

# GEOFIZIKAI KÖZLEMÉNYEK

---

XIX. KÖTET, 1–2. SZÁM

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST

1970

Felelős szerkesztő:

MÜLLER PÁL

Szerkesztő bizottság:

ÁDÁM OSZKÁR, BARTA GYÖRGY, BENCZE PÁL, EGYED LÁSZLÓ, ERKEL ANDRÁS,  
HAÁZ ISTVÁN, POSGAY KÁROLY, RÁDLER BÉLA, SEBESTYÉN KÁROLY,  
SZILÁRD JÓZSEF, TAKÁCS ERNŐ

Szerkesztő:

SZÉNÁS GYÖRGY

ETO (UDC) 550.3 (061.6.055.2) (439.151)

Felelős kiadó: MÜLLER PÁL igazgató

Megjelent a Műszaki Könyvkiadó gondozásában

Azonossági szám: 0174; terjedelme: 6,5 (A/5) Példányszám: 1140

69.1860 Állami Nyomda

## TARTALOM

<i>Szabadváry László – Vincze János</i> : GE – 50 típusú, alacsonyfrekvenciás geoelektromos ellenállásmérő berendezés .....	5
<i>Bodoky Tamás – Greutter Antal</i> : Az optimális terítési geometria meghatározása közös mélységpontos észlelési-rendszerekben .....	15
<i>Andrássy László – Mészáros Ferenc – Uhlmann Norbert</i> : Radioaktív fúrólukmodell-mérések legújabb eredményei .....	23
<i>Csókás János – Egerszegi Pál – Vitális György</i> : Geoelektromos mérések a miskolctapolcai Nagykőmázsán .....	33
<i>Kardeván Péter</i> : Elektromechanikus szűrőrendszerek átviteli függvényének számítása az elektromos hálózatanalízis módszerével .....	41
<i>Ádám Antal</i> : Van-e kapcsolat a felsőköpeny jólvezető rétegének mélysége és a horizontálisan inhomogén felszíni geoelektromos szelvény között a magnetotellurikus frekvenciaszondázásoknál (MTSZ)? .....	49
<i>Ádám Antal</i> : Néhány kvantitatív adat a Magyar Medencében végzett relatív tellurikus frekvenciaszondázásokról .....	55
<i>Ádám Antal</i> : A jólvezető réteg mélységének grafikus meghatározási lehetősége és annak korlátai a magnetotellurikus frekvenciaszondázásánál .....	61
<i>Varga Péter</i> : A tihanyi gravitációs árapály regisztráló állomás 1967. II. félévi regisztrátumainak harmonikus analízise .....	69

## CONTENTS

<i>L. Szabadváry</i> : – <i>J. Vincze</i> Low-frequency geoelectrical resistivity-measuring equipment Type GE – 50 .....	5
<i>T. Bodoky</i> – <i>A. Greutter</i> : The determination of optimum spread-geometry in CDP systems .....	15
<i>L. Andrásy</i> – <i>F. Mészáros</i> – <i>N. Uhlmann</i> : Recent results in radioactive probe-calibrations under model-well circumstances .....	23
<i>J. Csókás</i> – <i>P. Egerszegi</i> – <i>Gy. Vitális</i> : Geoelectrical survey in the Nagykőmázsa limestone quarry at Miskolctapolca .....	33
<i>P. Kardeván</i> : Calculation of transmission-functions of electromechanical filter-systems by electric network-analysis .....	41
<i>A. Ádám</i> : What is the truth about the connection between the depth of the low-resistivity channel of the upper mantle and the horizontally inhomogeneous geoelectric constitution of the surface, in the magnetotelluric frequency-soundings? .....	49
<i>A. Ádám</i> : Some quantitative contribution to the telluric relative frequency-soundings (RTSF) in the Hungarian Basin .....	55
<i>A. Ádám</i> : The nomographic traceability of the depth of the low-resistivity channel of the upper mantle in the MTS, and its limitations .....	61
<i>P. Varga</i> : Harmonic analysis of Earth-tide observations in the second half of 1967 as recorded in Tihany .....	69

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

<i>Л. Сабадвари Л. Винце:</i> Низкочастотная электроразведочная аппаратура типа GE-50 .....	5
<i>Т. Бодоки – А. Грейттер:</i> Определение оптимальной геометрии установок в системах наблюдения по методу ОГТ .....	15
<i>Л. Андраши – Ф. Месарош – Н. Улман:</i> Результаты радиологических исследований на моделях буровых скважин .....	23
<i>Я. Чокаш – П. Эгерсеги – Д. Виталиш:</i> Электроразведочные работы в районе Надькёмажа .....	33
<i>П. Кардеван:</i> Вычисление характеристик электромеханических систем фильтрации путем анализа электрических цепей .....	41
<i>А. Адам:</i> К вопросу о связи глубины залегания хорошо проводящего слоя верхней мантии с горизонтально неоднородным геоэлектрическим строением поверхности по данным магнитотеллурического частотного зондирования .....	49
<i>А. Адам:</i> Некоторые количественные данные об относительных теллурических частотных зондированиях, проведенных в Венгерском бассейне .....	55
<i>А. Адам:</i> Возможности и ограничения графического метода определения глубины залегания хорошо проводящего слоя по данным магнитотеллурического частотного зондирования .....	61
<i>П. Варга:</i> Гармонический анализ гравиметрических записей земных приливов, полученных в Тиханьской обсерватории за второе полугодие 1967 года .....	69

## GE – 50 TÍPUSÚ, ALACSONYFREKVENCIÁS GEOELEKTROMOS ELLENÁLLÁSMÉRŐ BERENDEZÉS

SZABADVÁRY LÁSZLÓ – VINCZE JÁNOS\*

Л. САБАДВАРИ

### НИЗКОЧАСТОТНАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНАЯ АППАРАТУРА ТИПА GE-50

Описываемая аппаратура, разработанная в Венгерском геофизическом институте им. Л. Этвеша предназначена для инженерно- и гидрогеофизических исследований, а также для поиска месторождений полезных ископаемых, залегающих на небольших глубинах (не более 100 м). По сравнению с серией ранее разработанных устройств типа GE рассматриваемая аппаратура имеет новую конструкцию. При разработке этой аппаратуры основная цель была создать с усиленным использованием транзисторных электронных схем совершенно просто обслуживаемую, малогабаритную аппаратуру, чувствительность которой превышает на два порядка чувствительность предыдущих типов. Селективные усилители с хорошей характеристикой, а также использование тока питания 6 гц позволяют проводить исследования с помощью этой аппаратуры а районах с сильными промышленными помехами, даже в городах.

L. SZABADVÁRY

### LOW-FREQUENCY GEOELECTRICAL RESISTIVITY-MEASURING EQUIPMENT

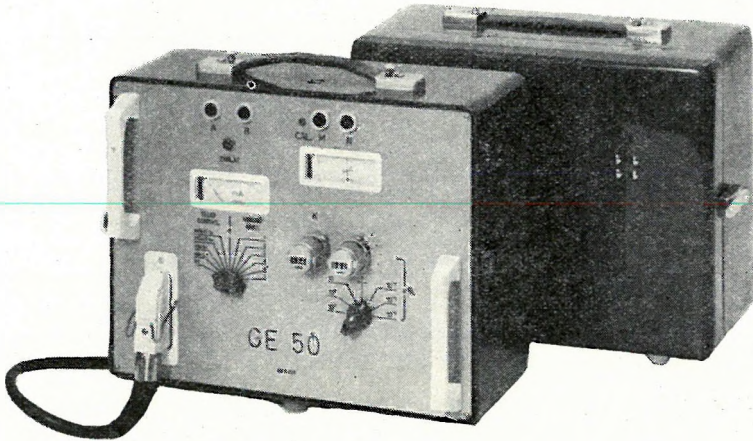
Type GE – 50

This equipment, constructed in the ELGI, has been developed for engineering-geophysical investigations and for prospecting of minerals not deeper than 100 m. The construction represents a break-up with the earlier types of the GE „family“. Its construction has aimed at a quite simply operable, small-sized equipment, by an ample use of transistorized parts, and at a sensitivity which is higher by two orders of magnitude in comparison to the earlier ones. Its selective amplifiers of good characteristics and the use of 6 eps supply current allows measurements also in industrially disturbed areas and townships.

A GE–50 típus (1. ábra) változást jelent a korábbi magyar műszerkonstrukciókhoz (GE–10, –20, –23) viszonyítva. A típus a geoelektromos ellenállásmérés egyik gyakori alkalmazási területére – mérnökgeofizikai vizsgálatokra, kismélységű nyersanyagkutatásra, vízkutatásra – készült. A váltóáram használata az egyenárammal szemben lehetővé teszi az ipari zavaróáramok szűrését, fölöslegessé a PS kompenzációt, elvileg megoldhatóvá a közvetlen  $\frac{\Delta V}{I}$  hányados mérését, valamint  $\Delta V$  mérőkörében az érzékenység

\* M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest.  
A kézirat beérkezése: 1968. ápr. 10.

és bemenő impedancia lényeges növelését. A GE-50 felépítése ezeket az előnyöket igyekszik hasznosítani, tápáramként alacsony – módszertanilag és gyakorlatilag is az egyenárammal ekvivalens – 6 Hz-es frekvenciát választva.

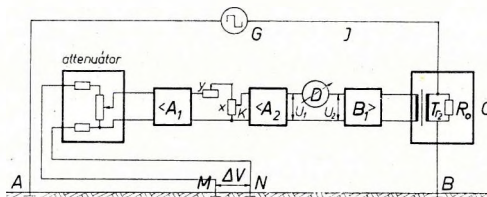


1. ábra. A GE-50 berendezés műszeregysége összekapcsolva a tápforrással  
 Фиг. 1. Аппаратурная часть устройства GE-50 с источником питания  
 Fig. 1 The measuring unit of the equipment GE-50, connected to the supply unit

### 1. Elvi működés, az automatikus számítás egyenlete (2. ábra)

Az alacsonyfrekvenciás  $I$  tápáram az  $A$  elektródára, illetve a  $C$  egységen keresztül a  $B$  elektródára jut. A  $C$  egység  $R_0$  ellenállásáról  $I$ -vel arányos  $U_2$  referencia feszültség kerül a  $B_1$  szelektív erősítőn keresztül a  $D$  galvanométerre; a mérő- és a tápáramkör elektromos szétválasztását, a referenciajel átvitelét a  $Tr_2$  csatoló transzformátor biztosítja. Az  $MN$  elektródapáron jelentkező  $\Delta V$  feszültség az  $E$  feszültségosztón (attenuátor), az  $A_1$  szelektív erősítőn, az  $\gamma$ -nal és  $x$ -szel jelölt változtatható ellenálláson és az  $A_2$  szelektív erősítőn át kerül ugyancsak a  $D$  galvanométerre.

Mérésnél az  $x$  ellenállást előzetesen úgy állítjuk be, hogy a bekapcsolt ellenállásrész  $K$ -val, az  $A, M, N, B$  elektródaelhelyezkedéstől függő állandóval legyen egyenlő. Ezután bekapcsoljuk az  $I$  tápáramot, majd az  $\gamma$  ellenálláson



2. ábra. Tömbvázlat a mérőberendezés elvi működéséhez

Фиг. 2. Схема принципа работы аппаратуры

Fig. 2 Block diagram to the theoretical way of operation of the equipment

értékét változtatjuk mindaddig, amíg a  $D$  galvanométer feszültségmentes állapotba jut, vagyis

$$U_1 = U_2. \quad (1)$$

Az  $U_1$  és  $U_2$  érték:

$$U_1 = \frac{\Delta V \cdot A_1 \cdot A_2}{E} \cdot \frac{K}{x+y}, \quad (2)$$

ahol  $K$ ,  $x$  és  $y$  ellenállás értéke adott,  $E$  a feszültségosztás mértéke,  $A_1$  és  $A_2$  az erősítők effektív feszültségerősítése.

$$U_2 = I \cdot C \cdot B_1, \quad (3)$$

ahol  $C$  az egymással párhuzamosan kapcsolt  $R_0$  ellenállásnak, a  $Tr_2$  transzformátor  $Z$  impedanciájának, valamint a transzformátor átviteli tényezőjének függvénye,  $B_1$  a feszültségerősítés. Legyen

$$x+y = R. \quad (4)$$

Helyettesítsük a (2), (3) és (4)-et az (1)-be

$$\frac{\Delta V \cdot A_1 \cdot A_2}{E} \cdot \frac{K}{R} = I \cdot C \cdot B_1,$$

$$\text{ebből } K \frac{\Delta V}{I} = E \frac{C \cdot B}{A_1 \cdot A_2} R.$$

Mivel a mérendő látszólagos ellenállás

$$\varrho_L = K \frac{\Delta V}{I}, \quad (5)$$

így

$$\varrho_L = E \frac{C \cdot B}{A_1 \cdot A_2} R. \quad (6)$$

A (6) egyenlet a műszer gyakorlati működését a következőképpen biztosítja:

a) Az  $x$  és  $y$  ellenállás szerepét 0,1% linearitású helikális potenciométerek (helipotok) töltik be.  $y$  helipoton a digitális leolvasás korrigált, s így közvetlenül az  $x+y = R$  ellenállás értékét adja meg;

b)  $\frac{C \cdot B_1}{A_1 \cdot A_2} = 1$ , a műszer állandója;

c) „ $E$ ” a műszer látszólagos ellenállásra vonatkozó érzékenysége.

Észleléstechnikailag tehát a műszer egyenlete:

$$\varrho_L = E \cdot R, \quad (7)$$

ahol  $R$  az  $y$  helipotról leolvasott érték, amely egyetlen ütemben ( $\frac{\Delta V}{I}$  függvénye-

ként) mérhető. Ezt a hányadost szorozza be a műszer  $K$ -val. „ $E$ ” az érzékenységhkapcsoló állása, amely a 10 egészszámú hatványai szerint változik. A műszer üzemeltetéséhez ezenkívül csak az  $x$  helipotra ( $K$  előzetes beállítása) és az  $I$  tápáramkapcsolóra van szükség.

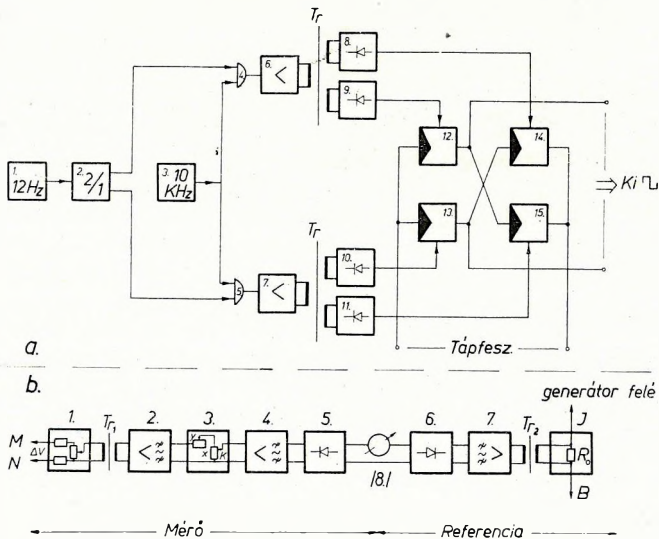
## 2. Elektronikus felépítés

A berendezés teljes egészében tranzistorizált kivitelben készült. A táp-generátor felépítése vivőfrekvenciás rendszerű, kapcsolóüzemű megoldás, így kis súly és térfogat mellett, rendkívül jó hatásfok biztosítható.

A generátor felépítését a 3/a ábra mutatja. Az (1) 12 Hz-es alaposzcillátor kimenő jelét a (2) frekvenciaosztó felezi, így a kimenő négyzetjél szimmetriája az alaposzcillátor jelalakjától függetlenül biztosított.

A (2) frekvenciaosztó két ellenütemű kimenete és a (3) vivőfrekvenciás (kb. 10 kHz-es) oszcillátor kimenete vezérli a (4) és (5) logikai „és” szerepet betöltő kapukat, amelyek a (6) és (7) meghajtó fokozatokon és a (8); (9); (10); (11) demodulátorokon keresztül vezérlik az elektronikáról a  $Tr_1$  és  $Tr_2$  transzformátorokkal leválasztott (12); (13); (14); (15) kapcsolóüzemű invertekből álló végfokot. A végfok vezérlése olyan rendszerű, hogy ha a (13) és (14) kapcsolók (inverterek) nyitnak, akkor a (12) és (15) zár és viszont.

A vivőfrekvencia alkalmazása teszi lehetővé a rendszer kapcsolóüzemű elektronikus megoldásait, valamint azt, hogy a generátornak nincs alsó frekvenciakorlátja (jeltorzulás-tetőzés).



3. ábra. a) A vivőfrekvenciás generátor logikai vázlata; b) a mérőrendszer logikai vázlata  
 Фиг. 3. а) Логическая схема генератора несущих частот  
 б) Логическая схема измерительной системы

Fig. 3 a) Logical scheme of the carrier-frequency generator; b) logical scheme of the measuring system

Az (1) 12 Hz-es alaposzcillátor is kapcsolóüzemű megoldásban dolgozik, tervezésénél és kivitelezésénél a fő szempont az idő és hőmérséklet függvényében mért frekvenciastabilitás biztosítása volt.

A generátor részére 40 db 1,5 V-os góliátelelem biztosít  $2 \times 60$  V tápfeszültséget.

A mérőrendszer felépítését a 3/b. ábra mutatja.



Az (1) attenuátor öt fokozatban dekádikus feszültségosztással váltja a mérőrendszer érzékenységét. A szimmetrikus kiképzésű attenuátor táplálja a  $Tr_1$  transzformátoron keresztül a (2) frekvenciaszelektív előerősítő bemenetét. Ez az előerősítő hajtja meg a (3)  $K$  értékállító és az  $y$  kompenzáló egységet (számológépet), amit a (4) ugyancsak szelektív végerősítő követ. A mérőerősítőről jövő jelet az (5) egyenirányítja a (8) galvanométer előtt.

A referencia-rendszer bemenő jelét a tápáramkörbe kapcsolt  $R_0$  ellenállásról a  $Tr_2$  transzformátor szolgáltatja. A (7) szelektív erősítő azonos felépítésű a korábban említett (4) egységgel. A (6) egyenirányító ugyancsak az (5) alattival azonos.

A rendszer kiegyenlített akkor, ha a (8) mutató műszer a mérő és referencia-rendszer kimenete között feszültségkülönbséget nem mutat.

A mérőrendszer frekvenciaszelektív kivitelű (ami az ipari és egyéb természetű zavarelnyomás érdekében szükséges), ezért csak a négyszögjel alap-harmonikusát dolgozza fel. Ez tette indokolttá, hogy a referenciarendszer is frekvenciaszelektív legyen, és így összehasonlításra is az alapharmonikus álljon rendelkezésre.

A fenti rendszertechnikai megoldás nagymértékben függetleníti a mérést az esetleges jelalaktorzulástól is.

### 3. Szigetelés

A műszer szerkesztésénél komoly nehézséget okozott a megfelelő szigetelés biztosítása. A mérőegységben a mérőkörnek ( $\Delta V$ ) és a tápáramkörnek ( $I$ ) egymás mellett kell elhelyezkednie; ez az elvi felépítésből következik (pl.  $Tr_2$  transzformátor szerepe). A generátor maximális tápfeszültsége 120 V, a mérőerősítő érzékenysége  $0,4 \mu \text{ V/mm}$  (a galvanométer skáláján értve). Figyelembe véve a mérőkörben az erősítő rendszer és a galvanométer eredő áramerősség érzékenységét ( $4 \cdot 10^{-11} \text{ A/mm}$ ), ez 3 millió Mohmm maximális szigetelés-követelményt jelent. Gyakorlati tapasztalat, hogy ilyen szigetelést tartósan, terepi körülmények között a legjobb anyagok sem biztosítanak, elsősorban a felületükön lerakódó szennyeződés miatt.

A megadott maximális szigetelés elméleti érték: ettől jelentősen eltérő adatokat is nyerhetünk, ha részegységekre bontjuk a mérőkört és tápáramkört, s csak egyes szakaszok között vizsgáljuk az „átvezetés lehetőségét”. A GE—50 típus tervezésénél előzetesen a műszer elválasztható részegységein külön-külön vizsgáltuk meg a szigetelésigényt, és elkülönítve a különösen kritikus helyeket, már a mechanikai felépítést is ennek megfelelően alakítottuk ki, szükség szerint speciális szigetelőanyagokat, helyenként árnyékoló köröket is felhasználva.

Szemléltetésül a műszer egyik különösen kritikus szakaszán adjuk meg a szigetelésszámítás gondolatmenetét.

A 4. ábra a berendezés elvi vázlatát, a szigetelés szemszögéből egyszerűsítve mutatja;  $R_{MQ}$  a tápáramkör  $A$  és „ $c$ ” pontja közötti szakaszát, illetve a mérőkör „ $a$ ” és „ $b$ ” pontja közötti szakaszát elválasztó szigetelőanyagok felületi eredő ellenállása.  $R$  az  $M'$  és  $N'$  pont közötti közzettömeggel effektív ellenállását jelképezi.  $R_M$  és  $R_N$  az  $M$  és  $N$  mérőelektróda átmeneti ellenállása.  $R_{AM}$  és  $R_{NB}$  az  $A$  és  $B$  tápelektróda átmeneti ellenállása (a további számításoknál a mérő-

és tápelektrodák közti közettömeg effektív ellenállását is idesoroljuk).  $R_E$  az (1) attenuátorban levő előtétellenállás,  $R_F$  az attenuátor feszültségejtő ellenállása, amely a (2) előerősítőhöz csatlakozik  $Tr_1$  transzformátoron keresztül.

A GE-50 mérőberendezés a  $\varrho_L$  értékét úgy határozza meg, hogy az  $R_F$  ellenálláson jelentkező feszültséget ( $U_V$ ) viszonyítja a tápáramkör  $R_0$  ellenállásán jelentkező feszültséghez ( $U_I$ ). Mindkét feszültség erősítés után a  $D$  galvanométerre kerül, tehát ez a felerősített  $U_1$  és  $U_2$  feszültségek különbségét jelzi. A tulajdonképpeni mérés a (3) számológység segítségével történik, ahol  $U_1$  feszültséget  $y$  ellenállással változtatjuk (illetve mérés előtt  $x$  ellenállásnak  $K$  értékére való beállításával is megváltozik  $U_1$  értéke). Ettől eltekintve a mé-

rés alatt az erősítés nem változtatható a galvanométer egyik oldalán sem  $\left[ \frac{U_2}{U_1} = \right.$   
 $\left. = \text{konstans és } \frac{U_1}{U_{AV}} = f(x, y) \right]$ .

Az elmondottakból következik, hogy az átvezetés ott a legveszélyesebb, ahol erre lehetőség van a nagyfeszültségű tápáramkör és a mérőkör (2) előerősítő előtti szakasza között. Ha az  $A$ - $c$ . és  $a$ - $b$ . szakaszok között tökéletes a szigetelés ( $R_{M\Omega} \rightarrow \infty$ ), az  $R_F$  ellenálláson valóban csak a  $\Delta V$  hatására fellépő  $U_{AV}$  feszültség jelentkezik. Ha azonban  $R_{M\Omega}$  véges érték, a rajta áthaladó, úgynevezett „átvezetési áram” egy része  $R_F$  ellenálláson is áthalad, amelyen  $U_{AV}$ -vel mellett hibafeszültséget ( $U_F$ ) hoz létre. Ezt a hibafeszültséget az erősítők  $U_{AV}$ -vel egyenlő mértékben erősítik, ami  $\varrho_L$  meghatározásánál is hibát okoz, mégpedig  $\frac{U_F}{U_{AV}}$  arányban. A feladat megoldása tehát a következő:

Ábrázoljuk a 4. ábrát a számításoknak megfelelőbb formában (4/a), majd végezzünk I, II és III pontok közötti háromszögben delta-csillag hálózatátalakítást. A csillag hálózat (4/b.) figyelembevételével számítható az  $R_F$  ellenálláson fellépő feszültség:

$$U_5 = \frac{R_F}{R_{III} + R_F + R_N} U_3, \quad (7)$$

ebből a hibafeszültség

$$U_F = U_5 - U_{AV}. \quad (8)$$

(8)-ban  $U_5$  (7) szerint adott  $U_{AV}$  értéke egyszerűen számítható, ha 4/a. hálózatban  $R_{M\Omega}$ -t  $\infty$ -nek tételezzük fel.

Példaképpen számoljunk a terepen gyakran előforduló olyan értékekkel, amelyek maximális szigetelést követelnek. Legyen a műszer szigetelése a terepi körülmények között gyakorlatilag is biztosítható érték:

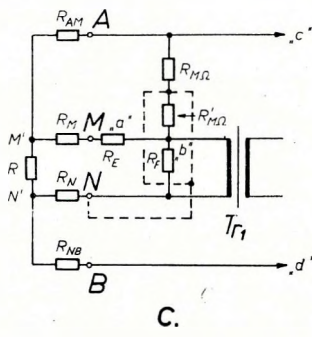
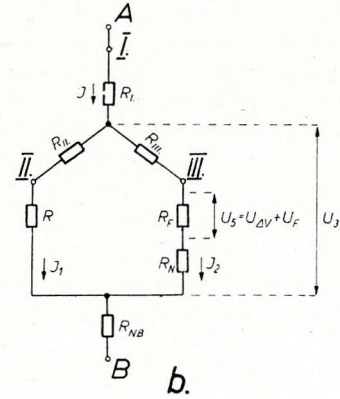
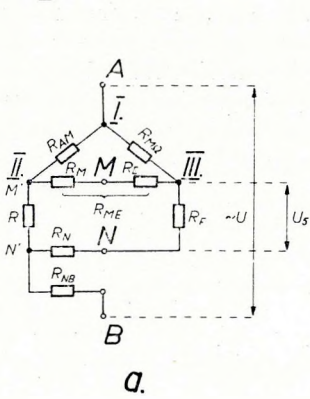
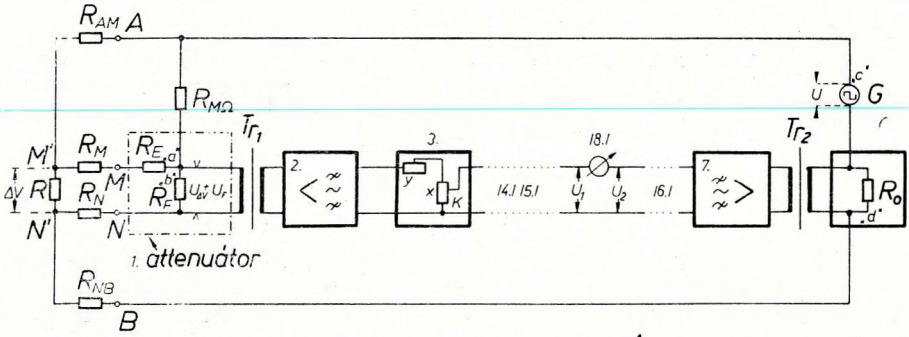
$$R_{M\Omega} = 100 \text{ Mohm.}$$

A többi adat:  $R_M = R_N = R_{AM} = R_{NB} = 500 \text{ ohm}$ ;  $R = 3,45 \cdot 10^{-1} \text{ ohm}$ , amely  $AB = 64 \text{ m}$  és  $MN = 20 \text{ m}$ -es elektrodaállásnál a talaj 50 ohm-es látszólagos ellenállásának felel meg. Az attenuátor előtétellenállása:  $R_E = 1 \text{ Mohm}$ , feszültségejtő ellenállása:  $R_F = 1000 \text{ ohm}$ . Az impulzusgenerátor feszültsége

$U = 120 \text{ V}$ .

A mérendő feszültség  $U_{\Delta V} = 4,12 \cdot 10^{-5} \text{ V}$ ,  
 a hibafeszültség  $U_F = 5,99 \cdot 10^{-4} \text{ V}$ ,  
 $\varrho_L$  mérésénél elkövetett hiba

$$\mu = \frac{U_F}{U_{\Delta V}} 100 \sim 1450\%.$$



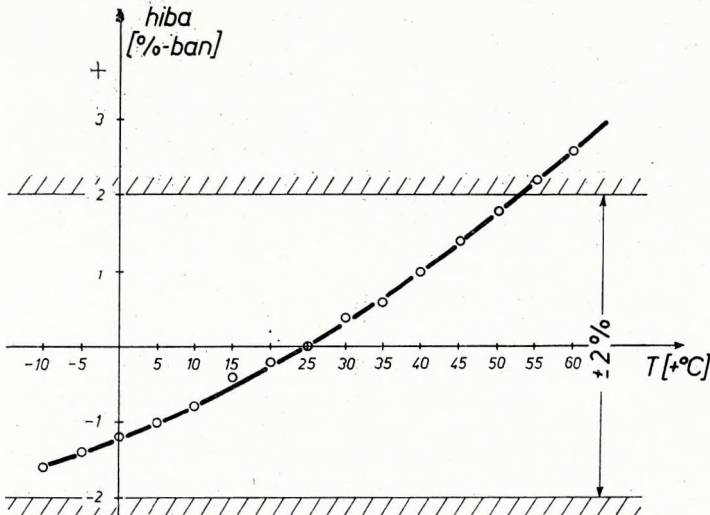
4. ábra. Szigetelésvizsgálat  
 Фиг. 4. Исследование изоляции  
 Fig. 4 Insulation test

Ha az  $R_F$  ellenállást árnyékoljuk, s a teljesen zárt árnyékoló kör és az ellenállás között 100 Mohm szigetelést ( $R'_{M\Omega}$ ) biztosítunk, az árnyékolást pedig az  $N$  elektródára kapcsoljuk (4/c. ábra), akkor az  $R_F$ -en keresztülhaladó átvezetési áram  $\frac{1}{10^5}$ -ed részére csökken, vagyis úgy tekinthetjük, mintha a mérőkör és a tápáramkör közötti kérdéses szakaszon a szigetelés  $10^5$ -szörösére (10 millió Mohm-ra) növekedett volna. Az attenuátor végleges kivitelezésénél az  $R_E$  ellenállás két részre osztott (lásd a 2. ábrát), s így az átvezetési lehetőségek tovább csökkennek. Hasonló elven a műszer néhány más egysége is árnyékolt, pl. a  $Tr_2$  transzformátor primer és secuder tekerese közötti szakasz stb.

#### 4. A berendezés műszaki adatai

a) Generátor. Tápáram: 60–120 mA, csúcsfeszültség: 120 V/pp, frekvencia: 6 Hz, jelalak: négyzög, feszültség szabályozás: 6 lépésben, áramellenőrzés: mutatós műszeren.

b) Mérőerősítő. Rezonancia frekvencia: 6 Hz, rezonancia frekvenciatűrése  $\pm 10\%$ , zavaróelnyomás 50 Hz-en: min. 50 dB. Maximális érzékenység a galvanométer skálájára vonatkoztatva:  $0,4 \mu V$ /skálaegység, a skála végkitérésre vonatkoztatott érzékenysége a rezonancia frekvencián min.  $20 \mu V$ , a mérhető legnagyobb feszültségkülönbség a rezonancia frekvencián 10 V; a mérőerősítő bemenő impedanciája 10 Kohmm – 1 Mohmm.



5. ábra. A prototípus hőmérsékletjárás grafikonja. A vertikális tengelyen  $\varrho_L$  értékének százalékos eltérését (etalon + 25 °C) ábrázoltuk

Фиг. 5. График температурного дрейфа прототипа аппаратуры. На вертикальную ось нанесены величины процентного отклонения значений  $\varrho_K$  (эталон + 25°C)

Fig. 5 Temperature-drift diagram of the prototype. On the vertical axis: percentual deviation of the  $\varrho_L$  value (etalon + 25 °C)

c) Geofizikai adatok.  $\rho_L$  mérési tartománya  $10^{-1} - 10^5$  ohmm,  $\rho_L$  mérési pontossága  $\pm 2\%$  (műföldön hitelesítve  $\pm 1,5\%$ ), a kompenzáció null indikátora: középállású mutatós műszer;  $\rho_L$  leolvasása és  $K$  elektródakoefficiens beállítása a számlálóművön: 3 számjegy. A berendezés  $\overline{AB} = 1 - 650$  m elektródátávú geoelektromos ellenállásmérésre készült.

d) Energiaellátás. 75 db 1,5 V-os góliátelelem; tápfeszültségek tűrése:

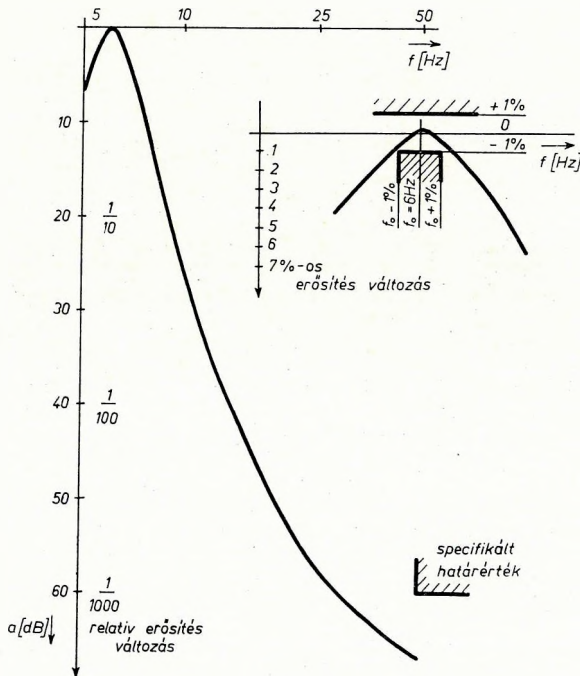
mérőerősítő	- 15 V min. 12 V
referenciaerősítő	- 15 V min. 12 V
generátor	- 30 V min. 12 V
	+ 15 V min. 10 V

e) A berendezés két fémdobozba szerelt

tápforrás (elemtartó): térfogata  $170 \times 250 \times 330$  mm, súlya 12 kg;

műszeregység (generátor + mérőerősítő): térfogata  $180 \times 250 \times 330$  mm, súlya 8 kg.

Az 5., 6., 7. ábra a prototípus laboratóriumi és terepi bemérésének fontosabb grafikonjait adja meg.



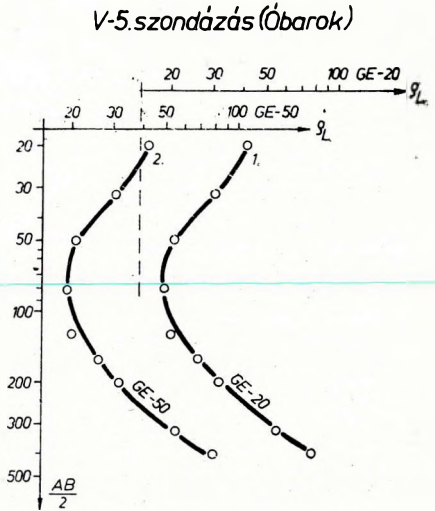
6. ábra. A prototípus mérőerősítőjének frekvenciaátviteli görbéje, a specifikált határértékek jelölésével és az átviteli sáv nagyított rajzával

Фиг. 6. Частотная характеристика усилителя прототипа с указанием предельных величин и с увеличенным графиком полосы пропускания

Fig. 6 The frequency-response of the prototype-equipment; specified limit-values and pass-band (magnified) indicated

AB	MN	GE-20	GE-50 *
6,4	2	51,2	+1,56
8	2	51,5	0
10	2	52,2	+1,92
16	2	54,3	0
25	2	51,1	+0,58
40	2	41,5	-0,72
64	2	31,1	0
64	20	30,1	0
100	20	20,7	-0,48
160	20	18,9	-1,06
250	20	20	-0,5
320	20	26,1	0
400	20	31,4	0
400	100	32	0
640	100	55,1	+0,18
600	100	78,5	+1,9

\*GE-50 berendezéssel mért  $\rho_L$  érték %-os eltérése



7. ábra. Terepi mérések eredménye (Óbarok, V. 5. szondázás)

1. GE-20 típusú,  $\pm 0,5\%$ -os pontosságú berendezéssel mért görbe. 2. Az előbbivel azonos elektródaállásoknál GE-50 típusú berendezéssel mért görbe (a számadatokat lásd a mellékelt táblázaton)

Фиг. 7. Результаты полевых исследований (с. Обарок, зондирование № V. 5.)

1 — кривая зондирования, полученная при помощи аппаратуры типа GE-20 точностью  $\pm 0,5\%$ ; 2 — кривая, полученная при этих же разносах, но при помощи аппаратуры типа GE-50 (Численные величины приведены в таблице)

Fig. 7 Results of field measurements (Óbarok, sounding V. 5)

1. Curve measured with an equipment type GE-20 of an accuracy of  $\pm 0,5\%$ . 2. Curve measured in an electrode-arrangement identical with the former one, with an equipment type GE-50 (for numerical data see table attached)

## AZ OPTIMÁLIS TERÍTÉSI GEOMETRIA MEGHATÁROZÁSA KÖZÖS MÉLYSÉGPONTOS ÉSZLELESI-RENDSZEREKBE

BODOKY TAMÁS – GREUTTER ANTAL\*

Т. БОДОКИ – А. ГРЕЙТТЕР

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ  
НАБЛЮДЕНИЯ ПО МЕТОДУ ОГТ

Излагается метод модельных вычислений для проектирования систем наблюдения по методу *ОГТ*. В качестве примера приводится вычисление и сопоставление степени подавления кратных отражений для некоторых известных систем *ОГТ*.

T. BODOKY – A. GREUTTER

THE DETERMINATION OF OPTIMUM SPREAD-GEOMETRY IN CDP SYSTEMS

A model-computation method for planning *CDP* systems is suggested. As an application of the method, the properties of some better known *CDP* systems in eliminating multiples have been calculated and compared.

A közös mélységpontos észlelési-rendszerekkel (a továbbiakban a rövidség kedvéért: KMR) a zajok egyik legkárosabb típusát, a többszörös reflexiókat (a továbbiakban néha: többszörösöket) szűrni tudjuk. Az egyes rendszerek jóságát abból a hatásfokból ítélni tudjuk meg, amellyel a többszörösöket csillapítják. Ezt a hatásfokot a következő arány jellemzi:

$$\Phi = \frac{\varepsilon_{ki}}{\varepsilon_{be}}$$

ahol  $\varepsilon_{be}$  a beérkező többszörös hullám energiája,  $\varepsilon_{ki}$  pedig a KMR-ben észlelt felvételen (tehát a rendszer kimenetén) jelentkező többszörös hullám energiája.  $\Phi$  meghatározása előtt foglaljuk röviden össze a KMR elvét.

\* M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest.  
A kézirat beérkezése: 1969 március 23.

Vizsgáljunk meg egy  $\bar{V}(t_0)$ -lal (a vertikális beérkezési idő függvényében megadott átlagsebesség függvényével) jellemzett területet. A robbantóponttól  $x$  távolságban a  $h$  mélységű vízszintes reflektáló szintről érkező reflexió geometriai időkézése

$$\Delta t(t_0, x) = \frac{\sqrt{t_0^2 \bar{V}(t_0)^2 + x^2}}{\bar{V}(t_0)} - t_0;$$

ebből kapjuk a dinamikus korrekciót.

Egy többszörös reflexió útja több egyszeres útra bontható. Minden egyszeres úthoz egy  $\Delta t$  érték tartozik és ezek összege lesz a többszörös  $\Delta t_T$  értéke. Ez azonban – ha  $\bar{V}(t_0)$  növekvő függvény (ami gyakorlatilag mindig teljesül) – nagyobb, mint a többszörös beérkezési idejéhez és a többszöröst észlelő geofon helyéhez tartozó  $\Delta t(t_0, x)$  érték. A többszörös tehát még a korrekció után is a kettő különbségének megfelelő értékkel, az ún. „maradék időkéssel” ( $\delta \Delta t$ -vel) korrígalatlan marad.

$$\Delta t_T(t_0, x) - \Delta t(t_0, x) = \delta \Delta t(t_0, x) > 0.$$

A  $\delta \Delta t$  konkrét alakjából és a  $\bar{V}(t_0)$  függvény növekvő voltából következik, hogy a  $\delta \Delta t(t_0, x)$  is az  $x$  függvényében növekvő.

Ezt használják ki a többszörös fedésű észlelési rendszerek, amelyeknek lényege, hogy azonos mélybeli reflektáló pontokról, különböző  $x$  távolságok használatával kapott beérkezéseket tartalmazó csatornákat – dinamikus korrekció után – összegeznek. Így az egyszeres utat megtett reflexiók fázishelyesen, a többszörösök viszont, helyesen beállított  $\delta \Delta t$  értékek mellett fázistolással, vagyis egymást gyengítve (esetleg kioltva) összegződnek.

A közös mélységpontos észlelési rendszerek leírt elvének gyakorlati megvalósítására sokféle terítési rendszer dolgozható ki. Ezek mindegyikére jellemző azonban a több különböző típusú összegcsatorna szabályos ismétlődése (összegcsatorna típuson a robbantópont-geofon távolságok arányának egy bizonyos – a fedésszámtól függő – sorozatát értjük).

Ezután visszatérhetünk a csillapítás-függvény számítására. A  $\Phi$  a következő többváltozós függvény:

$$\Phi\{\bar{V}(t_0), W(\omega), t_0, \alpha, T, d, R\},$$

ahol  $\bar{V}(t_0)$  a hullám vertikális terjedési átlagsebessége az észlelési idő függvényében;

$W(\omega)$  a kiszűrendő többszörös reflexió spektruma;

$t_0$  kiszűrendő többszörös reflexió robbantóponti ideje;

$d$  a geofontávolság;

$R$  a használt közös mélységpontos észlelési rendszer jellemzőit, a fedések számát is magában foglaló mennyiség;

$T$  a többszörös típusa;

$\alpha$  a reflektáló felületnek a vízszintessel bezárt szöge.

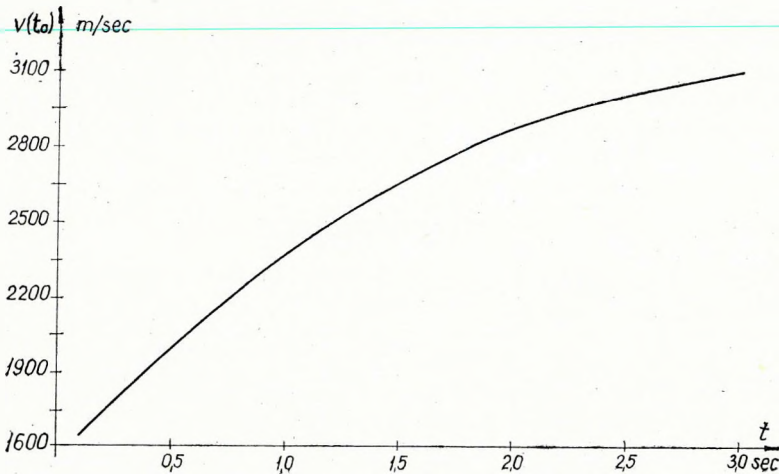
Ezen mennyiségek közül  $V(t_0)$ ,  $W(\omega)$ ,  $t_0$ ,  $\alpha$  és  $T$  a mérési terület jellemzői és adottak, ezért, ha ezeket a változókat a gyakorlatban gyakorinak megismert



értékeknél, illetve függvényalakban rögzítjük, akkor  $\Phi$  a következő alakúra egyszerűsödik:

$$\Phi(R, d).$$

Ezt a függvénykapcsolatot  $R$  paraméterű görbeseregként ábrázolhatjuk. A görbesereg szemléletes képet ad a közös mélységpontos rendszerek csillapítási viszonyairól azon változók függvényében, amelyeket szabadon választhatunk meg, tehát amelyek helyes beállításával az adott viszonyok között legkedvezőbbé tehetjük a csillapítást.



1. ábra. A számításokhoz használt sebességfüggvény

Фиг. 1. Скоростная функция, применявшаяся для вычислений

Fig. 1 The velocity function used in the computations

Legyen  $\bar{V}(t_0)$  az 1. ábrán megadott sebességfüggvény. Az elemi hullám spektruma

$$W(\omega) = \frac{\omega^4}{k} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\omega}{k}\right)^2},$$

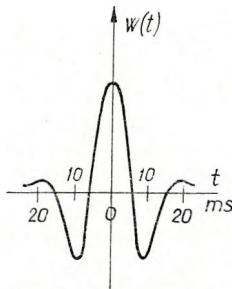
ahol  $k = \pi n$ ;

$n = 47,5$  Hz,

amely egy 47,5 Hz csúcsfrekvenciájú Ricker waveletnek felel meg. A waveletet és spektrumát a 2. és 3. ábra mutatja.

Válasszuk  $\alpha$ -t 0-nak,  $t_0$  pedig legyen 2 sec. Többszörösünk legyen olyan kétszeres, amely a felszínről verődik vissza (ez ugyanis a legszámottevőbb vagy esetleg az egyetlen számottevő energiával rendelkező többszörös). Ebben az esetben

$$\varepsilon_{be} = \int \frac{1}{2} \rho \left( f \frac{dS(t)}{dt} \right)^2 dt = \frac{f^2 \rho}{2} \int w(t)^2 dt,$$

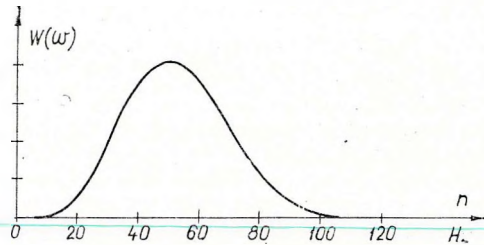


2. ábra.

A Ricker wavelet alakja

Фиг. 2. Вид волны (wavlet) Рикера

Fig. 2 The shape of the Ricker-wavelet



3. ábra. A Ricker wavelet spektruma

Фиг. 3. Спектр волны (wavlet) Рикера

Fig. 3 The spectrum of the Ricker-wavelet

ahol  $f$  a fedések száma,  
 $w(t)$  a Ricker wavelet,  
 $\varrho$  a rezgő pont tömege,  
 $S$  a rezgő pont kitérése;

$$\varepsilon_{ki} = \int \frac{1}{2} \varrho \left( \sum_{i=1}^f \frac{dS(t-\tau_i)}{dt} \right)^2 dt = \frac{\varrho}{2} \int \left( \sum_{i=1}^f w(t-\tau_i) \right)^2 dt;$$

ahol  $\tau_i = \tau_i(d, R)$  a terítési geometriától függő késleltetés az összegezésben résztvevő egyes csatornák között. Értékeit az adott  $\bar{V}(t_0)$  sebességfüggvény és a  $t_0$  beérkezési idő segítségével az adott  $T$  típusú többszörösre számított  $\delta\Delta t$  görbélből nyerjük.

A számítandó függvényt ezzel felírtuk. Azt kell még eldöntenünk, hogy a független változók milyen értékei mellett akarjuk a függvény értékét megismerni.

A számtalan lehetséges terítési rendszer közül azzal a szemponttal próbáltuk a számítandókat kiválasztani, hogy tartalmazzák mindazon lehetőségeket, amelyek egy új rendszer felépítésénél felhasználhatók, és emellett a gyakorlatból, vagy az irodalomból ismertek legyenek. Így választottuk ki a következő négy rendszert:

A típus: egyszerű középlövéses rendszer, hatszoros fedéssel (4. ábra).

B típus: egyszerű végpontlövéses rendszer hatszoros fedéssel (5. ábra). Használata különösen a tengeri szeizmikában terjedt el.

C típus: „roll along” rendszer hatszoros fedéssel (6. ábra).

D típus: Mayne-féle (1962) rendszer hatszoros fedéssel (7. ábra).

A négy rendszer  $4 \times 24$  csatornája  $\alpha = 0$ -nál 26 különböző összegcsatorna típust, azaz 26 R értéksort szolgáltat ( $\alpha \neq 0$ -nál ennél jóval többet). Erre a 26 R-re számítottuk ki a  $\Phi$  értékeket úgy, hogy a geofonközt 0-tól 250 m-ig változtattuk.

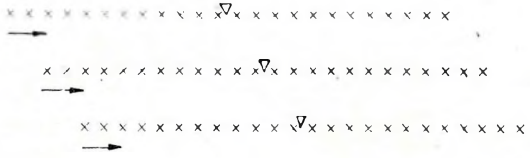
Az egyes rendszerekre vonatkozóan a bennük szereplő összegcsatornák átlagát számítva kaptuk a  $\Phi(d)$  függvényt.

4. ábra. Az A típusú KMR terítési vázlata hatszoros fedésre, 1 = geofon, 2 = robbantó pont

Фиг. 4. Схема стоянки ОГТ типа А для шестикратного перекрытия  
1 – сейсмоприемники; 2 – пункт взрыва

Fig. 4 Spread diagram of the A-type CDP for sixfold stacking  
1 = seismometer, 2 = shot point

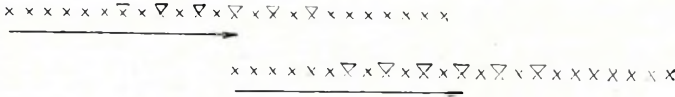
1 x  
2 ∇



5. ábra. A B típusú végpont KMR terítési vázlata hatszoros fedésre

Фиг. 5. Схема стоянки ОГТ типа В с пунктом взрыва в конце стоянки, для шестикратного перекрытия

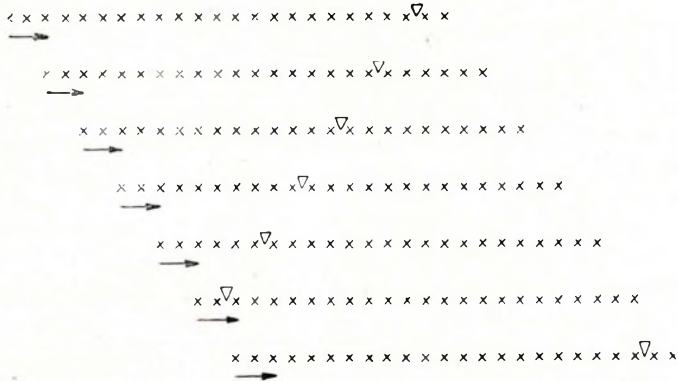
Fig. 5 Spread-diagram of B-type end-shooting CDP for sixfold stacking



6. ábra. A C típusú, ún. „roll along” KMR terítési vázlata hatszoros fedésre

Фиг. 6. Схема стоянки ОГТ C „roll along” для шестикратного перекрытия

Fig. 6 Spread-diagram of C-type, so-called „roll-along” CDP for sixfold stacking

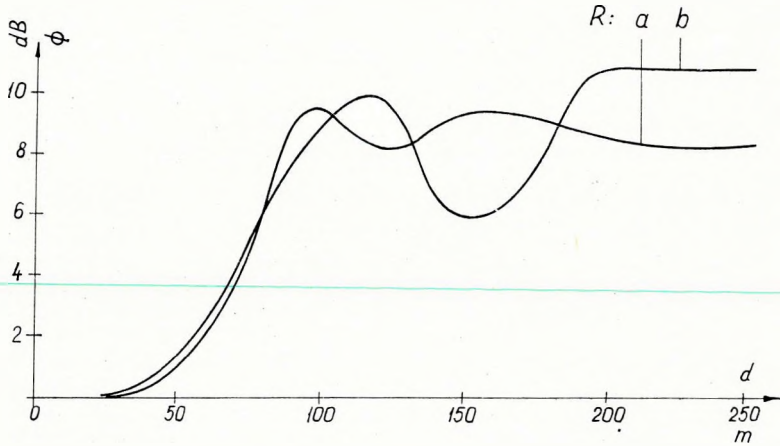


7. ábra. A D típusú Mayne-féle (1962) KMR terítési vázlata hatszoros fedésre

Фиг. 7. Схема стоянки ОГТ типа D Майна (1962) для шестикратного перекрытия

Fig. 7 Spread-diagram of the D-type CDP of Mayne (1962) for sixfold stacking

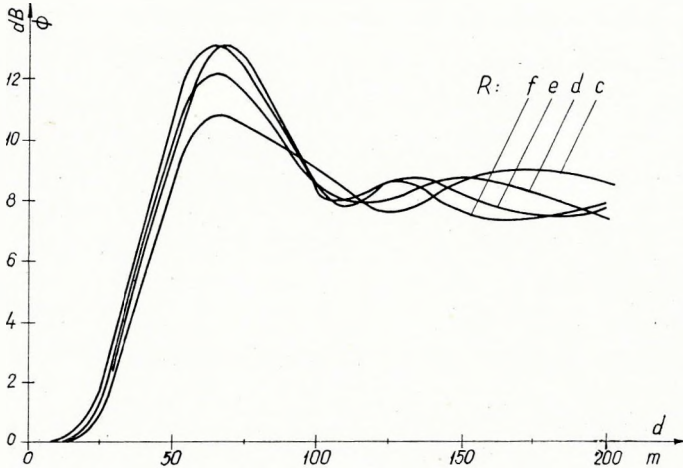
Az eredményeket a 8–11. ábrák oly módon szemléltetik, hogy az egyes rendszerekben együtt szereplő összegcsatorna típusokat közös koordináta-rendszerben ábrázoltuk. A 12. ábrán a négy rendszer csillapítás-függvénye egymás mellett ábrázolva látható.



8. ábra. Az A rendszerben szereplő a és b típusú összegcsatornák  $\Phi$  függvénye. A rendszer 12 a és 12 b típusú összegcsatornából áll

Фиг. 8. Функция  $\Phi$  суммо-трасс типа a и b системы A

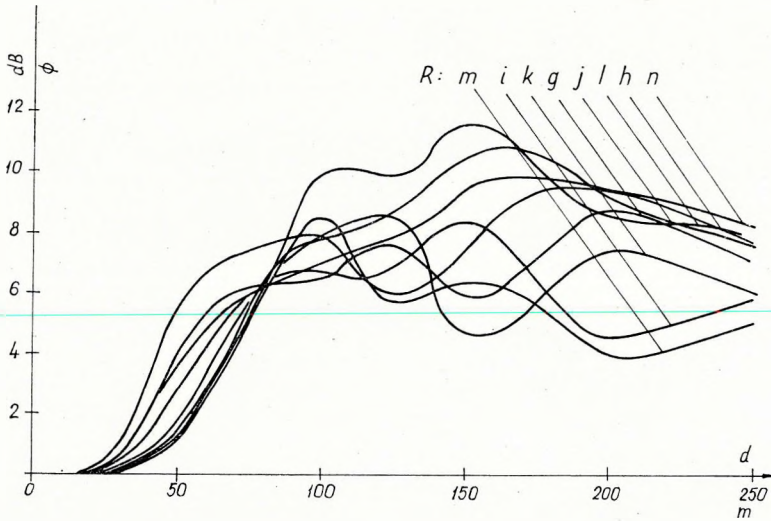
Fig. 8 The  $\Phi$ -function of the a and b type sum channels in system A



9. ábra. A B rendszerben szereplő c, d, e és f típusú összegcsatornák  $\Phi$  függvénye. A rendszer 6 c, 6 d, 6 e és 6 f típusú összegcsatornából áll

Фиг. 9. Функция  $\Phi$  суммо-трасс типа c, d, e и f системы B

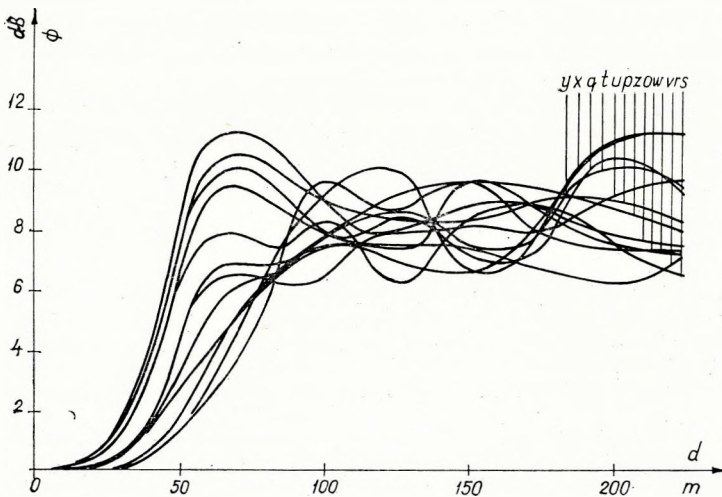
Fig. 9 The  $\Phi$ -function of the c, d, e and f type sum channels in system B



10. ábra. A C rendszerben szereplő  $g, h, i, j, k, l, m$  és  $n$  típusú összegcsatornák  $\Phi$  függvénye.  
A rendszer 2  $g, 3 h, 4 i, 4 j, 4 k, 4 l, 2 m$  és 1  $n$  típusú összegcsatornából áll

Фиг. 10. Функция  $\Phi$  суммо-трасс типа  $g, h, i, j, k, l, m$  и  $n$  системы C

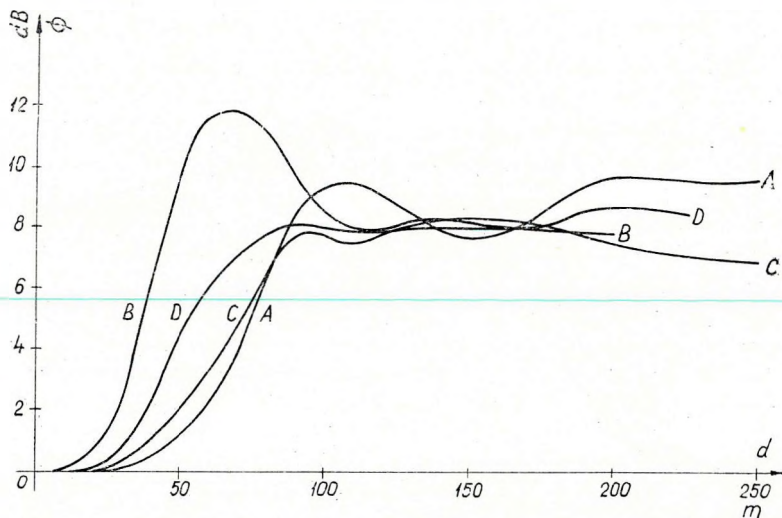
Fig. 10 The  $\Phi$ -function of the  $g, h, i, j, k, l, m$  and  $n$  type sum channels in system C



11. ábra. A D rendszerben szereplő  $o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y$  és  $z$  típusú összegcsatornák  $\Phi$  függvénye

Фиг. 11. Функция  $\Phi$  суммо-трасс типа  $o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y$  и  $z$  системы D

Fig. 11 The  $\Phi$ -function of the  $o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y$  and  $z$  type sum channels in system D



12. ábra. A négy vizsgált rendszer  $\Phi$  függvénye közös koordináta-rendszerben

Фиг. 12. Функция  $\Phi$  четырех рассмотренных систем в общей системе координат

Fig. 12 The  $\Phi$ -function of the four systems investigated, in a common system of coordinates

A csillapítás-viszonyok meghatározása után kísérletet tehetünk a felvetett kérdés megválaszolására, azaz, hogy melyik típusú rendszer használata a legelőnyösebb?

A számítások szerint kétségtelven a B rendszer mutatja a legelőnyösebb tulajdonságokat, mert

- a többszörösöket a legjobban csillapítja,
- hatásfokmaximumát a legrövidebb geofontávolságoknál éri el,
- az egyes csatornák között e rendszernél legkisebb a szórás.

Eredményeink egy konkrét esetre vonatkoznak, ahol – amint említettük – a terület jellemzői adottak.

A leírtakkal eljárást javasolunk a KMR jellemzőinek tervezésére.

#### IRODALOM

- GÁLFI J. – MÁRTON P. – MESKÓ A. – STEGENA L., 1967: Geofizikai kutatási módszerek I. Egyetemi tankönyv, Budapest.
- MAYNE, W., 1962: Common Reflexion Point Horizontal Data Stacking Techniques, Part II. Geophysics, XXVII. 6.
- MESKÓ A – RÁDLER B., 1968: Modellszámítások alkalmazása a szeizmikus adatfeldolgozás és értelmezés előkészítésében. Magyar Geofizika, IX. 4–5.
- NEITZEL, E. A., 1958: Seismic Reflexion Records Obtained by Dropping a Weight; Geophysics, XXIII. 1.
- PICKLES, E., 1967: A szeizmikus digitális feldolgozás matematikai alapjai. Előadás a Texas Instruments Inc. zágrábi tanfolyamán (eredetije angolul).
- SCHNEIDER, W. A., 1965: A New Data Processing Technique for Multiple Attenuation Exploiting Differential Normal Move-out. Geophysics, XXX. 3.
- SHOCK, L., 1962: Roll-along and Drop-along Seismic Techniques. Geophysics, XXVII. 5.

## **RADIOAKTÍV FÚRÓLYUKMODELL-MÉRÉSEK LEGÚJABB EREDMÉNYEI**

**ANDRÁSSY LÁSZLÓ – MÉSZÁROS FERENC – UHLMANN NORBERT\***

Л. АНДРАШИ – Ф. МЕСАРОШ – Н. УЛМАН

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА МОДЕЛЯХ  
БУРОВЫХ СКВАЖИН

Описываются методика и эталонирование измерений по методу ГГК с двумя детекторами на моделях буровых скважин, а также эталонная кривая и номограмма для определения плотности.

Дается краткое описание аппаратуры, рассматриваются вопросы метода НК и приводятся некоторые результаты.

L. ANDRÁSSY – F. MÉSZÁROS – N. UHLMANN

RECENT RESULTS IN RADIOACTIVE PROBE-CALIBRATIONS UNDER MODEL-  
WELL CIRCUMSTANCES

The technique and calibration of two-detector gamma-gamma logging under model-well circumstances are described, together with the test-curve and the nomogram for density determination.

A brief review of the test-equipment, the problems of neutron-loggings and some results are attached.

A mélyfúrési geofizikai komplexusban egyre inkább előtérbe kerülnek a radioaktív módszerek. Amíg a klasszikus eljárások (ellenállás, PS, indukciós, laterolog) kidolgozott elméleti, értelmezési görbesereggekkel rendelkeznek, a radioaktív módszereknél a fúrólyuk viszonyokra alkalmazható kiértékelő diagramok nem minden esetben állnak rendelkezésre. A feladat megoldására három lehetőség kínálkozik:

1. az irodalomban közölt diagramok alkalmazása saját viszonyainkra;
2. matematikai egyenletek megoldása a fúrólyukparaméterek figyelembevételével;
3. fúrólyukmodell-mérésekkel hitelesített korrekciós diagramok kimérése.

A szerzők a 3. utat választották és a tanulmányban e problémakör eddigi eredményeinek összefoglalásával foglalkoznak.

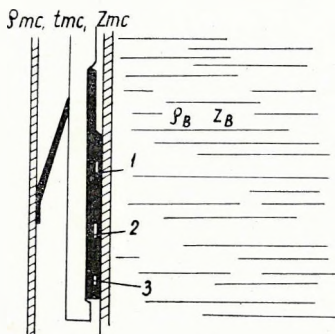
\* M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest.  
A kézirat beérkezése: 1969 június 12.

## A kétdetektoros gamma-gamma szelvényezési eljárás és hitelesítési technikájának kidolgozása fúróluk modellen

A gamma-gamma szelvényezés mennyiségi értelmezésének megoldatlan problémája az iszap és a lyukátmérő hatásának kiküszöbölése nagyátmérőjű fúrásoknál. A probléma megoldására a Schlumberger-társaság kidolgozta a „Kétdetektoros formáció sűrűség-szelvényezés” elméletét és módszerét. Az eljáráshoz használt szonda vázlatos rajza az 1. ábrán látható.

A fúróluk által harántolt kőzetekre jellemző a  $\rho_B$  térfogatsúly és a  $Z_B$  atomszám. A szonda és a kőzetmátrix között egy  $t_{mc}$  vastagságú  $\rho_{mc}$  sűrűségű és  $Z_{mc}$  atomszámú iszaplepeny foglal helyet.

A két detektorral kapott beütésszámok az 5 független változó paraméterre általában különböznek, mert a rövid detektor a szondát közvetlenül körülvevő anyag térfogatsúlyára érzékeny. A forrástól nagyobb távolságra elhelyezett detektor a kőzetmátrixra érzékeny.



1. ábra. Kétdetektoros szelvényező berendezés vázlatos rajza:

1. hosszú térközü detektor,
2. rövid térközü detektor, 3. forrás.

$\rho_{mc}$  = iszaplepeny fajsúlya  
 $t_{mc}$  = iszaplepeny vastagsága  
 $Z_{mc}$  = iszaplepeny rendszáma

Фиг. 1. Схема каротажного устройства с двумя детекторами

- 1 — детектор с длинной базой
- 2 — детектор с короткой базой
- 3 — источник

$\rho$  — удельный вес глинистой корки  
 $t$  — толщина глинистой корки  
 $Z$  — атомное число глинистой корки

Fig. 1 Scheme of the two-detector logging device:

1. long-base detector, 2. short-base detector, 3. source.

$\rho$  = specific weight  
 $t$  = thickness  
 $Z$  = atomic number } of mudcake

A gyakorlatban az 5 paraméter nem egyformán hat a mérésekre. A legtöbb képződményre a térfogatsúly jellemző. A detektorok függése  $Z_{mc}$ -től kiküszöbölhetetlen, ha az iszapot barittal keverik. Vizsgálatainkat ezért baritmentes iszaplepenyre végeztük, ahol a látszólagos iszaplepenysűrűség a valódi  $\rho_{mc}$  iszaplepenysűrűséggel egyezik meg. Ilyenformán a beütésszámot befolyásoló 5 paraméter 3-ra csökken.

A következőkben a  $\rho_B$ , a  $\rho_{mc}$  és a  $t_{mc}$  hatását a mért beütésszámokra külön-külön vizsgáljuk meg.

Iszaplepenymentes ( $\rho_{mc} = 0$  és  $t_{mc} = 0$ ) környezetben, tökéletes falhozszorítás és ólomárnyékolás mellett a gamma-gamma méréseket befolyásoló egyedüli paraméter a kőzetek változó térfogatsúlya. Ez az állapot egyúttal az ideális hitelesítési feltétel.

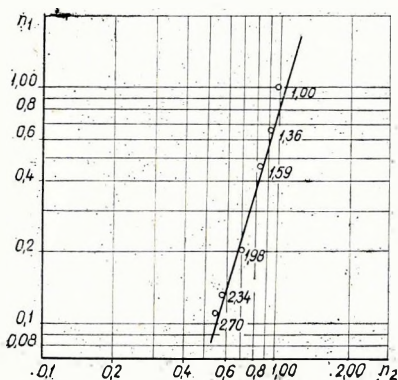
Modellmérésekkel meghatározott rövid ( $d_r = 44$  cm) és hosszú ( $d_h = 60$  cm) szondahosszakkal a modelltelepen megépített különböző térfogatsúlyú etalonokban hitelesítő méréseket végeztünk és a mérési eredményeket a 2. ábrán látható rendszerben ábrázoltuk.

A térfogatsúlyértékek egy egyenesre esnek. Az ábrán látható egyenes a kétdetektoros gamma-gamma szelvényezési eljárás hitelesítő görbéje 60 mm-es GM csöves radioaktív szondára. A mérések a fúrólukviszonyok mellett az iszaplepenyhatásoktól nem függetleníthők. Figyelembe kell tehát venni az iszap-



lepeny  $\rho_{mc}$  sűrűségét és  $t_{mc}$  vastagságát. Különböző fajsúlyú és vastagságú iszaplepenyek hatását megadó korrekciós diagramok szerkesztésére (közös alapelveből kiindulva) kettős utat választottunk. A kőzet  $\rho_B$  térfogatsúlya, valamint az iszaplepeny  $t_{mc}$  vastagsága és  $\rho_{mc}$  fajsúlya megszabja a két detektorral kapott beütésszámok viszonyát. Vastag iszaplepenynél a két detektorból kapott információk azonosak; nincs különbség réteg, illetve iszaplepenyhatás között. Hasonló a helyzet akkor is, ha az iszaplepeny fajsúlya megegyezik a réteg térfogatsúlyával. Az iszaplepeny hatását korrekcióba vevő diagramok szerkesztését részben irodalmi adatok, részben modellméréseink eredményeinek felhasználásával végeztük.

A 3. ábrán a Schlumberger-féle elágazó görbesereghez hasonló görbesereg látható. A bázisegyenest iszaplepenymentes környezetre a  $2,00 \text{ g/cm}^3$ ,  $2,05 \text{ g/cm}^3$ ,  $2,20 \text{ g/cm}^3$ ,  $2,40 \text{ g/cm}^3$  és  $2,70 \text{ g/cm}^3$  térfogatsúlyértékek határozzák meg. A bázisegyenestől jobbra, különböző térfogatsúlyértékeknél elágazó görbék egyes pontjait, az iszaplepenysűrűség ( $\rho_{mc}$   $1,0 \text{ g/cm}^3$ ;  $1,4 \text{ g/cm}^3$  és  $1,75 \text{ g/cm}^3$ ) és vastagság ( $t_{mc}$   $6,3 \text{ mm}$ ,  $12,6 \text{ mm}$ ,  $18,9 \text{ mm}$ ) értékei határozzák meg.

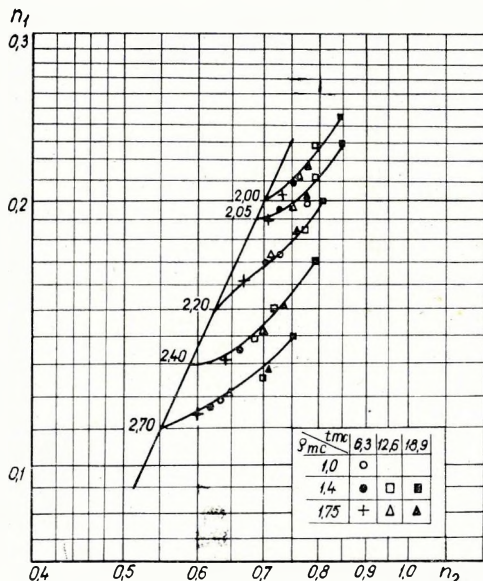


2. ábra. Hálózati radioaktív szonda (60 mm-es) térfogatsúly hitelesítő görbéje rövid és hosszú szondákra, iszaplepenymentes közegekre:  
 $n_1$  hosszú szonda beütésszámarány  
 $n_2$  rövid szonda beütésszámarány

Фиг. 2. Эталонная кривая объемного веса для зонда РК (60 мм) для среды без глинистой корки:

$n_1$  — диапазон счета длинного зонда  
 $n_2$  — диапазон счета короткого зонда

Fig. 2 Volume weight calibration curve of the (60 mm  $\Phi$ ) radioactive network borehole-device for short and long devices and media free from mudcake:  
 $n_1$  — counting rate of long device  
 $n_2$  — counting rate of short device

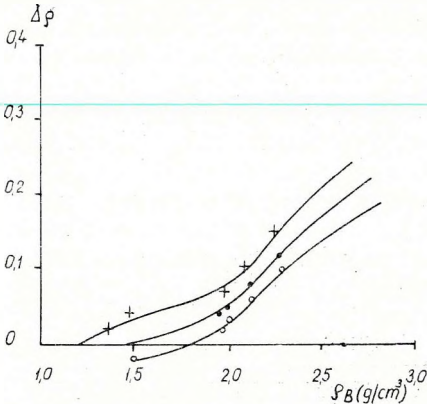


3. ábra. Átszámított térfogatsúlyhitelesítő diagram változó iszaplepeny fajsúlyokra és vastagságokra

Фиг. 3. Пересчитанная эталонная диаграмма объемного веса для изменяющихся величин удельного веса и мощности глинистой корки

Fig. 3 Recomputed volume-weight calibration diagram for varying specific weights and thicknesses of mudcake

Hitelesítő diagramunkról leolvastuk a  $2,00 \text{ g/cm}^3$ ,  $2,40 \text{ g/cm}^3$  és  $2,70 \text{ g/cm}^3$  térfogatsúlyértékeket meghatározó hosszú és rövid szondával kapott beütésszámarányokat és ezeket az irodalomból ismert görbe hasonló térfogatsúlyaira vonatkoztattuk. A közbeeső értékeket logaritmikus interpolációval határoztuk meg. A diagram használatához tehát a hosszú és rövid szondával kapott beütésszámok arányának ismerete szükséges. Amennyiben a két adatból meghatározott pont valamelyik elágazó görbére esik a valódi térfogatsúly közvetlenül meghatározható.



4. ábra. Látszólagos térfogatsúly  $\varrho_B$  és  $\Delta\varrho$  összefüggése különböző fajtsúlyú iszaplepenyékre a 3. ábra és modellmérések szerint. Iszaplepeny vastagság  $t_{mc} = 6,3 \text{ mm}$

- +  $1,00 - 1,20 \text{ g/cm}^3$
- $1,40 \text{ g/cm}^3$
- o  $1,75 - 1,83 \text{ g/cm}^3$

Фиг. 4. Зависимость кажущегося объемного веса  $\varrho_B$  от  $\Delta\varrho$  для глинистых корок различного удельного веса, согласно фиг. 3 и модельным исследованиям. Мощность глинистой корки  $t_{mc} = 6,3 \text{ мм}$

- + —  $1,00 - 1,20 \text{ г/см}^3$
- —  $1,40 \text{ г/см}^3$
- o —  $1,75 - 1,83 \text{ г/см}^3$

Fig. 4 Relation of apparent volume weight  $\varrho_B$  and  $\Delta\varrho$  for mudcakes of different specific weights according to Fig. 3 and model measurements. Thickness of mudcake  $t_{mc} = 6,3 \text{ mm}$

- +  $1,00 - 1,20 \text{ g/cm}^3$
- $1,40 \text{ g/cm}^3$
- o  $1,75 - 1,83 \text{ g/cm}^3$

A 3. ábrán látható görbén a legkisebb térfogatsúly  $2,00 \text{ g/cm}^3$ . A  $\Delta\varrho$  korrekció meghatározása azonban a  $2,00 \text{ g/cm}^3$ -nél kisebb térfogatsúlyokra is szükséges volt. Modellméréseinknél különböző vastagságokkal két típusú iszaplepenyét állítottunk elő. Az  $1,18 \text{ g/cm}^3$  fajsúlyú iszaplepenyét egyik mérési sorozatnál különböző átmérőjű PVC csövekkel, az  $1,83 \text{ g/cm}^3$  fajsúlyú iszaplepenyét ugyancsak különböző átmérőjű eternit csövekkel valósítottuk meg. A méréseket két eltérő térfogatsúlyú (bauxit,  $1,52 \text{ g/cm}^3$ ; homok  $1,39 \text{ g/cm}^3$ ) közegben végeztük.

A harmadik ábra adatai és a modellmérések eredményei közvetlenül térfogatsúly meghatározásra alkalmas korrekciós diagramok megszerkesztéséhez szolgálnak alapul. Ilyen görbesereg látható a 4. ábrán. Az egyes diagramoknál az iszaplepeny vastagsága állandó, fajsúlya viszont változik. Mindezeket figyelembe véve a valódi térfogatsúlyt úgy határozzuk meg, hogy a hosszú szondával kapott beütésszámból a kimért kalibrációs görbe segítségével  $\varrho_{B1}$  látszólagos térfogatsúlyértékeket határozzunk meg és a hosszú, valamint rövid szondákkal kapott beütésszámból a kalibrációs diagramok segítségével (pl. 4. ábra)  $\Delta\varrho$  térfogatsúly-korrekciót számítunk.

## Neutron szelvényezési eljárások hitelesítésére alkalmas modellrendszer leírása és mérési eredmények

A fúrólukak neutron-szelvényezésének klasszikus módszerei a neutron-gamma és a neutron-neutron eljárás. A továbbiakban ezeknek ún. integrális változatáról lesz szó, megjegyezve, hogy az integrális jelző a neutron-neutron módszer vonatkozásában bizonyos értelemben szűkül.

E mérések fő célja a harántolt képződmények porozitásának meghatározása. Ez csak porozításra hitelesített radioaktív szondával lehetséges. A porozításra hitelesítés elvileg úgy történik, hogy a radioaktív szondát ismert porozitású közegekbe helyezzük és megszerkesztjük az impulzusszámporozitás közötti összefüggést kifejező hitelesítő görbét. Félreértések elkerülése végett porozitáson a közeg hidrogéntartalmát értjük, amely modellkörülményeink között a víztartalommal ekvivalens.

Alapvető követelmény, hogy a hitelesítő rendszert alkotó anyag megfelelő atomfizikai paraméterekkel (pl. kis aktiválási keresztmetszet), valamint a természetben található kőzetekkel megegyező vagy ahhoz közel álló elemi összetétellel rendelkezik. Ilyen modellrendszer kialakítása sokféleképpen lehetséges. Az irodalomban tárgyalt modelltípusok szerkezetük szerint lényegében két csoportra oszthatók:

- a) természetes pórusterű közegek,
- b) mesterséges pórusterű közegek.

Modelltípusunk az irodalomból ismert porozitás-hitelesítő rendszerektől eltér.

A modell alakját a hengersizmetrikus neutroneloszlási tér egyértelműen határozza meg. Pontos mérésekhez lényeges a henger geometriája. A  $Z$  tengely irányú méretet (hosszméretet) az alkalmazott szonda hossza határozza meg. Az általában használt szondahossz 60–70 cm, ehhez  $Z$  irányban  $\pm 60$  cm-t hozzáadva, kiküszöböljük a szélek, valamint a levegő hatását és kialakul az optimális, kb. 200 cm hengermagasság.  $Z$  irányban így közegünk végtelen. A radiális, tehát a fúróluk tengelyére merőleges méretet, a neutron fékezési úthossza határozza meg. Az I. táblázatban közöljük az 5 MeV-es gyors neutronok néhány anyagra vonatkozó fékezési úthosszát.

Megjegyezzük, hogy 14 MeV-es gyors neutronnál pl. a 12,2 cm-es vízre vonatkozó érték csupán 14 cm-re növekszik (cca 17%).

A táblázat szerint a 140 cm-es modellátmérő végtelen közegnek tekinthető (homokos tároló).

I. táblázat

Anyag	Fékezési úthossz (cm)
Víz	12,2
Kőolaj	12,0
Tömör homokkő	42,0
Homokkő + 20% kőolaj	16,0
Homokkő + 20% víz	16,0
Tömör mészkő	35,0
Mészkő + 20% kőolaj	15,0
Mészkő + 20% víz	15,0

A mészko-tároló modellezésére használt mészko-tömb átmérője 120 cm. Neutroneloszlás szempontjából végtelen közegnek tekinthető, mert a neutronok diffúziós úthossza, az anyagi minőségtől függően, néhány cm nagyságrendű, tehát a fúrólyuktól 35 cm-nyi távolságban (I. táblázat) keletkező termikus neutronok a detektorhoz nagy valószínűséggel nem jutnak vissza. Következésképpen biztosított, hogy a modellmérésekből kapott információk az adott közege vonatkoznak.

A modellek közepén — a fúrólyuk viszonyoknak megfelelően — tengelyszimmetrikusan egy 160 mm átmérőjű lyuk helyezkedik el. A hitelesítő rendszerhez tartozó mészko — laboratóriumi adatok szerint — csak elhanyagolható mennyiségben (0,02–0,05 %) tartalmaz kötött vizet. Ez neutron-karottázás szempontból (közelítőleg) 0 % hidrogéntartalomnak felel meg. Laboratóriumi minták elemzése, valamint súlymérés és térfogatszámítás szerint a mészko-egység térfogatsúlya  $2,6 \text{ g/cm}^3$ .

A hitelesítő rendszer második egysége az olajos homok. Létrehozásához légszáraz homokot és közönséges gázolajat használtunk. A légszáraz homok 100 %-osan olajjal telített; szemcseátmérője — laboratóriumi elemzés szerint — 70–80 %-ban egységes. Így érhető el a maximális porozitás, emellett ez a porozitás perzisztens (a homok nem tömörödik). A mérések és számítások szerint az olajos homok porozitása (hidrogéntartalom) 45 %.

A harmadik stabil hitelesítőegység a 100 % hidrogén porozitásnak megfelelő tiszta víz.

E három hitelesítő egységből csupán az első kettő felel meg a valóságos karottázviszonyoknak. A természetben előforduló kőzetek ugyanis kb. 0–35 % porozitás-tartományba sorolhatók. Szükséges tehát ennek a tartománynak részletes kalibrálása. Az ELGI-ben elkészített üvegcso-modell éppen ezt teszi lehetővé.

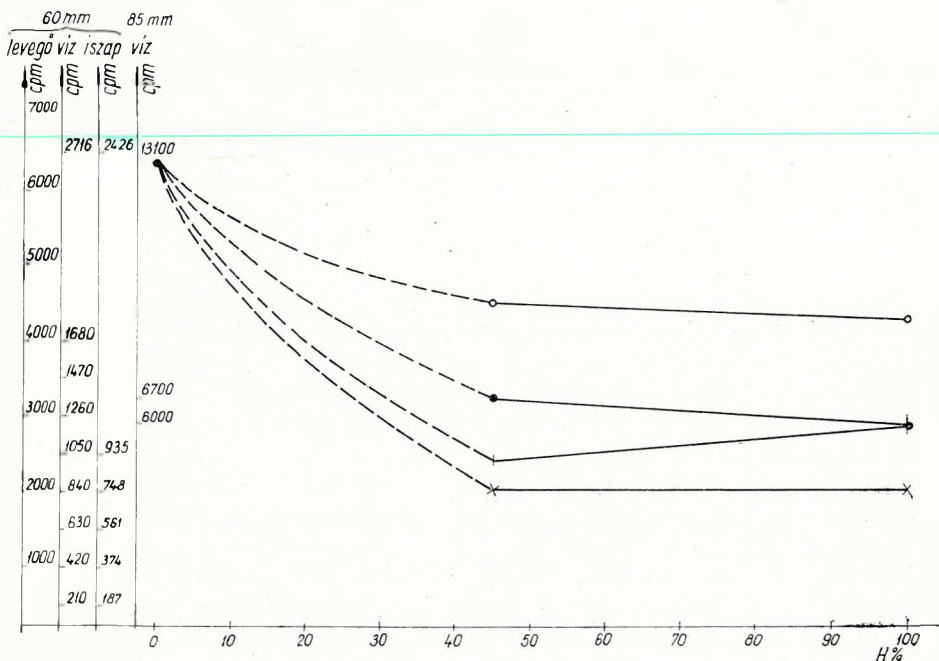
Az üvegcso modellt a következőképpen állítottuk elő. 0,5–1 mm falvastagságú, 200 cm magas vas bélésű köré, vele párhuzamosan, egymással érintkező üvegcsoveket helyeztünk el. Az üvegcso-modell építésénél, a már említett szempontokon kívül, figyelembe kellett venni a neutron és az anyag kölcsönhatását. A természetben előforduló kőzetekben a hidrogéntartalom — kőolaj vagy víz formájában — a szemcsék közötti pórusokban helyezkedik el. Szelvényezéskor a forrásból kilépő neutronok ezeken a pórusokon haladnak keresztül és egyrészt a pórusokban levő folyadékkal, másrészt a pórusvázt alkotó kőzetmátrixszal lépnek kölcsönhatásba. A neutronok fékezési, illetve diffúziós úthossza több nagyságrenddel nagyobb, mint a pórusok átmérői (ezt a tényt a modell felépítésénél szem előtt kellett tartani), ezenkívül a neutron sűrűség

$\frac{1}{r}$ -rel arányos, azaz a modell sugara mentén rohamosan csökken. Emiatt a mérésekkel kapott információk döntő része a fúrólyuk közvetlen környezetéből származik és a távolabbi térrész hatása sokkal kisebb. E tények figyelembevételével a körkörös elhelyezkedő üvegcsovek belső átmérői néhány millimétertől (13 mm; a fúrólyuk közvetlen környezete) néhány cm-ig (47 mm; a fúrólyuktól távoli térrész) váltakoznak.

Az üvegcsovekbe tiszta légszáraz homokot töltve a 0 % hidrogéntartalmú homokos tárolónak megfelelő porozitást kapjuk. A kívánt %-ú hidrogéntar-

talmú közeget úgy állítjuk elő, hogy bizonyos elrendezés szerint némelyik üvegcsőbe csak vizet, másokba légszár az homokot töltünk.

A természetben előforduló porozitástatómányaiban tehát elvileg tetszőleges, de technikailag korlátozott számú porozitásérték állítható be és ez lehetővé teszi pontos kalibrációs görbe kimérését.



5. ábra. Neutron-gamma eljárás hitelesítő görbéje különböző szondákra változó fúróluk közegéknél:

levegő	o	} 60 mm-es szonda
víz	l	
iszap	x	
víz	.	} 85 mm-es szonda
neutron-forrás:	Po - Be (1,42 C)	

Фиг. 5. Эталонная кривая НГК для различных зондов при различных средах скважины

воздух	o	} зонд длиной 60 мм
вода	l	
глинистый раствор	x	
вода	.	} зонд длиной 85 мм
источник нейтронов:	Po - Be (1,42 кюри)	

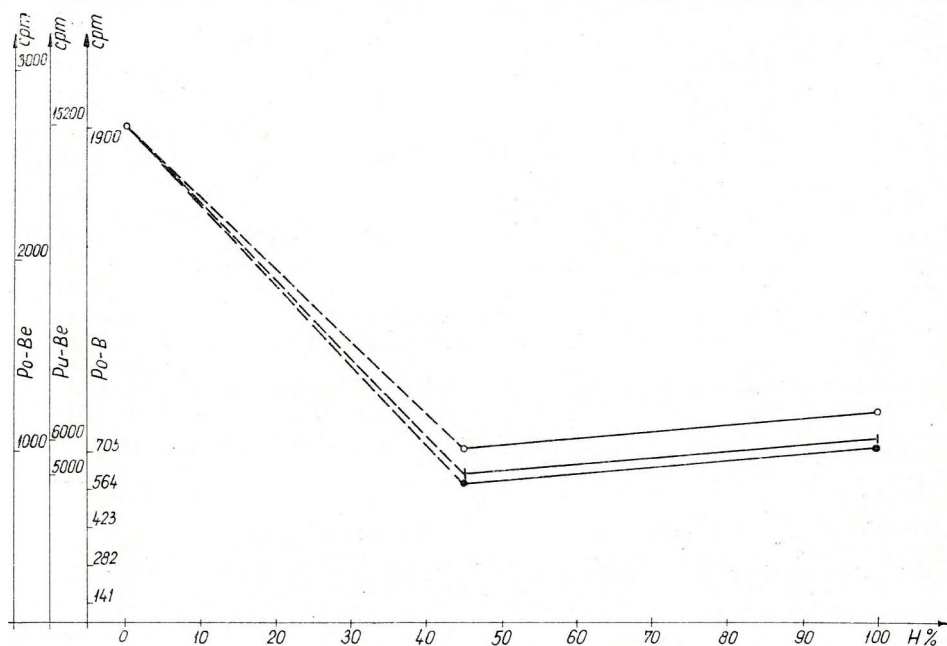
Fig. 5 Calibration curve of the neutron-gamma procedure for different borehole-devices and various borehole media:

air	o	} 60 mm Ø borehole device
water	l	
mud	x	
water	.	} 85 mm Ø borehole device
neutron-source:	Po - Be (1,42 C)	

A kísérletek folyamatban vannak, de bizonyos részeredményeikről már most is beszámolhatunk.

A kísérletek első fázisában a neutron-gamma módszert három különböző hidrogéntartalmú közegnél vizsgáltuk (5., 6. ábra). A méréseket kétféle átmérőjű szondával végeztük (60 – 85 mm) és a következő eredményekre jutottunk:

1. A detektor által regisztrált neutron-gamma impulzusszint erősen függ a fúrólukban levő közeg sűrűségétől: a sűrűség növekedését általában a neutron-gamma impulzusszint csökkenése kíséri. A csökkenés mértéke a különböző hidrogéntartalmaknál nem egyforma. A természetben előforduló hidrogén-



6. ábra. Neutron-gamma eljárás hitelesítő görbéje különböző neutron-forrásoknál

- o Po – Be (1,42 C)
  - | Pu – Be (5 C)
  - . Po – B (4 C)
- fúróluk közeg: víz

Фиг. 6. Эталонная кривая НГК для различных источников нейтронов

- o – Po – Be (1,42 кюри)
  - | – Pu – Be (5 кюри)
  - . – Po – B (4 кюри)
- среда скважины – вода

Fig. 6 Calibration curve of neutron-gamma procedure for different neutron-sources:

- o Po – Be (1,42 C)
  - | Pu – Be (5 C)
  - . Po – B (4 C)
- borehole medium: water

porozitás tartományában (0–35 %) egyértelmű neutron-gamma impulzusszint-csökkenés figyelhető meg (5. ábra). Nagyobb hidrogéntartalmaknál a csökkenés egész kismértékű, sőt, ha a fúrólukban víz van akkor a kisátmérőjű (60 mm) szondán enyhe emelkedés van, míg a nagyátmérőjű (85 mm) szondán ez nem jelentkezik (5. ábra).

2. A radioaktív szonda porozitásérzékenysége a fúrólukban levő közeg sűrűségének növekedésével növekszik. A kísérletek során az érzékenység az iszapnál volt a legnagyobb (5. ábra).

3. A radioaktív szonda porozitásérzékenysége függvénye a használt sugárforrás minőségének. A legkisebb primér energiájú Po-B forrásnál a porozitásérzékenysége a legnagyobb (6. ábra).

A mérési eredmények értelmezésénél figyelembe kell venni a közetsűrűséget, a használt neutronforrás gamma-fluxusát, valamint a különböző elemek radiációs gammabefogásából keletkező gamma-fotonok energiaeloszlását.

A kísérletek második részében neutron-neutron hitelesítéseket végeztünk (illetve végzünk) az Intézetben készült KRN-2-150-85 típusú neutron-detektáló szondával (a neutron szonda működéséről és a terepi mérésekről külön számolunk majd be).

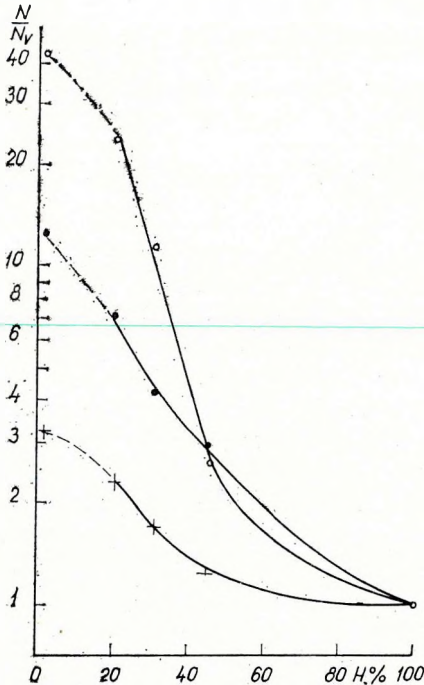
A mérési eredmények a 7. ábrán láthatók. A függőleges tengelyre a vízre redukált értékeket vittük fel, megvizsgáltuk hogyan változik relative az impulzusszám a 20,8 és 45 % közötti tartományban.

	Neutron-gamma	Neutron-neutron epitermikus	Neutron-neutron termikus
20,8%	10 115	3600	2500
45,0%	5 525 = 1,8	1455 = 2,5	266 = 9,4

A hányados az epitermikus neutron-neutron görbénél kb. másfélszer, a termikus neutron-neutron görbénél több mint ötször haladja meg a neutron gammáét. Tehát a neutron-neutron görbék meredeksége, vagyis hidrogéntartalom iránti érzékenysége nagyobb, mint a neutron-gamma görbéké.

A mérési pontokkal kapcsolatban hangsúlyozzuk a következőket: az első pont karbonátos tárolóra (a kőzetváz  $\text{CaCO}_3$ ), a második és harmadik, illetve a 7. ábrán a negyedik, homokos tárolókra (a kőzetváz  $\text{SiO}_2$ ), az utolsó pont pedig tiszta vízre vonatkozik. A homokos tárolóknak megfelelő pontokat csupán a szemléltetés kedvéért kötöttük össze folytonos görbével. Az említett porozitásintervallum sűrítésével megállapíthatjuk majd pontosan a görbék menetét. A szaggatott vonallal a kőzetváz közötti különbséget (mészkö, homok) kívántuk jelezni. A neutron-neutron méréseknél minden esetben mértük a 0-val egyenlő természetes neutron háttérét. A neutron-gamma méréseknél a természetes gamma értéket korrekcióba vettük. A neutron-gamma és neutron-neutron méréseknél a radioaktív szonda és a fúróluk tengelye egybeestek (tengelyszimmetrikus szondahelyzet).

A továbbiakban a hitelesítő rendszert egy állandó 0 % hidrogéntartalmú homokos tárolónak megfelelő ponttal egészítjük ki, lehetővé téve a terepen használatos szondák gyors hitelesítését. Az üvegcső-modell segítségével besűrítjük az említett 0–35 % hidrogéntartalom tartományt.



7. ábra. A neutron-neutron és neutron-gamma eljárás hitelesítő görbéinek összehasonlítása

- o termikus neutron-neutron
  - . epitermikus neutron-neutron
  - + neutron-gamma
- neutron forrás erőssége: 5 C Pu – Be  
szonda-átmérő: 85 mm

Фиг. 7. Сопоставление эталонных кривых ННК и НГК

- o – ННК – Т
- . – ННК – НТ
- + – НГК

Интенсивность источника нейтронов  
Pu – Be – 5 кюри  
Диаметр зонда – 85 мм

Fig. 7 Comparison of the calibration curves of the neutron-neutron and neutron-gamma procedures

- o thermic neutron-neutron
- . epithermic neutron-neutron
- + neutron-gamma

Intensity of the neutron-source: 5 C Pu – Be.  
Diameter of the borehole device: 85 mm

A neutron-neutron és neutron-gamma méréseknél a mért impulzusszám nemcsak a hidrogéntartalom függvénye, hanem különösen a neutron-gamma és termikus neutron-neutron módszernél erősen függ a kőzetmátrixot alkotó elemek (Si, Ca, Mg stb.) atomfizikai paramétereitől. Célszerűnek látszik tehát nem közvetlenül az impulzusszám és hidrogéntartalom összefüggését vizsgálni, hanem egy olyan közelítő paramétert kell keresni, amellyel az anyagi összetételtől való függőség is figyelembe vehető. Ez a közvetítő paraméter a fékezési úthossz. Bizonyos egyszerűsítő feltevésekkel lehetséges a fúróluk közvetlen környezete ún. ekvivalens fékezési úthosszának kiszámítása. Ezzel a mért impulzusszámot egyértelműen pontos hidrogéntartalomhoz rendelhetjük.

A modellezés (technikai nehézségek miatt) nem terjedhet ki minden paraméter vizsgálatára, ezért közelítő számításokkal kívánjuk pl. a fúróluk átmérőjének hatását figyelembe venni, illetve azt a lehetőséget vizsgálni, hogy ez a hatás miképpen csökkenthető a minimálisra. Ezek a számítások a már meglévő modell segítségével bizonyos mértékben ellenőrizhetők. Az ellenőrző mérésektől azt várjuk, hogy esetleg eldönthető lesz a diffúziós és körközelítéses számítási módszer alkalmazhatósági tartománya a hidrogén koncentráció függvényében.

#### IRODALOM

- WAHL, J. S. – TITTMAN, J. – JOHNSTONE, C. W. – ALGER, R. P., 1964: The dual spacing formation density log. *Journal of Petroleum Technology*. XVI. 1–2.
- Iszpolzovanie metodov impulsznovo nejtronovo karotazsa sz primeneniem generatorov nejtronov v geofizike i nefte- dobuvajusej promislenosztji. Moszkva. 1968. KGST kiadvány.
- ORLINSZKIJ, B. M. – ARBUZOV, V. M., 1965: Raszpredelenie tyeplovuh nejtronov v peszesanom plasztje pereszecennom szkvazsinoj.



## GEOELEKTROMOS MÉRÉSEK A MISKOLCTAPOLCAI NAGYKÖMÁZSÁN

CSÓKÁS JÁNOS\* – EGRSZEGI PÁL\* – VITÁLIS GYÖRGY\*\*

Я. ЧОКАШ – П. ЭГЕРСЕГИ – Д. ВИТАЛИШ

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ В РАЙОНЕ НАДЬКЁМАЖА

Приводятся примеры выявления электроразведкой заполненных глинами разрывов и трещиноватых известняков в районе разведки на известняки, по данным электроразведочных работ, проведенных в области Надькёмажа. Работы проводились методами ВЭЗ, электрического профилирования с установками MAN, методом градиентов, а также так называемым методом „измерения направления с использованием потенциала“.

J. CSÓKÁS – P. EGRSZEGI – GY. VITÁLIS

GEOELECTRICAL SURVEY IN THE NAGYKÖMÁZSA LIME-STONE QUARRY AT MISKOLCTAPOLCA

Examples of geoelectrical establishing of clay-filled faults and fractured limestone in a limestone-exploration area from a geoelectrical survey on the Nagykömázsa at Miskolctapolca are presented in the paper. These examples refer to geoelectrical sounding, MAN and gradient profiling, further to the so-called „direction-measuring with potential” procedure.

A Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet cement- és mészgyártásra alkalmas mészkőkutatóást végzett a miskolctapolcai Nagykömázsa hegyen. A munkába bekapcsolódott a Nehézipari Műszaki Egyetem Geofizikai Tanszéke és a kutatófúrások pontosabb értelmezése végett geoelektromos kutatást végzett (Csókás, 1968.). A kutatás feladata a mészkőben húzódó vetők, töredezett zónák és agyagos betelepülések 20–30 m mélységig történő nyomozása volt.

A feladat megoldására 25 geoelektromos szondázás, továbbá 5000 m teljes hosszúságban ún. MAN és két különböző behatolású gradiens szelvényezés, valamint 1800 m teljes hosszúságban rádiófrekvenciás szelvényezés, ezenkívül 13 ponton „iránymérés potenciállal” és 1 ponton „iránymérés gradienssel” történt. Ez a cikk – a rádiófrekvenciás szelvényezés kivételével – a geoelektromos kutatás értelmezését foglalja magában.

\* Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc.

\*\* Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest.  
A kézirat beérkezése: 1969. júl. 9.

## A kutatási terület földtani felépítése

A miskolctapolcai Nagykőmázsa hegyet (kb. 700 m öszsvastagságú) ún. „répáshutai” pirosfoltos, világos ladini mészkő építi fel. A mészkő a kutatási terület legnagyobb részén a felszínen van, helyenként azonban — fúrási adatok szerint — 0,3–2,5 m vastag, pleisztocén korú barna és vörösesbarna, uralkodóan kőzetlisztes, agyagos iszaphól álló fedőképződmény borítja.

A 150×150 m-es hálózatban telepített 24 (kereken 1800 fm) fúrással feltárt, erősen karsztosodott mészkőösszlet egyöntetűségét, a kavernákat és a nyílt kőzethasadékokat kitöltő agyagos szennyeződések, alárendelten nagyobb kalcittelérek és hidrotermális hatások nyomai bontják meg. A karsztos üregeket, kavernákat, továbbá a nagyobb kőzethasadékokat kitöltő agyagos szennyeződések anyaga a pleisztocén fedőképződményekével mind ásványi, mind kémiai összetételében azonos, ezért azok bemosott anyagának tekinthető. A kalcittelérek és az egyéb hidrotermális nyomok, a területen korábban (feltehetően a pleisztocénben) lejátszódott hévforrástevékenységre utalnak.

\*

A Nagykőmázsa és közvetlen környéke a DK-i Bükkben kimutatott, Répáshuta – Hollóstető – Bodzaskút antiklinális vonulat ÉK-i szárnyán fekszik. Az idősebb hegységszerkezeti mozgások által kialakított gyúrt formákat az ÉÉK – DDNy és ezekre közel merőleges NyÉNy – KDK csapású fiatalabb vetődések erőteljesen feldarabolták, így e területrészt szerkezeti jellege elsősorban töréses.

A mészkőösszlet többnyire rétegzetlen és erősen összetöredezett. Dőlésének azimutja ÉÉK, szöge átlagosan 45°. A kőbányában mért kőzetrések uralkodóan NyÉNy – KDK és erre közel merőleges ÉÉK – DDNy és ÉK – DNy irányúak. Az ugyanott mért kisebb vetők, valamint a komplex geofizikai mérésekkel megállapított vetők csapása ettől nem tér el. A vetősíkok átlagos dőlésszöge 70°.

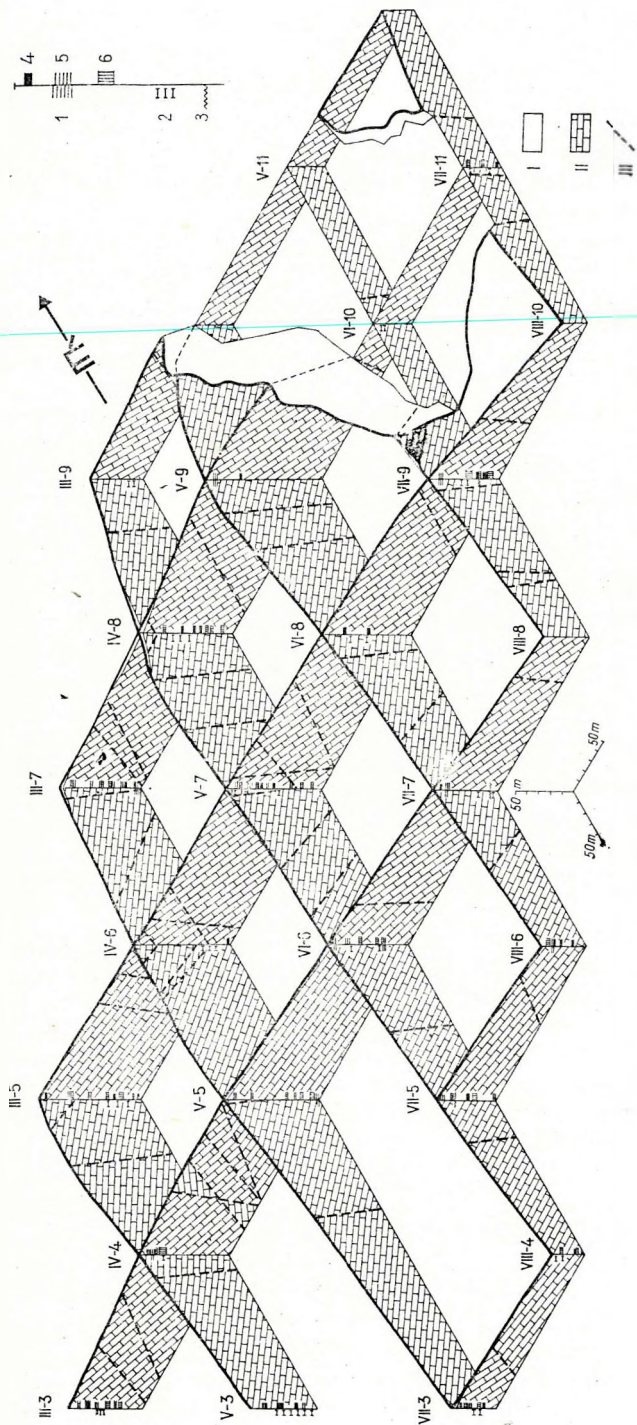
A bányaudvarban észlelt kalcittelérek és agyagos kitöltésű hasadékok közel ÉK – DNy irányúak, ezért a nyílt kőzetrések, illetve az ezeket kitöltő agyagos szennyeződések elsősorban a fenti irányokban várhatók. A kőbányában észlelt uralkodóan NyÉNy – KDK csapású vetők és kőzetrések zártak; ezekben az irányokban törésmenti hidrotermális elváltozások, kalcittelérek, vagy agyagos kitöltések nem várhatók (VITÁLIS, 1968.).

A terület földtani felépítését és szerkezetét összefoglalóan az 1. ábrán közölt földtani tömbszelvény szemlélteti.

## A geoelektromos kutatás és földtani értelmezése

A 2. ábrán a mérési helyek, szelvények és részben a mérési eredmények láthatók.

A geoelektromos mélyszondázásnak ezen a területen nincs jelentősége az igen nagymérvű oldalirányú ellenállásváltozások miatt. Jellegzetes példa erre a 3. ábrán látható szondázási görbe, amelyet a III–5 fúrás közelében mértünk.



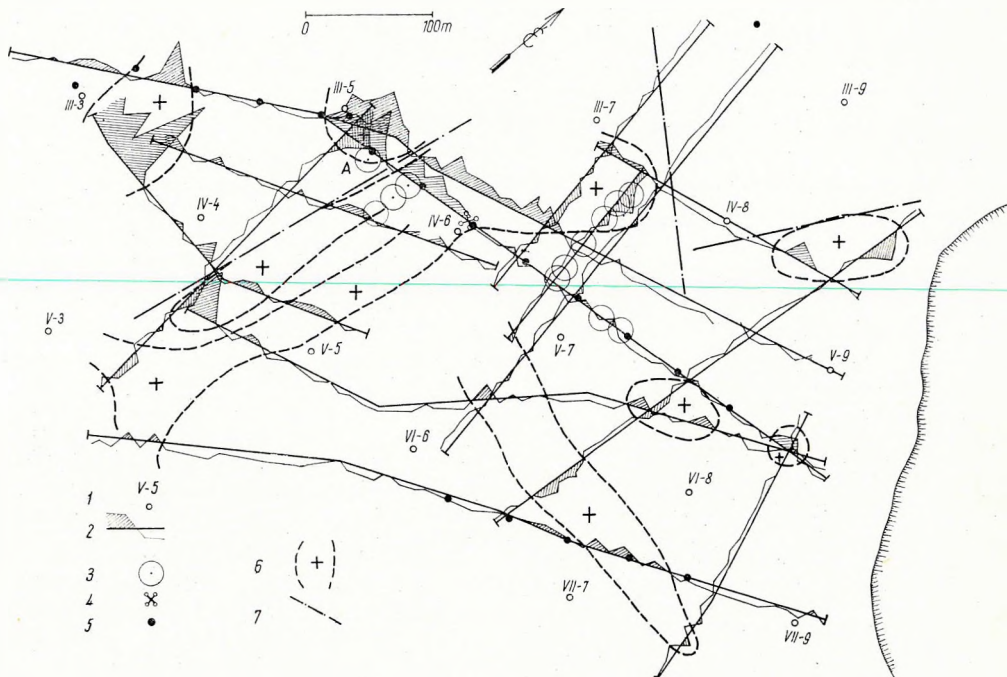
I. ábra. A nagykőmázsai mészkőutatósi terület földtani tömbszelvénye (alapszint 285,0 m tszf)  
 1. kavernás kőtöltő agyag, 2. hidrotermális nyom, 3. kalcitvein (fűrással megállapítva); 4. kaverna, 5. agyagos szelvény-  
 zónás, 6. törélezett szakasz (radioaktív szelvényezéssel megállapítva); I. fedő agyag (Pleistocén), II. mészkő (ladini)  
 III. törés

Фиг. 1. Геологический разрез района разведки на известняки Надкőмажа (основной го-  
 ризонт — 285 м н.у.м.)

I — глины, заполняющие каверны; 2 — гидротермические следы; 3 — кальцитовые жилы (выявленные бурением); 4 — каверны; 5 — глинистые загрязнения; 6 — зона насыщенный (по данным радиоактивной съемки); I — покровные глины (плейстоцен); II — известняки (ладинские); III — разрывы

Fig. 1 Skeleton diagram of the limestone exploration area Nagykőmázsán  
 (base level 285, 0 m a.s.l.)

1. cavity-filling clay; 2. hydrothermal trace; 3. calcite-vein (established by drilling); 4. cavity; 5. clayey contamination  
 6. fractured zone (established by radioactive logging); I. covering clay (Pleistocene) II. limestone (Ladinian) III  
 fault



2. ábra. A nagykömázsi mészkőkutató terület geoelektromos méréseinek helyszínrajza

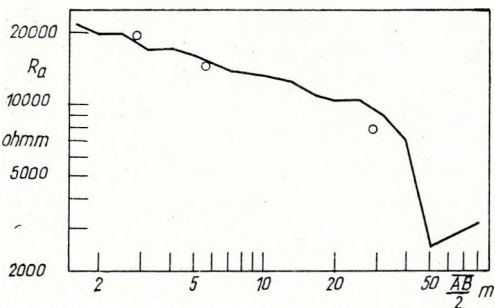
1. kutatófúrás, 2. geoelektromos szelvény, 3. iránymérés potenciállal, 4. iránymérés gradienssel, 5. geoelektromos szondázás, 6. nagy fajlagos ellenállású terület, 7. törési zóna

Fig. 2. План района электроразведочных работ в области развития известняков Nagykömázsa

1 — разведочные скважины; 2 — электроразведочные профили; 3 — пункты измерения направления по методу градиентов; 5 — пункты ВЭЗ; 6 — участки с повышенными величинами удельного сопротивления; 7 — зона нарушений

Fig. 2 Schematic map of the geoelectrical survey in the limestone-exploration area Nagykömázsa

1. exploration borehole; 2. geoelectrical profile; 3. direction-measurement with potential; 4. direction-measurement with gradient; 5. geoelectrical sounding; 6. area of high resistivities; 7. fault zone



3. ábra. Nagy oldalirányú fajlagos ellenállásváltozást szemléltető szondázási görbe (a terítés — középpont a III-5 fúrás közelében)

Fig. 3. Кривая ВЭЗ с значительным горизонтальным градиентом удельного сопротивления (центр разноса располагается вблизи скважины III-5)

Fig. 3 Sounding curve illustrating a considerable lateral variation in resistivity (spread center close to borehole III-5)

A 80 m  $\overline{AB}$ -hez tartozó meredek lehajlás annak a következménye, hogy a 2. ábrán látható nagyellenállású területről az egyik tápelektroda „lelépett”. A görbe első szakaszának lejtése is részben oldalhatásnak tulajdonítható; ennek

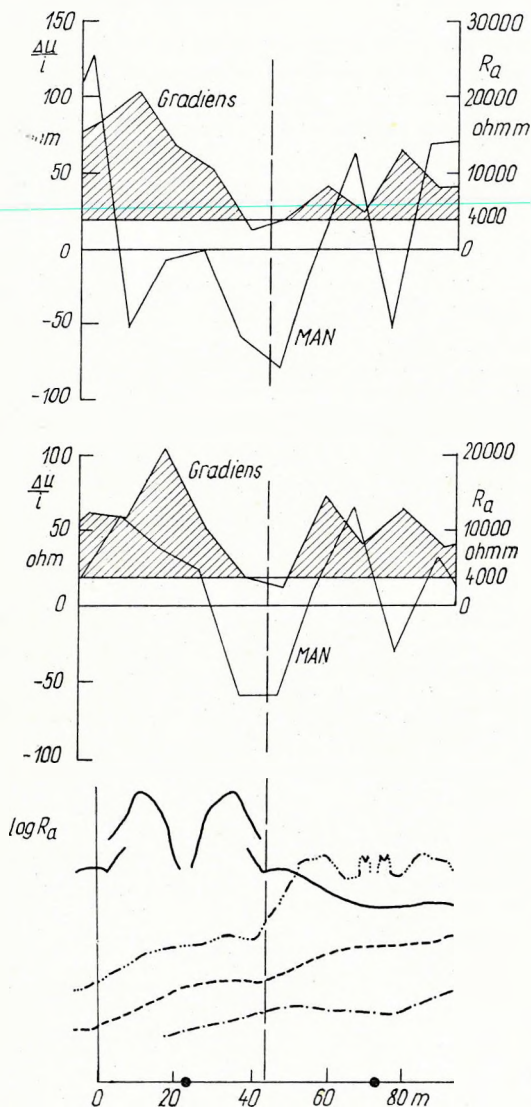
bizonyítéka, hogy ha az áram-elektrodákat felváltva mozgattuk, akkor a fajlagos ellenállás érték (null-körökkel jelzett pontok) nem esett a görbére.

Az igen nagy oldalirányú zavarok miatt a geoelektromos mérések behatolása korlátozott és a megadott törési zónák csak a felső 20–30 m-es összletre vonatkoztathatók.

A geoelektromos szelvény-mérésnél a  $B$  elektróda gyakorlatilag végtelen távol volt a mérési helytől. A gradiens-elrendezésnél kétféle terítési távolságot használtunk; ezek közül a 2. ábrán csak az  $A15M5N$  terítési távolsággal felvett görbékét tűntettük fel. A  $MAN$  elrendezésnél a terítési távolság  $M10A10N$  volt.

A gradiens és  $MAN$  elrendezéssel mért görbéknel két jellegzetes törési zónatípus különböztethető meg; ezekre példa a 4. és 5. ábrán látható.

A 4. ábra a III–5 és IV–6 fúrás között húzódó, két csaknem párhuzamos szelvény gradiens és  $MAN$  görbéjét mutatja. A görbéken élesen kirajzolódik egy agyaggal kitöltött hasadék képe (az ábrán szaggatott vonallal jelöltük). Az ábrán ezenkívül feltüntettük a délebbi szelvényen azonos terítési iránnyal mért szondázási görbéket is, amelyek szintén egyértelműen kijelölik a törési zóna helyét (ÉGERSZEGI–STEINER, 1968.). A 2. ábrán eredményvonallal jelöltük azt a törési zónát, amely több szelvényen jól követhető. A törési zóna átlagos csapását a



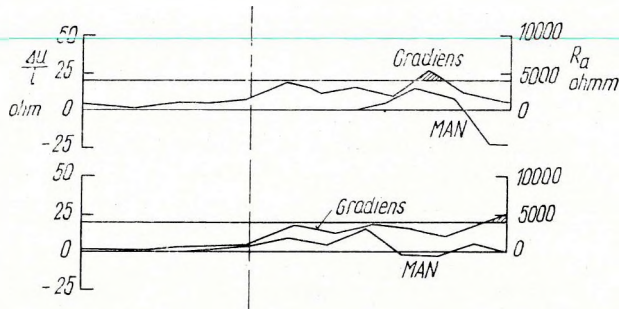
4. ábra. Agyaggal kitöltött hasadék geoelektromos képe

Фиг. 4. Трещина, заполненная глиной, по данным электроразведки

Fig. 4 Geoelectric pattern of a fissure filled with clay

nagy ellenállású területeket körülhatároló szaggatott vonalak iránya is jelzi.

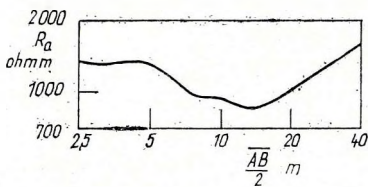
Az 5. ábrán a III-7 és IV-8 fúrás között húzódó két párhuzamos szelvény mentén felvett gradiens és MAN szelvény látható. A szaggatott vonal olyan törési zónát jelöl, amely két különböző fajlagos ellenállású területet választ el. Ennek eldöntésére, hogy ezt az ellenálláscsökkenést nem a felszíni pleisztocén korú, kőzetlisztes, agyagos iszap kivastagodása okozza-e, a III-9 fúrás közelében szondázást végeztünk. A szondázási görbe egyik érdekes szakasza a 6. ábrán látható. Ez a görbe azt bizonyítja, hogy a felszíni 2-2,5 m



5. ábra. Két különböző fajlagos ellenállású zónát elválasztó törés geoelektromos képe

Фиг. 5. Сброс, разделяющий зоны с различными величинами удельного сопротивления, по данным электроразведки

Fig. 5 Geoelectric pattern of a fault dividing two zones of different resistivities



6. ábra.

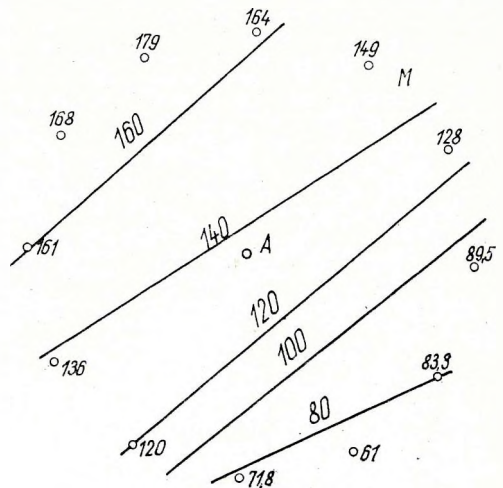
Szondázási görbeszakasz a III-9 fúrás közelében

Фиг. 6.

Часть кривой ВЭЗ вблизи скважины № III-9

Fig. 6

Section of a sounding curve near borehole III-9



7. ábra.

„Iránymérés potenciállal” az A ponton

Фиг. 7. „Измерение направления с использованием потенциала” в нукте А

Fig. 7. „Direction-measuring with potential” at location A

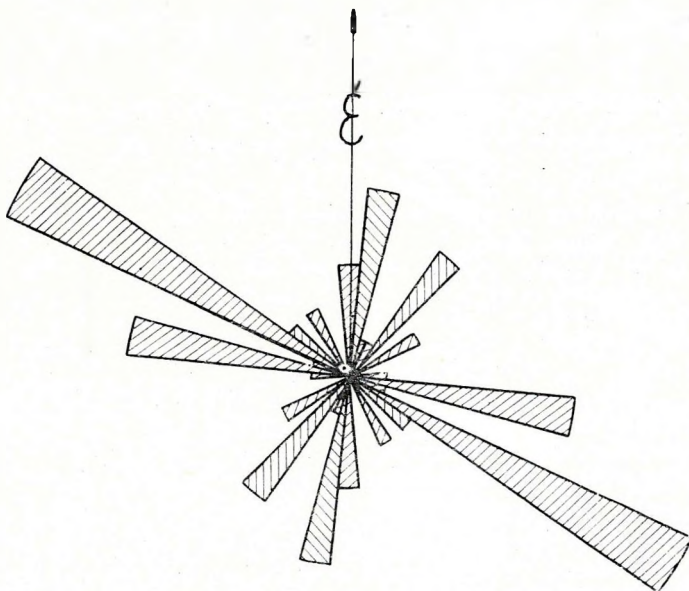
vastag pleisztocén takaró alatt nem növekszik, sőt csökken a fajlagos ellenállás, tehát kb. 15 – 20 m-ig mállott, agyagos mészkőre számíthatunk. Ezt a mállott zónát K-ről, a IV – 8 és V – 9 fúrás között, a 2. ábrán eredményvonallal jelölt törés határolja.

A 2. ábrán látható szelvények mentén végzett szelvénymérés (Csókás, 1968.) még számos hasonló törési zónát indikált, de ezek feltüntetését nyomda-technikai okok miatt mellőztük.

Az egyes szelvényeken jelentkező anomáliák korrelálása végett néhány ponton „iránymérés”-t végeztünk, amelynek célja a jobban vezető törési zóna terelő hatását felhasználva, a nyomvonal irányának meghatározása.

Az „iránymérés potenciállal” módszernél az  $A$  elektróda potenciálját 10 m sugarú körön mértük. Feltételezve, hogy a körön belül a mért értékek között lényegében lineáris a potenciálváltozás, graduálással megszerkesztettük az ekvipotenciális vonalakat (7. ábra). Ezek menete csaknem párhuzamos a jobban vezető zónával, (annak terelő hatása miatt), amely a mérési ponttól a kisebb potenciálú értékek irányába esik. A 7. ábrán látható értékeket a 2. ábrán jelölt  $A$  pontban mértük. A mérés legérzékenyebb az (eredményvonallal jelölt) agyaggal kitöltött törési zónára, de más irányú törési zónák együttes hatása miatt a két irány nem párhuzamos.

Amikor az „iránymérés gradienssel” módszert alkalmaztuk, két egymásra merőleges irányban mértük  $\overline{MN} = \overline{M'N'} = 10$  m mérőelektróda távolsággal az 50 m távolságban levő egyenes mentén mozgatott  $A$  elektróda potenciálgradiensét. Az eredő potenciálgradiensnek homogén feltérben az  $A$  elektróda



8. ábra. Törési irányok gyakorisága

Фиг 8. Повторяемость направлений сбросов

Fig. 8 Frequency of fault directions

felé kell mutatnia. Közele jól vezető zóna megváltoztatja ezt az irányt. Ezt a mérést a 2. ábrán jelölt ponton végeztük. A mérési eredmény É–D és ÉK–DNy csapású törési zónát indikál a mérési pont közelében. Ez jól megegyezik a többi módszerrel meghatározott iránnyal.

A fő törési irányokat jól szemlélteti a 2. ábrán bejelölt nagy ellenállású területek határa is. A nagy ellenállású területek tömör mészkövet indikálnak, amelynek határa legtöbbször egybeesik a másodiknak említett törési zónával.

A különböző módszerekkel megállapított törési irányok gyakoriságát a 8. ábra diagramja szemlélteti. Ennek megfelelően a fő törések azimutjai  $10^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $100^\circ$  és  $120^\circ$ .

A leírtakból kitűnik, hogy a geoelektromos mérések még ilyen, tektonikailag nagyon zavart területen is jól használhatók felszínközeli töréses zónák nyomozására. Ha azonban jobb felbontóképességet akarunk elérni, célszerű a jelenleginél sűrűbb szelvényhálózaton végezni a méréseket. Minden hasonló esetben a geoelektromos mérések igen értékes felvilágosítást nyújtanak a mészkő leművelésének tervezéséhez, sőt az itt szerzett tapasztalatok, más földtani célú, de kutatás-tervezési szempontból hasonló problémák megoldásában is segítséget nyújthatnak.

#### IRODALOM

- CSÓKÁS J. 1968: Jelentés a Hejőcsabai Cementgyár nagykőmázsai mészkőkutató területén végzett komplex geofizikai kutatásról. Kézirat, NME Geofizikai Tanszék, Miskolc – Egyetemváros.
- EGERSZEGI P. — STEINER F. 1968: Methode zur schnellen Bestimmung der Lage vertikaler Widerstands-Kontrastflächen. Acta Geodaet., Geophys. et Montanist. Acad. Sci Hung. 3. Budapest.
- VITÁLIS GY. 1968: Zárójelentés a Hejőcsabai Cement- és Mészünű mészkő nyersanyag kutatásáról. Kézirat. ÉVM SZIKKTI Cement Osztály. Tsz.: V – 101/61. Budapest.



## Elektromechanikus szűrőrendszerek átviteli függvényének számítása az elektromos hálózatanalízis módszerével

KARDEVÁN PÉTER\*

П. КАРДЕВАН

### ВЫЧИСЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ФИЛЬТРАЦИИ ПУТЕМ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Электромеханические системы могут эффективно применяться в сейсмологии для подавления микросейсм. Эти системы могут изучаться просто, с использованием эквивалентных электрических схем, методами анализа контуров. В работе подробно рассматривается возможность определения характеристики систем предлагаемым способом.

P. KARDEVÁN

### CALCULATION OF TRANSMISSION FUNCTIONS OF ELECTROMECHANICAL FILTER SYSTEMS BY ELECTRIC NETWORK-ANALYSIS

The electromechanical systems are favourable to filter microseisms. These systems can simply be analysed by electric substitute-circuits. A possibility of determining the transmission characteristics of these systems is detailed.

A szeizmológiában számos feladat fordul elő, amely csak nagyszámú regisztrált földrengés jól kiértékelhető szeizmogramjainak statisztikus vizsgálatával oldható meg. Az ilyen problémákkal csak akkor foglalkozhatunk eredményesen, ha a szeizmográfokat alkalmassá tesszük, hogy minél több megfelelő szeizmogramot adjanak. A műszerek ilyen irányú fejlesztésének legegyszerűbb módja érzékenységük növelése. Az érzékenység-növelésnek azonban határt szab a mindenhol jelenlevő, különböző eredetű talajnyugatalanság. Kedvezőtlen esetben a zaj oly erős lehet, hogy megnehezítheti a fázisok felismerését. Különlegesen érzékeny galvanométerek, vagy elektronikus erősítők alkalmazásakor az ún. „belső zaj” is korlátozó tényező.

Abban az esetben, ha a talajnyugtalanság a regisztrálni kívánt földrengéshullámok periódustartományán kívül eső rezgésekből áll, jó eredményt érhe-

---

\* ELTE és MTA Országos Földrengésvizsgáló Intézete, Budapest.  
A kézirat beérkezése: 1969 május 21.

tünk el a zavarhullámok egyszerű kiszűrésével. Ennek a feltételnek a szeizmológiában leginkább a városi talajnyugtalanosság felel meg. Más esetben mindig számolnunk kell azzal, hogy a hasznos jelek egy része is kiszűrődik.

Az eddig kifejlesztett számos szűrési eljárás közül most csak a galvanométeres szűréssel foglalkozunk (POMEROY—SUTTON, 1960; HORDEJUK, 1967). Az ilyen szűrőrendszereknél az inga és regisztráló galvanométer közé megfelelő számú párhuzamosan, ill. sorosan kapcsolt ún. „szűrőgalvanométer” és egyéb frekvenciafüggő elem (kondenzátor, induktivitás), valamint ellenállások közbeiktatásával érhetjük el a talajnyugtalanosság kiszűrését.

Alkalmas szűrőrendszer kiválasztásához az említett elemek nagyszámú kapcsolási kombinációjának átviteli függvényét kell tanulmányozni. A szokásos módszer az, hogy felírják az inga, a regisztráló galvanométer, valamint a szűrőgalvanométerek differenciálegyenletét a megfelelő kezdeti feltételekkel és kiküszöbölik az összes változót, kivéve az  $x(t)$  földmozgást és  $\varphi(t)$  regisztráló galvanométer kitérést (CHAKRABARTY, 1949). Az idevonatkozó differenciálegyenletek lineárisak és állandó együtthatójúak, tehát a kiküszöbölést a Laplace-transzformáció segítségével algebrai úton végezhetjük. Ha  $\varphi(t)$  és  $x(t)$  Laplace transzformáltja  $\Phi(s)$ , ill.  $X(s)$ , ahol az  $s$  komplex változó és a rendszer átviteli függvénye  $H(s)$ , akkor

$$\Phi(s) = H(s) \cdot X(s) \quad (1)$$

A legegyszerűbb esetektől eltekintve, a differenciálegyenletek felállítására bonyolult és az átviteli karakterisztikák számítása hosszas számolást igényel. A galvanométerek és az inga elektromos helyettesítő kapcsolásainak felhasználásával a szűrőrendszer viselkedése pusztán az elektromos hálózatokra vonatkozó törvények alapján vizsgálható.

A továbbiakban részletesen ismertetjük, hogyan lehet felhasználni az elektromos hálózat-analízis módszereit az elektromechanikus, lineáris passzív elemekből álló rendszerek átviteli függvényének számítására.

### Az inga és galvanométer helyettesítő áramkörei

Egy inga, amelynek tekercse mágneses térben mozog,

$$K_1 \ddot{\Theta} + b_1 \dot{\Theta} + c_1 \Theta = -MR_0 \ddot{X} - G_1 i_s \quad (2)$$

differenciálegyenlettel jellemezhető, ahol  $K_1$  az inga tehetetlenségi nyomatéka,  $b_1$  a sebességgel arányos csillapítóerő nyomatéka egységnyi szögsebességnél,  $c_1$  a rugóállandó,  $X$  a földmozgást leíró függvény,  $G_1$  az ingatekeres elektromechanikus konstansa,  $i_s$  a tekercsen átfolyó áram, ha a tekercs valamely  $Z$  impedanciával terhelt,  $M$  az inga tömege,  $R_0$  a felfüggesztett tömeg súlypontjának távolsága a forgástengelytől és  $\Theta$  az inga szögkitérése. A (2) egyenletet egyszerű átalakítással a következő alakra hozhatjuk:

$$\left(\frac{K_1}{G_1^2}\right) \frac{d}{dt} (G_1 \dot{\Theta}) + \left(\frac{b_1}{G_1^2}\right) (G_1 \dot{\Theta}) + \frac{c_1}{G_1^2} \int G_1 \dot{\Theta} dt + i_s = -\frac{MR_0}{G_1} \ddot{X}. \quad (3)$$

A  $G_1 \dot{\theta} = e_s$  mennyiség az inga tekercsében a mozgás során indukálódott feszültség (feltételezzük, hogy a rendszer a  $t = 0$  időpillanatban nyugalomban volt, tehát  $\dot{\theta}(0) = \theta(0) = \dot{\varphi}(0) = \varphi(0) = 0$ ).

Felhasználva a formai hasonlóságot a kondenzátoron, ohmos ellenálláson és induktivitáson átfolyó áramot kifejező képletekkel, bevezethetjük a

$$C_s = \frac{K_1}{G_1^2}; \quad L_s = \frac{G_1^2}{c_1}; \quad R_{os} = \frac{G_1^2}{b_1} \quad (4)$$

ekvivalens kapacitást, induktivitást és ohmos ellenállást, amelyekkel a (3) egyenletet kissé átrendezve felírhatjuk:

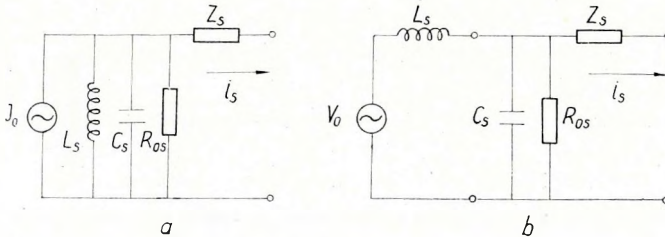
$$\frac{MR_0}{G_1} \ddot{X} + \frac{1}{L_s} \int e_s dt + \frac{1}{R_{os}} e_s + C_s \frac{de_s}{dt} = -i_s. \quad (5)$$

Ez az egyenlet valamely elektromos hálózat egy csomópontjára érvényes Kirchoff-törvényként fogható fel. Ha az első tagot

$$I_0 = \frac{MR_0}{G_1} \ddot{X}$$

ideális áramforrásnak tekintjük, a baloldalon álló tagok párhuzamosan kapcsolt elemeken a csomópontba folyó áramokat jelentik, a jobboldali pedig a csomópontból kifolyó áramot jelenti. Ezek alapján az 1a. ábrán látható helyettesítési kapcsolást kapjuk ( $Z_s$  az inga tekercsének ellenállása). Ez, a párhuzamosan kapcsolt áramforrás és sorosan kapcsolt feszültségforrás ekvivalenciájának felhasználásával (HENNYEI, 1962) az 1b. ábrán látható kapcsolással pótolható, ahol

$$V_0 = L_s \frac{dI_0}{dt} = L_s \frac{MR_0}{G_1} \ddot{X}. \quad (6)$$



1. ábra. Az inga elektromos helyettesítő kapcsolása

Фиг. 1. Эквивалентная электрическая схема подвешенной системы

Fig. 1 The substitute-circuit of the pendulum

Hasonló átalakítást végezhetünk a galvanométerre vonatkozó

$$K_2 \ddot{\varphi} + b_2 \dot{\varphi} + c_2 \varphi = G_2 i_g$$

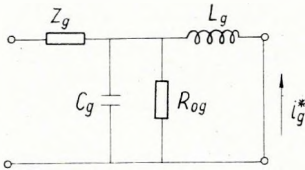
egyenleten is.

A (4) képletekkel teljesen analóg módon bevezethetjük az  $L_g$ ,  $C_g$ ,  $R_{og}$  ekvivalens induktivitást, kapacitást és ellenállást. Ekkor a következő alakú egyenletet kapjuk:

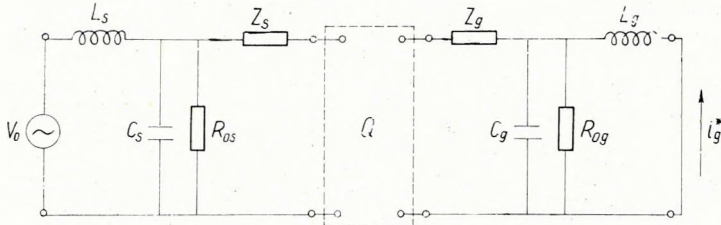
$$C_g \cdot \frac{de_g}{dt} + \frac{1}{R_{og}} e_g + \frac{1}{L_g} \int e_g dt = i_g.$$

Ebből a 2. ábrán látható helyettesítési kapcsolás megadható ( $Z_g$  a galvanométer tekercsének ellenállása).

Mint hogy a szűrőrendszernek az inga és a regisztráló galvanométer állandó komponense, célszerű a teljes szűrőrendszer helyettesítő képét a 3. ábrán látható formában megadni.  $Q$  egy tetszőleges lineáris passzív elemekből álló négy-pólus. A legegyszerűbb esetben ohmikus ellenállásokból álló  $T$ -híd, szűrőrendszernekél még galvanométereket is tartalmaz, amelyeknek természetesen a helyettesítő képe szerepel benne. Terjesszük ki most a  $Q$  négy-pólust úgy, hogy fokozatosan beleértjük az inga és regisztráló galvanométer ekvivalens áramkört eleméit. Ekkor egy  $Q'$  négy-pólushoz jutunk (4. ábra).

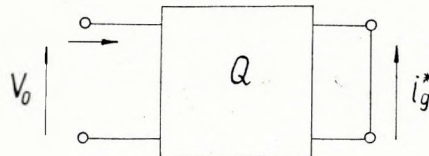


2. ábra. A galvanométer elektromos helyettesítő kapcsolása  
 Фиг. 2. Эквивалентная электрическая схема гальванометра  
 Fig. 2 The substitute-circuit of the galvanometer



3. ábra. A szeizmográf elektromos helyettesítő kapcsolása  
 Фиг. 3. Эквивалентная электрическая схема сейсмографа  
 Fig. 3 The substitute-circuit of the seismograph

4. ábra  
 Фиг. 4.  
 Fig. 4



A 4. ábrán tulajdonképpen egy rövidrezárt négyfázisú láthatunk, amelynek  $Y_{12}$  általánosított vezetőképessége, másszóval admittanciája a következőképpen definiálható:

$$Y_{12}(s) = \frac{I_g^*(s)}{V_0(s)}, \quad (7)$$

ahol  $I_g(s)$  a regisztráló galvanométer  $L_g$  ekvivalens inuktivitásán átfolyó áram és  $V_0(s)$  a bemenő feszültség Laplace-transzformáltja. A (6) alapján:

$$V_0(s) = L_s \frac{MR_0}{G_1} s^3 X(s), \quad (8)$$

s mivel

$$i_g^*(t) = \frac{1}{L_g} \int (-e_g) dt = -\frac{c_2}{G_2^2} \int G_2 \dot{\varphi}(t) dt = -\frac{c_2}{G_2} \varphi, \quad I_g^*(s) = -\frac{c_2}{G_2} \Phi(s). \quad (9)$$

A negatív előjel azt jelenti, hogy a galvanométerben az ingához képest ellentétes feszültség indukálódik.

A (7), (8) és (9) összefüggések alapján a következőt kapjuk:

$$Y_{12}(s) = \frac{I_g^*(s)}{V_0(s)} = -\frac{c_2 G_1}{G_2 L_s M R_0} s^{-3} \frac{\Phi(s)}{X(s)},$$

illetőleg a konstansok egybeolvasztásával:

$$H(s) = \frac{\Phi(s)}{X(s)} = -k s^3 Y_{12}(s). \quad (10)$$

A (10) összefüggés megadja a rendszer átviteli függvénye és általánosított vezetőképessége közötti kapcsolatot.

### Az $Y_{12}$ admittancia számítása

Általában négyfázisúknak nevezünk (MIKUSINSKI, 1961) minden olyan két bemenő és két kimenő kapcsolattal rendelkező elektromos rendszert, amely az  $U_1$  bemenő feszültséget, ill.  $I_1$  bemenő áramot az  $U_2$  kimenőfeszültséggé, ill.  $I_2$  kimenőárammá transzformálja a következő képletek szerint:

$$\begin{aligned} U_1 &= A_{11} U_2 + A_{12} I_2; \\ I_1 &= A_{21} U_2 + A_{22} I_2. \end{aligned} \quad (11)$$

Ily módon minden négyfázisú az

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}$$

mátrix jellemez. Ha két vagy több négyfázisú egymásután láncba kapcsolunk, akkor az eredő négyfázisú mátrixa az egyes négyfázisú mátrixainak megfelelő sorrendben kiszámított szorzataként állítható elő. Ha tehát az inga helyettesítő áramkörének láncmátrixa

$$T_0 = \begin{bmatrix} T_{11}^0 & T_{12}^0 \\ T_{21}^0 & T_{22}^0 \end{bmatrix},$$

A  $Q$  négyfázisú

$$T_q = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$$

és a regisztráló galvanométeré:

$$T_g = \begin{bmatrix} T_{11}^g & T_{12}^g \\ T_{21}^g & T_{22}^g \end{bmatrix},$$

akkor  $Q'$  lánmatrixa

$$T_{q'} = T_0 T_q T_g = \begin{bmatrix} A' & B' \\ C' & D' \end{bmatrix}. \tag{12}$$

$Q'$  azonban rövidrezárt négyfázisú, tehát  $U_2 = 0$ . Ekkor a (11) egyenletek közül az első a következő alakot ölti:

$$U_1 = U_{12} I_2. \tag{13}$$

Az általánosított vezetőképesség ekkor  $1/A_{12}$ , ill.  $Q'$  négyfázisú:

$$Y_{12} = \frac{1}{B'}. \tag{14}$$

lesz, mert  $A_{12}$  és  $B'$  pozíciója a megfelelő mátrixokban ugyanaz.

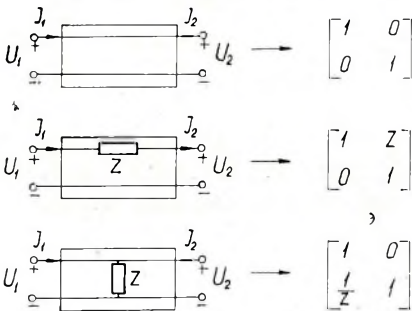
A (12) szorzást  $B'$ -re elvégezve:

$$B' = (T_{11}^0 A + T_{12}^0 C) T_{12}^g + (T_{11}^0 B + T_{12}^0 D) T_{22}^g. \tag{15}$$

A (14) és (10) összefüggéseket figyelembevéve:

$$H(s) = -k s^3 \frac{1}{B'}. \tag{16}$$

A (15) képlet mutatja, hogy a különböző rendszerek átviteli karakterisztikájának megadásához az inga és regisztráló galvanométer változatlansága esetén csak a  $Q$  csatoló négyfázisú mátrixelemeit kell kiszámítani, amely mindig előállítható sorosan, ill. párhuzamosan kapcsolt impedanciák egyszerű lánmatrixáinak szorzataként. A (11) képletek segítségével egyszerűen belátható, hogy az 5. ábra egyszerű négyfázisúhoz a megadott lánmatrixok tartoznak.



5. ábra. Egyszerű négyfázisú lánmatrixai

Фиг. 5.

Цепочная матрица простых квадрупольей

Fig. 5 Chain-matrices of simple quadrupoles

Színuszosan változó bemenő feszültségnél a rendszer átviteli karakterisztikáját a (16)-ból  $s = j\omega$  helyettesítéssel kapjuk.

E módszer segítségével a számítások, különösen bonyolultabb esetekben, egyszerűbbek és mechanikusan végezhetőek.

#### IRODALOM

- POMEROY, P. W. – SUTTON, G. H., 1960: The use of galvanometers as band-rejection filters in electromagnetic seismographs. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 50. 1.
- HORDEJUK, J., 1967: Application of electromechanical filters to low-frequency seismological investigation. *Zaklad Geofizyki, Polskiej Akademii Nauk: Materiali i Prace*, 17.
- CHAKRABARTY, S. K., 1949: Response characteristics of electromagnetic seismographs. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 47.
- DOPP, S., 1964: Application of communication network theory to the electromagnetic seismograph. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 54.
- HENNYEY, Z., 1962: Linear electric circuits. Pergamon Press, Oxford, London, New York, Paris.
- MIKUSINSKI, J., 1961: Operátorszámítás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.





**WHAT IS THE TRUTH ABOUT THE CONNECTION BETWEEN THE DEPTH OF THE LOW RESISTIVITY CHANNEL OF THE UPPER MANTLE AND THE HORIZONTALLY INHOMOGENEOUS GEOELECTRIC CONSTITUTION OF THE SURFACE, IN THE MAGNETOTELLURIC FREQUENCY-SOUNDINGS?**

A. ÁDÁM\*

ÁDÁM ANTAL

VAN-E KAPCSOLAT A FELSŐ KÖPENY JÓLVEZETŐ RÉTEGÉNEK MÉLYSÉGE ÉS A HORIZONTÁLISAN INHOMOGÉN FELSZÍNI GEOELEKTROMOS SZELVÉNY KÖZÖTT A MAGNETOTELLURIKUS FREKVENCIASZONDÁZÁSOKNÁL (MTSZ)?

A szerző 3 adatsoron megvizsgálja a horizontális elektromos vezetőképesség  $\left(S = \frac{H}{\rho}\right)$  és a felső köpenybéli jólvezető réteg mélysége ( $h$ ) közötti kapcsolatot.

Megállapítja, hogy közöttük általános érvényű és törvényszerű összefüggés nem található

A. АДАМ

К ВОПРОСУ О СВЯЗИ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ХОРОШО ПРОВОДЯЩЕГО СЛОЯ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ С ГОРИЗОНТАЛЬНО НЕОДНОРОДНЫМ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СТРОЕНИЕМ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЧАСТОТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

По 3 рядам данных анализируется связь горизонтальной электрической проводимости  $\left(S = \frac{H}{\rho}\right)$  с глубиной залегания ( $h$ ) хорошо проводящего слоя верхней мантии.

Делается вывод об отсутствии общей и закономерной зависимости между указанными параметрами.

One of the many serious problems of the magnetotelluric upper-mantle investigations, according to Tikhonov and his fellow-researchers (1964a, 1964b), is that  $\rho(\nu T)$  curves of closely spaced stations, observed above horizontally inhomogeneous media, although of the same shape, can, along the  $\rho$ -axis, suffer a certain shift. The same shift has been experienced in the case of related  $\rho_x$ - and  $\rho_y$ -curves, too. No wonder that the calculated depth-values of the low resistivity channel of the upper mantle (henceforth: *channel*, for short) can, even within a comparatively small area, considerably undulate, although such undulations are fairly improbable.

\* MTA Geofizikai Kutató Laboratóriuma, Sopron  
Manuscript received: 10th March 1969

The statement referred to, is based on the MTS curves of the Fig 1. The points, denoted as  $A$ , Koc and Coc, are N-S oriented along the same profile ( $A \cdot Koc = 10$  km;  $Koc \cdot Coc = 20$  km). The explanation of the shift of the curves can, perhaps, be found in the geological section of Fig. 2. Telluric measurements verified that the component  $E_x$  considerably increases where the conductor pinches out (e. g. in the point  $A$ ); consequently, its entire  $\varrho_{x(y)}$  curve shifts toward the higher range. The shape of the curve-section, characteristic for the upper-mantle, remains unchanged, consequently the depth calculated from it becomes greater than the actual depth.

The quoted authors suggest, without supplying experimental examples to adjust the  $\varrho$ -position of the curves through specific-resistivity (e. g. DES) measurements. As a matter of fact, no theoretical calculation has been given so far for such near-surface inhomogeneity-caused distortions of MTS curves.

The problem at present is, in fact, in the stage of formulation. The present author, in one of his earlier works (Ádám, 1967), noticed some connection between the horizontal-

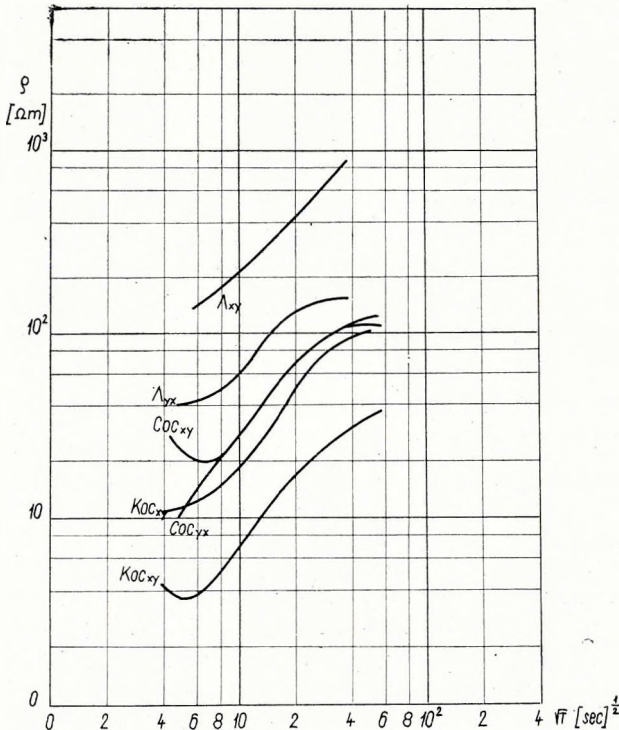
conductivity ( $S = \frac{H}{\varrho\sigma} [\Omega^{-1}]$ )

and the depth of the channel (e. g. Mezőnyárad -2:

$S = 775 \Omega^{-1}$ ,  $h = 40 - 50$

km; Óhuta  $S = 160 \Omega^{-1}$ ,

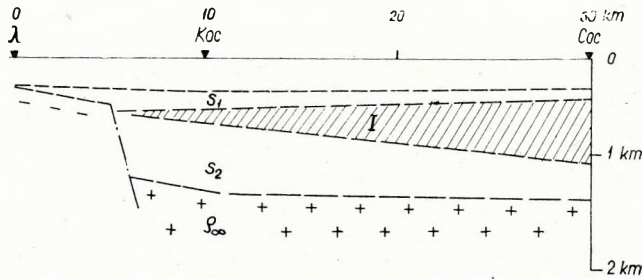
$h = 150$  km; MTS curves of Takács, 1964).



1. ábra. A 2. ábrán látható földtani szerkezeten felvett MTS görbék (Tikhonov és társai nyomán néhány változtatással)

Фиг. 1. Кривые МТЗ, полученные над геологической структурой, приведенной на фиг. 2. (по Тихонову и др. с некоторыми изменениями)

Fig. 1 MTS curves of Tikhonov et al. (1964b) along the geological section of Fig. 2

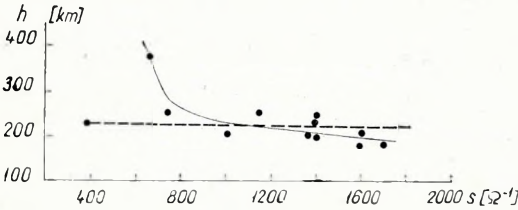


2. ábra. Inhomogén földtani szelvény ( $S_1$  és  $S_2$  jó vezető;  $I$  rossz vezető)

Фиг. 2. Неоднородный геологический разрез ( $S_1$  и  $S_2$  — хорошо проводящие,  $I$  — нехорошо проводящий горизонты)

Fig. 2 Geological section of Fig. 1

( $S_1$  and  $S_2$  good conductor;  $I$  bad conductor)

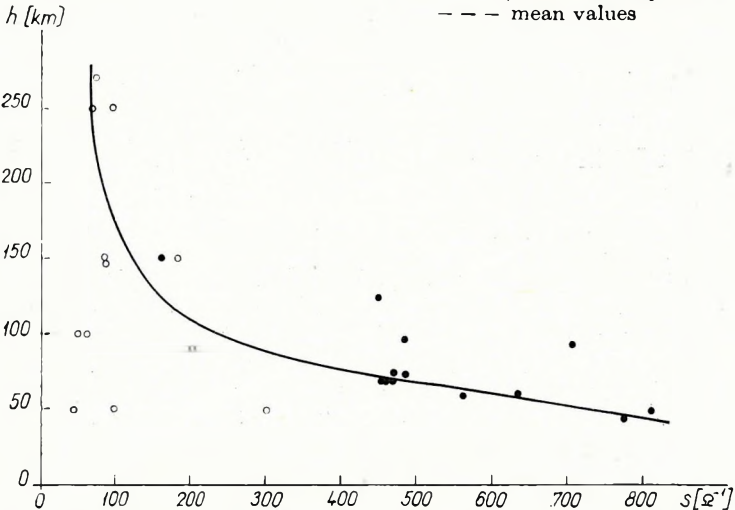


3. ábra.  $h$  és  $S$  vélt (!) összefüggése a Középorosz Medencében

[Janovsky és társai (1966) adatai] — — középérték

Фиг. 3. Предполагаемая (!) связь между величинами  $h$  и  $S$  в Центральной русской депрессии (по Яновскому и др., 1966)

Fig. 3 The guessed (!) connection between  $h$  and  $S$  in the Central Russian Basin (after Janovsky et al., 1966) — — — — mean values



4. ábra.  $h$  és  $S$  vélt (!) összefüggése a Magyar Medencében Takács MTSZ görbéinek kiértékeléséből (.) és az USA-beli MTSZ (Plouff, 1966) adatokból (o)

Фиг. 4. Предполагаемая (!) связь между величинами  $h$  и  $S$  в Венгерском бассейне (.) (по данным Такача, 1964 и в США (o) (Plouff, 1966)

Fig. 4 The guessed (!) connection between  $h$  and  $S$  in the Hungarian Basin (.) (Takács, 1964) and in the USA (o) Plouff, 1966)

The question is: what is the character of the connection between  $S$  and  $h$ ? Can it be approximated with some function; has it an areal variation, and what can really be regarded as channel depth, after all?

There are three  $S$ - $h$  data at disposal, from three, geologically very different, regions which allow some insight into the problem:

Region	$h$ (average)
Hungarian Basin (Ádám, 1963, 1967) .....	80 km
Central Russian Basin (Janovsky et al. 1966) .....	220 km
The SW part of the USA (Plouff, 1966) .....	140 km

The first step of the interpretation was to plot  $h$  versus  $S$  for all of the three regions (Hungarian data: TAKÁCS, 1964). The two Hungarian data mentioned suggested some reciprocal relation, and according to this guess a hyperbola-section was tried to be adjusted, among (to smooth) the points. Figs. 3 and 4 show that the approximation is very poor, especially with the data of Plouff.

Searching for the „interrelation”  $h \left( \frac{1}{S} \right)$  one can „squeeze” the straight-lines corresponding to the above-mentioned hyperbola, both in the Central Russian Basin and in the Hungarian Basin (Fig. 5). These lines, however, connect altogether a fraction of the points only.

In the case of the Hungarian Basin, Fig. 5 is even more characteristic, for this Figure contains also the channel-depth values (MTS) plotted versus  $S$  values.

The equations of the straight-lines:

$$\text{Central Russian Basin } h^{(\text{km})} = \frac{29,4 \cdot 10^4}{S^{[\Omega-1]}} \quad (1)$$

$$\text{Hungarian Basin } h^{(\text{km})} = \frac{3 \cdot 6 \cdot 10^4}{S^{[\Omega-1]}} \quad (2)$$

These forced „interrelations” indicate only their irreality. The condition of the validity of the relation at  $\left( \frac{1}{S} \right) = 10^4 \Omega$  e.g. in the Hungarian Basin and in the case of  $\rho_o = 4$  ohmm, is that according to the formula

$$S = 10^4 = \frac{H}{\rho_o} = \frac{H}{4}$$

the depth of the Tertiary basin should be

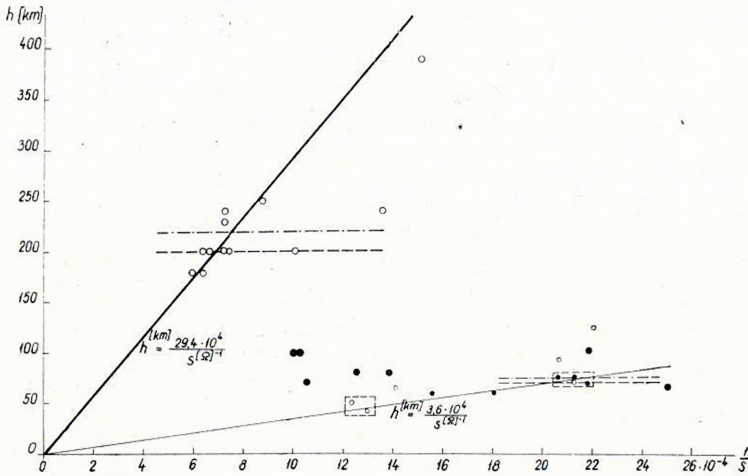
$$H = 40\,000 \text{ m.}$$

In this case the depth of the channel, according to (2)

$$h = 3600 \text{ m}$$

This contradiction verifies that the „interrelation” is groundless.

In a small area, and in the case of a strongly inhomogeneous near-surface complex (Fig. 2; TIKHONOV et al. 1964a, 1964b) there *can* occur the shift of



5. ábra.  $h$  és  $\frac{1}{S}$  kapcsolata magyar és szovjet adatokból

- . - . - középérték
- - - - - medián
- szovjet MTSZ
- magyar nagymélységű MTSZ ( $Q_x$ )
- $Q_y$  Takács (1964) nyomán
- $Q_x$
- középorosz medence
- magyar medence

Фиг. 5. Связь между величинами  $h$  и  $\frac{1}{S}$  по венгерским и советским данным

- . - . - средние величины
- - - - - медиана
- кривые МТЗ, полученные в СССР
- глубинные кривые МТЗ, полученные в Венгрии ( $Q_x$ )
- $Q_y$  (Такач, 1964)
- $Q_x$  (Такач, 1964)
- Центральная Русская депрессия
- Венгерский бассейн

Fig. 5 The connection between  $h$  and  $\frac{1}{S}$  based on Hungarian and Soviet data

- . - . - mean value
- - - - - median
- Soviet MTS
- Hungarian MTS ( $Q_x$ )
- $Q_y$  (Takács 1964)
- $Q_x$
- Central Russian Basin
- Hungarian Basin

the MTS curves along the  $\rho$ -axis, and hence some loose connection between  $h$  and  $S$ . The scattering of the  $h$  values arising in this way requires statistical methods in detecting the depth of the channel.

As it is shown by the above examples, too, the depth of the channel can be very different by different geotectonical units, consequently these differences can be traced by MTS measurements, taking the mean  $h$  values obtained at different  $S$  values of the different areas. The coordinate-fixation, as suggested by Tikhonov and his fellow-men adds, because of the sometimes considerable differences between the MTS and DES data, only another source of error (and not a negligible one either) to the tracing of this upper-mantle anomaly (the channel-depth variation to wit).

The extreme results of  $h$ -determination obtained at low  $S$  values (e.g. near-surface situated or outcropping Fundament) can ordinarily be traced back to strong current-focusing and they are not very reliable in the classification of a certain region. This is the real reason — at least partly — of the great scattering of Plouff's data (1966), where out of 12  $S$  values, 9 are  $S \leq 100 \Omega^{-1}$ .

#### REFERENCE — LIST

- ÁDÁM A., 1963: A földkéreg és a felső köpeny elektromos ellenállásviszonyainak kutatása Magyarországon földi elektromágneses térrel. Kandidátusi értekezés. (The tracing of the geoelectrical constitution of the crust and upper-mantle with MTS in Hungary. Ph. D. theses)
- ÁDÁM, A., 1967: Über das Informationsgehalt der elektromagnetischen Messungen in Ungarn. *Annales de Geophysique*, T. 23. 1.
- JANOVSKY, B. M. ET AL., 1966: The deep-structure of the Central Russian Plain according to MTS measurements (in Russian). *Voprosi Geofiziki* 16. 3. 9.
- PLOUFF, D., 1966: Magnetotelluric soundings in the Southwestern United States. *Geophysics*, XXXI. 6.
- TAKÁCS E., 1964: Magnetotellurikus műszer- és módszerfejlesztési vizsgálatok és alkalmazásuk a geofizikai kutatásban. Kandidátusi értekezés. (MT instrumental and methodological research and its application in geophysical investigations. Ph. D. theses).
- TIKHONOV, A. A. ET AL., 1964: Some results of the deep magnetotelluric investigations in the USSR. *J. of Geomagn. and Geoelectr.* XV. 4.
- TIKHONOV, A. N. ET AL., 1964: Some results of the deep magnetotelluric investigations in the USSR. Regional Conference, Moscow.

## SOME QUANTITATIVE CONTRIBUTION TO THE TELLURIC RELATIVE FREQUENCY-SOUNDINGS (RTFS) IN THE HUNGARIAN BASIN

A. ÁDÁM\*

ÁDÁM ANTAL

### NÉHÁNY KVANTITATÍV ADAT A MAGYAR MEDENCÉBEN VÉGZETT RELATÍV TELLURIKUS FREKVENCIASZONDÁZÁSOKRÓL

A tanulmány összefüggéseket ad meg a relatív tellurikus frekvenciaszondázásból számított átlagos iránytangens, a  $t_{25-100}$  érték, továbbá a medenceüledékösszlet és a medencealjzat fajlagos ellenállásának aránya  $\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)$  között.

A. АДАМ

### НЕКОТОРЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ ОБ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЧАСТОТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЯХ, ПРОВЕДЕННЫХ В ВЕНГЕРСКОМ БАССЕЙНЕ

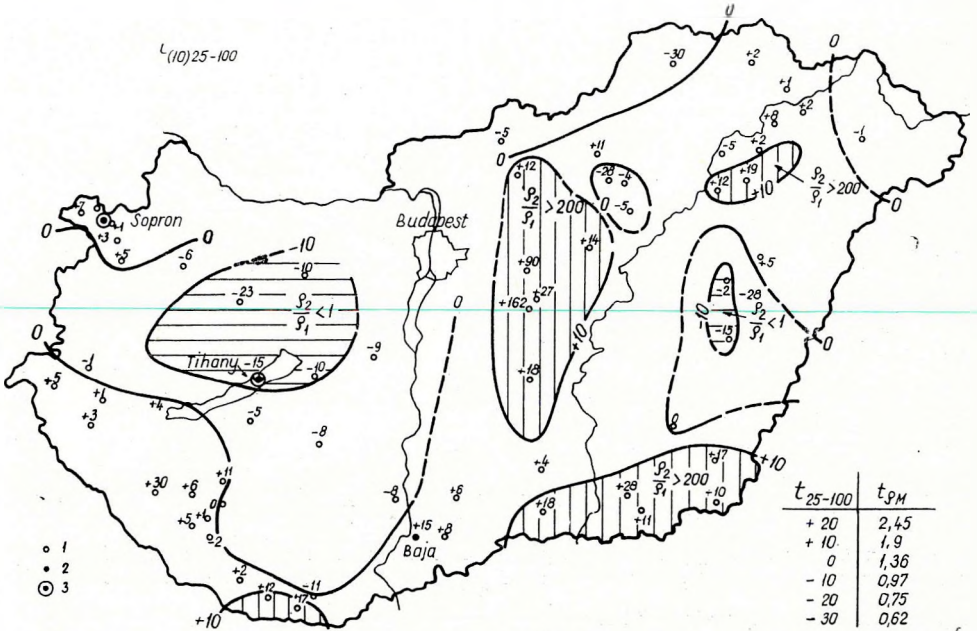
Приводятся зависимости между средним угловым коэффициентом, вычисленным по данным относительных теллурических частотных зондирований, величиной  $t_{25-100}$ , а также отношением сопротивлений осадочной толщи и основания бассейна  $\frac{\rho_2}{\rho_1}$

In order to complete our earlier work in this field (e.g. ÁDÁM-VERŐ 1967) a number of quantitative data are going to be published in the following paper.

In general, only the 25-100 sec interval of the RTFS curves can have been determined. Consequently the map (Fig. 1) has been constructed from the values  $t'_{25-100}$ , - i.e., since sometimes also the 10 sec values have been taken into consideration, the map, in fact, has been based on the  $t'_{(10)25-100}$  values.

In the value  $t_{25-100}$  the thickness of the basin-sedimentary complex plays a considerable role, as referred to earlier (ÁDÁM, 1963). Accordingly, there must be a correlation between the area of the relative telluric ellipse (A) and the  $t'_{25-100}$  values. The actual correlation factor  $K_1 = 0,29$ . A correlation-factor of 0,35 has been obtained between the depth of the high resistivity Fundament and the  $t_{25-100}$ . This comparatively poor correlation indicates that the shift

\* MTA Geofizikai Kutató Laboratóriuma, Sopron  
Manuscript received: 10th March, 1969

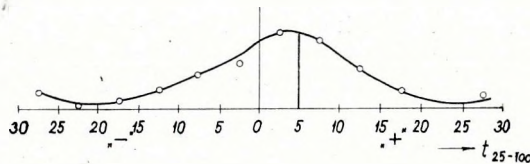


1. ábra.  $t_{25-100}$  térkép Magyarországról a relatív tellurikus frekvenciasondázások alapján  
 Фиг. 1. Карта  $t_{25-100}$  Венгрии по данным относительных теллурических частотных зондирований

Fig. 1  $t_{25-100}$  map of Hungary based on RTFS

of the sounding-curves along the period ( $T$ ) axis is, because of the Fundament-depth variation, not considerable. Taking the average depth of the Hungarian Basin, the slope of the curves (in the period-range in question) has been calculated in their ascending, seldom in their descending section. Thus, the obtained  $t_{25-100}$  value is characteristic for the resistivity-ratio  $\frac{\rho_2}{\rho_1}$

Calculating the  $t_{25-100}$  values for the  $\frac{\rho_2}{\rho_1}$  values of the two-layer MT theoretical sounding curve of the observatory as a basis-station (Table I), we are



2. ábra. A  $t_{25-100}$  értékek gyakorisági eloszlása

Фиг. 2. Распределение повторяемости величин  $t_{25-100}$

Fig. 2 The distribution of the recurrence of the  $t_{25-100}$  values



Table I.

$$\frac{\varrho_2}{\varrho_1} > 1$$

$\frac{\varrho_2}{\varrho_1}$	$t_{QM}$	$\frac{t_{QM}}{t_{QB}}$	$t_{25-100}$
5	1.18	0.87	-4
10	1.29	0.95	-1.2
25	1.51	1.11	+3
50	1.66	1.22	5.5
75	1.73	1.27	6.7
100	1.78	1.31	8
200	1.9	1.4	10
300	1.97	1.45	11
500	2.07	1.52	13

$$\frac{\varrho_2}{\varrho_1} < 1$$

$\frac{\varrho_2}{\varrho_1}$	$t_{QM}$	$\frac{t_{QB}}{t_{QM}}$	$t_{25-100}$
0.2	0.845	1.61	-15.2
0.1	0.775	1.75	-18.8
0.04	0.662	2.05	-26.2
0.02	0.602	2.26	-31.5
0.013	0.578	2.35	-33.8
0.01	0.562	2.42	-35.5
0.005	0.526	2.58	-39.5
0.0033	0.507	2.6	-40
0.002	0.402	2.81	-45.2

$$t_Q = \frac{\varrho_{100}[\text{sec}]}{\varrho_{25}[\text{sec}]}$$

$B = \text{basis}$   
 $M = \text{moving station}$   
 $t_{QB} = 1,36$

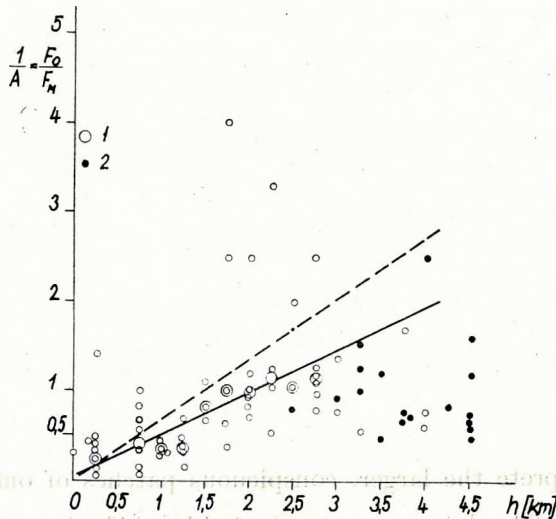
entitled to interpret the larger, conspicuous patches of our  $t_{25-100}$  maps in terms of  $\frac{\varrho_2}{\varrho_1}$  ratios. The data are contaminated by shift along  $\varrho$  originating from  $\varrho_1$  values of the sounding curve. The table strives to approximate the overall  $\varrho_\sigma = \varrho_1$ , value, actually  $\varrho_1 = 4$  ohmm. Thus, when  $t_{25-100} = +5$ , which is the occurrence-peak of these values (Fig. 2), the resistivity of the Fundament is in general, between 100 and 200 ohmm. The selection of the  $\varrho_\sigma = \varrho_1$  value is supported by the relation shown on Fig. 3. The scattering of values, suggested by the same Figure also indicates the weakness of this selection. It had been shown earlier (Ádám, 1963) that the different  $t_{25-100}$  resp.  $\frac{\varrho_2}{\varrho_1}$  values were in

connection also with the petrographical and, partly structural (topographical) changes of the Fundament. Consequently, the large positive and negative areas of the map which express considerable differences in the  $\frac{\rho_2}{\rho_1}$  value ( $t_{25-100} < -9$ ,

$\frac{\rho_2}{\rho_1} < 1$ ), deserve special attention. Such is e.g. the area of the NW embayments

of the Bakony Mts. (negative). The areas of large negative  $t_{25-100}$  values are unsuitable for electromagnetic upper mantle investigations. This is proved e.g. by the deep MT sounding around Somlóvecse, where the obtained  $\rho \sqrt{T}$  curve contains no information for the upper mantle (Fig. 4).

There is a small negative patch in the eastern Great Plain, which, based on the  $t_{25-100}$  values of only two stations, can be characterized by  $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ . With regards to the above-said, it contains a high degree of uncertainty (structural effect, etc.). This is the reason of the difference, as compared to geological and other geophysical data, on this area of Paleozoic Fundament.

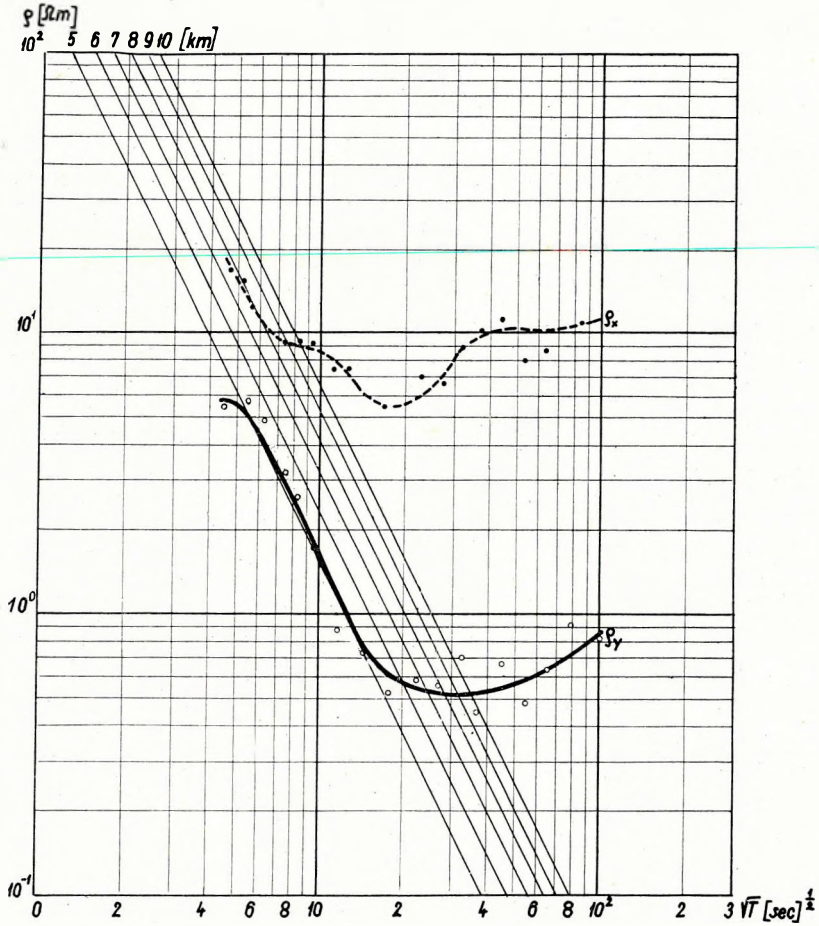


3. ábra. Összefüggés a kristályos medencealjzat mélysége és a tellurikus areaértékek között  
1; . medián 2. a medencealjzat árkában

Фиг. 3. Соотношение глубины залегания кристаллического основания бассейна и величин изоареал по данным метода ТТ  
1. Медиана 2. В грабене основания бассейна

Fig. 3 Correlation between the depth of the Fundament (crystalline) and the telluric area values  
1. median; 2. in Fundament-graben

SOMLÓVECSE



4. ábra. Nagymélységű magnetotellurikus szondázási görbe Somlóvecseről

Фиг. 4. Кривая глубинного МТЗ, полученная в районе северо-западного предгорья горы Баконь

Fig. 4 Deep MTS curve from the NW foreground of the Bakony Mts.

REFERENCE - LIST

- ÁDÁM A., 1963: A földkéreg és a felső köpeny elektromos ellenállásviszonyainak kutatása Magyarországon földi elektromágneses térrel. Kandidátusi értekezés. (The electromagnetic investigation of the geoelectric constitution of the crust and upper mantle in Hungary; Ph. D. thesis)
- ÁDÁM A. - VERŐ J., 1967: A magyarországi elektromágneses mérések újabb eredményei. (Recent results of the Hungarian electromagnetic measurements). Geofizikai Közlemények (Geophysical Transactions) XVI. 1 - 2.



## A jólvezető réteg mélységének grafikus meghatározási lehetősége és annak korlátai a magnetotellurikus frekvenciaszondázásnál

ÁDÁM ANTAL\*

А. АДАМ

### ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ХОРОШО ПРОВОДЯЩЕГО СЛОЯ ПО ДАННЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЧАСТОТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В работе анализируется поведение асимптот, отражающих наличие слоев с бесконечно хорошей проводимостью по теоретическим кривым магнитотеллурического зондирования, для различных параметров слоев. Параметры слоев были подобраны, в основном, с учетом условий изучения верхней мантии.

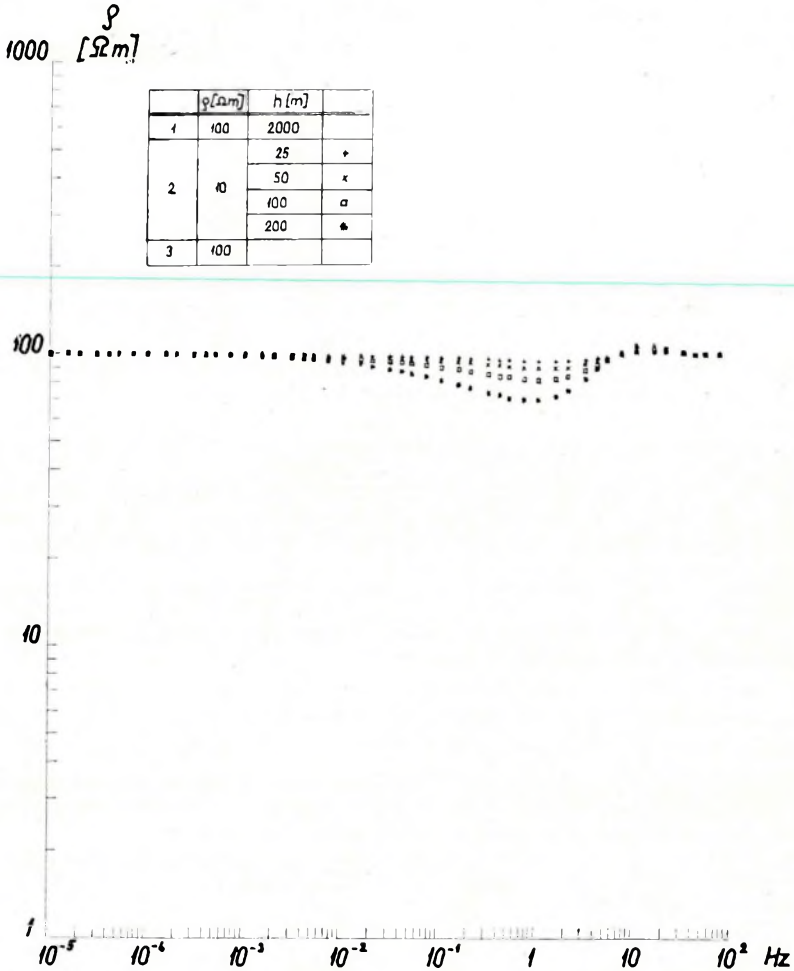
A. ÁDÁM

### THE NOMOGRAPHIC TRACEABILITY OF THE DEPTH OF THE LOW-RESISTIVITY CHANNEL OF THE UPPER MANTLE IN THE MTS, AND ITS LIMITATIONS

The evolution of asymptotes indicating infinite low-resistivity layers at different parameters is analysed through theoretical MTS curves. The parameters have been selected mainly with regard to the upper-mantle investigations.

A magnetotellurikus frekvenciaszondázásnak (MTSZ) egyik lényeges tulajdonsága, hogy egy közbetelepült jólvezető réteg hatása a  $\rho(\sqrt{T})$  görbére sokkal nagyobb, mint egy hasonló vastagságú nagyobb ellenállású rétegé, vagyis a görbe kontrasztosabb. Valamely réteg indikációja azonban nagymértékben függ ellenállásán és az azon a frekvencián kapott látszólagos fajlagos ellenállásnak arányától, amelyen az elektromágneses hullám a rétegig hatol.

A vékony jólvezető rétegek indikálására példaképpen HOPKINS és SMITH (1966) ábráját (1. ábra) mutatjuk be, amely szerint az MTSZ görbén 2000 m vastag 100 ohm-es réteg alatt még 25 m vastag 10 ohm-es réteg hatása is



1. ábra. Vékony jólvezető rétegek indikációja az MTSZ görbéken (HOPKINS, SMITH, 1966)

Фиг. 1. Тонкие хорошо проводящие слои на кривых МТЗ (ГОПКИНС, СМИТ, 1966)

Fig. 1 Indication of thin good conducting layers on the MTS curves (HOPKINS, SMITH, 1966)

érzékelhető. Az MTSZ módszer tehát alkalmas a vékony jólvezető rétegek kimutatására, természetesen a felső köpenyben is.

Az indikáción kívül a rétegpáráméterek meghatározásának pontossága is érdekes.

Ismeretes, hogy olyan nagyellenállású réteg alsó határa amely igen jól vezető rétegen nyugszik, jól meghatározható. Ha azonban a viszonylag vastag réteg ellenállása közepes, alsó felületének mélységét az ellenálláskontraszttól függően már csak tágabb határok között tudjuk megadni.

ТҮИНОВ és munkatársai (1964) az előbbi esetre, tehát a nagy ellenállás-kontrasztra egyszerű formulát vezettek le. Ha  $h$  vastagságú nagyobb ellenállású réteg igen jól vezető aljazaton fekszik, akkor a  $\xi = \log \sqrt{T}$  és  $\eta = \log \varrho_1$  közötti összefüggés:

$$\eta + 2\xi = \log \frac{4\pi^2}{5} + 2 \log h \quad (1)$$

csak a jólvezető képződmény mélységétől, vagyis a nagyobb ellenállású réteg vastagságától ( $h$ ) függ. A  $\varrho(\sqrt{T})$  görbe a nagyobb periódusok felé  $-2$  iránytangensű (csökkenő) aszimptotához közeledik. Az (1) egyenlet, bár egyszerű számításra is alkalmas, felhasználható bilogaritmikus koordinátarendszerben a jólvezető réteg mélységét meghatározó nomogramok szerkesztésére.

Ilyen nomogramokat szerkesztett pl. FOURNIER (1965) a

$$h = \frac{1}{8} \sqrt{10\varrho T}$$

explicit kifejezés alapján. Közelítő kiértékeléseinkben mi is ezeket használjuk.

Nem vizsgálták azonban eddig még azt a kérdést, hogy milyen ellenállásarány szükséges ТҮИНОВ (1964) képletének érvényesüléséhez; továbbá, hogy az ennél kisebb ellenállásarány hogyan befolyásolja a görbe alakját és a mélységmeghatározás pontosságát.

A magnetotellurikus impedancia képletével elméleti görbéket számoltunk ennek a kérdésnek tanulmányozására. Munkánkat a felső köpeny jólvezető rétegének szempontjából végeztük, de eredményeink értelemszerűen más mélységtartományban is felhasználhatók. A 2. ábránkon bemutatjuk a Magyar Medence átlagos felszínközeli geoelektromos viszonyai mellett számított háromréteges elméleti görbéket. A szelvény paraméterei:

$$\begin{aligned} h_1 &= 2 \text{ km}; & \varrho_1 &= 4 \text{ ohmm} \\ h_2 &= 70 \text{ km}; & \varrho_2 &= 1000 \text{ ohmm.} \end{aligned}$$

A  $\frac{\varrho_3}{\varrho_2}$  értékét a következők szerint változtattuk:

$$\frac{\varrho_3}{\varrho_2} = \frac{1}{5}, \frac{1}{10}, \frac{1}{100}, \frac{1}{1000}, \frac{1}{10000},$$

és a  $h = 70$  km mélyen levő jólvezető rétegnek ( $\varrho_3 = 0$ ) megfelelő aszimptotát is feltüntettük. A görbeseregen megállapítható, hogy a  $h = 70$  km aszimptotával együtt csak a  $\frac{\varrho_3}{\varrho_2} = \frac{1}{10000}$  ellenállásarányú görbe csökkenő ága fut. A

$\frac{\varrho_3}{\varrho_2} = \frac{1}{1000}$  görbe jobboldali ágát az aszimptota már mintegy  $10^\circ$ -os

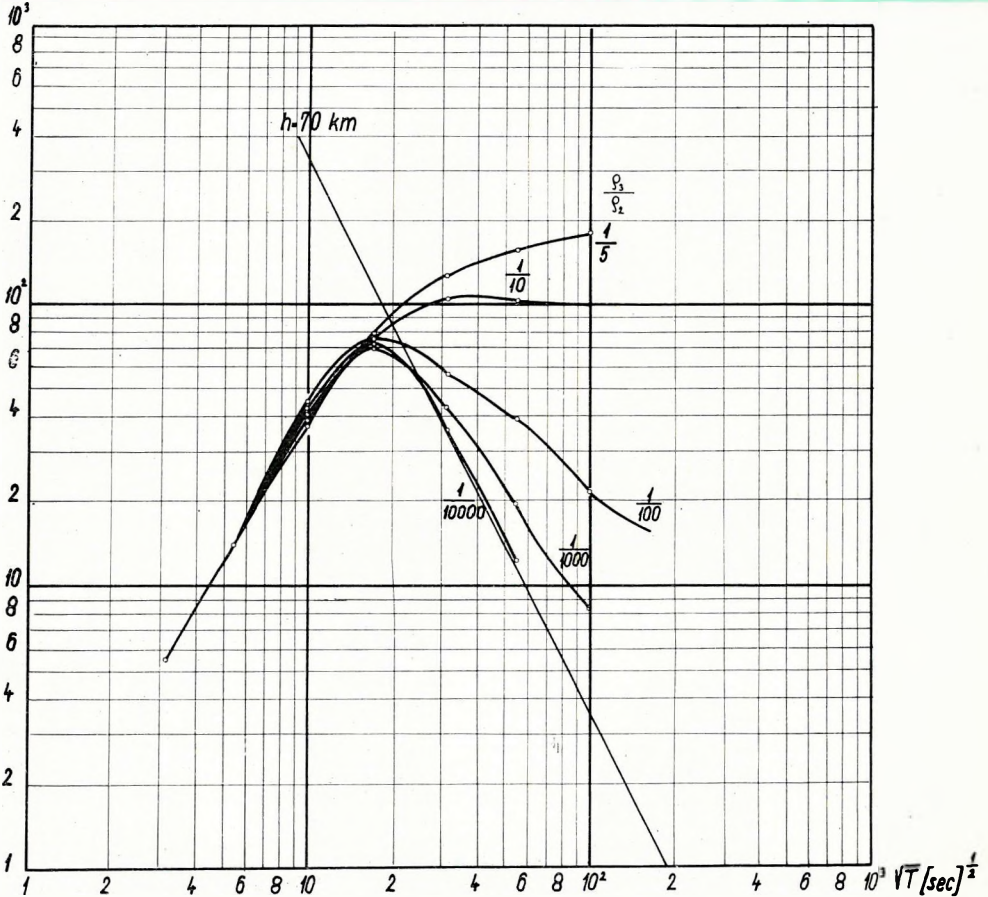
szögben metszi, az  $\frac{1}{100}$  görbét pedig maximumánál, ill. átfordulási pontjánál

$\Delta\sqrt{T} = 3-4 \text{ sec}^{-\frac{1}{2}}$ -nél nagyobb  $\sqrt{T}$ -nél keresztezi. A többi görbénél a görbe ellapulása és nagyon enyhén csökkenő szakasz jelzi a jólvezető réteget, a görbe maximuma pedig a nagyobb mélységeket képviselő  $h$  vonalak irányában tolódik el.

$\rho_1 = 4 \Omega m$      $h_1 = 2,0 km$

$\rho_2 = 1000 \Omega m$      $h_2 = 70,0$

$\rho_3 = \text{var.}$      $h_3 = \infty$



2. ábra. Elméleti háromréteges görbék különböző  $\frac{\rho_3}{\rho_2}$  érték mellett

Фиг. 2. Теоретические трехслойные кривые при различных величинах  $\frac{\rho_3}{\rho_2}$

Fig. 2 Theoretical three-layer curves at different  $\frac{\rho_3}{\rho_2}$  values



Az ipari jellegű magnetotellurikus szondázási görbéknek legfeljebb rövid csökkenő szakasza ismeretes. Ezért, ha ezeket a felső-köpeny kutatásában akarjuk felhasználni, felvetődik a kérdés, hogy grafikusan hogyan értelmezhetjük e görbéket. Bonyolítja a helyzetet az is, hogy ezek a görbék (a teljesebb szondázási görbékől következően), feltehetően nem három-, hanem több-rétegesek, ahol a jólvezető réteg után ismét nagyobb ellenállású réteg jelentkezik (pl. a nagyeceni görbék). A csökkenő ág hajlásszögét ez jelentősen megváltoztathatja és a görbét az aszimptotától eltérítheti.

Ha feltételezzük, hogy a felső köpeny jólvezető rétege legalább 100-szor kisebb ellenállású, mint a felette levő réteg, akkor a  $\rho(\sqrt{T})$  görbék maximumán átmenő aszimptotákkal végzett mélységbecslés hibája  $\frac{\rho_3}{\rho_2}$  függvényében  $\frac{\rho_3}{\rho_2} =$

$$= \frac{1}{100} \text{ és } \frac{1}{10000} \text{ ellenállásarányánál } 0 \text{ és } 20\% \text{ között van (} h = 55 \text{ és } 70 \text{ km között).}$$

Az így becsült értéknél a tényleges mélységérték 0–20%-kal nagyobb. Ha a  $\frac{\rho_3}{\rho_2} > \frac{1}{100}$ , akkor a görbe maximumán átmenő  $h$  egyenes értéke a jólvezető réteg valódi mélységénél nagyobb. Az ipari mérések MTSZ görbéiből számított mélységértékek, a görbék jellegéből következően, a valóságosnál feltehetően nagyobbak.

Ha azonban nem háromrétegesek a görbék és a Magyar Medencében ez a valószínűbb, akkor további megfontolásokra van szükség.

Mennyiben használható a jólvezető réteg mélységének, mint egyik leg-érdekesebb paraméternek a meghatározására a  $h = \frac{1}{8} \sqrt{10\rho T}$  nomogram, ha a

modellünk nemcsak 3 rétegből áll? A  $\rho(\sqrt{T})$  szondázási görbe jobboldali csökkenő ága az aszimptotával szöget zár be, ha a jólvezető réteg alatt ismét nagyobb ellenállású réteg következik. Ez a szög attól függően is változik, hogy a jólvezető réteg feletti nagyellenállású közegbe (pl. a kéregben) milyen jólvezető réteg települ. Elméleti görbeszámításainkkal ez utóbbi esetet részletesebben megvilágíthatjuk.

A 3. és 4. ábránkon bemutatjuk a 14,5 km mélyen levő jólvezető réteg hatását a  $(\rho\sqrt{T})$  görbe jobboldali  $\rho_3$ -nek megfelelő csökkenő ágára, a felső köpeny jólvezető rétegének indikációjára. Ez utóbbit 2 különböző mélységben (80 és 100 km) vettük fel. A kéregbeli jólvezető réteg fajlagos ellenállását és vastagságát az alábbiak szerint változtattuk:

$$\begin{aligned} \rho_3 &= 5 \text{ ohmm} \quad \text{és} \quad 10 \text{ ohmm,} \\ h_4 &= 5 \text{ km} \quad \text{és} \quad 15 \text{ km.} \end{aligned}$$

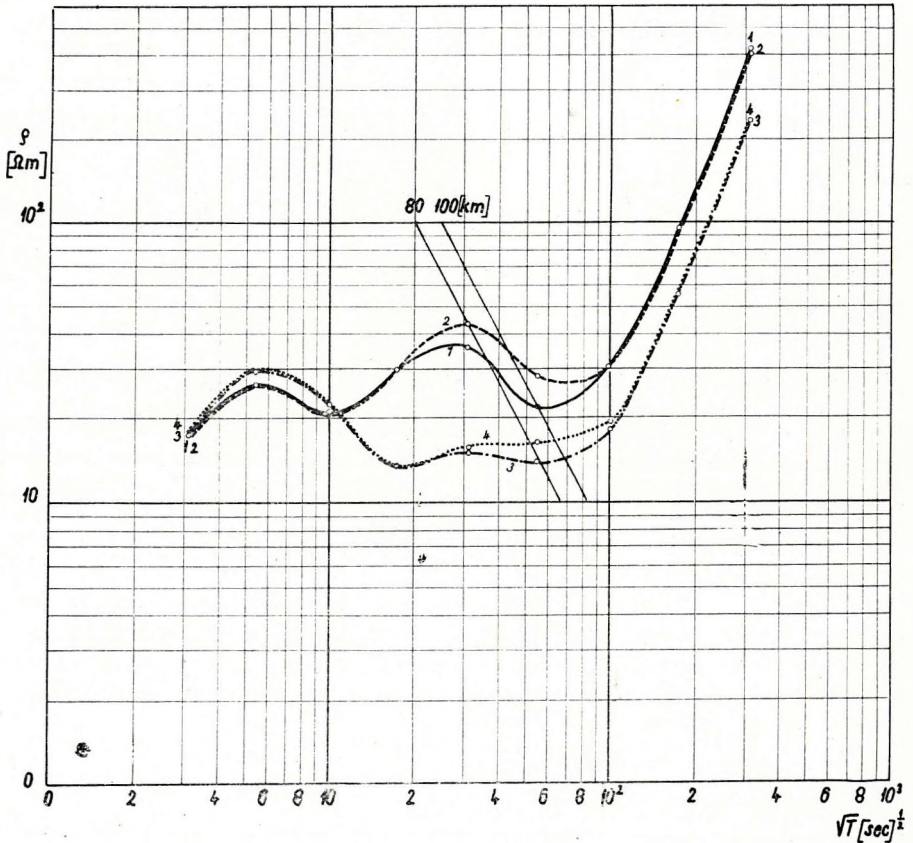
Az elméleti görbéken láthatjuk, hogy minél jobban kifejlődik a görbe  $\rho_2$ -nek megfelelő baloldali emelkedő szakasza, a  $\rho_3$ -nek megfelelő csökkenő ág, annál jobban megközelíti az aszimptotát. Ha az emelkedő ág elsorvad, mint pl.  $\rho_3 = 5$  ohmm és  $h_3 = 15$  km mellett (3. és 4. számú görbe), a még mindig jelentkező indikációból a felsőköpeny anomáliára (5. réteg) már semmiféle közelítő számszerű információt nem kapunk. A  $\rho_2$ -nek megfelelő baloldali emelkedő ág mellett megfigyelhető a  $\rho_3$ -öt kifejező csökkenő szakasz fokozatos,

- 1 —————
- 2 - - - - -
- 3 - · - · - ·
- 4 ·······

$\rho_1 = 6.0 \Omega m$   
 $\rho_2 = 250.0$   
 $\rho_3 = 5.0$   
 $\rho_4 = 5 \cdot 10^3$   
 $\rho_5 = 10.0$   
 $\rho_6 = 10^3$   
 $h_k \text{ var.}$

1—  $h_1 = 1.5 \text{ km}$   
 $h_2 = 13.0$   
 $h_3 = 5.0$   
 $h_4 = 60.0$   
 $h_5 = 60.0$   
 $h_6 = \infty$   
 2—  $h_6 = 80.0 \text{ km}$

3—  $h_1 = 1.5 \text{ km}$   
 $h_2 = 13.0$   
 $h_3 = 15.0$   
 $h_4 = 60.0$   
 $h_5 = 60.0$   
 $h_6 = \infty$   
 4—  $h_6 = 80.0 \text{ km}$



3. ábra. A felső köpeny jólvezető rétegének indikációja az MTSZ-görbén kismélységű kéregbeli jólvezető rétegek mellett I

Fig. 3. Хорошо проводящий слой верхней мантии на кривой МТЗ при наличии в коре неглубоко залегающих хорошо проводящих слоев, I

Fig. 3 Indication of the good-conducting layer of the upper mantle on the MTS curve in case of moderate-depth intracrustal good-conducting layers I

- 5 —————
- 6 - - - - -
- 7 - - - - -
- 8 ·······

$$\rho_0 = 6,0 \Omega m$$

$$\rho_1 = 250,0$$

$$\rho_2 = 10,0$$

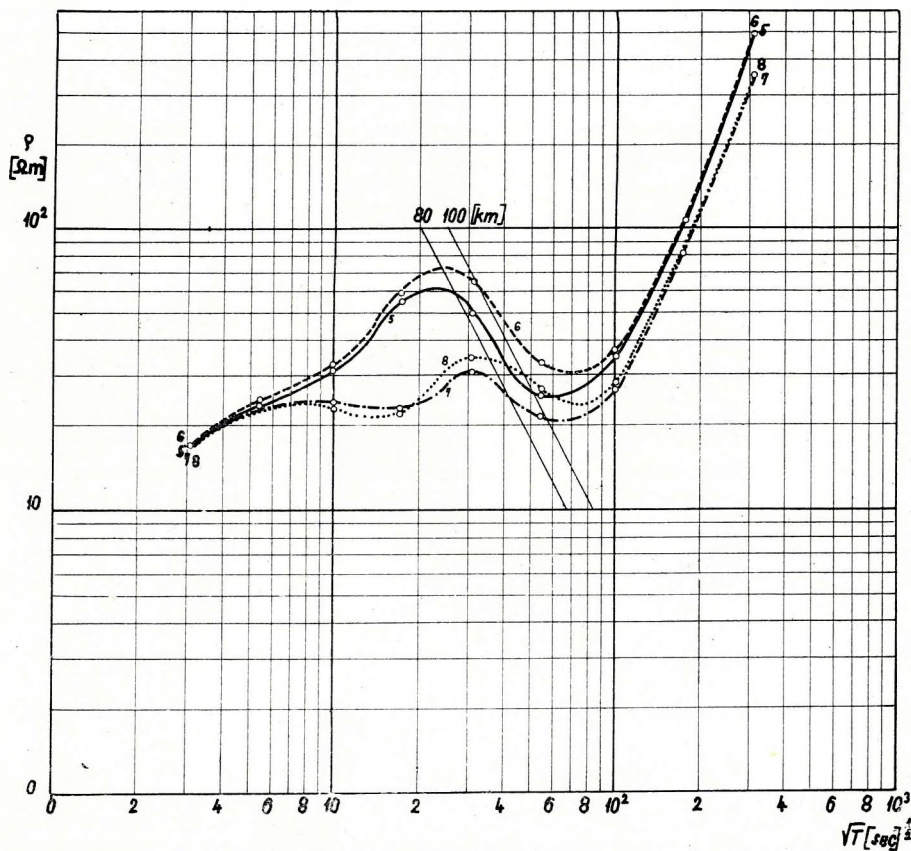
$$\rho_3 = 5 \cdot 10^3 \quad h_4 \text{ var.}$$

$$\rho_4 = 10,0$$

$$\rho_5 = 10^3$$

$$\left. \begin{array}{l} 5 - h_1 = 1,5 \text{ km} \\ h_2 = 13,0 \\ h_3 = 6,0 \\ h_4 = 60,0 \\ h_5 = \infty \\ 6 - h_4 = 80,0 \text{ km} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} 7 - h_1 = 1,5 \text{ km} \\ h_2 = 13,0 \\ h_3 = 15,0 \\ h_4 = 60,0 \\ h_5 = 60,0 \\ h_6 = \infty \\ 8 - h_4 = 80,0 \text{ km} \end{array} \right\}$$



4. ábra. A felső köpeny jólvezető rétegének indikációja az MTSZ-gőben kismélységű kéregbeli jólvezető rétegek mellett II

Ф ил. 4. Хорошо проводящий слой верхней мантии на кривой МТЗ при наличии в коре неглубоко залегающих хорошо проводящих слоев, II

Fig. 4 Indication of the good-conducting layer of the upper mantle on the MTS curve in case of moderate-depth intracrustal good-conducting layers II

szinte egy pontból kiinduló ellaposodása, aszerint, hogy a kéreg jólvezető rétegének ellenállása ( $\rho_3$ ) mennyire csökken, ill. vastagsága ( $h_3$ ) mennyire növekszik.

Ha ezek után az ilyen kéreganomáliás, de baloldalon kifejezett emelkedő ágú MTSZ görbéket grafikusán (nomogrammal) próbáljuk kiértékelni, csak a görbe maximumából indulhatunk ki. Az e pontot keresztező  $h$  egyenesek néhányszor 10 km pontosságú információt adhatnak a jólvezető réteg mélységéről.

A jólvezető réteg alatti nagyellenállású képződmény, az MTSZ görbén a kéregben levő jólvezető réteg hatásához hasonlóan, ellaposítja a felső köpeny jólvezető rétegét (5. réteg) jelző csökkenő ágot.

A csökkenő jelleg annál határozatlanabb, minél kisebb a jólvezető réteg vastagsága és ellenállása.

Összefoglalva a leszűrhető következtetéseket: a jólvezető rétegek indikációjának kiértékelésekor a grafikus kiértékelés bizonytalansága, a jólvezető réteg paraméterein kívül, a teljes rétegsor paramétereitől is erősen függ. A grafikus kiértékelés ideálisan jólvezető ( $\rho = 0$ ) aljzat mélységét adja meg legpontosabban. Minél jobban megközelíti a szelvényünk ezt a határesetet, annál pontosabban kapjuk ezzel az egyszerű eljárással a jólvezető réteg mélységét. Bonyolultabb esetekben a közölt példák a várható pontosságról adnak tájékoztatást.

#### IRODALOM

- FOURNIER, H., 1965: Abaques des solutions du système:  $h = \frac{1}{8} \sqrt{10\rho T}$  (établies en suivant la méthode L. Cagniard). Institute de Physique du Globe, Faculté des Sciences, Université de Paris.
- ТИХОНОВ, А. Н. — ЛЫСКОВА, Н. В. — ЯНОВСКИЙ, Б. М., 1964: Some results of the deep magnetotelluric investigations in the USSR. J. of Geomagn. and Geoelectr. XV. 4.

## A TIHANYI GRAVITÁCIÓS ÁRAPÁLY REGISZTRÁLÓ ÁLLOMÁS 1967. II. FÉLÉVI REGISZTRÁTUMAINAK HARMONIKUS ANALÍZISE

VARGA PÉTER\*

II. ВАРГА

ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ ЗЕМНЫХ ПРИЛИВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ТИХАНЬСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ЗА ВТОРОЕ ПОЛУГОДИЕ 1967 ГОДА

Излагаются результаты гармонического анализа гравиметрических записей приливов, полученных в Тиханьской обсерватории Венгерского геофизического института им. Л. Этвеша. Для анализа применялись методы Леклазе, Перцева и Венедикова и в настоящей работе дается сопоставление результатов, полученных указанными методами. Автор делает вывод о том, что вариации во времени величин  $\delta$  и  $\kappa$  вызваны инструментальными и внешними физическими источниками, причем он обращает внимание на необходимость исключения в дальнейшем влияния этих факторов. Показано, что для полусуточных волн величины  $\delta$  и  $\kappa$  варьируют в меньшей мере, чем для суточных. Указывается степень отклонения величин  $\delta$  и  $\kappa$ , полученных различными методами гармонического анализа по шестимесячной регистрации.

PETER VARGA

HARMONIC ANALYSIS OF EARTH TIDE OBSERVATIONS IN THE SECOND HALF OF 1967 AS RECORDED IN TIHANY

This is a review of the results of harmonic analysis of gravitational recordings taken in the Tihany Observatory of the Hungarian Roland Eötvös Geophysical Institute in the second half of 1967. For the analyses, the methods of Lecolazet, Percev and Venedikov were used and the results of the various methods were compared. It can be concluded from the variations of  $\delta$  and  $\kappa$ , that the variations were caused by instrumental and external physical factors, which should be as much avoided in the future as possible. It is shown that the variations of  $\delta$  and  $\kappa$  values of semi-diurnal waves are smaller than those of diurnal waves.

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet tihanyi Obszervatóriumában felszerelt nehézségi árapály regisztráló állomás 1966-ban kezdte meg működését. Hazánkban már korábban is folytak időszakonként vizuális árapálymérések és készültek analízisek (pl. OSZLACZKY, TÓTH, 1964). Az állomás 1967 júniusától kezdve folytonosan szolgáltatott regisztrátumokat. A regisztrálás során megvizsgáltuk a regisztráló graviméterből (Askania GS – 11

\* M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest  
A kézirat beérkezése: 1969. jún. 14.

No 190), fotóerősítőből és vonalíróból, mint főbb egységekből álló állomás regisztrátumainak megbízhatóságát, ellenőriztük a rendszer linearitását és tehetetlenségét. Megállapítottuk, hogy a rendszer igen jó közelítéssel lineárisan működik és a hatások regisztrálásának késése a tehetetlenség miatt a regisztrátumokon nem nagy. Rendszeresen (általában havonta egyszer) ellenőriztük a rendszer érzékenységét, amely 4.232  $\mu\text{gal/mm}$  és 4.845  $\mu\text{gal/mm}$  között változott. Az érzékenység 1967 júniusától októberéig rendszertelenül, de gyengén ingadozott, ettől az időponttól decemberig pedig monoton növekedett. Törekedtünk a regisztráló helyiség levegőjének állandó hőmérsékleten és páratartalom tartására, de tulajdonképpen csak a külső hőmérsékletingadozások amplitúdóját sikerült csökkentenünk és csak azt értük el, hogy a műszerekre a hirtelen külső hőmérsékletváltozások nem hatottak.

A szilárd Föld gravitációs árapálya a tengeri árapályokhoz hasonlóan tisztán poliharmonikus jelenség, de a műszerek által regisztrált árapálygörbék zavaró hatásokkal terhelték (műszerjárás, érzékenységváltozások, eltolások, külső fizikai hatások stb.), és ezeket a görbék analízisekor ki kell zárunk. Mindezeket a műveleteket, valamint a görbék analíziseit elektronikus számítógép segítségével végeztük el. Ezúton szeretnénk köszönetet mondani P. Melchior professzornak, a Nemzetközi Földi Árapály Központi igazgatójának és Sz. N. Barszenkovnak, a moszkvai Földfizikai Intézet munkatársának a regisztrátumok feldolgozásában nyújtott segítségükért.

Ha a műszerjárás kiküszöbölésére a használt analízis-módszer alkalmaznának bizonyult, akkor a Percev által javasolt egyszerű módszerrel küszöböltük ki (PERCEV, 1957). E módszer azon alapszik, hogy ha a driftgörbe görbülete nem túlságosan nagy, akkor annak Taylor-sorba fejítése után, a második vagy magasabbrendű deriváltakat tartalmazó tagok elhanyagolhatók.

Az árapály jellegű gravitációs variációk analízise különböző módszerekkel végezhető. Ezek az eljárások a következő feltételezésekre épülnek:

a) a vizsgált jelenség tisztán harmonikus hullámokból tevődik össze és ezek periódusait pontosan ismerjük;

b) a vizsgált, legnagyobb amplitúdójú hullámokhoz igen közeli periódusú hullámok amplitúdóhányadosa a nagy hullámokéval egyenlő (azaz a mért és az elméletből vett amplitúdók hányadosa egyforma), továbbá a fáziskülönbségek (az észlelt és az elméletből számított fázisértékek különbségei) is megegyeznek.

Rendelkezésünkre állnak LECOLAZET, VENEDIKOV és PERCEV 29-napos analíziseinek eredményei. Ezek a módszerek először az árapály fél- és egésznapos hullámait választják szét, majd különböző lehetőségeket felhasználva határozzák meg az árapályhullámok amplitúdóhányadosait ( $\delta$ ) és fáziskülönbségeit ( $\varkappa$ ).

Lecolazet módszere 79 árapályhullám hatását veszi figyelembe, és a szűrést Labrouste-kombinációk alkalmazásával végzi (LECOLAZET, 1956).

Percev módszere több lépésben tisztítja meg a minket érdeklő hullámokat a nagyobb zavaró hullámok rátevéődő hatásától: előbb 25 hullámot vesz figyelembe, majd a következőkben kizárja a többi kisebb hullám zavaró hatását is (PERCEV, 1958).

Venedikov analízise fél- és egésznapos szűrők alkalmazása után (ezek a szűrők a műszerjárást is eliminálják) minden 48-órás észlelési szakaszra két-

két egyenletet ír fel, külön az egész és külön a félnapos hullámokra, amelyekben:

$$-\delta_k \sin \alpha_k \text{ és } \delta_k \cos \alpha_k$$

az ismeretlenek. Az egyenletrendszer megoldását a legkisebb négyzetek elvét alkalmazva és a szükséges mátrix-műveleteket elvégezve kapjuk.

Venedikov módszerének (VENEDIKOV, 1966) igen nagy előnye, hogy a legkisebb négyzetek módszerének alkalmazásával, a feldolgozott regisztrátum hosszával növekedő felbontóképességgel  $\delta$  és  $\alpha$  legvalószínűbb értékét adja meg, valamint az, hogy a kapott eredmények hibáit is objektíven szolgáltatja.

A fenti három analízis-módszert a Tihanyban 1967 második félévében kapott regisztrátumokra alkalmazva a következő eredményeket kaptuk (I. táblázat).

I. táblázat

		Lecolazet		Percev		Venedikov		
		$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	
Egész napos hullámok	$K_1$	1,139	-2,6°	1,112	-3,3°	1,124	-3,0°	
	$O_1$	1,177	-0,7°	1,149	+0,9°	1,219	-0,6°	
Félnapos hullámok	$M_2$	1,143	-4,4°	1,134	-4,6°	1,138	-4,3°	
	$S_2$	1,136	-8,1°	1,129	-7,0°	1,128	-6,9°	
	$N_2$		1,153	-3,2°	1,150	+0,05°	1,153	-3,7°

A táblázatban csak az 5 legnagyobb hullámnak – az árapály ún. fő részének – amplitúdóhányadosát és fáziskülönbségét tüntettük fel. Mivel Lecolazet és Percev analízise közel egyhónapos regisztrátumszakaszokat vizsgál, ezek fenti  $\delta$  és  $\alpha$  értékei átlagértékek.

Az elméleti földmodellekre kapott amplitúdóhányadosértékekből ( $\delta$ ), valamint más obszervatóriumok regisztrátumainak analiziséből tudjuk, hogy az egyes hullámokra kapott értékek milyen tulajdonságúak. Például várható, hogy az egyes egész napos hullámok amplitúdóhányadosai egymástól nagyobb eltéréseket mutatnak, mint a félnaposokéi. Általában törvényszerű az is, hogy az  $O_1$  hullám amplitúdóhányadosa nagyobb, mint a  $K_1$  hullámé ( $\delta_{O_1} > \delta_{K_1}$ ). Ezek a jellegzetességek a tihanyi regisztrátumoknak mindhárom módszerrel végzett analiziseiben is tükröződnek. A fáziskülönbségek elméletileg zérushoz közeli értékek kell hogy legyenek. Az ettől való eltérések oka: a Föld viszkozitása.

A táblázatba foglalt analizis-eredmények összehasonlítása azt mutatja, hogy a különböző módszerek segítségével meghatározott amplitúdóhányadosok és fáziskülönbségek az egyes hullámoknál eltérő értékűek.

Bár ezek az eltérések általában nem jelentősek, szembetűnő eltérést mutat a Lecolazet és Percev, illetve Venedikov analiziséből meghatározott  $\delta_{O_1}$  érték: valamint a Percev módszerével meghatározott  $N_2$  hullám fáziskülönbsége ( $\alpha_{N_2}$ ) is erősebben eltér a másik két eredménytől, mint a többi hullámokra kapott értékek.

A Lecolazet és Percev analíziséből kapott amplitúdóhányadosok ( $\delta$ ) és fáziskülönbségek ( $\varkappa$ ) időbeli változásait a  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $M_2$  és  $S_2$  hullámokra az 1. és 2. ábrán mutatjuk be. Jól látható, hogy a két módszerrel kapott eredmények időbeli változásának képe nagyjából megegyezik, különösen a nagyobb biztonsággal meghatározott amplitúdóhányadosoknál ( $\delta$ ). Ez valószínűleg arra mutat, hogy a variációknak fizikai háttere van, amely részben a műszer viselkedésének változásaira, részben a műszerre ható külső változásokra vezethető vissza.

A Parcev és Lecolazet módszerével meghatározott amplitúdóhányadosok ( $\delta$ ) és fáziskülönbségek ( $\varkappa$ ) időbeli menetének eltérései egyrészt arra mutatnak, hogy a két módszerben alkalmazott szűrők különböző mértékben bocsátják át a regisztrátumokban jelenlevő, nem árapály eredetű zavaró hatásokat, másrészt pedig azzal hozhatók kapcsolatba, hogy a két analízis-módszer különböző mértékben zárja ki a vizsgált hullámhoz igen közeli frekvenciájú, de kisebb amplitúdójú zavaró hullámok hatását.

Ilyen zavaró hatást gyakorol például a  $K_1$  hullámra a  $P_1$  és  $S_1$  hullám, az  $S_2$  hullámra a  $K_2$  hullám, amelyeknek zavaró hatásától a közel egyhónapos analízis intervallumban Lecolazet és Percev módszere a  $K_1$  és  $S_2$  hullámokat teljesen megtisztítani nem tudja.

Ez a zavaró hatás a táblázatba foglalt átlagértékekben is jelentkezik. A Venedikov módszerével meghatározott amplitúdóhányados- és fáziskülönbség-értékek a közeli frekvenciájú zavaró hullámok hatásától szabadabbak és ha a regisztrátumok hossza az évet a jövőben meghaladja, a módszer ezeket szinte teljesen kizárja.

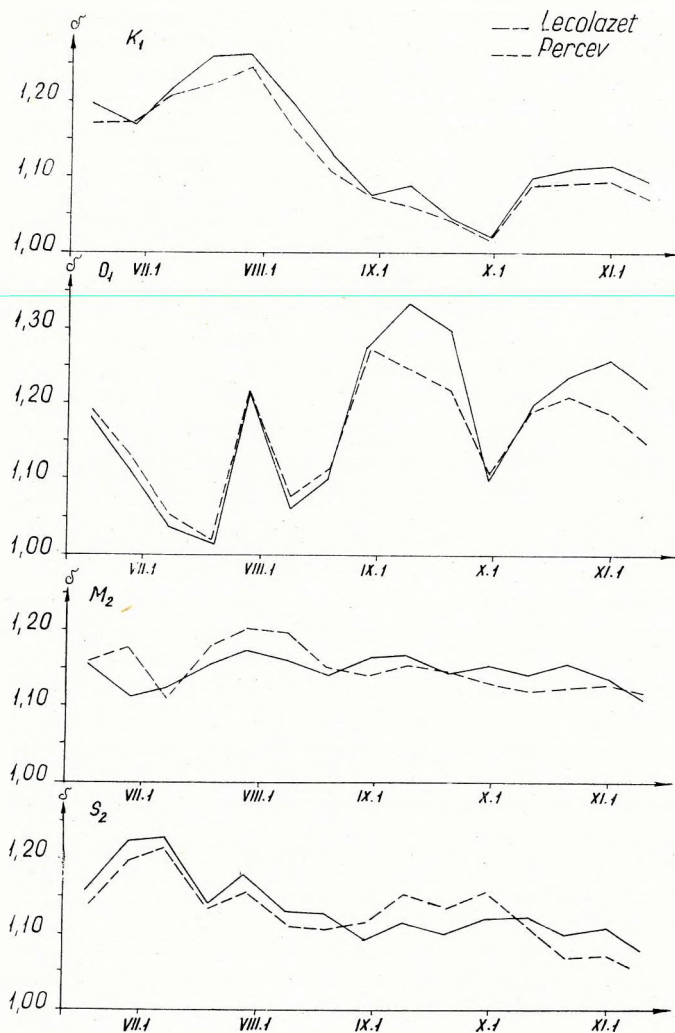
Ha a különböző hullámok amplitúdóhányadosainak és fáziskülönbségeinek variációit egymással összehasonlítjuk, megállapíthatjuk, hogy az egyes hullámokból adódó  $\delta$  és  $\varkappa$  görbék egymástól eltérők és a variációk amplitúdója hullámonként változó. Ezenkívül a félnapos hullámok ( $M_2$  és  $S_2$ ) amplitúdóhányadosainak és fáziskülönbségeinek időbeli változásai sokkal kisebbek, mint az egésznapos hullámoké ( $K_1$  és  $O_1$ ).

A leírtakból kiviláglik, hogy a Tihanyi Geofizikai Observatóriumban végzett nehézségi árapály regisztrálásoknál a jövőben legfontosabb feladataink a következők:

1. törekednünk kell minél hosszabb, lehetőleg szakadásmentes árapálygörbék regisztrálására, hogy az analízisek eredményeit a zavaró hullámok hatásától jobban meg tudjuk tisztítani, és hogy a hosszabb mérési sorozatból megbízhatóbb átlagértékeket kaphassunk;

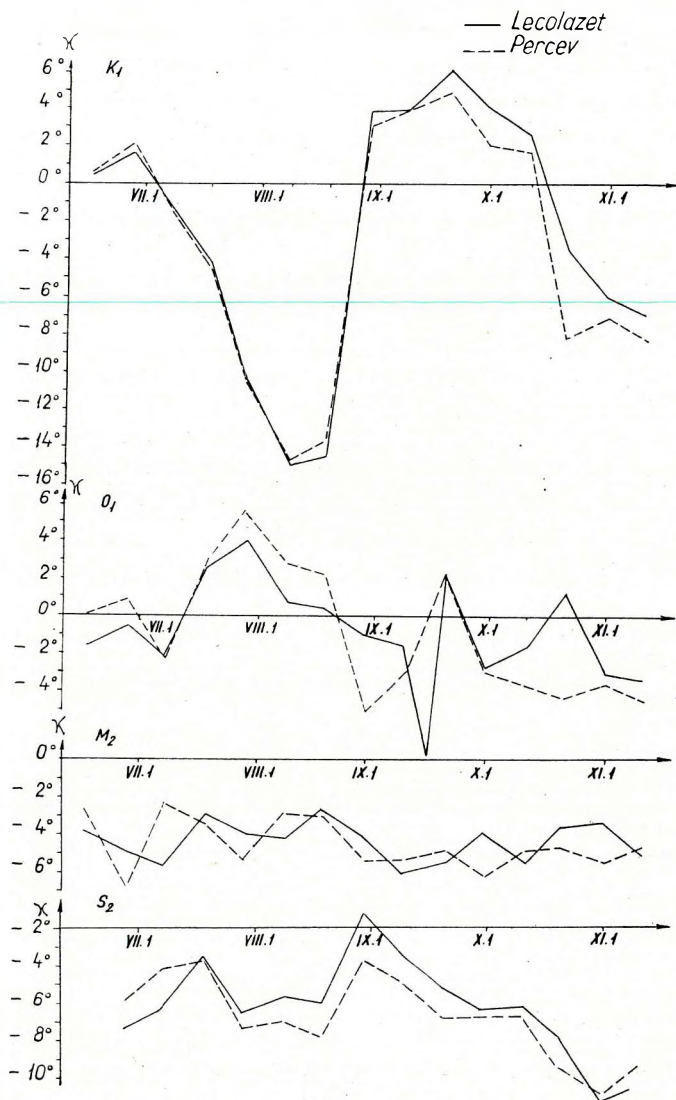
2. csökkentenünk kell a műszerre ható külső fizikai hatásokat (pl. hőmérsékletváltozásokat), hogy ezzel a műszerjárást egyenletesebbé tegyük és esetleg az amplitúdóhányadosok és fáziskülönbségek értékeinek időbeli nagyobb variációitól is megszabaduljunk.





1. ábra. A  $\delta$  értékének variációi Tihanyban 1967 II. félévben Lecolazet ill. Percev módszerével  
 Фиг. 1. Вариации величины  $\delta$  в Тихане за второе полугодие 1967 г. по методам Леклазет и Перцева

Fig. 1 The variation of the  $\delta$  factor in Tihany in the second half of 1967, using the methods of Lecolazet, resp. Percev



2. ábra. A  $\kappa$  értékének variációi Tihanyban 1967 II. félévében Lecolazet ill. Percev módszerével  
 Фиг. 2. Вариации величины  $\kappa$  в Тихане за второе полугодие 1967 г. по методам Лекколазе и Перцева

Fig. 2 The variation of the  $\kappa$  factor in Tihany in the second half of 1967, using the methods of Lecolazet, resp. Percev

IRODALOM

- MELCHIOR, P., 1966: The Earth Tides, Pergamon Press, New York.
- PERCEV, B. P., 1957: On the calculation of the drift curve in observations of bodily tides, B. I. M.5
- LECOLAZET, R., 1956: Application à l'analyse des observations de la marée gravimétrique, de la méthode de H. et Y. Labrouste dite par combinaisons linéaires d'ordonnées, Ann. Géophys., 12, 1.
- OSZLACZKY SZ. – TÓTH G., 1964: Nap és Hold gravitációs hatásának megfigyélése hazánkban. Geofizikai Közlemények, XIII. 1.
- VENEDIKOV, A. P., 1966.: Une méthode pour l'analyse des marées terrestres á partir d'enregistrement de longueur arbitraire, B. I. M., 43.

---

HELYREIGAZÍTÁS

A XVIII. kötet 4. számának 82. oldalán az ábra számadata hibás. Helyesen:  $200.5/16^\circ$ .

DRUCKFEHLERBERICHTIGUNG

An der Seite 82 des Bandes XVIII. No 4 der Winkelwert in der Abbildungsunterschrift wurde verfehlt; richtig:  $200.5/16^\circ$ .

CORRECTION

On page 82 of Vol. XVIII., No 4, the angle-value in the caption of the Figure is erroneous. Correctly:  $200.5/16^\circ$ .

ПОПРАВКА

На стр. 82 № 4 тома XVIII в подписи рисунка допущена опечатка. Правильная величина угла:  $200.5/16^\circ$ .



A Geofizikai Közlemények Szerkesztőbizottsága kegyelettel emlékezik meg *Buday Tiborról* (1900 – 1969.), akit a múlt év májusában nagy részvétellel kísértünk utolsó útjára. 1952-től – a Geofizikai Közlemények elindulásától – 1964-ig szerkesztette lapunkat, és szakavatott tollával, jó stílusérzékével átsegítette a kezdeti nehézségeken. 1964 után is több éven át hasznos tanácsaival hozzájárult lapunk színvonalának emeléséhez. Buday Tibort nemcsak mint munkatársat, de mint jóbarátot és embert is nagyrabecsültük; emlékét szeretettel őrizzük.