

## Analóg modell a geoelektromos módszerek tanulmányozására az MTA GGKI-ben

ÁDÁM A\*, KARDEVÁN P.\*\*, KORMOS I.\*\*\*\*, NAGY Z.\*\*\*, PONGRÁCZ J.\*, RÉGENI P.\*\*\*, SZABADVÁRY L.\*\*, SZARKA L., ZIMÁNYI I.\*\*

*Mivel a geoelektromos és elektromágneses kutatómódszerek a magyarországi geofizikai kutatásban kiterjedt alkalmazást nyernek, szükségessé vált a bonyolult, háromdimenziós geológiai szerkezetek értelmezésének megoldása is.*

*Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetében néhány más magyar intézménnyel való együttműködésben felépült elektromágneses modellező laboratórium ezt a célt szolgálja.*

*A modellezés követelményeinek kielégítésére egy különlegesen széles frekvenciatartományban működő modellező berendezést kellett tervezni. A berendezés jelenlegi formájában elektromos dipólrendszerű mesterséges frekvenciaszondázások, valamint néhány egyenáramú kutatómódszer modellezésére alkalmas műszereket foglal magában.*

*A mért adatok nagy száma és a paraméter-számítások igénye számítógépes adatfeldolgozást tett szükségessé.*

*A modellező berendezést már eddig is felhasználtuk a dunántúli elektromos vezetőképesség-anómália területén a törési zónákhoz kapcsolódóan előforduló jól vezető dike-ok kutatására. Alkalmaztuk a berendezést az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet bauxitkutatási munkájában, valamint a Geofizikai Kutató Vállalat részére inhomogén medencealjzat-szerkezetek fölötti frekvenciaszondázások modellezésében is.*

*Поскольку в Венгрии геоэлектрические и электромагнитные метод имеют важно е геофизической разведке, стало необходимым решать интерпретацию сложнейших трех-размерных геологических структур.*

*Для этой цели служит электромагнитная моделирующая лаборатория, которая была создана в Шопроне в Геодезическом и Геофизическом Исследовательском Институте совместной работой нескольких венгерских учреждений.*

*Чтобы удовлетворить требованиям моделирования, было необходимо планировать установку, работающую в экстремально широкой области частот.*

*Эта установка в нынешнем этапе развития состоит из группы инструментов, которые пригодны для моделирования искусственных частотных зондирований электрическими диполями и для моделирования нескольких электроразведочных методов постоянными токами.*

*Большое количество измеряемых данных и потребность в вычислении разных параметров сделали необходимым применение ЭВМ.*

*До сих пор эта моделирующая установка была применена в исследовании дайков с хорошей электрической проводимостью находящихся в разломных зонах на территории аномалий с электрическими проводимостями Задунайского Края. Установка также применялась в боксит-разведочной работе Геофизического Института им. Этвеша и с ней моделировали для Геофизического Разведочного Предприятия частотные зондирования над основаниями геологических бассейнов.*

*As geoelectric and electromagnetic methods play a significant role in geophysical prospecting in Hungary, it became necessary to solve the interpretation of complicated geological structures.*

*The electromagnetic modeling laboratory built up in the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences in cooperation with several Hungarian institutions serves this purpose.*

*To meet the modeling requirements an extremely wide frequency band modeling apparatus was to be planned. This involves in its present form instrument packages for modeling artificial frequency soundings using electric dipoles and for modeling some DC methods as well.*

\* MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete, Sopron

\*\* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest

\*\*\* Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest

\*\*\*\* Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet, Budapest

*The large quantity of the measured data and the requirements for parameter calculations made it necessary to use computerized data processing.*

*This modeling apparatus has been used for investigations of high conductivity dykes related to faulting zones in the Transdanubian conductivity anomaly. We have used this apparatus in the bauxite exploration work of the Roland Eötvös Geophysical Institute and for modeling frequency soundings above inhomogeneous basement structures for the Geophysical Exploration Company.*

## *A hazai modellépítésről*

Mintegy másfél évvel ezelőtt a Geofizikai Kutató Vállalat, valamint az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet és az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete kutatási-együttműködési szerződést kötöttek, amely geoelektromos – főként elektromágneses – laboratóriumi modellkísérletek megindítását és koordinált végzését tűzte ki célul.

A geoelektromos módszerek területéhez kapcsolódó laboratóriumi modellkísérleteknek hazánkban több évtizedre visszatekintő múltja van. Már az ötvenes évek végén és a hatvanas évek elején történtek modellmérések az MTA Geofizikai Kutató Laboratóriumában, az NME Geofizikai Tanszékén és az ELGI-ben is:

A hatvanas évek második felében a Geofizikai Kutató Vállalat jogelődje saját erejéből tett nagyobb erőfeszítéseket a tellurikus mérések és különösen az egyenáramú mélyszondázások modellezésére.

Ezek a vállalati keretek között megvalósított modellkísérletek használható eredményeket adtak mind a kutatási metodika, mind a mérési eredmények értelmezése problémakörének a gyakorlat oldaláról történt vizsgálataihoz. Az eredmények egy része publikációkban is megjelent.

A 70-es évek első felében a geoelektromos kutatásokban a korszerűbb, az egyenáramú módszerekhez viszonyítva nagyobb felbontóképességgel jellemezhető elektromágneses módszerek térhódítása volt megfigyelhető, így pl. a szénhidrogénkutatásban a magnetotellurikus szondázásokat, valamint az egyenáramú mélyszondázásokat felváltó frekvenciaszondázásokat kezdtük alkalmazni.

Ezek a módszerek, hasonlóan a korábbi geoelektromos módszerekhez, leegyszerűsített, rendszerint egy, legfeljebb kétdimenziós földtani-geofizikai modellekre levezetett matematikai-fizikai összefüggésekre épülnek. Az ilyen egyszerű modellek ritka határesetek, amelyek a természetnek csak különböző mértékű közelítésekkel felelnek meg, ami szükségszerűen létrehozza az igényt arra, hogy megvizsgáljuk e módszereknek a bonyolult földtani szerkezetekre vonatkozó kérdéseit.

Természetes, hogy a „modellezés” többféle utat követhet. A számítástechnika rohamos fejlődése az utóbbi évtizedben a geoelektromos kutatómódszerek területén is létrehozta a numerikus módszereken alapuló számítógépes modellezést. Ez szükségszerűen felvetette azt a kérdést, hogy a számítógépes numerikus modellezés helyettesítheti-e a kicsinyített fizikai modelleken végzett méréseket, vagyis az *analóg modellezést*.

Az elmúlt években a külföldi szakirodalom megfigyeléséből lényegében ugyanaz a következtetés volt levonható, mint amire itthon is jutottunk: a kétféle út nem egymást helyettesíti, hanem a kettő egymás kiegészítésére szolgál.

Az analóg modellek jelenleg az elektromágneses kutatómódszerek esetében alapvető fontosságúak a háromdimenziós problémák vizsgálatában.

Ezt a felfogást jól tükrözték egyébként az 1976-ban Sopronban megrendezett IAGA Workshop előadásai is, amelyeket az elektromágneses indukciós szakterület élvonalbeli szakemberei tartottak.

Ugyanebben az időben felismertük azt, hogy az elektromágneses módszerek modellezése bármennyire szükségesnek látszik is, meghaladja az OKGT GKÜ saját, belső lehetőségeit, még olyan feltétellel is, hogy az OKGT hajlandó volt a mérésekhez szükséges egyedi eszközök kifejlesztését anyagilag jelentős mértékben támogatni.

Az OKGT GKÜ vezetősége mind a hatékonyság, mind a tudománypolitikai irányelvek szempontjából meggondoltan vetette fel más, a témát érintő szakterületen közösen érdekelt intézmények együttműködésének szükségességét a modellkísérletekben. Ez a gondolat egyetértésre talált egyrészt az MTA GGKI vezetőségénél, akik helyet és szellemi kapacitást is biztosítottak a kísérletekhez, másrészt az ELGI vezetőinél, akik jelentősen segítették a komplex mérőberendezés kialakítását és felszerelését.

A negyedik együttműködő partner a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet volt, vállalva az egyedi célú berendezések fejlesztésével járó nehézségeket.

Intézményeink együttműködése révén jelenleg három területen indult meg a modellezés alkalmazása a módszerek vizsgálatában:

1. A földkéreg és a felső köpeny felépítésének, tehát a nagymélységű szerkezeteknek vizsgálata elektromágneses indukciós szondázások révén. (Magnetotellurikus és geomágneses szondázások.) Az ezekkel nyert általános geofizikai adatok a földtani kutatási koncepciók, a kutatási stratégia kidolgozásához szükségesek és alapvető ismeretelméleti szerepük van.
2. A Pannon medence nagy ellenállású aljzata domborzatának, illetve az üledékes rétegsor sajátosságainak meghatározása a szénhidrogén-kutatási feladatokhoz kapcsolódva, elektromos és elektromágneses frekvencia-szondázásokkal.
3. A Magyar Középhegységben, illetve annak előterében levő pár száz m-nél mélyebb medencék vizsgálata kisfrekvenciás és egyenáramú módzerekkel bauxit és szénkutatás céljából.

A felvázolt feladatkör olyan, rendkívül széles frekvenciatartományban működő modellező berendezés tervezését tette szükségessé, ahol – figyelembe véve a modellkísérletek konkrét dimenziótartományát – a 10 kHz – 10 MHz frekvenciatartományban történő hullámgerjesztésre és elméletileg egyenáramú mérésekre is lehetőség van.

A modellezés céljára szolgáló közeget (sóoldat és modelltestek) valamennyi esetben ugyanaz a nagyméretű műanyagkádb tartalmazza. A gerjesztés és a térérzékelés eszközei a célnak megfelelően változhatnak, elhelyezésükre és egyben térbeli helyzetük (koordinátáik) meghatározására azonban ugyanaz a mechanika szolgál.

A tanulmány a berendezés bemutatása mellett a vázolt kutatási területeken elért néhány jellegzetes eredményt is ismertet.

## A modellezés törvénye

A modellezés törvényeit a Maxwell egyenletekből vezették le. A teljesség kedvéért ezeket az alábbiakban Dosso (1967) munkájából idézzük átírva:

$$\operatorname{rot} \bar{E} + \frac{\partial \bar{B}}{\partial t} = \bar{0} \quad (1)$$

$$\operatorname{rot} \bar{H} - \bar{j} - \frac{\partial (\varepsilon \varepsilon_0 \bar{E})}{\partial t} = \bar{0} \quad (2)$$

ahol

$$\bar{B} = \widehat{\mu \cdot \mu_0} \bar{H} \quad \text{és} \quad \bar{j} = \sigma \bar{E}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi} \frac{10^{-9}}{9} \frac{F}{m}$$

$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \frac{H}{m}$$

A fenti egyenletekben végezzük el az alábbi helyettesítéseket:

$$\bar{E} = e_0 \bar{E}'; \quad \bar{H} = h_0 \bar{H}'; \quad \sigma = \sigma_0 S; \quad D = d_0 D' \quad \text{és} \quad t = t_0 T$$

ahol  $\bar{E}'$ ,  $\bar{H}'$ ,  $D'$  és  $T$ , valamint  $\mu$  és  $\varepsilon$  dimenziómentes mennyiség és  $e_0$ ,  $h_0$ ,  $\sigma_0$ ,  $d_0$  és  $t_0$ , valamint  $\mu_0$  és  $\varepsilon_0$  az elektromos, a mágneses térerősség, az elektromos vezetőképeség, a hosszúság és az idő egysége, illetve a vákuum mágneses permeabilitása és dielektromos állandója.

Az 1. és 2. Maxwell egyenlet tehát:

$$\operatorname{rot} \bar{E}' + \alpha \frac{\partial \bar{H}'}{\partial T} = \bar{0} \quad (3)$$

$$\operatorname{rot} \bar{H}' - \beta \frac{\partial \bar{E}'}{\partial T} - \gamma \bar{E}' = \bar{0} \quad (4)$$

ahol

$$\alpha = \frac{d_0 \mu \mu_0}{t_0} \left( \frac{h_0}{e_0} \right) \quad (5)$$

$$\beta = \frac{d_0 \varepsilon \varepsilon_0}{t_0} \left( \frac{e_0}{h_0} \right) \quad (6)$$

$$\gamma = d_0 \sigma_0 S \left( \frac{e_0}{h_0} \right). \quad (7)$$

A (3) és (4) egyenlet akkor lesz invariáns a mértékegység megváltozásakor, ha az  $\alpha$ ,  $\beta$  és  $\gamma$  dimenzió nélküli mennyiségek invariánsok.

Feltételezve, hogy az  $\varepsilon \varepsilon_0$  és  $\mu \mu_0$  a vákuum értékei, tehát  $\varepsilon = \mu = 1$ ,  $e_0/h_0$  az egyenletekből kiküszöbölhető és így a mértékegység-változásakor az invariancia feltételeként kapjuk:

$$\sigma_0 f_0 d_0^2 = \text{const}, \quad (8)$$

amelyet a természeti („ $t$ ” index) és a modellbeli („ $m$ ” index) viszonyoknak egyidejűleg ki kell elégíteni, tehát

$$\sigma_m f_m d_m^2 = \sigma_t f_t d_t^2 . \quad (9)$$

### A konduktív frekvenciaszondázó modell mérés technikája

A modellkísérleteket megfelelően beállított fajlagos ellenállású NaCl-oldatban\* végezzük. Az elektrolitot  $4 \times 3 \times 0,5$  m<sup>3</sup> méretű poliészter kád tartalmazza. A medencealjzat különféle szerkezeteit a kádba helyezett nagyellenállású modellestek képviselik. A konduktív mérésekhez, elsősorban a dipól-dipól rendszerű elektromos frekvenciaszondázáshoz szelektív mérőrendszert fejlesztettünk ki.

A mérőrendszerrel szemben támasztott legfontosabb követelmények a következők voltak:

1. Földszimmetrikus konstans gerjesztőáram előállítás 10 kHz és 10 MHz közt beállítható frekvenciával.
2. Az elektrolit felszínén keltett elektromos erőtér mérése szelektív mikro-voltmérővel.
3. Egyszerű kezelhetőség.
4. Nyújtson lehetőséget a mérések automatizálására.
5. Biztosítson lehetőséget a mért jel relatív fázishelyzetének meghatározására.

A fenti követelményeket egy szintérgenerátorral és egy vele szinkronhangolt mérővevővel elégítettük ki. A szintérgenerátor 100 Hz-es lépésekben konstans amplitúdójú kimenőfeszültséget állít elő. Ez a feszültség áramgenerátoros végfokozatot vezérel, amely közvetlenül a gerjesztő elektródapárral lett egybeépítve. Az áramgenerátoros kimenet és a gerjesztő elektródák közelsége azért lényeges, mert 10 MHz-en már néhányszor 10 pF söntkapacitás is lerontaná az áramgenerátor kimenőimpedanciáját.

A szelektív mikrovoltmérő egy háromszor transzponált mérővevő. A generátorral való automatikus szinkronhangolást az biztosítja, hogy a vevő első oszcillátora azonos a generátor kimenőjelét előállító egyik jellel. A generátor  $t_i$  kimenőjelét keveréssel állítja elő: egy fix frekvenciájú oszcillátor (megegyezik a vevő 1. KF frekvenciájával) és egy szintetizált, digitálisan programozható oszcillátor jelének különbségét képezi. Ily módon a generátor kimenőjele, illetve a vevő vételi frekvenciája

$$f_{ki} = f_{be} = f_{prg} - f_{KF} .$$

Ez a megoldás biztosítja a 3. és 4. követelmények teljesítését.

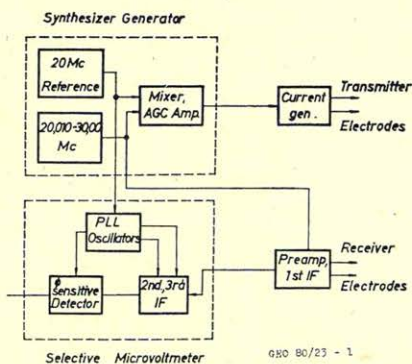
Az 5. követelmény teljesítéséhez az is szükséges, hogy a generátor és a vevő valamennyi oszcillátor jelének frekvenciája egyetlen referencia oszcillátorhoz legyen szinkronizálva, azaz koherens legyen. Ezt fáziszárt hurkok alkalmazásával sikerült elérni. A detektálás természetesen szorzótípusú; fázisérzékenydetektorral történik.

\* Az oldat fajlagos ellenállását  $\pm 2\%$ -os hibával tudjuk beállítani az OK 102/1 típusú konduktométerrel, pontosan ismert normál KCl-oldat segítségével.

A generátorhoz hasonlóan a vevőnek is az elektródákhoz csatlakozó egységét közvetlenül a mérőelektródákhoz kellett telepíteni. Erre egyrészt a kis jelszintek ( $\mu V$ -os tartomány), másrészt a szükséges nagy bemenőimpedancia miatt volt szükség. (A mérőelektródákat terhelő áram meghamisítaná az erővonalképet.)

A kihelyezett egységben kapott helyet az előerősítő, az 1. keverő és az 1. KF erősítő.

A generátor és a vevő egyszerűsített tömbvázlata az 1. ábrán látható.

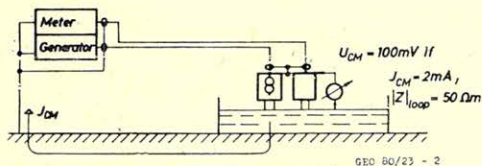


1. ábra. A generátor és a vevő egyszerűsített tömbvázlata  
 Puc. 1. Схематическая блок-диаграмма генератора и приемника

Fig. 1. Simplified block diagram of the generator and the receiver.

A vázolt mérőberendezés gondos kivitelezése dacára az első mérési kísérletek sikertelennek bizonyultak a rendszer telepítési geometriai sajátosságai miatt.

Nagyobb frekvenciákon (főleg 1 MHz fölött) a hasznos jelet nagyságrendekkel is meghaladó zavarjel jelentkezett. Ezt a zavarjelet az a közös módusú aszimmetrikus áramkomponens hozta létre, amely nem a két gerjesztőelektróda között, hanem a gerjesztőelektródák és a föld (elektrolit) között aszimmetrikusan folyt. Az áramgenerátor szimmetriája kisfrekvencián teljesen optimálisra állítható. Nagyobb frekvenciák felé az áramkörben jelen levő képzetes impedanciák (parazita kapacitások) miatt ez a kiegyenlítés elromlik, a kimeneten azonos fázisú jel is megjelenik. Az ebből származó közös módusú zavaráram csak a generátor-vevő komplexum földjén át, a hálózati védőföld felé tud záródni. A földhurok, melyben a zavaráram folyik, a 2. ábrán látható.



2. ábra. A földhurok, amelyben a zavaráram folyik

Puc. 2. Петля заземления, где протекает ток помех

Fig. 2. Ground-loop where the disturbance current flows.

Az azonos fázisú komponens a rajzon szemléltetett hurkon végigfolyva, a hurok impedanciájának megfelelő feszültségesést létesít az elektrolit és az áramgenerátor földje között. Ha ez a föld a vevő kihelyezett előerősítőjének földjével közös (márpedig a generátor és vevő földjei galvanikusan össze vannak kötve, a koaxiális kábelek pedig 10 m hosszan futnak szorosan egymás mellett), akkor az

előbb említett feszültségesés az előerősítő differenciális bemeneteire is rákerül, mint közös módusú zavar. Az előerősítő közös zavarelnyomása (CMR) 40–46 dB (10 MHz-ig). Mivel ez az érték a műszer frekvenciatartományának 10 MHz-es sáv szélessége mellett nem javítható jelentősen, ezért a közös módusú komponensnek az előerősítő bemenetére jutását kell megakadályozni. E célból:

1. Az előerősítő földjét le kellett választani a rendszer, illetve az áramgenerátor földjéről és lehetőség szerint az elektrolithoz kellett földelni.
2. Az áramgenerátor földjét a lehető legkisebb impedancián keresztül kell az elektrolithoz kötni, hogy a nagy földhurok lesöntöljük. Mivel az áramgenerátor és az előerősítő földje között mindenképp marad némi kapacitás, ezért előnyös, ha az áramgenerátor földjén keletkező közös módusú zavart a lehető legjobban lecsökkentjük.

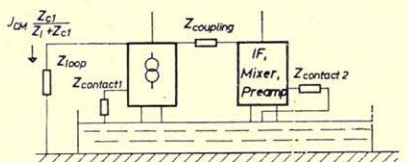
A gyakorlati kivitelezés a következőképp történt:

Az előerősítő tápellátását földfüggetlen telepekről biztosítottuk, hogy az előerősítő földje az elektrolithoz köthető legyen. Ehhez persze a két csatlakozó jelvezeték is kapacitásszegény elválasztással kellett ellátni. A megoldást kisméretű nagyfrekvenciás toroidtranszformátorok jelentették. A transzformátorok primer és szekunderköre közti kapacitást 1,5 pF-ra sikerült lezorítani. Problémát jelentett azonban a transzformátorok szórt inductivitása. Ezt a 20 MHz-es KF jel esetén egyszerű rezonáns kihangolással ki lehet küszöbölni, az oszcillátor jel esetén azonban ez a módszer nem volt alkalmazható a 20–30 MHz közt változó gélfrekvencia miatt. Mivel a szórt inductivitás 6–10 dB ingadozást okozott az oszcillátorjel szintjében, ezt egy határoló erősítő beiktatásával kellett korrigálni.

Az elektrolithoz földelést a két mérőelektróda középvonalában a semleges középpontban elhelyezett elektróda biztosítja. Az áramgenerátor földeléséhez aránylag nagy felületű elektróda szükséges, amely nem helyezhető el a két adó elektróda között már csak azért sem, mert a létrehozott erővonalképet eltorzítaná. Ezért a földelő elektródát a két adóelektróda szimmetriatengelyében, a vevővel ellentétes oldalon helyeztük el. A földelő elektróda távolságát akkorára választottuk, hogy a rajta folyó áram ne zavarhassa számottevően a mérést (a kimutatható falhatás távolságánál nagyobbra).

A kapacitásszegény leválasztás eredményeként az előerősítő földjére már csak erős leosztással kerül a közös módusú zavar. A csillapítást a csatoló impedancia (szórt kapacitás) és a földelő elektróda kontaktellenállásának aránya szabja meg. A zavarcsökkentés másik tényezője a földhurok impedanciájának (ami többszáz ohm is lehet, hiszen 6 MHz körül rezonanciája van) és az áramgenerátor „földelő” kontaktellenállásának aránya. Az eredő zavarelnyomás a két tényező szorzata (3. ábra).

A fent leírt berendezés a 4. ábrán látható.



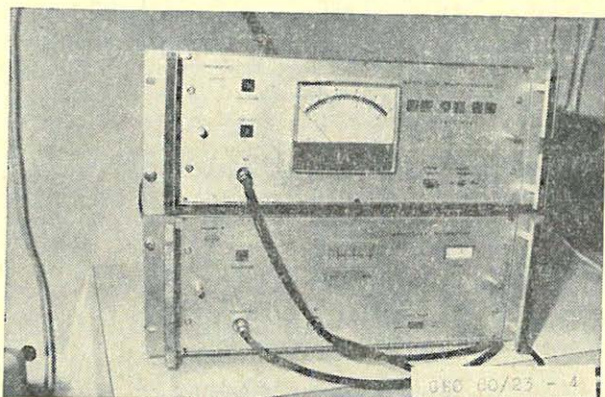
$$\text{Noise reduction factor} : K_1 \cdot K_2 = \frac{Z_{loop} + Z_{c1}}{Z_{c1}} \cdot \frac{Z_{coupling} + Z_{c2}}{Z_{c2}}$$

050 80/23 - 3

3. ábra. Az eredő zavarelnyomás számításához

Рис. 3. К вычислению результирующего подавления помехи

Fig. 3. To the computation of the resulting disturbance rejection.



4. ábra. Szelektív mikrovoltmérő és szintézer generátor

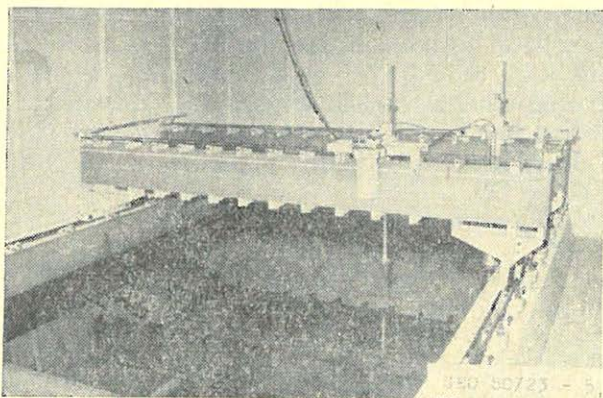
Рис. 4. Селективный микровольтметр и генератор с экстремально широким диапазоном частот

Fig. 4. The selective microvoltmeter and the synthesiser generator.

### *Elektródmozgató mechanika*

A modellezés során az adó- és mérőrendszer megfelelő pontosságú mozgása két, a kád hosszirányba mentén guruló híd szerkezettel és az azokon keresztirányban mozgó 1–1 kocsival van megoldva. Az elektród tartó rudakat ezek a kocsik tartják.

A modellező berendezés mechanikája (5. ábra) túlnyomórészt műanyagokból (ongroplast, bonamid, textilkakelit, polimetilakrilát, poliészter műgyanta) készült, mivel ezekkel lehetett csak biztosítani a nagy feszítávolság ellenére a könnyű mozgathatóságot, a korrózióállóságot, valamint a MT-mérések későbbiekben tervezett lehetőségét.



5. ábra. Elektródmozgató mechanika a mérőkád felett Faraday kalitkában

Рис. 5. Устройство для движения электродов над баком находящиеся в клетке Фарадея

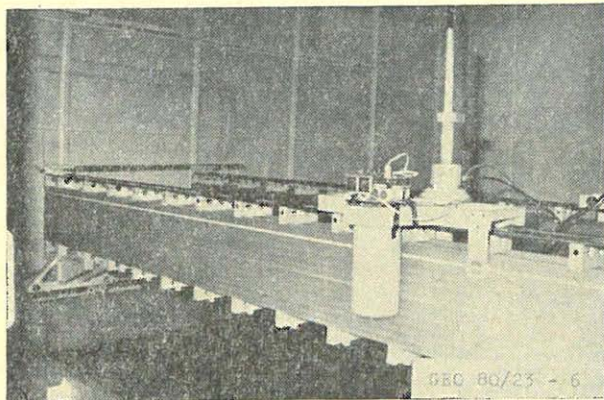
Fig. 5. Apparatus for moving the electrodes above the tank in a Faraday-cage.

A helyzetmeghatározás és az adott pontra történő visszaállítás a két koordináta mentén elhelyezett mérőszalagok segítségével  $\pm 0,5$  mm pontossággal végezhető el. (A kádnak olyan pontja fölé, amelynek összerendezői a mérőszalagokon nem ismertek,  $\pm 1$  mm hibával tudunk felállni.)

Az elektród tartó kocson elhelyezett függőleges irányú beállító szerkezettel (6. ábra) az adó- és a vevődipól z-koordinátáját folytonosan változtathatjuk. A z-beállítás hibája  $\pm 0,05$  mm.

Az elektród tartó rudak  $90^\circ$ -onként elforgathatók.

Az elektródák anyaga platina. Hosszméretük 2 mm, átmérőjük tápelektrodáknál 2, mérőelektrodáknál 1 mm.



6. ábra. Elektród tartó rudak a hídszerkezeten

Рис. 6. Консольный стержень электродов на мостовой конструкции

Fig. 6. Rod for holding the electrodes on the bridge frame.

### A konduktív váltóáramú modellezés gyakorlata

Az előzőekben leírt berendezés kezelése rendkívül egyszerű és így a modellezés nagyon termelékeny.

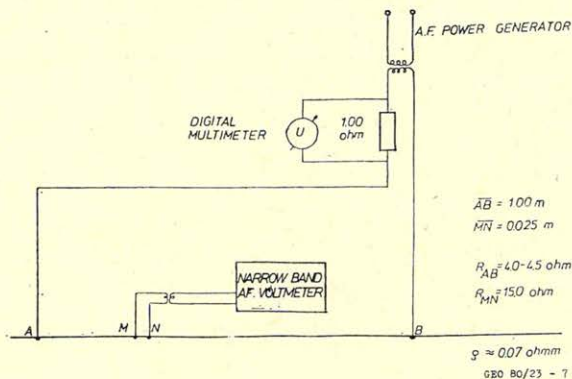
A mérési konfiguráció — modellszerkezetek, elektródarendszer — kialakítása után egy pontban való *frekvenciaszondázás*nál a frekvenciát digitálisan változtatjuk 10 kHz és 10 MHz között min. 100 Hz-es lépésekben és a mikrovoltmérő állását leolvassuk. A méréshatárt vagy rögzítjük, vagy nagyobb méréstartományok áthidalása végett egy automatika állítja be a megfelelő tartományt  $1 \mu\text{V}$  és 300 mV között 8 fokozatban. Az áramgenerátor 50 mA-t táplál a frekvenciától függetlenül az A, B elektródán keresztül az elektrolitba, tehát ezt szabályozni nem kell.

A másik gyakran használt mérési eljárásnál, a *szelvényezés*nél a frekvenciát a kívánt értékre állítjuk. Az adó és a vevő közötti távolságot rögzítve, a két rendszert együtt mozgatjuk a modellszerkezet felett. A szelvényt  $x-y$  rekorder rajzolja le. A mérőrendszer helyzetét ( $y$ ) a kád hossza mentén, illetve a keresztirányú tartóhidakon kifeszített ellenálláshuzalról levett feszültségértékek határozzák meg.

## Az egyenáramú mérés eszközei

A konduktív frekvenciaszondázó modellező berendezés frekvenciatartományának alsó határa 10 kHz. Ez a frekvencia a rendszer többi geoelektromos paraméterét (fajlagos ellenállás, lineáris méretek) is figyelembe véve, az egyenáramú módszerek modellezése számára még éppen megfelelő, de az alacsonyabb frekvenciákon (hangfrekvenciákon) végzett mérések egyszerűbb technikai követelménye miatt célszerűnek láttuk, hogy az egyenáramú modellkísérletek céljára egy másik berendezést alkalmazzunk.

Generátorként 300 – 500 Hz közötti frekvenciára állított (*TR 0161 típusú*) max. 10 W kimenő-teljesítményű hanggenerátort használunk. Az A, B elektródákon keresztül az elektrolitba betáplált áram erősségét egy 1 abs. ohm ellenálláson eső feszültség szabályozásával (*TR 1660 digitális multiméterrel*) tartjuk a megadott értéken 0,3%-os hibán belül (7. ábra).



7. ábra. Az egyenáramú modellező berendezés blokkdiagramja

Рис. 7. Схематическая диаграмма установки для моделирования методами постоянных ТОКОВ

Fig. 7. Block diagram of the DC modeling unit.

Az MN-dipól potenciálkülönbségét a kimenő jel frekvenciájára hangolt voltmérővel (*Brüel and Kjaer Te 2107*) mérjük. A műszer érzékenysége a legkisebb méréshatárban  $\sim 300 \frac{\text{mm}}{\text{mV}}$ .

Az elektródarendszer a vizsgált módszer követelményeihez igazodik. Mozgatása ugyanazzal a berendezéssel történik, mint a konduktív frekvenciaszondázó modellezésnél.

Mérési programban potenciáltérképezés (PM), fúrás-felszín közti gradiens térképezési módszer (FFG), valamint a hagyományos geoelektromos szondázások szerepelnek.

Potenciáltérképezés esetén  $\rho_{\infty}$ -aljazatú kétréteges feltér felszínén a mért és számított térerősség-értékek legnagyobb relatív eltérése 3% volt (8. ábra).

## A modelladatok feldolgozása

Törvényszerűségek kimutatása céljából a modellméréseket a kutatórendszer egyes paramétereinek és az elektródaelrendezés valamilyen rendszer

szerinti változtatásával végezzük. Így egy-egy modellmérési feladat megoldásához átlagosan tízezres nagyságú  $\Delta U_{MN}$  feszültségmérés tartozik.

A geofizikai értelmezést általában leszámított mennyiségek ( $\sqrt{T}$ ,  $\rho_w$ ,  $S$  számított mélységek stb.) kiértékelésével végezzük.

A mért adatok nagy száma, a paraméterszámítások szükségessége és egy esetleges későbbi, más szempontú adatfeldolgozás igénye számítógép használatát teszi szükségessé.



8. ábra. A mért és a számított potenciálkülönbségek hányadosa potenciál-térképezésnél (PM) kétréteges féltér felszínén A és B tápelektroda mellett (Szarka, 1980)

Рис. 8. Отношения измеряемых и вычисленных разностей потенциалов на поверхности двухслойной среды в методе потенциального картирования А и В – питающие электроды (Szarka, 1980)

Fig. 8. Ratio of measured and computed potential differences in potential mapping (PM) on the surface of a two layer half-space. A and B are the feeding electrodes (Szarka, 1980)

A modellmérési adatok feldolgozása az MTA GGKI HP-2100A számítógépén történik. A mért adatokat lyukszalagon tároljuk.

A feldolgozó programok FORTRAN-nyelven készülnek. Az együttműködő intézmények kiértékelési algoritmusait programozzuk, vagy az MTA GGKI kész matematikai programjait alkalmazzuk speciális céljainkra.

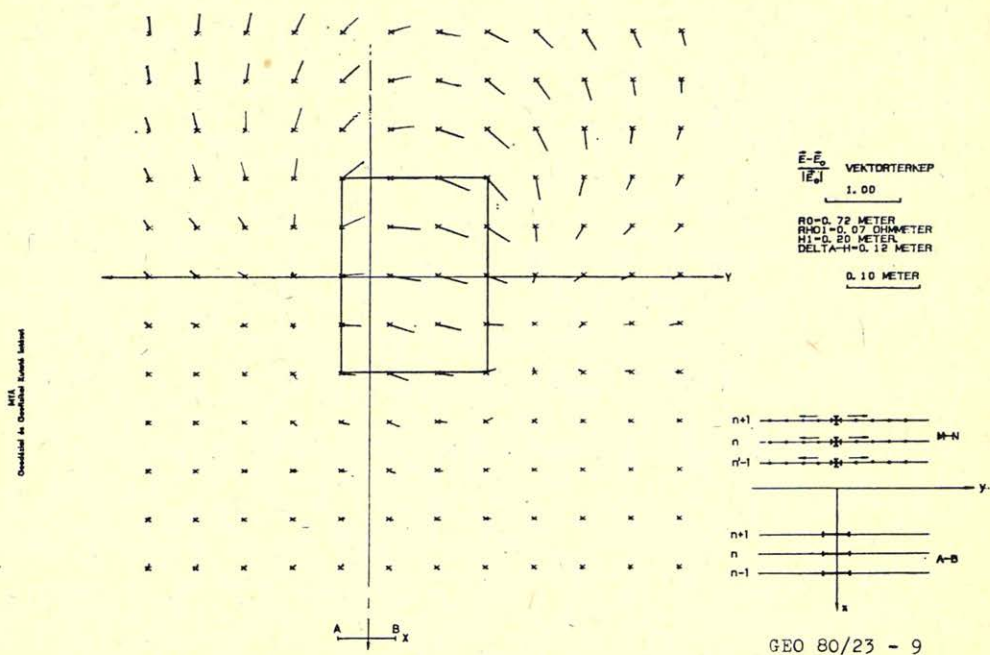
Az MTA GGKI számítógépe az összes szokásos perifériával rendelkezik. A rajzoló plotteren a számított mennyiségeket – mélységtérképeket, szondázási görbéket stb. – ki tudjuk rajzoltatni. Ezek a rajzok a kiértékelés gyors és szemléletes segédesszé. Az alábbi két példával érzékeltetjük ezt:

A 9. ábrán az egyenáramú modellmérésekkel nyert elektromos térerősség vektorának anomáliatérképét láthatjuk egy háromdimenziós nagyellenállású kiemelkedés körül.

Az elektrodaelrendezést az ábrához tartozó magyarázó rajz szemlélteti.

A horizontálisan homogén kétréteges esetben ugyanezzel az elrendezéssel megmért térerősségeloszlás segítségével határoztuk meg az  $\frac{\overline{E} - \overline{E}_0}{|\overline{E}_0|}$  vektoranomália-térképet, ami a jelentkező anomália helyéről és jellegéről tájékoztat.

A 10. ábrán egy háromdimenziós lépcsősor felett, két különböző elektrodaelrendezéssel nyert szondázási görbéket láthatunk. A szondázási görbék pontjait 19 mérési frekvencián határoztuk meg. A mért  $\sqrt{T} - \rho_w$  értékpárokat speciális harmadfokú polinomokkal, az ún. Spline-függvényekkel kötöttük össze, ami a pontok közötti szakaszokon követelményeinket teljesen kielégítő pontosságú



9. ábra. Elektromos térerősség relatív vektorának vektoranomáliatérképe háromdimenziós nagyellenállású kiemelkedés körül (Elektrodaelrendezést lásd az ábra jobb oldalán alul)

Рис. 9. Карта аномалий векторов электрического поля вокруг одной трёхразмерной антиклинали с бесконечным сопротивлением (Установка находится на правой стороне рисунка)

Fig. 9. Anomaly map of the electric field intensity vector around a 3D high resistivity uplift (See the electrode configuration rightside bottom of the figure.)

interpolációt biztosít. A rajzot a 62,5 mm modulusú log-log papírral egyező méretben készítettük. Ezzel az eljárással mentesülünk attól, hogy minden egyes lemért szondázási görbét kézzel rajzoljunk meg. Olyan gépi programot is szerkesztettünk, ami a GKV által használt grafikus kiértékelési eljárást numerikusan valósítja meg.

A 10. ábrán az MN-dipól szelvénye a nagyellenállású kiemelkedés fölött halad át. A mérési pontok helyét az 1., 2., 3. szám adja meg.

### Földtani-geofizikai feladatok vizsgálata modellmérésekkel

#### a) A dunántúli vezetőképesség-anómália hatóinak modellezése

A Dunántúli Középhegységben, illetve annak előterében észlelt vezetőképesség-anómália (11. ábra) okát a földkéreg töréseit kitöltő jólvezető képződményeknek tulajdonítottuk néhány km vastag mezozoos és paleozoos takaró alatt. Feltételeztük, hogy a jólvezető anyag grafit, grafitos pala, (amelynek telerei „megvezették” a tektonikát, tehát a földkéreg ezek mentén töredezett össze a medence izosztatikus kiegyenlítődését kísérő süllyedésekor) vagy magas hőmérsékletű elektrolit (Ádám, 1977). A felszíni tektonikai vonalak (törési

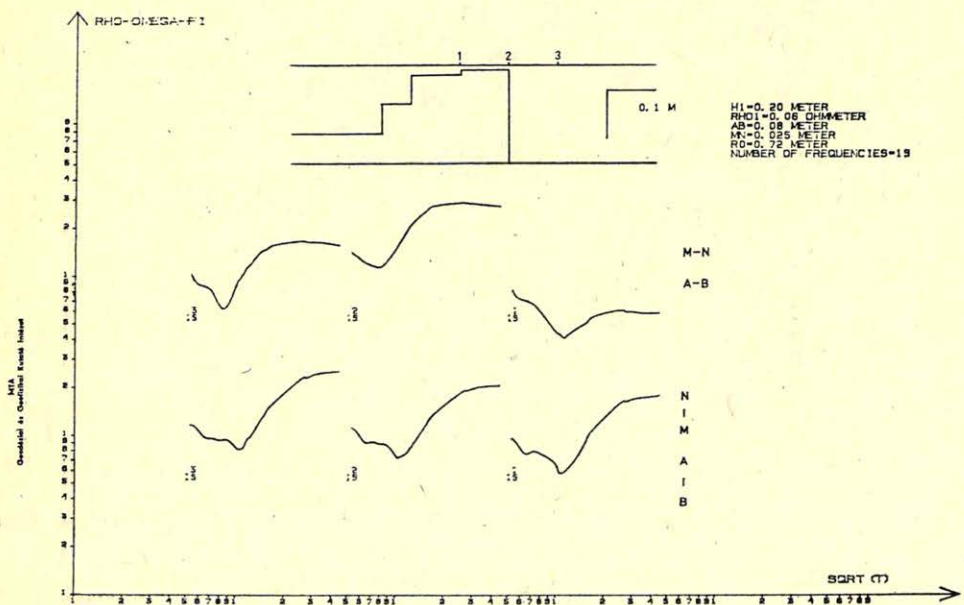
zónák) és az EM indukciós iránymennyiségek ( $Z_{xy \max}$  impedancia, a Wiese-vektor iránya) kapcsolatát statisztikus vizsgálatok igazolták (Ádám, 1980).

A modellvizsgálatokkal azokat a geoelektromos módszereket kerestük, amelyek a természetes EM indukciós szondázásokon kívül lehetőséget adnak a törési zónához kapcsolódó, de nagyellenállású közelítő lefedett jólvezető dike-ok tanulmányozására.

Az egyenáramú módszerek a nagyellenállású közeg árnyékoló hatása miatt eleve nem jöhettek számításba, ezért mesterséges frekvenciaszondázáshoz folyamodtunk és dipólekvatoriális elrendezésben elektromos gerjesztéssel és elektromos érzékeléssel mértünk.

A jólvezető dike-t a modellkád elektrolitjában szigetelő aljzatba ágyazott függőleges fémlap képviselte, amelyet ugyancsak szigetelő lappal fedtünk le. A méréseket különböző paraméterkombinációkban végeztük el az anomália jellegének és nagyságának megítélése végett. Jólvezető dike-kal és anélkül, szigetelővel fedve és fedetlen helyzetben szondáztunk és szelvényeztünk.

A 12. ábra két különböző oldatmélység ( $h_1$ ) mellett a fedetlen dike hatását mutatja a szondázási görbére. A szondázási görbe jellegzetes pontjai, pl. a minimumai a frekvenciategely mentén eltolódnak az oldatmélység függvényében. A szondázási görbe kis- és nagyfrekvenciás szakasza dike-kal, vagy anélkül egymáshoz viszonyítva ellentétesen mozog. Összehasonlításul a kisebb oldatmély-



GE0 80/23 -10

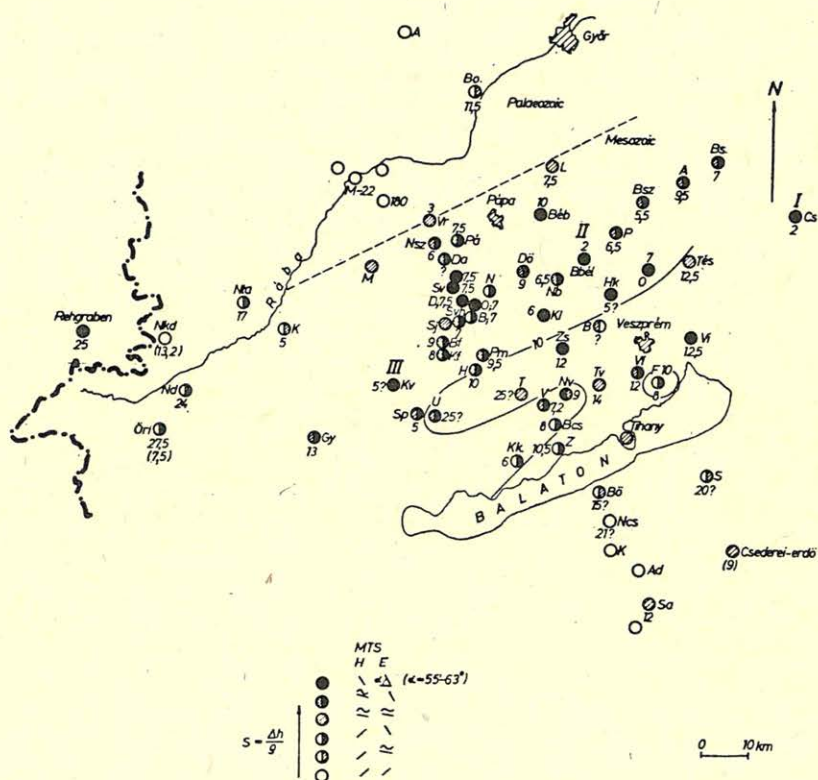
10. ábra. Háromdimenziós lépcsősor felett dipól ekvatoriális és azimutális (tengelyirányú) elrendezéssel mért frekvenciaszondázási görbék

Рис. 10. Кривые частотных зондирований измерённых экваториальными и азимутальными установками над одной трёхразмерной ступенчатой структурой

Fig. 10. Frequency sounding curves measured by dipole equatorial- and axial configuration above a 3D step-like structure

ségre a fedett dike hatását is bemutatjuk (13. ábra). Megállapítható, hogy az elektromos dipól-dipól rendszer szigetelővel leárnnyékolt dike-ok kimutatására nagyon érzéketlen.

A kis (0,1 MHz) és nagy (4 MHz) frekvencián végzett szelvényezés is (14. ábra) megerősíti a fenti megállapításokat. A jólvezető dike kis frekvencián csökkenti, nagy frekvencián pedig növeli a térerősséget. Ezek az effektusok jelentősen lecsökkennek az árnyékoló réteg hatására, amint azt a szondázás esetében láttuk.



GEO 80/23 -11

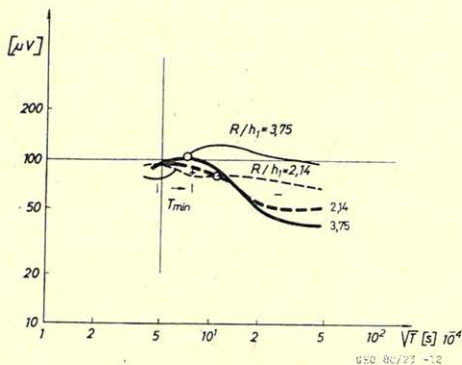
11. ábra. A dunántúli vezetőképesség-anómália indikációi a  $\varrho_{\max}$  és  $\varrho_{\min}$  MTSZ görbék alapján. (Ezek közül a  $\varrho_{\min}$  felel meg az E polarizációnak.) A félkörök fedettsége a bal oldali jelkulcs szerinti összefüggésben van a MTSZ görbék csökkenő ágának – a jólvezető réteg  $S$  értékétől függő – kialakulásával (Ádám, 1977)

Рис. 11. Признаки Задунайской аномалии на основе магнетотеллурических  $\varrho_{\max}$  и  $\varrho_{\min}$  ( $\varrho_{\min}$  соответствует Е-поляризации). Полуокруги обозначают существование нисходящих частей магнетотеллурических кривых в зависимости от значений  $S$  слоя хорошей проводимости (Ádám, 1977)

Fig. 11. Indications of the Transdanubian conductivity anomaly on the basis of  $\varrho_{\max}$  and  $\varrho_{\min}$  MTSZ curves ( $\varrho_{\min}$  corresponds to the E polarization). The half circles (according to the key on the left side) indicate the existence of a decreasing part on MTSZ curves depending on the  $S$ -value of the high conductivity layer (Ádám, 1977).

b) Potenciáltérképezés (PM) modellezése bauxitkutatás céljából

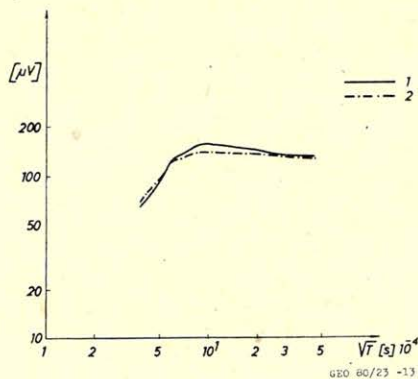
„A Bakony hegység Ny-i peremén a feltárt, vagy feltételezett bauxittestek kis méretűek, 50–100 m átmérőjű tektonikusan preformált dolomit árkokat, bemélyedéseket töltenek ki. Kimutathatók még kisebb, karsztkúthoz, vagy kanyonhoz hasonló szerkezetek is. A kis méretek ellenére gazdaságilag mégis jelentősek, mert a bauxit bennük igen vastag és jó minőségű, felszínről bányászható és karsztvízveszély nincs” (MÁELGI 1975. évi jelentéséből).



12. ábra. Dipól-dipól ekvatoriális frekvenciaszondázási görbék szigetelőbe ágyazott jólvezető dike felett különböző fedő elektrolit vastagság ( $h_1$ ) mellett ( $R$  = az adó- és a vevődipól távolsága const.)

Рис. 12. Диполь-экваториальные кривые частотного зондирования над дайком с хорошей проводимостью, находящийся в среде с бесконечным сопротивлением под раствором NaCl с разными толщинами ( $h_1$ ), ( $R$  = расстояние между диполями = констант)

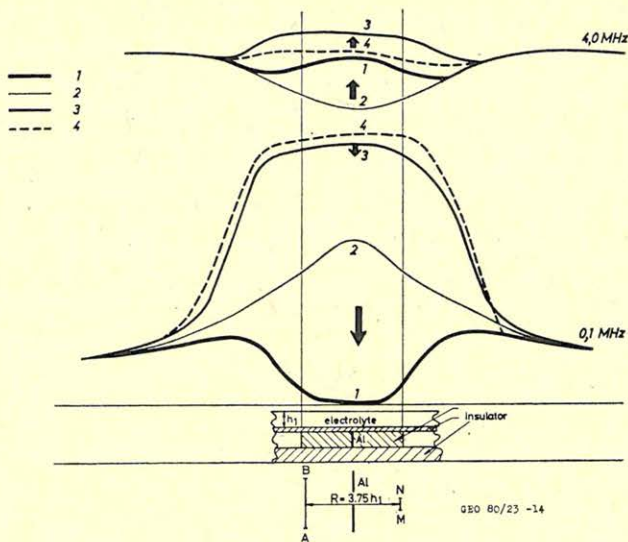
Fig. 12. Dipole-dipole equatorial frequency sounding curves above a highly conductivity dyke placed in insulator media with various electrolite overburden thicknesses ( $h_1$ ), ( $R$  = distance between the dipoles = const.)



13. ábra. Szigetelővel fedett dike (2) hatása a szondázási görbére összehasonlítva dike nélküli szerkezet hatásával (1)

Рис. 13. Сравнение эффекта дайка с хорошей проводимостью под изолирующем слоем (2) и эффекта той же структуры без дайка

Fig. 13. Effect of the high conductivity dyke covered by an insulating layer (2) on sounding curves as compared to the effect of the same structure but without the dyke.



14. ábra. Szelvényezési dipól-dipól ekvatoriális elrendezéssel 0,1 és 4 MHz-en jólvezető fedetlen (1) és szigetelőlappal fedett (3) dike, valamint ugyanolyan dike nélküli szerkezetek (2, 4) esetében

Рис. 14. Профилирование при помощи диполь-экваториальной установки на частотах 0,1 и 4,0 МГц в случаях

- непокрытого высокопроводящего дайка (1),
- дайка, покрытого изолирующим слоем (2) и
- той же структуры, но без дайка

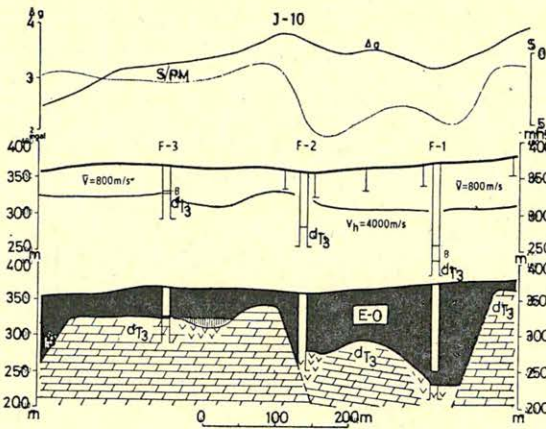
Fig. 14. Profiling with dipole-dipole equatorial configuration on frequencies 0.1 and 4 MHz in the case of highly conductive uncovered dyke (1), dyke covered by an insulator layer (2), and in the case of similar structures but without highly conductive dyke.

A geofizikai mérések feladata:

1. a triász időszaki dolomit- (és mészkő) kibúvások területének vizsgálata;
2. a 30–300 m fedővel borított területen az aljzat domborzatának meghatározása.

A cél mindkét esetben a bauxittároló szerkezetek közvetlen kimutatása. Ennek érdekében komplex geofizikai kutatást végeznek, amelynek egyik fontos módszerét képezi a potenciáltérképezés. Amint az pl. J – 10 szelvényen (15. ábra) látható, a potenciáltérképezés korrigált S szelvénye alapján az árkos szerkezet jól kijelölhető, a mélységadatok megbízhatóságát azonban csak az utólag lemélyített fúrások révén adhatjuk meg.

Modellmérésekkel meghatározható, hogy a PM anomáliakép miként tükrözi az altalaj horizontális inhomogenitásainak (vető, bemélyedés, sasbérc stb.) hatását, továbbá a nagyellenállású aljzatomborzat mélységének az S értékekből lineáris kapcsolat feltételezése alapján történő leképzése az inhomogenitás paramétereinek függvényében milyen mélységi torzításokat tartalmaz. Ennek érdekében a 16. ábra szerint egy kétdimenziós, sasbérctet reprezentáló modellsorozatban vizsgáltuk meg a torzítás jellegét (Szarka, 1980). Látható, hogy a mért adatokból levezetett mélység hibával terhelt, amelynek elhanyagolása a mélységmeghatározást meghamisítja. A modellvizsgálatokat jelenleg árkos szerkezeteken folytatjuk.

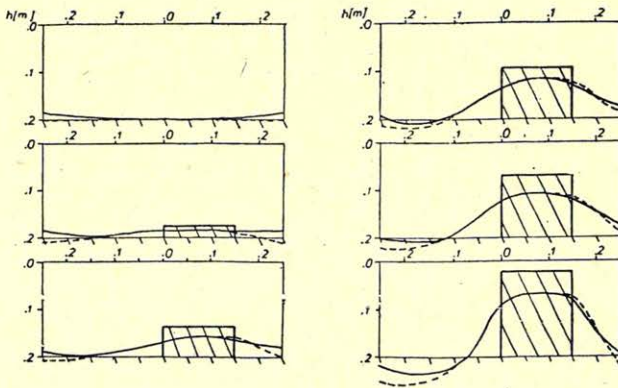


GEO 80/23 -15

15. ábra. Bauxittároló dolomittömbök felett végzett potenciáltérképezés (S/PM) és gravitációs szelvény ( $\Delta g$ ) a fúrások (F) alapján rekonstruált földtani szerkezettel (MÁELGI 1975. évi jelentéséből)

Рис. 15. Потенциальное картирование (S/PM) над доломиточными породами, содержащими бокситы и геологический профиль на основе гравиметрической съемки ( $\Delta g$ ) вместе с геологическим разрезом, полученным по скважинам (MÁELGI, 1975)

Fig. 15. Potential mapping (S/PM) above bauxite bearing dolomite blocks and the geological profile based on gravity profile ( $\Delta g$ ) with the geological structure reconstructed from borehole (F) informations (MÁELGI, 1975)



GEO 80/23 -16

16. ábra. Egyenáramú potenciáltérképezés (PM) alapján számított mélységértékek (h) kapcsolata a reális szerkezetekkel. A folyamos vonalak az S-intervallumban számított mélységeket, míg a szaggatott vonalak a korrigált mélységeket mutatják az S-intervallumon kívül a peremeken (Szarka, 1980)

Рис. 16. Отношение между глубинами из измеренных данных, погученных методом потенциального картирования и реальными структурами. Непрерывные линии показывают глубины в интервале S. Вне интервала S эту глубину показывает пунктирная линия (Szarka, 1980)

Fig. 16. Relation between computed depth values (h) from DC potential mapping (PM) and the real structures. Continuous lines represent depth values in the S-interval. Broken lines represent depth values outside of the S-interval at the margins (Szarka, 1980).

c) *Frekvenciaszondázások modellezése inhomogén medencealjzat szerkezetek felett*

A Pannon medence északi peremén levő ún. *Paleogén medencerész* területén a szénhidrogén-kutatással kapcsolatos frekvenciaszondázások tervezésében, valamint a mérések adatainak értelmezésében a frekvenciaszondázások modellezése fontos kísérleti eszközt jelent.

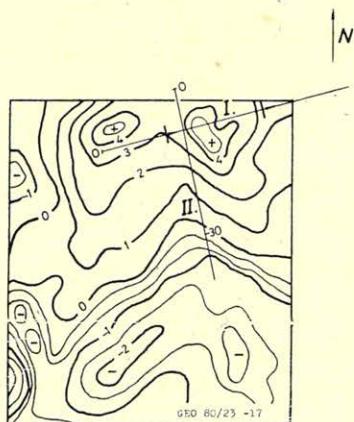
A *Paleogén medencében* a tág határok között változó vastagságú miocén és oligocén korú rétegsor aljzatát képező triászkorú mészkő (néhol vékony eocén képződménnyel együtt) a geoelektromos módszerek szempontjából ideális nagy fajlagos ellenállású vezérszint. Szerkezetét tekintve azonban igen inhomogén, nagy elvetési magasságú törések, ugyanakkor horizontálisan viszonylag kis kiterjedésű blokkok jellemzik.

A frekvenciaszondázások elmélete a horizontálisan homogén, vízszintesen rétegzett közegre van kidolgozva, az inhomogén közegre vonatkozó elmélet területén az információk viszonylag hiányosak, vagy nagyon leegyszerűsített esetekre vonatkoznak (*Iszaev, Kaufman et. al., 1970*). Néhány inhomogén aljzat szerkezetre korábbi modellkísérletek publikált eredményei alkalmazhatók (*Kuznyecov et. al., 1972, 1974*).

A frekvenciaszondázások modellezésével számos módszertani kérdést sikerült tisztázni és a *Paleogén medencerész* kutatásában eredményesen használtuk fel a modellkísérletek tapasztalatait.

Így például a jelen dolgozat 9. és 10. ábráin bemutatott modellfeladatok egyrészt a szondázások tápdipólusának célszerű elhelyezésére, valamint a töréses szerkezetek felett kapott FRSZ szondázási görbék értelmezéséhez adtak útmutatást.

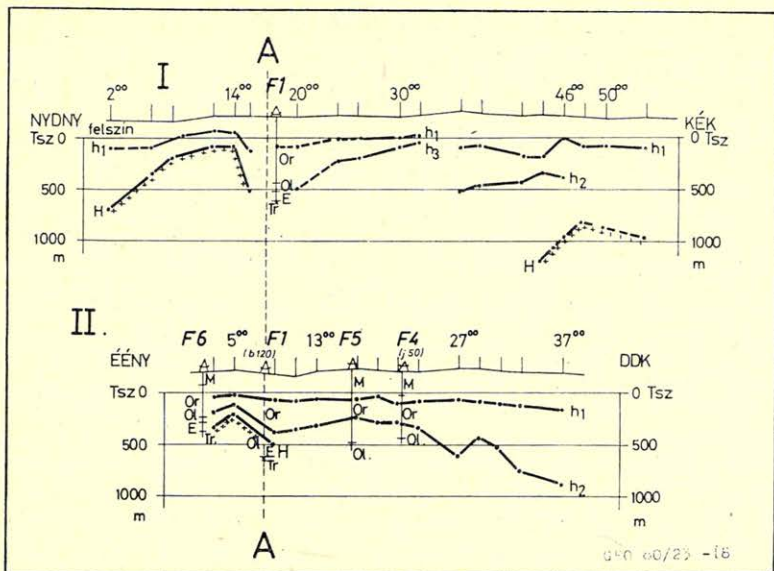
A 17., 18. és 19. ábrákon példákat mutatunk be a paleogén medencerész területén az ún. *Vatta – Maklári árok* térségében végzett kutatások eredményei-



7. ábra. Frekvenciaszondázások mérési vonalainak elhelyezkedése a gravitációs anomáliákhoz viszonyítva

Рис. 17. Карта измеряемых профилей частотных зондирований вместе с гравитационными аномалиями

Fig. 17. Location of the measuring lines of the frequency soundings as compared to the gravity anomalies.



18. ábra. A 17. ábrán látható frekvenciaszondázási vonalak mélység-szelvénye. *H* – triász mészkő felszíne, *h*<sub>1</sub> és *h*<sub>2</sub> miocén, illetve oligocén rétegek. *A – A* – a mérési vonalak metsződésének vetülete. *F*<sub>1</sub>, *F*<sub>2</sub> stb. fúrások

Рис. 18. Геологическое строение разреза профилей частотного зондирования показано на рис. 17. *H* – поверхность известняков, *h*<sub>1</sub> и *h*<sub>2</sub> – миоценовые и олигоценные слои. *A – A* – проекция перекрестов измеряемых профилей. *F*<sub>1</sub>, *F*<sub>2</sub>, и т. д. – скважины

Fig. 18. Depth profile of the frequency sounding profiles shown on Fig. 17. *H* is the surface of Triassic limestones, *h*<sub>1</sub> and *h*<sub>2</sub> are miocene and Oligocene layers. *A – A* is the projection of the crossing of the measuring profiles. *F*<sub>1</sub>, *F*<sub>2</sub>, etc. are boreholes.

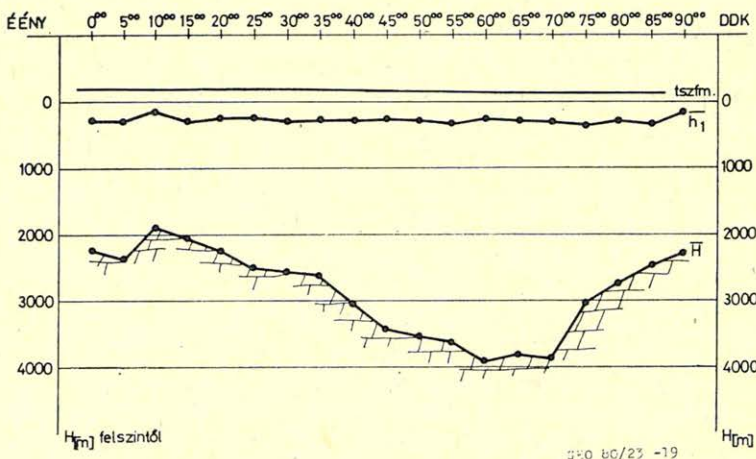
ből, amelyek mérési és értelmezési feladataiban a modelladatok is felhasználást nyertek.

A 17. ábra a gravitációs mérési adatok szűrésével kapott anomáliatérképen a frekvenciaszondázások vonalainak elhelyezkedését mutatja, feltüntetve a frekvenciaszondázások eredményeként meghatározott törések helyét is.

A 18. ábra a 17. ábrán látható két mérési vonal mélység-szelvényét mutatja, a *H* jelű határfelület az értelmezés alapján megfelel a triász mészkő felszínének, *h*<sub>1</sub> és *h*<sub>2</sub> a miocén, ill. oligocén rétegsorban követhető rétegek. A kutatásnál itt alkalmazott viszonylag kis adó-vevő távolság mellett elsősorban a törések helyének meghatározására volt lehetőség, illetve a sekélyebb medencerészek az aljzat felszínének követésére is. Az aljzat folyamatos nyomon követésére a 19. ábrán látható példa.

A modellmérésekből kapott fontos módszertani következtetések például: Ha a frekvenciaszondázások mérési vonala a fő szerkezeti dőlés irányába esik és az adó-vevő dipólokot összekötő „R” dipólsugár közelítőleg a fő szerkezeti csapásiránnyal párhuzamos, úgy a mért FRSZ adatok értelmezésében a horizontálisan homogén rétegsorra vonatkozó elvek felhasználhatók, feltéve, hogy az adó és vevő (a táp és mérő dipól) között nincsen olyan mértékű medencealjzat kiemelkedés, ami „árnyékoló oldalhatást” okoz. Az ilyen hatások elkerülésére az

## FRSZ MÉLYÉGSZELVÉNY



19. ábra. A Vatta – Maklári árkot harántoló frekvenciaszondázási vonal.  $H$ -triász mészkő felszínként értelmezett szondázási adatok,  $h_1$ -referenciaszint (első réteg)

Рис. 19. Профиль частотного зондирования через Ватта-Маклар сбросовый риб.  $H$  – глубины, полученные из зондирований и истолкованные как поверхность триасового известняка,  $h_1$  – уровень сравнения (первый слой)

Fig. 19. Frequency sounding profile across the Vatta – Maklár trench.  $H$  values have been interpreted from the soundings as surface data of the Triassic limestone,  $h_1$  is the reference level (1st layer).

adó telepítési helyének megválasztása különös gondot igényel. A hatások felismerése céljából ún. „többszörös fedésű” szondázási rendszert alakítottunk ki a szénhidrogén-kutató méréseknél, amelyben egy adóhelyzethez rendelhető mérési vonalszakasz (ún. legyező) hosszát és helyzetét, valamint egy mérési helyen az újabb adókról történő ismétléseket módszertani szempontok alapján tervezzük, illetve szabályozzuk, felhasználva a modellmérések eredményeit is.

### A fejlesztés irányai

- Egyik soron levő feladatnak tekintjük a frekvenciaszondázásnál az elektromos komponensek mérése mellett a mágneses érzékelő tekercsrendszer kialakítását. Kísérleteink igazolták, hogy bizonyos feladatok megoldására a mágneses komponensek mérése eredményesebbnek ígérkezik (pl. szigetelő közegbe ágyazott jólvezető test indikálása).
- A konduktív gerjesztés mellett a közeljövőben kialakítjuk a magnetotellurikus problémák tanulmányozására a síkhullám gerjesztést is a megfelelő antennarendszer megépítésével (Dosso, 1967).

### IRODALOM

- Ádám, A. (1977): The Transdanubian crustal conductivity anomaly. Acta Geod. Geophys. Mont. Hung., 12, 73 – 79.
- Ádám, A. (1980): Statisztikus összefüggések az elektromos vezetőképesség-eloszlás és a töréses tektonika között a Dunántúlon. Magyar Geofizika, 3, 95 – 107.

- Dosso, H. V. (1967):* Analytical and analogue methods of studying electromagnetic variations at the Earth's surface. Vol. I–II. Institute of Earth Sciences, The University of British Columbia, pp. 212.
- Iszaev, G. A., Kaufman, A. A., Rabinovics, B. I., Satohin, V. N. (1970):* Dőlt határfelületek hatása az elektromos kutatómódszereknél alkalmazott elektromágneses terekre (oroszul). Az alkalmazott geofizikában használt elektromágneses terek elmélete c. monográfia, Nauka Kiadó, Novoszibirszk.
- Kakas, K., Nyitrai, T., Rezessy, G., Szabadváry, L. (1976):* Komplex Geofizikai Kutatás a Dunántúli Középhegységben. MÁELGI 1975. évi jelentése, 11–22.
- Kormos, I., Régeni, P. (1978):* Some problems of the indirect frequency synthesis. HIKI–25 Years. 1978 Conference Proceedings Vol. 3. pp. 55–58.
- Kuznyecov et al. (1972):* Frekvenciaszondázás az elektromos vezérszint lépcsőmodellje felett (oroszul). Prilkadnaja Geofizika, 67.
- Kuznyecov et al. (1972):* Horizontálisan inhomogén közeg elektromágneses szondázása dipól elrendezéssel (oroszul). Prilkadnaja Geofizika, 68.
- Kuznyecov et al. (1974):* Szigetelő, árnyékoló réteget magában foglaló horizontálisan inhomogén közeg elektromágneses szondázása dipól elrendezéssel (oroszul). Prilkadnaja Geofizika, 73.
- Régeni, P., Mohácsi, (1978):* A tracking selective microvoltmeter. HIKI–25 Years. 1978. Conference Proceedings Vol. 3. pp. 60–63.
- Szarka, L. (1980):* A potenciáltérképezés analóg modellezése. Magyar Geofizika XXI/5 193–200.

## Egyesületi hírek

Az Alföld földtani térképezése 1964-ben indult a Földtani Intézetben.

A térképek szerkesztésének alapja:

10 m mélységű sekély fúrások, félméterenkénti mintavétellel,  
kőzetminták elemzése,  
talajvíz elemzése,  
paleontológiai vizsgálatok,  
ásványtani vizsgálatok,  
geokémiai vizsgálatok,  
az 1951–53-ban készült kútkataszter adatai,  
egyéb, a területen végzett 1000 m körüli fúrások.

Földtani térképek:

agrogeológiai térképek, (mész tartalom, vízáteresztő képesség)  
építésföldtani térképek (képződmények 2 m, 5 m és 10 m mélységben)  
vízföldtani térképek (a talajvíz mélysége, a talajvíz nyugalmi szintje, a talajvíz oldottanyag tartalma, vízáadó rétegek 700 m-ig)  
mélyföldtani térképek

A sorozat eddig megjelent atlaszai

Szolnok	1969
Csongrád	1974
Tiszafüred	1975
Heves	1975
Hódmezővásárhely	1978
Karcag	1979
Szeged	1979
Püspökladány	1980
Gyoma	1980

(Aczél E.)