

G. SZÉNÁS

EINIGE FRAGEN DER ENTWICKLUNG UND DER ANWENDUNG DER
SEISMISCHEN METHODE

Das Refraktionsverfahren zeigt heutzutage eine bestimmte Tendenz für Wiedererleben, weil das Reflexionsverfahren in manchen Gegenden — meistens in sedimentären Becken — nicht genügend informativ ist.

Die Wiedergeburt bedeutet gleichzeitig — infolge der Analysierung der sogenannten „späteren Einsätze“ — eine Weiterentwicklung.

G. SZÉNÁS

SOME QUESTIONS OF THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF
THE SEISMIC METHOD

The Refraction Seismic Method nowadays is in a state of revival, because of, at the same time, a of the Reflection Seismograph on some places (chiefly in sedimentary basins).

The revival means insufficiency development, too, in consequence of analysing the so called „later arrivals“.

**A SZEIZMIKUS MÓDSZER KIFEJLŐDÉSÉNEK
ÉS ALKALMAZÁSÁNAK EGYES KÉRDÉSEI**

SZÉNÁS GYÖRGY

E l ő s z ó

Az alkalmazott szeizmológia fiatal tudomány. Jóllehet napjainkban már meglehetősen fejlettséget ért el, alapjában véve fejlődésének még abban a korai, viharos stádiumában van, amikor az események és újdonságok sokkal sűrűbben követik egymást, hogysem meg lehetett volna állni, egy-egy fejlődési szakaszt lezárni és visszapillantva mérleget készíteni a múlttól. Részben ez, részben pedig a kutatási feladatok szinte végtelen sokrétősége az oka annak, hogy az alkalmazott szeizmológiában igen sok tisztázatlan fogalom és rendszerezetlen jelenség maradt. Művelőinek tábora is rendkívül heterogén; és ezek a tárgyi és személyi tényezők együttesen magyarázzák, hogy sokszor hibás szemlélet nyilatkozik meg egy-egy eljárással, annak alkalmazásával vagy általában az egész kutatási metodikával szemben. A jelenségek alapos elemzése helyett gyakran szakmai „babonák”, geofizikai „divatok” alakítják ki az alkalmazási szemléletet. Nem szorul bizonyításra, hogy ez tudományosan is, gazdaságilag is hátrányos.

A kézirat 1959. április 1-én érkezett.

A magyar geofizikára az elmondottak fokozottan érvényesek, mert a mi fejlődésünk talán még viharosabb volt, mint más országoké. Fokozottabban kötelességünk tehát rendet teremteni gondolataink között és elvégezni az ehhez szükséges alapvető rendszerezéseket.

Ennek a tanulmánynak — ha szerény eszközökkel is — ez a célja. Szeretnénk ezenkívül pontot tenni néhány olyan kérdéstről folyó vitában, amely szakmai fórumainkon a közelmúltban napirenden volt. Célunkat akkor is elértnek tekintjük, ha ez a lezárás nem sikerül ugyan, de további termékeny vitákat indítunk meg.

Közvetlen időszerűségét és indítékát e tanulmánynak az adta meg, hogy nemrégben fejeztük be egy fontos kísérleti programunkat, a kislalföldi ún. „fáziskorrelációs” refrakciós méréseket. E mérések során sok értékes adat birtokába jutottunk; nem is annyira a Kisalföldet illetően, amely ebből a szempontból csak egy hatalmas kísérleti laboratórium szerepét töltötte be, hanem főleg módszertani kérdésekre vonatkozóan.

Szemléletünk a kétéves (1956—57) kísérleti program alatt nagymértékben tisztult és most elérkezettnek látjuk az időt, hogy elvégezzük a kívánatos alapvető rendszerezést és a leszűrt tanulságokról számot adjunk.

Szeizmológiai bevezetés

A *földrengések* eredete és információtartalma régóta foglalkoztatja az emberiséget, de csak a XIX. és főleg a XX. században nyílt lehetőség arra, hogy korszerű szeizmográfok és ezek viszonylag sűrű hálózatának segítségével a kérdést megközelíthessék.

A *Föld* első közelítésben rugalmas test és deformáció (pl. hegység-szerkezeti mozgások) hatására rugalmas energiateljesítmény felhalmozódás mehet végbe benne. Ha a felhalmozódott rugalmas energiát valamely földtani történés — vagy egyszerűen csak az a körülmény, hogy a rugalmas feszültség meghaladja az anyag kohéziós erejét — felszabadítja, akkor legnagyobb részben *rugalmas hullámmá* alakul és tovaterjed a Földben.

Mínt hogy a rengéshullámokat a szeizmográfok által rajzolt képeikből ismerjük, a továbbiakban a rengéshullám képe — a *szeizmogram* — vizsgálódásunk és elemzésünk tárgya.

Már jóval azelőtt, hogy szeizmogramok elemzése megkezdődött volna, kidolgozták a hullámmozgás elméletét rugalmas közegben és ezen az alapon megmagyarázták a fény terjedését a hipotetikus „éter”-ben. Az elmélet szerint a rugalmas egyensúly hirtelen zavara valamely közeg egy pontjában kétfajta rugalmas hullámot indít el. Az egyik hullám *longitudinális*, a másik pedig *transzverzális* hullámnak bizonyult.

A longitudinális hullám terjedési sebessége:

$$V_l = \sqrt{\frac{K + \frac{3}{4}\mu}{\rho}}$$

a transzverzálisé:

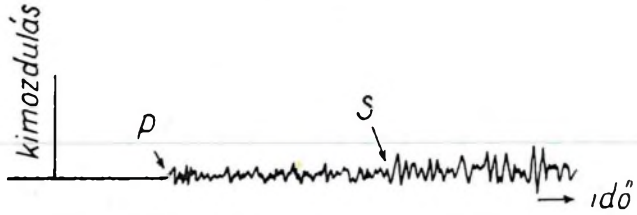
$$V_t = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

ahol K a térfogati, μ a nyírási rugalmasság modulusa, ρ pedig a sűrűség. A kifejezések elméleti magyarázatát adják meg annak, hogy a hosszanti hullám nagyobb sebességgel terjed, mint a haránthullám. A hosszanti hullámokat ezért P -hullámoknak (undae primae), a haránthullámokat pedig S -hullámoknak (undae secundae) is jelölik.

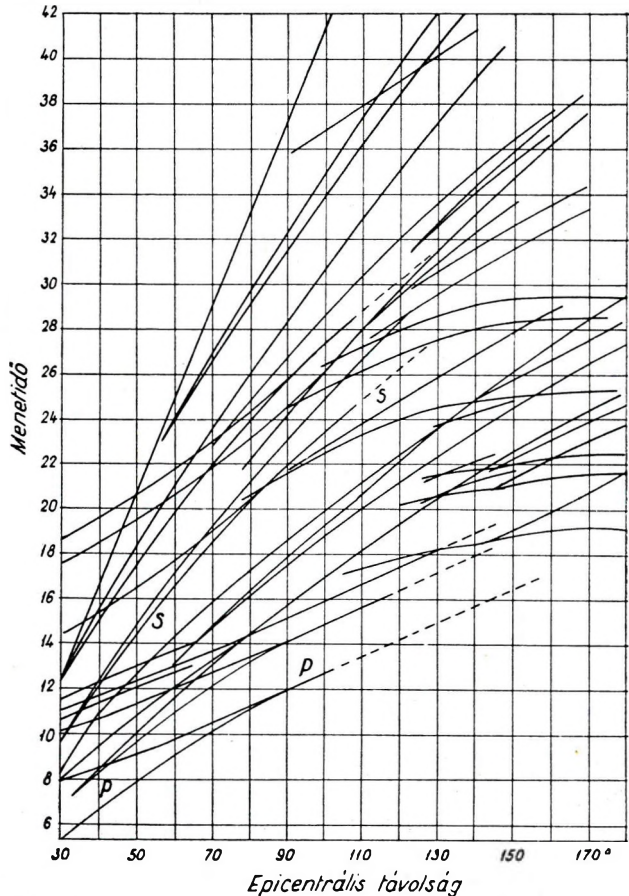
A *felületi* (a Föld felületén terjedő) hullámok képe rendszerint a P és S hullámok képe után jelenik meg a szeizmogramon. Hosszú hullámok ezek; egyrésztüknek csak vízszintes, másrésztüknek függőleges összetevője is van. Közös jelölésük: L (undae longae). Az első típust LQ külön jelöléssel illetik (Love-hullámok), a másodikat pedig LR (Rayleigh-hullámok) jellel.

Ha a rengéshullámok beérkezési idejét idő és út tengelyű koordináta-rendszerben ábrázoljuk (menet-időgörbe) akkor a felszíni hullámok egyenes vonalat adnak. A beérkezési idő a szeizmogramokból közvetlenül kiolvasható, a távolságot pedig, amely az észlelési állomásnak a rengéshullámok felszíni vetületi pontjától (az *epicentrum*tól) mért távolsága, számíthatjuk.

A menetidődiagramokból fontos következtetéseket vonhatunk le. Már a szeizmogram is mutatja (1. ábra), hogy mind a P -, mind az S -hullámok beérkezését egy hullámvonalat követi, nyugalmi perió-



1. ábra. Földrengési szeizmogram Bullen nyomán



2. ábra. Földrengési menetidőgörbék (Fészekmélység 600 km) Gutenberg és Richter nyomán

dus nélkül. Ennek több oka lehet, de legvalószínűbb az, hogy a Föld belseje (mint egész) nem homogén. Még inkább meggyőző erről a menetidő-diagram tanulmányozása (2. ábra). A menetidődiagramokon azt látjuk, hogy

1. a felületi hullámok útidőgörbéjének kivételével egyetlen hullám görbéje sem egyenes, és
2. az eredetileg egységes hullám terjedési sebesség szerint több hullámmá válik szét.

A továbbiakban csak a P -hullámot elemezzük, mert az alkalmazott szeizmológiában, amelynek a fentiek csak időbeli és logikai előzményei, legnagyobb sebessége következtében ez idő szerint jelentősége csak ennek van.

A P -hullámok idődiagramjának görbült voltát, valamint a hullám differenciálódását sebességek szerint, *hullámfázisokra* való szétbomlását az okozza, hogy a Föld belseje (mint egész) nem homogén, hanem olyan *gömbhéjakból* (a továbbiakban tekintet nélkül a közettani eredetre: *rétegekből*) áll, amelyekben bizonyos fizikai állandók — a *sűrűség*, a *rugalmasság állandók* és a velük meghatározott *terjedési sebesség* — első közelítésben a mélységtől függően növekszenek.

Az elsőként beérkező P -hullám (a P -hullám első *fázisa*) a legnagyobb sebességgel terjed, ezért az epicentrumtól bizonyos távolságra a közvetlen úton terjedő felületi hullámokat is megelőzi. A hullám terjedési sebességét meghatározó fizikai jellemzőket kőzetek viselik magukon, tehát a mélységben levő kőzetek fizikai jellemzői, így maguk a kőzetek is nyilvánvalóan eltérnek a felszíniektől. Csak így képzelhető el, hogy a legrövidebb idő alatt beérkező hullám nem azonos a legrövidebb úton terjedő hullámmal (Fermat-elv).

Ez viszont ismét feltételezi a Föld rétegezetttségét és a rezgéshullámoknak a mélység felé egyre nagyobb sebességű réteghatárokon végbemenő refraktálódását. A kísérletek és a tapasztalatok egyaránt bizonyítják, hogy a felszínen észlelhető rengéshullámok egy része refraktált hullám.

Ez a bizonyítéka a Föld gömbhéjas felépítésének és ebből kiindulva lehetett meghatározni a gömbhéjak méreteit is (2, 3, 6).

A refrakciós kutató eljárás kifejlődése

Ezután már csak egyetlen logikai lépésre volt szükség ahhoz, hogy a rengést mesterségesen idézzük elő, forrásának helyét magunk válasszuk meg és az észlelési távolság megfelelő méretezésével a mérés alsó határát az ásványi nyersanyagkutatás szempontjából még érdekes mélységre szűkítsük.

Mintrop nevéhez fűződik ez a lépés (1920-as évek eleje). A mesterségesen keltett, észlelésre felhasznált (elsőként beérkező) refraktált rengéshullámot, amely jellegénél fogva P -hullám, ezért *Mintrop*-hullám-

nak — az alkalmazott geofizikának azt a módszerét pedig, amely a *Mintrop*-hullám gerjesztésén és észlelésén alapszik, *szeizmikus módszernek* nevezzük.

A szeizmikus módszer sokáig csak ezt az eljárást foglalta magában, vagyis a *refrakciós eljárás* egyértelmű volt a *szeizmikus módszerrel*. Ez az eljárás lehetőséget nyújtott arra, hogy a paraméterek megfelelő változtatásával, a felszíntől fokozatosan haladva a mélység felé, az ismertből kiindulva, lépésről lépésre közelítsék meg az ismeretlent.

Abban, hogy a refrakciós eljárás mint ilyen sem fejlődött évtizedekig, szerepe volt egyrészt annak a ténynek, hogy a földtan az első beérkezések megfigyelésével ugrásszerűen olyan adatok hirtokába jutott, amelyenkről addig álmodni sem lehetett; másrészt pedig annak, hogy egy-egy eljárás széleskörű bevezetése alkalmával olyan emberek kezébe került, akik a továbbfejlesztést nem tudták avatott kézzel művelni. E két ok következtében a refrakciós eljárás sokáig mint „egyedül üdvözítő módszer” uralkodott.

Az *alkalmazott szeizmológia*, vagyis a *szeizmikus kutatómódszer*, még ma is úgyszólván csak előírásokat tartalmazó gyakorlati eljárások gyűjteménye. Távolról sem érte még el fejlődésének zenitjét és ebben — bármily paradoxul hangzik — annak is szerepe van, hogy e „recept-gyűjtemény” előírásaival is lehet még jelentős eredményeket elérni.

A fejlődés másik gátja az, hogy a gyakorlati követelményt kielégítően általában megelégedhetünk a szeizmogramon jelentkező első beérkezések megállapításával. Csak amikor nagyon nehéz körülmények kényszerítettek rá, akkor igyekszünk — de akkor is csak ötletszerűen — a szeizmogramon megjelenő jelek és az előidéző fizikai folyamat között kapcsolatot keresni. A szeizmikus rengés alkalmával lejátszódó fizikai folyamatok mibenléte azonban és különösen ezeknek a folyamatoknak a regisztrálás alatt és miatt bekövetkező átalakulása annyira bonyolult, hogy ezeket részletekben ható pontossággal ma még nem ismerjük. Ez majd a későbbiekből is kiderül.

A refrakciós eljárás azonban csakhamar elégtelennek bizonyult, mert az ipar (a kőolajipar) egyre sürgetőbb, egyre több és egyre nagyobb méretű igénnyel lépett fel. Ebben a fejlődési szakaszban (1930-as évek) az irányítást igényeivel már a nagyipar vette át, — tehát a gazdaságosság is fontos tényezővé vált.

A nagymélységű refrakciós kutatás a nagy robbanóanyagfogyasztás következtében meglehetősen költséges. A refrakciós eljárás emellett túlságosan nagyvonalú és nagyobb mélységben finomabb szerkezeti részletek felderítésére nem alkalmas. Egyéb hátrányai is vannak, amelyeket később részletezünk.

Ameddig a rengéshullámokat nagy sebességgel továbbító (legfeljebb 1500 m mélységben elhelyezkedő) *kőszódómozgások* felkutatása volt a szeizmikus módszer feladata (*Gulf Coast, Texas, Louisiana*), addig a refrakciós eljárás megfelelt a követelményeknek; de mihelyt a kutatási feladat — mind mélységben, mind tartalmilag — megnövekedett, elérkezett egy pontosabb, gyorsabb és gazdaságosabb eljárás kifejlesztésének a szükségessége.

A reflexiós eljárás kifejlődése, továbbá a refrakciós eljárás újraeledése és továbbfejlődése

Kutató elődeink a földrengési szeizmogramokból nagyon jól tudták, hogy a rengés alkalmával többfajta hullám terjed és éri el a felvevő berendezést. A mesterséges rengés alkalmával ezek igen kis időintervallumban érkeznek a szeizmométerhez; mindenesetre azon időtartományon belül, amely az első beérkezést (a Mintrop hullám első beérkezését) követő szeizmogramszakaszon a kaotikus zavarokat foglalja magában (lásd a 3. ábrán jobbról a 2. és 3. szeizmogramot), tehát képük külön-külön nem látható.

Ha jogosan remélhetjük azt, hogy a későbbi hullámoknak az észlelése a kutatást pontosabbá vagy olcsóbbá teszi, láthatóvá kell tenni ezeket az ún. „későbbi beérkezéseket” is.

Későbbi beérkezés lehet:

1. A P hullámnál kisebb sebességű S hullám beérkezése;
2. a nagyobb sebességű rétegben terjedő *Mintrop* hullám beérkezése, ha az első nem ez volt; és a kisebb sebességű rétegben terjedő *Mintrop* hullám beérkezése, ha az első nem ez volt;
3. a visszavert (reflektált) hullám beérkezése;
4. valamennyi zavaró és felületi hullám beérkezése, amelyeket nem részletezünk, mert ezeknek inkább a kiküszöbölésére, mint a láthatóvá tételére kell törekednünk.

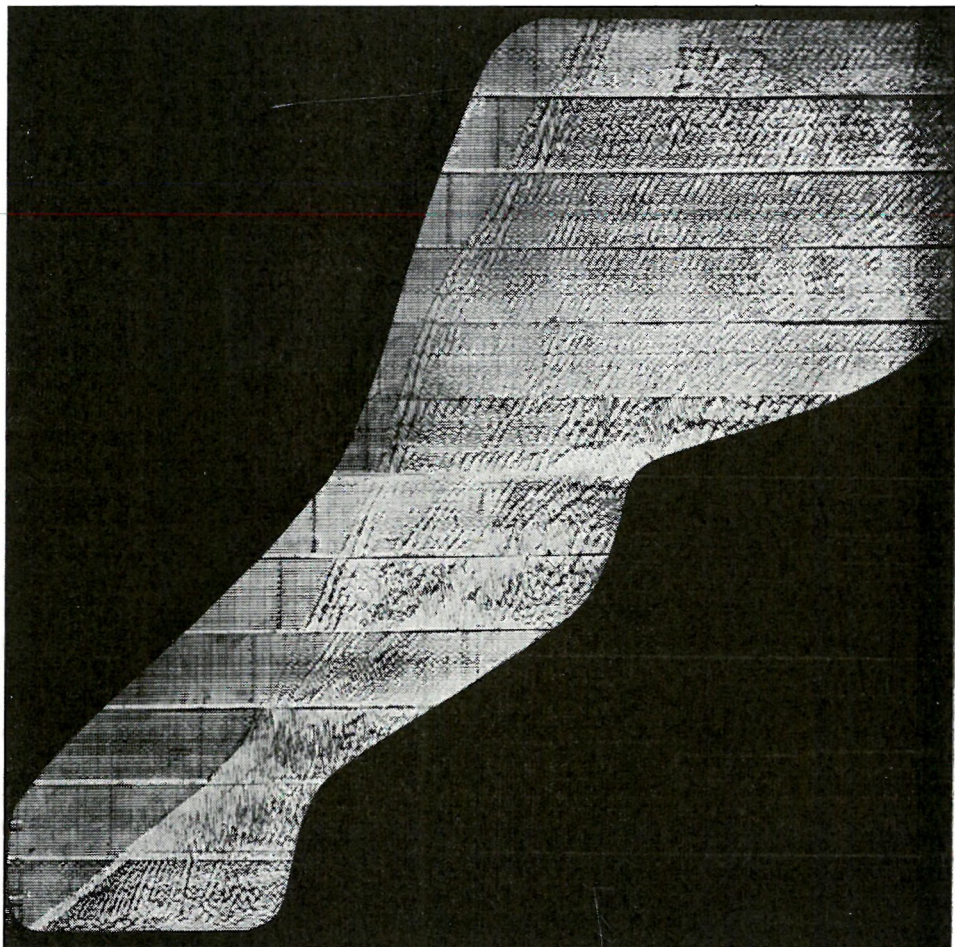
Az első beérkezést követő kusza rajzból elsőnek a reflektált hullámot igyekeztek láthatóvá tenni, sőt mesterfogásokkal kiemelni. Az elektronika rohamos fejlődése egymás után kialakította azokat a torzító berendezéseket (keverő, amplitudószabályozó, szűrő), amelyek a reflektált hullámot láthatóvá és elemezhetővé tették.

Ennek a lépésnek a forradalmi jellege és jelentősége abban volt, hogy megnyitotta az útját a további fejlődésnek; mert akármi is volt a technikai megoldás, a háttérben az a gondolat húzódott meg, hogy egy kusza jelköteg elemzésével kell az eddiginél több és jobb földtani adat birtokába jutni.

Nyilvánvalóan el kellett érkeznie annak az időnek, amikor az első beérkezés és a reflektált hullámok mellett a 2. pontban említett *Mintrop* hullámok elemzésére is sor került. Ezzel már el is jutottunk az ún. „*fáziskorrelációs eljárás*” egyik alapgondolatához.

Vizsgáljuk meg a másik alapgondolatot is. Amikor a beérkezés kusza jelkötege a torzítóberendezések segítségével differenciáltabb lett és az egyes hullámösszetevők külön-külön láthatókká váltak, az is nyomban szembetűnt, hogy az egyes „beérkezések” nem egyetlen hullámhegyből és hullámvölgyből állanak, hanem több hullámból álló hullámcsoportok. A mérések során az is kiderült, hogy a rengés forrásától távolodva a hullámcsoport első tagjai fokozatosan elhalnak és bizonyos távolságban már csak harmadik-negyedik, stb. hullám észlelhető (3. ábra, jobbról 7–10. szeizmogram). Ezt a folyamatot a rengési energia

fokozásával (a robbantótöltet növelésével) valamelyest késleltetni lehet, de megszüntetni nem. A jelenség oka ma még nagyrészt ismeretlen.



3. ábra. Refrakciós szeizmogramok a Kisalföldről

A továbbiakhoz élesen meg kell különböztetnünk a következő fogalmakat:

- a. *első beérkezés*, mint egész (mint hullámcsoport);
- ab. *első beérkezés* egyik vagy másik (esetleg első) részlete, szakasza („*fázisa*”);
- b. *későbbi beérkezés*, mint egész (mint hullámcsoport);
- bb. *későbbi beérkezés* egyik vagy másik (esetleg első) „*fázisa*”.

A refrakciós kiértékelésnek minden elve, minden formulája az első beérkezés (a) első hullámszakasza (ab) kezdő fázisának elemzésén alapul. Említettük, hogy kezdetben nem is állott más adat rendelkezésre, de az is tény, hogy a pontos mélységszámításhoz — minthogy időtartamot mérünk — csak a beérkezések kezdő fázisa használható fel. A fentiekben említett elhalás jelensége ezt első látásra lehetetlenné teszi.

Már többször használtuk a fázis szót és az olvasó észrevehette, hogy nem minden esetben ugyanazt a fogalmat jelöltük vele. Fázisnak neveztük a földrengési szeizmogramon, ill. menetidődiagramon az egyes hullámok beérkezéseit — az alkalmazott szeizmológia fogalomtárából kölcsönvett szóval: az egyes sebességágakat.

Fázisnak neveztük ugyanakkor valamely hullámcsoport egyetlen teljes hullámát is.

Egyik elnevezés sem egyezik meg a „fázis” szónak a fizikában használt jelentésével. Fázison valamely harmonikus hullámmozgást, pl. az x tengely irányában haladó sinusos síkhullámot leíró kifejezés:

$$A = A_0 \sin \omega \left(t - \frac{x}{c} \right)$$

$\omega \left(t - \frac{x}{c} \right)$ argumentumát értjük. Itt c a fázissebesség. A fázis egy mozgási állapot, amely időben és térben tovaterjed, de emellett ismernünk kell és el kell fogadnunk azokat a jelentéseit is, amelyeket a tudományos nyelvhasználat (sőt a mindennapi beszéd) más téren, eltérő értelemben szentesített.

A szeizmikus észlelést egyszerre több — rendszerint 24 — helyen végzik. A hullámnak ugyanaz a mozgási állapota — ahogyan a hullám időben és térben tovaterjed — valamennyi észlelési pont oszcillogramján (az oszcillográf fénypontjainak és a fényérzékeny papírnak szinkronizált mozgása révén) megjelenik. Ennek a mozgási állapotnak felismerése az egyes oszcillogramokon és azonosítása (korrelálása) az ún. fáziskorreláció.

Megállapodtunk abban, hogy nem a hullámot, hanem képét, a szeizmogramot elemezzük. A szeizmogram pedig nem más, mint 24 rezgőmozgást végző pontnak — az oszcillográf 24 fénypontjának — időben széthúzott képe.

Vegyük ezért a harmonikus rezgőmozgást végző pontra vonatkozó kifejezést:

$$A = A_0 \sin (\omega t + \varphi),$$

ahol φ a fázisszög.

A fáziskorrelációt tehát így is definiálhatjuk: a több helyen észlelt szeizmikus hullám képén a képen rögzített mozgásoknak azt az állapotát kell korrelálni, amelyeknél a φ azonos. Hozzátehetjük még ehhez, hogy a pontos mélységszámítás kedvéért a kezdő fázist kell korrelálni, mert ha az $\omega t = 2\pi, 4\pi$ stb.-nek megfelelő későbbi fázisokat korreláljuk, a mélységszámítást szisztematikus hibával terheljük. Ez is magyarázza az ún. „első beérkezéses” refrakciós eljárásnak oly sokáig egyedül uralkodó voltát.

Az elmondottakból levonhatjuk az alábbi következtetéseket:

- α) minden szeizmikus kiértékelés kezdete fáziskorreláció;
- β) korrelálni nyilván csak olyan fázisokat lehet, amelyeket a szeizmogramon felismerhetünk;
- γ) a pontos mélységszámítás csak az első beérkezés kezdő fázisának korrelációján alapulhat.

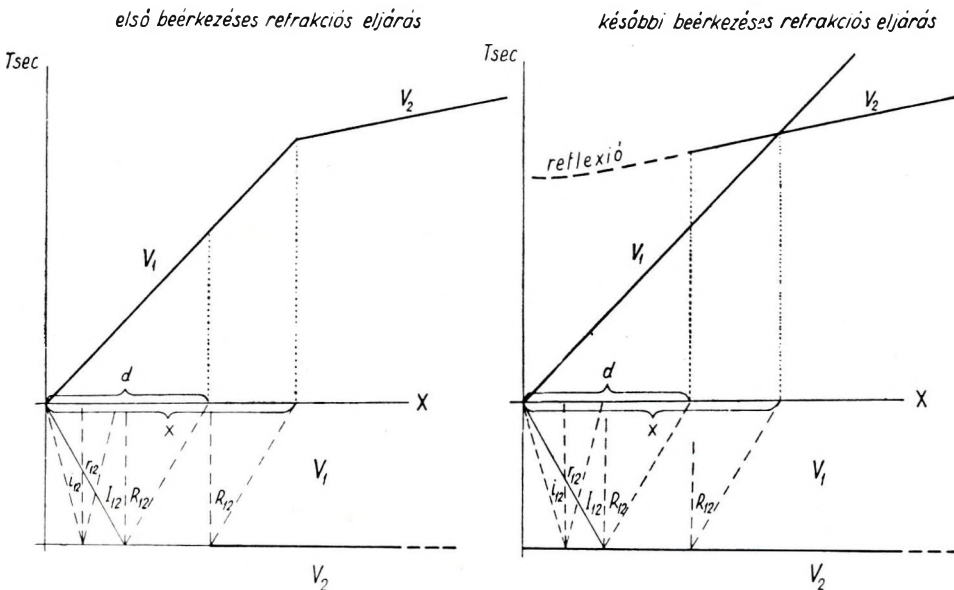
A probléma tehát így merül fel:

- a) láthatókká kell tenni és fel kell használni a későbbi beérzéseket;
- b) az egyes beérzések elhalt kezdőfázisait valamilyen módon rekonstruálni kell.

a) A későbbi beérzések láthatóvá tétele megoldott probléma. Egy részük — pl. a *reflexiós beérzések* — felhasználásra is került.

Nem vitás, hogy a többi *későbbi beérkezés* felhasználása (kivéve az *S-hullámét*) hasznos. A többi későbbi beérkezésen lényegében a fentiekben 2. pontban említett *Mintrop-hullámokat* érjük. Ha ezeket felhasználjuk, az alábbi előnyökhöz jutunk:

1. a legmélyebb kutatott felületről (képződményről) adatokat kapunk első beérkezésű jelentkezése előtt is;



i - a reflektált hullám beesési szöge; r - a reflektált hullám visszaverődési szöge; $i \cdot r$
 I - a refraktált hullám beesési szöge; R - a refraktált hullám visszaverődési szöge; $I \cdot R$

————— felkutatott V_2 sebességű felületdarab

4. ábra. Az ún. „korrelációs” refrakció elve

2. a kisebb mélységű képződményekről adatokat kapunk első beérkezésü jelentkezésük után is;
3. mindezekkel robbanóanyagot és szelvényhosszt takarítunk meg (4. ábra).

A 4. ábrán látható, hogy ugyanolyan hosszúságú vonaldarab több felvilágosítást nyújt a kutatott szelvényről akkor, ha későbbi beérkezéseket is figyelembe veszünk. Ahhoz, hogy a szelvényen $x - \frac{d}{2}$ szakasz V_2

sebességű rétegről felvilágosítást kapjunk, a szelvényt balfelé ennyivel meg kell hosszabbítani; ahhoz, hogy V_1 sebességű rétegről az x ponttól (a törésponttól) jobbra is felvilágosítást kapjunk, ide egy újabb robbanópontot kell telepíteni. A későbbi beérkezések felhasználása ezeket a műveleteket fölöslegessé teszi. Emellett a jelentkező reflexiók beérkezés is felhasználható.

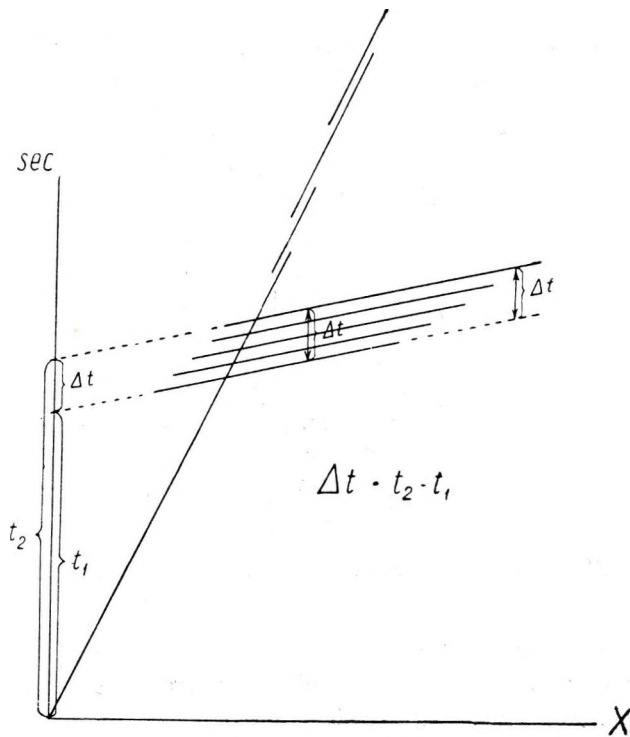
Egyéb előnyökhöz is jutunk későbbi beérkezések felhasználásával. Ezek az előnyök az ún. *átlövés*, továbbá a *többszörös visszaverődések* felépése esetén domborodnak ki. Részletes tárgyalásukat később adjuk.

b) A „*fázisok*” elhalásának jelenségét részleteiben megmagyarázni nem tudjuk, és mivel kellő mennyiségű vizsgálatot erre vonatkozólag nem folytattunk, meg sem kíséreljük.

Tapasztalathól tudjuk, hogy ha a több hullámból álló hullámcsoport több csatornás rajzán az azonos fázisúnak ítélt pontokat összekötjük, akkor ezek a vonalak, az ún. *fázistengelyek* párhuzamosak egymással.

Ezen alapul a retrográd korrelációnak az a módja, amikor a $-\pi + \varphi$ fázist kezdő fázissá alakítjuk egy olyan *időredukcióval*, amely a $\pi + \varphi$ fázis és a kezdő fázis között eltelt idővel egyenlő. Ez a *fázisredukció* (5. ábra).

Meg kell jegyezni, hogy a korrelálás nemcsak a fentiekben fejtegetett mechanikus műveletek elvégzését je-



5. ábra. A fáziskorreláció elve

lenti. Sok esetben a hullámalak, frekvencia, egyszóval az ún. *dinamikus jellemzők* is szerepet kapnak a korrelálásban; sőt ezekből, ill. ezeknek változásából közvetlenül földtani adatokat tudhatunk meg (frekvenciaváltozás — közettani változás).

* * *

Azt állítottuk, hogy kezdetben a szeizmikus módszer egyértelmű volt a refrakciós eljárással. A további fejlődéstörténeti fejtegetéséből kiderült, hogy később egyenrangú társként belépett a reflexiós eljárás. Vizsgáljuk meg, hogy az ún. „fáziskorrelációs refrakciós eljárást” szabad-e ill. kell-e egyenrangú harmadik társként felvenni a szeizmikus módszerbe, az egyes szeizmikus kutató eljárások gyűjtő rendszertani kategóriájába.

A régi refrakciós eljárás teljes, helyes elnevezése: *az első beérkezések kezdő fázisát korrelálva kiértékelő refrakciós eljárás*.

Az ún. „fáziskorrelációs refrakciós eljárás” teljes, helyes elnevezése ezek szerint: *valamennyi beérkezés minden nyomon követhető fázisát korrelálva kiértékelő eljárás*.

Ebből a szembeállításból világosan kitűnik, hogy az ún. „fáziskorrelációs” eljárásban távolról sem ismerhetők fel olyan kvalitatív különbségek a „régii” refrakciós eljárással szemben, mint a reflexiós eljárásban.

Ha ehhez még hozzávesszük azt, hogy a rengéshullám, amelyet észlelünk, tökéletesen azonos mind az „új”, mind pedig a „régii” eljárásnál (a reflexiónál nem!), továbbá a fizikai, geometriai-hullámoptikai törvények is teljesen azonosak mindkét esetben, el kell vetnünk azt a szemléletet, amely szerint az ún. „fáziskorrelációs” eljárás új és az eddigiektől független eljárás, vagy éppen „módszer” (a *módszer* és az *eljárás* viszonyát a későbbiekben fejtegetjük).

Megítélésünk szerint a *szeizmikus módszer két eljárásra* oszlik: a *refrakcióra* és a *reflexióra*. A refrakciós eljárás levetette magáról a fejlődésnek azokat a korlátait, amelyek az „első beérkezések” hüvös körében való topogásra kényszerítették. A korszerű refrakciós eljárás mérési rendszerében, észlelési technikájában és kiértékelési szemléletében azokat az elveket követi, amelyeket a fentiekben kifejtettünk.

Jogosan merül fel ellenben az a kérdés, hogy mi befolyásolja az egyik vagy a másik eljárásnak túlzottan előnyben részesítését; magyarul szólva: a térben és időben kifejlődő „geofizikai divatokat”.

Amikor kutatunk, az a célunk, hogy a kutató területéről minél több és minél pontosabb adatot gyűjtsünk. Két különböző eljárás informativitása sohasem fedi teljesen egymást, ezért — szigorúan tudományos szempontból — nem adhatunk előnyt egy bizonyos eljárásnak. A gyakorlatban azonban — mivel kutatásunk végső fokon gazdálkodási tevékenység — vizsgálnunk kell tevékenységünk ökonomikus voltát is; az egyes eljárások informativitását egybe kell vetnünk költségeikkel.

Ha pl. egy kutatást két eljárással végeztünk, a teljes megkutatottságot 100 egységnek, költségüket szintén 100 (50 + 50) egységnek tekintjük, akkor a gazdaságosságot az informativitásban való részvétel százalékos aránya dönti el. Ilyen értelemben már valóban előnyben részesíthetjük az egyik vagy a másik eljárást.

Megkíséreljük a válaszadást a geofizikai divatok kérdésére földtani és fejlődéstörténeti elemzés segítségével.

Az ún. „fáziskorrelációs” eljárást (FKR) kialakító tényezők

I.

A geofizikusok véleménye a FKR-ről

A refrakciós eljárást a fentiekben kifejtett korszerű szemlélettel elsősorban a Szovjetunióban és az Egyesült Államokban alkalmazták [9, 10]. Az elmélet kidolgozása G. A. *Gamburcev* névéhez fűződik [9]. Nagy érdeme *Gamburcev*nek, hogy szakított azzal a felfogással, mely szerint első beérkezések nélkül nincsen refrakciós mérés. Ő mutatott rá arra, hogy a refrakciós méréseknél is kell és lehet későbbi beérkezések regisztrálására törekedni; és regisztrálásuknál, valamint kiértékelésüknél a reflexiós mérések regisztrálásának és kiértékelésének elveit lehet és kell alkalmazni.

A FKR-t *javitott refrakciós eljárásnak* nevezi, tehát nem „új módszer”-nek.

Leghelyesebb elnevezése „*teljes refrakciós eljárás*” lenne, de talán fölösleges még ilyen megkülönböztetés is, mert — az adott körülmények között — amúgy is mindig teljességre törekszünk.

A FKR szemlélet segítségével a refrakciós eljárás mélységi behatoló-képessége jelentékenyen megnövekedett. Általa vált lehetővé az, hogy a földkéreg gömbhéjas összetételének kutatásánál ne csak a véletlen földrengések megfigyelésére legyünk utalva, hanem saját kezdeményezéssel és a körülmények alkalmas megválasztásával magunk végezhesünk ilyen kutatásokat. A legnevezetesebb ilyen kutatások eddig *Gamburcev* kutatásai voltak a *Tien-San* hegység környékén.

Ezzel kapcsolatban kell rámutatni egy elvi különbségre, amely *Gamburcev* felfogása és a mi felfogásunk között fennáll. *Gamburcev* nem ragaszkodik ahhoz, hogy a regisztrátumon — legalább rövid szakaszon — minden esetben legyen első beérkezés *kezdő fázisa*. Mi ehhez ragaszkodunk, mert enélkül a fázisredukció lehetetlen, vagyis a mélységmeghatározás bizonytalan.

Tény az, hogy a földkéreg mélyebb szintjeinek (Conrad, Mohorovičić) kutatásánál mesterséges rengéskeltéssel nem mindig remélhetünk kezdő fázisokat; ill. soha nem lehetünk bizonyosak afelől, hogy a regisztrátumon ilyen van. Ezeknek a felületeknek a refrakciós mélységmeghatározása tehát szükségképpen hibával terhelt. A hiba százalékos aránya azonban a nagy mélységekhez viszonyítva csekély.

Az Egyesült Államok geofizikusai [5, 10, 12] elismerik, hogy a FKR a refrakciós eljárás javított formája, mégis meglehetősen tartózkodó magatartást tanusítanak vele szemben. Jóllehet lényegét ugyanúgy látják, mint ahogyan a fentiekben *Gamburcev* nyomán és személyes tapasztalatok alapján magunk is kifejtettük, mégis túlzottan kiemelik a pontatlanságát. *Dix* pl. „utolsó menedék”-nek nevezi [5].

Ha jobban megvizsgáljuk a tartózkodás okát, úgy tűnik, hogy nem kifejezetten a FKR-nek, hanem általában a refrakciónak szól és többé-kevésbé a reflexió iránti előszeretetből fakad.

Szinte talányként mered elénk, hogy az Egyesült Államok és a Szovjetunió egyaránt kiváló geofizikusai miért foglalnak el ilyen ellentétes álláspontot egy fontos módszertani kérdésben.

Most ismét eljutottunk a „geofizikai divatok” problémájához, amelyet a továbbiakban megkísérlünk megoldani.

Ezzel kapcsolatban érinteni fogjuk azt is, hogy a refrakciós eljárás újraeledését és továbbfejlődését mi tette szükségessé; továbbá megvilágítjuk, hogy hazánkban miért és milyen megfontolások mellett célszerű a refrakciós eljárást alkalmazni.

A következőkben már nem teszünk különbséget FKR és refrakció között, hanem a régi, jól bevált elnevezést használjuk.

II.

A szeizmikus eljárások összefüggése a földtani felépítéssel

Földünket — jelenlegi vizsgálataink szempontjából — négy jellegzetes szárazföldi területfajtára oszthatjuk (6. ábra):

1. az ősi (kristályos) pajzsok területe;
2. a régi (prealpi) gyűrthegységek többé-kevésbé lepusztult tönkjének és a premezozóos, mezozóos tábláknak területe;
3. a fiatal (alpesi) gyűrthegységek területe;
4. a fiatal gyűrthegységek medencéi és általában a kontinensek belső és peremi medencéi.

Az 1. területet kivéve valamennyi területen képződhetett köolaj és fel is halmozódhatott. Geofizikai kutatás szempontjából azonban ezek a területek nem egyenlő értékűek. *Geofizikai kutatásra nagy általánosságban a 2. területcsoport a legalkalmasabb, mert kőzetei viszonylag homogének (konszolidáltak) és kevésbé zavart településűek, mint a 3. és 4. területcsoportéi.*

A 3. területcsoportban a gyűrűt, pikkelyezett, takarós szerkezet és a szeszélyes, hegyes terep; a 4. területcsoportban pedig a medenceüledékek rendszerint lencsés vagy kereszttrétegezett települése és a fizikai „vezérszintek” ebből következő hiánya nehezíti a kutatásokat.

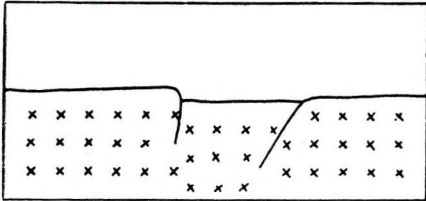
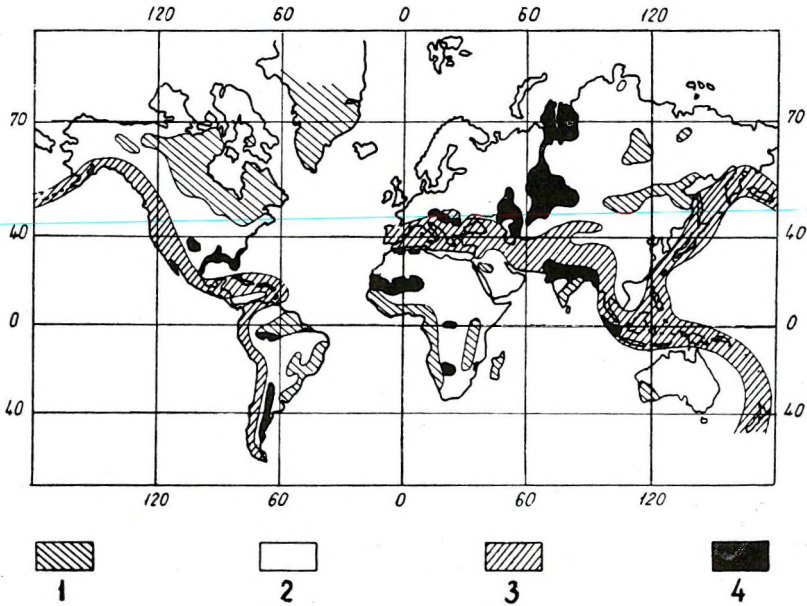
Mindezek csak nagy általánosságban (statisztikusan) érvényes megállapítások; számos helyi eltérés, számos helyi „tájidegen” felépítése elképzelhető.

Az Egyesült Államok és a Szovjetunió területének zöme a 2. kategóriába tartozik.

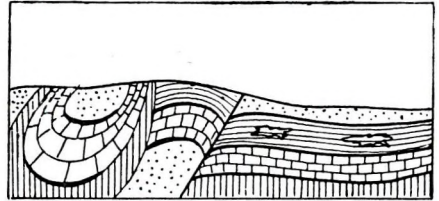
A dél-lengyelországi köolajmezők (Boriszlav) a 3. területcsoportban vannak.

Hazánk területe a 4. kategória jellegzetes példája¹.

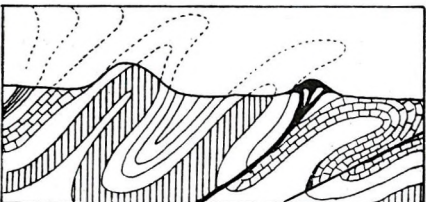
¹ Ilyenek még: a Bécsi Medence, a Havasalföld, az Indus—Gangesz—Brámaputra síkság, stb.



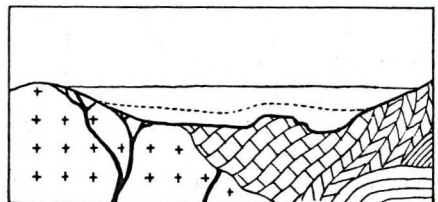
1



2



3



4

6. ábra. A kontinensek geofizikai különbségei

Hazánkban — jóllehet az alkalmazott geofizika szülőhazája — a geofizika a 30-as évektől kezdve főleg külföldi hatásokra fejlődött. Különösen a második világháború után lett szembeszökő a fejlődésnek ez a másodlagos jellege. Az Egyesült Államok és a Szovjetunió, mint a háború utáni idők „geofizikai nagyhatalmai” gyakoroltak döntő befolyást fejlődésünkre.

Mindkét ország területét a fentiekben ugyanabba a földtani kategóriába soroltuk, Magyarországot ellenben megkülönböztettük tőlük.

Most megvizsgáljuk, hogy mit jelent ez a különbség a geofizikai kutatások tervezése és alkalmazása, a kutatási módszertan fejlődése szempontjából.

Elemezzük először a 4. területcsoportot.

A 4. területcsoport alapvető földtani jellegzetessége, hogy *medence*; rétegtanilag és fizikailag is jól definiálható *alaphegységet* és ezt *diszkordán*-san borító *fedőösszletet* fogalm glagában. A fedőösszlet az alaphegységtől korban, köztanilag és fizikai állandók szempontjából rendszerint élesen különbözik. A fedőösszletben is lehetnek többé-kevésbé markáns *diszkordanciaszintek*, üledékképződési jellegzetessége azonban az *üledékfolytonosság*.

A medence általános földtani szelvényében tehát csak egyetlen határozott diszkordanciaszint van: az *alaphegység felszíne*.

Az alaphegység sűrűségben is, terjedési sebességben is különbözik a fedőösszlettel mint egésztől, és a fedőösszlet egyes tagjaitól is; az alaphegység sűrűsége és terjedési sebessége nagyobb mint a fedőösszleté.

A terjedési sebesség különbsége azt jelenti, hogy ezen a határfelületen refraktált hullám keletkezhetik, mert refraktált vagy *Mintrop*-hullám csak különböző sebességű rétegek határfelületén jöhet létre (nem érintjük itt a görbült hullámutak problémáját).

A sűrűség különbsége pedig azt jelenti, hogy ezen a határfelületen reflektált hullám is keletkezhetik, mert ehhez a hullámellenállások különbsége szükséges. A hullámellenállás a ρ sűrűség és a V terjedési sebesség szorzata:

$$R = \rho V$$

Igen valószínűtlen, hogy az alaphegység és a fedőösszlet érintkezési felületén a sűrűség és a terjedési sebesség különbsége éppen akkora, hogy a két képződmény hullámellenállása egyezzen.

Az *alaphegység* felszínén reflektált és refraktált hullám egyaránt keletkezhetik, az alaphegység felszíne tehát refrakciós és reflexiós eljárással egyaránt kutatható; az alaphegységnek reflexiós eljárással meghatározott mélysége meg kell hogy egyezzen a refrakciós úton meghatározott mélységgel, és ennek a mélységmeghatározásnak *van* földtani értelme.

A *fedőösszlet* — mint említettük — nagyban és egészben folytonos üledékképződéssel keletkezettnek tekinthető. Az ilyen összletben a rétegtani határfelületek bizonytalanok, és semmiképpen sem kell egybeesniök fizikai határfelületekkel. Könnyen előfordulhatnak olyan felületek, amelyeken csak a terjedési sebesség, vagy csak a hullámellenállás

különbözik. Üledékfolytonossággal képződött összletben tehát a reflektáló felületeknek nem feltétlenül kell egybeesniök refraktáló felületekkel; egyiknek sem kell egybeesnie a statisztikus öslénytani (rétegtani) határfelületekkel; a reflexiós mélységszámítás pontosságát nem viszonyíthatjuk a refrakciós mélységszámításhoz; egyiket sem a fúrásból megállapított rétegtani határhoz; vagyis a mélységszámításnak ilyen esetben *nincsen* földtani értelme.

Feltételezhetjük ellenben, hogy a fizikai szintek a rétegtani szintek a rétegtani szintekkel nagyban és egészben párhuzamosak.

Az alaphegység felszínét tehát mind a refrakciós, mind pedig a reflexiós eljárással — elvben — meg lehet határozni. A gyakorlatban nem egészen így áll a helyzet. A refrakciós eljárással valóban még minden esetben sikerült az alaphegység felszínének meghatározása, reflexiós eljárással azonban nem.

Egyes esetekben az alaphegységnek megfelelő mélységből egyáltalán *nem* lehetett reflexiót kapni; néha pedig ennél nagyobb mélységből *is* jelentkeztek *reflexiók*.

A *reflexiók kimaradásának* okára nézve egyelőre feltevésekre vagyunk utalva. Ilyen feltevések: energiaelnyelés a felszínközélen, *diffúz* visszaverődés az alaphegység felszínén annak egyenetlen volta folytán, stb.

A *túlságosan sok reflexió* okára vonatkozólag pedig elsőként a *többszörös visszaverődésekre*, továbbá a szeizmikus berendezés önálló és reflexióra emlékeztető jelet kialakító folyamataira kell rámutatnunk. Az alaphegység felszíne alatt kevésbé valószínű olyan vízszinteshez közelálló rétegződés, amely reflexiót eredményezhetne.

Míndezek folytán reflexiós mérésnél ritkán kerülünk abba a helyzetbe, hogy egy legelső felületelemsort biztosan alaphegységfelszínként értelmezhesünk. Ha tehát a kutatásaink célja éppen az alaphegység felszíne — és mint később látni fogjuk, igen sokszor ez a cél — akkor a refrakciós eljárást előnyben kell részesítenünk.

Amennyiben a fedőösszlet szerkezetét minőségileg óhajtjuk felderíteni (statisztikus dőlésviszonyok meghatározása), vagy mélyfúrásokból ismert alaphegységsszinteket kell fúrásról fúrásra korrelálni, akkor a reflexiós eljárásra eshet a választásunk.

Ilyenformán nyilvánvaló, hogy ha a két eljárásnak más-más funkciót szánunk, akkor egymást kiegészítik. Vannak azonban olyan kutatási feladatok, amelyeknél egyiknek vagy a másiknak fölénye szembeszökővé válik. A magyar medencében a legáltalánosabb kutatási cél (l. később) az alaphegység domborzatának meghatározása. A fentiek szerint erre a refrakciós eljárást alkalmasabbnak véljük, legalábbis jelenlegi műszerezettségünk mellett.

* * *

A *táblás vidékek* (2. területcsoport) földtani szelvényében több diszkordanciaszint lehetséges. Ezeknek mindegyike rétegtanilag is, fizikailag is külön-külön egyenértékű lehet a *medencék* egyetlen alaphegységsszintjével. Köznapi nyelven szólva: a medencében egyetlen alaphegység van, a táblás vidékeken pedig több. A *táblás vidékeknek* ezeket az ún. *vezér-*

szintjeit általában mind refrakciós, mind pedig reflexiós eljárással meg lehet határozni. Ilyen helyeken azonban a reflexiós eljárás fölényre tehet szert, mert az egyes rétegek sebességkülönbsége nem feltétlenül éles, és a sebességek nem feltétlenül lefelé növekszenek. Emellett a reflexiós eljárás pontosabb, finomabb szerkezeti részletek kimutatására alkalmasabb és olcsóbb.

A szeizmikus kutatás elmélete és gyakorlata az Egyesült Államokban fejlődött ki. Amikor az amerikai geofizikusok a *texasi* és *louisiani* (*Gulf Coast*) kőszódóm-szerkezetek refrakciós kutatásán túlhaladtak és felismerték a reflexiós eljárás előnyeit, — ha publikációkból következtetni szabad — gyakorlatukban a reflexiós eljárás úgyszólván kiszorította a refrakciósat [16].

A Szovjetunióban éppen ebben az időben kezdték a kutatási szervezetet korszerűen és nagymértéken kifejleszteni. Nyilvánvaló, hogy a szovjet geofizikusok szemléletét erősen befolyásolta az amerikai tapasztalat; már csak azért is, mert a Szovjetunió területének nagy része az Egyesült Államokéhoz hasonló jellegű.

Az Egyesült Államokban is vannak természetesen a reflexiós mérés szempontjából ún. „rossz” (nem láblás jellegű) területek [15], de ezeknek a felkutatása manapság még nem feltétlenül időszerű.

Ez a magyarázata annak, hogy az amerikai geofizikusok előnyben részesítik a reflexiós eljárást; és ez az oka annak, hogy még az igen részletes kézikönyvek [5, 12] is mindössze 1—1,5 lapot szentelnek annak a teljessé tett (*fáziskorrelációs*) refrakciós eljárásnak, amelyről *Gamburcev* egy egész könyvet írt [9].

A Szovjetunió kevésbé válogathat kőolajterületekben (az Egyesült Államok jelenleg kb. háromszor annyi kőolajat termel, mint a Szovjetunió) [20]. Nyilvánvaló, hogy ennek következtében a szovjet geofizikusoknak előbb vagy utóbb rá kellett jönniök arra, hogy a reflexiós kutatás nem alkalmazható mindenütt és a reflexiós szempontból „rossz” területeken — ha a kőolaj éppen itt halmozódott fel — vissza kellett térniök a refrakcióhoz. A visszatérés azonban nem jelentett hátrálást, mert az első beérkezések korlátainak áttörése előre tett lépés volt.

A szovjet geofizikusok tudományos céllal kéregszerkezeti nagymélységű kutatásokat is folytattak a *Himalája É-i* előterében. Nincs tudomásunk arról, hogy amerikai kollégáink ilyeneket végeztek volna. Ez a körülmény is a szovjet geofizikusoknak biztosított előnyt és lehetőséget a refrakció értékelésére, újraélesztésére és továbbfejlesztésére.

A szeizmikus módszer fejlődése és alkalmazása Magyarországon

Az előzőekben azt fejtegettük, hogy egy-egy nagy kulturális és gazdasági egység földtani felépítése befolyásolja az ott előnyösebben alkalmazható szeizmikus eljárás megválasztását. Nem kárhoztathatjuk azt, hogy a kutatók töprengenek egy adott területre legalkalmasabb eljárás megállapításán; még azt sem, hogy megtalálván, előszeretettel alkalmazzák; de azt már kárhoztatjuk, ha az előszeretett előítéletté válik és mechanikus módon alkalmazzák az immár egyedül üdvözítőnek kijelentett eljárást;

elhanyagolva az egyes kisebb tájegységek egyedi sajátosságait, az egyes tájegységek egyedi kutatási elemzését.

Ha teret adunk annak a felfogásnak, hogy a táj sajátos felépítése sajátos eljárást kíván, akkor akkor meg kell mondanunk, hogy a refrakciós eljárás szülőföldjének — mint a 4. területcsoport jellegzetes példájának — hazánknak kellett volna lennie.

Sajnálatosképpen azonban magunk is beleestünk abba a hibába, hogy hosszú ideig kritika nélkül elfogadtuk az idegen területeken bevált eljárásokat, és nem igyekeztünk sajátos hazai metodikát kialakítani.

Mentségül szolgáljon, hogy két igen erős „reflexiós hatást” kaptunk. Még ma is rendkívül szuggesztív számunkra az amerikai irodalom; a szovjet geofizika pedig fejlődésünk kezdetén (1948—52) szintén kissé a reflexió büvöletében mozgott. *Gamburcev* maga is csak 1952-ben publikálta a tárgyra vonatkozó alapvető munkáját [9].

A probléma iránt tanusított érdeklődésünkre azonban jellemző, hogy ezután szinte azonnal (már 1953 végén) elkezdtük a korszerű refrakciós eljárás hazai kidolgozására irányuló kísérleteinket. A refrakciós eljárás egyébként sem volt számunkra idegen, egyrészt mert már korábban is végeztünk refrakciós méréseket, másrészt pedig 1952-től kezdve kutatásainkat olyan területekre is kiterjesztettük (kőszénterületek), ahol amúgy sem lehetett reflexiós mérést alkalmazni. 1952 és főleg 1954 óta minden évben szerezhettünk refrakciós tapasztalatokat [7, 14, 17, 18]. és végül 1957-ben, kereken 120 km sikeresen befejezett korszerű refrakciós szelvényvel abba a helyzetbe kerültünk, hogy egyrészt adatokat tudtunk szolgáltatni a refrakciós, mégpedig a korszerű refrakciós eljárás alkalmazhatóságára vonatkozólag, másrészt pedig megalkottuk sajátos szemléletünket a Magyar Medence és a kutatására legjobban alkalmazható szeizmikus eljárás viszonyáról.

Magyarország — mint említettük — a 4. területcsoportba tartozik. Ez azt jelenti, hogy földtani felépítésének alapvető jellegzetessége — túlzó absztrakcióval — a *paleozóos-mezozóos alaphegység* és az ezt diszkordánsan borító *neogén fedőösszlet*.

A *fedőösszlet* köztanilag is, fizikailag is (tehát terjedési sebességben is) erősen különbözik az *alaphegységtől*; településében azonban — különösen ahol 2000 m-nél nem vastagabb — nagyban és egészben követi ennek domborzatát, az egyes rétegeknek a felszín felé egyre csökkenő szögű dőlésével.

A *fedőösszlet* üledékfolytonossággal képződött, de egykori üledékgyűjtőjének gyakori oszcillációja következtében mind a függőlegesben, mind pedig a vízszintesben sűrűn ismerhetők fel benne lokális fáciesváltozások; amint mondani szoktuk: *lencsés településű*. A felszínt sok helyütt igen laza, energiaelnyelő *pleisztocén-* vagy *jelenkori hordalék* borítja [1].

Ha mindezeket: az *üledékfolytonosságot* (a *vezérszint* hiányát), a *lencsés települést* és a *felszín laza képződményeit* együttesen tekintjük, akkor szinte elméletileg is megállapíthatjuk, hogy a Magyar Medence nem a legalkalmasabb területe a reflexiós kutatásnak.

Ezt mutatják a gyakorlati tapasztalatok is. A felszíni laza képződmények energiaelnyelő hatását sikerült kizárni [1], a neogén rétegösszlet

bizonytalan határfelületeit hosszabb hullámú rengéssel (*légrobbantással*) [8] esetleg sikerülhet kirekeszteni és egy biztosat meghatározni, de arra vonatkozólag mélyfúrások nélkül soha nem lehet biztosítékunk, hogy vajon az alaphegység felszínét jelentik-e a legelső reflexiók [19].

Vegyük mindehhez a *diffúz* visszaverődést az alaphegységnek a hullámhosszal azonos nagyságrendű egyenetlenségeiről, továbbá a *többszörös visszaverődéseket*; és nyilvánvalónak tűnik, hogy az alaphegység felszínének meghatározása reflexiók eljárással bizonytalan.

Valóban, ha megszemlélünk egy reflexiók szelvényét (7. ábra), akkor azon annyi felületelemet látunk, hogy hozzájuk rendelhető ily nagy számú réteg (legalábbis a rétegtan szempontjából annak tekinthető képződmény-egyed) a magyar *neogén* összletben nem is különíthető el. Az alaphegység szintje azonban bizonytalan.

Kétségtelen, hogy ezeknek a felületelemeknek a statisztikus dőlése jellemzi a fedőösszlet átlagos települését, de a szeizmikus kutatástól ennél általában többet várnak [13].

Szintek, főleg alaphegységfelszínnek nyomkövetése mélyfúrástól mélyfúrásig, hálás feladata a reflexiók eljárásnak, de mélyfúrás nem mindenütt van. A regionális kutatások területén pedig a mélyfúrások olyan távol vannak egymástól, hogy ez az elv ott nem alkalmazható.

Ha szabad a Magyar Medence kőolajkutatási (geofizikai) munkahipotézisét az alaphegység felszínének és a fedőösszlet dőlésviszonyainak kutatására szükítve megfogalmazni, akkor előnyt kell biztosítanunk a refrakciós eljárásnak a következő okok folytán:

1. refrakciós kutatással meg lehet határozni a nagysebességű alaphegység mélységét (az egyetlen olyan mélységet a medencében, amelynek földtani értelme *van*) és nagy vonalakban a domborzatát:

2. a refrakciós kutatás a fedőösszlet dőlésviszonyairól is legalább annyi felvilágosítást ad, mint a reflexiók kutatás; valójában — a sebesség-határok elkülönítésével — többet ad (8. ábra).

A szeizmikus kutatástól várható földtani adatok közül legfontosabbnak az alaphegységre vonatkozó adatokat tartjuk, mert

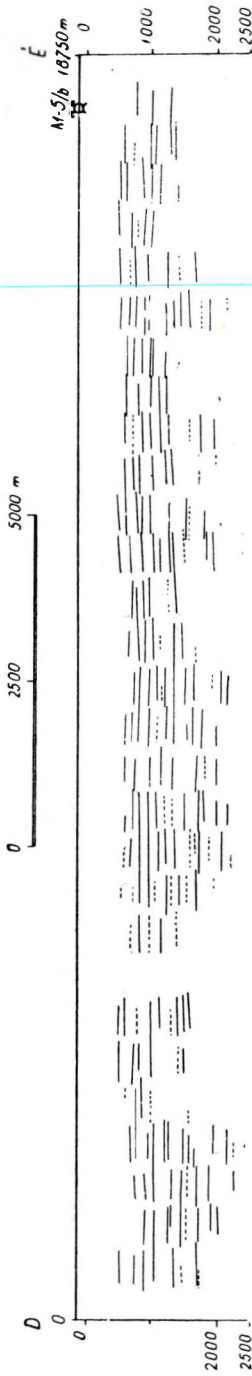
1a) az alaphegység mélységének ismerete a kőolajkutató mélyfúrások tervezése szempontjából rendkívül fontos;

1b) a fedőrétegek települése nagyban és egészben az alaphegység domborzatát követi, amely a fedőösszlet üledékekor az üledékek hajlításos formaelemeit elsődlegesen kialakító tényezőként szerepelt (ez az állítás elsősorban azokra a területekre érvényes, ahol az alaphegység mélysége nem haladja meg a 2000 m-t; ahol ui. ennél vastagabb a képlékeny — agyagos, márgás — fedőösszlet, ott könnyen elképzelhető ennek kisméretű önálló deformációja);

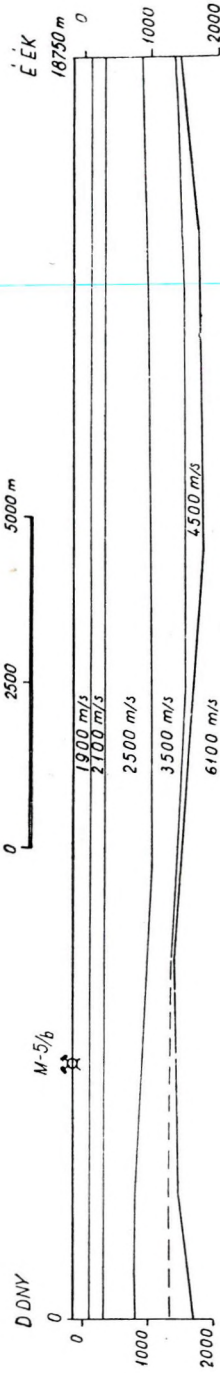
1c) magában az alaphegységben is halmozódik fel kőolaj.

* * *

A refrakciós eljárásnak eddig csak az előnyeiről szoltunk, vizsgáljuk meg a hátrányait is.



7. ábra. Reflexiók szelvény a Kisalföldről (KKFV nyomán)



8. ábra Refrakciós szelvény a Kisalföldről

Azt már láttuk, hogy a refraktált (*Mintrop*) hullám csak olyan rétegek határfelületén keletkezhet, amelyek közül az alsóban nagyobb a rengéshullámok terjedési sebessége. Ha azonban valamely rétegsor n -edik tagja, amely egyébként megfelel ezeknek a követelményeknek, az adott sebességviszonyokhoz képest eléggé vékony, akkor felszínéről első beérkezést nem kaphatunk. Ezt a jelenséget átlövésnek nevezzük, és ez minden kiékelődő réteg esetén lehetséges, mihelyt elvékonyodása az átlövéshez szükséges méretet elérte.

A régi refrakciós eljárás mellett az átlövés a mélységszámítást vastagságtartó rétegnél szisztematikus, kiékelődő rétegnél pedig változó hibával terhelte, mert az ilyen réteg jelenlétére a szeizmogramon semmi-féle utalás nem volt.

A korszerű refrakciós eljárásnak többek között az is előnye a régivel szemben, hogy ezek az átlőtt rétegek is jelentkezhetnek későbbi beérkezéssel.

A refrakció másik jelentős hátrányaként az ún. *inverzió*¹ révén előálló szisztematikus mélységszámítási hibaforrást szokták emlegetni. Az *inverzió* azt jelenti, hogy a kutatott rétegösszletben egy vagy több olyan réteg van, amelynek a sebessége kisebb a felette levőénél. Az ilyen réteg felső határfelületéről refrakciós beérkezést nem kaphatunk. Ez kiértékelési szempontból azt jelenti, hogy egyrészt egy vagy több réteg figyelmen kívül marad, másrészt pedig az inverz réteg alatt levő rétegek mélysége a valóságosnál nagyobbak mutatkozik.

Inverz, ill. fedett réteg kimutatása csak reflexiós eljárással lehetséges. Ezért célszerű (és lehetséges is) a kétfajta eljárást olyan területeken, ahol inverzió gyanúja merül fel, együtt alkalmazni.

Egyébként az inverzió a Magyar Medencében és általában a medencékben, a medencék üledékképződésének természeténél fogva oly csekély kiterjedésben fordul elő, hogy gyakorlatilag elhanyagolható.

A két szeizmikus eljárás együttes alkalmazása a többszörös visszaverődések gyanúja esetén is célszerű, de csak alaphegység-, ill. diszkordanciaszint kutatásánál. Alaphegység-, ill. diszkordancia-felületről várhatók ui. reflexiós és refrakciós beérkezések egyaránt. Az ilyen felület reflexiós beérkezéséhez szükségképpen refrakciós is tartozik, amelynek sebességadata anyagi jellemzőként szerepelhet. Így lehetővé válik az alaphegység minőségi és mennyiségi meghatározása, azaz a mélyebbről érkező reflexiókat — ezzel is — többszörös visszaverődésekké minősíthetjük.

Az előadottak összegezése:

A szeizmikus módszer két eljárást — a refrakciósat és a reflexiósat — foglal magában. Az, hogy a refrakciós eljárás hatósugarát megnöveltük, nem teszi szükségessé e művelet új módszerként való feltüntetését, sőt még új elnevezést sem.

A medencék kutatására a refrakciós eljárás nagy általánosságban alkalmasabb, mint a reflexiós! Ez azonban nem jelenti a refrakció egyed-

¹ Az *inverzió* és az *inverz réteg* kifejezések a gyakorlati szóhasználatban meghonosodtak. Helyességük azonban vitatható. Helyettük a *fedettség* és a *fedett réteg* kifejezéseket javasoljuk.

uralmát, mert vannak esetek — mint láthattuk is —, amikor célszerű, sőt kell reflexiós mérést végeznünk.

* * *

A refrakciós mérés alkalmazhatóságának mélységi határai: néhány-szor 10 m-től néhány-szor 10 km-ig. Az alkalmazásnak a korábbiakban kifejtett szemlélete a teljes mélységtartományban érvényes.

A szeizmikus módszer költséges, ezért szeizmikus kutatást csak kitüntetett területeken, a kutatás tárgyára vonatkozó kedvező földtani és geofizikai indikációk esetén érdemes végezni. Ez azt jelenti, hogy a szeizmikus méréseket földtani és más — kevésbé költséges — geofizikai módszerrel végzett átnézetes (felderítő) kutatásnak kell megelőznie. Ötletszerű szeizmikus felderítés elképzelhetetlen.

Kísérlet geofizikai nevezéktan megalkotására

A fejezet címe felveti az összefüggés kérdését, de az aggály minden bizonnyal eloszlatható, ha rámutatunk arra, hogy egyrészt a kutató módszerek elemeinek az egésszel való összefüggése nevezéktanilag ma még nem tisztázott, másrészt pedig, hogy éppen ez teszi lehetővé azt, hogy a *módszer* és az *eljárás* szavakkal dobálódzva, jeles szakemberek követői valamely eljárás természetes fejlődését új módszerként tüntessék fel.

Nem látszik tehát célszerűtlennek nevezéktant alkotni, mert a helyes kategorizálás önkénytelenül is öberségre int az erőltetett újításokkal szemben; másfelől viszont a pongyola szóhasználat züllesztí a szabatos fizikai, geofizikai, földtani fogalomalkotást és felületes szemléletű embereket nevel.

Az eddigi fejtegetéseknek egy nem lényegtelen része az ún. fázis-korrelációra vonatkozott. Elemeztük többek között azt is, hogy a fázis-korreláció mint ilyen, vajon új módszer-e? Megállapítottuk, hogy nem új és nem is módszer. Felmerül a kérdés, hogy mi a „*módszer*”?

A *módszer* fogalma szerte a világon teljesen tisztázatlan. Éppúgy mint az, hogy az egyes kutatási eljárások, mérési fogások, mérési rendszerek, alárendeltségi vagy mellérendeltségi viszonyban vannak-e egymással. Ebben a vonatkozásban tökéletes anarchia „uralkodik”, és egyaránt módszernek nevezük a szeizmikus *módszert*, a reflexiós „*módszert*”, a légrobbantásos „*módszert*”, az időellenőrzéses „*módszert*”; jóllehet pl. ez a csoportosítás önmagában is mutatja, hogy ez a sok, módszernek nevezett valami, egymással nem egyenértékű kapcsolatban áll.

Kívánatos lenne, ha a Magyar Tudományos Akadémia állást foglalna ebben a kérdésben és rugalmas, de szabványosított *nevezéktant* hocsátana közre.

Példaképpen az alábbiakban megkíséreljük a helyértékkategóriák definícióját.

Módszer-nek csak azt nevezhetjük, ami alapvető és specifikus fizikai tényen nyugszik: pl. a *tömegvonzáson*, a *rugalmasságon*, a *földmágnesség*en, az *elektromos áram vezetésén* vagy *gerjesztésén* stb. Ilyen alapon

módszer a gravitációs módszer, a szeizmikus módszer, a földmágneses módszer a geoelektromos módszer stb.

Ha ennek a kategóriának a határát így vonjuk meg, akkor a refrakció és a reflexió már nem kaphatja meg a „módszer” nevet. A refrakció és a reflexió rendszertani helye alárendelt, a helyérték neve legyen: eljárás (a továbbiakban csak szeizmikus fogalmakkal dolgozunk, ami nem zárja ki azt, hogy az egyéb módszerek kutatói ne alakítsák ki a maguk sajátos, de egységbe illeszkedő nevezéktanát).

A robbantás a szeizmikus eljárásoknak csak egy részlete. Ha tehát működésünket pl. a légrobbantás alkalmazásával végezzük, akkor a műveletet nem nevezhetjük légrobbantásos eljárásnak, mert az eljárás szó már foglalt egy magasabb kategória számára. Mivel a légrobbantás végeredményben a rengéskeltési problémának egy lehetséges műszaki megoldása, helyértéke nevéül ezt javasoljuk: megoldás.

A szeizmikus módszer lefelé lényegében tovább nem tagozódik. A mérési rendszerek és a kiértékelései „mesterfogások” összessége kb. egyenlő helyértékű a légrobbantással; gyűjtőnevük eszerint: megoldás.

Javaslatunk lényege tehát egy hármas, alárendeltségi tagolás, amelyet egy szeizmikus példán bemutattunk. Ehhez hasonlóan valószínűleg minden módszeren belül elvégezhető ez a tagolás vagy besorolás.

Összefoglalva:

módszer:	szeizmikus
eljárás:	reflexiós, refrakciós
megoldás:	légrobbantásos, időellenőrzéses stb.

* * *

Ha helyes volt ez a fejtegetés, akkor nevezéktanilag is igazoltuk, hogy a fáziskorrelációt módszernek semmiképpen sem tekinthetjük. A korábbiakban azt is igazoltuk, hogy új eljárásnak sem lehet tekinteni a régi reflexiós és refrakciós eljárások mellett.

Ezzel természetesen nem akarjuk kisebbiteni Gamburgcev érdemét, és senkiét, aki egy-egy eljárás továbbfejlesztésén fáradozik. Több ismérvet kívánunk azonban ahhoz, hogy valamit újnak tekintsünk.

Gamburgcev kísérlete nem új módszert szült, hanem a ma refrakciós eljárását. Nincs a régi refrakciós eljárásnak sem mellé-, sem alárendelve, hanem a régi megcsontosodott szemléletű alkalmazást továbbfejlesztette és ma már ez „a” refrakciós eljárás.

I R O D A L O M

[1] Ádám Oszkár: Egyes DNy–Dunántúli területek némaságának okai. Geofizikai Közlemények, IV. köt. 1. Budapest, 1955.

[2] Bullen, K. E.: An Introduction to the Theory of Seismology, Cambridge Univ. Press 1953.

[3] Byerly, P.: Seismology, Prentice Hall, New-York 1942.

[4] Clewell, D. H.—Simon: Seismic Wave Propagation, Geophysics Vol XV. 1950.

[5] Dix, C. H.: Seismic Prospecting for Oil, Harper Bros., New York, 1952.

[6] Egged L.: A Föld fizikája, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1956.

- [7] *Erős J.*: Jelentés a Kisalföldön 1956-ban végzett FKR kísérletekről. M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Int. Budapest, 1957.
- [8] *Gálfi J.*: A levegőben robbantás módszerének alkalmazása a hazai gyakorlatban. Geofizikai Közlemények, Budapest, 1952.
- [9] *Gamburcev, G. A. – Riznyicsenko, Ju. V. – Gerzon, J.*: Korreljacionnij metod prelomljonnih voln, Izdatyelsztvo Akad. Nauk SZSZSZR, Moszkva, 1952.
- [10] *Gillin, J. A. – Alcock, E. D.*: The Correlation Refraction Method of Seismic Surveying, Geophysics. Vol. XI. No. 1. 1946.
- [11] *Heiland, C. A.*: Geophysical Exploration, Prentice Hall, New York, 1951.
- [12] *Jakosky, J. J.*: Exploration Geophysics, Trija Publ. Co., Los Angeles, 1950.
- [13] *Kőolajkutató és Feltáró V.*: Jelentés az 5/54 szeizmikus csoport kisal-földi regionális és Celldömölk környéki átnézetes kutató munkálatairól, Buda-pest, 1955.
- [14] *Lendvai K.*: Jelentés a Hortobágyon 1954-ben végzett FKR kísérletekről. M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Int. Budapest, 1955.
- [15] *Lyons, P. L.*: A Seismic Quality Map of the USA, Geophysics Vol. XVI. 1951.
- [16] *Nettleton, L. L. – Lyons, P. L.*: Geophysical Case Histories, SEG, Tulsa, Okl. 1948–1956.
- [17] *Szénás Gy. – Lendvai K.*: Jelentés a Hajdúszoboszló – Püspökladány között 1955-ben végzett FKR kísérletekről. M. Áll. Eötvös L. Geofizikai Int. Budapest, 1956.
- [18] *Szénás Gy. – Ottlik P.*: Jelentés a Kisalföldön 1957-ben végzett refrak-ció mérésekről. M. Áll. Eötvös L. Geofizikai Int. Budapest, 1959.
- [19] *Szénás Gy.*: Geofizikai Teleptan, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1958.
- [20] Oil and Gas Journal, 1958. dec. 87. lap.