

# A vertikális mágneses dipólus teréből a MELIS-eljárással számított látszólagos fajlagos ellenállás görbék túllövéseinek vizsgálata<sup>1</sup>

HURSÁN GÁBOR<sup>2</sup>

A váltóáramú vertikális mágneses dipólus homogén, illetve horizontálisan rétegzett vezető közegben a benne folyó árammal párhuzamos örvényáramokat indukál. A dipólustól távolodva az örvényáramok iránya fokozatosan ellentétesé válik. Rétegzett féltérben a különböző áramrendszerek alakja és helyzete is jelentősen eltér a homogén féltérben megszokottól. Emiatt a mágneses tér helyenként a homogén féltérnél nem tapasztalható sajátosságokat mutat. A homogén féltér feletti karakterisztikák alapján számítható látszólagos fajlagos ellenállás görbéken ezeken a helyeken túllövések jelennek meg. A túllövéses szakaszok nagyobb érzékenységet mutatnak a rétetparaméterekre vonatkozóan, mint az oszcillációmentes tartományok.

**G. HURSÁN: Examination of overshootings occurring on MELIS apparent resistivity curves calculated from the field of vertical magnetic dipole**

In homogeneous and horizontally layered conducting medium the oscillatory vertical magnetic dipole generates eddy currents parallel to the current of the source. Going further from the dipole the direction of eddy currents gradually turns to the opposite direction. In layered halfspace the shape and the position of different current systems differ from the usual in the homogeneous halfspace. That's why the magnetic field shows special characteristics in several places which are unique in the homogeneous halfspace. In these places there are overshootings on the apparent resistivity curves which can be calculated on the basis of the homogeneous halfspace-characteristics. The regions of the overshootings show stronger sensitivity to the layer-parameters than the parts without oscillation.

## 1. Bevezetés

A különböző elektromágneses frekvenciaszondázások az egyes térerősség-komponensekben lévő földtani információt a látszólagos fajlagos ellenállás görbékkel emelik ki és teszik szemléletesebbé.

A látszólagos fajlagos ellenállás meghatározása többféle módszerrel végezhető el. A látszólagos fajlagos ellenállás görbék közös, ismert sajátága, hogy jelentős oszcilláció — „túllövés” — jelenik meg rajtuk. Különösen szembetűnő és szokatlan jellegű ez a BRGM MELIS frekvenciaszondázási módosulatánál.

A ME Geofizikai Tanszéke 1993-ban a CO 216 OTKA műszerpályázat elnyerésével jutott ilyen műszerhez.

A feldolgozási eljárás bemutatása után megvizsgáljuk egy-egy jól, ill. rosszul vezető aljzattal rendelkező kétréteges metszetre a látszólagos fajlagos ellenállás görbék túllövéseinek kialakulását a felhasznált mennyiségek viselkedének részletes elemzésével, majd a látszólagos fajlagos ellenállás görbék túllövéses részeinek információtartalmát.

## 2. A MELIS-eljárás

Horizontálisan rétegzett féltér felszínén a vertikális mágneses dipólus mágneses terének radiális ( $H_r$ ) és vertikális ( $H_z$ ) összetevője létezik. A térkomponensek a következő alakban írhatók fel:

$$H_r = H_z^{(0)} \cdot h_r$$

$$H_z = H_z^{(0)} \cdot h_z$$

ahol  $H_z^{(0)} = \frac{M}{4\pi r^3}$  a stacionárius mágneses dipólus

mágneses tere (primér tér) [A/m],  $M$  a mágneses dipólus momentuma [ $\text{Am}^2$ ],  $r$  az adó-vevő távolság [m],  $h_r$  a radiális mágneses szám,  $h_z$  a vertikális mágneses szám.

A mágneses számok dimenzió nélküli mennyiségek. Ezek tartalmazzák a földtani információt. A terepen mért  $H_r$  illetve  $H_z$  mágneses térkomponensekből a mágneses számok egyszerűen kifejezhetők.

Az ún. indukciós számot az adó-vevő távolság, a frekvencia ( $f$ ) és az első réteg fajlagos ellenállásának ( $\rho_1$ ) függvényeként a következőképp definiáljuk:

$$B = \frac{r}{\delta_1},$$

<sup>1</sup>Elhangzott az Ifjú Szakemberek Ankétján Egerben, 1995. április 20-án

<sup>2</sup>Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék, H-3515 Miskolc-Egyetemváros

ahol  $\delta = \text{skin } 1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{10^7 \frac{\rho_1}{f}}$  a szkin mélység [m].

Az indukciós szám tájékoztat arról, hogy az elektromágneses tér mely zónájában vagyunk. Ha  $B < 0,1$ , a közeli zónában mérünk. Ekkor a tér a stationárius mágneses dipólus terével gyakorlatilag megegyező sajátságokat mutat.  $0,1 < B < 10$  esetén a középső (indukciós) zónában vagyunk.  $B > 10$  esetén a távoli zóna összefüggései érvényesek, itt az elektromágneses tér fokozatosan síkhullám természetűvé válik. Homogén féltér felszínén a mágneses számok csak az indukciószámtól függenek.

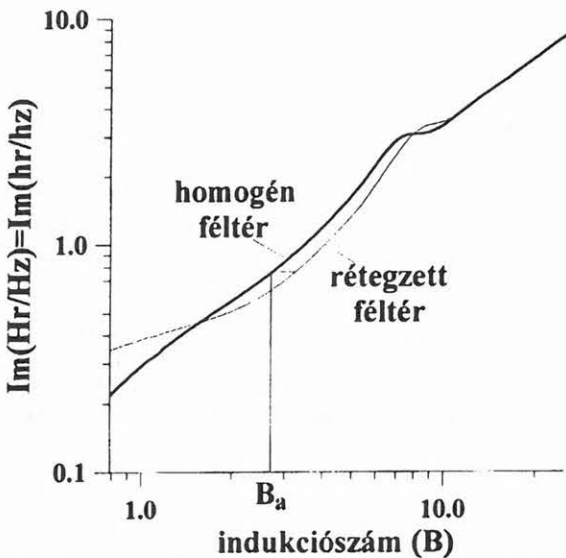
A MELIS-eljárás a látszólagos fajlagos ellenállást a  $H_r/H_z$  mennyiségek képzetes része alapján számoltatja. Ez azért jobb, mint az amplitúdó, mert a közeli zónában az adó- és vevőtekercs esetleges magasságkülönbségéből eredő  $\text{Re}H_r$  komponenst nem tartalmazza. A  $H_r$  és  $H_z$  komponensek amplitúdójának és fáziskülönbségének mérésével könnyen meghatározható ez a mennyiség. A mágneses térkomponensek hányadosa megegyezik a megfelelő mágneses számok hányadosával, azaz

$$\text{Im} \frac{H_r}{H_z} = \text{Im} \frac{h_r}{h_z}$$

Homogén féltér felett ez a mennyiség az indukciós számnak egy-egyértékű függvénye (1. ábra), így minden terepen mért karakterisztika-értékhez tartozik egy  $B_a$  látszólagos indukciós szám, melyből a frekvencia és az adó-vevő távolság ismeretében kifejezhető a  $\rho_a$  látszólagos fajlagos ellenállás:

$$B_a = r/\delta = 2\pi r \sqrt{f/\rho_a} \cdot 10^{-3,5}$$

$$\rho_a = \frac{4\pi^2 r^2 f}{B_a^2} \cdot 10^{-7} \text{ } \Omega\text{m.}$$

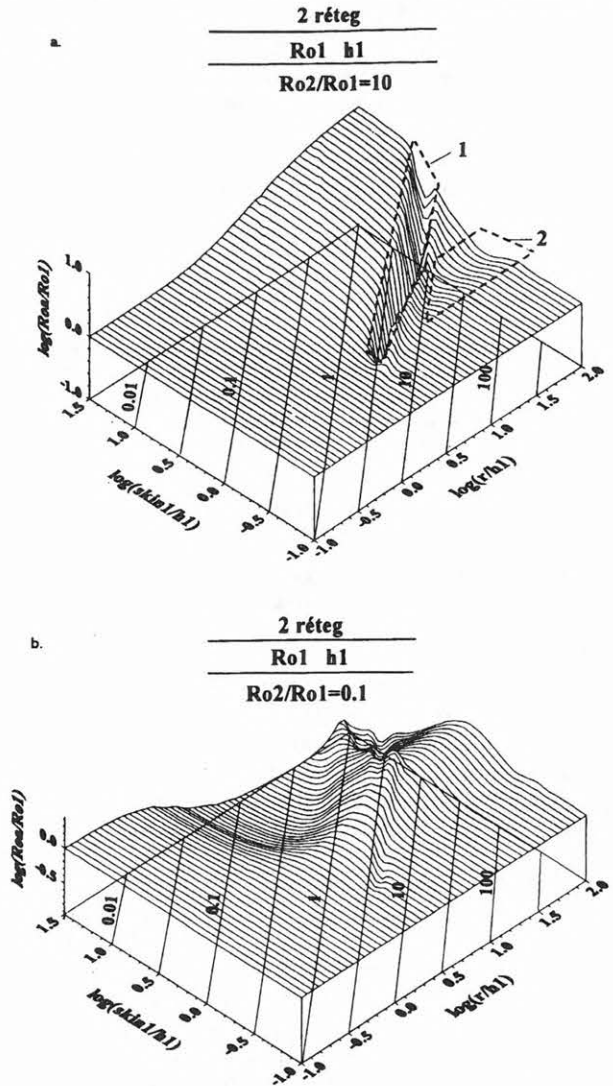


1. ábra. A látszólagos fajlagos ellenállás kiszámításához  
Fig. 1. For the calculation of apparent resistivity

A berendezéshez tartozó, direkt és inverz feladatokat megoldó FREMIS modellező szoftver tetszőleges horizontálisan rétegzett féltérre kiszámítja a térkomponensek és a MELIS-eljárás által használt látszólagos fajlagos ellenállások értékét. Ez a program szolgált vizsgálataim referenciájaként.

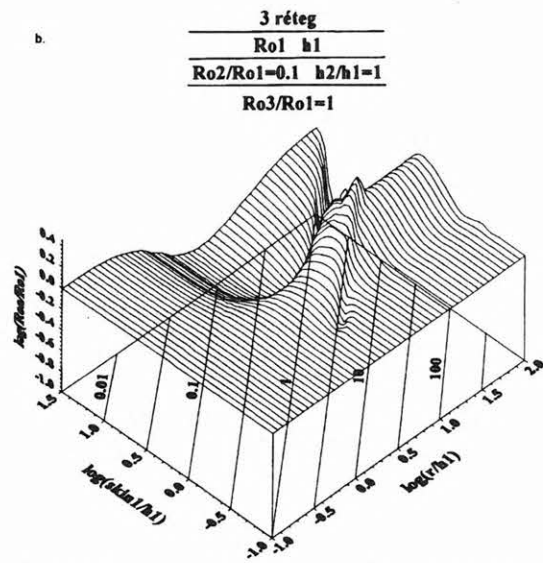
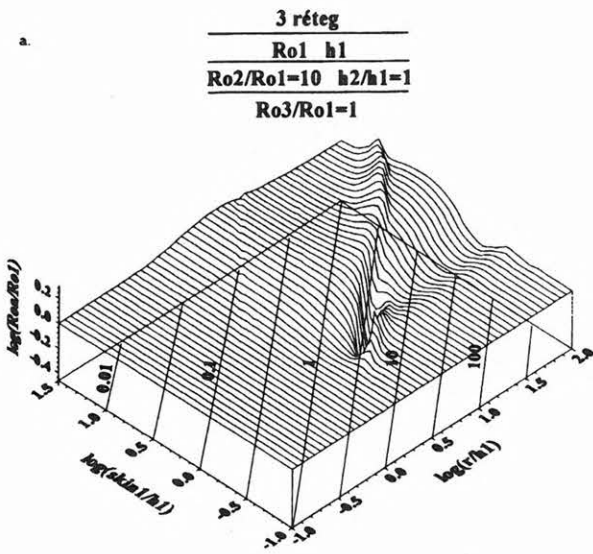
### 3. A túllövések viselkedése a mágneses számok és a MELIS látszólagos fajlagos ellenállás görbéin

A 2.-3. ábrákon két- és háromréteges metszetekre az első réteg fajlagos ellenállására normált látszólagos fajlagos ellenállást  $r/h_1$ , illetve  $\text{skin } 1/h_1$  függvé-



2. ábra. Rosszul (a) és jól (b) vezető aljzattal rendelkező két-réteges modell feletti MELIS látszólagos fajlagos ellenállás az első réteg vastagságára normált adó-vevő távolság és frekvencia függvényében (kombinált frekvencia- és geometriai szondázás)

Fig. 2. MELIS apparent resistivity over a two-layer model having resistive (a) and conductive (b) basement as a function of transmitter-receiver distance and skin depth normalized to the thickness of the first layer (combined frequency and geometric sounding)



3. ábra. Rosszul (a) és jól (b) vezető közbetelepüléssel rendelkező háromréteges modell feletti MELIS látszólagos fajlagos ellenállás az első réteg vastagságára normált adó-vevő távolság és frekvencia függvényében (kombinált frekvencia- és geometriai szondázás)

Fig. 3. MELIS apparent resistivity over a three-layer model having resistive (a) and conductive (b) second layer as a function of transmitter-receiver distance and skin depth normalized to the thickness of the first layer (combined frequency and geometric sounding)

nyeként ábrázoltuk. Ezek olyan mennyiségek, melyekbe a konkrét frekvencia, adó-vevő távolság és a rétegparaméterek behelyettesíthetők. Az  $r/\delta_1$  indukciós szám értékeit az átlókon feltüntetett számok jelzik.

Túllövés alatt a látszólagos fajlagos ellenállás görbéken megjelenő, az ellenálláskontraszttal ellentétes előjelű változásokat értjük.

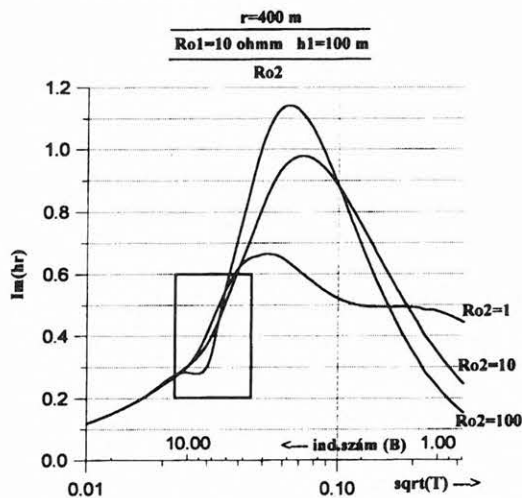
A 2.-3. ábrákon két, alapvetően különböző túllövést láthatunk:

- a. A 2a. ábrán 1-es számmal jelölt túllövés, mely vezető aljzat esetén a  $B \approx 1-6$ , szigetelő aljzattal a  $B \approx 8-12$  közötti indukciós szám-tartományban található. Jelen esetben a legnagyobb oszcilláció akkor jelentkezik a frekvenciaszondázási görbé-

ken, ha az adó-vevő távolság a réteghatár mélységének a 3-8-szorosa. Többréteges metszet esetén arra a réteghatárra lesz jellemző a túllövés, mely mélységének és az adó-vevő távolságának az aránya leginkább benne van a fenti tartományban.

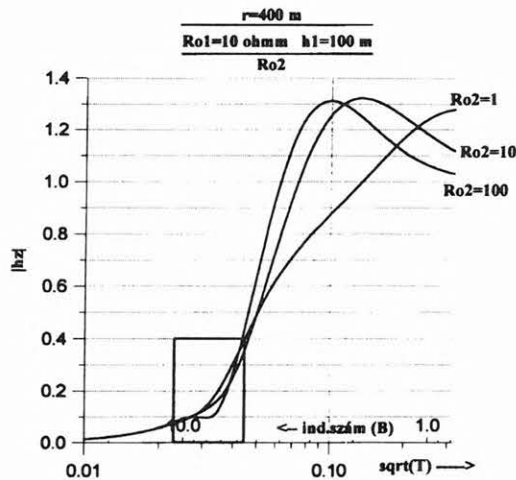
- b. A 2-es számmal jelölt túllövés a távoli zónában jelentkezik. Az adó-vevő távolságtól független és lényegében a magnetotellurikus frekvenciaszondázási görbéken megjelenő túllövésnek felel meg, ugyanis rendre a  $\delta_1/h_1=1$  körüli, azaz az első réteghatárhoz tartozó első destruktív interferenciás tartományban található.

Jelen dolgozatban az „a” típusú túllövésekkel foglalkozunk és részletesen elemezzük egy-egy jól, illetve rosszul vezető aljzattal rendelkező kétréteges metszet feletti frekvenciaszondázási görbék túllövéseinek viselkedését (4.-7. ábra).



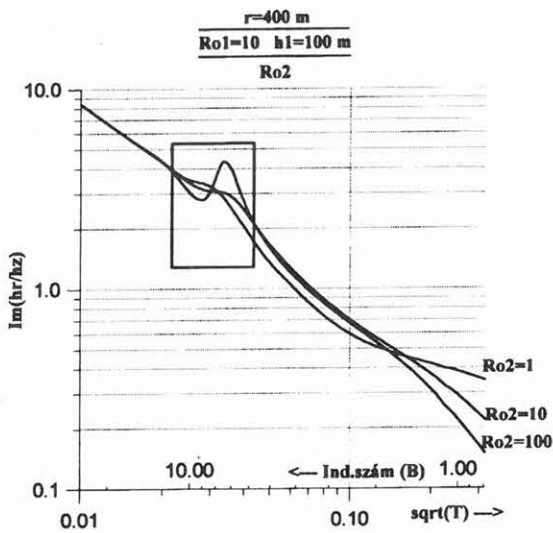
4. ábra. A radiális mágneses szám képzetes részének periódusidő-, illetve indukciós szám-függése kétréteges modellek felett

Fig. 4. Period and induction number-dependence of the imaginary part of the radial magnetic number over two layer models



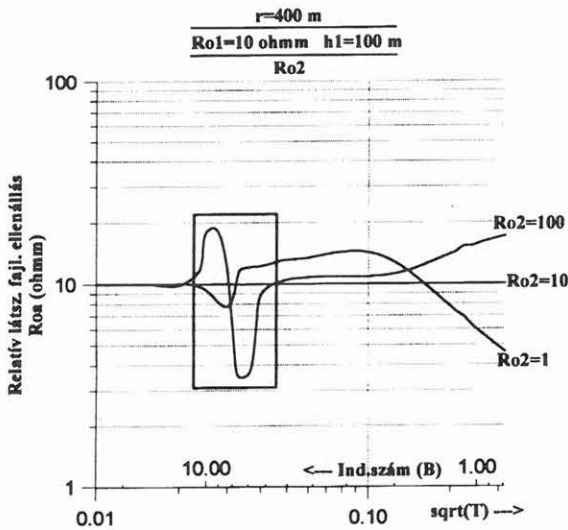
5. ábra. A vertikális mágneses szám abszolút értékének periódusidő-, illetve indukciós szám-függése kétréteges modellek felett

Fig. 5. Period and induction number-dependence of the absolute value of the vertical magnetic number over two-layer-models



6. ábra. Az  $Im(h_r/h_z)$  karakterisztika periódusidő-, illetve indukciósám-függése kétréteges modellek felett

Fig. 6. Period and induction number-dependence of the  $Im(h_r/h_z)$  characteristics over two-layer models



7. ábra. A MELIS látszólagos fajlagos ellenállás periódusidő-, illetve indukciósám-függése kétréteges modellek felett (frekvenciaszondázási görbe)

Fig. 7. Period and induction number-dependence of the MELIS apparent resistivity over two-layer models (frequency sounding curve)

Az adó-vevő távolság 400 m, az első réteg fajlagos ellenállása 10  $\Omega$ m, vastagsága pedig 100 m. Az aljzat fajlagos ellenállása 1, 10, illetve 100  $\Omega$ m. A karakterisztikákat és a látszólagos fajlagos ellenállást az indukciósám és a frekvenciaszondázásoknál megszokott módon  $\sqrt{T}$  függvényében is ábrázoltuk.

Nézzük meg lépésről lépésre a 4.-7. ábrák segítségével, hogy a túllövésekért mely indukciósám-tartományban mely karakterisztikák felelősek.

Rosszul vezető aljzat esetén mind az  $Im(h_r)$ , mind a  $|h_z|$  görbéken látható egy-egy szűk indukciósám-tartományra korlátozódó csökkenés a homogén féltér-karakterisztikákhoz képest (4.-5. ábra). A csökkenés az  $Im(h_r)$  görbén nagyobb indukciósám értékeknél jelenik meg, mint a  $|h_z|$  görbén. Az eltolt

helyzet miatt az  $Im(h_r)/|h_z|$  hányados értéke a homogén féltérhez képest először csökken, majd növekszik (6. ábra). A látszólagos indukciósám ennek megfelelően először kisebb, majd nagyobb értéket vesz fel a homogén féltér esetéhez képest, azaz a látszólagos fajlagos ellenállás először nagyobb, majd kisebb, mint az első réteg fajlagos ellenállása.

A jól vezető aljzat az  $Im(h_r)$  értékét szembevető módon csökkenti a  $B=1,2-6$  közötti indukciósám tartományon. A karakterisztika maximuma jóval kisebb, mint homogén féltér esetén (4. ábra). Emiatt az  $Im(h_r)/|h_z|$  karakterisztika az adott szakaszon kisebb, mint homogén féltér felett, azaz a látszólagos indukciósám kisebb a homogén féltér esetéhez képest. Ennek következménye az, hogy a látszólagos fajlagos ellenállás először növekszik, majd — miután a rendellenes torzulásnak vége — az aljzat fajlagos ellenállásához kezd beállni.

Megállapítható tehát, hogy mind a jól, mind a rosszul vezető aljzatnál a mágneses számok karakterisztikáinak van egy olyan szakasza, melyben a homogén féltérhez képest jelentősen eltérő lefutásúak. Nemcsak párhuzamos eltolódás, hanem alakváltozás is megjelenik, ami azzal jár, hogy a látszólagos fajlagos ellenállás ezeken a tartományokon nem követi a fajlagos ellenállás mélységfüggvényét.

#### 4. A túllövések kialakulásának fizikai okai

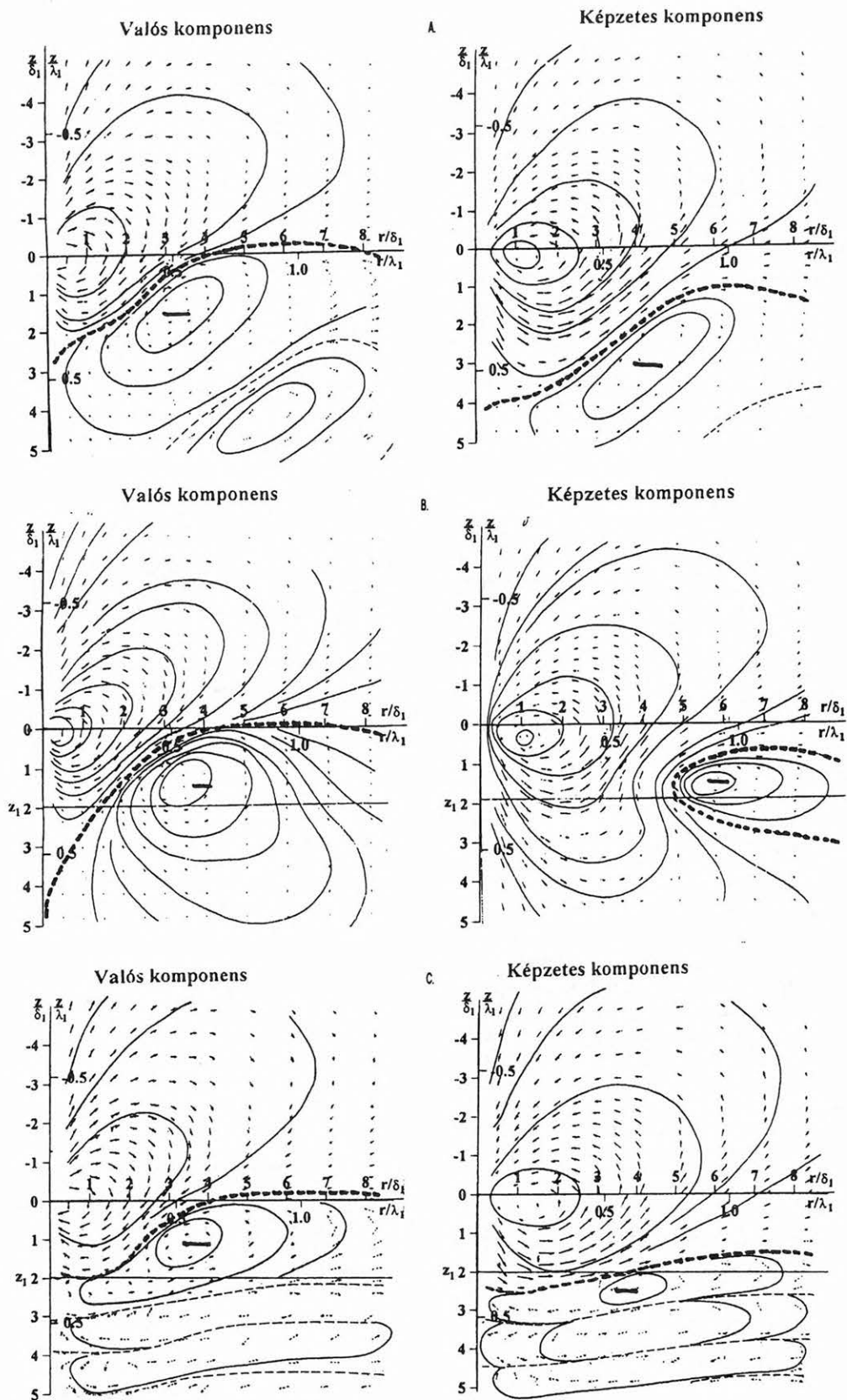
A következőkben a mágneses karakterisztikák alakváltozásainak említett létrejöttét a mágneses térerősség vektorai térbeli irányának alakulásával hozzuk összefüggésbe kétréteges metszetekben.

A mágneses tér az adótekercsben folyó váltóárammal fázisban levő (valós), illetve 90 fokos fázistolású (képzetes) komponensekre bontható. A 8a.-c. ábrákon ennek megfelelően a primér térre normált teljes mágneses tér — azaz a mágneses szám — valós és képzetes részének helyfüggését láthatjuk homogén féltér és jól, illetve rosszul vezető aljzattal rendelkező kétréteges modellek esetében. A távolság egysége az első rétegbeli hullámhossz, illetve szkin mélység [SZKACSKOV 1982]. Az ellenálláskontraszt a jól vezető aljzat esetén  $\rho_2/\rho_1 = 0,1$ , a rosszul vezető aljzatnál  $\rho_2/\rho_1 = 10$ .

A réteghatár  $z_1 = \lambda_1/\pi$  — azaz  $z_1 = 2\delta_1$  — mélységben van.  $\lambda_1$  az első rétegbeli hullámhossz,  $\delta_1$  pedig az első réteg fajlagos ellenállásával számított szkin mélység. A mágneses számokat vektorok ábrázolják. A vektorok mellett a mágneses térerősség izovonalait is ábrázoltuk, melyek mindhárom féltérben ellentétes körüljárási irányú, egymást követő ellentétes irányú áramrendszerekhez tartozó zárt görbéket határoznak meg. Határukat szaggatott vonalak jelölik.

Homogén féltérben a képzetes komponens áramrendszerének határa mélyebben és távolabb alakul ki, mint a valós komponensnél. A felszínt azon indukciósámok környezetében éri el, illetve közelíti meg, ahol a túllövések találhatóak.

Az alsó réteg nyilvánvalóan módosítani fogja a határfelület helyzetét és ezzel együtt a felszíni vektorok nagyságát és irányát is. Esetünkben, mivel a réteghatár mélysége kétszerese a szkin mélységnek, ez a hatás inkább a mélyebben és távolabb kialakuló,



8. ábra. A primer térre normált teljes mágneses tér valós és képzetes részeinek viselkedése homogén (a), illetve  $z_1=2\delta_1$  mélységben levő rosszul (b) és jól (c) vezető aljzattal bíró kétréteges féltérnek belsejében [SZKACSKOV 1983]

Fig. 8. Behaviour of the real and imaginary parts of the normalized total magnetic field inside of homogeneous halfspace (a) and two-layer models having resistive (b) and conductive (c) basement in  $z_1=2\delta_1$  depth [SKATCHKOV 1983]

az adóhoz csatlakozó áramrendszerhez képest ellen-  
tétes irányú áramrendszerben érzékelhető.

Egyébként a rosszul vezető aljzat esetén az effek-  
tív fajlagos ellenállás növekedése miatt az áramrend-  
szerek súlypontja az adótól távolabbra helyeződik át,  
alakjuk pedig úgy torzul, hogy az áramrendszerek  
nagyobb hányada található a felső rétegben, mint a  
homogén féltér ugyanezen térrészében, azaz az áram-  
ok kiszorulnak a jól vezető fedőrétegbe.

Jól vezető aljzatnál ( $\rho_2/\rho_1 = 0,1$ ) a fentiekkel el-  
lentétes hatások figyelhetők meg. A 8c. ábrán látha-  
tó, hogy az áramrendszerek közelebb kerülnek az adó  
dipólushoz, mint homogén féltér esetén, valamint az  
áramok jelentősebb hányada a jól vezető aljzatban  
folyik.

A réteghatár mélységének csökkentésével a felszín-  
en észlelhető változások felerősödnek. Ennek bemu-  
tatására szolgál a rosszul vezető aljzatra a 9., jól  
vezető aljzatra pedig a 10. ábra. Ezeket már csak a  
felszínen kialakuló mágneses számokat szemléltető  
vektorok szerepelnek. Az ábrákon a  $\delta_1/h_1=0$  eset a  
homogén féltérrel jelenti.

Az ábrákon jól követhető az azonos karakterű he-  
lyeknek a nagyobb indukciós szám értékek felé történő  
eltolódása a rosszul vezető aljzatnak felszín felé történő  
áthelyezésével. Az eltolódás mértéke az adótól távo-  
lodva — a kutatási mélység növelésével — fokozódik.

A jól vezető aljzatot a felszín felé közelítve az  
azonos karakterű helyek a kisebb indukciós szám ér-  
tékek felé tolódnak el.

Az ábrákon kijelölhetők olyan változások, melyek  
a mágneses szám-karakterisztikák alakjának meg-  
változását eredményezik a homogén féltér karak-  
terisztikáihoz képest.

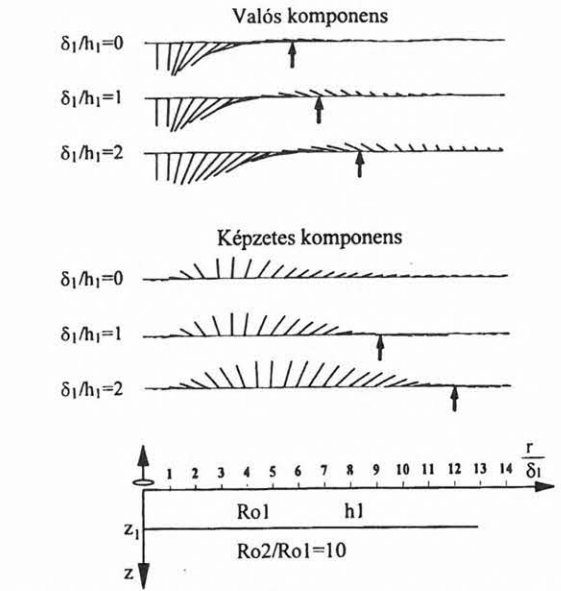
A rosszul vezető aljzatnál ilyen a valós kompo-  
nensnek a 9. ábrán bejelölt olyan növekedése, amely  
a homogén féltér felszínén nem fordulhat elő. A kép-  
zetes komponensben pedig a vertikális összetevőben  
olyan előjelváltás jelenik meg, mely homogén  
féltér felszínén nem tapasztalható (9. ábra). Ezek  
okozzák a 4.-7. ábrákon látható túllövéseket.

A jól vezető aljzat áramelszívó hatása úgy jelent-  
kezik, hogy a felszínen a mágneses számok maximá-  
lis értéke jóval kisebb a homogén féltér eseténél,  
illetve a valós komponens vertikális összetevőjénél  
elmarad az előjelváltás (a 10. ábrán bejelölt részek).  
A mágneses számok nagyságának csökkenése pon-  
tosan megfelel a 4. ábrán látható  $Im(h_r)$  komponens  
maximum-csökkenésének és az ehhez kötődő túllö-  
vésnek.

## 5. A földtani információ megjelenése a túllö- vések tartományában

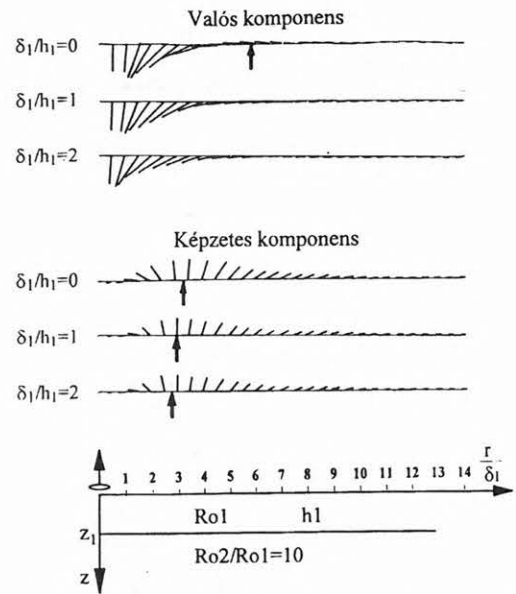
A következőkben azt elemezzük, hogy milyen a  
látszólagos fajlagos ellenállás érzékenysége a réteg-  
sor paramétereire.

A látszólagos fajlagos ellenállás adott paraméterre  
vonatkozó érzékenységének mérőszámai az ún. pa-  
raméter-érzékenységek [GYULAI 1989], melyeknek  
egyik lehetséges definíciója



9. ábra. A primér térre normált teljes mágneses tér valós és  
képzetes részének felszíni értékei különböző  $z_1$  mélységben  
elhelyezett rosszul vezető aljzatu kétréteges modell felett

Fig. 9. Values of the real and imaginary parts of the  
normalized total magnetic field over a two-layer model having  
resistive basement in different  $z_1$  depths



10. ábra. A primér térre normált teljes mágneses tér valós és  
képzetes részének felszíni értékei különböző  $z_1$  mélységben  
elhelyezett jól vezető aljzatu kétréteges modell felett

Fig. 10. Values of the real and imaginary parts of the  
normalized total magnetic field over a two-layer model having  
conductive basement in different  $z_1$  depths

$$\psi_i = \frac{\partial \rho_a}{\partial h_i} \frac{h_i}{\rho_a} = \frac{\partial(\ln \rho_a)}{\partial(\ln h_i)} \quad \text{vastagság-érzékenység}$$

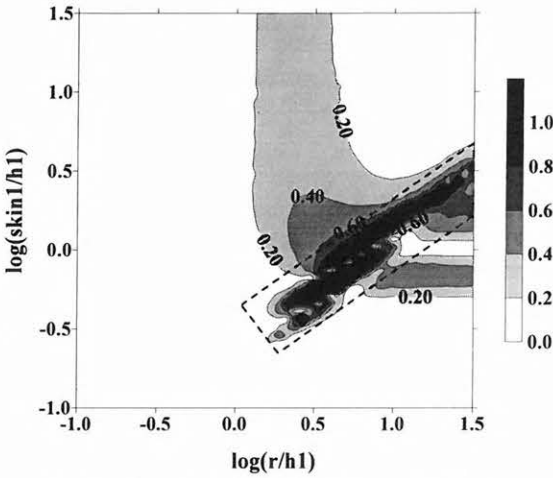
$$\varphi_i = \frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_i} \frac{\rho_i}{\rho_a} = \frac{\partial(\ln \rho_a)}{\partial(\ln \rho_i)} \quad \text{fajlagos ellenállás érzékenység}$$

Egy adott rétegparaméter akkor mutatható ki, ha a paraméter-érzékenység abszolút értéke nagy, és akkor különíthető el a többitől, ha az adott konfigurációnál a többi paraméterre nézve az érzékenység kicsi.

Vizsgáljuk meg példaképp, milyen érzékeny a látzólagos fajlagos ellenállás egy rosszul vezető köz-betelepülést tartalmazó háromréteges modell paramétereire. A közbetelepülés fajlagos ellenállása 10-szerese az ágyazó rétegek fajlagos ellenállásának, vastagsága pedig megegyezik az első réteg vastagságával.

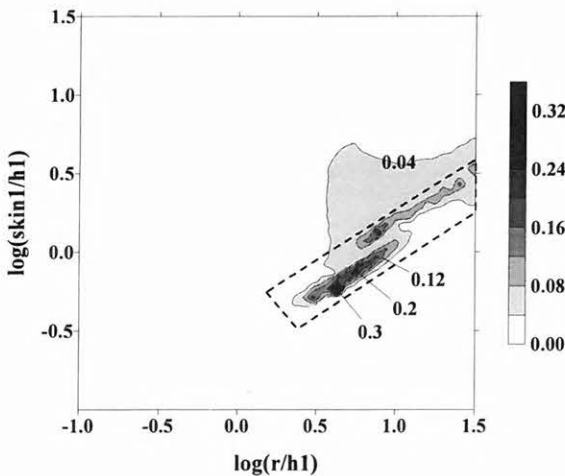
Az egyes rétegparaméterek kimutathatóságáról tájékoztató  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $\rho_2$ ,  $\rho_3$ -ra vonatkozó érzékenységek abszolút értékeit  $r/h_1$ , illetve  $skin1/h_1$  függvényében a 11.–14. ábrákon láthatjuk.

3 réteges modell	
Ro1	h1
Ro2/Ro1=10	h2/h1=1
Ro3/Ro1=1	



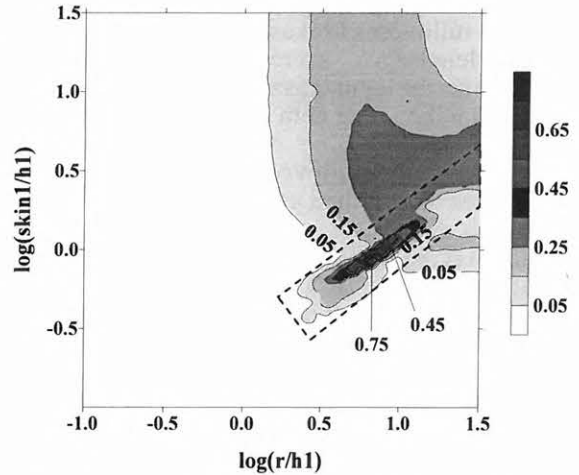
11. ábra.  $\psi_1$  első réteg vastagság-érzékenység  
Fig. 11.  $\psi_1$  first layer thickness-sensitivity

3 réteges modell	
Ro1	h1
Ro2/Ro1=10	h2/h1=1
Ro3/Ro1=1	



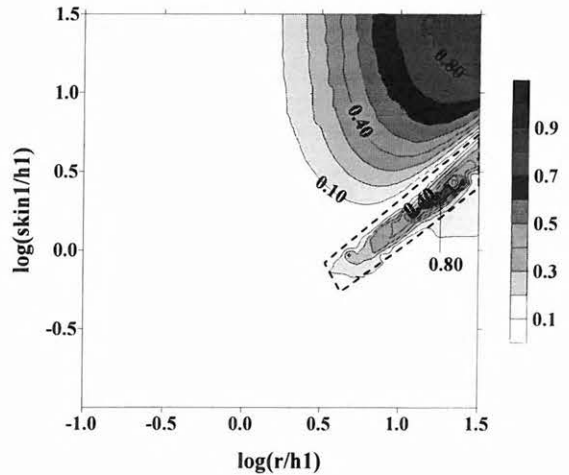
12. ábra.  $\phi_2$  második réteg fajlagos ellenállás érzékenység  
Fig. 12.  $\phi_2$  second layer resistivity-sensitivity

3 réteges modell	
Ro1	h1
Ro2/Ro1=10	h2/h1=1
Ro3/Ro1=1	



13. ábra.  $\psi_2$  második réteg vastagság-érzékenység  
Fig. 13.  $\psi_2$  second layer thickness-sensitivity

3 réteges modell	
Ro1	h1
Ro2/Ro1=10	h2/h1=1
Ro3/Ro1=1	



14. ábra.  $\phi_3$  harmadik réteg fajlagos ellenállás érzékenység  
Fig. 14.  $\phi_3$  third layer resistivity-sensitivity

Valamennyi paraméterre fokozott érzékenységeket mutatnak a túllövéses szakaszok.

Különösen nagy érzékenységek figyelhetők meg a rétegvastagságokra vonatkozóan (11. és 13. ábra). A felvett metszet esetén a látzólagos fajlagos ellenállás a második réteg fajlagos ellenállására mutatja a legkisebb érzékenységet, alátámasztva azt a tényt, mely szerint mágneses gerjesztést alkalmazó módszerekkel a nagy fajlagos ellenállású rétegek fajlagos ellenállása nehezen határozható meg.

A második rétegről fizikai szemléletünknek megfelelően akkor kapjuk a legnagyobb érzékenységeket, amikor a módszer által „látott térfogat” sem nem túl nagy, sem nem túl kicsi (12.–13. ábra).

A  $\rho_3$  fajlagos ellenállás érzékenysége a túllövések tartományán kívül ott nagy, ahol a skin-mélység és az adó-vevő távolság is jelentősen meghaladja a fedőösszlet vastagságát (14. ábra).

Az érzékenység-vizsgálat eredményei alapján felvetődik a túllövéses szakasz fokozott figyelembevételének lehetséges szerepe az inverzióban. A MELIS-műszer legmagasabb frekvenciája 8000 Hz, aminél általában még nem rajzolódik ki egyértelműen a szondázási görbe  $\rho_1$ -hez tartozó bal oldali aszimptotája. Így a túllövéses szakaszon történő pontos illesztés elősegítheti az első réteg paramétereinek pontosabb megadását.

A többi réteg paramétereire is kiterjeszhető a fenti megállapítás, ugyanis a 3. pontban elmondottaknak megfelelően annak az ellenálláskontrasztnak a hatása jelenik meg a legerősebben a túllövéses szakaszon, amelynél a mélység és az adó-vevő távolság aránya leginkább beleesik az  $1/3$ — $1/8$  tartományba, így az adó-vevő távolság változtatásával szabályozhatjuk, hogy milyen mélységtartományból származék a túllövés által hordozott földtani információ.

## Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatra az OTKA CO 216 sz. projekt keretén belül került sor. Köszönet illeti dr. TAKÁCS Ernő egyetemi tanárt a vizsgálat során nyújtott segítségéért.

## HIVATKOZÁSOK

- GYULAI Á. 1989: Parameter sensitivity of underground DC measurements. *Geophysical Transactions* 35, 3, 209–225
- SZKACSKOV P. 1983: Elektromagnitnoe pole verityikalno magnitno dipolja vnutri gorizontálno-szloisztov szstrukturü. *Elektromagnitnue metodü pri isszledovanyii zemnuh nyedr.* Szverdlóvszk, 18–24