

A MAGYAR ÁLLAMI EÖTVÖS LÓRÁND GEOFIZIKAI INTÉZET KIADVÁNYA

GEOFIZIKAI KÖZLEMÉNYEK

A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETÉNEK HIVATALOS LAPJA

★

SZERKESZTI:
DOMBAI TIBOR

V. KÖTET, 1. SZÁM



MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST

1956

GEOFFIZIKAI
KÖNVELEMÉNYEK

MEGJELENÉS
DOKUMENTUM

MEGJELENÉS

Felelős kiadó: Solt Sándor

Műszaki szerkesztő:	Ívterjedelem: $5\frac{1}{2}\frac{1}{8}$ (A/5)	Azonossági szám: 703
Hegedűs Ernő	Ábrák száma: 24	Megrendelve: 1956. I. 5.
Papíralak: 70×100	Példányszám: 700	Imprimálva: 1956. II. 20.
		Megjelent: 1956. II. 29.

Ez a könyv az MNOSZ 5601-54 és MNOSZ 5602-50 Á szabványok szerint készült.

9285. Franklin-nyomda Budapest, VIII., Szentkirályi utca 28.

Felelős: Vértés Ferenc

A. ERKEL — M. BOD:

INTERPRETATION THE RESULTS OF INDUCED POTENTIAL
MEASUREMENTS WITH RESPECT TO LABORATORY EXPERIMENTS

The theory of the induced potential developed by a current in rock samples is discussed together with laboratory test and its conclusions, drawing some directives for further experiments.

**A GERJESZTETT POTENCIÁL MÉRÉSEK EREDMÉNYEINEK
KIÉRTÉKELÉSE, TEKINTETTEL A LABORATÓRIUMI KÖZET-
VIZSGÁLATOKRA**

ERKEL ANDRÁS és BOD MAGDOLNA

A fúrólukak gerjesztett potenciállal történő vizsgálata a hazai alkalmazott geofizika egyik legfiatalabb ága. A mérési eljárást és a módszer műszertechnikai részét a Magyar Geofizikusok Egyesületének pécsi ankétján Dr. Sebestyén Károly ismertette. Ő foglalkozott részletesen az eljárás eddigi és várható eredményeivel. Dolgozatunkban röviden ismertetjük a módszer alap gondolatát és fejlődését, a gerjesztett potenciál szelvényezésnél fellépő fizikai és kémiai folyamatokat, a laboratóriumi közetvizsgálatok módszerét és a mérések értelmezését.

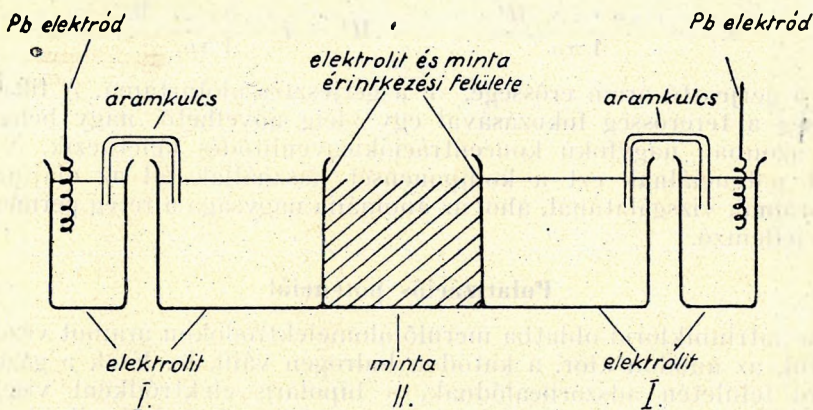
A gerjesztett potenciál szelvényezés alap gondolata és fejlődése

Mesterségesen előidézett potenciált először Bakuban észleltek egy fúróluk természetes potenciáljának pontszerű mérése közben. A megfigyelők észrevették, hogy az áram megszakítása után a galvanométer mutatója kismértékben kitér. A jelenség nem minden rétegben volt észlelhető. Ez a véletlen jellegű felismerés, amely szerint az áramhatásnak kitett közetben másodlagos potenciál keletkezik, adta a gerjesztett potenciál módszer alap gondolatát. A fúrólukban a gerjesztett potenciálra vonatkozó első rendszeres kísérleteket C. Schlumberger végezte az 1930-as évek elején.

A gerjesztett potenciál módszer további fejlődése a szovjet Dahnov professzor nevéhez fűződik. Laboratóriumi mérésekkel igazolta azt a feltevést, hogy a kőszénrétegekkel szemben észlelt természetes potenciálok oxidációs-redukciós potenciálok. Elgondolása szerint ezek a potenciálok

A kézirat 1955. április 7-én érkezett be.

megbizonyosodtunk. A kőzetminták laboratóriumi gerjesztett potenciál vizsgálatait az 1. ábrán látható mérőberendezéssel végezzük. A vizsgálandó kőzetet ismert koncentrációjú és ellenállású nátriumklorid oldatba helyezzük. A minta egyik oldalán elhelyezkedő oldat — az elektródrendszer és a réteg közt található elektromos közvetítő folyadék — az iszap szerepét tölti be, ezért ellenállását az iszap ellenállásával megegyezőnek választjuk. A minta másik oldalán levő oldat a bevezető elektródok közt elhelyezkedő kőzeteket helyettesíti. A mérési körülmények ily módon a fűrőlyuk mérések körülményeivel azonosak. A gerjesztett feszültséget a minta két oldalán elhelyezett kalomel-elektrodok segítségével kompenzátorral mérjük.



2. ábra

A gerjesztett potenciál a vizsgált kőzet fizikai és kémiai jellemzőitől függően több komponensből tevődik össze. Ezeket külön-külön, kialakulásuk sorrendjében tárgyaljuk.

Az oldatban, az oldat és minta határfelületén, valamint a vizsgált mintában végbemenő elektrokémiai folyamatokat a 2. ábra alapján ismertetjük.

A gerjesztő áramot a két ólomelektrodon vezetjük be. Az oldatban (I) az áramot a Na^+ és Cl^- ionok vezetik. Az ionos vezetést a mintában (II) elektronos vezetés váltja fel. (A későbbiekben látni fogjuk, hogy a mintában is felléphet ionos vezetés.)

Filtrációs potenciál

Az oldatba merülő minta felületén az áram bekapcsolása előtt is kialakulhat Helmholtz-féle elektromos kettős réteg (2), ami a kőzet anyagától függően az anion vagy kation felületi szelektív adszorpciójára vezethető vissza. Az oldat ekkor a kevésbé adszorbeálódó ionokban dúsul. Az így kialakult álló hidratációs rétegnek az oldat belső részeihez viszonyított potenciálját nevezik ζ (zéta) potenciálnak. Az iszapnak a rétegbe történő behatolásakor az áramlás irányában töltésvándorlás következik be.

Az ionvándorlásnak ez a fajtája alakítja ki a filtrációs potenciált. A filtrációs potenciál függvénye az iszap elektromos állandóinak. (A ρ ellenállásnak, az ε dielektromos állandónak, a μ viszkozitásnak, a ΔP nyomáskülönbségnek és a ζ zetapotenciálnak.) Gerjesztéskor az elektromos tér irányában elektrooszmotikus nyomás jön létre, amelynek hatására a fűrőiszap a rétegbe áramlik. Az áram kikapcsolása után megkezdődik a folyadék visszaáramlása, és az ezzel kapcsolatosan fellépő filtrációs potenciál adja a permeabilis közeteknél a gerjesztett potenciál anomáliát. A filtrációs potenciálnak és az elektromos tér hatására keletkező nyomáskülönbségnek a számítására Dahnov a következő képletet adja meg:

$$E_f = \frac{\varepsilon \cdot \rho \cdot \zeta \cdot \Delta P}{4 \pi \mu} \quad \Delta P = I \frac{\varepsilon \cdot \rho \cdot \zeta \cdot \Delta t}{4 \pi \mu},$$

ahol I a gerjesztő áram erőssége, Δt a gerjesztés időtartama. A filtrációs feszültség a térerősség fokozásával egy ideig növelhető, nagy behatolás esetén azonban nagyfokú koncentrációkiegyenlítés keletkezik. A gerjesztett potenciálnak ezt a komponensét használják fel az olajfúrások rétegsorainak vizsgálatánál, ahol az anomália nagysága a réteg permeabilitására jellemző.

Polarizációs potenciál

Ha nátriumklorid oldatba merülő ólomelektrodokon áramot vezetünk keresztül, az anódon klór, a katódon hidrogén válik le. Ezek a gázok az elektród felületén adszorbeálódnak, a bipoláris elektródként viselkedő minta felülete gázokkal telítődik: H_2 - Cl_2 gázelektroda keletkezik. Az áram kikapcsolása után ennek a gázelemnek az elektromotoros erejét kalomel-elektrodokhoz viszonyítva is mérhetjük. A gázok leválása azonban csak meghatározott feszültségnél, az ún. bontási feszültségnél következik be. Az oldatban ugyanis igen kis áramsűrűségeknél vegybontás nincsen, s ilyenkor a befektetett elektromos energia csak arra használódik fel, hogy az ionokat a sűrűlés ellenében mozgassa (3).

A laboratóriumi kísérletek során csak néhány esetben, főleg igen tiszta minta (grafit) vizsgálata esetén sikerült elérnünk a bontási feszültséget. Ebben az esetben lemérhettük a H_2 - Cl_2 gázelemünk polarizációs elektromotoros erejét, 2200 mV-ot. Egyébként más kísérleteknél alkalmazott gerjesztő feszültségek nem voltak elégségesek ahhoz, hogy az oldatban bontás következzen be, és így a H_2 és Cl_2 transzportja a bipoláris elektródként viselkedő minta két oldalán csak diffúz jellegű volt.

A gázok leválása az elektród és így a minta anyagától függően bizonyos túlfeszültséggel megy végbe. A hidrogénleválás túlfeszültségére a Tafel-féle formula ismeretes:

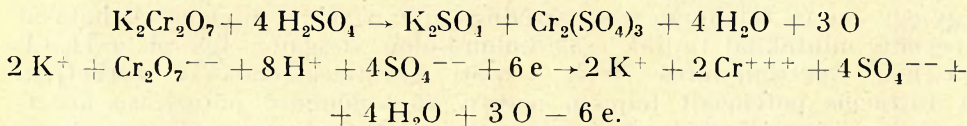
$$\eta = a + b \log i,$$

ahol a az elektród anyagától, b a külső feltételektől függő állandó, i az áramsűrűség. Ha a minta felületén adszorbeálódott H_2 és Cl_2 gáz nem lép a minta anyagával kémiai reakcióba, akkor csupán a H_2 - Cl_2 gázelem elektromotoros erejét észleljük méréseinknél.

Oxidációs-redukciós potenciál

Ha a H_2 , illetve Cl_2 gáz a minta anyagával kémiai reakcióba lép, redukcióról, illetve oxidációról beszélhetünk. Ha ugyanis a H_2 kémiai reakcióba lép, elektront ad le és az elektródot redukálja, a Cl_2 pedig reakcióba lépésekor elektront vesz fel és az anyagot oxidálja. Legnagyobb oxidáló képessége a klórnak van. Ezt bizonyítja az a tény is, hogy megváltozik a szén felülete, ha áram hatásának tesszük ki (1).

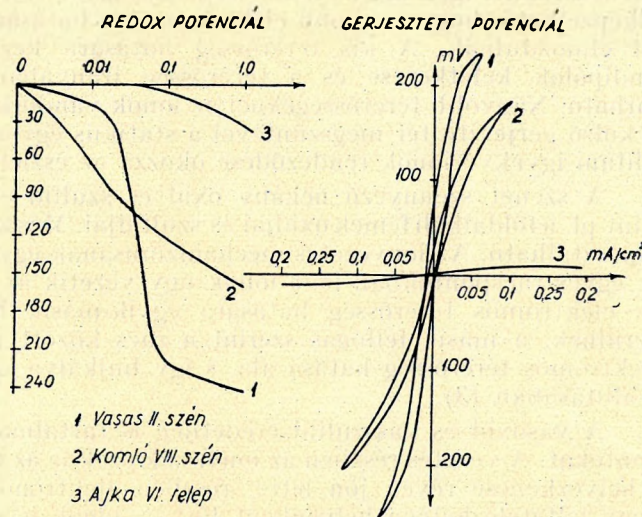
Laboratóriumi méréseink során az elektromos árammal gerjesztett potenciál vizsgálatok mellett egyes szénmintákon még kémiai oxidációs-redukciós folyamatokat is vizsgáltunk. Az esetek túlnyomó többségében az elektromos árammal történő vizsgálatainknál a gerjesztett potenciál és ugyanazon szénmintán mért redoxpotenciál változása egyezést mutatott. Amint az a 3. ábrán bemutatott példán is látható, a nagyobb redoxpotenciált adó minta nagyobb gerjesztési aktivitással rendelkezik. A vizsgálatokat elektródpotenciál-mérésre vezettük vissza. A káliumbikromátot és kb. 2% kénsavat tartalmazó oldat a következő reakciógyenlet értelmében oxidál:



A redox potenciált elméletileg a Nernst formulából számolhatjuk ki:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[ox]}{[red]},$$

ahol [ox] és [red] az oxidált, illetve redukált formák koncentrációját jelenti. (Jelen esetben a Cr^{6+} , illetve a Cr^{3+} ionok koncentrációját.) Minél



3. ábra. A redox és gerjesztett potenciálgörbék összehasonlítása

nagyobb tehát valamely rendszerben az oxidált forma koncentrációja a redukált forma koncentrációjához viszonyítva, annál pozitívabb a redoxpotenciál.

Ion-átrendeződés

Az egyes üledékes kőzeteket alkotó ásványokban, a rács- és láncszerkezeteknél igen nagy a lehetősége gyengébb kötésű ionok jelenlétének. Elképzelhető, hogy nagyobb elektromos tér hatására ezek eredeti helyükről elmozdulnak. A kis térerősség hatására kezdetben csak bizonyos iondipólok keletkezése és a térerősség irányában történő rendeződése várható. Nagyobb térerősségeknél az ionok vándorlása is bekövetkezik. A külső gerjesztő tér megszűntével a statikus egyensúlyi helyzetet visszaállítani igyekvő ionok rendeződése okozza az észlelt anomáliát.

A szén szennyező néhány oxid és szulfid elektronvezetést mutat, mint pl. a földalkáli fémek oxidjai és szulfidjai. Más kristályokban ionvezetés tapasztalható. Az ionvezetés mechanizmusának egyik magyarázata szerint az egyes rácpontokban levő ionok úgy vezetik az elektromosságot, hogy az elektromos térerősség hatására egyik-másik üresen hagyott helyre kerülnek, a másik felfogás szerint a rács között meghúzódva jutnak az elektromos térerősség hatása alá, s így bujkálva vesznek részt a töltések szállításában (3).

A vasoxid és vasszulfid eredetileg is tartalmaz be nem töltött rácpontokat. A vezetés részben az ionoknak ezekbe az üregekbe való folytonos áthelyezkedése révén jön létre, részben elektronok mozgása révén úgy, hogy feltételezhetően helyenként Fe^{+++} ionok is vannak a rácsban jelen a túlnyomó többségben levő Fe^{++} ionok mellett, és ezeknek a töltésváltása teszi lehetővé az elektronok mozgását (3).

Végső fokon a kristályrácsban lejátszódik a vegyértékváltás folyamata, mely lényegében oxidációs és redukációs jelenség. Feltételezhetően ez olyan folyamat, amely potenciálmeghatározóként szerepel a gerjesztési vizsgálatoknál.

A gerjesztett potenciál vizsgálatoknál az egyes komponensek szétválasztása nem lehetséges. A polarizációs, oxidációs, filtrációs potenciálok egy-egy mérés folyamán összegeződnek. Az egyes komponensek hatását speciális mintáknál tudjuk csak külön-külön vizsgálni. Így pl. a $\text{H}_2\text{-Cl}_2$ gázelem elektromotoros erejét tömött grafitelektródokkal mérhetjük. A filtrációs potenciált teljesen inaktív és különböző porozitású kőzetmintákon vizsgálhatjuk. Az ionátrendeződés okozta anomáliákra az ún. száraz, oldat nélküli gerjesztéssel kapunk feleletet. A természetben található kőzetek igen változatos ásványi összetételűek és porozitásúak, s ezért az észlelt gerjesztett potenciál mint összegezett hatás jelentkezik. Első megközelítésben tehát nem tudjuk az észlelt potenciálok lényeges részét valamely eredendő okra visszavezetni. A gerjesztett potenciál idő- és nagyságrendi változásában azonban lesznek olyan jellemző értékek, amelyek az egyik vagy másik komponens döntő befolyását egyértelműen meghatározzák.

A gerjesztési hiszterézis karakterisztikái

A mérési eredményeket koordináta rendszerben ábrázoljuk, ahol az abszcissa a gerjesztő áramsűrűség mA/cm^2 -ben, az ordináta pedig a gerjesztett potenciál mV -ban. A mintavizsgálatokat négy folyamatban végezzük:

a) MÉRJÜK a gerjesztett potenciált a pozitív áram növekvő értékei mellett.

b) Csökkentjük a gerjesztő áram erősségét és mérjük a gerjesztett feszültséget.

c)–d) Megismételjük a folyamatot negatív irányú árammal.

A gerjesztett potenciál értéke az áramerősség fokozásával egy bizonyos értékig növekszik, majd telítettséget ér el. A mérési eredményeket diagramban ábrázolva hiszterézisgörbét kapunk. A görbén öt karakterisztikus értéket különböztetünk meg (4. ábra). Ezek:

1. Az indítási áramsűrűség.

2. A görbe kezdeti szakaszának iránytangense.

3. A telítettségél jelentkező gerjesztett potenciál.

4. A V_r remanens potenciál nagysága.

5. A hiszterézisgörbe területe.

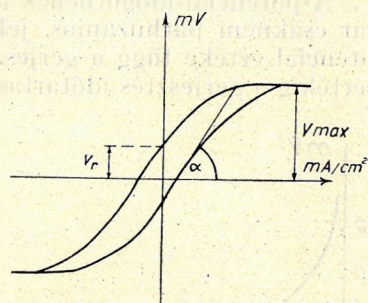
A hiszterézisgörbe karakterisztikus értékeinek kialakulását az alábbiakban ismertetjük.

Valamely rendszerben a gerjesztési folyamat megindulásához meghatározott térerősségre van szükség. Ezt a térerősséget előállító áramsűrűséget nevezzük indító áramsűrűségnek. Az indító áramsűrűség elsősorban a minta ellenállásának függvénye. Ha a minta porózus és filtráció van, a görbe a nulla pontból azonnal emelkedni kezd.

A gerjesztő áram növelésével fokozzuk az áram oxidáló hatását. Ennek folytán az oxidáltabb forma koncentrációját növeljük s az áram kikapcsolása után mérjük a megváltozott koncentráció viszonyoknak megfelelő potenciált. Így értelmezhető a gerjesztett potenciál növekedése a gerjesztő áram növelésével.

A gerjesztett potenciál görbéjének meredekségét a felsorolt négy komponens közül az határozza meg, amelyik az adott közet ásványtani, kémiai és fizikai paramétereitől függően a legjobban kialakulhat. Mivel egy redox rendszer oxidáló vagy redukáló hatását aszerint fejt ki, hogy nálánál pozitívabb vagy negatívabb redoxpotenciálú rendszerrel áll-e szemben, miközben a pozitívabb potenciálú rendszerre redukálólág, a negatívabbra pedig oxidálólág hat, azért a gerjesztő áram irányának megváltozásánál a gerjesztett potenciál előjele is megváltozik.

A telítettséget egy rendszernél akkor érjük el, amikor a domináló komponens kialakításában szereplő tényezők hatása a gerjesztéssel tovább nem fokozható. Így pl. ha egy mintán adott áramerősségnél az oxidációs



4. ábra. A gerjesztési hiszterézisgörbe

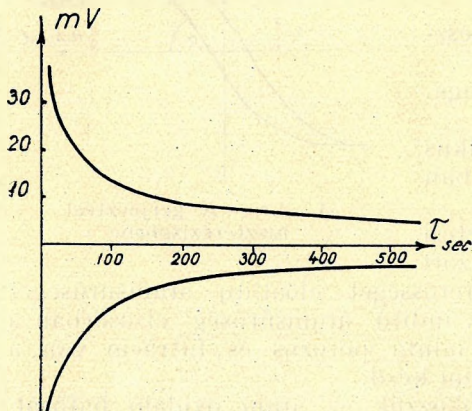
és redukciós formák koncentrációinak különbségében maximális értéket értünk el, az áramerősség további fokozásával nem növekszik a gerjesztett potenciál. A grafit esetében a telítettséget pedig a minta két oldalán leváló H_2-Cl_2 gázelem polarizációs elektromotoros ereje határozta meg.

A gerjesztett potenciál időbeli változására a feszültség-idő diagramok nyújtanak szemléltető képet. Az 5. ábrán látható görbék exponenciális jellegűek. A potenciál időbeli változására Dahnov a következő empirikus összefüggést adja meg:

$$\Delta V = \Delta V_0 \cdot e^{-\frac{\tau}{\lambda}},$$

ahol ΔV_0 a gerjesztett potenciál az áram kikapcsolásának pillanatában, λ időállandó függvénye a közet sajátosságainak, τ az észlelés időtartama.

A potenciál-időgörbék az a szakasza, amely az abszcissza tengellyel már csaknem párhuzamos, jellemző a remanens potenciálra. A remanens potenciál értéke függ a gerjesztő áram nagyságától, előjelétől és bizonyos mértékig a gerjesztés időtartamától is (7. ábra c görbék). A görbe második



5. ábra. Potenciálidőgörbe

szakaszánál, vagyis a csökkenő áramerősséggel történő gerjesztésnél a keletkezett potenciálhoz hozzáadódik az előző gerjesztésből visszamaradó remanens potenciál. Emiatt alakul ki a $\Delta V = f(i)$ görbe hiszterézis jellege. A gerjesztett potenciál komponensei közül feltételezhetően csak a polarizációs és oxidációs potenciál az, amely időben eléggé állandó. Az ionátrendeződés okozta potenciál a másodperc tört része alatt kiegyenlítődhetik, a filtrációs potenciál időbeli változására pedig a gerjesztés időtartama lehet döntő befolyással.

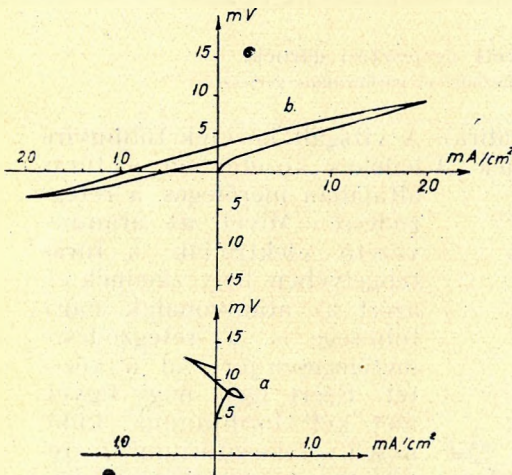
Laboratóriumi vizsgálataink módszere

A kőzetminta vizsgálatok közben néhány olyan jelenséget tapasztaltunk, amelyek szükségessé tették a mérések módszeres végzését. A vizsgálatokat igyekeztünk úgy összeállítani, hogy azok külső feltételei a terepmérésekkel megegyezőek legyenek.

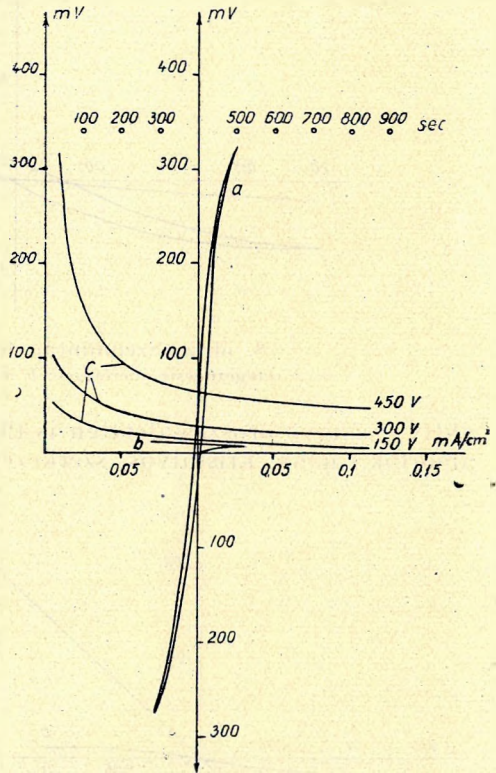
A 6. ábra egy porózus agyagmintán felvett diagramot mutat be. Az *a* görbét a minta oldatba helyezésekor, a *b* görbét pedig négy napi áztatás után kaptuk. Az *a* görbe igen érdekes és az eddigi mérések során még soha nem tapasztalt karakterisztikát mutat, míg a *b* görbe a porózus kőzetekre jellemző hiszterézishurkot írja le. A két görbe különbözőségének magyarázata az, hogy a porózus minta az ázás következtében telítődött

s a második mérés alkalmával már permeabilis, rétegvízzel rendelkező közetek jellegzetes potenciálgörbéjét adta. Első megállapításunk tehát az, hogy a vizsgálandó mintát a mérés megkezdése előtt bizonyos ideig áztatni kell, mivel a fúrólyukakban is az egyes rétegek hosszabb ideig érintkeznek az iszappal.

A fúróiszapot helyettesítő oldat ellenállásának változtatásakor azt tapasztaltuk, hogy az egyes minták aktivitása egyenes arányban van az iszap ellenállásával. Minél nagyobb ugyanis az iszap ellenállása, annál meredekebb az ugyanazon közeten mért gerjesztett potenciálgörbe. Azonos felépítésű, de különböző ellenállású iszappal feltöltött fúrások



6. ábra. Forróz agyagmintája gerjesztési diagramja



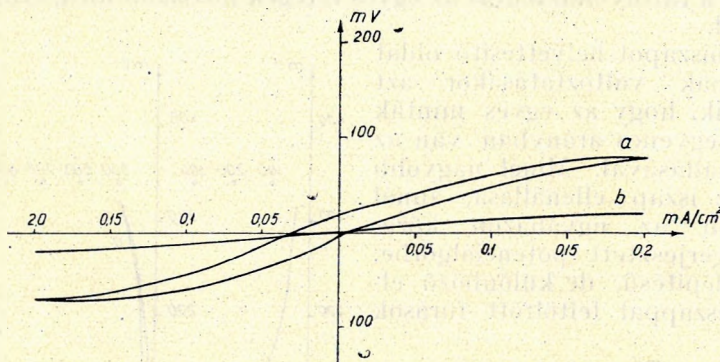
7. ábra. Trachidolerit gerjesztési és potenciál időgörbéi

gerjesztett potenciálszelvényéből tehát más aktivitásokra következtethetünk.

Méréseink során egy trachidoleritet vizsgáltunk meg oly módon, hogy a mintát az első mérés után (*a* görbe) állni hagytuk az oldatban, és kb. két hét eltelte után vizsgáltuk meg újra (*b* görbe). A 7. ábra mutatja, hogy a közet az ázás következtében elvesztette nagy aktivitását. Más aktív nemszén mintán is tapasztaltunk hasonló jelenséget, s ebből azt a következtetést vontuk le, hogy egyes, a gerjeszthetőséget növelő elegyrészek az oldattal való huzamosabb érintkezés után kioldódnak, a közet elmálik, s a mállott rész, így pl. a mállott trachidolerit sem gerjeszthető.

A 8. ábra egy oroslányi szénmintán két egymásra merőleges irányban végzett gerjesztés eredményét mutatja be.

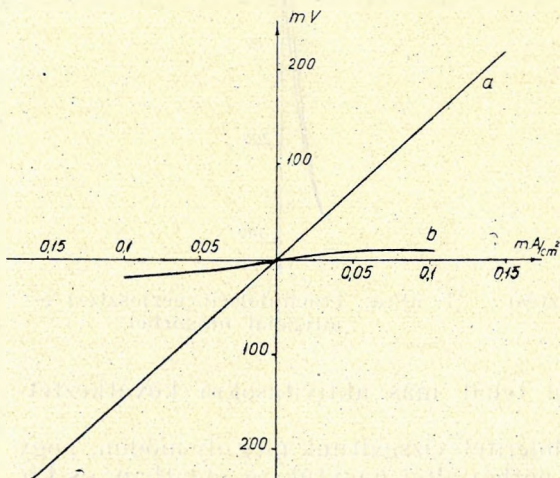
Számos szénmintán megfigyeltük azt a jelenséget, hogy a rétegződésre merőlegesen a gerjesztett potenciál lényegesen nagyobb volt, mint a rétegződéssel párhuzamosan. Ugyanezt a jelenséget figyelhetjük meg az igen



8. ábra. Szénmintán felvett gerjesztési görbék.
a a rétegződésre merőleges; b rétegződéssel párhuzamos gerjesztés

aktív gyöngyösorosi galeniten is (9. ábra). A vizsgált kőzetek többnyire amorfok, néha kristályos szerkezetűek. Üledékes kőzetekben a fúrás

általában merőleges a rétegződésre. Mivel az árambevezető elektródák a fúrás tengelyében helyezkednek el, ezért az áramvonalak nagy többsége is a rétegződésre merőlegesen járja át a kőzetet. Ezért igen nagy figyelmet kell fordítanunk, különösen a laboratóriumi méréseknél a gerjesztő áram irányának helyes megválasztására.



9. ábra. Galenit gerjesztési görbék.
a rétegződésre merőleges; b rétegződéssel párhuzamos gerjesztés

gerjeszthető típusokat spektroszkópiai analízisnek vetettük alá. Az analízist dr. Földvári Aladárné, a Magyar Állami Földtani Intézet tudományos kutatója végezte. Az eredmények alapján levonható következtetéseket az alábbiakban összegezzük.

A mintavizsgálatok eredménye szerint a szenek különbözőképpen gerjeszthetők. Egyes nemszén, főleg eruptív kőzetek mintái pedig a szenek aktivitását is felülmúlta. Az egyes kőzetek gerjeszthetőségének vizsgálatát kb. 120 mintán végeztük el, és a főbb

A kőszenek különböző gerjeszthetőségének két fő oka lehet:

1. *Az első a szénülés mértéke.* Tapasztalatok alapján a szénülés növekedésével nő az egyes szénfajták aktivitása is, s így a szenek közül az antracit és a grafit mutatta a legnagyobb gerjeszthetőséget. Dahnov rámutatott arra, hogy fordított arány van a hamutartalom és a gerjeszthetőség között. Hazai kőszeneink hamutartalma csak kismértékben tér el egymástól. A hamutartalom általában 15–25% között ingadozik, a tatabányai szenek kivételével, amelyeknek hamutartalma 10% alatt van. Ezeknek gerjeszthetősége a várakozásnak megfelelően általában nagyobb, mint a többi északdunántúli szintén eocén szeneké. Az összehasonlítást azonban nem lehet minden vonatkozásban helyesnek tekinteni addig, míg más, szintén jelentős tényezők hatását figyelembe nem vesszük. Így pl. igen jelentős lehet a hamu ásványi összetétele is. Vadász a magyar kőszén hamufajtákat ásványi összetételük alapján az alábbi táblázat szerint két csoportba osztja:

	Kaolin	Kvarc	Limonit	Magnezit	Gipsz	Kalcit	Pirit
Kovasavas hamu	67–98%	8–46%	5–20%	1–7%	0–20%	5–25%	0–26%
Meszes hamu	0–50%	0–15%	0%	0–17%	0–53%	5–28%	0–20%

Terület szerint taglalva, meszes hamuval rendelkeznek az északdunántúli eocén és az ajkai krétakorú szenek, míg kovasavasak a mecseki liász, a dorogi miocén és oligocén szenek. Vizsgálataink alapján a kovasavas hamujú mecseki szenek általában jobban gerjeszthetők, mint a meszes hamujú eocén szenek. Az ajkai szén pedig, amelynek hamujában a szilícium csak nyomolemként fordul elő, egyáltalán nem, vagy csak lényegesen kisebb gerjeszthetőséget mutat.

A szénülés mértékéből adódó különbségek alapján az egyes szenek sorrendjét a következőképpen állapították meg:

Mecseki alsó liász	GK, SK	átlagban kb.	6000 kcal/kg.
Tatabányai eocén	FB	átlagban kb.	5000 kcal/kg.
Dorogi eocén	KB	átlagban kb.	4600 kcal/kg.
Ajkai kréta	FB	átlagban kb.	4500 kcal/kg.

(A szénülési fok osztályozása Szádeczky-Kardoss szerint: ... kemény barnaszén (KB), fényes barnaszén (FB), lángkőszén (LK), gázkőszén (GK) ... stb.)

A szénülési fok és a gerjeszthetőség közt levő összefüggésről már említett megállapítást vizsgálataink eredményei is alátámasztották, tehát a szénülés sorrendje a gerjeszthetőségi sorrendet is meghatározza.

2. *A szenek gerjeszthetőségére döntő befolyást gyakorolhat, ha a járulékos elegyrészek között aktív kiséző ásványok nagy százalékban fordulnak elő.* Ebből a szempontból elsősorban a szulfidos ércék és az oxidos formában

	Közepes										Inaktív		
	Gerjeszthető												
	80 %	60 %	40 %	20 %	100 %	80 %	60 %	40 %	20 %	80 %		60 %	40 %
++ hamu	Si	Al		Ca		Si Ca	Al	Mg		Si Al Ca Mg			
I. + fém				K Na Zn			Fe						Fe
++ nemszén	Pb Ag Cu	Zn			(szulfidos ásványokban)								
++ hamu	Ti Mg	Ca	Al	Si	Ti Mg	Al	Ca Si		Ti Al Ca Mg				
II. + fém	Fe		Mn	K Na		Fe	K Be Na Cr		Fe K Na			Mn Cr	Be V
ny nemfém								Si				Fe	
++ hamu								Si				Fe	
III. + fém		Mn	K Na Cr	Ni Be Cu		Be K Na V	Cr Cu Ni	Fe Ge	Mn Na K	Be Fe Cr Ni		Ge	
ny nemfém	B	P					P B		B		P		

++ erős színképvonal
+ gyenge színképvonal
ny nyomokban

I. Jól gerjeszthető kőszekben
II. Közepesen
III. Gyengén

jelenlevő egyéb fémek jöhetnek számításba. A szervesetlen ásványi elegyrészeknek az egyes mintákban való eloszlásáról szemléletes képet nyújt a spektroszkópiai vizsgálat eredményét bemutató táblázat.

A táblázat a jól, közepesen és gyengén gerjeszthető minták elemzési adatait foglalja össze. Az egyes oszlopokban a jelzett százalékos érték azt jelenti, hogy a vizsgált minták hány százalékánál mutatott a feltüntetett elem erős, gyenge stb. színkép vonalat. A vizsgálat eredménye mennyiségi adatok közlésére nem alkalmas, mivel az egyes elemek spektrumvonalai csak egy elemen belül nyújtanak vonalintenzitáson alapuló mennyiségi összehasonlításra támpontot, két elem egymáshoz viszonyított mennyiségének becslésére azonban nem alkalmasak. Adataink tehát csupán statisztikai jellegűek, és az összehasonlítás oly módon történt, hogy az egyes aktivitási csoportok mindegyikénél csak az azonos vonalintenzitást mutató elemeket vettük figyelembe.

A kísérő elemek közül az aktivitásban jelentős szerepet játszó fémek többnyire szulfidos és oxidos formában lehetnek jelen. Így pl.

1. Szenekben szulfidos formában Fe, Ni.
2. Oxidos formában K, Na, Fe, Cr, Ni.
3. Nemszén mintáknál szulfidos alakban Zn, Pb, Ag, Cu, Fe.

Ezek az elemek részben az ionátrendeződés, részben pedig a vegyértékváltás következtében a gerjesztett potenciál kialakításánál jelentős szerepet játszanak. A kísérő ásványok aktivitásának nagyságát a 9. ábra szemlélteti, ahol a jelenlevő fémek mind szulfidos ásványokban fordulnak elő. A kísérő ásványok közül főleg a szulfidos formában jelenlevők jelentősek a gerjesztett potenciál kialakításánál.

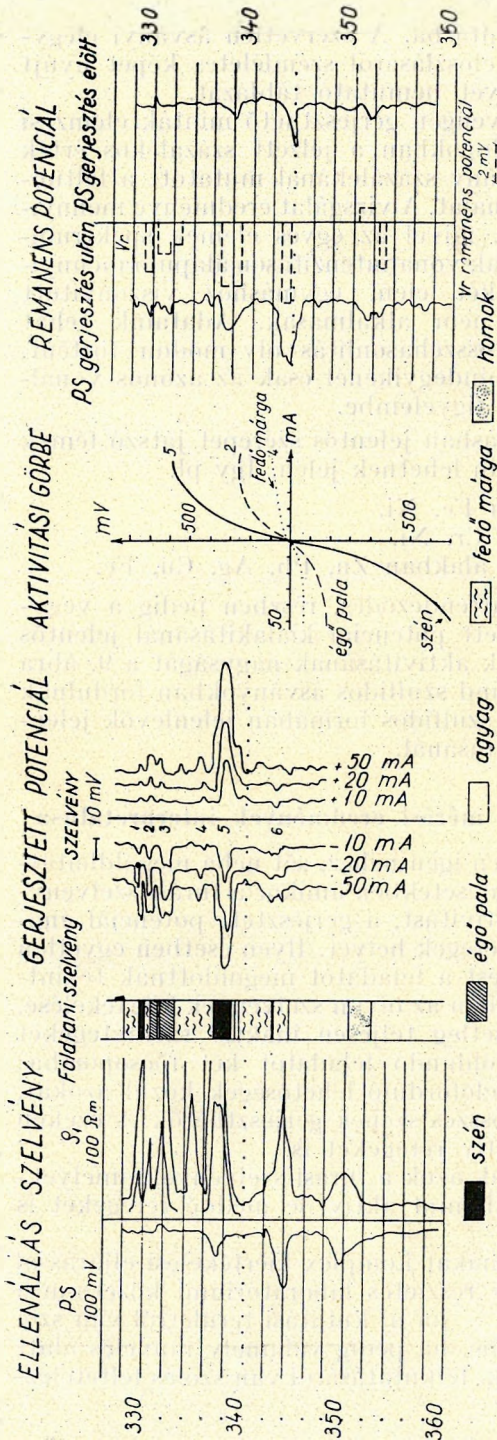
A kiértékelés általános menete és a mérési eredmények interpretálása

A mérések kiértékelése sok esetben igen nehéz, sőt néha megoldhatatlan feladatot jelent számunkra. Olyan esetekben amikor a fúrási szelvényben csak a szénrétegek mutatnak aktivitást, a gerjesztett potenciál anomáliák egyértelműen kijelölik a szénrétegek helyét. Ilyen esetben egyetlen áramerősséggel végezve a szelvényezést a feladatot megoldottnak tekintjük. Távolról sem ilyen egyszerű azonban az olyan szelvények kiértékelése, amelyek több aktív nemszén, és esetleg teljesen inaktív szénrétegeket tartalmaznak. Válasszuk szét a megoldandó feladatot két főcsoportba:

1. Az elsőbe foglaljuk össze az előforduló lehetőségek közül azokat, amelyeknél a fúrási szelvényben az összes szén gerjeszthető és ezeken kívül találunk meddő de szintén aktív rétegeket is.

2. A második csoportba tartoznak azok a fúrási szelvények amelyekben aktív és inaktív szénrétegek, valamint aktív de meddő rétegeket is találunk.

Az első esetnél felmerülő problémákat komplex kiértékelési eljárással oldjuk meg. A feladat megoldásához részletes laboratóriumi közetminta vizsgálatok szükségesek. A mintákat, — ha új kutatási területről van szó, — az első fúrás magjaiból gyűjtjük be, ha pedig valamely művelés alatt álló bánya perspektivikus területének felkutatásáról van szó és feltételez-



10. ábra. Lyukszelvényezési és laboratóriumi mérések összehasonlítása

hető, hogy a kutatási területen hasonló geológiai felépítéssel számolhatunk, a mintabegyűjtést a bányában is elvégezzük. Az előzetes mintavizsgálatok alapján részletes képet kapunk a rétegsor aktivitási viszonyairól, az aktív rétegek sorrendjéről stb. A fúrás szelvényezését két irányban történő növekvő áramerősséggel hajtjuk végre, és a gerjesztett potenciál szelvényezés adataiból aktivitási görbéket szerkesztünk (10. ábra).

A lyukszelvényezés adataiból a gerjesztési hiszterézis-görbéről csak igen keveset tudunk még. Első nehézség az, hogy nem tudjuk kiszámítani a gerjesztő áramsűrűséget mA/cm^2 -ben, mert ez függvénye a szondaméreteknek, lyukátmérőnek, iszapellenállásnak, rétegvastagságnak, a réteg és a beágyazású szolgáló közetek ellenállásának. A gyakorlatban tökéletesen elegendő, ha a lyuk-szondaátmérő viszonyt egyes területeken végig azonosnak választjuk és a mintavizsgálatoknál figyelembe vesszük a használt fúróiszap ellenállását. A gerjesztett potenciál szelvényből szerkesztett mV - mA aktivitási görbéket a mintavizsgálatok eredményeivel összehasonlítva analóg következtetéseket vonhatunk le az egyes indikációkat okozó rétegek tartalmára vonatkozóan. Itt láthatjuk, hogy milyen jelentősége van az előzetes kőzetminta-vizsgálatoknak.

Fúrólyukvizsgálatok eredményéből csak az aktivitási görbéket tudjuk megszerkeszteni, s így módon a hiszterézis-

görbe öt jellemzője közül csupán ez az egyetlen adat nyújt összehasonlítási alapot. Választhatjuk itt pl. azt a megoldást, hogy aktív rétegek helyén és az ezek mélységében álló szondával elvégezzük a részletes hiszterézisgörbe felvételét. Ez a módszer, ha a hiszterézisgörbék eléggé jellemzőek, továbbá kisszámú aktív réteggel és kismélységű szelvénnel van dolgunk, minden további nélkül alkalmazható. Nagymélységű és sok aktív réteggel rendelkező szelvény esetén ez a módszer igen hosszadalmas és sok munkát igényel, kisvastagságú rétegeknél pedig nem ad kielégítő eredményeket.

Sok esetben jelentős lehet a remanens potenciálok nagyságában mutatkozó különbség is, főleg olyan rétegszelvények vizsgálatánál, amelyeknél a remanens potenciálok jellemző értékeket szolgáltatnak. A kőzetmintavizsgálatok ugyanis azt mutatták, hogy azonos aktivitással rendelkező kőzetek éppen a remanens potenciál nagyságában mutattak különbséget. Előnye még, hogy a remanens potenciál fúrólukban történő vizsgálata gyorsan, folyamatos PS-méréssel végezhető el oly módon, hogy a különböző előjelű áramerősséggel történt gerjesztés után mért PS görbékből levonhatjuk a gerjesztés előtt mért PS-t.

A 10. ábrán bemutatott szelvény bizonyítéka annak, hogy a remanens potenciálok vizsgálata milyen jelentős segítséget nyújthat a szelvények értelmezésénél.

Nem feleslegesek az aktív szén és nemszén, továbbá inaktív szénrétegekből álló fúrások szelvényezési adatai sem. Kedvező esetekben ugyanis találunk olyan jellemző réteget vagy rétegsort, amelyet a használt szelvényezési eljárások segítségével minden kétséget kizáróan ki tudunk mutatni. Ily módon az egyes fúrások közt a rétegeket azonosítani tudjuk és ennek alapján megszerkeszthető a geológiai szelvény.

Nem lehet megoldottnak tekinteni a szénkutató fúrások szelvényezését addig, míg minden körülmények között alkalmazható és egyértelműen interpretálható eredményekre nem jutunk. Vannak területeink, ahol a kutató fúrások szelvényezésénél az eddig alkalmazott módszerek tökéletesen elegendők a feladatok megoldására. Vannak fúrások, ahol az alkalmazott módszerek méréstechnikai tökéletesítésétől várhatunk jelentős eredményeket. Az aktív rétegek határainak kitűzésénél az inverz vagy differenciál elektrolit szondák nyújthatnak segítséget. Teljesen új terület áll kutatóink előtt az inaktív szénrétegek szelvényezéssel történő kimutatásánál, amikor is új fizikai vagy kémiai paraméterekkel oldhatjuk meg feladatainkat.

FELHASZNÁLT IRODALOM :

1. DAHNOV: Ipari geofizika cikkgyűjtemény
2. KÁNTÁS: Geoanalitika
3. LÁNYI: Elektrokémia I.
4. VADÁSZ: Kőszénföldtani tanulmányok
5. SZÁDECZKY-KARDOSS: Szénkőzettan

K. LASSOVSKY

DIE BESTIMMUNG DES DEFORMATIONSKOEFFIZIENTEN DER ERDE AUS GRAVIMETERBEOBACHTUNGEN

Die zwei vorherigen Mitteilungen (Geofizikai Közlemények, I. 13. und III. 27. 1953) über die in Ungarn längere Zeit hindurch auf einem und denselben Orte ausgeführten Gravimeterbeobachtungen besprechen nur solche Beobachtungen, während welcher die Gravimeter einen annähernd linearen Instrumentengang zeigten. Vorliegende Mitteilung bespricht ein Verfahren, das geeignet scheint zur Bestimmung des Deformationskoeffizienten d unabhängig von Instrumentengänge.

Der erste Schritt des Verfahrens ist die Eliminierung der in dem Instrumentengang vorkommenden Sprünge aus eine provisorischen Gangkurve, die so erhalten wird, dass wir aus den Beobachtungswerten die zu denselben Zeitpunkten gehörenden Werte der theoretischen lunisolaren Wirkung subtrahieren. Aus dieser Kurve sind die Sprünge und ihre Grösse viel sicherer bestimmbar.

Der zweite Schritt ist die Bestimmung des Instrumentenganges. Es geschah nicht auf die von B. Baars gegebene Weise (Geoph. Prosp. I. 90.) durch Bildung der 24 stündigen Mittel, welche die unregelmässigen und eventuell grossen Schwankungen des Ganges gänzlich verwischen, sondern durch die Bestimmung der Gangwerte in jenen Zeitpunkten, in welchen die lunisolare Wirkung Null ist. Die diese Punkte verbindende glatte Kurve betrachten wir als Gangkurve.

Aus den mit dem Gang verbesserten Werten erhalten wir eine zur lunisolaren Kurve gleichförmige Kurve, die aber eine grössere Amplitude hat. Das Amplitudenverhältniss der beiden Kurven ist der gesuchte Koeffizient d . Die Bestimmung dieses Verhältnisses geschah nicht aus dem Vergleich der Maxima und Minima, sondern mittels Division aller beobachteten Werte durch die entsprechenden theoretischen Werte. Bei der Berechnung des Mittelwertes wurden die Zahlenwerte der theoretischen Daten als Gewichte der einzelnen Werte angenommen.

Die Brauchbarkeit dieser Methode wird auf einem dreitägigen Intervall der Budapester Beobachtungsserie dargestellt. Die Bearbeitung aller mit zwei Gravimetern in demselben Raume durch 37 Tage gleichzeitig ausgeführten Beobachtungen ist im Gange.

A FÖLD DEFORMÁCIÓS EGYÜTTHATÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSA GRAVIMÉTERÉSZLELÉSEKBŐL

LASSOVSKY KÁROLY

A Földnek a Nap és a Hold vonzóhatásával járó deformációjának a tanulmányozására a legnagyobb szabású graviméter-sorozatészleléseket a holland Schell Oil Co. kezdeményezésére 1949-ben végezték. A világ legkülönbözőbb helyein elhelyezett 26 állomáson történtek egyidejűleg 14 napon keresztül 15 percenként graviméterészlelések. Az 1953-

A kézirat 1955. november 11-én érkezett be.

ban közzétett beszámoló szerint¹ a megfigyelések feldolgozásánál a Föld deformációs együtthatójának legvalószínűbb értékéül 1,22 adódott. Három állomáson nyert igen kiütő érték (1,39, 1,60, 2,18) mellőzése után a megmaradt állomásértékek 1,10 és 1,35 között ingadoznak.

Hazánkban 1950-ben Keszthelyen és Pécsen, 1951-ben Budapesten történtek sorozatos graviméterészlelések a luniszoláris változás tanulmányozására. Ezek a megfigyelések egyrészt műszervizsgálatok voltak, másrészt azt a célt szolgálták, hogy megfelelő eljárást dolgozzanak ki az I. rendű bázisméréseknel nagyobb pontosságot megkövetelő gravimétermérésekhez a luniszoláris hatásból eredő korrekció kiszámítására. Az észlelések későbbi feldolgozása² kiter a Föld deformációs együtthatójára is, sőt e tanulmányok egyik főcélja az együttható értékének a megállapítása volt. A számítás ott alkalmazott módjából következett, hogy a feldolgozásnál nem az egész megfigyelési anyag nyert felhasználást, hanem abból csak azok az észlelések, amelyeknek idején a graviméter közelítőleg lineáris műszerjárást mutatott. Így a bevezetésben említett nemzetközi 14 napos észleléseknek összegezve kerekén 1 esztendő időtartamával szemben Keszthelyen és Pécsen másfél napon keresztül folytatott észlelés került feldolgozásra. Budapesten ugyan az észlelések 37 napon keresztül folytak, mégpedig egyidejűleg két műszerrel, de az egyik műszernél az észlelési sorozat 4 kiragadott és feldolgozott szakaszának az időtartama mindössze 5,4 nap, a másik műszernél pedig csupán 3,7 nap. S amíg a nemzetközi megfigyeléseknél a leolvasások 15 percnként történtek, nálunk csak félóránként s így az utóbbi esetben bizonyos időszakasz feldolgozásánál csak felannyi megfigyelési adat áll rendelkezésre.

A deformációs együttható értékére a keszthelyi észlelésekből 1,14, a pécsiékből 1,34, a budapestiekből pedig a két műszernél 1,12, illetve 1,16 érték, középben 1,15 adódott.

Többször felvetődött az a gondolat, hogy a két budapesti észlelési sorozat feldolgozásánál valamennyi megfigyelés felhasználást nyerjen, tekintet nélkül arra, hogy a műszerjárás linearitást mutat-e. A megfigyelések feldolgozásának legfőbb nehézségét ugyanis a műszerjárás szabálytalansága és bizonytalansága okozza. *Baars* idézett beszámolója eljárást ismertet a műszerjárás tekintetbevételére, valamint a deformációs együttható kiszámításának a módjára. Az én eljárásom ettől lényegesen eltér. Ismertetését az alábbiakban adom, egyben összehasonlítom azt *Baars* eljárásával.

Ismeretes, hogy a graviméterleolvasások értékeiben bizonyos szórásoson vagy egy-egy erősen kiütő értéken kívül, amelyeket megfigyelési hibáknak tekinthetünk, az egymást követő leolvasások között olykor olyan 0,03 mgal-nál is nagyobb különbségeket tapasztalunk, amelyeket nem követ a leolvasások előbbi menete, hanem ennek folytonosságában szakadás áll be. Ezek az ugrásszerű változások nem a nehézségi gyorsulás hirtelen változását jelentik, hanem a graviméter szabálytalan viselkedésétől erednek és műszerjárásnak tekintendők. *Baars* mindenekelőtt ezeket

¹ B. Baars, Gravity Effect of Earth Tides. Geophysical Prospecting I 82. Leiden, 1953.

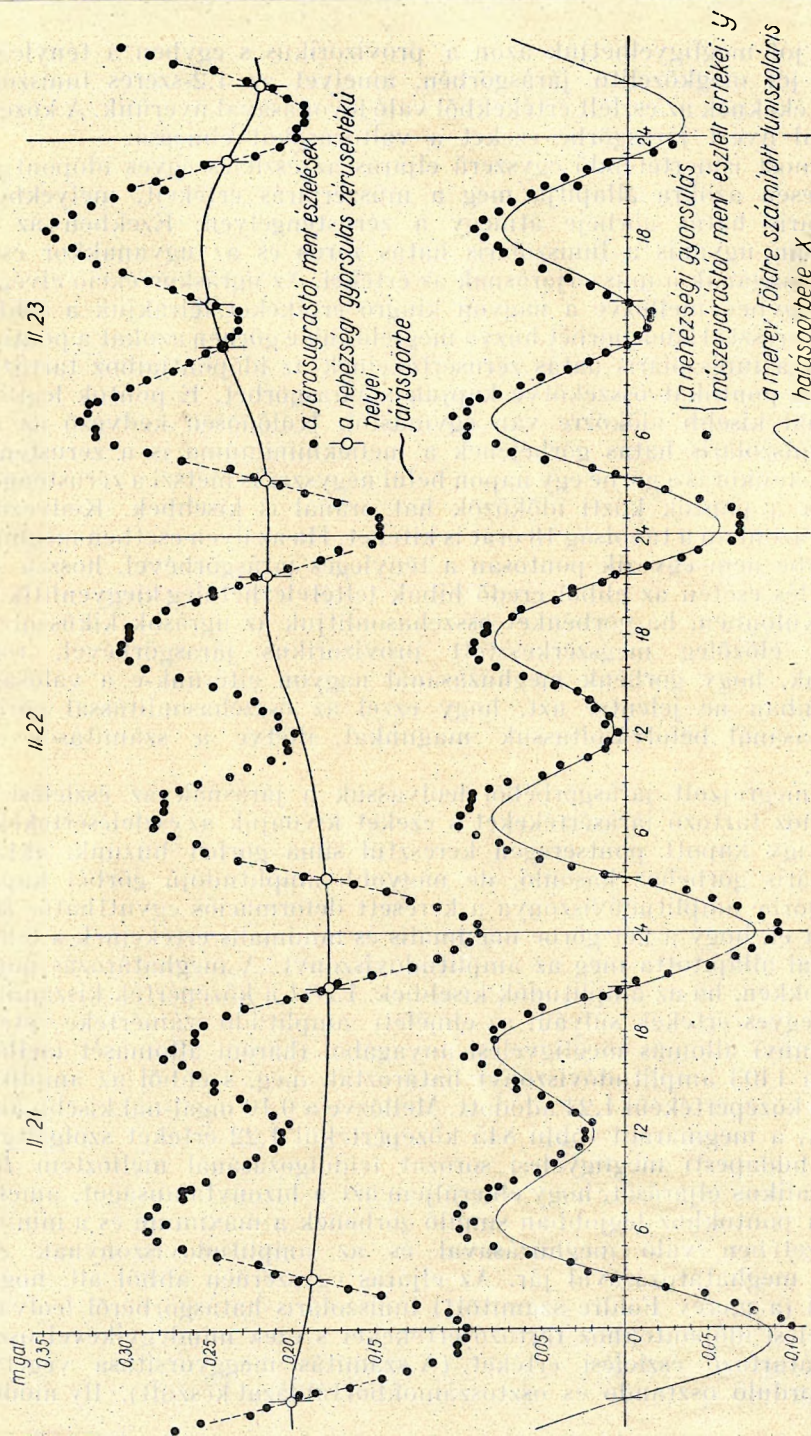
² Geofizikai Közlemények I. 13, 1952 és III. 27. 1953.

az ugrásokat küszöböli ki az észlelésekből (0,03 mgal-nál nagyobb eltéréseket tekintve ugrásnak), mégpedig oly módon, hogy az észlelést, mint az idő függvényét ábrázolva, a felrakott pontokon keresztül az ugrás bal és jobb oldalán simuló görbét húz s így határozza meg az ugráskorrekciót. Valójában a korrekciónak ily módon történő megállapítása a görbe különböző fázisaiban nem egyöntetű. Az ugrásnak ily módon adódó nagysága csak akkor tekinthető azonosnak az ugrás valódi nagyságával, ha olyan időre esik, mikor a nehézségi gyorsulás alig változik, vagyis a luniszoláris görbe maximumainak és minimumainak a környezetében. A legtöbb helyen, nevezetesen a görbe felszálló és leszálló ágaiban, különösen ahol a nehézségi gyorsulás változása igen gyors, hajos az ugrás nagyságát megbecsülni, sőt olykor egy ilyen valójában létező ugrást egyáltalában fel is ismerni, mivel ilyen helyeken az észlelt pontok általában oly folytonos menetet mutatnak, mintha ott nemcsak ugrás, de még szórás sem volna.

Az ebből eredő bizonytalanság elkerülése végett az ugráskorrekciók megállapítására a következő eljárást alkalmaztam. Vonjuk ki az észlelt értékekből az elméleti luniszoláris hatás megfelelő időpontjaihoz tartozó értékeket. Az így nyert pontsereg jó tájékoztató képet ad a járásgörbéről és az észlelések szórásáról, s egyben rögtön szembeötlenek azok a nagyon kiütő értékek, melyeket mint nem reálisokat, a számításnál mellőzünk. Ugyancsak sokkal biztosabban állapíthatjuk most meg az ugrások helyét, valamint reálisabban az ugráskorrekciók nagyságát. A luniszoláris változásról ilyen módon mentesített értékekben még benne van az a kisebb periódikus változás, amely a Föld deformációjától ered, amelynek nagyságát azonban ismeretlennek tekintjük, hiszen épp a meghatározása a célunk. Mégis pontosabban járunk el, ha az észlelt értékekből az elméleti (a merev Földre számított) luniszoláris hatás megfelelő értékei helyett ezeknek pl. 1,2-del való szorzatát vonjuk le, lévén 1,2 a deformációs együttható közelítő értéke. Kétségt kívül az így kapott pontsorozat még jobban megközelíti a tényleges járásgörbét. Hangsúlyozzuk azonban, hogy ezt nem használjuk fel a továbbiakban, mint járásgörbét mert hiszen ezzel számítva szükségszerűen az önkényesen választott 1,2 értéket kapnók a deformáció együtthatójául, pedig éppen ennek a szabatos megállapítása a feladatunk. Felrakott pontseregünket csak arra használjuk fel, hogy az ugráskorrekciókat megállapítsuk, a nagyon kiütő értékeket felismerjük s azokat mellőzve további számításainkból kihagyjuk.

Magának a műszerjárásnak a meghatározásánál *Baars* a következő elgondolással él. A luniszoláris hatás periódusa közel 24 óra. Ha pontosan 24 óra volna, akkor az egy napon belül végzett leolvasások közepe állandó lenne, feltéve, hogy a műszernek közben nincs járása. Ha tehát az egy-napi leolvasások közepe változik, ez a műszerjárás következménye. Mivel a periódus csak kevéssé tér el 24 órától, a 24 órás leolvasások közepein keresztül húzott sima görbe kielégítően adja vissza a műszerjárást. A 24 órás közepek kiszámítása egymástól 6 óránnyira levő időpontokra történt.

Ily módon csakugyan szép sima görbét kaphatunk a műszerjárásról. Az eljárásnak azonban az a hátránya, hogy nem számol a műszerjárásnak azokkal a szabálytalan és esetleg nagy változásaival, amelyeket a műszerjárásnak egy napos szakaszain belül gyakran tapasztalhatunk is. Ezt



1. kép

nagyon jól megfigyelhetjük azon a provizorikus s egyben a ténylegeset nagyon jól megközelítő járásgörbén, amelyet az 1,2-szeres luniszoláris hatásértékeknek az észlelt értékekből való levonásával nyerünk. A közepelő eljárással nyert járásgörbe ezeket a változásokat elmossa.

A most ismertetendő egyszerű eljárás az észlelés egyes időpontjaira, nevezetesen azokra állapítja meg a műszerjárás értékeit, melyekben a luniszoláris hatás görbéje átmegy a zérustengelyen. Ezekben az időpontokban ugyanis a luniszoláris hatás zérus és az ugyanakkor észlelt értékek magának a műszerjárásnak az értékei. Az ugráskorrekció elvégzése után s egyben mellőzve a nagyon kiugró értékeket, felrakjuk a többi s ezeken keresztül sima görbét húzva megjelöljük e görbén azokat a pontokat, amelyek a luniszoláris hatás zérusértékeinek az időpontjaihoz tartoznak. Ezeket a pontokat összekötve kapjuk a járásgörbét. E pontok legtöbbször 10 óránál kisebb időközre van egymástól. Különösen kedvező az eset, ha a luniszoláris hatás görbéjének a mellékminimuma is a zérustengely alá esik, amikor is a görbe egy napon belül négyszer is metszi a zérustengelyt. Ilyenkor a pontok közti időközök hat óránál is kisebbek. Kedvezőtlen esetben azonban a távolság 18 órát is kitehet. Ha az ilyen esetben meghúzott járásgörbe nem egyezik pontosan a tényleges járásgörbével, hosszú sorozatészlelés esetén az ebből eredő hibák feltételezhetőleg kiegyenlítik egymást. Különben, ha görbénket összehasonlítjuk az ugrások kiküszöbölése céljából előzőleg megszerkesztett provizorikus járásgörbével, rögtön láthatjuk, hogy görbénk meghúzásánál nagyon eltérünk-e a valóságtól. Ez azonban ne jelentse azt, hogy ezzel az összehasonlítással görbénk meghúzásánál befolyásoltassuk magunkat, illetve a számítások eredményét.

A megrajzolt járásgörbéből leolvassuk a járásnak az észlelési időpontokhoz tartozó járásértékeket s ezeket kivonjuk az észlelésértékekből. Ha az így kapott pontseregen keresztül sima görbét húzunk, akkor a luniszoláris görbéhez hasonló, de nagyobb amplitudójú görbét kapunk. A két görbe amplitudóviszonya a keresett deformációs együttható. *Baars* úgy járt el, hogy a két görbe maximális és minimális értékeinek a felhasználásával állapította meg az amplitudóviszonyt. A meghatározás pontossága csökken, ha az amplitudók kisebbek. Ezért a középérték kiszámításánál az egyes értékek súlyául az elméleti amplitudó számértéke vétetett. Valamennyi állomás megfigyelési anyagából (három állomásét mellőzve) összesen 1403 amplitudóviszonyt határoztak meg, s ebből az amplitudóviszony középértékül 1,24 adódott. Mellőzve a 0,10 mgal-nál kisebb amplitudókat, a megmaradt többi 845 középértékül 1,22 értéket szolgáltatott.

A budapesti megfigyelési sorozat feldolgozásánál mellőztem *Baars* fenti grafikus eljárását, hogy elkerüljem azt a bizonytalanságot, amely az észlelési pontokhoz legjobban simuló görbének a maximum és a minimum környezetében való meghúzásával és az amplitudóviszonynak ebből történő meghatározásával jár. Az eljárás egyszerűen abból áll, hogy az elméleti (a merev Földre számított) luniszoláris hatásgörbéről leolvassuk az észlelési időpontokhoz tartozó értékeket s ezek mindegyikével osztjuk a hozzátartozó észlelési értéket. (A számítás meggyorsítása végett az itt előforduló osztandó és osztószámokból táblázat készült). Ily módon a

most feldolgozás alatt álló budapesti anyagból több mint 3000 értéket kapunk.

Ha derékszögű koordinátarendszer egyik tengelyére a luniszoláris hatás elméleti, másikkra a megfelelő észlelt értékeket rakjuk fel, az egy-egy ilyen értékpárnak megfelelő pontok bizonyos szórással egy, az origón átmenő egyenes mentén helyezkednek el. Az egyenes iránytangense maga a deformációs együtttható. Legvalószínűbb értékét a legkisebb négyzetek elvével határozhatjuk meg, amikor is az egyes pontok a megfelelő luniszoláris hatás elméleti értékével egyenlő súllyal szerepelnek. A budapesti észleléssorozatból az egyik műszerrel (Heiland-graviméter Nr. 66) végzett megfigyeléseknek egy 3 napos szakaszt ragadtam ki s ezen mutatom be módszerem alkalmazhatóságát. Ezzel a műszerrel végzett többi megfigyelésnek, valamint a 40. sz. Heiland-graviméterrel kapott megfigyelési anyagnak e módszerrel történő feldolgozása folyamatban van.

Az itt tekintetbe vett három nap (1951. február 21, 22 és 23) folyamán a luniszoláris hatás görbéje 8 ízben halad át a zérustengelyen (l. 1. kép alsó ábra) és így 8 pontunk van a járásgörbe meghatározására. Előzőleg 20-án 20 órakor, később 24-én 3 órakor metszi a görbe a zérustengelyt, és mivel az előző, valamint a későbbi napokról is állnak rendelkezésünkre észlelések, 6—6 órás időszakaszt ezekből is felhasználunk a járásgörbe két végének pontosabb meghatározására.

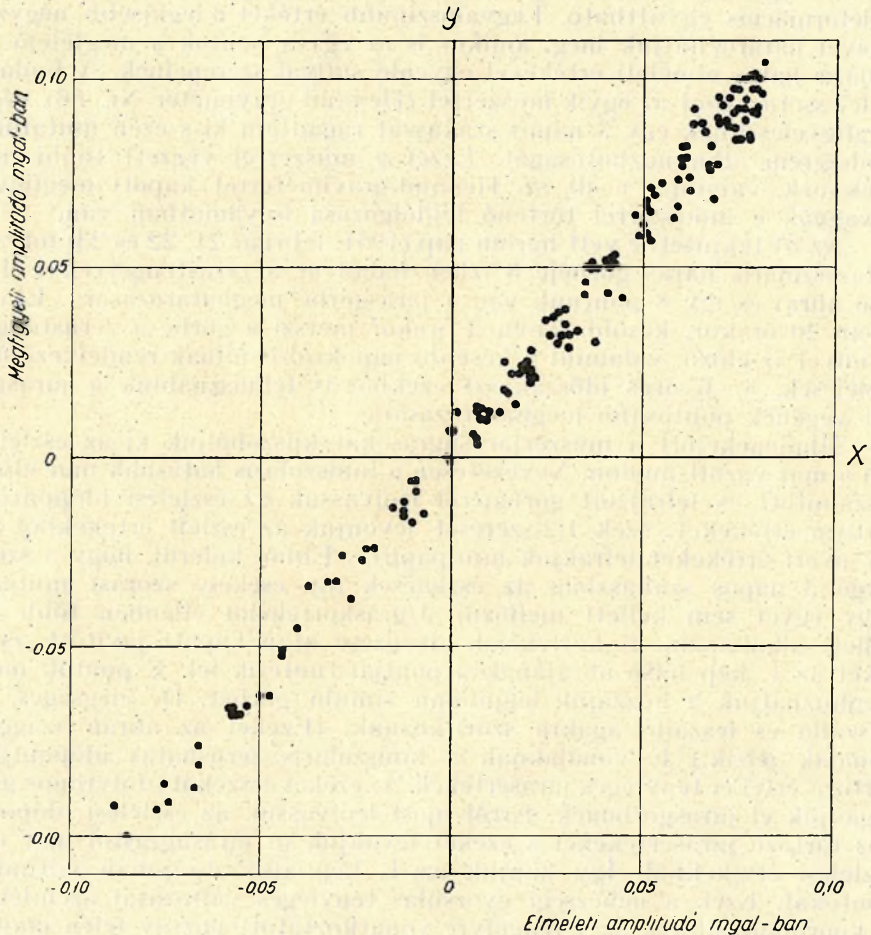
Mindenekelőtt a műszerjárásugrásokat küszöböljük ki az észlelésekből a már vázolt módon. Nevezetesen a luniszoláris hatásnak már előzőleg kiszámított és felrajzolt görbéjéről leolvassuk az észlelési időpontokhoz tartozó értékeket, ezek 1,2-szeresét levonjuk az észlelt értékekből és az így nyert értékeket felrakjuk mm-papírra. Ebből kiderül, hogy a szóbanforgó 3 napos szakaszban az észlelések oly csekély szórást mutatnak, hogy egyet sem kellett mellőzni. Ugráskorrekciót ellenben több ízben kellett alkalmazni. E korrekciók elvégzése után kapott javított észleléseket az 1. kép felső ábrájának a pontjai tüntetik fel. E pontok mentén meghúzzhatjuk a hozzájuk legjobban simuló görbét. De elégséges, ha a felszálló és leszálló ágakra szorítkozunk. (Ezeket az ábrán szaggatott vonalak jelzik.) E vonaloknak a luniszoláris zérushatás időpontjaihoz tartozó értékei tényleges járásértékek. Az ezeket összekötő folytonos görbét fogadjuk el járásgörbének. Erről most leolvassuk az észlelési időpontokhoz tartozó járásértékeket s ezeket levonjuk (a járásugrástól már ment) észlelési értékekből. Így kapjuk az 1. kép alsó ábrájában feltüntetett pontokat. Ezek a nehézségi gyorsulás tényleges változását szemléltetik. A koordinátasíknak az x -tengelyre vonatkoztatott pozitív felén majdnem valamennyi az elméleti görbe felett, a negatív felén az elméleti görbe alatt helyezkedik el.

A megfigyelt értékek és a hozzájuk tartozó elméleti értékek közti relációt szemlélteti a 2. kép. A feltüntetett pontok egy, az origón áthaladó egyenes mentén helyezkednek el, melynek iránytangense (y/x) nem egyéb, mint a keresett deformációs együtttható. Értékét a legkisebb négyzetek elvével határozhatjuk meg, amikor is az egyes pontok x -szel egyenlő súllyal szerepelnek.

A három nap észleléseinek a száma 51, 49 és 49, összesen tehát 149.

S a legkisebb négyzetek elvével a d legvalószínűbb értékeül 1,22 adódott. A számítást külön-külön végezve el a három napra, a nyert értékek rendre:

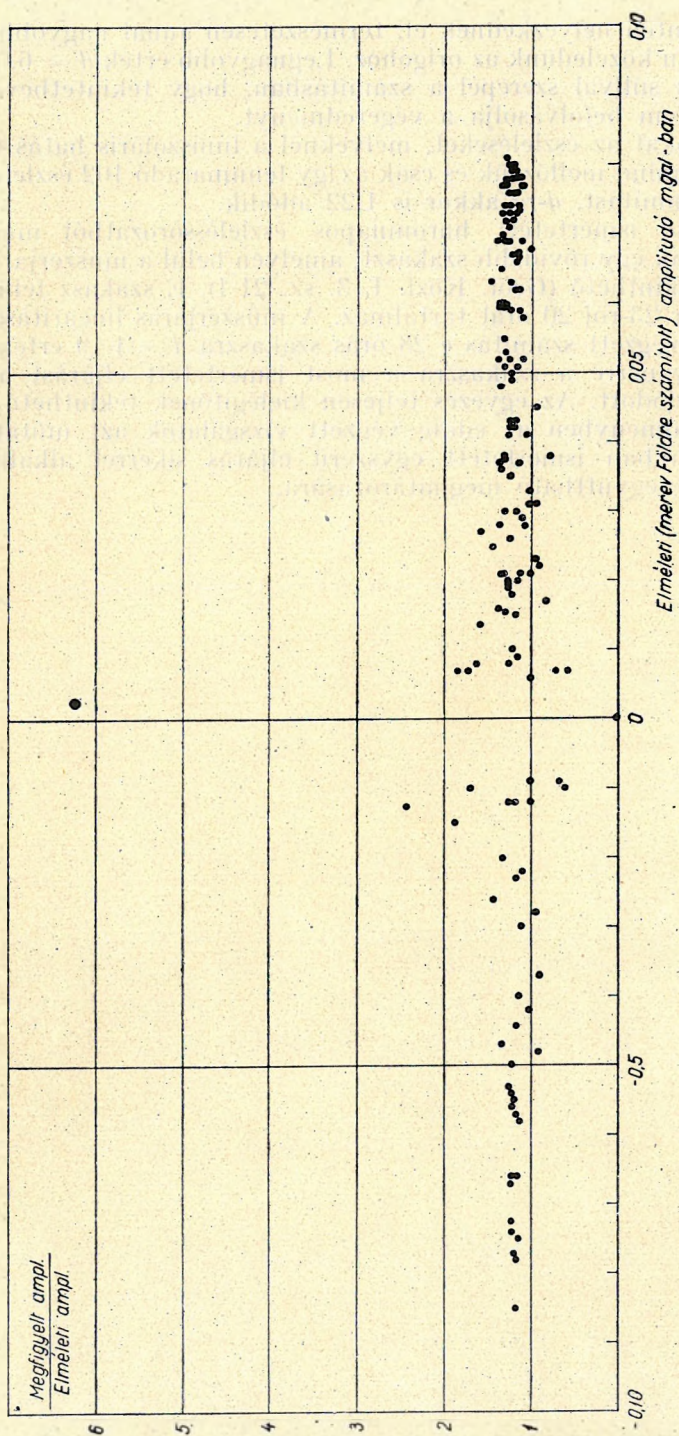
1951. febr. 21. 1,22,
22. 1,22,
23. 1,23.



2. kép

(Az egyezés igen jó a bevezetésben említett nemzetközi mérések eredményével. De a budapesti 37 napos megfigyelés egyes napjain ettől erősebben elütő értékekkel is találkozunk, s feltehetőleg a középérték sem lesz ugyanaz. Véletlen, hogy a számolási eljárás bemutatására éppen olyan három nap került kiválasztásra, amelyeknél ilyen nagy az egyezés.)

3. képünk az egyes észlelt értékekhez tartozó d értékeket külön-külön tünteti fel. A felrakott pontok az x -tengelytől 1,22 távolsághoz levő



3. kép

egyenes mentén helyezkednek el, természetesen annál nagyobb szórással, minél jobban közeledünk az origóhoz. Legnagyobb érték $d = 6,0$. Ez azonban oly kis súllyal szerepel a számításban, hogy tekintetbevétele vagy mellőzése nem befolyásolja a végeredményt.

Ha azokat az észleléseket, melyeknél a luniszoláris hatás $0,03$ mgal-nál kisebb, mind mellőzzük és csak az így fennmaradó 102 észlelésre végezzük el a számítást, d -re akkor is $1,22$ adódik.

A most ismertetett háromnapos észleléssorozatból már előzőleg feldolgoztunk egy rövidebb szakaszt, amelyen belül a műszerjárás lineárisnak volt tekinthető (Geof. Közl. I. 3. sz. 21 l). E szakasz február 22-ről 8 és február 23-ról 20 órát tartalmaz. A műszerjárás linearitásának feltételezésével végzett számítás e 28 órás szakaszra $d = 1,19$ értéket szolgáltatott. Ugyanerre a szakaszra a most ismertetett eljárást alkalmazva d -re $1,18$ adódott. Az egyezés teljesen kielégítőnek tekinthető.

Végeredményben az eddig végzett vizsgálatok azt mutatják, hogy e tanulmányban ismertetett egyszerű eljárás sikerrel alkalmazható a deformációs együttható meghatározására.

SZ. OSZLACZKY

TABLES FOR THE GRAVIMETRIC EFFECTS OF CYLINDRIC MASSES

Table I (a, b, c) contains the effects of 22.5° sectors of vertical hollow cylinders of a height h above or under the level of the station, respectively, from an inner radius R to the infinity, with $\sigma = 1$. This table serves for a three-dimensional interpretation. Table II, similarly to S. Hammer's topographic tables, contains the effects of different sectors between radii of 100 meter and 22.000 meter, with $\sigma = 2$.

**GRAVIMETRIKUS TÖMEGHATÁSI ÉS TÉRKÉPHATÁSI
TÁBLÁZATOK**

OSZLACZKY SZILÁRD

A következőkben két táblázatot ismertetek, amely függőleges tengelyű hengeres tömeg szektorainak a nehézségi gyorsulás függőleges összetevőjében jelentkező hatását tartalmazza. A nehézségi mérések gyakorlatában a szabálytalan alakú, homogén sűrűségű testeknek tömeg-elemekre való bontása különböző módon történhetik. Ha a tömeghatás-számítás az értelmezés célját szolgálja, akkor Eötvös-ingánál gyakran beérjük néhány Eötvös-egység, graviméternél néhány milligal pontossággal. Ha a számításba vett tömegnek egyik vízszintes méretét végtelennek tekinthetjük, akkor az ún. kétdimenziós közelítést alkalmazzuk. Ha azonban nagyobb pontosságra törekszünk, ill. a test alakja nem vehető «kétdimenziós»-nak, akkor a test mindhárom méretét számításba kell vennünk. Az itt közölt táblázatok háromméretű tömegelemekre vonatkoznak. A tömegelemeket a számításba vett testből a következő módon jelöljük ki. A vonatkozási ponton áthaladó függőleges tengely körül olyan téglalapot forgatunk el α szöggel, amelynek egyik oldala a ponton átmenő vízszintesen van. Az így keletkező test tehát egy hengercsőnek két vízszintes sík és két szektorsík közé eső része. Ilyen testet Eötvös (1906) röviden parcellának nevezett. Igen egyszerű a hatás a nehézségi gyorsulásban, ha a cső külső sugara végtelen nagy. Ekkor ugyanis a σ sűrűségű, α szektornyílású, R belső sugarú, h magasságú parcella hatása

$$g = f \sigma \alpha \left[\sqrt{R^2 + h^2} - R \right],$$

ahol $f = 200/3 \times 10^{-9}$ cgs, a gravitációs állandó.

A kézirat 1954. december 1-én érkezett bc.

Alább következő I (a, b, c) táblázatunk ilyen $\sigma = 1$ sűrűségű, a számítási ponttól h mélységig terjedő, R belső és végtelen külső sugarú $22,5^\circ$ szektornyílású parcellák hatását tartalmazza ezredmilligalokban (μgal).

	vízszintesen	függőlegesen
Az Ia táblázat beosztása:	$R = 0,50, 100, \dots, 1000$ m	$h = 5, 10, \dots, 500$ m
Az Ib táblázat beosztása:	$R = 1000, 1100, \dots, 2000$ m	$h = 10, 20, \dots, 500$ m
Az Ic táblázat beosztása:	$R = 0,500, 1000, \dots, 10000$ m	$h = 50, 100, \dots, 5000$ m

A táblázatok 1949–1950. év telén készültek egy különösen kis mélységű ható számítására, majd a gyakorlat követelményeinek megfelelően 1954-ben kiegészítést nyertek. Ilyen táblázat a számunkra elérhető irodalomban nem áll rendelkezésre. Ezért közzétételükkel a tömeghatás számításával foglalkozóknak szeretnék segédeszközt rendelkezésükre bocsátani. Értelmező munkánkban jó hasznát vettük. $\sigma = 1$ sűrűségről más sűrűsége és $22,5^\circ$ -os szektorokról tetszőleges nyílású szektorokra egyszerű szorzással, az összes hatók összegezése után könnyű áttérni. Ha egy h_1 és h_2 szint között levő parcella hatását keressük, akkor ugyanazon R belső sugárnál a megfelelő előjellel képezzük a h_1 és h_2 magasságú parcellák hatásának a különbségét. Az R_1 és R_2 sugarú henger által határolt h magasságú parcella hatását úgy kapjuk meg, hogy a kettő különbségét megfelelő előjellel képezzük. Az Ia és az Ic táblázat első oszlopában található a $\sigma = 1$ sűrűségű, h vastagságú végtelen vízszintes lap hatása, melynek értéke a Bouguer-korrektcióval azonos. Erre azért van szükség, mert az állomás alatt levő tömeg h vastagsága minden szektorban szerepel, ezt tehát egyetlen lépésben tekintetbe vehetjük. Minden szektorban ezután az ehhez a réteghez képest több vagy kevesebb tömeg hatását kell megfelelő előjellel tekintetbe venni.

Ha R -nek és h -nak a -szorosát vesszük, a hatás is a -szoros.

Mind ez, mind a II. táblázat megfelelő előjellel az állomás szintje alatt és felett levő tömegekre egyaránt használható. Természetesen itt nem voltunk tekintettel az általában elhanyagolható műszermagasságra.

A számításokban Bertha István, Hülli Hümér, Návay György és elsősorban dr. Lassovszky Károly vett részt, majd az 1954. évi átdolgozásban Buday Tibor, Lakos Gyuláné, Zilahi Sebess László.

A topografikus hatás tekintetbevételére a legjobban ismert táblázatokat Hammer S. közölte (1939). E táblák h magasságú, R_1, R_2 sugarú parcellákra vonatkoznak. Ezek a gyakorlatban, különösen a néhány tized milligal érzékenységű graviméterek idején igen jól beváltak. Kisebb hibájuk, hogy a hatásokat csak az első 0,005 mgal-ig közlik 0,001 mgal-onként, azután csupán 0,01 mgal-onként. Könnyen javítható hibájuk, hogy zónabeosztásuk nem elég részletes ahhoz, hogy a 100 m távolságon belül levő tömegek hatását kellő pontossággal figyelembe lehessen venni. A hazai irodalomban Egyed László (1948) ismertetett egy egyszerű eljárást, amellyel tetszőleges R_1, R_2 sugarú parcellák hatását grafikusán ki lehet értékelni. A parcellákat itt nem két vízszintes sík, hanem egy vízszintes sík és egy, az állomáson átmenő függőleges tengelyű kúpfelület határolja. A hazai graviméter mérések feldolgozásánál ez az eljárás használatos és a topografikus hatásnak e 100 m-en belüli részét nevezik terrénhatásnak.

A topográfia 100 m-en túl levő részének, az ún. térképi hatásnak kiszámítására a Hammer-táblázatok ezután is használhatók, csupán azt a parcellát kell átalakítani, amelyet a 100 m sugarú kör elmetesz. Ez Hammer táblázataiban a D zóna, mely a 175 és 558 láb sugarak közé esik. Ez az átszámítás módot nyújtott arra, hogy Hammer lábokban megadott sugarait kerek 100 méteresekre átalakítsuk. Az átalakításhoz felhasználtuk az I. táblázat eredeti, pontosabb értékeit, ügyelve, hogy a $\sigma = 2$ sűrűségre és nagyobb szektornyílásra való áttérés után is elérjük az 0,001 mgal pontosságot. A bányabeli graviméter mérések szükségletéhez képest a magassági skálát kibővítettük.

E térképi hatásokat közli II. táblázatunk. A táblázat beosztása és jellemző adatai a táblázat elején található. (A körgyűrűt a $D, E \dots M$ betű jelöli, az index a szektorok számát.) Heiland-gravimétereink terepi munkájától, 1950 tavaszától kezdve ez a táblázatunk van használathban.

E táblázat kiszámításában elsősorban Völgyi László volt segítségemre, a kibővítés és revízió munkáját Buday Tibor végezte.

A számításban közreműködőknek ezúton is kifejezem köszönetemet.

h méter	Bouguer hatás 360°C nyílás mikro- gal	0 m	25 m	50 m	75 m	100 m	125 m	150 m	200 m	250 m	300 m	350 m
		22,5° nyílás, µgal										
5	209	13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	419	26	5	3	2	1	1	1	1	1	0	0
15	628	39	11	6	4	3	2	2	1	1	1	1
20	838	52	18	10	7	5	4	3	3	2	2	1
25	1 047	65	27	15	11	8	6	5	4	3	3	2
30	1 257	79	37	22	15	12	9	8	6	5	4	3
35	1 466	92	47	29	20	16	13	11	8	6	5	5
40	1 676	105	58	37	26	20	16	14	10	8	7	6
45	1 885	118	69	45	33	25	21	17	13	11	9	8
50	2 094	131	81	54	40	31	25	21	16	13	11	9
55	2 304	144	93	64	47	37	30	26	19	16	13	11
60	2 513	157	105	74	55	44	36	30	23	19	16	13
65	2 723	170	117	84	63	50	42	35	27	22	18	16
70	2 932	183	129	94	72	58	48	41	31	25	21	18
75	3 142	196	142	105	81	65	54	46	36	29	24	21
80	3 351	209	154	116	91	73	61	52	40	33	27	24
85	3 560	223	167	127	100	82	68	59	45	37	31	27
90	3 770	236	179	139	110	90	76	65	51	41	35	30
95	3 979	249	192	150	121	99	84	72	56	46	38	33
100	4 189	262	204	162	131	108	92	79	62	50	42	37
105	4 398	275	217	174	141	118	100	87	68	55	47	40
110	4 608	288	230	185	152	127	109	94	74	61	51	44
115	4 817	301	243	197	163	137	117	102	80	66	56	48
120	5 027	314	255	209	174	147	126	110	87	71	61	52
125	5 236	327	268	222	185	157	136	118	94	77	65	57
130	5 445	340	281	234	197	168	145	127	101	83	71	61
135	5 655	353	294	246	208	178	154	136	108	89	76	66
140	5 864	367	307	258	220	189	164	144	116	96	81	71
145	6 074	380	320	271	231	199	174	153	123	102	87	76
150	6 283	393	333	283	243	210	184	163	131	109	93	81
155	6 493	406	346	295	254	221	194	172	139	116	99	86
160	6 702	419	359	308	266	232	204	181	147	123	105	91
165	6 912	432	371	320	278	243	215	191	155	130	111	97
170	7 121	445	384	333	290	255	225	201	164	137	117	102
175	7 330	458	397	346	302	266	236	211	172	144	124	108
180	7 540	471	410	358	314	277	246	221	181	152	131	114
185	7 749	484	423	371	326	289	257	231	190	160	137	120
190	7 959	497	436	383	338	300	268	241	199	168	144	126
195	8 168	511	449	396	351	312	279	251	208	176	151	133
200	8 378	524	462	409	363	324	290	262	217	184	159	139
205	8 587	537	475	422	375	335	301	272	226	192	166	146
210	8 796	550	488	434	387	347	313	283	236	200	173	152
215	9 006	563	501	447	400	359	324	294	245	209	181	159
220	9 215	576	514	460	412	371	335	304	255	217	189	166
225	9 425	589	527	473	425	383	347	315	265	226	196	173
230	9 634	602	540	485	437	395	358	326	274	235	204	180
235	9 844	615	553	498	449	407	370	337	284	244	212	187
240	10 053	628	566	511	462	419	381	348	294	253	220	195
245	10 263	641	579	524	474	431	393	359	304	262	229	202
250	10 472	654	592	537	487	443	405	371	315	271	237	210

Ia táblázat

400 m	450 m	500 m	550 m	600 m	650 m	700 m	750 m	800 m	850 m	900 m	950 m	1000 m	h
22,5° nyílás µgal													méter
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25
3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	30
4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	35
5	5	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	40
7	6	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	45
8	7	7	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	50
10	9	8	7	7	6	6	5	5	5	4	4	4	55
12	10	9	9	8	7	7	6	6	6	5	5	5	60
14	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	65
16	14	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	6	70
18	16	15	13	12	11	10	10	9	9	8	8	7	75
21	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	8	80
23	21	19	17	16	14	13	13	12	11	10	10	9	85
26	23	21	19	18	16	15	14	13	12	12	11	11	90
29	26	23	21	20	18	17	16	15	14	13	12	12	95
32	29	26	24	22	20	19	17	16	15	15	14	13	100
35	32	29	26	24	22	20	19	18	17	16	15	14	105
39	35	31	29	26	24	22	21	20	19	18	17	16	110
42	38	34	31	29	26	25	23	22	20	19	18	17	115
46	41	37	34	31	29	27	25	23	22	21	20	19	120
50	45	40	37	34	31	29	27	25	24	23	21	20	125
54	48	44	40	36	34	31	29	27	26	24	23	22	130
58	52	47	43	39	36	34	32	30	28	26	25	24	135
62	56	50	46	42	39	36	34	32	30	28	27	26	140
67	60	54	49	45	42	39	36	34	32	30	29	27	145
71	64	58	53	48	45	42	39	36	34	32	31	29	150
76	68	61	56	52	48	44	41	39	37	35	33	31	155
81	72	65	60	55	51	47	44	41	39	37	35	33	160
86	77	69	63	58	54	50	47	44	42	39	37	35	165
91	81	74	67	62	57	53	50	47	44	42	40	38	170
96	86	78	71	65	61	56	53	50	47	44	42	40	175
101	91	82	75	69	64	60	56	52	49	47	44	42	180
107	96	87	79	73	68	63	59	55	52	49	47	44	185
112	101	91	83	77	71	66	62	58	55	52	49	47	190
118	106	96	88	81	75	70	65	61	58	55	52	49	195
124	111	101	92	85	79	73	69	64	61	57	55	52	200
130	116	106	97	89	83	77	72	68	64	60	57	54	205
136	122	111	101	93	87	81	76	71	67	63	60	57	210
142	128	116	106	97	91	84	79	74	70	66	63	60	215
148	133	121	111	102	95	88	83	78	73	69	66	63	220
154	139	126	116	107	99	92	86	81	77	73	69	65	225
161	145	132	121	111	103	96	90	85	80	76	72	68	230
167	151	137	126	116	108	101	94	88	83	79	75	71	235
174	157	143	131	121	112	105	98	92	87	82	78	74	240
181	163	149	136	126	117	109	102	96	91	86	81	77	245
188	170	155	142	131	122	113	106	100	94	89	85	81	250

h méter	Bouguer hatás súgó nyílás mikro- gal	0 m	25 m	50 m	75 m	100 m	125 m	150 m	200 m	250 m	300 m	350 m
		22,5° nyílás, µgal										
255	10 681	668	605	549	500	455	416	382	325	280	245	217
260	10 891	681	618	562	512	467	428	393	335	290	254	225
265	11 100	694	631	575	525	480	440	405	346	299	263	233
270	11 310	707	644	588	537	492	452	416	356	309	271	241
275	11 519	720	657	601	550	504	464	427	367	318	280	249
280	11 729	733	670	614	563	517	476	439	377	328	289	257
285	11 938	746	684	627	575	529	487	450	388	338	298	265
290	12 147	759	697	640	588	541	499	462	399	348	307	274
295	12 357	772	710	652	601	554	512	474	409	358	316	282
300	12 566	785	723	665	613	566	524	485	420	368	325	291
305	12 776	798	736	678	626	578	536	497	431	378	335	299
310	12 985	812	749	691	639	591	548	509	442	388	344	308
315	13 195	825	762	704	651	603	560	521	453	398	353	316
320	13 404	838	775	717	664	616	572	533	464	409	363	325
325	13 614	851	788	730	677	628	584	544	475	419	373	334
330	13 823	864	801	743	690	641	597	556	487	429	382	343
335	14 032	877	814	756	702	653	609	568	498	440	392	352
340	14 242	890	827	769	715	666	621	580	509	450	402	361
345	14 451	903	840	782	728	679	633	592	520	461	412	370
350	14 661	916	853	795	741	691	646	604	532	472	421	380
355	14 870	929	866	808	754	704	658	616	543	482	431	389
360	15 080	942	879	821	766	716	670	628	555	493	441	398
365	15 289	956	892	834	779	729	683	640	566	504	452	408
370	15 498	969	905	847	792	742	695	653	578	515	462	417
375	15 708	982	918	860	805	754	708	665	589	525	472	427
380	15 917	995	932	873	818	767	720	677	601	536	482	436
385	16 127	1008	945	885	831	780	732	689	612	547	492	446
390	16 336	1021	958	898	843	792	745	701	624	558	503	456
395	16 546	1034	971	911	856	805	757	713	636	569	513	465
400	16 755	1047	984	924	869	818	770	726	647	580	524	475
405	16 965	1060	997	937	882	830	782	738	659	592	534	485
410	17 174	1073	1010	950	895	843	795	750	671	603	545	495
415	17 383	1086	1023	963	908	856	807	763	682	614	555	505
420	17 593	1100	1036	976	921	868	820	775	694	625	566	515
425	17 802	1113	1049	989	933	881	833	787	706	636	577	525
430	18 012	1126	1062	1002	946	894	845	800	718	648	587	535
435	18 221	1139	1075	1015	959	907	858	812	730	659	598	545
440	18 431	1152	1088	1028	972	919	870	824	742	670	609	556
445	18 640	1165	1101	1041	985	932	883	837	754	682	620	566
450	18 850	1178	1114	1054	998	945	895	849	766	693	630	576
455	19 059	1191	1128	1067	1011	958	908	862	778	705	641	587
460	19 268	1204	1141	1080	1024	971	921	874	790	716	652	597
465	19 478	1217	1154	1093	1037	983	933	886	802	728	663	607
470	19 687	1230	1167	1106	1050	996	946	899	814	739	674	618
475	19 897	1244	1180	1120	1063	1009	959	911	826	751	685	628
480	20 106	1257	1193	1133	1076	1022	971	924	838	762	696	639
485	20 316	1270	1206	1146	1088	1035	984	936	850	774	708	650
490	20 525	1283	1219	1159	1101	1047	997	949	862	786	719	660
495	20 735	1296	1232	1172	1114	1060	1009	961	874	797	730	671
500	20 944	1309	1245	1185	1127	1073	1022	974	886	809	741	682

Ia táblázat folytatása

400 m	450 m	500 m	550 m	600 m	650 m	700 m	750 m	800 m	850 m	900 m	950 m	1000 m	h
22,5° nyílás, μ gal													méter
195	176	160	147	136	126	118	110	104	98	93	88	84	255
202	183	166	153	141	131	122	115	108	102	96	91	87	260
209	189	172	158	146	136	127	119	112	106	100	95	90	265
216	196	179	164	152	141	132	123	116	110	104	98	94	270
224	203	185	170	157	146	136	128	120	114	108	102	97	275
231	209	191	176	163	151	141	132	125	118	111	106	101	280
239	216	198	182	168	156	146	137	129	122	115	110	104	285
246	223	204	188	174	162	151	142	133	126	119	113	108	290
254	231	211	194	180	167	156	146	138	130	123	117	112	295
262	238	218	200	185	172	161	151	142	135	127	121	115	300
270	245	224	207	191	178	166	156	147	139	132	125	119	305
278	252	231	213	197	184	172	161	152	143	136	129	123	310
286	260	238	219	203	189	177	166	157	148	140	133	127	315
294	268	245	226	209	195	182	171	161	152	145	137	131	320
302	275	252	233	216	201	188	176	166	157	149	142	135	325
310	283	259	239	222	207	193	182	171	162	153	146	139	330
319	291	267	246	228	213	199	187	176	167	158	150	143	335
327	298	274	253	235	219	205	192	181	171	163	154	147	340
336	306	281	260	241	225	210	198	186	176	167	159	151	345
344	314	289	267	248	231	216	203	192	181	172	163	156	350
353	322	296	274	254	237	222	209	197	186	177	168	160	355
362	331	304	281	261	244	228	214	202	191	182	173	164	360
370	339	312	288	268	250	234	220	208	196	186	177	169	365
379	347	319	295	275	256	240	226	213	202	191	182	173	370
388	355	327	303	282	263	246	232	219	207	196	187	178	375
397	364	335	310	289	269	253	238	224	212	201	192	183	380
406	372	343	318	296	276	259	244	230	218	207	196	187	385
415	381	351	325	303	283	265	250	236	223	212	201	192	390
425	389	359	333	310	290	272	256	241	229	217	206	197	395
434	398	367	341	317	296	278	262	247	234	222	211	202	400
443	407	376	348	324	303	285	268	253	240	228	217	207	405
452	416	384	356	332	310	291	274	259	245	233	222	212	410
462	425	392	364	339	317	298	281	265	251	238	227	216	415
471	433	401	372	347	324	305	287	271	257	244	232	222	420
481	442	409	380	354	331	311	293	277	263	249	238	227	425
490	451	417	388	362	339	318	300	283	269	255	243	232	430
500	460	426	396	369	346	325	306	290	274	261	248	237	435
510	470	435	404	377	353	332	313	296	280	267	254	242	440
519	479	443	412	385	361	339	320	302	287	272	259	248	445
529	488	452	423	393	368	346	326	309	293	278	265	253	450
539	497	461	429	401	375	353	333	315	299	284	271	258	455
549	507	470	437	409	383	360	340	322	305	290	276	264	460
559	516	479	446	416	391	367	347	328	311	296	282	269	465
569	525	488	454	425	398	375	354	335	318	302	288	275	470
579	535	497	463	433	406	382	361	341	324	308	294	280	475
589	544	506	471	441	414	389	368	348	330	314	299	286	480
599	554	515	480	449	422	397	375	355	337	320	305	292	485
609	564	524	489	457	429	404	382	362	343	327	311	297	490
619	573	533	497	466	437	412	389	369	350	333	317	303	495
629	583	542	506	474	445	419	396	375	356	339	323	309	500

h méter	Bouguer- hatás 360° nyílás mikrogal	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
		m	m	m	m	m	m	m	m	m
22,5° nyílás, μ gal										
50	2 094	131	7	3	2	2	1	1	1	1
100	4 189	262	26	13	9	6	5	4	4	3
150	6 283	393	58	29	20	15	12	10	8	7
200	8 378	524	101	52	35	26	21	17	15	13
250	10 472	654	155	80	54	41	33	27	23	20
300	12 566	785	218	115	78	58	47	39	34	29
350	14 661	916	289	156	105	80	64	53	46	40
400	16 755	1 047	367	202	137	104	83	70	60	52
450	18 850	1 178	452	253	173	131	105	88	75	66
500	20 944	1 309	542	309	212	161	130	108	93	81
550	23 038	1 440	637	370	256	194	156	131	112	98
600	25 133	1 571	736	435	302	230	186	156	134	117
650	27 227	1 702	838	504	353	270	218	182	157	137
700	29 322	1 833	943	578	406	311	252	211	181	159
750	31 416	1 963	1 051	654	464	356	288	242	208	182
800	33 510	2 094	1 161	735	524	403	327	274	236	207
850	35 605	2 225	1 273	818	587	453	368	309	266	234
900	37 699	2 356	1 386	904	653	506	411	346	298	262
950	39 794	2 487	1 502	993	721	561	457	384	332	291
1000	41 888	2 618	1 618	1 084	793	618	504	425	367	322
1050	43 982	2 749	1 736	1 178	866	678	554	467	403	355
1100	46 077	2 880	1 854	1 274	943	740	606	511	442	389
1150	48 171	3 011	1 974	1 372	1021	804	659	557	482	424
1200	50 265	3 142	2 094	1 471	1102	870	715	605	524	461
1250	52 360	3 272	2 216	1 573	1185	938	772	654	567	499
1300	54 454	3 403	2 337	1 676	1270	1009	832	706	612	539
1350	56 549	3 534	2 460	1 780	1356	1081	893	758	658	580
1400	58 643	3 665	2 583	1 886	1445	1155	956	813	706	623
1450	60 737	3 796	2 706	1 993	1535	1231	1021	869	755	667
1500	62 832	3 927	2 830	2 102	1627	1309	1088	927	806	712
1550	64 926	4 058	2 955	2 211	1720	1388	1156	986	858	759
1600	67 021	4 189	3 080	2 322	1815	1469	1226	1047	912	807
1650	69 115	4 320	3 205	2 433	1911	1552	1297	1110	967	856
1700	71 209	4 451	3 330	2 546	2008	1636	1370	1173	1024	907
1750	73 304	4 581	3 456	2 659	2107	1721	1444	1238	1082	958
1800	75 398	4 712	3 582	2 773	2207	1808	1520	1305	1141	1011
1850	77 493	4 843	3 708	2 888	2308	1896	1597	1373	1201	1066
1900	79 587	4 974	3 835	3 003	2410	1986	1676	1443	1263	1121
1950	81 681	5 105	3 961	3 119	2514	2077	1756	1513	1326	1178
2000	83 776	5 236	4 088	3 236	2618	2169	1837	1585	1390	1236
2050	85 870	5 367	4 215	3 353	2723	2262	1919	1658	1456	1295
2100	87 965	5 498	4 342	3 471	2829	2356	2003	1733	1523	1355
2150	90 059	5 629	4 470	3 590	2936	2452	2087	1809	1591	1417
2200	92 153	5 760	4 597	3 709	3044	2548	2173	1886	1660	1479
2250	94 248	5 890	4 725	3 828	3152	2645	2260	1963	1730	1543
2300	96 342	6 021	4 853	3 948	3262	2744	2348	2042	1801	1608
2350	98 437	6 152	4 981	4 068	3372	2843	2438	2123	1874	1674
2400	100 531	6 283	5 109	4 189	3482	2943	2528	2204	1947	1740
2450	102 625	6 414	5 237	4 310	3594	3044	2619	2286	2022	1808
2500	104 720	6 545	5 366	4 431	3706	3146	2711	2370	2097	1877

Ic táblázat

4500 m	5000 m	5500 m	6000 m	6500 m	7000 m	7500 m	8000 m	8500 m	9000 m	9500 m	10 000 m	h méter
22,5° nyílás, μ gal												
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	100
7	6	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	150
12	10	10	9	8	7	7	6	6	6	6	5	200
18	16	15	14	12	12	11	10	10	9	9	8	250
26	24	21	20	18	17	16	15	14	13	12	12	300
36	32	29	27	25	23	21	20	19	18	17	16	350
46	42	38	35	32	30	28	26	25	23	22	21	400
59	53	48	44	41	38	35	33	31	29	28	26	450
72	65	59	54	50	47	44	41	38	36	34	33	500
88	79	72	66	61	56	53	49	46	44	42	40	550
104	94	85	78	72	67	63	59	55	52	50	47	600
122	110	100	92	85	79	74	69	65	61	58	55	650
142	128	116	107	98	91	85	80	75	71	67	64	700
162	146	133	122	113	105	98	92	86	82	77	74	750
185	167	152	139	128	119	111	104	98	93	88	84	800
208	188	171	157	145	135	126	118	111	105	99	94	850
233	210	192	176	162	151	141	132	124	118	111	106	900
260	234	213	196	181	168	157	147	138	131	124	118	950
287	259	236	217	200	186	174	163	153	145	137	130	1000
316	286	260	239	220	205	191	180	169	160	151	144	1050
347	313	285	262	242	225	210	197	186	175	166	158	1100
379	342	311	286	264	246	229	215	203	192	182	172	1150
412	372	339	311	288	267	250	234	221	208	198	188	1200
446	403	367	337	312	290	271	254	239	226	214	204	1250
482	435	397	364	337	313	293	275	259	244	232	220	1300
519	469	427	393	363	338	316	296	279	264	250	237	1350
557	503	459	422	390	363	339	312	300	283	269	255	1400
596	539	492	452	418	389	364	341	321	304	288	274	1450
637	576	526	483	447	416	389	365	344	325	308	293	1500
679	615	561	516	477	444	415	389	367	347	329	313	1550
723	654	597	549	508	473	442	415	391	369	350	333	1600
767	694	634	583	540	502	470	441	415	393	372	354	1650
813	736	672	618	572	533	498	468	441	417	395	376	1700
859	779	711	654	606	564	527	495	467	441	418	398	1750
908	822	751	692	640	596	558	524	493	467	442	421	1800
957	867	793	730	676	629	588	553	521	493	467	444	1850
1007	913	835	769	712	663	620	583	549	519	493	468	1900
1059	960	878	809	749	698	653	613	578	547	519	493	1950
1111	1008	922	850	787	733	686	645	608	575	545	518	2000
1165	1057	968	892	826	770	720	677	638	603	572	544	2050
1220	1108	1014	934	866	807	755	710	669	633	600	571	2100
1276	1159	1061	978	907	845	791	743	701	663	629	598	2150
1333	1211	1109	1023	948	884	827	778	733	694	658	626	2200
1391	1264	1158	1068	991	923	864	813	766	725	688	654	2250
1450	1319	1208	1114	1033	964	902	848	800	757	719	684	2300
1510	1374	1259	1162	1078	1005	941	885	835	790	750	713	2350
1571	1430	1311	1210	1123	1047	981	922	870	823	781	743	2400
1633	1487	1364	1259	1169	1090	1021	960	906	857	814	774	2450
1696	1545	1418	1309	1215	1134	1062	999	943	892	847	806	2500

h méter	Bouguer- hatás 360° nyílás mikrogal	0 m	500 m	1000 m	1500 m	2000 m	2500 m	3000 m	3500 m	4000 m
		22,5° nyílás, µgal								
2550	106 814	6 676	5 494	4 553	3818	3248	2804	2454	2174	1947
2600	108 909	6 807	5 623	4 675	3931	3352	2898	2539	2252	2018
2650	111 003	6 938	5 751	4 797	4045	3456	2993	2625	2330	2090
2700	113 097	7 069	5 880	4 920	4159	3561	3088	2712	2410	2162
2750	115 192	7 199	6 009	5 043	4274	3666	3185	2800	2490	2236
2800	117 286	7 330	6 137	5 166	4389	3772	3282	2889	2571	2311
2850	119 381	7 461	6 266	5 289	4505	3879	3380	2979	2654	2386
2900	121 475	7 592	6 395	5 413	4621	3987	3479	3070	2737	2463
2950	123 569	7 723	6 524	5 537	4737	4095	3578	3161	2821	2540
3000	125 664	7 854	6 653	5 661	4854	4203	3678	3253	2905	2618
3050	127 758	7 985	6 782	5 785	4971	4312	3780	3346	2991	2697
3100	129 852	8 116	6 912	5 910	5089	4422	3881	3440	3077	2777
3150	131 947	8 247	7 041	6 034	5207	4532	3983	3534	3165	2857
3200	134 041	8 378	7 170	6 159	5325	4643	4086	3629	3252	2939
3250	136 136	8 508	7 300	6 284	5444	4754	4190	3725	3341	3021
3300	138 230	8 639	7 429	6 409	5563	4866	4294	3822	3431	3104
3350	140 324	8 770	7 558	6 535	5682	4978	4398	3919	3521	3187
3400	142 419	9 001	7 688	6 660	5802	5091	4503	4017	3612	3272
3450	144 513	9 032	7 817	6 786	5922	5204	4609	4115	3703	3357
3500	146 608	9 163	7 947	6 912	6042	5317	4715	4214	3795	3443
3550	148 702	9 294	8 077	7 038	6162	5431	4822	4314	3888	3529
3600	150 796	9 425	8 206	7 164	6283	5546	4929	4414	3982	3617
3650	152 891	9 556	8 336	7 290	6404	5660	5037	4515	4076	3704
3700	154 985	9 687	8 466	7 416	6525	5775	5145	4616	4171	3793
3750	157 080	9 817	8 595	7 542	6647	5890	5254	4718	4266	3882
3800	159 174	9 948	8 725	7 669	6768	6006	5363	4821	4362	3972
3850	161 268	10 079	8 855	7 796	6890	6122	5473	4924	4459	4063
3900	163 363	10 210	8 985	7 922	7012	6238	5583	5028	4556	4154
3950	165 457	10 341	9 115	8 049	7135	6355	5693	5132	4654	4245
4000	167 552	10 472	9 244	8 176	7257	6472	5804	5236	4752	4338
4050	169 646	10 603	9 374	8 303	7380	6589	5915	5341	4851	4430
4100	171 740	10 734	9 504	8 430	7502	6707	6027	5446	4950	4524
4150	173 835	10 865	9 634	8 558	7626	6824	6139	5552	5050	4618
4200	175 929	10 996	9 764	8 685	7749	6943	6251	5658	5150	4712
4250	178 024	11 126	9 894	8 812	7872	7061	6364	5765	5251	4807
4300	180 118	11 257	10 024	8 940	7996	7179	6477	5872	5352	4903
4350	182 212	11 388	10 154	9 067	8119	7298	6590	5980	5454	4999
4400	184 307	11 519	10 284	9 195	8243	7417	6704	6088	5556	5096
4450	186 401	11 650	10 414	9 323	8367	7537	6818	6196	5659	5193
4500	188 496	11 781	10 544	9 450	8491	7656	6932	6305	5762	5290
4550	190 590	11 912	10 675	9 578	8616	7776	7046	6414	5865	5388
4600	192 684	12 043	10 805	9 706	8740	7896	7161	6524	5969	5487
4650	194 779	12 174	10 935	9 834	8864	8016	7276	6633	6074	5586
4700	196 873	12 305	11 065	9 962	8989	8136	7392	6744	6178	5686
4750	198 968	12 435	11 195	10 090	9114	8257	7508	6854	6284	5785
4800	201 062	12 566	11 325	10 218	9239	8378	7624	6965	6389	5886
4850	203 156	12 697	11 456	10 346	9364	8498	7740	7076	6495	5986
4900	205 251	12 828	11 586	10 474	9489	8620	7856	7188	6602	6088
4950	207 345	12 959	11 716	10 603	9614	8741	7973	7299	6708	6189
5000	209 440	13 090	11 846	10 731	9739	8862	8090	7411	6815	6291

Ic táblázat folytatása

4500 m	5000 m	5500 m	6000 m	6500 m	7000 m	7500 m	8000 m	8500 m	9000 m	9500 m	10 000 m	h méter
22,5° nyílás, µgal												
1760	1604	1472	1360	1263	1178	1104	1038	980	928	880	838	2550
1825	1664	1528	1411	1311	1223	1146	1078	1018	964	915	870	2600
1891	1725	1584	1464	1360	1269	1190	1119	1056	1000	949	904	2650
1958	1787	1641	1517	1408	1316	1234	1161	1096	1037	985	937	2700
2026	1849	1700	1571	1460	1363	1278	1203	1136	1075	1021	972	2750
2094	1913	1758	1626	1512	1412	1324	1246	1176	1114	1058	1007	2800
2164	1977	1818	1682	1564	1461	1370	1289	1218	1153	1095	1042	2850
2234	2042	1879	1738	1617	1510	1417	1334	1259	1193	1133	1079	2900
2306	2109	1940	1796	1670	1561	1464	1379	1302	1233	1172	1115	2950
2378	2175	2003	1854	1725	1612	1512	1424	1345	1274	1211	1153	3000
2451	2243	2066	1913	1780	1664	1562	1471	1389	1316	1250	1191	3050
2525	2312	2130	1973	1836	1717	1611	1517	1434	1358	1291	1229	3100
2600	2381	2194	2033	1893	1770	1662	1565	1479	1401	1332	1268	3150
2675	2451	2260	2094	1950	1824	1712	1613	1525	1445	1373	1308	3200
2751	2522	2326	2156	2008	1879	1764	1662	1571	1489	1415	1348	3250
2828	2594	2393	2219	2067	1934	1817	1712	1618	1534	1458	1389	3300
2906	2666	2461	2282	2127	1990	1870	1762	1666	1579	1501	1430	3350
2985	2740	2529	2347	2187	2047	1923	1813	1714	1625	1545	1472	3400
3063	2814	2598	2412	2248	2105	1978	1865	1763	1672	1589	1514	3450
3144	2888	2668	2477	2310	2163	2033	1917	1813	1719	1634	1557	3500
3225	2964	2739	2544	2372	2222	2088	1969	1863	1767	1680	1601	3550
3306	3040	2810	2610	2436	2282	2145	2023	1914	1815	1726	1646	3600
3388	3117	2882	2678	2499	2342	2202	2077	1965	1864	1773	1689	3650
3471	3194	2955	2746	2564	2402	2259	2132	2017	1913	1820	1734	3700
3554	3272	3028	2816	2629	2464	2318	2187	2069	1963	1868	1780	3750
3639	3351	3102	2885	2695	2526	2376	2243	2122	2014	1916	1826	3800
3723	3431	3177	2956	2761	2589	2436	2299	2176	2065	1965	1873	3850
3809	3511	3252	3027	2828	2652	2496	2356	2230	2117	2014	1920	3900
3895	3592	3329	3098	2896	2716	2557	2414	2285	2169	2064	1968	3950
3981	3673	3405	3171	2964	2781	2618	2472	2341	2222	2115	2017	4000
4069	3755	3483	3244	3033	2846	2680	2531	2397	2276	2166	2066	4050
4157	3838	3560	3317	3102	2912	2742	2590	2453	2330	2217	2115	4100
4245	3921	3639	3391	3172	2979	2805	2650	2511	2384	2270	2165	4150
4334	4005	3718	3466	3243	3046	2869	2711	2568	2439	2322	2215	4200
4424	4090	3798	3541	3315	3113	2933	2772	2627	2495	2375	2266	4250
4514	4175	3878	3617	3387	3181	2998	2834	2685	2551	2429	2318	4300
4605	4261	3959	3694	3459	3250	3064	2896	2745	2608	2483	2370	4350
4696	4347	4041	3771	3532	3320	3130	2959	2805	2665	2538	2422	4400
4788	4433	4123	3849	3606	3390	3196	3022	2865	2723	2593	2475	4450
4880	4521	4205	3927	3680	3460	3263	3086	2926	2781	2649	2529	4500
4973	4609	4288	4006	3755	3531	3311	3150	2988	2840	2705	2582	4550
5066	4697	4372	4085	3830	3603	3399	3215	3050	2899	2762	2637	4600
5160	4786	4456	4165	3906	3675	3468	3281	3112	2959	2820	2692	4650
5254	4875	4541	4246	3982	3748	3537	3347	3175	3019	2877	2747	4700
5349	4965	4626	4326	4060	3821	3607	3414	3239	3080	2936	2803	4750
5444	5056	4712	4408	4137	3895	3677	3481	3303	3142	2994	2860	4800
5540	5146	4799	4490	4215	3969	3748	3548	3368	3203	3054	2917	4850
5636	5238	4886	4573	4294	4044	3819	3616	3433	3266	3113	2974	4900
5733	5330	4973	4656	4373	4119	3891	3685	3498	3329	3174	3032	4950
5830	5422	5061	4739	4452	4195	3963	3754	3564	3392	3234	3090	5000

Ib táblázat

h méter	1000 m	1100 m	1200 m	1300 m	1400 m	1500 m	1600 m	1700 m	1800 m	1900 m	2000 m	h méter
22,5°-os szektorok hatása μ galban												
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	30
40	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	40
50	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	50
60	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	60
70	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	70
80	8	8	7	6	6	6	5	5	5	4	4	80
90	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	5	90
100	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	6	100
110	16	14	13	12	11	11	10	9	9	8	8	110
120	19	17	16	14	13	13	12	11	10	10	9	120
130	22	20	18	17	16	15	14	13	12	12	11	130
140	26	23	21	20	18	17	16	15	14	13	13	140
150	29	27	24	23	21	20	18	17	16	15	15	150
160	33	30	28	26	24	22	21	20	18	18	17	160
170	38	34	31	29	27	25	24	22	21	20	19	170
180	42	38	35	32	30	28	26	25	23	22	21	180
190	47	43	39	36	34	31	29	28	26	25	23	190
200	52	47	43	40	37	35	33	30	29	27	26	200
210	57	52	48	44	41	38	36	34	32	30	29	210
220	63	57	52	48	45	42	39	37	35	33	31	220
230	68	62	57	53	49	46	43	40	38	36	34	230
240	74	68	62	58	53	50	47	44	42	39	37	240
250	81	73	67	62	58	54	51	48	45	43	40	250
260	87	79	73	67	63	59	55	52	49	46	44	260
270	94	85	79	73	68	63	59	56	52	50	47	270
280	101	92	84	78	73	68	64	60	56	54	51	280
290	108	98	90	84	78	73	68	64	60	57	54	290
300	115	105	97	89	83	78	73	68	65	61	58	300
310	123	112	103	95	89	83	78	73	69	66	62	310
320	131	119	110	102	95	88	83	77	74	70	66	320
330	139	127	117	108	100	94	88	83	78	74	70	330
340	147	134	124	114	107	100	94	88	83	79	75	340
350	156	142	131	121	113	105	99	93	88	83	79	350
360	164	150	138	128	119	112	105	98	93	88	84	360
370	173	159	146	135	126	118	111	104	98	93	88	370
380	183	167	154	142	133	124	117	109	103	98	93	380
390	192	176	162	150	140	131	123	115	109	103	98	390
400	202	184	170	157	147	137	129	121	114	109	103	400
410	212	194	178	165	154	144	135	127	120	114	108	410
420	222	203	187	173	161	151	142	133	126	120	114	420
430	232	212	196	181	169	158	149	140	132	125	119	430
440	242	222	205	190	177	165	156	146	138	131	125	440
450	253	232	214	198	185	173	163	153	144	137	130	450
460	264	242	223	207	193	181	170	159	151	143	136	460
470	275	252	232	216	201	188	177	166	157	149	142	470
480	286	262	242	225	209	196	184	173	164	156	148	480
490	297	273	252	234	218	204	192	180	171	162	154	490
500	309	284	262	243	227	212	200	188	178	169	160	500

II. táblázat

D_s 100—200 m		E_s 200—400 m		E_s 200—400 m			
h méter	μgal	h méter	μgal	h méter	μgal		
0—3	000	0—5	000	80	078		
4—7	001	6—10	001	81	080		
8—9	002	11—13	002	82	082		
10—11	003	14—16	003	83	084		
12	004	17—18	004	84	086		
13—14	005	19—20	005	85	088		
15	006	21—22	006	86	090		
16	007	23	007	87	092		
17	008	24—25	008	88	094		
18—19	009	26	009	89	096		
20	010	27—28	010	90	098		
21	011	29	011	91	100		
22	013	30	012	92	102		
23	014	31—32	013	93	104		
24	015	33	014	94	106		
25	016	34	015	95	108		
26	017	35	016	96	110		
27	019	36	017	97	112		
28	020	37	018	98	114		
29	021	38	019	99	116		
30	023	39	020	100	118		
31	024	40	021	101	120		
32	026	41	022	102	123		
33	027	42	023	103	125		
34	029	43	024	104	127		
35	030	44	025	105	129		
36	032	45	026	106	131		
37	035	46	027	107	134		
38	036	47	028	108	136		
39	037	48	029	109	138		
40	039	49	031	110	140		
41	041	50	032	111	143		
42	043	51	033	112	145		
43	045	52	034	113	147		
44	047	53	036	114	150		
45	049	54	037	115	152		
46	051	55	038	116	154		
47	053	56	040	117	157		
48	055	57	041	118	159		
49	057	58	043	119	161		
50	059	59	044	120	164		
51	062	60	045	121	166		
52	064	61	047	122	169		
53	066	62	048	123	171		
54	068	63	050	124	173		
55	070	64	051	125	176		
56	073	65	053	126	178		
57	075	66	054	127	181		
58	077	67	056	128	183		
59	079	68	058	129	185		
60	082	69	059	130	188		
61	084	70	061	131	190		
62	087	71	063	132	193		
63	089	72	064	133	195		
64	092	73	066	134	198		
65	094	74	068	135	200		
66	096	75	069	136	203		
67	099	76	071	137	205		
68	101	77	073	138	208		
69	104	78	075	139	210		
70	107	79	077	140	213		

11. táblázat folytatása.

F_a 400—800 m		F_a 400—800 m		F_a 400—800 m		F_a 400—800 m	
h méter	μ gal	h méter	μ gal	h méter	μ gal	h méter	μ gal
0—8	000	101	065	161	159	220	281
9—15	001	102	066	162	160	221	283
16—19	002	103	068	163	162	222	285
20—22	003	104	069	164	164	223	288
23—26	004	105	070	165	166	224	290
27—28	005	106	071	166	168	225	292
29—31	006	107	073	167	170	226	295
32—33	007	108	074	168	172	227	297
34—35	008	109	075	169	174	228	299
36—38	009	110	077	170	176	229	301
39—40	010	111	078	171	177	230	304
41	011	112	079	172	179	231	306
42—43	012	113	081	173	181	232	308
44—45	013	114	082	174	183	233	311
46—47	014	115	083	175	185	234	313
48	015	116	085	176	187	235	315
49—50	016	117	086	177	189	236	318
51	017	118	088	178	191	237	320
52—53	018	119	090	179	193	238	323
54	019	120	091	180	195	239	325
55—56	020	121	092	181	197	240	327
57	021	122	094	182	199	241	330
58	022	123	095	183	201	242	332
59—60	023	124	097	184	203	243	334
61	024	125	098	185	205	244	337
62	025	126	100	186	207	245	340
63	026	127	101	187	209	246	342
64—65	027	128	103	188	211	247	344
66	028	129	104	189	213	248	347
67	029	130	106	190	216	249	349
68	030	131	107	191	218	250	351
69	031	132	109	192	220	251	354
70	032	133	111	193	222	252	356
71—72	033	134	112	194	224	253	359
73	034	135	114	195	226	254	361
74	035	136	115	196	228	255	364
75	036	137	117	197	230	256	366
76	037	138	119	198	232	257	368
77	038	139	120	199	234	258	371
78	039	140	122	200	237	259	373
79	040	141	124	201	239	260	376
80	041	142	125	202	241	261	378
81	042	143	127	203	243	262	381
82	043	144	129	204	245	263	383
83	044	145	130	205	247	264	386
84	045	146	132	206	250	265	388
85	046	147	134	207	252	266	391
86	047	148	135	208	254	267	393
87	049	149	137	209	256	268	396
88	050	150	139	210	258	269	398
89	051	151	141	211	261	270	401
90	052	152	142	212	263	271	403
91	053	153	144	213	265	272	406
92	054	154	146	214	267	273	408
93	055	155	148	215	269	274	411
94	057	156	149	216	272	275	413
95	058	157	151	217	274	276	416
96	059	158	153	218	276	277	418
97	060	159	155	219	279	278	421
98	061	160	157			279	423
99	063						
100	064						

II. táblázat folytatása

F_2 400—800 m		G_{18} 800—1600 m		G_{18} 800—1600 m		G_{18} 800—1600 m	
h méter	μga	h méter	μgal	h méter	μgal	h méter	μgal
280	426	0—15	000	167—168	060	240	121
281	429	16—26	001	169	061	241	122
282	431	27—33	002	170—171	062	242	123
283	434	34—39	003	172	063	243	124
284	436	40—45	004	173	064	244	125
285	439	46—50	005	174—175	065	245	126
286	441	51—54	006	176	066	246	127
287	444	55—58	007	177	067	247	128
288	446	59—62	008	178—179	068	248	129
289	449	63—66	009	180	069	249	130
290	452	67—69	010	181	070	250	131
291	454	70—72	011	182	071	251	132
292	457	73—75	012	183—184	072	252	133
293	459	76—78	013	185	073	253	134
294	462	79—81	014	186—187	074	254	135
295	465	82—84	015	188	075	255	136
296	467	85—87	016	189	076	256	137
297	470	88—89	017	190	077	257	138
298	472	90—92	018	191—192	078	258	139
299	475	93—94	019	193	079	259	140
300	477	95—97	020	194	080	260	141
		98—99	021	195	081	261	142
		100—102	022	196—197	082	262	143
		103—104	023	198	083	263	144
		105—106	024	199	084	264	145
		107—108	025	200	085	265	146
		109—111	026	201	086	266	147
		112—113	027	202—203	087	267	148
		114	028	204	088	268	149
		115—116	029	205	089	269	150
		117—118	030	206	090	270	152
		119—120	031	207	091	271	153
		121—122	032	208	092	272	154
		123	033	209—210	093	273	155
		124—126	034	211	094	274	156
		127—128	035	212	095	275	157
		129—130	036	213	096	276	158
		131	037	214	097	277	159
		132—133	038	215	098	278	160
		134—135	039	216	099	279	161
		136	040	217	100	280	162
		137—138	041	218—219	101	281	164
		139—140	042	220	102	282	165
		141—142	043	221	103	283	166
		143	044	222	104	284	167
		144—145	045	223	105	285	168
		146—147	046	224	106	286	169
		148	047	225—226	107	287	170
		149—150	048	227	108	288	171
		151—152	049	228	109	289	172
		153	050	229	110	290	174
		154	051	230	111	291	175
		155—156	052	231	112	292	176
		157—158	053	232	113	293	177
		159	054	233	114	294	178
		160—161	055	234	115	295	179
		162	056	235	116	296	181
		163	057	236	117	297	182
		164—165	058	237	118	298	183
		166	059	238	119	299	184
				239	120	300	185

II. táblázat folytatása

G_{12} 800—1600		H_{12} 1600—2600		H_{12} 1600—2600		I_{12} 2600—4400	
<i>h</i> méter	μ gal	<i>h</i> méter	μ gal	<i>h</i> méter	μ gal	<i>h</i> méter	μ gal
301	186	0—23	000	271—272	061	0—24	000
302	187	24—42	001	273—274	062	25—52	001
303	189	43—54	002	275—277	063	53—68	002
304	190	55—64	003	278—279	064	69—80	003
305	191	65—73	004	280—281	065	81—91	004
306	192	74—81	005	282—283	066	92—100	005
307	193	82—87	006	284—285	067	101—109	006
308	195	88—94	007	286—287	068	110—116	007
309	196	95—100	008	288—290	069	117—124	008
310	197	101—106	009	291—292	070	125—131	009
311	198	107—112	010	293—294	071	132—138	010
312	199	113—117	011	295—296	072	139—144	011
313	201	118—122	012	297—298	073	145—150	012
314	202	123—127	013	299—300	074	151—156	013
315	203	128—132	014	301—302	075	157—162	014
316	204	133—136	015	303—304	076	163—167	015
317	205	137—140	016	305—306	077	168—173	016
318	207	141—144	017	307—308	078	174—178	017
319	208	145—148	018	309—310	079	179—183	018
320	209	149—152	019	311—312	080	184—188	019
321	210	153—156	020	313—314	081	189—193	020
322	211	157—160	021	315—316	082	194—198	021
323	213	161—164	022	317—318	083	199—203	022
324	214	165—167	023	319—320	084	204—207	023
325	215	168—171	024	321—322	085	208—211	024
326	216	172—175	025	323—324	086	212—216	025
327	218	176—178	026	325—326	087	217—220	026
328	219	179—181	027	327—328	088	221—224	027
329	220	182—185	028	329—330	089	225—228	028
330	221	186—188	029	331	090	229—232	029
		189—191	030	332—333	091	233—236	030
		192—194	031	334—335	092	237—240	031
		195—197	032	336—337	093	241—244	032
		198—200	033	338—339	094	245—247	033
		201—203	034	340—341	095	248—251	034
		204—206	035	342	096	252—254	035
		207—209	036	343—344	097	255—258	036
		210—212	037	345—346	098	259—261	037
		213—215	038	347—348	099	262—265	038
		216—218	039	349—350	100	266—268	039
		219—220	040			269—272	040
		221—223	041			273—275	041
		224—226	042			276—279	042
		227—228	043			280—282	043
		229—231	044			283—285	044
		232—234	045			286—288	045
		235—236	046			289—291	046
		237—239	047			292—294	047
		240—241	048			295—298	048
		242—244	049			299—301	049
		245—246	050			302—304	050
		247—249	051			305—307	051
		250—251	052			308—310	052
		252—254	053			311—313	053
		255—256	054			314—316	054
		257—258	055			317—319	055
		259—261	056			320—321	056
		262—263	057			322—324	057
		264—265	058			325—327	058
		266—268	059			328—330	059
		269—270	060				

II táblázat folytatása

I_{12} 2600—4400		I_{12} 2600—4400 m		J_{12} 4400—6600 m		J_{12} 4400—6600 m	
<i>h</i> méter	μgal	<i>h</i> méter	μ gal	<i>h</i> méter	μgal	<i>h</i> méter	μgal
331—333	060	475—476	122	0—41	000	484—487	062
334—336	061	477—478	123	42—76	001	488—491	063
337—338	062	479—480	124	77—97	002	492—495	064
339—341	063	481—482	125	98—114	003	496—499	065
342—344	064	483—484	126	115—139	004	500—503	066
345—346	065	485—486	127	131—144	005	504—507	067
347—349	066	487	128	145—157	006	508—510	068
350—352	067	488—489	129	158—169	007	511—514	069
353—354	068	490—491	130	170—179	008	515—518	070
355—357	069	492—493	131	180—190	009	519—521	071
358—359	070	494—495	132	191—199	010	522—525	072
360—362	071	496—497	133	200—208	011	526—529	073
363—365	072	498—499	134	209—217	012	530—532	074
366—367	073	500—501	135	218—225	013	533—536	075
368—370	074	502—503	136	226—233	014	537—539	076
371—372	075	504—505	137	234—242	015	540—543	077
373—375	076	506	138	243—250	016	544—547	078
376—377	077	507—508	139	251—258	017	548—550	079
378—380	078	509—510	140	259—265	018	551—554	080
381—382	079	511—512	141	266—272	019	555—557	081
383—385	080	513—514	142	273—278	020		
386—387	081	515—516	143	279—285	021		
388—389	082	517—518	144	286—292	022		
390—392	083	519	145	293—298	023		
393—394	084	520—521	146	299—305	024		
395—396	085	522—523	147	306—311	025		
397—399	086	524—525	148	312—317	026		
400—401	087	526—527	149	318—322	027		
402—403	088	528—529	150	323—328	028		
404—406	089	530	151	329—334	029		
407—408	090	531—532	152	335—340	030		
409—410	091	533—534	153	341—345	031		
411—413	092	535	154	346—351	032		
414—415	093	536—537	155	352—356	033		
416—417	094	538—539	156	357—362	034		
418—419	095	540—541	157	363—367	035		
420—422	096	542	158	368—372	036		
423—424	097	543—544	159	373—377	037		
425—426	098	545—546	160	378—382	038		
427—428	099	547—548	161	383—387	039		
429—430	100	549	162	388—392	040		
431—432	101	550—551	163	393—397	041		
433—435	102	552—553	164	398—401	042		
436—437	103	554	165	402—406	043		
438—439	104	555—556	166	407—411	044		
440—441	105	557—558	167	412—415	045		
442—443	106	559—560	168	416—420	046		
444—445	107			421—424	047		
446—447	108			425—429	048		
448—449	109			430—433	049		
450—451	110			434—438	050		
452—453	111			439—442	051		
454—456	112			443—446	052		
457—458	113			447—452	053		
459—460	114			453—455	054		
461—462	115			456—459	055		
463—464	116			460—463	056		
465—466	117			464—467	057		
467—468	118			468—471	058		
469—470	119			472—475	059		
471—472	120			476—479	060		
473—474	121			480—483	061		

II. táblázat folytatása

$K_{1,5}$ 6600—9500 m		$K_{1,5}$ 6600—9500 m		$L_{1,5}$ 9500—14 500 m		$L_{1,5}$ 9500—14 500 m	
h méter	μgal	h méter	μgal	h méter	μgal	h méter	μga
0—64	000	710—715	061	0—74	000	800—806	061
65—110	001	716—720	062	75—126	001	807—812	062
111—143	002	721—726	063	127—161	002	813—819	063
144—170	003	727—732	064	162—192	003	820—825	064
171—192	004	733—738	065	193—217	004	826—831	065
193—213	005	739—743	066	218—240	005	832—838	066
214—232	006	744—749	067	241—261	006		
233—249	007	750—754	068	262—281	007		
250—264	008	755—760	069	282—299	008		
265—280	009	761—765	070	300—316	009		
281—294	010	766—771	071	317—332	010		
295—307	011	772—776	072	333—348	011		
308—321	012	777—782	073	349—363	012		
322—334	013	783—787	074	364—377	013		
335—346	014	788—792	075	378—390	014		
347—358	015	793—797	076	391—404	015		
359—369	016	798—803	077	405—417	016		
370—380	017	804—808	078	418—429	017		
381—390	018	809—813	079	430—441	018		
391—401	019	814—818	080	442—453	019		
402—411	020	819—824	081	454—465	020		
412—421	021	825—829	082	466—475	021		
422—431	022	830—834	083	476—486	022		
432—441	023	835—839	084	487—497	023		
442—450	024			498—508	024		
451—459	025			509—518	025		
460—468	026			519—528	026		
469—477	027			529—538	027		
478—485	028			539—548	028		
486—494	029			549—557	029		
495—502	030			558—567	030		
503—510	031			568—576	031		
511—518	032			577—585	032		
519—526	033			586—594	033		
527—534	034			595—603	034		
535—542	035			604—611	035		
543—550	036			612—620	036		
551—557	037			621—628	037		
558—565	038			629—637	038		
566—572	039			638—645	039		
573—579	040			646—653	040		
580—586	041			654—661	041		
587—593	042			662—669	042		
594—600	043			670—677	043		
601—607	044			678—685	044		
608—614	045			686—693	045		
615—621	046			694—700	046		
622—627	047			701—707	047		
628—634	048			708—715	048		
635—641	049			716—722	049		
642—647	050			723—729	050		
648—654	051			730—737	051		
655—660	052			738—744	052		
661—666	053			745—751	053		
667—672	054			752—758	054		
673—679	055			759—765	055		
680—685	056			766—772	056		
686—691	057			773—779	057		
692—697	058			780—786	058		
698—703	059			787—792	059		
704—709	060			793—799	060		

11. táblázat folytatása

M_{14} 14 500—22 000 m		M_{14} 14 500—22 000 m		M_{14} 14 500 m — ∞		M_{14} 14 500 m — ∞	
h méter	μgal	h méter	μgal	h méter	μgal	h méter	μgal
0—87	000	943—950	055	0—65	000	707—712	060
88—156	001	951—959	056	66—111	001	713—718	061
157—201	002	960—967	057	112—143	002	719—724	062
202—238	003	968—976	058	144—170	003	725—730	063
239—269	004	977—984	059	171—194	004	731—736	064
270—298	005	985—992	060	195—214	005	737—742	065
299—324	006	993—1000	061	215—234	006	743—747	066
325—348	007			235—252	007	748—753	067
349—371	008			253—267	008	754—758	068
372—393	009			268—282	009	759—764	069
394—413	010			283—297	010	765—769	070
414—432	011			298—311	011	770—775	071
433—451	012			312—324	012	776—780	072
452—468	013			325—336	013	781—785	073
469—485	014			337—348	014	786—791	074
486—501	015			349—360	015	792—796	075
502—517	016			361—371	016	797—801	076
518—533	017			372—383	017	802—806	077
534—548	018			384—394	018	807—812	078
549—563	019			395—404	019	813—817	079
564—577	020			405—414	020	818—822	080
578—591	021			415—424	021	823—827	081
592—605	022			425—434	022	828—832	082
606—618	023			435—444	023	833—837	083
619—631	024			445—453	024	838—842	084
632—644	025			454—462	025	843—847	085
645—656	026			463—471	026	848—852	086
657—668	027			472—480	027	853—857	087
669—680	028			481—489	028	858—862	088
681—692	029			490—497	029	863—867	089
693—704	030			498—506	030	868—871	090
705—715	031			507—514	031	872—876	091
716—727	032			515—522	032	877—881	092
728—738	033			523—530	033	882—886	093
739—748	034			531—538	034	887—890	094
749—759	035			539—546	035	891—895	095
760—770	036			547—553	036	896—900	096
771—780	037			554—561	037	901—905	097
781—791	038			562—568	038	906—909	098
792—801	039			569—575	039	910—914	099
802—811	040			576—583	040	915—919	100
812—821	041			584—590	041	920—923	101
822—831	042			591—597	042	924—928	102
832—841	043			598—604	043	929—932	103
842—851	044			605—611	044	933—936	104
852—860	045			612—617	045	937—941	105
861—870	046			618—624	046	942—945	106
871—879	047			625—631	047	946—950	107
880—888	048			632—638	048	951—954	108
889—897	049			639—645	049	955—959	109
898—906	050			646—651	050	960—963	110
907—915	051			652—657	051	964—967	111
916—924	052			658—664	052	968—972	112
925—933	053			665—670	053	973—976	113
934—942	054			671—676	054	977—980	114
				677—682	055	981—985	115
				683—688	056	986—990	116
				689—694	057	991—994	117
				695—700	058	995—999	118
				701—706	059		

K. POSGAY — E. ANNAU
DIFFRACTION OF SEISMIC WAVES

When prospecting with seismic methods over intensively fractured strata, diffractions may occur. This paper discusses the possibilities of detection of diffractions on the basis of the records and the travel times, then its verification by calculation. The travel times of the diffractions may thus be used to a more accurate plotting of escarpments.

SZEIZMIKUS RENGÉSHULLÁMOK DIFFRAKCIÓJA

POSGAY KÁROLY ÉS ANNAU EDGAR

BEVEZETÉS

Az irodalomban csak ritkán találkozunk diffrakcióval foglalkozó művekkel, minthogy mélyszerkezetek szeizmikus módszerrel történő kutatásánál a diffrakció jelensége elhanyagolható (1., 2., 3.). Nagyon tagolt, kis és közepes mélységben levő szerkezetek kutatásánál azonban a diffrakció jelentős szerephez jut. Ezért a jelenség teljesebb megismerésére kell törekednünk. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet egy csoportja 1954 évben az esztergomi szénmedencében végzett reflexiós méréseket. A mérési adatok lehetővé tették a diffrakció tanulmányozását. Ezek alapján sikerült olyan megállapításokat tennünk, amelyek a mérések kiértékelésénél hasznosíthatók.

A diffrakció elmélete

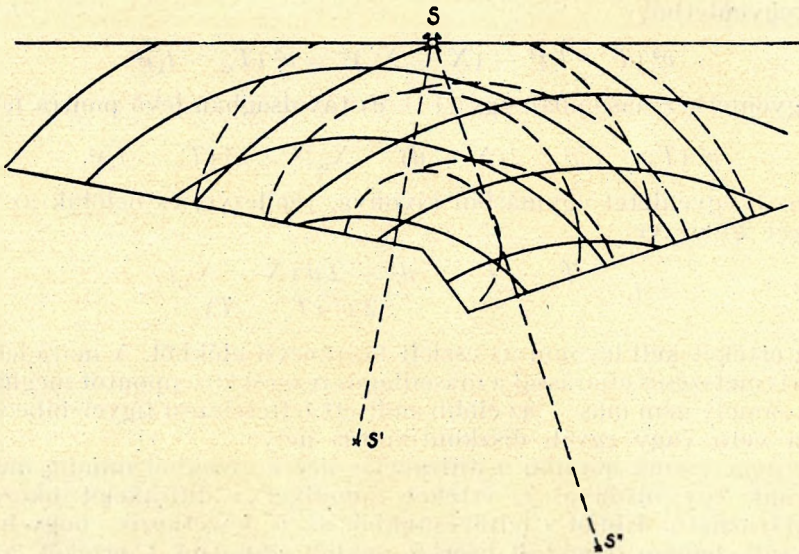
Az a feltételezés, hogy a rengések hullámfelülete gömb, illetve sík alakú, eddig jól megközelítésnek bizonyult a szeizmikus gyakorlatban s helyességét az eddig végzett modellkísérletek is bizonyítják. (4.). Az impulzusfrontok jól szemléltetik és érthetővé teszik a tovaterjedés sok jelenségét. Ezek a jelenségek természetesen nem használhatók fel minden esetben, s olyankor, amikor a rengések hullámhossza összemérhető az útjukba eső akadályok méreteivel, egyéb tényezőket is figyelembe kell vennünk.

C. H. Dix foglalkozott azzal az esettel, amelynél a rengéshullámokat visszaverő felületben olyan vető vagy egyéb diszkontinuitás van, melynek

A kézirat 1955. július 23-án érkezett be.

méretei a rengések hullámhosszával összemérhetők. Elmélete a diffraktált energia eredetére is magyarázatot igyekszik adni.

A gerjesztett energia egy része az alsó rétegbe hatol. Viszonylag homogén térben ezek a hullámok — kivéve azokat, melyek a kritikus vagy annál nagyobb szög alatt érik a határfelületet — a felszínen nem észlelhetők (5.). Amikor a hullámmozgás éles diszkontinuitáshoz ér, az általa szállított energia átadódik a felső, kisebb sebességű rétegnek s eljut a felszínre. Itt a reflexiós beérkezések mellett olyan beérkezéseket fogunk kapni, melyek kiindulása a diszkontinuitással függ össze. Ezek a diffrakciós beérkezések. Míg a reflektált hullámok frontjainak középpontja az



1. rajz.

S' , illetve S'' -ben van, addig a diffraktált hullámok frontjainak középpontja a vetőben, illetve a diszkontinuitásban van. Kis mélységek és viszonylag kis elvetési magasságok esetén a diffraktált hullámok középpontját, vagyis a diffraktált energia rezgési középpontját a vető, illetve a diszkontinuitás csúcsában tételezhetjük fel (1. rajz).

Vizsgáljuk meg a diffrakciós beérkezéseket adó energia útját. Ez két részből tevődik össze. Az út első része jó közelítéssel minden beérkezésre nézve egyenlő hosszúságúnak tételezhető fel. Ez az útnak az a része, amely a gerjesztés helyétől a vető síkjáig terjed. Innen — a diffrakció következtében — az egyes szeizmometerekhez érkező energia útja már különböző hosszúságú. A fent említett esetben a diffraktált beérkezések útja úgyis felfogható, mintha a rezgések egy másodlagos rezgési középontból indultak volna ki. Mindez azt jelenti, hogy a diffrakciós hullámok terjedési időgörbéje jó közelítéssel egy, a T tengely irányában eltoló hiperbola. Az eltolás mértékét a hiperbola egyenlete alapján határozzuk meg.

A T tengely irányában eltolt hiperbola egyenlete a következő:

$$\frac{(T - t_k)^2}{(T_m - t_k)^2} - \frac{(X - X_m)^2}{v^2 (T_m - t_k)^2} = 1, \quad (1)$$

ahol T a teljes út megtételéhez szükséges, tehát a szeizmogramokról leolvasott idő;

T_m a terjedési időgörbe minimumának értéke;

t_k a közös út megtételéhez szükséges idő, vagyis az eltolás mértéke;

X az a robbantóponttól mért távolság, amelyhez a T idő tartozik;

X_m a T_m -hez tartozó abszcissza érték.

Az 1. egyenletből

$$v^2 (T - t_k)^2 - (X - X_m)^2 = v^2 (T_m - t_k)^2 \quad (2)$$

A 2. egyenlethez hasonlóan egy $(x + d)$ távolságban levő pontra felírható

$$v^2 (T_d - t_k)^2 - \{(X + d) - X_m\}^2 = v^2 (T_m - t_k)^2 \quad (3)$$

A 2. és 3. egyenletet egymásból kivonva, rendezve, és belőlük az eltolás mértékét kifejezve

$$t_k = \frac{T_d + T}{2} - \frac{d^2 + 2d(X - X_m)}{2v^2(T_d - T)}. \quad (4)$$

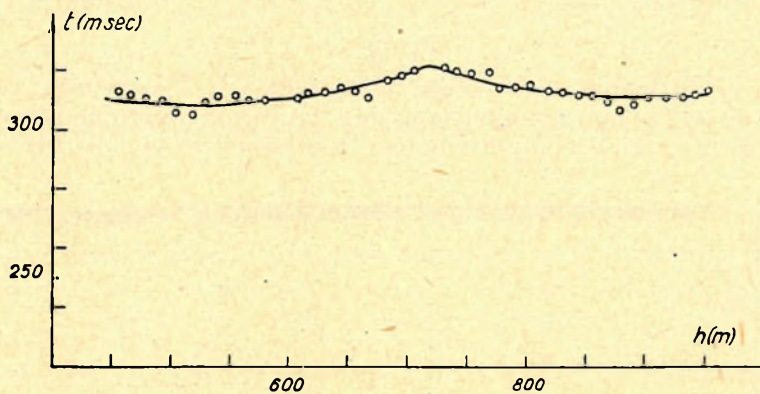
Ezt az értéket kell levonni az észlelt beérkezési időkből. A maradék időkből körívmetszéses eljárással a másodlagos rezgési középpontot meghatározhatjuk, amely nem más — az előbb említett feltételezést figyelembe véve — mint a vető vagy egyéb diszkontinuitás helye.

Fejtegetéseink alapján a diffrakciós beérkezésekből mindig meghatározhatunk egy bizonyos t_k értéket, amellyel a diffrakciót okozó hely meghatározható. Ebből a feltevésünkből az is következik, hogy ha nem diffraktált, hanem reflektált beérkezésekből számítjuk t_k értékét, az közel zérus értéket ad. Számításokat végezve olyan terjedési időgörbékben, amelyek minden bizonnyal nem diffrakciós beérkezések eredményei, valóban közel zérust kaptunk.

A 4. képletünkben két olyan mennyiség van, amelyeket pontosan a diffrakciós terjedési időgörbéből nem tudunk meghatározni. Ezek a sebesség (v) és a T_m helye (X_m). Számításokat végezve több pontpárból, arra a megállapításra jutottunk, hogy t_k értéke egyazon hiperbolára bizonyos szórást ad. A szórás annál kisebb lesz, minél pontosabban ismerjük v és X_m értékeit. X_m pontatlanságából eredő hiba lényegesen csökkenthető, ha pontjainkat a hiperbola szárain, tehát X_m -től minél távolabb választjuk meg. t_k meghatározásának pontossága ezen felül függ a megválasztott pontok között levő távolságtól (d). X_m lehetőleg pontos meghatározása mellett ez az a két szempont, amelyek figyelembevételével az eltolás meghatározásának hibáját a minimálisra csökkenthetjük. Számításaink alapján, a pontok kiválasztásánál figyelembe véve fenti megállapításainkat, különböző pontokból számított t_k értékek eltérése az esztergomi szénmedencében 5% körül van.

A diffrakció minden diszkontinuitásnál fellép. Mértéke valószínűleg függvénye a diszkontinuitás élességének (2), valamint a környező részek töredezettségének.

Az eddigiekben megtárgyaltuk annak a lehetőségét, miként határozható meg a diffrakció jelensége és okozójának helye analitikus úton. További támpontot adhat a terjedési időgörbe alakja. A görbének azon a részén, ahol a diffrakciós beérkezések jelentkeznek, egy jellegzetes hajlás van (2. rajz). Most pedig vizsgáljuk meg azt, hogy a szeizmogramokon regisztrált diffrakciós beérkezéseknek vannak-e olyan jellemzői, melyek alapján felismerhetők.



2. rajz.

A diffrakciós beérkezések jellemzői

1. Összehasonlítva 1. rajzunk alapján a reflexiós beérkezések hullámfrontjainak görbületi sugarait a diffrakciós beérkezések hullámfrontjainak görbületi sugarával, azt találjuk, hogy az előbbiek kétszer olyan hosszúak, mint az utóbbiak. Természetes, hogy azonos területen (azonos átlagsebességnél) a diffraktált terjedési időgörbe minimumához tartozó görbületi kör sugara kisebb, mint egy azonos T_m -et adó reflexiós terjedési időgörbéé; illetve azonos területen, azonos $(X - X_m)$ távolságban észlelt diffraktált beérkezések időgradiense nagyobb, mint a reflektált beérkezéseké. Ennek következménye, hogy a diffrakciós hiperbolaágból körív-metszéses eljárással szerkesztett felületem nem illik bele az általános képbe, s feltűnően eltérő dőlésével felhívja a figyelmet a diszkontinuitásra.

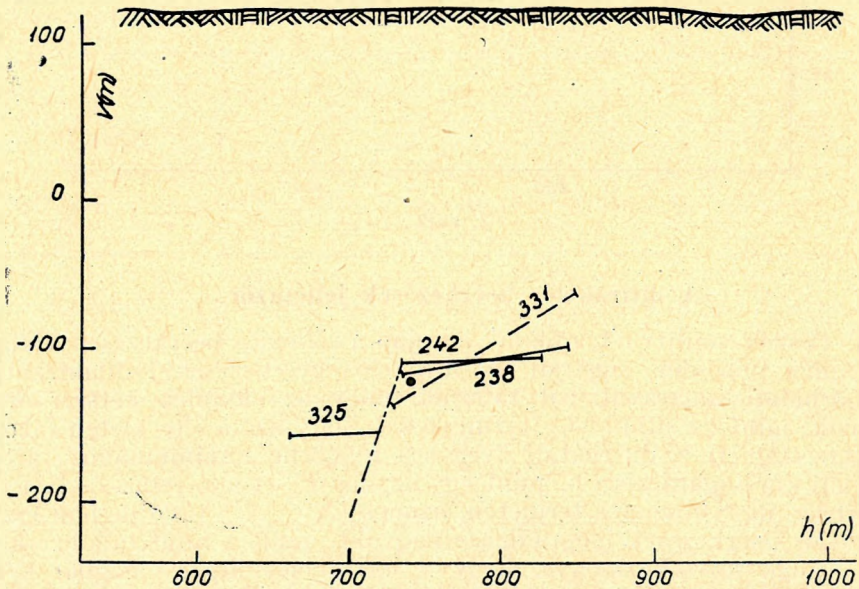
2. Folyamatos reflexiós szelvényezésnél — megfelelő reflektáló szint esetén — a reflexió minősége és a reflektált energia intenzitása kis távolságon belül nem változik meg lényegesen. A diffrakciós beérkezések intenzitása ezzel szemben kis távolságon belül is lényegesen megváltozik. Az intenzitás nagymérvű csökkenését egyrészt az út növekedésével exponenciálisan növekvő abszorpció, másrészt a diszkontinuitástól távolodva rohamosan csökkenő energiasűrűség eredményezi.

3. Az energiaviszonyok eltérő voltára vezethető vissza a diffrakció következő jellemzője is. Jól ismerjük a reflexiónak jel-zaj viszony szerint történő osztályozását. Reflexiónak fogadunk el 0,8–6,0 jel-zaj viszonyal jelentkező beérkezéseket. A diffrakciós energia kisebb intenzitása miatt a beérkezések jel-zaj viszonya kisebb, mint a reflexiós beérkezéseké.

4. Van a diffrakciós beérkezéseknek még egy jellemzője, amelynek okát nem ismerjük. Ez a különbség a beérkezések frekvenciájában jelentkezik: a diffrakciós beérkezések frekvenciája mérési területünkön általában 15–20%-kal kisebb volt, mint a reflexiós beérkezéseké.

Példa

A 3. rajzon bemutatjuk mérési területünk egyik szelvényét. A 325, illetve 238 és 242 számú felületelemek jól kimutatják a vető helyét, amely a bányaművelés adatai alapján valóban az általunk megjelölt helyen van.

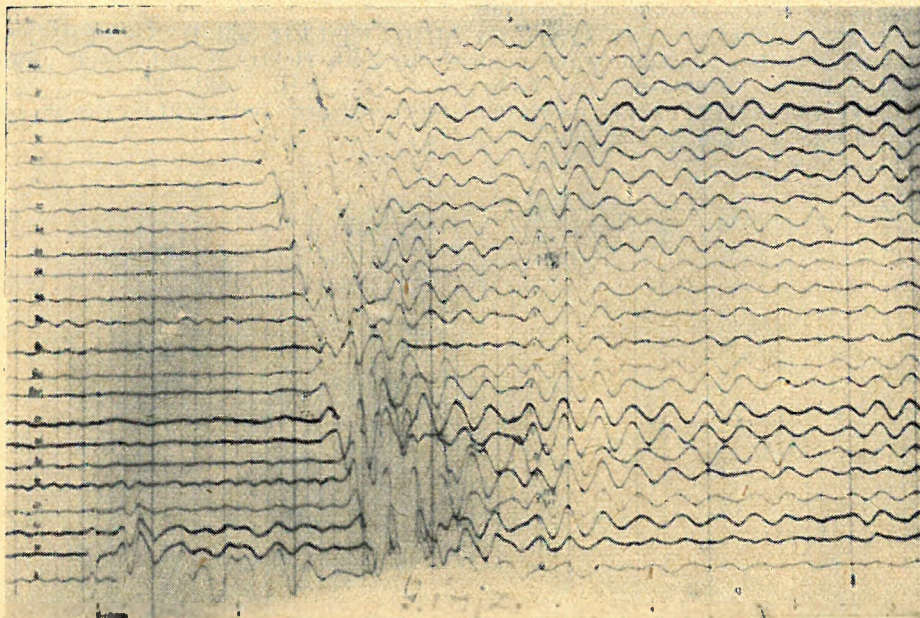


3. rajz.

Zavart okoz azonban a 331 felületelem. Az eddig tárgyaltak valószínűsítik azt a feltevésünket, hogy ez a felületelem diffrakció eredménye.

Nézzük meg a 331 felületelem szeizmogramját (4. rajz). A 8-as csatornától kezdve a beérkezések tartalmazzák a diffrakció jellemzőit: az időgradiens megnő, a jel-zaj viszony kisebb, mint a reflexiós beérkezéseknél s a frekvencia is kisebb. A megrajzolt terjedési időgörbében megtaláljuk a jellegzetes hajlást.

4. képletünk alapján kiszámítottuk, hogy valóban eltolt helyzetű hiperboláról van-e szó. Számításaink t_0 -ra középértékben 151 msec-ot adnak. Ez a zérustól való eltérés igazolni látszik azt a feltevésünket, hogy valóban eltolt helyzetű hiperbolával van dolgunk.



4. rajz.

Összegezve a példánkban talált jellemzőket megállapíthatjuk, hogy minden valószínűség szerint diffrakciós terjedési időgörbéről van szó. Ekkor viszont — levonva az észlelt beérkezési időkből t_0 értékét s a maradék idővel szerkesztve — meg kell kapnunk a diszkontinuitás, jelen esetben a vető helyét. Figyelembe véve számításaink és szerkesztésünk pontatlanságát, a szerkesztés alapján kapott pont igazolja [feltevéseinket.

ÖSSZEFOGLALÁS

Nagyon tagolt szerkezetek szeizmikus módszerrel történő vizsgálatánál diffrakció lép fel. Dolgozatunkban megadjuk a diffrakció felismerésének lehetőségét felvételek és terjedési időgörbék alapján, valamint fellépése igazolásának lehetőségét a terjedési időgörbék adataiból történő számítással. Így a diffrakciós beérkezések adta terjedési időgörbéket felhasználhatjuk a diszkontinuitások pontosabb kimutatására.

IRODALOM

1. C. H. DIX: Seismic prospecting for Oil.
2. TH. KREY: The significance of diffraction in the investigation of faults. Geophysics. 1952. október.
3. A. M. EPINATYEVA: O nekotarih tipah diffragirovannih voln, regisztriruemih pri seismicseszkih nabludeniah.
4. I. F. EVANS, C. F. STADLEY, J. D. EISLER and D. SILVERMAN: A three-dimensional seismic wave model with both electrical and visual observation of waves. Geophysics. Vol. XIX. Nr. 2. Apr. 1954. —220. old.
5. O. v. SCHMIDT: Zur Theorie der Erdbebenwellen. Zeitschrift für Geophysik. XII. Jahrgang. 1936. —199. old.

K. SEBESTYÉN

TELLURIC CURRENT RECORDING APPARATUS

Standpoints in constructing a field apparatus are discussed. Beside the small size, the adequate voltagesensitivity and the combination of each measuring instrument in to one unit are the most important factors. Further on a well proved field apparatus is described.

TELLURIKUS ÁRAM REGISZTRÁLÓ BERENDEZÉS

ÍRTA: SEBESTYÉN KÁROLY

A tellurikus áramok jelensége már hosszabb idő óta ismeretes a geofizikában. Az erre vonatkozó első tapasztalatokat a nagytávolságú távíróvonalak vizsgálatai szolgáltatták 1847 körül. Néhány irodalmi adat azt bizonyítja, hogy Eötvös Loránd is foglalkozott velük. Tulajdonságaik alaposabb vizsgálata, különösen pedig gyakorlati célú kutatásra való felhasználásuk azonban csak 1939 után vett nagyobb lendületet. Ekkor jelent meg ugyanis M. Schlumberger alapvető dolgozata (1), mely a tellurikus áramok gyakorlati földtani feladatok megoldására történő felhasználásának útját kijelölte.

A módszerrel elért eredményekről és annak továbbfejlesztéséről azóta is számos cikk jelent meg, de igen kevés irodalmi utalást találunk a mérésnél használt műszerekre vonatkozóan.

A tellurikus áramok elnevezésen — mint ismeretes — azokat az áramokat értjük, amelyek a Föld legfelső kéregrézében folynak. Ezeknek az áramoknak az iránya ugyanazon időpillanatban nagy területeken ugyanaz, de időben állandóan változik. A tellurikus áramok által létrehozott potenciáeloszlás olyan, mint egy végtelen nagy távolságban levő áramelektrodákon bebocsátott árammal létrehozott elektromos téré.

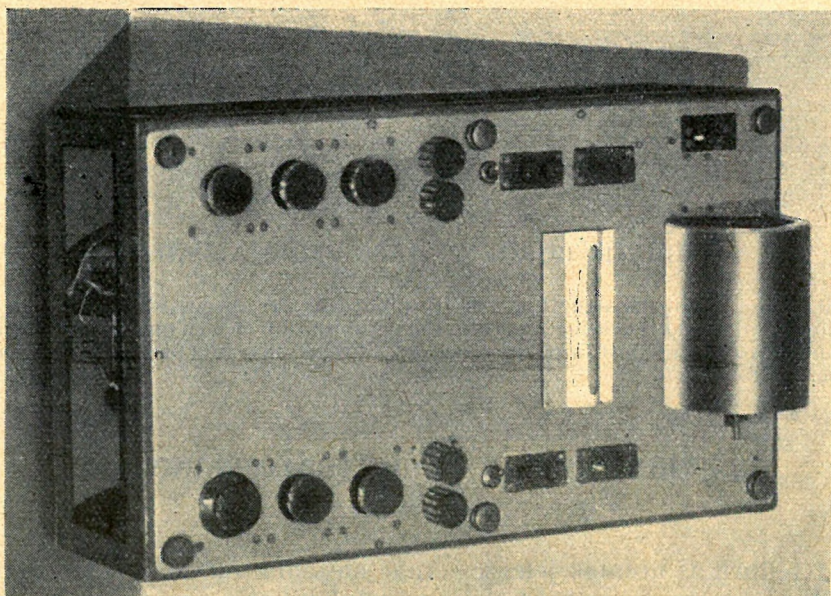
Ahhoz azonban, hogy a látszólagos fajlagos ellenállást a

$$\varphi_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

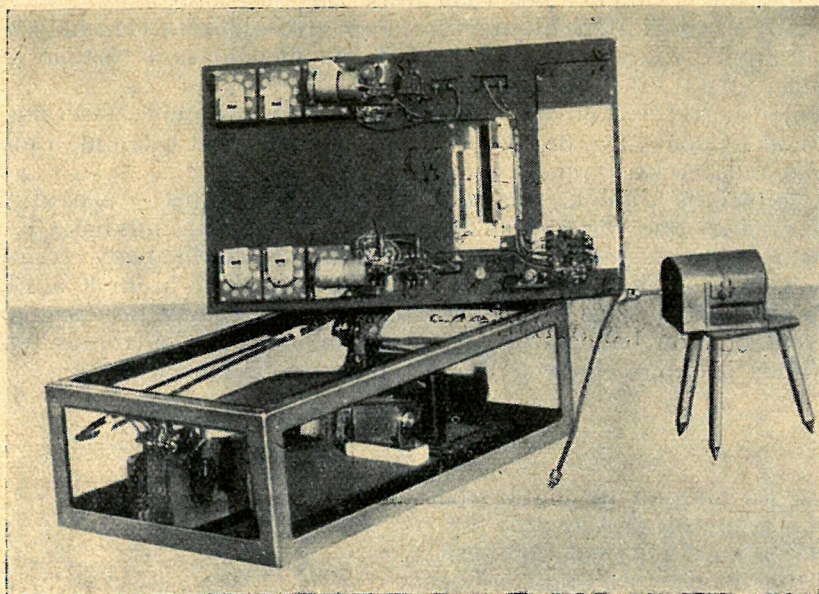
összefüggés alapján meghatározhatjuk, ahol

- K arányossági tényező;
- ΔV a mért potenciálkülönbség;
- I a bevezetett áram erőssége;

A kézirat 1955. október 4-én érkezett be.



1a. ábra.



1b. ábra.

nemcsak az elektromos tér potenciáeloszlásának ismerete szükséges, hanem a bebocsátott áram erősségét ismernünk kellene. Ha föltételezhetjük, hogy az áram azonos időben a különböző mérési pontokon azonos, akkor a potenciáeloszlásból a látszólagos ellenállás eloszlására következtethetünk. Minthogy a tellurikus áramok iránya és nagysága, és így az általuk létrehozott potenciáeloszlás időben állandóan változik, mérésük regisztrálás útján történik.

A tellurikus regisztráló berendezés egyik lényeges része egy lassú (percenként 20–25 mm-es) papírtovábbítással rendelkező optikai regisztráló berendezés, amelynek legfontosabb része a nagyérzékenységű immerziós galvanométer. Ez 10^{-9} A/mm/m érzékenység mellett legfeljebb $200\text{--}300\ \Omega$ belső ellenállású, tehát 10^{-6} – 10^{-7} V közötti feszültségre már észrevehető kitérést ad.

Az alább ismertetésre kerülő két komponens regisztrálására alkalmas tellurikus áram regisztráló berendezés megszerkesztésében egyik alapvető szempontunk az volt, hogy a regisztrálást nagyérzékenységű oszcillográf galvanométerrel oldjuk meg. Ezzel kívántuk elérni azt, hogy olyan periódusú változások is feljegyezhetők legyenek, amelyek nagyobb lengésidejű galvanométerekkel már nem követhetők.

A tervezés másik szempontja az volt, hogy a könnyebb kezelhetőség érdekében minden szükséges kapcsolási elem egyetlen egységben legyen. Ezzel kívántuk ugyanis elkerülni azt, hogy a terepen az észlelő összekötővezetékekkel maga végezze a kapcsolást, mert ez elkötésnek és kontakt-hibának lehet az okozója. Harmadik szempontunk az volt, hogy a lehető kis méreteket biztosítsuk a kívánatos érzékenységet adó regisztrálási távolság mellett.

E feltételeknek eleget tevő műszerünk fényképét 1a és 1b ábrán mutatjuk be.

Felépítését az alábbi egységek szerint tárgyaljuk:

1. doboz, optikai berendezés, papírtovábbítás,
2. áramköri felépítés,
3. galvanométer és szabályozó elemei,
4. hitelesítő áramkör.

Doboz, optika, papírtovábbítás

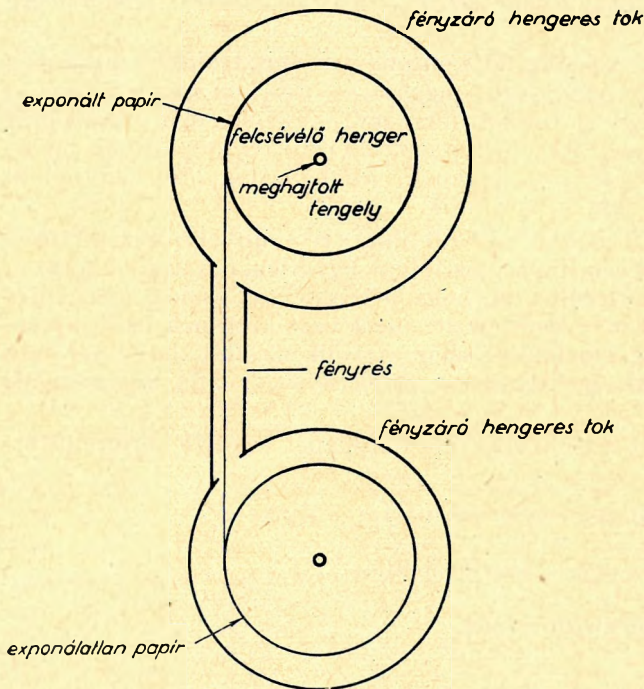
Az általános feltételek között hangsúlyoztuk, hogy terepen jól használható berendezésnek egyik szükséges feltétele az, hogy lehetőleg minimális méretei legyenek. Az optikai regisztrálás viszont annál nagyobb érzékenységet biztosít, minél nagyobb a galvanométer fényugarának útja a fényérzékeny papírig. A két ellentmondó követelménynek úgy kívántunk egyidejűleg eleget tenni, hogy a regisztráló doboz hosszát 50 cm-nek választottuk. Ebben az egyszeres fényút 40 cm, amely fix tükrökön történő kétszeres sugárreflexióval kb. 100 cm-re növelhető. A doboz egyéb méretei: szélessége 32 cm, magassága 16 cm. A regisztráló doboz két galvanométert

tartalmaz a tellurikus áramok két különböző irányú komponensének regisztrálására.

Az ugyanazon galvanométerhez tartozó görbék azonos rajzokról jól felismerhetők. A két galvanométer rajza pedig úgy különböztethető meg egymástól, hogy az egyik fényét erősebbre állítjuk.

Fényforrásul 2 db 6 V, 5 W-os «cseresznye»-izzó szolgál, amelyeknek fényét hengerlencse párhuzamosítja. A párhuzamos fénynyaláb meg-

A REGISZTRÁLÓ PAPIR TOVÁBBITÁSA



2. ábra.

A papírtovábbítás-nál a lehető legegyszerűbb megoldásra törekedtünk. Vázlatát a 2. ábra szemlélteti.

A készletpapírt tartalmazó henger és az exponált papírt tároló berendezés, valamint a papírtovábbítást végző henger, illetve az ezt koaxiálisan burkoló fényzáró henger egyetlen egységbe van összeépítve. A felcsévélést és a továbbítást végző henger tengelyét megfelelő áttétellel egy 6 V-os motor hajtja meg. A hajtó rész később részletezendő okokból kifolyólag külön egységet alkot, amely kardánhajtással csatlakozik a papírtovábbító henger tengelyéhez.

felelő réseken keresztül haladva a galvanométer tükreire jut. A tükörről visszavert sugár áthalad egy lencsén, amelynek fókusza a fényérzékeny papírra van beállítva. Ez az optikai berendezés a fényérzékeny papírra keskeny, hosszú, a papír haladási irányával párhuzamos fénycsíkot ad. A fényérzékeny papír előtt egy, a papír haladási irányára merőleges tengelyű hengerlencsét úgy helyeztünk el, hogy fókusza a papírra essék. Így a fényforrás pontszerű képe jelenik meg a fényérzékeny papíron.

A hengerlencse előtt megfelelően elhelyezett siktükörrel a fénynyaláb egy részét felvetítjük a fedőlap egy részében elhelyezett skálára. Így a galvanométer helyzete szemmel is megfigyelhető.

Áramköri felépítés

Miként a bevezetőben jeleztük, a regisztráló dobozt úgy terveztük, hogy egyetlen egységben legyen egyesítve minden áramköri elem, amely két tetszőleges irányú tellurikus komponens regisztrálásához szükséges.

Az előkompenzációhoz szükséges feszültséget 1,5 V-os rúdelem által táplált feszültségelosztó szolgáltatja. Megoldásában két lehetőségünk volt.

Az egyik, hogy három kapcsológomb segítségével 1 mV-os lépésekben állítsuk elő 0 és + 500 mV között a szükséges feszültséget. Kapcsolási vázlatát a 3. ábra mutatja.

Ez a megoldás alapján véve hidkapcsolás, amelynek egyik pár szemben levő sarkát 1,5 V-tal tápláljuk, a másik pár sarokról vesszük le a kívánt feszültséget. Előnye, hogy még a legnagyobb (500 mV) feszültség levétele esetén is 1 mV pontosság érhető el. Hátránya, hogy elkészítése igen nagy munkát jelent, mert minden ellenállás más értékű.

Ha megelégszünk azzal, hogy a 10 és 1 mV-os ellenállás-láncot egy-egy megfelelő ellenállású huzalpotencióméterrel helyettesítjük, amelyeken a mV értékeket kalibrációval határozhatjuk meg, akkor a mV-híd felépítése egyszerű és előnyös tulajdonságai megmaradnak.

A második megoldási lehetőség a tereppotencióméterekben általánosan alkalmazott dekadellenállás-láncot felhasználó feszültségosztó. Előnye az, hogy felépítése egyszerű, ellenállásai kerek értékek (1 Ω , 10 Ω) és csoportonként egyenlők. Hátránya, hogy az 500 mV-os (pontosabban 495 mV) mérés határon belül a leadott feszültség csak 5 mV-onként változtatható, ami itt nem kielégítő.

Mégis az utóbbi megoldást alkalmaztuk, mert tapasztalataink szerint az észlelési pontok szokásos távolságán (500–1000 m) a kompenzálható állandó feszültség nem haladja meg a 100 mV-ot. Ezen a feszültség-határon belül pedig a második kapcsolás egyenértékű az előzővel.

Az alkalmazott kapcsolás teljes vázlatát a 4. ábrán láthatjuk.

Bár nem tartozik szigorúan az áramköri felépítéshez, mégis itt jegyezzük meg, hogy minden elektromos szerelvény és huzal a készülék felső lapjára, míg az optikai berendezés minden eleme a fenéklapra van szerelve. A fedő- és fenéklapra szerelt egységek között a szükséges elektromos kontaktusokat dugaszoló csatlakozókkal valósítjuk meg. Ezzel elérhető, hogy a fedőlap teljes levétele után az optikai elemek jól hozzáférhetők és állíthatók, az elektromos szerelvények könnyen javíthatók.

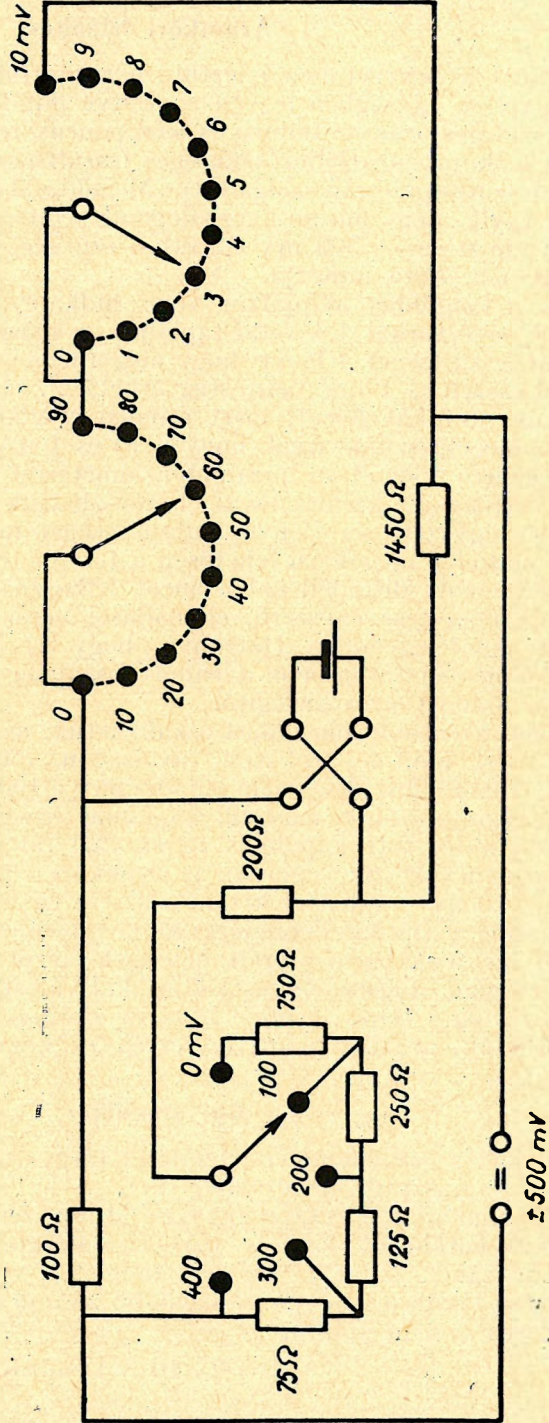
Galvanométer

Mielőtt a galvanométer felépítését tárgyalnók, vizsgáljuk meg a vele szemben támasztott követelményeket.

Irodalmi adatok és saját tapasztalatunk szerint a tellurikus áramokból származó potenciálkülönbség 0,5–15 mV/km körül van. Biztonságos regisztrálásához tehát olyan galvanométer szükséges, amely az adott regisztráló távolságon 1 mV-ra legalább 25 mm kitérést ad. Ez átszámítva a szokásos mm/m alakra,

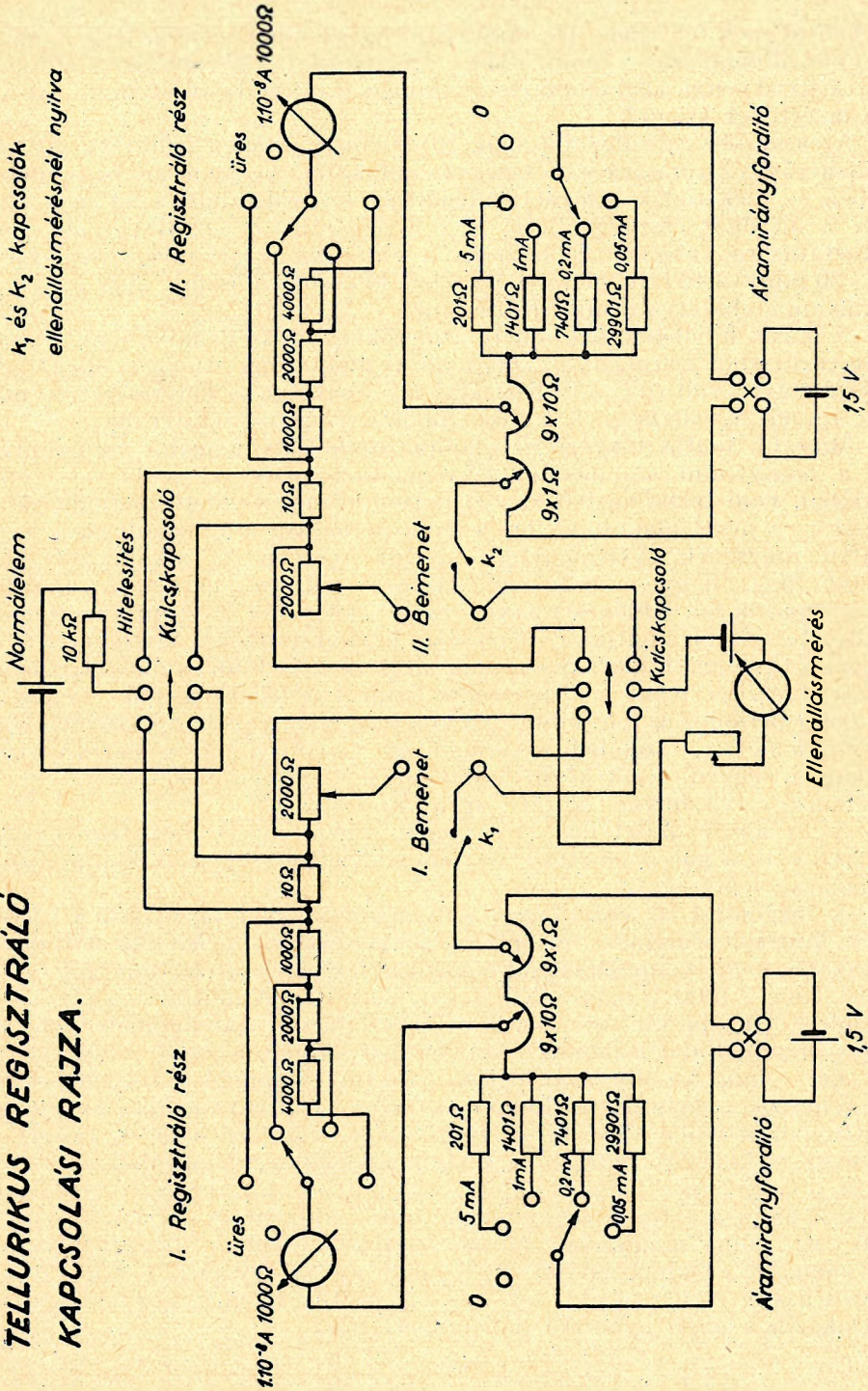
$$\epsilon = 2 \cdot 10^{-5} \text{ V mm/m}$$

FESZÜLTÉSÉKOMPENZÁTOR $\pm 500 \text{ mV}$ -ig



3. ábra.

**TELLURIKUS REGISZTRÁLÓ
KAPCSOLÁSI RAJZA.**



4. ábra.

érzékenységek felel meg. Ha másrésről figyelembe vesszük, hogy a mérő áramkör ellenállását — mint alább látni fogjuk — 10^4 ohmnál kisebbnek nem célszerű venni, a galvanométer szükséges áramérzékenységeül $2 \cdot 10^{-9}$ A mm/m értéket kapunk.

Az áramkör összellenállásának $10^4 \Omega$ körüli értéken való tartását két hibalehetőség kizárására való törekvés indokolja. Az egyik az, hogy mérés közben az elektródák átmeneti ellenállása megváltozhat, s ha nem elég nagy a mérőkör összellenállása, ez a regisztrálás érzékenységeinek megváltoztatására vezethet. E hibának a fellépése az aránylag rövid ideig (15–30 min) tartó terepmérések esetében kevésbé valószínű, mint a hosszú időtartamú obszervatóriumi méréseknél.

A másik hibalehetőség, amely a mérőkörök összellenállásának alacsony tartásából származik az, hogy ha az elektródák átmeneti ellenállása helyről helyre változik, a regisztrálás érzékenysége is helyről helyre más lesz. Ennek a nehézségnek a kiküszöbölésére még visszatérünk.

Második fontos tényező az alkalmazandó galvanométer szempontjából a regisztrálni szándékolt frekvenciatartomány. Régebbi felvételek általában nem tartalmazznak 5–20 másodpercnél rövidebb periódusokat. Ebből az a nézet alakult ki, hogy ilyen periódusú áramingadozások egyáltalán nincsenek. Véleményünk szerint részben az alkalmazott műszertől függ, hogy a tellurikus áramok milyen periódusú ingadozásait vesszük fel. Különösen érvényes ez akkor, ha a tellurikus áramok fogalmát egy kissé tágítjuk és nemcsak a kozmikus okokra visszavezethető, hanem a távolfekvő ipari centrumok által okozott földi áramokat is beleértjük. Célszerű tehát a regisztrálás határát a lehetőségekhez képest a rövidebb periódusok felé kiterjeszteni. Nem elhanyagolható követelmény a galvanométerrel szemben az sem, hogy terepbíró, rázásmentes és túlterhelhető legyen. Ezek közül különösen a rázásmentesség az, amely az alkalmazási viszonyok között igen fontos.

A felsorolt feltételek egymásnak ellentmondó követelményeket támasztanak a galvanométerrel szemben. Kielégítésük csak kompromisszum árán lehetséges.

A megoldást az oszcillográf galvanométerekkel igyekeztünk elérni. Ezek önfrekvenciájának megfelelő csökkentésével, belső ellenállásának (a tekercs menetszám számának) jelentős növelésével elértünk egy olyan típust, amely 1000Ω belső ellenállás mellett 10^{-8} A mm/m érzékenységgű, és önfrekvenciája kb. 5 c/sec. Ez az oszcillográf galvanométer kb. fél nagyságrenddel alatta marad a követelményekben megjelölt érzékenységeknek, de — mint később látni fogjuk — bizonyos áramköri módosításokkal érzékenysége mégis kielégítőnek bizonyul. Önfrekvenciája lényegesen felette van az eddig alkalmazott típusoknak, szállíthatósága és túlterhelhetősége is kielégítő. Csupán a rázásmentesség szempontjából nem tesz eleget a kívánalmaknak. A papírt továbbító motor rezgéseit átveszi és szuperponálja a tellurikus áramingadozások rajzára. A hiba kiküszöbölhető lett volna simajárású motor és tökéletesebben kiegyensúlyozott galvanométer alkalmazásával. Mi azonban azt az egyszerűbb utat jártuk, hogy a hajtó részt független egységnek képeztük ki, mely kardánhajtással csatlakozik a papírtovábbító dob tengelyéhez.

Az így kialakított galvanométer-regisztráló egységgel kifogástalan felvételeket nyerhetünk.

Az alkalmazott galvanométer metszetét az 5. ábra mutatja. Az eszköz teljes kapcsolási vázlatából (4. ábra) láthatjuk, hogy a galvanométerrel néhány nagyobb ellenállás kapcsolható sorba. Ezek célja a galvanométer védelme és az első beállítás megkönnyítése. Az érzékenység ellenőrzése, illetőleg beállítása külön erre a célra heépített áramkörrökkel történik.

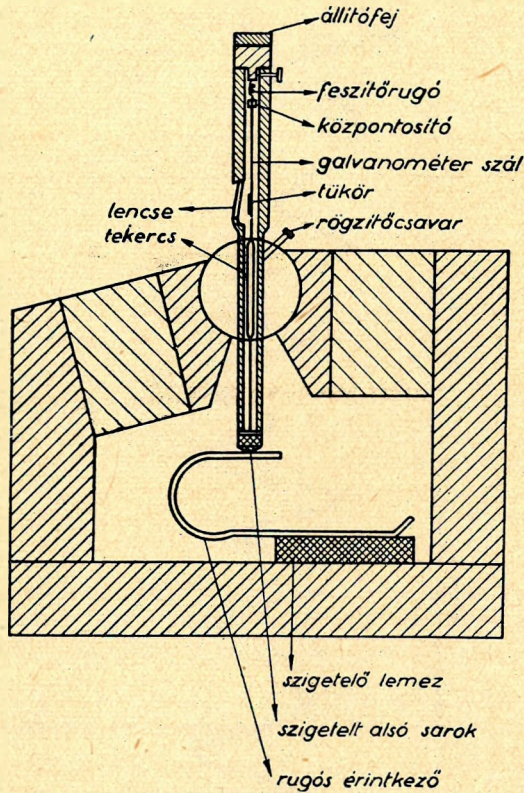
Segédáramkörök

Kapcsolási rajzunkon a mérés céljait közvetlenül szolgáló áramköri elemeken kívül még két feladat megoldására alkalmas egyiséget látunk:

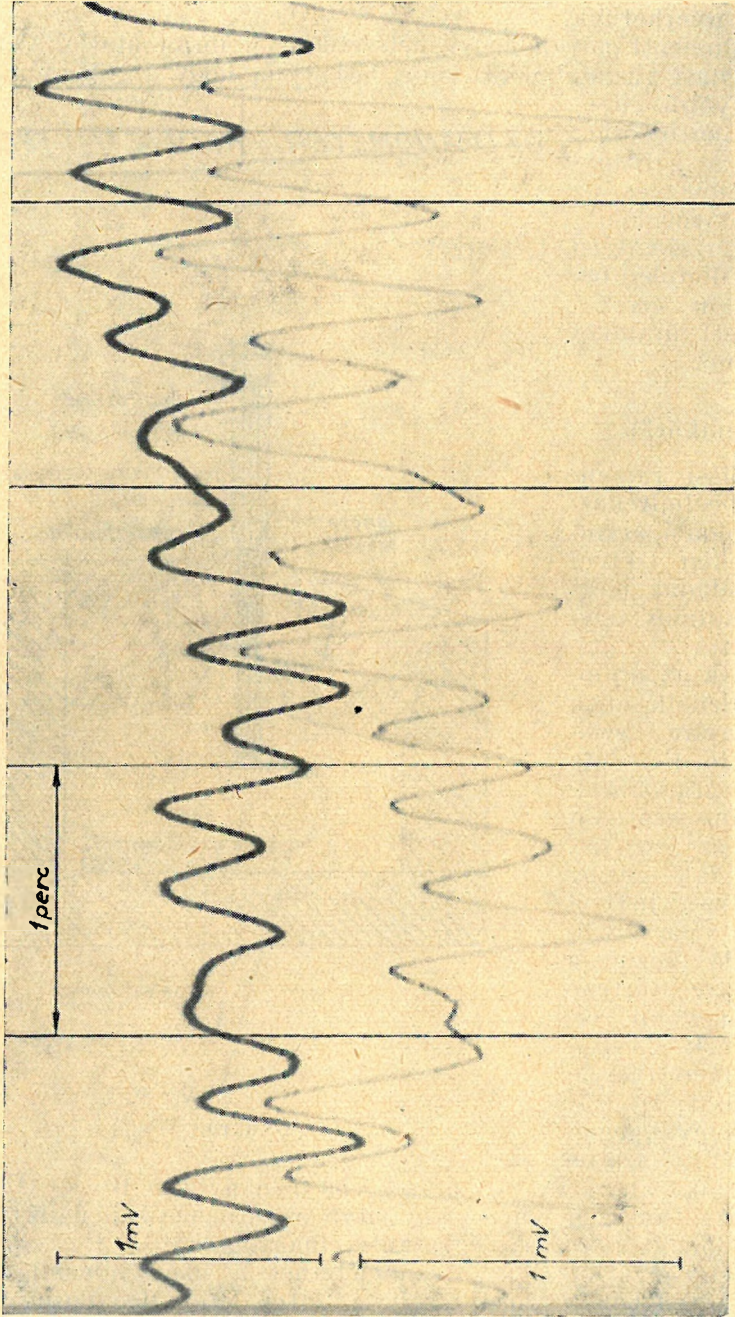
Az egyik az áramkör összellenállásának meghatározására szolgáló ohmmérő. Feladata az, hogy az áramkör ellenállásviszonyairól tájékoztassa az észlelőt. Az elektródák átmeneti ellenállása helyről helyre és időben is változik. Ezek közül a helyről helyre történő változás nagyobb értékű. Ezeknek a változásoknak a mérésre gyakorolt hatását 10^{-9} A mm/m érzékenységű galvanométernél azáltal

küszöbölhetjük ki, hogy az áramkörbe néhányszor $10\text{ k}\Omega$ állandó ellenállást iktatunk, melyhez viszonyítva az átmeneti ellenállás helytől függő és időbeli változása egyaránt elhanyagolható. Egy nagyságrenddel kisebb érzékenységű galvanométernél a nagy ellenállás alkalmazása nem engedhető meg, ezért az átmeneti ellenállások különbözőségét úgy tesszük gyakorlatilag hatástalanná, hogy a teljes kör

GALVANOMÉTER KERESZTMETSZETE



5. ábra.



6. ábra.

ellenállását egy beépített potencióméterrel mindig közel állandó értékre állítjuk be. Ez az érték tapasztalataink szerint 1000 Ω -tól 2000 Ω -ig terjedhet. Ezt az ellenállásértéket a galvanométer kritikus csillapításának biztosítása végett is célszerű beállítanunk. Az átmeneti ellenállásnak időbeli változása kísértékű (az eddigi tapasztalatok alapján maximálisan 20 Ω), amely még az így beállított ellenállás mellett is elhanyagolható.

Ez a szabályozás nagy pontossággal végrehajtva teljesen azonos galvanométer érzékenység mellett a felvett görbék összemérhetőségét (azonos mV léptékét) biztosítaná. A galvanométerek érzékenysége azonban nem tökéletesen azonos. Továbbá az ellenállás beállítása sem történik olyan nagy pontossággal, hogy az a mérések alapjául szolgálhatna, azért szükség van az áramkörök mV-ra történő hitelesítésére. A hitelesítő áramkör egy normálemet, egy árambeállító ellenállást (1% pontos), egy kulcskapcsolót és egy-egy 10 Ω -os hiteles ellenállást tartalmaz. Ez utóbbiak állandóan be vannak építve a mérésre szolgáló áramkörökbe. A kulcskapcsoló egyik, illetve másik szélső állásában 100 μ A áramot kapcsol a hitelesítendő körben levő 10 Ω ellenálláson át. Így ezen 1 mV feszültség-esés keletkezik, amely a galvanométert kitéríti (a párhuzamosan kötött 1000–2000 Ω -ot elhanyagolhatónak tekinthettük).

Kapcsolási rajzunk nem tartalmazza az időjel áramkörét. Ez egy 1,5 V-os televellel sorbakötött izzó, amelynek áramkörét egy kontakt kronométer percenként zárja.

A leírt berendezés az 1954. évben végzett kísérletek alapján vette fel jelenlegi formáját.

A terepen felvett szelvényekre jellemző példát a 6. ábra ad.

I R O D A L O M

1. M. SCHLUMBERGER: The Application of Telluric Currents to Surface Prospecting. Trans of Am. Geoph. Union 20th Annual Meeting Part 3 p 271 1939.
2. DAHLBERG: An Investigation of Natural Earth Currents Geophysics X oct. 1945.
3. L. MIGAUX: Une Méthode nouvelle de géophysique appliquée: La prospection par courants telluriques Ann. de Géophysique Vol. 2 pp 131–146
4. L. MIGAUX: Quelques exemples d'application de la Méthode Tellurique
5. C. BOISSONNAS and E. G. LEONARDON: Geophysical exploration by telluric currents with special reference to a survey of the Haynesville salt dome, Wood County Texas. Geophysics. (1948. VIII.)
6. G. PORSTENDORFER: Tellurik, Grundlagen und Anwendungen. 1954. Freiburger Forschungshefte. (C 16. Geophysik)

TARTALOM

<i>Erkel András és Bod Magdolna</i> : A gerjesztett potenciálmérések eredményeinek kiértékelése, tekintettel a laboratóriumi kőzetvizsgálatokra	3
<i>Lassovszky Károly</i> : A Föld deformációs együtthatójának meghatározása graviméterészlelésekből	18
<i>Oszlaczky Szilárd</i> : Gravimetrikus tömeghatási és térképhatási táblázatok	27
<i>Posgay Károly és Annau Edgar</i> : Szeizmikus rezgéshullámok diffrakciója	46
<i>Sebestyén Károly</i> : Tellurikus áram regisztráló berendezés	53

CONTENTS

<i>A. Erkel—M. Bod</i> : Interpretation the results of induced potential measurements with respect to laboratory experiments	3
<i>K. Lassovszky</i> : Die Bestimmung des Deformationskoeffizienten der Erde aus Gravimeterbeobachtungen	18
<i>Sz. Oszlaczky</i> : Tables for the gravimetric effects of cylindric masses	27
<i>K. Posgay—E. Annau</i> : Diffraction of seismic waves	46
<i>K. Sebestyén</i> : Telluric current recording apparatus	53