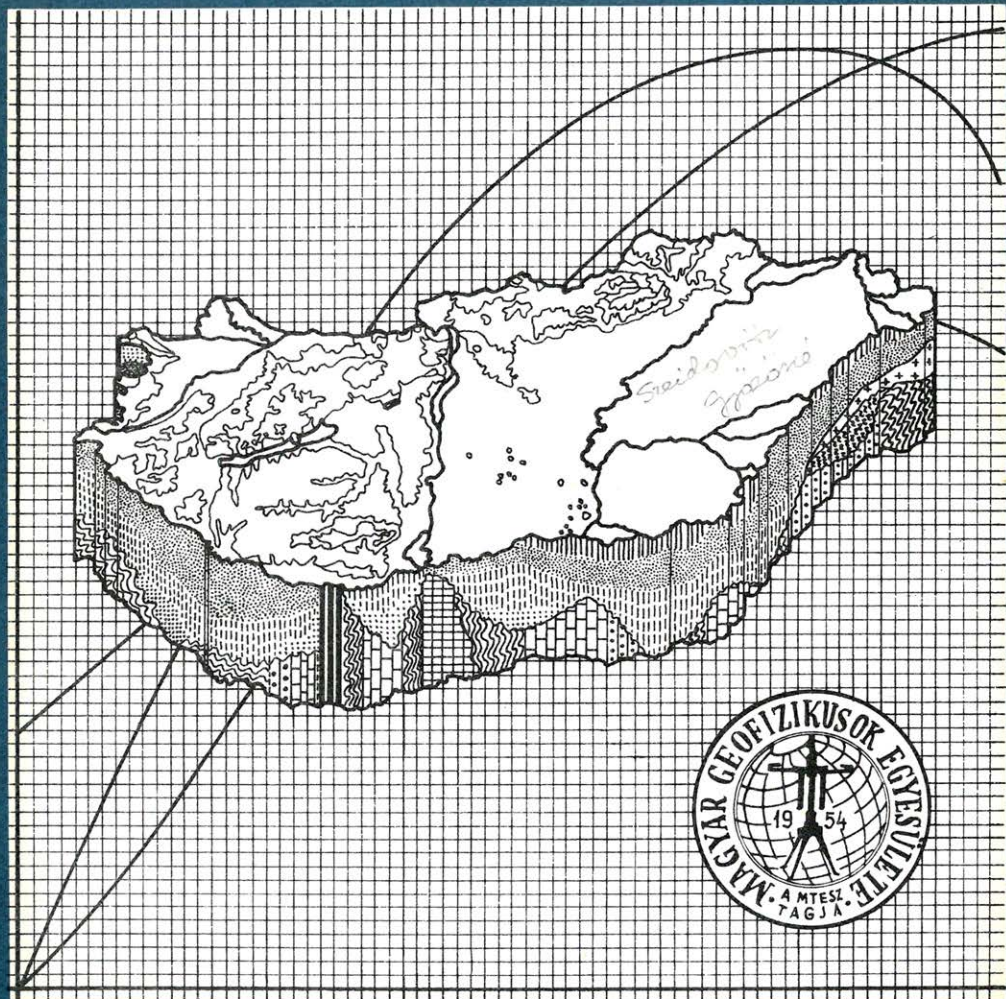


MAGYAR 4 GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1985. XXVI. ÉVFOLYAM, 4. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Kiss Bertalan</i> : A PLOT-technikán alapuló kvantitatív karotázs interpretáció és logikája II. rész.	121
<i>Bánné Győri Erzsébet</i> : Az energia elnyelés hatása a szeizmikus csatornára	145
Egyesületi hírek	158

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Кишиш Б.</i> : Количественная каротажная интерпретация и её логика основанная на плот-технике (Кроссплот). Часть II.	121
<i>Банне Дери Е.</i> : Влияние абсорбции на сейсмический канал	145
Новости Общества венгерских геофизиков	158

CONTENTS

<i>Kiss B.</i> : Well logging interpretation and its logic based on cross-plot technique. Part II.	121
<i>Bánné Győri E.</i> : The effect of the absorption on the seismic trace	145
News about the Association	158

Főszerkesztő: Zseli András

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

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

A plot-technikán alapuló kvantitatív karotázs interpretáció és logikája

KISS BERTALAN*

II. rész

A számítógépes karotázs interpretáció egyik leghatékonyabb grafikus-analitikus eszköze a plot (cross-plot)-technika. Feltárja két vagy több mért, illetve számított adat közötti statisztikus, korrelációs kapcsolatokat. Lehetőséget nyújt az interpretációs modellekben alapvető szerepet betöltő fizikai mennyiségek reprezentatív értékeinek megállapítására, bizonyos mérési hibák kiküszöbölésére.

E cikk a plot-technika alkalmazási sémáját kívánja bemutatni, kitér egy-két fontos interpretációs feladatra és érinti a továbbfejlesztési lehetőségét is.

Самым эффективным графическо-аналитическим средством каротажной интерпретации на ЭВМ является техника выводов (кросс-плат). Этим выявляются статистические и корреляционные связи между двумя или более измеренными или рассчитанными данными. Дается возможность определить репрезентативные значения физических величин, выполняющих основную роль в интерпретационных моделях, устранять некоторые ошибки в измерениях.

В статье показывается схема применения, останавливаясь на некоторых важных интерпретационных задачах, касаясь возможности дальнейшего развития.

The cross-plot technique is one of the most effective graphic-analytical means of computerized interpretation of well log data. It helps find the statistical and correlative relationships between two or more data either measured or calculated. This technique also allows the determination of the representative values of physical quantities playing fundamental role in the interpretation model and the elimination of some measuring faults.

This paper shows some patterns of application of this technique involving one or two important tasks of interpretation and pointing out the possibilities of further developments as well.

A plot-technikán alapuló kvantitatív karotázs interpretáció és logikája plotjai rövid magyarázatokkal

A plot-okat és felhasználásukat az 1. ábrán látható feldolgozási folyamat szerint mutatjuk be (lásd 1. rész) A plotokon vizsgáltuk néhány típus kőzet (1. táblázat) jellemzőit.

Az egyes szelvényeket befolyásoló döntőbb tényezők

Általános esetben (több komponensű mátrix, porozitás, fluidum) az egyes szelvényeket, illetve karotázs paramétereket az alábbiak befolyásolják:

$$SP = f\left(\frac{RMF}{RW}; BKSP; FI2; CYTIP; \text{sóösszetétel}; MF; W; \frac{RXO}{RT}; SW; SXO; \frac{DI}{DL}; \dots\right)$$

$$TG = f(\text{a detektálás és a sugárzók energiatarományja, spektruma, mennyisége}; DEMU; DL; CEH; \dots)$$

* Kőolajkutató Vállalat, Szolnok, Pf. 85. 5001.

Тирскőzetek néhány мѣlyfúrási geofizikai jellemzője
 Некоторые особенности каротажных кривых для данных типов пород
 Some borehole geophysical characteristics of typical rocks

JELLEMZŐ ANYAG		MÁTRIX JELLEMZŐK			SZÁRMAZTATOTT MÁTRIX JELLEMZŐK				JO	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	FINMA	ATMA [us/m]	DEMA [g/cm ³]	JM	JN	JO	JM * JN	1 JN * JO	JO JM	
HOMOK	-0,04	192	2,65	0,778 0,796 0,811 0,822	0,630	0,802 0,784 0,770 0,759	0,511	2,035	0,975	
HOMOKKŐ -SD	0,00	156	2,71	0,814	0,585	0,711	0,476	2,404	0,873	
MÉSZKŐ -LM	0,02	138 142	2,87	0,773 0,767	0,524 0,524	0,671 0,677	0,403	2,831	0,875	
DOLOMIT -DO	-0,02	164	2,97	0,694	0,518	0,738	0,359	2,616	1,063	
ANHYDRIT -AHY	0,40 0,30 0,35 0,40	330 330 370 410	2,46 2,52 2,36 2,32	0,596 0,572 0,551 0,477	0,411 0,461 0,478 0,455	0,683 0,797 0,858 0,943	0,265	3,036	1,242	
SHALE -SH	1,00	620	1,18 1,00							
VÍZ -W	0,80	840	0,80	3,300*	-1,000*	-0,300-				
OLAJ -O	0,30	1260	0,12	2,182*	-0,795*	-0,361*				
GÁZ -G	0,20		0,08							

KAOLINIT -KO	0,36 0,40	0,37	347	2,47 2,41	2,43	0,569 0,581	0,573	0,444 0,426	0,441	0,774 0,725	0,762	0,253	2,976	1,330
ILLIT -IL	0,24 0,30	0,27	372	2,63 2,52	2,58	0,456 0,489	0,471	0,466 0,461	0,462	1,011 0,931	0,971	0,218	2,229	2,062
MONTMO -MO	0,24 0,44	0,34	370	2,52 2,12	2,37	0,493 0,670	0,547		0,482	1,003 0,739	0,871	0,264	2,382	1,592
KLORIT -KR		0,52	330		2,77		0,492		0,271		0,546	0,133	6,758	1,110
BIOTIT -BI	0,26 0,13	0,19	195	2,84 3,10	2,97	0,693 0,607	0,647	0,402 0,414	0,411	0,575 0,676	0,629	0,266	3,863	0,972
MUSZKOV. -MU		0,20	172	2,82 2,91	2,87	0,738 0,704	0,719	0,440 0,419	0,428	0,586 0,586	0,589	0,308	3,967	0,819
GLAUK. -GK	0,42 0,29	0,35	172	2,52 2,77	2,58	0,884 0,759	0,851	0,382 0,401	0,411	0,427 0,523	0,479	0,350	5,079	0,563
ORTOKL. -OR		-0,06	169		2,52		0,890		0,697		0,776	0,620	1,848	0,872
ALBIT -AB		-0,04	165	2,59 2,74		0,858 0,784		0,654 0,598		0,754 0,754		0,561 0,469	2,364 2,218	0,879 0,962
TUFA -TU		-0,04	145 156 145 150	2,54 2,45	2,54	0,886 0,904 0,983 0,972	0,916	0,675 0,717	0,675	0,754 0,740 0,713 0,717	0,730	0,618	2,029	0,797

$DL = f(DNE; HMC; FI2; CYTIP; MTIP; \dots)$
 $FINLM = f(FI; FITO; MAI; VMAI; FINSH; VSH; CYTIP; FLTIP; \dots)$
 $AT = f(FI; FI1; MAI; VMAI; ATSH; VSH; CYTIP; FLTIP; BCP, \dots)$
 $DE = f(FI; FITO; MAI; VMAI; DESH; VSH; CYTIP; FLTIP; \dots)$
 $RT = f(FI; FI2; RW; BA; BM; BN; SW; RSH; VSH; CYTIP; \dots)$
 $RXO = f(FI; FI2; RMF; BA; BM; BN; SXO; RSH; VSH; CYTIP; \dots)$

Alkalmazhatjuk a következő közelítéseket:

$RT = R \cdot LD = ROL; RLLD; RILD$
 $RXO = RMLL; RLLS$
 $(RI = R \cdot LS = RPLH; RPLR; RLLS; RILM)$

1. Az adatelőkészítés plotjai

Nyers vagy környezeti hatásokra korrigált szelvényeket használunk. Alkalmazzuk a következő közelítéseket: $RT = R \cdot LD$, $RXO = RMLL$; $RLLS$

A Z – változó ($PLOZ$): TG , SP , DL és más szelvény lehet.

Felhasználhatók:

- a kalibrációk ellenőrzésére;
- a hibás szelvényadatok kiszűrésére;
- a litológia, a porozitás ($FI1$, $FI2$), a rétegtartalom ($FLTIP:G$, O , W) típusának és hatásának megállapítására;
- a mátrix ($FINMA$, $ATMA$, $DEMA$), az agyag ($FINSH$, $ATSH$, $DESH$, RSH) és a fluidum (RW , RMF) jellemzők meghatározására.

Felhasználási sémákat mutatnak be az 1–4. ábrák.

2. Az előértelmezés plotjai

Környezeti hatásokra korrigált, illetve számított (áttekintő interpretáció eredményei, litho-porosity paraméterek, ...) szelvényeket használunk!

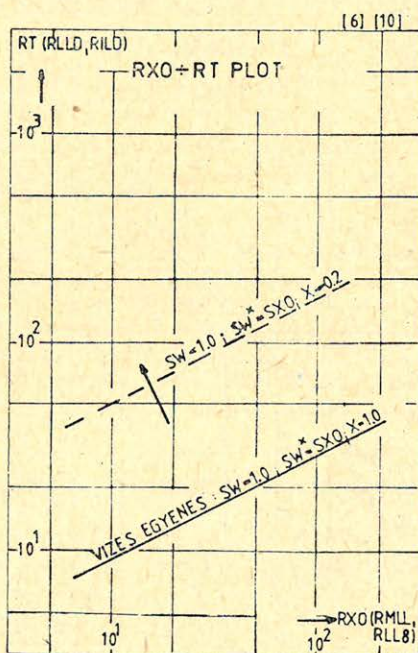
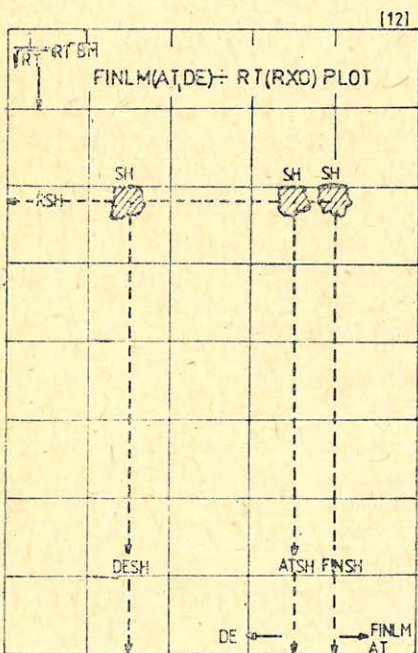
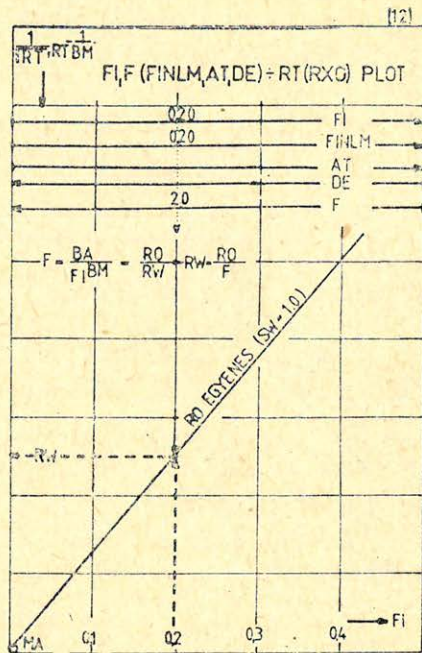
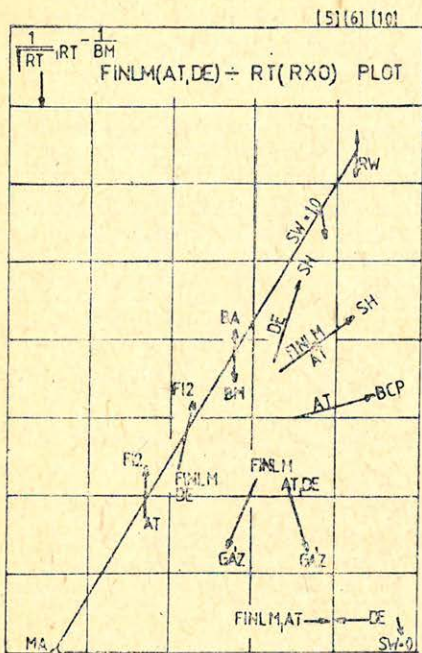
A Z -változó ($PLOZ$): TGC , ($1-JSP$), JTG és más számított szelvény ($JRSH2$; VSH ; ...) lehet.

Felhasználhatók:

- a hibás szelvényadatok további kiszűrésére;
- a kalibrációk, az alapadatok, a mátrix és agyag jellemzők pontosítására (meghatározására);
- a litológiai összetétel, a másodlagos porozitás ($FI2$) a rétegtartalom hatásának és az RW változásának megállapítására;
- az agyag és rétegtartalom elemzésére;
- az agyag típusának és a függvénykonstansok (BA , BM) meghatározására;
- a túlnyomás, illetve a kompaktációs korrekció (BCP) megítélésére.

Az agyagtartalom elemzés során:

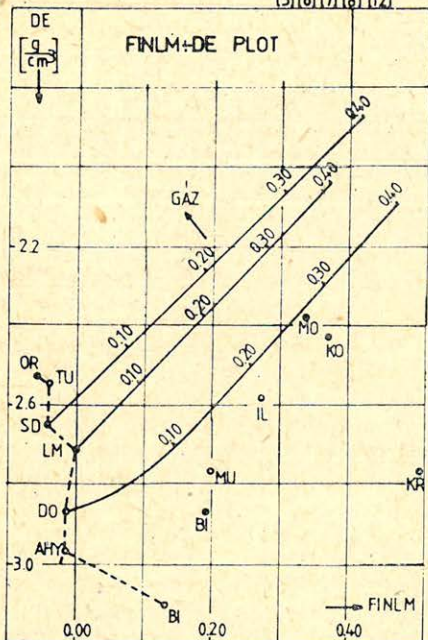
1. A különböző agyagindikátorokból kapott agyagtartalmak minimuma alapján meghatározzuk az agyagtartalmat ($VSH = VSHMN$).
2. Megvizsgáljuk az egyes agyagindikátorokból kapott agyagtartalmak és VSH kapcsolatát:



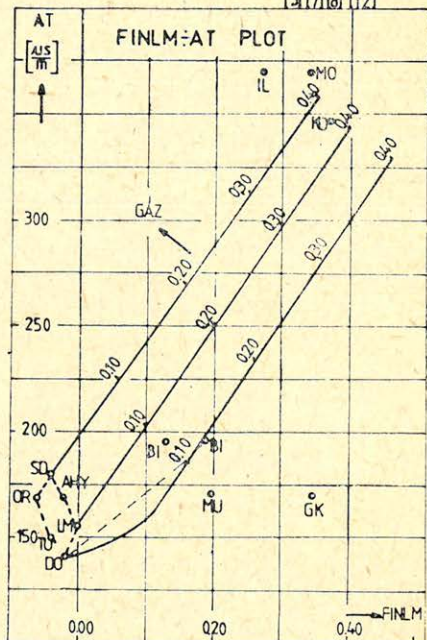
1. ábra - Puc. 1. - Fig. 1.

Geo 85/5-1

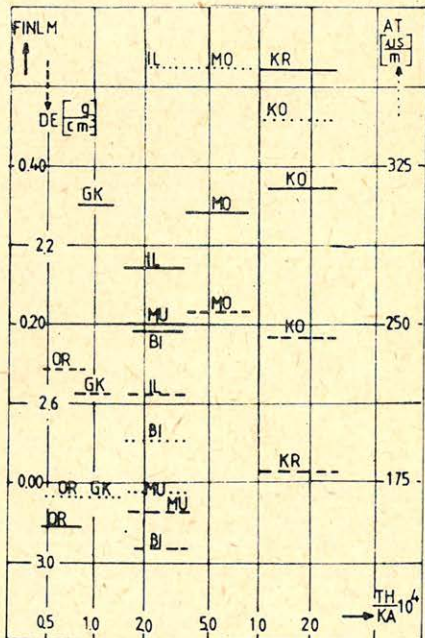
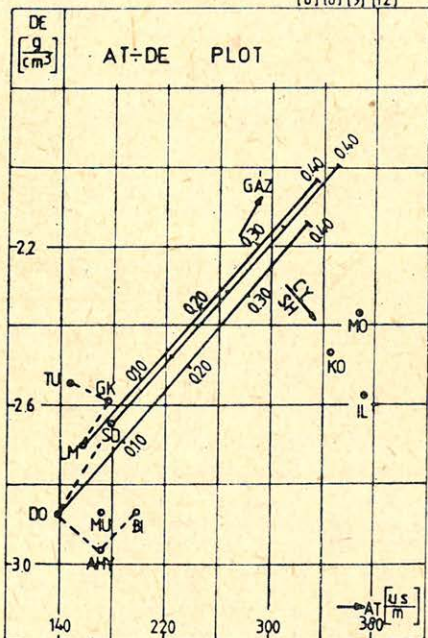
[5] [6] [7] [8] [12]



[5] [7] [8] [12]

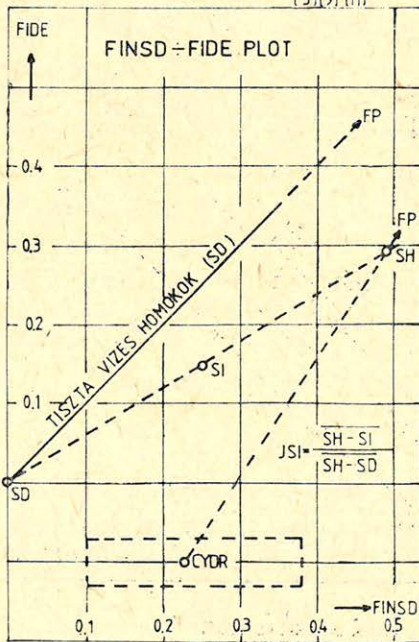
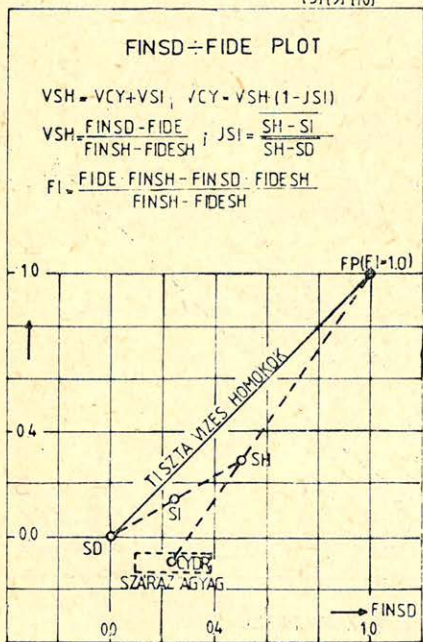
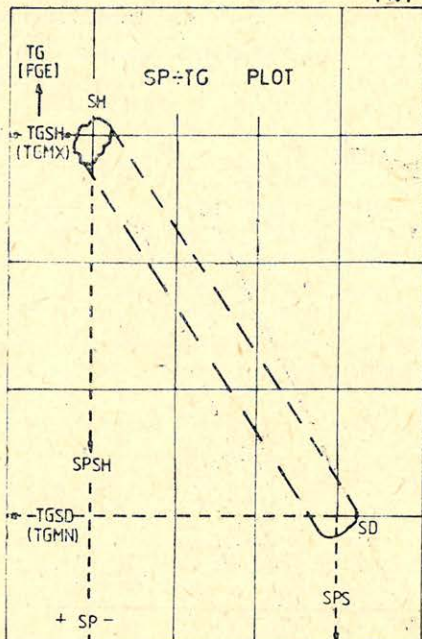
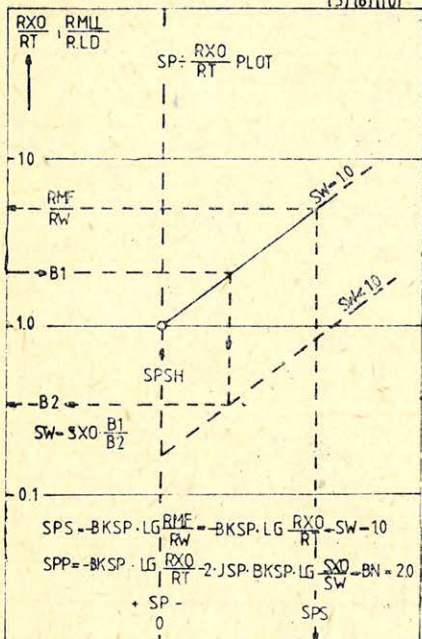


[6] [8] [9] [12]

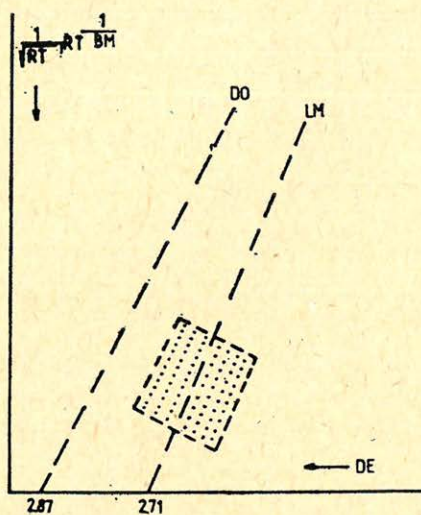


Geo 85/5-2

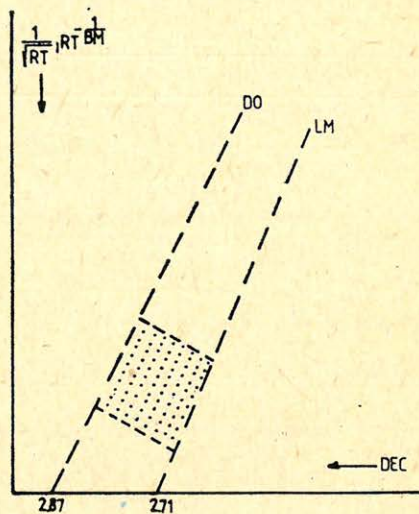
2. ábra - Puc. 2. - Fig. 2.



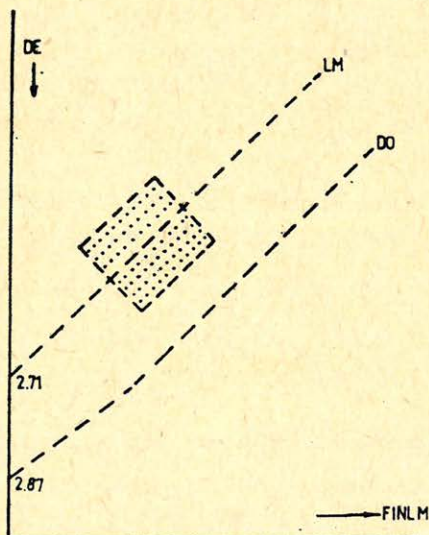
3. ábra - Puc. 3. - Fig. 3.



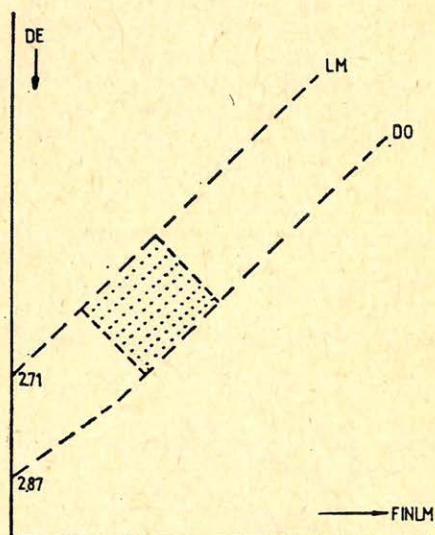
ÚJRAKALIBRÁLÁS ELŐTT



ÚJRAKALIBRÁLÁS UTÁN ($DEC = DE + \Delta DE$)



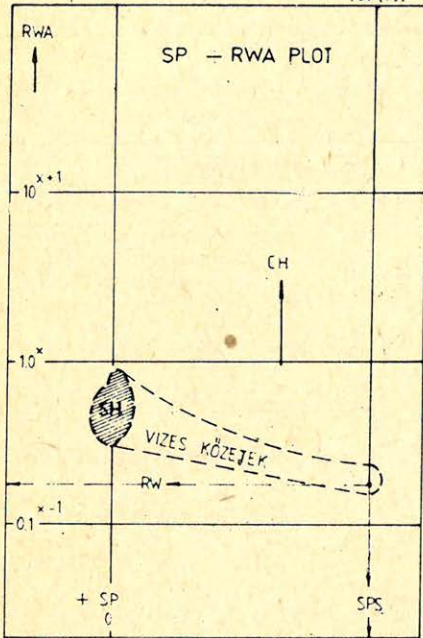
ÚJRAKALIBRÁLÁS ELŐTT



ÚJRAKALIBRÁLÁS UTÁN

Geo 85/5-4

4. ábra - Puc. 4. - Fig. 4.



ÁTTEKINTŐ INTERPRETÁCIÓ

$$RWA = \frac{R_I}{F} \quad RW = \frac{R_G}{F}$$

$$F = \frac{P}{\rho_{BM}}$$

$$FI = FINLM \neq FIAT \neq FIDE$$

$$RT = RLLD \neq RILD \neq ROL \neq RID$$

$$RT : CH \parallel SH$$

$$RWA \neq CH \parallel SH \neq FI \neq CH \parallel SH \neq FI \neq CH \parallel SH$$

$$RWA \neq CH \parallel SH \neq FIDE \neq CH \parallel SH \neq FIDE \neq CH \parallel SH$$

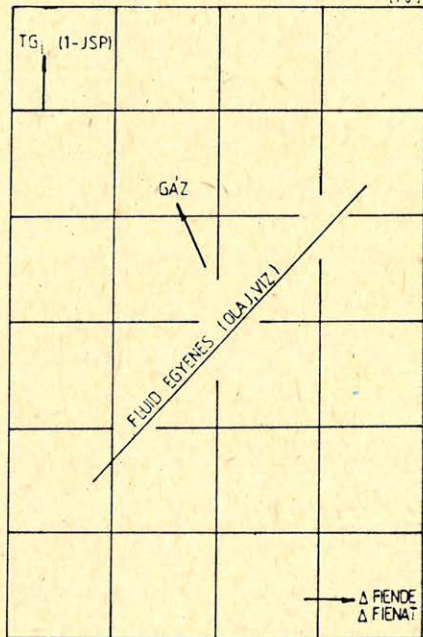
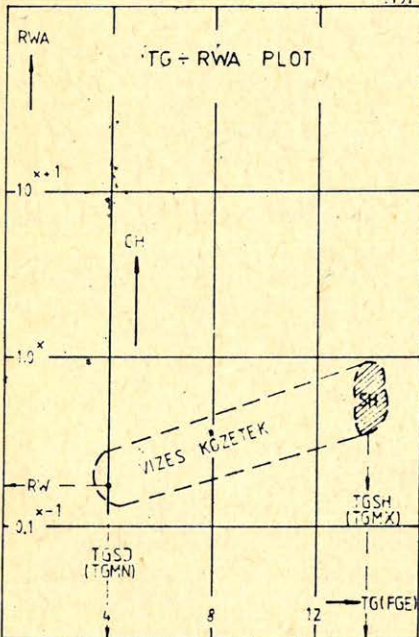
$$RW \neq CH \parallel SH \neq F \neq FI \neq FIDE \neq FINLM$$

$$\Delta FINDE = FINSD - FIDE$$

$$\Delta FIENDE = (FINSD - VSH - FINSH) - (FIDE - VSH - FIDESH)$$

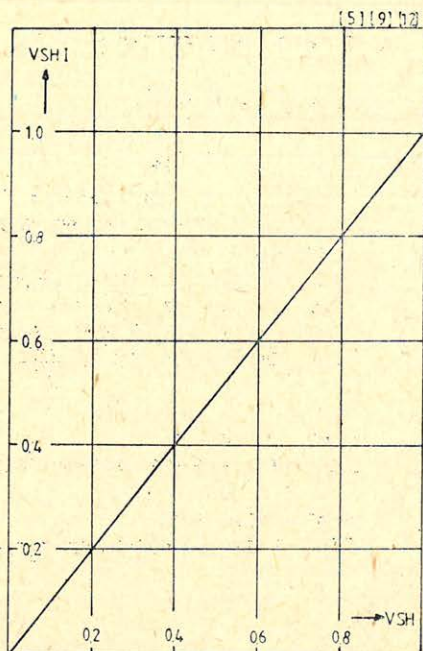
$$\Delta FIAT = FINSD - FIAT$$

$$\Delta FIENAT = (FINSD - VSH - FINSH) - (FIAT - VSH - FIATSH)$$



Geo 85/5-5

5. ábra - Puc. 5. - Fig. 5.



SHALE - AGYAGTARTALOM ELEMZÉS

$$VSH11 \Leftarrow (1 - JSP) = \left(1 - \frac{SPP}{SPS}\right)$$

$$VSH12 \Leftarrow JTG = \frac{TG - TGMN}{TGMX - TGMN}$$

$$VSH13 \Leftarrow JRSH1 = \left(\frac{RSH}{RT}\right)^{1/BRSH}$$

$$VSH14 \Leftarrow JRSH2 = \left(\frac{RSH}{RT} \cdot \frac{RTMX - RT}{RTMX - RSH}\right)^{1/BRSH}$$

$$VSH15 \Leftarrow JFINSH = \frac{FINM - FINMA}{FINSH - FINMA} = \frac{FINM}{FINSH}$$

$$VSH16 \Leftarrow JATSH = \frac{AT - ATMA}{ATSH - ATMA}$$

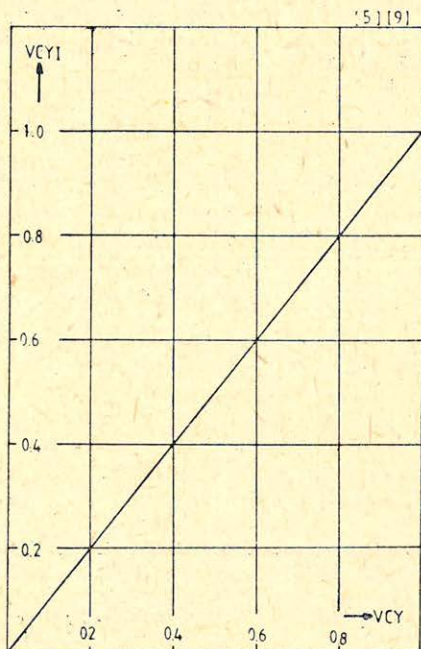
$$VSH17 \Leftarrow JDESH = \frac{DEMA - DE}{DEMA - DESE}$$

$$VSH18 \Leftarrow JFIRTSH = \frac{FIRT}{FIRTSH} = \frac{FIRT \cdot (BA \cdot RW)}{RT}$$

$$VSH19 = VSHNDE = \frac{FIN - FIDE}{FINSH - FIDESH}$$

$$VSH110 = VSHATDE = \frac{FIAT - FIDE}{FIATSH - FIDESH}$$

$$VSH = VSH1 (1-10)MN$$



CLAY - AGYAGTARTALOM ELEMZÉS

$$VCY11 \Leftarrow \frac{EL \cdot SXO \cdot (1 - JSP)}{BK1 \cdot WCY \cdot JSP}$$

$$VCY12 \Leftarrow \frac{TG \cdot DE - TGMN \cdot DE (MN)}{(JTGSI \cdot \frac{JSI}{1 - JSI} + JTGCY) \cdot DECY}$$

$$VCY13 \Leftarrow VCYNDE = \frac{FIN - FIDE}{FENCY - FIDECY}$$

$$VCY14 \Leftarrow VCYATDE = \frac{FIRT - FIDE}{FIATCY - FIDECY}$$

$$VCY15 \Leftarrow JFIRTCY = \frac{FIRT}{FIRTCY}$$

$$VCY = VCY1 (1-5)MN$$

$$VSH = VCY + VSI$$

$$JSI = \frac{VSI}{VSH}$$

$$RCY = RSH (1 - JSI)^2$$

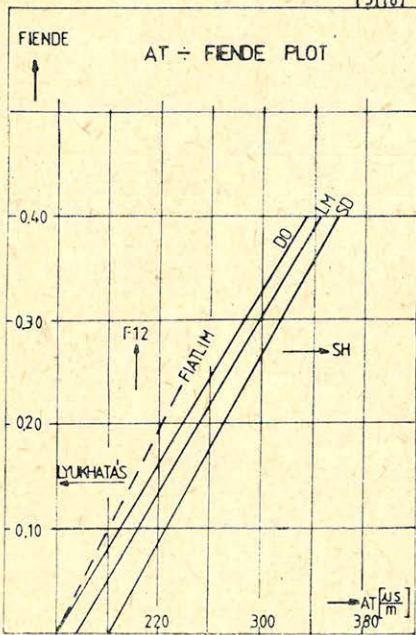
$$FENCY = FINSH (1 - JSI)$$

$$FIDECY = FIDESH \cdot (1 - JSI)$$

$$FIATCY = FIATSH \cdot (1 - JSI)$$

Geo 85/5-6

6. ábra - Puc. 6. - Fig. 6



$$FIEUDE = \frac{FIDE \cdot FINSH - FINS D \cdot FIDES H}{FINSH - FIDES H}$$

$$FIEATDE = \frac{FIDE \cdot FIATSH - FIAT \cdot FIDES H}{FIATSH - FIDES H}$$

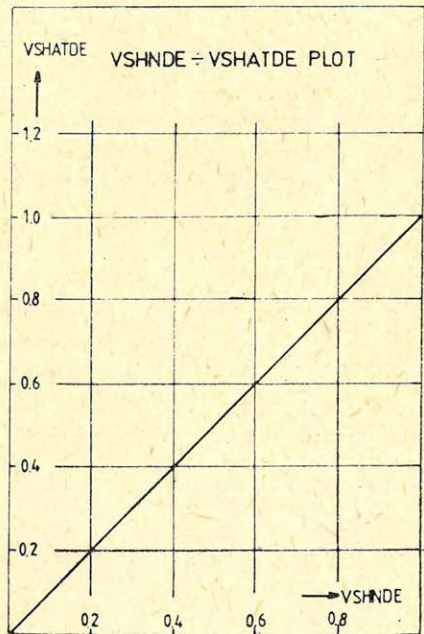
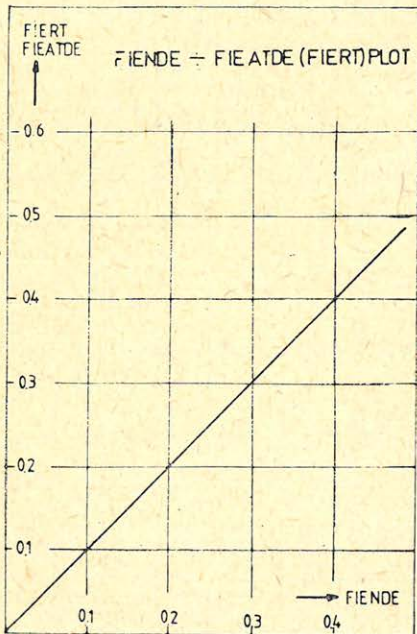
$$FIATLIM = \frac{AT - VSH \cdot ATSH - ATMA \cdot (1 - VSH)}{ATF - ATMA}$$

$$VSHNDE = \frac{FINS D - FIDE}{FINSH - FIDES H}$$

$$VSHATDE = \frac{FIAT - FIDE}{FIATSH - FIDES H}$$

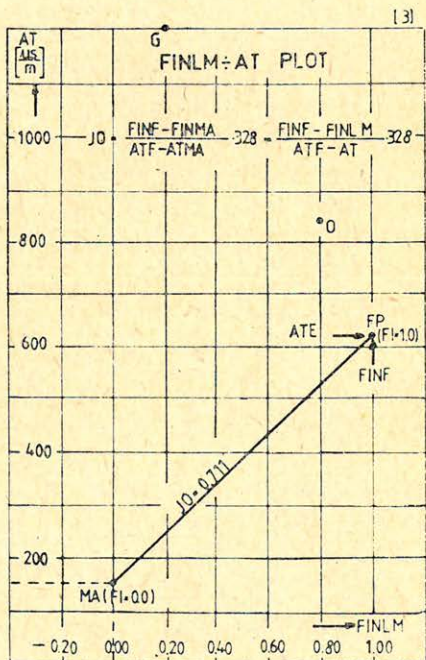
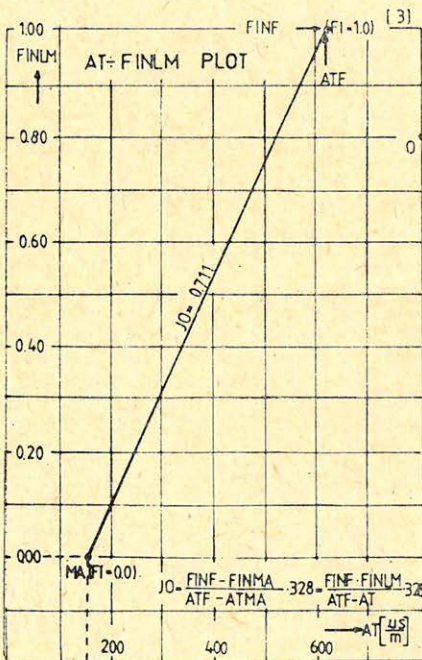
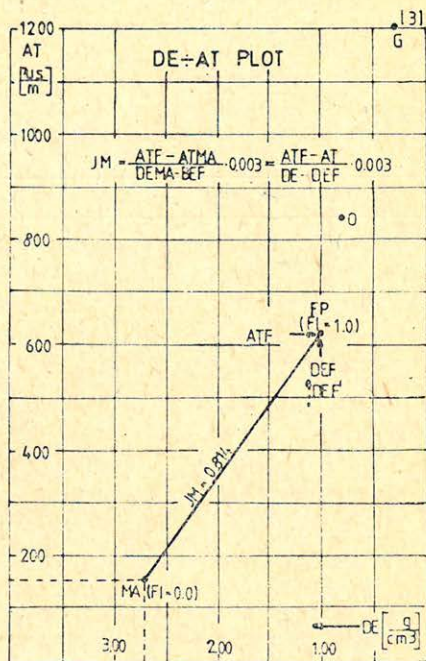
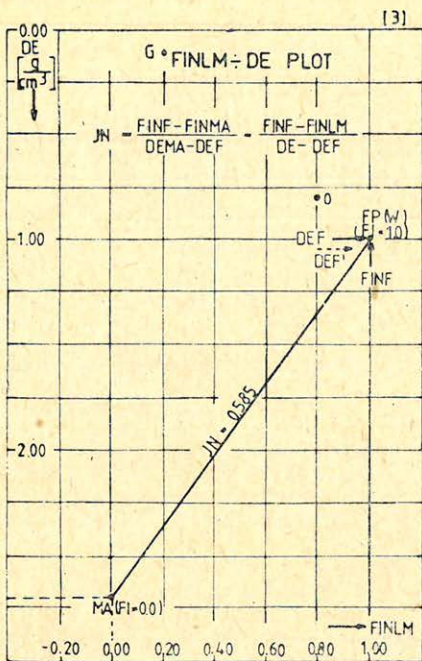
$$FIERT = \left\{ \left[\frac{1}{RT} - \frac{(1 - VSH)^2}{RSH} \right] \cdot BA \cdot RW \right\} \frac{1}{BM}$$

SCHLUMBERGER - INDONEZIAI FORMULA



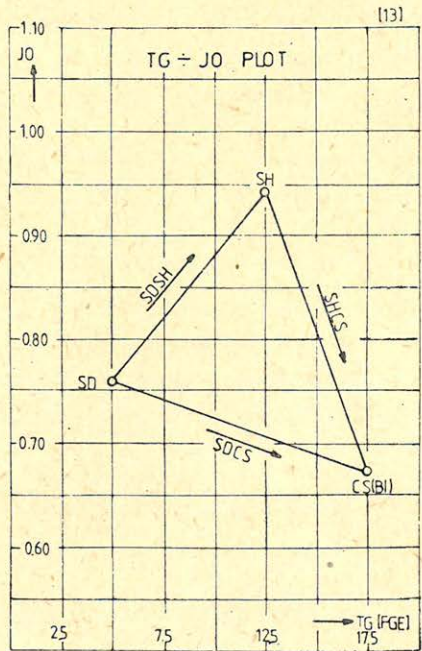
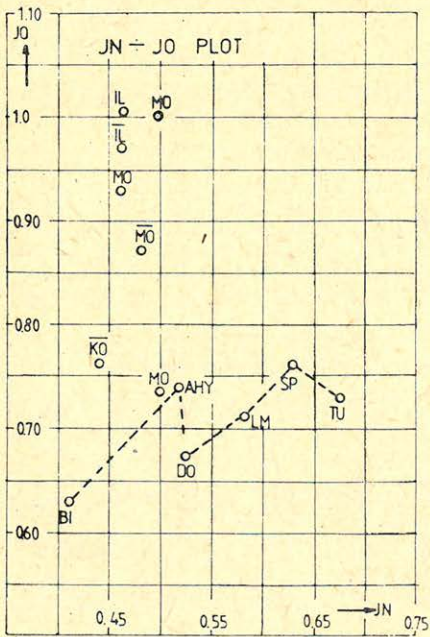
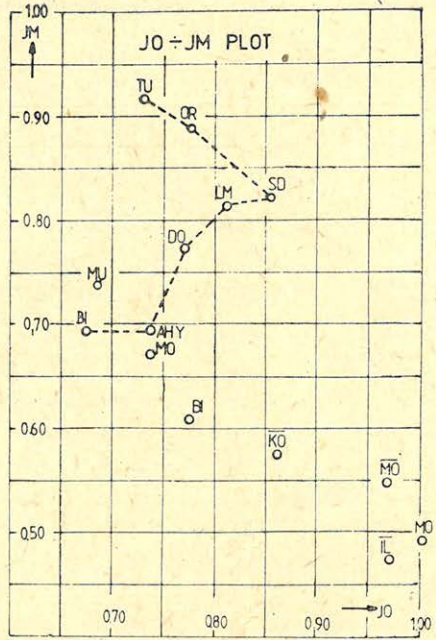
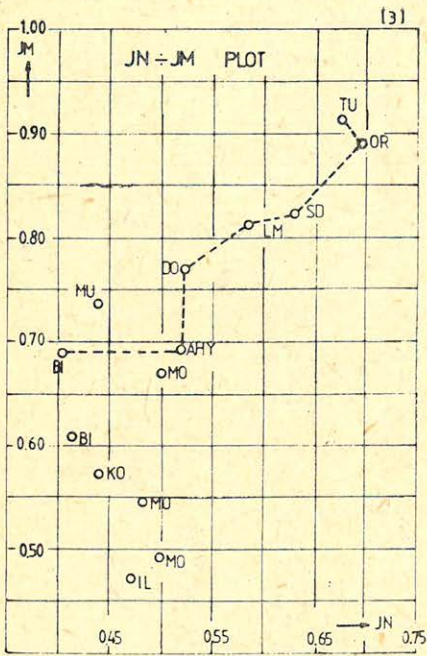
Geo 85/5-7

7. ábra - Puc. 7. - Fig. 7.



8. ábra - Puc. 8. - Fig. 8.

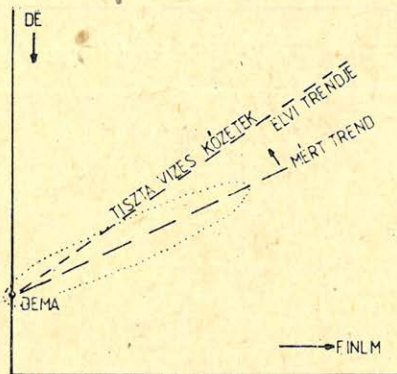
Geo 85/5-8



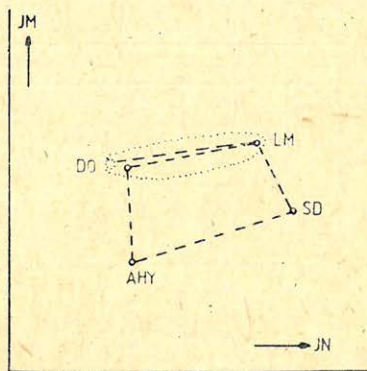
Geo 85/5-9

9. obra - Puc. 9. - Fig. 9.

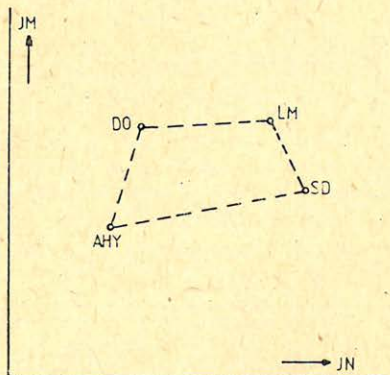
KALIBRÁCIÓS PROBLÉMÁK (12)



A TISZTA VIZES KÖZETEK (PL. HOMOKOK) TRENDJE NEM ESIK RÁ A FINLM-DE PLOT MEGFELELŐ (SD) VONALÁRA (ELHAJLIK) $FINLM_C = B \cdot FINLM$ (B KONST)



A $JN \rightarrow JM$ PLOT ELVI ÉS MÉRT PONTJA ELTÉR EGYMÁSTÓL

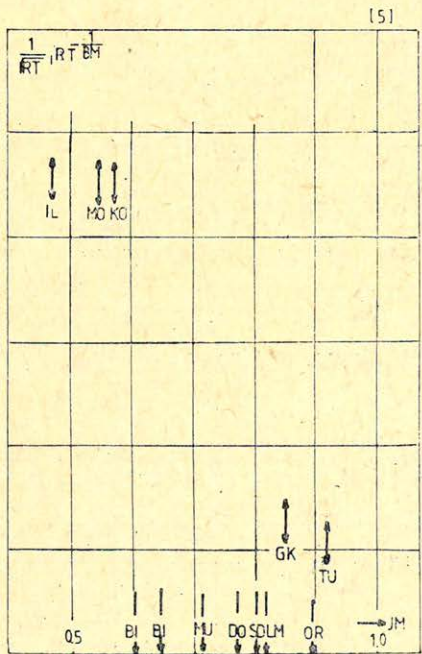
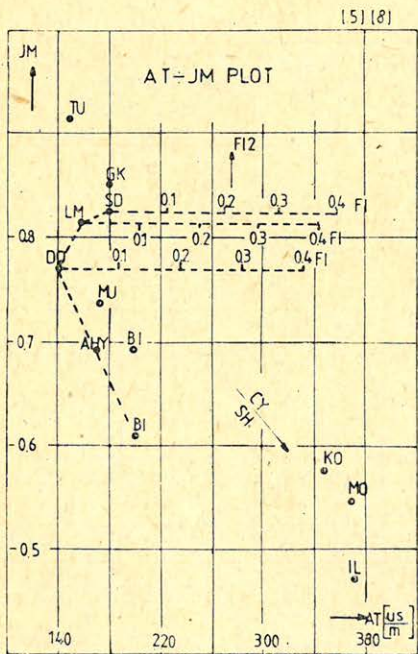
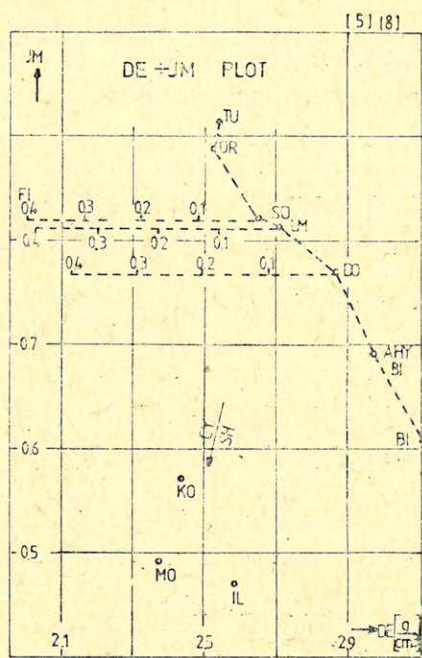
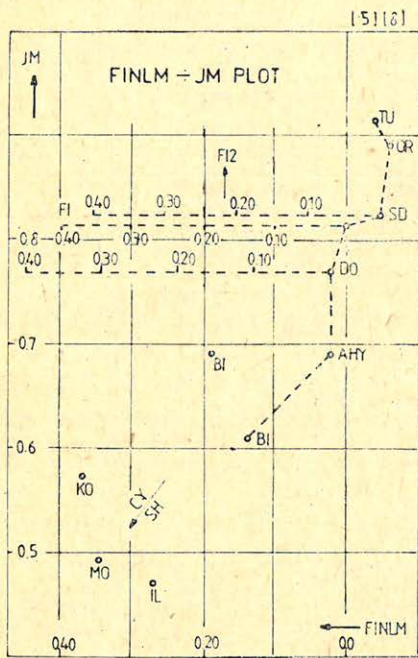


A KALIBRÁCIÓS HIBÁK AZ ÁBRÁN LÁTHATÓ IRÁNYOKBAN MOZGATJÁK A JN - JM LITHO-PŰRÖSÍTŐ PLOT PONTJAIT (EZ A HIBÁS MÁTEK ÉRTÉKEKRE IS IGAZ).

$$JM = \frac{ATF - AT}{DE - DEF} \cdot 0.003 = \frac{ATF - ATMA}{DEMA - DEF} \cdot 0.003, \quad JN = \frac{FINF - FINLM}{DE - DEF} = \frac{FINF - FINMA}{DEMA - DEF}$$

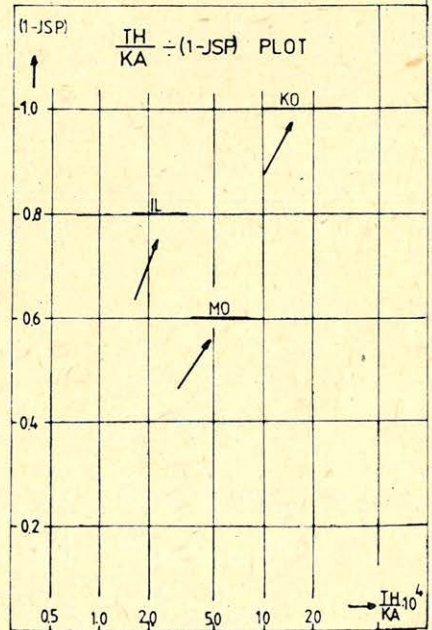
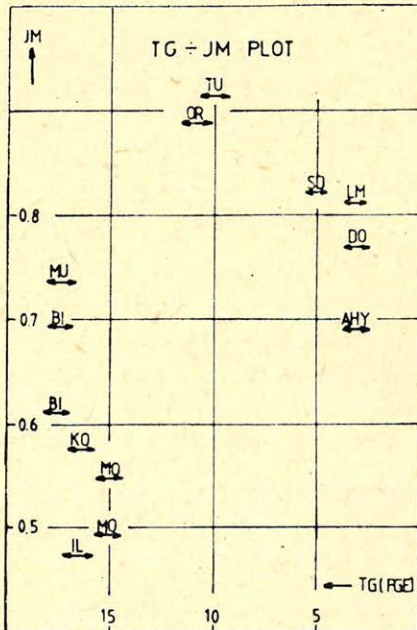
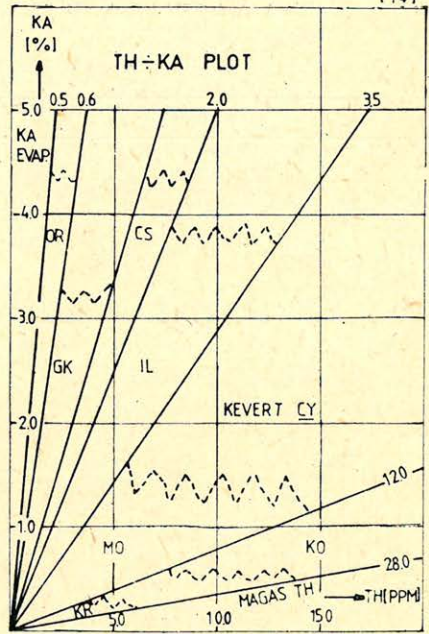
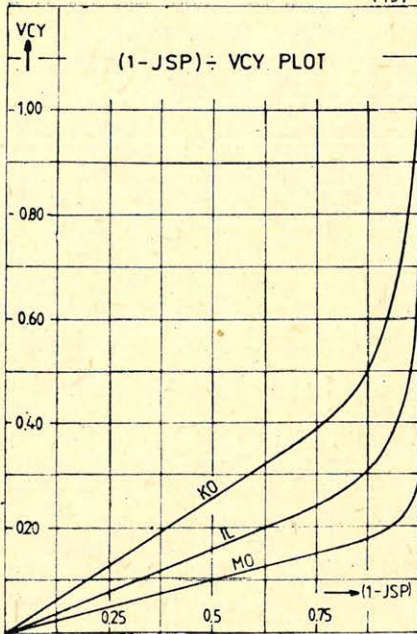
Geo 85/5 -10

10. ábra - Puc. 10. - Fig. 10

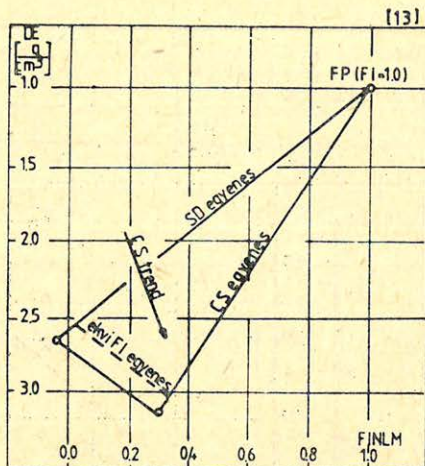


Geo 85/5-11

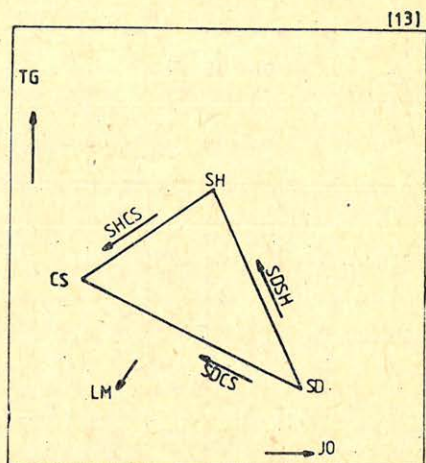
11. ábra - Puc. 11. - Fig. 11.



12. ábra - Puc. 12. - Fig. 12.

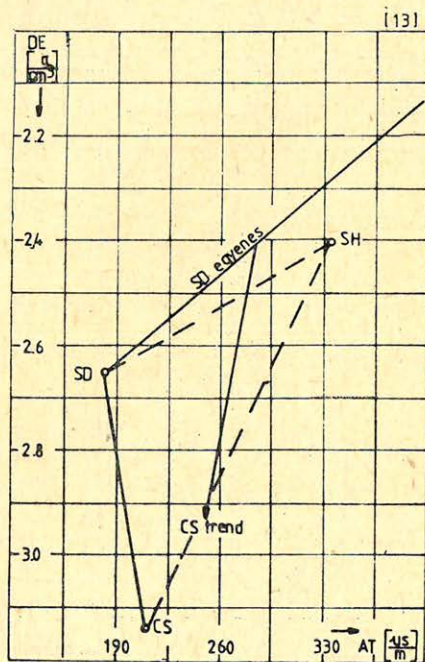
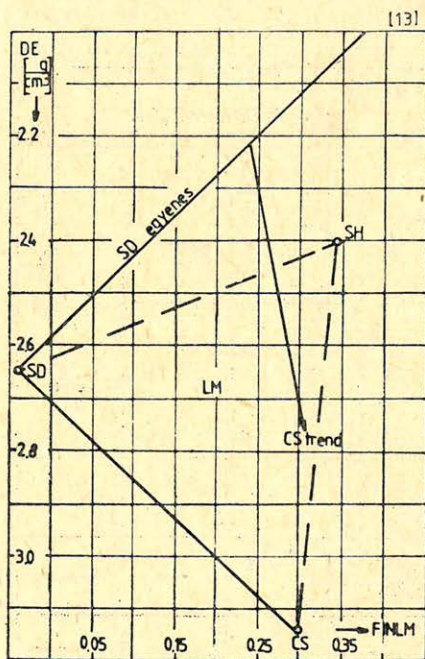


$$\begin{aligned}
 JO &= \frac{FINF - FINLM}{ATF - AT} \cdot 328 \\
 JN &= \frac{FINF - FINLM}{DE - DEF} \\
 JM &= \frac{ATF - AT}{DE - DEF} \cdot 0.003
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 & \text{JOCS} \quad \text{JOSH} \quad \text{JOSD} \\
 & \text{JNCS} \quad \text{JNSH} \quad \text{JNSD} \\
 & \text{JMCS} \quad \text{JMSH} \quad \text{JMSD}
 \end{aligned}$$

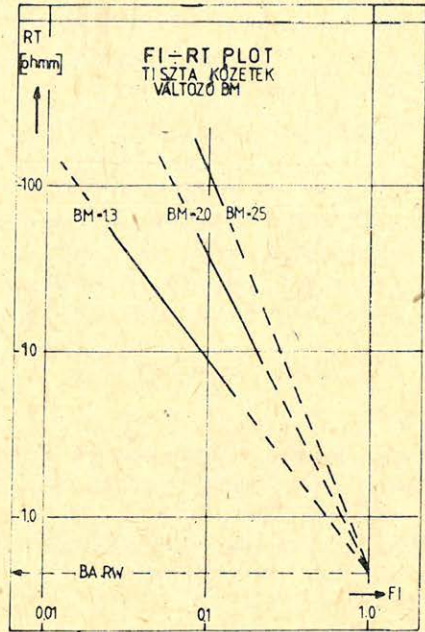
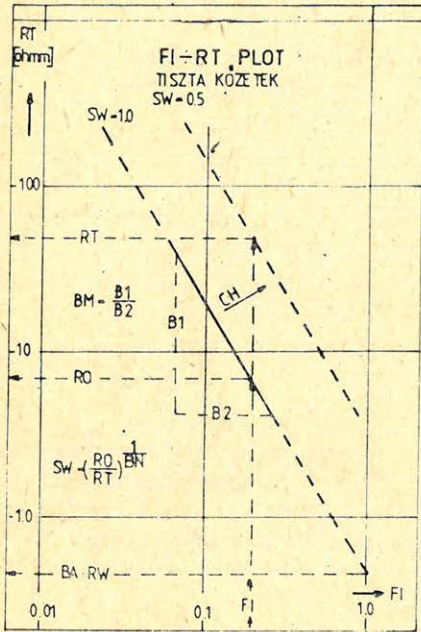
C SILLÁMOK KIMUTATÁSÁNAK PLOTJAI



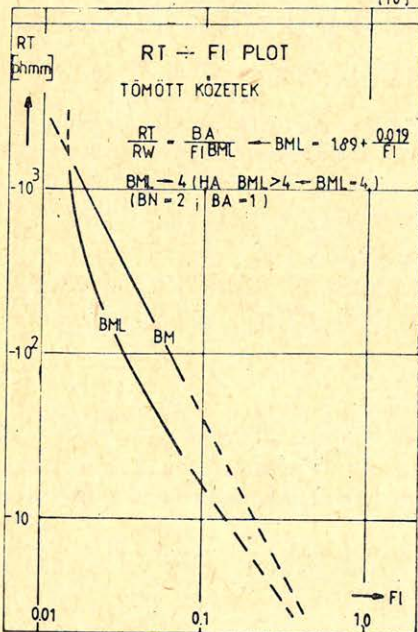
14. ábra - Puc. 14. - Fig. 14.

Geo 85/5-14

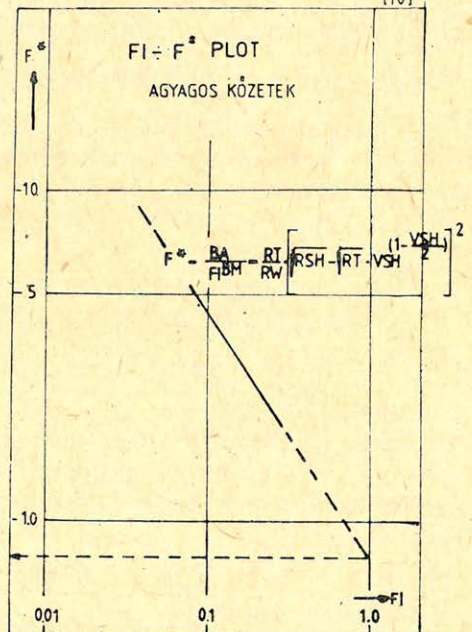
[10]



[10]



[10]



Geo 85/5-15

15. ábra - Puc. 15. - Fig. 15.

- ha egy-két agyagindikátor adja a $VSHMN$ -t, akkor valamely paraméter(-ek), konstans(-ok) hibás(-ak);
- a kavernás lyukszakaszokon a porozitás-követőkből képzett agyagindikátorok kevésbé hatékonyak;
- az SP csak megfelelő $\frac{RMF}{RW}$ kontrasztnál és az agyag típusának ismeretében válhat jó agyagindikátorrá;
- a TG akkor jó agyagindikátor, ha a kőzetmátrix nem tartalmaz gamma sugárzókat;
- a CH -s zónákban az RT -ből képzett agyagindikátorok a leghatásosabbak.

3. Az elemzés alapján valamely agyagindikátor vagy agyagindikátorok (TG, SP, \dots) hitelesítendőek az adott fúrásra vagy adott kutatási területre.

Fontos feladat a tárolókőzetek litológiai összetételének meghatározása, különösen többkomponensű kőzetmátrix esetén. E célra több porozitáskövető szelvény kombinatív felhasználásával dolgoztak ki módszereket, azonban e módszerek hatékony alkalmazását zavarólag befolyásolta a tárolókőzetek porozitásának változása, emiatt hibás interpretációk fordulhatnak elő a litológia és a porozitás meghatározásában.

E problémán segít a *litho-porosity eljárás*, amelyben bevezetik a JM, JN, JO kombinatív szelvényparamétereket, amelyek kevésbé függenek a porozitástól, döntően a litológiai változásokat érzékelik.

A litológia elemzését a „litho-paraméterek (JM, JN, JO) és kombinációik $\left(JM \cdot JN; \frac{1}{JN \cdot JO}; \frac{JO}{JM} \right)$ plotjain végezzük el.

A litológiai összetétel meghatározását (a litho-porosity plotok alapján pontosított mátrix- és agyagjellemzők ismeretében) a következő egyenletek alapján végezzük:

$$FINLM = FI \cdot FINF + VMA1 \cdot FINMA1 + VMA2 \cdot FINMA2 + VSH \cdot FINSH$$

$$AT = FI \cdot ATF + VMA1 \cdot ATMA1 + VMA2 \cdot ATMA2 + VSH \cdot ATSH$$

$$DE = FI \cdot DEF + VMA1 \cdot DEMA1 + VMA2 \cdot DEMA2 + VSH \cdot DESH$$

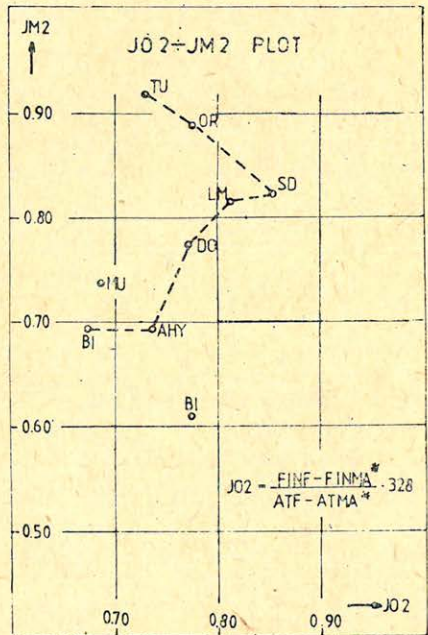
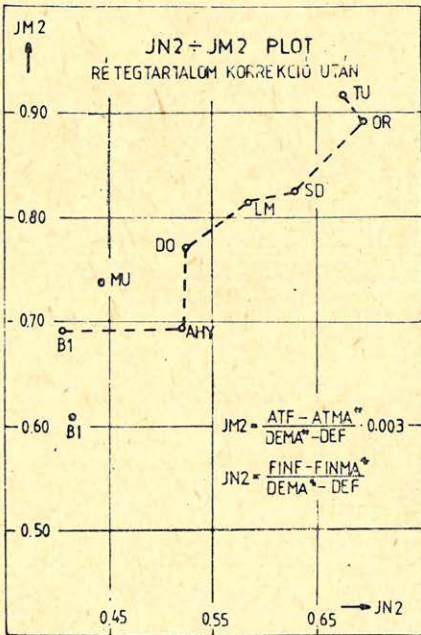
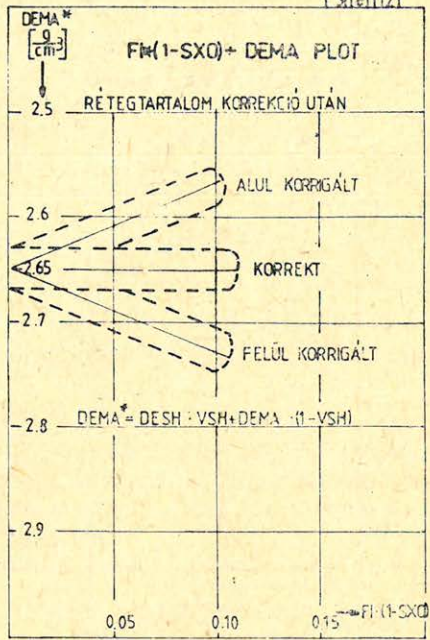
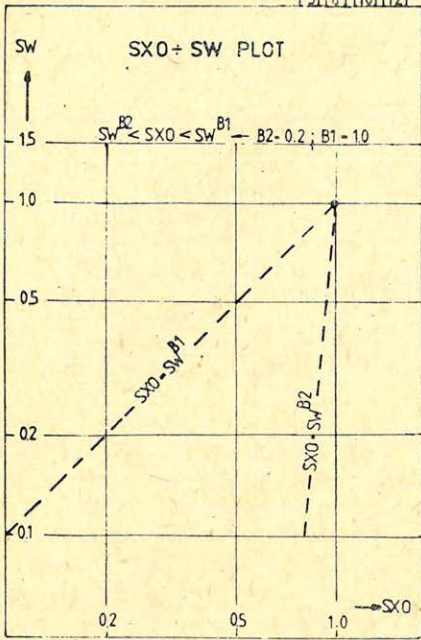
$$I = FI + VMA1 + VMA2 + VSH$$

A függvénykonstansok (BA, BM) meghatározásakor a plotok tengelyei logaritmikus léptékűek, a vízszintes tengelyen mindig a számított effektív porozitás (FI), függőlegesen pedig az alkalmazott víztelítettség formulából le származtatható formációfaktor (F, F^*) vagy azzal kapcsolatba hozható paraméter (RT .) szerepel.

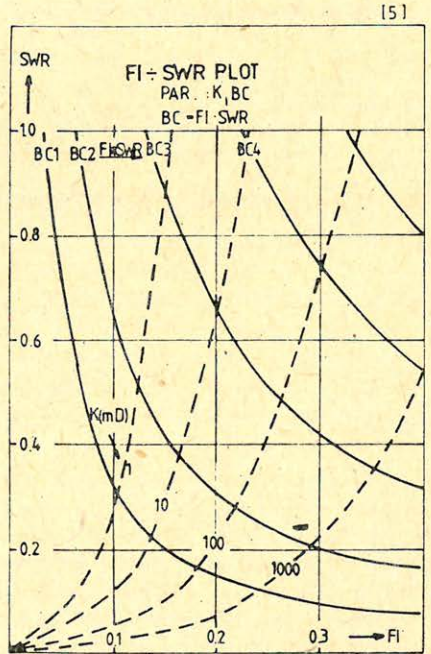
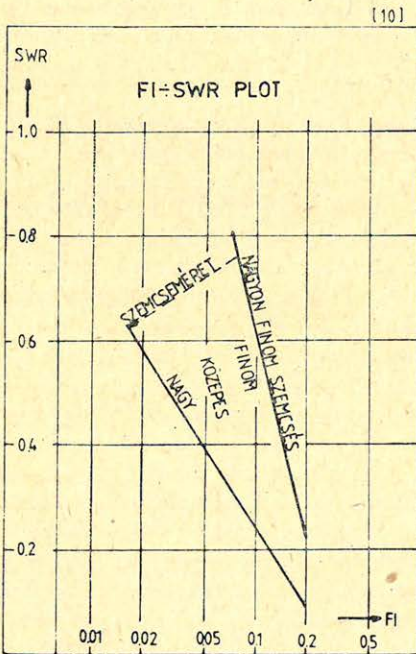
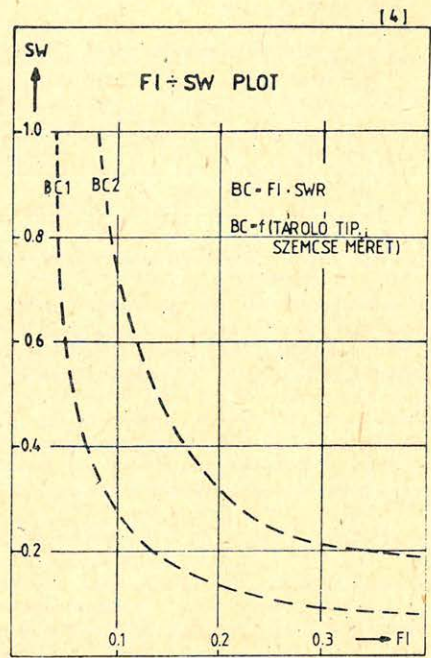
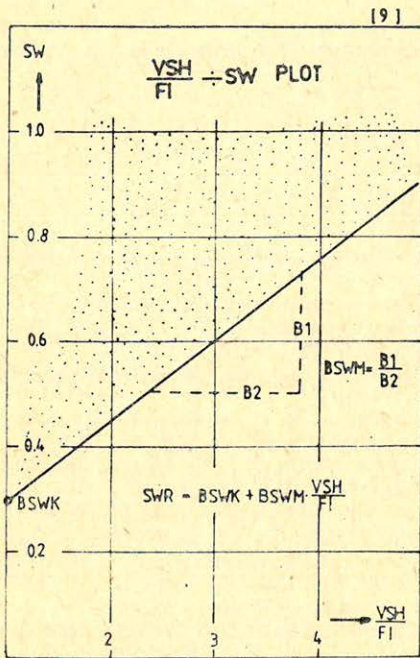
3. Az értelmezés plotjai

Számított tárolóparaméter ($FI, VSH, SW, SXO \dots$) szelvényeket használunk.

A Z -változó bármelyik számított paraméter lehet.



17. ábra — Puc. 17. — Fig. 17.



Geo 85/5 - 18

18. ábra - Puc. 18. - Fig. 18.

Felhasználhatók:

- az interpretációs modell, az agyag és rétegtartalom korrekciók, valamint az alapadatok ellenőrzésére;
- a mozgó és a kötött víz szétválasztására;
- szemcseméret és permeabilitás becslésére.

IRODALOM

- [3] *Burke, J. A. – Campbell, R. L. – Schmidt, A. W.*: The litho-porosity cross-plot, (The Log Analyst. Nov. – Dec. 1969. p. 25 – 43)
- [4] Log Interpretation Principles Vol. I, (Schlumberger Document New York, 1972.)
- [5] Log Interpretation Applications Vol. II. (Schlumberger Document. New York, 1974.)
- [6] The Essentials of log interpretation Practice. (Schlumberger France, 1972)
- [7] *Poupon, A. – Hoyle, V. R. – Schmidt, A. W.*: Log analysis in formations with complex lithologies. (Journal of Petr. Techn. August 1971. p. 995 – 1004.)
- [8] *Schmidt, A. W. – Land, A. G. – Yunker, J. D. – Kilgore, E. C.*: Applications of the CORIBAND technique to complex lithologies. (The Log Analyst. January – February, 1972.)
- [9] *Poupon, A. – Clavier, C. – Dumanoir, J. – Gaymard, R. – Misk, A.*: Log analysis of sand-shale sequences- A systematic approach. (Journ. of Petr. Techn. July, 1970.)
- [10] *Fertl, W. H.*: Open hole crossplot concepts – A powerful technique in well log analysis. (European Offshore Petroleum Conference and Exhibition. London, 24 – 27, Oct. 1978.)
- [11] *Kiss B.*: A Kőolajkutató Vállalat mélyfúrási geofizikai tevékenysége és eredményei. (Földtani Kutatás. XXVII. évf. (1984.) 2. sz. 71 – 81. old.)
- [12] *Wichl, K. – Draxler, J. K.*: Schlumberger CPI szeminárium. (Budapest, 1981.)
- [13] *Roberts, H. V. – Campbell, R. L.*: The application of CORIBAND to the micaceous jurassic sandstones of the northern North Sea basin. (The Log Analyst, Jan. – Febr. 1976.)
- [14] Log Interpretation Charts. (Schlumberger Well Services, USA. 1984.)
- [15] *Desbrandes, R.*: Theorie et interprétation des diagraphies. (Publications de l' Institut Francais du Pétrole. Paris, 1968.)
- [16] *Lavers, B. A. – Smits, L. J. M. – van Baaren, C.*: Some fundamental problems of formation evaluation in the North Sea. (The Log Analyst. January – February 1976. p. 41.)
- [17] Fiziceszkije szvojsztva gornüñ parod i paleznüh iszkopajemüñ (Szpravocsnyik Geofizika) (Nyedra. Moszkva, 1976.)
- [18] Szpravocsnyik (kadasztr) fiziceszkih szvojsztva gornüñ parod. (Nyedra. Moszkva, 1975.)
- [19] Gearhart Owen formation evaluation data handbook. (Gearhart Owen Industries. Inc. USA, TEXAS 1977 – 78.)
- [20] Metric Log Interpretation Charts (Dresser Atlas, Dresser Industries, Inc. USA 1981.)

Az energiaelnyelés hatása a szeizmikus csatornára

BÁNNÉ GYÓRI ERZSÉBET*

A kőzetek nem teljesen rugalmas viselkedése nagy mértékben megváltoztatja a szeizmikus csatorna szerkezetét, melyet korrigálni csak részben lehetséges. A cikk bemutat egy frekvenciatartománybeli módszert az energia abszorpciót figyelembe vevő szintetikus szeizmikus csatorna számítására a konstans Q modell feltételezésével. A bemutatott algoritmus alapján elkészült modellszámítások segítségével összehasonlíthatók a rugalmas és a viszkóelasztikus közegekre számított szintetikus szeizmikus csatornák. Végül a cikk bemutatja, hogy az abszorpció miatt milyen torzulások léphetnek fel a visszaállított pszeudo-akusztikus impedancia csatornában.

Отличие свойств пород от идеальной упругости изменяет строение сейсмического канала, что может быть скорректировано только частично. В работе представлен метод расчета сейсмического канала внутри некоторого интервала частот, учитывающий поглощение энергии и предполагающий о модели постоянным. С помощью модельных расчетов по указанному алгоритму можно сравнить синтетические сейсмические каналы, рассчитанные для упругих и вязко-упругих сред. В работе также показано, какие искажения могут возникнуть из-за поглощения в репродуцированных каналах псевдо-акустического импеданса.

The viscoelasticity of rocks changes the structure of the seismic trace in a high degree, which can be corrected partially only. The paper describes a method for the computation of synthetic seismic traces in the frequency domain for an absorbing medium assuming the constant Q model.

Synthetic seismograms, obtained by the algorithm, for elastic and viscoelastic media are compared. It is shown what kind of distortions can appear in the seislog channels due to the attenuation.

Bevezetés

Az utóbbi években több új módszer és eljárás alakult ki a szeizmikus kutatásban. Ezek helyes alkalmazásához egyre jobban meg kell ismernünk a szeizmikus hullámterjedést befolyásoló tényezőket is.

A kőzeteket a hullámterjedés szempontjából a következő fizikai mennyiségekkel jellemezhetjük: a sebességgel, sűrűséggel és az energiaelnyelés mértékével. Főként a sebesség és a sűrűség változásai alapján alakulnak ki a reflektált, ill. a refraktált hullámok. A két mennyiség közül a sűrűség változásait gyakran elhanyagolják, mivel ennek relatív változásai jóval kisebbek a sebességénél.

Ezekon kívül az utóbbi években egyre fontosabbá vált az energiaelnyelés hatásának a vizsgálata is. Az energiaelnyelés mértékének, a szeizmikus csatorna szerkezetére való hatásának a vizsgálata egyrészt a valódi amplitúdójú feldolgozásban, az amplitúdócsökkenés helyes korrigálásában fontos. Másrészt az abszorpció mértékét mint litológiai paramétert is használhatnánk, ugyanis a különböző kőzetek abszorpciós jellemzőinek a változása meghaladja a sebességét is. A sebességgel történő együttes interpretációja pedig mindenképp javítaná ismereteink minőségét. Például sebességsillapítás-diagramok alapján litológiai osztályozás válik lehetővé, amint erre Magyarországon is folynak kísérletek (Gombár L., 1983.). Az abszorpciós paraméterek felhasználását azonban igen megnehezíti a mérésének bonyolultsága. Az utóbbi években Magyarországon is előtérbe kerültek az akusztikus karotázs és a VSP mérésekkel kapcsolatos kutatások, és talán majd ezeknek a méréseknek az alkalmazása lehetővé teszi az abszorpció meghatározásának a fejlődését is.

* ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest

Felhasználhatók:

- az interpretációs modell, az agyag és rétegtartalom korrekciók, valamint az alapadatok ellenőrzésére;
- a mozgó és a kötött víz szétválasztására;
- szemcseméret és permeabilitás becslésére.

IRODALOM

- [3] *Burke, J. A. – Campbell, R. L. – Schmidt, A. W.*: The litho-porosity cross-plot, (The Log Analyst. Nov. – Dec. 1969. p. 25 – 43)
- [4] Log Interpretation Principles Vol. I, (Schlumberger Document New York, 1972.)
- [5] Log Interpretation Applications Vol. II. (Schlumberger Document. New York, 1974.)
- [6] The Essentials of log interpretation Practice. (Schlumberger France, 1972)
- [7] *Poupon, A. – Hoyle, V. R. – Schmidt, A. W.*: Log analysis in formations with complex lithologies. (Journal of Petr. Techn. August 1971. p. 995 – 1004.)
- [8] *Schmidt, A. W. – Land, A. G. – Yunker, J. D. – Kilgore, E. C.*: Applications of the CORIBAND technique to complex lithologies. (The Log Analyst. January – February, 1972.)
- [9] *Poupon, A. – Clavier, C. – Dumanoir, J. – Gaymard, R. – Misk, A.*: Log analysis of sand-shale sequences- A systematic approach. (Journ. of Petr. Techn. July, 1970.)
- [10] *Fertl, W. H.*: Open hole crossplot concepts – A powerful technique in well log analysis. (European Offshore Petroleum Conference and Exhibition. London, 24 – 27, Oct. 1978.)
- [11] *Kiss B.*: A Kőolajkutató Vállalat mélyfúrású geofizikai tevékenysége és eredményei. (Földtani Kutatás. XXVII. évf. (1984.) 2. sz. 71 – 81. old.)
- [12] *Wichl, K. – Draxler, J. K.*: Schlumberger CPI szeminárium. (Budapest, 1981.)
- [13] *Roberts, H. V. – Campbell, R. L.*: The application of CORIBAND to the micaceous jurassic sandstones of the northern North Sea basin. (The Log Analyst, Jan. – Febr. 1976.)
- [14] Log Interpretation Charts. (Schlumberger Well Services, USA. 1984.)
- [15] *Desbrandes, R.*: Theorie et interprétation des diagraphies. (Publications de l' Institut Francais du Pétrole. Paris, 1968.)
- [16] *Lavers, B. A. – Smits, L. J. M. – van Baaren, C.*: Some fundamental problems of formation evaluation in the North Sea. (The Log Analyst. January – February 1976. p. 41.)
- [17] Fiziceszkije szvojsztva gornüi parod i paleznüh iszkopajemüi (Szpravocsnyik Geofizika) (Nyedra. Moszkva, 1976.)
- [18] Szpravocsnyik (kadasztr) fiziceszkih szvojsztva gornüi parod. (Nyedra. Moszkva, 1975.)
- [19] Gearhart Owen formation evaluation data handbook. (Gearhart Owen Industries. Inc. USA, TEXAS 1977 – 78.)
- [20] Metric Log Interpretation Charts (Dresser Atlas, Dresser Industries, Inc. USA 1981.)

Az energiaelnyelés hatása a szeizmikus csatornára

B Á N N É G Y Ó R I E R Z S É B E T *

A kőzetek nem teljesen rugalmas viselkedése nagy mértékben megváltoztatja a szeizmikus csatorna szerkezetét, melyet korrigálni csak részben lehetséges. A cikk bemutat egy frekvenciatartománybeli módszert az energia abszorpciót figyelembe vevő szintetikus szeizmikus csatorna számítására a konstans Q modell feltételezésével. A bemutatott algoritmus alapján elkészült modellszámítások segítségével összehasonlíthatók a rugalmas és a viszkoeelasztikus közegekre számított szintetikus szeizmikus csatornák. Végül a cikk bemutatja, hogy az abszorpció miatt milyen torzulások léphetnek fel a visszaállított pszeudo-akusztikus impedancia csatornában.

Отличие свойств пород от идеальной упругости изменяет строение сейсмического канала, что может быть скорректировано только частично. В работе представлен метод расчета сейсмического канала внутри некоторого интервала частот, учитывающий поглощение энергии и предполагающий о модели постоянным. С помощью модельных расчетов по указанному алгоритму можно сравнить синтетические сейсмические каналы, рассчитанные для упругих и вязко-упругих сред. В работе также показано, какие искажения могут возникнуть из-за поглощения в репродуцированных каналах псевдо-акустического импеданса.

The viscoelasticity of rocks changes the structure of the seismic trace in a high degree, which can be corrected partially only. The paper describes a method for the computation of synthetic seismic traces in the frequency domain for an absorbing medium assuming the constant Q model.

Synthetic seismograms, obtained by the algorithm, for elastic and viscoelastic media are compared. It is shown what kind of distortions can appear in the seislog channels due to the attenuation.

Bevezetés

Az utóbbi években több új módszer és eljárás alakult ki a szeizmikus kutatásban. Ezek helyes alkalmazásához egyre jobban meg kell ismernünk a szeizmikus hullámterjedést befolyásoló tényezőket is.

A kőzeteket a hullámterjedés szempontjából a következő fizikai mennyiségekkel jellemezhetjük: a sebességgel, sűrűséggel és az energiaelnyelés mértékével. Főként a sebesség és a sűrűség változásai alapján alakulnak ki a reflektált, ill. a refraktált hullámok. A két mennyiség közül a sűrűség változásait gyakran elhanyagolják, mivel ennek relatív változásai jóval kisebbek a sebességénél.

Ezekon kívül az utóbbi években egyre fontosabbá vált az energiaelnyelés hatásának a vizsgálata is. Az energiaelnyelés mértékének, a szeizmikus csatorna szerkezetére való hatásának a vizsgálata egyrészt a valódi amplitúdójú feldolgozásban, az amplitúdócsökkenés helyes korrigálásában fontos. Másrészt az abszorpció mértékét mint litológiai paramétert is használhatnánk, ugyanis a különböző kőzetek abszorpciós jellemzőinek a változása meghaladja a sebességét is. A sebességgel történő együttes interpretációja pedig mindenképp javítaná ismereteink minőségét. Például sebességszillapítás-diagramok alapján litológiai osztályozás válik lehetővé, amint erre Magyarországon is folynak kísérletek (Gombár L., 1983.). Az abszorpciós paraméterek felhasználását azonban igen megnehezíti a mérésének bonyolultsága. Az utóbbi években Magyarországon is előtérbe kerültek az akusztikus karotázs és a VSP mérésekkel kapcsolatos kutatások, és talán majd ezeknek a méréseknek az alkalmazása lehetővé teszi az abszorpció meghatározásának a fejlődését is.

* ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest

A kiterjedt kutatások ellenére az energiaelnyelődés mechanizmusa még ma sem teljesen ismert. A hullámok energiacsökkenése több tényezőre vezethető vissza:

- geometriai szóródás
- kis méretű inhomogenitásokon történő szóródás
- transzmissziós veszteségek
- termorugalmas hatás
- a pórusokban található folyadék mozgásával kapcsolatos veszteségek
- belső súrlódás

Egy nem tökéletesen rugalmas közeg az α abszorpciós koefficienssel, a Q minőségi tényezővel és a δ logaritmikus dekrementummal jellemezhető. A három mennyiség között kölcsönösen egyértelmű kapcsolat van:

$$Q = \frac{\pi f}{\alpha V} = \frac{\pi}{\delta} \quad (1)$$

Egy nem teljesen rugalmas közegben x irányban terjedő síkhullám amplitúdója a távolsággal csökken.

$$A(x, t, f) = A_0 e^{-\alpha(f)x} e^{i(kx - \omega t)} \quad (2)$$

A csökkenés mértékét a frekvenciafüggő $\alpha(f)$ abszorpciós koefficienssel jellemezzük. Az α frekvenciafüggéséről nagyon sok tanulmány jelent meg a szakirodalomban (*McDonald et al, 1958; Attewell and Ramana, 1966; Tullios and Reid, 1969; Pandit and Savage, 1973; Johnston et al, 1979; Kjartansson 1979; Winkler and Nur, 1980; stb.*), és elég általánosan elfogadott nézet, hogy egy szűkebb frekvencia tartományban (mint például a szeizmikus frekvenciatartományban) lineárisnak tekinthető. Ezzel ekvivalens, hogy a Q minőségi tényező gyakorlatilag konstans, frekvencia független mennyiség.

Szintetikus szeizmogram számítása abszorbeáló közegben

A csillapítás hatása a szeizmikus csatornára több tényezőben is megnyilvánul. Ezek: az amplitúdócsökkenés, a spektrum eltolódása az alacsonyabb frekvenciák felé, a határokon lejátszódó jelenségek módosulása. Ahhoz, hogy ezeket a jelenségeket megvizsgáljuk, fontos eszköz számunkra szintetikus szeizmogramok készítése. A szintetikus szeizmikus csatornák számítására mind idő-, mind frekvencia tartományban több módszer létezik. A csillapítás figyelembevétele a frekvenciatartományban valósítható meg könnyebben, bár komplex aritmetikai számítógép szubrutinok használatát igényli.

Egy ilyen módszer bemutatására tekintsünk egy vertikálisan terjedő longitudinális síkhullámot. Ekkor a hullámegyenlet alakja a következő

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = C^2 \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \quad (3)$$

ahol w a részecskeelmozdulás, C komplex sebesség, melynek alakja $C = V + iv$. A (3) egyenlet megoldása lefelé haladó síkhullám esetén:

$$w = w_0 e^{i\omega(t-z/C)} = w_0 e^{i\omega(t-z(V-iv)/(V^2+v^2))}. \quad (4)$$

Tételezzük fel, hogy $v^2 \ll V^2$, emiatt a (3) kifejezés egyszerűsíthető:

$$w = w_0 e^{i\omega(t-z/V)} e^{-\omega V z/V^2} = w_0 e^{-\alpha z} e^{i\omega(t-z/V)} \quad (5)$$

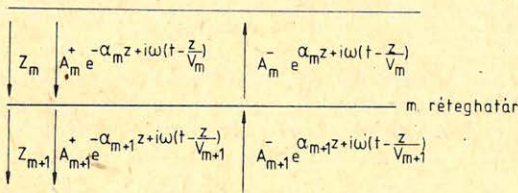
ahol $\alpha = \frac{\omega v}{V^2}$. Az (5) kifejezés a távolsággal a frekvencia első hatványa szerint csillapodó hullámot ír le (szilárd, sűrűlő modell). Az α és a Q közötti összefüggés alapján meghatározhatjuk a sebesség imaginárius részének nagyságát:

$$\alpha = \frac{\pi f}{Q V} = \frac{\omega v}{V^2} \quad (6)$$

$$\frac{1}{Q} = \frac{2v}{V} \quad (7)$$

A Q minőségi tényező és a V terjedési sebesség ismeretében tehát v , vagyis a C komplex sebesség képzetes része meghatározható.

Vizsgáljunk meg most két szomszédos réteget, és tételezzük fel, hogy mindkettőben van felfelé jövő A^- és lefelé haladó A^+ hullámunk. Felírhatók a határfeltételi egyenletek azzal a konvencióval, hogy A_m^- , illetve A_m^+ amplitúdókat az m . réteg legfelső pontjában mértük. Az m . réteg vastagsága Z_m . A rétegekben terjedő hullámok amplitúdóit az 1. ábra mutatja. Az elmozdulás és a feszültség minden réteghatárnál folytonos.



1. ábra. Részecske elmozdulások két szomszédos rétegben

Рис. 1. Смещение частиц в двух соседних слоях.

Fig. 1. Displacements in two neighbouring layers

Az elmozdulás folytonossága az m . réteghatáron:

$$A_m^+ e^{-\alpha_m Z_m - i\omega Z_m/V_m} + A_m^- e^{+\alpha_m Z_m + i\omega Z_m/V_m} = A_{m+1}^+ + A_{m+1}^- \quad (8)$$

A feszültség folytonossága az m . réteghatáron:

$$C_m^2 \varrho_m \left(\frac{\partial w_m}{\partial z} \right)_{z=Z_m} = C_{m+1}^2 \varrho_{+1} \left(\frac{\partial w_{m+1}}{\partial z} \right)_{z=0} \quad (9)$$

Behelyettesítve a w_m fel és lefelé haladó hullámokban kialakuló részecske elmozdulásokat:

$$C_m^2 \varrho_m [A_m^+ (-\alpha_m - i\omega/V_m) e^{-\alpha_m Z_m - i\omega Z_m/V_m} + A_m^- (\alpha_m + i\omega/V_m) e^{+\alpha_m Z_m + i\omega Z_m/V_m}] = C_{m+1}^2 \varrho_{m+1} [A_{m+1}^+ (-\alpha_{m+1} - i\omega/V_{m+1}) + A_{m+1}^- (\alpha_{m+1} + i\omega/V_{m+1})] \quad (10)$$

A q és a K_m mennyiségek bevezetésével a (8) és a (10) egyenletek leegyszerűsödnek.

$$q = e^{-\alpha_m Z_m - i\omega Z_m / V_m} \quad (11)$$

$$K_m = \frac{\alpha_{m+1} + \frac{i\omega}{V_{m+1}}}{\alpha_m + \frac{i\omega}{V_m}} \cdot \frac{C_{m+1}^2 \varrho_{m+1}}{C_m^2 \varrho_m} \quad (12)$$

$$A_{m+1}^+ q + A_m^- / q = A_{m+1}^+ + A_m^- \quad (13)$$

$$-A_{m+1}^+ q + A_m^- / q = K_m (-A_{m+1}^+ + A_m^-) \quad (14)$$

Ha bevezetjük a következő jelöléseket:

$$R_m = \frac{A_m^-}{A_m^+} \quad R_{m+1} = \frac{A_{m+1}^-}{A_{m+1}^+}$$

és elosztjuk a (13) egyenletet a (14)-gyel, rövid átalakítások után kapjuk:

$$R_m = q^2 \cdot \frac{R_{m+1} + r_m}{1 + R_{m+1} r_m} \quad (15)$$

ahol

$$r_m = \frac{1 - K_m}{1 + K_m} \quad (16)$$

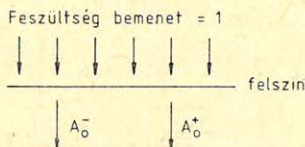
Mivel feltételeztük, hogy $v^2 \ll V^2$ és $\alpha = \frac{\omega v}{V^2}$, K_m (12) kifejezését egyszerűsíthetjük.

$$K_m = \frac{(V_{m+1} + i v_{m+1}) \varrho_{m+1}}{(V_m + i v_m) \varrho_m} \quad (17)$$

A (17)-ből látható, hogy K_m a komplex akusztikus impedanciák hányadosa és r_m a komplex reflexiós koefficiens az m . réteghatárnál, és a (15) egyenlet adja az általános iterációs formulát.

Hátra van még a felszín elmozdulásának problémája (2. ábra). Mivel a felső réteg szabad, és a felszínen a forrásból eredő feszültség egységnyinek választható:

$$-A_0^+(i\omega/V_0) + A_0(i\omega/V_0) + 1 = 0. \quad (18)$$



2. ábra. Felszíni határfeltételek
 Рис. 2. Граничные условия на поверхности.
 Fig. 2. Surface boundary conditions

Mivel $R_0 = A_0^-/A_0^+$ az iterációs eljárással meghatározható, a legfelső rétegben a feljövő hullám által létrehozott elmozdulás:

$$A_0^- = \frac{V_0 R_0}{i\omega} \left(\frac{1}{R_0 - 1} \right). \quad (19)$$

Ha a kimenő sebességet akarjuk korrelálni a sebesség bemenettel, ki kell számítanunk az egységnyi feszültség bemenethez tartozó sebességet. Közvetlenül a felszín alatti sebesség:

$$\left(\frac{\partial w}{\partial t} \right)_{z=0} = V_0 \frac{R_0 + 1}{R_0 - 1}. \quad (20)$$

Az egységnyi sebesség bemenetnek megfelelő A_0^- elmozdulás:

$$A_0^- = \frac{V_0 R_0}{i\omega} \left(\frac{1}{R_0 - 1} \right) \frac{1}{V_0} \left(\frac{R_0 - 1}{R_0 + 1} \right) = \frac{R_0}{i\omega} \left(\frac{1}{R_0 + 1} \right). \quad (21)$$

Végül a felfelé haladó hullám sebessége

$$\frac{\partial A_0^-}{\partial t} = i\omega A_0^- = \frac{R_0}{R_0 + 1}. \quad (22)$$

Az előzőek alapján egy merőlegesen beeső hullámra vonatkozó, abszorpciót és az összes többszöröst figyelembe vevő szintetikus szeizmogram készítésének a menete a következő.

1. Ismert V_m , ρ_m , Q_m minden rétegben, ebből számítható a sebesség képzetes része.

2. A (15) iterációs formula segítségével R_0 kiszámítható. Mikor az utolsó réteget végtelennek tételezzük fel, $A_{m+1}^- = 0$. Emiatt $R_{m+1} = 0$ és R_m -et kiszámíthatjuk. Az iterációt addig kell folytatni, míg R_0 -t meg nem kapjuk. Az általános iterációs formula egyenlőtlen vastagságú rétegeknél:

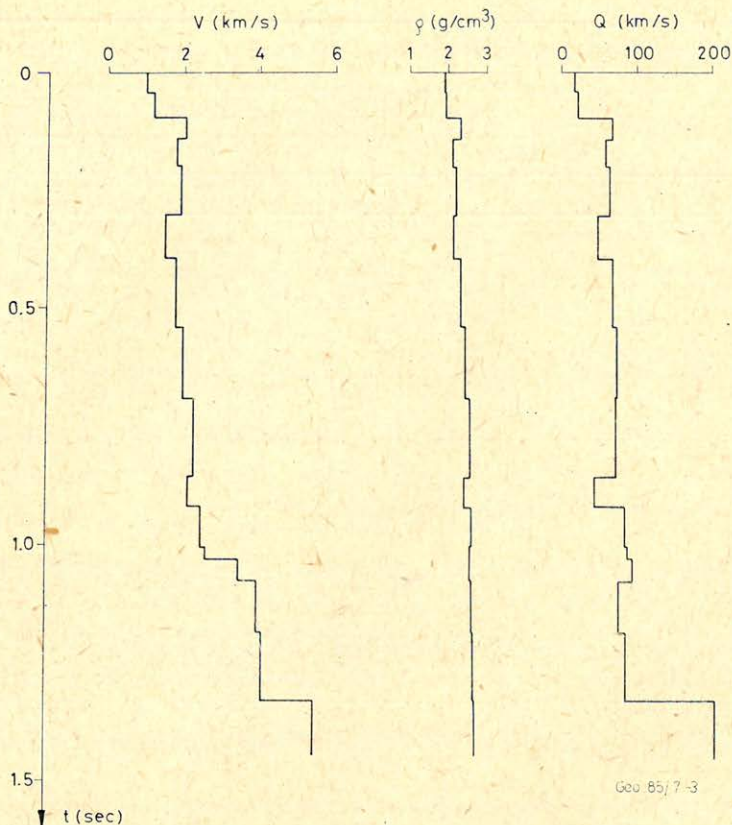
$$R_m = \frac{R_{m+1} + r_m}{1 + R_{m+1} r_m} e^{-2\alpha(mZ_m + (Z_m/V_m)i\omega)}. \quad (23)$$

3. A sebesség kimenet $R_0/(R_0 + 1)$. Mivel ennek értéke komplex és frekvencia függő, a teljes szeizmikus frekvenciatartományon ki kell számítani $R_0/(R_0 + 1)$ -et. Fourier transzformáció után kapjuk meg az időtartománybeli szeizmikus csatornát.

Modellszámítások

A vázolt algoritmus alapján elkészítettem egy szintetikus szeizmikus csatorna számító programot, és segítségével néhány modellszámítást végeztem el. Jelalakként egy 40 Hz csúcsfrekvenciájú Ricker waveletet alkalmaztam. A módszer hátránya az, hogy a Fourier transzformációt igen nagy pontszámmal kell elvégezni, hogy kikerüljünk a tükröződés jelenségét.

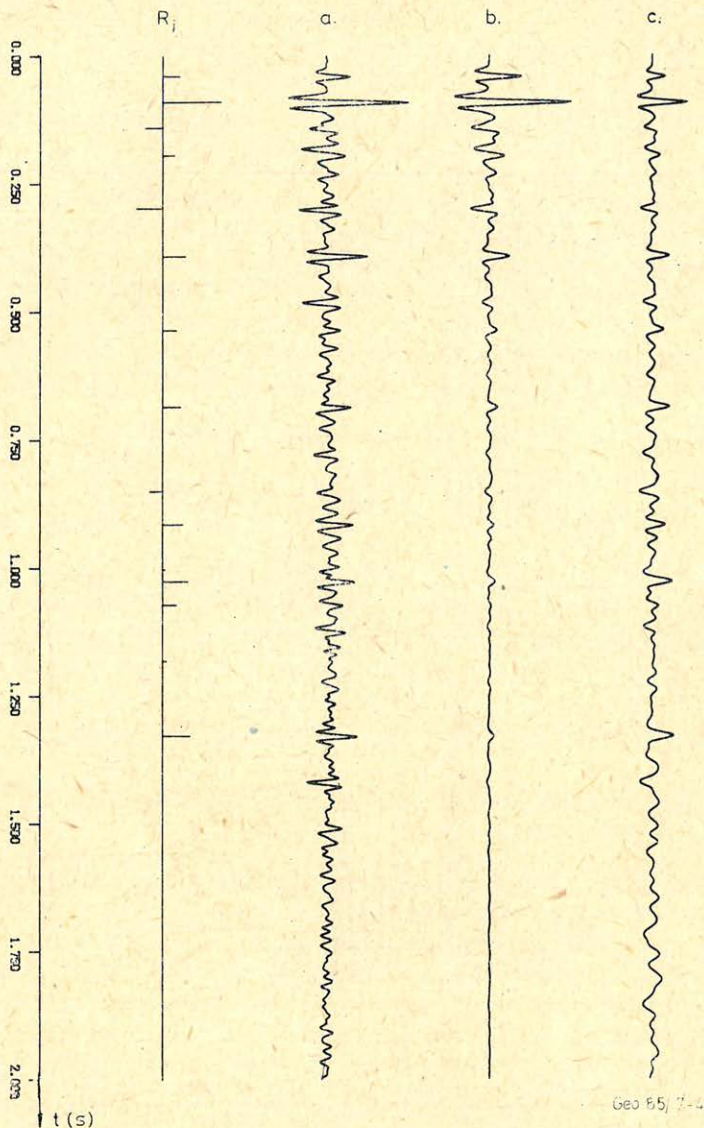
Mivel valódi csillapítás és sebesség adatok nem álltak rendelkezésemre, ezért a számításokat egy teljesen elméleti modellre készítettem el. A modellt a 3. ábra mutatja be, melyen szerepel a sebesség, a sűrűség és a Q minőségi tényező mély-



3. ábra. A rétegmodell
 Рус. 3. Модель слоев.
 Fig. 3. The layer model

ségfüggése. A rétegsor egy üledékes sorozatot próbál leírni, melyben az alsó réteg felel meg a kristályos alaphegységnek. A Q értékeit a szakirodalomban a különböző kőzetekre közölt értékekből választottam.

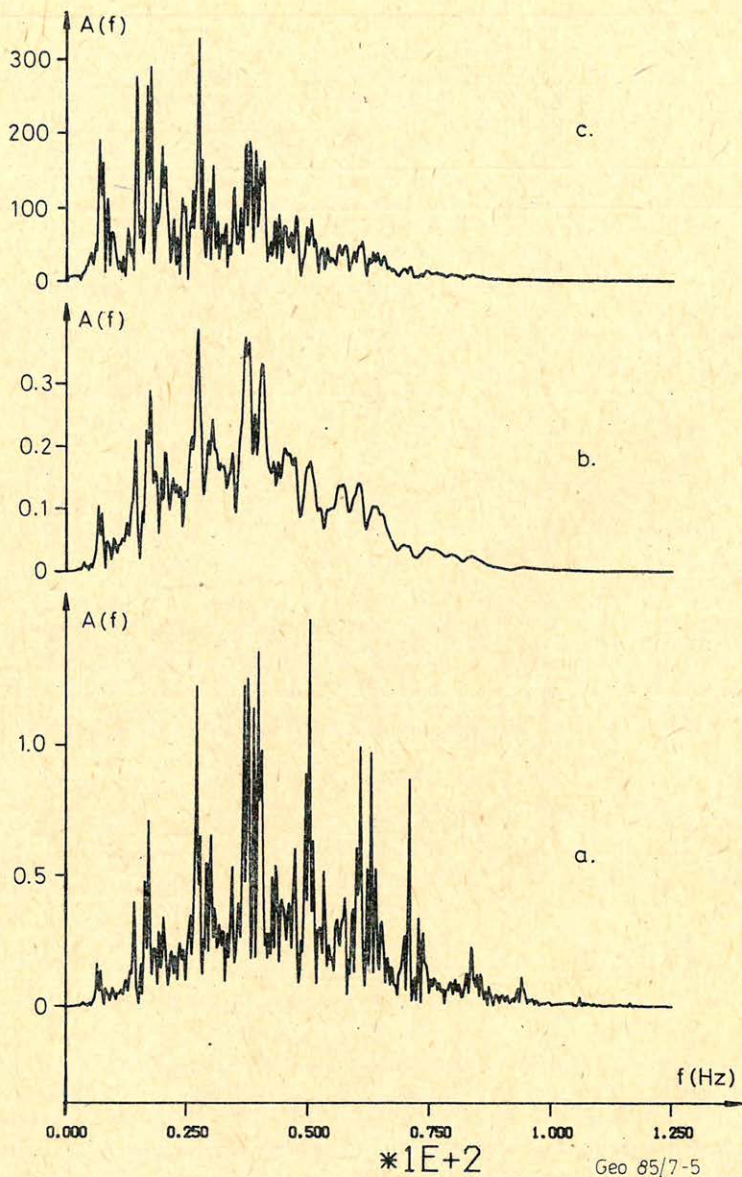
A 4. ábra mutatja be a modellszámítások eredményeit. Bal oldalon látható a reflexiós koefficiensek sorozata. Az a jelű csatorna a rugalmas, a b a viszkoelasztikus közegre készült szintetikus szeizmikus csatorna. A kettő közötti különbség eléggé szembetűnő, ami egyrészt az amplitúdó csökkenésben, másrészt a b láthatóan alacsonyabb frekvenciás jellegében nyilvánul meg. A c -vel jelölt csatorna a b -ből készült abszorpció korrigálással úgy, ahogy ezt a gyakorlatban is elvégzik. (Időablakokban átlagamplitúdók számítása, egyenes illesztés, majd reciprokkal való szorzás.) A valóságban a valódi amplitúdó visszaállítás után, összegzés előtt a legjobb esetben is a c csatorna áll rendelkezésünkre az a helyett. Ez azonban éppen úgy nem tökéletes modellje a CRP csatornának, mint az egyszerű időtartománybeli, többszörösöket nem tartalmazó modell. Az összegzés célja a jel/zaj arány növelése mellett a többszörösök eltávolítása, ez azonban teljesen nem lehetséges. A magasabb frekvenciák erősebb csökkenése megfigyelhető a szeizmogramok amplitúdó spektrumain is: 5. ábra.



4. ábra. A 3. ábrán szereplő rétegmodellre a reflexiókoefficiensek sorozata (R_i), a rugalmas közegre számított szintetikus szeizmikus csatorna (a), az abszorbeáló közegre számított szintetikus szeizmikus csatorna (b), az abszorbeáló közegre számított szintetikus szeizmikus csatorna amplitúdó visszaállítás után (c).

Рис. 4. Последовательность коэффициентов отражения (R_i) для модели слоев, изображенной на рис. 3. синтетический сейсмический канал, рассчитанный для упругой среды (а), синтетический сейсмический канал, рассчитанный для среды с поглощением (в), синтетический сейсмический канал для среды с поглощением после восстановления амплитуды канала (с).

Fig. 4. The sequence of reflection coefficients (R_i), the synthetic seismic channel computed for the elastic medium (a), the synthetic seismic channel computed for the absorbing medium (b), the synthetic seismic channel computed for the absorbing medium after amplitude recovery (c) for the layered model shown in figure 3.



5. ábra. A rugalmas közegre számított szintetikus szeizmogram amplitúdóspektruma (a), az abszorbeáló közegre számított szintetikus szeizmogram amplitúdóspektruma (b), az amplitúdó korrigált szintetikus szeizmogram amplitúdóspektruma (c).

Рис. 5. Амплитудный спектр синтетической сейсмограммы, рассчитанный для упругой среды (а), амплитудный спектр синтетической сейсмограммы, рассчитанный для среды с поглощением (в), амплитудный спектр синтетической сейсмограммы, исправленной за амплитуду (с).

Fig. 5. The amplitude spectrum of the synthetic seismogram computed for the elastic medium (a), the amplitude spectrum of the synthetic seismogram computed for the absorbing medium (b), the amplitude spectrum of the amplitude corrected synthetic seismogram (c)

Összehasonlítva a spektrumokat megállapíthatjuk, hogy a valódi amplitúdó visszaállítás során bár módosul a csatorna amplitúdóspektruma, a rugalmas közege vonatkozó csatorna spektrumát nem tudjuk visszaállítani.

Pszedo-akusztikus impedancia csatorna számítása

Az abszorpció hatásának jobb megismerése hozzásegít bennünket a valódi amplitúdók jobb visszaállításához, a zavaró jelenségek jobb megismeréséhez. A különböző inverziós módszerek ugyanis jó minőségű valódi amplitúdójú időszelvényeket feltételeznek. Ezek közül a módszerek közül az egyik legfontosabb a pszedo-akusztikus impedancia szelvények visszaállítása. A módszer egy nagyon egyszerű inverziós formulán alapul.

Ha adott két réteg, a kettő közötti reflexiós együttható:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (24)$$

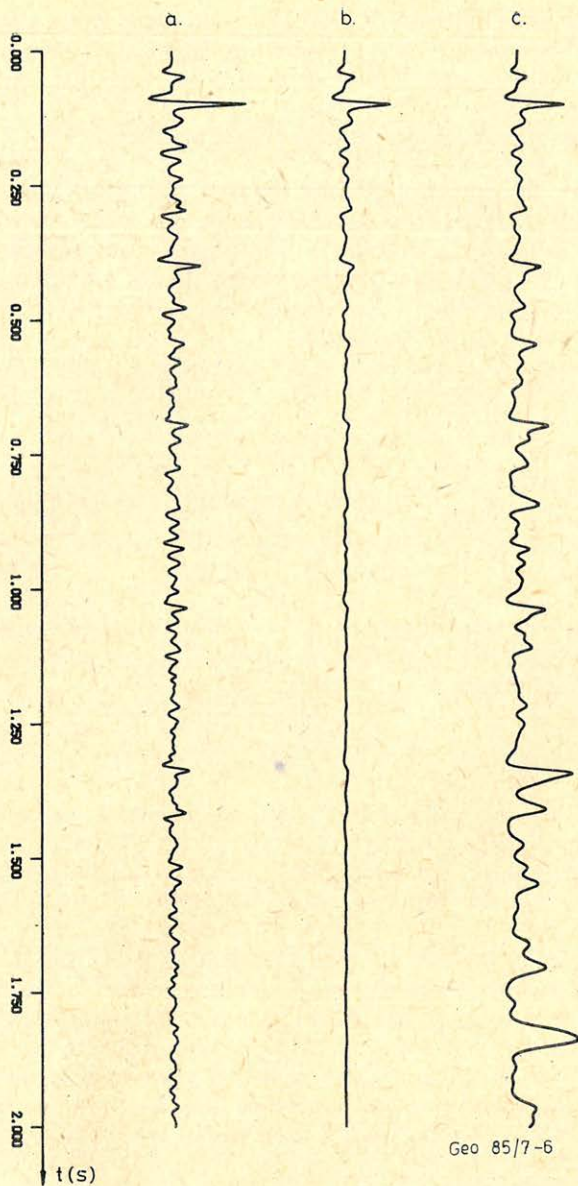
ahol $Z_1 = \rho_1 V_1$ és $Z_2 = \rho_2 V_2$. A kifejezés egyszerű átalakításával kapjuk:

$$Z_2 = Z_1 \frac{1 + R}{1 - R} \quad (25)$$

Tehát ha ismerjük a reflexiós együtthatót és a felső réteg akusztikus impedanciáját, akkor az alsó réteget is ki tudjuk számítani. A (25) formula általánosítható tetszőleges n számú rétegre is.

$$Z_n = Z_1 \prod_{i=1}^{n-1} \frac{1 + R_i}{1 - R_i}$$

Tehát ha ismerjük az első réteg akusztikus impedanciáját, és a szeizmikus csatornát úgy tekintjük, mint egy reflektivitás sorozatot, akkor a pszedo-akusztikus impedancia kiszámítható. Ez a számítás minden szeizmikus csatorna helyére egy szónikus karotázis szelvényhez hasonló görbét ad. A módszert *Lindseth* publikálta 1979-ben, és Magyarországon *Szuljovszky I. (1982)* kezdett el vele foglalkozni. A módszer legfőbb korlátja a szeizmikus csatornák sávkorlátozottsága. Hiányoznak róla az alacsony frekvenciák, a geofonok alacsony frekvenciás levágása, az alacsony frekvenciás zajok és a zavaró felületi hullámok eltávolítása céljából alkalmazott alulvágó szűrők és a digitális sávszűrők alkalmazása miatt, valamint hiányoznak a magas frekvenciák is az energiaszelektív abszorpció miatt. Emiatt felbontása szükségszerűen kisebb az akusztikus karotázis felvételekénél. Legjobb esetben is csak a szeizmikus jelalakkal szűrt sebességfüggvényt kaphatjuk vissza. Ezekon kívül is számos más probléma lép fel a pszedo-akusztikus impedancia csatornák számításánál: a jelek interferenciája, a többszörös beérkezések, a sűrűség információk hiánya, a skálázás és a valódi amplitúdók visszaállításának hiányosságai. A pszedoakusztikus impedancia visszaállítására végzett modellszámítások eredményeit mutatja be a 6. ábra, ahol a 4. ábrán szereplő szeizmogramokból készült pszedo-akusztikus impedancia csatornák láthatók. A szeizmikus csatornák nem tartalmaznak alacsony frekvenciás komponenseket, így azokat nem is kaphatjuk vissza. A pszedo-akusztikus impedancia csatornák a sebesség menetet nem adják vissza. Vastag rétegeknél nem kapjuk meg a sebességváltozást, a réteghatáron megjelenik az integrált jelalak, de az alacsony frekvenciák hiánya miatt más információ nem.



6. ábra. Visszaállított pszeudo-akusztikus impedancia csatornák: a rugalmas közegre számított szintetikus szeizmogramból (a), az abszorbeáló közegre számított szintetikus szeizmogramból (b), az amplitúdó korrigált szintetikus szeizmogramból (c).

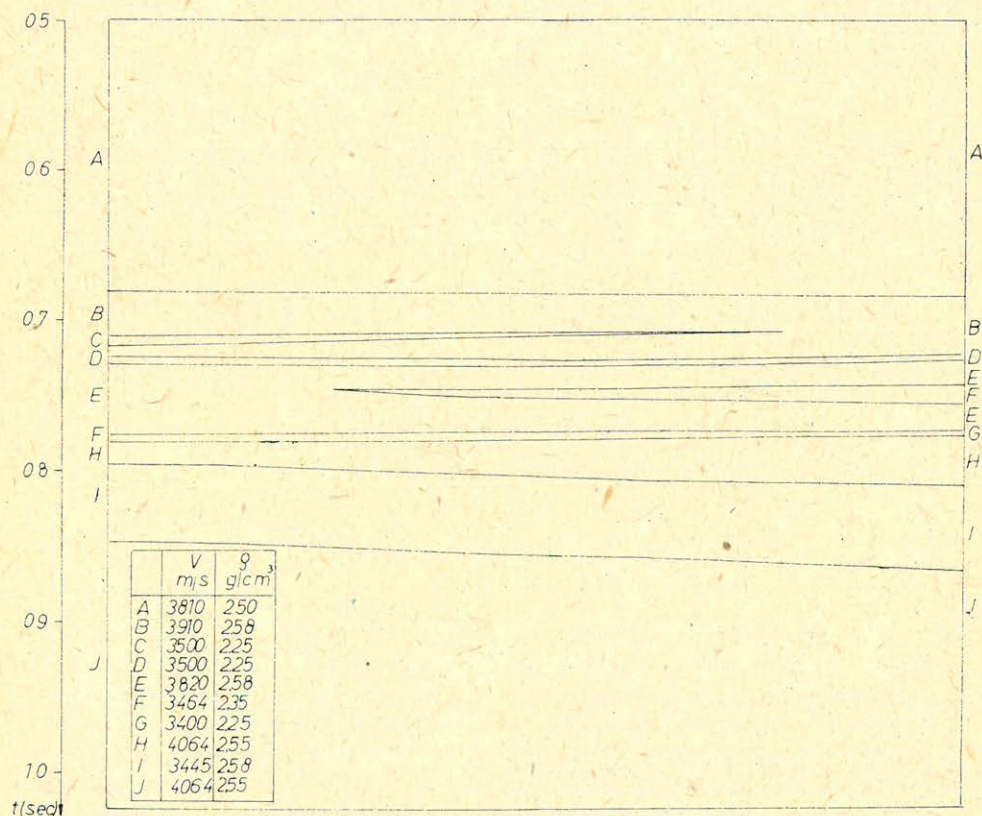
Рис. 6. Каналы воспроизведенного псевдо-акустического импеданса: рассчитанные из синтетической сейсмограммы для упругой среды (a), рассчитанные из синтетической сейсмограммы для среды с поглощением (b), рассчитанные из синтетической сейсмограммы, исправленной за амплитуду (c).

Fig. 6. Recovered pseudo acoustic impedance traces: from the synthetic seismogram computed for the elastic medium (a), from the synthetic seismogram computed for the absorbing medium (b), from the amplitude corrected synthetic seismogram (c)

Vékonyabb rétegekre sokkal jobb eredményeket kaphatunk, ami a gyakorlatban nagyon fontos, mivel a Magyarországon található szénhidrogén is ilyen vékonyabb rétegekben található. A 7. ábra egy agyagos homokos üledékes rétegsorban található litológiai gázcsapda modelljét mutatja be. A gáz az E jelű iszapos tengeri agyagba beékelődő komokkó (F) rétegben található. A 8. ábra az erre a modellre rugalmas közeg feltételezésével készített szintetikus időszelvényt, a 9. ábra pedig az ebből készült pszeudo-akusztikus impedancia szelvényt mutatja be. Az ábra szélén a jobboldali csatornának megfelelő sebesség menet látható. (A sűrűség változása sokkal kisebb.) Itt a pszeudo-akusztikus impedancia szelvény jól kijelöli az alacsony sebességű rétegeket, a gáztartalmú kiékelődés is sokkal jobban végigkövethető, mint az időszelvényen.

Következtetések

A viszkoelasztikus közegre számított szeizmikus csatorna felbontása kisebb, mint a rugalmas közegre számított szeizmogramé, és ez a felbontás az idővel is csökken. Az egy csatornán belüli amplitúdó arányok sem tükrözik teljesen a

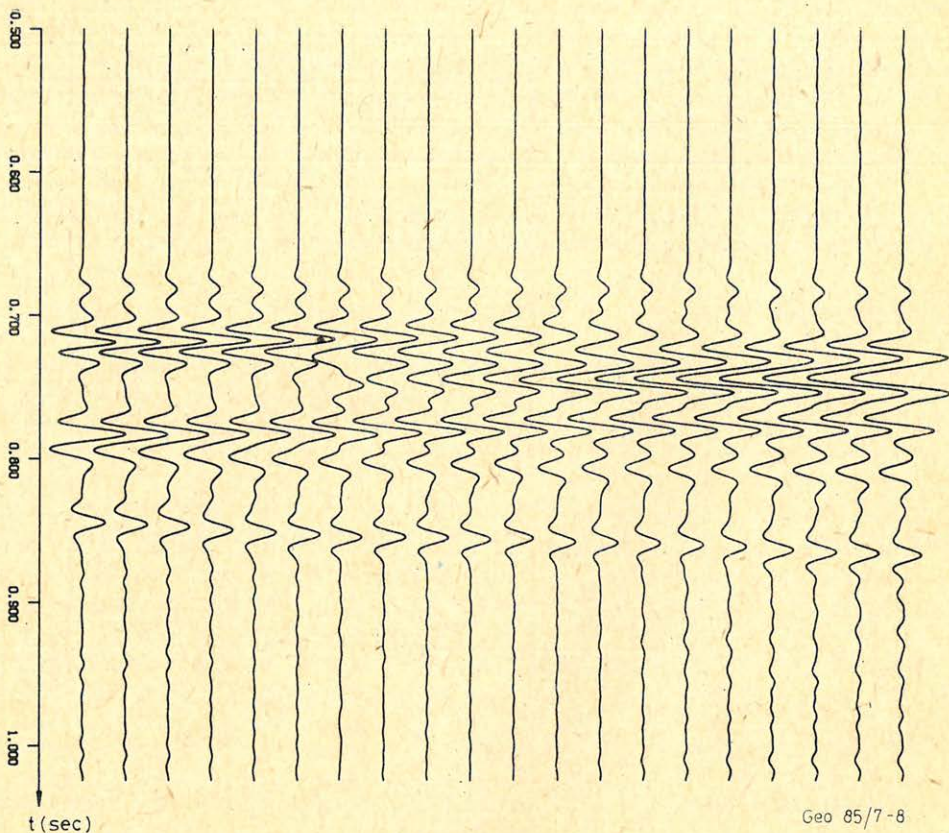


Geo 85/7-7

7. ábra. Litológiai gázcsapdát tartalmazó rétegmódel

Рис. 7. Модель слоев, включающая литологическую ловушку для газа.

Fig. 7. Layer model containing a lithologic gas trap



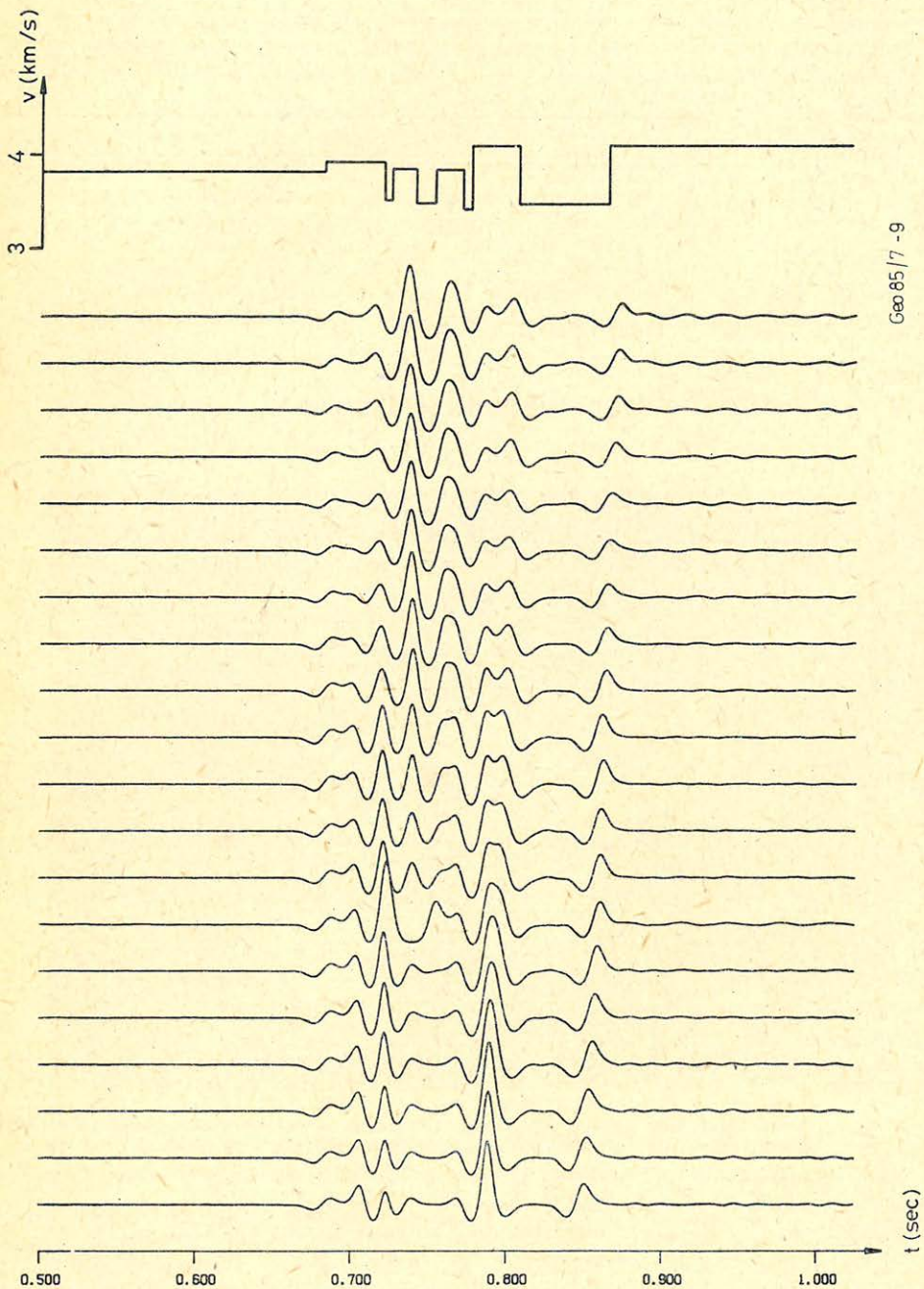
Geo 85/7-8

8. ábra. Szintetikus időszelvény

Рис. 8. Синтетический временной профиль.

Fig. 8. Synthetic seismic section

reflexiós koefficienseket. Ezért egy akusztikus sebesség szelvényből egyszerű konvolúcióval számított szintetikus szeizmogram nem egyezhet meg a regisztrált szeizmikus csatornával. (Az abszorpción kívül fellép számos más zavaró tényező is.) A pseudo-akusztikus impedancia szelvényeknél ugyanúgy csökken az idővel a felbontás, és egyre nagyobb torzulások léphetnek fel. A többszörösöket az amplitúdó visszaállítás során felskálázzuk, és ha az összegzés során nem sikerül őket eltávolítani, teljesen torz sebességanomáliák alakulhatnak ki. Emiatt nagyon fontos, hogy jó minőségű időszelvények álljanak rendelkezésre a pseudo-akusztikus impedancia szelvények számításánál, és gondos összehasonlítás szükséges a fúrólukban regisztrált sebességgörbével, hogy azonosítani lehessen a jelentkező sebesség anomáliákat.



Geo 65/7 - 9

9. ábra. Pseudo-akusztikus impedancia szelvény és a jobboldali csatorna helyére vonatkozó sebesség menet

Рис. 9. Профиль псевдо-акустического импеданса и ход скорости, относящийся к месту правостороннего канала.

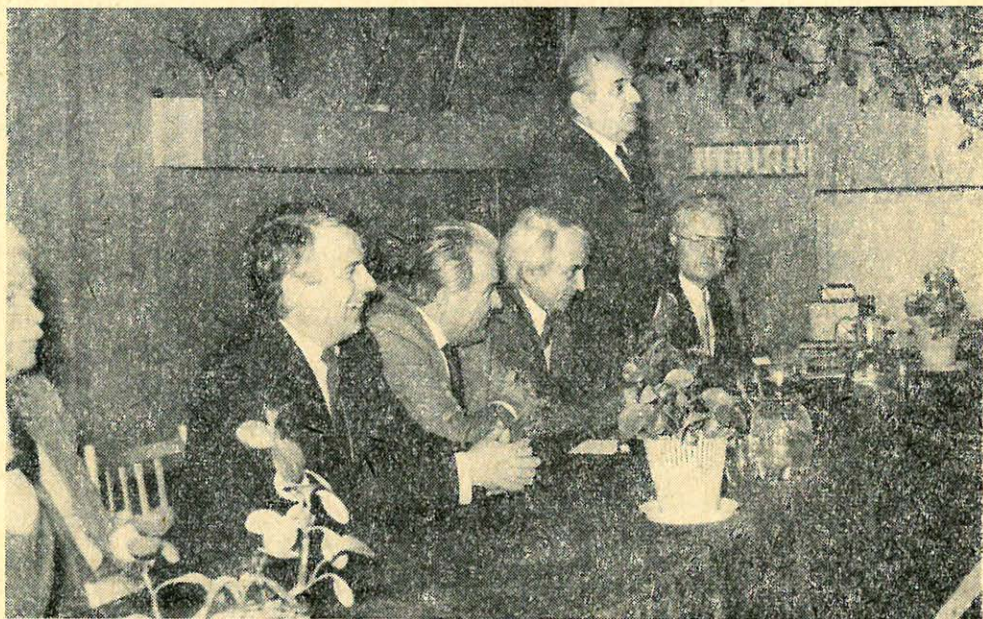
Fig. 9. Pseudo acoustic impedance section and the velocity model referring to the place of the last channel on the right

- Gombár László*, 1983.: Correlation of attenuation of elastic waves with other petrophysical properties, *Geofizikai Közlemények*, V. 29. No. 3.
- D. H. Johnston and M. N. Toksöz*, 1981.: Seismic wave attenuation, Geophysics reprint series, No. 2.
- R. O. Lindseth*, 1979.: Synthetic sonic logs – a process for stratigraphic interpretation, *Geophysics*, V. 44, No. 1, p. 3–26.
- Meskó Attila*: Szeizmika II, Tankönyvkiadó, Bp. 1977.
- Szulyovszky Imre*, 1982.: Az ál-akusztikus impedancia szelvények számítása és alkalmazása a direkt szénhidrogén-kutatásban, *Magyar Geofizika*, XXII. 6. p. 214–226.
- Szulyovszky Imre*, 1984.: Pszeudo akusztikus impedancia szelvény analízis karotázs adatok felhasználásával, *Magyar Geofizika*, XXV. 2–3. p. 97–105.
- K. H. Waters*: Reflection seismology, 1978., John Wiley, New York.

Egyesületi hírek

25 éves a Mecseki csoport

Beszámoló a jubileumi ülésről



Pécsett a Mecseki Ércbányászati Vállalat tanácstermében 1985. január 18-án ünnepi ülésen emlékeztek meg a Magyar Geofizikusok Egyesülete Mecseki csoportja fennállásának 25. évéről. Az elnökségben helyet foglalt *Dank Viktor*, a Központi Földtani Hivatal és a Magyarhoni Földtani Társulat elnöke is, *Dányi Pál*, a Baranya megyei Pártbizottság titkára, *Jéki László*, a MTESZ főtítkár-helyettese, *Tóka Jenő* vezérigazgató, az MGE tiszteleti tagja, a MFT Déldunántúli csoportjának elnöke, *Földvári János*, a Baranya megyei Tanács általános elnökhelyettese, a MTESZ Baranya megyei szervezetének elnöke, *Molnár Károly*,

a MGE elnöke, *Deres János*, az MGE főtítkára. *Szabó János*, a Mecseki csoport elnöke köszöntötte a vendégeket, a társegyesületek képviselőit és a tagságot, megköszönve a MTESZ, az MGE, a párt, az állami és vállalati vezetés, valamint az egyetemek és társegyesületek képviselőinek megtisztelő jelenlétét, a geofizikusok helyi csoportjának 25 éves működéséhez nyújtott támogatását.

A megnyitó után *Deres János* tartott ünnepi megemlékezést, melyet teljes terjedelmében közlünk, hogy ebből minden olvasónk megismerhesse a csoport történetét és eddigi tevékenységét:

Tisztelt ünnepi ülés, kedves kollégák!

A Magyar Geofizikusok Egyesülete egy évvel ezelőtt emlékezett meg alapításának 30 éves évfordulójáról. Az egyesületi tevékenység áttekintése, de különösen az időben természetesen korlátozott beszámoló összeállítása során állandó vívódást, sőt mondhatnám konfliktust okozott a területi csoportok rendkívül tartalmas, sokrétű és eredményes munkájának összefoglalása. A kényszerű tömörítés okozta „mulasztást” ma van alkalom pótolni. E lehetőségért őszinte köszönetet mondok.

Az MGE megalakulása után a Mecsek térségében dolgozó geofizikusok az elsők között voltak, akik támogatásukról biztosították az új egyesületet és aktív részvételükkel segítettek a munka beindítását. Erről tanúskodik, hogy az alakuló közgyűlés után néhány hónappal, 1954 októberében, az első önálló szakmai rendezvényt:

„Köszönkutatás geofizikai módszerei” tárgykorban Pécsen rendezték, 171 résztvevővel.

Az egyesületi élet megszervezésének további állomásai a tagborzás, önálló összekötő megbízása, majd 1959. január 14-én a Pécsi Csoport megalakulása 46 fős taglétszámmal.

A szakmai tevékenység szempontjából meghatározó tény, hogy a Mecsek térségében két nagy bányavállalat működik, amelyek jellegüknek fogva egyedülállóak az országban (feketeszén, urán), s az időlegesen a Mecseki Csoporthoz (Déldunántúli Csoport) tartozó más részlegek szintén sajátos beütemezést jelentenek (zalai kőolaj, bauxit). A geofizikai tevékenység elsősorban ezen nyersanyagok kutatása, termelése, feldolgozása, bányászati biztonsági kérdései és minőségük meghatározása témakörökhöz kapcsolódik, sokszor alapvető mértékben. Egyes geofizikai módszerek itt indultak útjukra hazánkban, vagy fejlődésük itt volt a legjelentősebb. A speciális feladatok kötelezővé tették az itt dolgozó geofizikusok számára az új mérési eljárások, műszerek és interpretációs eljárások átvételét, alkalmazását és fejlesztését, lépést tartva a nemzetközi fejlődéssel, sőt egyes esetekben hozzájárulva a fejlődéshez. Gondolok itt elsősorban a nukleáris mérés technika gyors adaptálására és üzemszerű alkalmazására Magyarországi hegyvidéki területeinek radiometriai felméréseiben, az urán, szén és bauxitkutató fúrások mennyiségi és minőségi értékelésében, valamint a különböző kőzetminták radiometriai minőségmeghatározásában. A radiometriai révén a geofizikus az uránipar egész vertikumában jelen van, és nélkülözhetetlen szerepet tölt be a kutatástól kezdve a termelésen át egészen az ércfeldolgozásig, sőt a sugárvédelemig.

A Mecseki Csoport tagjai a felszíni geofizika területén a radiometriai módszereken kívül a geoelektromos módszerek elterjesztésében és effektív alkalmazásában is élen jártak. E módszerek felhasználása a földtani térképezésben a Mecsek térségében már akkor – 25 évvel ezelőtt –, jelentős sikereket hozott, amikor más tájegységekben még csak kísérleteztek velük. S átfogó felmérésként még szóba sem jöttek. E munkában jó együttműködés alakult ki a mecseki geofizikusok és az országos intézmények (ELGI, OKGT) szakemberei között. A geológusok és geofizikusok együttes erőfeszítéseinek eredményeként született meg 1965-ben az azóta is alkalmazott mecseki alaphegységterkép. E körben meg kell azonban még emlékeznem az 1962-es „Mecseki Ankétról”, amely egyesületünk első, egy tájegységgel foglalkozó nagyrendezvénye volt, s mint ilyen az azóta rendszeresen megrendezett vándorgyűlések mintájául szolgált. De a mecsekiek gyakran túlléptek e földrajzi régió határain, egyrészt azért, mert az uránkutatást az egész ország területén ők végzik, de azért is, mert a 60-as években és a 70-es évek elején az Országos Érc- és Ásványbánya Vállalat részére számos egyéb területen végeztek nyersanyagkutatást.

Ki kell emeljük még a légi geofizikai felvételek kezdeményezését, megszervezését. Mindig törekedtek a kapott adatok komplex hasznosítására is. A légi gamma spektrometriával kapott eredményeket például regionális geokémiai összefüggések nyomozására is felhasználták a geológusok. A légi mágneses adatok általános felhasználása közismert.

A radiometriai módszerek alkalmazása és fejlesztése szempontjából a nemzetközi összehasonlításról sem kell megijednünk. (Pl. laboratóriumi elemzések, emanációs alfanom módszer, mélységi radiometriai kutatás stb.). Munkánk az urániparon kívül kiterjedtek a szinesérc, szén és bauxit minőségelemzésére is. Fokozatosan kifejlődött a radiometriai műszergyártás, s ebben a geofizikusok jelentős részt vállaltak.

Mecseki kollégáink a radiometriai módszerek fejlesztése terén elért eredményeiket az egyesület rendezvényein úgy uthon, mint külföldön rendszeresen ismertették.

Területi elterjedést és az alkalmazás változatosságát tekintve a 25 éves egyesületi csoport tevékenysége a mélyfúrású geofizika terén még nagyobb, hiszen — beleértve a nagykanizsaiak 12 éves idetartozását, s a bauxitkutató geofizikusok 1978-ban bekövetkezett csatlakozását —, a Mecseki Csoport az urán, szén, olaj és bauxitkaróztatást is figyelemmel kísérte. Az országos intézmények műszer- és módszerfejlesztési témái gyakran a mecsekiek igényei alapján születtek és kidolgozásukban a helyi csoport tagjai jelentős szerepet vállaltak. A MÉV, az ELGI, az OKGT, az OFKFFV, a BKV és az MSZV geofizikusai a pécsi rendezvényeken rendszeresen kicserélték tapasztalataikat, s ez serkentőleg hatott a magyar mélyfúrású geofizika egészének fejlődésére. Nagy érdeklődéssel kísért témakör hosszabb ideje az elektromos szelvényezés komplex felhasználása és számítógépes kiértékelése.

A bányageofizika a mecseki geofizikusok alapvető tevékenysége volt már az uránbányászat kezdetén is, hiszen az ércet lehatárolni, minősíteni, a fejtéseket tervezni, a termelvényt válogatni és ellenőrizni csak geofizikai módszerekkel lehet.

A szénbányászati geofizika az 50-es, 60-as évek áldozatos munkája, erőfeszítései után a 70-es években indult óriási fejlődésnek. Az ilyen gyors fejlődéshez más intézmények közreműködése és más bányaterületeken nyert tapasztalatok felhasználása is hozzájárult.

A szénbányászati geofizika a mecseki bányákban nemcsak a műveléstervezés részére nyújt alapadatokat, de fontos szerepet játszik a bányabiztonság javításában is. A művelés hatására létrejövő feszültségváltozások nyomomonkvetése szeizmikus tomográfival ma már kidolgozott, és rutinszerűen alkalmazott módszer. A gázkitörések előrejelzésére a szeizmoakusztikus rendszer alkalmazásával folytak biztató kísérletek. A felhagyott fejtések kőbor légáramlatainak radioizotópos nyomjelzéssel és radiometrikus méréssel történő meghatározása lehetőséget ad az ebből eredő bányatüzek megelőzésére.

A KBFI-ben kifejlesztett sújtólégbiztos geofizikai műszerek kialakításához az igények pontos meghatározásánál és az üzemi kísérletek elvégzésénél a mecsekiek jelentősen hozzájárultak.

A bányageofizika a bauxitbányászatban is fokozatosan tért hódít.

Ki kell emeljük e helyen és e szakmai közösség dicsőretéeként, hogy a vállalati feladatokon túlmenően a Mecseki Csoport tagjai áldozatos és sikeres munkát végeztek a megye és a lakóhely különböző problémáinak megoldásában. A példák tömegét említhetném az ivóvíz és hévízkutatás és -feltárás, a mérnök-geofizikai mérések (üregkutatás), építőanyag (épitőkő, homok, kavics) kutatás és a környezetvédelem területéről.

A Mecseki Csoport az elmúlt 25 év alatt jó kollektív szellemről, kezdeményezőkedésről tett tanúbizonyságot és élen járt az értelmis társadalmi munkavégzésben is. Jelentős országos rendezvények színhelye volt Pécs és a Mecsek. A már említett 1962-es Mecseki Ankénton kívül itt rendeztük 1969-ben a 4., és 1978-ban a 10. Vándorgyűlést, 1974-ben, 1976-ban, 1979-ben, 1983-ban és 1984-ben a Bányageofizikai Ankéntot. Jelentős kezdeményezés volt 1967-ben a „Gazdaságföldtani Anként”, és 1974-ben a „Számítógépek alkalmazása a földtani kutatásban” tárgyú anként, mindkettő a Magyarhoni Földtani Társulattal közösen. A mélyfúrású geofizikusok számára rendkívül hasznos rendezvény a 2–3 évente megtartott Karóztás Napok előadássorozat.

Dicsőrettel kell szólnak a mecseki kollégák oktatási és továbbképzési tevékenységéről. Hosszú évekig alapvető segítséget nyújtottak a geofizikus-technikus képzéshez, önállóan szervezték és végezték a mérnökök és középkaderek továbbképzését.

Az egyesületi életet színesítik a hagyományos klubestek és az ország más tájain, a geofizika egyéb területein tevékenykedő területi szervezetekhez szervezett tanulmányi kirándulások, illetve a kollégák fogadása.

A csoport vezetőségének érdeme, hogy állandóan bővíti kapcsolatait a rokontudományi egyesületek helyi csoportjaival, az MTA Pécsi és Veszprémi Akadémiai Bizottságával.

A csoport fennállása óta folyamatosan érezte a Baranya megyei MTE SZ-szervezet támogatását, s úgy tudom a helyi MTE SZ elnöksége is mindig elismerte a MGE helyi csoportjának munkáját.

Végezetül engedjék meg, hogy névszerint is köszönetet mondjak a csoport első elnökének, Müller Pálnak, Szabó Jánosnak, aki 20 éve vette át az elnöki tisztséget, Elek Istvánnak és Gerzson Istvánnak, a csoport volt és jelenlegi titkárnak. Kívánom azt, hogy abban a szellemben és töretlen energiával munkálkodjanak mind ők, mind a vezetőség, és a Mecseki Csoport valamennyi tagja, mint tették ezt az elmúlt 25 évben.

Az ünnepi beszéd után Szomolányi Gyula, a Mecseki Ércbányászati Vállalat, Gálfi István, a Mecseki Szénbányák Vállalat vezérigazgatóhelyettese méltatta a geofizikusok szerepét és tevékenységét a vállalati munkájában Molnár Károly, az MGE Elnöksége, Dank Viktor, az MFT, Mátrai Árpád, az OMBKE, Hursán László, az MGE Miskolci csoportja nevében üdvözölte a jubiláló csoportot. Akadályoztatása miatt írásban tolmácsolta üdvözlését Bese Vilmos, az MGE örökös

tiszteletbeli elnöke, *Verebélyi Sándor*, a Bauxitkutató Vállalat igazgatója, a nagykanizsai Kőolaj és Földgázbányászati Vállalat részéről *Trombitás István* vezérigazgató és *Bardócz Béla* főgeológus küldött írásbeli üdvözlötet.

Az ünnepi ülés utolsó napirendi pontjaként a kitüntetések és jutalmak átadására került sor. Az MGE javaslatára *Kiváló Munkáért* miniszteri kitüntetésben részesült kiemelkedő szakmai és egyesületi munkájáért *Jesch Aladár*, *Verbőci József* és *Berta Zsolt* tagtárs. A kitüntetéseket *Dank Viktor*, a KFH elnöke adta át. *Kiváló Dolgozó* kitüntetést és az egyesület *Emléklap*-ját kapták: *Szabó János*, a csoport elnöke és *Gerzson István* titkár. Ugyancsak *Kiváló Dolgozó* kitüntetést kaptak *Nagy Dezsőné*, *Nyerges Lajos* és *Baranyai Pál*. — Az MGE elnöksége a csoport 25 évvel ezelőtti megszervezéséért és másfél évtizedes titkári munkájáért *Elek Istvánt* jutalomban részesítette. — A geofizika szervezésében végzett kiemelkedő munkáért és egyesületi tevékenységükért *Vezérigazgatói Díccéret*-ben részesült *Tirkala Ferenc*, *Vados István* és *Székely Endre*. *Tirkala Ferencet* az MGE Elnöksége *Emléklap*-pal is kitüntette. Ugyancsak *Emléklap*-ot és jutalmat adományozott *Kiss Emil Zoltánnak*, aki csaknem 25 éve a vezetőség tagja. — Vállalati és egyesületi munkáért jutalmat kaptak: *Marton Tibor*, *Varga Géza*, *Szabó Balázs*, *Koszér Endre*, *Horváth József*, *Alexovits Miklós*, *Appelshoffer Zoltán*, *Balogh János*, *Barottányi Béla*, *Kis Karácsony Elemér*. — A kitüntetéseket és jutalmakat *Molnár Károly* elnök adta át. Az ünnepi ülést követően a Ságvári Endre Művelődési Házban jó hangulatú baráti találkozóra fejeződött be a csoport tagsága és a résztvevő vendégek számára emlékezetes jubileumi rendezvény.

A Pécsen megjelent Dunántúli Napló január 19-i száma első oldalon emlékezett meg az MGE Mecseki Csoportjának 25 éves jubileumáról.

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Zelei András

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

Kiadja: a Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat 1442. Budapest VII., Garay u. 5.

Telefon: 415-583, 215-440

Felelős kiadó: Faklen Pál igazgató

85.778. Állami Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Mihalek Sándor igazgató

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

Index: 26 507

Ara: 65,— Ft