. A változások részbeni megismerésének egyik módját a geofizikai szelvényezési eljárások nyújtják.

Az előzőekből az is következik, hogy a geofizika közvetett módon az ipari készlet növelését is hivatott elősegíteni, így a termelésnek a geofizika iránti igénye akkor jelentkezik fokozott mértékben, amikor jelentősebb földtani készlettel rendelkező kőolajtelepek termelésére kerül sor, hiszen ezeknél az ipari készlet jelentéktelen százaléku emelkedése is jelentős gazdasági haszonnal jár. (Pl. alföldi vonatkozásban a termelés fokozódó igényekkel lépett fel a pusztaföldvári „Békés” szint kőolajtelepének termelési felfutása idején, és még inkább napjainkban, az algyői kőolajtelepek termelésének megindulása után.)

Bizonyos adatok meghatározására lehetőség kínálkozik mind a magfúrások során nyert kőzetmintákon, mind pedig geofizikai úton. Ezen főbb adatok: porozitás, a póruster tartalmának meghatározása, permeabilitás és annak változása a lyuk tengelyének irányában, a permeabilitás anizotrópiája. A művelési folyamat megbízható tervezéséhez, a termelés előzetes számításához, a vízsedés vagy gázosodás korai bekövetkezése elkerüléséhez feltétlen szükséges ismerni ezeket a paramétereket. Tehát akkor, amikor ezeket az adatokat csak a kőzetmintákon végzett mérésekből lehetett beszerezni, a fúrás lemélyítése során végzett gyakori magfúrás kutatási szükségszerűség volt. Ma azonban egyre több adat megbízható számítására nyílik lehetőség a geofizikai szelvények alapján. Így két szélsőséges álláspont alakult ki a magfúrások gyakorisága vonatkozásában: az egyik változatlanul a gyakori magfúrások, a másik a minimális magfúrási szám, esetleg a magfúrások teljes elhagyása mellett foglal állást. (Az utóbbi álláspontot képviselik azok is, akik elsősorban, csak a fúrás mielőbbi lemélyítésére törekszenek.) Mindkét szélsőséges álláspont helytelen: a kőzetfizikai paraméterek, teleptani jellemzők leírására végzett magfúrások optimális számát a mélyfúrási geofizika adott színvonala, megbízhatósága figyelembevételével kell meghatározni. Ez természetesen nem vonatkozik a speciális célú — őslénytani leírás stb. — magfúrásokra, amennyiben a feladat megoldása geofizikai úton nem lehetséges, sőt, magának a mélyfúrási geofizikának is szüksége van egyes alap-, illetve ellenőrző adatokra, melyek meghatározását a kőzetmintákon végzik.

Amellett, hogy a geofizikai szelvényezés egyéb szempontok miatt sem nélkülözhető, lényegesen olcsóbb is, mint a gyakori, vagy folyamatos magfúrás. Egyéb főbb előnyei: a szondák geometriájától, behatolási mélységétől függően „átlagol”, s nem pontszerűen szolgáltat adatokat, ami félrevezető lehet inhomogenitás esetén; a szelvény-kép folytonos, míg a teljes magnyereség ritka; a szelvényezés az eredeti, zavartalan teleptani körülményekhez közelebb álló viszonyok között történik, mint a felszínre hozással jelentős változásokat szenvedő kőzetminta laboratóriumi vizsgálata.

A telepek vízszintes és függőleges irányú lehatárolási problémájának megoldásánál szintén jelentős és egyre fokozódó a mélyfúrási geofizika szerepe. A rétegek korrelációja a szerkezeti viszonyok tisztázása, a színvonalas térképek elkészítése ma már nem történhet geofizikai szelvények nélkül. De nő azok szerepe a telepek vertikális kiterjedésének meghatározásánál is. A fázis határ meghatározására a gyakorlatban három eljárást használunk:

1. a magfúrás során nyert kőzetminták alapján a fázishatár helye az előbbieken említett okokból következően pontatlanul határozható meg;
2. műszakilag kifogástalan kútkiképzés esetén rétegvizsgálatokkal szerezhető a legtöbb információ, de az eljárás költséges, és a kút a perforálásokkal



„magán viseli” a vizsgálatok bélyegét, ami jelentősen befolyásolja a végleges felhasználásának lehetőségét;

3. a geofizikai szelvények a litológiai kifejlődéstől függően adnak felvilágosítást a fázishatár, az átmeneti zóna helyére vonatkozóan. Helyes törekvés a rétegvizsgálatok és a gyors kábeles szelvényezés előnyeinek együttes alkalmazása a rétegtartalom meghatározására a kábeles nyitott rétegvizsgáló („karottázs-teszter”) segítségével.

Mind kutató, mind termelő fúrásokban, kutakban fellépő bizonyos műszaki jellegű problémák megoldásában jelentős szerepet tölt be a geofizika. Így a béléscső-sérülés helyének meghatározásánál, a cement béléscsőhöz és esetleg a réteghez való tapadásának ellenőrzésénél (cementlog), a cementpalást folytonosság-hiányának („cementpalásthiba”), és esetleg ezek hatására bekövetkező átfejtődés (gáz vagy folyadék) kimutatásánál feltétlen szerepet játszhat valamely geofizikai eljárás.

A termelés során a termelő rétegben jelentős változások következnek be. Ezen változások egy részének kimutatására szintén alkalmasak a mélyfúrású geofizika által nyújtott lehetőségek. A póruster telítettségének változása, a fázishatár elmozdulásának jelzése döntő lehet a művelés irányítása szempontjából, az a telep megcsapolása mértékének megváltoztatását teheti szükségessé. A rétegenergia fenntartására a rétegbe sajtolt közeg elhelyezkedéséről szintén felvilágosítást adhat a kutakba időszakonként elvégzett szelvényezés.

A fentiekben csupán néhány, jórészt közismert probléma felsorolására szorítkoztam, melyek részben összekapcsolják, részben elkülönítik a kutatás és termelés egyes területeit. Közben utaltam a problémák részbeni megoldásának elvi geofizikai lehetőségeire. Az a tény, hogy ma a geofizika kapcsolata szorosabb a kutatással, mint a termeléssel, és annak igényeit jobban ki tudja elégíteni, több tényezővel magyarázható.

Ezek közül a főbbek:

1. a geofizikai úton megoldható problémák a kutatással, a mélyfúrással kapcsolatban merültek fel időben előbb, így a kutatással kapcsolatos geofizikai eljárások is régebbiek. Ez természetes, hiszen maga a kutatás is időben megelőzi a termelést.

2. a kutatást irányító geológusok és a geofizikusok szakmai érdeklődési köre már képesítésüknél fogva is közelebb áll egymáshoz, mint a termelési mérnököké és a geofizikusoké, ezért a geofizikát művelő szakemberek jobban ismerik, nagyobb betekintéssel rendelkeznek a kutatás területére, mint a termelésére. Hasonló irányban hatott az is, hogy a kutatást irányítók – legalábbis a korábbiakban – gyakrabban igényelték geofizikai segítséget egy-egy feladat megoldásához.

Természetesen a mélyfúrású geofizika a vele szemben támasztott igényeket nem képes azonnal kielégíteni, a feladatot annak felvetése időpontjában megoldani, hiszen még az elméleti megoldás után is számos egyéb tényező (anyag, eszköz, műszer beszerzése, elkészítése stb.) akadályozza a megoldást. De a mélyfúrású geofizikával szemben támasztott igények egyben annak fejlődését is sarkallják, mint általában, az igényesség itt is a fejlődés egyik előmozdítója.



# Kísérletek szénhidrogéntermeléssel kapcsolatos feladatok mélyfúrási geofizikai megoldására\*

(Hozzászólás Csókás János: „Újabb mélyfúrási geofizikai eljárások a szénhidrogéntermelés érdekében” c. előadásához)

S Z I L Á G Y I E N D R E

*Опытные работы по решению задач, связанных с добычей углеводородов при помощи методов промышленной геофизики в Поисково-разведочном предприятии Треста нефтяной и газовой промышленности.*

*Versuche zur bohrlochgeophysikalischen Lösung der mit der Kohlenwasserstoffproduktion zusammenhängenden Probleme bei dem Schürf- und Aufschliessungs-Betrieb des OKGT in der Tiefebene.*

A mélyfúrási geofizika jelenleg a termelőmérnök által adott feladatok első és második csoportjának, a „megismerés és tervezés” és az „ellenőrzés” igényeinek kielégítésében tud és kísérelt meg részt vállalni.

## 1. Megismerés és tervezés

Ez a feladatkör összekapcsolódik a kutatással és a mélyfúrási geofizikai interpretáció szempontjából a minőségi és mennyiségi kiértékelés kiterjesztését jelenti.

1.1 A megoldás hatékonyságát befolyásoló főbb tényezők az alábbiak: a tároló kőzettani-kőzetfizikai tulajdonságai, műszerezettség, interpretációs módszerek készségi foka, szervezeti és személyi feltételek.

A tároló kőzettani-kőzetfizikai tulajdonságai:

Az Alföld szénhidrogén-tárolóinak legnagyobb része homokkő, termelnek azonban szénhidrogént különböző konglomerátumokból, mészmárgából, kristályos alaphegység permeábilis szakaszaiból, mészkőből, flis-képződményekből is.

A tiszta és kevésbé szennyezett homokkőtárolók kőzetfizikai tulajdonságait a kutatók a legrégebben és legrészletesebben vizsgálták. Újabb szerzők azonban a kőzetfizikai jellemzők általános használatra ajánlott értékeiktől való jelentősebb eltérésekről számolnak be.

Az algyői tárolókőzetekre vonatkozó – elektrokarottázs kőzetfizikai paraméterek meghatározására laboratóriumi méréseket kezdtünk. A jelenleg még kísérleti jellegű munka eredményeit Kiss (1970) foglalta össze. Ezek biztatóak és feltételezhető, hogy a vizsgálatok üzemi szintre emelésével a mennyiségi adatszolgáltatás kőzetfizikai vonatkozású akadályai csökkennek.

Pannóniai homokköveink jelentős része aleuritós-agyagos. A „szennyező” frakciók hatását az algyői felső-pannóniai tárolókőzetekben egyszerű kőzetmodell segítségével kíséreltük meg figyelembe venni. (Szilágyi, 1968.) Ez a hazai vonatkozásban első ilyen kísérlet a jelenségeket minőségileg kielégítően írja le. Laboratóriumi mennyiségi igazolása azonban, főleg a víztelítettséget illetően,

\* Az OKGT Nagyalföldi Kutató és Feltáró Üzemben.



elmaradt. Hiányosságai ellenére is mutatja, hogy az aleurit és agyag jelentős megnövekedése esetén a szénhidrogén tárolás minőségi jelzése is jó eredménynek számít és csak sok fűréssal feltárt terület tárolóiban várható kielégítő pontosságú mennyiségi adatszolgáltatás.

A finom konglomerátumok és elsődleges porozitású mészkövek kőzetfizikai állandóit csak irodalmi adatok alapján becsülhetjük. A többi tároló kőzetfizikai tulajdonságai még az irodalomban is tisztázatlanok.

### *Műszerezettség*

A termelési feladatok megoldásának jelentős akadálya a szükséges pontosságú porozitás-követő szondák hiánya. A jelenlegi mikro-rendszerek különböző okok miatt alkalmatlanok megbízható porozitás megállapítására. Nem rendelkezünk a pannon-homokkövekben legalkalmasabb gamma-gamma szondákkal. Akusztikus szondáink minősége kifogásolható. Bár a kezdeti eredmények a vártnál kedvezőbbnek mutatkoztak a felső-pannóniai tárolókban (Kiss, 1969), a fejlődés ezen a téren nem kielégítő. Így szinte csak a neutron módszerek állnak a szükséges mértékben rendelkezésünkre. Közös jellemzőjük, hogy a nagy porozítások tartományában ezek adják a legkevésbé pontos eredményeket, gáztárolókban pedig porozitás meghatározására nem alkalmasak. A hitelesítés bevezetése – a fenti korlátokkal – lehetővé tette a mennyiségi adatszolgáltatást. A neutron-neutron szelvények ebből a szempontból való vizsgálatának eredményei kedvezőnek mondhatók (Szilágyi, 1970).

A műszerezettség hiányosságait fokozzák a technológiai fegyelemben mutatkozó hiányosságok. A geofizikai értelmezéssel szemben támasztott igények teljesítéséhez ezen a téren is javulásra van szükség.

### *Interpretációs módszerek*

Az előadói bemutatott és az irodalomból ismert „*analitikus módszerek*” alkalmazásának fő akadálya a nem kielégítő műszerezettség. Valószínűleg nehézségeket okoznának a kőzetkifejlődés sajátosságai is, a módszereket esetleg ennek megfelelően át kellene dolgozni.

A jelenlegi műszerezettséget részben figyelembe vevő az agyagos és aleuritos homokkőtárolók interpretálása céljaira kidolgozott módszerek (Barlai, 1965, 1970) alkalmazásának üzemi szempontból jelentős akadálya az interpretációs függvények bonyolultsága. A módszerekkel kapcsolatos egyéb fenntartásainkat itt nem részletezzük.

Szervezeti és személyi feltételek:

Az *NKFÜ* geofizikai értelmezési osztályának fő feladata a kutatás igényeinek kielégítése, tehát elsősorban a szénhidrogén-tárolók kijelölése. A mennyiségi adatszolgáltatási igények csak másodlagosak. Ez szabja meg a kiértékelést végzők létszámát is.

#### *1.2. A megismerés és tervezés szakaszában végzett munkák*

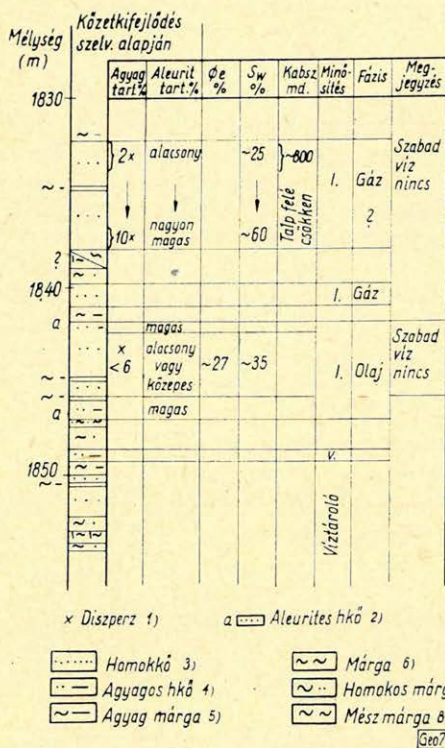
Több oldalról korlátozott lehetőségeink miatt ezek részben kísérleti jellegűnek tekinthetők csak. Bemutatkozásuk egyik célja az, hogy felhívjuk a figyelmet a jelenlegi műszaki színvonal mellett is kivitelezhető vagy továbbfejleszhető tevékenységekre.

1969-ben kísérletet tettünk algyői termelőfúrások „*céltelepeinek*” részletes interpretációjára az általunk végzett kőzetmodell vizsgálatok eredményeinek felhasználásával.



A kiértékelési lap (1. ábra) „kőzetfejlődés szelvények alapján” része 1 : 200 mélységléptékben tartalmazza a szelvényekből meghatározható rétegsort 15–20 cm-es felbontásig. Jelzi a permeábilis rétegek agyagosodásának jellegét és a szénhidrogéntároló intervallumokban a diszperz agyag-tartalmat. Minőségileg jelzi a várható aleurit tartalmat is.

SZÖREG-1 telep-ka



1. ábra. Szöreg-1 telep részletes karottázs értelmezése

Fig. 7. Интерпретация данных каротажа, полученных над зеляжью Сегер-1. 1 - Рассеянные песчаники; 2 - алевролитовые песчаники; 3 - песчаники; 4 - глинистые песчаники; 5 - глинистые мергели; 6 - мергели; 7 - песчаные мергели; 8 - известняковые мергели

Fig. 1. Detaillierte Karottage-Interpretation des Flözes Szöreg-1. 1 Dispers, 2 Aleuritischer Sandstein, 3 Sandstein, 4 Toniger Sandstein, 5 Tonmergel, 6 Mergel, 7 Sandiger Mergel, 8 Kalkmergel

A termelés előrehaladásával bekövetkező elvizesedés ugyancsak jól ki-mutatható csövezetlen fúrásban végzett szelvényezéssel. A 3. ábrán a „Békés-szintben” felvett szelvényeket és az elkészült karottázs értelmezést láthatjuk. A cementpalást hibák miatt zavart eredményű rétegvizsgálatok az értelmezést lényegében igazolják.

A „karottázs adatok” az effektív porozitást, víztelítettséget, a permeabilitás tájékoztató értékét, a szokásos minősítést, valamint a várható fázist mutatják.

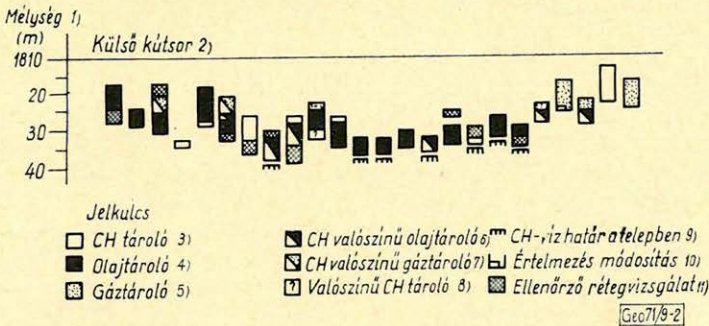
A megjegyzés rovatba kerültek a szabad vízre, vagy az elárasztásra vonatkozó megállapítások.

Az elvégzett ellenőrzések szerint (Szilágyi, 1970) a megadott agyag-és aleurit tartalom és - ahol meg lehetett adni - a porozitás a magvizsgálatokból kapott eredményekkel kielégítően megegyezett. A permeabilitás viszont csak nagyságrendi becslés. A víztelítettség adatokat nem lehetett ellenőrizni.

Jelenleg is bebizonyított az, hogy termelő területeken a kvalitatív kiértékelés eredményei is értékesek lehetnek. Termelő fúrások szelvényezése során szerzett új információk lehetővé teszik a telepek jobb megismerését. A Szeged 2 telep ilyen irányú vizsgálatának eredményei ezt igazolják. A kutatási zárójelentésben ez gáztelepként szerepel, és csak mint lehetőséget említik az olajtesttel való összefüggést. A karottázs értelmezések „regionális” feldolgozása alapján a telep egyrészén olajtest jelenlétét biztosan kimutattuk. Ezt rétegvizsgálat is igazolta. Megállapítható volt a víz-olaj és olaj-gáz határ és fel lehetett hívni a figyelmet az általános képbe nem illő, utólagos mérésekkel vagy vizsgálattal tisztázandó körülményekre. A feldolgozás egy részletét mutatja a 2. ábra.



A szénhidrogén testben az olaj-gáz határ kimutatására két szonda-hosszas neutron gamma méréseket végeztünk a „Békés-szintben”. A módszer hazai bevezetése Suba (1963) és Deres névéhez fűződik. Azóta is végezzük a fáziselőrejelzést, ha ezt a tároló kifejlődése és az elárasztás mértéke lehetővé teszi.



2. ábra. Szeged-2 telep olajtároló szakaszának kimutatása

Фиг. 2. Выделение нефтеносной части залежи Сегед-2

1 – глубины; 2 – внешний ряд скважин; 3 – нефтегазоносная залежь; 4 – нефтеносный пласт; 5 – газоносный пласт; 6 – вероятный нефтеносный пласт; 7 – вероятный газоносный пласт; 8 – вероятный нефтегазоносный пласт; 9 – контакт углеводородов и воды в залежи; 10 – поправка в интерпретации; 11 – контрольное опробование пласта; содержание пласта сомнительно; 12 – условные обозначения

Fig. 2. Aufdeckung der ölspeichernder Sektion des Flözes Szeged-2

1 Tiefe, 2 äussere Bohrungsreihe, 3 CH-Speicher, 4 Ölspeicher, 5 Gas-Speicher, 6 CH, wahrscheinlich Ölspeicher, 7 CH, wahrscheinlich Gasspeicher, 8 wahrscheinlicher CH-Speicher, 9 CH-Wasser-Scheide-Linie am Flöze, 10 Modifizierung der Interpretation, 11 Kontroll-Schichtenuntersuchung, 12 Zeichenschlüssel

## 2. Ellenőrzés

Ide sorolhatók azok a munkák, amelyeket béléscsővezetett fúrásokban végeztünk, a telepek állapotváltozásának felderítésére.

### 2.1. A megoldás hatékonyságát befolyásoló tényezők

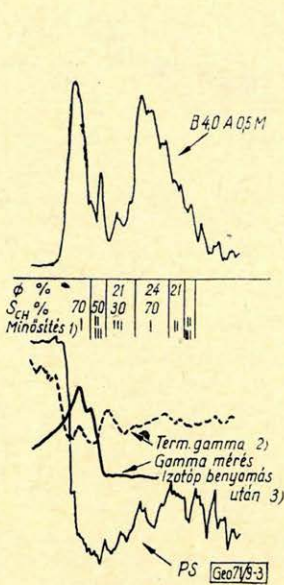
Jelenleg ipari szinten csak radioaktív mérések, elsősorban neutronmérések használhatók erre a célra. Ezek mennyiségi adatszolgáltatásra való alkalmaságát a cementpalást és béléscső jelenléte csökkenti. Különösen az erősen szennyezett tárolókban válhat bizonytalanná az eredmény. Az aleurit- és agyagtartalom növekedése ettől függetlenül is határt szab a megoldási lehetőségeknek, a gáz-folyadék fázishatár és gáztelítettség változását illetően. Az olaj-víz határ közvetlen kimutatása pedig a rétegvizek alacsony  $NaCl$  tartalma miatt nem is lehetséges. Esetleg komplex feldolgozásból várható ezen a téren eredmény.

### 2.2 Az ellenőrzés szakaszában végzett munkák

Ezekhez elsősorban megbízható alapszelvényekre lenne szükség, melyeket a feladat által megszabott mélységleptékben kellene felvenni. Ezek a csővezetés után néhány hónappal készített szelvények mellett lehetővé tennék a gáztárolás biztosabb kimutatását a tárolónak azon a szakaszain, ahol a nyitott lyukban végzett mérések erre nem adtak félvilágosítást. Ilyen különböző időpontban végzett neutronmérést mutat a 4. ábra.



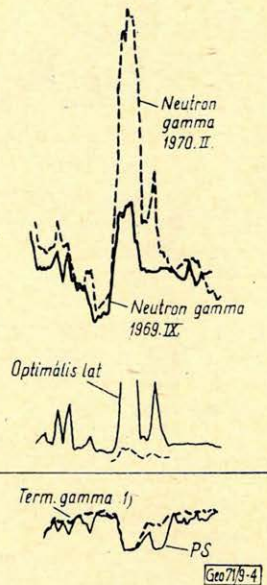
A gáz-folyadék határ változásának vizsgálatára a „Békés-szintben” több alkalommal került sor. Gáztárolók változásának vizsgálata volt a feladat egy hajdúszoboszlói fúrásban. A kezdeti és jelenlegi gáztelítettség és a felvett szelvények az 5. ábrán láthatók. (Az ábrán a 75-ös adat későbbi mérések alapján 25-re javítandó.)



3. ábra. Vízyelv benyomulás kimutatása a Békés-szintre mélyülő termelő fúrásban

Фиг. 3. Выделение внедрения языка о бводнения в эксплуатационной скважине, пробуренной на горизонте „Бекеш”. 1 – оценка; 2 – ГК; данные трех измерений по методу ГК после введения изотопа

Fig. 3. Nachweis einer Wasser-Zungen-Eindringung in der Produktionsbohrung, abgeteuft an der Békés-Schichtfläche. 1 Qualifikation, 2 Natürliche Gamma-Messung, 3 Gamma-Messung nach Einführung von Isotop



4. ábra. Idő eltolódással felvett neutron szelvények algyői termelő fúrásban

Фиг. 4. Кривые НК, записанные со смещением во времени в эксплуатационной скважине Алды. 1 – данные ГК

Fig. 4. Neutron-Profile aufgenommen mit Zeitverschiebung in der Produktionsbohrung von Algyó. 1 Natürliche Gamma-Messung

Gáztárolók változásának egyik oka az átfejtődés, ezzel kapcsolatban a másodlagos gázfelhalmozódások nyomozása és változásainak kimutatása.

A mérési technológiát az OKGT Ipari Geofizikai Osztályával közösen alakítottuk ki. (Ceglédi, 1965.) Megállapításainkat több rétegvizsgálat igazolta.

Új feladat a vízelárasztással kapcsolatos változások kimutatása néhány algyői fúrásban. Az eddig végzett mérések értelmezése céljából elkészítettük a megfigyelő és a környező besajtoló kutak vizsgált telepének telepen belüli azonosítását is. A legújabb szelvényeken már elvizesedé jelei mutatkoznak. Ezek közös jellemzői:



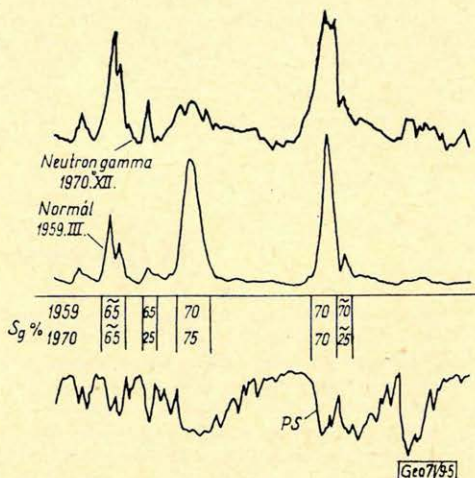
– A telep legnagyobb permeabilitású szakaszán következtek be. Ezek a szakaszok az elvégzett azonosítás alapján a besajtoló kutakban is a telep legkedvezőbb permeabilitású részei.

– Jól azonosítható vékony agyagmárga réteg vagy erősen elagyagosodott szakasz felett következtek be. Az elvizesedett teleprész alatt változatlan állapotú biztos gáztároló található. A telepben levő azonosítható agyagmárga rétegek szerepe a fluidum mozgásban tehát jelentős. A vízelárasztással előidézett változások geofizikai vizsgálatával kapcsolatban nyomatékosan utalni kell az általánosságban már kihangsúlyozott korlátozó tényezőkre.

5. ábra. Gáztelep állapotváltásának vizsgálata hajdúszoboszlói fúrásban

Фиг. 5. Изучение изменения состояния газовой залежи в скважине Хайдусобосло

Fig. 5. Untersuchung der Zustandsänderung des Gasflözes in der Bohrung von Hajdúszoboszló



### 3. A kutak műszaki állapotának ellenőrzése

Perforálással megnyitott beléscső mögötti cementpalást hibáinak nyomozására hosszú ideje végünk gammasugárzó izótoppal szennyezett folyadék besajtolást és ennek szelvényezéssel való kimutatását. Erre a 3. ábra mutat példát.

Üzemszerűen végünk szelvényezést a cement-beléscső kötés kimutatására akusztikus berendezéssel. A szelvények értelmezésénél azonban néhány nehézség merült fel (Kiss, 1970), melyek valószínűleg modellezési munkát is szükségessé tesznek. A méréseket tovább kell fejleszteni, úgy hogy cement-kőzet-tapadási szelvényt is kaphassunk.

\* \* \*

A bemutatott eredmények szerények. Azt azonban igazolni látszanak, hogy a mélyfúrás geofizika a megismerés és ellenőrzés feladatainak megoldására a tárolók tulajdonságaiból származó korlátozottságok figyelembevételével általában alkalmas. A jelenlegi lehetőségek jobb kihasználásához szervezeti intézkedésekre, a tevékenység kiterjesztéséhez pedig jelentős műszaki fejlesztésre van szükség.



- Barlai Zoltán:* Agyagos kifejlődésű kőolaj-földgáztároló homokkő rétegek mennyiségi karottázsvizsgálatának új módszere. Magyar Geofizika VI. 2. 1965.
- Barlai Zoltán:* Nagy kőzetliszt tartalmú agyagos szénhidrogéntároló homokkővek karottázsvizsgálatának tapasztalatai. MGE előadás 1970.
- Czegledi István:* Mesterséges gáztárolók vizsgálata nukleáris geofizikai módszerekkel. Atomtechnikai Tájékoztató VIII. 3. 1965.
- Kiss Bertalan:* Az akusztikus szelvényezés és alföldi alkalmazásának lehetőségei. Pályázati dolgozat 1969.
- Kiss Bertalan:* Kísérlet formációfaktor-porozitás összefüggés meghatározására magmintákon végzett ellenállás mérések alapján. Pályázati dolgozat 1970.
- Kiss Bertalan:* A cementlog és alkalmazásának alföldi tapasztalatai. Pályázati dolgozat 1970.
- Suba Sándor–Deres János:* Kétsugaras neutron gamma módszer. Újítási javaslat 1963.
- Szilágyi Endre:* Az agyag- és aleurit-frakció szerepe az algyői felső-pannóniai tároló kőzetek közetfizikai tulajdonságainak kialakításában. Magyar Geofizika IX. 6. 1968.
- Szilágyi Endre:* A DRSZT-1 típusú szondával végzett neutron-neutron termikus szelvényezés interpretációs tapasztalatai. Magyar Geofizika XI. 1970.
- Szilágyi Endre:* Algyői felső-pannóniai szénhidrogén telepek részletes interpretációja. Pályázati dolgozat 1969.

## Könyvszemle

*Vizsgáldalkodási lexikon:* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1970.

*Szerkesztettek:* Erdélyi László, László Ferenc, Muraközy Tamás, 876 oldal, 6 színes műmelléklet, 16 külön befűzött képes tábla, számtalan szöveg közti ábra és kép.

A vizsgáldalkodás eddig nélkülözötte a szakterület korszerű ismereteit tartalmazó lexikális munkát, a jelen mű tehát hiányt pótol, mert – a szerzők tudomása szerint – sem külföldön, sem hazánkban még ilyen munka nem jelent meg. Ez az úttörő jelleg bizonyos mértékben problémákat is jelent az összeállítók számára, pl. mindjárt a szóanyag kiválogatása szempontjából. Bár teljességre csak a szorosabban vett vizsgáldalkodás területén törekedtek, mégis helyet kaptak az összefüggő vagy kapcsolódó tudományterületek olyan kérdései is, melyeknek ismerete a vizsgáldalkodási szakemberek számára hasznos lehet. Persze ebben az irányban nehéz megszabni a célszerű határt és véleményünk szerint itt még bőven van javítani való egy esetleges második kiadás alkalmából. A hasonló jellegű munka sztemerd fogalomkincsének (címszó-kincsének) kialakítása érdekében, úgy hisszük, nemcsak hozzátenni, de elhagyni való is akad a jelen állapotban. Pl. szerintünk felesleges a „népgazdasági mérleg” eléggé részletes kifejtése (és számos hasonló jellegű cikk), mert az ilyen ismeretet természetszerűen nem az ilyen jellegű kiadványban fogják keresni a szakemberek.

Ami a határtudományok anyagának tekintetbevételét illeti, itt csak a geofizikáról szeretnénk egy-két szót ejteni, hiszen ez egyúttal egyike a legszorosabban vett kapcsolódó tudományágaknak, amint azt a lexikonban a geofizika címszó alatt adott meghatározás és felosztás is tanúsítja. Nos, ennek ellenére kevésnek találjuk a geofizikai vonatkozásokat, ami a geofizikának a vizsgáldalkodásban való szerepét és gyakorlati alkalmazását illeti és pl. szívesen olvasnánk valamit a geofizikai előkészítő mérések szerepéről a víztárolók helyének kijelölésénél. (Csak mellékesen említjük, hogy egy-egy szak kifejezés értelmezésénél nem szerepel azoknak a rokon tudományokban használatos jelentése. Pl. a geofon, mint csőhallgató készülék nyer magyarázatot, pedig a geofizikában alapvető jelentőségű műszer a seizmikus módszereknél, melyeknek a vizsgáldalkodási kutatásoknál való szerepéről a lexikon is megemlékezik. Ugyanakkor pl. a mikrofon, mely szintén nem speciálisan hidrológiai műszer, eléggé részletes cikket kapott.)

Ugyancsak itt kell megemlítenünk, hogy a határtudományok egyes fogalmait ismertető cikkek nem mindig képviselik a legmodernebb felfogást: úgy látszik, hogy forrásul régen elfogadott, de ma már kissé elavult sztemerd könyveket használtak fel. Ez érvényes pl. a legtöbb meteorológiai tárgyú cikkekre (ciklon, stb.).

Mindeme hiányosságok mellett is a könyvnek igen sok értékes tulajdonsága van. Kiállítása igen szép, a mellékletek pompásak és érdekesek, a nagyobb cikkek mellett elhelyezett irodalmi utalások igen hasznosak és a munka már mai állapotban is nagy népszerűsége számíthat.

TG



## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Караш, Ж. — Надь, З.</i> : Применение вычислительной техники в Предприятии геофизической разведки Треста нефтяной и газовой промышленности для обработки данных ВЭЗ и МТЗ .....	41
<i>Корвин, Г.</i> : Цифровая обработка сейсморазведочных данных при помощи мало-мощной электронно-вычислительной машины .....	51
<i>А. Мешко — Б. Радлер — И. Суйовски</i> : Применение критерия среднеквадратической погрешности для оценки эффективности цифровых фильтров .....	56
<i>Андраши, Л. — Барат, И. — Драхош, Д.</i> : Определение пористости песчаных коллекторов по методу НГТ-Т при двух различных расстояниях источник-детектор .....	63
<i>Марко, Л.</i> : Интерпретация каротажных данных о трещиноватых карбонатных коллекторах .....	71
<i>П. Мартон — Э. Салаи М.</i> : Палеомагнитные исследования в районе гор Бёржён .....	77
<i>П. Кардеван</i> : Применение экспоненциального распределения для нахождения резонансных частот подпочвы по результатам интерпретации записей городских микросейсм .....	84
<i>Я. Чокаш</i> : О новых промыслово-геофизических методах решения задач добычи углеводородов .....	92
<i>И. Ференци</i> : Состояние промыслово-геофизических работ и направления их дальнейшего развития, смотря с позиции инженера-нефтяника .....	104
<i>И. Салоки</i> : О некоторых вопросах промысловой геофизики, связанных с разведкой и разработкой нефтяных и газовых месторождений .....	111
<i>Э. Силади</i> : Опытные работы по решению задач, связанных с добычей углеводородов при помощи методов промысловой геофизики в Поисково-разведочном предприятии Треста нефтяной и газовой промышленности .....	114
Обзор журналов .....	55, 70, 76, 83, 120
Новости в обществе венгерских геофизиков .....	50

## INHALTSVERZEICHNIS

<i>Frau Zs. Karas (Tamás) — Z. Nagy</i> : Anwendung der maschinellen Datenbearbeitung im Geophysikalischen Forschungsbetrieb des OKGT für die Aufarbeitung der Daten der vertikalen elektrischen Sondierung sowie der magnetotellurischen Messungen .....	41
<i>G. Korvin</i> : Digitale seismische Auswertung mit Hilfe einer kleinen elektronischen Rechenmaschine .....	51
<i>A. Meskó — B. Rádler — I. Szulyovszky</i> : Anwendung des quadratischen Mittelfehler — Kriteriums zur Abschätzung der Effektivität von seismischen Digitalfiltern .....	56
<i>L. Andrassy — I. Baráth — D. Drahos</i> : Bestimmung der Porosität sandiger Speicher mit dem Profilierverfahren von termischen Neutronen mit doppelter Distanz der Quelle und des Detektors .....	63
<i>L. Markó</i> : Karottage — Interpretation von karbonathaltigen Speichern .....	71
<i>P. Márton — Emöke M. Szalay</i> : Paleomagnetische Untersuchungen im Börzöny-Gebirge .....	77
<i>P. Kardevan</i> : Die Anwendung der Exponentialverteilung zum Aufsuchen der Resonanzfrequenzen der urbanen Bodenunruhe auf Grund der Auswertung von Registrierungen .....	84
<i>J. Csókás</i> : Neuere bohrlochgeophysikalische Verfahren im Interesse der Kohlenwasserstoffproduktion .....	92
<i>I. Ferenczy</i> : Die Lage und Entwicklungsrichtungen der bohrlochgeophysikalischen Untersuchungen vom Gesichtspunkt des Produktionsingenieur gesehen .....	104
<i>I. Szalóki</i> : Einige Fragen der Bohrlochgeophysik im Zusammenhang mit der Kohlenwasserstoff-Schürfung und Produktion (Diskussionsbeitrag an der Vortrags-sitzung der Tiefenengruppe am 18ten Dez. 1970) .....	111
<i>E. Szilágyi</i> : Versuche zur bohrlochgeophysikalischen Lösung der mit der Kohlenwasserstoffproduktion zusammenhängenden Probleme bei dem Schürf- und Ausschliessungsbetrieb des OKGT in der Tiefebene .....	114
Rezensionen und Presseschau .....	55, 70, 76, 83, 120
Nachrichten der Gesellschaft .....	50



