

MAGYAR

# Geofizika



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA  
BUDAPEST, 1967. VIII. ÉVFOLYAM 4. SZÁM

# MAGYAR GEOFIZIKA

a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE folyóirata

VIII. évfolyam

4. szám

## Szerkesztőség

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

## Felelős szerkesztő

Dr. SEBESTYÉN KÁROLY

## Szerkesztő Bizottság

BENCZE PÁL  
CZEGLÉDI ISTVÁN  
Dr. RENNER JÁNOS

## Felelős kiadó

SALA SÁNDOR  
igazgató

## TARTALOMJEGYZÉK

<i>R. Franke—N. Panner:</i> Agyagtelepek kimutatása elektromágneses dipolmérések segítségével .....	125
<i>Nagy Zoltán:</i> $S(H)$ függvények alkalmazása a geoelektromos és szeizmikus mérések eredményeinek komplex értelmezésében .....	139
<i>Szabó J.—Baranyi I.—Dudkó A.:</i> A földalatti geoelektromos ellenállás. mérések modellkísérleteinek újabb eredményei .....	150
<i>Béress Béláné:</i> Spektrális gammakarottázs lehetőségeiről ..	158
<i>Egyesületi hírek</i> .....	138

Index: 26 507

## MAGYAR GEOFIZIKA

Felelős szerkesztő: Dr. Sebestyén Károly

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

Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató

Terjeszti: MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Megrendelhető egész évre 16,- Ft előfizetési áron, mely összeg a MTE SZ 171.249-70. sz. csekkszámlájára fizetendő be.

67.1605. Állami Nyomda, Budapest



# Agyagtelepek kimutatása elektromágneses dipolmérések segítségével

R. FRANKÉ - N. PANNER

Az NDK-ban újabban sikerrel végeztek dipol-eljárással méréseket műrevaló agyagelőfordulások kutatására. Műszerberendezésként a Svédországban kifejlesztett *E. M. Gun* műszert alkalmazták, mely a slingram-berendezés módosított alakja. A módszernek az ellenállásmérésekkel szemben a szóban forgó feladat megoldásánál sok előnye van. Ezek közül első helyen említendő a költségmegtakarítás, amely a mondott eljárással szemben az 50%-ot is elérheti. Azonkívül olyan területeken is elvégezhető a dipolmérések, ahol az ellenállásmérésnek nehézségekbe ütköznek (nagy átmeneti ellenállások).

A kutatásoknál abból indulnak ki, hogy egyrészt az elektromágneses tér komponensei, másrészt pedig a mérési berendezés geometriája, a mérési frekvencia, valamint az általa jellemző ellenállás között összefüggés áll fenn. Ezekre támaszkodva megfelelő mérési frekvencia alkalmazásával pl. a függélyes mágneses dipol normálterének lefutása segítségével könnyen elhatárolhatjuk az agyagot a hordalékmárgától, az iszaptól vagy a homoktól.

Szerzők bevezetik itt is a látszólagos fajlagos ellenállás fogalmát.

За последнее время в ГДР метод дипольного зондирования успешно применялся для выявления промышленных запасов глинистых залежей. В качестве измерительной аппаратуры используется прибор типа *E. M. Гун*, представляющий собой вариант аппаратуры „Слингграм”. При решении данной задачи метод дипольного зондирования обладает рядом преимуществ по сравнению с методом сопротивлений. Среди них в первую очередь следует отметить экономию, достигающую 50% от расходов метода сопротивлений. Кроме этого, дипольное зондирование может проводиться даже в районах, в которых применение метода сопротивления связано с большими затруднениями (за счет высоких величин переходных сопротивлений).

В основе метода лежит связь между составляющими электромагнитного поля с одной стороны и между геометрией измерительной установки, частотой измерений и удельным сопротивлением среды – с другой. На основании этого, при соответствующем подборе измерительной частоты, с учетом поведения нормального поля вертикального магнитного диполя, можно легко отделить глины от наносного мергеля, ила или песка. В качестве параметра интерпретации вводится понятие кажущегося удельного сопротивления.

In der DDR werden in jüngster Zeit in immer grösserem Umfang elektromagnetische Dipolmessungen zum Nachweis von abbauwürdigen Tonlagerstätten durchgeführt. Als Instrumentierung wird die schwedische *E. M. Gun* Einrichtung – eine modifizierte Form der Slingram-Apparatur – angewendet. Die Methode weist gegenüber der Widerstandsverfahren mehrere Vorteile auf, wie z.B. die Kosteneinsparung, die sogar 50% betragen kann, dann die Anwendbarkeit auch in solchen Fällen und Umständen, wo die Durchführung von Widerstandsmessungen erheblichen Schwierigkeiten begegnen würde (hohe Übergangswiderstände).

Bei den Messungen wird davon ausgegangen, dass zwischen den Komponenten des elektromagnetischen Feldes einerseits und der Geometrie der Messeinrichtung, der Messfrequenz und den spezifischen Widerstand des Untergrundes andererseits ein Zusammenhang besteht. Auf diesen gestützt und eine gehörige Messfrequenz gebrauchend können wir z.B. aus dem Ablauf des Normalfeldes des vertikalen Dipols eine Abgrenzung von Ton gegen Geschiebemergel, Schluff oder Sand ohne weiteres erreichen.

Verfasser führen auch hier den Begriff des scheinbaren Spezifischen Widerstandes ein.

## 1. Bevezetés

Mivel az építőanyagok iránti kereslet állandóan nő, a műrevaló agyagtelepek geoelektromos mérések útján való felkutatása néhány éve a geoelektro-



mos kutatások feladatát képezik. Ehhez a legutóbbi időkig kizárólag az ellenállásmérések klasszikus eljárását alkalmazták, amelynek segítségével az agyagelőfordulások határai és mélysége megállapítható.

Újabban az NDK-ban nagy sikerrel alkalmaztak elektromágneses dipolméréseket ilyen telepek kimutatására. Néhány mérési eredmény alapján foglalkozunk a fellépő problematikával, és megmutatjuk az elektromágneses dipolmérések előnyét az ellenállásmérésekkel szemben.

## 2. Agyagtelepek kimutatása geoelektromos ellenállásmérésekkel

A geológusok már hosszabb ideje felismerték, hogy az agyagtelepek kimutatása megfelelő kutatómódszerek alkalmazása nélkül, tisztán fúrások útján, még egyszerű viszonyok között is költséges, nem beszélve a komplikált települési viszonyokról.

Az agyagtelepek felkutatásának rentabilitása nagymértékben emelhető, ha a fúrások egy része helyett geoelektromos ellenállásméréseket végeznek. Tekintettel az agyag viszonylag alacsony fajlagos ellenállására és a mérési eljárásnak a helyi viszonyokhoz alkalmas behatolási mélységére, az ilyen kutatások rendszerint sikeresek és a kutatási terület geológiai felépítéséről általában nagyon jó képet szolgáltatnak. Az ilyen jellegű előzetes kutatást egy példával kívánjuk illusztrálni.

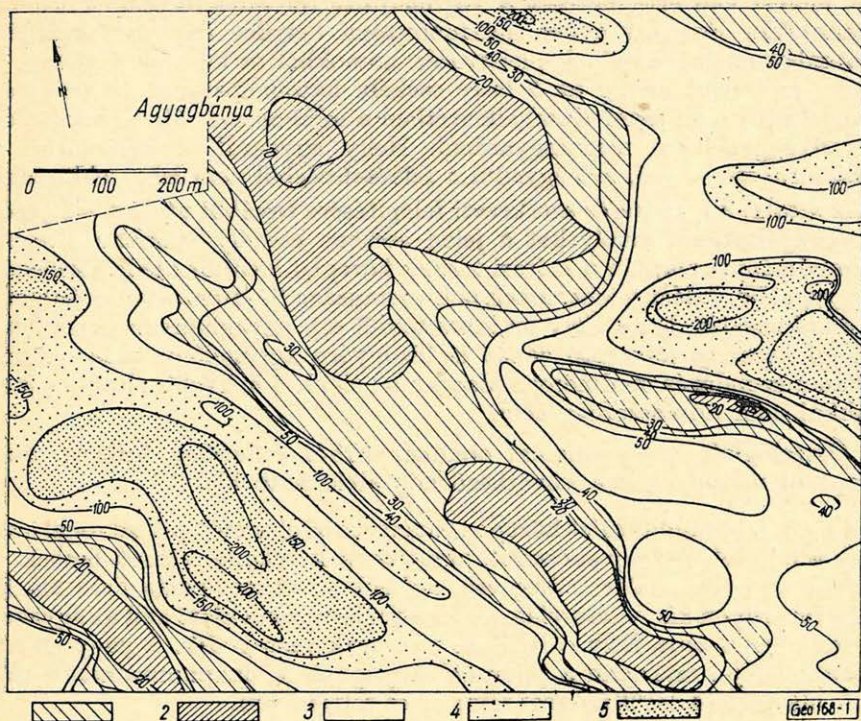
A középnevet agyagiparnak *Bitterfeld-Dommitzsch-Belgern* vidékén történő kiépítése keretében először kellő mennyiségű nyersanyagot kellett hozzáférhetővé tenni. Ezért a geológusok egy agyagelőfordulásnak tartott területen számos kutatófúrást mélyítették le. Ezen fúrások eredménye azt mutatta, hogy glaciális letarolódások következtében komplikált teleptani viszonyok vannak és ennek következtében szükséges a további, részletekbe menő kutatás, amely tekintélyes költséget igényel. Másrészt a területen végrehajtott geoelektromos kutatómérések megerősítették azt a feltevést, hogy nagyellenállású homok- és kavicszónák a kisellenállású agyag- és iszapzónáktól elválaszthatók és így a geoelektromos módszer nagyobb arányú alkalmazása jogos.

A geoelektromos kutatások számára kijelölt terület egy fennsíkon fekszik, ahol regionálisan véve egy ÉK felé nyitott ívben terciér üledékek rakódtak le. A rétegösszlet felépítésében lényegében agyag, homok, agyagpala és barnaszén vesz részt, ezt vékony pleisztocén takaró fedi. Sztratigráfiailag ezek a terciér előfordulások a szudéta barnaszénelőfordulásokhoz tartoznak (miocén).

A geoelektromos felvételt  $a=5$  m hatásmélységre Wenner-módszerrel végezték el. A kutatás eredményeit az *1. ábra* mutatja.

Ennek alapján a mérési terület középső részén egy nagyobb kisellenállású összletet mutattak ki, amelynek a csapásiránya nagyjából ÉNy – DK. Mindkét oldalán rosszabb vezetőképességű zónák határolják. Ez a minimumzóna, amelynek legnagyobb szélessége az ÉNy-i részen 270 m, DK-en az északi maximumvonalat egyik nyúlványa következtében erősen leszűkül és ezenkívül egy relatív ellenállásmaximum által két részreültre osztódik. A délnyugaton előrenyúló nagyellenállású területhez egy keskeny, kisellenállású zóna csatlakozik azonos csapásiránnyal. A két markáns minimumzónában részben 20 ohmméternél kisebb látszólagos fajlagos ellenállásokat mértek. A tagoltabb nagyellenállású területeken helyenként 200 ohmméternél nagyobb látszólagos fajlagos ellenállások lépnek fel.





1. ábra. Geoelektromos ellenállástérképezés WENNER módszerrel:

Látványlagos fajlagos ellenállások

Jelmagyarázat

1.  $< 20 \Omega\text{m}$
2. 20-től 40  $\Omega$ -ig
3. 40-től 100  $\Omega\text{m}$ -ig
4.  $> 100 \Omega\text{m}$

Фиг. 1. Картирование электроразведочным методом по способу ВЕННЕРА; Величины кажущегося удельного сопротивления

Условные обозначения

1.  $< 20 \text{ омм}$
2. от 20 до 40  $\text{ омм}$
3. от до 40 100  $\text{ омм}$

Abb. 1. Geoelektrische Widerstandskartierung nach WENNER; scheinbare spezifische Widerstände

Zeichenerklärung

1.  $< 20 \Omega\text{m}$
2. 20 bis 40  $\Omega\text{m}$
3. 40 bis 100  $\Omega\text{m}$
4.  $> 100 \Omega\text{m}$



A mérési kép értelmezését a végrehajtott terepmegfigyelések jelentősen megkönnyítik. Eszerint a két maximumzóna helyileg egybeesik egynéhány terepdomborulattal, amelyek pleisztocén homokból és kavicsból állnak. Ez a felszínen szétterült anyag az 5 m-es csekély hatómélységnél általános ellenállásnövekedést hoz létre. Ezzel ellentétben a minimumzónákat csak nehezebb tercieranyaggal lehet megmagyarázni. Hogy agyagról, agyagpaláról, vagy barnaszénről van-e szó, azt egyedül a felvételezésből nem lehet eldönteni.

Az altalaj anyagára és szerkezeti felépítésére további utalást mélyszondázások szolgáltatnak, amelyeket a jelen esetben csekély számban elvégeztek. Ezek eredményei alapján a mérési terület közepén levő kiterjedt kisellemállású rész agyagelőfordulást jelent, amelynek vastagsága 5–10 m. Ezt az értelmezést az is alátámasztja, hogy ÉNy-on közvetlenül egy agyagbányához csatlakozik. A DNy-i keskeny jólvezető zónát is bizonyára agyagelőfordulás okozza, ez azonban a szondázás eredményei alapján az előbb a mélyebb altalajra is mondotakkal nem áll összefüggésben.

Összefoglalóan a geofizikai eredményekből a terület érdekes részében a teleptani viszonyokra a következő kép alakítható ki:

A nagy minimumterület közepén, amelyet a 30 ohmméteres izovonal határol, fekszik a feltételezett agyagösszlet, amelyet csak vékony rétegek fednek. DK-i irányban az agyag valószínűleg egy erősebben iszapos-palás fedő alá kerül. Az ÉK-i szárnyon kis, viszonylag vastagabb, iszapzóna alatt kell az agyagrétegnek lennie, ez a zóna ÉNy-ról DK-re még csak vastagodik. A nagy ellenállás-minimum DNy-i szárnyán a jólvezető anyagnak a maximumzónához tartozó homok alá történt lesüllyedését nem lehet feltételezni.

Ezen előkutatásként végrehajtott ellenállásmérések eredményei alapján lehetséges volt geológiai céllal fúrásokat telepíteni és ezzel a kutatási költségeket csökkenteni.

Egy ellenálláskép értelmezése, mint ahogy a fenti példa is mutatja, problematikussá válhat, ha az altalaj felszínközeli felépítésében résztvevő kötött komponensek (agyagpala, barnaszén, hordalékpala, agyag) elektromosan közel azonos fajlagos ellenállásuk, vagy pl. az agyag fölött száraz homok van és az integrálhatóság következtében olyan látszólagos ellenállást mérnek, amely nagyjából a hordalékmárgának felel meg. Ezért ilyen esetekben az interpretációtól gyakran el kell tekinteni. Az értelmezés ilyenkor általában csak arra korlátozódik, hogy hol vannak tömött anyagokból álló lerakódások. Ha azonban járulékos mélyszondázásokat végeznek, amelyek bizonyos geológiai feltételek esetében a részletes értelmezéshez további támpontokat szolgáltathatnak, a viszonylag olcsó mérés megdrágul.

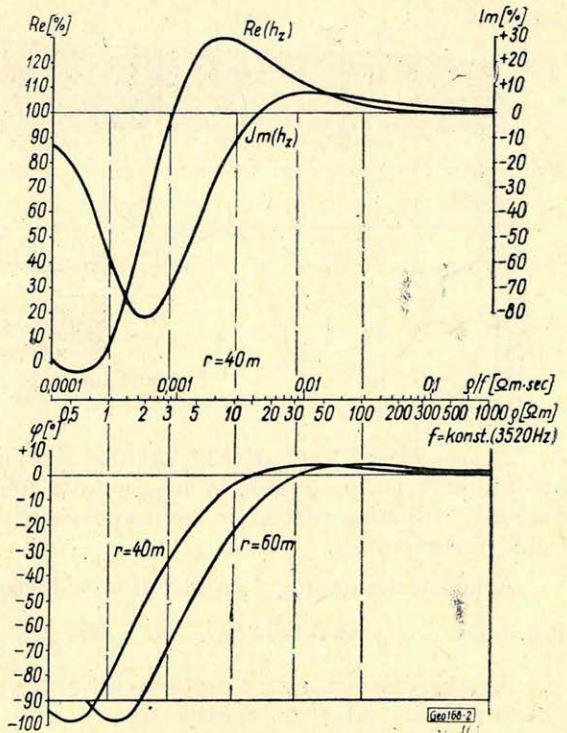
Az esetenként problematikussá váló értelmezés mellett, magánál az ellenállásmérések végrehajtásánál is gyakran léphetnek fel technikai nehézségek, bármilyen szondaelektroda elrendezést alkalmazunk is. Pl. különlegesen száraz fedőréteg esetében vagy fagyott talajon nagy átmeneti ellenállások lépnek fel, amelyek a mérési eredményeket meghamisítják. Ezeket a nagy átmeneti ellenállásokat csak további intézkedésekkel (több elektroda alkalmazása, öntözés sós vízzel) lehet csökkenteni. Ilyen esetekben azonban egy ellenállásmérő csoport 5 főből álló standard személyzete már nem elég. Kellő mérési sebesség elérése céljából további személyzet szükséges, amely természetesen az előzetes kutatás költségeit lényegesen megemeli.



2. ábra Egy vertikális dipol függélyes komponensének valós és képzetes része (fent) és normálfázisgörbéje (lent) homogén altalaj felett a mérési frekvencia ( $f$ ) és a fajlagos ellenállás ( $\rho$ ) függvényében;  $r$  = a dipoltávolság

Фиг. 2. Истинная и мнимая части вертикальной составляющей поля вертикального диполя (наверху) и нормальная фазовая кривая (внизу) над однородной средой, в функции от измерительной частоты ( $f$ ) и удельного сопротивления ( $\rho$ )  $r$  = разнос диполя

Abb. 2. Real- und Imaginärteil (oben) sowie Normalphasenkurve (unten) der Vertikalkomponente eines vertikalen magnetischen Dipols über homogenem Untergrund in Abhängigkeit von der Messfrequenz ( $f$ ) und dem spezifischen Widerstand ( $\rho$ ).  $r$  = Dipolabstand



### 3. Elektromágneses dipolmérések végrehajtása agyagkutatások céljából

Tekintettel azokra a nehézségekre, amelyek ellenállásmérések végrehajtásánál felléphetnek, széleskörű módszertani vizsgálatok folytak az irányban, hogy az elektromágneses módszereket miként lehetne agyagkutatásoknál alkalmazni. A kapott mérési eredmények azt mutatták, hogy az elektromágneses dipolméréseket agyagtelepek felkutatásánál sikerrel lehet alkalmazni.

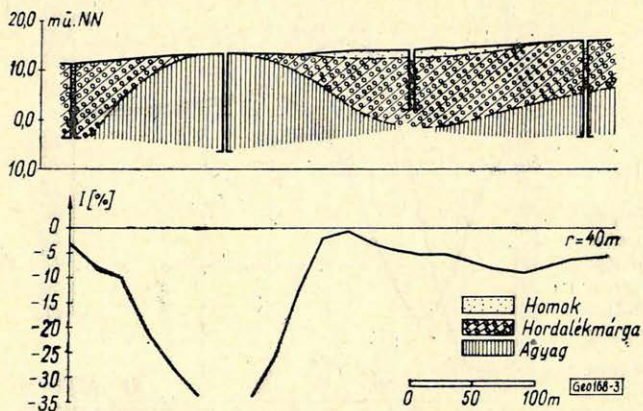
A kutatással kapcsolatban végzett munkálatoknál a Svédországban kifejlesztett *E. M. GUN* műszerrel – a *slingram*-készüléknek egy továbbfejlesztett változatával – dolgoztak. Az eljárás elvi alapja a következő:

Egy teleppel működtetett oszcillátor általában függőlegesen orientált adóhurkot táplál, amely elektromágneses dipolteret sugároz ki. Ez a primér tér hatósugarán belül az elektromos vezetőkben örvényáramokat hoz létre, ezek a váltakozó mágnestérrel keltene. Ez a mágnestér a primér térre szuperponálódik és egy, a gyakorlatban függőleges vevőkörben áramot indukál, amelynek reális és imaginárius része külön összehasonlítást nyer az adóköri árammal.

Elektromágneses dipolméréseknek az agyagtelepek kutatására való felhasználásánál a következő megfontolás szolgál alapul:

Egy talaj felszínén fekvő elektromágneses dipolnál a valós ( $Re$ ) és az imaginárius ( $Im$ ) komponensek nagyságát a mérési elrendezés geometriáján (a táp- és mérődipolus helyzete) és a mérőfrekvencián kívül az altalaj fajlagos ellenállása befolyásolja. A 2. ábra mutatja, hogy a térkomponensek és a  $\varphi$  fázis is milyen függvénye a mérőfrekvenciának és egy homogén, izotróp fél-





3. ábra. Agyag és hordalék márga szétválasztása elektromágneses dipol mérésekkel (a képzetes komponens menete)

Fig. 3. Раздтние глины и наносного мергеля по данным электромагнитного дипольного зондирования (поведение мнимой составляющей)

Abb. 3. Abgrenzung von Ton gegen Geschiebemergel durch elektromagnetische Dipolmessungen. Verlauf der Imaginärkomponente

tér fajlagos ellenállásának. Figyelembe véve az E.M. GUN berendezés adó- és vevőkörének rutinnéréseknél megszokott felállítását, itt csak egy vertikális mágneses dipolus vertikális komponensének mágneses komponenseit ( $Re(h_z)$ ,  $Im(h_z)$ ) ábrázoltuk.

A két térkomponens amplitúdóit a levegő normáalterére vonatkoztattuk, úgy, hogy  $\rho = \infty$  esetében  $Re = 100\%$ ,  $Im = 0\%$  és  $\varphi = 0^\circ$   $\left( \operatorname{tg} \varphi = \frac{Im}{Re} \right)$ .

Az abszcisszára egyik esetben  $\rho/f$  arányt, másodsor konstans (3520 Hz) frekvenciánál pedig  $\rho$ -t raktuk fel.

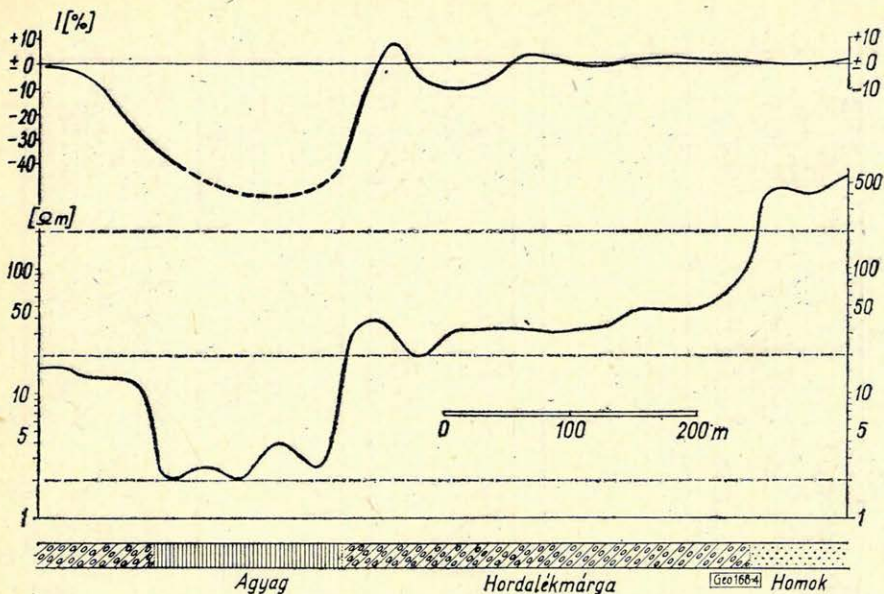
A felső két görbe ( $Re(h_z)$  és  $Im(h_z)$ ) azt mutatja, hogy az 1 és 3 ohmm közötti tartományban csak valós komponens esetében van  $Re$  amplitúdója és a homogén féltér fajlagos ellenállása között egyértelmű összefüggés. Ha a fajlagos ellenállás 1 ohmm-nél kisebb, vagy 3 ohmm-nél nagyobb, minden valós értékhez legalább két  $\rho$  érték tartozik. A mért valós komponensek egyedüli kiértékelése tehát nem vezetne egyértelmű eredményre.

A helyzet az imaginárius komponens esetében is hasonló. Ha azonban figyelembe vesszük, hogy az agyagkutatásoknál 2,5 ohmm-nél nagyobb fajlagos ellenállások csak ritkán lépnek fel, akkor a 2,5-től 13 ohmm-ig terjedő tartományban az imaginárius komponens minden egyes amplitúdójához egy fajlagos ellenállásértéket rendelhetünk. Ha ennek következtében az E.M. GUN eredmények kiértékelése során csak az imaginárius komponens negatív értékeit vesszük figyelembe, akkor szükségképpen elválasztódnak a magasabb ellenállású zónák azoktól a tartományoktól, ahol a fajlagos ellenállás kisebb, mint 13 ohmm. Míg azonban a kisellenállású tartományban az imaginárius komponens változó amplitúdói következtében bizonyos szétválasztás lehetséges, a 13 ohmm-nél nagyobb területeken ilyen szétválasztás nem lehetséges.

Ha a kiértékelés alapjául a valós és imaginárius komponensek helyett a  $\varphi$  fázisszöveget vesszük alapul, a helyzet valamivel előnyösebbé válik, mert ekkor a  $\rho$  fajlagos ellenállással nagyobb tartományban (1–13 ohmm) áll fenn egyértelmű kapcsolat.

A dipoltávolságok növelésével, ill. a mérőfrekvencia emelésével a mérendő ellenállástartomány a nagyobb értékek irányában eltolható. Így pl. 60 m-es dipoltávolságnál és 3520 Hz frekvenciánál a mérhető ellenállástartomány 2,5 ohmm és 30 ohmm között van.





4. ábra. Elektromágneses dipolmérések és geoelektromos ellenállásmérések összehasonlítása. A képzetes komponens menete (fent) és a látszólagos fajlagos ellenállásé (középen)

Фиг. 4. Сопоставление данных электромагнитных дипольных зондирований с данными электроразведки по методу сопротивлений. Поведение мнимой составляющей (наверху) и кажущегося удельного сопротивления (посередине)

Abb. 4. Vergleich elektromagnetischer Dipolmessungen mit geoelektrischen Widerstandsmessungen. Verlauf der Imaginärkomponente (oben) und des scheinbaren spezifischen Widerstandes (mitte)

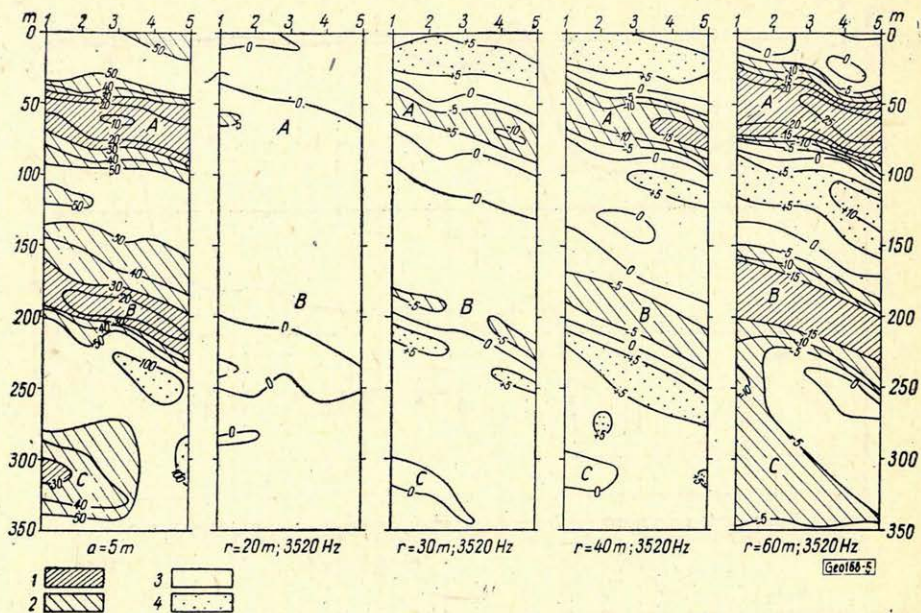
Ezen elvi megfontolások alapján lehetségesnek kellene lennie pl. a 20 ohmm körüli fajlagos ellenállású agyagoknak a hordalékos márgától (40–60 ohmm) és a vízvezető homoktól (100 ohmm) való elválasztása.

A végrehajtott próbamérések igazolták az elméleti kutatásokat (3. ábra). Ennek alapján megállapítható, hogy a felkutatandó agyagok, alacsony fajlagos ellenállásuk következtében, a hordalékmárgából és homokból álló mellékközektől teljesen egyértelműen elválaszthatók. Míg az agyagelőfordulások tartományában az imaginárius komponensre – 20%-nál kisebb értékeket olvastak le, a hordalékmárga és a homok tartományában a mért értékek szintje kb. –5% körül van.

A 4. ábra egy további példát mutat, amelyben az imaginárius komponens minimuma egy agyagelőfordulás helyzetére utal, amelyet hordalékmárga vesz körül. Érdekes az összehasonlítás az ellenállásmérések görbéjével, amelyben agyag (kb. 2 ohmm), hordalékmárga (20–40 ohmm) és homok (>400 ohmm) szétválasztása lehetséges, míg a dipolméréseknél az elméleti megfontolások szerint a hordalékmárga és a homok szétválasztása nem volt várható, és az E.M. GUN görbe e két lazakőzet fölött azonos nívója nem meglepő.

A módszertani vizsgálatok során a továbbiakban a gyakorlatban vizsgáltuk a dipoltávolságoknak elméletileg ismert befolyását a méréseknél. Ezen kísérleti mérések eredményét az 5. ábra mutatja. A rendelkezésre álló ellenállásmérések szerint a kimutatott A, B és C kisellenállású zónák esetében három





5. ábra. A dipoltávolság befolyása az elektromos dipolmérések eredményére, összehasonlítva azt a geoelektromos ellenállástérképezés eredményeivel

*Jelmagyarázat*

- |                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| < 30 $\Omega$ m          | 1. < -15% I          |
| 30-tól 50 $\Omega$ m-ig  | 2. - 5-től -15% I-ig |
| 50-től 100 $\Omega$ m-ig | 3. + 5-től - 5% I-ig |
| > 1000 $\Omega$ m        | 4. > +5% I           |

Fig. 5. Влияние дипольного разнеса на результаты ДЭЗ в сопоставлении с результатами электроразведки по методу сопротивлений

*Условные обозначения*

- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| < 30 ОММ         | 1. < -15% I        |
| от 30 до 50 ОММ  | 2. от -5-15% до -I |
| от 50 до 100 ОММ | 3. от +5-5% до I   |
| > 100 ОММ        | 4. > +5% I         |

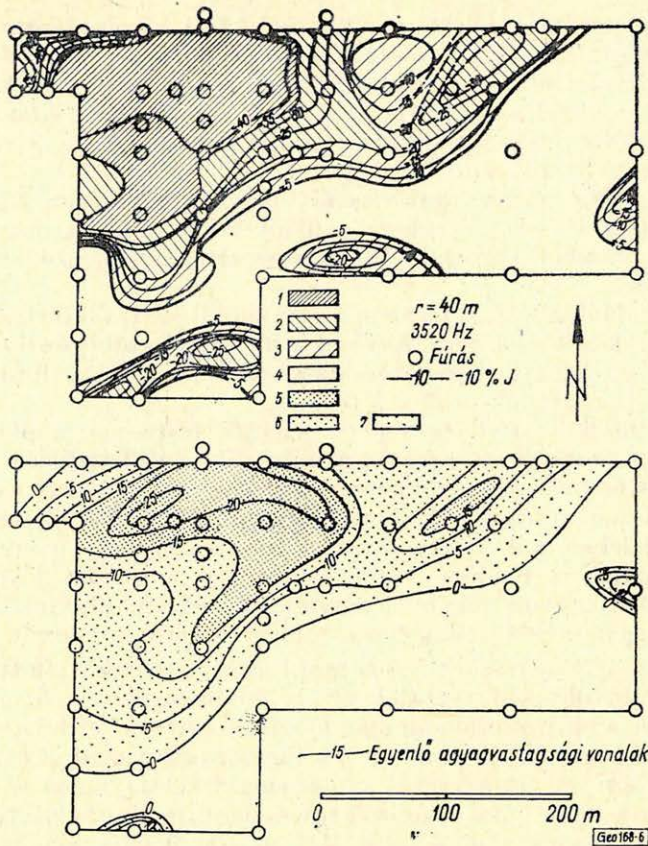
Abb. 5. Einfluss der Dipolabstandes auf das Ergebnis elektromagnetischer Dipolmessungen im Vergleich zu dem Ergebnis einer geoelektrischen Widerstandskartierung

*Zeichenerklärung*

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| < 30 $\Omega$ m       | 1. < -15% I       |
| 30 bis 50 $\Omega$ m  | 2. - 5 bis -15% I |
| 50 bis 100 $\Omega$ m | 3. + 5 bis -5% I  |
| > 100 $\Omega$ m      | 4. > +5% I        |

felszínközeli agyagelőfordulásról van szó (hatásmélység =  $a = 5$  m), amelyek valódi fajlagos ellenállása 10 ohmm körüli. Az agyagok felszínközeli helyzetére való tekintettel 20 m-es dipoltávolságoknál a hatásmélységnek elegendőnek kell lennie ahhoz, hogy ezt az alacsony ellenállású anyagot kimutassa. Másrészt azonban az elméleti megfontolások szerint egy 10 ohmm körüli fajlagos ellenállású zavaró vezetőréteg 20 m-es dipoltávolságnál az imaginárius komponensben csak gyengén pozitív értékeket okoz, amivel a





6. ábra. Elektromágneses dipolmérések (fent) összehasonlítása agyagelődfordulás vastagságel-  
oszlási görbéivel (lent)

*Jelmagyarázat*

- |                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1. $< -35\% I$            | 5. Agyagrétegvastagság $> 15$ m |
| 2. $-20$ -től $-35$ I-ig  | 6. " " $5$ és $15$ m között     |
| 3. $-5$ -től $-20\%$ I-ig | 7. " " $< 5$ m                  |
| 4. $> -5\% I$             |                                 |

Фиг. 6. Сопоставление данных электромагнитных дипольных зондирований (наверху)  
с кривой распределения мощности глинистой залежи (внизу)

*Условные обозначения*

- |                          |                                      |
|--------------------------|--------------------------------------|
| 1. $< -35\% I$           | 5. Мощность глинистого слоя $> 15$ м |
| 2. от $-20$ — $35$ до I  | 6. " " " " от $5$ до $15$ м          |
| 3. от $-5$ — $20\%$ до I | 7. " " " " $< 5$ м                   |
| 4. $> -5\% I$            |                                      |

Abb. 6. Elektromagnetische Dipelmessungen (oben) im Vergleich zum Isopachenplan (unten)  
eines Tonvorkommens

*Zeichenerklärung*

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 1. $< -35\% I$        | 5. Tonmächtigkeit $> 15$ m                |
| 2. $-20$ bis $35\% I$ | 6. Tonmächtigkeit zwischen $5$ und $15$ m |
| 3. $-5$ bis $-20\% I$ | 7. Tonmächtigkeit $< 5$ m                 |
| 4. $> -5\% I$         |   |



három agyagelőfordulás fölötti negatív indikáció kimaradása magyarázatot nyert. Csak miután a kerettávolságokat 30, ill. 40 m-re növeltük, mérhetünk ezen kisellenállású zónák fölött negatív imaginárius komponenseket, miközben a kerettávolság növelésével párhuzamosan az indikációk intenzitása nő. A három agyagelőfordulás a leghatározottabban az  $r=60$  m kerettávolsággal történő mérésnél jelentkezik.

Az elméleti és módszertani vizsgálatokból kiindulva az NDK-ban 1963 óta az agyagkutatások keretében, különböző vidékeken nagykiterjedésű. E.M. GUN méréseket végeztek. Eddig összesen mintegy 100 km<sup>2</sup> területet vizsgáltak meg.

Alábbi példánk kutatási területe a szárazföldi jég frankfurti és pomerániai szegélyvidékei között fekszik. A frankfurti jégnek több közbenső hulláma, amelyek K–Ny csapású morénatorlódásokként dombhátak formájában morfológiailag is jelentkezik, osztja a területet.

A felszínközeli talaj felépítésében jelentős része van a pleisztocén laza kőzeteinek és a hordalékmárgának egyaránt. Ebbe a pleisztocén anyagba két, geológiai kutatómunka által felfedezett agyaglencse van, ezek eocén korúak. Mind a pleisztocén, mind az eocén rétegek zavart helyzetűek. A mérési területen agyagot, hordalékmárgát és homokot találtak, helyenként a jégnyomás okozta, fordított települési sorrendben. Az agyag legnagyobb részt kiékelődik a talaj alatt, vagy csak nagyon vékony fedőréteg van felette. Maximális vastagsága 25 m. A két agyaglencse feküjében a fúrások kizárólag márgát mutattak ki.

Az E. M. GUN méréseket  $E-D$  profil mentén 20 m-es ponttávolsággal és  $r=40$  m dipoltávolsággal végezték el, az eredményeket a 6. ábra mutatja. A mérési képet a rétegprofilok alapján készített izovonal-térképpel összehasonlítva – mint ahogy várható volt – a különböző nagyságú  $A$  és  $B$  indikációk hely- és irány szerint megegyeznek a már ismert két agyaglencsével. Eltérések csak ott mutatkoznak, ahol a fúrások távolsága nagyobb és ezáltal az izovonalak szerkesztése bizonytalanná válik. Míg az  $A$  indikációs zóna centrumában a télerősség imaginárius komponensének a normáltértől – 40%-ig való eltéréseit mérték, addig a  $B$  indikáció centrumában az imaginárius komponens értékei csak – 30%-ig érnek.

A mérési és geológiai eredmények egybehangzásán kívül határozott összefüggés mutatkozik az indikációk erőssége és a két agyagtelep vastagsága között. Az összehasonlítás azt mutatja, hogy az intenzitást akkor lehet a vastagság mértékeként tekinteni, amikor – mint jelen példánál is – az agyagok állandó elektromos sajátságait feltételezve csak jelentéktelen fedőréteg van, vagy az agyag a felszínre kibújik.

Másrészt – ahogy azt számos más példa igazolta – fennáll az a lehetőség, hogy az indikációk erősségéből az esetleg mégis jelentősebb fedővastagságra következtessünk. Ekkor azonban – ugyancsak konstans elektromos tulajdonságokat feltételezve – az agyagelőfordulás vastagságának nagyobbak kell lennie mint az elért hatásmélység.

Másik példánkban geológiai szempontból az volt a feladat, hogy egy tetőcserépgyár közvetlen közelében E.M. GUN méréseket végezzünk és még ismeretlen, felszínközeli agyagelőfordulások esetleges felkutatásával a gyár tartalékbázisát feljavítsuk.

Az agyagreményesnek ismert terület a rosenhali küszöb ÉNy-i részén fekszik, amely 6–8 egymásután következő torlaszmorénahátságból áll. E torlaszmorénák ÉK-i határánál a hasonló alakú pleisztocén homokokhoz való át-



menetnél egy legyezőalakú zónában nagyobb agyaglencsékre bukkantak. A torlaszmorénavonulatok között ezzel szemben csak kisebb, kutatásra nem érdemes előfordulásokat fúrtak meg.

Az agyagtelepekben oligocén agyag részben eocénnel váltakozik. Az előfordulások elnyújtott alakúak, észak felé laposan, dél felé meredeken dőlnek.

Az elektromágneses dipolméréseket két különböző ( $r=40$  m és  $r=60$  m) dipoltávolsággal végezték, mert ezáltal lehetőség volt arra, hogy egyszer kikapogassuk a felszínközeli teleprészeket ( $r=40$  m) és azután ezek mélység felé való folytatását kövessük ( $r=60$  m). A 7. ábrán az  $r=40$  m-es dipoltávolsággal kapott eredményeket ábrázoltuk.

Észerint négy indikációt lehetett meghatározni. Ezek inkább kiterjedésben különböznek, irányban kevésbé. A nagy indikáció helye a még üzemben levő agyagbányára esik. A mérési kép alapján ezt még északi és keleti irányban ki lehetne terjeszteni. Ezenkívül még az indikáció területére esnek, az agyagbányától keletre, régi fúrások, amelyek az agyagot váltakozó vastagságú pleisztocén takaró alatt harántolták. Ezért kézenfekvő, hogy a többi indikációt is további, ismeretlen agyagelőfordulásként értelmezzük.

Az indikációk erőssége és a fedőréteg vastagsága közötti közvetlen kapcsolatot, amelyre már korábban rámutattunk az említett fúrások példáján világosan felismerhető. Míg a  $-15\%$  és  $-20\%$  közötti intenzitástartományban az agyagot 6 m vastag pleisztocén takaró alatt harántolták, a  $-5\%$  és  $-10\%$  közötti tartományban a takaró vastagsága már 8 m. A  $-5\%$ -os izovonalon kívül eső 8. és 9. sz. fúrásokban már 10,5 m ill. 14 m a fedővastagság.

Ezenkívül abból kiindulva, hogy a még agyagot harántoló 8. és 9. fúrások már az indikáción kívül fekszenek, lemérhető az  $r=40$  m-es dipoltávolsággal elérhető hatásmélység. Ez ebben az esetben csak mintegy 10 m.

A 7. ábra megmutatja, hogy  $r=60$  m-es dipoltávolsággal még lényegesen mélyebb részeket is ki lehet mutatni. Mindkét fúrás a nagy kiterjedésű A indikációs zónában fekszik. A mérési kép ezenkívül arra utal, hogy a kis, egymástól részben független kiselállású zónák a mélyebb altalajban zárt egyseget képeznek.

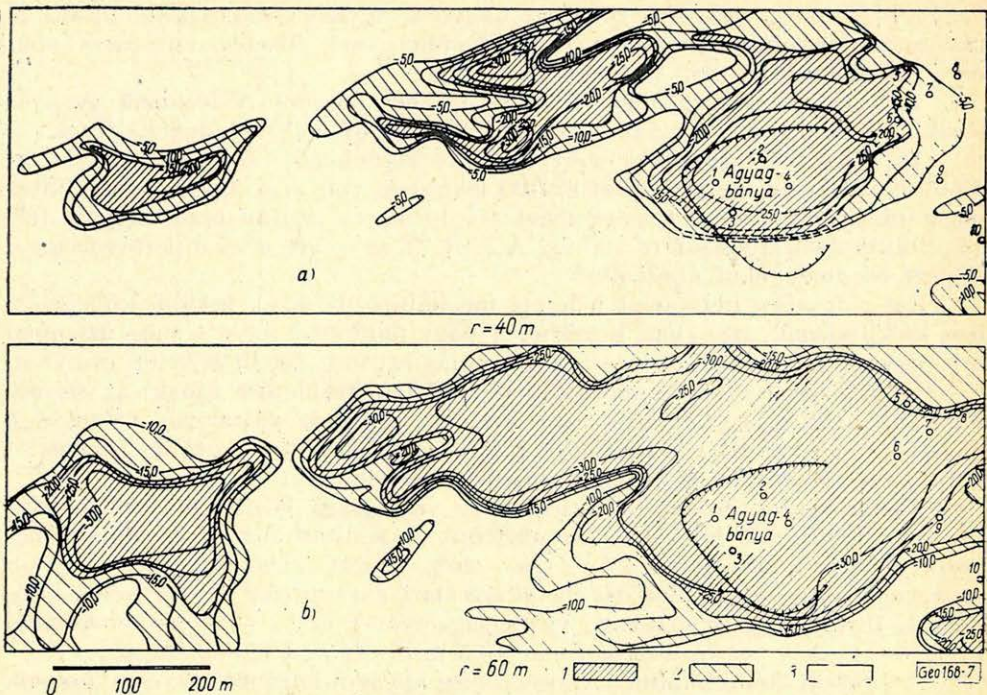
A mért  $Re$  és  $Im$  térkomponensek ábrázolása mellett egy ún. látszólagos fajlagos ellenállás is levezethető. Ezt a  $\bar{\rho}$  látszólagos fajlagos ellenállást az egyenáramú mérésekből ismert  $\rho_s$  látszólagos fajlagos ellenállásra támaszkodva úgy definiáltuk, hogy értéke homogén altalaj felett, az alkalmazott mérési módszertől és a mérési elrendezés geometriájától függetlenül, a féltér valódi fajlagos ellenállásával egyezik meg.

Mivel  $\bar{\rho}$  kiszámításánál az  $\frac{Im}{Re}$  hányadosból indulunk ki, ebből látszólagos fajlagos ellenállás egyértelmű meghatározása ered. Ezenkívül az  $\frac{Im}{Re}$  hányados független az E. M. GUN méréseknél egyébként szükséges távolsághitelesítéstől.

Mivel a  $\bar{\rho}$  érték messzemenően függ a gerjesztőforrástól és az elektromágneses tér komponensétől, amelyet mérünk, helyénvalónak látszik azt a betű feletti indexszel jelölni. *Vesnev* javaslatának megfelelően következőképp kellene jelölni:

$\rho_{mz}^{eh}$  = horizontális elektromos gerjesztődipolussal és vertikális ( $z$ ) mágneses vevődipolussal mért látszólagos fajlagos ellenállás.





7. ábra. Elektromágneses dipolmérések változó dipoltávolsággal ( $r=40$  m fent,  $r=60$  m lent)

*Jelmagyarázat*

	fent	lent
1.	$< -15\% I$	$< -20\% I$
2.	$-5\text{-től} - 15\% I\text{-ig}$	$-10\text{-től} - 20\% I\text{-ig}$
3.	$> -5\% I$	$> -10\% I$

Fig. 7. Электромагнитные дипольные зондирования с переменным разномом ( $r=40$  м наверху,  $r=60$  м внизу)

*Условные обозначения*

	наверху	внизу
1.	$< -5\% I$	$< -20\% I$
2.	от $-5 - 15\%$ до $I$	от $-10 - 20\%$ до $I$
3.	$> -5\% I$	$> -10\% I$

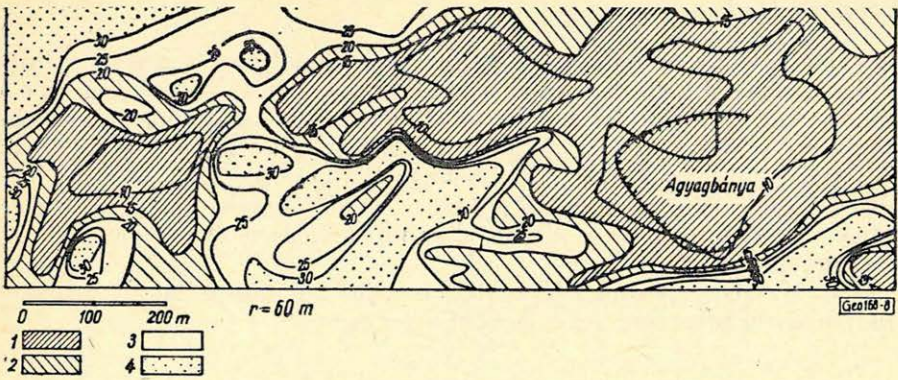
Abb. 7. Elektromagnetische Dipolmessungen mit variablen Dipolabstand ( $r=40$  m oben,  $r=60$  m unten)

*Zeichenerklärung*

	oben	unten
1.	$< -5\% I$	$< -20\% I$
2.	$-5$ bis $-15\% I$	$-10$ bis $-20\% I$
3.	$> -5\% I$	$> -10\% I$

$\bar{\rho}$  kiszámítása messze körülményesebb, mint  $\rho_s$ -é, mivel váltóáramú méréseknél az elektromágneses tér komponensei és az altalaj fajlagos ellenállása között lényegesen komplikáltabb összefüggés áll fenn. L. B. Gasanenkov és G. V. Molocnov munkáiban a horizontális és vertikális alacsonyfrekvenc-





8. ábra. Látszólagos fajlagos ellenállások elektromágneses dipolmérések alapján

*Jelmagyarázat*

1.  $< 15 \Omega m$
2. 15-től 20  $\Omega m$ -ig
3. 20-től 30  $\Omega m$ -ig
4.  $> 30 \Omega m$

Фиг 8. Величины кажущегося удельного сопротивления по данным электромагнитных дипольных зондирований

*Условные обозначения*

1.  $< 15 \text{ omm}$
2. от 15 до 20  $\text{omm}$
3. от 20 до 30  $\text{omm}$
4.  $> 30 \text{ omm}$

Abb. 8. Scheinbare spezifische Widerstände nach elektromagnetischen Dipolmessungen

*Zeichenerklärung*

1.  $< 15 \Omega m$
2. 15 – 20  $\Omega m$
3. 20 – 30  $\Omega m$
4.  $> 30 \Omega m$

ciás mágneses dipolusok normáalterének komponensei a szabványosított távolság ( $\xi$ ) függvényében táblázatba vannak szedve. Ezen normáltérkomponensek egy részét a 2. ábra mutatja.

Az E.M. GUN mérések kiértékelésénél a  $Re$  és  $Im$  értékeknek  $\bar{\rho}$  értékekre való könnyebb átszámítása céljából a 50 m-es dipoltávolságra nomogramot számítottunk. Ennek segítségével történt a 7b ábrán mutatott  $Im$  értékek és a hozzájuk tartozó  $Re$  értékek átszámítása  $\bar{\rho}$  értékekké. Az eredményt a 8. ábra mutatja.

A  $\bar{\rho}$  értékek és a megfelelő  $Im$  értékek felületre való ábrázolásának összehasonlítása azt mutatja, hogy az erősen negatív imaginárius komponensek területileg a kisellenállású zónákkal egyeznek meg és analóg módon a nagy  $\bar{\rho}$  értékek az imaginárius komponens  $\pm 0\%$  értékű helyeire esnek. A jóvezető zónák centrumában úgy látszik, hogy a  $\bar{\rho}$  térképnek az erősebb tagoltság következtében nagyobb kifejezőereje van.



#### 4. Következtetések

Az eddig rendelkezésre álló eredmények, amelyekről néhány példával kapcsolatban beszámoltunk, bizonyítják, hogy az E.M. GUN mérések az ellenállásmérések klasszikus módszerét az agyagkutatásban teljes mértékben helyettesítik. Amellett 50–70%-kal olcsóbbak és különösen ott lehet őket előnyösen alkalmazni, ahol nagy átmeneti ellenállások (fagyott talaj, száraz homok) az ellenállásmérések végrehajtását erősen akadályozzák. A nagyobb mérési sebesség mellett különösen a kisebb létszámú mérőszemélyzet jelent lényeges költségmegtakarítást.

Az E. M. GUN mérések hátránya abban jut kifejezésre, hogy a nagyellenállású zónák között nem lehet különbséget tenni.

#### IRODALOM

1. *Versnyev, A. B.*: A mérési eredmények előállítása specifikus látszólagos ellenállás alakjában a váltóáramú geoelektromos méréseknél. Voproszi geofiziki 1962, 167–186.
2. *Gasanenko, L. B.*: Egy vertikális alacsonyfrekvenciájú harmonikus dipol normáltere. Uc. zap. LGU, Nr. 249, Vyp. 10, 1958.
3. *Molodcov, G. V.*: Egy horizontális mágneses dipol elektromágneses tere horizontálisan rétegezett szerkezet felett. Uc. zap. LGU, Nr. 249, Vyp. 10. 1958.
4. *Brieden, J. H.* – *Franko, R.* – *Fröhlich, L.*: Geoelektrische Ergebnisberichte des VEB Geophysik, Leipzig (a jelentéstárban).

## Egyesületi Hírek

### Néhány szó a 3. Vándorgyűlésről

Egyesületünk 1967. máj. 31-én és jún. 1-én kétnapos vándorgyűlést tartott Veszprémben. Annak ellenére, hogy más témájú, de a szakterület rokon területén tartott rendezvényel sajnálatos módon ütközött és az időjárás is kedvezőtlen volt, a résztvevők száma és az előadások látogatottsága igen jó volt.

A megnyitó előadáson és az azt követő előadásokon a vendéglátó Veszprém megye és Veszprém város pártbizottsága és a házigazda Vegyipari Műszaki Egyetem rektora képviselte magát.

Az Egyesület Elnöksége részéről elhangzott megnyitó és Dr. Fülöp József ak. lev. tag bevezető előadása egyaránt azt fejtegette, hogy a Vándorgyűlés rendezésének és témájának aktualitását az adja, hogy a Dunántúl, jelen fázisban a Dunántúli Középhegység, rendszeres és módszeres kutatása folyamatban van. A készülő földtani, geofizikai térképek és összefoglaló monográfiák olyan ismeretanyagot adnak a gyakorlati nyersanyagkutatás számára, mely a jelenleg megvalósítható legkorszerűbb szinten áll és egy-két évtizedre eldönti az ásványi nyersanyagkutatás lehetőségeit.

A további előadások főleg a Dunántúli Középhegységben folyó felszíni és mélyfúrású geofizikai kutatások egyes részeredményeit vagy problémáit ismertették. Hangzottak el előadások a Dunántúlon folyó kőolajkutatás egyes kérdéseiről is.

Néhány előadás módszertani kérdéseket tárgyalt. Müller Pál igazgató zárszavában megállapította, hogy az elhangzott előadások helyesen tükrözték azokat az erőfeszítéseket, melyeket a földtani, geofizikai kutatóhelyek a Dunántúli Középhegység megismerésére végeztek. A Vándorgyűlés kedvező lehetőségeket teremtett a különböző kutató egységek együttműködéséhez.



# S(H) függvények alkalmazása a geoelektromos és szeizmikus mérések eredményeinek komplex értelmezésében

NAGY ZOLTÁN

A dolgozat az üledékes összlet geoelektromos mérésekkel meghatározott vezetőképességének ( $S$ ) és a medencealjzat szeizmikus mérésekkel meghatározott települési mélységének ( $H$ ) kapcsolatát vizsgálja. Rámutat azokra a lehetőségekre, amelyeket az  $S(H)$  függvények vizsgálata nyújthat a harmadidőszaki medencék felépítésének további megismeréséhez.

С использованием теоретических моделей и фактических материалов измерений, в работе рассматривается связь электрической проводимости ( $S$ ) осадочной толщи, определяемой электроразведочными методами, с глубиной залегания ( $H$ ) основания бассейна, выявляемой при помощи сейсморазведки. Изучение зависимости  $S(H)$  дает дополнительную возможность для выяснения строения третичных бассейнов.

Es wird der Zusammenhang der durch geoelektrischen Messungen bestimmten Leitfähigkeit der Sedimentschichtenfolge ( $S$ ) und der Tiefenlage ( $H$ ) des durch seismischen Messungen erfassten Grundgebirges untersucht. Es wird auf die Möglichkeiten hingewiesen, die durch die  $S(H)$ -Funktionen im Interesse der weiteren Erkennung des Aufbau des tertiären Beckens dargeboten werden können.

A kőolajkutatás céljából végzett geofizikai mérések fő feladatát képezi hazánkban a harmadidőszaki medencealjzat települési mélységének és domborzati viszonyainak, valamint a medencealjzat felett települő üledékes összlet földtani felépítésének meghatározása.

Ez az összetett feladat a medenceterületek igen sokoldalú és részletes geofizikai kutatását és a mérések eredményeinek komplex értelmezését teszi szükségessé.

A komplex értelmezés – jelenlegi állapotában – elsődlegesen kvalitatív jellegű. A különböző geofizikai módszerekkel nyert mérési adatok kvantitatív módszerekkel történő analizálása lehetőséget nyújthat a földtani felépítés pontosabb megismeréséhez, pl. bizonyos esetek többértelműségének kizárásával, vagy bizonyos formációkra jellemző összefüggések megállapításával.

Az alábbiakban a szeizmikus és geoelektromos mérésekkel meghatározott adatok összefüggését vizsgáljuk.

A geoelektromos mérések eredményeiként kapott anomáliaképet a nagyellenállású geoelektromos vezérszintet képező harmadidőszaki medencealjzat települési mélységének változása és a medencét kitöltő üledékes összlet átlagos fajlagos ellenállásának horizontális változásai hozzák létre [1].

A geoelektromos módszerekkel végzett mérések eredményeiből tehát elsődlegesen a medenceüledék-összlet eredő vezetőképességével ( $S$ ) arányos mennyiségek határozhatók meg. Képletben kifejezve, a nagyellenállású aljzat felett települt összlet *eredő hosszanti vezetőképessége* [2] [3]

$$S = \frac{H}{\rho_l} \quad (1)$$



ahol

$H$  = az üledékes összlet vastagsága, vagyis az aljzat települési mélysége,  
 $\varrho_i$  = az üledékes összlet átlagos hosszanti fajlagos ellenállása.

Célszerűnek látszik a szeizmikus mélység és a geoelektromos vezetőképesség-adatok közötti kapcsolat vizsgálata, mivel az üledék vezetőképessége és a harmadidőszakai medencealjzat mélysége közötti összefüggés — melyet a továbbiakban  $S(H)$  függvény szimbólummal jelölünk — analizálása a medencét kitöltő üledékes összlet felépítésére jellemző információkat eredményezhet.

*Dőlt helyzetű szigetelő aljzatra települt, siklapokkal határolt izotróp közeg  $S(H)$  függvénye*

Vizsgálatunk kiindulópontjaként határozzuk meg a dőlt felszínű, nagyellenállású (szigetelő) aljzatra települt, rétegzett izotróp közegre vonatkozó  $S(H)$  függvény tulajdonságait.

A rétegeket elválasztó határfelületek síkok és a rétegek mindenütt véges, nullától eltérő vastagságúak. Az üledékösszlet eredő vezetőképessége az (1) képletből nyerhető.

$S$   $n$  rétegből összetett közegre a következőképpen számítható:

$$S = \frac{h_1}{\varrho_1} + \frac{h_2}{\varrho_2} + \dots + \frac{h_n}{\varrho_n} = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{\varrho_i}, \quad (2)$$

ahol

$h_1, h_2, \dots, h_n$  = az egyes rétegek vastagsága,  
 $\varrho_1, \varrho_2, \dots, \varrho_n$  = az egyes rétegek fajlagos ellenállása.

A (2) kifejezésben  $\varrho_i$  konstans értéket jelent, a  $h_i$  rétegvastagságok azonban  $H$ -nak az üledékösszlet vastagságának valamilyen  $h(H)$  függvényei. A keresett  $S(H)$  függvény a  $\varrho_i$  értékek ismeretében, a  $h(H)$  összefüggés meghatározásával írható fel:

$$S(H) = \sum_{i=1}^n \frac{h_i(H)}{\varrho_i}. \quad (3)$$

#### a) Homogén fedőközeg

Az 1. ábrán látható egyréteges homogén  $\varrho$  fajlagos ellenállású fedőközegre (1) és (3) alapján az  $S(H)$  függvényt az origóból kiinduló egyenes írja le, melynek iránytangense

$$\alpha = \frac{1}{\varrho}.$$

#### b) Kétréteges fedőközeg

Az aljzatra települt két különböző fajlagos ellenállású rétegből összetett közeg esetére, ha az egyik réteg vastagsága  $h_c$  = konstans, az  $S(H)$  függvény (3)-nak megfelelően

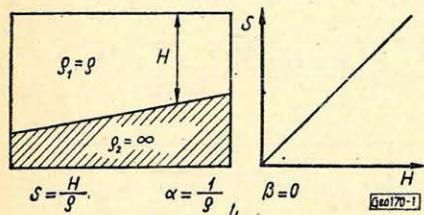
$$S(H) = \frac{H}{\varrho_c} + h_c \left( \frac{1}{\varrho_c} - \frac{1}{\varrho_v} \right), \quad (4)$$



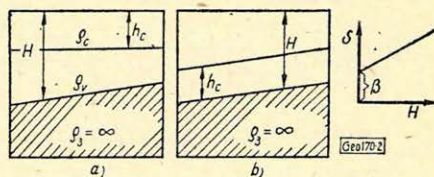
ahol

$\varrho_c$  = a konstans vastagságú réteg fajlagos ellenállása,  
 $\varrho_v$  = a változó vastagságú réteg fajlagos ellenállása.

Az  $S(H)$  függvény alakja független attól, hogy a konstans vastagságú réteg a felszínnel vagy az aljzat felszínével települ párhuzamosan.



1. ábra Φuz. 1 Fig. 1



2. ábra Φuz. 2 Fig. 2

A függvény ismét lineáris. Az  $S(H)$  függvénynek megfelelő egyenes iránytangense

$$\alpha = \frac{1}{\varrho_v},$$

ordinátametszete

$$\beta = h_c \left( \frac{1}{\varrho_c} - \frac{1}{\varrho_v} \right).$$

Amennyiben a kétréteges fedőközegben mindkét rétegvastagság változik, vagyis a két réteget elválasztó határfelület dőlt, (3)-ból hasonló úton kapott függvény a következő

$$S(H) = H \left[ \frac{1}{\varrho_2} - n \left( \frac{1}{\varrho_2} - \frac{1}{\varrho_1} \right) \right] + \left( \frac{1}{\varrho_2} - \frac{1}{\varrho_1} \right) [nH_0 - h_1], \quad (5)$$

ahol

$$n = \frac{\operatorname{tg} \gamma_1}{\operatorname{tg} \gamma_2}$$

$H_0$  = a modell egy tetszőlegesen megválasztott vonatkozási pontján az üledékes öszlet vastagsága,

$h_1$  = ugyanezen a ponton a  $\varrho_1$  fajlagos ellenállású réteg függőleges irányú vastagsága,

$\gamma_1$  = a  $\varrho_1$  és  $\varrho_2$  fajlagos ellenállású rétegeket elválasztó határ dőlésszöge,

$\gamma_2$  = az aljzat felszínének dőlésszöge.

A  $\gamma_1$  és  $\gamma_2$  előjeles szögértékek, az előjel megállapításánál  $\gamma_2$  számít + értéknek. A függvény alakja nem változik meg, ha a két határfelület ellentett értelemben dől.

Az  $S(H)$  függvényt ebben az esetben is egyenes írja le, melyek iránytangense

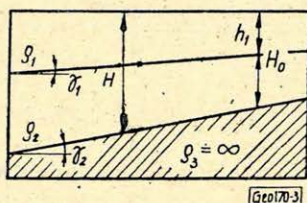
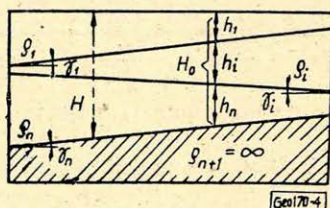
$$\alpha = \frac{1}{\varrho_2} - n \left( \frac{1}{\varrho_2} - \frac{1}{\varrho_1} \right),$$



$$\beta = \left( \frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{\rho_1} \right) \cdot [nH_0 - h_1].$$

Az egyszerű modellekre levezetett összefüggéseket kiterjesztve tetszőleges „ $n$ ” számú rétegből felépített fedőközeg esetére, a 4. ábrának megfelelő jelölések felhasználásával:

$$S(H) = H \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{\rho_i} \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma_i - \operatorname{tg} \gamma_{i-1}}{\operatorname{tg} \gamma_n} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\rho_i} \left( h_i - H_0 \cdot \frac{\operatorname{tg} \rho_i - \operatorname{tg} \gamma_{i-1}}{\operatorname{tg} \gamma_n} \right). \quad (6)$$

3. ábra  $\Phi$ uz. 3 Fig. 34. ábra  $\Phi$ uz. 4 Fig. 4

bevezetve a  $K_i = \frac{\operatorname{tg} \gamma_i - \operatorname{tg} \gamma_{i-1}}{\operatorname{tg} \gamma_n}$  jelölést:

$$S(H) = H \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{\rho_i} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\rho_i} (h_i - K_i H_0). \quad (7)$$

Tehát, a tetszőlegesen dőlt sík réteghatárokkal felosztott, „ $n$ ” számú izotróp rétegből álló, dőlt felszínű szigetelő aljzatra települt összletre vonatkozó  $S(H)$  függvény általánosan lineáris alakban írható fel

$$S(H) = \alpha H + \beta, \quad (8)$$

ahol a függvényt ábrázoló egyenes iránytangense csak a változó vastagságú rétegek fajlagos ellenállásától és a réteghatárok dőlésszögétől függő konstans:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{\rho_i}; \quad K_i = \frac{\operatorname{tg} \gamma_i - \operatorname{tg} \gamma_{i-1}}{\operatorname{tg} \gamma_n}, \quad (9)$$

az ordinátametszet pedig a szelvény tetszőleges vonatkozási ponton megadott geoelektromos paramétereitől függ.

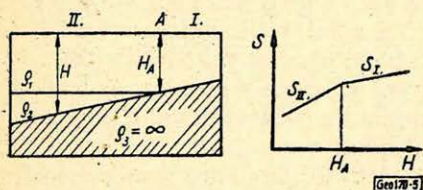
Az  $\alpha$  és  $\beta$  konstans érték a geoelektromos szelvénymodell értelmezési tartományán belül.

A szelvénymodell értelmezési tartományának nevezzük azt a szelvényszakaszt, amelyen belül a réteghatárok dőlésszöge és a rétegek fajlagos ellenállása változatlan és egyetlen rétegi vastagsága sem lesz nulla.

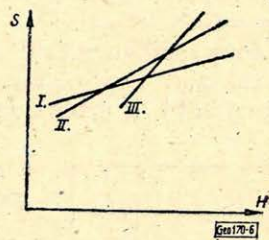
A határfelületek szelvénymenti megváltozása az  $S(H)$  függvény mentében törést okoz, de a megváltozott szelvénymodellre a lineáris összefüggés továbbra is érvényes, csak  $\alpha$  és  $\beta$  értéke megváltozik. Pl. az 5. ábrán látható egy kiékelődés jelentkezési módja az  $S(H)$  függvény menetében. Az értelmezési tartomány határán az  $S(H)$  függvény megtörik, de folytonosságát megtartja.



Ha a nagyellenállású aljzat nem monoton dőlésű, hanem a különböző modell-tartományokban azonos aljzattélységek többször is előfordulnak, az egyes értelmezési tartományok  $S(H)$  függvényei nem különülnek el olyan észrevehetően, mint az 5. ábrán láttuk, hanem a 6. ábrán látható módon jelentkezhetnek.



5. ábra  $\Phi_{uz. 5}$  *Fig. 5*



6. ábra  $\Phi_{uz. 6}$  *Fig. 6*

Az olyan modellek esetén, melyek több  $S(H)$  függvénytartományból tehetők össze, az  $S$  és  $H$  adatok közti korreláció vizsgálatát szelvénymenti adatokon kell végezni, ugyanis ilyen esetekben a területi eloszlásban nyert adatokból egy látszólag szórt adathalmazt kaphatunk.

*Az  $S(H)$  függvény  $\alpha$  és  $\beta$  paramétereinek változása a modellfelépítés függvényében*

A  $\beta$  paraméter szemléletes értelemben azt a kezdeti vezetőképesség-értéket jelenti, amit a  $H=0$  határesetben kapnánk. Ez természetesen fizikailag nem értelmezhető, mivel amíg a  $H=0$  esethez (az aljzat kibúvása) eljutunk, addig az aljzat fölé települt rétegek már korábban kiékelődnek, ami azt jelenti, hogy átlépjük az  $S(H)$  függvény eredeti értelmezési tartományát.

Egyszerűbb modellek esetére azonban a  $H=0$  mélységhez tartozó  $\beta$  ordinátametszet értéke ad bizonyos következtetésre módot. Ahol a konstans vastagságú rétegek mellett egy változó vastagságú összlet van (2. ábra), a (4) értelmében

$$\text{ha } \beta \text{ pozitív úgy; } \frac{\rho_v}{\rho_c} > 1$$

$$\text{ha } \beta \text{ negatív úgy; } \frac{\rho_v}{\rho_c} < 1.$$

Homogén fedőösszlet esetén:  $\beta = 0$ .

Egyszerű modellek esetére az  $\alpha$  paraméter a változó vastagságú összlet fajlagos ellenállásának reciprokával egyenlő. Általános esetben  $\alpha$  értéke határértékként értelmezhető. Az (1) és (8) alapján ugyanis felírható, hogy

$$S = \frac{H}{\rho_l} = \alpha H + \beta, \quad (11)$$

vagyis

$$\frac{1}{\rho_l} = \alpha + \frac{\beta}{H} = \overline{\sigma}_l. \quad (12)$$



Tehát az üledékes összlet átlagos fajlagos vezetőképessége a modell értelmezési tartományában törtfüggvény (hiperbola) szerint változik. Határértékben, ha

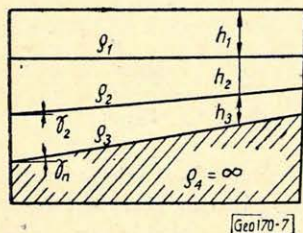
$$\lim_{H \rightarrow \infty} \bar{\sigma}_1 = \alpha \quad (13)$$

Vagyis általános esetben  $\alpha$  a végtelen vastag üledékes összlet átlagos fajlagos vezetőképességét jelenti.

Általános esetben  $\alpha$  értéke csökken, ha az üledékes összlet fajlagos ellenállása növekszik. Egy olyan modellen belül, ahol több változó vastagságú réteg is található,  $\alpha$  értéke az aljzat dőlésének függvényében változik.

Néhány egyszerű modell esetére  $\alpha$  értékének a medencefelépítés változásától való függését elméleti számításokkal vizsgáltuk.

A 7. ábrán látható modellre a medencealjzat  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$  és  $30^\circ$  dőlésszögénél számítottuk az  $\alpha$  értéket, az üledékösszlet rétegeinek különböző



7. ábra Физ. 7 Fig. 7

$$\frac{\rho_3}{\rho_2} = \eta \text{ és } v = \frac{h_3}{h_2}$$

paramétereire és a dőlt réteghatár különböző dőlésértékeire. Határfeltétel volt, hogy  $H_0 = 2000 \text{ m}$  mélységnél a  $\bar{\rho}_0 = 10$ , illetve  $20 \text{ Ohmm}$ .

A 8–13. ábrákon láthatjuk az  $\alpha$  érték változását az említett paraméterek függvényében.

Megállapítható, hogy az aljzat dőlésszögének növekedésével adott  $\gamma_2$  érték mellett kezdetben  $\alpha$  gyorsan változik, de ha az aljzat dőlése az üledékben levő elválasztó határfelület dőlésének kb. háromszorosa, úgy  $\alpha$  értéke  $\gamma_n/\gamma_2$  értéktől lényegében függetlenné válik és inkább az összletet felépítő rétegek  $\eta$  és  $v$  paramétereitől függ.

Ha a  $\gamma_n/\gamma_2 < 2$ , úgy az  $\alpha$  érték differenciált módon változik,  $\gamma_n/\gamma_2$ , illetve  $\eta$  függvényében, míg  $v$  értékétől kisebb mértékben függ.

A szeizmikus refrakciós szelvények adataiból, a reflexiós szelvények dőlésadatainak figyelembevételével az  $\alpha$  értékek elvileg lehetőséget nyújthatnak az üledékes összlet ellenállásviszonyainak lokális vizsgálatára, és ennek megfelelően az üledékes összlet összetételének vizsgálatára.

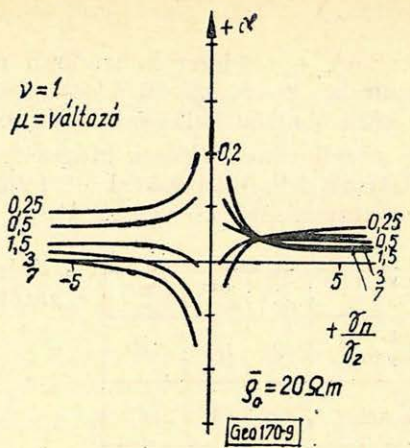
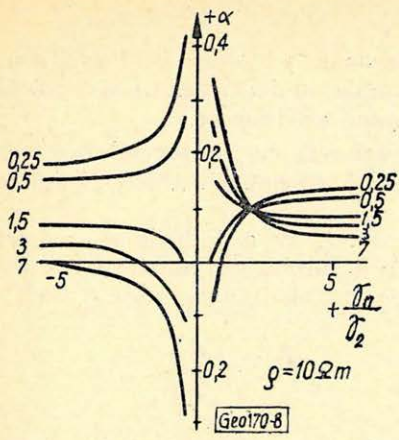
Az ismertetett alapelvek levezetése és a kezdeti állapotban levő vizsgálatokból leszűrt néhány megállapítás bizonyos egyszerűsítő feltételezések mellett történt.

Vizsgáljuk meg, hogy a határfeltételek, amelyek esetére a lineáris  $S(H)$  függvényt levezettük és annak tulajdonságait analizáltuk, a gyakorlatban hogyan teljesülnek, vagyis a terepi mérési adatok igazolják-e az  $S(H)$  függvény linearitását.

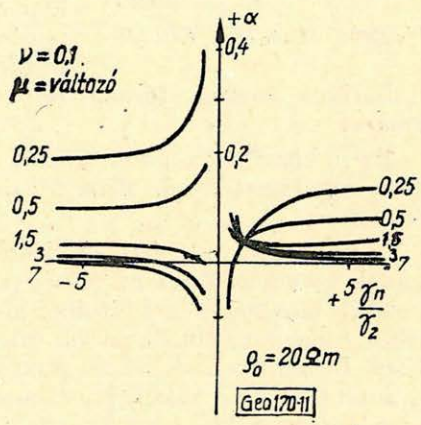
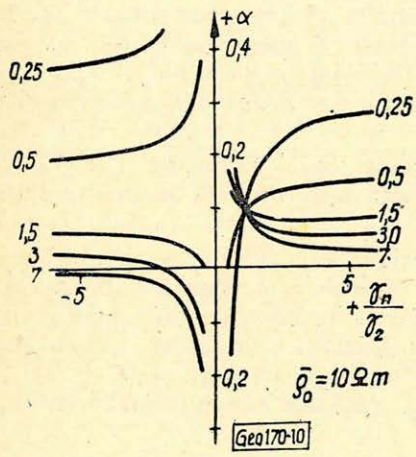
### Az $S(H)$ függvények vizsgálatának gyakorlati tapasztalatai

Az  $S(H)$  függvények  $S$  adatait a gyakorlatban a mélyszondázási görbék  $45^\circ$ -os szög alatt emelkedő ágából határozhatjuk meg, ha a mérés vezérszintje a harmadidőszaki medenceljzat felszíne. Meghatározhatók az  $S$  értékek a földi elektromágneses tér „ $S$ ” periódustartományba tartozó változásainak felhasználásával a magnetotellurikus szelvényezés módszerével is [4].

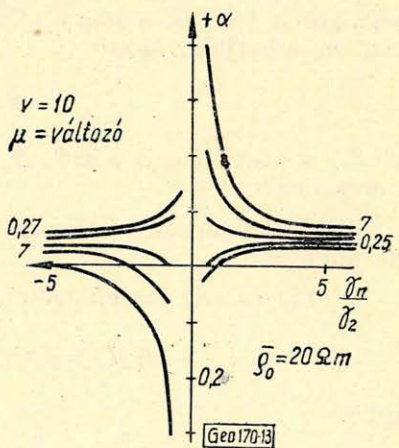
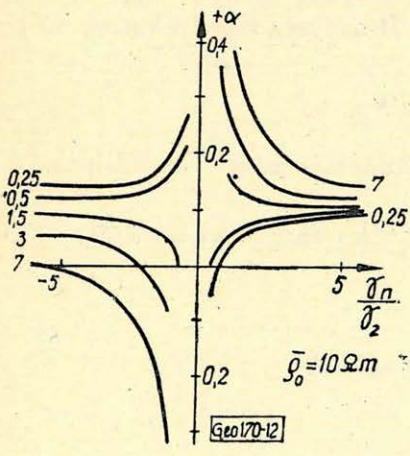




8-9. ábra      Фиг. 8-9      Fig. 8-9



10-11. ábra      Фиг. 10-11      Fig. 10-11



12-13. ábra      Фиг. 12-13      Fig. 12-13



Ezek a módszerek azonban alkalmazásuk jelenlegi stádiumában csak viszonylag kevés számú adatot szolgáltatnak, ami a gyakorlati vizsgálatok számára nem ad kellő számú és részletességű eredményt.

A tellurikus mérések módszere – ugyancsak az  $S$  intervallumba tartozó pulzációk felhasználásával – felhasználható részletes területi  $S$  anomáliák meghatározására közvetett úton.

Ismeretes, hogy a tellurikus area érték a bázispont és a mérőpont alatti  $S_B$  és  $S_M$  vezetőképességértékek hányadosa [5], [6]

$$A^{-1} = \frac{S_M}{S_B} \quad (14)$$

Összehasonlított áll. pont	$\frac{A_{I.}^{-1}}{A_{II.}^{-1}}$	$\frac{S_{DEE.}}{S_{DEI.}}$	$\frac{S_{MTII.}}{S_{MTI.}}$
Ajak-Lövöpetri	1,04	1,05	1,10
Ajak-Nagyhalász	0,95	0,96	0,97
Lövöpetri-Nagyhalász	0,92	0,90	0,88

[Göml. 70-74]

14. ábra  $\Phi_{uz. 14}$  Fig. 14

Amennyiben a bázispontra vonatkozó  $S_B$  értéket a fent említett módszerek valamelyikével meghatározzuk, az izoarea térkép  $S$  anomália térképpé számítható át. Több ponton végzett  $S$  meghatározással az átszámítás középhibáját csökkenthetjük. Ily módon felhasználható az  $S(H)$  függvényvizsgálatok számára.

a tellurikus izoarea térkép számára.

Ezt a közvetítő módon végzett  $S$  meghatározást, amint azt *Vozoff* és *Ellis* említi, alkalmazták pl. *Kanadában* végzett tellurikus és magnetotellurikus méréseknél [7].

A tellurikus area-értékek átszámításával kapott  $S$  értékek megbízhatóságának szemléltetésére az ország ÉK-i részének 3 pontján korábban végzett geoelektromos mérések adataiból mutatunk be példát. A mérési pontokon tellurikus, magnetotellurikus és dipol szondázások adataival rendelkezünk. (*NME Geofizikai Tanszék* és *ELGI* mérései alapján). Egy pont  $A^{-1}$ ,  $S_{MT}$  és  $S_{DE}$  adatának és a másik pont megfelelő adatának hányadosát képeztük. Az eredményeket táblázatba foglaltuk [8].

A maximális eltérés kb. 5%, ami az eredmények jó egyezését jelenti. Ennek alapján az  $S(H)$  függvény linearitásának kísérleti adatokon történő vizsgálatát a tellurikus area értékek és a  $H$  mélység közötti korreláció vizsgálatára vezethetjük vissza:

$$S_M = A^{-1}S_B, \quad (15)$$

ahol  $S_M$  a mérőállomás alatti,  $S_B$  a bázisállomás alatti vezetőképesség,  $A^{-1}$  az area érték.

Mivel  $S_B$  konstans érték, így az  $A^{-1}(H)$  függvényt az  $S(H)$  függvény determinálja.

A (15) és (8) összefüggésekből

$$S(H) = A^{-1}(H)S_B = \alpha H + \beta, \quad (16)$$

vagyis

$$A^{-1}(H) = \alpha' H + \beta'. \quad (17)$$



Ezek szerint a tellurikus area érték és az üledékvastagság közötti összefüggés is lineáris. Az összefüggést ábrázoló egyenes iránytangense

$$\alpha' = \frac{\alpha}{S_B},$$

ordinátametszete

$$\beta' = \frac{\beta}{S_B}.$$

Ez a megállapítás látszatra ellentmondásban van az  $A(H)$  függvény hatványfüggvénnyel történő megközelítésével, melyet eddig hazai vonatkozásban alkalmaztunk. A hatványfüggvénnyel való közelítésnél, amelyet empirikus adatok alapján a gyakorlat alkalmazhatónak talált, feltételezték, hogy az  $A(H)$  függvény kifejezhető a következő módon [9]:

$$A^{-1}(H) = \frac{H^b}{a}, \quad (18)$$

ahol „ $a$ ” a bázispont alatti geoelektromos szelvény felépítésétől függő konstans, „ $b$ ” értéke a geoelektromos szelvénymodell paramétereire jellemző konstans érték, ún. szedimentációs koeficiens.

A hatványfüggvénnyel való közelítés log-log koordinátarendszerben lineáris függvényalakot eredményezett, de a logaritmikus skála hatása miatt, kevés számú adatból nem tűnt ki, hogy „ $b$ ” csak kis mélységintervallumra közelíthető konstans értékkel. A „ $b$ ” paraméternek nagyobb mélységintervallumban a mélységtől való függésére először Ádám Antal modellkísérletei utaltak, azonban a témával kapcsolatban további vizsgálat nem történt [10].

A „ $b$ ” érték mélységtől való függését a (18) és (16) összefüggésből határozhatjuk meg a geoelektromos szelvény ismeretében:

$$b = 1 + \frac{l_n \bar{\varrho}_0 + l_n S(H) - l_n H}{l_n H - l_n H_0}, \quad (19)$$

ahol

$\bar{\varrho}_0$  = a bázispont alatti összlet átlagos fajlagos ellenállása,  
 $H_0$  = a bázispont alatti mélység.

Vizsgáljuk meg mindezek után, hogy az ország különböző területeiről származó szeizmikus és tellurikus mérési adatok hogyan igazolják az  $A(H)$  illetve  $S(H)$  függvény linearitását.

Az  $A(H)$  függvényre nyert lineáris forma lehetővé teszi, hogy az összefüggő adatok grafikus ábrázolásán túl a korrelációs számítás alkalmazzuk lineáris regresszió formájában annak vizsgálatára, hogy a mondott határfeltételek a gyakorlatban teljesülnek-e.

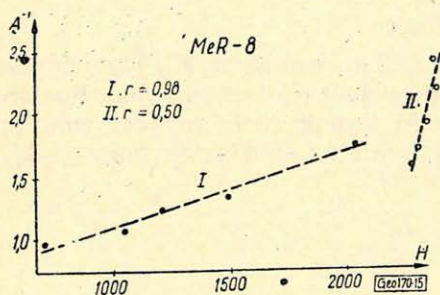
A regressziós egyenes meghatározza az  $A(H)$  függvényt, a korrelációs koeficiens ( $r$ ) értékéből következtethetünk a linearitás teljesülésének mértékére. A következő ábrákon az ország különböző területeiről származó mérési adatok felhasználásával nyert  $A(H)$  függvények láthatók [11], [12], [13], [14].

A 15. és 16. ábra Eger – Mezőkeresztes környékéről a MeR-8 és MeR-9 refrakciós vonalak  $A(H)$  függvényét ábrázolja, részben interpolált  $A^{-1}$  értékek felhasználásával.

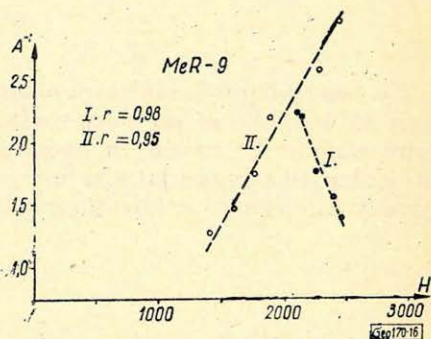


A 17. ábra Nagykáta–Jászberény térségében levő *NkR-16* refrakciós vonal  $A(H)$  függvényét ábrázolja a szelvény mentén mért  $A^{-1}$  adatokból.

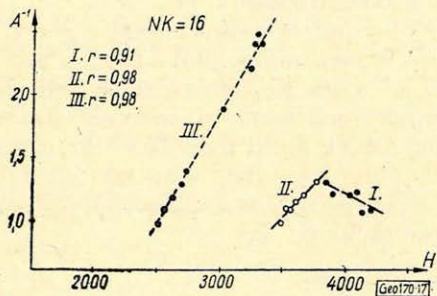
A 18. és 19. ábra a Dél-Balaton-nál Ságvár környékén végzett kísérleti tellurikus és korábbi refrakciós mérések adataiból nyert  $A(H)$  függvényeket ábrázolja a *DR-XII* és *DR-XII/K<sub>1</sub>* vonalon, szelvény mentén mért adatok alapján.



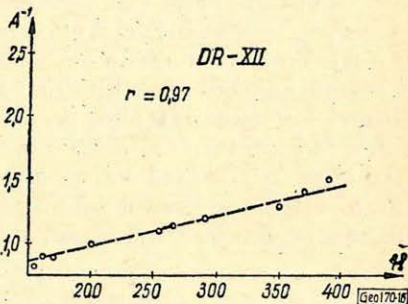
15. ábra  $\Phi$ uz. 15 Fig. 15



16. ábra  $\Phi$ uz. 16 Fig. 16

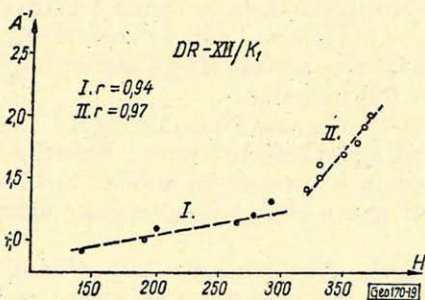


17. ábra  $\Phi$ uz. 17 Fig. 17



18. ábra  $\Phi$ uz. 18 Fig. 18

A bemutatott mérési adatok és a számított korrelációs koefficiensek szerint az  $A(H)$  függvények és ennek megfelelően az  $S(H)$  függvények az elméletileg meghatározott alakot mutatják. A korrelációs koefficiens az egységhez közeli értéket mutat.



19. ábra  $\Phi$ uz. 19 Fig. 19



A bemutatott ábrákon világosan elhatárolható a modellek különböző értelmezési tartománya.

A *MeR*-8 (15. ábra) és *DR*-XII/ $K_1$  (19. ábra), vonalak  $A(H)$  függvényein az I. és II-vel jelölt szakaszok jelzik az üledék szelvény mentén bekövetkező felépítésbeli változását.

Feltehető, hogy az  $A(H)$  függvények jelzett változása a nagyobb vastagságú miocén vulkáni összlet (vagy más nagyellenállású üledékes kőzet) elterjedési határát jelzi, ezt azonban csak további részletes vizsgálat tudja majd megbízhatóan eldönteni.

A *MeR*-9 és *BNK*-16 vonal  $A(H)$  függvényei (16. ábra) és (17. ábra), lényeges momentumra hívják fel a figyelmet. Az ábrákon I-el jelölt függvényszakaszok a medencealjzat és a tellurikus értékek közötti negatív korrelációt mutatják változatlanul lineáris kapcsolat formájában. Ennek elvi lehetőségét már a 8-13. ábrák elméleti görbéi is megvilágították, a negatív „ $\alpha$ ” értékekkel.

Ilyen eset létrejöhet pl., ha a medencealjzatra települt nagyellenállású kőzetösszlet felszínének dőlésiránya (a fedőüledékhez viszonyított bizonyos mérvű ellenállás kontraszt esetén), ellentétes a medencealjzat dőlésirányával. De az elméleti görbék bizonyos esetben azonos dőlésirányoknál is negatív korrelációt mutatnak.

Ilyen esetben a medencealjzat feletti üledéksorban települő árnyékoló összlet hatása jelentkezik a tellurikus anomáliaképben, és éppen a mondott eltérés figyelmeztet a földtani felépítésben bekövetkezett változásra. Az ilyen területek elhatárolásához és földtani felépítésük megállapításához, az  $S(H)$  függvények vizsgálata feltehetően használható eredményeket fog szolgáltatni a jövőben.

#### IRODALOM

- [1] *Dr. Szénás György*: A geofizikai térképezés földtani alapjai Magyarországon. M. Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évkönyve II. kötet. 1965.
- [2] *Golovcün V. N.*: *Elektrorazvedka*. Kiev, 1963.
- [3] *Szpravocsnyik Geofizika III. Elektrorazvedka*. 1963.
- [4] *Bergjicsevszkij M. N.*: A magnetotellurikus szelvényezés alapjai. *Prikladnaja Geofizika* No. 28. 1960.
- [5] *Bergjicsevszkij M. N.*: Magnetotellurikus tér a horizontálisan inhomogén közegben. *Prikladnaja Geofizika* No. 31. 1961.
- [6] *Szabadváry László*: Ellenállás ( $\rho\sigma$ ) korrekció alkalmazása a tellurikus mérések értelmezésénél. *Magyar Geofizika* VI. évf. 2. sz. 1965.
- [7] *Vozoff, Ellis és Burke*: Tellurikus áramok és alkalmazásuk a kőolajkutatásban. *Bulletin of the American Association of petroleum Geologists*. USA 1964. dec.
- [8] *NME Geofizikai Tanszék*: Jelentés a Kisvárdai térségében 1963. évben végzett tellurikus és magnetotellurikus mérésekről. Miskolc 1964.
- [9] *Erkel András*: Vezérszint meghatározás tellurikus méréseknél. *Magyar Geofizika*, VI. évf. 2. sz. 1965.
- [10] *Ádám Antal*: Földiárammodell. *Geofizikai Közl.* X. kötet 1-4. sz.
- [11] *NME Geofizikai Tanszék*: Jelentés az 1960. évben Eger - Mezőkeresztes térségében végzett tellurikus mérésekről. Miskolc, 1961.
- [12] *64. sz. Jelentés a Mezőkeresztes - Kerecsend térségében 1960. évben végzett szeizmikus refrakciós mérésekről*. OKGT SZKÜ. Bp. 1961.
- [13] *OKGT SZKÜ.*: E-1 sz. jelentés a Nagykáta - Albertirsa kutatási területen 1963-1964. évben végzett geoelektromos mérésekről. Bp. 1965.
- [14] *OKGT SZKÜ.*: 47. sz. Jelentés az 1955. évi Dél-balatoni reflexiós és refrakciós szeizmikus mérésekről. Bpest, 1958.



# A földalatti geoelektromos ellenállásmérések modell-kísérleteinek újabb eredményei

SZABÓ JÁNOS - BARANYI ISTVÁN - DUTKÓ ANTÓNINA

Jelen tanulmányunk célja a földalatti geoelektromos ellenállásmérések alkalmazásával kapcsolatban végzett laboratóriumi megfigyeléseink eredményeinek ismertetése.

A földalatti geoelektromos ellenállásmérésekkel kapcsolatos kísérleteink során elsősorban a homogén térben elhelyezett jővezető testek hatását vizsgáltuk. Meghatároztuk az anomáliák alakjának és intenzitásának változását.

1. az ércetest vastagságának,
2. az ércetek települési mélységének,
3. a mérőelektrodarendszer méretének,
4. a csapásirány változásának,
5. a csapáshossz változásának

függvényében, hogy mindezek eredményeképpen a módszer kutatási mélységét megbecsüljük.

В работе излагаются результаты исследований, проведенных для изучения эффекта хорошо проводящих тел, залегающих в однородной среде. Для выяснения глубинности метода, форма и интенсивность вызываемых аномалий определялись в зависимости от

1. мощности рудного тела;
2. глубины его залегания;
3. разности измерительных электродов
4. изменения простирания;
5. изменения протяжения тел.

Es wird über die Resultate von Versuchen berichtet, wobei die Wirkung von gut leitenden Körpern untersucht wurde, die sich in einem homogenen Raum untergebracht befanden. Es wurde die Form und Intensität der Anomalien in Abhängigkeit von den folgenden Faktoren bestimmt:

1. Dicke des Erzkörpers,
2. Ablagerungstiefe des Erzkörpers,
3. Abmessungen des Messelektrodensystems,
4. Änderung der Streichrichtung
5. Änderung der Streichlänge,

um die Eindringungstiefe der Methode bestimmen zu können.

A geoelektromos mérések alkalmazásának egyik területe a bányavágatok által fel nem tárt, a környezetéhez viszonyítottan jó vezető inhomogenitások (vízzel telt karszt töbrök, ércetek stb.) kimutatása.\*

Jelen tanulmányunk célja a földalatti geoelektromos ellenállásmérések alkalmazásával kapcsolatban a jó vezetőkre végzett modellmérések eredményeinek ismertetése.

Laboratóriumi kísérleteink során a homogén térben elhelyezett jővezető testek hatását vizsgáltuk.

Meghatároztuk az anomália alakjának és intenzitásának változását

1. az „ércetek” vastagságának,
2. az „ércetek” mélységének,
3. a mérő elektrodarendszerek méreteinek,

\*A dolgozat szövegében és az ábrákon a távolságok mérésében „egység” megjelölést, ill. nevezetlen számot alkalmazunk. Ezzel azt kívánjuk kifejezni, hogy csupán a távolságarányok meghatározók.



4. a csapásirány változásának, és

5. a csapáshossz változásának

függvényében, hogy a módszer kutatási mélységét megbecsüljük.

Vizsgálataink az *I. táblázatba* foglalt esetekre terjedtek ki, ahol  $2b$  – a test horizontális vastagsága;  $L$  – a test csapásmenti hosszúsága;  $d$  – a test függőleges vastagsága.

*I táblázat\*\**

Test mérete	AB terítési távolság	Mélység (H) intervallum	Szögintervallum	Mérésköz
-------------	----------------------	-------------------------	-----------------	----------

*Таблица I.*

Размеры тела	Разнос AB	Интервал глубин, H	Динапазон углов	Пределы измерения
--------------	-----------	--------------------	-----------------	-------------------

*Tabelle 1*

Abmessungen des Körpers	AB Auslegungsabstand	Tiefenintervall, H	Winkelbereich	Messbereich
$2b \times L \times d$				
$0,5 \times 50 \times 20$	10,16,25,50	1,2,3,5,7	$20^\circ - 90^\circ$	0,25; 0,5
$2,5 \times 50 \times 20$	10,16,25,50	1,2,3,5,7	$20^\circ - 90^\circ$	0,25; 0,5
$5,0 \times 50 \times 20$	10,16,25,50	1,2,3,5,7	$20^\circ - 90^\circ$	0,25; 0,5
$10,0 \times 50 \times 20$	10,16,25,50	1,2,3,5,7		0,25; 0,5

\*\*A számadatok tetszőleges mértékegységekben vannak kifejezve.

A jövezető testeket rézlemezekből készítettük, a közeg, amelyben elhelyezkedtek, híg konyhasó oldat volt, tehát  $\rho_{test} \ll \rho$  környezet.

A kísérleteknél kétoldali háromelektrodás elrendezést (kombinált szelvényezés) alkalmaztunk. Az észlelési eredményekből a szimmetrikus ellenállás-szelvényezés görbéit építettük fel

$$\rho_{szim} = \frac{\rho_{AMN} + \rho_{MNB}}{2}$$

*1. Jövezető réteg vastagságának* az anomáliák alakjára és intenzitására gyakorolt hatásának vizsgálatára a méréseket az *I. táblázatban* is feltüntetett  $AB=10, 16, 25, 50$  egységnyi elektródátávolságoknál,  $H=1, 2, 3, 5, 7$  egységnyi mélységeknél és  $2b=0,5; 2,5; 5$  és  $10$  egységnyi rétegvastagságnál végeztük.

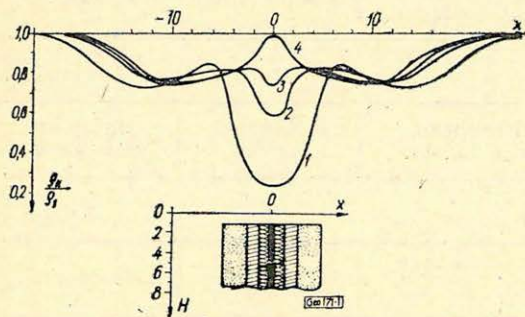
Egy-egy görbesereg észlelése alkalmával,  $AB=konst$ ,  $H=konst$  volt, és csak  $2b$  változott.

Egy ilyen görbesereget mutatunk be az *I. ábrán*, ahol  $AB=25$  egység = konst,  $H=1$  egység = konst és  $2b$  változott  $0,5$  egységtől  $10$  egységig. Az anomáliát a  $\rho_k/\rho_1$  hányadossal fejeztük ki, ahol  $\rho_1$  – az anomáliamentes közeg fajlagos elektromos ellenállása,  $\rho_k$  – az adott  $X_k$  pontban észlelt látszólagos fajlagos elektromos ellenállásérték.



Az ábrán látható, hogy viszonylag vastag réteg esetében az anomália (1) három minimummal és két maximummal jelentkezik, melyek közül közvetlenül a réteg fölötti minimum a legnagyobb. A két szélső minimum a tápelektrodák és a réteg között fellépő tértorzítás hatására jelentkezik, a tápelektrodáknak a jövezető réteg felé közeledtekor.

Kiértékelés szempontjából elsősorban a központi minimum a lényeges, ui. a terítési távolságot meghaladó szélességű anomália kiválasztása valóságos körülmények között nehéz, mivel az észlelt ellenállás-fluktuáció miatt nem tudjuk kijelölni a  $\rho_1$  fajlagos ellenállásnak megfelelő szintet.



1. ábra. Jövezető réteg vastagságának hatása az anomáliák alakjára és intenzitására.  $AB=2$ ,  $l=25$  = konst;  $H=1$  = konst. A 11,5 B 2 N 11,5 B 1.  $10 \times 50 \times 20$ ; 2.  $5 \times 50 \times 20$ ; 3.  $2,5 \times 50 \times 20$ ; 4.  $0,5 \times 50 \times 20$ .

Fig. 1. Влияние мощности хорошо проводящего слоя на форму и интенсивность аномалий

Fig. 1. Einfluss der Dicke einer gut leitenden Schicht auf die Form der Anomalien und ihre Intensität

A központi minimumzóna vizsgálata mutatja, hogy azonos mélység és terítési távolság esetében a rétegvastagság csökkenésével a központi minimum szélessége és intenzitása csökken, sőt vékony rétegnél a központi minimum egy látszólagos maximumba csap át, melynek abszolút értéke a 0,5 egységnyi vastagságú réteg esetében a  $\rho_1$  értéket közelíti meg.

Más körülmények (terítési távolság, mélység) között észlelt görbeseregek is az 1. ábrán bemutatott törvényszerűséget követik.

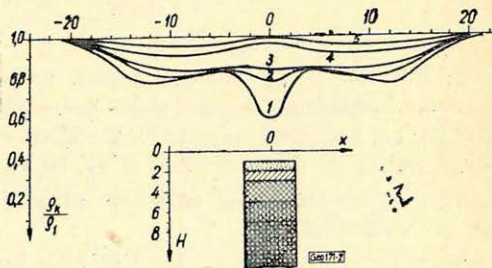
2. Jövezető réteg mélységének az anomáliák alakjára és intenzitására kifejtett hatását különböző  $AB$  távolságokra, különböző vastagságú testekre, változó mélység esetére vizsgáltuk. Egy-egy görbesereg észlelésénél  $AB$  = konst,  $2b$  = konst és csak a  $H$  mélységet változtattuk.

Az  $AB=25$  egységnyi terítési távolságnál és  $2b=5$  egységnyi rétegvastagságnál változó „ $H$ ” értékeknél végzett mérési sorozat eredményeit a 2. ábrán mutatjuk be.

2. ábra. Jövezető réteg mélységének hatása az anomáliák alakjára és intenzitására.  $AB=25$  = konst; A11,5M 2N 11,5B réteg:  $5 \times 50 \times 20$ ; 1.  $H=1$ ; 2.  $H=2$ ; 3.  $H=3$ ; 4.  $H=5$ ; 5.  $H=7$ .

Fig. 2. Влияние глубины залегания хорошо проводящего слоя на форму и интенсивность аномалий

Fig. 2. Einfluss der Tiefe einer gut leitenden Schicht auf die Form und Intensität der Anomalien



Megállapítható, hogy kis mélység és elég nagy vízszintes vastagság esetében hármas minimum jelentkezik, melyek közül lényeges és a kiértékelés szempontjából a legfontosabb a réteg fölött jelentkező minimum.



Ha az adott észlelési körülmények között növeljük a test mélységét, a központi minimum intenzitása csökken, az anomália „ellaposodik” (2., 3. görbék), sőt egy bizonyos mélység után a központi minimum látszólagos maximumba csap át (4., 5. görbék), melynek abszolút értéke a mélység további növelésével  $\varrho_1$  értékhez tart, ugyanakkor a szélső minimumok intenzitása is csökken, s egy bizonyos mélység után anomália egyáltalán nem jelentkezik.

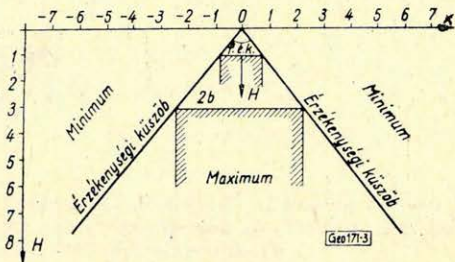
Az 1. és 2. pontban kapott eredmények egybevetése azt mutatja, hogy függetlenül az egyébként kellő lehatolási mélységet biztosító terítési távolságtól, csökken a központi minimum intenzitása és a minimum maximumba megy át, ha a konstans mélységnél csökken a test vastagsága, vagy konstans vastagságnál növekszik a test mélysége; vagyis mindkét esetben csökken a központi minimum intenzitása és az maximumba megy át, ha csökken a réteg epicentrumából a réteg két felső széléhez tartozó látószög.

A fentiek azt jelentik, hogy a látószög nagyságától függ az, hogy a test fölött minimum vagy maximum jelentkezik, s ezen keresztül a látószög nagyságától függ, hogy egy adott közegben a jővezető telér a szimmetrikus elektromos szelvényezés módszerével kimutatható-e vagy sem.

3. ábra. A  $\varphi_{ék}$  értéket meghatározó réteg-mélység ( $H$ ), vastagság ( $2b$ ) diagramm.

Фиг. 3. Диаграмма определения величин  $\varphi_{ék}$  по глубине залегания ( $H$ ) и мощности ( $2b$ ) слоя

Fig. 3. Bestimmungsdiagram für  $\varphi_{ék}$ -Werte aus Schichtentiefe ( $H$ ) und Dicke ( $2b$ ).



Meghatároztuk a látószögnek azt a határértékét, melynél a központi minimum már kisimul, de a maximum még nem jelentkezik. Ez a látószög tulajdonképpen az alkalmazott módszer „érzékenységi küszöbe” ( $\varphi_{ék}$ ), vagyis ennél nagyobb  $\varphi$  értékek esetében a jól vezető réteg minimummal, kisebb  $\varphi$  értékek esetében pedig maximummal jelentkezik (3. ábra).

A 3. ábra felhasználható annak meghatározására, hogy egy adott mélységben közelítőleg becsült vastagságú, jővezető test fölött minimum ( $\varphi > \varphi_{ék}$ ) vagy maximum ( $\varphi < \varphi_{ék}$ ) fog-e jelentkezni.

Az elvégzett kísérletsorozat alapján megállapítható, hogy  $\varphi_{ék} = 78^\circ$ . S mivel

$$\frac{b}{H} = \operatorname{tg} \frac{\varphi_{ék}}{2} = \operatorname{tg} 39^\circ = 0,81.$$

A minimum jelentkezésének feltétele

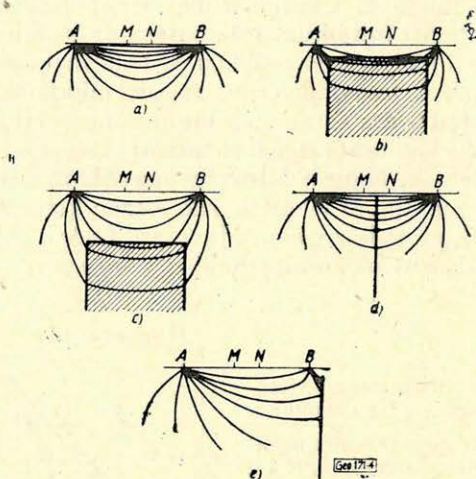
$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} > \operatorname{tg} \frac{\varphi_{ék}}{2},$$

tehát  $\frac{b}{H} > 0,81$  s ebből  $2b > 1,62 H$ .



Vagyis annak feltétele, hogy valamely jól vezető réteg földalatti körülmények között szimmetrikus szelvényezéssel központi ellenállásminimummal jelentkezzen az, hogy vastagsága legalább 1,60-szor meghaladja településének mélységét.

A központi maximum kialakulásának fizikai magyarázatát a 4. ábra alapján könnyen megérthetjük.



4. ábra. A jóvezető fölötti ellenállásmaximum kialakulásának magyarázatához. a) árameloszlás homogén térben; b) árameloszlás nagy vastagságú, kis és közepes mélységű réteg esetén; c) árameloszlás  $\varphi \rightarrow 0^\circ$ -nál; e) oldalminimumok kialakulása

Fig. 4. К пояснению максимума величин сопротивлений, создающегося над хорошо проводящим слоем: a) распределение тока в однородной среде; б) и в) то же, при наличии слоя большой мощности, соответственно для небольшой (б) и средней (в) глубины залегания  $\varepsilon$ ) распределение тока при  $\varphi \rightarrow 0^\circ$ ; д) образование бокового минимума

Fig. 4. Zur Erklärung des sich über gut leitenden Körpern einstellenden Widerstandsmaximums: a) Stromverteilung in homogenem Raum; b) und c) dieselbe im Falle einer Schicht von grosser Mächtigkeit, und zwar bei b) mit kleiner, bei c) mit mittlerer Tiefe; d) Stromverteilung bei  $\varphi \rightarrow 0^\circ$ ; e) Ausbildung von Seitenminimums

Valamely homogén köztömegben az áramvonalak az a) pontban bemutatott eloszlásúak, s ellenállásmérés esetén a homogén köztömeg fajlagos elektromos ellenállását határozzuk meg. Abban az esetben, ha az elektródaelrendezés egy, a  $\varrho_1$ -nél kisebb ellenállású, nagy látószögű inhomogenitás (réteg) fölé kerül, az  $AB$  elektródákról lekerülő áramvonalak többsége ráfut a jóvezetőre, az áramkör ezen rétegen keresztül záródik, s ezért az  $MN$  elektródák közelében igen jelentős áramvonalasűrűségcsökkenés lép fel, az észlelt ellenállás lényegesen kisebb lesz, mint  $\varrho_1$ ; a nagy látószögű inhomogenitás fölött ellenállásminimumot észlelünk.

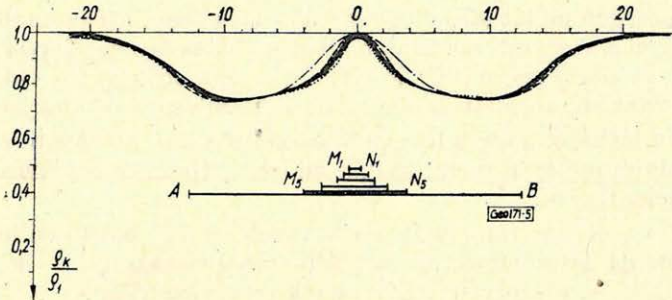
Ha növeljük a mélységet, vagyis csökkentjük a látószöveget, az ellenállásminimum amplitúdója csökken, mert az  $MN$  körzetében az eredeti árameloszlási kép kezd ismét kialakulni. Abban az esetben, ha a réteg nagy mélységben van, vagy vastagsága kicsiny, a látószög  $0^\circ$ -felé tart, ismét a homo-



gén közzétömre jellemző árameloszlási kép alakul ki az epicentrumban (*d* ábra), vagyis jövezető vékony rétegek esetében ( $\varphi \rightarrow 0^\circ$ ) a test fölött szimmetrikusan elhelyezkedett *AMNB* elektródarendszerrel tulajdonképpen a befogadó közet fajlagos elektromos ellenállását észlelhetjük, ami a szelvényen, mint a vékony réteg fölötti ellenállásmaximum jelentkezik.

A jövezető vékony réteg fölötti ellenállásmaximum két oldalán jelentkező oldalminimumok kialakulása magyarázható a *4e* ábra alapján. Amikor ugyanis a vékony réteg nem az *AB* középpontjában helyezkedik el, a réteghez közelebb levő tápelektródáról az áramvonalak „rásűrűsödnek” a jövezető rétegre, ami az *MN* elektródák környékén az áramvonalak ritkulását, vagyis ellenállásminimum kialakulását eredményezi mindkét oldalon.

3. A kísérletsorozat alkalmával megvizsgáltuk, hogy konstans észlelési viszonyok esetében (állandó mélység, vastagság, terítési távolság) hogyan változik az anomáliák alakja és intenzitása, ha változtatjuk az észlelő elektródák (*MN*) közti távolságot. Az észlelések során az  $MN/|AB|$  viszonyt 0,04–0,3 között változtattuk, s azt tapasztaltuk, hogy a *MN* változása az anomáliák intenzitását alig változtatja (*5. ábra*).



5. ábra. A mérőelektródák (*MN*) közti távolság változásának hatása az anomáliák alakjára és intenzitására. 1.  $MN=1$ ; 2.  $MN=2$ ; 3.  $MN=3$ ; 4.  $MN=5$ ; 5.  $MN=8$ ;  $AB=25=\text{konst}$ ; réteg:  $0,5 \times 50 \times 20$ ;  $H=1$ .

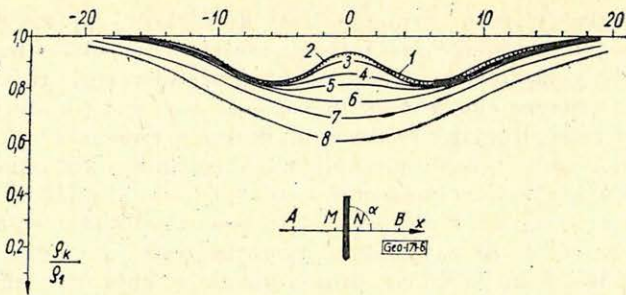
Fig. 5. Влияние изменения разнoса измерительных электродов (*MN*) на форму и интенсивность аномалий

Fig. 5. Einfluss der Änderung des Messelektrodenabstandes (*MN*) auf die Form und Intensität der Anomalien

4. *A csapásirány változásának hatása az anomália alakjára és intenzitására.*

Az elektromos kutatás gyakorlatában általánosan elfogadott szabály, hogy a mérési szelvényeket merőlegesen telepítsük a rétegek csapásirányára. Ebben az esetben az anomália alakja határozottabb, és pontosabban meg lehet állapítani a réteg települési helyzetét. Bányabeli körülmények között nincs lehetőség arra, hogy a profilirányt szabadon válasszuk meg. A vágatiránya adott és nem feltétlen merőleges a csapásirányra, ezért nem mellékes, milyen változások állnak elő az anomáliában, ha a szelvény nem merőleges a rétegre. A szelvényhez viszonyított csapásirány hatását az anomáliára a *6. ábrán* mutatjuk be, ahol  $H=2\text{ cm}=\text{konst}$  mellett a *7M2N7B* elektróda elrendezés-nél vizsgáltuk az anomália alakjának és intenzitásának változását  $2b=2,5\text{ cm}$  vastagságú réteg esetében ha a szelvényirány és a csapásirány által bezárt  $\alpha$  szög  $90^\circ$  és  $20^\circ$  között változott.





6. ábra. Jóvezető réteg csapásirányának hatása az anomáliák alakjára és intenzitására. 1.  $\alpha = 90^\circ$   
 2.  $\alpha = 80^\circ$ ; 3.  $\alpha = 70^\circ$ ; 4.  $\alpha = 60^\circ$ ; 5.  $\alpha = 50^\circ$ ; 6.  $\alpha = 40^\circ$ ; 7.  $\alpha = 30^\circ$ ; 8.  $\alpha = 20^\circ$ ;  $AB = 16 = \text{konst}$ ;  
 réteg:  $2,5 \times 50 \times 20$ ;  $H = 2$ .

Фиг. 6. Влияние простирания хорошо проводящего слоя на форму и интенсивность аномалий

Fig. 6. Einfluss der Streichrichtung der gut leitenden Schicht auf die Form und Intensität der Anomalien

A görbeseregen jól látható, hogy  $\alpha = 90^\circ$ -nál a központi anomália maximum.  $\alpha$  csökkenésével a központi maximum ellaposodik és átmegy lapos minimumba. Ugyanakkor az oldal-anomáliák is eltűnnek. A merőlegetestől való  $20-30^\circ$ -os eltérés gyakorlatilag alig hat az anomália intenzitására és alakjára.

Az ábrán látható, hogy a központi maximum  $50-40^\circ$  terítési irány között csap át a minimumba. Ennek alapján adott esetben az érzékenységi küszöb,  $\alpha = 45^\circ$ -nál jelentkezik.

Amikor a szelvényirány változik a vezető réteg felett, változik az észlelési irány menti látszólagos horizontális rétegvastagság is a  $2b' = 2b/\sin\alpha$  szerint, ahol  $2b'$  — a szelvényirány menti rétegvastagság.

Az adott esetben az érzékenységi küszöbhez tartozó szelvénymenti rétegszélesség:

$$2b' = \frac{2b}{\sin\alpha} = \frac{2,5}{\sin 45^\circ} = 3,5.$$

A  $2b'$ -hez tartozó  $\varphi_{ék}$  látószög:

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi_{ék}}{2} = \frac{b'}{H} = \frac{1,75}{2} = 0,87 \text{ és } \varphi_{ék} = 82^\circ.$$

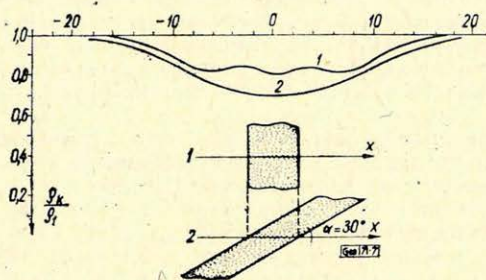
Vagyis az érzékenységi küszöbhez tartozó látószög értéke gyakorlatilag ugyanaz, mint amit már korábban is megállapítottunk. Ebből következik, hogy bányabeli körülmények között ellenállás szelvényvel harántolt jóvezető tömeg csak akkor jelentkezik központi ellenállásminimummal, ha a réteg szelvénymenti vastagságának látószöge nem kisebb  $80^\circ$ -nál.

Ebből következik, hogy ha a szelvényirány változtatásával növeljük a látószöget, növekszik az ellenállásminimum és a hatótömeg kimutathatósága is.

Külön vizsgálatot igényel, hogyan változnak az anomáliák egymáshoz viszonyítva, ha a szelvénymenti vastagságok azonosak, de a szelvényirány és csapásirány közti szögek eltérők. A 7. ábrán az  $A7M2N7B$  elektróda elren-



dezésnél  $H = 2$  cm mélységben elhelyezkedő rétegek fölötti anomáliákat mutatjuk be. Az 1. görbe a  $2b_1 = 5$  cm vastagságú réteg által okozott anomáliát mutatja ha a szelvényirány merőleges a csapásirányra ( $\alpha_1 = 90^\circ$ ). A 2. görbe a  $2b_2 = 2,6$  cm,  $\alpha_2 = 30^\circ$  esetére vonatkozó anomáliát mutatja be. Ebben az esetben a szelvényezési irány menti látszólagos rétegvastagság  $2b'_2 = 2b_2 / \sin \alpha_2 = 5$  cm, tehát ugyanakkora, mint az 1. anomália esetében. A két anomália összehasonlítása alapján megállapíthatjuk, hogy azok sem alak, sem intenzitás tekintetében nem egyenértékűek: azonos szelvényirány menti rétegvastagság esetében a szelvényirányt kisebb szöggel harántoló csapásirányú test okoz szélesebb és nagyobb intenzitású anomáliát.



7. ábra. Azonos szelvénymenti szélességű, különböző csapásirányú rétegek által okozott anomáliák. 1.  $2b_1 = 5$ ; 2.  $2b_2' = 5$ ; ( $2b_2 = 2,6$ )  $AB = 16 = \text{konst}$ ,  $H = 2$ .

Fig. 7. Аномалии, вызванные хорошо проводящими слоями равной ширины и разного простирания

Fig. 7. Anomalien, die von gut leitenden Schichten gleicher profilgerichteter Breite und verschiedener Streichrichtung herrühren

5. A csapásmenti hosszúság változásának anomália alakjára és intenzitására gyakorolt hatását is megvizsgáltuk. A csapásmenti hosszúságot  $L$ -el a réteg szélességét  $2b$ -vel jelöljük. Az  $L/2b = 1, 2, 4, 8, 20$  arányszámokra végeztük el az észleléseket. Azt tapasztaltuk, hogy ha a test csapásirányú hosszúsága eléri az  $AB$  terítési távolságot, az anomáliák alakja és intenzitása a test hosszának további növelésével gyakorlatilag csak alig változik; ha a test hossza a  $2l$  terítési távolságnál kisebbre csökken ( $L < 2l$ ), az anomáliák intenzitása is csökken, azonban alakjuk csak kis mértékben változik. Vagyis a jövezető rétegek csapásmenti hosszának csökkenése az anomáliák intenzitásának csökkenését eredményezi, azonban ezek a változások gyakorlati szempontból nem jelentősek, ha  $L > (5 - 10)2b$ .

#### IRODALOM

- [1] Szabó J. – Baranyi I.: Modelirovanije zadacs podzemnoj elektrorazvedki metodom szproitivlenij. Izvesztija vüszslih ucsebnüh zavegyenij. Moszkva, 1964, No. 12.
- [2] Szabó J. – Baranyi I.: Az egyenáramú és alacsonyfrekvenciás váltakozóáramú kutatási módszerek földalatti alkalmazhatóságáról. Bányászati Lapok 1966. 2. sz.
- [3] Szpravočnyik Geofizika tom. 3.



# Spektrális gammakarottázs lehetőségeiről

BÉRESS BÉLÁNÉ

A gammaspektrometriás lyukszelvényezés alkalmazhatóságának vizsgálata céljából fontosabb magyarországi eruptív és üledékes kőzettípusokon természetes gammaspektrumfelvételeket készítettünk laboratóriumi mintamérések alapján.

Fúrási körülményeket megközelítő geometria által okozott abszorpciós viszonyok és a fúrásban detektálható gammaenergiák megállapítására spektrumméréseket végeztünk bauxitmodellben és agyagmárga-kézfúrásban. Az eredmények azt bizonyítják, hogy 0,5 MeV felett, egyes kőzettípusokra jellemző energiák alapján, mélyfúrásban, néhány csatornás gammaspektrométerrel minőségi következtetések levonására lehetőség kínálkozik.

Для выяснения применимости каротажа по методу гаммаспектрометрии, в лабораторных условиях были определены спектры естественного гамма-излучения образцов основных типов изверженных и осадочных пород Венгрии.

На бокситовых моделях и в шурфах ручного бурения с глинисто-мергелистым разрезом проводились спектрометрические измерения для изучения условий поглощения, вызванных геометрией, близкой к скважинным условиям, а также для определения энергий, выделяемых в скважинах. Результаты исследований показывают, что в глубоких скважинах, при помощи гамма-спектрометра с несколькими каналами, по энергиям, присущим различным типам горных пород свыше 0,5 мэв, можно делать выводы о качестве горных пород.

Um die Verwendungsmöglichkeiten der gamma-spektrometrischen Bohrlochmessungen zu klären, wurden Gammaspektren an Gesteinsproben der wichtigsten ungarischen Eruptiv- und Sediment-Gesteinstypen in Laborverhältnissen aufgenommen.

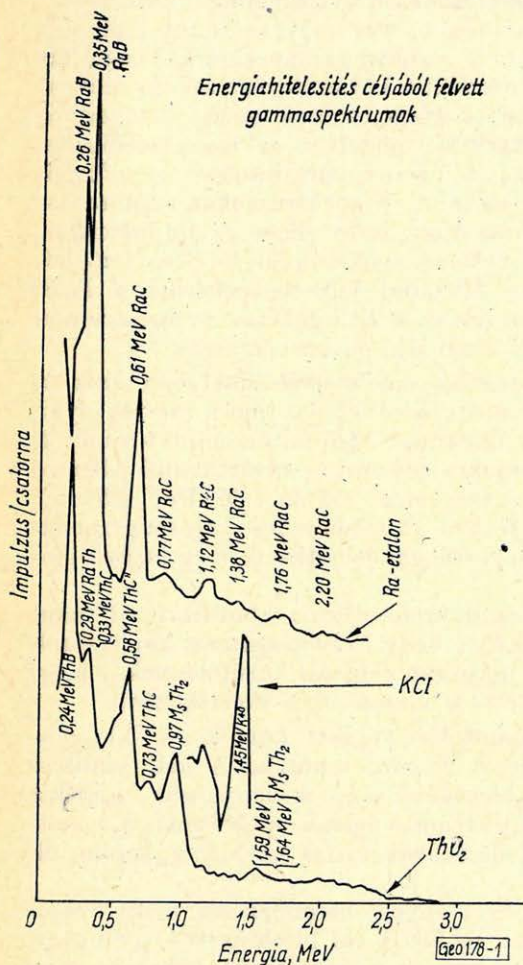
Spektrometrische Messungen wurden an Bauxitmodellen und in einer lehmmergeliger Handbohrung durchgeführt um die Absorptionsbedingungen, welche durch eine die Bohrlochbedingungen annähernde Geometrie hervorgerufen sind, festzustellen und die in Bohrungen ausweisbaren Energien zu bestimmen. Die Ergebnisse zeigen, dass in Tiefbohrungen, mit Hilfe eines mehrkanaligen, Spektrometers, auf Grund der für die einzelnen Gesteinstype charakteristischen Energien über 0,5 MeV Folgerungen auf die Qualität der Gesteine gezogen werden können.

A jelenleg általánosan használt természetesgamma szelvényezés nem jelent végső fejlődési fokot, mert a szelvényező szonda Geiger – Müller-csővel működik. Ez ugyan megkülönbözteti az agyagos-homokos rétegeket, kimutatja a mészkő jelenlétét és a radioaktív ércfeldúsulásokat, nem veheti azonban figyelembe azt a tényt, hogy a gammasugárzás különböző, az azt kibocsátó elemre jellemző, energiájú sugárzásból áll. A sugárzás intenzitását pedig a radioaktív elem koncentrációja szabja meg. Ha ezeket a gammasugarakat energiájuk szerint szétválogatjuk és anyaelemükhöz rendeljük, lényegében értékes információkat nyerünk a kőzetalkotó természetes radioaktív elemekre vonatkozólag. Mivel a természetes gammaszelvényezésnél a gammasugárzás az urán-rádium- és tórium-sorozat, valamint a  $K^{40}$ -izotópjának sugárzásából tevődik össze, a kapott adatok az elemek mindegyikének kvalitatív és kvantitatív eredményéhez vezet. Ezzel szemben a konvencionális természetes gammaszelvények alapján kapott eredmények csak arányosak ezen elemek koncentrációjának összegével.

Ilyen kevert energiájú gammasugarak analízise elvégezhető szcintillációs gammaspektrometriával. A gammaspektrométer felvételén egy-egy gamma-



energiára jellemző impulzuseloszlás folytonos, Gauss-görbe jellegű és az eloszlás közéértéke a gamma-sugárzás primér energiájára jellemző. Ha egyetlen gammaenergiát kibocsátó sugárforrás spektrumát nézzük, a jellemző csúcson kívül visszaszórási csücsöt is kapunk mindig, melyre egy másik sugárforrás-

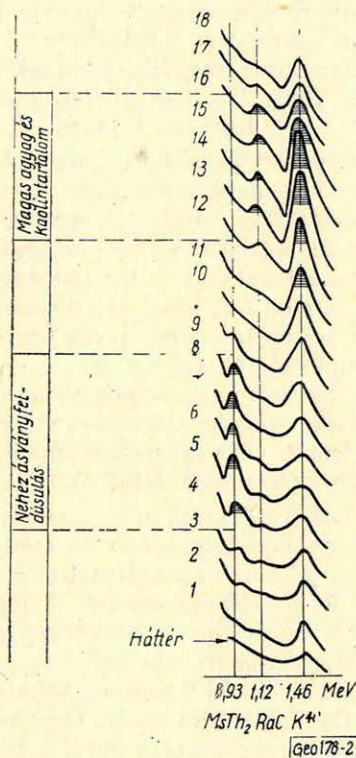


1. ábra. Energiahitelesítés céljából felvett gammaspektrumok

Фиг. 1. Гамма-спектры, снятые для эталонирования энергии

Abb. 1. Gammaspektren für Energieeichung

**Agyagos-homokos réteg sor gamma-spektrometriás szelvénye**  
Laboratóriumi fűrómagvizsgálat alapján  
(Lauterbach 1964. szerint)



2. ábra. Agyagos-homokos réteg sor gamma spektrometriás szelvénye laboratóriumi fűrómagvizsgálat alapján (Lauterbach, 1964. szerint)

Фиг. 2. Спектрометрическая кривая гамма-лучей для разреза, сложенного глинами и песками по данным лабораторных исследований буровых кернов (по Лаутербаху, 1964 г.)

Abb. 2. Gammaspektrometrisches Profil einer tonigsandigen Schichtenfolge auf Grund der Laboruntersuchungen von Bohrkernen (nach Lauterbach, 1964)



ból kilépő primér gammaenergia csúcsa szuperponálódhat. Több gammaenergiát kibocsátó sugárforrás komplex spektrumának kiértékelése tehát nem könnyű feladat.

Célszerű ezért az alkalmazott műszert gammaenergiákra hitelesíteni olyan radioaktív sugárforrásokkal, melyek feltételezhetően a vizsgálandó mintaanyagban jelen vannak. Így a hitelesítést rádiumot, tóriumot, valamint káliumot tartalmazó sugárforrásokkal végeztük el. A várható gammasugárzás energiáit az 1. ábrán mutatjuk be. Az ábrán feltüntetettük a 128 csatornás amplitúdóanalizátorral felvett gammaspektrumon kapott egyes csúcsok energiaértékeit és ezen energiát kibocsátó izotópot. A vízszintes tengelyen az energiaértékeket ábrázoltuk  $Cs^{137}$  és  $Co^{60}$  izotópok ismert gammaenergiáira hitelesítve, a függőlegesen pedig a csatornánkénti impulzusszámot. A spektrumokat az ábra áttekinthetősége céljából egymás fölé ábrázoltuk, ezért nincs az impulzustengelyen számérték feltüntetve. A rádiumetalon spektrumán  $RaB$  és  $RaC$ -ből eredő gammaenergiák jelennek meg, a  $ThO_2$ -dal felvett spektrumon  $ThB$ ,  $RdTh$ ,  $ThC$ ,  $ThC''$  és  $MsTh_2$  gammaenergiái és a  $KCl$ -dal kapott spektrumon pedig a  $K^{40}$  izotópra jellemző 1,45 MeV energiájú gammasugárzás.

Olyan kőzetminta gammaspektrumának értelmezése, melyben ezek a sugárzó anyagok mind jelen vannak, nem egyszerű feladat, mert vannak olyan energiaértékek, melyek származhatnak ugyanúgy rádiumtól, mint tóriumtól. Ezért kiértékelés céljából az egyes izotópokra egyedül és zavartalanul jellemző energiaértékeket kell kiválasztanunk. *A káliumra csak az 1,45 MeV jellemző, rádiumra az 1,12 MeV és a tóriumra a 0,97 MeV.* A többi csúcs vagy szuperponálódik egymásra, vagy pedig kis csúcsmagassággal jelentkezik még hosszú időtartamú mérés esetén is.

Kőzetek gammaspektrumainak vizsgálatánál először laboratóriumi, majd modellkísérletek elvégzésére van szükség, hogy felvilágosítást kaphassunk egyrészt a várható gammaenergiákra, másrészt a fűrási körülményeket megközelítő geometria által okozott abszorpciós viszonyokra vonatkozóan.

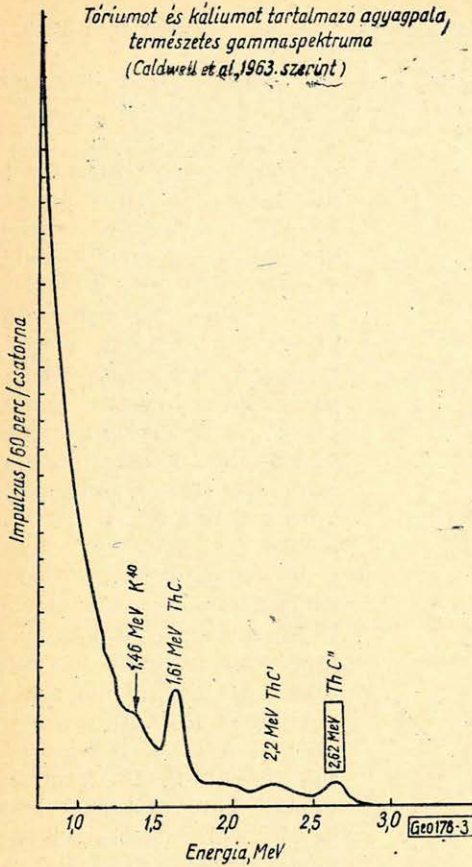
Laboratóriumi fűrómagminta-vizsgálatokat végzett *Lauterbach* [1] agyagos-homokos rétegsoron és eredményeit a 2. ábra mutatja. A már említett három jellemző energiatartományban jelentkező csúcsok nagyságát vizsgálva vont le következtetéseket. A legelső spektrum a háttér spektruma, a vonalakozott, csúcs alatti területeket pedig jellemzőnek tartja az agyag, kaolin, ill. nehézsávyföldúsulásra.

*Caldwell* [2] terepi adatokat közöl. Szelvényező berendezését, mely levegőben függött, rádiummal, tóriumnitráttal és  $KOH$ -val hitelesítette egyenként. *Szerinte a rádiumra a 0,61; 1,12 és 1,76 MeV-es csúcs jellemző, tóriumra pedig a 2,62 MeV-es csúcs.* Ez utóbbi igen kis amplitúdóval jelentkezik. A 3. ábrán azokat a mérési eredményeit mutatjuk be, melyeket tóriumot és káliumot tartalmazó agyagpala-réteggel szemben vett fel oly módon, hogy szelvényező berendezését megállította és az aktivitást 60 percig mérte. A káliumra jellemző 1,46 MeV-es csúcs – azonos skálájú ábrázolástechnikánál – alig jelentkezik, a tóriumot a 2,62 MeV-es csúcs alapján értékeli. Az urán-rádiumot és tóriumot tartalmazó agyagpala-réteg esetén – mint a 4. ábrán láthatjuk – a tóriumra természetesen a 2,62 MeV-es csúcs jellemző és emellett megjelennek még a rádiumra jellemző és már említett energiaértékek.

Laboratóriumi méréseink során természetes gammaspektrumfelvételeket készítettünk 10 eruptív és 6 üledékes kőzettípuson. A 3 MeV energiatartományban felvett 41 spektrum alapján állapítottuk meg, hogy milyen kőzet-



Tóriumot és káliumot tartalmazó agyagpala,  
természetes gamma-spektruma  
(Caldwell et al., 1963. szerint)

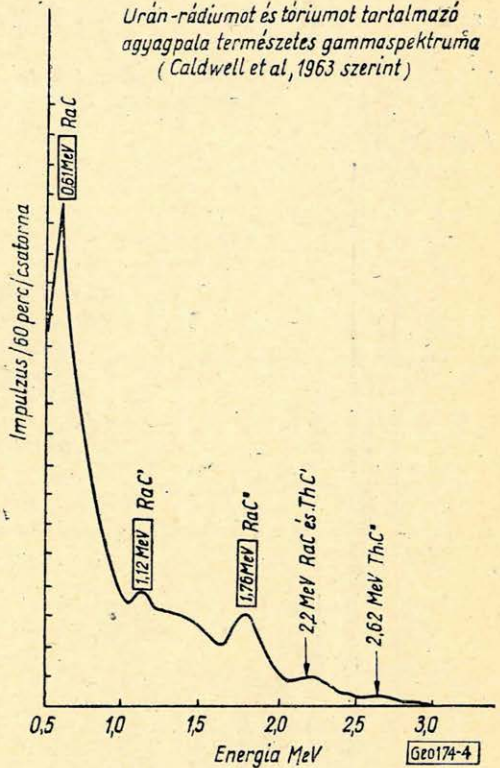


3. ábra. Tóriumot és káliumot tartalmazó agyagpala természetes gamma-spektruma (Caldwell et al., 1963. szerint)

Фиг. 3. Спектр естественного гамма-излучения глинистых сланцев, содержащих торий и калий (по Кальдуэлу и др., 1963 г.)

Abb. 3. Natürliches Gammapektrum von Schieferthon mit Thorium- und Kalium-Gehalt (nach Caldwell et al., 1963)

Urán-rádiumot és tóriumot tartalmazó agyagpala természetes gamma-spektruma (Caldwell et al., 1963. szerint)



4. ábra. Urán-rádiumot és tóriumot tartalmazó agyagpala természetes gamma-spektruma (Caldwell et al., 1963. szerint)

Фиг. 4. Спектр естественного гамма-излучения глинистых сланцев, содержащих уран радий и торий (по Кальдуэлу и др., 1963 г.)

Abb. 4. Natürliches Gammapektrum von Schieferthon mit Uranradium- und Thorium-Gehalt (nach Caldwell et al., 1963.)

minták vizsgálata szükséges, jobb értelmezhetőség céljából, 1 MeV energia-tartományban, így további 23 spektrumot készítettünk. A méréseket 100 percig végeztük. 128 csatornás amplitúdóanalizátorral és 55 mm átmérőjű NaJ(Tl)-kristállyal ellátott szcintillációs detektorral. A szcintillációs fejet 3 cm falvastagságú ólomtoronyban helyeztük el, mely vastagság 2,5 MeV-es energiákra nézve kétszeres, 1 MeV-esekre nézve 3,5-szeres felezést jelent. A mindig ismert mennyiségű mintákat 1–2 mm-re a detektor felett helyeztük el.

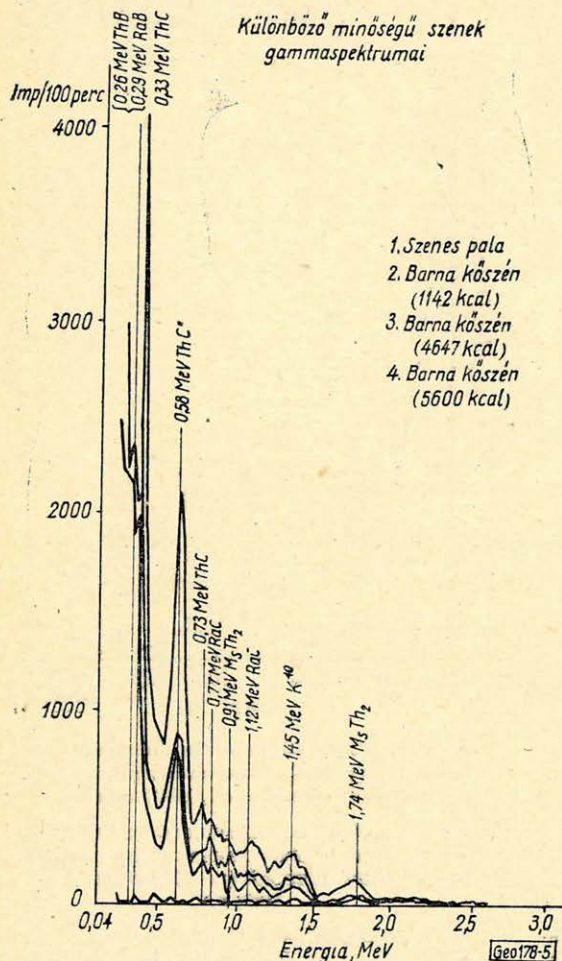
A műszer stabilitásának és energiahitelességének vizsgálata céljából a mintamérések közé  $Ce^{144} + Cs^{137} + Co^{60}$  hitelesítő preparátumokkal végzett felvételeket iktattunk. Az ábrázolásnál és kiértékelésnél a háttérpektrum



értékét, valamint az első négy csatorna értékét minden esetben levontuk a minta spektrumából.

Az eruptív kőzetek közül 1–1 riolit, andezit, diabáz, gránitpegmatit, aplit és wehrlit-mintát, kétféle kálitrachit és telérkitöltés-mintát, négyféle

előhelyről származó 1–1 bazaltmintát és ötféle gránitmintát mértünk. Ezek közül a diabáznál és wehrlit-nél kapott gamma spektrum a háttérétől alig különbözött, ami legbázikusabb kőzet mivoltuknak meg is felelt. A meleghegyi kvarctelérkitöltés hússzor magasabb, a berillium-tartalmú telérkitöltés kétszer magasabb szinttel jelentkezett, mint a többi kőzet. A  $K^{40}$  izotóp 1,45 MeV-es csúcsa, a meleghegyi kvarctelérkitöltés kivételével, kis amplitúdóval mindegyik kőzetfajánál mutatkozott. Az említett, átlagosnál magasabb aktivitást a RaB és RaC okozta. A vizsgált négy bazalt közül kettő balatonvidéki, kettő noéradíki előhelyű volt. Mindegyikben mutatkozott a 0,13 MeV-es  $M_sTh_2$ , a 0,23 MeV-es ThB és a somoskőújfalui kivételével a 0,58 MeV-es ThC'' csúcsa. A vizsgált öt különböző, Velencei hegységéből származó gránitfajtánál jellegzetes különbség a spektrumokban nem mutatkozott.



5. ábra. Különböző minőségű szenek gamma spektrumai  
Fig. 5. Спектры гамма-лучей для углей различного качества

Abb. 5. Gammasspektrum von Kohlen verschiedener Qualität

szer nagyobb aktivitási szinttel jelentkezett. Mindkettőben a RaB és RaC vonalai mutatkoztak jellegzetesen, a káliumcsúcs hiányzott. A kaolinminta spektruma alig értelmezhető. A halimbai és gánti tízféle különböző minőségű bauxitmintában számos kisebb csúcs jelentkezett, de radioaktív anyagfelhalmozódásra csak a 0,60 MeV-nél jelentkező csúcsból következtethetünk. (0,58 MeV = ThC'' és 0,61 MeV = RaC).

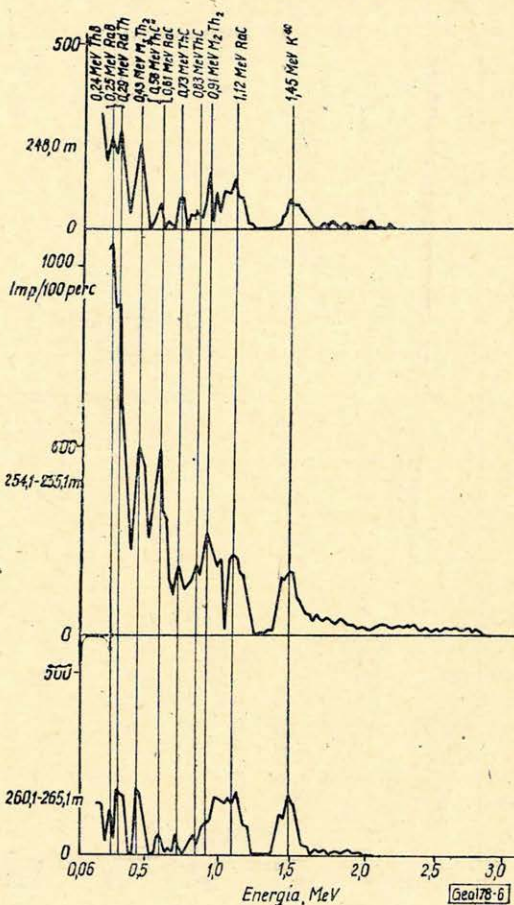


A felvett spektrumok közül az 5. ábrán bemutatjuk a különböző minőségű tatabányai barnakőszén-minta eredményeit. Ezen az ábrán feltüntettük még egy szénés pala spektrumát is. A szén „romlásának” függvényében erősen növekszenek a szénre jellegzetes 0,58; 1,12 és 1,45 MeV-es csúcsok. Az 5000 kcal feletti fűtőértékű szének a háttérértékkel közel azonos spektrumot adtak.

Vizsgálat tárgyává tettük egy halimbai bauxitfúrás fúrómagmintáit is. Egyik minta az elektromos szelvény alapján kiválasztott bauxitrétegből, 1-1 pedig a fedőből, ill. feküdből származott. A mérési eredményeket a 6. ábrán láthatjuk. A középső bauxitmintában feltűnő a 0,91 MeV-es és a 0,43 MeV-es  $\text{MsTh}_2$ -csúcs, valamint a 0,60 MeV és 0,26 MeV körüli csúcs, mely egyaránt származhat rádiumtól és tóriumtól is.

Laboratóriumi spektrummérések elvégzése után modellmérést végeztünk bauxitban. A laboratóriumi szcintillációs detektort behelyeztük a 60 cm átmérőjű, bauxittal telt modell közepébe és 50 perces mérésekkel kaptuk a 7. ábrán látható spektrumokat. A 0,60 MeV körüli csúcs itt is jelentkezett, mely élességéből vesztett – három esatorna impulusszámát tekintetbe véve – 21%-ot a szondatoknak megfelelő vascső, valamint 34%-ot a bélésű behelyezése után. Összimpulusszámban a veszteség 28%, ill. 44%. Az alsó spektrum ugyanezen bauxit laboratóriumi mérési eredményét mutatja. Itt a 0,60 MeV-nél kisebb energiájú csúcsok is láthatók, melyek fúrasi geometria mellett, az abszorpció miatt, eltűnnek. Ezt igazolja az a modellmérés is, melyet 1 MeV energiatartományban is elvégeztünk. Ezekből a mérésekből megállapítható, hogy a bauxit minőségére – fúrasi körülmények között – esetleg csak a 0,60 MeV körüli energiatartomány lehet jellemző.

H-1046 sz. bauxitfúrás magmintáinak gammaspektrumai



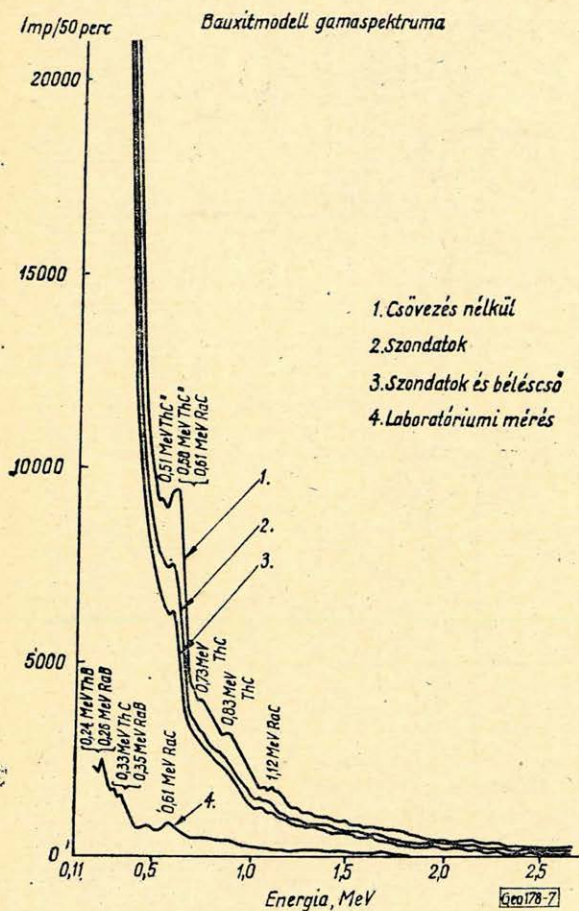
6. ábra. H – 1046 sz. bauxitfúrás magmintáinak gammaspektrumai

Fig. 6. Спектры гамма-лучей для буровых кернов, полученных в бокситовой скважине № H – 1046

Abb. 6. Gammaspektrum der Bohrkern von der Bauxitbohrung H – 1046.



Egy agyagmárga kézifúrásban kapott spektrumot mutat a 8. ábra. Itt legélénkebben a káliumra jellemző 1,45 MeV-es csúcs mutatkozik, mely a csövezés hatására amplitúdójából kb. 50%-ot veszít ugyan kilenc csatornát figyelembe véve, de kiemelkedő jellege megmarad.



7. ábra. Bauxitmodell gammaspektruma

Fig. 7. Спектр гамма-лучей для бокситовой модели

Abb. 7. Gammaspektrum des Bauxitmodellis

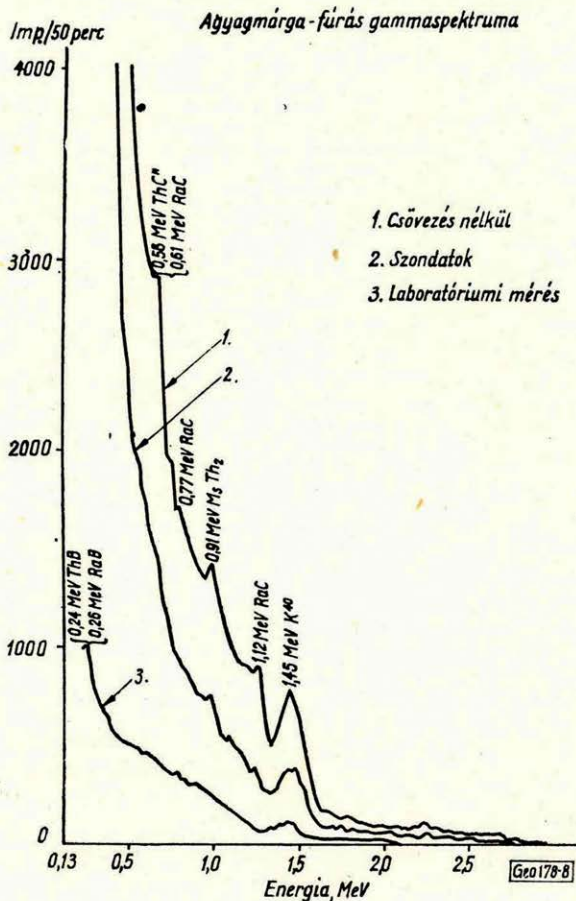
újszerű eredményeket kaphassunk általános földtani problémáknál. Sugárzó ércutatás és zárt sugárforrásokkal végzett karottázs a gammasugárzás spektrális méréseit biztosan hasznosíthatja. Számos további laboratóriumi és modellmérés elvégzésére van szükség, hogy a spektrummérés gazdaságosságát, vagy a spektrummérésre alkalmas műszerek paramétereit meghatározzuk.

Összimpulzusszámban a csövezés 35%-os csökkenést eredményez. Az alsó spektrum a laboratóriumi mérési eredményt mutatja.

A bemutatott mérési eredményekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy spektrális gammakarottázs végrehajtása előtt az elektromos, vagy GM-csővel felvett természetes gamma-szelvény alapján vizsgálatra kijelölt réteg előtt a szcintillációs szondával meg kell állni és legalább 30 perces méréssel felvenni a réteg teljes gammaspektrumát. Másik megoldás az lehet, hogy a mérőeszköz csak néhány csatornás (pl. 3, vagy 4 csatornás), megfelelő csatorna-szélességgel, (pl. 0,1 MeV) ellátott kapuzási lehetőséggel. A kiválasztott energia-csúcsokra az eltolható kapuval ráállunk és a kérdéses energiaszakaszokat mérjük. 0,5 MeV-nél kisebb energiák, abszorpciós okokból, lyukszelvényezésnél nem adnak kiértékelésre alkalmas eredményeket.

Az elvégzett természetes gammaspektrumfelvételek, melyeket gyors áttekintés céljából készítettünk, nem adnak megalapozott reményt arra, hogy





8. ábra. Agyagmárga-fúrás gamma-spektruma

Фиг. 8. Спектр гамма-лучей для скважины с глинистомергелистым разрезом

Abb. 8. Gammaskpektrum des lehmmergeligen Bohrloches

#### IRODALOM

- [1] R. Lauterbach: Geologische Ergebnisse und Probleme der Gamma-Spektroskopie von Gesteinsproben. Geophys. Geol. No. 6. 1964. 51 – 59.
- [2] R. L. Caldwell, W. F. Baldwin, J. D. Bargainer, J. E. Berry, G. N. Salaita, R. W. Sloan: Gamma-Ray Spectroscopy in Well Logging. Geophysics, Vol. XXVIII. No. 4. 1963. 617 – 632.



## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Франке Р.—Паннер Н.</i> : Выделение глинистых залежей по данным электромагнитных дипольных зондирований .....	125
<i>Надь З.</i> : О применении функций $S(H)$ для комплексной интерпретации данных сейсмо- и электроразведочных работ .....	139
<i>Сабо Я. — Барани И. — Дудко А.</i> : О новых результатах исследований по моделированию подземных электроразведочных работ по методу сопротивлений .....	150
<i>Береш М.</i> : О возможности применения спектрометрического гамма-каротажа .....	158
Новости в Дивестве Венгерских Геофизиков .....	138

## INHALTSVERZEICHNIS

<i>R. Franke—N. Panner</i> : Der Nachweis von Tonlagerstätten mit Hilfe elektromagnetischer Dipolmessungen ..	125
<i>Z. Nagy</i> : Die Anwendung von $S(H)$ -Funktionen bei der komplexen Interpretation von geoelektrischen und seismischen Messungen .....	139
<i>J. Szabó—I. Baranyi—A. Dudkó</i> : Weitere Resultate von Modellversuchen zur geoelektrischen Wiederstandsmessung untertage .....	150
<i>B. Beress</i> : Über die Möglichkeiten der gammaspektrometrischen Bohrlochmessungen .....	158
Nachrichten des Vereins Ungarischer Geophysiker .....	138