

# A földi áramok eloszlásának vizsgálata Magyarországon

Dr. ADÁM ANTAL és VERŐ JÓZSEF

A tanulmány ismerteti a Magyarországon végzett tellurikus relatív frekvenciaszondázások eredményeit. A Nagycenk melletti obszervatóriumra vonatkozó területarányok 25 sec-os variációk esetén jó áttekintést nyújtanak az üledékes medencék mélységi viszonyairól. A területarány változása a periódus függvényében egyrészt az alaphegység jellegével (mészkö, kristályos pala), másrészt az üledékvastagsággal függ össze. Mód van arra, hogy az üledékhatásra korrigálva a mérési adatokat, az alaphegység jellegét felszíni tellurikus mérésekkel meghatározhassuk. A továbbiakban a tanulmány a Kárpát-medencében talált regionális tellurikus irányinhomogenitás okaival foglalkozik. A medencében jelentkező regionális hatásnak megfelelő korrekció alkalmazása után viz-szamaradó lokális irányítottságok a tektonikai szerkezettel állnak kapcsolatban. Ezt a korrekciót első közelítésben a Nagycenk melletti obszervatóriumra vonatkozó relatív ellipszisek számítása képviseli.

После короткого изложения методики обработки данных измерений, рассматривается вопрос о влиянии сопротивления осадочных отложений и фундамента на кривые зондирования. Делается попытка разделить отдельные типы фундамента известняки, кристаллические сланцы, основываясь при этом только на результатах частотного зондирования теллурических токов.

В дальнейшем анализируется направленность земных токов и рассматривается ее зависимость от региональной тектоники, факторов ионосферно-экзосферного происхождения и рельефа фундамента.

Zusammenfassung: Der Artikel beschäftigt sich mit den Ergebnissen der tellurischen relativen Frequenzsondierungen in Ungarn. Die auf das Observatorium bei Nagycenk bezogenen Flächeninhalte bei 25 sec geben eine gute Übersicht über die Tiefenverhältnisse der Sedimentbecken. Die Änderung der Flächeninhalte in Funktion der Periode ist einerseits mit dem Charakter des Grundgebirges (Kalksteine, kristalline Schiefer), andererseits mit der Mächtigkeit der Sedimenten im Zusammenhang. Es besteht die Möglichkeit nach einer Korrektion für die Sedimentenmächtigkeit den Charakter des Grundgebirges mit Hilfe von tellurischen Messungen zu bestimmen. Im weiteren werden die möglichen Ursachen der regionalen tellurischen Richtungsinhomogenitäten im Karpathen-Becken erörtert. Die für die regionale Richtungsinhomogenität korrigierten Ellipsen zeigen lokale Richtungsinhomogenitäten die mit den tektonischen Linien im Zusammenhang stehen. Die regionale Korrektion wird in erster Annäherung als Bildung der relativen Ellipsen zwischen Feldstation und Observatorium durchgeführt.

## 1. Bevezetés

A MTA Geofizikai Laboratóriuma által végzett országos földáram-mérések eredményeiről már több ízben beszámoltunk a megelőző szimpóziumokon (utóljára [1]-ben). Most egyrészt a mérésekkel, másrészt pedig a feldolgozással és az értelmezéssel annyira előrehaladtunk, hogy lehetségessé vált összefüggő kép felvázolása az ezekkel a mérésekkel kimutatható földtani szerkezetekről, szerkezeti vonalokról, a külső és belső hatásokról és ennek alapján következtetéseket vonhatunk le a mérések felhasználhatóságára vonatkozóan olyan területeken is, ahol a földtani szerkezet egyelőre ismeretlen.

## 2. A mérési anyag

A méréseket, amint azt már részletesebben ismertettük, a következő elv szerint végezzük: főbázis a Nagycenk melletti obszervatórium, az egyes pontokat lehetőleg egyenletesen elosztva az ország területén mozgó terepállomás-

sal mérjük be. Eleinte 2 napig lassú (2 cm/óra) és egy napig gyors (2 cm/perc előtolású) regisztrálást végeztünk. Később egyrészt a napfoltszám csökkenésével együttjáró mágneses tevékenység-csökkenés, másrészt a lassú regisztrátumok feldolgozásának nehézségei miatt úgy döntöttünk, hogy érdemesebb 2 napig csak gyors regisztrálást végezni. Jelenleg is ezt a beosztást követjük. Ezekből a regisztrátumokból az egyes változástípusok fellépése idején abszolút ellipsziseket határozunk meg. A periódustartomány szélső határa általában 5 sec és 1 óra. Az egyidejűleg mért obszervatóriumi abszolút ellipszisek alapján ezeket az ellipsziseket állandó bázisra redukáljuk.

### 3. A relatív frekvenciaszondázások értelmezése

A fent említett mérési adatokból összeállítottuk a mérési pontok és az obszervatórium közötti területarány változását a periódus függvényében. Természetesen egy-egy pont meghatározásához nem lehetett szigorúan egy meghatározott periódushoz ragaszkodnunk, hanem megfelelő periódus-határokat kellett felállítanunk és ezek között a határok között átlagértékeket képeznünk. Megjegyezzük, hogy nem lehetetlen, hogy ez az átlagolás a görbék bizonyos vonásait elmossa, mégsem mehetünk nagyobb részletezésbe anélkül, hogy következtetéseink merészekké ne váljanak. Az ilyen módon kiválasztott 5 perióduscsoport átlagperiódusa 10, 25, 100, 500 és 1000 sec. Az egyes periódusok között a területarány változását a

$$F = t \cdot \log T + \text{konst.}$$

függvénnyel közelítettük meg, ahol a  $F$  relatív ellipszis területaránya,  $T$  az átlagos periódus és  $t$  a területarányának a periódussal való változását jellemző iránytangens. A múlt évi regionális kongresszuson bemutattuk a  $t(1-4)$  térképeket [ $t(1)$  10 és 25,  $t(2)$  25 és 100,  $t(3)$  100 és 500,  $t(4)$  500 és 1000 sec közötti szakaszra vonatkozik].

Ugyanakkor a területarány 25 sec-nál mért értékeinek eloszlását feltűnítő térképünket is bemutattuk. Az utóbbi térkép általában ismert szerkezeteket mutat (pl. az Alföldön a nagy üledékvastagságokat, emellett Szeged – Budapest vonalától Ny-ra a Dunántúl – Bácskai paleozoós küszöböt). Ezzel szemben a  $t(1-4)$  térképeket akkor nem tudtuk kielégítően megmagyarázni.

### 4. A $t(1-4)$ térképeken látható anomáliákat előidéző okok

Vizsgálataink során feltételeztük, hogy ezeknek a térképeknek az anomáliáit a következő okok hozhatják létre:

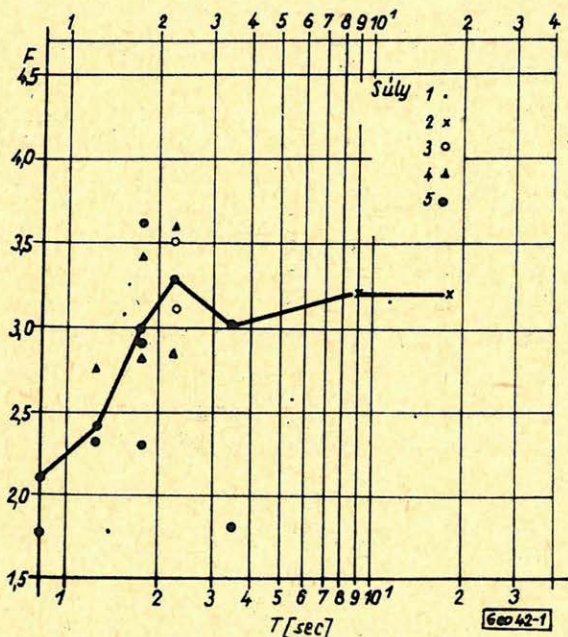
1. A jólvezető üledékes rétegek vastagságának változása.
2. Az üledékek és az alaphegység közötti ellenálláskontraszt.
3. A földkéregben helyetfoglaló, egyelőre ismeretlen ellenállás-inhomogenitások.

Ezeknek a tényezőknek hatása a  $t(1-4)$  térképekben együttesen kell, hogy megmutatkozzék és egyik hatás sem ismerhető fel tisztán, a többitől elkülönítve. Ezt jól mutatja az is, hogy az üledék horizontális vezetőképességét jelző területaránytérkép egyáltalán nem hasonló a  $t$  térképekhez. A térképek értelmezését nehezíti az is, hogy alapjában kettős hatással kell számolnunk: a mérési ponton kívül – fordított irányban – szerepel az obszervatórium általajá-

nak elektromos felépítése is. Ezt azonban egyrészt magnetotellurikus szondázás révén ismerjük, másrészt pedig, mivel ez a hatás minden egyes pontban azonos, felismerhető és így kiküszöbölhető.

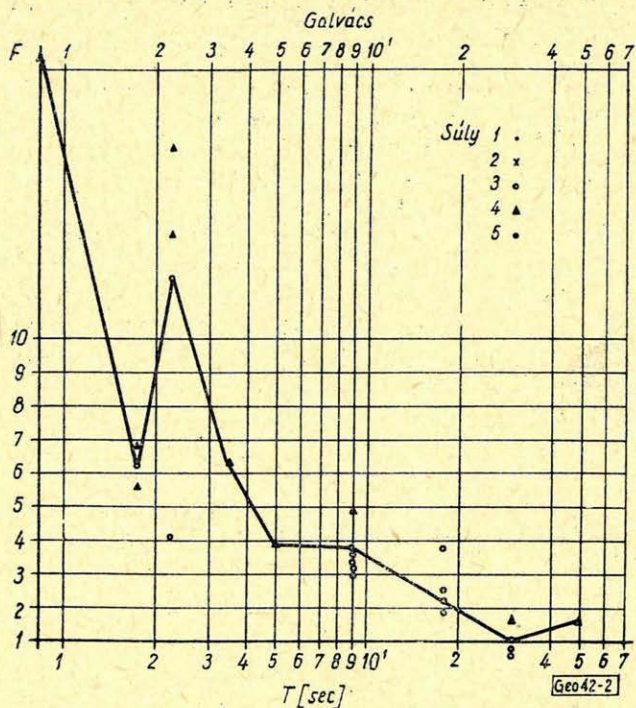
A mérések értelmezéséhez feltétlenül ismernünk kell — legalábbis az ország egy részében — az üledékek vastagságát és az alapkőzet milyenségét. Erre a mélyfúrások, és az ezek alapján végzett elméleti megfontolások révén van lehetőség [2]. Mindenesetre, az elméleti elképzelések hibásak is lehetnek, s így elsősorban a fúrások környékén elhelyezett állomások adataira támaszkodtunk.

A továbbiak szempontjából érdemes két relatív frekvenciaszondázási görbét részletesebben megvizsgálnunk. Az egyiket a Soproni Hegység kristályos paláján mértük, a másikat pedig a Szendrői Hegység mészkövén. 25 sec-nál mindkettőnél maximum van — ez az obszervatóriumi üledék hatása lehet — utána viszont a kristályos palán gyenge emelkedést (+1), a mészkövön gyors csökkenést (-25) tapasztalunk (1., 2. ábra).



1. ábra. Tellurikus relatív frekvenciaszondázás görbéje, Sopron környékén, kristályos pala alaphegység felett mérve („Muck”)

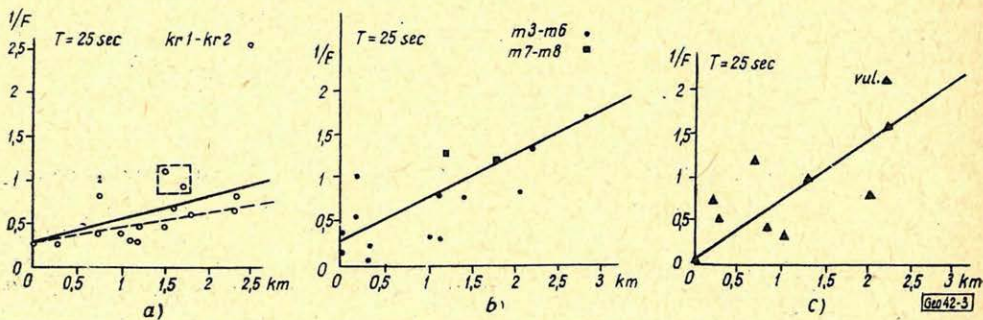
A jelenség magyarázata az, hogy a mészkövek fajlagos ellenállása általában kisebb mint 1000 ohmm, még szárazállapotban is, míg a kristályos pala ellenállása 1000 ohmm-nál általában lényegesen nagyobb, az üledékek ellenállása nagyságrendileg 10 ohmm körüli. Ha ezeknek az adatoknak a figyelembevételével, megszerkesztjük a Yungul-féle kétréteges magnetotellurikus görbék [3] alapján a relatív frekvenciaszondázás várható eredményét (tudva azt, hogy az obszervatóriumban az alapkőzet 1500 m mélységben kristályos pala), nagyon jó közelítéssel a mért görbéket kapjuk vissza.



2. ábra. Tellurikus relatív frekvenciaszondázás görbéje, mészkő-alaphegység felett mérve a Szendrői hegységben („Galvács”)

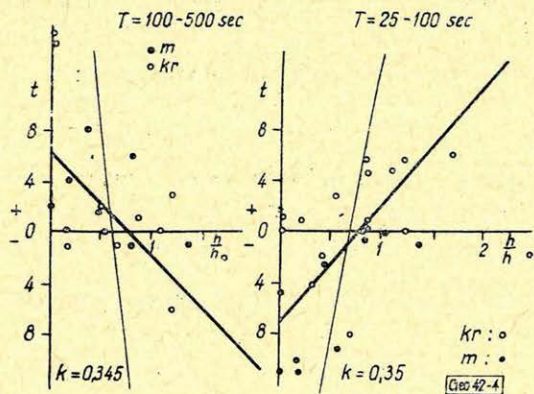
A továbbiakban a pontokat nem egyedileg, hanem statisztikusan vizsgáltuk:

Elsőként a területarányok és az üledékvastagság közötti összefüggést vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy mészkő-alaphegység esetén az áram által átfolyt keresztmetszet viszonylag megnő, míg a kristályos alaphegység esetén az áramok behatolóképesége kisebb (3. ábra). Ezt az eredményt megerősítette a  $t_{25-100}$  térkép vizsgálata is. Először is ezek az értékek lineáris kapcsolat-



3. ábra.  $1/F$  értéke 25 sec-os variációknál a) kr: kristályos pala, b)  $m^3 - m^6$ : paleozoós, triász és jura mészkő,  $m^7 - m^8$ : kréta mészkő, c) vul: vulkánikus képződmények az üledékben (pl. tufa)

4. ábra. A  $t_{25-100}$  ill.  $t_{100-500}$  értékei és a  $h/h_0$  relatív mélység közötti összefüggés



ban vannak az üledékvastagsággal, elsősorban pedig a pannon rétegek üledékvastagságával (4. ábra). A kristályos alaphegység feletti pontok a regressziós egyenes felett, a mészkő feletti pontok  $t$  értéke pedig a regressziós egyenes alatt helyezkedik el általában, az eddigi megállapításokkal egyezően. A pannon rétegek vastagságával a korrelációs faktor  $+0,35$ . Ezzel szemben az üledékvastagság és a  $t_{100-500}$  között hasonló mértékű  $-0,35$ , de negatív korrelációt találtunk, ez az üledék hatásnak ebben a tartományban való csökkenésére utal. Vizsgálataink alapján a 25 sec-nál mért területarányból közvetlenül is lehet következtetni az üledékvastagság ismeretében az alapkőzet mineműségére. Az üledékvastagságot komplex geoelektromos mérésekkel lehet meghatározni.

#### 5. A magyarországi tellurikus főirányok

Eddigi vizsgálataink az országos mérésekkel kapcsolatban inkább a frekvenciaszondázás kérdésére vonatkoztak. Ebben az évben az eddig mért 65 állomásnak a relatív ellipszisést is meghatároztuk az  $(a, b, c, d)$  lineáris vektorfüggvény segítségével [4]. A számításokat elektronikus számítógép végezte. A számítás menete az volt, hogy az egyes mért abszolút ellipszisekből számítottuk az obszervatórium és a mérési pont közötti relatív ellipszis adatait. Egy közelítéssel kellett élnünk: az abszolút ellipsziseknek megfelelő tenzorokat szimmetrikusnak tételeztük fel. Statisztikus feldolgozásnál ez a feltevés csak hosszadalmas kiegyenlítéssel kerülhető el, emellett ilyen irányú vizsgálataink szerint, a szimmetrikus tenzor az esetek túlnyomó többségében (több, mint 95%-ában) még az 1%-os hibahatáron belül is megfelelő eredményt ad.

Ennek a feldolgozásnak az alapján a 65 pontban megkaptuk az abszolút és relatív ellipsziseket, nemcsak összesítve a pulzációk teljes spektrumára, hanem külön a 25 és 60 sec-os változásokra is. Azt vártuk, hogy az abszolút ellipsziseknek az átlaga kör (itt átlag alatt nem egyszerű számtani középértéket kell értenünk, hanem a lineáris vektorfüggvény minden egyes koefficiensének megfelelően súlyozott középértékét), tehát a tellurikus áramok átlagos irányított-sága nulla. Ezzel szemben azt találtuk, hogy az országos átlag nagyjából  $70^\circ$  irányban elnyúlt, azaz nem tér el túlságosan az obszervatórium abszolút ellip-

szisétől, amelyet 3 év regisztrátumai alapján határoztunk meg. Az ellipszisek adatai:

A relatív ellipszisek országos átlaga:

$$a = 1,08, \quad b = -0,08, \quad c = -0,08, \quad d = 0,93$$

Obszervatóriumi ellipszis az országos átlaghoz viszonyítva: (az előző reciprok ellipszise)

$$a = 0,93, \quad b = 0,08, \quad c = 0,08, \quad d = 1,08$$

Obszervatóriumi abszolút ellipszis:

$$a = 36,3, \quad b = c = 9,1, \quad d = 57,1$$

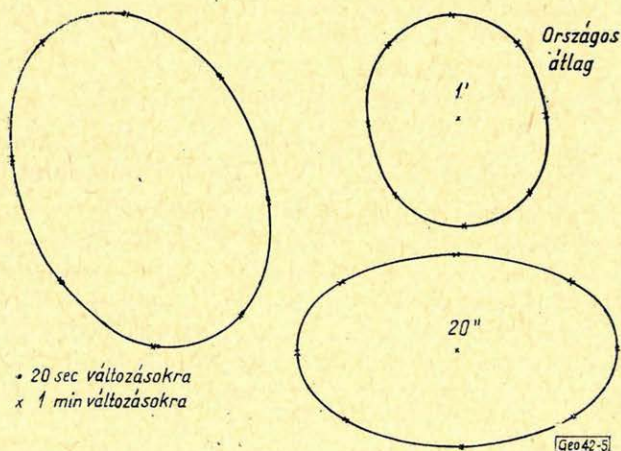
Országos átlag abszolút ellipszis:

$$a = 38,6, \quad b = c = 5,4, \quad d = 52,4$$

Felvetődik a kérdés, mi okozhatja ezt az erős irányítottságot?

Elsőnek azt a lehetőséget vizsgáljuk meg, nem származhatik-e az irányítottság az exoszférából, tehát nem rögtön a keletkezésnél születik meg az inhomogenitás? A kérdés eldöntésére figyelembe kell vennünk, hogy ma már a pulzációkat nem tekintik „véletlen eloszlásúaknak”. Jacobs és Sinno [5] még egyes pulzációk áramrendszerét is megszerkesztette. Így elméletileg megvan a lehetőség a pulzációk irányított keletkezésére. Ezzel szemben a napi változások már nem felelnek meg az ilyen egyszerű keletkezési feltevésnek [6]. Ezt a kérdést a legegyszerűbb volna úgy eldönteni, hogy azonos szélességi övben számos helyen meghatároznánk az abszolút ellipszist. Ezek átlaga megadná – mivel az eltérő geológiai helyzetekből adódó irányítottságok eredője közel nulla –

Obszervatórium relatív ellipszise az országos átlaghoz képest



5. ábra. Az országos (térbeli) átlagellipszis és az obszervatóriumi (időbeli) átlagellipszis közötti relatív ellipszis 20 és 60 sec-os variációk esetén, valamint az országos átlagellipszis ugyanerre a két periódusávra

a kérdéses szélességi övezet átlagos irányítottságát. Sajnos, csak nagyon kevés állomásról ismerjük az ellipszisek helyzetét. Az általunk összegyűjtött, mintegy 20 állomás alapján nem lehetett semmiféle KÉK-i átlagos irányítottságot kimutatni [7].

A kérdés vizsgálatának másik útja a magnetotellurikus eredményekkel való összehasonlítás. A magnetotellurikus ellenállás-ellipszis az abszolút ellipszisek országos átlaga és a kérdéses pont abszolút ellipszise közötti relatív ellipszist adja meg méréseink szerint, legalábbis közelítőleg. Ez azonban nem döntő bizonyítéka az irányítottság exoszférikus eredetének. Ugyanis Ádám kimutatta, hogy mind a tellurikus, mind a földmágneses abszolút ellipsziszben regionális hatások jelentkezhetnek, amelyek a két abszolút ellipsziszből számított magnetotellurikus anizotrópia ellipsziszből kiesnek [8].

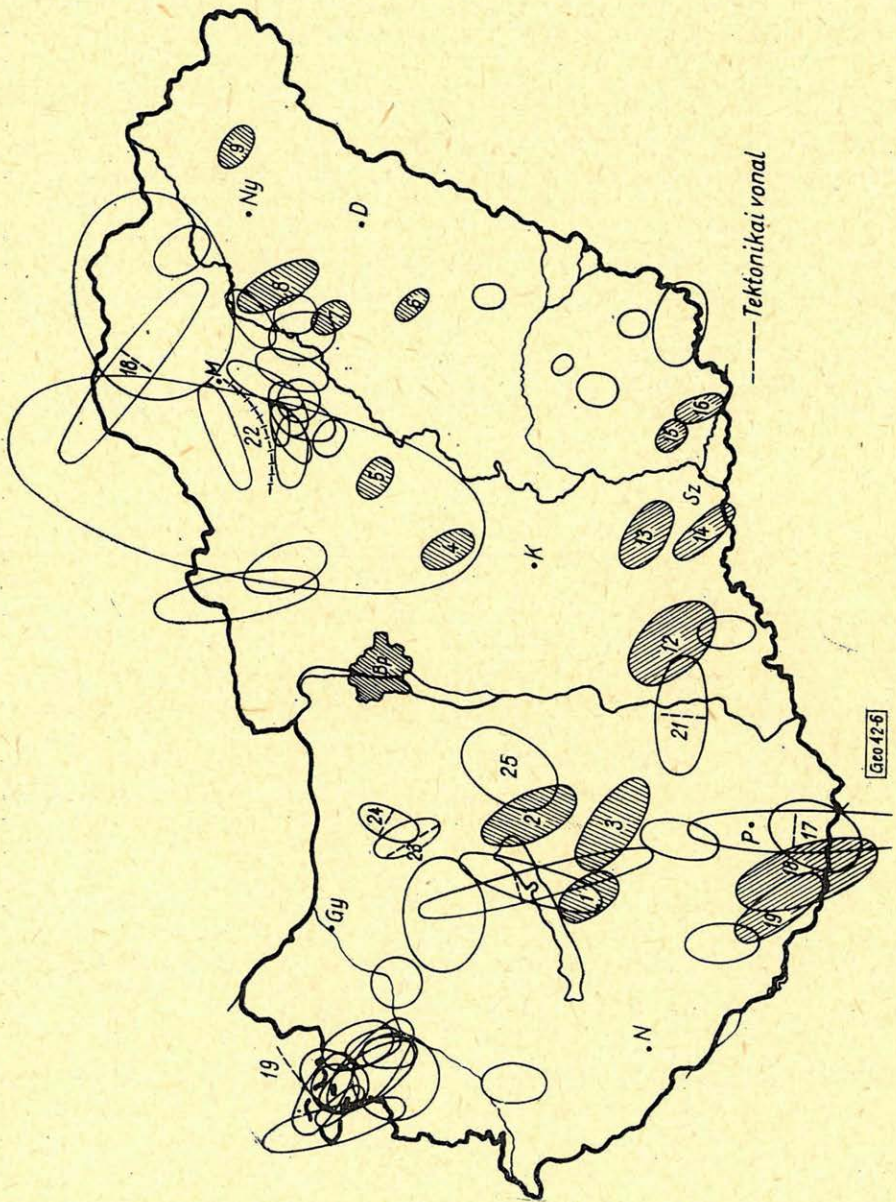
Mint nagyon érdekes eredményt kell itt megemlítenünk, hogy az országos átlagos abszolút ellipszis 20 sec és 1 min között nagyon jelentékenyen megváltozik. 20 sec-os változásokhoz viszonyítva 1 min-nál alig van irányítottság. Ezzel szemben az obszervatóriumnak az átlagra vonatkozó relatív ellipszise csaknem teljesen azonos (5. ábra).

Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a pulzációk regionális irányítottságának kérdését véglegesen még nem tudjuk megoldani. A legvalószínűbbnek az látszik, hogy van külső és belső eredetű irányítottság is, és a Kárpát-medencében a kettő közelítőleg egybeesik. A belső irányítottságot feltehetőleg a kistengellyel párhuzamos vetőrendszerek okozzák: eszerint elektromos szempontból nem a KÉK felé húzódó törésvonalak (pl. a Balaton-vonal) jelentik a fő tektonikai irányt, hanem erre nagyjából merőlegesen, a Scheffer Viktor által felismert Dunántúl – Bácskai Paleozoos-küszöb [9] peremi törései, a Kraistida törésrendszer folytatása és ennek irányában, a Dunántúl nyugati részén Vendel Miklós [10] által geológiai módszerekkel is kimutatott törések.

Végezetül még rámutatunk arra, hogy a méréseink alapján összeállított térkép (6. ábra) a legtöbb esetben közvetlenül megadja a fő tektonikai vonalakat, már legalábbis azokat, amelyek elektromosan is kimutathatók. Így pl. a Balaton vidékétől hosszú szakaszon lehet követni a Balaton-vonallal párhuzamos kistengely-irányokat [a Balaton környékén Tihany (20) és több újabb, fel nem tüntetett pont, továbbá az 1–9. pont]. Ezzel a vonalattal párhuzamosan D-re van egy másik, hasonló irányítottságú vonulat is (10–16. pont). A két vonulat a frekvenciaszondázások térképén is megtalálható, az első egy kivételével negatív (átlag  $-4$ ), az utóbbi csupa pozitív (átlag  $+12$ ) anomáliával. A 17–21. pontban, általában hegyvidéken, mindig a fő tektonikai irányra merőleges a nagy tengely. A Bükk alján (22) a rosszul vezető masszívum körül körbeforgó ellipsziseket [11] láthatjuk. Egyes helyeken két irányítottság eredőjét látjuk (pl. Sározd, 25), máshol (Mór, 23) az elektromos főirány nem esik egybe a tektonikai főiránnyal.

A felvázolt eredmények maguk jelölik ki a jövőben követendő utat: a méréseket tovább szeretnénk folytatni addig, míg az egész ország területét hálózatosan bemérjük, megfelelő számban magnetotellurikus szondázásokkal kombinálva. Az irányítottsági probléma megoldásánál a Kárpát-medencén is túl kell lépnünk.

E helyen szeretnénk köszönetet mondani a Miskolci Nehézipari Egyetem Geofizikai Tanszékének és az Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézetnek az általuk mért bázispontok regisztrátumainak átengedéséért, valamint Zilahi-Sebess Lászlónak az elektronikus számítógéppel történt relatív ellipszis számításokért.



6. ábra. Az obszervatóriumra redukált relatív ellipszisek a regionális mérés egyes pontjaiban (számokat l. a szögvegben)

- [1] *Ádám, A. – Verő, J.*: Ergebnisse der regionalen tellurischen Messungen in Ungarn (Megjelenés előtt az Acta Technica-ban).
- [2] Magyarország vízföldtani atlasza (M. Áll. Földtani Intézet kiadása).
- [3] *Fungul, S.*: Magneto-Telluric Sounding Three-Layer Interpretation Curves (Geophysics, Vol. XXVI., 1961., 465.).
- [4] *Verő, J.*: Die Bestimmung der tellurischen Stationsellipsen (Gerlands Beiträge, Bd. 69., 1960., 257.).
- [5] *Jacobs, J. – Sinno, K.*: World-Wide Characteristics of Geomagnetic Micropulsation (Geophys. Journal, Vol. 3., 1960., 333.).
- [6] *Verő, J.*: Ein Versuch zur Trennung der einzelnen Frequenzbänder der Erdstromvariationen (Geofisica Pura e Appl., 49., 1961., 83.).
- [7] *Ádám, A. – Verő, J.*: Über die Ursachen der Erdstromverteilung in Ungarn mit besonderer Berücksichtigung der Geologie des Landes (Megjelenés előtt a Freiberger Forschungshefteben).
- [8] *Ádám, A.*: Über die Berechnung der magnetotellurischen Anisotropie (Megjelenés előtt a Freiberger Forschungshefteben).
- [9] *Scheffer V.*: A magyar „közbülső tömeg” kérdéséhez (Geof. Közl., IX., 1960., 56.).
- [10] *Vendel M.*: Über die Beziehungen der Kristallinunterbaues Transdanubiens und der Ostalpen (Mitt. d. Geol. Ges. in Wien, 51., 1960., 281.).
- [11] *Ádám, A.*: Über Erdstrommodellversuche (Freiberger Forschungshefte, C 100, 1961., 7.).

## Die geoelektrischen Untersuchungen im Bereiche des österreicherischen Neusiedlersees

V. FRITSCHE

*A nagyterjedésű tó vizének olyan nagy az elpárolgási vesztesége, hogy ezt csak a tó fenekén levő források vize tudja pótolni. 1955-ben a Mörbisch melletti, 121 m mélységig hatoló 1. sz. fúrás 10 finomhomok-víztároló szintet talált. Az ezekből nyert vízminták átlag 26 g/l sótartalmat mutattak. Tauber burgenlandi tartományi geológus a kérdés tanulmányozására hidrogeológusokkal, geoelektromos, vegyész, balneológus és más szakemberekkel együtt kutatócsoportot szervezett. A geoelektromos csoport vezetője az előadó.*

*Magának az ásványviznek a fajlagos ellenállása kicsi, 0,5–3,0 ohmm, míg a vele átitatott rétegé 10–30 ohmm, a tó vizéé 5–10 ohmm. Az izoohm térképen az ásványvíz előfordulása szempontjából a 10–20-as izoohm vonaloknak van különleges jelentősége. A geoelektromos mérések célja, hogy a fúrások helyét kijelöljék.*

*Egy újabban felmerült probléma megoldása céljából magában a tóban is történtek mérések. Ugyan-is Mörbisch és Illmitz között a tóban gátat készülnek építeni, ennek alapozási kérdéseit vizsgálják geoelektromos módszerrel.*

*Eddig egyenárammal 4 elektródás elrendezésben mértek. Ujabban 6 elektródás eljárással kísérleteznek.*

*A Fertő vidékének gyógyközponttá fejlesztésére egy külön tervező vállalat alakult, amelyben az osztrák állam is részt vesz.*