

A DRSZT-1 típusú szondával végzett neutron-neutron termikus szelvényezés interpretációs tapasztalatai

SZILÁGYI ENDRE

Az olajipari mélyfúrási geofizikában 1967-től alkalmazzák a DRSZT-1 típusú radioaktív szondát neutron-neutron termikus szelvények felvételére. Szerző ennek, a hazánkban új mérési módszernek eddigi interpretációs tapasztalataival foglalkozik. Bemutatja a hitelesítési munka és a porozitás meghatározás eredményeit, vizsgálja az alkalmazási lehetőségeket góztárolók kutatásánál.

В Венгрии, в промышленной геофизике нефтяной промышленности радиоактивный зонд типа ДРСЗТ-1 применяется для работ по методу ННК-Т с 1967 г. В настоящей работе излагается накопленный с тех пор опыт интерпретации данных, получаемых при помощи этого нового в Венгрии каротажного метода. Описываются результаты работ по градуировке, а также по определению пористости горных пород и рассматриваются возможности применения метода для поиска газовых месторождений.

Beim Forschungs- und Aufschlussbetrieb in der Tiefebene, gehörend zum OKGT wurden schon seit dem Jahre 1967 Neutron-Neutron-Profilierungen mit Hilfe einer radioaktiven Sonde vom Typ DRSZT-1 durchgeführt. Die Einrichtung kann zur simultanen Aufnahme von Profilen von natürlichen-Gamma-Strahlen, Neutron-Gamma-Strahlen, sowie von epithermischen Neutron-Neutron-Strahlen angewendet werden.

Die anfänglichen Resultate wurden von Bárány (1967) mitgeteilt. Hier wird über die weiteren Resultate der Anwendung des Apparates berichtet. Folgende Faktoren werden untersucht:

Eigenschaften der Methode und der Einrichtung, die aus dem Gesichtspunkte der Interpretation von Wichtigkeit sind, Auflösungsvermögen der NNT-Profile,

Fragen der Kalibrierung and Stabilität,

Porositätsempfindlichkeit und die Resultate der Porositätsbestimmung, sowie die Erfahrungen, gewonnen bei der Festsetzung der gasspeichernden Schichten.

Az OKGT Nagyalföldi Kutató- és Feltáró Üzemében 1967-től végeztek neutron-neutron termikus (*NNT*) szelvényezést *DRSZT-1* típusú kétsatornás radioaktív szondával. A műszer természetes-gamma és neutron-gamma (*NG*) vagy *NNT* vagy neutron-neutron epitermikus szelvény egyidejű felvételére alkalmas. A munka kezdeti eredményeiről Bárány (1967) számolt be.

A *DRSZT* műszer alkalmazása az olajiparban eddig használt *NG* szondákhoz viszonyítva az alábbiak miatt jelent újdonságot:

– azáltal, hogy lehetővé teszi a termikus vagy epitermikus neutron-sűrűség vizsgálatát a fúrólyukakban, bővíti a neutron-mérések választékát, ami eddig csak a *NG*-mérésekre korlátozódott;

– detektorai szeintillációs kristályok, míg az eddig használt szondákban *GM* csövek voltak.

További újdonság, hogy a *DRSZT* szondák rutin-mérésekre való felhasználásával egyidőben kezdődött a neutron-szelvények neutron-egységekben (*NE*) történő hitelesítése is. Ez lehetővé teszi a szelvények bevonását a kvantitatív interpretációba.

A tanulmány a *NNT* módszer alkalmazásának üzemi eredményeiről számol be. Vizsgálja:

- a *NNT* módszernek és a mérőműszernek az interpretáció szempontjából fontos néhány tulajdonságát;
- a *NNT* szelvények felbontóképességét;
- a hitelesítés és stabilitás egyes kérdéseit;
- a porozitásérzékenységet és a porozitás meghatározás eredményeit;
- a gáztároló rétegek kijelölésénél szerzett tapasztalatokat.

A *NNT* szelvényezést részben a *NG* módszer helyett kívántuk alkalmazni, ez az oka a vizsgálatok összehasonlító jellegének.

A szonda hőtűrése és az üzem feladatai miatt a műszert főleg az algyői felső pannóniai rétegsor szelvényezésénél használták. A forrástároló szondavég az eredeti gyáritól kissé eltérő volt.

A porozitás és víztelítettség tizedestört alakban szerepel.

1. A *NNT* módszer és a mérőműszer interpretációs szempontból fontos tulajdonságai

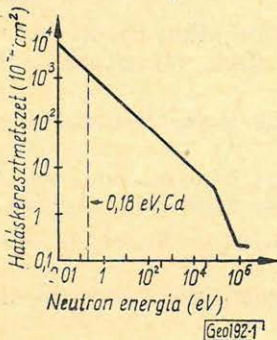
A neutronszelvényezés irodalmából ismert, hogy a kőzetmátrix, a pórusokban levő víz és ennek klórtartalma a neutronok lassításában ezek energiájától függően különbözőképpen hat. Nagy neutron-energiáknál a mátrix elemeinek szerepe jelentős. Az epitermikus neutron-sűrűséget döntően a lassító közeg hidrogéntartalma befolyásolja. A termikus neutron-sűrűség kialakításában a hidrogéntartalom mellett a víz klórtartalma és kisebb mértékben a kőzet ásványos összetétele is fontos szerepet játszik.

Tittle és társai (1951) azt is megállapították, hogy a lyukátmérő-változás, a beléscső jelenléte és a fúróiszap klórtartalmának hatása is eltérő az epitermikus és termikus neutronok sűrűségére. Míg az előbbiekre a fúrólyuknak ezek a tulajdonságai alig gyakorolnak befolyást, az utóbbiakra hatásuk nagyon jelentős. A különböző szondákkal fevett neutron-szelvények tulajdonságait, ezek szerint alapvetően befolyásolja az, hogy a detektor milyen energiájú neutronokat észlel.

1.1. Az *LDNM* detektor

A *DRSZT* szondában *LDNM* típusú detektort alkalmaznak. Ennek vizsgálatunk szempontjából legfontosabb tulajdonságai *Vegyehin* (1967) alapján a következők:

- A neutronok detektálására ezüsttel aktivált cinkszulfid és bóranhidrid keverékéből álló szcintilláló anyagot használnak, melyet a fénykihasználás növelése céljából radiálisan helyeznek a félvezető köré. A neutron-detektálás a $B^{10}(n, \alpha)Li^7$ magreakción alapul. E reakció hatáskeresztmetszetének energiafüggését mutatja az 1. ábra. (*Keszthelyi* 1964 után.)



1. ábra. A $B^{10}(n, \alpha)Li^7$ hatáskeresztmetszetének energiafüggése (*Keszthelyi* után)

Фиг. 1. Зависимость эффективного сечения $B^{10}(n, \alpha)Li^7$ от энергии (по *Кестхен*)

Fig. 1. Energieabhängigkeit des Wirkungsquerschnittes von $B^{10}(n, \alpha)Li^7$ nach *Keszthelyi*

– A számlálási karakterisztikában több száz volt hosszúságú platós szakasz van.

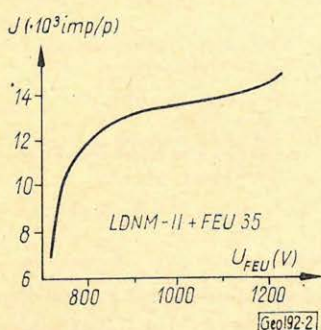
– A termikus neutron-érzékenység a platón magas (60–90).

– 100 C° környezeti hőmérséklet huzamosabb ideig nem okoz változást a karakterisztikában.

– Az olajipari karottázs-gyakorlatban általában előforduló természetes gamma sugárzásra és a forrás gamma sugárzására a detektor érzéketlen.

A plató jelenléte a detektor speciális kialakításának és részben az előállítás technológiájának is függvénye. (Feldman és társai 1966, 1969).

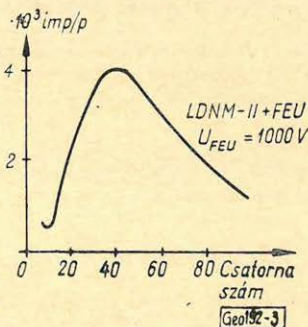
A FEU – 35 elektronsokszorozóval összeépített detektor számlálási karakterisztikájára mutat példát a 2. ábra. A mérést Bihari László végezte.



2. ábra. LDNM detektor számlálási karakterisztikája

Фиг. 2. Характеристика счета детектора LDNM

Fig. 2. Zählcharakteristik des LDNM – Detektors



3. ábra. LDNM detektor differenciális spektruma (Feldman után)

Фиг. 3. Дифференциальной спектр детектора LDNM (по Фельдману)

Fig. 3. Differenzial – Spektrum des LDNM – Detektors (nach Feldman)

1.2. A detektált neutronok energia szerinti megoszlása

A 2. ábrából látható, hogy a detektor a termikus neutronokon kívül – kisebb mértékben – a nagyobb energiájúakra is érzékeny. A differenciális spektrum (lásd a 3. ábrán) azonban nemcsak a hatáskeresztmetszet energiafüggésétől, hanem a detektor kialakításától is függ. (Feldman és társai, 1969).

A szonda által detektált neutronok energia szerinti megoszlását kísérleti úton vizsgáltuk.

A 0,5 m hosszú szondát végtelen vízközegbe helyezve mértük a neutron-intenzitást. Majd a detektort a lassú neutronokat elnyelő kadmium lemezzel árnyékolva megismételtük a mérést. Az eredmények az 1. táblázatban találhatók. Feltételezhetjük, hogy a rétegviszonyok között, ahol a lassítás kevésbé erélyes, a nagyobb energiájú neutronok részvételele valamivel nagyobb lesz a regisztrált intenzitásban, mint a vízben történt mérésnél.

Ezek szerint neutron-szelvényeink nem „tisza termikus” szelvények, az indikáció kialakításában a termikusnál nagyobb energiájú neutronok is szerepet játszanak.

A detektált neutronok energia szerinti megoszlása

Detektor	1 Neutron – intenzitás imp/p		I _{Cd} /I %
	2 Cd nélkül (I)	3 Cd-al körül- véve (I _{Cd})	
LDNM 6	5094	1590	32
LDNM 6	1962	513	26
LDNM 5	5234	1348	26

⁴ Mérések végtelen vízközegben, szondahossz 0,5 m
A méréseket Bihari László végezte

Таблица 1. Распределение детектируемых нейтронов по энергии

¹ Интенсивность нейтронов

² Без Cd

³ Окружено Cd

⁴ Измерении в бесконечной водной среде, длина зонда – 0,5 м

Tab. 1. Verteilung der detektierten Neutronen nach der Energie⁵

¹ Neutronen-Intensität

² Ohne Cd (I)

³ Mit Cd umgeben (I_{Cd})

⁴ Messungen in unendlichem WassermEDIUM, Sondenlänge 0,5 m

1.3. A fúrólyuk technikai tulajdonságainak hatása

Baszin és társai (1968) vizsgálták a fúróiszap, a rétegvíz sótartalma és az iszaplepleny hatását: kis lyukátmérőknél ($d \leq 20$ cm) 25 g/l NaCl tartalomig elhanyagolható a fúróiszap hatása, 50 g/l NaCl tartalomig a rétegvízből származó klór-hatás. A NG módszerre ugyanezek a határok: 40 g/l, 60 g/l.

Az iszaplepleny hatása a NNT szelvényre jelentős, a porozitás növekedésével nő. Az iszaplepleny vastagságát tehát ismerni kell. Ugyanaz a hatás a NG szelvényre lényegesen kisebb.

Hasonlóképpen a NNT szelvényre gyakorolt nagyobb hatást a lyukfal egyenetlensége is.

2. Felbontóképesség

A neutron-módszerek iránt támasztott fontos követelmény a különböző neutron-porozitású rétegek megbízható elkülönítése a szelvényen, tehát az eleendően nagy felbontóképesség.

Az egyszer végigmért szelvényszakaszon egy indikáció akkor tekinthető a környezetétől eltérő neutron-porozitású réteg hatásának, ha az indikációk különbsége legalább 2–3-szorosa a környezet fluktuációs sávjának. Ennek alapján a felbontóképességre (A) az alábbi kifejezés adhat felvilágosítást:

$$A = \frac{I_x - I_k}{\delta I_k},$$

ahol I_x – a vizsgált réteg intenzitása (imp/perc-ben),

I_k – a környezet intenzitása,

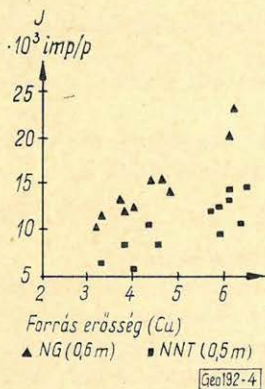
δI_k – a környezet statisztikus ingadozása.

Az így definiált felbontóképesség ugyanazon rétegsor és lyukviszonyok között a műszer porozitásérzékenységétől és regisztrált impulzusszámtól függ.

2.1. A regisztrált impulzusszám

A 4. ábrán látható felső-pannóniai víztároló homokkövek neutron- és másodlagos-gamma-intenzitása a forráserősség függvényében. Lyukátmérő $8\ 1/2''$, a szondahosszak: NG 0,6 m, NNT 0,5 m. A regisztrált impulzusszám a forráserősséggel arányos. A felbontóképesség növelése érdekében különösen nagy átmérőjű fúrásokban a mérést erős forrással kell végezni.

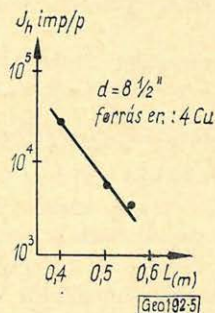
Felső-pannóniai homokkövek neutron-intenzitásának szondahossztól való függésére az 5. ábrából lehet következtetni, amely $8\ 1/2''$ átmérőjű fúrásra vonatkozik.



4. ábra. Felső-pannóniai víztároló homokkövek neutron- és másodlagos gamma-intenzitása a forráserősség függvényében

Фиг. 4. Зависимость интенсивности нейтронного потока и вторичного гамма-излучения от интенсивности источника в водоносных песчаниках верхнего паннона

Fig. 4. Neutron- und sekundäre - Gamma - Intensität der oberpannonsischen wasserspeichernden Sandsteine in Abhängigkeit von der Quellstärke



5. ábra. Neutron-intenzitás szondahossz függés felső-pannóniai homokkövekben

Фиг. 5. Зависимость интенсивности нейтронов от длины зонда в верхнепаннонских песчаниках

Fig. 5. Neutron-Intensität - Sondenlänge - Abhängigkeit bei oberpannonsischen Sandsteinen

2. táblázat

d	Forrás ² Cu	Felbontóképesség ¹		Időál- ³ landó NG	Sec NNT
		A			
		NG 0,6 m	NNT 0,5 m		
8 1/2	4,0	10,0	13,4	12	12
12 1/4	5,2	9,4	10,4	12	6

Таблица 2.

¹ Разрешающая способность

² Источник

³ Постоянная времени

Tab. 2. ¹ Auflösungsvermögen

² Quelle

³ Zeitkonstante

2.2. Felbontóképesség

Vizsgáljuk ezek után az erősen homokos algyői felső-pannóniai rétegsorban a 0,5 m-es szondával felvett *NNT* szelvények a vékony agyagrétegekre vonatkozó felbontóképességét, tehát az agyagrétegek kimutatása megbízhatóságának mértékét a 0,6 m hosszú *NG* szelvényvel összehasonlítva. A 2. táblázat azt mutatja, hogy a *NNT* szelvény felbontóképessége a *NG*-val egyező, vagy annál jobb lehet mindkét vizsgált lyukátmérőnél.

3. Hitelesítés, stabilitás

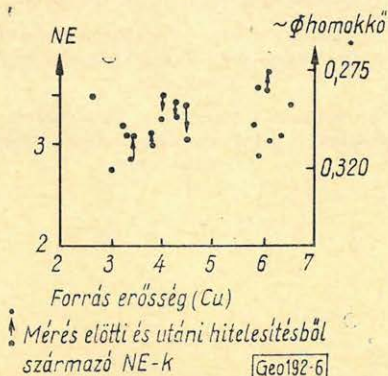
A különböző erősségű forrásokkal felvett szelvények összehasonlíthatósága, a porozitás- és gáztelítettség-meghatározás alapja a szelvények hitelesítése. A hitelesítési egység a végtelen vízközegben mért intenzitás: *I* neutronegység (*NE*).

A hitelesítést a központi telephelyen végezték, kezdetben csak mérés előtt, majd, ha erre lehetőség volt, a mérésről való visszatérés után is.

3.1. A szelvények összehasonlíthatósága

A hitelesítés ezirányú eredményei a 6. és 7. ábrán láthatók.

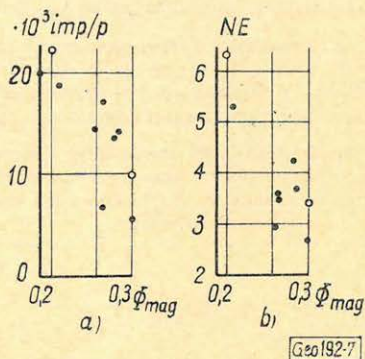
A 6. ábra a 4. ábrán bemutatott neutron-intenzitásokat ábrázolja *NE*-ben kifejezve, ugyancsak a forrásereőség függvényében. Látható, hogy az így kifejezett intenzitások a forrásereőségtől függetlenek. Az eltérések oka a lyukviszonyok és a porozitás változása, valamint a hitelesítés hibái. A minimális és maximális indikációkhoz tartozó porozitás-értékek igazolják, hogy a megállapított *NE*-k általában helyesek.



6. ábra. A 4. ábrán bemutatott neutron-intenzitások neutron-egységekben

Фиг. 6. Величины интенсивности нейтронов рис. 4 в пересчете на единицы нейтронов

Fig. 6. Neutron-Intensitäten der Fig. 4. in Neutron-Einheiten



7. ábra. Neutron-intenzitások a magokon mért porozitás függvényében

Фиг. 7. Зависимость нейтронов от пористости, определенной на ядрах

Fig. 7. Neutron-Intensitäten in Abhängigkeit von der Porosität, gemessen an den Kernen

A 7. ábrán a magokon mért porozitás függvényében láthatók a neutron-intenzitások *imp/perc*-ben (a) és *NE*-ben (b). Bár az indikációkat az agyagtartalom és az eltérő lyukviszonyok torzító hatása terheli, mégis megállapítható, hogy a (b) ábrán a porozitástól való függés határozottabb.

3.2. Pontossági követelmények

A porozitás-meghatározás a hitelesített szelvényekkel szemben azt a követelményt támasztja, hogy a vizsgált rétegnek a mérés előtt és mérés után végzett hitelesítés alapján meghatározott, *NE*-ben kifejezett intenzitása egy bizonyos értéknél többel nem térhet el egymástól. Tűzzük ki célul, hogy a $8\ 1/2'$ és $12\ 1/4''$ átmérőjű fúrásokban a $\varnothing = 0,2 - 0,3$ intervallumban a homokkövek porozitását a hitelesítés hibájából kifolyóan $\pm 5\%$ pontossággal kívánjuk meghatározni. Mennyivel különbözhet ekkor a mérés előtti és utáni leolvasás?

3. táblázat

Pontossági követelmények ¹			
d	Max. leolvasási elt. ² NE		1 NE max. megengedett hibája $\pm \%$ ³
8 1/2	0,30	0,5	6
	0,20	0,6	5
12 1/4	0,30	0,4	6
	0,20	0,4	4

Таблица 3.

Tab. 3. ¹ Genauigkeitsansprüche
² Maximale Ablesungsabweichung
³ Maximaler zugelassener Fehler von 1 NE

¹ Требования к точности

² Максимальное отклонение показаний

³ Максимально допускаемая погрешность
1 NE $\pm \%$

A választ a 3. táblázat adja meg. Ugyanitt találjuk a mérés előtti és utáni hitelesítésből közepeléssel meghatározott *NE* érték maximális megengedett hibáját is. Amint látható, a pontossági követelmények nőnek a porozitás csökkenésével és a lyukátmérő növekedésével.

A 6. ábrából olvashatjuk le, hogy az előírt pontossági követelmények mennyire teljesültek az algyői fúrások szelvényezésénél. A maximális eltérés $0,4\ NE$, ezen egy eset kivételével pedig $0,25\ NE$ vagy ez alatti a különbség. Ezek alapján a hitelesítés viszonylag jónak tekinthető.

Megjegyzendő azonban, hogy az ellenőrzés csak a mérések kisebb részére terjedt ki, továbbá néhány esetben, amikor a mérés előtti és utáni hitelesítés a megengedett határon belül egyezett, a porozitás meghatározás mégis a valóságtól durván eltérő eredményt adott. Ez a tény, valamint a hitelesítések nyomkövetése hosszabb időn át hívta fel a figyelmet a mérőrendszer stabilitásának vizsgálatára.

3.3. A mérőrendszer stabilitása egy mérésnél

A mérőrendszertől megköveteljük, hogy a fúrásban változatlan körülmények között egymás után felvett két szelvény a statisztikus ingadozás figyelembevételével megegyezzen.

Az erre vonatkozó eredmények a 4. táblázatban találhatók. Az alapszelvénytől való mindkét irányú eltérést \pm , az egyirányú eltéréseket $-$, illetve $+$ jelzi, (maximális eltérés az alapszelvény indikációjának $\%$ -ában).

Baszin és társai (1968) szerint a mennyiségi értelmezésre használt szelvények maximális eltérése az 5% -ot nem haladhatja meg. Ez a feltétel a vizsgált szelvények 40% -ánál teljesedett csak.

A mérőrendszer stabilitása egy mérésnél¹

		Eltérés iránya az alapszelvénytől ²		
A vizsgált esetek %-ában		±	-	+
Maximális eltérés ³	5%	40		
	5 – 10%	20	10	10
	10%	10	10	

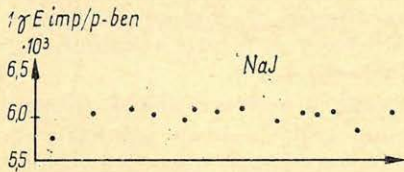
Таблица 4.

Tab. 4. ¹ Stabilität des Mess-systems bei einer Messung¹ Устойчивость измерительной системы при одном измерении² Направление отклонения от эталонной кривой, количество изучаемых случаев в %-ах³ Максимальное отклонение² Richtung des Abweichens von dem Standardprofil in Prozenten der untersuchten Fälle³ Maximale Abweichung

3.4. A mérőrendszer stabilitása hosszabb időn át

A stabilitás az előbbi értelmezésben az észlelő rész (detektor + elektron-sokszorozó) és a további elektronikus egységek megbízhatóságára ad felvilágosítást. Emellett azonban a szállítás, szondahossz beállítás és eddig fel nem derített egyéb okok hatása a mérőrendszerre is jelentős lehet.

Ezt mutatja a 8. ábra. Ezen ugyanarra a szondára május 20 – szeptember 10. között meghatározott 1 NE imp/perc értékeket találjuk. A vizsgált időszakban a szondán a szondahossz beállításán kívül semmi változtatás nem történt. A forráserősség csökkenésének hatása a szaggatott vonalú görbe alapján vehető figyelembe. A szonda lyukbaengedését nyilak jelölik, ezek alatt a maximális lyukhőmérséklet található. Az ábra felső része ugyanezen szonda természetes-gamma oldalára vonatkozik, az elfogadott gamma-egység imp/perc értékeit mutatja.



8. ábra. A mérőrendszer stabilitásának vizsgálata hosszú időn át

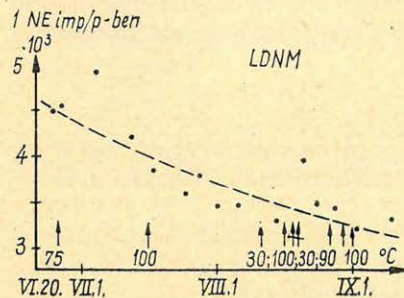


Fig. 8. Результаты продолжительного испытания измерительной системы на устойчивость

Fig. 8. Untersuchung der Stabilität des Messsystems für eine längere Zeitspanne

↑ Mérés a szondával
75 °C max. lyukhőmérséklet a méréskor

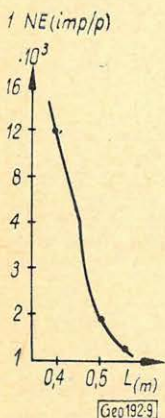
Geo192-8

Ha az egymás után meghatározott NE értékeket tekintjük „mérés előtti és utáni hitelesítés” eredményeinek, az értékpárok között az eltérés négy esetben jelentősen nagyobb a megengedettnél (lásd 3. táblázat), 5% vagy annál kisebb eltérés pedig csak a vizsgált esetek nem egészen felénél van.

Azt, hogy a rendellenes esetek oka minden valószínűség szerint nem az elektronikus rendszer, a természetes-gamma oldal hitelesítési eredményei igazolják. Ezek nagy időbeli stabilitásról tanúskodnak. Ugyancsak nem lehet ok a méréskor fellépő hőmérséklet. Ekkor ugyanis rendszeresnek kellene lenni az eltéréseknek, aminek az ellenkezőjét tapasztaltuk. Ez a detektor hőtűrése bizonyíthatóan is tekinthető.

Vizsgáljuk végül a szondahossz pontatlan beállításából származó hibát a 9. ábra segítségével. Ha a szondahossz beállításánál elkövetett hiba ± 1 cm, a NE ebből származó hibája kb. $\pm 10\%$ valamennyi szondahossznál, ami megengedhetetlenül nagy érték. Törekedni kell tehát a szondahossz pontos beállítására.

A bemutatott hitelesítő méréseket a telephelyen végezték. Mivel a szállítás is hibaforrás lehet, a hitelesítésnek ez a módja nem jellemzi minden esetben a lyukban levő szondát. Ez az állapot fúrásnál elvégzett hitelesítésekkel jobban megközelíthető.



9. ábra. A neutron-egység függése a szondahossztól

Фиг. 9. Зависимость единицы нейтронов от длины зонда

Fig. 9. Abhängigkeit der Neutron-Einheit von der Sondenlänge

4. Porozitás-meghatározás

A folyadéktárolók porozitásának meghatározását elektrokarottázzsal, akusztikus és nukleáris szelvényekből kísérrelhetjük meg.

Jelenleg azonban nem áll rendelkezésünkre elegendően pontos elektrokarottázs módszer. Nem ismertek a kőzetfizikai függvénykonstansok, sokszor nem ismert elegendő pontossággal a fúróiszap fajlagos elektromos ellenállása, az alacsony vízleadás miatt az elárasztás sekély. A felsorolt nehézségek különösen a nagy porozitású felső-pannóniai tárolókőzetekben éreztetik zavaró hatásukat. Az akusztikus módszer eredményei ugyancsak a laza, nagy porozitású kőzetekben válnak kétségesse. Az elmondottak miatt a gamma karottázs hiányában a neutron-szelvényektől várhatunk kielégítő eredményt.

A porozitás-változásra azonban a neutron-szelvények az ellenállás-szelvényeknél kevésbé érzékenyek. Ezért nagy jelentőségű a pontos hitelesítés és a műszer stabilitása. További követelmény a neutron-szelvények indikációit eltorzító agyagtartalom ismerete.

4.1. Porozitás érzékenység

A neutron-szelvények porozitásérzékenysége (B) a módszer és a mérőműszer, valamint a porozitás függvénye. Vizsgálatára Baszin és társai (1968) javaslatára az alábbi kifejezést használtam:

$$B = \frac{I_1 - I_2}{I_k \cdot \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Phi_1}}$$

ahol I_1 és I_2 a vizsgált porozitásintervallum határainhoz (Φ_1 és Φ_2) tartozó intenzitás NE -ben,
 I_k ugyanez a porozitás-tartomány közepére.

B a vizsgált intervallumban a $0,01$ porozitásváltozáshoz tartozó átlagos viszonylagos intenzitás-változás. A különböző módszerek és különböző szondák a NE -t más-más módon befolyásolják. Ezt a zavaró hatást küszöböli ki a I_k -val való osztás.

5. táblázat

A NG- és NNT-porozitás érzékenysége $8\ 1/2''$ átmérőjű fúrásban¹

Porozitás – intervallum	B	
	NG 0,6 m	NNT 0,5 m
0,15 – 0,25	3,1	4,8
0,25 – 0,35	2,3	4,8

Таблица 5.

Tab. 5.¹ Empfindlichkeit der NG- und NNT – Porosität in einer Bohrung von $8\ 1/2''$ Durchmesser

¹ Точность определения пористости по методам НК и НК-Т в скважине диаметром $8\ 1/2''$

² Porositás-Intervall

² Диапазон величин пористости

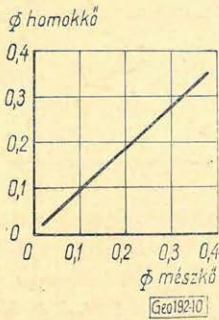
Az 5. táblázat B -nek $8\ 1/2''$ átmérőjű fúrólukban érvényes értékeit tartalmazza $0,6$ m-es NG és $0,5$ m-es NNT szondára. A NNT módszer különösen nagy porozitásoknál jelentősen érzékenyebb, mint a NG. Ez a megállapítás $5\ 1/2''$ – $12\ 1/4''$ lyukátmérő között is érvényes. Nagy porozitású homokkővek porozitásának meghatározására a NNT módszert célszerű alkalmazni. Ugyanez érvényes a kis porozitású ($\varnothing < 0,05$) kőzetekben is.

4.2. A kőzetváz ásványi összetételének hatása

$8\ 3/4''$ lyukátmérőnél homokkőre és mészkőre érvényes neutron-indikáció-porozitás összefüggések felhasználásával készült a 10. ábra. (Források: DRSZT típusú kétszatórnás... mérőberendezés, és Baszin, 1968). Ez a vizsgált kőzet tényleges porozitását mutatja a másik kőzetre érvényes összefüggésből meghatározott látszólagos porozitás függvényében. Alacsony porozitásoknál nincs eltérés, $0,15$ felett az eltérés egyre jelentősebb. A nagy porozitások tartományában $0,025$ – $0,03$ a porozitás-különbség.

Ez a megállapítás ellentmond a neutron-szelvényezés irodalmában közlteknek. Az ellentmondás okait nem ismerjük. Származhat ez a felhasznált két porozitás-összefüggés felvételének kissé eltérő körülményeiből, de a műszer

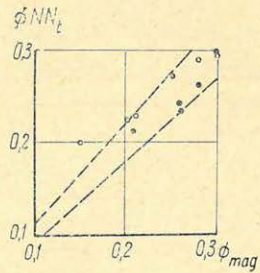
jellegzetessége is lehet (lásd 1.1 és 1.2.-t). Érdekes itt megjegyezni, hogy a NG-t mérő DRSZT műszernél már az indikáció-porozitás összefüggés is eltér a megszokottól a nagy hidrogéntartalmú szakaszon.



10. ábra. A kőzetváz ásványi összetételének hatása a neutron-porozitásra

Фиг. 10. Влияние минерального состава горных пород на пористость

Fig. 10. Einfluss der mineralischen Zusammensetzung des Gesteingerippes auf die NeutronenPorosität

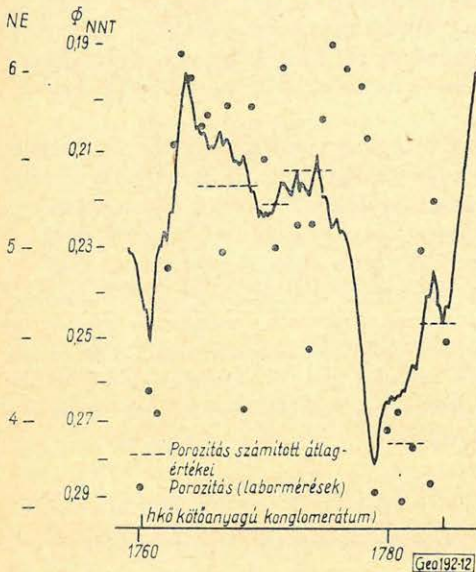


- Mérés előtti hitelesítésből
- $\phi_a = 0.4$ feltételű hitelesítésből
- $\pm 10\%$ -os hibásáv határa

11. ábra. NNT-szelvényekből meghatározott porozitások összehasonlítása a magokon mért értékekkel

Фиг. 11. Сопоставление величин пористости, определенных по кривым ННК-Т и измеренных на кернах

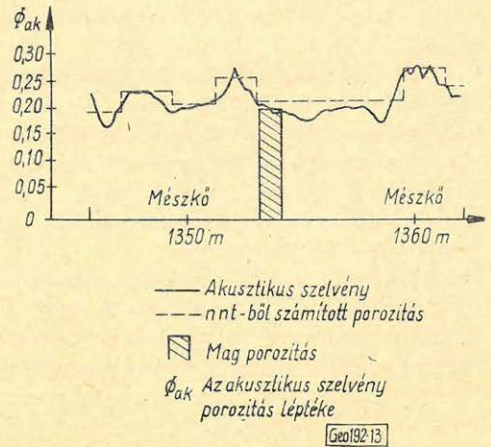
Fig. 11. Vergleich von Porositäten, bestimmt einerseits aus NNT-Profilen, andererseits aus Kernaussmessungen



12. ábra. NNT-szelvény összehasonlítása magokon mért porozitással

Фиг. 12. Сопоставление кривых ННК-Т с величинами пористости, определенными на кернах

Fig. 12. Vergleich eines NNT-Profiles mit Porositäten, die aus Kernaussmessungen bestimmt wurden



13. ábra. NNT- és akusztikus szelvényből meghatározott porozitások összehasonlítása

Фиг. 13. Сопоставление величин пористости, определенных по кривым ННК-Т и акустического каротажа

Fig. 13. Vergleich von Porositäten, die einerseits aus NNT-, andererseits aus akustischen-Profilen bestimmt wurden

4.3. Porozitás-meghatározások

A porozitás-meghatározó módszerek pontosságának vizsgálatára a karotázis-gyakorlatban általában a számított és a magokon mért porozítások összehasonlítását alkalmazzák.

Az ellenőrzésre felhasznált magok főleg homokkövek, melyek nagy része agyaggal is szennyezett. Az agyagtartalom kőzetvizsgálatokból általában ismert volt.

Mérés után nem minden esetben végeztek hitelesítést, ezért a mérés előtti adat alapján végeztem a meghatározásokat Baszin és társai (1968) által mészkőre közölt indikáció-porozitás-függvényt és iszaplepeny korrekciót használva. Az agyagtartalom hatását a szokásos módon vettem figyelembe, a „mátrix-hatást” a 10. ábra alapján korrigáltam. Az eredményeket a 11. ábra mutatja, (szondahossz $0,5 n$). Amint látható, a $0,2-0,3$ porozitás-tartományban a pontok $\pm 10\%$ -os hibásávba vannak. Két szelvénynél a hitelesítési érték durván hibás volt. A *NE*-t ezeknél a $0,4$ porozitásúnak feltételezett agyagréteg indikációja és a $0,4$ mészkő porozitáshoz tartozó *NE*-ben kifejezett kitérés alapján határoztam meg.

A 12. ábrán folyamatos magfúrással harántolt homokkő kötőanyagú finom konglomerátum kőzetmintákon mért porozitás értékei hasonlíthatók össze a *NNT* szelvényvel. A porozitás-skála (Q_{NNT}) a neutron-indikáció-porozitás összefüggés alapján készült, a szükséges korrekciókat figyelembe véve, a szelvény ezért közvetlenül porozitásszelvénynek tekinthető. A konglomerátum inhomogenitásai miatt nagyobb szakaszok átlag-porozitásai jellemzőbbek, mint az egyes mintamerések eredményei. Ezért az ábrán a labormérésekből számított átlagértékek is fel vannak tüntetve. A szelvény jól követi a porozitásváltozásokat és az $1778-1779 m$ közötti szakasz kivételével a mennyiségi egyezés is jó.

További ellenőrzési lehetőséget szolgáltatott egy mészkő-réteg akusztikus szelvénye (a porozitás-skálát K. Lehnert szerkesztette). A neutron-szelvény hitelesítése agyagréteg indikációjának felhasználásával történt (13. ábra).

Alekszejev és társai (1969) szerint a különböző neutronmódszerek és szondák (szovjet és amerikai) szelvényeiből végzett porozitás-meghatározás hibája a mérés és a befolyásoló tényezők meghatározásának hibái miatt a $0,1-0,25$ porozitás-intervallumban $\pm(8-22)\%$ közötti, *DRSZT* szondára ($0,4 m$ -es szondahossz) $\pm 13\%$. Ezt figyelembe véve $0,2$ feletti porozításoknál a bemutatott eredmények jónak mondhatók. A 11. ábrán a $0,15$ porozitású homokkő agyagos, az agyag mennyiségét azonban nem határozták meg. Emiatt a számított porozitás hibás, a ténylegesnél nagyobb.

A bemutatott eredményekből megállapítható még, hogy

– a „ $0,4$ porozitású agyag” segítségével történő közelítő *NE*-meghatározás helyesnek bizonyult, legalábbis a nagy porozítások tartományában. Ezzel a módszerrel tehát ellenőrizhető a hitelesítés;

– a homokkövek porozitására csak a 10. ábrán bemutatott mátrix-korrekcióval lehetett kielégítő pontosságú megoldást kapni. Ez alátámasztja a korrekció helyességét.

Végül meg kell jegyezni, hogy a porozitás-meghatározás bemutatott módja a legérzékenyebb a hitelesítés hibáira. A hitelesítési eljárás fejlesztése után a porozitás-meghatározás pontossága növelhető.

5. Gáztároló rétegek kimutatása

Két feladat megoldását vizsgáljuk:

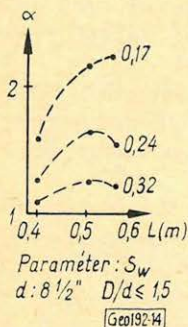
- gáztároló felső-pannóniai homokkövek kijelölése, ami eddig 0,6 m hosszú NG szonda szelvényből történt,
- felszínközeli gáztároló homokok kijelölése.

A felszínközeli gáztároló homokok kisebb gáztelepek vagy mélyebb rétegekből származó gáz másodlagos felhalmozódásai. Kimutatásukra száraz lyukban 0,8 m hosszú NG szondával végeztek szelvényezést.

Megállapítandó, hogy a NNT méréssel miként lehet ezeket a feladatokat megoldani.

5.1. Az optimális szondahossz megválasztása

A különböző hosszúságú szondák indikációit a réteg gáztartalma eltérően befolyásolja. Meghatározva az $\alpha = I_g/I_v$ tényezőket és azokat a szondahossz függvényében ábrázolva a gázra legérzékenyebb szonda kijelölhető; itt I_g a gáztároló, I_v a víztároló homokkő indikációja.



14. ábra. A gázkimutatáshoz optimális szondahossz meghatározása

Фиг. 14. Определение длины зонда, оптимальной для выявления газа

Fű. 14. Bestimmung der optimalen Sondenlänge für Gasnachweis

8 1/2'' átmérőjű fúrás sekély elárasztású rétegeire vonatkozó eredményt mutat a 14. ábra. Az optimális szondahossz eszerint 0,5 m. A 0,55 m-es szonda 0,17 víztelítettségél kis érzékenység-növekedést mutat, a víztelítettség növekedésével azonban az érzékenység csökken. A tapasztalt összefüggés jellege egyezik azzal, amit a vizsgált víztelítettségeknél 0,4, 0,5 és 0,6 m-es szondákra vonatkozóan Guberman (1964) munkája alapján el nem árasztott gáztároló rétegekre fel lehet építeni.

12 1/4'' átmérőjű fúrás vizsgálatának eredményei $D/d = 2$ elárasztásnál: 0,44 m-es szondára $\alpha = 1,47$; 0,5 m-es szondára $\alpha = 1,5$, tehát alig különbözik. A vizsgált réteg víztelítettsége 0,35-nál kisebb.

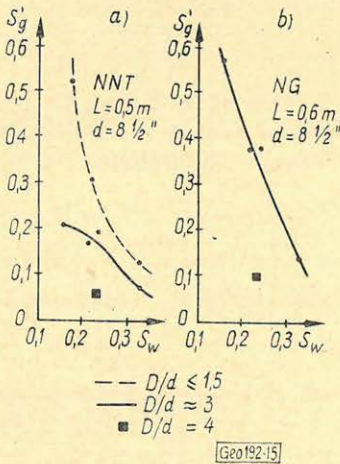
Felszínközeli gáztároló kimutatásánál a 0,6 és 0,65 m-es szonda egyforma érzékenységűnek mutatkozott. A réteg tulajdonságai és a kút konstrukciója: víztelítettség kb. 0,30 porozitás magas, lyukátmérő 12 1/4'', csőátmérő 9'', a cső mögött cement. A mérés üres lyukban történt.

5.2. A víztelítettség és az elárasztás változásának hatása, összehasonlítás a NG módszerrel

8 1/2'' átmérőjű fúrások szelvényeinek feldolgozásából készült a 15. ábra; ez a víztelítettség függvényében mutatja a neutron-szelvényekből számított gáztelítettséget (S'_g). Ez látszólagos érték, a valódi gáztelítettség: $I - S_w$.

Az (a) ábra a *NNT* eredményeit mutatja 0,5 m-es szondahossznál. Két tényező, az elárasztás és a víztelítettség változásának hatását tanulmányozhatjuk rajta.

Az elárasztás növekedésével a látszólagos gáztelítettség jelentősen csökken. $D = 4d$ elárasztásnál a gáztartalom hatása már alig észlelhető. A víztelítettség növekedése is a látszólagos gáztelítettség csökkenését eredményezi. Kis elárasztásnál a csökkenés jelentős, az elárasztás növekedésével azonban relatíve kis víztelítettségek tartományában a telítettség-változásra érzéketlen. Ez a *DRSZT* típusú *NNT* szondák jellemzője.



15. ábra. Neutron szelvényekből (*NNT* és *NG*) számított látszólagos gáztelítettségek

Фиг. 15. Кажущиеся величины насыщенности газом, полученные по кривым *НГК* и *ННК-Т*

Fig. 15. Scheinbare Gassättigung, bestimmt einerseits aus *NNT*-, andererseits aus *NG*-Profilen

6. Összefoglalás

A vizsgált típusú szonda és az ezzel felvett *NNT* szelvények fontosabb tulajdonságai:

– 20 cm és ez alatti lyukátmérőknél a fúróiszap nem hat számottevően az indikációra, ha *NaCl* tartalma a 25 g/l-t nem haladja meg.

6. táblázat

d	S_w	D/d	Látszólagos gáztelítettségek ¹	
			S'_g	
			<i>NNT</i>	<i>NG</i>
12 1/4	0,35	2	0,41	0,32

Таблица 6.

Tab. 6. Scheinbare, ¹ Gassättigungen

¹ Кажущиеся величины насыщенности газом

– A forrásérősség és a regisztrált impulzusszám között ugyanazon porozitású rétegben a kapcsolat lineáris.

– A 0,5 m-es szonda szelvényének felbontóképessége a 0,6 m-es NG-hoz közelálló, vagy annál jobb, mind $8\frac{1}{2}''$, mind $12\frac{1}{4}''$ átmérőjű fúrásban.

– A NNT szelvény porozitás-érzékenysége a NG-nál különösen a nagy porozitások tartományában jelentősen nagyobb. A jól hitelesített szondával $8\frac{1}{2}''$ átmérőjű lyukban felvett szelvényről a porozitást a módszertől elvárható (általában $\pm 10\%$) pontossággal meg lehet határozni (legalábbis a 0,2-nél nagyobb porozitástartományban). Az iszaplepeny vastagsága miatti korrekció jelentős, ezért lyukátmérő-szelvényt is fel kell venni. A műszkőre érvényes összefüggésből meghatározott látszólagos porozitásokat a mátrix-hatásra korrigálni kell, ha ezek 0,15-nél nagyobbak.

– A hitelesítés összehasonlíthatóvá teszi a különböző erősségű forrásokkal felvett szelvényeket. Törekedni kell a fúróluknál végzett hitelesítésre. A mérés előtt és után végzett hitelesítés eredményéből számított NE relatív hibája $\pm 4-6\%$ -ot nem haladhatja meg. Mind a hitelesítésnél, mind a mérésnél a szondahosszat nagyon pontosan kell beállítani.

– Ha a szondát nem hitelesítették, a 0,4 porozitásúnak feltételezett agyagban mért kitérés alapján végezhető el a közelítő hitelesítés. Ez az eljárás egyben a hitelesítés durva hibáinak felderítésére is használható.

– A felső-pannóniai gáztároló homokkövek kijelölése a 0,5 m-es NNT szonda szelvényéből kísérrelhető meg, $8\frac{1}{2}''$ -os lyukátmérőnél. Azonban mind az elárasztás, mind a víztelítettség hatása nagyobb a NNT-ra, mint a NG-ra.

$12\frac{1}{4}''$ -os fúrásban legalábbis kis víztelítettségű rétegekben a 0,5 m-es NNT a NG-nál jobb eredményt ad.

– Másodlagos gázfelhalmozódások nyomozására a 0,6 vagy 0,65 m-es NNT szonda jól alkalmazható.

A legfontosabb további teendők:

– Erőfeszítéseket kell tenni a szonda instabilitása okainak felderítésére és kiküszöbölésére.

– Javítani kell a hitelesítési eljárást.

IRODALOM

- Alekszejev F. A. és társai: Szosztjojanije jagyerno-geofiziceszkijh metodov isszledovanyija szkvazsin, burjassihszja na nyefty i gaz. Trudi VNIIJAGG. Nyedra 1969.
- Bárány Tibor: A neutron-neutron módszerek alkalmazásának lehetősége a szénhidrogénkutatásban. Pályázati dolgozat, 1967.
- Baszsin Ja. N. és társai: Metodika koliceszhtvennoj ocenki porisztosztyi nyeftegazovih kollektorov po materialam NGK i NNK. Trudi VNIIJAGG. Nyedra 1968.
- Baszsin Ja. N. és társai: Iszpolzovanyie jagyerno-geofiziceszkijh isszledovanyij dlja izucsenyija gazovih mesztorozsgyenyij Trudi VNIIJAGG. Nyedra 1969.
- Baszsin Ja. N. és társai: Metodika opregyelenyija porisztosztyi karbonatnih plasztov po dannim nyejtronnovo karotazsa VNIIJAGG. Moszkva 1968.
- Feldman I. I. Zsel'tikov A. N. Voproszi iszpolzovanyija szerijnoj radiometriczeszkij apparaturi na szcintillacijonnih szcsotcsikah Razvedocsnaja Geofizika 10. Nyedra 1966.
- Feldman I. I. és társai: Szravnytelnie harakterisztiki nekotarih cilindricszeszkijh szcintillacijonnih detektorov medlennih nyejtronov Geofiziceszkaja Apparatura 40. Nyedra 1969.
- Guberman S. A. és társai: Modelirovanyie zadacsi opregyelenyija gazonaszissenosztyi terrigenih kollektorov nyejtronnimi metodami. Problemi jagyernoje geofiziki. Nyedra 1964.
- Keszthelyi Lajos: Szcintillációs számlálók. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1964.
- Tittla C. W. és társai: Neutron Logging of Drill Holes: The neutron-neutron Method. Geophysics. Vol. XVI. 1951.
- Vegyehin. A. F. Detektori medlennih nyejtronov dlja szkvazsinnoj apparaturi radioaktivnovo karotazsa. Razvedocsnaja Geofizika 21. Nyedra 1967.