

# Komplex litológiájú tárolók mélyfúrési geofizikai értelmezésének új módszere

MARKÓ LÁSZLÓ\*

*A mélyfúrési geofizikai szelvények értelmezésének alapjait üledékes tároló kőzetekre dolgozták ki. Később kiterjesztették azokat bonyolultabb felépítésű karbonátos tárolókra is. A tároló kőzetek kisebb, de nem lényegtelen csoportját a metamorfizált alaphegységi tárolók képezik. Jelentőségük a nagyobb mélységek felé törekvő kutatással egyre nő.*

*Az előadás ilyen tároló-típusra kidolgozott szelvényértelmezési módszert mutat be. Alkalmazásának alapját a szokásos három porozitás szelvény (szónikus, neutron és sűrűség) képezi. Azok felhasználásával határozza meg a tárolóteret és végzi a tároló kőzet komponensekre bontását. Az ismert eljárásoktól eltérően a komponensek mátrix-jellemzőinek ismeretét nem teszi szükségessé, továbbá az egyes szelvények kalibrálási pontosságával szemben is kisebb követelményeket támaszt.*

*Mínthogy a követett eljárások kézi alkalmazása fáradságos lenne, a módszert számítógépen (HP - 9830, TPA - 70) valósítottuk meg.*

*Основы интерпретации каротажных кривых были разработаны для осадочных коллекторов. Позднее эти основы были распространены также на карбонатные коллекторы более сложного строения. Небольшая, но за то важная группа коллекторов представлена коллекторами метаморфического основания. Их значение увеличивается по мере увеличения глубины исследований.*

*В настоящей работе описывается метод интерпретации каротажных кривых для такого типа коллекторов. В основу метода входит использование трех стандартных видов кривых пористости (кривые АК, НК и ГГК). С использованием этих кривых определяется коллекторское пространство и выполняется расчленение коллекторов на составляющие. В отличие от известных методов, в данном случае нет необходимости знать матричные характеристики составляющих и к точности калибровки кривых предъявляются также пониженные требования.*

*Поскольку выполнение требуемых приемов вручную оказывается трудоемким, метод разработан для ЭВМ (типов HP - 9830, TPA - 70).*

*The theory of interpretation of geophysical logs was elaborated for sedimentary bearing rocks. Later it was extended to carbonate bearing rocks, too. A smaller but not insignificant part of bearing rocks consists of the metamorphosed basement. Their importance increases with the increase of the investigation depth.*

*In the present paper an interpretation method of well logs is described for this type of bearing rocks. The method is based on the application of the three standard types of porosity logs (acoustic, neutron and gamma-gamma). By using these logs the bearing space is determined and the rocks are reduced to components. Contrary to the well-known methods this one does not require the knowledge of the matrix characteristics of the components and the requirements to the calibration accuracy of the curves are also not too high.*

*Since the manual application of the method would be too laborious, it was elaborated for computer techniques (HP - 9830, TPA - 70).*

Az üledékes képződmények mellett újabban növekszik a bonyolult felépítésű metamorf alaphegységi tárolók jelentősége. Ezek nemcsak kőzettani felépítésük, de tárolóképességi viszonyaik tekintetében is eltérnek a granuláris tárolókőzetektől. A granuláris tárolókra jellemző szemcseközi porozitás itt alárendelt szerepű. E helyett az erodált felszínre települt durva törmelékdarabok közötti ki nem töltött hézagok, és a finomabb kitöltő anyagon belüli porüstér, továbbá üregek és repedések alkotják a tárolóteret.

\* Magyar Szénhidrogénipari Kutató-Fejlesztő Intézet, Százhalombatta.

Az erodált felszín közelében, de az alatt is kialakulnak mállott zónák a beszivárgó víz hatására. A földpátok mállásából szericit, kaolinit és illit, a csillámok mállásából klorit keletkezik. Az átalakulás kőzettérfogat csökkenéssel, tehát porozitás kialakulással járt. Az ilyen zónák magas kötött víztartalommal bírnak, ezért különösen a neutron és ellenállás szelvényeken erős lecsökkenéseket okoznak.

A csillámban dúsult zónák, mivel a nyírófeszültséggel szemben kevésbé ellenálló, nagymértékű repedezettséget mutatnak.

A törmelék feldúsulás, mállottság és repedezettség bonyolult és változó porozitás viszonyokat hozott létre, amely az erősen változó kőzettani viszonyokkal együtt lehetetlenné teszi, hogy egyetlen porozitás szelvényvel, megfelelő megbízhatósággal, meghatározhassuk azt.

Az alábbi három porozitás szelvényen (neutron, akusztikus, sűrűség) alapuló eljárás lehetővé teszi a teljes porozitás és kőzettani felépítés elemzését.

Az egyéb hasonló komplex eljárásokkal szemben az az előnye, hogy nem teszi szükségessé a porozitás szelvények pontos kalibrálását és az ún. mátrixjellemzők előzetes ismeretét.

Alkalmazása digitalizált szelvényeken számítógépen történik. (TPA-70, HP-9830).

A módszernek csak főbb lépéseit tárgyaljuk.

A sűrűség ( $\rho_b$ ), a szonikus terjedési idő ( $\Delta t$ ) és a neutron-porozitás ( $\Phi_N$ ) alapján valamennyi pontra kiszámítjuk az  $M$  és  $N$  „látszólagos” litológiai paramétereket.

$$M = \frac{\Delta t_f - \Delta t}{\rho_b - 1} \cdot 0,01 \quad (1)$$

$$N = \frac{1 - \Phi_N}{\rho_b - 1} \quad (2)$$

$\Delta t_f = 620 \mu\text{sec/m}$  (irodalmi adat).

Ezek a paraméterek, mint ismeretes, porozitástól nem függenek, csak a litológiai összetételből.

Ugyanis belátható, hogy  $M$  és  $N$  az alábbi mátrix jellemzőkkel is kifejezhető:

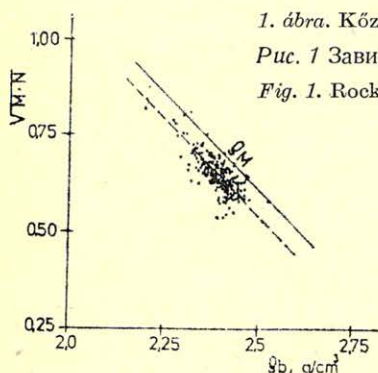
$$M = \frac{\Delta t_f - \Delta t_M}{\rho_M - 1} \cdot 0,01$$

$$N = \frac{1 - H_M}{\rho_M - 1}$$

ahol  $\Delta t_M$ ,  $\rho_M$  és  $H_M$  a kőzetmátrix fajlagos terjedési ideje, sűrűsége és hidrogén indexe.

Minthogy  $M$  és  $N$  porozitástól független litológiai paraméterek, szorzatuk számtani és geometriai átlaguk is porozitástól független litológiai paraméterekként foghatók fel.

Tapasztalataink szerint az  $\sqrt{M \cdot N}$  geometriai átlagot célszerű leginkább litológiai paraméterként használni. Ha annak mélységi pontként számított értékét a sűrűség függvényében ábrázoljuk (1. ábra), olyan cross-plot jön létre, amelyen a pontok eloszlásainak trendje a litológiai változásnak a kőzetsűrűsége gyakorolt hatását fejezi ki. A legnagyobb sűrűségű pontokon átmenő és a trendvonalal párhuzamos egyenes az  $\sqrt{M \cdot N}$  és a mátrix sűrűség ( $\rho_M$ ) közötti kapcsolatot határozza meg. Az összefüggésből a mátrix sűrűség minden mintavételi pontban megállapítható, ha az  $M$  és  $N$  paramétereket az (1) és (2) egyenletből pontonként meghatároztuk.



1. ábra. Kőzetsűrűség ( $\rho_b$ )  $\sqrt{M \cdot N}$  függvényében.

Рис. 1 Зависимость плотности пород ( $\rho_b$ ) от  $\sqrt{M \cdot N}$

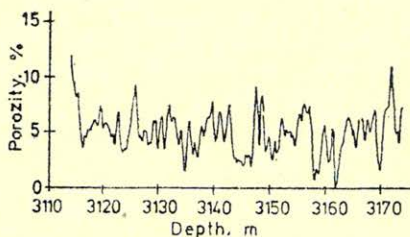
Fig. 1. Rock density ( $\rho_b$ ) as a function of  $\sqrt{M \cdot N}$

GEO 80/20-1.

2. ábra. 3. egyenletből számított porozitás szelvény

Рис. 2 Кривая пористости, подсчитанная по уравнению 3

Fig. 2. Porosity log calculated using the equation 3



GEO 80/20-2

A mátrix sűrűség ismeretében a porozitás ( $\Phi$ ) az ismert formulából adódik:

$$\Phi = \frac{\rho_M - \rho_b}{\rho_M - 1} \quad (3)$$

Fenti módszerrel számított porozitás szelvényt a 2. ábrán látunk.

Megjegyezzük, hogy a módszer alkalmazása szempontjából fontos, hogy a rétegsorban legyenek zéró porozitású helyek.

A porozitás meghatározás természetesen nemcsak a sűrűség ( $\rho_b$ ), hanem más szelvény (pl.  $\Delta t$ ) és az  $\sqrt{M \cdot N}$  korrelációjából is meghatározható.

A módszer egyik előnye, hogy a szelvénykalibrálás hibái a porozításmeghatározás pontosságát kevésbé befolyásolják, mint abban az esetben, ha konstans mátrixparamétereket használunk, ami általános gyakorlat a szelvényértelmezésben.

A következő lépésben a mátrix komponensek térfogati arányát határozzuk meg. Feltételezzük, hogy a kőzetmátrix A, B és C komponensekből épül fel. Ezen feltétel mellett a következő egyenletek írhatók fel:

$$\Delta t = \Phi \Delta t_f^* + V_A \Delta t_{MA} + V_B \Delta t_{MB} + V_C \Delta t_{MC} \quad (4)$$

$$\Phi_N = \Phi H_f + V_A H_A + V_B H_B + V_C H_C \quad (5)$$

$$1 = \Phi + V_A + V_B + V_C. \quad (6)$$

Ahol

$\Phi$  a porozitás (korábban meghatározva)

$\Delta t$ ,  $\Phi_N$  a szónikus ill. a neutronszelvény értéke

$V_A, B, C$  a mátrix komponensek térfogati aránya

$\Delta t_{MA, MB, MC}$  a mátrix komponensek jellemző terjedési ideje, illetve hidrogén sűrűsége

$\Delta t_f^*$  a pórusfolyadék tényleges terjedési ideje

$H_f$  a pórusfolyadék hidrogénindexe (= 1)

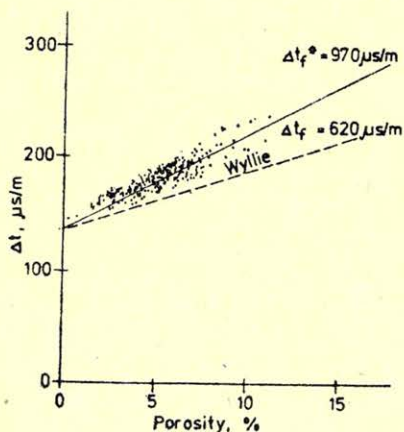
Ahhoz, hogy a térfogati arányokat a (4) – (6) egyenletből meghatározhassuk, a mátrix komponensek és a pórusfolyadék jellemzőit meg kell állapítani. Célszerű először a folyadék idő ( $\Delta t_f^*$ ) megközelítését elvégezni.

Ebből a célból a porozitást ( $\Phi$ ) a terjedési idők ( $\Delta t$ ) függvényében ábrázoljuk (3. ábra) és a regressziós egyenest a 100% porozitásig extrapolálva a folyadékidő legjobb közelítését ( $\Delta t_f^*$ ) kapjuk. Látjuk, hogy a 3. ábra esetében a pórusfolyadék-idő így kapott értéke (920  $\mu\text{sec/m}$ ) jelentősen eltér az irodalmitól (620  $\mu\text{s/m}$ ). Az ilyen közelítés is bizonyos védelmet nyújt az akusztikus szelvény kalibrációs hibájával szemben.

$\Delta t_f^*$  és  $\Phi$  ismeretében két új litológiai paraméter definiálható:

$$a = \frac{1 - \Phi_N}{1 - \Phi} \quad (7)$$

$$b = \frac{\Delta t_f^* - \Delta t}{1 - \Phi}.$$



GEO 80/20-3

3. ábra. Akusztikus szelvényértékek a porozitás függvényében.

Рис. 3 Зависимости величин кривых АК от пористости

Fig. 3. Values of acoustic logs as a function of porosity

Az  $a$ - $t$   $b$  függvényében ábrázolva, a kapott pontok háromszögbe foglalhatók (4. ábra). A háromszög csúcspontjai ( $A$ ,  $B$ ,  $C$ ) a keresett mátrix jellemzőket ( $H_A$ ,  $H_B$ ,  $H_C$  és  $\Delta t_{MA}$ ,  $\Delta t_{MB}$ ,  $\Delta t_{MC}$ ) adják, ha a (7) és (8) egyenletben  $\Phi = 0$  tételezünk fel.

$$H_A = 1 - a_A, \quad \Delta t_{MA} = \Delta t_b^* - 100 b_A$$

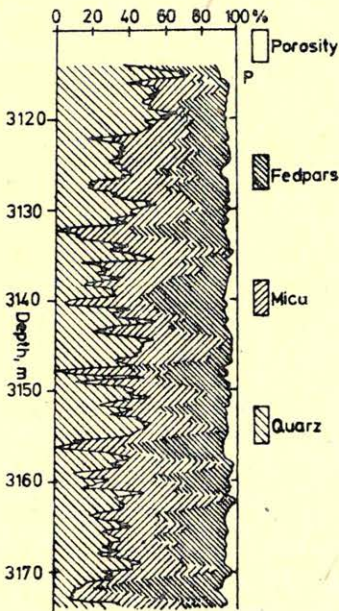
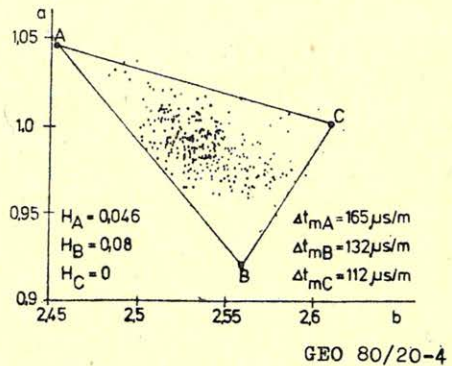
$$H_B = 1 - a_B, \quad \Delta t_{MB} = \Delta t_b^* - 100 b_B$$

$$H_C = 1 - a_C, \quad \Delta t_{MC} = \Delta t_b^* - 100 b_C.$$

4. ábra. Az  $A$ ,  $B$  és  $C$  kőzetkomponensek térfogati arányát kifejező háromszög

Рис. 4 Треугольник, выражающий доли объемов составляющих пород  $A$ ,  $B$  и  $C$ .

Fig. 4. Triangle representing the volume rate of the rock components  $A$ ,  $B$  and  $C$



A 4. ábra esetében

$$H_A = 0,046,$$

$$\Delta t_{MA} = 165 \mu\text{s/m},$$

$$H_B = 0,08,$$

$$\Delta t_{MB} = 132 \mu\text{s/m},$$

$$H_C = 0$$

$$\Delta t_{MC} = 112 \mu\text{s/m}.$$

5. ábra. Litho-porozitás szelvény

Рис. 5 Кривая литопорозитости

Fig. 5. Litho-porosity log

GEO 80/20-5

Ezen komponensek geológiai azonosítása természetesen nem könnyű feladat. Az ilyen típusú kőzetek esetében az egyes komponensek nem tekinthetők „tisztáknak”, hanem több ásványból tevődhetnek össze. Ezért kívánatos a geológiai és geofizikai szelvényadatokat együttesen felhasználni.

A szükséges paraméterek meghatározása után a komponensek térfogati arányát az egyes mintavételi pontokban a (4)–(6) egyenletek szimultán megoldásával kapjuk meg. Az 5. ábrán ilyen módon kapott litho-porozitás szelvényt mutatunk be.

Az ilyen litho-porozitás szelvény minden bizonnyal hasznos a tároló kiértékelésében.

## I R O D A L O M

- [1] *Burke, J. A. – Campbell, R. L., Jr. – Schmidt, A. W.*: The litho-porosity cross-plot. SPWLA 10th Ann. Logging Symp. 1969. May 25–28.
- [2] *Heslop, A.*: Mixed-lithology analysis using MN product. Canad. Well Logging Society J. 1. Dec. (1971)
- [3] *Savre, W. C.*: Determination of a more accurate porosity and mineral composition in complex lithologies with sonic, neutron and density surveys. J. Petr. Technology Sept. 954–9 (1963.)

## Könyvszemle

### Ismerd meg a MTESZ történetét!

A MTESZ vezetőinek egyetértő támogatásával jelent meg 1979-ben „A műszaki értelmiség három évtizedes harca a szocialista Magyarorszáért” c. dokumentumkötet I. része (1945–1948), amely először itt publikált levéltári iratokkal bizonyítja a műszaki értelmiség szerepét a népi demokratikus forradalom időszakában.

Az iratok – melyeket bizonyára nagyon sokan megismertek azóta, hiszen az egyesületek és tagjaink megvették – jól mutatják a Zentai Béla vezette Mérnök-szervezet harcát a műszaki értelmiség összefogásáért, s azért, hogy egyre jobban bekapcsolják őket a népi demokratikus forradalom feladatainak megoldásába.

Most jelent meg a II. kötet, amely 1948–1978 közötti harminc év – s ez már a MTESZ időszaka – történetét mutatja be. 1948. június 28–29-i alakuló kongresszus jegyzőkönyvével indul a kötet. Kár, hogy már csak olvasni lehet az egykori felszólalásokat, hiszen közülük sokan nincsenek közöttünk – Zentai Béla, Erdey–Grúz Tibor, Gerendás István és mások. A következő iratok: a MTESZ közgyűlésének határozatai, illetve elnöki, főtítkári beszédek során keresztül mutatják meg az 1950-es évek társadalmi, politikai életében a MTESZ helyét, majd jól érzékeltetik a dokumentumok az MSZMP időszakában megváltozott szövetségi politikájában a műszaki értelmiség helyét és szerepét. Kik szóltak a harminc év különböző állomásain? Hevesi Gyula beszélt a MTESZ második közgyűlésén, 1950. július 15-én. 1956. szeptember 21–22-én Ajtai Miklós, mint az Országos Terhivatal elnökhelyettese beszélt, majd a mindannyiunk által jól ismert és tisztelt Valkó Endre, aki hosszú ideig a MTESZ főtítkára volt.

Ő elemzi különböző időszakokban egyesületünk szerepét, s ki ne emlékezne Kiss Árpádra, aki a VII. rendkívüli közgyűlés főreferátumát tartotta, melyet közlünk kötetünkben. 1972. május 5-én, a MTESZ VIII. közgyűlésén Fock Jenő miniszterelnökként szólt a résztvevőkhöz, majd e kötet lapjain újra olvashatjuk Timár Mátyás, Huszár István hozzászólásait. A dokumentumok sorát Lázár György miniszterelnök beszéde zárja, aki a harmincadik évfordulón értékelte a műszaki értelmiség szerepét és jelölte meg a megoldandó feladatokat.

A két kötetet Dr. Németh József kandidátus szerkesztette és látta el bevezetővel, aki közel húsz éve foglalkozik a műszaki értelmiség felszabadulás utáni történetével. 1981 végére tervezzük a harmadik kötet megjelentetését, amely a MTESZ történetét dolgozza fel, amelyhez sok dokumentumot kaptunk vidéki egyesületeinktől is.

E dokumentumok jól bizonyítják, hogy a MTESZ harmincéves története szerves része a szocialista építőmunka történetének.

Példaként is szolgálnak a történelmi dokumentumok, példa az elődöktől, akiknek ritkuló sorai a jövő felé viszik az egyesületeket, helyt adva a mában a holnapnak, a fiatal műszaki és természettudományi értelmiségnek.

A kötetek megrendelhetők az egyesületek titkárságain, vidéken a MTESZ megyei szervezeteinek titkárságán is. Egységáruk: 50. – Ft.