

Hobos János

MAGYAR

# Geofizika



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA  
BUDAPEST, 1964. V. ÉVFOLYAM 1—2. SZÁM

# MAGYAR GEOFIZIKA

a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE folyóirata

V. évfolyam

1—2. szám

*Szerkesztőség*

Magyar Geofizikusok Egyesülete,  
Budapest V., Szabadság tér 17.  
Telefon: 118—476

*Felelős szerkesztő*

Dr. SEBESTYÉN KÁROLY

*Szerkesztő bizottság*

BENCZE PÁL  
CZEGLÉDI ISTVÁN  
Dr. RENNER JÁNOS

*Felelős kiadó*

SOLT SÁNDOR

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Bese Vilmos:</i> A IX. Szimpózium ünnepi megnyitója .....	1
<i>Steiner Ferenc:</i> A felületi interpoláció módszerének összehasonlítása a gravitációs másodlagos anomáliák meghatározásának néhány ismert eljárásával .....	3
<i>Márton P.—Szemerédy P.—Vörös I.:</i> Hazai paleomágneses vizsgálatok .....	9
<i>Ádám Antal—Bencze Pál:</i> A térváltozások szélső értékei közötti különbségeknek abszolút értékét összegező műszer (ún. totális számláló) tellurikus és magnetotellurikus kutatásokhoz .....	15
<i>Tárczy-Hornoch Antal:</i> A robbantási töltet és a beérkező jel amplitúdója közötti összefüggés .....	21
<i>Bisztricsány E.—Kiss Z.—Molnár K.:</i> Robbantással keltett felületi hullámok vizsgálata .....	26
<i>Bádonyi G.—Kovács B.:</i> Mágneses jelrögzítés alkalmazása a szeizmikus kutatásban .....	33
<i>Ádám Oszkár:</i> Szeizmikus felszíni zavarhullámok (ground roll) dinamikai tulajdonságainak vizsgálata .....	39
<i>Sághy György—Ujfalussy Antal:</i> A refraktált hullámok útidőgörbéin alapuló átlagsebességmeghatározási módszerek vizsgálata és alkalmazása a kisalföldi és a Hajdúszoboszló környéki szeizmikus kutatásoknál .....	51
<i>Andrássy László—Sebestyén Károly:</i> Térfogatsúly meghatározása és alkalmazási lehetőségei fúrólukokban	67
<i>Th. Richter—W. Münchow:</i> Über einige Ergebnisse von Modellmessungen zur Lösung der direkten gravimetrischen und magnetischen Aufgabe .....	74
<i>J. H. Grohe:</i> Mélyfúrások folytonos szelvényezése ultrahang segítségével (Akustiklog, Cementlog) .....	75
<i>Salát Péter:</i> Az artézi kutak vizének lehülése kifolyáskor	86
Egyesületi hírek .....	97

MAGYAR GEOFIZIKA

Felelős szerkesztő: Dr. Sebestyén Károly

Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, Budapest V., Bajcsy Zsilinszky út 22. Telefon : 113—450.

Felelős kiadó: Solt Sándor

Ez a folyóirat az MSZ szerint 700 példányban készült

Terjeszti: MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Megrendelhető egész évre 16,— Ft előfizetési áron, mely összeg a MTESZ 171.249—70. sz. csekkszámlijára fizetendő be.

64.514. Állami Nyomda, Budapest

# A IX. Szimpózium ünnepi megnyitója

BESE VILMOS

a Magyar Geofizikusok Egyesülete elnöke

Engedjék meg, hogy a Magyar Geofizikusok Egyesülete vezetősége nevében meleg szeretettel üdvözljem Önöket. Külön szeretettel üdvözlöm kedves külföldi vendégeinket, akik eljöttek hozzánk, hogy részvételükkel, előadásaikkal és hozzászólásaikkal ezen Szimpózium színvonalát emeljék.

Immár kilencedik alkalommal ül össze a magyar geofizikusok népes tábora, valamint a külföldi geofizikai kutatások képviselői, hogy beszámoljanak kutatásaik legújabb eredményeiről. Kölsönösen átadják, illetve átvegyék egymás tapasztalatait. Ezek az egyre nagyobb érdeklődésre számot tartó megbeszélések, mint minden évben így ebben az esztendőben is két nagy tárgykör köré csoportosulnak.

Egyik, évről évre visszatérő gondolkör a Kárpát-medencék kutatásához, nagytektonikai elképzelések geofizikai alátámasztásához, nyersanyagkutatás legújabb kereteinek megállapításához kapcsolódik. Ez a témakör, évről évre újabb eredményekről számolhat be, mert az egyre közvetlenebbé váló nemzetközi kapcsolatok megadják a lehetőségét az egyes országokon belül folytatott kutatások kölcsönös megismerésének. A mérési tevékenységek nem záródnak le egy-egy országhatár közelében, hanem kölcsönös összemérések alapján lehetővé válik kiterjesztésük több országot magában foglaló területekre, egységes megszerkesztésükre. Ez így is van rendjén, mert a Föld mélyében elhelyezkedő tektonikai alakzatok: a nagy medencék, a hegyvonulatok, a nagy törésvonalak stb. nem alkalmazkodnak a politikai határokhöz. Teljes kép alkotása csak közös kutatásokkal lehetséges.

Ezeknek a közös kutatásoknak a kialakulásában természetesen nemcsak szakmai szükségességük felismerése a döntő. Ez a felismerés a szakemberek részéről többé-kevésbé világos fogalmazásban már hosszú évek, sőt évtizedek óta megvan. Hogy mégis most kezdenek konkrét valósággá válni, annak politikai és gazdaságpolitikai okai vannak. Az egyik legfontosabb tény az, hogy a szocialista tábor népeinek tudata ma már elérte azt a fejlettségi fokot, mely saját fejlődésének egyik sarkalatos követelményét látja a másik ország fejlődésében. A kölcsönös előrehaladás záloga az együttműködés. Együttműködés gazdasági és tudományos téren egyaránt. Ennek a törekvésnek megvalósulása gazdasági téren a Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa, a KGST, tudományos vonatkozásban pedig az együttműködés szervezett vagy spontán formái.

Szimpóziumunk másik nagy témaköre a nyersanyagkutatás új módszereinek, műszereinek, és az ezzel végzett kutatások kiértékelési eljárásainak megválogatása. Évről évre bemutatásra kerülnek új eljárások, új műszerek. De

ha figyelemmel kísérjük ezek témáit, gyakran tapasztaljuk, hogy az azonos kutatási célok felé a szocialista tábor több országában folynak kutatások anélkül, hogy a megfelelő koordináció megvolna.

Egy-egy nemzetközi rendezvény, így a mi évről évre visszatérő szimpóziუმunk jó alkalom arra, hogy egymás kutatási eredményeit, törekvéseit megismerjük. A hallottakat a magunk kutatásaival összehasonlítsuk. A megbeszélések, hozzászólások során bizonyos egyeztetést hajtsunk végre.

Ez azonban nem minden, amit a szocialista tábor kutatásainak leggyorsabb előreviteléhez megtehetünk és meg is kell tennünk. Célunk a gyakorlati geofizikai kutatások területén is a legszorosabb kooperáció megvalósítása kell, hogy legyen. Ahogy termelés vonatkozásában a szakosítás, a termelési feladatok optimális elosztása az út, ugyanígy a kutatások — ezeken belül a geofizikai kutatások — végzésében is a legszorosabb kooperáció kialakítása és a feladatok szakosítása szükséges.

Addig is, amíg ennek megvalósítása lehetővé válik, fokoznunk kell nemzetközi tanácskozásaink számát az együttműködés kialakítása céljából.

Kívánom, hogy ez a Szimpóziუმ mindnyájunk számára hasznos legyen és elősegítse kapcsolataink még szorosabbá válását.

Abban a reményben nyitom meg a Magyar Geofizikusok Egyesülete kilencedik szimpóziუმát, hogy ez a tanácskozás is hathatósan szolgálja előbb vázolt céljainkat.

Kérem Kedves Vendégeinket, hogy érezzék magukat olyan jól itt nálunk, mint amilyen szeretettel fogadjuk Önöket. Szabad idejükben nézzék meg szép Budapestünket, amire mi büszkék vagyunk, és mindazt, ami felkelti érdeklődésüket.

Végezetül fel kívánom hívni Kedves Vendégeink figyelmét az 1964. évben a Magyar Geofizikusok Egyesülete fennállásának 10. éves évfordulóján rendezendő szimpóziუმra, illetőleg ünnepeinkre, amelyet a mostaninál sokkal szélesebb körben kívánunk megrendezni és amelyre szeretettel várunk minden érdeklődőt.

# A felületi interpoláció módszerének összehasonlítása a gravitációs másodlagos anomáliák meghatározásának néhány ismert eljárásával\*

STEINER FERENC

Испытания, показанные в первой части доклада указывают на то, что испытание продуктивности методов вторичной обработки требует изменения минимально одного параметра; принятие единственного распределения густоты или распорядка материальной точки может быть обманчивым.

Учитывая это, мы испытывали метод поверхностной интерполяции на одном теоретическом примере нелинейного регионального поля. Метод оказался в несколько раз более производительным по сравнению с несколькими знакомыми методами второстепенной обработки.

The tests presented in the first part of lecture show that capacity testing of „secondary„ methods requires of changing one parameter at least; it may be deceptive to take a single density distribution or mass point arrangement.

Taking it into consideration, we have investigated method of surface interpolation on a theoretical example of a nonlinear regional field. The method proved multiple efficient in comparison with some known „secondary„ methods.

Az ún. másodlagos módszereknek a graviméteres mérések feldolgozásában az a feladatuk, hogy – másodlagos anomáliatérképek szerkesztése útján, – a mérési terület alatti gravitációs hatókról, a Bouguer-anomália-

térképhez viszonyítva, többletinformációkat szolgáltatassanak.

„Információ” alatt itt az értelmező számára közvetlenül adott, ill. felhasználható információt értjük; az anomália (s vele együtt a ható) pusztá-

\* A felületi interpoláció módszerének ismertetését tartalmazó dolgozat a Geofisica Pura e Applicata c. folyóiratban jelent meg (Bd. 56, 1963/III., Über einige Methoden der „sekundären” gravimetrischen Auswertung – címmel). – A módszer különböző nagyságú, körgyűrű alakú területen mért  $g$ -értékekből interpolál a középpontra, s ezt regionális értéknek tekinti. Az interpoláció alapja a  $\bar{g}(r)$  körátlagokra ismert,  $r$ -ben negyedfokú közelítő

polinom; a körátlagok meghatározása négyzet-háló feltételezésével körönként 8–8 pont  $g$ -értékekből történik. A szokásos  $s$ ;  $s \cdot \sqrt{2}$  és  $s \cdot \sqrt{5}$  sugarú körök csak a mérési pontosság szempontjából hibajellegű komponens szeparálását szolgálják. A módszer, lényegét illetően, a „smoothing”-eljárással, technikai kivitelére nézve a számítási módszerekkel tart rokonságot.

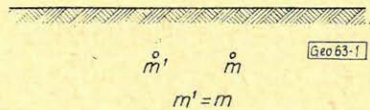
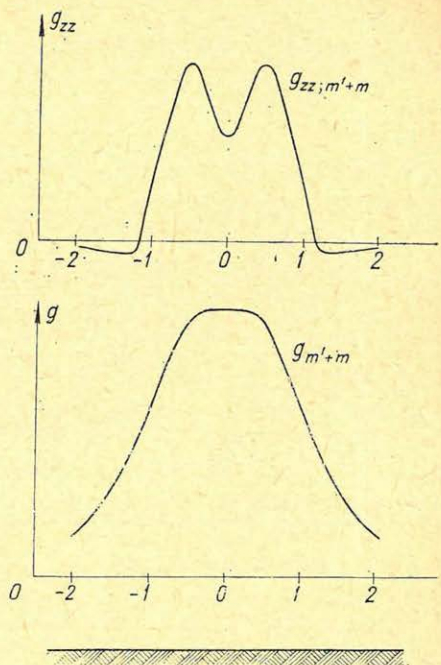
létezésén kívül érthetjük alatta az anomália helyének, ill. körvonalainak pontosabb megadását is.

A másodlagos feldolgozási módszerek egyik válfaja, grafikus úton vagy számolással, két összetevőre bontja a Bouguer-térképet. Az egyik térkép a kiterjedésükre nézve nagyobb, ún. regionális anomáliákat, a másik térkép a kis kiterjedésű anomáliákat tartalmazza. Ezek a „residual”-eljárások. A másik módszer-csoport a gravitációs potenciál bizonyos deriváltjainak közelítő értékeit szolgáltatja a relatív  $g$ -értékekből. Ekkor természetesen „magasabb deriváltak módszereiről” vagy egyszerűen  $g_{zz}$  vagy  $g_z$ -módszerekről beszélünk.

Nem tekintendő szórványosan előforduló esetnek, hogy a gyakorlati szakember a másodlagos módszeralkalmazás eredményességével nincs teljesen megelégedve. Ennek egyik oka feltétlenül az, hogy a másodlagos anomáliaszámítás több megoldatlan problémával küzd. Másik ok: az irodalomban található egyes elméleti példák alkalmasak arra, hogy a másodlagos módszerekkel kapcsolatban túlzottan vérmes reményeket keltsenek.

Ez utóbbival foglalkozunk ezúttal, bevezetesként, egy példa analízise kapcsán. E megfontolásokkal tulajdonképpen célunk az, hogy a levonható tanulság alapján szerkesztett elméleti példára támaszkodva teljesítőképeségi vizsgálataink elkerülhessék az egyoldalúság veszélyét, azaz hogy eredményünknek objektív értéke legyen.

Tekintsük az 1. ábra alján látható tömegpontelrendezést. A másodlagos anomáliaszámítás hatékony voltát ezen a példán mutatja be Hergerdt (Gerlands Beiträge zur Geophysik, 66, 1957.), összehasonlítva az adódó  $g_{zz}$ - és  $g$ -értékeket. Az 1. ábrán ezt az összehasonlítást szelvényekkel mutatjuk be. A kiolvasható következtetés mindkét esetben: két egyenlő tö-

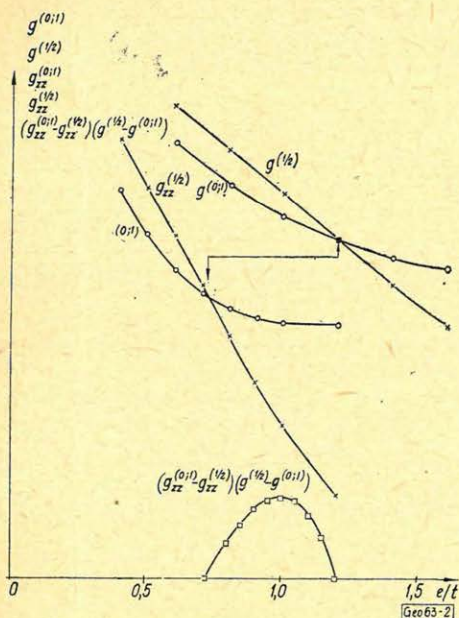


1. ábra

megpont hatását, melyek egymástól mért távolsága mélységükkel egyezik meg, a  $g$ -térképen nem tudjuk elkülöníteni, míg a  $g_{zz}$ -izovonalak két határozottan különálló maximumot zárnak körül.

A 2. ábra alapján vizsgáljuk meg, hogy ez a kedvező eset mennyire tekinthető átlagosnak. A két tömegpont távolságára különböző értékeket veszünk fel. Az abszcissza a két pont  $e$  távolságának és  $t$  mélységének hányadosa, az ordináták azok a  $g$ , ill.  $g_{zz}$ -értékek, melyek a két tömegpont epicentrumának szimmetriapontjára, ill. az egyik epicentrumra vonatkoznak (a felsorolás sorrendjében  $g^{(1/2)}, g^{(0;1)}, g_{zz}^{(1/2)}, g_{zz}^{(0;1)}$ ). A  $g_{zz}$ -kép csak akkor bontja fel a két hatást az epicentrumokra nézve, ha

$$g_{zz}^{(0;1)} > g_{zz}^{(1/2)},$$



2. ábra

tehát csak 0,72-nél nagyobb abszcisszaértékektől kezdődően. — Az 1,2 feletti abszcisszáknál azonban már fennáll

$$g^{(0;1)} > g^{(1/2)}$$

is, tehát ekkor már a  $g$ -képben is két különálló maximum jelentkezik. — A módszer tehát feladatát (melyet itt úgy fogalmazhatunk meg, hogy a két tömegpontnak a  $g$ -képben egységes maximumként jelentkező hatását kell két különálló maximumra bontania), — csak a távolság/mélység arány 0,72 és 1,2 közötti értékeinél oldhatja, ill. oldja meg.

Értelmezzük  $e/t$ -nek erre a tartományára egy pillanatra a következő segédmennyiséget:

$$(g_{zz}^{(0;1)} - g_{zz}^{(1/2)}) \cdot (g^{(1/2)} - g^{(0;1)}).$$

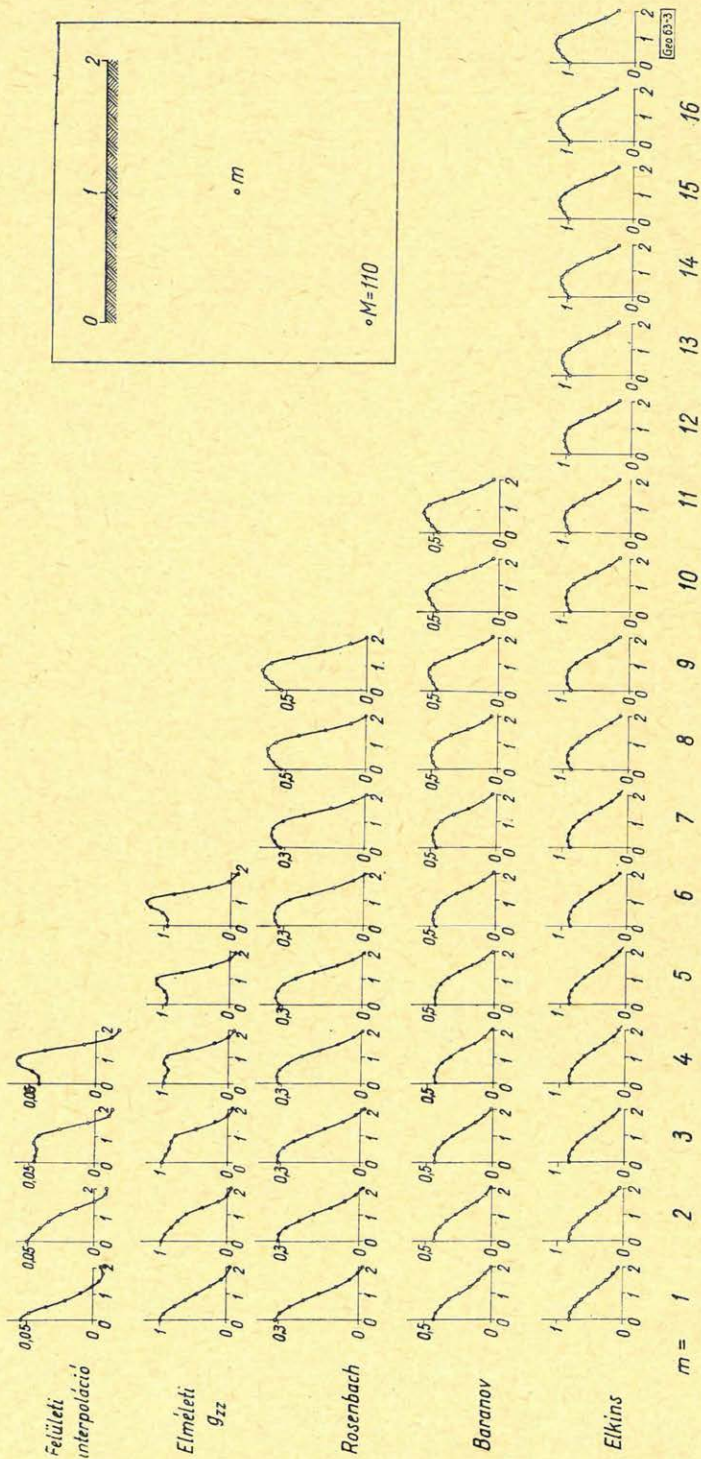
Ez a mennyiség a  $g_{zz}$ -kép által nyújtott,  $g$ -képre vonatkoztatott többletinformáció nagyságáról tájékoztat (a fenti feladat-megfogalmazás értelmében). A 2. ábrán ezt a segédmennyiséget is ábrázoltuk. Maximumát

$e/t = 1,0$ -nél éri el. — Két azonos mélységben levő azonos tömegpontnál tehát az az egymástól mért távolság, melyet Hergerdt tárgyal, a lehető legkedvezőbb eset. Éppen ezért átlagos esetre nem tekinthető mérvadónak.

Magára a közölt példára levont konklúzió túlmenően a fenti gondolatmenetből egy általános és fontos következtetést szűrünk le: másodlagos módszerek esetében, példán történő összehasonlítás csak valamelyik paraméter (reális értéktartományon belüli) változtatásával lehet alkalmas gyakorlatilag hasznosítható következtetések levonására.

\*

A fentiek mellett a példa megválasztásakor szem előtt kell tartanunk azt az ismert körülményt is, hogy a másodlagos anomáliák meghatározási gyakorlatában a problémát a lineáristól eltérő regionális terek esete jelenti. Ezért a regionális hatás okát a lineáristól legjobban eltérő teret adó egyszerű alakzattal: pontszerű tömeggel reprezentáljuk, szintén pontszerűnek elképzelt lokális ható mellett. — A tömegek mélységaránya nem lehet 1 körüli, mert ekkor regionális hatásról még összehasonlító értelemben sem beszélhetünk. Ha azonban a mélységarányt túlságosan nagyra választjuk, a lokális ható jelentkezésének területe egyre kisebb a regionális hatás kiterjedéséhez viszonyítva; ennél fogva a regionális hatás a lokális ható jelentkezésének területén egyre jobban közelíthető egyenközű párhuzamos egyenesekkel. Ez utóbbi a másodlagos feldolgozás szemszögéből problémamentes eset. — A fentiek miatt mélységarányunk 2-t választottuk. Teljesen hasonló megfontolással választottuk az epicentrumok távolságát a lokális ható mélységével azonosnak. Egyben ezt a távolságot tekintjük a továbbiakban a távolság egységének is. A regionális



3. ábra



ható tömege 100 egység, a lokális ható tömegét rendre 1, 2, 3, etc.-nak választjuk. Így tehát a példa változó paramétere a tömegarány.

A példát a 3. ábrán, a jobb felső sarokban szemléltettük. Ha meggondoljuk, hogy a 100 egységnyi tömeg alaphegység-felboltozódást reprezentálhat, a változó értékű  $m$  tömeg pedig az üledékes rétegek elhelyezkedéséből származó lokális gravitációs effektus hatása lehet, akkor kitűnik, hogy a példa egy tipikus nyersanyag-kutatási (pontosabban szénhidrogén-kutatási) szempontból fontos esetet modellez.

A másodlagos anomáliák értékeit egy az epicentrumokon áthaladó, 2 egységnyi hosszúságú, a lokális ható epicentrumára szimmetrikusan elhelyezkedő szelvény mentén, 0,25 egységnyi lépéstávolsággal számítottuk ki. A körhármasok legkisebb körének sugara az egység. — A felületi interpoláció számításánál és a többi módszerénél is a körátlagokat a másodlagos feldolgozás irodalmából jól ismert Elkins-cikkben található formulával számítottuk (Geophysics 16, 1951).

A 3. ábrán a különböző módszerekhez és különböző  $m$ -értékekhez tartozó szelvényeket rajzoltuk fel. (Az ordinátán tetszőleges egységet alkalmaztunk minden esetben; a görbe lefutására és így a következtetésekre természetesen ez nincs semmiféle befolyással.) Minden módszernél addig a minimális  $m$ -értékig tüntettük fel a szelvényeket, amelynél a görbe pontjainak maximális értéke legalább 20%-kal több a regionális ható epicentrumában jelentkező értéknél. (A 20%-kal való kiemelkedés követelménye minimálisnak tekinthető, ha a meghatározás hibája 10% körüli.)

Az eredmény, ami a felületi interpoláció és a három kiválasztott módszer viszonyának jellegét illeti, várható volt; a számértékeket illetően a vártnál jobb az eredmény; az elmé-

leti  $g_{zz}$ -vel összehasonlítva pedig különösen jónak nevezhető.

A kritérium bizonyos fokú önkényessége miatt a pontos számértékeknek túlzott jelentőséget nem tulajdoníthatunk. Eredményünket tehát a következőképpen foglalhatjuk össze: nem lineáris regionális tér esetén a felületi interpoláció módszere a Rosenbach-módszerhez viszonyítva kétszer, a Baranov-módszerhez viszonyítva háromszor és az Elkins-módszerhez viszonyítva négyszer kisebb lokális tömeg jelenlétében szolgáltat ugyanolyan mértékben kiemelkedő helyi hatást, azaz másodlagos anomáliát.

Mint a görbék lefutásából látható, a másodlagos maximumok értéke a regionális ható epicentruma felé eltolódva jelentkeznek. Adott esetben nem elégedhetünk meg a hatás pusztán indikációjával, hanem arra is súlyt kell helyeznünk, hogy a maximum és a kimutatandó ható epicentrumának távolsága lehetőség szerint egy bizonyos határon belül maradjon. Ha ez a távolság 0,25, számítással könnyen követhető, hogy milyen minimális  $m$ -érték mellett teljesül már a fenti kritérium: a felületi interpolációnál 4,05; az elméleti  $g_{zz}$ -nél 4,9; Rosenbach módszerénél 18; Baranov módszerénél 22 és végül Elkins eljárásánál  $m=36$  esetében. A helyileg kellően pontos anomáliajelentkezés kritériuma tehát még az eddigieknél is előnyösebbnek mutatja a felületi interpoláció módszerének alkalmazását: Rosenbach és Baranov módszere esetében ötször, Elkins eljárásánál kilencszer nagyobb lokális tömegnél határozható csak meg azonos pontossággal a helyi anomália zónája, nem lineáris regionális tér jelenlétében.

A pontos számértékekre mondotakat az elméleti  $g_{zz}$ -nél adódott értékekre is vonatkoztatjuk. Így, bár mindkét kritérium esetében határozottan előnyösebbnek mutatkozik a

felületi interpoláció módszere az elméleti  $g_{zz}$ -vel szemben, mégis az eltérés mértéke nem olyan nagy, hogy különbséget tegyünk a két teljesítőképesség között.

Végül, összehasonlításul, azokat az értékeket is közöljük, melyek a két kritérium alapján az eredeti  $g$ -szelvényekre vonatkoznak. A 20%-os kiemelkedés kritériuma  $m=20$ -nál, a lokális maximum-hely 0,25-nél kisebb eltolódásnak kritériuma  $m=30$ -nál teljesül. Ha ezeket az értékeket az Elkins-módszerre adódó  $m=17$ , ill.  $m=36$ -tal összevetjük, kiderül, hogy közelítőleg sem lineáris regionális tér esetében az Elkins-módszer, az eredeti  $g$ -térképhez viszonyítva, az anomália kiemelése szempontjából alig van hatással. Ugyanakkor azonban ezért a valóban minimális előnyért

az anomália eltolódásával kell fizetnünk.

\*

Eredményeinket a következőkben foglalhatjuk össze:

1. Másodlagos feldolgozási módszerek teljesítőképességi vizsgálata legalább egy paraméter változását igényli; egyetlen konfiguráció felvétele megteveszhető lehet.

2. Nem lineáris tér egy elméleti példáján a felületi interpoláció módszere, a másodlagos feldolgozás néhány ismert eljárásával összehasonlítva, többszörös teljesítőképességűnek mutatkozott.

\*

A fenti dolgozat a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Geofizikai Tanszékén készült.

# Hazai paleomágneses vizsgálatok

MÁRTON P. — SZEMERÉDY P. — VÖRÖS I.\*

*Paleomágneses méréseink megindításához közetgenerátort és lemágnesező berendezést építettünk.*

*Első lépésként hazai magmás kőzeteket óhajtunk feldolgozni. Ezideig a Tapolcai medence és környékének bazaltjairól rendelkezünk mikroszkópi meghatározásokkal kiegészített adatokkal. A vulkáni tevékenység kora a pliocénbe esik. A Tátika csoport bazaltjaiból vett 19 irányított minta alapján a kőzet keletkezési korához tartozó látszólagos földi mágneses pólust az északi szélesség  $78^\circ$  és a keleti hosszúság  $54,8^\circ$  koordináták jellemzik. Az egyéb területekről vett 50 további minta 30%-a többé-kevésbé fordított mágnesezettséget mutat. Egyetlen lávaáron belül is fordulásokat, illetve tetemes irányszórásokat észleltünk. Ennek a jelenségnek tisztázását egyéb közetfizikai vizsgálatok bevezetésével szeretnénk megkísérelni.*

*Для проведения палеомагнитных исследований, сначала было необходимо создать генератор горных пород и демагнитизирующее устройство.*

*В первом этапе работы поставлена задача проводить обработку данных для венгерских магматических пород. В настоящее время в распоряжении авторов имеются сведения о базальтах бассейна Тapolца и прилегающих к ней районов, дополненные микроскопическими определениями. Вулканическая деятельность приурочена к плиоцену. 19 направленных образцов, взятых из базальтов группы горы Татика, свидетельствуют о том, что кажущийся магнитный полюс Земли во время образования пород характеризуется координатами  $78^\circ$  северной широты и  $54,8^\circ$  восточной долготы. 30% дополнительных 50 образцов, взятых в других районах характеризуются более или менее обратной намагниченностью. Даже в пределах единственного потока лавы намечаются повороты или значительные разбросы в направлениях намагничения. Выяснение этого явления требует проведения также и других исследований в области изучения физических свойств горных пород.*

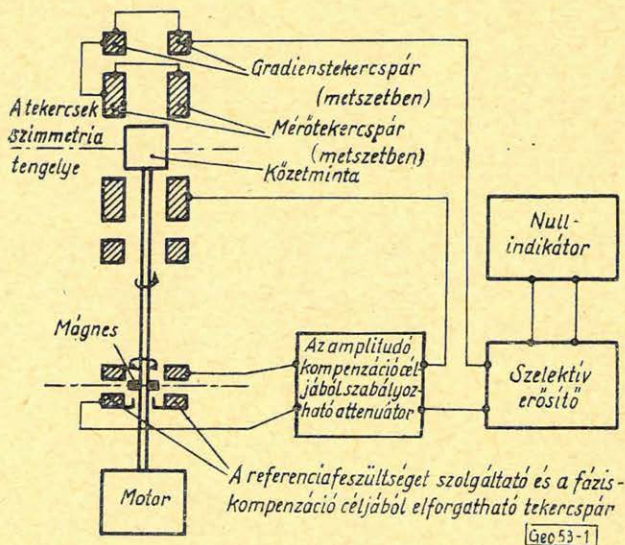
*Authors report on the starting of paleomagnetic investigations in Hungary. The instruments and technics applied are also described. Measurements carried out on a member of Pliocene volcanism in Hungary, the so-called Tátika-group, are shown. For the polar situation of the genesis of this group  $\Phi = 78^\circ$ ,  $\Lambda = 54,8^\circ$  has been obtained.*

## 1. Mérészközök és a mérési módszer

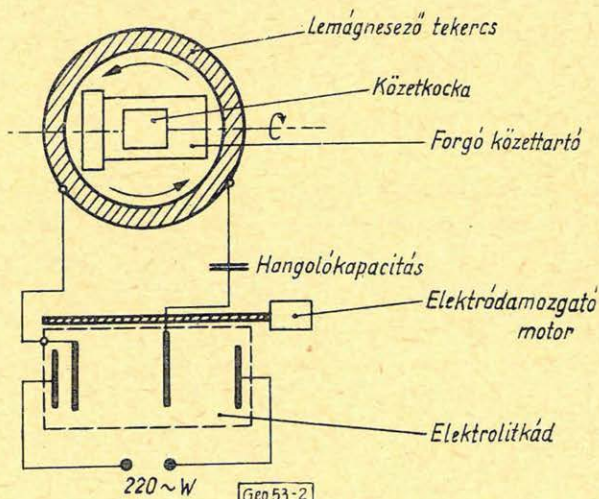
Paleomágneses vizsgálataink elindításához elsősorban a szükséges műszerezettséget kellett megteremtenuünk. Munkahelyünk nagy elektromágneses és mechanikus zajnívója miatt a minták mágnesezettségi vektorának mérésére csak közetgenerátor típusú magnetométer jöhetett számításba, amelynek érzékenységét az említett zajnívó kevésbé korlátozza. Ennek megfelelően egy közepes érzékenységű (max. érzékenység  $10^{-4}$  cgs mágnesezettség és néhány fok irány) közetgenerátort építettünk. Nagy vonalakban ismertette: kis fordulatszámú ( $n = 14$ ), gradienstekerceses megoldású. A mérendő minta  $2,4$  mm élhosszúságú kocka. A mérést nullkompenzációval végezzük a megszokott módon. A nullindikáció pontosságát és a zajoknak a lehetséges mértékben való kiszűrését szelektív erősítő biztosítja. A referencia feszültséget a mintával közös tengelyen forgó mágnes indukálja egy, a fáziskompenzáció céljából elforgatható tekerespárban. A minta mágneses nyomaték vektorára jellemző szögértékeket az említett tekerespár állásáról, az intenzitásértékeket egy csillapítóról lehet leolvasni *I. ábra.*

\* Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai és Ásványtani Tanszéke.

A járulékos mágnesezettségi komponensek eltávolítására váltóáramú lemágnesező berendezést készítettünk, amellyel a lemágnesező tekercs belsejében, a kőzetminta helyén maximálisan 600 Oe lassan növekvő, ill. csökkenő amplitúdójú 50 Hz frekvenciájú mágneses teret tudunk létrehozni. A lemágnesező tekercs megfelelő kapacitás beiktatásával soros rezgőkörre van kiképezve a mágnesező áram megnövelése, illetőleg a felharmonikus tartalom csökkentése



1. ábra



2. ábra

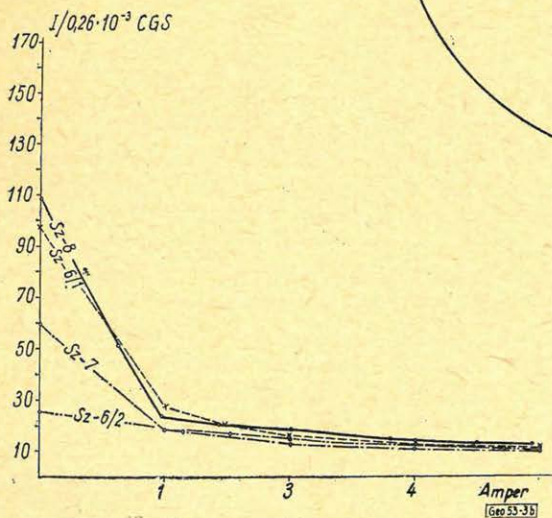
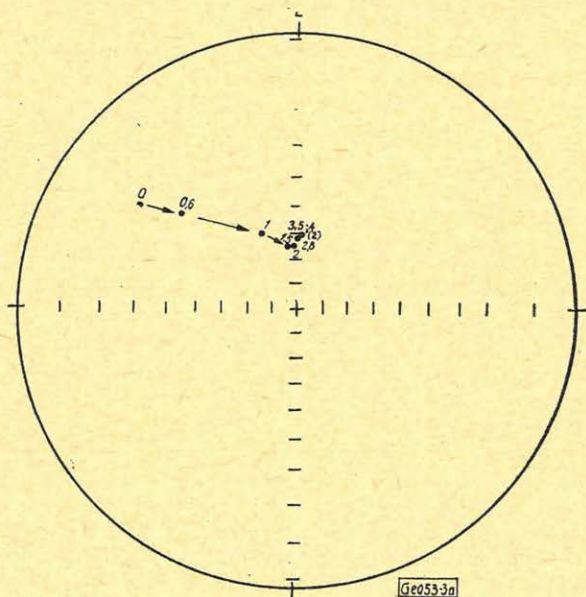
végett. A lemágnesező áram szabályozását egy elektromotorral vezérelt elektrolit potenciométer végzi el. Lemágnesezés alatt a mintát forgatjuk és helyén a földi mágneses teret egy háromkomponensű Helmholtz-tekercs rendszerrel kompenzáljuk. A földi tér kimérésére Förster-szondát használunk 2. ábra.

A mérés a kellő méretűre vágott, irányított kőzetkocka természetes re-manens mágnesezettségének meghatározásával kezdődik. Ezt a többfokozatú váltóáramú mágnesezést, majd minden egyes lemágnesezést a mágnese-zettségi újramérése követ. Az egymásutáni tisztítási ciklusok után kapott mágnesezettségi irányokat és intenzitásokat ábrázoljuk. Egyik mintánkra a 3. ábrán mutatjuk be az eljárás eredményét. Az *a* ábrán a járulékos mágnesezett-ságtól egyre inkább megszabadított minta mágnesezettségi vektorának irány-változását láthatjuk a megfelelő *D* és *I* értékeken keresztül. A *b* ábrán az in-tenzitásváltozást láthatjuk a lemágnesező térerősség függvényében.

A mágnesezést akkor hagyjuk abba, amikor két vagy több egymást követő ciklus után a minta mágnesezettségének iránya már nem változik. Ezt az irányt tekintjük a kőzetminta termoremanens mágnesezettségi irányának. Esetlegesen előforduló ideálisan mágnesezett mintáinkat (villámcsapás) más kritériumok (nagy intenzitás, elütő irány) alapján különítettük el.

Vizsgálataink jelenlegi stádiumában mikroszkópi meghatározásokat is végzünk, amelyek vékonycsiszolatok kimérésére és ércmikroszkópiára terjed-nek ki.

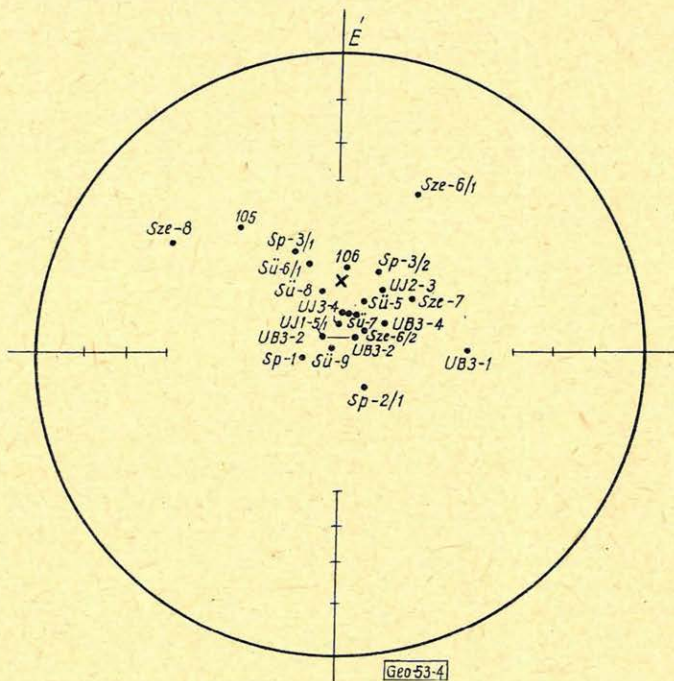
3a ábra. A pontok mellé írt számok a lemágnesező áram erősségét jelzik amperekben.  
1 amper = 93 Oe



3b ábra. A 3a ábrához a folytonos Sze-8 jelzésű görbe tartozik. A szaggatott görbék eredetileg a Sze-8 köze-lében levő mintákra vonatkoznak

## 2. Mérési eredmények, értelmezés

A műszerek és a módszer ismertetése után rátérünk egy kőzetcsoport paleomágneses adatainak bemutatására. Jelenleg hazai bazaltokkal foglalkozunk. Kvantitatív kormeghatározások nem történtek a szóban forgó kőzetekre. A geológiai relatív kormeghatározásokból egyértelműen csak a vulkáni működés végét lehet rögzíteni. Eszerint a pleisztocénben már nem volt vulkáni tevékenység. A vulkáni működés kezdetének rögzítését ilyen egyértelműen nem lehet elvégezni. Ha a külföldi paleomágneses irodalomban elterjedt nevezéktant használjuk, akkor bazaltjainkat pliocénkorúnak kell minősítenünk.



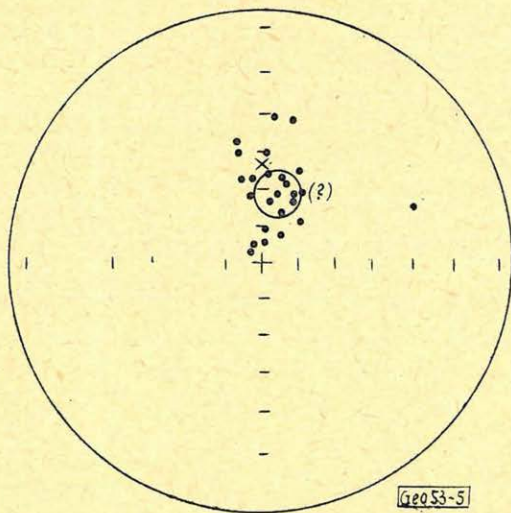
4. ábra

Az ún. Tátika-csoport bazalt hegyeinek paleomágneses feldolgozását mutatjuk be. A területről 19 irányított mintát vettünk, 23 kocka mérését végeztük el. Mikroszkópi vizsgálataink szerint a Tátika-csoport bazaltanyaga redukált állapotú, serpentinés. Fő ferromágneses elegyrésze a magnetit, azonban a magnetit ritkán található tisztán. Legtöbbször különböző szételegyedési termékeket tartalmaz, amelyek leginkább ilmenit és ulvöspinell. Az ilmenit önállóan is előfordul, mikrolit formájában. Az átlagos opak szemcseméret  $40-50 \mu$ , a kőzet nagy tömegében egyenletes, a lávaárak tetején  $10-20 \mu$ . A kis opakszemcsék egymástól  $50-100 \mu$ , míg a nagyok nagyobb, gyakran mm távolságban helyezkednek el. A mágnesezhető elegyrészek kb.  $4\%$ -át teszik ki az összes alkotó ásványoknak.

A csoport mintáinak természetes remanens mágnesezettségi irányjaiból számított  $D$  és  $I$  értékeket a 4. ábrán láthatjuk. Az irányok meglehetősen szórtnak – amiből tekintélyes másodlagos komponensekre következtethetünk,

— azonban a vektorok végpontjai mind az alsó félgömbnek megfelelő projekciós síkon vannak. A kereszttel megjelölt pont a jelenlegi földi mágneses tér iránya.

Az 5. ábrán ugyanennek a mintacsoportnak megfelelő  $D$  és  $I$  értékeket ábrázoltuk a mágneses tisztítás után kapott mágnesezettségekből. Ezeket az irányokat tekinthetjük a termoremanens, tehát a kőzet keletkezésekor nyert, mágnesezettségre jellemző  $D$  és  $I$  irányoknak.



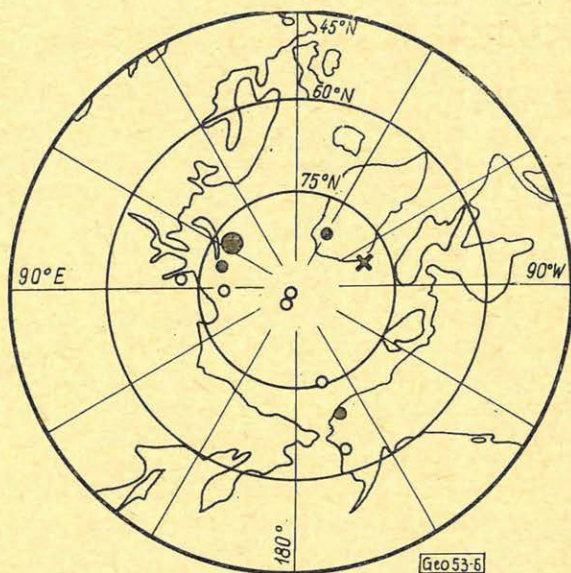
5. ábra. A  $\varnothing = 5,8^\circ$ -hoz tartozó konfidencia területet a térirány középértéke (csillag) köré rajzolt kör határolja

A közepes  $D$  és  $I$  irányt Fisher módszerével becsültük,  $D = 13^\circ$ ,  $I = 71,5^\circ$ , az ábrán csillag jelzi. A megbízhatósági kör a 0,95-ös valószínűségnek felel meg és nyílásszögének fele, Fisher-féle  $\varnothing = 5,8^\circ$ . (A becslés pontosságára jellemző  $K$  érték 26,8.)

A deklináció és inklináció középértékei alapján kiszámítottuk a kőzet keletkezési korához tartozó látszólagos földi mágneses pólus koordinátáit, amely északi szélesség  $78^\circ$ -nak, keleti hosszúság  $54,8^\circ$ -nak adódott. Más európai adatokkal való összehasonlítás céljából tekintsük a 6. ábrát, amelyen a jelenlegi északi pólus helyét kereszt, míg a pliocénkorú — különböző szerzők által meghatározott látszólagos — É-i pólusokat kis körök jelölik. A tele körök az É-i pólus normális (tehát D-i) mágnesezettségét, az üres körök az É-i pólus fordított (tehát É-i) mágnesezettségét jelentik. Mérési eredményünket a nagyobb tele kör mutatja.

A 6. ábra az egykori tér polaritását tekintve kétértelmű, mert a látszólagos É-i mágneses pólusok között mind D-iek, mind É-i-ak találhatók. Az eddigi pleisztocén, pliocénre vonatkozó paleomágneses adatok alapján a kétértelműség megoldható. Ezek az adatok ui. azt mutatják, hogy az alsópleisztocén és felsőpliocén korú kőzetek összetételétől és lelőhelytől függetlenül mindig fordított mágnesezettségűek, tehát erre az időintervallumra fel kell tételezni a földmágneses tér polaritásának a jelenlegihez képest fordított voltát.

A Tátika-csoport közepes *D* és *I* adataiból számított pólushelyzet beleillik az európai adatokba és a tér polaritása normális, vagyis a jelenlegivel egyező. Ez az utóbbi tény, figyelembe véve a hasonló korú kőzetek mágnesezettségének irányáról leírtakat, csak úgy illeszthető bele a korra vonatkozó általános „paleomágneses képbe”, ha a Tátika-csoport bazaltjainak keletkezését a felső pliocénnél korban előbbre helyezzük. Ez az eredmény azokat a geológusokat igazolja, akik más – földtani argumentumok alapján a dunántúli bazaltvulkánosság kezdetét a felső pliocénnél korábbra becsülik.



6. ábra

A Tátika-csoport mágnesezettségének homogenitása és a lávaanyag viszonylag kis tömege – földtani viszonylatban – rövid időtartamú vulkáni működésre mutat. Ebből következik, hogy a szóban forgó kőzetcsoporthoz megadott mágnesezettségi irány nem tekinthető az egész pliocénre érvényesnek, annak csupán egy, a felső pliocénnél korábbi időszakára vonatkozik. További vizsgálataink egyik célja éppen e korszak nagyobb időtartamára vonatkozó pólushelyzet megadása, amelyet az egész bazalt terület paleomágneses feldolgozása útján kívánunk elérni.

#### IRODALOM

1. Хромов А. Н. – Петрова Т. Н. – Комаров А. Т. – Кочегура В. В.: Методика палеомагнитные исследований. Гостоптехиздат, Москва. 1961.
2. Nagata T.: Rock Magnetism. Marusen Co. Ltd. Tokyo (1953).
3. Fisher, R. A.: Dispersion on a Sphere. Proc. Roy. Soc. (London), A. 217. 295 – 305. (1953).
4. Cox, A., Doell, R.: Paleomagnetism. Adv. in Geoph. Vol. 8. 221 – 313. (1961).
5. Vadász E.: Magyarország földtana. Akadémiai Kiadó Budapest (1960).



# A térváltozások szélső értékei közti különbségeknek abszolút értékét összegező műszer (ún. totális számláló) tellurikus és magnetotellurikus kutatásokhoz

ADÁM ANTAL – BENCZE PÁL

*A tellurikus abszolút ellipszis fogalmának, valamint a meghatározására szolgáló ún. totális változások módszerének ismertetése után a tanulmány leír egy műszert, amely alkalmas a totális változások közvetlen mérésére.*

*A tellurikus módszer teljesíthetősége ezzel a berendezéssel jelentősen megnövelhető, minthogy a feldolgozási munka minimálisra csökken.*

*Как это общеизвестно, в методе теллурических токов, для получения эллипса станции в пункте измерения необходимо определить тотальное изменение трех составляющих. Так называемый метод тотальных изменений является быстрым и простым, и пригоден для автоматизации длительных отсчетных работ. В докладе рассматривается принцип и исполнение устройства, служащего для непосредственного измерения тотальных вариаций поля.*

*Световой сигнал, отражающийся от зеркала гальванометра, проходит че ез решетку и падает на цилиндрическое зеркало, которое — в свою очередь — отражает его в фокусную линию. Расположенное здесь фотосопротивление получают световые импульсы, количество которых соответствует величине показания гальванометра в мм/ счет количества импульсов осуществляется электронной системой.*

*Nach der Zusammenfassung des Begriffes der absoluten Ellipse, sowie der ihrer Berechnung dienenden Methode der Totalvariationen beschreibt die Abhandlung ein Instrument, das für die direkte Messung der Totalvariationen geeignet ist. Die Leistungsfähigkeit der tellurischen Methode kann man mit diesem Instrument bedeutend erhöhen, weil die Bearbeitung der Messdaten zu Minima abnimmt.*

G. Kunetz alapvető munkáiban (pl. (1)-ben) kimutatta, hogy a tellurikus áramok változásainak megfelelő vektorok végpontjai közéértékben egy ellipszis kerületén fekszenek. Ezen ún. belső ellipszis nagytengelyének iránya, valamint excentricitása az altalaj felépítésétől is függ. Mint azóta több tanulmány megállapította (pl. (2)), egy az időben változó tényező megnehezíti, hogy az ellipszisek paramétereiből közvetlen összefüggéseket vonjunk le a geológiai szerkezetekre. Ugyanis a „Belső ellipszist”, amelyet abszolút, vagy állomás ellipszisnek is neveznek, egy tenzorszorzat definíciójából származtathatjuk (2) (3):

$$\{E\} = \{T_i\} \{T_o\}$$

ahol  $\{T_i\}$  homogén izotróp altalaj esetében jelentkező torzítás tenzora,

$\{T_o\}$  az ellenállástenzor

$\{T_i\}$  tenzor időfüggvény és így az abszolút ellipszis paramétere az időben változnak aszerint, hogy mikor és mennyi ideig végezzük a megfigyeléseket. Ugyanazon idő alatt azonban  $(T_i)$  egy bizonyos területen belül állandónak vehető. Így két abszolút ellipsziszből szerkesztett, vagy számított ún. relatív ellipszisben  $(T_i)$  hatása nem jelentkezik, ezért annak paramétereit felhasználhat-

juk a két mérési pont (bázis és mozgóállomás) ellenállásviszonyainak jellemzésére. Ennek megfelelően a tellurikában egyik leggyakrabban használt adat – mint ismeretes – a relatív ellipszis területe, azaz a két abszolút ellipszis területének hányadosa. A MTA Geofizikai Kutató Laboratóriuma kutatói több tanulmányban (2), (3), (4) foglalkoztak azzal a kérdéssel, hogyan lehet az abszolút ellipsziszből az egy-egy mérési pontra jellemző ellenállástenzort meghatározni részben tisztán tellurikus adatok alapján, részben pedig magnetotellurikus úton.

Az abszolút ellipszist a tellurikus áramok változásainak megfelelő vektorok végpontjainak eloszlása alapján határozhatjuk meg (pl. (3) szerint). Kunetz névéhez fűződik a legegyszerűbb eljárás kidolgozása a totális változások alapján.

Mint ismeretes, egy függvény totális változásai alatt a függvény görbéjének két pontja között az egymás után következő összes maximumok és minimumok ordinátái közötti különbségek abszolút értékeinek összegét értjük.

A tellurikus változásvektor valamelyik komponensének totális változása arányos az abszolút ellipszisnek a komponens irányába eső vetületével, azaz ugyanazon irányban mért érintési távolságával. Három komponens totális változása ( $V_x$  és  $V_y$ , valamint  $V_x$ ) megadja a mérési pontban a központi fekvésű abszolút ellipszis három érintőjét és így meghatározza az ellipszist.

*A totális változások meghatározása* kezdetben az ordinátakülönbségek egyszerű kimérésével és összegezésével történt. A kutatók igyekeztek azonban ezt az aprólékos, szemrontó munkát különböző technikai segédeszközökkel megkönnyíteni. Az elsők között kell megemlíteni Takács Ernő totális kiolvasóját (5). Ez, mint Takács tanulmányából ismeretes, a regisztrátum felett mozgatott két, megfelelő indexekkel ellátott szánkó segítségével egy osztott lécen végzi az összegezést. Lényegében hasonló Porstendorfer eszköze is (6), amely rajzgép és planiméter kombinációjából áll. Az összegezést ennél a planiméter számláló kereke végzi. Különösen szellemes Takács konstrukciójában a harmadik (rendszerint ÉK-i ( $x'$ ), azaz  $45^\circ$ -os) komponens meghatározása az északi ( $x$ ) és keleti komponensből ( $y$ ), amelyeket a tellurikus mérések során rendszerint regisztrálnak. A harmadik komponens szélső értékeinek kijelölése az

$$X' = 0,707(X + Y)$$

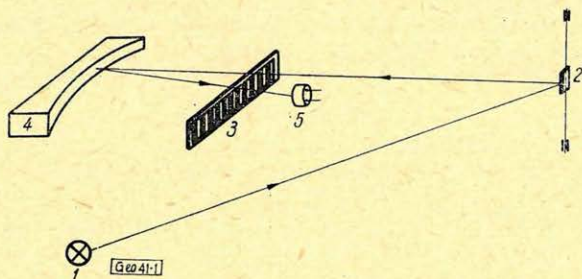
$$dX = -dY$$

egyenletek alapján az  $X$  és  $Y$  komponens közös érintőjével történik.

A fenti eszközök célszerűsége és hasznossága vitathatatlan, mégsem jelentheti a mai „mindent” automatizáló korban, a tellurikus és újabban a magnetotellurikus kutatás számára sem a végleges megoldást. Felmerül a kérdés, hogy a tellurikus (magnetotellurikus) mérés bizonyos fázisai, pl. a regisztrálás, a filmelőhívás, a változások kiolvasása, összegezése stb. nem küszöbölhető-e ki. Ez mind munkaerőben, mind anyagban jelentős megtakarítást eredményezne és ugyanakkor a mérést meggyorsítaná. Összefoglalva olyan műszeres eljárást kell keresni, amely növeli a mérések gazdaságosságát, a módszer által nyújtott geofizikai adatok tökéletes, vagy legalább az eddiginél tökéletesebb kiaknázásával. Éppen az adatoknak totális változások módszerével történő kiértékelése lehetőségét ad ilyen műszer megszerkesztésére.

A térváltozások szélső értékei közti különbségek abszolút értékét összegező műszer.

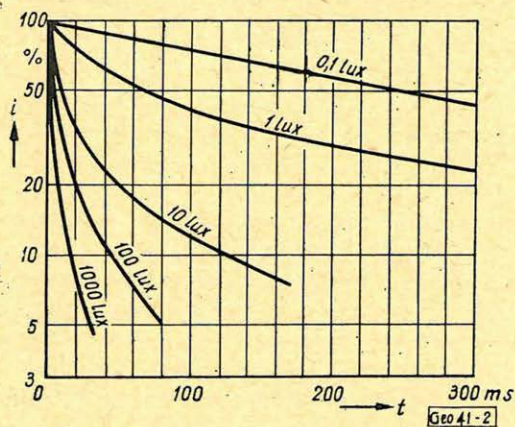
Ha a tellurikus tér változásait érzékelő tükrös galvanométer hosszú vékony jelét egy 0,5 mm, vagy – a pontosság növelése végett – ennél kisebb beosztású rácsra bocsájtjuk, amelynek két-két szomszédos eleme közül az egyik átengedi a jelet, a másik felfogja, a galvanométer jelének a mozgását a rács mögött megszághathatjuk. Helyezzünk a rács mögé egy hengeres tükröfelületet az 1. ábrának megfelelően. A tükrő a rács jeleket a gyújtóvonalába vetíti. Ha a gyújtóvonalba egy fényérzékeny elemet, pl. egy fotoellenállást (fototranzisztort) helyezünk, a galvanométer jelének megjelenése és eltűnése a fényérzékeny elem áramkörében áramváltozásokat kelt. Az áramingadozásokat feszültségváltozássá alakítva felerősíthetjük és egy mechanikus számlálóval megszámlálhatjuk az áramváltozások számát. Így a tellurikus térerősség változásait, előjelüktől függetlenül, a rács réstávolságának egységében kifejezve összegezhethetjük.



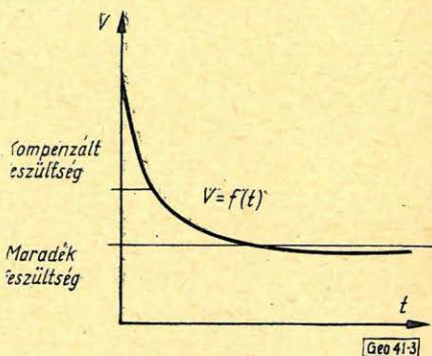
1. ábra. A műszer felépítésének elvi vázlata

A tellurikus változások változásebbesége igen széles határok között változik. A rács által a fotoellenállás érzékelő felületén létrehozott megvilágítás-változások azonban a maximális változásebbesség esetében sem tekinthetők impulzusszerűnek. Így számlálásukra a nukleáris műszertechnikában az impulzusszámlálásra alkalmazott megoldások nem jöhetnek számításba. A megvilágítás-változásoknak a fotoellenállás áramkörében megfelelő áramerősség-változások erősítése az említett változásebbesség-tartományban csak egyenáramú erősítővel lehetséges.

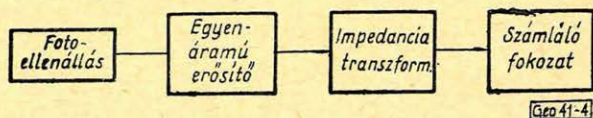
Az egyenáramú erősítő alkalmazása azonban további nehézségeket támaszt, amennyiben a fotoellenállás sötétárama és az elkerülhetetlen szórt fénytől származó megvilágítás által az erősítő bemenetén létesített feszültséget is erősíti a berendezés. Így az erősítő kimenetén nem csupán a fotoellenállás megvilágítás-változásával arányos feszültségváltozást kapunk, hanem ez a fotoellenállás sötétáramával és a szórt fényvel arányos állandó feszültségre szuperponálódik. Az állandó feszültség kb. a szuperponálódó feszültségváltozás értékének a felével egyenlő. Mivel a mechanikus számláló elengedési feszültsége jóval kisebb, mint a meghúzási feszültsége, a számlálófokozat működtetéséhez szükséges erősítés esetén az erősítő kimenetén jelenlevő állandó feszültség megakadályozza a relé elengedését és így a számlálást, ha az erősítő bemenetén nem gondoskodunk a fotoellenállás sötétáramával és a szórt fényvel arányos feszültség kompenzációjáról. További nehézséget jelent az a körülmény, hogy a fotoellenállás áramkörében fellépő áramváltozás csökkenő szakasza egy meredek és egy lassabban változó részből tevődik össze, amint az a CdS ellenállások te-



2. ábra. A fotoellenálláson átfolyó áram időbeli változása a megvilágítás megszűnte után



3. ábra. A fotoellenálláson eső feszültség időbeli változása a megvilágítás megszűnte után, valamint a kompenzált és maradék feszültség értéke



4. ábra. A műszer blokkdiagramja

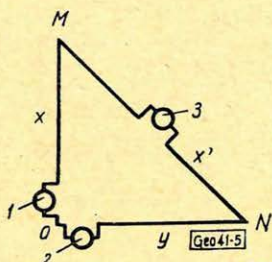
hetetlenségét bemutató ábrán (2. ábra) látható. Ez a fotoellenállás áramának ( $i$ ) változását mutatja a megvilágítás kikapcsolása után az idő ( $t$ ) függvényben (9). A lassan változó rész a relé elengedését késeletetve jelentősen növeli a számlálófokozat tehetetlenségét. Ezen úgy segítünk, hogy a sötétáram és a szórt fény által létesített feszültség kompenzációján túlmenően az említett, lassabban változó résznek megfelelő feszültséget is kompenzáltuk (1. 3. ábrán). Ennek következtében az erősítő kimenetén csak a meredek feszültségváltozás működteti a számlálófokozatot. Ez az erősítő erősítésének változatlanul hagyása mellett is elérhető, ha a mechanikus számláló impedanciáját úgy állítjuk be, hogy a fennmaradt feszültségváltozás elegendő legyen a relé működtetéséhez.

Mivel a terepműszereknél főkövetelmény a kis súly és a kis méret, a mérőberendezés tranzisztorokkal készült. A műszer blokk diagramja a 4. ábrán látható. A kétfokozatú egyenáramú erősítő a nagyobb stabilitás céljából ellenütemű kapcsolásban működik (7). Az egyenáramú erősítő és a számlálófokozat között impedanciáttranszformálásra egy kollektorkapcsolású fokozat szolgál. A műszer működtetéséhez szükséges feszültséget 4,5 V-os zseblámpaelemek biztosítják.

A teljes terepműszer 3 csatornából áll, minthogy az abszolút ellipszis meghatározásához 3 komponens totális változásainak meghatározása szükséges. A szokásos tellurikus műszerekhez viszonyítva a regisztráló berendezés egységeit felváltották a totális számláló elektronikus (tranzisztorizált, tehát kisméretű) és optikai elemei. Ezek egyébként kiképezhetők a regisztráló műszerek adaptereként is! A 3 csatornás totális számláló kialakítása a geofizikai foto-

regisztrálónkhoz (8) viszonyítva sem térfogat, sem súlynövekedéssel nem jár, tehát az új műszer terepi szállítása, mozgatása nem igényel több munkaerőt.

Mint említettük 3 komponensre kell mérnünk, ha csak nem elégszünk meg az ortoptikus kör meghatározásával kutatásainkban. Ez gyakorlatilag nem jelent sem a kitérés, sem a kábelfektetés szempontjából munkatöbbletet a normál kétkomponenses tellurikához viszonyítva. Ha az északi ( $X$ ) és keleti ( $Y$ ) irányban nem egy, hanem kétféle kábelt húzunk ki és két-két külső elektródát kötünk be a műszerhez, lehetőségünk van a jól ismert 5. ábra szerinti a  $45^\circ$ -os komponens változásainak összegezésére is. Minthogy így a  $45^\circ$ -os komponens elektródátávolsága  $\sqrt{2}$ -szer nagyobb a két másik komponensénél, a galvanométer feszültségérzékenységét  $\sqrt{2}$ -ed részére kell csökkenteni az adatok egyszerű feldolgozása végett.



5. ábra A tellurikus mérések terítési rendszere 3 komponensre

A totális számláló lehetőséget ad, hogy a mérési adataink megbízhatóságát fokozzuk a mérési idő (rendszerint 20–30 perc) alatti többszöri leolvasással és az adatok kombinálásával. Célszerűnek látszik 5 percenként leolvasni a számlálók állását. A leolvasásokat természetesen szigorúan összehangolt órák alapján, egyidejűleg kell elvégezni a bázis és a mozgó állomáson. A három totális számadatból a jól ismert összefüggésekkel (1) számíthatjuk az abszolút ellipszis paramétereit. Sokkal célszerűbb azonban — és ez a követendő út — nomogramokkal meghatározni akár már a következő mérés előkészítésének szüneteiben a fenti értékeket. Ilyen nomogramokat, diagramokat részben már ismerünk az irodalomból (5). Ezek után a belső kiértékelés a relatív ellipszis meghatározására szorítkozhat, amelynek elektronikus számítógépekre való programozásával Laboratóriumunk kutatói foglalkoznak. Leggyakoribb esetben azonban csak a relatív ellipszis területét hasznosítjuk — mint a bevezetőben kifejtettük —, ez pedig a két egyidejű abszolút ellipszis hányadosával egyenlő és logarléccel azonnal számítható.

Mint a fentiekből látható a tellurikus kutatás a vázolt műszerrel jelentősen növelheti teljesítményét és így helyzetét a geofizika különböző reconnaissance-módszerei között megszilárdíthatja.

1. *G. Kunetz*: Anwendung statistischer Eigenschaften der Erdströme in der praktischen Geophysik. (Freiberger Forschungshefte C 32. 1957.)
2. *Ádám Antal – Verő József*: Előzetes beszámoló a MTA Geofizikai Kutató Laboratóriumának országos földiáramméréseiről. (Geofizikai Közlemények, X. kötet 1–4. szám.)
3. *J. Verő*: Die Bestimmung der tellurischen Stationsellipsen (Gerlands Beiträge zur Geophysik 69. kötet, 5. füzet, 1960).
4. *A. Ádám*: Über die Berechnung der magnetotellurischen (MT) Anisotropie. (Freiberger Forschungshefte-ben megjelentéiben).
5. *Такач Эрно*: Обработка надюдений геофизической разведки произведенной методом теллурических токов на основании тоталных вариаций теллуrogramм. (Nehézipari Műszaki Egyetem Közleményei XXII. 1962.)
6. *G. Porstendorfer*: Tellurische und magnetotellurische Messungen mit neuentwickelten Apparaturen bei der Erkundung tiefliegender Erdölstrukturen in Mecklenburg (Bergakademie 2. füzet, 1962.).
7. Siemens Halbleiter, Schaltbeispiele (Ausgabe April 1959.)
8. *A. Ádám – A. Erkel – L. Szabadvári*: Neue ungarische geoelektrische Instrumente (Geofisica pura e applicata, 52. kötet, 1962. II.).
9. *N. A. de Gier – W. van Gool – I. G. van Santen*: Photowiderstände aus gepresstem und gesintertem Kadmiumsulfid (Philips Technische Rundschau, 20. évfolyam 11. szám 1958–1959).

# A robbantási töltet és a beérkező jel amplitúdója közötti összefüggés

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL

A feladat rendszerint abból áll, hogy az  $a = CW^n$  összefüggésben a  $W$  ismert súlyok és a megfigyelt a amplitúdók segítségével a  $C$  és  $n$  értéket meghatározzuk. Ezt legtöbbször úgy teszik, hogy az amplitúdók logaritmusának eltéréseinek négyzetösszege minimum legyen. Ennek a helyessége vitatható. A tanulmány megvizsgálja, hogy milyen összefüggések adódnak akkor, ha az eltérések nem logaritmusokra, hanem az amplitúdókra magukra vonatkoznak és milyen súly megváltozás mellett vezetnek ezek a logaritmusok eltéréseinek négyzetösszege minimumához. Sokszor célszerű az amplitúdók javításait két részre bontani, amelyek közül az egyik (a levonási hibának megfelelően) független az amplitúdótól, míg a másik az amplitúdónak bizonyos függvénye. A tanulmány az ezekre vonatkozó összefüggéseket is megadja.

Végül szempontokat közöl a tanulmány arra az esetre, amelynél az  $n$  hatványkitevő nem állandó, hanem maga is függvénye a töltetnek. Az eredmények középbírái adnak támpontot arra, hogy az ilyen feltételezés szükséges és indokolt-e.

Задача, как правило, состоит в том, как можно определить значения  $C$  и  $n$  в зависимости  $a = C \cdot W^n$  с помощью известных весов и наблюдаемых амплитуд  $a$ . В большинстве случаев то делают так, сланцы, основываясь чтобы сумма квадратов расхождений логарифмов амплитуд была разна минимуму. Правильность этого оспорима. В этой работе исследуется вопрос о том, какие зависимости получаются, если расхождения относятся не к логарифмам, а к самим амплитудам и при каких изменениях веса приводят к минимуму сумму квадратов расхождений логарифмов. Во многих случаях целесообразно поправки амплитуд разделить на две части, среди которых одна (соответствие ошибкам снятия величины) не зависит от амплитуды, когда вторая определенная функция амплитуды. Работа даст и относящиеся к этому зависимости.

В заключении этот труд высказывает точки зрения на тот случай, в котором степень не постоянна, а  $n$  сама является функцией величины заряда. Средние ошибки результатов дают основание тому, какие условия необходимы и обоснованы ли.

Die Aufgabe besteht in der Regel darin, dass in der Beziehung  $a = CW^n$  bei den gegebenen  $W$  Spengladungsgewichten und gemessenen  $a$  Amplituden die Werte  $C$  und  $n$  berechnet werden. Diese werden meist so bestimmt, dass die Summe der Quadrate der Abweichungen in den Logarithmen der Amplituden zu Minimum gemacht wird. Die Richtigkeit dieses Verfahrens ist aber anfechtbar. Es wird deshalb untersucht, welche Beziehungen gelten, wenn sich die Summe der Quadrate nicht auf die Abweichungen der Logarithmen, sondern der Amplituden selbst bezieht und bei welchen Gewichtsanahmen diese zum Minimum der Quadrate der logarithmischen Abweichungen führen. Oft erscheint es ratsam die Vermessungen der Amplituden in zwei Teile zu zerlegen, wobei die eine (entsprechend den Ablesefehlern) unabhängig von der Amplitude ist, während die andere von der Amplitude abhängt.

Zum Schluss werden Gesichtspunkte für den Fall angegeben, dass der Exponent  $n$  nicht konstant, sondern selbst eine Funktion des Sprengladungsgewichtes ist. Die mittleren Fehler der Ergebnisse geben Auskunft darüber, ob diese Annahme erforderlich und begründet erscheint.

Különböző szempontból érdekes probléma a robbantási töltet és az első beérkező jel regisztrált amplitúdója közötti összefüggés meghatározása. Az utóbbi évek geofizikai irodalma ezzel elég gyakran foglalkozik. Az elmúlt évben is megjelent egy erre vonatkozó nagy tanulmány St. Müller, S. Stein, R. Veas szerzőktől: „Seismic Scalling Laws for Explosion on a Lake Bottom” (Zeitschrift f. Geophysik, 1962, 258–280 old.), amelyben a különböző nagyságú  $W$  tölteteknél észlelt  $a$  amplitúdóból az

$$a = C \cdot W^n \quad (1)$$

képlet alapján a legkisebb négyzetek módszere szerint igyekeznek az ismeretlen  $C$  állandót, valamint az ugyancsak ismeretlen  $n$  hatványkitevőt meghatározni. Tekintettel a probléma egyre fokozódó jelentőségére, érdemes az előbbieken említett számítási módszert megvizsgálni és kiegészíteni.

Nevezett szerzők a számítást az első egyenlet logaritmikus formájával, tehát

$$\log a_i = \log C + n \log W_i \quad (1a)$$

alakkal hajtják végre, amelyben most már a  $\log C$  és  $n$  az ismeretlenek. A náluk szereplő javítási egyenlet ezek szerint a következő alakot veszi fel:

$$v_i = \log C + \log W_i \cdot n - \log a_i \quad (2)$$

Ha a következő jelöléseket vezetjük be:

$$\log C = x \text{ és } n = y$$

továbbá:

$$\log W_i = B_i \text{ és } \log a_i = L_i \quad (3)$$

akkor a (2) egyenlet így írható:

$$v_i = x + B_i \cdot y - L_i \quad (4)$$

amelyből  $r$  mérés esetében ismert módon két normálegyenlet

$$\begin{aligned} rx + [B]y - [L] &= 0 \\ [B]x + [BB]y - [BL] &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

adódik.

Ennek megfelelően számítják ki az ismeretleneket, mégpedig ha a következő jelöléseket vezetjük be:

$$X_i = \log W_i - \frac{[\log W_i]}{r} \quad (6)$$

$$Y_i = \log a_i - \frac{[\log a_i]}{r}$$

akkor  $n$ -re náluk, mint itt más úton (5)-ből

$$y = n = \frac{[X_i Y_i]}{[X_i^2]} \quad (7)$$

adódik.

Számításuk bizonyos értelemben leegyszerűsíthető, de végeredményben ugyanazt az értéket kapjuk mi is. Az előbbieken megadott számításnál a javításokat nem a megfigyelt amplitúdók, hanem ezek logaritmusai kapják, azaz a logaritmusok eltéréseinek a négyzetösszege lesz itt a minimum, és ennek a helyessége még megvizsgálandó.

Nézzük meg most azt az esetet, amelynél a javításokat maguknak a megfigyelt amplitúdóknak adjuk. Ebben az esetben a kiinduló egyenlet a következő:

$$(a + v') = C \cdot W^n \quad (8)$$



amelyből a  $\lambda_{a,i}$  logaritmikus táblakülönbőség bevezetésével a következő javítási egyenletet kapjuk:

$$v'_i = \frac{1}{\lambda_{a,i}} \log C + \frac{\log W_i}{\lambda_{a,i}} n - \frac{\log a_i}{\lambda_{a,i}} \quad (9)$$

Ha most a következő jelöléseket vezetjük be:  $\log C = x$ ,  $n = y$ ,

$$\frac{1}{\lambda_{a,i}} = A'_i, \quad \frac{\log W_i}{\lambda_{a,i}} = B'_i, \quad \frac{\log a_i}{\lambda_{a,i}} = L'_i \quad (10)$$

akkor a

$$v'_i = A'_i x + B'_i y - L'_i \quad (11)$$

javítási egyenletet kapjuk, amelyből az ismeretlen  $x$  és  $y$  kiszámítására a következő két normálegyenlet adódik:

$$\begin{aligned} [A'A']x + [A'B']y - [A'L'] &= 0 \\ [A'B']x + [B'B']y - [B'L'] &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

illetőleg amennyiben az egyes amplitúdókat különböző pontosságúaknak tételezzük fel, ezek  $p_i$  súlyainak bevezetésével a következő normálegyenleteket adják:

$$\begin{aligned} [pA'A']x + [pA'B']y + [pA'L'] &= 0 \\ [pA'B']x + [pB'B']y + [pB'L'] &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Érdeemes most megvizsgálni, hogy milyen súly feltételezése mellett kapjuk (13) egyenleteinkből a logaritmusok mellé rendelt javítások esetét. Ez akkor következik be, ha az egyes amplitúdók súlyát a megfelelő amplitúdó négyzetével fordítva arányosnak vesszük fel, mert ebben az esetben (13) egyenletünkből, figyelembe véve (3) és (10) egyenleteinket és azt, hogy a táblakülönbőség szorozva a numerussal

$$M = 0,434 \dots$$

$$\frac{r}{M^2} x + \frac{[B]}{M^2} y - \frac{[L]}{M^2} = 0$$

modulust adja, a

$$\frac{[B]}{M^2} x + \frac{[BB]}{M^2} y - \frac{[BL]}{M^2} = 0 \quad (14)$$

egyenleteket kapjuk. Ebből  $M^2$ -tel való egyszerűsítés után a logaritmusoknak adott javítás esetére kapott (5) egyenleteink keletkeznek. Az előbbieik szerint a logaritmusok eltéréseinek a négyzetösszege akkor ad helyes eredményt, ha az amplitúdók középhibáját az amplitúdó nagyságával egyenesen arányosan vehetjük fel, azaz ha a Weber – Fechner-féle pszicho-fizikai törvény a felhasznált regisztráló műszerekre is érvényes. Erre vonatkozólag azonban nem találunk adatokat és ezért az eddig végzett sok kísérlet mellett célszerű lenne nemcsak különböző nagyságú töltetekkel kísérleteket végezni, hanem az egyes töltetnagyságok mellett ugyanazzal a töltettel is a robbantást néhányszor megismételni. Így a különböző töltetek mellett kapott szórásokból az ezekhez tartozó amplitúdók középértérke mellé még ezek középhibáját is meghatároz-

hatjuk. Ebből az amplitúdók és ezek középhibái között az összefüggést, ezekből pedig az egyes amplitúdók súlyát már a tulajdonképpeni kiegyenlítés előtt megadhatjuk.

Kísérleti mérések nélkül is sok szól amelelt, hogy az amplitúdóknak két javítást célszerű adni, amelyeknek súlyai különböző törvényszerűségeket követnek. Így, van az amplitúdó értékében leolvasási hiba, amely bizonyos mértékig független az amplitúdó nagyságától és van olyan hiba, amely az amplitúdó nagyságával bizonyos függvény szerint növekszik, mint a robbantó töltet energiájának átadási hibája stb. Ezért adott körülmények között mérlegelni lehet, hogy az amplitúdónak két  $v$  és  $w$  javítást adjunk. Ebben az esetben a javítási egyenlet a következő alakot veszi fel:

$$\log(a_i + v_i + w_i) = \log C + \log W_i \cdot n \quad (15)$$

amelyből

$$v_i + w_i = \frac{\log C}{\lambda_{a,i}} + \frac{\log W_i}{\lambda_{a,i}} n - \frac{\log a_i}{\lambda_{a,i}} \quad (16)$$

javítási egyenlet keletkezik. Ebben  $v_i$ -nek  $\pm \mu_v$  középhibája valamennyi amplitúdónál egyenlőnek vehető, míg  $w_i$ -nek  $\pm \mu_w$  középhibája változó és az amplitúdóval még meghatározandó függvény szerint növekszik. Amennyiben lineáris növekedést tételezünk fel, úgy ez:

$$\mu w = \pm \mu_0 \cdot a$$

Két javítás tudvalevőleg egy fiktív  $v_i$  javítással vonható össze és akkor a javítási egyenlet így írható:

$$V_i = \frac{\log C}{\lambda_{a,i}} + \frac{\log W_i}{\lambda_{a,i}} n - \frac{\log a_i}{\lambda_{a,i}} = \frac{1}{\lambda_{a,i}} x + \frac{\log W_i}{\lambda_{a,i}} y - \frac{\log a_i}{\lambda_{a,i}} \quad (17)$$

amelynek súlya (L. „Zur Ortung seismischer Herde in Bergbaugebieten” Gerlands Beiträge zur Geophysik, 1961. 150. old.)

$$P_i = \frac{1}{\frac{1}{p_{v,i}} + \frac{1}{p_{w,i}}} = \frac{C^2}{\mu_{v,i}^2 + \mu_{w,i}^2} \quad (18)$$

Vizsgáljuk meg végül, hogyan lehet a kiegyenlítést elvégezni, ha a (1) egyenletünkben magát a hatványkitevőt is a súllyal változóznak tételezzük fel, és a következő formában írjuk fel:

$$a_i + v_i = C \cdot W^{n + w_i^k m} \quad (19)$$

Logaritmálás útján ebből a következő javítási egyenletet kapjuk:

$$V_i = \frac{1}{\lambda_{a,i}} \log C + \frac{\log W_i}{\lambda_{a,i}} n + \frac{W_i^k \log W_i}{\lambda_{a,i}} m - \frac{\log a_i}{\lambda_{a,i}} \quad (20)$$

Amennyiben csak  $C$ ,  $n$ ,  $m$  a meghatározandó ismeretlenek és  $k$  értékét ismerjük, a számítás további menete már ismert. Nehezebbé válik a helyzet akkor, ha  $C$ ,  $n$  és  $m$ -en kívül még  $k$  is ismeretlen.

Ebben az esetben a  $W_i^k \log W_i \cdot m$  értéke még külön kifejezendő. Ha  $k$ -nak egy közelítő  $k_0$  és  $m$ -nek egy közelítő  $m_0$  értéke ismeretes (néhány megfelelő egyenletből kiszámíthatók), akkor a kiszámítandó  $\delta_k$  és  $\delta_m$  pótlékokra felírható a következő egyenlet

$$W_i^k m \cdot \log W_i = W_i^{k_0 + \delta k} \log W_i (m_0 + \delta m) \quad (21)$$

Ennek újbóli logaritmalása útján, ha  $\lambda^{m_0}$  az  $m_0$  melletti táblakülönbséget jelenti, a következő összefüggés adódik:

$$\begin{aligned} \log(m W_i^k \log W_i) &= (k_0 + \delta k) \log W_i + \log(\log W_i) + \log m_0 + \lambda^{m_0} \delta m = \\ &= \log(W_i^{k_0} m_0 \log W_i) + \lambda^{m_0} \cdot \delta m + \log W_i \cdot \delta k \end{aligned} \quad (22)$$

Ebből a kifejezésből, ha  $W_i^{k_0} \log W_i$  melletti táblakülönbséget a  $\lambda^{W_i^{k_0} \log W_i}$ -vel jelöljük és figyelembe vesszük, hogy  $\delta m$  és  $\delta k$  kicsiny értékek, a következő összefüggés adódik:

$$W_i^k m \log W_i = W_i^{k_0} m_0 \log W_i + \frac{\lambda^{m_0}}{\lambda^{W_i^{k_0} \log W_i}} + \frac{\log W_i}{\lambda^{W_i^{k_0} m_0 \log W_i}} \delta k \quad (23)$$

Ha ezt az egyenletet (20) egyenlet jobb oldali harmadik tagjával behelyettesítjük, megkapjuk az erre vonatkozó, további számításokra már alkalmas javítási egyenletet. Ez utóbbi egyenlet szükség szerint azzal az esettel is kombinálható, amelynél az amplitúdónak két javítást adtunk és amelynél ennek megfelelően a (17) alatti fiktív javítást a (18) alatti súllyal vezettük be.

Igyekeztünk kísérleti eredmények szabatosabb kiértékelésére szabatosabb számítási módszereket megadni. Természetes, hogy (17), (19), ill. (20) egyenletek szerint kapott állandóknak csak akkor van reális értelme, ha középhibáik figyelemre méltóan kisebbek, mint maga a kapott állandó. Ez támpontot ad arra vonatkozólag is, vajon megokolt-e a (1) alatti összefüggés helyett komplikáltabb összefüggéseket feltételezni. Egy biztos: mentül több ismeretlent vezetünk be, annál jobban hozzásimulhat a számított görbe a megfigyelési sorozathoz, de az ebben az esetben kapott értékei csak akkor tekinthetők reálisoknak, ha a megfigyelési sorozatból kellő pontossággal, illetőleg kellő reális tartalommal adódnak.

A tanulmány címében felvetett probléma vizsgálatát még tovább kívánjuk folytatni.

# Robbantással keltett felületi hullámok vizsgálata

BISZTRICSÁNY E. – KISS Z. – MOLNÁR K.

Egy múlt évben elkezdődött kísérletsorozat első feldolgozását tárgyalja a dolgozat. A robbantások és észlelések Szolnok környékén két vonalon történtek, s ezek adatai a következők:

Észlelési távolság (m)	Töltetsúly (kg)	Töltet mélysége (m)
2 070	5	5
4 550	20	8
10 830	70	20
18 000	4 × 50	16
951	1,08	5

Az észlelést 3 komponenses elektrodinamikus VEGIK szeizmográfjal végeztük. Az ingák saját periódusa 1,6 sec, a galvanómétereké 0,08 sec volt.

Annak ellenére, hogy a szeizmográfok nagyobb észlelési távolságokon nem voltak elmozdulásmérők, minden észlelési ponton a felületi hullámnak két fő csoportját lehetett megkülönböztetni.

Az egyik hullámcsoport első beérkezési sebessége 350 m/sec, nem diszperzív, pályamozgás alakja ellipszis, iránya előre-forgó.

A másik hullámcsoport diszperzív első beütésssebessége 200 m/sec. Pályamozgás alakja ellipszis, tengelyaránya  $\frac{z}{H} \frac{3}{2}$  irányra hátra-forgó.

В работе обсуждается первая обработка материалов наблюдений, проведенных в прошлом году. Взрывы и наблюдения были проведены в окрестностях города Солнока на двух профилях, данные этих наблюдений следующие:

Расстояние наблюдения (м)	Вес заряда (кг)	Глубина заряда (м)
2 070	5	5
4 550	20	8
10 830	70	20
18 000	4 × 50	16
951	1,08	5

Наблюдения проводились трехкомпонентным электродинамическим сейсмографом ВЕГИК. Собственный период маятников равен 1,6 сек, а гальванометров – 0,08 сек.

Несмотря на то, что сейсмографы на больших расстояниях наблюдения нельзя считать измерителями смещения, на всех точках измерения можно было различить две главные группы поверхностных волн. Для одной из групп волн скорость первых вступлений – 350 м/сек, нет дисперсивности, траектория движения – эллипс, направления вращения вперед.

Вторая группа волн дисперсивна, скорость первых вступлений 200 м/сек. Форма траектории движения – эллипс, соотношение осей которого  $\frac{z}{H} \frac{3}{2}$ , направление вращения назад.

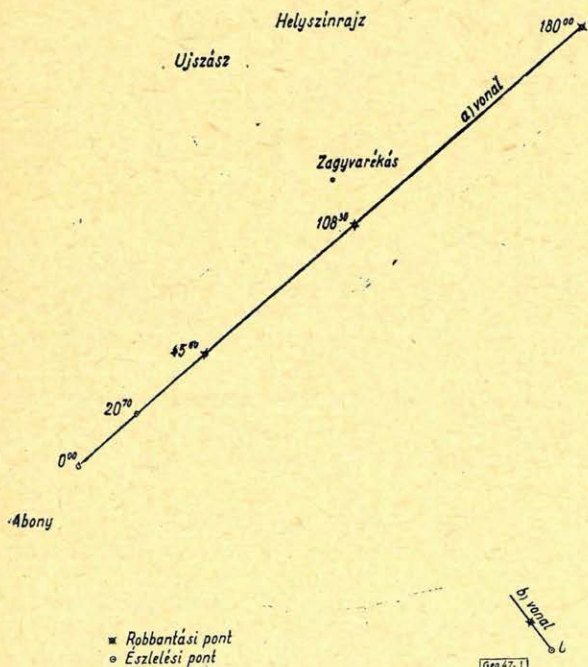
Surface waves generated by explosion are investigated. The waves were observed at a distance of 1–20 km. On the basis of seismograms and particle motions two principal wave-groups can be separated. The rotation of the first type of surface waves is directed forward, while that of the second retrograde.

A földrengésekből származó felületi hullámok elvi problémáinak vizsgálatainál egyik módszer a terepi model kísérlet. Ez esetben robbantással keltett felületi hullámokat vizsgálunk geológiai és geofizikailag ismert területen. E módszernek az az előnye a földrengésekkel keltett felületi hullám analízisé-

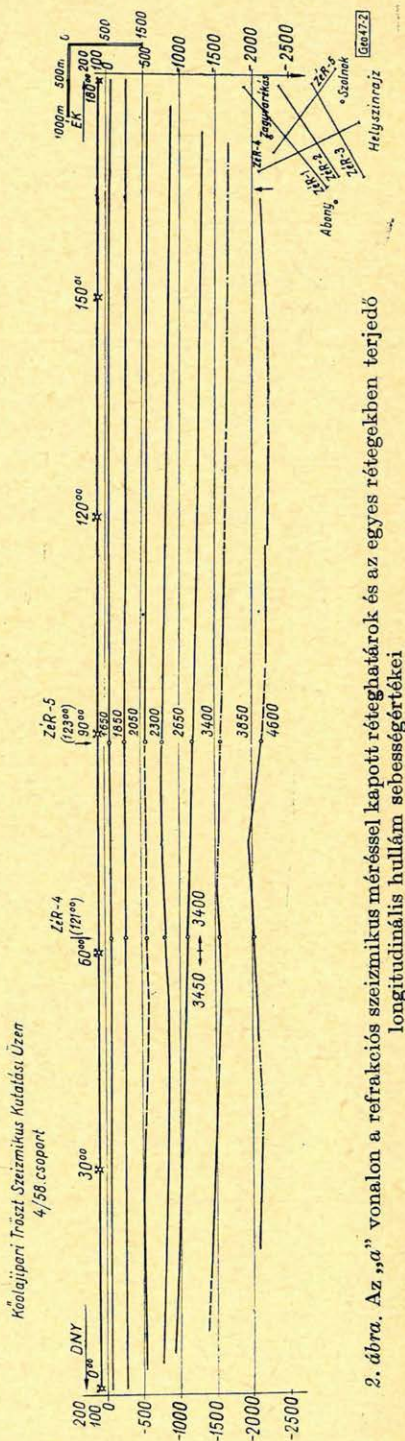
vel szemben, hogy a hullám által átfutott kőzet paraméterei, valamint a forrás négy koordinátája ismert. Az alkalmazott geofizika szempontjából pedig a modellkíséretekkel szerzett tapasztalatok alapján a felületi hullám diszperziójának segítségével lehetőség nyílhat, hogy ismeretlen területen rétegszerkezetet határozzunk meg. Ilyen jellegű kísérletsorozatot a múlt évben kezdtünk el. E dolgozatban a kapott észleléseinkről előzetes tájékoztatást adunk.

A robbantásokat Szolnok környékén végeztük. A mérések két szelvény mentén történtek. A robbantás és észlelési pontokat az 1. ábra mutatja. A területen a szeizmikus felmérést a Kőolajipari Tröszt Szeizmikus Üzeme végezte.

Az „a” vonal szóban forgó szelvényén elvégzett szeizmikus méréseknek a célja nem kifejezetten a felső 0–300 m üledékes összlet kutatása volt, a méréseknél alkalmazott metódika elsősorban a mélyebben fekvő szerkezetek pontosabb kimutatásának célját szolgálta. A vonalon végzett refrakciós mérések azonban lehetőséget adtak, hogy a felső rétegösszlet



1. ábra. A kísérleti mérés helyszínrajza



2. ábra. Az „a” vonalon a refrakciós szeizmikus méréssel kapott réteghatárok és az egyes rétegekben terjedő longitudinális hullám sebességértékei

mélységi dőlési és sebesség viszonyairól, ha nem is egészen pontos, de tájékoztató jellegű adatokat nyerjünk. Az említett pontatlanság főképpen a dőlési adatokra értendő, bár azt is meg kell jegyeznünk, hogy számottevő dőlésváltozásokat a mélyebb szintekben sem mutattak ki a mérések. Az 1650–1850 m/s sebességű rétegek határvonala a szelvény közelében lemélyített mélyfúrások adatai alapján a quarter üledékek fekjével azonosítható. A szelvényen az 1650 m/s sebességű réteg mélysége 150 m, ugyanezen mélységben ütötte meg a fúró a quarter üledékek fekjét 3 fúrásban, amelyek a jelzett szelvénytől kb. 1–1,5 km-re települtek. Az 1850 m/s sebességű réteg (360 m fekülmélység) levantei képződménnyel azonosítható (2. ábra).

Bár nagyszámú kisrefrakciós mérési adat nem áll rendelkezésünkre, a néhány mérés azonban egyértelműen bizonyítja, hogy a szelvényen 1650 m/s sebességgel feltüntetett réteg nem homogén, hanem közvetlenül a felszín alatt néhány méteres (4–8 m), sebességét 400–600 m/s intervallumban változtató mállott zóna helyezkedik el. Feltehető, hogy az 1650 m/s-os rétegben ezenkívül még települhet helyenként néhány méter vastagságú 700–1000 m/s sebességű réteg, ennek elhelyezkedéséről azonban hiányos mérések birtokában biztosan nem mondhatunk. A szeizmikus robbantásokhoz felhasznált kismélységű fúrások szelvénye a feltevés helyességét látszik igazolni, a kérdés végső eldöntését azonban csak pótlólagos mérésekkel lehetne tisztázni.

Az „a” vonalon 4 lövés és a „b” vonalon egy robbantás történt, amelynek adatait az 1. táblázat mutatja:

1. táblázat

Sorszám	Szelvény jele	Észlelési táv (m)	Töltet súly (kg)	Töltet mélysége (m)
1.	a	2 070	5	5
2.	a	4 550	20	8
3.	a	10 830	70	20
4.	a	18 000	4 × 50	16
5.	b	951	1,08	5

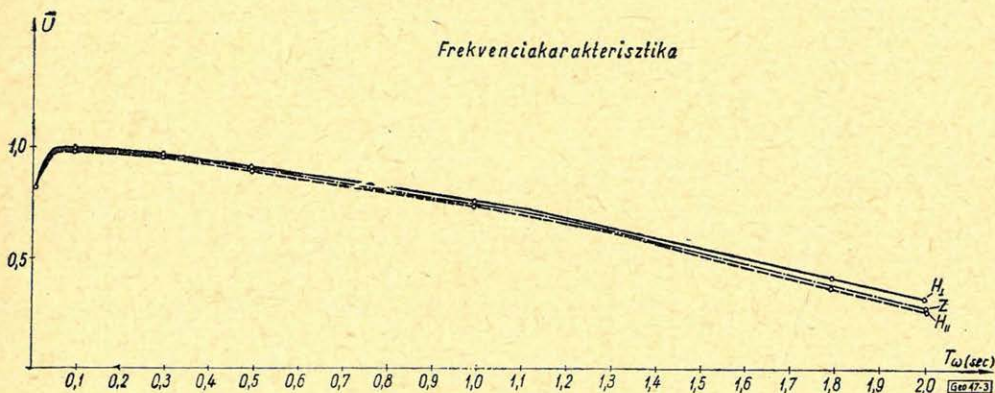
Az észlelést 3 komponenses elektrodinamikus VEGIK típusú szeizmográf-fal végeztük. A különböző robbantási távolságoknál különböző nagyítási fokozatot használtunk. Az ingák sajátperiódusa  $T_1 \sim 1,6$  sec, a galvanométerek sajátperiódusa  $T_2 \sim 0,08$  sec volt. Az egyes komponensek frekvenciakarakterisztika görbéit a 3. ábra, a fázistolás görbéket a 4. ábra mutatja.

A mérési vonalakon a műszer mindvégig helyben maradt és a robbantás helyét változtattuk. Az egyik horizontális komponens lengésiránya egybeesik a robbantópont-észlelési pont vonalával. Jele  $H_{||}$ . A másik horizontális komponens jele  $H_{\perp}$ , a vertikálisé  $Z$ .

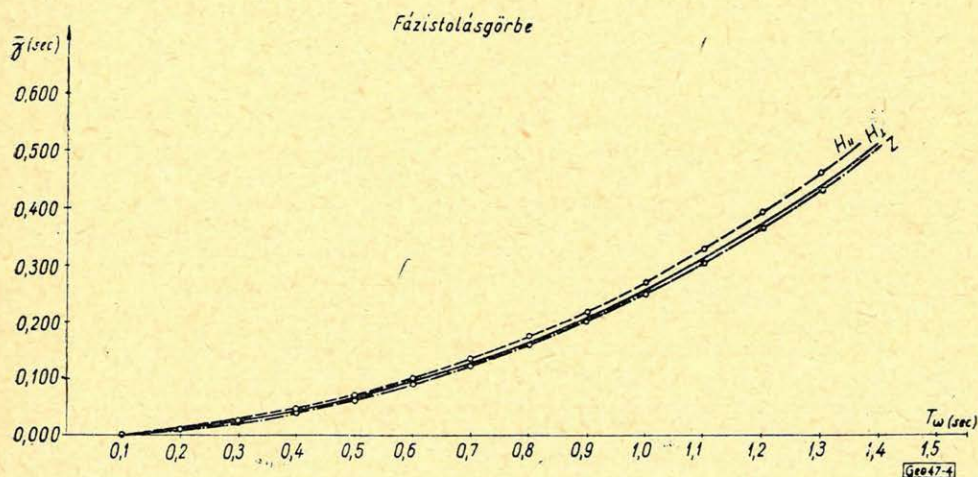
Első lépésként a felületi hullámok pályamozgásával foglalkoztunk, hogy ezzel, valamint a terjedési sebességük figyelembevételével az észlelt felületi hullámtípusokat meghatározhassuk.

A felületi hullám amplitudók kiolvasásának megkönnyítése céljából felvételeinket felnagyítottuk és egy secundumot 16 részre bontottunk. Ez a szeizmogram alapján elegendő nagyságú felbontásnak látszott. A részecskemozgás számítását és ábrázolását a szokásos módon végeztük el. Mivel a különböző

komponensek fázistolás görbéi lényegesen nem térnek el egymástól és az egyidőben beérkező hullámok periódusa közel azonos volt, az egyes komponenseken a vektoros összeadásnál fázistolással számolni nem kellett.



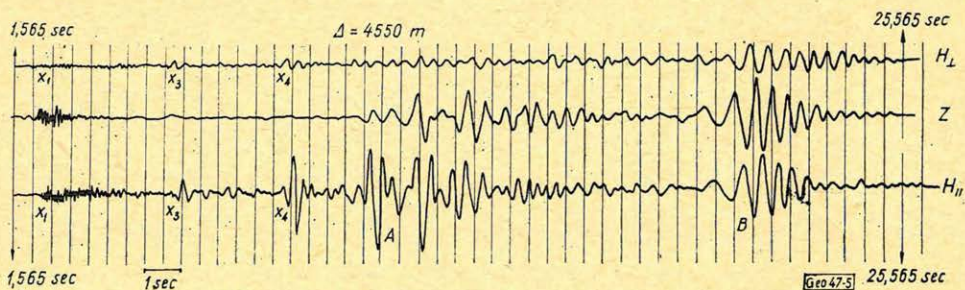
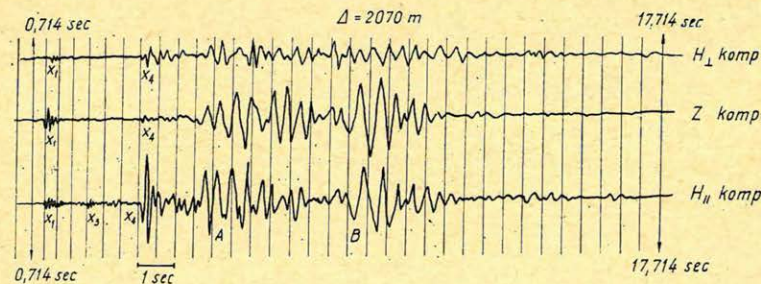
3. ábra. A kísérleti mérésben használt VEGIK típusú készülék frekvenciakaraktisztika görbéi ( $\bar{U}$ ).  $T_{\omega}$  = a talajmozgás periódusa



4. ábra. A VEGIK készülék fázistolás ( $\bar{\varphi}$ ) görbéi

Több határozott térhullám beütést észleltünk, amelyek a különböző távolságokban általában követhetők. Különösen jellegzetesek a szeizmogramokon  $X_3$  és  $X_4$ -gyel jelzett (5. ábra) térhullámbeütések, amelyek a szeizmogramokon szemmel láthatóan horizontális síkban polárizáltak. Ezeket a hullám-típusokat a részletes feldolgozásban vizsgáljuk.

A továbbiakban megkíséreljük a szeizmogramokon a különböző felületi hullám-típusokat meghatározni s azokat más távolságokon azonosítani. 2 km-es távolságnál kapott szeizmogramról látható, hogy a felületi hullám két jól megkülönböztethető csoportra bontható ( $A$ ,  $B$ ). Az első felületi hullámcsoport ( $A$ ) a robbantás után 5,91 sec-ben, a  $H_{||}$  komponensen éles beütéssel jelentkezt



5. ábra. Az „a” vonalon  $\Delta = 2070$  m és  $\approx \Delta = 4550$  m távolságokban regisztrált 5 kg, ill. 20 kg-os töltetű robbantás felvételei. ( $H_{\perp}$ ,  $H_{\parallel}$  és  $Z$  komponensek.) A regisztrálási sebesség kb. 20 mm/sec.  $x_1, x_3, x_4$  = térhullámbeérkezések,  $A$  = első felületi hullámcsoport,  $B$  = második felületi hullámcsoport

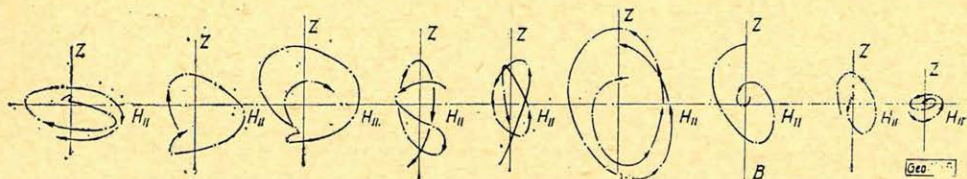
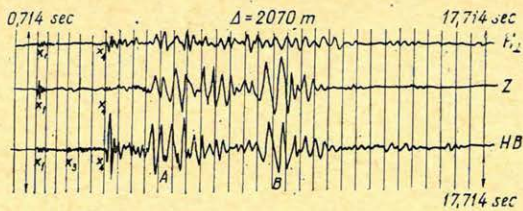
(6. ábra). Ennek a hullámtípusnak pályamozgása (6. ábra) előreforgó és a  $Z-H_{\parallel}$  síkban ellipszisalakú. A horizontális tengely közel kétszer akkora, mint a vertikális. Ezt az első hullámtípust egy újabb beütés megzavarja s ettől kezdve a forgásirány megtartása mellett az ellipszistengely viszonya a még további beütésektől zavarva állandóan változik. 6,5 sec körül a részecskemozgás hátraforgó lesz és a  $Z$  tengely nagyobbra növekszik mint a horizontális.

A második felületi hullámcsoport 8 sec körül kezdődik. A pályamozgás hátraforgó (6. ábra). A  $Z/H_{\parallel}$  tengely arány  $\sim 3/2$ . Ez a mozgás 9,5 sec-nál lecseng és újabb ugyanilyen hullám érkezik be. Ennek tengelyaránya lecsengés közben jelentősen megváltozik.

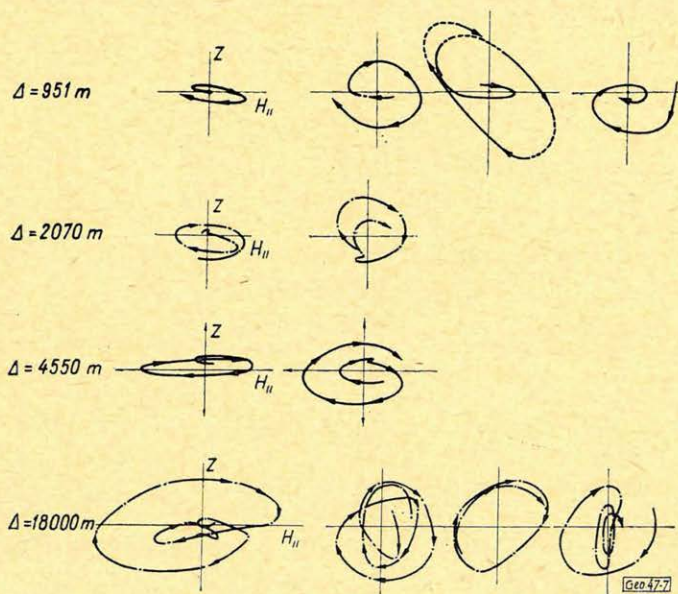
Ezek után összehasonlítjuk az 1, 4,5, 10, 18 km-en kapott részecskemozgás görbéket az előbbi 2 km-en kapott két fő hullámcsoport görbéivel. Az első hullámcsoport esetén (7. és 8. ábra) a 2 km távolságban észlelt pályamozgáshoz hasonlóan a fent említett távolságokban is a mozgásirány előreforgó, s a pálya alakja ellipszis. A  $Z$  tengely ezeken is kisebb, mint a  $H_{\parallel}$ . Továbbiakban a forgásirány a 2 km-nél észleltekhöz hasonlóan változatlanul előreforgó, annak ellenére, hogy a hullámcsoport beütésektől zavart. A második fő hullámcsoportnál (8. ábra) minden távolságban a pályamozgás hátraforgó, a 10 és 18 km-eknél először zavart, majd ellipszis alakú. Az ellipszis tengely arány  $\frac{Z}{H} \sim \frac{3}{2}$ .

Mind a szeizmogramokból, mind a részecskemozgás ábrákból tehát két fő felületi hullámcsoportot különböztethetünk meg minden távolságban. Az első fő hullámcsoport éles beütéssel jelentkezett. (A hullám sebessége 350 m/sec.) A hullámtípus nem mutat kifejlődött diszperzív vonulatot. A részecskemozgás





6. ábra. Az ábra felső részén az 5. ábrában is jelzett ( $\Delta = 2070$  m) robbantás felvételének másolatát adjuk. Az alsó sorban az első 5 diagram az A (első) felületi hullámcsoport részecskemozgását, az utolsó 4, a B (második) felületi hullámcsoport részecskemozgását mutatja a  $Z-H_{||}$  tengelysíkban

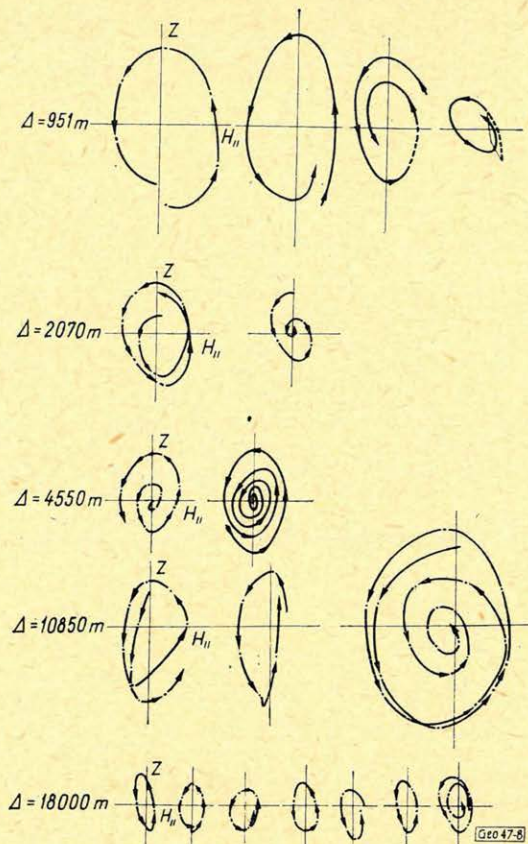


7. ábra.  $\Delta = 951$  m,  $\Delta = 2070$  m,  $\Delta = 4550$  m és  $\Delta = 18000$  m távolságokban regisztrált felvételek A (első) felületi hullámcsoportjának részecskemozgás-diagramjai a  $Z-H_{||}$  síkban

iránya előreforgó és a hullámcsoport elején a  $H_{||}$  nagyobb, mint a  $Z$  tengely. A fenti jellegzetességek leginkább a  $H^*$  hullám kritériumának felelnek meg, de pontos meghatározásához további vizsgálat szükséges.

A második fő hullámcsoport hátraforgó diszperzív hullám-menet. A diszperzió különösen 4,5 km-es távolságnál kifejezett. Itt a  $Z/H_{||} \sim 3/2$ . Az első be-

\* A  $H$  hullámot másképpen hidrodinamikus hullámnak is nevezik. (L. Don Leet: Earth Waves, 1950.)



8. ábra. Az ábrán jelzett távolságokban regisztrált felvételek  $B$  (második) felületi hullámcsoportjának részecskeközgás diagramjai

érkezés sebessége 200 m/sec. Ezt a felületi hullámcsoportot  $M_1$  Rayleigh-hullámmal azonosíthatjuk. Mindkét hullámtípus felismerhető a  $H \perp$  komponensen is, de lényegesen kisebb amplitudóval, beütésekkel zavarva, nem világos tagoltsággal.

A következő feladat, hogy részletesen vizsgáljuk a hullámtípusokat és azok kapcsolatát a rétegszerkezettel.

Méréseinket a  $b$  vonalon 24 csatornás szeizmikus műszer felvételeivel egészítettük ki, amelyeket az említett részletes feldolgozással együtt fogunk kiértékelni. Az egész kísérleti mérés műszaki feltételeit az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt Kőolajipari Szeizmikus Kutatási Üzeme biztosította, amiért itt is hálás köszönetet mondunk az Üzem Igazgatóságának.

# Mágneses jelrögzítés alkalmazása a szeizmikus kutatásban

BÁDONYI G. – KOVÁCS B.

A szeizmikus kutatásban világszerte elterjedt magnetofonos berendezések a lényeges jelformálás nélkül rögzített reprodukálható felvételek sokoldalú utólagos vizsgálatának lehetőségét biztosítják. A cikk ismerteti a Magyarországon elsőként alkalmazott frekvenciamodulációs rendszerű magnetofonos szeizmikus berendezés fontosabb konstrukciós megoldásait. Kiemeli a jelrögzítés módjának megválasztásából és a sokcsatornás felvétel nem egyidejű lejátszásából adódó előnyöket. A műszer alkalmazása során követett mérési gyakorlat ismertetését néhány jellemző szeizmogram bemutatása kíséri.

Необходимость магнитной записи сейсмических сигналов вызывается требованием воспроизведения зарегистрированных сигналов. Как известно, основной проблемой теории сейсмической аппаратуры является улучшение отношения сигнал-шум. Разделение отражений и сопровождающих их помех, т. е. улучшение отношения сигнал-шум является задачей ступеней сейсмической аппаратуры, участвующих в образовании сигналов. Однако, амплитуда и частотный спектр волн находятся в зависимости от геологического строения района разведки, поэтому оптимальное выделение сигнала часто может быть достигнуто только за счет повторных взрывов. Целесообразным техническим решением в отношении аппаратуры является магнитная запись усиленного сигнала от сейсмоприемника с полной динамикой в широкой полосе. Оптимальный анализ воспроизводимых магнитной записи сигналов производится в последствии без полевой работы.

Die sich in der ganzen Welt rasch verbreiteten seismischen Magnetbandvorrichtungen bieten die Möglichkeit einer vielseitigen nachträglichen Untersuchung der reproduzierbaren Aufnahmen, die ohne wesentlicher Signalformung hergestellt werden. Es werden die wichtigsten Konstruktionslösungen der in Ungarn zuerst angewandten frequenzmodulierten Magnetbandvorrichtungen erörtert. Der Verfasser hebt die sich aus der Art der Signalfixierung und der nicht gleichzeitigen Abspielung der vielkanaligen Aufnahmen ergebenden Vorteile hervor. Die praktische Anwendung der Vorrichtung wird durch einige typische Siesmogramme illustriert.

A szeizmikus műszerkutatás általánosságban megfogalmazható feladata a reflexiós vagy refrakciós hullámbeérkezések kiértékelhető rögzítése. A kiértékelhetőség mértéke a hasznos jelnek és zajnak a regisztrátumon mért hányadosa, a szeizmikus jel/zaj viszony. Reflexiós kutatásban a reflexiók hasznos jelnek, a kísérő felületi, ill. egyéb hullámok tekintet nélkül ezek frekvenciaspektrumára zavaró jelnek, tehát zajnak tekintendők. Bár egyetlen szeizmikus csatornára nézve a jel/zaj viszonynak 1-nél nagyobbnek kell lennie, a sokcsatornás regisztrátumot tekintve kiértékelhetőségről beszélhetünk a szeizmikus jel/zaj viszony 0,5 körüli értékéig. Ennek az aránylag kis jel/zaj viszonynak az elérése is szigorú köve-

telmény azonban, mivel a geofon által keltett jelfeszültség szeizmikus jel/zaj viszonya gyakran csak az 1/300-as viszonyt éri el. A szeizmikus műszer feladata különösen szélessávú (2 – 200 Hz.) bemenőjel esetén 150 – szerez, vagyis 43 dB-es jel/zaj viszony javítás, melyre a reflexiók és a zaj eltérő frekvenciaspektruma, valamint a reflexiók közel azonos fázisa ad lehetőséget. A reflexiók és a zaj frekvenciaspektruma azonban egyrészt a kutatási terület földtani felépítésének, másrészt a robbantástól számított időnek függvénye. Ezért a jel/zaj viszony javítás optimális megközelítése gyakran csak ismételt robbantások árán lehetséges. Lényegesen jobb jel/zaj viszony érhető el és a robbantások ismétlésére sincs szükség,

ha a robbantással nyert információit közvetlenül, tehát jelformáló fokozatok közbeiktatása nélkül reprodukálható módon rögzítjük. A reprodukálható jelrögzítésre több módszer ismeretes, azonban elektronikus és műszerkonstrukciós szempontok miatt szeizmikus vonatkozásban jelenleg csak a mágneses jelrögzítés jöhet számításba. Ennél az eljárásnál a jelek mágneses szalagra rögzítődnek, mely olcsó, könnyen kezelhető, tárolható és akár több százszor is lejátszható. A mágneses jelrögzítéssel működő úgynevezett magnetofonos szeizmikus berendezések működési szempontból — függetlenül az alkalmazott elektronikus megoldástól — minden esetben felvevő és lejátszó egységre bonthatók. A felvevő egység feladata a szeizmikus jelek szűrés, keverés és dinamika szabályozás nélküli alakhű rögzítése magnetofon-szalagra. Az alakhű jelrögzítés célja az, hogy lejátszáskor a szűrőzéshez és keveréshez az eredeti jel teljes dinamika és frekvenciaspektruma rendelkezésre álljon. A szeizmikus jelek teljes dinamikája azonban gyakran a 100 dB-t is meghaladja, míg magnetofonos jelrögzítéssel jelenleg legfeljebb 60–65 dB-es dinamika viszony rögzíthető. Ezért a felvételtör vagy csak a teljes dinamika egy része rögzíthető, vagy a 100 dB körüli dinamikát dinamika kompresszorral 60–65 dB-re kell csökkenteni a lokális viszonyok érintetlenül hagyásával. Ilyen dinamika kompresszor a jeltől független programszabályozó, amely a legtöbb magnetofonos szeizmikus berendezésben megtalálható. Azonban még a programszabályozóval 60–65 dB-re leszűkített dinamika rögzítése is csak különleges elektronikus megoldással lehetséges. Ilyen nagy dinamikájú és alacsonyfrekvenciás jelsorozat mágneses rögzítésére ugyanis a szokásos nagyfrekvenciás előmágnezésű felvételezési eljárás nem alkal-

mas, mert a legkisebb amplitudójú jelek felismeréséhez legfeljebb 0,3 ezrelékes amplitudó ingadozás lenne megengedhető. Ezért általában az impulzus frekvenciamodulációs jelrögzítés használata terjedt el, melynél a felerősített geofonjel egy modulátorra jut, modulálva annak frekvenciáját. A modulált vivőfrekvenciát magnetofonfejek rögzítik a mágneses szalagra. A felvétel az alkalmazott műszerkonstrukciótól függően a felvevő berendezéssel egybeépített, vagy külön lejátszó egységgel játszható le. Az egyidejű sokcsatornás lejátszásnál lényegesen jobb eredmények érhetők el a mágnesszalagos jeltárolás reprodukálhatóságának további kiterjesztésével. A tárolt jelek reprodukálhatósága ugyanis egyidejűleg lezajlott jelenségek időbeli szétválasztását teszi lehetővé. Ezzel a megoldással a szeizmikus csatornák egymás után játszhatóak le és elkerülhető a sokcsatornás szeizmikus jelsorozat jel/zaj viszony javításának egyidejűsége. Az egyidejű sokcsatornás szűrőzés így egycsatornás jelformálással váltható fel és a jelformálás identitásának technikai problémái megkerülhetők. A lejátszó egységnek kell tartalmaznia a szeizmikus berendezésekben használt szűrőket, keverőt és AGC-t. Frekvenciamodulációs jelrögzítés esetén a szalagról levett jelek demodulálásáról külön kell gondoskodni. Jelformálás után a szeizmikus jelek galvanométer vagy direktíró segítségével rögzíthetők.

A fent ismertetett szempontok tették szükségessé egy korszerű mágneses jelrögzítésű szeizmikus berendezés kidolgozását az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Szeizmikus Műszerkutató Laboratóriumában. A berendezés gépkocsiba szerelt felvevő egységből és egy központi jelanalizátorból áll. A felvevő egység 20 szeizmikus és 2 segédcsatorna rögzítésére alkalmas 5,5 sec-os regisztrálási idővel. A szeizmikus jelsorozat 60–65 dB-es

dinamika tartományának rögzítése érdekében impulzus frekvenciamodulációs jelrögzítést alkalmaztunk, 3 KHz-es vívőfrekvenciával. A felvevő berendezés az alacsonyfrekvenciás felületi hullámok kiszűrésétől eltekintve jelformálót nem tartalmaz. A felvétel egy forgó dob palástjára rögzített 130 mm széles magnetofonszalagra regisztrálódik. A felvétel a terepi irodában működő jelanalizátorral játszható le. A magnetoszeizmogram itt is egy forgó dob palástjára kerül, melyről a jel egy 3 csatornás demodulátoron át jut a keverőbe. A keverővel három egymás melletti csatorna jele keverhető, előre, középre vagy hátra 0-tól 100% közötti keverési arányban. A keverőt a 40 dB/oktáv vágási meredekségű alulvágó előszűrő követi, mellyel a 20 Hz alatti jelek kiszűrhetők. Az előszűrő a változtatható időállandójú AGC-re csatlakozik. Az AGC után a jel 10 alul- és 10 felülvágó szűrőt tartalmazó szűrősorozatra kerül. Az alulvágó szűrők vágási meredeksége 16 dB/oktáv-tól 56 dB/oktáv-ig, a felülvágó 16 dB/oktáv-tól 32 dB/oktáv-ig változtatható. A szűrőt a végerősítő követi, mely egy direktíró hajt meg. A direktíró a szeizmogramot papírszalagra regisztrálja.

Ezzel a berendezéssel 1963-ban végzett először rutinszerű terepméréseket az Intézet Szeizmikus osztálya. A mérésekre a nagyalföldi módszertanú program keretében került sor, melynek egyik célja éppen annak eldöntése volt, hogy a magnetofonos műszer hogyan alkalmazható bonyolult felépítésű medence jellegű szerkezetek kutatására. A meghatározott szeizmikus feladaton kívül a mérési időszakban kellett a műszer sajátosságainak leginkább megfelelő mérési eljárást kidolgozni. Mivel a megkutatott területről biztos korrelációkon alapuló részletes képet kívánunk nyerni, a felvételeket folyamatos szelvényezéssel végeztük, a robbantópont két

oldalára szimmetrikusan terítve, félterítésenkénti előrehaladással. A kialakult gyakorlatnak megfelelően, egy robbantóponton általában egyetlen magnetoszeizmogram készült, miután a kérdéses területen az optimális robbantási mélység és töltet nagyság megválasztása megtörtént. Mivel a felvételek lejátszása nem a terepi műszerkocsiban történik, ott csupán a szalagra felvett vívőfrekvenciás jel csatornánkénti vizuális ellenőrzésére van lehetőség. Ez általában elegendő ellenőrzést jelent a felvétel durva hibáinak megállapítására. A felvétel analizálása a terepi csoport központjában történik. Abból a célból, hogy a kiértékelés a terepi munkával lépést tudjon tartani, minden magnetoszeizmogramról legalább három regisztrátum készül a következő lejátszási paraméterekkel:

1. Rövid időállandójú AGC.
2. Háromcsatornás keverés előre, középre vagy hátra 45%-os keverési arányban.
3. Három különböző szűrőállás  
 15–70 Hz-ig  
 20–35 Hz-ig  
 70–100 Hz-ig terjedő határfrekvenciákkal.

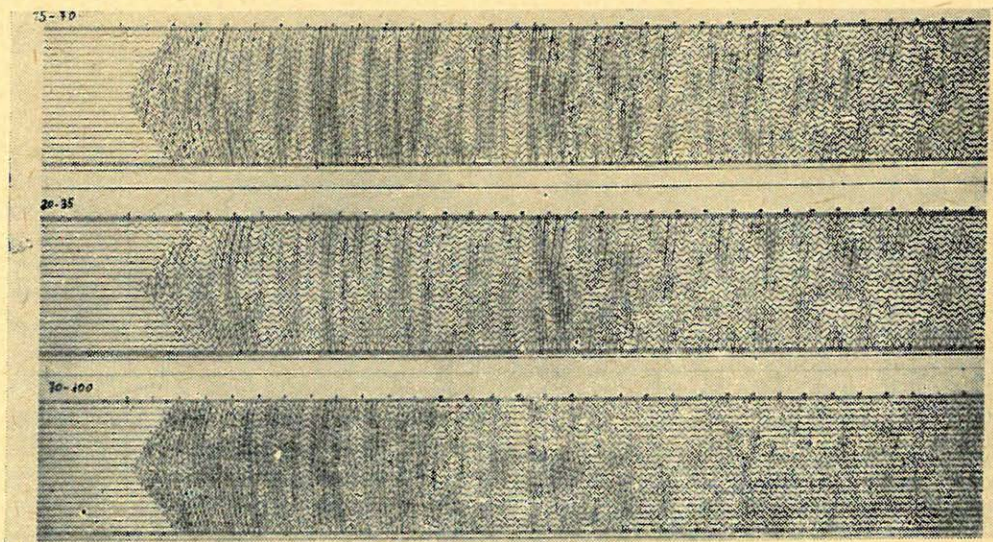
A lejátszásnak ez a technikája biztosítja a terepi munka kiértékelhetőségének folyamatosságát. Megjegyezzük, hogy az analizáló berendezéssel gyakorlott kezelő egy nap alatt mintegy 100 db szeizmogramot készíthet. Ez azt jelenti, hogy ha egy felvevő berendezés napi 10 db magnetoszeizmogramot készít, akkor egy analizáló műszer három terepi magnetofon által szolgáltatott szalagmennyiséget képes folyamatosan feldolgozni, figyelembe véve a hármas lejátszási kombinációt. Az átlagosnál kisebb szeizmikus jel/zaj viszony, ill. interferenciák vagy nehezen szétválasztható reflexiós csoportok esetén a lejátszási paraméterek finomítására van szükség. Ebben az

esetben a 10–10 határfrekvenciájú és négyféle meredekségű alul-, valamint felülvágó szűrővel a reflexiók frekvenciaspektrumának maximuma kiemelhető, ill. a 15 keverési kombináció célszerű megválasztásával a reflexiók relatív amplitudója növelhető. A reflexiók csoport szétválasztása egyrészt az AGC időállandó helyes megválasztásával, másrészt a felvétellel ellenkező irányú lejátszással lehetséges. Végül a felvétel tetszés szerinti szűrés, keverés és AGC időállandó mellett egy másik magnetofonszalagra játszható át, amely ismételt szűréssel és keveréssel analizálható.

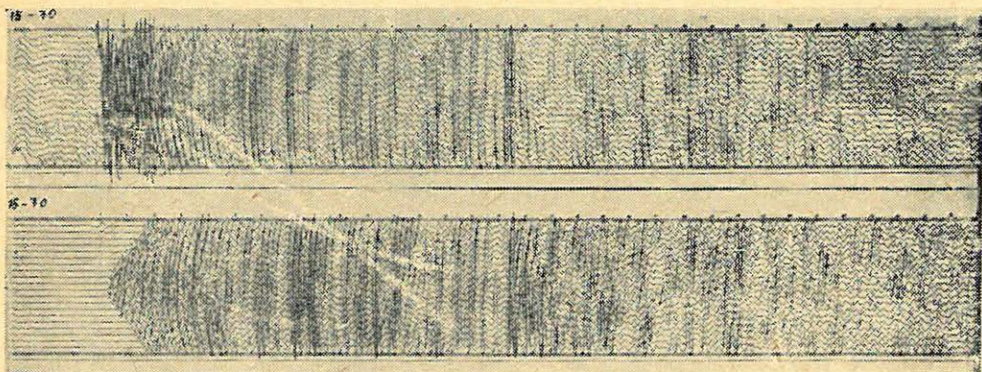
Az ismertetett analizálási technika szemléltetésére bemutatunk néhány szeizmogramot. Az *1. ábrán* ugyanarról a magnetoszeizmogramról három különböző szűrőkombinációval készült szeizmogramot látunk. A szélessávú lejátszás részletes képet ad az egész felvételtől. A 20–35 Hz-es sávban készített szeizmogram kiemeli a domináló reflexiókat és jelentősen meg-

növeli az 1,5 sec utáni beérkezések szeizmikus jel/zaj viszonyát. A 70–100 Hz-es sávban készített lejátszás részletes képet ad a felső üledékösszletről kapott beérkezésekről, mintegy felbontja az alacsony sávokban széles blokkokként jelentkező reflexiókat.

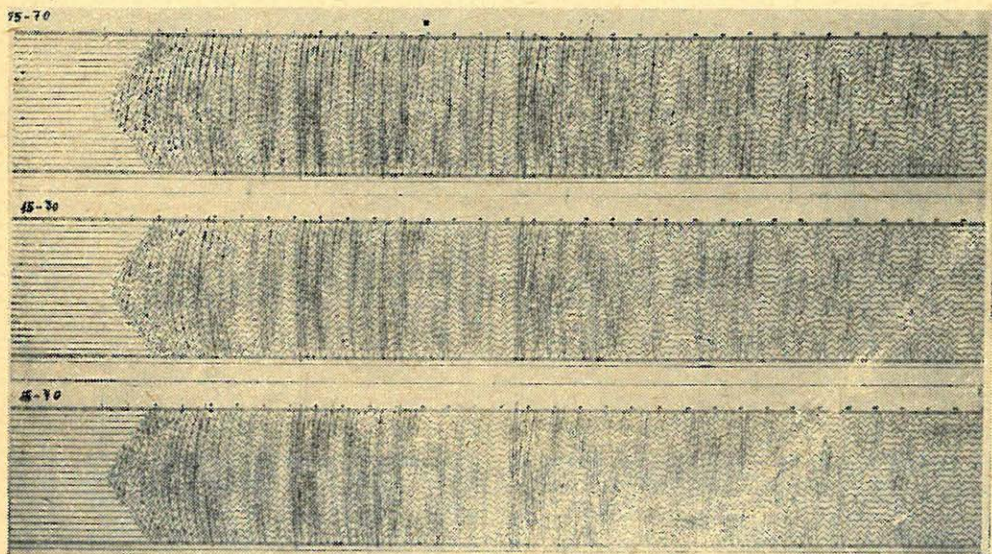
A *2. ábrán* ugyanarról a magnetoszeizmogramról a 15–70 Hz-ig terjedő sávban két irányban lejátszott egy-egy regisztrátum hasonlítható össze. Bár az AGC mindkét esetben ugyanazon időállandójú volt, a szeizmogramok mégis különböznek egymástól mivel az egymást követő reflexiók amplitudó viszonyai ellenkező értelműek. A jelsorozat burkoló görbéje a lejátszási idő függvényében az első esetben csökkenő, a másodikban pedig növekvő jellegű, ezért az AGC árnyékoló hatása a nagy jeleket követő kisebb jelekre nézve másképpen alakul. Látható, hogy a fordított irányú lejátszás azonkívül, hogy egészen az első beérkezésig kiegyenlíti



*1. ábra.* Fordított irányú lejátszással készült szeizmogramok a szűrés hatásosságának bemutatására. Felülről lefelé haladva a szélessávú (15–70 Hz-ig), a 20–35 Hz-es és a 70–100 Hz-es sávban készült szeizmogramok láthatók



2. ábra. Szélessávú szűrőssel (15 – 70 Hz) a felvétellel megegyező (fent) és a felvétellel ellenkező (lent) irányú lejátszással készült szeizmogramok



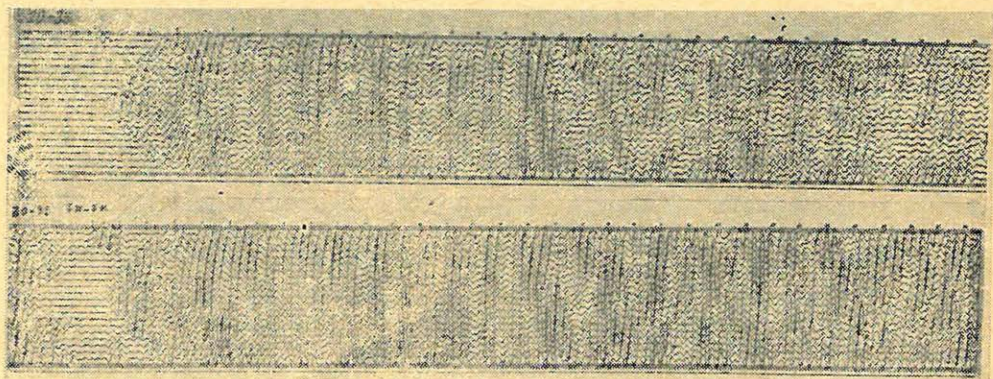
3. ábra. Különböző AGC időállandókkal lejátszott szélessávú szeizmogramok. Felülről lefelé haladva a belépő és kilépő időállandók hosszabbodnak

a szeizmogramot részletesebb képet is ad ebben az esetben.

A 3. ábrán három szélessávú szeizmogram látható, melyek csak az AGC időállandójában különböznek egymástól. Felülről lefelé haladva a növekvő időállandók sorrendjében követik egymást a felvételek. A legrészletesebb felbontás jelen esetben a leg-

rövidebb időállandóval érhető el. A többi beállítás mellett csupán az uralgó reflexiók beérkezései emelkednek ki környezetükből. Az ilyen jellegű vizsgálatok információt adnak műszerkonstrukciós problémák tisztázására is.

A 4. ábra két felvételt mutat be, melyek közül az első 20–35 Hz-es



4. ábra. Szeizmogramok az FM - FM átjátszás bemutatására. Fent a 20 - 35 Hz-es sávban készült szeizmogram látható, alatta pedig ugyanaz FM - FM átjátszás után

sávban fordított irányú lejátszással készült. A második felvételt ugyanazon lejátszási paraméterekkel egy másik magnetofonszalagra másoltuk át, majd ezt a szalagot az eredetivel megegyező szűréssel, keveréssel és AGC beállítással papírszalagra regisztráltuk. Ezzel az eljárással a szűrés meredeksége megkétszerezhető és a, háromcsatornás keverés ötcsatornásra terjeszthető ki. Különösen szembe-tűnő, hogy az átjátszás után kapott szeizmogramon lényegesen megnőtt az 1,5 sec utáni reflexiók beérkezések szeizmikus jel/zaj viszonya.

Befejezésül hangsúlyozzuk, hogy a mágneses jelrögzítés alkalmazása szeizmikus szempontból sincs kimerítve az előzőekben ismertetett műszerrel. A szeizmikus jel/zaj viszony további intenzív javítása ér-

dekében a műszer továbbfejlesztésével a magnetoszeizmogramon korrelációs műveletek végezhetőek el. Megvalósítható a változó fázisú, RNP szerű sokcsatornás keverés és a tet-szés szerinti műveletekkel kombinált átjátszás is. A jel/zaj viszony további növelése és a kiértékelés folyamata könnyíthető meg az eltolható fejekkel beállítható sztatikus és a sebesség függvényével programozott dinamikus korrekció alkalmazásával. Analóg vagy digitális számológép felhasználásával a beérkezések kiolvasása és a kiértékelés folyamata is gépesíthető. A felsorolt lehetőségek tervszerű megvalósítása a szeizmika pontosságát és növekvő gazdaságosságát eredményezi, ezért a mágneses jelrögzítésű szeizmikus műszerek fejlesztése a szeizmikus kutatás általános érdeke.



# Szeizmikus felszíni zavarhullámok (ground roll) dinamikai tulajdonságainak vizsgálata

ADÁM OSZKÁR

*A hortobágyi szeizmikusan (reflexiós) „néma” területen rövid kísérletsorozatot hajtottunk végre a felszíni zavarhullámok dinamikai tulajdonságainak meghatározása végett. Az eredmények azt mutatják, hogy a zavarhullámok alapperiódusa, spektruma és diszperziója a robbantási körülményektől függ. A töltet mélységének csökkentésével, nagyságának növelésével a zavarhullámok az alacsonyabb frekvenciasávba szoríthatók és lényegesen kedvezőbb mérési viszonyok érhetők el.*

*A vizsgálatokat nem tekintjük teljesnek, egyrészt mert további paraméterekre, másrészt több szeizmikusan „néma” területre is ki kell azokat terjesztenünk.*

*На сейсмически (с точки зрения отраженных волн) немой Хортобадыской территории была проведена небольшая серия экспериментов с целью определения динамических свойств поверхностных волн помех. Результаты показывают, что основной период, спектр и дисперсия помех зависят от условий взрыва. Уменьшением глубины взрыва и увеличением величины заряда поверхностные волны помех могут быть вытеснены в полосу более низких частот и тем самым могут быть достигнуты более благоприятные условия измерений.*

*Исследования не считаются полными, так как их надо распространить на дальнейшие параметры и на другие сейсмически немые зоны.*

*In der Hortobágyer Zone des Ausbleibens der Reflexionen wurde eine kurze Versuchsreihe zwecks eines Studiums der dynamischen Eigenschaften der Oberflächenwellen ausgeführt. Nach den erhaltenen Ergebnissen hängen die Grundperiode, Spektrum und Dispersion der Störwellen von den Schiessverhältnissen ab. Durch Reduktion der Tiefe des Schusses und Vergrößerung der Ladung ist es möglich die Störwellen in ein niedrigeres Frequenzband einzudringen, und derart wesentlich günstigere Messverhältnisse zu erhalten.*

*Zur Vollendung der Untersuchungen ist es notwendig mehrere seismische Parameter und Blindzonen zu prüfen.*

Az elmúlt évek folyamán az olyan mérési területeinket, ahol a reflexiós beérkezések nyerése, ezek kiértékelése nehézségekbe ütközött, néma területnek neveztük. A múltban némának minősített területek nagy része ma már megszólaltatható, s értékes adatok nyerhetők e területek földtani felépítésének vizsgálatához. Időközben előtérbe került a „némaság” vagy „álnémaság” okainak vizsgálata is. A némaság oka szerint első közelítésül három típusú néma területet különböztethetünk meg: A némaságot okozhatja:

1. A felszín közeli rétegek nagy elnyelő képessége (t. k. néma zóna);
2. a felszínen kialakuló felszíni zavarhullámok (ground roll) és a felszín közelben vagy nagyobb mélységben kialakuló refrakciós, reflexiós és difrakciós szabályos vagy szabálytalan jellegű hullámok fellépése;
3. a mélybeni rétegsor gyenge reflexiós képessége (szeizmikus rétegzetlensége).

Természetesen mint minden rendszerezés, ez is önkényes. Egy-egy területen mindhárom tényező is érezhető hatását, s így ezek ún. interferenciája hozza létre a valóban néma, csak nehezen megszólaltatható területeket.

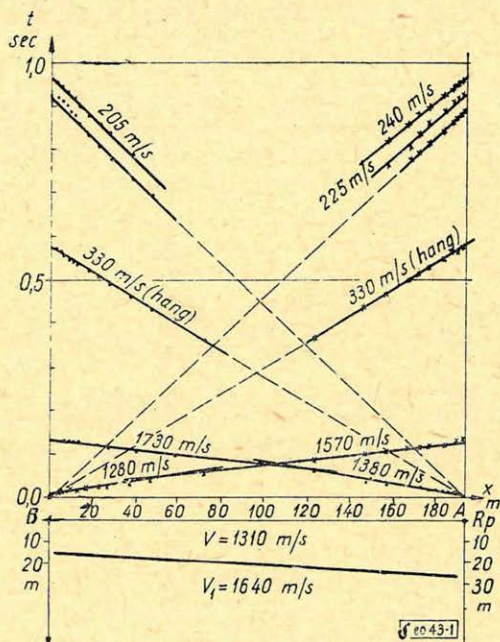
A következőkben a felszíni nagy intenzitású zavarhullámok (ground roll) tanulmányozásáról számolunk be, egy Magyarországon sokáig némának tar-

tott területen végzett, rövid kísérletsorozat alapján. A kísérletsorozat elsődleges célja a felszíni zavarhullámok dinamikai tulajdonságainak bizonyos mértékű megismerése és az analízis módszereinek kidolgozása volt. A mérési terület és jellemzői: Kísérleti pontunk a hortobágyi álnéma területen van, a hortobágyi hídtól DNy-ra kb. 5 km-re és LSK-1-el (linear shooting kísérlet) jelöltük.

A felszín sima legelő, mentes minden terepegyenetlenségtől.

A robbantási lyuk földtani szelvénye:

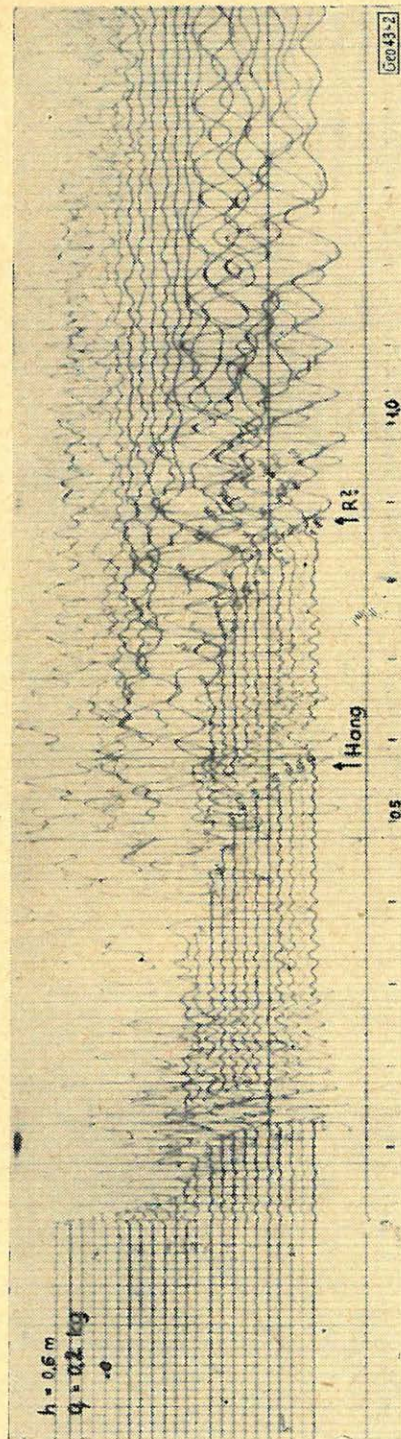
- 0–12 m agyag
- 12–16 m homok
- 16–21 m agyag
- 21–25 m agyagos-homok



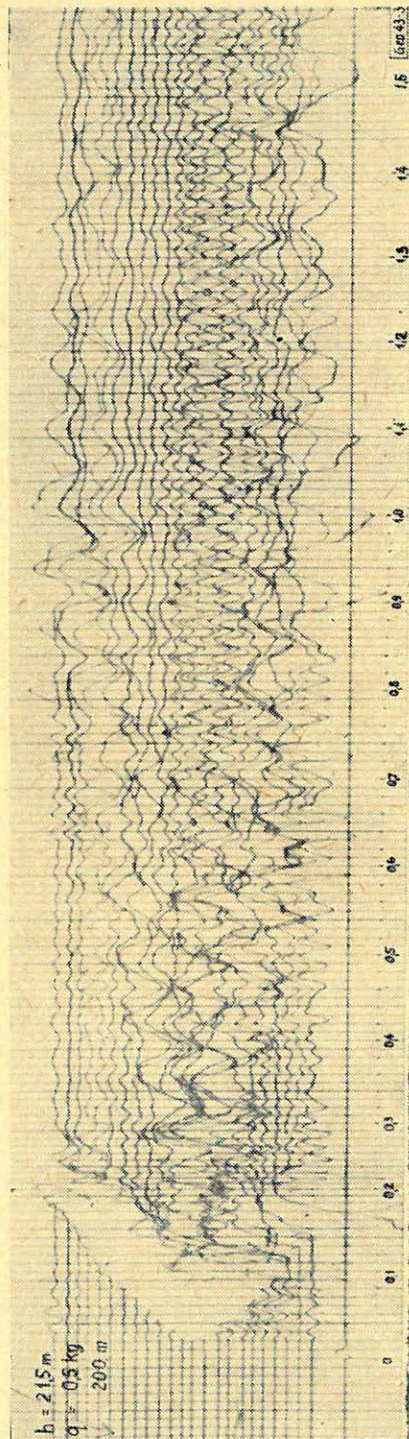
1. ábra

A közelben mélyített mélyebb fúrások is hasonló rétegsorúak. Talajvízszint a felszín közelben, 2–3 m-ben volt. A mélybeni földtani viszonyok röviden a következők: 1100–1500 m vastag neogén üledékek alatt a mezozoós medence aljzatot kréta, flis képezi. A tulajdonképpeni kristályos alaphegység helyzete jelenleg még ismeretlen.

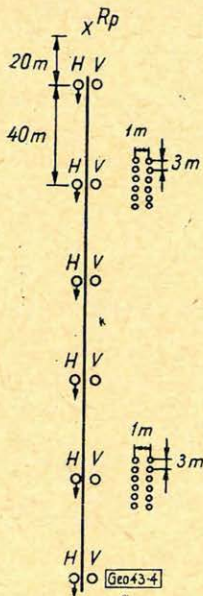
A terület felszíni szeizmogeológiai viszonyainak jellemzésére (az 1. és 2. ábrák a legalkalmasabbak). 1. ábrán a szokásos kisrefrakciós lövés menetidő görbéjét, a 2. ábrán az egyik szeizmogramot mutatjuk be. Az 1. ábrán látható szeizmogram esetében a robbantást 0,6 m-ben 0,1 és 0,2 kg-mal hajtottuk végre. A menetidőgörbe csupán nagyon vékony, kifejezetten kissebességű réteget jelöl, melynek vastagsága 1 m-nél kisebbre becsülhető. A második réteg 1380, illetőleg 1280 m/s látszólagos, illetőleg 1310 m/s átlagsebességgel jellemezhető. A harmadik réteg mintegy 3–4°-os dőlésű, és határsebessége 1640 m/s.



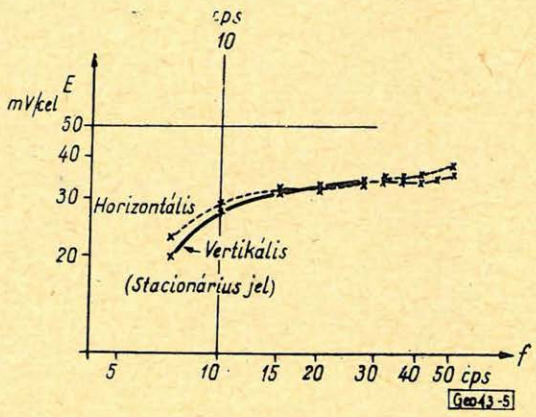
2. ábra



3. ábra



4. ábra



5. ábra

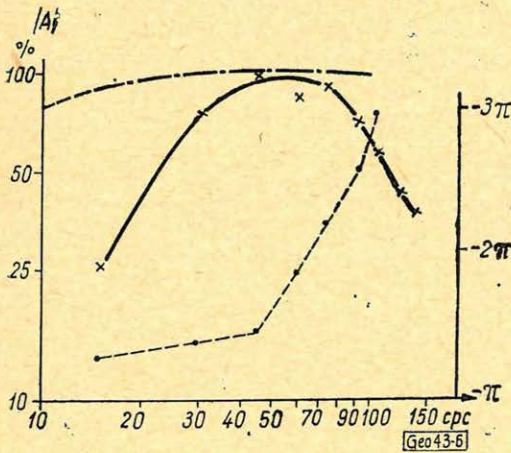
A mérési pont közvetlen környezete szigorúan véve nem tekinthető néma területnek. A szűrt, kevert és csoportosítással készített felvételeken 0,670–1,5 sec intervallumban több – a felszíni zavaroktól befolyásolt reflexiók beérkezését felismerhető. Egyszerű felvételezési technika alkalmazásával azonban csak a 3. ábrán mutatott anyagot nyerhettük.

### A kísérlet végrehajtása

A zavarhullámok dinamikai tulajdonságainak vizsgálatát két egyszerű esetben kívántuk tanulmányozni. Első esetben a robbantási mélységet változtattuk, második esetben a töltet nagyságát. A maximális robbantási mélység 25 m, a maximális töltet nagyság  $q = 8$  kg volt. Mindkét maximális paramétert az előző mérési tapasztalatok határozták meg. A robbantási mélységet 5 m-ként változtattuk  $h_{min} = 5$  m-ig. A NIDIN töltetek nagysága: 0,25; 0,5; 1; 2; 8 kg volt. Minden mérési sorozatot friss lyukban kezdtünk. A fojtást mindig teljesen tartottuk.

A felvételeket GMGy 11 számú hordozható szeizmikus berendezéssel készítettük. 6–6 db horizontális és vertikális szeizmométert helyeztünk el egymástól 40 m-re vonal mentén. A horizontális szeizmométerek vonal irányba voltak orientálva. Első szeizmométer 20 m-re volt a lyuk szájától. (A lyuktól 60 és 180 m-re levő pontokon egy-egy 12 szeizmométerből álló csoportot is elhelyeztünk  $x = 3$  m-es távolsággal.) Az elrendezés vázlatát a 4. ábrán látjuk. Mind a vertikális, mind a horizontális szeizmométerek 7 cps körüli saját frekvenciájuk voltak. Az egyes szeizmométerek – horizontális és vertikális – csillapító ellenállással voltak ellátva. Az egyes szeizmométerek érzékenység-frekvencia-karakterisztikáját stacionárius jelre vonatkozóan az 5. ábrán látjuk. A mérést több esetben ismételtük különböző amplitúdójú jel alkalmazásával, a terepi

— Impulzus átvitel (10 nF kondenzátorral)  
 - - Szűrő jelleggörbe GMGy szerint  
 — Számított fázis jelleggörbe ( $\varphi$ )



6. ábra

amplitúdó-szabályozással készítettük. Ennek alkalmazását az ún. általánosított vagy korrelációs harmonikus analízis alkalmazásának azon feltétele hozta létre, hogy az analizálandó idő függvényének stacionáriusnak, azaz az amplitúdóknak első közelítésben azonos nagyságúaknak kell lenniük.

mérések végrehajtása előtt és után. Az 5. ábrán látható görbe így az összes szeizmométerre vonatkoztatható átlagos érzékenység-frekvencia karakterisztikát mutatja.

A műszer szűrőjének átviteli jelleggörbáját — szintén stacionárius jel esetében — a 6. ábrán láthatjuk. Ez az ún. széles sávú szűrési fokozat. A fázisviszonyok ellenőrzésére egy 10 nF-os kondenzátorral adott impulzusszerű jelet is analizáltunk, amelynek eredményét szintén a 6. ábrán mutatjuk. Amint látjuk, 10–40 cps tartományban a műszer fázis-frekvencia jelleggörbéje lineáris. A műszer erősítését a mérések során azonos szinten tartottuk.

A felvételeket széles sávú szűrési fokozattal, de automatikus

### A szeizmogramok analízise

A szeizmogramok minden részletre kiterjedő feldolgozása, bár a mérési anyag látszólag nem túl nagy, mégis rendkívül sok munkát jelent. Ezt a nagy munkát teljes egészében egyelőre még nem végeztük el. Ezzel szemben azonban az előzőekben említettek értelmében elsősorban a szeizmogramok többségében előforduló jellegzetességeket és magát a nagy amplitúdóval jelentkező felszíni zavarhullámot választottuk ki analízisünk céljaira. A feldolgozást tehát elsősorban a felszíni hullámra (ground roll) terjesztettük ki.

1. *Menetidőgörbék:* A 7. ábrán olyan menetidőgörbét mutatunk be, amely a többi szeizmogramokra is egységesen jellemző, bár a töltet nagyságának és mélységének hatása is felismerhető.

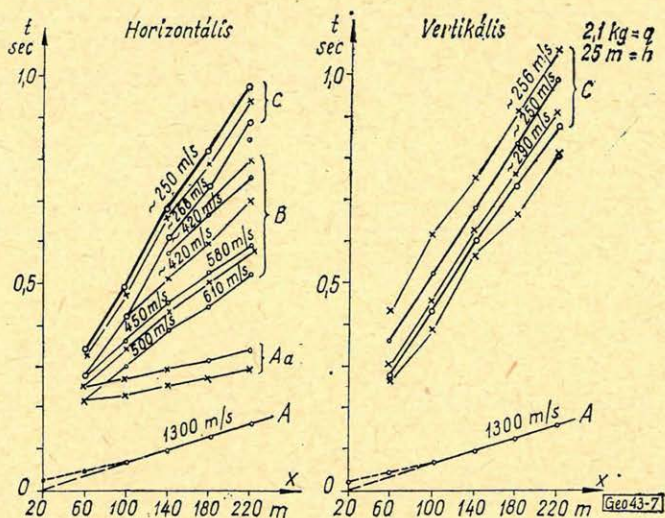
A menetidőgörbét a két orientált szeizmométer típusnak megfelelően kettéosztottuk, hogy az észlelhető különbségeket kiemeljük. Meg kell jegyeznünk, s ez jól ismert tény, hogy a zavarhullámmal analíziseknél mindig egy rendkívüli módon interferenciás jellegű hullámképpel van dolgunk. Ez a menetidőgörbék szerkesztésénél is nehézséget okozott, s ebből bizonyos mértékű bizonytalanság származhat.

A horizontális és vertikális szeizmométerekkel észlelt hullámkép nem azonos. Míg a vertikális szeizmométerek csak két hullámcsoporthoz (*A* és *C*), addig a horizontálisak három hullámcsoporthoz (*A*, *B* és *C*) regisztráltak.

Az „A” menetidőgörbe a direkthullám beérkezését jelöli. Jól megfigyelhető a menetidőgörbe hiperbola jellege is.

Az „Aa” menetidőgörbe ágat csupán a horizontális csatornákon észleltük, jelenlétük a vertikális csatornákon nem ismerhető fel. A menetidőgörbék reflektált hullámra (testhullámra) utalnak.

A „B” menetidőgörbe csoportot szintén csak a horizontális szeizmométerek regisztrálták. E hullámcsoporthoz látszólagos sebessége 400–600 m/es között változik, a sebességágak görbültek. E hullámok típusának meghatározása kétséges, ennek eldöntése további megfontolást igényel.



7. ábra

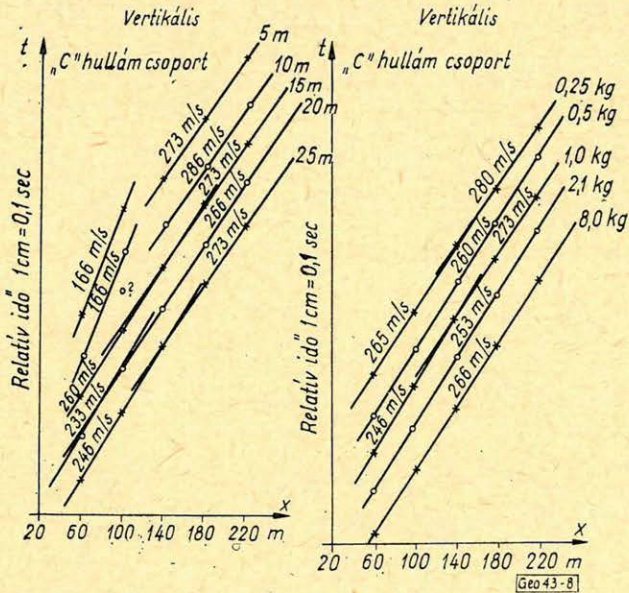
A „C” menetidőgörbe csoportot mindkét diagramon láthatjuk. A maximális amplitúdójú ágat vastag vonal jelzi. E csoportban a látszólagos sebesség 250–290 m/sec között változik. E hullámtípus részletes analizisével a következőkben foglalkozunk, mert gyakorlatunkban ezt nevezzük „felszíni hullámnak” (ground roll).

A robbantási mélység és töltetnagyság változtatásával az „A” hullámcsoporthoz menetidődiagramja lényegében változatlan marad. A látszólagos sebességek értéke csupán 1300–1340 m/s között változik. Az Aa és B hullámcsoporthoz menetidődiagramjának vizsgálata az alkalmazott észlelési viszonyok mellett nehézségekbe ütközött. Kis töltetknél a beérkezések nem határozhatók meg, nagy töltetknél pedig túl nagyok az amplitúdók ahhoz, hogy egyértelműen kiértékelhetők legyenek. Jelenlétük azonban minden kétséget kizáró módon felismerhető.

A C hullámcsoporthoz – s ez volt eredeti célkitűzésünk is – minden szeizmogramon jól felismerhető, s így menetidődiagramja is meghatározható volt. Amint azonban a 8. ábrán láthatjuk e menetidődiagramok különösebb változást sem a töltet, sem a mélység változtatásával nem jeleznek, kivéve a 5 és 10 m mélységben történt robbantásnál, amikor a 60 és 100 m távolságban levő szeizmométerek a távolabbiakhoz képest egy periódussal később adják a maxi-

mális amplitúdót. Ennek a jelenségnek azonban pillanatnyilag különösebb jelentőséget nem tulajdonítunk. Megemlítenünk azonban azért is kellett, mert a kisrefrakciós szeizmogramunkon hasonló sebességérték a későbbi beérkezések sorában (185 m/s – 205 m/s) jól megfigyelhető. Feltételezhető, s erre még visszatérünk, hogy ezen a ponton esetleg valójában „felületi” hullámmal van dolgunk, de amelyet a későbbiekben az egyéb hullámokkal való interferencia elnyom.

2. *Sebességvektor diagramok:* Sebességmérő szeizmometereket használván az egyes beérkezések a sebességvektor diagrammal jellemezhetőek. A szeizmometereket úgy helyeztük el, hogy a pozitív amplitúdó a „fel” és „el” mozgás irányoknak felel meg a vertikális, illetőleg horizontális csatornákon.

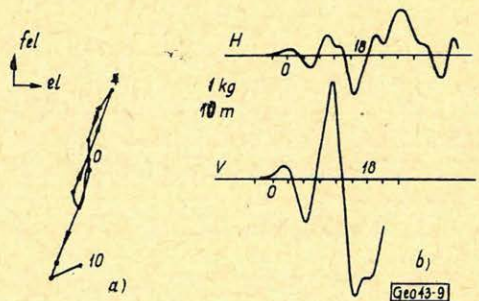


8. ábra

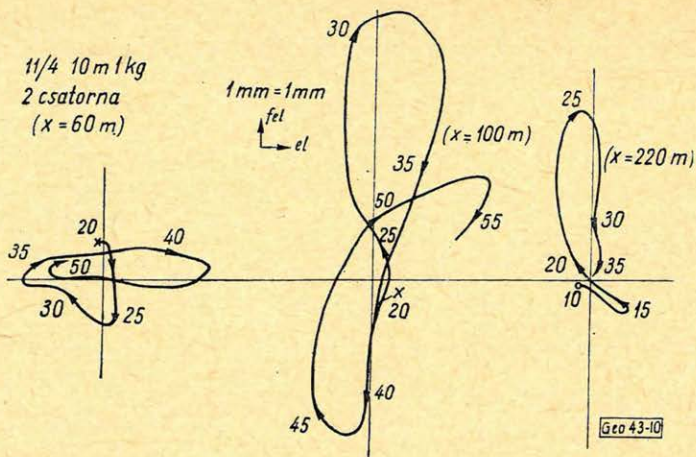
Az „A” hullámok, amelyeket menetidő diagramjaik alapján testhullámnak minősítettünk, vertikális sebességvektorral tűnnek ki, megerősítvén az előzőekben tett következtetést. A jellemző impulzus formákat és a kapcsolódó vektordiagramot a 9. ábrán láthatjuk.

Az Aa és B hullámcsoport vektordiagramja az előzőekben már említettek miatt nem szerkeszthető meg.

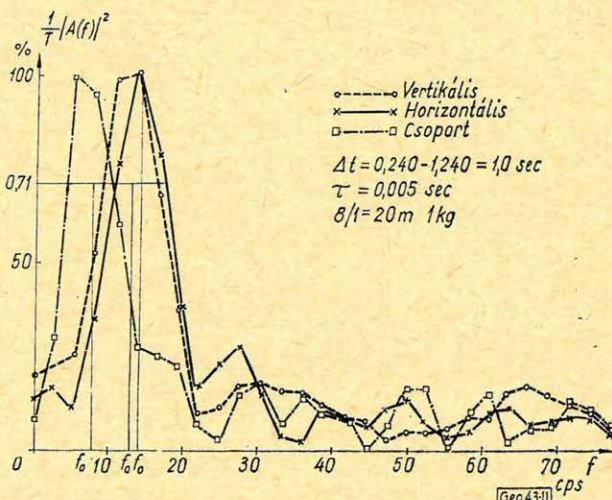
A „C” hullámcsoport maximális amplitúdójú részét tartalmazó intervallumból szerkesztettük meg a vektordiagramokat. A felvételeknél sajnos automatikus amplitúdó szabályozót használtunk, így bizonyos mértékben torzítottak az eredmények (10. ábrán). A lyukhoz közeli ( $x = 60$  m) helyzetben a vektordiagram komplexitása tűnik fel, nagy a horizontális komponens. Tá-



9. ábra



10. ábra



11. ábra

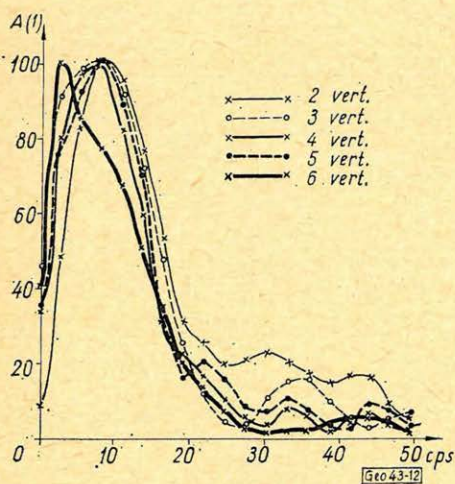
volodva a lyuktól a vertikális komponens mind uralkodóbbá válik, s a trajektoria alapján (5) hidrodinamikus H-hullámok jelenlétére következtethetünk. Tiszta Rayleigh-hullám feltehetően itt is csak nagyobb észlelési távolságnál lenne elkülöníthető.

3. A felszíni zavarhullámok spektrumának meghatározásánál két utat követtünk:

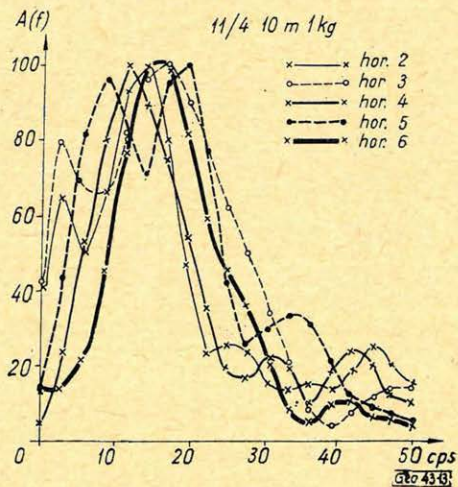
a) Elsősorban egy robbantópont közeli ( $x = 60$  m) észlelési ponton elvégeztük az általánosított harmonikus analízist a csatornák 1,0 sec-s szakaszára a maximális amplitúdójú hullám beérkezése után. Ennek az eredményét látjuk a 11. ábrán. A horizontális és vertikális csatornán észlelt hullámok ilyen módon meghatározott spektruma ebben a távolságban lényegében nem különbözik egymástól. A csoportszeizmóméteren észlelt hullámkép spektruma azonban az előzőekétől lényegesen lejjebb tolódott, kb. a szeizmóméter saját frekvenciája közelébe. Ez azt is jelentheti, hogy a rendszer csillapítatlanná vált.



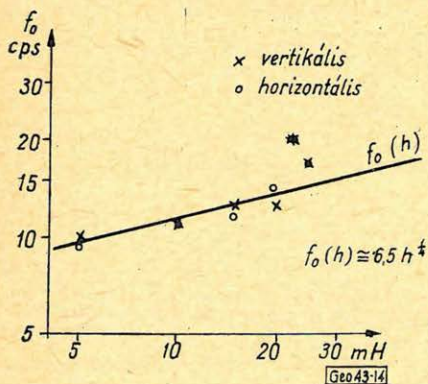
b) Másodsorban elvégeztük a harmonikus analízist a zavarhullám beérkezések vertikális-horizontális csatornán azonosítható első periódusán, a lyukközei csatorna kivételével, de nem minden robbantásra. A vertikális és horizontális csatornán észlelt beérkezések spektrumait a 12. és 13. ábrán láthatjuk. Első pillantásra feltűnik, hogy a vertikális és horizontális csatornán észlelt hullámok spektruma, annak ellenére, hogy mindkettő azonos időintervallumra vonatkozik, lényegesen különbözik. Míg a vertikális csatornákon a spektrum



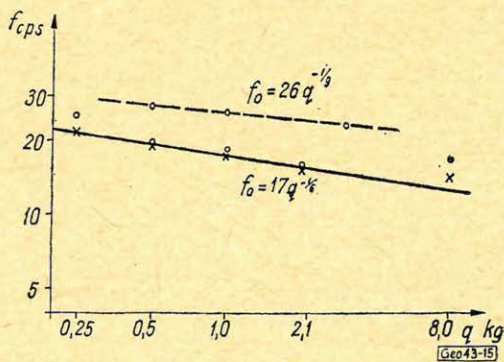
12. ábra



13. ábra



14. ábra



15. ábra

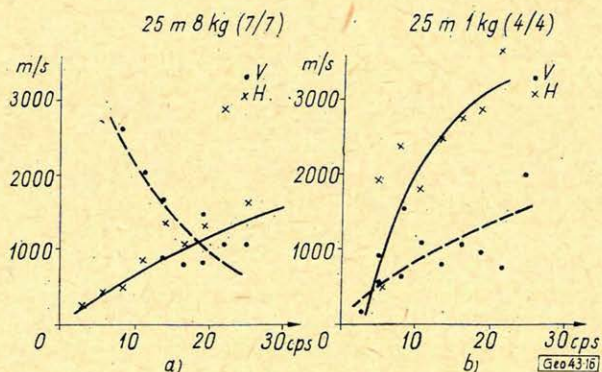
amplitúdó-maximum 10 cps körül van, s a spektrumok keskenyek, addig a horizontális csatornán 15–20 cps körül vannak a spektrum-maximumok, és lényegesen szélesebb sávot fognak át. A vertikális csatornán észlelt jelnek sokkal inkább impulzus jellege van és ez hozzá létre a különbséget.

c) Az általánosított harmonikus analízist az említett csatornán elvégeztük minden robbantásnál. Így lehetőségünk nyílik mind a töltet mélységének, mind nagyságának változását a spektrum csúcsfrekvenciájának függvényében tanulmányozni.

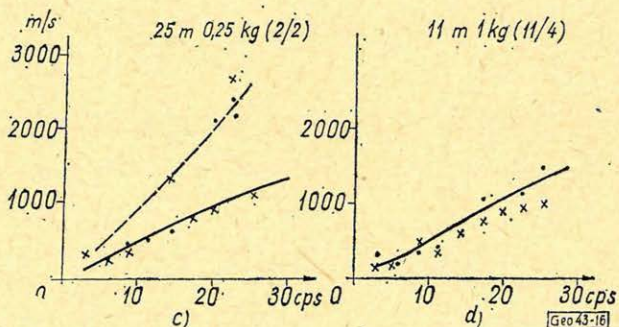
A 14. ábrán a  $f_0(h)$  menetet ábrázoltuk bilogaritmikus koordináta rendszerben. Közelítő függvénykapcsolatként

$$f_0 \cong 6,5 h^{1/4}$$

írható fel, (ahol a mélység m-ben), azaz a felszíni zavarhullámok periódusa a robbantási mélység csökkenésével növekszik.



16a, b ábra



16c, d ábra

A 15. ábrán a  $f_0(q)$  menetet mutatjuk be, ahol a  $q$  a töltetsúly kg-ban, közelítő függvényként

$$f_0 \cong 17,0 q^{-1/6}$$

(ahol a töltetnagyság kg-ban) határozható meg.

A 15. ábrán feltüntetettük (szaggatott vonallal) egy reflexiós beérkezésre ( $t_0 = 1,0$  sec) elvégzett közelítő harmonikus analízis eredményét is, amelyet az új magnetofonos berendezéssel hajtottuk végre. Erre vonatkozóan — bár csupán három pontból —

$$f_0 \cong 26,0 q^{-1/9}$$

összefüggés határozható meg (ahol a töltetnagyság kg-ban). A kisebb hatványkitevő azt mutatja, hogy a reflexiós hullám spektruma kevésbé változik, mint a felszíni zavarhullámé.

d) A felszíni zavarhullám-beérkezések első periódusainak analizését úgy hajtottuk végre, hogy adatokat szerezzünk a hullámok diszperzív tulajdonságairól is. A Fourier-komponensek fázissebességének meghatározását Korschunov (6), Förtsch (7) módszerével végeztük el, négy felvételen. A diszperziós görbéket mind a vertikális, mind a horizontális csatornákon kiszámítottuk. 16. ábra,  $a-b-c-d$ .

Amint látjuk, majdnem minden esetben inverz diszperziót határoztunk meg. A horizontális és vertikális csatornák között esetenként nagy az eltérés. Ennek oka feltehetően a nem tiszta, hanem interferenciás beérkezés, másrészt a viszonylag nagy — 40 m — geofonköz alkalmazása. De nem hagyható figyelmen kívül az a különbség sem, amely a spektrumokban jelentkezett, s melyekre a figyelmet felhívtuk.

Megkíséreltük ugyanezen felvételeken a csoportsebesség meghatározását is Dobrin (8) módszerével. Ez azonban nem vezetett sikerre, határozott sebességmenetet nem tudtunk meghatározni. Ugyancsak megkíséreltük a kisrefrakciós felvételeken hasonló sebességgel jelentkező hullámok csoportsebességének meghatározását is. A csoportsebességek anomális diszperzióját határoztuk meg, de még meglehetősen bizonytalanul. Így ezek a hullámok feltehetően a Rayleigh típusba sorolhatók, amelyeket mélybeni robbantásnál felismerhetően nem észleltünk.

### Következtetés

Amint már a bevezetőben hangsúlyoztuk, a kísérletek végrehajtására nagyon rövid idő állott rendelkezésünkre. A kísérlet célja elsősorban az volt, hogy a zavarhullám problémáját a rutin módszereken kívül más oldalról is megközelítsük. Az eredmények röviden a következőkben foglalhatók össze:

1. A menetidő görbén megjelenő és vertikális szeizmométerrel nem észlelt „B” hullámcsoport szerepe a felszíni nagy amplitúdójú „C” zavarhullám kialakításában, szerintünk elsődleges fontosságú. Hagedoorn (9) egy kísérlet-sorozattal azt igyekezett igazolni, hogy a felszíni nagy amplitúdójú és alacsony frekvenciájú zavarhullámokat reflektált tranzverzális hullámok hozzák létre. A tranzverzális hullámok — legalábbis esetünkben — nem reflektáltak, hanem bemerülő és a felszínről reflektált hullámok lehetnek, amelyek Hagedoorn által leírt mechanizmussal hozzák létre a felszíni zavarhullámot. Ez annál is inkább valószínű, minthogy nagyobb vastagságú kimondott kisebbességű réteg mérési területünkön nincs.

2. A felszíni nagy amplitúdójú „C”-vel jelölt zavarhullám alapfrekvenciája függ a robbantás mélységétől és a töltet nagyságától. A robbantás mélységének a hatása jól felhasználható arra, hogy a zavar spektrumát minél inkább a hasznos tartományon kívülre szorítsuk. A töltet nagyság hatása is jól felhasználható, azonban a kis 1/6-os hatványkitevő lényegesen kisebb változtatást enged meg. A hatványkitevő 1/6-os értéke mind Peet (10), mind Gurvics (11) 1/3-os értékétől eltér. Ezek a szerzők azonban közvetlen, illetőleg a reflektált hullám spektrumát vizsgálták és nem a zavarhullámét.

3. A felszíni nagy amplitúdójú „C”-vel jelölt zavarhullám anomális diszperziót mutat. Ez az eredmény nem egyezik Korschunov (6) megállapításával, aki normális diszperziójú hullámokat határozott meg kis töltettel és ütéses rengéskeltéssel. Ezzel szemben anomális diszperziót ír le Karusz (12) minden

laza lös-szerű, homokos, agyagos kőzetre. Hasonlóképpen anomális diszperziót írnak le, hasonló bizonytalan  $R$  hullám csoportra Dobrin és társai (13).

Így tehát, – bár a meghatározás pontossága kifogásolható a nagy szeizmométerköz miatt – az eredmények jó tájékoztatásul elfogadhatók.

Az anomális diszperzió jelentőségére úgy gondolom nem kell különösebben kitérnünk. Csoportosításnál számtalan esetben kapunk reflexiós jellegű beérkezéseket. Ezek oka a nagy csoportbázisban, de véleményünk szerint a felszíni zavarhullámok anomális diszperziójában is kereshető.

Végeredményben megállapítható, hogy még egy ilyen gyorsan és nem teljesen kidolgozott kísérletsorozat is nyújthat értékes adatokat, zavarhullám problémánk megoldásában. A következő kísérletsorozatnál természetesen megfelelőbb műszerrel az eddigi eredmények stabilizálhatók és továbbfejleszthetők lesznek.

Ez a dolgozat a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Szeizmikus Osztályán készült.

#### IRODALOM

1. Horton, C. W.: The structure of the noise background of a seismogram. Geophysics, 1955. Vol. XX. No 3. 365 – 585.
2. Ádám Oszkár: Szeizmikus felvételek frekvencia analízise. 1962. Geofizikai Intézeti Napok előadása. Kézirat.
3. Goldman S.: Information theory New York Prentice-Hall Inc. 1955.
4. Jones, H. J. és mások: Cross Correlation Filtering Geophysics Vol. XIX.
5. Don Lect, L.: Earth Waves 1950. Harvard University Press 51. oldal.
6. Korschunov, A.: On Surface Waves in Loose materials of the soil Geophysical Prospecting. Vol. III. No - 4, 1955. 359 – 381.
7. Förtsch, O.: Deutung von Dispersions – und Absorptionsbeobachtungen an Oberflächenwellen. Gerlands Beiträge zur Geophysik. 1953. Vol. 63. 16 – 58.
8. Dobrin, H. A.: Dispersion in seismic surface waves. Geophysics 1951. Vol. XVI. No 1. 63 – 80.
9. Hagedoorn, J. G.: In pursuit of the errand seismic pulse. 1962. Geophysical Prospecting Vol. X. No 2.
10. Peet, W. E.: A shock wave theory for the generation of seismic signal around a spherical shot-hole. 1960. Geophysical Prospecting Vol. VIII. No 4.
11. Gurvics, I. I.: és Csao Bun: Az amplitúdó és töltetsúly közötti összefüggés. Razvedocsnaja i promiszlovaja. Geofizika 1962. No 4.
12. Karusz, E. V.: Rugalmas hullámok abszorpciója a kőzetekben, állandó rezgéskeltés mellett. Izvesztija Akademia Nauk SzSzsR Szeria Geofizika 1958. No 4.
13. Dobrin, H. B. és mások: Surface and near surface waves in the Delaware Basin. Geophysics Vol. XIX. 1954. No 4.

# A refraktált hullámok útidőgörbéin alapuló átlagsebességmeghatározási módszerek vizsgálata és alkalmazása a kisalföldi és a Hajdúszoboszló környéki szeizmikus kutatásoknál

SÁGHY GYÖRGY – UJFALUSY ANTAL

A cikkben a refraktált hullámok útidőgörbéiből történő átlagsebességszámítás problémájával foglalkozunk.

Csoportosítjuk az irodalomban csak szétszórtan található átlagsebesség meghatározási módszereket. Összevetjük az egyes módszerek lényeges sajátosságait és megvizsgáljuk a különböző eljárásoknál várható eltéréseket, hibákat és ezek okait. Több gyakorlati példán elemezzük a különböző módszerekkel nyert eredményeket.

Konkrét területi vizsgálatainkkal a kisalföldi és Hajdúszoboszló környéki refrakciós mérésekből különböző módon történt átlagsebességfüggvény meghatározásokat és eredményeit ismertetjük, rámutatva a geológiai és szerkezeti összefüggésekre is.

A tapasztalatok alapján értékeljük a refraktált hullámok útidőgörbéiből történő sebességszámítási eljárásokat, kiemelve a „Csibiszov” módszert, amely alkalmasnak látszik nagyobb területek anyagának egysegés feldolgozására.

В статье разбирается проблема определения средней скорости по годографам преломленных волн. Были объединены еще не систематизированные в литературе методы определения средней скорости. Попоставлены существенные особенности каждого метода и исследованы возможные расхождения и ошибки различных способов и их причины. На ряде практических примеров анализируются результаты, полученные различными способами.

На примерах исследования конкретной площади показываются определения зависимости средней скорости, проведенные различными способами по данным разведки МПВ в районе Хайдусобосло и Малой низменности и их результаты указывая и на геологические и структурные взаимосвязи.

На основании накопленных опытов оцениваются способы вычисления скорости по годографам преломленных волн, выделяя способ „Чибисова”, который кажется наиболее применимым для единой обработки материалов больших территорий.

In dem Artikel befassen wir uns mit dem Problem der aus den Laufzeitkurven refraktierter Wellen erfolgenden Durchschnittsgeschwindigkeits-Rechnung. Wir gruppieren die in der Literatur nur vereinzelt auffindbaren Bestimmungsmethoden.

Wir vergleichen die wesentlichen Eigenschaften der einzelnen Verfahren und untersuchen die bei den verschiedenen Methoden zu erwartenden Abweichungen, Fehler und deren Ursachen. Die mit den diversen Verfahren erhaltenen Ergebnisse analysieren wir an mehreren praktischen Beispielen.

Wir besprechen die durch unsere konkreten regionalen Untersuchungen aus den Refraktionsmessungen in der Kleinen Ebene und in der Umgebung von Hajdusoboszló auf verschiedene Weise erfolgten Durchschnittsgeschwindigkeits-Funktionsbestimmungen, sowie deren Ergebnisse und weisen auf die geologischen und strukturellen Zusammenhänge hin.

Auf Grund von Erfahrungen werten wir die aus den Laufzeitkurven refraktierter Wellen erfolgenden Methoden der Geschwindigkeitsrechnung, die Tschibisow-Methode hervorhebend, welche zur einheitlichen Aufarbeitung des Datenmaterials grösserer Gebiete als geeignet zu sein scheint.

A refraktált hullámok útidőgörbéiből történő átlagsebességszámítási eljárások többségének közös vonása, hogy az első beérkezések útidőgörbéin alapulnak, feltételezik, hogy horizontális sebességváltozás a közegben nincs és az útidőgörbe egyértelműen kifejezi a közeg sebességeloszlását. Minden eljárás a fedő közeg sebességeloszlására szigorúbb, vagy kevésbé szigorú feltételezést tesz. Ez megegyezik a reális közegeknek a szeizmikában általánosan alkalmazott megközelítési módjaival.

A reális fedő közeget az átlagsebességmeghatározásnál is homogén, réteges, vagy folytonosan változó sebességű közeggel közelítjük meg, oly módon, hogy homogén, réteges, vagy folytonosan változó sebességű közegnek megfelelő szabályos útidőgörbével közelítjük meg a ténylegesen mért útidőgörbét.

A refraktált hullámok útidőgörbéiből történő átlagsebességszámítások elszórtan találhatók meg az irodalomban, ezért összefoglaló képet adunk és a közelítő közeg sajátosságai alapján rendszerezük az ismert, vagy kevésbé ismert eljárásokat.

Az I. ábrában a jelentősebb eljárásokat foglaltuk össze és a közelítő közeg sajátosságai alapján csoportosítottuk.

I. *Homogén fedő közeg.* A kezdőpont (a) módszer alapján a fekü felszínének megfelelő refrakciós útidőgörbe kezdőpontja  $t_{k,p}$  és  $x_{k,p}$  koordinátájának, a fekü határsebességének ( $v_h$ ) és  $\varphi$  dőlésszögének ismeretében a táblázat szerint meghatározható a fedő közeg átlagsebessége. A módszer gyakorlati értéke erősen korlátozott, tekintve, hogy a kezdőpont a legritkábban határozható meg [5, 6].

Általánosabban elterjedt a (b) módszer, amikor egy bizonyos réteghatár felszínéig értelmezett átlagsebességet úgy határozzuk meg, hogy a réteghatárról származó útidőgörbe és a fedőközegről származó első beérkezések útidőgörbéjének metszéspontját összekötjük a robbantópont  $t=0$  pontjával. Az így kapott átlagoló útidőgörbe iránytangensének reciproka fejezi ki a homogén fedőközeg átlagsebességét [5, 6].

(c) esetben egy csapásmenti vonal útidőgörbéjéből ismerve a határfelület sebességét ( $v_h$ ), a dőlésmenti vonal  $v_1^*$  és  $v_2^*$  látszólagos sebességértékeinek ismeretében határozhatjuk meg a réteghatárig vett átlagsebességet a táblázatban megtalálható összefüggés alapján [6].

A II. csoport réteges fedőt tételez fel. (d) módszernél az útidőgörbét sokszögvonallal közelítjük meg és a réteges közeg geometriai szeizmikájának ismert formuláival kapjuk meg a közelítő közeg átlagsebességfüggvényét. A látszólagos sebességek és a  $t_0$  tengelymetszetek adataiból a megfelelő rétegvastagságok ( $\Delta z_k$ -k), illetve a hozzájuk tartozó  $V_k$ -k és így a táblázatban közölt ismert formulával az átlagsebesség-függvény meghatározható.

A III/a. csoportba számos eljárás tartozik [7, 10].

Ezek a módszerek egy célszerűen megadott  $V = V(z)$  függvénnyel közelítik meg a fedőközeg sebességeloszlását, illetve ezen keresztül az útidőgörbét. Útidőgörbe sablonokat közölnek pl. lineáris, parabolikus és más közelítő függvényekre, melyek közül adott esetben a legjobban alkalmazhatót használják fel.

Ezen csoportból a későbbiekben is alkalmazott két számítást emelünk ki, amelyek jól jellemzik a matematikai függvénycsoportok típusait.

Az (e) módszer továbbfejlesztésével és gyakorlati alkalmazásával Ádám Oszkár és Szabó Zoltánné foglalkozott [1]. A közelítő közeg sebességfüggvénye e módszernél

$$V = Az^n$$

**A refraktált hullámok útidőgörbén alapuló átlagssebesség meghatározási módszerek felosztása a közelítő fedőközeg alapján**

Jel	A módszer megnevezése	A közelítő közeg helyi v. intervallum sebessége a mélység függvényében		A közelítő útidőgörbe egyenlete		Az átlagssebesség függvények ill. értékek	Jegyzet
		t	x	t	x		
<b>I. Homogén fedőközeg</b>							
a	Kezdpontos	$V = \text{const.}$	$t = \frac{1}{V} x$			$\bar{V}_z = \sqrt{\frac{X_{kp} \cdot V_{nat}}{t_{kp}}}$	
b	Metszéspontos	$V = \text{const.}$	$t = \frac{1}{V} x$			$\bar{V}_z = \frac{\Delta t_k}{\Delta X_k}$	
c	Három útidőgörbés	$V = \text{const.}$	$t = \frac{1}{V} x$			$\bar{V}_z = \sqrt{\frac{V_{nat} \left( \frac{1}{V} + \frac{1}{V^*} \right)^2}{1 - \frac{V_{nat}^2}{V^2 V_k^2}}}$ $V_{nat}$	
<b>II. Réteges fedőközeg</b>							
d	Sokszögvonalas	$V = [C_n]_{z_n-1}^{z_n}$				$\bar{V}_z = \frac{\sum \Delta Z_k}{\sum \Delta \frac{Z_k}{V_k}}$	
<b>III/a Analitikusan adott folytonos függvény szerint változó sebességű fedőközeg *</b>							
e	Kaufman	$V = A z^{\frac{1}{n}}$	$t = \frac{2n}{A^{\frac{1}{n}} p^{\frac{n-1}{n}}} \int_0^x \sin^n t dt = \frac{n \pi^{\frac{1}{2}}}{A^{\frac{1}{n}} p^{\frac{n-1}{n}}} x \frac{2n}{A^{\frac{1}{n}} p^{\frac{n-1}{n}}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^n t dt = \frac{n \pi^{\frac{1}{2}}}{A^{\frac{1}{n}} p^{\frac{n-1}{n}}} r \left( \frac{\pi}{2} \right)$			$\bar{V} = \frac{n-1}{n} A z^{\frac{1}{n}}$	$A = \frac{n \pi^{\frac{1}{2}}}{V_k} \left( \frac{r^{\frac{n-1}{n}}}{\Gamma(\frac{n}{2})} \left[ X_k \Gamma\left(\frac{n}{2}+1\right) \right] \right)^{\frac{n}{n-1}}$
f	Lineáris, illetve parabolikus sebességfüggvény	$V = V_0 (1 + \beta z)^{\frac{1}{n}}$	$t = \frac{2n}{V_0 \beta_n \sin^n i_0} \int_0^x \sin^n t dt \quad x = \frac{2n}{V_0 \beta_n \sin^n i_0} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^n t dt$			$\bar{V} = \frac{V_0 \beta_n z}{n(1+\beta_n z)}$ $\bar{V} = \frac{V_0 \beta_n z}{2n(1+\beta_n z) - 1}$ $\bar{V} = \frac{2n}{3(1+\beta_n z)^3 - 1}$	$n=1$ $n=2$ $n=3$
<b>III/b Tetszőleges folytonos függvény szerint növekvő sebességű fedőközeg</b>							
g	Csibiszov	$V = V(Z)$	$t = t(x)$			$\bar{V}_{zk} = \frac{\frac{Z_k}{V_k}}{\frac{\sum^n}{K=1} \frac{2}{V_{k-1} + V_k}}$	$Z_{kp} = \frac{1}{\beta} \int_0^x \frac{V_{kn} dx}{\text{arch} V(x)} \quad Z_{kn} = \frac{\Delta x}{\pi} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{V_{kn}}{V_k}$
h	Gamburcev	$V = V(Z)$	$t = t(x)$			$2(\eta_n) = \frac{1}{\beta} \int_0^x \frac{x(p)}{\sqrt{p^2 - \eta_n^2}} dp$	<i>Közeltő megoldás:</i>

\* A szeizmikában használt analitikus közelítő függvények közül a táblázat csak két jellemzőt tartalmaz

I. ábra. A refraktált hullámok útidőgörbén alapuló átlagssebesség meghatározási módszerek felosztása a közelítő fedőközeg alapján

Ez az eljárás főleg abban különbözik az  $(f)$  módszertől, hogy míg  $(e)$  módszer-nél  $Z=0$  helyen a pillanatnyi sebesség 0, addig  $(f)$  módszer  $V_0$  kezdő sebességgel is számol.

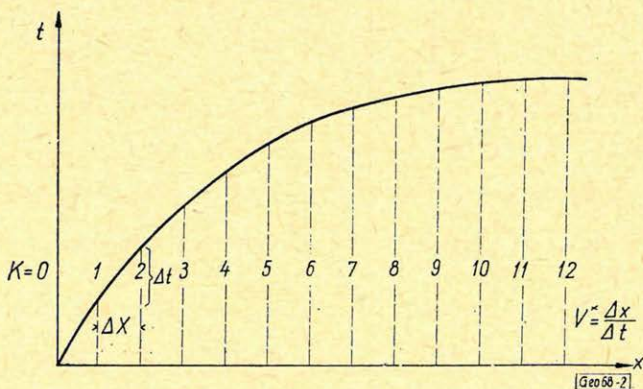
Az  $(f)$  módszernél a  $V = V_0(1 + \beta_{nz})^{\frac{1}{n}}$  fejezi ki a közeg sebességeloszlását. Az útidőgörbék táblázatban közölt paraméteres egyenleteit  $n=1, 2, 3$  esetére megoldva elméleti útidőgörbékkel állítottuk elő. Ha tehát a mért útidőgörbét az így nyert útidőgörbék valamelyikével közelítjük meg, akkor ezen közelítő útidőgörbe  $V_0$ ,  $\beta_n$  és  $n$  értékeit kell meghatározni ahhoz, hogy az átlagsebesség-függvényt megkapjuk.

A gyakorlati megoldás egyik módja, hogy különböző  $n$  értékekre kiszámít-ják a  $V_0$ ,  $\beta_n$ ,  $t=f(\beta_n X)$  függvényt és ezeket log-log koordináta-rendszerben pau-szon ábrázolják. Ha az ugyancsak log-log koordináta-rendszerben ábrázolt mért útidőgörbét fedésbe hozzuk a kiszámított elméleti görbék egyikével, akkor a mért útidőgörbe koordináta-rendszerének  $X=1$  és  $t=1$  tengelyei az elméleti görbe koordináta-rendszerének tengelyein kimetszik  $\beta_n$  és  $V_0$  értékeit.  $\beta_n$  és  $V_0$  ismeretében az 1. táblázatban közölt összefüggésekből az átlagsebesség-füg-gvényt meghatározható. Az irodalom szerint  $n=1, 2, 3$  görbék a gyakorlatban elegendők [2].

A táblázat III/b. csoportjába tartozó módszereknél a helyi sebességre vo-natkozó előzetes megkötések lazábbak. Itt csak azt tételezzük fel, hogy a se-besség a mélységgel folytonosan nő, de a növekedés függvénye tetszőleges lehet. Ebben az esetben az útidőgörbén a látszólagos sebességértéknek  $X$  növekedé-sével folytonosan növekvőnek kell lennie.

Ilyen közeg sebességfüggvény-meghatározási problémáinak megoldását a szeizmológiában gömbfelületre szférikus koordináta-rendszerben Wichert adta meg. Később ezt Csibiszov, majd Gamburcev alkalmazta a szeizmikus méré-seknél sík felszínre és derékszögű koordináta-rendszerre [4, 8, 9].

A Csibiszov módszernél a mért útidőgörbét egy  $V^*(X)$  függvénnyé kell transzformálni (2. ábra). Ennek a függvénynek a táblázatban közölt határo-zott integrálja 0-tól  $X_n$ -ig adja az  $X_n$  pontban kilépő sugár  $z_{x_n}$  maximális be-merülési mélységét, ahol a helyi sebesség  $V_{z_{x_n}} = V_{x_n}^*$ .



2. ábra. Az útidőgörbe felosztása a „Csibiszov” módszer alkalmazása esetén

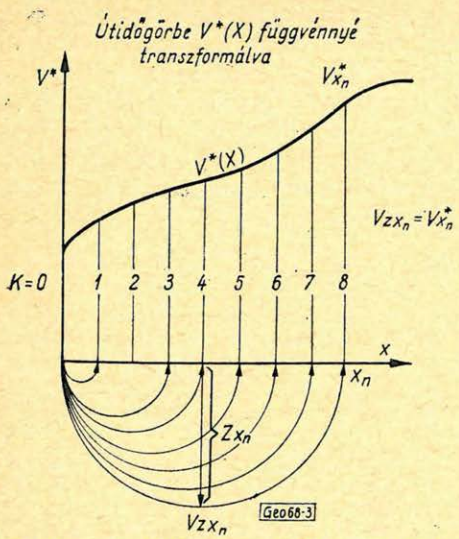


Grafikusan adott mért útidőgörbe esetén a határozott integrált a közelítő trapéz módszerrel oldhatjuk meg.

$$Z = \frac{\Delta x}{\pi} \sum_{k=0}^n q_k \operatorname{arch} \frac{V^*(x_n)}{V^*(X_k)}$$

$$\text{ahol } q_k = \begin{cases} \frac{1}{2} & \text{ha } k=0 \\ 1 & \text{ha } k \neq 0, \end{cases}$$

$k$  a felvett pontok sorszám.



3. ábra. Az útidőgörbe  $V^*(X)$  függvénné transzformálva

A felosztás alapját képező fedőközlegeken kívül más kombinált típusok és ennek megfelelő megoldások is előállíthatók. Például folytonosan változó sebességű réteges közeg, horizontális sebességváltozású közeg. Ezek azonban már nehézkesek, vagy speciális méréseket követelnek meg [3].

### A refrakciós átlagsebesség-meghatározás módszereinek vizsgálata

A refraktált hullámok útidőgörbéiből nyert átlagsebesség-függvényekről általában azt tartják, hogy kevésbé megbízhatók, mint az egyéb módon nyert átlagsebességfüggvények. Ez összefügg azzal, hogy az eljárásoknál az elkövethető hibákat sem egy adott módszer esetén, sem a módszerek összességére nem tudjuk általánosan meghatározni.

A különböző módszerekkel nyert adatok abszolút ellenőrzésére csak a mélyfúrásokból nyert szeizmokarottázs átlagsebességfüggvény szolgálhat.

A különböző módszerekkel egyazon területről nyert adatok egymástól és a tényleges értéktől való eltérése, vagyis a meghatározott értékek hibája több okra vezethető vissza. A fellépő hibákat a két általánosan ismert szabályos és véletlen hibák csoportjába sorolhatjuk be.

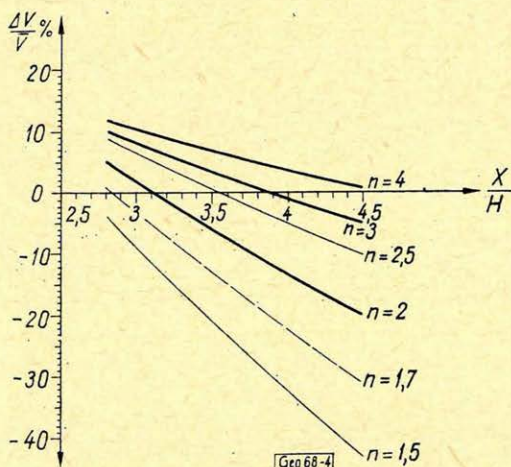
A szabályos hibák csoportjába két jelentős hibát kell sorolnunk.

1. A refrakciós első beérkezések útidőgörbéje nem mindig fejezi ki egyértelműen, illetve pontosan a közeg sebességfüggvényét, amelynek felszínén mérjük; így pl. inverzió, vagy rétegátlövés esetén sem. A refrakciós első beérkezések útidőgörbéinek többértelműségéből származó hibákat általában nem tudjuk kifejezni, megbecsülni előzetesen, csak szeizmokarottázs méréssel való összevetés után. Ez a hiba a sebességszámítás módszerétől független.

2. A másik főhiba onnan származik, hogy egyes átlagsebességszámítási módszerek nem a tényleges útidőgörbét veszik számításuk alapjául, hanem valamilyen közelítő útidőgörbét vesznek fel, melynek adataiból a számítás el-

végezhető. Mivel nem a tényleges útidőgörbével számolunk, hibát követünk el. A hiba a közelítés módjától, illetve mértékétől függ. Ez hipotétikus példákön számítható.

Pl. konkrét többretegű közeg sebességfüggvényét felvéve, az annak megfelelő útidőgörbéből átlagsebességet számítanak az útidőgörbék metszéspontja alapján. A felvett és számított átlagsebesség különbsége az átlagoló útidőgörbe közelítő voltából származó hiba. Ilyen számításokra utalnak *Gamburcev*, *Gurvics* és *Karajev* munkái [5, 6, 8].



4. ábra. Az útidőgörbék metszéspontja alapján számított átlagsebesség relatív hibája a  $V = Az^{\frac{1}{n}}$  függvénnyel meghatározott fedőközeg esetén

Számításokat végeztünk  $V = Az^{\frac{1}{n}}$  függvénnyel adott fedőközeg esetre, vagyis meghatároztuk azt a relatív hibát, amelyet akkor követünk el, ha a  $V = Az^{\frac{1}{n}}$  függvénynek megfelelő közeg útidőgörbéjéből a metszéspont (b) alapján számítunk átlagsebességet.

A relatív hibára a

$$\frac{\Delta \bar{V}}{\bar{V}} = 1 - c \left( \frac{X}{H} \right)^{\frac{1}{n}}$$

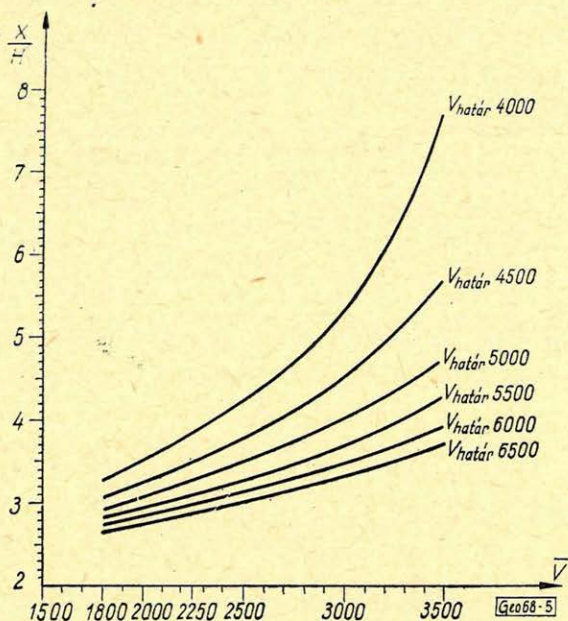
formulát kaptuk,

ahol  $\Delta \bar{V}$  = a felvett és számított átlagsebesség különbsége,  $\bar{V}$  a felvett átlagsebesség,  $X$  a metszéspont abszcisszája,  $H$  a refraktáló réteghatár mélysége,  $c$  a 4. ábrán közölt kifejezés.

Tehát  $n$  és  $X/H$  függvényében a relatív eltérés számítható.  $n$  és  $X/H$  gyakorlatban előforduló értékeire a  $\frac{\Delta \bar{V}}{\bar{V}}$  relatív hibát a 4. ábra grafikonja adja.

$X/H$  kifejezhető a töréspontból számított átlagsebesség és a feküfelszín határsebességének függvényeként is (5. ábra).

Így a 4. és 5. ábrák grafikonjai alkalmasak arra is, hogy a metszéspontból számított és a  $V = Az^{\frac{1}{n}}$  függvényel kifejezett közeg közelítő útidőgörbéjéből számított átlagsebességek eltérését előre megadja.



5. ábra. Nomogram az  $\frac{X}{H}$  viszony meghatározására

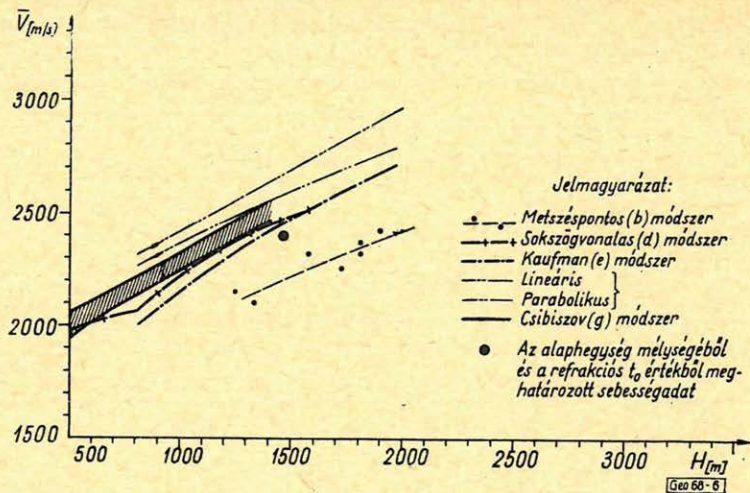
A szabályos hibákon kívül az eredményeket *véletlen jellegű* hibák is terhelik. A véletlen jellegű hibákat a számítás alapjául szolgáló adatok véletlen jellegű hibái határozzák meg.

A felsorolt hibák természetesen különböző mértékben kompenzálhatják egymást, ami ellenőrző adatok hiánya esetén még nehezebbé teszi annak eldöntését, hogy melyik módszer fog jobb eredményt nyújtani egy-egy területen.

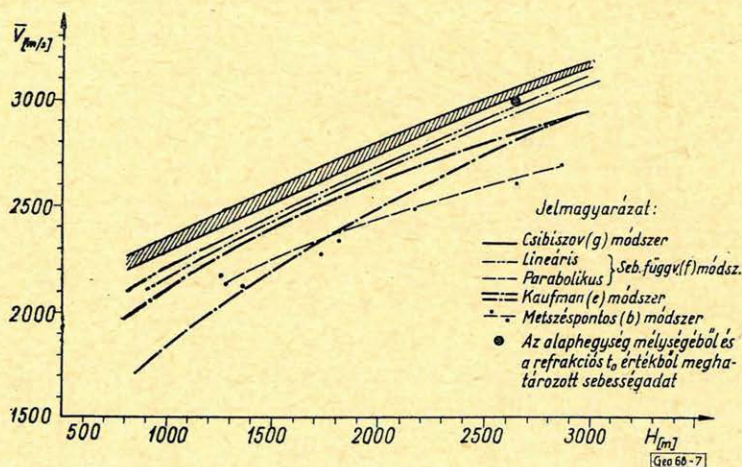
A kisalföldi és a hajdúszoboszlói területen számos összehasonlító vizsgálatot végeztünk.

A *kisalföldi* összehasonlító vizsgálatokat, mivel a területen szeizmokarotázis-mérések nem voltak, olyan területre összpontosítottuk, ahol legalább az alaphegység mélységéből és a refrakciós  $t_0$  értékéből az átlagsebesség meghatározható volt. Ezekhez viszonyíthattuk az útidőgörbékből nyert értékeket.

A 6. ábrán a MiR-2 vonal 184° rp.-ből lőtt útidőgörbe alapján számított átlagsebességfüggvényeket, a MiR-2 vonalra a metszéspontos eljárással kapott átlagsebességértékeket és a M-5/b mélyfúrásból számított átlagsebességértéket tüntettük fel. Hasonló módon meghatározott átlagsebességértéket tüntet fel a 7. ábra, amelynél szintén a MiR-2 vonalon található 552° rp.-ből lőtt útidőgörbét, valamint az M-4 mélyfúrásból számított átlagsebességértéket használ-



6. ábra. A Mir-2/184<sup>00</sup> → refrakciós útidőgörbéből különböző módszerekkel számított átlagsebesség függvények



7. ábra. A Mir-2/552<sup>00</sup> → refrakciós útidőgörbéből különböző módszerekkel számított átlagsebesség függvények

tuk fel. Mindkét ábrából kitűnik, hogy a különböző módszerekkel meghatározott sebességfüggvények széles sávban helyezkednek el.

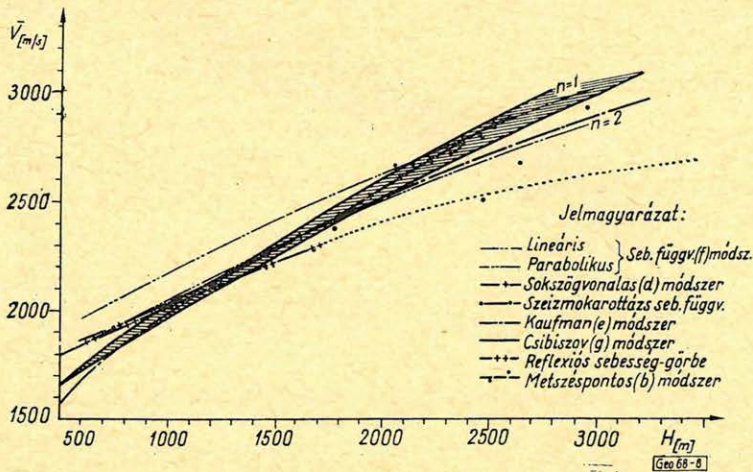
Ezt az eltérést elsősorban a módszerek eltérő volta okozza. Igazolja ezt pl. az is, hogy a 6. ábrán a (b) és (e) módszerrel meghatározott átlagsebesség tényleges relatív eltérése 1500 m-nél 12%, a 4. ábra grafikonjai alapján számítva pedig 10,5%.

A területre jellemző, hogy a (b) módszerrel meghatározott átlagsebesség-értékek általában kisebbek a más eljárással kapott eredményeknél.

A 6. ábra egy magasabb, 1500 m körüli mélységű területszakaszról, a 7. ábra pedig egy mélyebb, 2700 m mélységű területszakaszról közöl vizsgálatokat.

A 6. ábra alapján a következőket állapíthatjuk meg. Az alaphegység mélységénél a tényleges értékhez legközelebbi eredményt az (e) módszer, majd a (c) és (g) módszer, eltérőbbet az (f) és (b) módszer adta.

A mélyebb területen (7. ábra) az alaphegység mélységénél a legjobb eredményt a Csibiszov (g) és az (f) módszer adta. Kevésbé jó itt az (e) eljárás, amelynél kétféle közelítéssel is számoltunk. Az útidőgörbe alaphegységre vonatkozó szakaszát közvetlenül megelőző részt közelítve meg, kaptuk az alsó, egyben a közölt mélységintervallumban meredekebb görbét. Az útidőgörbe még előbbi szakaszát megközelítve kaptuk a magasabb értékeket adó, de laposabb görbét. Itt jól látható az (e) módszer azon sajátága, hogy a nyert átlagsebességfüggvény a terület sebesség- és mélységviszonyaitól függően csak egy rövidebb, vagy hosszabb szakaszra ad jó közelítést.



8. ábra. A BoR-11. vonalon a Bal-2. mélyfúrás közelében a refrakciós útidőgörbékől számított átlagsebesség függvények

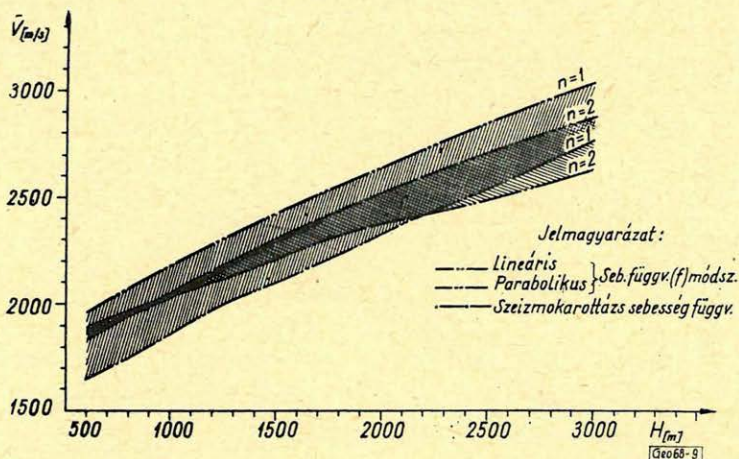
A Csibiszov (g) módszerrel meghatározott átlagsebesség-függvény sávok, amelyeket a vizsgált útidőgörbéket is magukba foglaló útidőgörbesávok alapján számítottunk, mind a magasabb, mind a mélyebb területen egyaránt jó közelítést adtak. Ennek alapján láttuk célszerűnek a Csibiszov módszer alkalmazását az egész kisalföldi területre. Ezt későbbi eredményeink igazolták is.

*Hajdúszoboszló környékén* a BoR-11 vonalon és a Bal-2 mélyfúrás közelében elhelyezkedő rp.-k útidőgörbéit vizsgáltuk meg. Ugyanabból a rp.-ból nyert útidőgörbéből végeztünk átlagsebességfüggvény-meghatározásokat a metszéspontos (b), a sokszögvonalas (d), a lineáris és parabolikus sebességfüggvényű (f), a Kaufman (e) és a Csibiszov (g) eljárások segítségével, a meghatározások eredményeit tünteti fel a 8. ábra. Összehasonlítás céljából az ábrában megtalálható a reflexiós adatokból készült  $\bar{V} = \bar{V}(z)$  görbe, valamint a Bal-2 mélyfúrás karottázsgörbéje is. Így az ábráról nemcsak az egyes módszerek relatív hibája, hanem az abszolút hiba is leolvasható.

Látható, hogy a területre jellemző átlagsebességfüggvény legjobban a (d) módszerrel közelíthető meg, eredménygörbéje csaknem rajta fut a karottázsgörbén. A környékre eső több útidőgörbe burkolóiból a Csibiszov (g) módszerrel

készült átlagsebességfüggvények sávját fejezi ki a vonalkázott rész. Tulajdonképpen ez is az előző eljárás eredményeivel azonos értékű, hiszen a (d) módszer eredménygörbéje a sávban fekszik.

Az (e) módszer esetén a legjobb eredményt akkor kaptuk, ha a log-log koordináta-rendszerben ábrázolt mért útidőgörbe alaphegységről nyert beérkezéseinek közvetlenül megelőző szakaszát vettük figyelembe. Esetünkben az így alkalmazott eljárással nyert görbe a középső szakaszon közelíti meg legjobban a karottázás függvénygörbét.



9. ábra. Összehasonlító ábra (f) módszer alkalmazása esetén a mért útidőgörbe különböző közelítéseire

Vizsgálatokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy milyen eltérést kaphatunk az (f) módszer esetén akkor, ha a mért útidőgörbét az  $n = 1$ , és  $n = 2$  normál útidőgörbével különböző módon közelítjük meg (9. ábra). Miután a 9. ábra a karottázsgörbét is feltünteti, megállapítható, hogy realisabb eredményt ad az (f) módszer akkor, ha a mért útidőgörbe utolsó szakaszát illesztjük szorosan a normál útidőgörbére és nem törekszünk a teljes útidőgörbe átlagolására.

A 9. ábra egyben bizonyítja azt is, hogy egyazon módszer alkalmazásánál is a különböző módon végrehajtott közelítésből milyen nagy eltérések adódhatnak.

Ennek megfelelően a 8. ábra tartalmazza a legjobban közelítő eredménygörbéket, és látható, hogy a relatív eltérés nem több mint  $\pm 100$  m/s a többi módszerhez viszonyítva. A reflexiós  $\bar{V} = \bar{V}(z)$  függvény 1500 m mélységig jól egyezik a többi eljárással. (A mélyebb részen a görbe hipotétikus, mert csak gyenge reflexiós beérkezésekre támaszkodik és ebben a mélységben a reflexiós sebességszámítás bizonytalan.)

A hajdúszoboszlói területen megállapítható, hogy a feltüntetett módszerekkel meghatározott átlagsebességfüggvény-görbék szórási sávja 200–250 m/s. Ebben a sávban foglal helyet a karottázsgörbe is, ami a felsorolt módszerek alkalmazhatóságát alátámasztja az adott területre. Az összehasonlító ábra alapján a legmegfelelőbb eljárás itt a Csibiszov (g) és a sokszögvonalas (d).

A vizsgálatok során leszűrhető tapasztalatok alapján elmondhatjuk, hogy az átlagsebességszámítás módszerének megválasztásánál a területi adottságokból kell kiindulni.

Az egyes módszerekről a következőket állapíthatjuk meg.

1. A metszéspontos (*b*) módszert tartja az irodalom a legkevésbé megbízhatónak. A sebességviszonyoktól függően amint láthattuk, bizonyos esetekben egészen jó eredményeket is adhat. Az eljárás előnye, hogy gyors és nem szükséges hozzá teljes útidőgörbe.

2. A (*d*) vagy sokszögvonallas eljárás mindenütt jó eredményt adott. Az eredmény annál jobb, minél több egyenes szakasszal közelítjük meg az útidőgörbét. Csak teljes útidőgörbe esetén használható.

3. Az (*e*) és (*f*) módszerek abban az esetben, ha nagyobb súllyal az útidőgörbék végső szakaszait vettük figyelembe, jó közelítő eredményt adtak, legalábbis egy bizonyos mélységintervallumon belül. Az (*f*) módszer előnyére írandó, hogy gyorsabb mint (*e*) és jobb közelítést ad a kisebb mélységeknél is. Mindkét módszer előnye, hogy teljes útidőgörbét nem igényel.

4. Legáltalánosabban jól alkalmazhatónak bizonyult a Csibiszov (*g*) módszer, amit annak tulajdonítunk, hogy legjobban képes a mért útidőgörbét teljes hosszában megközelíteni. Hátránya, hogy hosszadalmas számítást igényel és teljes útidőgörbét kíván. Ez utóbbi azonban az útidőgörbék sávbagyújtásával kiküszöbölhető.

5. A reflexiós módszerekkel történő összehasonlítás eredményeként megjegyezhető, hogy nagyobb mélységekben a reflexiós adatok hibája nő és mindig kisebb átlagsebességértékeket ad.

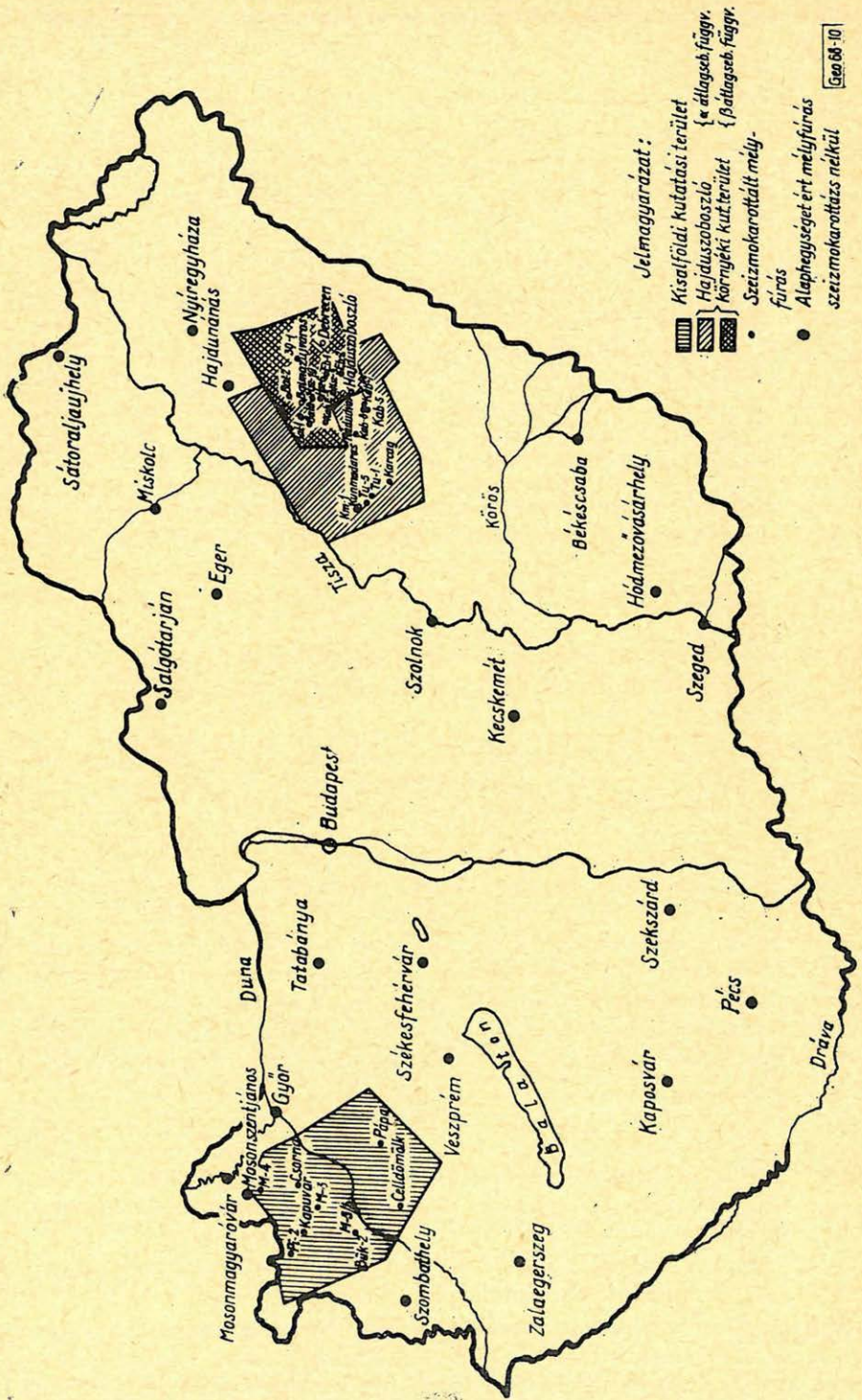
#### *A Hajdúszoboszló környékén és a Kisalföld területén végzett refrakciós méréseken alapuló átlagsebességmeghatározások*

*Hajdúszoboszló és környékére* vonatkozó átlagsebesség-függvénygörbék meghatározását fokozatos megközelítéssel végeztük el. A fokozatos közelítés első lépése volt, hogy területünket 15 közel egyenlő területszakaszra osztottuk fel. A területszakaszokon belül a vonalhálózat összes útidőgörbéin a metszéspont (*b*) módszerrel a feltételezett alaphegységig, az 5600 m/s sebességű réteghatárig, számítottunk  $\bar{V}$  értékeket. Azokon a helyeken, ahol az útidőgörbéből az üledékösszlet réteghatáiról nyert útidőgörbék metszéspontjai is meghatározhatók voltak, helyenként a 4000 m/s és az 5000 m/s réteghatárokra is meghatároztuk a  $\bar{V}$ -ot.

Ugyancsak az összes útidőgörbéből meghatároztuk a  $\bar{v} = \bar{v}(z)$  függvényt a sokszögvonallas (*d*) módszerrel, valamint a szeizmokarottázs-mérések közelében a jellegzetesebb útidőgörbékéből az (*e*) eljárással. Számításaink eredményeit összehasonlítottuk a területen elhelyezkedő mélyfúrások szeizmokarottázs átlagsebesség-függvénygörbéjével.

A 10. ábra tünteti fel a területen elhelyezkedő azon mélyfúrásokat, ahol szeizmokarottázs-mérések történtek.

A kapott eredményeket összegezve nagyobb területrészek összevonásával és a karottázsadatok felhasználásával alakítottuk ki a fokozatos közelítés második lépéseként a betűjelzéssel ellátott területszakaszokat, ill. az ehhez tar-



10. ábra. A kisalföldi és Hajdúsaboszló környéki refrakciós kutatás területei.



tozó átlagsebesség-függvénygörbéket. Ezeket az eredménygörbéket mutatják a betűjelzéssel ellátott  $\bar{v} = \bar{v}(z)$  görbék ( $A, B, C, D, E_1, E_2, F, G$ ) (11. ábra), amelyek  $\pm 50$  m/s pontossággal fejezik ki a számított  $\bar{v}$  értékek átlagát. A számított pontok szórása tehát egy-egy ilyen területszakaszon belül elenyésző. A betűjelzéses görbék, mint ahogy a 11. ábra mutatja, két nagy csoportra oszthatók, és így az átlagsebességfüggvény szempontjából is két területrészre osztják a vizsgált területet (10. ábra).

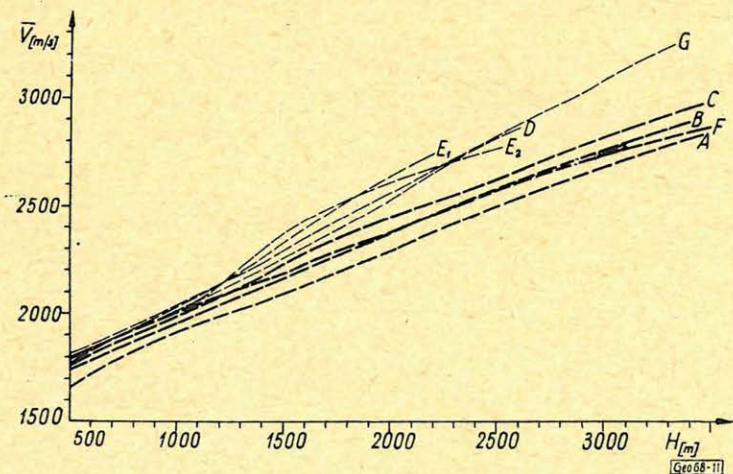
A görbék egyik csoportja 1200 m mélységtől a nagyobb  $\bar{v}$  értékek felé hajlik, amit  $\beta$  néven természetesen az  $E_1, E_2, G$  és  $D$  görbék átlagolásából nyertünk, másrészt az  $\alpha$  görbe a  $B, C, F$  átlagsebességgörbék átlagolásával készült. Ezt tünteti fel a 12. ábra.

A két jellemző átlagsebességfüggvény  $\pm 100 - 150$  m/s pontossággal foglalja egybe a részeredményeket.

A 12. ábrán feltüntettük a terület reflexiós méréseiből számított átlagsebességgörbét is. Látható, hogy ez a függvény 1300 m mélységig az egész területre megfelelő, 2000 m mélységig csak az  $\alpha$  területrészre megfelelő, ezen túl pedig erősen eltér mind a karottázs, mind a refrakciós átlagsebességgörbétől.

A  $\beta$ -típusú  $\bar{v}$  görbe a hajdúszoboszlói szeizmikus maximum területéről kiindulóan a kelet felé terjeszkedő területrészre jellemző.

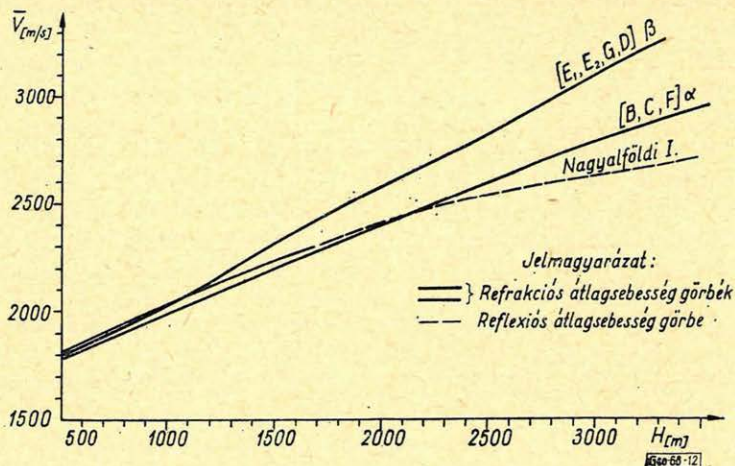
A hajdúszoboszlói szeizmikus maximum körülvevő nyugati területrészre az  $\alpha$ -görbe jellemző. A kréta-flis itt kb. 1700–1800 m-nél kezdődik, ellentétben a keleti területrészsel, ahol 1200 m-ben már legtöbb helyen megtalálható. A flisösszlet mért térfogatsúlya 2,4–2,6, a felette elhelyezkedő pannonkorú rétegek és tufa 2,0–2,2 térfogatsúlyával szemben.



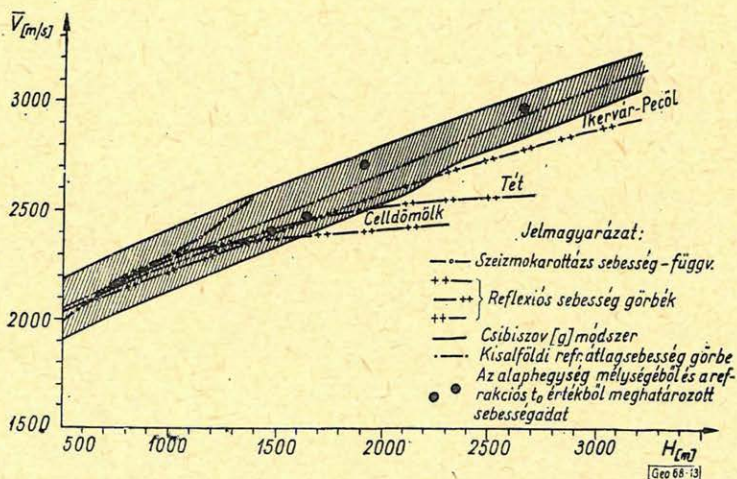
11. ábra. A Hajdúszoboszló környéki területen végzett átlagsebesség függvény-vizsgálatok részlet-eredményei

Ezzel magyarázható, hogy 1200–1300 m-ig egyaránt jó mind az  $\alpha$ , mind a  $\beta$ , valamint a reflexiós  $\bar{v}$  görbe. Keleten a flis felszínhez közelebb eső helyzete miatt alakult ki a mélyebb szakaszában nagyobb  $\bar{v}$  értékeket mutató átlagsebességfüggvény-görbe.

A *kisalföldi* átlagsebességgörbe meghatározásánál egységesen minden útidő görbére kiterjedően a Csibiszov ( $g$ ) módszert alkalmaztuk.



12. ábra. A Hajdúszoboszló környéki területen végzett átlagsebesség függvény-vizsgálatok eredményei



13. ábra. A kisalföldi területen végzett átlagsebesség-függvény vizsgálatok eredményei

Mivel a kisalföldi refrakciós mérések anyaga közel 400 útidőgörbéből áll, ezekből külön-külön átlagsebességet számítani hosszadalmas munka lenne, másrészt a Csibiszov-módszerhez teljes útidőgörbék szükségesek, így a 400-ból csak a teljes útidőgörbék lennének felhasználhatók.

A két problémát a következőképpen oldottuk meg. Az útidőgörbéket egy közös kezdőpontba toltuk össze a gyakorlatban oly módon, hogy pauszmilli-méterpapírra rajzoltuk át egy-egy vonal útidőgörbéit a megfelelő korrekciókkal ellátva. Az útidőgörbesereget aztán egymásra helyezve a teljes nyalábot olyan sávokra osztottuk, amelyeknek szélessége maximum 50 ms. Az egyes sávok burkolóiból, mint útidőgörbékől határoztuk meg az átlagsebesség-függvényeket.

A feltevés az volt, hogy az egy sávba eső útidőgörbéknek megfelelő sebességfüggvények a sáv burkolóinak megfelelő sebességfüggvénygörbék közé esnek. Az így kapott összes átlagsebességfüggvény-görbe a 13. ábra bevonalká-zott sávjában helyezkedik el.

Látható, hogy a sáv 300 m és 2300 m között 300 m/s és 2300–4000 m kö-zött maximum 200 m/s széles.

Így a sebességfüggvény-sáv középvezetét nyugodtan elfogadhatjuk a kis-alföldi terület (10. ábra) átlagsebességfüggvény-görbéjéül, mivel a maximális eltérés  $\pm 100-150$  m/s között van. Vagyis a relatív hiba a szélsőértékekhez viszonyítva.

H, m	500	1000	1500	2000	2500	3000	4000
$\Delta \bar{v}/\bar{v} \%$ $\pm$	7,1	6,2	5,7	5,2	3,5	2,9	2,4

Összehasonlításul a 13. ábra feltünteti a M-3, M-4, M-5/b és Pi-2 mélyfúrásokból számított átlagsebességértékeket, a tétai, a celledömölki és az ikervár-pecöli reflexiós átlagsebességgörbét, valamint a büki szeizmokarot-tázs átlagsebességgörbét.

Érdekes megjegyezni, hogy míg Hajdúszoboszló környékén a refrakciós útidőgörbék kezdeti szakasza alig tér el egymástól, addig a kisalföldi refrakciós útidőgörbék már a kezdeti szakaszban is eltérőek.

Már ez a tény is arra utal, hogy míg Hajdúszoboszló környékén a kisebb mélységeken a területen horizontális irányban nincs jelentős sebességváltozás, addig a Kisalföldön ez fennáll. Ezt alátámasztják a Csibiszov-módszerrel szá-mított helyi sebességgörbék és ez olvasható le az átlagsebességfüggvény-gör-békből is (12., 13. ábrák).

### Következtetések

Kétségtelen, hogy a refrakciós útidőgörbékéből történő átlagsebesség-szá-mítások közül célszerű mindig az útidőgörbék sajátosságainak legmegfelelőbb módszereket alkalmazni. Tény azonban, hogy Magyarországon az alföldi refrak-ciós méréseknél az üledékes összletből nyert refrakciós útidőgörbék általában folyamatosan görbültek, tehát a III/b. csoport feltételeivel megközelíthetők (1. ábra).

A Csibiszov-eljárás tehát egységesen alkalmazható lenne valószínűleg a többi refrakciós útidőgörbe további feldolgozásánál is. Az útidőgörbék sávba-gyűjtése más geológiai és szerkezeti következtetésekre is lehetőséget nyújt.

A Csibiszov-módszerrel nyerhető helyi sebesség-mélységfüggvény kifeje-zően jellemezheti az üledékes összlet sebességviszonyainak területi alakulását és így a medencéi nagyszerkezeti képét is. Lehetőséget nyújtanak ezenfelül az üledék összlet sebesség szerinti rayonirozására.

Az eredményeket a reflexiós mérésekkel kapott  $\bar{v}$  adatokkal, ill. ahol van, a karottázsból számított függvénygörbékkel kiegészítve, szerkeszthető lenne egy magyarországi átlagsebességtérkép. A sebességfüggvények általános isme-

rete nemcsak a helyi szerkezetek vonatkozásában, hanem a szeizmikus mérések eredményeinek az országra kiterjedő pontosabb összehangolásában és a mélységek biztosabb megadásában vinne jelentős szerepet.

Befejezésül köszönetünket fejezzük ki az OKGT Szeizmikus Üzem vezetőségnek, hogy lehetővé tette ezeket a vizsgálatokat és az adatok közléséhez hozzájárult.

Továbbá köszönetünket fejezzük ki Dr. Szemerédy Pálné és Nagy Zoltánné geofizikus mérnököknek, akik a vizsgálatok egy részében résztvettek.

#### IRODALOM

1. *O. Ádám and E. Kálényi*: Determination of the approximate velocity-depth function from refraction travel-time curves. Acta Technica. T 43. F. 3-4 1963.
2. *A. I. Bogdanov*: Interpretácia (Teoria) Szeizmicseszkih godografov; Gosztoptyehizdat, Moszkva, 1960.
3. *T. I. Vavilova*: Resenyie obratnoj kinematyicseszkoj zadaci dlja szlucsaja naklonnovo grazyienta szkorosztyi uprugüh voln. Voproszű dinamicseszkoj voln, szbornyik IV., Izdatyelsztvo LGU, 1962.
4. *G. A. Gamburgcev*: Osznovű szeizmorazvedki. Gosztoptyehizdat, Moszkva, 1959.
5. *G. A. Gamburgcev, A. M. Jepinatyeva, I. P. Paszecsnyik, I. P. Koszmínszkaja, I. V. Karusz*: Korrelációs refrakciós módszer. Fordítás.
6. *I. I. Gurvics*: Szeizmicseszskaja razvedka. Gosztoptyehizdat, 1960.
7. *J. G. Hagedoorn*: Templates for fitting smooth velocity functions to seismic refraction and reflection data. Geophysical Prospecting, 1955. dec.
8. *I. A. Karajev*: Opregyelenyije szrednyih szkorosztyej po dannüm KMPV dlja nyekatorüh rajonov Zapadnoj Szibiri. Prikladnaja Geofizika, vűp. 27., Gosztoptyehizdat, Moszkva, 1960.
9. *T. T. Pogonyajlo*: Primenyenyie metoda Sz. V. Csibiszova dlja opregyelenyija szkorosztnovo razreza nyekatorüh rajonah Zapadnoj Turkmenyii. Voproszű dinamicseszkoj teorii raszprosztranyenyija szeizmicseszkih voln, szbornyik IV., Zdatyelsztvo LGU, 1962.
10. *N. N. Puzűrjev*: Interpretácia dannüh szeizmorazvedki metodom otrazsennüh voln. Gosztoptyehizdat. Moszkva, 1959.

# Térfogatsúly meghatározása és alkalmazási lehetőségei fúrólukokban

ANDRÁSSY LÁSZLÓ – Dr. SEBESTYÉN KÁROLY

A dolgozat a gamma-gamma mérések két alkalmazási lehetőségével foglalkozik. Gyakorlati példákon bemutatja, hogy a kőszénkutató fúrásokban végzett gamma-gamma mérések lehetővé teszik a kőszének térfogatsúlyának meghatározását. A térfogatsúly és hamutartalom közötti kapcsolat vizont megadja a hamutartalom kiszámításának lehetőségét. Néhány fúrásból végzett számítások és a MEO vizsgálatok adatai nyerneк összehasonlítást.

A bemutatott második összehasonlítási terület porozitás meghatározására vonatkozik. A gamma-gamma mérésekből a térfogatsúly meghatározás útján nyert porozitás adatok és az elektromos paraméterek mérésével nyert adatok kerülnek összehasonlításra.

Vizes rétegek valóságos fajlagos ellenállás adatait és térfogatsúly adatait koordináta rendszerben ábrázolva a tiszta 100%-ig vízzel telített rétegek egyenesen fekszenek, míg az agyaggal szennyezett homokok az egyik, a nem 100%-ig vízzel telített rétegek a másik oldalon kiesnek az egyenesből.

Рассматриваются две возможности применения метода ГГК. На практических примерах иллюстрируется возможность использования данных ГГК для определения объемного веса каменных углей. Зависимость объемного веса от зольности позволяет вычислить содержание золы в углях. Сопоставляются результаты вычислений, проведенных по данным каротажа, со свечениями ОТК.

Вторая область применения метода ГГК распространяется на определение пористости. Проводится сопоставление величин пористости, полученных за счет определения из данных ГГК объемного веса, с результатами измерения электрических параметров.

Если представить данные естественного удельного сопротивления водоносных горизонтов и величины объемного веса в системе координат, величины, характерные для чистых слоев, насыщенных на 100% водой, укладываются по прямой, в то время как для песков, загрязненных глинами, эти величины располагаются по одной стороне, а для пластов, насыщенных не на 100% водой – по другой стороне прямой.

Der Vortrag behandelt zwei Anwendungsmöglichkeiten der Gamma-gamma Messungen. Anhand praktischer Beispiele wird es gezeigt, dass die in den Kohlen-Schürfböhrungen vorgenommenen Gamma gamma Messungen die Bestimmung der Volumengewichte der Steinkohlen ermöglichen. Die Verbindung zwischen Volumengehalt und Aschengehalt ergibt die Möglichkeit der Berechnung des Aschengehaltes. Es wird ein Vergleich angegeben zwischen den Berechnungen einiger Bohrlöchrassungen und den laboratorischen Analysen.

Das zweite Anwendungsgebiet bezieht sich der Bestimmung der Porositäten. Ein Vergleich der aus Gamma-gamma Messungen durch Volumengewichts-Bestimmungen erhaltenen Porositäten und der Messung der elektrischen Parameter erhaltenen Daten wird angeführt.

Die wirklichen spezifischen Widerstände und Volumengewichte wasserführender Schichten in einem Koordinatensystem dargestellt liegen auf der Gerade der bis 100% wassergesättigten Schichten, während die mit Ton verunreinigten Sande fallen seitwärts von der Gerade ab, und die nicht bis 100% wassergesättigten Schichten fallen nach der anderen Seite ab.

A fúróluk által harántolt rétegek térfogatsúlyának meghatározása a karotázs méréstechnikának egyik legfejldőképesebb ága. A gamma-gamma mérések, melyek ennek a feladatnak lyukszelvényezési formában való végrehajtását lehetővé teszik, egyre inkább alkalmassá válnak a mennyiségi kiértékelésre. Ez a feladat két úton valósul meg. Egyrészt elméleti vizsgálatok tisztázták azokata jelenségeket, melyek a gamma sugárnak a fúróluk falán történő szóródásakor végbemennek, másrészt a fúrólukbeli méréstechnika megfelelő kialakítása lehetővé tette azoknak a zavaró hatásoknak minimálisra csökkentését, melyek a fúróluk átmérő változásaiból, a fúróiszap fajsúlyváltozásaiból stb. származnak.

Az elméleti vizsgálatok a feladatok bonyolultsága miatt csak többé-kevésbé elfogadható közelítések figyelembevételével adják meg a szórt gamma-sugárzás intenzitása és a közetek térfogatsúlya közötti összefüggést. Djadkin a difúziós elmélet felhasználásával, továbbá annak feltételezésével, hogy teljes elnyelődése előtt a gamma kvantum 10 – 15 ütközést szenved, a következő összefüggést kapta a szórt gamma-sugárzás intenzitására:

$$n_0 = B \cdot \pi \left[ \frac{e^{-z/L_1}}{z} + \frac{2}{\pi} \int_0^\infty f_1(\alpha) \cos \alpha z d\alpha \right]$$

ahol  $B$  jelöli az  $n_0$ -nak a forrás  $Q$  erősségétől az  $L$  diffúziós úthosszától való függését.

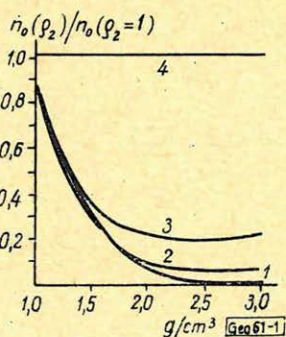
$f_1[\alpha]$  a sűrűségnek, a fúrólukátmérőknek a függvénye, továbbá tartalmaz nullad és első rendű Bessel-függvényeket.

$z$  a forrás és detektor közötti távolság.

Ennek az összefüggésnek a sűrűség és az impulzusszám közti kapcsolatra való megoldását különböző fúrólukátmérőkre, 60 cm-es szondahosszakra 1. ábránk tartalmazza (1). (Az ábra ordináta tengelyén viszonylagos impulzus skála van.)

Homilius és Lorch továbbfejlesztették a gamma-gamma mérés elméletét (2). Az általuk levezetett összefüggés a sugárforrásból egyszeres szórással a detektorba jutó gamma kvantumokat veszi figyelembe. Számításba veszi a sugárforrásnak a forrás és a szóródás helye közötti útszakaszon történő abszorpcióját, a számba jövővé térelmekben az indikátor irányában történő szóródás valószínűségét, a szóródás folytán létrejövő sugárlágyulást, a szóródás helye és a detektor közötti útszakaszon fellépő abszorpciót, továbbá a számlálósó megszólalási valószínűségét.

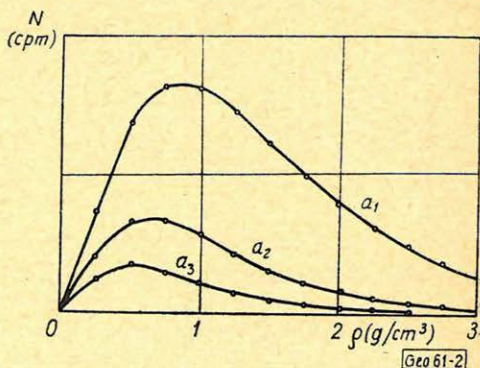
Megfontolásaiuk eredményeként meglehetősen bonyolult integrál kifejezésre jutnak, melyek grafikus megoldása az impulzusszám és a sűrűség közötti összefüggést reprezentáló görbére vezet (meghatározott szondaparaméterek mellett). Ezt a görbét 2. ábránk mutatja be.



1. ábra. Összefüggés a viszonylagos impulzusszám

$\frac{n_0(\rho)}{n_0(\rho=1)}$  és a képződmény

$\rho$  sűrűsége között különböző fúrólukátmérőkre Djadkin szerint (szondahossz: 60 cm,  $d_1 = 0$ ,  $d_2 = 7$  cm,  $d_3 = 14$  cm,  $d_4 = \infty$ )



2. ábra. Összefüggés a beütésszám és a képződmény sűrűsége között különböző szondahosszakra Homilius és Lorch szerint

Tapasztalati összefüggést is találunk a szovjet irodalomban a szórt sugárzás intenzitása és a kőzetek sűrűsége között, mely az alábbi alakú:

$$I = \frac{A}{l} \rho \exp[-k\rho l]$$

ahol  $\rho$  térfogatsúly,  $l$  a szonda hossza,  $k$  tömegabszorpciós együttható;  $\text{Co}^{60}$ -ra  $k=0,06 \text{ cm}^2/\text{g}$  (3).

Az elmondottak és még számos irodalmi adat igazolja, hogy a szondaparaméterek figyelembevételével megfelelő kalibrációs kapcsolat hozható létre a fúrólukbéli térfogatsúlyok és a detektált szórt gamma-sugárzás intenzitása között.

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben szerkesztett Geo R-7 típusú szelvényező berendezésre vonatkozó kalibrációs görbét 3. ábránk mutatja be. Ennek a berendezésnek a jellegzetessége, hogy a szonda megfelelő rugó kialakítással a fúróluk falának van szorítva, miáltal a fúróluk átmérőjének és a fúróiszapnak a hatása minimálissá válik.

A térfogatsúly meghatározásának pontosságát maggal fúrt lyukból vett laboratóriumi sűrűség elemzési adatok és a szelvényezési adatok összehasonlítása alapján lehet ellenőrizni.

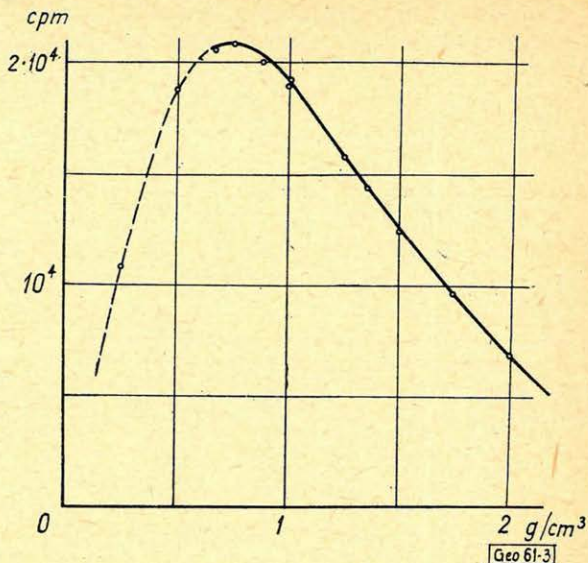
Az 1. táblázatunkban három fúrásban végzett ilyen ellenőrző számítások mérésiadatai láthatók. A táblázatból megállapítható, hogy a laboratóriumi és fúrólukbéli mérések sűrűség adatai általában  $0,05 \text{ g/cm}^3$ -en belüli egyezést mutatnak. Ez az egyezés igen jónak mondható, ha figyelembe vesszük a két körülményt, melyek a mérések pontosságát csökkentik. Az egyik, hogy aránylag kis vastagságú rétegekről (széntelepekről) van szó, ahol a gamma-gamma anomália torzulást szenvedhet, a másik, hogy a barnaszén telepek általában inhomogén felépítésűek és a labor elemzésre kerülő minta ennek megfelelően a gamma-gamma anomália létrehozásában szerepet játszó átlagtól eltérhet.

1. táblázat

Fúrólukban mért térfogatsúly és laboratóriumi sűrűség adatok szenes fúrásokban  
Kondó 127.

Telepvastagság (m)	Térfogatsúly $\text{g/cm}^3$ ( $\gamma\gamma$ )-ből	Sűrűség labor elemzés	Hamutartalom %
1,60	1,28	1,29	8,91
0,80	1,30	1,35	17,48
0,70	1,33	—	—
1,90	1,35	1,33	13,61
Diósgyőr 248.			
0,70	1,31	1,30	10,89
Diósgyőr 252.			
1,10	1,25	1,31	11,79
1,40	1,22	1,27	6,12
0,40	1,32	1,34	15,98
0,80	1,31	1,30	10,89
3,20	1,24	1,30	10,29

3. ábra. Kalibrációs összefüggés a bitésszám és a térfogatsűrűség között



2. táblázat

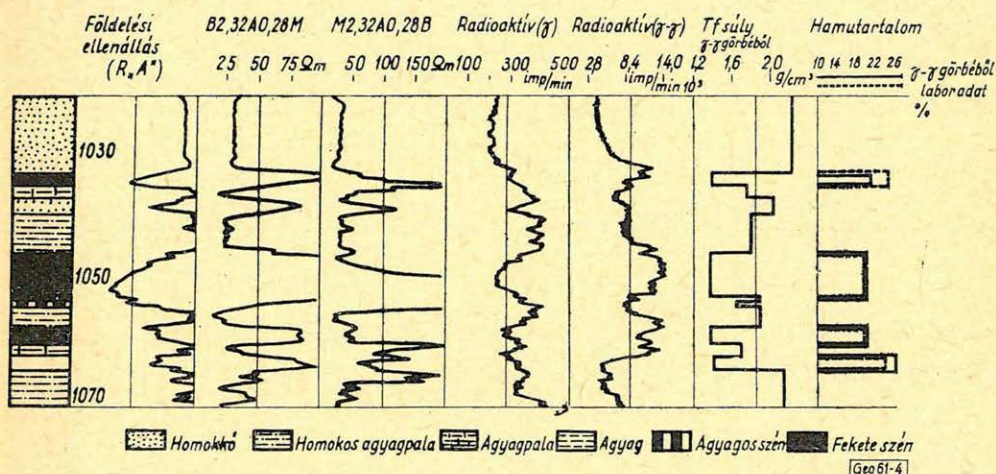
Mecseki feketeköszénfúrás főbb képződményeinek jellemző fizikai paraméterei

Képződmény neve	Mélység m	Réteg vast. m	Labor hamu t. %	Adatok Tr. súly g/cm <sup>3</sup>	Térf. súly g/cm <sup>3</sup>	Hamu tart. %	Porozit. %
homokkő	594,0 – 609,2	15,2	–	–	2,00	–	24,8
homokkő	733,4 – 736,8	3,4	–	–	2,22	–	16,4
agyagpala	760,4 – 762,0	1,6	–	–	2,04	–	–
feketeszen	777,2 – 778,8	1,6	30,31	1,445	1,45	31	–
h-agyagpala	793,0 – 799,6	6,6	–	–	1,88	–	–
feketeszen	890,4 – 891,4	1,0	48,15	1,558	1,60	54,6	–
feketeszen	893,0 – 894,6	1,6	29,61	1,440	1,40	23,3	–
feketeszen	897,6 – 898,6	1,0	22,32	1,394	1,43	28,0	–
feketeszen	903,2 – 905,2	2,0	27,02	1,424	1,42	26,40	–
trachidolerit	938,2 – 995,6	57,4	–	–	2,27	–	–
homokkő	1018,8 – 1032,6	13,8	–	–	2,24	–	15,6
feketeszen	1032,6 – 1034,6	2,0	24,70	1,409	1,39	21,8	–
agyagpala	1034,6 – 1036,6	2,0	–	–	1,77	–	–
homokkő	1036,6 – 1039,0	2,4	–	–	2,04	–	23,3
h-agyagpala	1039,0 – 1045,4	6,4	–	–	1,81	–	–
feketeszen	1045,4 – 1052,5	7,1	19,70	1,377	1,38	20,0	–
agyag	1052,5 – 1053,2	0,7	–	–	1,91	–	–
agyagosszen	1053,2 – 1054,2	1,0	–	–	1,66	–	–
h-agyagpala	1054,2 – 1057,6	3,4	–	–	1,91	–	–
feketeszen	1057,6 – 1060,0	2,4	19,51	1,376	1,38	20,0	–
agyagpala	1060,0 – 1062,0	2,0	–	–	1,71	–	–
feketeszen	1062,0 – 1064,2	2,2	24,29	1,406	1,42	26,4	–
h-agyagpala	1064,2 –	–	–	–	2,16	–	–
homokkő	1085,4 – 1088,4	3,0	–	–	2,14	–	19,4
homokkő	1088,4 – 1093,8	5,4	–	–	2,46	–	7,4
homokkő	1110,6 – 1112,4	1,8	–	–	2,47	–	7,0
agyagpala	1122,8 – 1125,6	2,8	–	–	1,65	–	–
trachidolerit	1138,8 –	–	–	–	2,58	–	–



A gamma-gamma mérések a kőszénkutató fúrásokban a kőszén hamutartalmának meghatározására történő felhasználásnak lehetőségét egy korábbi ankétunkon tartott előadásban ismertettük (4).

Most egy mecseki feketekőszén fúrásban végzett ilyen számítások eredményeit mutatjuk be a 2. táblázatban. 4. ábránk a fúrás vizsgált szakaszának karottázs diagramjait adja. A 2. táblázatban feltüntettük összehasonlítás céljából a MEO elemzésből származó hamuszázalék és térfogatsúly adatokat is. A térfogatsúly adatok kitűnő egyezést mutatnak. A hamuszázalékra vonatkozó adatok között jelentősebb eltérések tapasztalhatók. Ez az általunk használt térfogatsúly-hamuszázalék kalibrációs görbe erősen közelítő jellegére utal. Ezt a görbét ugyanis az irodalomban található átlagos térfogatsúly és hamuszázalék adatokból rajzoltuk fel. Ennek a kapcsolatnak nagyobb számú mérésiadataiból történő megállapításaival a hamuszázalék kiszámításának pontossága növelhető.



4. ábra. Mecseki feketekőszén fúrás karottázs szelvényei térfogatsűrűség és hamutartalom diagramokkal

A gamma-gamma mérésekből nyerhető térfogatsűrűségnek és így a gamma-gamma mérésnek a porozitás meghatározására történő felhasználhatóságára számos irodalmi közlés utal.

Ennek alapján a porozitást a

$$\Phi = \frac{Q_m - Q_t}{Q_m - Q_f}$$

összefüggés adja.

ahol

$Q_m$  = a kőzetmatrix sűrűsége

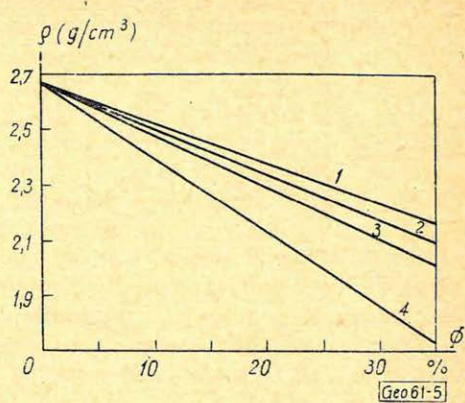
$Q_t$  = a kőzet térfogatsúlya a gamma-gamma mérés alapján

$Q_f$  = a folyadék sűrűsége (vízre 1)

A kőzetmatrix sűrűségét homokos tárolók esetén a kvarc 2,65 g/cm<sup>3</sup> sűrűségével vehetjük azonosnak. A porozitás és a térfogatsúly közötti fenti összefüggés különböző rétegtartalmakra grafikusan ábrázolható (5. ábra). A mészkő

2,70 – 2,80-as sűrűségét véve matrix sűrűségnek, az eljárás alkalmas mészkő tárolók porozitásának meghatározására is. Olajtároló kőzetek esetén (ha az elárasztás kicsiny) a kisebb folyadéksűrűség következtében fenti formula  $\rho_f = 1$  feltételezéssel való alkalmazása a valóságosnál nagyobb porozitást ad. Mindenesetre a gamma-gamma mérésekből nyerhető porozitás értékek azzal a nagy előnnyel rendelkeznek, hogy kiszámításukhoz a homokok felépítésére, a rétegvíz tulajdonságokra stb. semmiféle feltételezés nem szükséges.

Összehasonlítás céljából néhány vízkutató fúráson gamma-gamma és elektromos eljárással nyert porozitás értékeket mutatunk be (3. táblázat).



5. ábra. Homokos tároló térfogatsűrűségének változása különböző telítettség mellett

3. táblázat

Vízkutató fúrások gamma-gamma és elektromos eljárással nyert porozitás értékei

Fúrás helye	Rétegmélység m	Elektromos mérésekből $\phi$ %	$\gamma\gamma$ szelvényből $\phi$ %	Sűrűség g/cm <sup>3</sup>
Nagyszénás .....	205 – 213	40	37	2,04
Szoc. Otthon .....	189 – 195	40	45	1,92
Domaszék .....	245 – 248	36	40	1,99
	227 – 235	38	40	2,00
Pitvaros .....	451 – 458	40	37	2,04
Ófőleák .....	276 – 282	35	40	1,99
Hódmezővásárhely Dózsa TSZ ....	219 – 253	40	30,8	2,14

Érdekes megállapításokhoz juthatunk, ha a térfogatsúlyt és a rétegek valóságos fajlagos ellenállását közös diagramban ábrázoljuk. A vízszintes tengelyen a térfogatsúlyt csökkenő irányban, a függőleges tengelyen a fajlagos ellenállást logaritmikus léptékben ugyancsak csökkenő irányban felrakva 6. ábrához jutunk. A vizsgált rétegek mind 100%-osan vízzel telítettek. A rétegvizek fajlagos ellenállása is közelítőleg azonos. A tiszta homokos tárolók közelítőleg egy egyenesen helyezkednek el. Azok a rétegek, melyekhez tartozó pont kiesik az előbbi egyenesből, nem felelnek meg eredeti feltételezésünknek, tehát vagy agyagosak – és akkor a tiszta agyagokat jellemző pont felé, vagy részben vannak csak rétegvízzel telítve – és akkor az egyenes másik oldalán a nagyobb fajlagos ellenállások felé esnek.

Ez az eljárás lehetőséget ad az agyagos homokok kijelölésére és a vízzel nem 100%-ig telített rétegek kiválasztására. A térfogatsúly és a fajlagos ellenállás közötti kapcsolatot mennyiségi formában is meghatározhatjuk, ha a porozitásnak előzőekben felírt és az Archie által megadott kifejezést kombináljuk.

Előzők szerint:

$$\Phi = \frac{Q_m - Q_t}{Q_m - Q_f}$$

Archie szerint:

$$\Phi = \frac{1}{\sqrt{F}} = \sqrt{\frac{R_w}{R_0}}$$

( $R_0$  a 100%-ig vízzel telített réteg fajlagos ellenállása,  $R_w$  a rétegvíz fajlagos ellenállása)

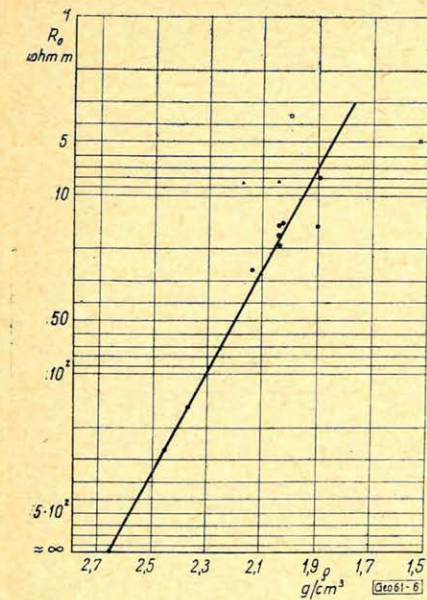
A kétféle porozitás azonosságából:

$$\frac{Q_m - Q_t}{Q_m - Q_f} = \sqrt{\frac{R_w}{R_0}}$$

amiből:

$$Q_t = Q_m - [Q_m - Q_f] \sqrt{\frac{R_w}{R_0}}$$

Homokos tárolókra és 100%-os víztelítettségre  $Q_m = 2,65$ ,  $Q_f = 1$



6. ábra. Valódi fajlagos ellenállás és térfogatsúly összefüggése homokokra 100%-os víztelítettség mellett

és így:

$$Q_t = 2,65 - 1,65 \sqrt{\frac{R_w}{R_0}}$$

Módosul az egyenlet alakja, ha az Archie-féle összefüggés helyett más porozitás függvényt veszünk figyelembe. Ha az  $R_w$  állandó, akkor a különböző porozitású rétegeknek megfelelő pontok 6. ábra szerinti ábrázolásban egyenesen fekszenek. Más  $R_w$  értékhez más egyenes tartozik. Az  $R_0 = \infty$  érték nyilvánvalóan a tömör kvarc kőzetmatrixot jelenti. Ennek a 2,65-ös pont felel meg. Ha a kőzetmatrix fajsúlya nem ismeretes, akkor a rétegpáraméterek ( $R_0$  és  $Q_t$ ) által meghatározott egyenesnek az abszcissa tengellyel alkotott metszéspontja szolgáltatja azt. Ha ismeretes, akkor a két érték egyezése ellenőrzésül szolgálhat.

A gamma-gamma mérések által szolgáltatott térfogatsúly szelvény felhasználására vonatkozóan bemutatott két lehetőségen kívül még számos út látszik hasznosíthatónak. Így elsősorban kőolajkutatás területére az előzőekben ismertetett mérés-kombinációnak a telítettség viszonyok tisztázására, az agyagosság kérdésének vizsgálatára, a mészkőtárolók kimutatására stb. ígérkezik a sűrűség-szelvényezés eredményesnek.

A gamma-gamma szelvényanyagának a gravitációs mérések értelmezésében való felhasználása is vizsgálatra vár. Ezekkel a kérdésekkel a későbbiekben kívánunk foglalkozni.

1. *Djadkin*: Gamma-gamma lyukszelvényezés elmélete. Akad. Nauk SSSR Izv. Ser. geofiz. no. 4-323. 1955.
2. *Homilius – Lorch*: On the Theory of Gamma Ray Scattering in Boreholes. Geophys. Prosp. V. 6. no. 4. 342–364. 1958.
3. *I. P. Bulasevics – G. M. Vonkoboynjikov – L. V. Muzjukin*: Érces és szenes előfordulásokon gamma sugár és neutron felhasználásával végzett karottázs. Ragyioaktivnije izotopi jegyernie izlucsenija v narodnom hozajszjtve SzSzsZr. Gosztoptechizdat 1961. 19–29. old.
4. *Dr. Sebestyén Károly*: Vizsgálatok kőszenek minőségi paramétereinek mélyfúrasi geofizikai módszerekkel történő meghatározására. Magyar Geofizika 1961. 1–2.

## Über einige Ergebnisse von Modellmessungen zur Lösung der direkten gravimetrischen und magnetischen Aufgabe

Th. Richter – W. Münchow

*A kvantitatív kiértékelő módszerekkel szemben a modellmérések viszonylag rövidebb idő alatt és kisebb technikai ráfordítás mellett szolgáltatnak reprodukálható áttekintést a geofizikai anomáliák kialakulásáról különböző hatók esetén.*

*A szerzők olyan eljárás alapján dolgoznak, melynek elvét D. Zidarov: közölte 1955-ben.*

*Az előadás a VEB Geophysik-nél megépített modellező berendezést és az elektronikus mérőberendezés működési módját tárgyalja. Az előadók utalnak a rutinmérések elvégzéséhez szükséges berendezésekre. A hitelesítés és mérési hibák megvitatása után a szerzők gömb és lemez alakú testekhez (hatókhoz) tartozó gravitációs és mágneses anomáliaképeket mutattak be.*

По сравнению с количественными методами интерпретации, измерения на моделях позволяют получить за довольно короткое время и с меньшими техническими затратами, воспроизводимый обзор возникновений геофизических аномалий для различных возмущающих тел.

Авторы применяют способ, принцип которого был предложен Зидаровым в 1955 г.

В докладе обсуждается устройство моделирования и принцип действия электронного измерительного устройства, построенного в Лейпцигском предприятии „Геофизика”. Докладчики описывают приборы, необходимые для проведения производственных измерений.

После обсуждения погрешности калибровки и измерения, авторы демонстрируют виды гравитационных и магнитных аномалий, вызываемых возмущающими телами шаровой формы и формы пластины.

Gegenüber rechnerisch quantitativen Auswertemethoden können Modellmessungen in relativ kurzer Zeit und mit geringem technischen Aufwand einen reproduzierbaren Überblick über die Ausbildung geophysikalischer Anomalien für verschiedenartigste Störkörper vermitteln.

Die Verfasser arbeiteten nach einem Verfahren, dessen Prinzip von Zidarov 1955 mitgeteilt worden ist.

Die im VEB Geophysik Leipzig gebaute Modelliereinrichtung und die Wirkungsweise der elektronischen Messanordnung wird beschrieben. Auf die notwendigen Einrichtungen zur Durchführung von Routinemessungen wird hingewiesen.

Nach Diskussion über Eichung und Messfehler werden für kugel- und plattenförmige Störkörper die zugehörigen gravimetrischen und magnetischen Anomalienbilder gezeigt.

# Mélyfúrások folytonos szelvényezése ultrahang segítségével

(Akustiklog, Cementlog)

J. H. GROHE

A mélyfúrások ultrahangimpulzusokkal történő szelvényezése azt a lehetőséget nyújtja, hogy az egész 80 cm vastagságú rétegek rétegebességét megadjuk, és az össz menetidőt regisztráljuk. A továbbiakban a hang amplitúdók mérése a csövezett lyukban a cementezés felülvizsgálatát is lehetővé teszi a különböző abszorpciók alapján.

Az elvi működési mód ábrázolása után a szeizmikus szondázás jelentőségét tárgyalja az alkalmazott szeizmika eljárásainál, a kiértékelésnél, továbbá a kőolajfúrások ellenőrző munkálatainál.

Az ultrahang fűrőlyukmérések fizikai alapjának tárgyalása vezet a szonikusszondák fejlődési irányához. Ezek a szondák kb. 30 kHz ultrahangimpulzusokkal, és mintegy 10 Hz-es impulzusfrekvenciával dolgoznak. A hangimpulzusok keltése magnetosztatikus rezgőkkel, vagy piezolán csőrezgőkkel van biztosítva. Alkalmazásra a kétfelvetős eljárás került és a radiális munkamód mindig biztosított.

A szondák négyeres kábelre vannak helyezve és 400 at nyomásig alkalmazhatók.

A szondák blokksemájának és a felszíni berendezésnek a magyarázata, valamint az új eszközök alkalmazási tartományának a tárgyalása zárja be az előadást.

Профилирование буровых скважин импульсами ультразвука дает ту возможность, что определяется пластовая скорость слоев толщиной до 80 см и регистрируем полный годограф. В дальнейшем имеется возможность на основании различных абсорбций измерения амплитуд звука и исследования цементирования в обсаженных скважинах.

После описания основ принципа действия, обсуждается значение сейсмического зондирования в методах прикладной сейсмоки и в интерпретации, далее в контроле действия нефтяных буровых скважин.

Обсуждение физических основ измерений при помощи ультразвука в буровой скважине приводит к путям развития ультразвуковых зондов. Эти зонда работают на импульсах ультразвука 30 Кгц и с частотой импульса 10 гц. Звуковые импульсы создаются при помощи магнетострикционных осцилляторов или трубчатых осцилляторами из пьезолана. В дальнейшем был применен способ с двумя приемниками и постоянно обеспечен радиальный метод работы.

Зонды укрепляются на четырехжильном кабеле и могут выдерживать давление до 400 атм.

В докладе рассматривается блок-схема зондов, поверхностная аппаратура, а также область применения новой аппаратуры.

Die Vermessung der Tiefbohrungen mittels Ultraschallimpulsen erschließt die Möglichkeit, sowohl die Schichtgeschwindigkeiten bis zu 80 cm Schichtdicke hinab zu ermitteln, als auch die Gesamtlaufzeit zu registrieren. Des weiteren ermöglicht die Messung der Schallamplituden auf Grund der unterschiedlichen Absorption die Überprüfung der Zementierung in den verrohrten Bohrlöchern.

Nach Darstellung der prinzipiellen Arbeitsweise der neuen Meßmethoden wird auf die Bedeutung der „Seismologs.“ für die Verfahrens- und Auswertetechnik der Prospektionsseismik und für die Testarbeiten an Erdölbohrungen eingegangen. Die Behandlung der physikalischen Grundlagen der Ultraschall-Bohrlochmessungen führt zu den Entwicklungsrichtungen für die Sonic-Sonden. Diese Sonden arbeiten mit Ultraschallstößen von etwa 30 kHz und Impulsfolgefrequenzen von etwa 10 Hz. Die Stoßschallerzeugung wird mit magnetostriktiven Schwingern oder auch mit Piezolanzrohrschwingern gewährleistet. Es kommt das Zwei-Empfänger – Verfahren zur Anwendung und die radiale Arbeitsweise ist immer gewährleistet.

Die Sonden sind auf 4-adriges Kabel ausgelegt und bis 400 Atmosphären einsetzbar.

Die Erläuterung der Blockschaltbilder der Sonden und der Übertageapparatur zu Akustik-Log sowie die Darlegung der Anwendungsbereiche der neuen Geräte schließen den Artikel ab.

## 1. Általános rész

A kutatószeizmikának már régóta szüksége van a fizikai változók pontosabb ismeretére a helyes értelmezés eszközlése céljából. A reflexiós szeizmikus mérések nagy sikerei ellenére a reflexiókat előidéző horizontok pontos természetete ismeretlen. Több kérdés mint pl.:

a) megadott sebességkülönbség mellett milyen vastagsággal kell rendelkeznie a rétegnek, hogy arról reflexiós beérkezést regisztráljunk,

b) milyen szerepük van a szeizmikában a sűrűségkülönbségeknek,

c) valamilyen formában különbözik-e a több vékony rétegről származó reflexió jellege az egyetlen vastag rétegről származó reflexió jellegétől,

d) lehetséges-e különbséget tenni azon reflexiók között, amelyek olyan határfelületről érkeznek ahol a sebesség növekszik, vagy olyanokról ahol a sebesség nő,

még a mai napig nagyjából megválaszolatlan.

A mélyfúrásokban történő folytonos sebességmérések segítségével lehetővé válik, hogy a kőzet tulajdonságokról adatokat nyerjünk. A kifejlesztett szondák eredetileg azt szolgálták, hogy kényelmesebben és olcsóbban jussunk szeizmikus sebességadatokhoz. Csakhamar azonban hasznosnak bizonyultak sztratigráfiai korrelációra is, formációhatárok meghatározására és a tároló kőzetek olaj, gáz és víz tartalmának kimutatására. A továbbiakban a kapott szeizmikus szondázások lehetőséget adnak a szeizmikus reflexiók keletkezésének tanulmányozására, és a fentebb felvetett kérdések megválaszolására. Feltehető, hogy a szeizmikus fúrólukszondák fő alkalmazási területe nem a fúróluk szeizmikus adatainak meghatározásában keresendő, hanem általános természetű kérdések megválaszolásában. Ez az alkalmazott geofizika számára teljesen új tudományágat nyitott meg, amelynek a kutatószeizmikára gyakorolt hatása és értéke még nem mérhető le.

Az első és szembetűnő különbség az általában akusztikus szondázással (akusztiklog) jelölt méréseknél, szemben az eddigi eljárással abban van, hogy itt olyan távolságokon mérhető rétegssebesség, amelyek már majdnem differenciálisnak tekinthetők.

## 2. Működési mód

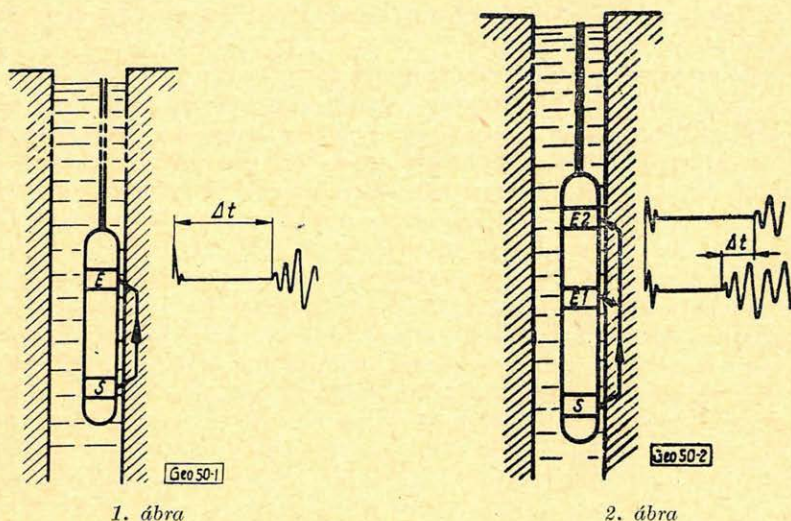
### 2.1. Egyfelvörös eljárás

A felépítést és a mérési elvet az 1. ábra mutatja. G hangfrekvenciás adó segítségével az iszapban rezgést keltünk, amely a fúróluk falának átadódik, majd ennek mentén tovaterjed és végül az iszapon keresztül a vevőhöz érkezik. Általában csak refraktált terjedésű utakkal szabad számolnunk. A terjedési időt azonban az impulzus iszapban megtett útja meghamisítja, ennek ellenére az egyvörös eljárás többek között Franciaországban is alkalmazást nyert, és pozitív eredményeket szolgáltatott. Az eredmények biztosítására azonban kiegészítő mérések elvégzése vált szükségessé. A késleltetési idő kiküszöbölése végett – az irodalomban „delay-time”-val jelölik –

hagyományos szeizmikus fúrólukméréseket és bőségméréseket végeztek, de ezen korrekciók ellenére is maradtak hibák vissza. Az egyfelvevős eljárást mindenestre első kísérletként kell értékelnünk, amelyet továbbfejlesztve fejlődött ki a kétfelvevős eljárás.

## 2.2. Kétfelvevős eljárás

Ennek az eljárásnak az előnye a késleltetési idő tekintélyes redukálásából adódik, amely most már csak a kőzet-iszap és a két felvevőig tartó terjedési idő különbségéből áll, ezáltal tehát már sokkal pontosabb mérés biztosítható. Mérjük a két felvevőnél a különbségi időket, és ezen terjedési idő különbségek összegét.



1. ábra

2. ábra

A 2. ábrán „S” ismét az adót jelenti, amelyből kiindulva az impulzus  $E_1$  és  $E_2$  felvevőkhöz érkezik. Mérjük a  $\Delta t$ -t, amelyre ideális esetben érvényes

$$\Delta t = \frac{d}{V \text{ kőzet}}$$

Az impulzust az adó az öblítő iszapnak adja át, ahonnan  $i$  kritikus szöggel lép a kőzetbe,

$$\sin i = \frac{V \text{ kőzet}}{V \text{ iszap}}$$

majd onnan  $i$  szöggel kilép és az öblítő iszapon keresztül éri el a felvevőt.

## 2.3. Különböző tényezők befolyása

Itt a tényezők két csoportját különböztetjük meg: egyrészt:

1. amelyek a szondák méretében a lyuk geometriai méreteiben a fúrás<sup>i</sup> folyamat által befolyásolt fúróluk közeli rétegekben keresendők. Ezekhez tartoznak:

a fúróluk átmérőjének ingadozása,  
szonda helyzete a fúrólukban,  
az öblítőiszap befolyása és váltakozó sebessége,  
az 1-es és 2-es felvevő távolsága az adótól,  
a szivárgási zóna mélysége,  
a fúrólukszonda s a rétegvastagság közti viszony,

2. másrészt, amelyek a kőzettartományon belüliek. Itt a legfontosabb és az olajgeológusok számára legérdekesebb tényezők vannak: porozitás, agyagtartalom, és pórufolyadék milyensége.

Milyen nagynek kell lennie az adó és az 1 felvevő közötti távolságnak és milyen távolság a legkedvezőbb?

Az adó- és vevő közti távolság növelését az határozza meg, hogy milyen mérvű az energiának az abszorpciója a kőzetben. Túl nagy távolságoknál nem kapunk kielégítően pontos eredményt. Lefelé a távolság az által rögzíthető, hogy a  $P$  tovaterjedő longitudinális hullám az adó és az 1 felvevő közti szakasznak legalább egy kis részét a kőzetben tegye meg. A feltétel mindenképpen az, hogy a kőzetsebesség nagyobb legyen az öblítő iszap sebességénél. Ebből viszont az adódik, hogy a minimális távolság a  $\sin i$  függvénye. Minél alacsonyabb a kőzetsebesség, annál nagyobbobnak kell lennie a minimális távolságnak.

A két felvevő közti távolság is lényeges, mert ez határozza meg a feloldás mértékét. Minél kisebb a távolság, annál több részletet mutat a mérés, a nagyobb távolság viszont automatikusan kisimítást hoz magával, s így a görbe könnyebben olvasható. A Geofizikai Vállalatnál kifejlesztett szondánál az adó és az 1. felvevő közti távolságot 1,88 m, az 1 vevő – 2 vevő közti távolságot 0,82 m-nek választottuk.

### 3. Az akusztikus szondázás jelentősége

Fizikai szondázásokat a fúrólukban a leggyakrabban abból a célból végeznek, hogy a geológiai határokat megállapítsák és ezeket a szomszédos fúrá sokkal korrelálják. Az ultrahanggal működő akusztikus szondázás az eddig szokásos elektromos és radioaktív fúrólukméréseket ugyan nem pótolja, de döntően kiegészíti. Az elektromos fúrólukmérések és sebességszelvényezések közös értelmezése mellett az akusztikus szelvénymérések egyedül maguk is képesek a formációhatárokat nagy pontossággal megállapítani. Ezáltal lehetséges, hogy a szeizmikus energia reflektorainak mélységét nagy pontossággal lerögzítsük. Fennáll ezenkívül annak lehetősége is, hogy kvalitatív állításokat tegyünk a reflexiók karakterét illetően, a rétegvastagságok, sebességkülönbségek, és sűrűségkülönbségek alapján.

A szeizmikus szondázások az olajelőfordulást tekintve is értelmezhetők. Olyan kérdések mint pl. egy olajtermelő zóna elkülönítésének lehetősége olyan horizontokból, amelyek vizet tartalmaznak, vagy folyadék nélküliek, a gyakorlat számára rendkívül fontossággal bírnak. Sebességszondázás segítségével lehetővé válik, hogy ezekkel kapcsolatban is bizonyos állításokat tegyünk. A következőkben röviden azokat a paramétereket soroljuk fel, amelyek a szeizmikus sebességet a geológiai formáción belül befolyásolhatják és meghatározhatják:



- a) a kőzet felépítésében résztvevő komponensek elasztikus konstansai;
- b) a komponensek közti kötőanyag fajtája;
- c) szemcsesűrűség;
- d) pórusokban levő folyadék sűrűsége;
- e) hőmérséklet;
- f) a kőzetszerkezetre ható nyomás;
- g) a pórusokban levő folyadékra ható nyomás;
- h) porozitás;
- i) a pórusfolyadék összenyomhatósága.

A VEB geofizikai vállalatnál kifejlesztett műszer nem közvetlenül regisztrálja a rétegebességeket, hanem különbségi időket mér.

A reflexió szeizmikus kiértékelésben a mért egyes menetidők csak feltételesen találnak alkalmazást, mert az adó-vevő távolság, ill. a vevő-vevő mérési szakasz közti távolság segítségével a mindenkori rétegebesség adódik, a szeizmika azonban a reflektorig az átlagos terjedési időt méri, ezért az ennek megfelelő átlagebességadatra van szüksége.

Az egyes mérésekből tehát a mérési tartományon belül tetszőleges mélységig meg kell határozni az átlagebességeket, amely az egyes különbségi idők integrálása útján történik.

A matematikai összefüggéseket itt nem vizsgáljuk, a különbségi idők tiszta összege természetesen nem egyenlő az össz terjedési idővel, mert minden egyes mérési szakaszt a kábelsebesség és az impulzusfrekvencia szerint többször is felmérünk.

A kifejlesztett berendezésen belül elhelyezett integrálórész az össz menetidő regisztrálását lehetővé teszi.

#### 4. Megoldás

Mivel a mélyfúrásokban relative magas hőmérséklet (geotermikus mélységlépcső  $\Delta t \approx 30$  °C km-enként) és magas statikus nyomás ( $\Delta p \approx 110 - 180$ -at km-enként) uralkodik, szükséges, hogy nyomás- és hőálló szondákat építsünk, és csak az elkerülhetetlenül szükséges elektromos elemeket helyezzük el a szondába. A tulajdonképpeni kiértékelés és regisztrálás a felszíni-műszerrészben történik. A méréseket a szonda felfelé történő mozgatása közben végezzük. A hangimpulzusok keltésére a szikratávíró elv mellett ultrahanggerjesztést alkalmaznak. Az elektromos fényív által az öblítő iszapban keltett miniatűr exploziók a statikus víznyomástól nagymértékben függenek, és egy ilyen hangforrás effektív teljesítménye kb. 300 méterenként 3 dB-t csökken. Ezért esett a választás az ultrahang impulzusra, ezen belül is egy magnetostrikiós rezgőgyűrűre. A magnetostrikiós rezgők nagy mechanikai szilárdságukkal és nagy impulzusteljesítményükkel tűnnek ki. A rezgőgyűrű megválasztását a fúrások geometriája tette szükségessé, és így fölöslegessé válik a szonda fúrólükhöz történő nyomása a leadó irányában. Mivel a kétfeltevős szonda azt a lehetőséget kínálja, hogy az öblítőfolyadék hatását részben kiküszöböljük, kifejlesztettük a kétfeltevős szondát. Ennek össz hossza 3,95 m, átmérője 95 mm és 400-at nyomásig alkalmazható. A szondát speciális kocsiiban szállítjuk, mely egyidejűleg az összes felszíni berendezést is tartalmazza úgy, hogy komplett mérőkocsi áll rendelkezésre.

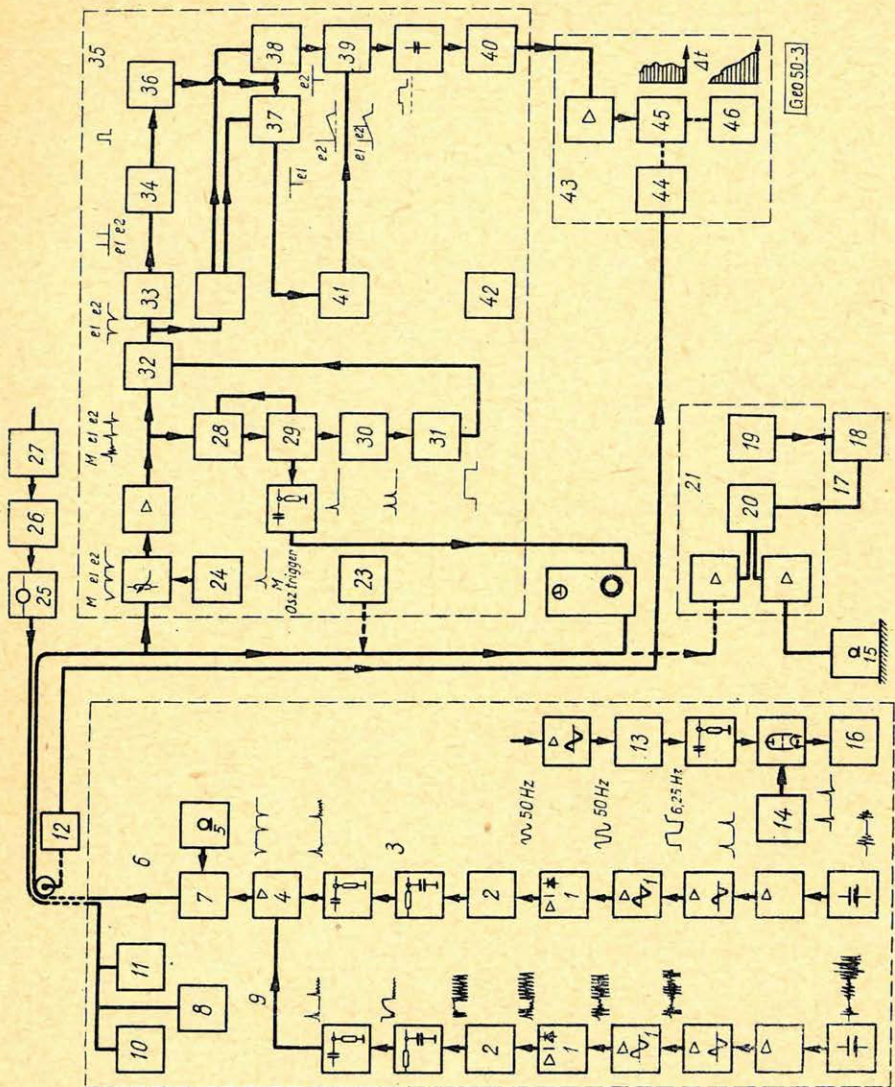
Fellevőnek piezoelektromos átalakítót alkalmaztunk, mert ezek a rezonancia frekvenciájuk alatt frekvencia független mikrofonérzékenységet mutatnak. A felvett rezgések frekvenciáját nemcsak a hangimpulzusadó határozza meg, hanem azt a közetek tulajdonságai is befolyásolják, ezért nagy jelentőségű a frekvenciafüggetlen mikrofonérzékenység. A báriumtitanát magas statikus nyomás és magas (100 °C) hőmérséklettel szembeni viszonylagosan jó viselkedése miatt piezolanrezgőket alkalmaztunk. A piezolan báriumtitanát bázison előállított keramikus piezo-anyag. Hogy a radiálisan kisugárzott ultrahangokat radiálisan felvehessük csőrezgőket építettünk be.

Az adó munkafrekvenciáját a lemez geometriai formája határozza meg. Kiválasztásánál azonban figyelembe kellett venni, hogy magas frekvenciáknál a közet csillapítása nagy, és az elektromos akusztikus határfok nagyon rossz. Ezzel szemben alacsony frekvenciáknál a rezgő geometriai méreteit túl nagyra kell megválasztani, és ezenkívül már a szondazörejek is a munkafrekvencia tartományába esnek. Ezért feltételeesen – a piaci ajánlat alapján – 23 KHz rezonanciafrekvenciájú rezgőt alkalmaztunk. Az impulzus frekvencia 6,25 Hz, mert egyrészt a folyamatos méréseket tekintve az impulzusok minimális számát követeljük meg, másrészt pedig az impulzusokkal együtt nő az impulzus generátor nagysága is. Az 50 Hz-el történő szinkronizáció konstans impulzus frekvenciát biztosít. A célból, hogy biztosítani tudjuk, hogy a fellevőhöz érkező első rezgés a közeten keresztül terjedjen, a szondába csillapító tagokat kellett beépíteni, melyek az adó és vevő közti direkt energiautakat kizárják. Beható vizsgálatok után végül is gumi-fém összekötést választottunk, amelynek egyrészt 400 at statikus víznyomásig nyomásállónak és 2000 kp húzási terhelésig húzásállóknak kell lennie. A húzási szilárdság 4-eres fűrólyukmérő kábelt feltételez. Két ér a szonda áramellátására van kihasználva, két ér pedig a jel oda- és visszavezetésére szolgál. Az erek közti 0,1  $\mu\text{F}/\text{km}$  nagyságrendű párhuzamos kapacitás miatt, nem lehetett mindkét fellevő jelét külön vezetéken a felszíni mérőberendezésbe juttatni. Ezért mindkét szonda erősítő berendezéseit, mindenkor tüimpulzusokká kell átalakítani, úgyhogy a különbségi időmérés az impulzus időbeli távolságának a meghatározásából áll. Ehhez a felszíni berendezésben különösen nagy, lineáris feszültségnövekedésű fűrészfoggenerátort alkalmaznak, amelyet az első impulzus vezérel és a második impulzussal beérkezést kapunk a fűrészfogon. A kábelfeszítés függvényében történő regisztrálásra a fotoregisztráló berendezés és a szalagíró jöhet számításba. A választás a utóbbira esett, mert a kompenzációs szalagíró használata azt a lehetőséget nyújtja, hogy a mechanikus integráló áttétel segítségével a különbségi időkből, a mérési előrehaladás figyelembevételével az összes terjedési időt megkapjuk, és mint második nyomot regisztráljuk. A 3. ábra a berendezés block kapcsolását mutatja a szondával és a felszíni berendezéssel.

## Cement-karotázs

### 1. Bevezetés

Az olaj- és gázfúrásokat a fúrás után legtöbbször acélsövegekkel beléscsővezik. A cső és közet közti térséget cementtel öntik ki. A cementezés a cső mechanikus biztosításán kívül lényegében azt a célt szolgálja, hogy a megfűrt rétegeket egymástól ismét elszigetelje. A cementezésnél tehát nemcsak azt akarjuk elérni, hogy a cement a cső és a közet közti teret teljesen kitöltse, hanem a

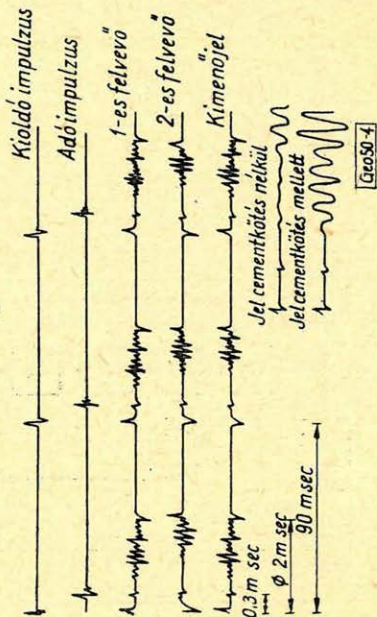
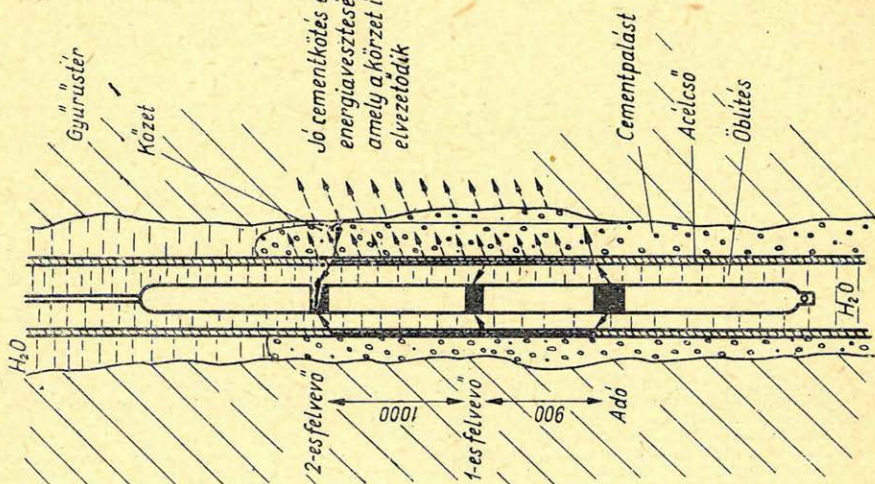


3. ábra

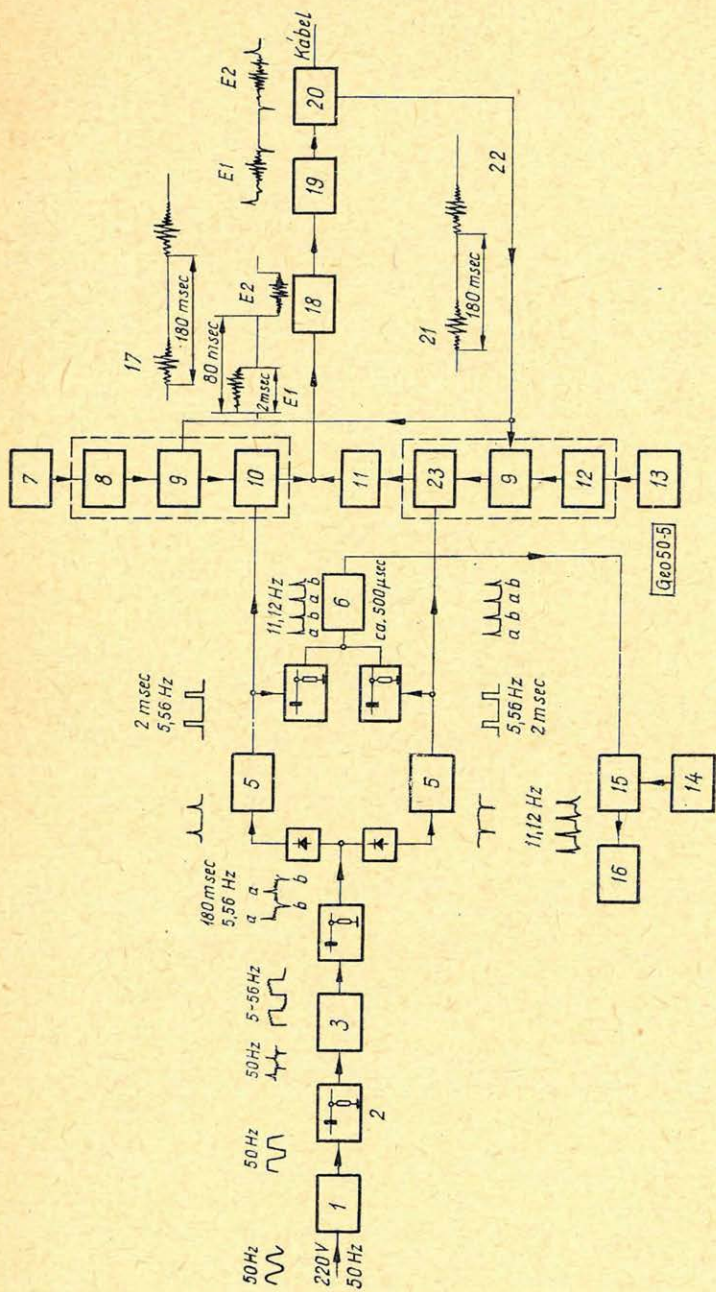
1. Kézzel szabályozható; 2. Fázisfordító; 3.  $E_1$ ,  $E_2$  erősítőkre ugyanazon feszültségalak érvényes, csak  $T_{ME}$  különböző; 4. Fázisfordító végfokozat; 5. Geofon; 6.  $E_2$  erősítő; 7. Relé átkapcsoló; 8. Impulzusgenerátor; 9.  $E_1$  erősítő; 10.  $E_1$  erősítő hálózati része; 11.  $E_2$  erősítő hálózati része; 12. Fordulatszámoló; 13. Multivibrátor; 14. Magasfeszültség előállítása; 15. Geofon; 16. Magnetostrikciós adó; 17. Időjel; 18. Lőmesteri telefon; 19. Telefon; 20. Regisztráló berendezés; 21. Szeizmikus állomás; 22. Oszcillográf; 23. Vizsgálógenerátor; 24. Érzékenység előfesz. szabályozó  $E_1$ ,  $E_2$  erősítő; 25. I szonda = konstans; 26. Szabályozótrafó; 27. Mágneses stabilizátor; 28. || kapuáramkör fázisfordítás; 29. Multivibrátor 100 ms záróimpulzus || kapu számára; 30. Multivibrátor  $a_2 \dots a_7$  ms; 31. Multivibrátor 2 ms újítóimpulzus I kapu számára; 32. Alapimpulzus leválasztása; 33. Vágófokozat; 34. Impulzusátalakító multivibrátor; 35. Akusztikus-karottázs berendezés; 36. Katódkövető; 37. 3 kapuáramkör 0,6 ms késleltetés zárva; 38. 4 kapuáramkör 0,6 ms késleltetés nyitva; 39. Amplitúdó komparátor; 40. Katódkövető; 41. Fűrészfoggenerátor; 42. Hálózati rész; 43. Szalagíró; 44. Fordulatszámoló; 45. Szalagíró; 46. Integrátor; 47. Kioltási idő

Cementkarotázs szonda  
 4 eres kábelre helyezve,  
 radiális munkamód. —  
 Szondahossz  $l = 4,47$  m  
 Szondatérő  $d = 85$  mm  
 Nyomási szilárdság  $p = 4,00$  at  
 Hőmérséklet-állóképesség  $t = 90$  C°  
 Munkafrekvencia  $f_a = 23$  kHz  
 Impulzusfrekvencia  $f_i = 10$  Hz  
 Központosítás  $s = 6 \frac{3}{8}$ " (168 mm)  
 Központosítás  $s = 5 \frac{1}{4}$ " (146 mm)  
 Központosítás  $s = 4 \frac{1}{2}$ " (114 mm)  
 Kis mérési szakasz  $q_1 = 90$  cm  
 vagy  $q_1 = 110$  cm  
 Nagy mérési szakasz  $q_2 = 190$  cm  
 vagy  $q_2 = 210$  cm

Jó cementkötés esetén  
 energiavesztés lép fel,  
 amely a körzet irányában  
 elvezetődik



4. ábra



5. ábra

1. Vágófokozat; 2. Differenciáló fokozat; 3. Fantastron; 4. Átalakító multivibrátor (Muví); 6. Kioldó késleltetés multivibrátor (Muví) kb. 500  $\mu$ s; 7, 2-s. vevőkristály; 8, 2-s. felvevő előerősítője; 9. Erősítésszabályozás; 10. I. kapuáramkör; 11. Vágófokozat; 12, 1-s. felvevő előerősítője; 13, 1-s. vevőkristály; 14. Nagyfeszültség előállítás; 15. Titratron; 16. Adókristály; 17.  $E_2$ -jel; 18. Vezérlőfokozat; 19. Végerősítő; 20. Elektromkapcsoló; 21.  $E_1$  jel; 22. Szabályozó egyenfeszültség; kézi szabályozáshoz; 23. II. kapuáramkör.

cementnek jó kötést is kell biztosítani a kőzettel és az acélsővel. Különösen az utóbbi kötés nagyon kritikus az acélső sima felszíne és különböző tágulási koefficiense miatt. Tekintettel ennek jelentőségére, ellenőrző mérések váltak szükségessé a jó cementáció megtörténte érdekében.

Az eddig alkalmazásra kerülő ellenőrzési lehetőségek (hőmérsékletmérés, gammamérés) nem voltak nagyon kielégítőek, mert magáról a kötésről semmiféle állítást nem lehetett eszközölni, csak a cement kiterjedését lehetett megállapítani.

## 2. Működési mód

A cement-karottázs az akusztikus karottázshoz hasonló felépítést mutat. Egy kutatási megbízás kapcsán kifejlesztettünk egy gyűrű alakú ultrahangadóval és két ultrahang vevővel ellátott szondát. Adó és vevőként ebben az esetben piezonal gyűrűszegzőket építettünk be, amelyeket báriumtitanát bázison állítottunk elő. Egy impulzusegenerátor és egy impulzustranzformátor segítségével 12,5 Hz-es 10–40 KHz-es frekvenciaspektrumú hangimpulzusokat juttatunk az öblítőfolyadékba, és a környező csőfalba. Az energia egy részét az acélső továbbvezeti és az öblítőszapon történő ismételt áthaladás után a felvevő észleli. Az energia másik része behatol a cementpalástba és itt vagy a kőzet, vagy a cement átmenetnél reflektál, vagy behatol a kőzetbe. Ezek az energiarészek a csőhullámhoz viszonyítva időkéssel érkeznek meg a felvevőkhöz és a vevőtávolság növekedésével az időkéseletetés is megnő. Ez használható ki a jel elemzésénél, a cement és a kőzet közti kötést tekintve. Rövid mérési szakasz az eredmények jobb értékelését engedi meg a cső-cement kötést illetően, ezért a két felvevőt 0,9 m, ill. 1,9 m-es távolságban helyeztük el.

A távolságok a felvett jel csillapítását döntően meghatározzák, mert a víz és cement tömegek, amelyek a csövet hullámvezetőként veszik körül, energiát vezetnek el. Ha első közelítésben az elektromos hullámvezetők elméletét az akusztikus hullámvezetésre alkalmazzuk az adódik, hogy a csillapítás azzal a felszínnel arányos, amelyről akusztikus energia vezetődik el.

Grosmanin, Kokesh és Majani közöltek méréseket, mely szerint a csillapodásnövekedés a jó cementáció következtében  $m^2$ -enként 54 dB-t tesz ki, ami 14 cm cső-átmérő esetén m-es mérőtávolságonként kb. 26 dB csillapítást jelent. Kötés nélkül a csillapítás ezzel szemben csak kb. 2,6 dB/m. A csillapítás ugrásszerű csökkenése a hangimpulzusok terjedése során két különböző közeg határán létrejövő fejhullámok kialakulásával indokolható. Mivel az acélban a legnagyobb a hangsebesség a folyadékban nyomási, a cementben nyomási és nyíróhullám keletkezik. Mindezen hullámokat a hangimpulzus „feje” gerjeszti, és a hangimpulzusok energiájából folyamatosan energiát vonnak el. Nyírási fejhullámok gerjesztése azonban csak úgy lehetséges, ha a cement és acélső között szilárd mechanikus kötés van, mert különben nem adódnak át eltolási feszültségek. A cement-kőzet határról reflektált hangenergia menetideje a kőzet távolsága szerint ingadozik. Hogy az egyes energiacsoportokat egymásból kivonhassuk, az adó és vevő között nagyobb távolságot kell megválasztani. Az 1,9, ill. 2,1 méteres választott távolságnál lehetséges a jelből azt az energiaprészt kirekeszteni, amely a kőzetfalról reflektál. Gyakran a cementáció átlagos megítélése is kívánatos. Itt a meghatározási intervallumot olyan nagyinak választjuk, hogy meg tudjuk fogni mind a beléscsővön terjedő jelet, mind azt az energiaprészt, amely lehetőség szerint a cement-kőzet határról reflektálódik.

A cementkarottázsszonda működési módja a 4. ábrán van felvázolva. A jobb oldalon megkíséreltük ábrázolni az 1. és 2. felvevő jelének továbbítását. A viszonylag magas párhuzamos kapacitás (kb.  $0,4 \mu F/km$  az egyes kábelerek között) és a magas jelfrekvencia (420 kHz) miatt az időben kb. 300 ms-onként következő rezgéseket nem lehet egy időben továbbítani, mert „átszórások” fordulnának elő. Ezért a szondába beépítettünk egy elektromos vezérlőrészt, amely az első és második felvevő jeleit váltakozva juttatja a mérőkábelhez. A kapcsoló adót kioldó impulzusok két kaput nyitnak meg 2 ms-onként úgy, hogy a tíz hangimpulzusból mindenkor az egyik és másik vevő öt felvett rezgést ad le a közös végfokozaton keresztül a felszíni berendezésnek. A két felvevőtől érkező rezgéssorozat jellemzése az ellentett polaritású vizsgálóimpulzussal történik. A felszíni berendezésben levő trigger-szelektor a jeleket szétválasztja és a megfelelő csatornákhöz irányítja. Az 5. ábra mutatja a szonda blokkkapcsolását a jellemző impulzusformával egyetemben.

### 3. Alkalmazási terület

A cementkarottázs bevezetésének a következő alkalmazási területeit találjuk.

1. Cementkötés ellenőrzése, cementfej lokalizálása, repedések kimutatása.
2. A cementező eljárás javítása a nyert általános tapasztalatok alapján. A nyomáscementezés méréssel történő ellenőrzése a cementáció előtt és után.
3. További alkalmazási területek adódnak a csövezés nem cementezett szakaszán is, amennyiben puha üledékek veszik körül a bélészsövet. Ezek csillapítólag hatnak a csőben levő jelre. A csillapítás nagysága rétegről rétegre különböző, így a cementkarottázs a csövezés mögötti rétegek rétegsorát is visszatükrözi.

# Az artézi kutak vizének lehülése kifolyáskor

SALÁT PÉTER\*

*Jelen dolgozat az artézi kutak vizleghülésének problémájával foglalkozik. A meglévő elméleti eredmények kritikáját adja. Magyarország artézi kútjaira egy empirikus eljárást dolgoz ki, amely segítségével a látszólagos grádiensből a vízbőség és a fakadási szint ismeretében a valódi geotermikus grádiens kiszámítható.*

*Рассматривается вопрос об охлаждении воды артезианских колодцев и дается критика существующих результатов теоретических исследований. Разработан эмпирический метод, при помощи которого, зная водообильность и уровень истекания воды, можно вычислить естественный геотермический градиент по кажущемуся градиенту.*

*Der Vortrag gibt eine kritische Prüfung der vorhandenen theoretischen Resultate über die Abkühlung der artesischen Brunnen. Es wurde ein empirisches Verfahren für Ungarns artesische Brunnen ausgearbeitet, vermittels dessen in Kenntnis der Ergiebigkeit vom scheinbaren Gradient und des Quellenniveau der wirkliche geothermische Gradient berechenbar wird.*

Magyarországon eddig kb. 200 artézi kútnál mérték meg a következő adatokat: talpmélység, átlagos fakadási szint, vízhozam, talphőmérséklet, kifolyóvíz hőmérséklet, a kifolyócső belső átmérője. Ezekon kívül a felszíni talajhőmérsékletet is ismertnek vehetjük. (A kút környékén levő meteorológiai állomások évi talaj, vagy levegő hőmérséklete.)

Körülbelül 800–1000 artézi kútnál ismeretes a fakadási szint, a kifolyóvíz hőmérséklete és a vízhozam.

Ez az adathalmaz teszi indokolttá, hogy az artézi vizek lehülésének problémájával foglalkozzunk, egyrészt a kifolyóvíz hőmérsékletből a talphőmérsékletre való következtetés céljából, másrészt esetleg a kutat környező kőzetek hővezető képességének meghatározása céljából.

Bevezetéképpen áttekintjük az eddig elért elméleti eredményeket.

I. Az artézi vizek lehülésének és bányaszellőztetési problémák megoldásának számítására Boldizsár Tibor dolgozott ki egy összefüggést [1, 2, 3, 4 stb.].

A Boldizsár-féle lehülési összefüggés (geotermikus grádiens korrekciós képlet) a következő modellen alapszik:

Ha az összenyomhatatlan folyadék  $R$  sugarú hengeres lyukban  $v$  sebességgel mozog, a környező kőzet termikus konstansai:  $\lambda$  (hővezetőképesség),  $a$  (hőmérsékletvezető képesség),  $\rho$  (sűrűség),  $c$  (fajhő); a folyadéké  $\rho_F$ ,  $c_F$  és egységnyi lyukhosszon  $q(z, t)$  hő áramlik a kőzet felé; akkor  $dz$  hosszon a folyadék hőmérséklet esése:

$$dT_F(z, t) = - \frac{q(z, t) dz}{\rho_F c_F v R^2 \pi} \quad (1)$$

Boldizsár szerint a kiáramló hőmennyiséget Jaeger és Clark megoldása alapján a

\* Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai Tanszék Budapest.



$$q(z, t) = \lambda F(\psi) \tau(z, t) \quad (2)$$

összefüggés adja meg. Itt

$$\tau(z, t) = T_F(z, t) - T_K(z) \quad (3)$$

$T_K(z)$  a nem bolygatott közet eredeti hőmérséklete a  $z$  pontban

$$\Psi = \frac{at}{R^2} \quad (4)$$

$t$  a víz kifolyása óta eltelt idő

$$F(\Psi) = \frac{8}{\pi} \int_0^\infty \frac{e^{-\psi B^2}}{J_0^2(B) + Y_0^2(B)} \cdot \frac{d\beta}{\beta} \quad (5)$$

$$F(\Psi) \approx \frac{\pi}{2} + \frac{2\sqrt{\pi}}{\sqrt{\Psi}} \quad (6)$$

Artézi kutaknál a  $H$  mélyen levő vízádó réteg vízhőmérséklete az ottani közet hőmérsékletével egyenlő. Felfelé irányított koordináta rendszerben:

$$T_K(z) = (H - z) g \quad (7)$$

$$T_F(0, t) = Hg \quad (8)$$

$g$  a hőmérsékleti gradiens és a felszíni hőmérsékletét 0-nak kötöttük meg.

Ezek figyelembevételével az (1) egyenlet megoldása:

$$T_F(z, t) = (H - z)g + \frac{\rho_F c_F v R^2 \pi g}{\lambda F(\Psi)} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{\lambda F(\Psi) z}{\rho_F c_F v R^2 \pi}\right) \right] \quad (9)$$

Ennek más alakja a gradiensre vonatkozó összefüggés:

$$g = \frac{\lambda F(\Psi) T_F(H, t)}{\rho_F c_F v R^2 \pi \left[ 1 - \exp\left(-\frac{\lambda F(\Psi) H}{\rho_F c_F v R^2 \pi}\right) \right]} \quad (10)$$

Véleményünk szerint a (9) és (10) összefüggések nem jók. Ugyanis kételkedünk az adott formájú  $q(z, t)$  érték helyességében [2].

Carslaw és Jaeger [5] a hővezetés differenciálegyenletét

$$\frac{\partial T(z, r, t)}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \Delta T(z, r, t) \quad (11)$$

hengerkoordinátákban a következő kezdeti és kerületi feltételekkel adják meg végtelen henger esetére:

$$t=0\text{-kor } r > R\text{-nél } T = T_K \text{ és } r \leq R\text{-nél } T = T_F \quad (12)$$

$$t > 0\text{-kor } r = \infty\text{-nél } T = T_K \text{ és } r \leq R\text{-nél } T = T_F \quad (13)$$

azaz a henger falának hőmérséklete az időben állandó; a végtelen sugarú henger külső falán is állandó a hőmérséklet; a hőáramlás radiális. Ebben az esetben valóban a (2) összefüggés határozza meg a hőáramot:

$$q = \lambda F(\psi) (T_F - T_K) \quad (14)$$

A Boldizsár által felvett modellnél nem ez a helyzet. A henger fala, a folyadék maga az idő folyamán változtatja a hőmérsékletét és a hőáramlás nem radiális, hanem feltétlenül van  $z$  irányú komponense is.

Nem fogadható el azon állítás, hogy a kiáramló hőmennyiség egy adott időtartam mellett ( $\psi = \text{konst.}$ ) csak az érintetlen kőzet és a fal hőmérsékletének különbségétől  $\tau(z, t)$ -től függ, vagyis a fal hőmérséklete változhat, de a hőáramlásra jellemző arányossági tényező (amit a szerző indokolatlanul  $F(\psi)$ -vel azonosít) állandó marad. Ennek helytelensége a következő példán közvetlenül is belátható (Alkalmazzuk [1, 2, 3] eredményeit egy gondolat kísérletben):

Legyen a kőzet hőmérséklete a lyuktól nagy távolságban  $T_K = 0^\circ\text{C}$ ; a folyadéké hosszabb időn keresztül  $T_F = 80^\circ\text{C}$ ; azaz  $T_F - T_K = 80^\circ\text{C}$ . Egy időpontban változtassuk meg az áramló víz hőmérsékletét, legyen  $T_F = 40^\circ\text{C}$ . Ekkor – Boldizsár állítása, azaz a (2) és (3) képletek szerint – fele annyi hő áramlik a vízből a kőzet felé, mint előbb. ( $F(\psi)$  csak keveset változik, ha a  $t$  idő elég hosszú volt.)

A valóságban ez nyilvánvalóan nem igaz, sőt az áramló hő előjelet vált és egy ideig a felmelegedett fal felől fog a vízbe áramlani!

A fal hőmérsékletének megváltozása a (11) hővezetési differenciálegyenlet határfeltételeinek (12, 13) megváltoztatását jelenti. Márpedig nem szabad a már egyszer megoldott differenciálegyenlet határfeltételeit utólag megváltoztatni az eredeti megoldás helyességének fenntartása mellett!

Összefoglalóan: az (1) egyenlet megoldása a (2) összefüggés segítségével helytelen, mert a (2), (14) egész más határfeltételek esetén érvényes, mint amelyek a közölt modellnél fennállnak.

A fentiek alapján indokolatlannak tartjuk a (8) és (9) összefüggések használatát artézi vizek lehűlésének, geotermikus gradiens korrekciónak és bányalevegő felmelegedésének számítására.

II. Az artézi kutak hőmérséklet eloszlásával elméletileg először M. Kozłowski foglalkozott [6].

A feltörő melegvíz stacioner állapotának beállítására szerinte a következő formula érvényes:

$$T_F(z) = (H - z)g + \frac{q_F c_F v R^2 \pi g}{2hR\pi} [1 - \exp(-\eta z)] \quad (15)$$

Itt  $\eta$  a folyadék és a kőzet adataiból bonyolultan felépített állandó.

A szerző a kiáramló hőmennyiséget:

$$q(z, t) = 2 \pi R h [T_F(z, t) - T_K(z)] \quad (16)$$

alakúnak tekinti. (Newton-féle lehűlési törvény.)

Ez az összefüggés nem alkalmas a geotermikus gradiens korrekció elvégzésére. Egyrészt azért, mert időben konstans  $h$  arányossági tényezőt használ. Ez pedig még az olyan egyszerű modellnél sem igaz, mint a fentebb említett végtelen közegbe fúrt állandó falhőmérsékletű lyuk esete, ahol is

$$q = \lambda F(\psi) (T_F - T_K) \quad (14)$$

alakú volt, azaz a hőátadás az időben erősen változott. Másrészt nem alkalmazható, mert a  $h$  hőátadási tényező értékére nincs semmi támpontunk, így a gyakorlati ellenőrzésre sincs lehetőségünk.

III. Magunk is készítettünk egy modellt:

A hőszállítást 3 tartományban kell vizsgálni:

1. a fúrólukban,
2. a környező kőzetben,
3. a Föld felszíne feletti levegőben.

A probléma hengerszimmetrikus, azért hengerkoordinátákat használunk ( $z$ ,  $r$ ).

1. A fúrólukban a hőszállítás egyenlete (5) alapján

$$\rho_F c_F \frac{\partial T_F(z, t)}{\partial t} = \lambda_F \frac{\partial^2 T_F(z, t)}{\partial z^2} - v \rho_F c_F \frac{\partial T_F(z, t)}{\partial z} - \frac{2R\pi\lambda}{R^2\pi} \left( \frac{\partial T_K(z, r, t)}{\partial r} \right)_{r=R} \quad (17)$$

2. A környező kőzetben a hőszállítás vezetéssel történik:

$$\frac{\partial T_K(z, r, t)}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \Delta T_K(z, r, t) \quad (18)$$

3. A meteorológiai adatok alapján [7] a felszín feletti levegőréteg a kőzetekhez viszonyítva jó közelítéssel fémes vezetőnek, a földfelszín pedig ekvipotenciális (azonos hőmérsékletű) felületnek vehető a lyuk közvetlen környezetétől eltekintve:

$$T_K(H, r, t) = 0 \quad (r \gg R) \quad (19)$$

A fúróluk falán a közet hőmérséklet egyenlő a vízhőmérséklettel:

$$T_F(z, t) = T_K(z, R, t) \quad (20)$$

A fúróluktól távol geotermikus hőmérséklet áll be:

$$T_K(z, \infty, t) = (H - z)g \quad (21)$$

A víz hőmérséklete a fakadás szintjén megegyezik a környező kőzet hőmérsékletével és idővel nem változik:

$$T_K(0, R, t) = T_F(0, t) = Hg \quad (22)$$

A folyadék a fakadási hely környékén igen keveset hűl:

$$\frac{\partial T_F(0, t)}{\partial z} = 0 \quad (23)$$

A fenti (17–23) egyenletek jelentik a feladat elvi megfogalmazását. Analitikai megoldást eddig nem sikerült találni.

Stacioner esetre kiszámítottunk egy közelítő megoldást. E közelítésnél a felszín hőmérsékletét egész a lyukig ( $r=R$ ) 0-nak kötöttük meg, bár ez a valóságban nem teljesül. A nyert összefüggést a később elvégzett gyakorlati számítások – talán emiatt – nem igazolták.

IV. Így a helyes elméleti eredmények hiányában a kifolyó víz hőmérséklet és a talphőmérséklet kapcsolatát – hazánk artézi kútjainál – empirikusan közelítettük meg. A Bélyi Lajos által rendelkezésünkre bocsátott mérési eredmények [8] közül 139 db kút adatát dolgoztuk fel.

A számítás során felhasználjuk az ún. korrekciós tényezőt ( $C$ ), amely a valódi geotermikus gradiens ( $g$ ) és a kifolyóvíz hőmérsékletéből számított látszólagos gradiens ( $g^*$ ) hányadosa.

$$C = g/g^* \quad (24)$$

$$g^* = \frac{T_F(H) - T_K(H)}{H} \quad (25)$$

A következő feltevéseket tesszük:

1. Már beállt a stacioner állapot
2. A víz lehülése a mélység függvényében exponenciális:

$$T_F(z) - T_K(z) = \alpha(1 - e^{-\varepsilon z}) \quad (26)$$

A (7), (23) és 25 (alapján)

$$g = \alpha \varepsilon \quad (27)$$

Az exponenciális megközelítés indokai a következők:

- a) Az elméleti munkák sugalmazzák (I., II.).
- b) Ezt alkalmazva módunk van az elméleti eredmények ellenőrzésére.
- c) Bár kereshetnénk egyszerűbben is empirikus összefüggést, pl.  $C$  és a kút egyéb adatai (vízbőség, fakadási szint) között, mégis inkább az  $\varepsilon$  mennyiséget használjuk a lehülés jellemzésére. Véleményünk szerint ez jobban illik a probléma természetéhez, mert magába foglalja azt a tényt, hogy a kút vize a fakadás környékén kevesebbet hűl, mint a kút felsőbb szakaszain.

Az  $\varepsilon$  tényező kiszámítása a (24), (25), (26) és (27) felhasználásával kapott

$$C = \frac{\varepsilon H}{1 - e^{-\varepsilon H}} \quad (28)$$

összefüggés alapján lehetséges.

A (28) egyenletet  $\varepsilon H$ -ra numerikusan megoldottuk a szóbajöhető  $C$  értékeknél. Az összetartozó értékpárokat az 1. táblázatban közöljük.

1. táblázat

$C$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35
$\varepsilon H$	0,00	0,101	0,196	0,286	0,376	0,466	0,551	0,633
$C$	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,70	1,80	1,90
$\varepsilon H$	0,713	0,793	0,873	0,951	1,026	1,176	1,317	1,457

A számolás eredményét a 2. táblázat  $\varepsilon$  rovata tartalmazza. Ebben a táblázatban a kutak mérési adatait ( $V = vR^2\pi$  a kifolyóvíz mennyisége) és a fentiek szerint számított lehülésre jellemző  $\varepsilon$  és  $\varepsilon V$  értékeket tüntettük fel.

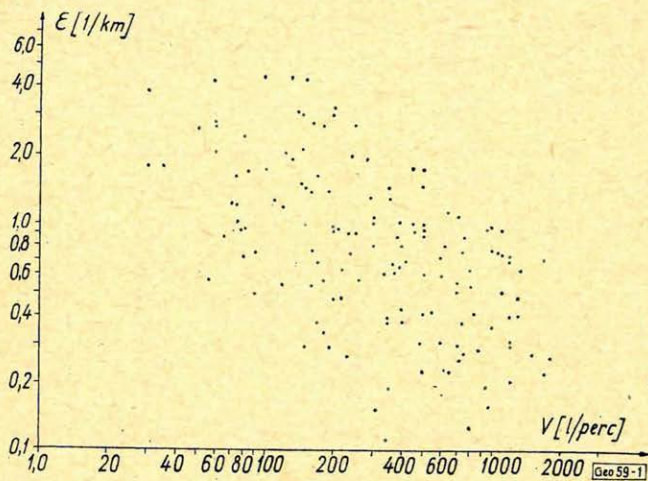
A kút helye	$\frac{1}{g}$ m/C°	C	H m	$\epsilon H$	$\frac{\epsilon}{1/km}$	V	$\frac{\epsilon V}{e/perc\ km}$
Szombathely	20,7	1,08	630	0,158	0,251	630	158
Sárvár	21,6	1,18	950	0,340	0,358	750	268
Győr	18,6	1,56	320	0,966	3,01	200	602
Győr	23,2	1,21	1602	0,394	0,244	720	175
Csákvár	16,2	1,22	275	0,412	1,50	310	463
Pápa	32,4	1,11	814	0,214	0,264	2400	635
Győrszemere	20,5	1,66	410	0,116	0,283	150	425
Balatonőszöd	15,1	1,10	230	0,196	0,850	65	55
Sikonda	10,5	1,55	365	0,951	2,60	60	156
Sikonda	10,8	1,15	300	0,286	0,953	1000	953
Igar	10,8	1,28	255	0,517	2,03	145	295
Major	9,6	1,53	155	0,921	5,95	120	715
Kaposvár	17,3	1,14	750	0,268	0,358	400	143
Kaposvár	17,5	1,19	290	0,358	1,23	365	438
Csurgó	16,7	1,47	320	0,825	2,58	180	463
Dunaújváros	14,7	1,27	590	0,500	0,850	500	424
Homokterenye	21,7	1,90	310	0,457	1,48	170	251
Végardó	8,7	1,04	300	0,082	0,273	880	240
Lőrinci	12,9	1,26	260	0,483	1,86	130	242
Pásztó	13,3	1,50	301	0,873	2,90	200	580
Lőrinci	12,2	1,23	225	0,430	1,92	240	460
Tápiószentmárton	16,0	1,22	310	0,412	1,33	187	248
Kiskőrös	19,0	1,29	1030	0,534	0,517	120	64
Abony	17,1	1,16	600	0,304	0,506	400	203
Cegléd	20,0	1,07	1130	0,139	0,123	800	98
Cegléd	17,9	1,21	445	0,394	0,888	250	220
Jászberény	18,7	1,11	730	0,214	0,294	600	176
Jászapáti	16,7	1,07	700	0,139	0,199	1200	238
Pély	20,4	1,21	720	0,394	0,547	56	31
Pély	17,4	1,39	580	0,697	1,20	70	84
Jászszenandrás	15,0	1,17	570	0,322	0,565	600	340
Szolnok	17,1	1,11	860	0,214	0,249	1800	400
Szolnok	16,3	1,20	400	0,376	0,940	500	470
Keves	16,9	1,09	670	0,177	0,264	750	198
Keves	18,3	1,17	375	0,322	0,860	380	326
Alattyán	15,4	1,25	465	0,466	1,00	75	75
Besenyőszög	18,0	1,22	595	0,412	0,694	80	56
Besenyőtelek	14,7	1,57	370	0,981	2,66	60	160
Besenyőtelek	20,0	1,52	215	0,905	4,21	130	548
Besenyőtelek	20,8	1,68	280	1,146	4,10	150	615
Kisköre	17,4	1,31	365	0,568	1,47	145	228
Boconád	17,1	1,17	360	0,322	0,896	200	180
Eger	21,4	1,21	350	0,394	1,13	120	135
Gyöngyös	16,5	1,03	340	0,063	0,185	350	645
Gyöngyös	13,5	1,16	345	0,304	0,895	1100	985

A kút helye	1/g m/C°	C	H m	εH	ε 1/km	V	εV e/perc k
Jánoshida	16,4	1,16	525	0,304	0,580	330	191
Jászberény	16,7	1,31	306	0,568	1,85	280	518
Kőröstetlén	16,3	1,09	230	0,177	0,770	400	308
Tiszanána	16,3	1,47	335	0,825	2,54	50	127
Tiszanána	21,6	1,22	290	0,412	1,42	150	214
Tamabod	16,1	1,14	295	0,268	0,900	400	360
Tard	19,5	1,47	315	0,825	2,62	250	655
Újlőrincfalva	19,7	1,11	370	0,214	0,580	600	448
Jásztelek	13,0	1,43	280	0,761	2,63	160	421
Jászkisér	16,4	1,19	500	0,358	0,716	90	50
Atány	19,6	1,21	428	0,394	0,920	80	74
Ek	17,3	1,04	290	0,082	0,283	186	53
Tófalva	18,7	1,27	285	0,500	1,76	84	148
Tarnaszentmiklós	17,2	1,91	395	1,470	3,72	30	112
Kőröstetlén	15,2	1,12	230	0,232	1,11	300	303
Újszász	16,4	1,22	250	0,412	1,65	100	165
Tószeg	17,6	1,28	440	0,517	1,17	75	88
Zagyvarékás	17,1	1,41	420	0,729	1,73	35	61
Kiskunhalas	18,5	1,22	840	0,412	0,490	700	342
Kecel	17,2	1,27	700	0,500	0,715	240	172
Mélykút	21,2	1,12	590	0,232	0,393	550	216
Csongrád	23,8	1,15	965	0,286	0,296	1200	353
Szeged	21,7	1,09	462	0,177	0,384	1360	522
Szeged	12,3	1,71	165	1,191	7,24	130	940
Budapest	20,7	1,27	500	0,500	1,00	390	390
Csepel	23,2	1,41	1120	0,729	0,650	420	273
Újszeged	21,7	1,08	600	0,158	0,264	1500	395
Újszeged	21,2	1,18	490	0,340	0,695	1200	835
Újszeged	20,7	1,14	440	0,268	0,610	1330	810
Rákóczi-falva	14,9	1,19	590	0,358	0,607	220	134
Szentes	23,6	1,04	1650	0,082	0,050	1600	80
Vajhát	22,4	1,28	705	0,517	0,735	1050	770
Tiszaöldvár	15,7	1,03	970	0,063	0,065	3000	195
Szentes	19,8	1,40	250	0,713	2,87	144	417
Szentes	20,2	1,62	353	1,056	3,00	140	420
Martfű	16,3	1,04	255	0,082	0,322	180	58
Szentes	20,7	1,32	345	0,585	1,70	450	766
Berettyóújfalu	15,2	1,58	740	0,996	1,35	160	216
Berettyóújfalu	16,1	1,15	425	0,286	0,675	1200	810
Csökmő	22,5	1,14	360	0,268	0,745	160	119
Csökmő	20,5	1,07	394	0,139	0,352	170	60
Furta	14,7	1,16	342	0,304	0,890	230	204
Füzesgyarmat	16,9	1,14	500	0,268	0,536	180	97
Berettyóújfalu	17,6	1,21	430	0,394	0,920	200	184
Berettyóújfalu	14,6	1,17	310	0,322	1,04	800	830
Biharnagybajom	15,0	1,14	276	0,268	0,975	450	438
Füzesgyarmat	15,4	1,24	325	0,448	1,38	350	483
Mezőpetend	18,4	1,14	294	0,268	0,910	960	875
Váncrod	18,9	1,09	290	0,177	0,610	800	487

A kút helye	$\frac{1}{g}$ m/C°	C	H m	$\epsilon H$	$\frac{\epsilon}{1/km}$	V	$\frac{\epsilon V}{e/perc\ km}$
Hencida .....	17,1	1,22	520	0,412	0,790	300	237
Berekböszörmény	18,9	1,33	302	0,601	2,00	60	120
Békás .....	18,3	1,18	735	0,340	0,464	220	102
Dévaványa .....	16,5	1,23	1100	0,430	0,390	840	327
Kőrösladány .....	19,3	1,12	400	0,232	0,580	375	217
Kertészsziget ....	18,0	1,43	335	0,761	2,28	80	182
Kőröstarcsa .....	18,2	1,17	488	0,322	0,660	170	112
Sarkadkeresztúr ..	18,9	1,25	520	0,466	0,900	500	450
Szeghalom .....	17,7	1,24	375	0,448	1,23	290	356
Hódmezővásárhely	25,0	1,25	1020	0,466	0,458	1300	596
Szarvas .....	19,0	1,13	720	0,250	0,348	1000	348
Szarvas .....	19,4	1,02	610	0,043	0,070	820	57
Békésszentandrás .	16,8	1,04	540	0,082	0,452	970	147
Kondoros .....	21,2	1,18	700	0,340	0,485	90	44
Szarvas .....	17,7	1,20	405	0,376	0,912	200	182
Kondoros .....	19,6	1,07	480	0,139	0,290	480	139
Hódmezővásárhely	23,2	1,22	380	0,412	1,08	642	694
Hódmezővásárhely	20,7	1,35	375	0,633	1,68	500	840
Mezőtúr .....	15,8	1,61	600	1,041	1,74	30	52
Mezőtúr .....	17,8	1,22	488	0,412	0,850	760	645
Pusztabánréve ...	17,9	1,25	470	0,466	0,998	300	300
Sárgahegyes .....	19,0	1,27	410	0,500	1,22	110	134
Murony .....	15,9	1,19	450	0,358	0,80	78	60
Mezőtúr .....	17,0	1,28	1400	0,517	0,370	350	130
Endrőd .....	18,8	1,10	300	0,196	0,654	360	236
Kőrösi á. g. ....	20,4	1,11	420	0,214	0,511	800	408
Hódmezővásárhely	23,2	1,06	550	0,120	0,218	1700	373
Mezőkék .....	15,1	1,14	355	0,268	0,758	1000	758
Makó .....	21,8	1,21	820	0,394	0,480	1100	528
Makó .....	20,8	1,13	470	0,250	0,532	700	372
Gyula .....	19,8	1,35	1600	0,633	0,395	500	188
Gyula .....	20,7	1,25	860	0,466	0,543	260	141
Békéscsaba .....	20,2	1,08	1400	0,158	0,113	340	38
Alecsisziget .....	16,9	1,25	295	0,466	1,58	75	117
Tiszafüred .....	18,5	1,11	760	0,214	0,282	700	197
Karcag .....	18,8	1,04	1250	0,082	0,066	1250	82
Kunhegyes .....	18,1	1,09	930	0,177	0,190	940	178
Kuncsorba .....	18,4	1,21	290	0,394	1,41	500	705
Debrecen .....	14,7	1,18	900	0,340	0,378	1200	452
Macs .....	16,4	1,04	340	0,082	0,241	500	120
Nyíregyháza .....	16,6	1,08	725	0,158	0,218	650	142
Nyíregyháza .....	16,1	1,14	520	0,268	0,516	165	85
Mátészalka .....	17,7	1,14	950	0,268	0,282	1200	338
Fehérgyarmat ....	19,4	1,16	850	0,304	0,358	350	125

A lehülés a következő paramétereiktől függ: a vízhozam, a fakadási mélység, a környező kőzetek hővezetőképessége, a geotermikus gradiens, a csőszakatok és esetleg más tényezőktől is. Mivel ilyen sok tényezőtől függhet a lehülés, igen bonyolult lenne a precíz korreláció számítás elvégzése, de ez az adatok nagy szórása miatt nem is szükséges. Ezért a gyakorlati céloknak megfelelően grafikus úton, ill. numerikusan egyszerű átlagolással határoztuk meg az  $\varepsilon$  és a lehülést legerősebben befolyásoló két tényező: a vízbőség ( $V$ ) és a kútmélység ( $H$ ) kapcsolatát.

Ha az  $\varepsilon$ -t a vízbőség ( $V$ ) függvényében ábrázoljuk, várhatóan monoton rendeződő adatsort kellene kapnunk. Ez csak közelítőleg van így, amint azt az 1. ábra mutatja, amelyen a  $\log \varepsilon$ -t a  $\log V$  függvényében tüntettük fel. A pontok nagy területen való eloszlása azt mutatja, hogy a lehülést  $V$ -n kívül más tényezők is befolyásolják.



1. ábra

Az adatsort közelítsük  $45^\circ$ -os egyenessel. Ez azt jelenti, hogy az  $\varepsilon V$  szorzat állandó. Az átlagolásból  $\overline{\varepsilon V} = 317$  l/perc km.

Ennél jobb közelítésnek látszik az a feltevés, hogy az  $\varepsilon V$  szorzat a fakadási mélységnek is függvénye. Várható, hogy a kismélységű kutak a felszín közelsége miatt viszonylag erősebben hűlnek, mint a mélyebbek. Ha az 1. ábrán látható adathalmazt a fakadási mélység 3 intervallumába rendezzük, akkor a 3. táblázatban levő értékeket kapjuk.

3. táblázat

Kútmélység m	db	$\overline{\varepsilon H}$	$\overline{H}$ (m)	$\overline{\varepsilon}$ (1/km)	$\overline{V}$ (l/perc)	$\overline{\varepsilon V}$ (l/perc km)
150 - 400 .....	62	0,552	308	1,710	318	394
400 - 700 .....	42	0,347	506	0,702	501	262
700 - 1600 .....	35	0,342	960	0,342	797	245
150 - 1600 .....	139	0,410	533	1,06	495	317

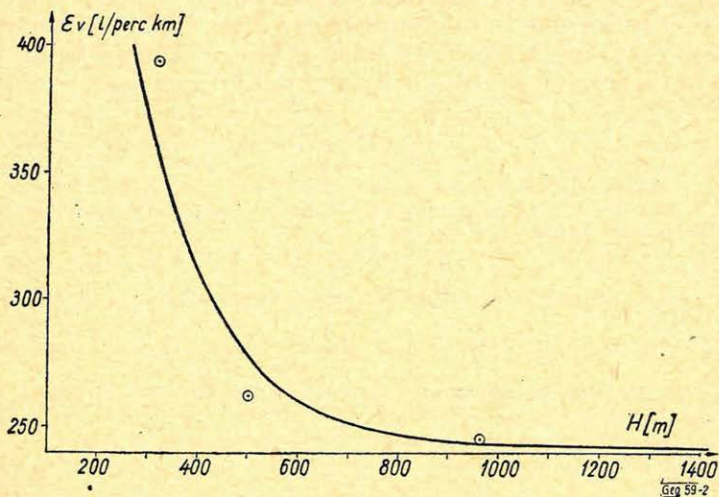


A 3. táblázat  $\varepsilon V$  eredményeit a  $H$  függvényében a 2. ábrára vittük fel. A pontokat grafikusan kiegyenlítve megkaptuk az  $\varepsilon V$  szorzat mélységfüggését.

A kapott empirikus összefüggés módot ad a valódi geotermikus gradiens meghatározására a látszólagos gradiens, a kútmélység és a vízhozam ismeretében. Ez a következőképpen történik:

A 2. ábrából  $H$ -hoz kiolvassuk  $\varepsilon V$ -t. Ebből  $V$  segítségével  $\varepsilon$  meghatározható. A (28) összefüggésbe helyettesítve adódik  $C$  és ebből a (24) szerint

$$g = Cg^* \quad (29)$$



2. ábra

V. A 3. táblázat adatai felhasználhatók a Boldizsár-féle (9) és (10) képletek ellenőrzésére is. A (9) és (26) összehasonlításából:

$$\varepsilon = \frac{\lambda F(\Psi)}{\rho_F c_F v R^2 \pi} = \frac{\lambda F(\Psi)}{V \rho_F c_F} \quad (30)$$

A (30) átrendezéséből:

$$\lambda = \frac{\varepsilon V \rho_F c_F}{F(\Psi)} \quad (31)$$

$$V = \frac{\lambda F(\Psi)}{\varepsilon \rho_F c_F} \quad (32)$$

Esetünkben  $F(\psi) \approx \frac{\pi}{2} \approx 1,6$

Az átlagértékeket és  $F(\psi)$  közelítő értékét a (31)-be helyettesítve, adódik, hogy

$$\lambda = 317 \frac{\text{l}}{\text{perc/km}} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g C}^\circ} \cdot 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} / 1,6 \approx 3,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{cal}}{\text{C}^\circ \text{ cm sec}}$$

azaz az Alföld közeteinek átlagos hővezetőképességére a valódinál kb. egy nagyságrenddel nagyobb érték adódik. Ugyanígy az átlagos kifolyóvíz mennyiségre a valóságosnál egy nagyságrenddel kisebb érték kapható.

Tehát az elméleti megfontolások mellett hazánk artézi kútjaira vonatkozó gyakorlati számítások is bizonyítják a Boldizsár-féle összefüggések helytelen-ségét.

Empirikus összefüggésünket a 2. táblázat 139 kútjára alkalmaztuk ellen-  
őrzésként. A kutak 32%-ánál 5%-on belül volt a mért geotermikus gradiens  
és a számított gradiens eltérése. 10%-on belül volt az eltérés a kutak 65%-ánál.  
Elfogadhatatlan eredményt (50%-nál nagyobb hibát) adott a kutak 6%-a.

Ebből az ellenőrzésből az is kiderült, hogy a víz lehűlésének empirikus szá-  
mítása csak bővízü kutak esetén ( $V > 500$  l/perc vízbőségű kutak 80%-ánál)  
adott kis relatív hibájú (5–10%-os) geotermikus gradienst.

#### IRODALOM

1. *Boldizsár T.*: Akadémiai doktori értekezés 1955.
2. *Boldizsár T.*: A földkéreg hőmérsékleti mezejének hatása mély bányák levegőjének felmelege-  
désére. Bányászati Lapok 1956. 9–10.
3. *Boldizsár T.*: Temperature drop of inkompressible fluids rising in boreholes. Acta Technica  
XIX. 3–4. 1958.
4. *Boldizsár T.*: Geotermikus vizsgálatok a szén-, olaj- és vízbányászatban. Bányászati Kézikönyv  
III. k. 1962.
5. *Carlaw, H. S. and Jaeger, J. C.*: Conduction of heat in solids. Oxford at the Clarendon Press,  
1959.
6. *Kozłowski, M.*: Temperature distribution in a liquid flowing outer through a boring. Acta  
Geophysica Polonica III. No. 2. 1955.
7. *Byers, H. R.*: General meteorology. Mc Graw Hill Book Company 1959.
8. *Béltéki L.*: Magyarországi artézi kutak adatai (személyes közlés). Nyomás alatt.

# EGYESÜLETI HÍREK

*A Magyar Geofizikusok Egyesülete IX. Szimpoziumán elhangzott előadások*

1. Ünnepi megnyitó *Bese Vilmos* egyesületi elnök.
2. *Egyed László*: A Föld belső felépítéséről.
3. *Tatár János*: Radioaktív lyukszelvényezés fejlődésének irányai.
4. *Ádám Antal*: Néhány feltevés a felsőköpeny elektromos felépítéséről Magyarországon.
5. *Tárczy-Hornoch Antal*: A robbantási töltet és a beérkező jel amplitudója közötti összefüggés.
6. *G. Richter*: Az *S* beérkezések értelmezése a földmag árnyékszónájában.
7. *Szénásné Aczél Etelka* – *Pintér Anna*: Javaslat a Kárpátokat határoló nemzetközi geofizikai mérések tervezésére a recens kéregmozgások kimutatása és a kéreg szerkezetének vizsgálata céljából.
8. *Chr. Oelsner*: A kalapácsszeizmika alkalmazásának kiszélesítése.
9. *Sághy György* – *Ujfalusy Antal*: A refraktált hullámok útidőgörbéin alapuló átlag sebesség meghatározási módszerek vizsgálata és alkalmazása a kisalföldi és a Hajdúszoboszló környéki szeizmikus kutatásoknál.
10. *Mátuch Erzsébet* – *Posgay Károly* – *Sédy Lóránd*: Szélesszögű reflexiók felhasználása a kéreg kutatásban.
11. *J. Grohe*: Mélyfúrások folyamatos szelvényezése ultrahang alapján.
12. *Bádonyi Géza* – *Kovács Béla*: Mágneses jelrögzítés alkalmazása a szeizmikus kutatásban.
13. *B. Beranek* – *J. Kadlečík*: A geofizikai kutatások néhány sajátossága Csehszlovákia belső-kárpát neogén medencéiben.
14. *Bisztricsány Ede* – *Kiss Zoltán* – *Molnár Károly*: Robbantással keltett felületi hullámok vizsgálata.
15. *G. N. Petrova*: A geomágneses tér évszázados változásainak tanulmányozása paleomagnetikus módszerrel.
16. *Márton Péter* – *Szemerédy Pál* – *Vörös István*: Hazai paleomagnetikus vizsgálatok.
17. *I. G. Krugljakova*: A mágneses térképek értelmezése és a mélytektonika a Kárpátok területén.
18. *V. Fritsch*: Geoelektromos kutatások az ausztriai Fertőtő környékén.
19. *Ádám Antal* – *Bencze Pál*: Térváltozások abszolút értékét összegező műszer tellurikus és magnetotellurikus kutatásokhoz.
20. *Scheffer Viktor*: A Föld geotermikus zónáinak geofizikai vizsgálata.
21. *Stegena Lajos*: Magyarország geotermikus térképei.
22. *Tihanyi László*: A feltörő vizekről.
23. *Salát Péter*: Az artézi kutak vízének lehűlése kifolyáskor.
24. *Ádám Oszkár*: A szeizmikus felszíni zavarhullámok dinamikai tulajdonságainak vizsgálata.
25. *B. Beranek*: Néhány megjegyzés a nehézségi erő második deriváltjainak számítási képleteihez.
26. *Szénás György* – *Nagy Magdolna*: A Magyar-medence sajátosság geofizikai alkata.
27. *Th. Richter* – *W. Münchow*: A direkt gravitációs és mágneses feladat megoldása céljából végzett modell mérések eredményei.
28. *Steiner Ferenc*: A felületi interpoláció módszerének összehasonlítása a másodlagos anomáliák meghatározásának néhány ismert eljárásával.
29. *Sebestyén Károly* – *Andrássy László*: Térfogatsúly meghatározása és alkalmazási lehetőségei fűrőlyukakban.
30. *Ádám Antal* – *Verő József*: A Kárpát-medence geológiai felépítésének hatása a regionális földi áram mérésekre.
31. *Hédervári Péter*: A Föld szeizmikus főköre.

A 2, 4, 6, 7, 10, 13, 15, 17. 21, 26-os számok alatt felsorolt előadások a „Geofizikai Közlemények”-ben jelennek meg.

A 3, 8, 20, 25, 30-as számok alatt felsorolt előadások a „Magyar Geofizika” 1964. 3. számában, a 18-as szám alatti előadás pedig a 4. számban jelenik meg helyszűke miatt.

\* \* \*

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége „Tudomány és Technika” Filmklubja az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, a Művészeti Dolgozók Országos Szövetsége, egyes szakértők és a MTESZ tagegyesületei támogatásával

„MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI AMATŐR FILMPÁLYÁZAT”-ot hirdet.

A pályázat kiírásának célja: a műszaki és természettudományi tárgyú amatőr filmezés ösztönzése, az amatőr filmezők szervezett tapasztalatcseréjének elősegítése és a legkiemelkedőbb alkotások díjazása. (Az 1964. évi pályázat eredményességétől függően annak évenkénti ismétlését tervezzük.)

A pályázaton minden amatőr részt vehet egyéni, vagy közös alkotással. Nem vehetnek részt a pályázaton a filmstúdiók és intézmények operatőrei, filmrendezői és egyéb filmtechnikai munkakörben alkalmazott dolgozó hivatalos megbízás alapján készített filmmel.

A pályázaton részt vevő filmek foglalkozzanak:

1. műszaki témákkal, ezen belül műszaki alaptudományokkal és ipari témák feldolgozásával,
2. orvostudományi,
3. biológiai,
4. agrártudományi és
5. egyéb természettudományi témákkal.

A pályázatra beérkező filmeket felkért zsűri bírálja, melynek tagjai szakértők, filmszakemberek, valamint különböző társadalmi szervek képviselői.

Pályadíjak:

1 nagydíj	5000, – Ft
témacsoportonként 1 – 1 első díj (à)	3000, – Ft
1 – 1 második díj (à)	2000, – Ft
1 – 1 harmadik díj (à)	1000, – Ft
oklevelek	

Különdíjak

Kohó- és Gépipari Minisztérium: az ipar területéről beérkező legjobb filmekért

2 db	3000, – Ft-os és
2 db	2000, – Ft-os díja.

Nehézipari Minisztérium: megjelölt témák

1. Egy új vegyipari üzem bemutatása	2000, – Ft
2. Dokumentum film egy vegyipari létesítmény építéséről	2000, – Ft
3. Valamilyen vegyipari berendezés kezelésének munkafogásairól, vagy valamilyen készülék kezelési mód-szeréről készült dokumentum film	2000, – Ft

Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Tudományos Egyesület:

Oktató, tapasztalatcsere jellegű munkavédelmi, vagy üzemszervezési filmek az ipar területéről

I. díj	3000, – Ft
II. díj	2000, – Ft
III. díj	1000, – Ft

Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület:

a textilipar vagy ruhaipar területéről készült legjobb filmalkotásért 3000, – Ft

Fentiekén kívül további tárcák és társadalmi szervezetek ajánlottak fel díjazást a területekről beérkező filmekért azok minőségétől függően.

A zsűrinek joga van a pályázatra beérkezett művek színvonalának megfelelően díjakat visszatartani, vagy más megosztásban kiadni.

A pályázatra a filmeket 1964. június 1-én déli 12 óráig „Műszaki és Természettudományi Amatőr Filmpályázat 1964” felirattal ellátva, lepecsételt csomagban kell eljuttatni a MTESZ.

„Tudomány és Technika Filmklub Titkárságára (Bp. V., Szabadság tér 17. III. 354.), illetve postán feladni. A postán feladott filmeknél a benyújtás idejének a postabélyegző kelte tekinthető.

A késve beérkezett, illetve postára adott filmeket az Előkészítő Bizottság a pályázatból kizárhatja.

A pályázat beadásakor külön fel kell tüntetni a szerző (szerzők) nevét, foglalkozását, lakcímét, munkahelyét.

A zsüri a bírálatra bocsájtott filmeket 1964. szept. 1-ig értékeli. A díjazott filmeket későbbi időpontban ünnepélyes díjkiosztással egybekötött filmbemutatón vetítjük.

A pályadíjak átvétele a szerzői jogot nem csorbítja. A Rendező Bizottság fenntartja magának a jogot, hogy a pályázatra beküldött filmek bármelyikéről – szerzői jog megvásárlása és az ehhez kapcsolódó jogok megszerzése nélkül – a műszaki filmarchívum részére másolatot készítsen.

Pályázni lehet 8 és 16 mm-es fekete-fehér, vagy színes, néma, vagy hangosított filmekkel. Maximális vetítési idő 16 perc filmenként. A hangosítás nélküli filmeknél a kísérő szöveg vetítés közbeni hozzáolvasása, magyarázat, előzetes ismertetés stb. kívánatos.

A pályázó több filmmel, több témacsoportban is indulhat.

Csak 1962. január 1. után készített filmeket fogadunk el. A filmeket címfelirattal (címe, készítője, vagy készítői, a készítés időpontja) kell ellátni.

A filmpályázattal kapcsolatos kérdésekre személyesen, telefonon, vagy írásban tájékoztatást ad a MTESZ „Tudományos és Technikai” Filmklub Titkársága (Bp. V., Szabadság tér 17. III. 354. T.: 317 – 797.)

# Tájékoztató

A „Szovjetunió” című többszín mélynyomásos képes folyóirat, amely 17 nyelven jelenik meg, gazdag áttekintést nyújt a hatalmas szocialista országról: gazdasági, kulturális és tudományos életéről. Tudósok, szakemberek, kiváló publicisták számolnak be az ötvenhat oldalas magyar nyelvű havi folyóiratban a szovjet tudomány és technika vívmányairól, köztük a legújabb tudományágak eredményeiről. A színesfényképekkel és rajzokkal bőven illusztrált cikkek segítséget jelentenek a szakember számára is. Éppen ezért ajánljuk a legkülönbözőbb értelmiségi pályákon dolgozóknak, azoknak, akik még nem olvasói a lapnak: forgaszák, tanulmányozzák folyóiratunkat.

Íme, csupán néhány példa a folyóirat sokoldalú tudományos és kulturális témakörének jellemzésére, az 1963-as lapszámok tükrében:

Vlagyimir Mihalevics, a Szovjet Tudományos Akadémia Kibernetikai Intézetének igazgatóhelyettese „Kibernetika és Közgazdaság” címen írt cikket, melyben rendkívül érdekes adatokat ismert a modern számítástechnika matematikai módszereinek felhasználásáról, a különböző tudományágakban, a tervezésben, az építkezések mechanikai feladatainak megoldásánál. A mikroelektronikáról írt cikk a tudomány és a technika új ágáról számol be. Konsztantyin Lavrenyenko a Szovjetunió energetikai és villamosítási miniszterének első helyettese a szovjet távvezeték-építés eredményeit ismerteti. Vinogradov akadémikus a Szovjetunió Tudományos Akadémiája Geofizikai Intézetének laboratóriumában végzett kísérletekről ad hírt, mely kísérletek lehetővé teszik a világegyetem kialakulására vonatkozó feltételezések felülvizsgálását. A „Szovjetunió” 1963 májusi számában az első részletes riportot közli a szovjet atomtergéralattjáróról.

A lap rendszeresen ismerteti a nagyszabású külföldi tudományos és műszaki konferenciákat, így például júliusi számában beszámolót ad a Nemzetközi Geofizikai és Geodéziai Unió Berkeley-ben (USA) tartott tudós és szakember összejöveteléről, amikor is a geofizikus konferencián 48 ország 3000 tudósa cserélte ki

tapasztalatait. Érdekes cikkeket közöl a lap a laboratóriumban végzett űrhajózási kísérletekről és a nagyteljesítményű neutron-gyorsítóval az atommag szerkezetével kapcsolatban végzett kutatásokról. Elsőnek adott hírt a lap a 102. elem izotópjának dubnai előállításáról.

A lap minden számában „Találmányok, felfedezések, hipotézisek” címen megjelenő rovat részletesen beszámol a legfrissebb tudományos és technikai eredményekről, köztük olyanokról is, melyek hazánkban még ismeretlenek.

A tudós, a szakember a szakmájába vágó cikkeken kívül, minden számban több érdekes, szórakoztató riportot, interjút, beszámolót olvashat filmről, színházról, zenéről, képzőművészetről, stb.

## Új műszaki folyóirat

A MTESZ, a Gépipari Tudományos Egyesület és a Magyar Kémikusok Egyesülete kezdeményezésére, a Kohó- és Gépipari, valamint a Nehézipari Minisztériumok egyetértésével, az említett két egyesület szerkesztésében 1964. január 1-től megindult a: *Műanyag* című havonta megjelenő műszaki folyóirat.

A folyóiratban megjelenő cikkek és közlemények tárgyköre:

a műanyagok tulajdonságai, feldolgozási módszerei, a feldolgozásukra használt gépi berendezések és szerszámok, felhasználási lehetőségeik és módjaik. Hasonló szempontok szerint tárgyalja a folyóirat a gumipari kérdéseket is.

A műanyagok gyártásával a folyóirat olyan mélységig foglalkozik, amennyire az a műanyagok feldolgozása és felhasználása szempontjából is jelentős az üzemi szakemberek számára.

Megrendelhető a Posta Központi Hírlap-irodánál (Bp. V., József nádor tér 1. csekkzámlaszám: közületi előfizetés esetén 61 066, egyéni előfizetésre 61 254).

A Műanyag előfizetési ára:

1 évre: 48,- Ft  
1/2 évre: 24,- Ft

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Штейнер Ф.</i> : Сопоставление метода поверхностной интерполяции с некоторыми известными приемами определения остаточных аномалий .....	3
<i>Мартон, П. — Семереди, П. — Вереш И.</i> : Палеомагнитные исследования в Венгрии .....	9
<i>Адам А. — Ценце П.</i> : Прибор для суммирования абсолютных значений поля при проведении разведочных работ методом теллурических токов и магнитотеллурическим методом .....	15
<i>Д-р. Гарци-Хорнок А.</i> : Зависимость между величиной заряда и амплитудой поступающего сигнала .....	21
<i>Э. Бистричань — З. Киш — К. Молнар</i> : Исследование возбужденных взрывом поверхностных волн .....	26
<i>Бадоньи Г. — Ковач К.</i> : Применение магнитной записи в сейсморазведке .....	33
<i>Адам О.</i> : Исследование динамических свойств поверхностных сейсмических помех .....	39
<i>Шаги Д. — Уйфалуши А.</i> : Анализ методов определения средней скорости, основывающихся на использовании географов преломленных волн и их применение в сейсмической разведке районов Малой низменности и Хайдусобосло .....	51
<i>Д-р. Шебештен Б. — Андраши Л.</i> : Способ определения объемного веса углей по данным ГГК и возможности его применения .....	67
<i>Т. Рихтер — В. Мюнхов</i> : О результатах модельных исследований для решения прямой задачи в гравиметрии и магнитометрии .....	74
<i>И. Х. Грохе</i> : Непрерывное профилирование глубоких буровых скважин при помощи ульгтразвука (акустическое зондирование, зондирование цемента) .....	75
<i>Шалат П.</i> : Охлаждение воды артезианских колодцев при истекании .....	86

## INHALT

<i>F. Steiner</i> : Vergleich der Methode der Flächeninterpolation mit einigen bekannten Verfahren der Bestimmung der sekundären Schwerekräftenanomalien .....	3
<i>P. Márton — P. Szemerédy — I. Vörös</i> : Paleomagnetische Untersuchungen in Ungarn .....	9
<i>A. Ádám — P. Bencze</i> : Ein Gerät zur Summierung der absoluten Werte der Variationen bei tellurischen und magnetotellurischen Messungen .....	15
<i>A. Tárcezy-Hornoch</i> : Über die Bestimmung des Zusammenhanges zwischen der Grösse der Sprengladung und der Amplitude des Einsatzes .....	21
<i>E. Bisztricsányi — Z. Kiss — K. Molnár</i> : Untersuchung durch Sprengung erregter Oberflächenwellen .....	26
<i>G. Bádonyi — B. Kvoács</i> : Die Anwendung der Magnetbandaufnahme in der seismischen Forschung .....	33
<i>O. Ádám</i> : Untersuchungen der dynamischen Eigenschaften der seismischen Oberflächenwellen .....	39
<i>Gy. Sághy — A. Ujfaluzy</i> : Untersuchung und Anwendung von auf den Laufzeitkurven refraktierten Wellen beruhenden Methoden bei seismischen Forschungen in der Kleinen Ebene und in der Umgebung von Hajdúszoboszló .....	51
<i>K. Sebestyén — L. Andrászy</i> : Die Bestimmung des Volumengewichts und ihre Anwendungsmöglichkeiten in Bohrlöcher .....	67
<i>Th. Richter — W. Münchow</i> : Über einige Ergebnisse von Modellmessungen zur Lösung der direkten gravimetrischen und magnetischen Aufgabe .....	74
<i>J. H. Grohe</i> : Kontinuierliche Vermessung von Tiefbohrungen auf der Basis des Ultraschalles (Akustiklog und Zementlog) .....	75
<i>P. Saldt</i> : Die Abführung des Wassers artesischer Brunnen beim Ausfluss .....	86

