

# Bányabeli geoelektromos mérések felhasználása a bányamérnöki gyakorlatban

EGERSZEGI PÁL\*

*A tanulmány foglalkozik az ún. telepszondázás néhány értelmezési problémájával, elsősorban a zavarok kiküszöbölésével és a „normál”-térre számított elméleti görbe meghatározásával kapcsolatban. Megvizsgálja a mérések irányíthatóságának feltételeit, illetve megadja az ún. „kompenzáló áramkörös” módszer elméleti alapjait. Ez a módszer homogén fedő és fejkü esetében kikompenzálja az így kialakuló „normál” teret, valamint kiemeli a széntelepben jelentkező inhomogenitások hatását.*

*A különböző bányavágatban használható elrendezések vizsgálatánál összehasonlítja a két- és négyelektródás elrendezés információ tartalmát adott bányabeli modell esetében. A legmegfelelőbb elrendezés mindig függ a rétegek fajlagos ellenállásától.*

*Работа занимается некоторыми проблемами интерпретации так называемого пластового зондирования, в первую очередь исключением помех и определением теоретической кривой, рассчитанной на «нормальное» поле. Исследует условия направленности измерений, а также дает теоретические основы метода так называемых «Компенсирующих токовых контуров». Этот метод в случае однородной подошвы и кровли выкомпенсирует образующееся таким образом «нормальное» поле, а также выделяет влияние неоднородностей, проявляющихся в угольных пластах.*

*При исследовании установок, используемых в шахтных штреках, сравнивает содержание информации двух и четырех электродных вариантов в случае заданной модели шахты. Самое благоприятное расположение всегда зависит от удельного сопротивления пластов.*

*The paper deals with a few interpretation problems of the so called „bed-sounding” first of all in connection with the elimination of disturbances and the determination of the theoretical curve reduced to „normal” field. Conditions of directibility of the measurements have been investigated, respectively theoretical bases of the so called „compensational circuit — method” given. This method compensates-in case of a homogeneous hanging and underlying rock — for the so formed „normal” field, as well as it emphasizes the effect of inhomogenities presenting themselves within the coal bed.*

*In the frame of examination of arrangements to be used in various mine shafts the information content of two-and four -electrode-arrangements has been compared for a given mine model. The most suitable model depends always on the resistivity of the layers.*

Több évtizede foglalkoztatja már a bányamérnököket, geofizikusokat és geológusokat az a probléma, hogy bányatérésben végzett geoelektromos és elektromágneses mérések eredményeit felhasználják a művelési és bányabiztonsági problémák megoldására. Az első kísérleti bányabeli méréseket a Soproni Geodéziai és Geofizikai Munkaközösség végezte szénbányákban rádiófrekvenciás módszerrel karsztvíz-probléma megoldása céljából. Ezek a mérések kísérleti szinten abbamaradtak. Ugyancsak úttörőnek tekinthető a Mecseki Szénbányák Kutatási Osztályának mérései a pécsi szénbányákban az 1950-es évek második felében [1]. A geoelektromos szondázásokat csak kvalitatíve, a tapasztalatok felhasználásával értelmezték. A Mecseki Ércbánya Vállalat már kiterjedtebben és nagyobb elméleti felkészültséggel végzett geoelektromos szondázást, szelvényezést és rádiófrekvenciás mérést ércbányákban [2]. Az első, speciálisan szénbányában végzett geoelektromos szondázás, az ún. „telepszondázás” elméleti és gyakorlati alapjait a Nehézipari Műszaki Egyetem Geofizikai Tanszéke rakta le az 1970-es évek elején [3, 4]. Bauxitbányákban az ELGI és a MÉV vég-

\* Borsodi Szénbányák, Miskolc

zett kísérleti geoelektromos szondázást és szelvényezést [5], melynek továbbfejlesztése szükséges lenne az elkövetkező években.

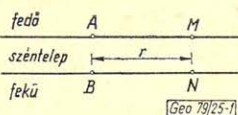
Jelenleg a Borsodi Szénbányák Geofizikai Csoportja rendszeresen alkalmazza szénbányáiban a telepszondázás módszerét tektonikai vonalak kimutatására, míg a Mecseki Érbánya Vállalat uránércbányában és rézércbányában végez rendszeres geoelektromos méréseket.

E rövid történeti áttekintés után nézzük meg, milyen bányászati feladatok megoldására használhatjuk a geoelektromos szondázást és szelvényezést.

1. tektonikai zavarok kimutatása;
2. vágat alatti és feletti védőréteg, illetve haszonanyag vastagságának meghatározása;
3. főte repedezettségének, éretartalmú kőzet inhomogenitásának vizsgálata, egyéb feladatok.

### Tektonikai zavarok kimutatása

Széntelepben jelentkező tektonikai zavarok kimutatására a NME Geofizikai Tanszéke dolgozta ki az ún. „telepszondázás” módszerét, mely egy – az 1. ábra szerinti elrendezésű – ekvatoriális dipólszondázás, ahol  $\Delta U$  és  $i$  ismeretében lát-szólágos ellenállásgörbét vesznek fel (2. ábra). A mérés célja: szondázási görbe anomális viselkedéséből meghatározni a tektonikai zavar hatását. Erről a módszerről több tanulmány jelent meg az utóbbi években [3].



1. ábra. Telepszondázás elektróda-elrendezése; A B tápdipól, M N mérő dipól

Рис. 1. Расположение электродов пластового зондирования А В питающий диполь MN измерительный диполь

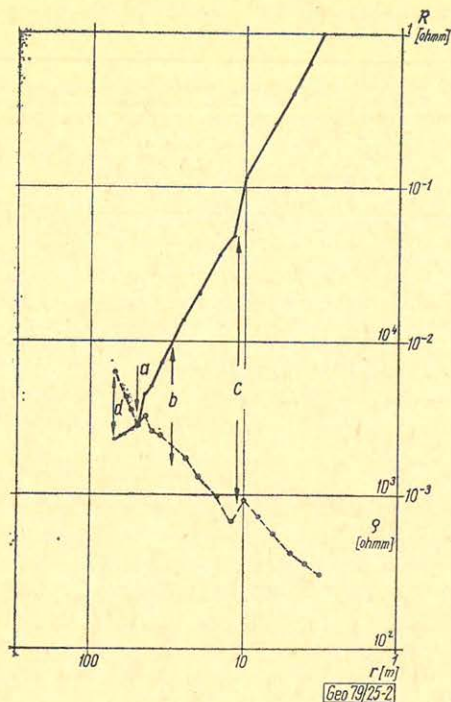
Fig. 1. Electrode-arrangement of bed-sounding; A B feeding dipole, M N measuring dipole

Jelen tanulmány a mérések korrigálásának lehetőségével, a mérésből származó információk egyértelműbbé tételével és az értelmezés alapját szolgáló paraméterek meghatározásának kérdéseivel foglalkozik.

Ahhoz, hogy egy mesterségesen létrehozott elektromos térnek meghatározhassuk a tektonikai zavarok által létrehozott anomáliáit, a mért értékeket meg kell szabadítani az egyéb zavarok hatásaitól és meg kell határozni egy olyan „normál” térben mérhető értéksort, ahol a fajlagos ellenállás csak vertikális irányban változik.

### Zavaró hatások:

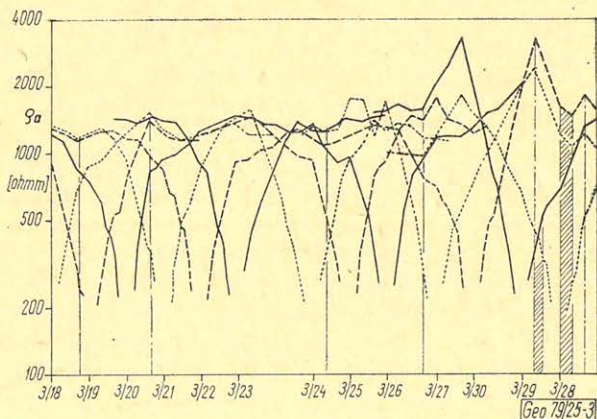
- a) a fajlagos ellenállás horizontális irányú változása a vágaton belül,
  - b) horizontális fajlagos ellenállás-változás vágaton kívül,
  - c) geometriai hatás,
  - d) a vágaton kívüli műveletek hatása.
- a) Szelvényben mért több geoelektromos szondázás esetében az azonos tápelektroda-állásnál jelentkező ugrásszerű fajlagos ellenállásváltozások lehetővé teszik a tápelektrodák közelében fellépő helyi horizontális fajla-



2. ábra. Telepszondázási görbe a) oldalhatás, b) ágyazóközet inhomogenitásának hatása, c) fülke hatása, d) vágaton kívüli műveletek hatása

Рис. 2. Кривая пластового зондирования a – боковое влияние, b – влияние неоднородности включающих пород c – влияние камеры, d – влияние процессов вне штрека

Fig. 2. Bed-sounding curve a) lateral effect, b) effect of inhomogeneity of embedding, c) effect of chamber, d) effect of works outside of the drift



3. ábra. Oldalhatás meghatározása

Рис. 3. Определение бокового влияния

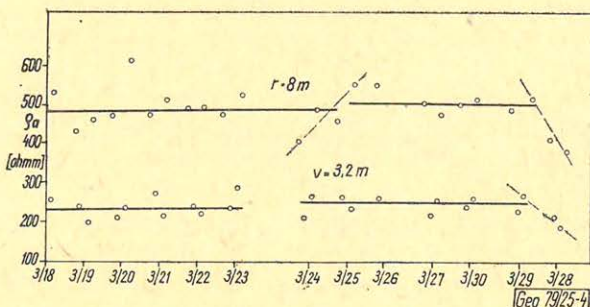
Fig. 3. Determination of the lateral effect

gos ellenállásváltozások kimutatását [6]. A határ meghatározásához szemilogaritmikus léptékben hordjuk fel a szondázási görbéket (3. ábra). A mért értékek abszcisszája mindig a táp-dipól helye a vágatban. Vágatot keresztező vető esetében nagyon karakterisztikus ez a hatás: egy

relatív minimummal és egy relatív maximummal jelentkeznek (3. ábra 3/28 pont környéke).

- b) Külön vizsgáljuk a szénrétegen és külön az ágyazó rétegen belüli horizontális fajlagos ellenállás-változást. Adott szénréteg-vastagság esetében van egy  $r$  terítési távolság a dipól-szondázásnál, ahol az ágyazó rétegek hatása elhanyagolható [4]. Mérési példánknál ez az  $r = 8$  m terítési távolságnak felel meg. Ha a vágat mentén megvizsgáljuk az  $r = 8$  m terítési távolsághoz tartozó fajlagos ellenállásértékek állandóságát, akkor tudunk következtetni a szénréteg horizontális irányú fajlagos ellenállás-változására.

Ágyazó réteg esetében a legkisebb terítési távolsággal mért látszólagos fajlagos ellenállás értékeket kell vizsgálni [4], ami esetünkben  $r = 3,2$  m. A 4. ábrán láthatók a 3. ábra vágatszelvényében felhordozott értékek. A 3/28 pont közelében határozottan jelentkezik ismét a vágatot keresztező vető hatása.



4. ábra. Fajlagos ellenállás-szelvény  $r = 3,2$  és  $8$  m-nél

Рис. 4. Диаграмма удельного сопротивления  $r = 3,2$  и  $8$  м

Fig. 4. Resistivity profile for  $r = 3,2$  and  $8$  m

- c) Geometriai hatáson a vágat méretváltozásából keletkező hatást értjük. A mérési jegyzőkönyvben rögzítésre kerülnek azok a pontok, melyeknél a vágat kiszélesedik, így a mért görbén jól azonosíthatók. A vágat oldalában kiképzett fülke jellegzetes hatással jelentkezik (2. ábra.)
- d) A vágaton kívüli műveletek hatása a 2. ábrán látható.

Az a), c) és d) hatások korrekciója úgy történik, hogy a mért görbének ezt a szakaszát ki kell hagyni és a tektonikai zavarok meghatározásánál nem szabad figyelembe venni.

A b) hatás korrekciója úgy történik, hogy a nagyon elütő értékhez tartozó ponton mért görbéket (pl. 3/28) a kiértékelésnél egyedileg kell kezelni, illetve mindig csak a kismértékben ingadozó értékű pontokon mért görbéket (pl. 3/18 – 3/23 és 3/25 – 3/29) lehet közösen, egymáshoz viszonyítva kiértékelni.

A tektonikai zavarok által létrehozott anomáliák meghatározásához szükség van az ún. „normál tér”-ben mérhető elméleti fajlagos ellenállásgörbére. Az elméleti görbe kiválasztásához szükség van a szénréteg és az ágyazó réteg valódi fajlagos ellenállás értékére. A szén valódi fajlagos ellenállásának meghatározása a legnehezebb feladat. Az ún. „vágatszondázással” (a széntelep fekü- és fedővonalában mért Schlumberger terítésű szondázás) csak közelítőleg, a szén fajlagos ellenállásának egy alsó határát lehet meghatározni [7]. Kézenfekvő lenne, hogy karotázs szelvényből határozzuk meg a szén valódi fajlagos ellenállását, de a kutatófúrásokban felvett ellenállás-szelvények erre nem adnak módot, mivel a szerves éghetőhöz kötött víz fajlagos ellenállása igen nagy [8], viszont a fúrás által szétroncsolt szénrétegbe behatoló iszap nagymértékben lecsökkenti a fajlagos ellenállást. Irányított áramterű és nagy behatolású szondával felvett fajlagos ellenállásgörbéből lehetne csak meghatározni ezt az értéket, de ilyen mérés nem áll rendelkezésre. Egyetlen lehetőségnek a vágatból mélyített fúrólyukban végzett jó kontaktussal rendelkező konduktív, vagy induktív szondával üres lyukban mért fajlagos ellenállás. Ez viszont műszertechnikailag még nem megoldott kérdés.

Az ágyazó rétegek valódi fajlagos ellenállásának meghatározása vágatszondázásból lehetséges, ha ehhez megfelelő elméleti görbék állnak rendelkezésre [4, 7, 9].

A meghatározott fajlagos ellenállások és vastagságok ismeretében az elméleti görbe számítható, illetve egy görbeseregéből kiválasztható arra a mérési területre, ahol az  $r = 3,2$  m és  $r = 8$  m terítési hosszal mért értékek csak kisebb ingadozást mutatnak.

Az értelmezésnél felmerül az a kérdés is, hogy a NME Geofizikai Tanszéke által ajánlott ellenállásértékeket [3], vagy a konfigurációs faktorial beszorított ellenállásértékeket, azaz a fajlagos ellenállásértékeket hordjuk-e fel? A 2. ábrán mindkét görbe látható. Egy görbe anomális lefutásánál annál megbízhatóbb a rendellenességek kijelölése és meghatározása, minél közelebb áll a görbe a vízszintes egyeneshez. Ez a feltétel inkább teljesül a fajlagos ellenállásgörbénél. A másik szempont, hogy az elméleti görbeseregek számításánál a kétszeres logaritmikus lépték miatt csökken a szükséges görbék száma, ha hányadosokkal dolgozunk:  $\rho_a/\rho_1$  és  $r/b$  (ahol  $\rho_1$  a szénréteg fajlagos ellenállása és  $b$  a szénréteg vastagsága). Ellenállásnál ezek a hányadosok nem képezhetők és így minden esetben külön elméleti görbét kell számítani.

Az értelmezést pontonként vagy területegységenként lehet elvégezni, de mindegyiknél egy ún. zavarmentes görbe a viszonyító érték. A zavarmentes görbe a paraméterek ismeretében számított elméleti görbe vagy zavarmentes területen mért görbe. Ha zavarmentes görbe nem áll rendelkezésre, akkor arra a mérési területre, ahol  $r = 3,2$  és  $r = 8$  m terítési távolsággal kis ingadozást kaptunk, átlaggörbét számítunk. Ezekhez a „zavarmentes görbékhez” viszonyítjuk a mért görbék menetét, miután az egyéb zavaró hatásokat már kiküszöböltük.

Területi értelmezésnél mérési pontonként számítjuk a zavarmentes görbétől való százalékos eltérést és ezeket az értékeket [4]-ben javasolt átlós hálózatban hordjuk fel (5. ábra).

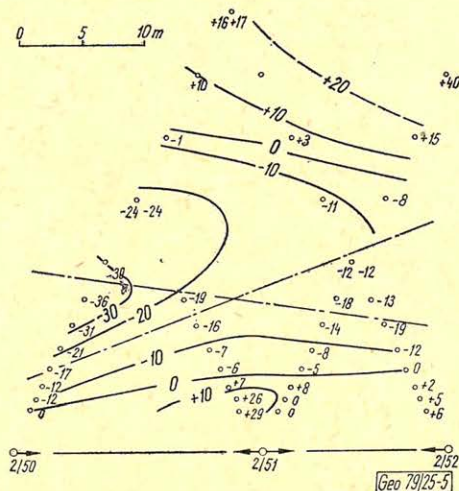
Az információk irányítottsága.

Az áramtérnek teljes térben való eloszlása miatt az információk iránya bizonytalan a telepszondázásnál, Ilyen problémák megoldására fejlesztette ki a

NME Geofizikai Tanszék a felszíni terelőáramos módszert [10]. Kérdés, hogy használható-e erre a célra az ún. négy terelős szondázás, ami megfelelő irányítással egyértelművé tehetné az információ irányát. Maximális terítési hosszának a vágat magasságát tekinthetjük, ami elérhet 2,5 m körüli értéket.  $\rho_2 = 10 \rho_1$  paraméterű elméleti görbét véve alapul  $\overline{A_1 A_2}/h = 2,5$ -nél csökken a mért érték 25%-kal, tehát kisebb, mint 7 m-es behatolással számolhatunk csak.

Felmerül a kérdés: lehetséges-e hasonló módszerrel, két áramkörrel az információ irányának egyértelműbbé tétele. Erre szolgál az ún. „kompenzáló áramkörös” szondázás (6. ábra) [11].

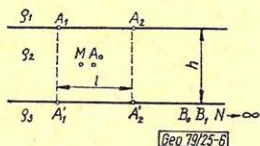
A tengelyvonalban elhelyezkedő  $MA_0$  kételektrodás elrendezésnél a potenciál érték  $M$  pontban (a kompenzáló áramkörtől eltekintve)



5. ábra. Telepszondázások területi kiértékelése

Рис. 5. Площадная интерпретация пластового зондирования

Fig. 5. Areal evaluation of bed soundings



6. ábra. Kompenzáló áramkörös szondázás elektróda-elrendezése

$A_0 B_0$  tápelektrodák,  $M N$  mérőelektrodák,  $A_1 A_1' A_2 A_2' B_1$  kompenzáló elektrodák

Рис. 6. Расположение электродов при зондировании с компенсирующим токовым контуром  $A_0 B_0$  питающие электроды,  $M N$  измерительные электроды  $A_1 A_1' A_2 A_2' B_1$  компенсирующие электроды

Fig. 6. Electrode-arrangement for "compensation-circuit soundings"

$A_0 B_0$  feeding electrodes,  $M N$  measuring electrodes,  $A_1 A_1' A_2 A_2' B_1$  compensation electrodes

$$\begin{aligned} \bar{U}_{Mi} &= \bar{U}_{Mh} + U_{M\Delta} = \\ &= U_{Mh} + \frac{\varrho_2 I_0}{2\pi A_0 M} \left\{ (k_{12} k_{32}) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{12} k_{32})^n}{\left[ \left( \frac{4n+2}{u} \right)^2 + 1 \right]^{1/2}} + \right. \\ &\quad \left. + 2k_{12} k_{32} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{12} k_{32})^n}{\left[ \left( \frac{4n+4}{u} \right)^2 + 1 \right]^{1/2}} \right\}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{ahol } u = \frac{2A_0 M}{h} \text{ és}$$

$U_{M\Delta}$  az ágyazó réteg által okozott potenciál-változás.

A kompenzáló áramkörrel  $U_{M\Delta}$ -val megegyező értékű, de ellentétes előjelű potenciált kell létrehozni.

$$\begin{aligned} U_{MK} &= \frac{\varrho_2 I_0}{2\pi A_0 M} y \left\{ \left[ 1 + k_{12} + \frac{\varrho_1}{\varrho_3} (1 + k_{32}) \right] \left[ \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{12} k_{32})^n}{\left[ \left( \frac{4n+1}{u} \right)^2 + 4 \right]^{1/2}} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{12} k_{32})^n}{\left[ \left( \frac{4n+1}{u} \right)^2 + 16 \right]^{1/2}} \right] + \left( k_{32}(1 + k_{12}) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\varrho_1}{\varrho_3} (1 + k_{32}) \right) \left[ \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{12} k_{32})^n}{\left[ \left( \frac{4n+3}{u} \right)^2 + 4 \right]^{1/2}} + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{12} k_{32})^n}{\left[ \left( \frac{4n+3}{u} \right)^2 + 16 \right]^{1/2}} \right] \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{ahol } y = \frac{I_1}{I_0} \text{ és } \frac{I_1}{I_3} = \frac{\varrho_3}{\varrho_1}.$$

$$\text{Ha } U_{M\Delta} = -U_{MK}, \quad (3)$$

a mért potenciál ( $U_{Mm}$ ) egyenlő a homogén térre vonatkozó potenciállal

$$U_{Mm} = U_{Mh} + U_{M\Delta} - U_{MK}$$

A (3) feltételből  $y$  kifejezhető.

$U_{MK}$  mindig pozitív,  $y$  előjelét  $U_{M\Delta}$  előjele dönti el.

$y$  pozitív, ha  $k_{12}$  és  $k_{32}$  negatív, ami a széntelep esete.

Vizsgáljuk meg ennek a módszernek gyakorlati alkalmazási lehetőségét:

$u = \frac{1}{3}$ -nál, azaz, amikor a szénréteg vastagsága megegyezik a kompenzáló dipólok távolságával

$$h = l_1 + l_2 = 6 \text{ AM}_0$$

$U_{mi}$  változását  $k$  függvényében a 7. ábra szemlélteti. Borsodi Szénbányáknál  $k$  értéke  $-0,7$  és  $-0,9$  között változik. A 7. ábrán láthatjuk, hogy ezen intervallu-

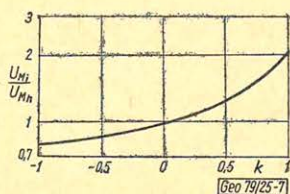
mon belül kicsi  $U_{Mi}$  változása, és így nem követünk el nagy hibát, ha  $k = -0,8$ -del számolunk. Ebben az esetben  $\left(u = \frac{1}{3} \text{ és } k = -0,8\right)$

$$\frac{U_{Mi}}{U_{mh}} = 0,81$$

A mérés kezdetén tehát  $u = \frac{1}{3}$  feltételt biztosítva először mérjük  $U_{Mi}$ -t, majd a kompenzáló áramot addig növeljük, míg  $U_{Mi}$ -nek 1,24-szeresét kapjuk.

Az így meghatározott  $I_1$ -t  $I_0$ -val, a mérőárammal osztva kapjuk  $u = \frac{1}{3}$ -ra vonatkozó  $y$ -t. A (3) feltétel alapján  $y$  relatív értéke számítható más  $u$  értékekre is, ha az  $u = \frac{1}{3}$ -ra vonatkozó  $y$ -t egységnek vesszük.

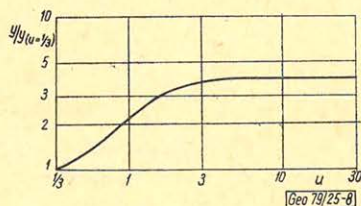
$k_{12} = k_{32}$  esetében  $y/y \left(u = \frac{1}{3}\right)$  értéke függetlennek vehető  $k$  értékétől  $k = -0,7$  és  $k = -0,9$  között. Ekkor  $y$  változása  $u$  függvényében a 8. ábrán látható.



7. ábra. Inhomogén térben mért potenciál ( $U_{Mi}$ ) az ellenállás-kontraszt ( $k$ ) függvényében

Рис. 7. Потенциал измеренный в неоднородном поле ( $U_{Mi}$ ) в зависимости от контраста сопротивлений ( $k$ )

Fig. 7. Potential ( $U_{Mi}$ ) measured in inhomogeneous field as function of resistivity-contrast ( $k$ )



8. ábra. Kompenzáló- és mérőáram hányados ( $y$ ) a terítési távolság ( $u$ ) függvényében

Рис. 8. Отношение компенсирующего и измерительного тока ( $y$ ) в зависимости от расстояния настиления ( $u$ )

Fig. 8. Ratio of compensation- and measuring-current ( $y$ ) as function of the spreading distance ( $u$ )

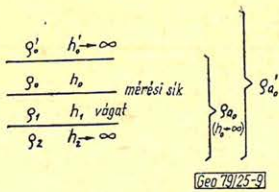
A módszer használható vágatszondázás esetében is, a fekü és a fedő fajlagos ellenállásának meghatározására.

*Vágat alatti és feletti védőréteg, illetve haszonanyag vastagságának meghatározása*

A jellemző általános geoelektromos modellt a 9. ábra szemlélteti.  $\rho'_0$  fajlagos ellenállású réteg hatását vizsgáljuk tulajdonképpen a mesterségesen létrehozott elektromos térre, függetlenül attól, hogy az főté feletti, vagy fekü alatti víztároló homokkő, vagy haszonanyag alatti nagy ellenállású geoelektromos alaphegység.

A feladat megoldására a vágat tengelyében geoelektromos szondázást vagy szelvényezést végzünk.





9. ábra. Geoelektromos rétegmodell  
 Puc. 9. Геоэлектрическая модель пласта  
 Fig. 9. Geoelectric layer model

Vizsgáljuk meg két- és négyelektrodás elrendezés esetén a vágatban mért szondázási görbe lefutását két esetre, melyből az egyik a széntelep alatti vagy feletti víztároló kőzet, míg a másik bauxit alatti alaphegység esete.  
 „Szén” esete (10. ábra) [12]:

$$h_0 = 4h_1; \quad \rho_1 = 18\rho_0; \quad \rho_2 = 0,6\rho_0; \quad \rho_0' = \frac{17}{3}\rho_0$$

10/a ábra a négyelektrodás elrendezésre, míg a 10/b ábra a kételektrodás elrendezésre számolt görbe.

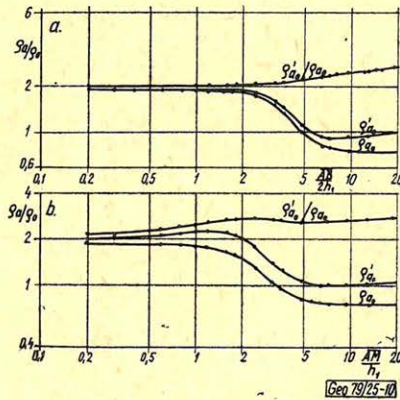
A  $\rho_{a_0}'$  görbe számítását kétszer két rétegre bontva végeztük el a mérési síkra vonatkoztatva és eltekintettünk a két kétréteges modell egymásrahatásától. Közelítő eljárással így – az árameloszlásnak megfelelően – a következő összefüggéssel kapjuk  $\rho_{a_0}'$  értékét

$$\rho_{a_0}' \sim 2\rho_a' \frac{\rho}{\rho_a' + \rho_a}$$

A 10. ábrából láthatjuk, hogy a kételektrodás elrendezés érzékeli csak kisebb terítésknél a  $\rho_0'$  fajlagos ellenállású réteg hatását.

„Bauxit” esete (11. ábra):

$$\rho_0 = \rho_1 = \rho_2; \quad \rho_0' = 9\rho_0$$



10. ábra. Két- és négyelektrodás szondázási görbe „szén” esetére  
 $h_0/h_1 = 4; \rho_2/\rho_0 = 0,6; \rho_1/\rho_0 = 18; \rho_0'/\rho_0 = 17/3$

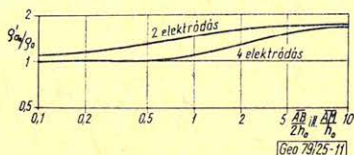
Puc. 10. Кривые двух и четырех электродного зондирования для случая «уголь»  
 $h_0/h_1 = 4, \rho_2/\rho_0 = 0,6, \rho_1/\rho_0 = 18, \rho_0'/\rho_0 = 17/3$

Fig. 10. Two- and four-electrode sounding curve for the case of „coal”  
 $h_0/h_1 = 4; \rho_2/\rho_0 = 0,6; \rho_1/\rho_0 = 18, \rho_0'/\rho_0 = 17/3$

A kételektrodás elrendezésnél kisebb terítési távolságnál jelentkezik már a nagy ellenállású alaphegység hatása, viszont a négyelektrodásnál meredekebb a görbe emelkedése, ami jobb felbontóképességet biztosít. Meggondolandó azonban, hogy a két görbe együttes értelmezése nem célravezetőbb-e?

Meg kell jegyeznünk, hogy a  $\rho'_0$  görbe számításánál feltételeztük, hogy a fedőben végtelen vastag haszonanyag van ( $h_2 \rightarrow \infty$ ). Amennyiben a terítési távolsággal megegyező távolságon belül ugrásszerűen megváltozik  $\rho_2$  értéke, akkor a görbék számításánál azt is figyelembe kell venni.

Mind a 10., mind a 11. ábra görbéinek számításánál eltekintettünk az ún. „vágathatás”-tól. Az értékeket mindig teljes térre vonatkoztatva számoltuk.



11. ábra. Két- és négyelektrodás szondázási görbe „bauxit” esetére

$$\rho_0 = \rho_1 = \rho_2; \rho'_0 = 9\rho_0$$

Рис. 11. Кривая двух и четырехэлектродного зондирования для случая «боксит»

$$\rho_0 = \rho_1 = \rho_2; \rho'_0 = 9\rho_0$$

Fig. 11. Two-and four-electrode-sounding curve for „bauxite”

$$\rho_0 = \rho_1 = \rho_2; \rho'_0 = 9\rho_0$$

A vizsgálatok azt mutatják, hogy a feladatot úgy oldhatjuk meg, ha egy vágat mentén néhány ponton két- és négyelektrodás elrendezéssel vagy „kompenzáló áramkörös” elrendezéssel szondázunk és a szondázási pontok között két- és háromelektrodás elrendezéssel szelvényezünk [5].

*Főte repedezettségének, érc tartalmú kőzet inhomogenitásának vizsgálata, egyéb feladatok*

A főtét alkotó kőzet fajlagos ellenállása függ a kőzet ásványos összetételétől, a kőzet szerkezeti felépítésétől, a kőzet pórus-szerkezetétől és repedezettségétől, a kőzet víztartalmának fokától és a víz ásványtartalmától, az adott kőzetben előforduló nyomástól és hőmérséklettől.

Ha a kőzet a mérési síkkal párhuzamosan rétegzett, akkor a vágat feletti térrészben a nyomás, hőmérséklet és repedezettség változásától függ a szelvény mentén mért látszólagos fajlagos ellenállás. A három paraméter közül a repedezettség változása van legnagyobb hatással a fajlagos ellenállás változására, ami mellett a nyomás és hőmérséklet hatása elhanyagolható. Így a geoelektromos szelvényezés felhasználható a főte repedezettségének kimutatására [2a].

A „General Zawadzki” kőszénbányában négyelektrodás elrendezéssel végeztek geoelektromos szelvényezést a főte repedezettségének vizsgálatára [13]. A terítési távolság változtatásával – a behatolás változása miatt – függőleges irányban is vizsgálhatjuk a repedezettség változását. Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni azt a tényt, hogy a terítési távolság növelésével a fekü hatása is fokozott mértékben jelentkezik.

Olyan kőzetekben, melyek közelítőleg homogénnek tekinthetők és az inhomogenitások ércdúsulással vagy tektonikai zavarokkal hozhatók kapcsolatba (urán- és rézércbánya esete), a vágatokban végzett geoelektromos szelvényezés és szondázás felhasználható ezeknek az inhomogenitásoknak a kimutatására [2].

Egyéb műszaki feladatok megoldásai közül gyakorlatban már bevált az elferdült fúrólukak helyének meghatározása elektromos és elektromágneses módszerrel [14]. Az elektromos módszernél egy pontelektróda elektromos terét, míg az elektromágneses módszernél egy hangfrekvenciás árammal táplált tekercs mágneses terét kell kimérni. Az elektromágneses módszer előnye, hogy vektormennyiségeket mérve a vágat szintje feletti fúróluktalp is meghatározható, míg az elektromos módszer csak akkor ad jól értelmezhető mérési eredményt, ha a pontelektróda a vágat talpa és teteje között helyezkedik el.

Összefoglalóan elmondhatjuk, hogy a bányabeli geoelektromos mérések igen sokrétű, változatos műszaki feladat megoldására alkalmasak, csak arra kell ügyelni, hogy a bányageológiai feltételeknek legmegfelelőbb módszert és elrendezést válasszuk ki. Természetesen a cikkben vázolt módszerek mindegyike további fejlesztésre tökéletesítésre szorul, amihez nagy számú bányabeli mérési eredményre van szükség. Ez csak akkor érhető el, ha bányáink műszeresen jól felszerelt és szakemberekkel ellátott geofizikai csoportokat hoznak létre.

#### IRODALOM

- [1] *Masszi D.*: Egyes bányaművelési problémák geofizikai megoldásának lehetőségei a szénbányászatban. Magyar Geofizika 3. évf. 3–4. sz. p. 202–209. (1962.)
- [2] *Szabó J.* – *Baranyi I.*: Az egyenáramú és alacsony frekvenciás váltakozó áramú kutatási módszerek föld alatti alkalmazhatóságáról. Bányászati és Kohászati Lapok. Bányászat 99. évf. 2. sz. p. 108–112. (1966.)  
*Szabó J.* – *Baranyi I.* – *Dutkó A.*: A föld alatti geoelektromos ellenállásmérések modellkísérleteinek újabb eredményei. Magyar Geofizika 8. évf. 4. sz. p. 150–157. (1967.)
- [2a] *Szabó J.* – *Tirkata F.* – *Virágh P.* – *Buzási L.-né*: Bányabeli geoelektromos vizsgálatok. Bányászati és Kohászati Lapok. Bányászat. 103. évf. 8. sz. p. 551–554. (1970.)
- [3] *Csókás J.*: Detection of Tectonic Disturbances Associated with a Coal Bed by Geoelectrical Measurements in Mine Drifts. Acta Geodaet., Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung. Tomus 9. (1–2) p. 111–119. (1974.)
- [4] *Csókás J.*: Feltáró és fejtéselőkészítő vágatokból tektonikai zavarok kimutatása geofizikai módszerekkel. Zárójelentés. Nehézipari Műszaki Egyetem Geofizikai Tanszék. (1976. április)
- [5] *Kakas K.* – *Nyerges L.* – *Szabó J.*: A bányavágatok alatti bauxitfekű kutatása geoelektromos mérésekkel. Bányászati és Kohászati Lapok. Bányászat. 108. évf. 8. sz. p. 545–547. (1975.)
- [6] *Egerszegi P.* – *Steiner F.*: Methode zur schnellen Bestimmung der Lage vertikaler Widerstandskontrastflächen. Acta Geodaet., Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung. Tomus 3 (1–2) p. 106–111. (1968.)
- [7] *Egerszegi P.*: Bányabeli geoelektromos mérések értékelése a Tervtárón végzett telepszondázások feldolgozása és értelmezése alapján. Kézirat. Borsodi Szénbányák, Miskolc. (1978.)
- [8] *Egerszegi P.*: Szénkarotázs információs anyagának bányabeli célra történő feldolgozása. Magyar Geofizika (megjelenés alatt).
- [9] *Törös E.*: Vágatszondázások végzése és kiértékelése a geoelektromos telepszondázás paramétereinek meghatározása céljából. Diplomaterv. Miskolc, 1979.
- [10] *Csókás J.*: A Focused-field Geoelectrical Method. Acta Technica Tom. 43. Fasc. 3–4. (1963.)
- [11] *Egerszegi P.*: Kompenzáló áramkörös telepszondázás módszere. Kézirat. Borsodi Szénbányák. 1978. jan.
- [12] *Egerszegi P.*: Fedő vizsgálat (elsősorban vízvédelmi szempontból) geoelektromos módszerrel. Kézirat. Borsodi Szénbányák (1978.)
- [13] *Goszcz A.*: Peknięcia w stropie zasadniczym w świetle badań geofizycznych. Przegląd Górniczy. Vol. 33. Nr. 9. p. 397–402. (1977.)
- [14] *Csókás J.* – *Takács E.*: Elfördült fúrólukak helyének meghatározása bányatérsegekben. NME Közleményei. 1. rovat, Bányászat, 23 (1976.) p. 55–67.
- [15] *Kaspar M.*: Die Anwendung der elektromagnetischen Hochfrequenzmethode in der Bergbaugeophysik. Freiburger Forschungshefte. C 161 (1963.)