

Nagy ellenállású medencealjzat kutatása kvázi-stacionárius pontforrások elektromos és mágneses terének együttes mérése alapján

SZARKA LÁSZLÓ*

A felszíni geoelektromos módszerek egyik fontos feladata a nagy ellenállású medencealjzatot fedő, jól vezető üledék vastagságának, a medencealjzat mélységének meghatározása.

A dolgozat a távoli pontforrások stacionárius elektromos és mágneses teréből számított impedancia értéke alapján javaslatot tesz a nagy ellenállású medencealjzatot fedő üledékes összlet horizontális vezetőképességének meghatározására.

A javasolt módszer alkalmazásával az üledék horizontális vezetőképessége ismeretlen helyzetű és intenzitású forrásokból származó zavarimpulzusokból is meghatározható.

A megállapításokat analóg modellmérések eredményei, valamint terepi példák is igazolják.

Одной из важных задач геоэлектроразведки является определение мощности, покрывающей фундамент высокого сопротивления, проводящей толщи осадочных пород и глубины основания бассейна.

В работе предлагается способ определения горизонтальной проводимости, покрывающей фундамент, осадочной толщи по значениям импеданса, вычисленного по стационарному электрическому и магнитному полю удаленных точечных источников.

При применении предложенного способа горизонтальная проводимость осадочной толщи может быть определена и по импульсам-помехам возникающим от источников неизвестного положения и интенсивности. Установленное было подтверждено результатами исследования на моделях и полевом материале.

One of the basic problems of the geoelectric exploration methods is to determine the thickness of the high conductivity sediments above a high resistivity basement.

This paper proposes to determine the horizontal electric conductance on the basis of the impedance calculated from the electric and magnetic fields of distant quasi-stationary point sources.

Applying the proposed method the horizontal conductance of the sediments can be determined also from artificial noise coming from sources of unknown position and intensity.

The results of analogue modeling and field examples prove the correctness of this theory.

Bevezetés

A geofizikai kutatások egyik fontos feladata a nagy ellenállású medencealjzatot fedő jól vezető üledék vastagságának meghatározása. A fedőösszlet horizontális vezetőképességére, így a medencealjzat mélységére a geoelektromosság körében is több módszer ad többé-kevésbé pontos megoldást. A mesterséges áramterű egyenáramú szondázási görbék emelkedő águkkal jelzik az aljzatot. A magnetotellurikában a szondázási görbék S-intervalluma utal a nagy ellenállású aljzat jelenlétére.

A mesterséges geoelektromos módszereknél ismerni kell a betáplált áram erősségét, valamint a források és a mérési pontok relatív helyzetét is.

A tellurikus és magnetotellurikus mérések során a forrás intenzitását nem kell ismerni, viszont feltételezzük, hogy az elektromágneses teret a felszínen függőleges irányban megtörő elektromágneses síkhullám hozta létre.

*. MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete, Sopron

Megmutatjuk, hogy szigetelő aljzatú, kétréteges féltér felszínén a horizontális vezetőképesség számításához a. távoli, kvázi-stacionárius pontforrások használata esetén sem szükséges a források helyének és intenzitásának ismerete.

A $Z_{\text{pont}} = E_r/H_\varphi$ impedancia és az S horizontális vezetőképesség közvetlen kapcsolatához a magnetotellurikus S -intervallum vizsgálatával jutunk el.

A magnetotellurikus S -intervallum értelmezése távoli, horizontális, végtelenül hosszú, kvázi-stacionárius vonalforrás tere alapján

A magnetotellurikus S -intervallumban a forrásként felhasznált geomágneses pulzációk periódusa olyan határok között van, hogy

- a fedőréteg árammal már teljesen telítődik, de
- a nagy ellenállású medencealjzat alatti, esetleg jól vezető képződményekben létrejött elektromágneses indukció hatása még nem érzékelhető.

Az S -intervallum periódusstartományában tehát a vezető rétegben homogén, kvázi-stacionárius áramsűrűség alakul ki. A felszíni elektromos térerősségvektor az áram irányába mutat, míg a vele fázisban levő mágneses térerősség iránya arra merőleges. *Berdicsevszkij (1968)* szerint a konstans E_x és H_y térerősségek abszolút értékeinek impedanciajellegű hányadosa

$$Z_{MT} = \frac{E_x}{H_y} = \frac{1}{S}, \quad (1)$$

ahol S a felső réteg horizontális elektromos vezetőképessége, azaz a réteg H vastagságának és ρ_1 fajlagos ellenállásának hányadosa.

A nagy ellenállású medencealjzat térképezése magnetotellurikus módszerrel az (1) képlet alapján végezhető.

A magnetotellurika kvázi-stacionárius S -intervallumának elektromágneses tere megfelel egy, a végtelenben elhelyezkedő, végtelen hosszú, horizontális vonalforrás kvázi-stacionárius terének.

Az egyenáramú vonalelektroda potenciálja szigetelő aljzatú kétréteges féltér felszínén ugyanis pl. *Szigeti (1980)* szerint:

$$U(x) = \ln \left(e^{\frac{\pi}{H}x} + e^{-\frac{\pi}{H}x} \right) + \text{const.} \quad (2)$$

alakú. A (2) értelmében a vonalforrástól nem is túlságosan távol (amikor $x > 1.3 H$) a potenciál az x -től lineárisan függ, ami x irányú homogén térerősség-eloszlást jelent.

A homogén egyenáramú elektromos tér a *Biot – Savart*-törvény értelmében létrehozza az áram irányára merőleges, homogén mágneses téreloszlást is, tehát a magnetotellurika S -intervallumának térösszefüggései és a végtelen távoli, végtelen hosszú vonalforrás egyenáramú tere közötti analógia teljes.

Ha az \vec{E} és \vec{H} vektoroknak a rétetparaméterekkel fennálló kapcsolata egyenáramú vonalforrás esetére igaz, akkor joggal remélhető, hogy valamiféle, az (1)-hez hasonló összefüggés más típusú források esetére is fennáll. A geofizikában a mesterséges egyenáramú terek forrásai pont-, illetve dipólforrások, így célszerű az impedancia és a horizontális vezetőképesség közötti kapcsolat felírása ezekre az esetekre is.

A medencealjzatot borító $\rho_1 \ll \rho_2$ fajlagos ellenállású üledék felszínén elhelyezett egyenáramú pontforrás potenciálja körszimmetrikus; azaz, ha a reflexiókoefficiens 1, akkor

$$U(r) = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \left[\frac{1}{r} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{r^2 + (2nH)^2}} \right], \quad (3)$$

ahol r a mérési pontnak a forrástól mért távolságát jelenti.

Bebizonyítható, hogy a pontforrástól távol a potenciál $\ln r$ alakúvá válik, ami az elektromos térerősségre nézve $1/r$ szerinti távolságfüggést jelent. Az utóbbi állítás belátható úgy is, hogy kiszámítjuk a fedőrétegben távol, a forrás körül koncentrikusan elhelyezett H magasságú képzeletbeli hengerpaláston keresztülfolyó áram mennyiségét. A forrástól távol (ha $r > 2H$) a hengerpaláston az áramsűrűség konstans, ezért

$$\vec{E}(r) = \frac{\rho_1 I}{2\pi r H} \vec{e}_r. \quad (4)$$

A pontforrásból a földbe folyó áram mágneses terét a pontforráshoz képest hengersizmetrikusan elhelyezett tetszőleges szerkezetek esetén nemcsak a Biot-Savart-törvénnyel (amint az pl. Stratton (1941) munkájában is megtalálható), hanem Ampère törvényével is számíthatjuk. Edwards (1974) az MMR-módszer alapjainak kidolgozásakor a vízszintes mágneses térerősségre az alábbi összefüggést vezette le:

$$\vec{H}(r) = \frac{I}{4\pi r} \vec{e}_\varphi. \quad (5)$$

Az összefüggés a pontforráshoz képest minden hengersizmetrikus szerkezet esetére igaz, igaz többek között tetszőleges rétegpáraméterekkel rendelkező, horizontális rétegzett féltér felszínén is.

A pontforrásból a vezető rétegbe szétfolyó egyenáram elektromos és mágneses térerősségéből számított impedanciajellegű mennyiség a forrástól $r > 2H$ távolságban, a (4) és az (5) alapján:

$$Z_{\text{pont}} = \frac{E_r}{H_\varphi} = \frac{2}{S}. \quad (6)$$

Több pontforrás elektromos és mágneses tere egyszerűen szuperponálható, ezért a (6) összefüggés érvényes marad dipól, sőt a pontelektródák terének véges összegezésével számítható bármilyen összetett forrás esetén is. (A forrásoknak nem kell feltétlenül a felszínen lenniük. A pontforrástól $r > 2H$ távolságban ugyanis a réteg teljes vastagságában konstans árameloszlást tekintve közömbös, hogy azt a fedőréteg felszínén vagy esetleg a belsejében elhelyezett pontelektróda hozta-e létre.)

A (6) értelmében tehát a fedőüledék horizontális vezetőképessége ismeretlen helyzetű és intenzitású, véges számú kvázi-stacionárius pontforrás elektromos és mágneses teréből számított impedancia alapján is megadható.

A (6) összefüggés érvényességéhez a forrásoknak két feltételt kell kielégíteniük:

1. A (4) értelmében a forrás és a mérési pont távolsága legalább kétszerese legyen a medencealjzat várható mélységének. (Túl közeli forrás esetén ugyanis az impedancia a forrástól mért távolságtól is függ.)

2. A pontforrásokkal gerjesztett elektromos tér kvázi-stacionárius legyen, azaz a jel periódusa elégítse ki az S -intervallum követelményeit. Ha a medencealjzat nagyon vatag, akkor az S -intervallumbeli periódusnak csak alsó határa van. Vékonyabb medencealjzat és alatta levő jólvezető képződmények esetén a megkívánt periódushatárookra nézve a magnetotellurikus szondázási görbe S -intervalluma a mérvadó.

Horizontálisan inhomogén nagy ellenállású medencealjzat térképezése

A nagy ellenállású medencealjzat domborzatának meghatározására a magyar medenceterületeken gyakran alkalmazzák a gyors, egyszerű, egyenáramú potenciáltérképezést (PM). Ez azt jelenti, hogy egymástól távol elhelyezett pontelektrodák közötti területen megméri a felszíni elektromos térerősség-eloszlást.

A pontelektrodákból származó egyenáram, illetőleg kvázi-egyenáram mágneses terének mérését az ún. magnetométeres ellenállásmérés (MMR) alkalmazza. A kanadai *Edwards (1974)* által kidolgozott MMR -módszert elsősorban érckutatásra használják.

E két, egymástól független geofizikai módszert nagy ellenállású medencealjzattal rendelkező földtani modellek esetén éppen a (6) összefüggés kapcsolja össze. Eszerint a fedőüledék horizontális vezetőképessége a PM - és az MMR -módszerek kombinált alkalmazásával is megadható.

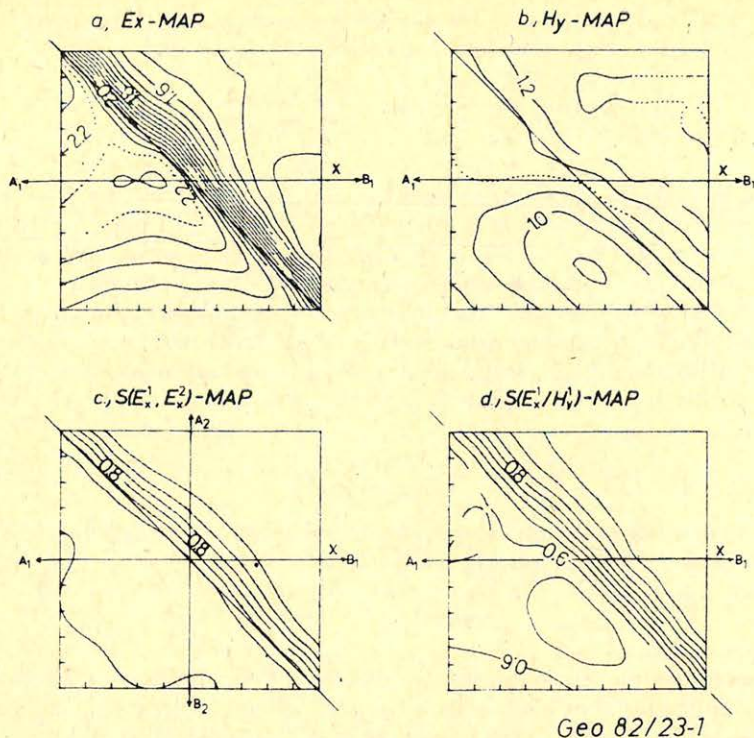
A PM - és az MMR -módszerekkel a medencealjzat-inhomogenitások esetét analóg modellezéssel vizsgáltuk meg. Az *1. ábra* az A és B tápelektrodák terítési irányával 45° -os szöget bezáró csapású, nagy ellenállású aljzatbeli vető fölötti modellezési eredményeket mutatja. Az *1. a. ábra* szerint a PM -módszer E_x -térerősségeloszlása nemcsak a mélybeli szerkezettől, hanem a tápelektrodák terítési irányától is függ. E torzító hatástól a PM -térképek csakis több irányú terítés alkalmazásával tisztíthatók meg, amint ez az *1. c. ábrán* látható.

Az *1. b. ábra* a vető fölötti H_y -téreloszlást mutatja. Az *1. d. ábra* szerint az E_x és a H_y térerősségek abszolút értékeinek hányadosából meghatározott S -térkép egyetlen AB terítési irány mellett is csak a mélybeli vető hatását tükrözi.

A leképezés élességét azonban a tápelektrodák terítési iránya is befolyásolja. Az E_x/H_y impedancia alapján készített S -térkép ebből a szempontból is kedvezőbb: a kizárólag elektromos térerősség-eloszlás alapján meghatározott \bar{S} -térképnél az E_x/H_y impedanciából mintegy 10%-kal nagyobb, a valódihoz közelebb álló elvetési magasság adódik.

Ismeretlen eredetű, távoli elektromos zavarforrások kvázi-stacionárius terének felhasználása a nagy ellenállású medencealjzat kutatásában

A nagy ellenállású medencealjzatot fedő üledék horizontális vezetőképessége nyilván nemcsak a tápelektrodák stacionárius terének mérésével, hanem bármiféle ismeretlen, távoli pont- vagy dipólforrás kvázi-stacionárius tere alapján is meghatározható.



1. ábra. Analóg modellezés egy, az A, B tápelektrodák vonalával 45° szöget bezáró vető fölött
 a) S -térkép az E_x elektromos térerőslás alapján b) A H_y térerősség-eloszlás térképe c) Kétirányú
 terítés alapján számított S -térkép d) S -térkép az E_x/H_y -ből számított Z_{pont} impedancia alapján

Рис. 1. Аналог-модель над сбросом, находящимся под углом 45° к линии питающих электро-
 дов A и B

a) Карта- S на основании распределения электрического поля E_x . б) Карта распределения
 силы поля H_y . в) Карта- S построенная на основании двустороннего разноса. г) Карта- S
 построенная по импедансу $Z_{\text{точ}}$, вычисленному по E_x/H_y

Fig. 1. Results of analogue modeling using quasi-stationary field of point sources above a fault in
 the resistive basement. Angle between the strike and the AB line is 45° . a) Relative S -map of the
 point mapping method using only one layout b) H_y -map of the magnetometric resistivity method
 c) S -map of the PM method using two perpendicular layouts d) S -map on basis of Z_{point} calculated
 from E_x/H_y

A geoelektromos, elektromágneses módszerekkel végzett terepi méréseket gyakran mesterséges (főként ipari eredetű) zajok zavarják. A mesterséges zajok részben éppen ilyen távoli, sokszor nem is azonosítható pont-, vagy dipólforrásokból származnak. A zajforrások szabálytalan idejű impulzusai között gyakran található olyan is, amelyben az energia zömét adó alapharmonikus periódusa S -intervallumbeli érték. A (6) összefüggés alkalmazásának tehát ebben az esetben is van gyakorlati jelentősége.

Sok esetben – még az S -intervallum periódushatárai között is – zavarimpulzus csak az elektromos komponensekben vehető észre, miközben a mágneses komponensekben nem mutatkozik mérhető (legalább $0,01$ gammás) tér-

torzulás. A V' térfogatban a térbeli $\vec{j}'(\vec{r}')$ áramsűrűség-eloszlásra vonatkozó Biot – Savart-törvény szerint a stacionárius áram mágneses tere

$$\vec{H}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi} \int_{V'} \vec{j}'(\vec{r}') \times \text{grad} \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dV' \quad (7)$$

képletéből következik, hogy ez az eset csak akkor állhat elő, ha $\vec{j}'(\vec{r}')$ csak lokális, kis áramerősségű zavarforrásokból származik. Távoli, nagy energiájú források esetén – éppen a fedőüledék horizontális vezetőképessége által is megszabott értékben – mindig jelen kell lennie a mágneses komponensnek is.

Az ipari zavarforrások okozta elektromos és mágneses impulzusok leginkább a magnetotellurikus terepmérések analóg regisztrátumain tanulmányozhatók.

Nagy aljzatellenállás esetén az (1) és a (6) alapján a magnetotellurikus, valamint a pontforrásból számított impedanciákra igaz, hogy

$$\frac{Z_{\text{pont}}}{Z_{MT}} = 2. \quad (8)$$

Ha a pontforrásból származó impulzusokat a magnetotellurikus fajlagos ellenállás képletébe helyettesítenénk, akkor a

$$\varrho_{\text{pont}} = 4 \cdot \varrho_{MT} \quad (9)$$

összefüggés adódna.

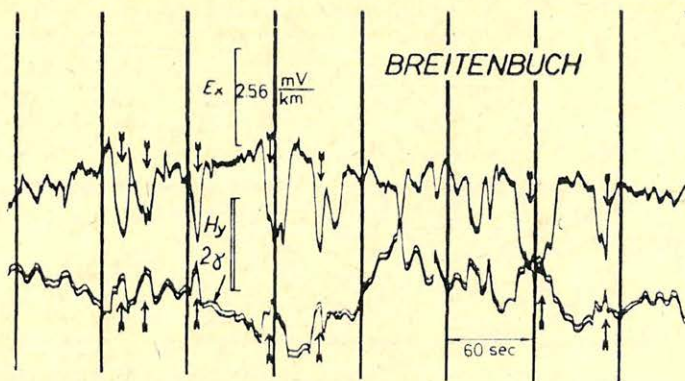
A pontforrás elektromágneses teréből és a geomágneses pulzációkból származó látszólagos fajlagos ellenállások hasonló jellegű eltérést Goldstein és Strangway (1975) is tapasztalta. A (6) összefüggés az S -intervallumbeli eltérés egyszerű fizikai magyarázatát adja.

Terepi példák

Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete magnetotellurikus terepmérései során regisztrált elektromos és mágneses zavarok megfelelő értelmezésével számos, a megállapításokat igazoló példát sikerült találni.

1. Az Ádám *et al.* (1980) által a Grazi medencében Breitenbuchnál végzett magnetotellurikus mélyszondázás során a néhány másodperces periódustartományban, főként az $E_x - H_y$ párban rendszertelen zavarpulzusokat észleltek (2. ábra). Az impulzusok amplitúdójából a magnetotellurika összefüggéseivel számított $\varrho_{\text{zavar}}(\sqrt{T})$ fajlagos ellenállásfüggvény az $E - D$ irányú magnetotellurikus szondázási görbével az S -intervallumban párhuzamosan futott és a $\varrho_{MT}(\sqrt{T})$ -hez képest kerekén 4-szeres értékeket adott, amint ez a 3. ábrán látható. Az S -intervallumbeli 4-szeres eltolódás valószínű oka éppen az volt, hogy az impulzusokat távoli pont-, vagy dipólforrás hozta létre. A pontforrás egyenáramú tere alapján értelmezett horizontális vezetőképesség a magnetotellurikus szondázási görbe megfelelő paraméterével már azonos értéket szolgáltat.

2. A Bakony hegység nyugati előterében végzett MT -szondázások során (Ádám, 1980) 4 állomásponton is különleges tértorzulásokat regisztráltunk; a Geofizikai Kutató Vállalat elektromágneses frekvenciaszondázó csoportja által a földbe táplált 60 amperes, kb. 10 sec periódusidejű négyszögjeleket mértük be. (4. ábra) A magnetotellurikus szondázási pontok a nagy teljesítményű generátortól kb. 20 km-re voltak. (5. ábra)

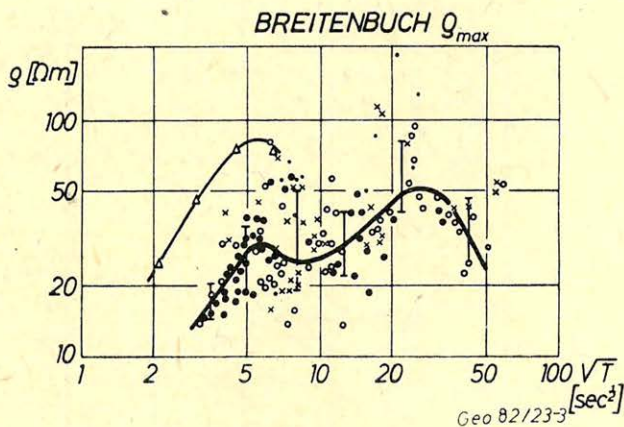


Geo 82/23-2

2. ábra. Ismeretlen eredetű zavarimpulzusok analóg MT-regisztrátumon (Ádám et al. [1980] nyomán)

Рис. 2. Импульсы-помехи неизвестного происхождения на аналоговой записи MT (по Адаму, 1980 г.)

Fig. 2. Noise impulses of unknown origin on an analogue MT record (Ádám et al., 1980)



Geo 82/23-3

3. ábra Magnetotellurikus szondázási görbe a zavarimpulzusokból magnetotellurikus úton számított fajlagos ellenállásértékek feltüntetésével (Ádám [1980] nyomán) Δ : zaj $\bullet \circ *$: magnetotellurikus pontok rendre 8, 4, 2, 1 súlyokkal

Рис. 3. Кривая магнетотеллурического зондирования с нанесенными значениями удельного сопротивления, вычисленного магнетотеллурическим путем по импульсам-помехам (по Адаму, 1980 г.)

Δ : шум, $\bullet \circ *$: магнетотеллурические точки с весами 8, 4, 2, 1

Fig. 3. Magnetotelluric sounding curve with the apparent resistivities obtained from noise-impulses using the expressions of the MT method (Ádám et al., 1980) Δ : noise, $\bullet \circ *$: MT values with weights 8, 4, 2, 1.

A 4 mérési pontban kiszámítottuk a

$$Z_{\text{pont}}^{\text{eff}} = \frac{\sqrt{E_x^2 + E_y^2}}{\sqrt{H_x^2 + H_y^2}} \quad (10)$$

effektív impedanciát. A számított horizontális vezetőképesség-értékek a viszonylag kis amplitúddal jelentkező mágneses kitérések okozta nagyobb hibák ellenére a négy pontban arányosak a triász mészkőaljzat mélységével, amint azt az 1. táblázat mutatja.

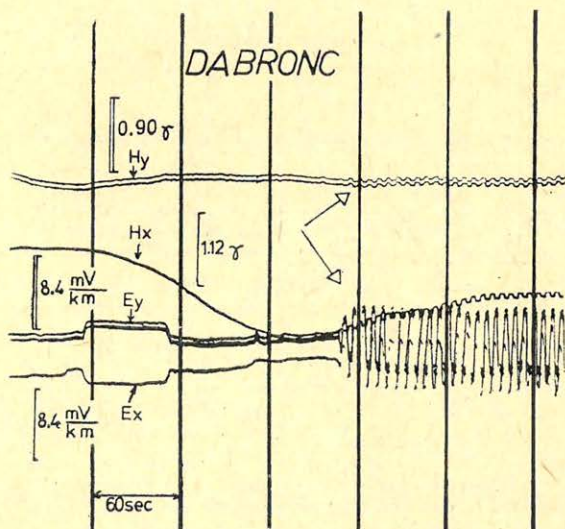
1. táblázat. – Таблица – Table

Számított S -értékek és a triász aljzat mélységei négy MT -pontban

Вычисленные значения S и глубина триасового фундамента в четырех точках MT

Calculated S -values and the depths of the Triassic basement in four MT -points

	S [Ω^{-1}]	H [m]
Ötvös	$25,7 \pm 2,5$	$H_1 > 800$
Dabronc	$13,3 \pm 1,3$	$100 < H_2 < 300$
Gógánfa	$15,2 \pm 1,5$	$300 < H_3 < 500$
Ukk	$19,1 \pm 1,9$	$300 < H_4 < ?$



Geo 82/23-4

4. ábra. Távoli mesterséges frekvenciaszondázás négyzetimpulzusai analóg MT -regisztrátumon

Рис. 4. Квадратные импульсы искусственного частотного зондирования на аналоговой записи MT

Fig. 4. Rectangular impulses of a distant frequency-sounding on an analogue MT record

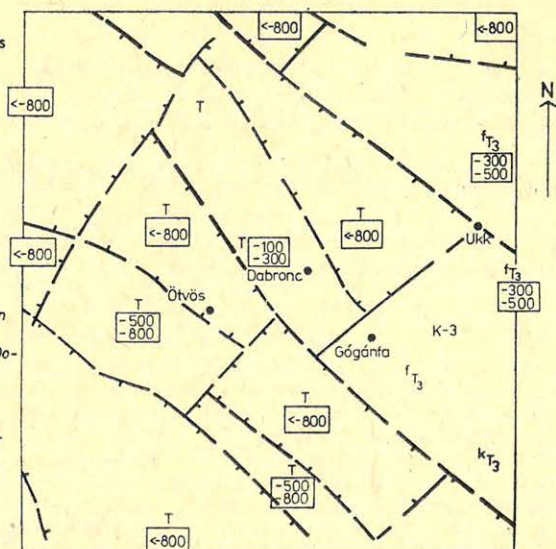
I. Depth of the structural elements (blocks)

-100	-300
-300	-500
-500	-800
<-800 Below -800m	

II. Geological formations

k_{T_3}	Formation of Kössen
f_{T_3}	Formation of Main Dolomite
T	Triassic
— — —	Tectonic elements younger than Upper Cretaceous
●	MTS

0 1 2 3 4 5 km



Geo 82/23-5

5. ábra. A szenon képződmények alatti formációk térképe a Dunántúli középhegység délnyugati részén (Haas J. [1981] nyomán) I.: Az egyes szerkezeti egységek (blokkok) mélysége; II.: Földtani képződmények; k_{T_3} : Kösszeni Formáció; f_{T_3} : Földolomit Formáció; T: Triász; - - -: felsőkréta utáni szerkezeti elem; ●: magnetotellurikus szondázás helye

Рис. 5. Карта, подстилающих сенонские образований, формаций в юго-западной части Задунайской области

I.: глубина отдельных структурных единиц (блоков), II.: геологические образования, k_{T_3} : Кессенская формация, f_{T_3} : формация Основного доломита, T: Триас, - - -: структурная единица после верхнего мела, ●: место магнетотеллурического зондирования

Fig. 5. Depths of formations below Senonian at the south-western area of the Transdanubian Middle Mountains in Hungary (after Haas J. (1981))

Összefoglalás

Láthattuk, hogy távoli, ismeretlen eredetű pont- és dipólforrások kvázi-stacionárius tere a nagy ellenállású medencealjzat térképezésében ugyanúgy felhasználható, mint a magnetotellurika S -intervallumbeli összefüggése. A horizontális \vec{E} és \vec{H} vektorokból képzett impedancia származtatásával kiküszöbölhető a pontforrás helyének és intenzitásának ismerete.

A nagy ellenállású medencealjzat térképezésére ezidáig alkalmazott elektromos komponensek mérése mellett a mágneses térerősség egyidejű mérésétől lényegében tehát az az előny várható, hogy elegendően távol elhelyezett források esetén nem kell tekintettel lenni a forrás és a mérési pont relatív helyzetére. Nem kell geometriai koefficiienst és összehasonlító kétréteges normálteret számítani, a mérési pontokban nyert Z_{pont} impedanciaértékek eloszlását csak a fedőüledék horizontális vezetőképessége szabja meg.

A dolgozatban azt is megmutattuk, hogy a nagyellenállású medencealjzat fölötti fedőüledék horizontális vezetőképessége az ipari eredetű, pontforrásokból származó kvázi-stacionárius zavarimpulzusokból is meghatározható. Ezzel

lehetőség nyílik arra, hogy állandó jellegű nagy teljesítményű ipari elektromos zajforrások akár 20–30 km sugarú környezetében a horizontális vezetőképesség értékére gyors, tájékoztató adatot nyerhessünk.

A jelenség a digitális jelrögzítésű magnetotellurikus méréseknél szabályos hibát okozhat, amely a leírt magyarázat ismeretében korrekcióba vehető.

Köszönetnyilvánítás

Végezetül köszönetet mondok Dr. Ádám Antalnak és Dr. Verő Józsefnek a munkámat segítő értékes tanácsaikért.

IRODALOM

- Ádám, A., Márcz, F., Verő, J., Wallner, A., Duma, G., Gutdeutsch, R., 1980, A Pannon-medence és a Keleti-Alpok közötti átmeneti zónában végzett elektromágneses szondázások eredményei, Magyar Geofizika, 21, 108–119.
- Ádám, A., 1980, Kutatási jelentés az 1980. évi terepi magnetotellurikus mérésekről, Sopron.
- Berdichevsky, M. N., 1968, Elektromos kutatás a magnetotellurikus szelvényezés módszerével (oroszul), Nyedra, Moszkva, 48–49.
- Edwards, R. N., 1974, The magnetometric resistivity method and its application to the mapping of a fault, Can. J. Earth Sci., 11, 1136–1156.
- Godstein, M. A. and Strangway, P. W., 1975, Audiofrequency magnetotellurics with a gradient electric dipole source, Geophysics, 40, 669–683.
- Stratton, J. A., 1941, Electromagnetic theory, McGraw-Hill, New York and London, 230–231.
- Szigeti, G., 1980, A konform leképezés módszerének alkalmazása egyenáramú vonalforrás által keltett, végtelen ellenállású aljzathból kiemelkedő félhenger feletti elektromos tér meghatározására, Magyar Geofizika, 21, 121–133.

Közönségszolgálat

1982. augusztus második felétől minden érdeklődő felkeresheti az *MTESZ-lapok közönségszolgálatát a IX. ker. Mester u. 3. szám* alatt. Itt szövetségünk valamennyi szaklapja megvásárolható, előfizethető, helyben is olvasható. A közönségszolgálat dolgozói szaklapjainkkal kapcsolatban minden felvilágosítást megadnak.

Keresse fel az MTESZ-lapok közönségszolgálatát (Budapest IX., Mester u. 3. sz.).

Nyitvatartás: munkanapokon 10-től 18 óráig.

MTESZ
Sajtó és Propaganda Titkársága