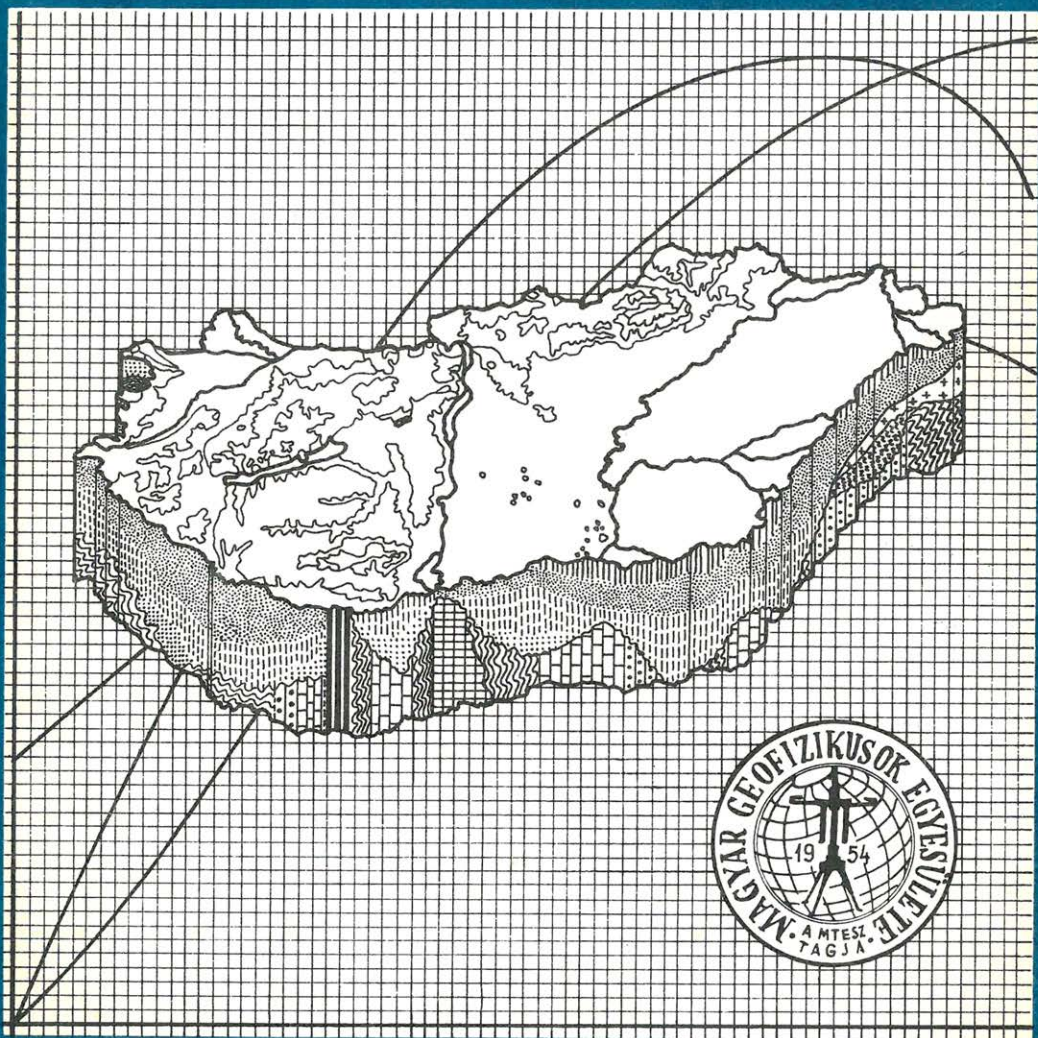


# MAGYAR 5 GEOFIZIKA



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA  
BUDAPEST, 1981. XXII. ÉVFOLYAM, 5. SZÁM

MAGYAR GEOFIZIKA  
a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE folyóirata

XXII. évfolyam

5. szám

---

HU ISSN 0025—0120

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Meskó Attila</i> : A közös referenciapontos eljárás korlátai I. rész .....	161
<i>Pápay József</i> : Huzamos ideje üzemelő szénhidrogéntermelő kutak termoszelvényezése .....	187
<i>Tóth Sándor</i> : A multifilteres szűrés felbontóképessége .....	196
Hírek .....	186

---

*Főszerkesztő*: Zelei András

*Szerkesztő bizottság*: Deres János, Kilényi Éva, Meskó Attila, Rádlér Béla, Verő József

*Szerkesztőség címe*: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. félelelet 17. Postafiók 240.



# A közös referenciapontos eljárás korlátai

## I. rész

MESKÓ ATTILA\*

*A szeizmikus értelmezés alapja az időszelvény, bár hasznos segédesszközei a migrált szelvények, intervallum sebesség szelvények stb.*

*A feldolgozás műveleteinek döntő többsége a jó minőségű, sokoldalú értelmezésre alkalmas időszelvény előállítását segíti elő (sebesség analízis, statikus korrekció analízise és javítása, valódi amplitúdójú feldolgozás). Az időszelvény minőségét befolyásoló hatások felmérése érdekében a korrigált csatornák összegzésének hatásosságával foglalkozunk, figyelembevéve a jelenleg alkalmazott eljárások teljesítőképességét. Különböző reális modellekre megvizsgáljuk a statikus korrekciós hibák, zajok, jelalak módosulás, amplitúdó különbségek hatását az összegzés műveletére. Kimutatjuk, hogy a művelet hatásossága – különösen kis felvételi idők és nagy gerjesztés-érezlenség távolságok használata esetén – jóval kisebb a szakirodalom alapján vártnál.*

*Az eredmények szempontokat adhatnak a szeizmikus mérések tervezéséhez, illetve rámutatnak a feldolgozás fejlesztésének elképzelhető útjaira.*

*Основой сейсмической интерпретации являются временные разрезы, хотя полезными вспомогательными средствами служат профили миграции и интервальных скоростей.*

*Решающее большинство процессов обработки обеспечивает получение временного разреза высокого качества, пригодного для многосторонней интерпретации (скоростной анализ, анализ и ввод статических поправок, обработка в истинных амплитудах). В интересах исследования факторов влияющих на качество временного разреза рассматривалась эффективность суммирования скорректированных каналов, принимая во внимание возможности применяемых в настоящее время методов обработки. На различных реальных моделях изучалось влияние на процесс суммирования ошибок статических поправок, изменение формы сигнала и разницы амплитуд. Удалось показать, что эффективность суммирования – особенно на малых временах и при больших разностях – гораздо меньше описанной в литературе.*

*Результаты определяют принципы проектирования полевых сейсмических работ, кроме того показывают пути развития обработки.*

*The main source of seismic information is the time section though migrated sections, interval velocity sections etc. contribute to a better interpretation as well.*

*The bulk of data processing procedures, such as the velocity analysis, automatic static correction analysis, amplitude corrections etc. aim at producing time sections of good quality which may really serve as solid base of the interpretation. In order to evaluate the effects which have bearings upon the quality of the time section the stacking of corrected CRP traces is investigated in detail, by taking into consideration the performance capabilities of the procedures used in routine processing. The influences of static correction errors, random noise, amplitude variations and signal degradation due to NMO corrections are estimated by realistic models. It is shown that the real efficiency of CRP stacking which can be achieved in practice is much smaller than the generally expected efficiency. The deterioration of quality is marked for small record times and for large offsets.*

*The numerical results partly displayed in the Figures, may be used in the planning stage of the seismic measurements and hint some venues of research for devising improved data processing procedures.*

## Bevezetés

A szeizmikus értelmezés alapja mind a mai napig az időszelvény. A feldolgozás erőfeszítéseinek döntő része megbízható, nagy jel/zaj arányú időszelvények előállítására irányul. Ezzel nem kívánjuk lebecsülni a sebességanalízis,

\* ELTE Geofizika Tanszék.



intervallumsebesség meghatározás és más segédeszközök szerepét. Lényeges művelet az időszelvények migrációja. Számos formaelem jobban felismerhető a migrált szelvényen. Különböző értelmezési lehetőségek közötti döntésben alapvető segítséget jelenthetnek az úgynevezett „valódi amplitúdójú” feldolgozással nyert időszelvények. Különböző paraméterek jobb kiértékelését segítik elő különböző színes megjelenítési módok stb. Mindamellet a szeizmika döntő sikereit ma is a jó minőségű időszelvények gondos értelmezésétől várjuk. A migráció sikere is összekapcsolódik az időszelvény minőségével, mert a jelenlegi számítástechnikai adottságok mellett csak az időszelvény migrációját tudjuk megvalósítani — bár elvileg elvégezhető az eljárás eredeti csatornákon is.

Az időszelvény előállításának szabvány módja a közös referenciapontra vonatkozó csatornák dinamikus és statikus korrekció utáni összegzése. Azt, hogy a közös referenciaponthoz eléggé sok (12 vagy 24) csatorna tartozzon, a többszörös fedéses észlelési rendszer biztosítja.

A többszörös fedéses észlelés és az összegzés (stacking) módszere csaknem két évtizedes múltra tekint vissza (*Mayne, 1962*), hazánkban is több mint egy évtizede alkalmazzuk. Az elért jel/zaj arány javulás, számos eredményes új feldolgozási művelet például sebesség analízis, járulékos statikus korrekció analízis, amplitúdó korrekciók meghatározása bizonyítja, hogy a többszörös fedéses észlelési rendszer bevezetése döntő előrehaladás volt a szeizmika fejlődésében.

A változtatható paraméterek: offset, geofontávolság beállítására különböző görbeseregeket szerkesztettek és több szempont szerint részletesen vizsgálták az egyes rendszereket. A fedésszámot nem tekintjük változtatható paraméternek, mert nyilvánvaló, hogy növelése javítja az eredményeket, emiatt optimális értéke nem geofizikai szempontoktól függ. Nyilván azt a legnagyobb fedésszámot kell használni, amit a kutatási költségek még megengednek. A „klasszikus” tárgyalás több kézikönyvben megtalálható: *Dobrin, 1976, Telford, Geldart, Sheriff, Keys, 1976, Anstey, 1970, Walters, 1978 etc.*

A fejlődés egy következő fokán azonban más szempontok is felvetődnek. Pontosabb képet szeretnénk kapni a jelalak változásáról, az amplitúdó viszonyokról, a jel/zaj arány változásairól stb. Ha diagnosztikai eszközként kívánjuk használni, nem elegendő a jelek amplitúdóját korrigálni. Valójában jel-alak korrekcióra lenne szükség.

Ebben a pontosabb közelítésben az összegzés műveletét nem egyszerűsíthetjük lineáris műveletté, feltételezve, hogy azonos alakú valódi reflexiókat adunk össze és ezzel valamilyen mértékben csökkentjük mind a rendezetlen, mind a koherens zajt, elsősorban a felszíni többszörösöket. Emiatt egy-egy átviteli függvényvel, vagy átviteli függvények sorozatával nem írhatjuk le a műveletet. A nem-lineáris átvitel miatt a kimeneten nem választható szét a művelet és a bemenet hatása.

Vizsgálatunkban közelítő modellek sorozatát építettük fel annak tisztázására, valójában „mi történik” az összegzés során, illetve az előkészítő műveletek valójában mekkora javulást eredményeznek és hogyan változtatják a jel alakját.

A művelet nagyon egyszerűnek tűnik: különböző robbantópont-észlelés távolsághoz, de azonos referenciaponthoz tartozó csatornák adatait dinamikus és statikus korrekciók után összegezzük. A valódi amplitúdójú feldolgozásban ehhez járul az amplitúdók korrekciója. A „naiv modell” szerint a helyesen végzett korrekciók után az azonos alakú valódi reflexiók (egyszeresek) azonos fázisba kerülnek — eltekintve kis statisztikus ingadozástól, mely járulékos statikus korrekciók meghatározásával és alkalmazásával igen kicsivé tehető.  $N$  számú jel



összegzése ideális esetben a jel/rendezetlen zaj arányt  $\sqrt{N}$ -szeresére növeli. A többszörösök csillapítása pedig például a maximális kilépési idő és frekvencia szorzatának függvényében számítható (ld. pl. *Meskó, 1977*).

A „naiv modell”-ből következik, hogy a többszörösök elnyomása szempontjából kedvező, ha a kilépési idő nagy. Ez kis felvételi időknél (kis  $t_0$ -nál) és nagy offset illetve geofontávolságok mellett következik be. A tapasztalat nem erősítette meg ezt a következtetést.

A naiv megközelítés szerint az összegzés művelete a valódi reflexiók alakját, vagy ami ezzel egyenértékű, spektrális összetételét nem változtatja. A tapasztalat ellentmond ennek a következtetésnek is. Ritkán figyelhetjük meg a jel/rendezetlen zaj arány  $\sqrt{N}$  szorzónak megfelelő javulását.

A reális helyzet felmérésére legalább a következő hatásokat kell figyelembe venni:

1. A jelalak változását dinamikus korrekció során
2. Rendezetlen zaj hatását, illetve annak változását
3. Statikus korrekciók hibáját
4. Jelek amplitúdóinak különbségeit
5. A tényleges menetidőgörbe és a dinamikus korrekció időtolása közötti különbséget.

A felsoroltak közül az 1., 2. és 5. hatásokat a sebességfüggvény, az offset és geofontávolság is befolyásolja. Nyilvánvaló továbbá, hogy szerepet kap a jel domináns frekvenciája is. Emiatt az összes paraméter értelmes határok közötti változtatása többszáz vizsgálandó kombinációt ad. A jelen keretek között a számításoknak csak egy részét ismertethetjük.

A művelet non-linearitása miatt új jellemzőket kell bevezetni az átvitel jellemzésére. Ezek közül kettő kihasználja azt, hogy modellvizsgálatot végzünk, így az ideális stacking eredményt – a zajmentes jelet – pontosan ismerjük.

Bevezetjük az energia arány, illetve relatív hiba energia jellemzőket a következő kézenfekvő definíciókkal

$$ER = \frac{\sum_{i=1}^{NS} \left( \frac{1}{NC} \sum_{k=1}^{NC} g_{ik} \right)^2}{\sum_{i=1}^{NS} g_{io}^2} \quad (1)$$

(energia arány),

$$RE = \frac{\sum_{i=1}^{NS} \left( \frac{1}{NC} \sum_{k=1}^{NC} g_{ik} - g_{io} \right)^2}{\sum_{i=1}^{NS} g_{io}^2} \quad (2)$$

(relatív hiba energia),

ahol  $g_{ik}$  a  $k$ -adik csatorna  $i$ -edik mintája az összegzés előtti állapotban, tehát az összes korrekciók után;  $g_{io}$  az ideális modell csatorna  $i$ -edik mintája;  $NC$  (*number of channels*) a fedésszámot,  $NS$  (*number of samples*) pedig az időkapu hosszát adja meg a mintavételi távolság egységeiben.

Ideális esetben, ha az összes csatorna azonos alakú és fázisú jelet tartalmaz:

$$\frac{1}{NC} \sum_{k=1}^{NC} g_{ik} = g_{i0}$$

tehát  $ER = 1.0$  és  $RE = 0$ .

Megjegyzendő, hogy külön a mennyiségek nem jellemzik jól a hatásosságot. Például az energiaarány ( $ER$ ) nagy lehet akkor is, ha az összes csatornán jelen-tősen, de azonos módon változik meg a jel alakja. A  $CRP$  csatornán azonos rob-bantópont-észlelés helyzetben felvett „ideális” jeltől az összegjel mégis jelentősen eltérhet, a relatív hiba ( $RE$ ) igen nagy lehet.

A modell felépítésében alkalmazott ismeretektől függetlenül és emiatt mé-rési anyag esetében is használható mérőszámok a semblance és a becsült kimeneti jel/zaj arány:

$$SE = \frac{\sum_{i=1}^{NS} \left( \frac{1}{NC} \sum_{k=1}^{NC} g_{ik} \right)^2}{\frac{1}{NC} \sum_{i=1}^{NS} \sum_{k=1}^{NC} g_{ik}^2}, \quad (3)$$

$$\left( \frac{S}{N} \right)_e = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{\lambda} - 1 \right), \quad (4a)$$

ahol

$$\lambda = \frac{\sum_{k=1}^{NC-1} \sum_{i=1}^{NS} (g_{ik} - g_{i,k+1})^2}{\sum_{k=1}^{NC-1} \sum_{i=1}^{NS} (g_{ik} + g_{i,k+1})^2}. \quad (4b)$$

A semblance értéke 0 és 1 között változik és jellemző a csatornák közötti hasonlóságra. Azonos fázisú és alakú jelek esetén  $SE = 1$ . A  $\lambda$  mennyiség látha-tóan a különbségre érzékeny, ha az egymást követő  $k$ -edik és  $(k+1)$ -edik – csatornák azonosak  $\lambda = 0$ , a becsült jel/zaj arány  $S/N_e$  pedig végtelenhez tart.

A semblance is kapcsolatba hozható a jel/zaj aránnyal. Ha a jelek azonosak, a zaj korrelálatlan és additív, a semblance várható értéke igen sok csatorna összegzése esetén:

$$\mathcal{L}\{SE\} = \frac{S}{S+N} = \frac{\left( \frac{S}{N} \right)}{\left( \frac{S}{N} \right) + 1}. \quad (5)$$

A jel/zaj arány becslése a semblance alapján:

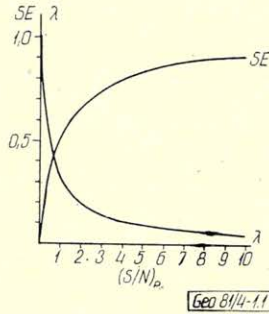
$$\left( \frac{S}{N} \right)_e = \frac{SE}{1-SE}. \quad (6)$$

A semblance mennyiséget *Koehler és Taner (1967)* vezette be, majd a sebes-ség spektrum számításával kapcsolatban *Neidell és Taner (1971)* részletesen is



vizsgálta. A jel/zaj arány becslésére a (4) képleteket Simpson (1955, majd 1967) javasolta.

A jel/zaj arány és semblance, illetve  $\lambda$  viszonyát az 1.1 ábra illusztrálja. Megjegyezzük, hogy az ábra várható értékek közötti kapcsolatot fejez ki; egyedi esetekben eltérések lehetnek. Mindamelllett az eltérések eléggé sok összehasonlíthatott csatorna és rendezetlen zaj esetén nem nagyok. A becslések hatásosságát részletesen megvizsgáltuk (Meskó, 1978). Most ezekre nem kívánunk kitérni, csupán a hozzá kapcsolódó ábrát mutatjuk be.

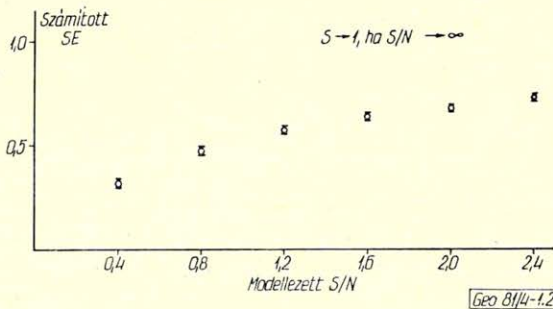


Geo 8/4-11

1.1 ábra. A semblance ( $SE$ ) és a (4b) egyenlettel definiált  $\lambda$  mennyiség változása a jel/zaj arány függvényében

Рис. 1.1. Изменение определяемой коэффициентом  $SE$  (Сембланс) и уравнением 4б величины  $\lambda$  в зависимости от отношения сигнал/помеха

Fig. 1.1. The semblance ( $SE$ ) and  $\lambda$ , defined by Equ. (4b) as functions of the signal-to-noise ratio



Geo 8/4-12

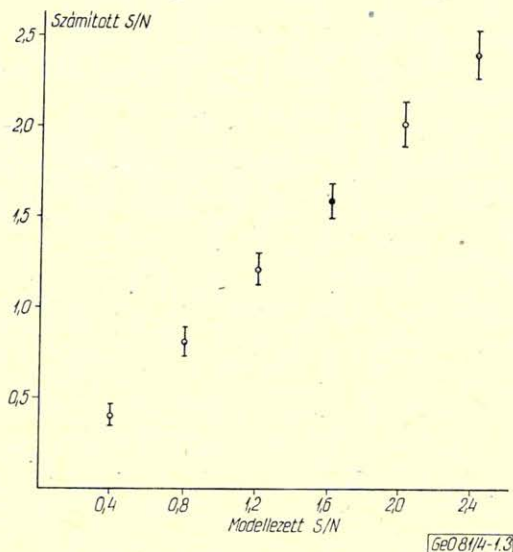
1.2. ábra. 100, egyenként 24 csatornás modell alapján becsült semblance ( $SE$ ) értékek statisztikus feldolgozásának eredményei. Nullkörök az átlagot, a két vízszintes vonal az empirikus szórást adja meg. Független változó a modell felépítésében használt jel energia/rendezetlen zaj energia hányados

Рис. 1.2. Результаты статистической обработки значений  $SE$  определенных на основании ста 24-х канальных моделей. Кружками обозначены средние значения, а подчеркнутые двумя горизонтальными линиями – эмпирический разброс. Независимым переменным являлось примененное в построении модели отношение энергии сигнала к энергии помехи.

Fig. 1.2. Semblance estimates ( $SE$ ) obtained from 100 24-channel stochastic models. Empty circles denote averages the short horizontal lines indicate the standard deviation estimates, obtained from 100 computed  $SE$  values. Independent variable is the signal energy-to-random noise energy ratio, used in the stochastic models

A 100, egymástól független rendezetlen zajt alkalmazó, egyenként 24 csatornás modellből számított semblance értékek átlaga valamivel nagyobb a vártnál; a minimális érték esik a várt közelébe. Ennek oka az, hogy az (5) kapcsolat csak végtelen sok csatorna esetén érvényes, egyébként  $SE$ -re nagyobb értéket kapunk. A jel/zaj arány becslések átlaga a várt (= modellezett) értékeket jól közelíti.

Az eredményeket az 1.2 és 1.3 ábrák szemléltetik. Független változó a modellezett jel/zaj arány, nullkörök a 100 modell átlagát, vízszintes vonalak az empirikus szórásnak megfelelő határokat mutatják.



1.3. ábra. A modellben szereplő (tényleges) jel/zaj arány ( $S/N$ ) és a számított jel/zaj arány értéke 100, egyenként 24 csatornás modell alapján. Nullkörök a kapott  $S/N$  értékek átlagát, a vízszintes vonalak az empirikus szórásnak adják meg

Рис. 1.3. Значения принятых в моделях (действительных) отношений сигнал/помеха и вычисленных их значений для ста 24-х канальных моделей. Кружками обозначены средние значения отношений сигнал/помеха, а горизонтальными линиями эмпирический разброс

Fig. 1.3. Signal-to-noise ratio estimates obtained from 100 24-channel stochastic models. Empty circles denote averages the short horizontal lines indicate the standard deviation estimates, obtained from 100 computed  $S/N$  values. Independent variable is the signal energy - to - random noise energy ratio, used in the stochastic models

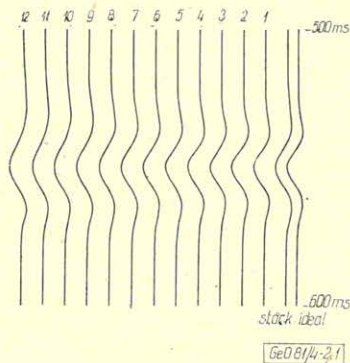
## 2. A sebességfüggvény és terítési elrendezés kapcsolata az összegzés műveletével

Az összegzés előtt – többek között – el kell végezni a dinamikus korrekciót. Közismert, hogy a korrekció a csatornák időben változó megnyúlását okozza. Különösen nagy változásokat okoz kis felvételi időnél és nagy forrás-észlelés távolságoknál, ahol a korrekció többszáz ms is lehet. A migrációs összegzésnél hasonló hatások miatt kell időben változó, kis felvételi időknél egészen keskeny



aperturát használni. A dinamikus korrekció jel alakjára gyakorolt hatásával részletesen foglalkozott *Buchholtz (1972)*, majd *Dunkin és Levin (1973)*.

A 2.1 ábra példát mutat a dinamikus korrekció miatti megnyúlásra. A jelenség zavartalan szemléltetése érdekében figyelmen kívül hagyunk minden más hatást.



2.1. ábra. Dinamikus korrekció miatt fellépő megnyúlás szemléltetése. Jobboldalon az ideális (modellezésben használt) jel és a tényleges összegcsatorna szerepel. A további 12 csatorna a dinamikusan korrigált CRP-csatornák modellje.

Рис. 2.1. Растяжение связанное с вводом кинематических поправок. С правой стороны представлен использованный в модели идеальный сигнал и действительный суммарный канал. Последующие 12 каналов являются моделью каналов ОГТ после ввода кинематических поправок

Fig. 2.1. Stretching due to NMO corrections. The results of stacking (stack), and the ideal signal ( $g_0$ ) are shown on the right. The traces numbered 1 through 12 are models of NMO corrected and completely aligned input traces

Teljesen zajmentes, eredetileg azonos alakú jeleket tartalmazó csatornákat mutatunk be 500 ms és 600 ms közötti időkapukban, dinamikus korrekció után. Feltételeztük, hogy a statikus korrekció hibátlan, illetve a dinamikus korrekció a jelek maximumait tökéletesen azonos időpillanathoz helyezte át. Jobboldalon a modellezésben használt jel, ideális esetben a csatornák számával osztott összegzés eredménye és a tényleges összegjel hasonlítható össze.

A modellezett jel a 2.1 ábrán 30 Hz csúcsfrekvenciájú Ricker wavelet (sebesség típusú). A 2.1 ábra modelljében a forrás – szélső geofon távolsága (off-set) 30 m, a geofonbázisok közötti távolság 60 m. A 12-szeres fedésnek megfelelően a forrás – észlelés távolságok 120 méter lépésként változnak, a sebesség 2,1 km/sec.

Jól látszik, hogy az összegjel alakja jelentősen eltér a modellezett jelétől. A frekvenciatartomány eltolódása az alacsonyabb frekvenciák felé nyilvánvaló. Bár a 3. fejezetben részletesen is foglalkozunk a hatás analízisével, előrebocsátjuk, hogy az összegzés hatásosságára jellemző mennyiségek:

energia arány: 0,653,  
relatív hiba: 15,4%.

Már ezek az adatok is mutatják, mennyire lényeges a jelek közötti eltérések figyelembevétele. Az 1.0 értékű energia arány és semblance, illetve 0% relatív hiba helyett sokkal gyengébb összegződésre valló értékeket kaptunk. A semblance

és becsült jel/zaj arány a frekvencia növekedésével csökken. A relatív hiba az offset növekedésével nő. Érdekes az energia arány változása. Mivel nagyobb offset jobban, de közel azonos módon megnyúlt jeleket eredményez, az energia arány nagyobb offset esetén nagyobb.

A megnyúlás becsülését a  $T_0$  robbantóponti beérkezési idő  $\Delta T$  környezetében és  $x$  távolságban egyszerűen kaphatjuk, ha a korrekció definíciója alapján kiszámítjuk, milyen időbeli hosszúságú szakasz lesz  $\Delta T$  hosszúságú a korrekció után: 2.2 ábra. Nyilvánvaló, hogy a szakasz hossza:

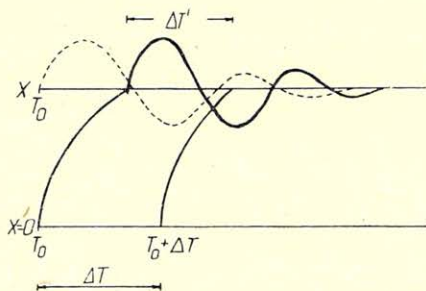
$$\Delta T' = \left( (T_0 + \Delta T)^2 + \frac{x^2}{v^2 (T_0 + \Delta T)} \right)^{1/2} - \left( T_0^2 + \frac{x^2}{v^2 (T_0)} \right)^{1/2}. \quad (7)$$

Ezt a szakaszt a korrekcióval  $\Delta T$  hosszúságúvá tesszük, a megnyúlás  $(\Delta T/\Delta T')$ -szeres.

Mivel  $\Delta T' = \Delta T$  esetén nincs megnyúlás, bevezetjük a relatív megnyúlást a

$$\mu = \left( \frac{\Delta T}{\Delta T'} - 1 \right) 100 \quad (8)$$

definícióval. A relatív megnyúlás nagyságát a  $T_0$  és  $x$  értékein kívül a sebességfüggvény is befolyásolja. A relatív megnyúlást százalékban adjuk meg: így például 100% a (8) definíció szerint azt jelenti, hogy az eredeti hossz a korrekció miatt kétszeresére növekedett.



2.2. ábra. A dinamikus korrekció miatti megnyúlás szemléltetése: a  $\Delta T'$  hosszúságú szakasz a korrekció után  $\Delta T$  hosszúságú lesz

Рис. 2.2. Связанное с вводом кинематических поправок растяжение. Участок  $\Delta T'$  после ввода поправок будет  $\Delta T$

Fig. 2.2. Stretching due to NMO corrections. The segment of length  $\Delta T'$  is stretched to the length  $\Delta T$  in due course of NMO corrections

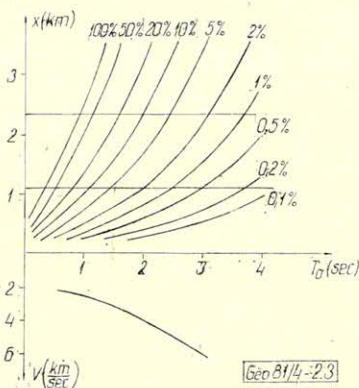
A 2.3 ábrán a relatív megnyúlás értékét mutatjuk be a  $T_0$  robbantóponti beérkezési idő és  $x$  forrás-észlelés távolság függvényében. A sebességfüggvény az ábra alján szerepel.

Megjegyzendő, hogy azokon a helyeken, ahol  $\Delta T' = 0$  a megnyúlás végtelen, illetve  $\Delta T' < 0$  esetén a korrigált szakasz irányítása megfordul, mintegy ellentétes irányban „folyik” a dinamikus korrekció utáni idő. A valóságban a menetidő-görbék sohasem metszik egymást, az abszurd jelenségek oka az, hogy sekély



reflektáló felületek esetén a hiperbolikus közelítés csak kis forrás-észlelés távolságokra ad elfogadható  $T(x)$  értékeket.

A „relatív megnyúlás térkép” alkalmas arra, hogy előzetesen megbecsüljük adott sebességfüggvény és terítési elrendezés mellett, a  $T_0$  függvényében milyen jelváltozásokra számíthatunk. A 2.3 ábrán megrajzoltuk két terítési rendszer E-50-1-12 és E-70-12-12 szélső geofonjainak megfelelő egyeneseket. Jól látható, hogy az első rendszernél a megnyúlás még a szélső geofonoknál is gyorsan csökken, 0.6 sec körül kisebb, mint 50%, 1.5 sec után kisebb, mint 5%. A második rendszernél ez sokkal nagyobb időknél következik be: az elfogadhatóság határán mozgó 50% a szélső geofonoknál csak 1 sec után, a jó összegzés feltételének tekinthető 10% pedig csak egészen nagy, 2 sec utáni felvételi időnél következik be.



2.3. ábra. Dinamikus korrekció utáni megnyúlás a  $t_0$  robbantóponti beérkezési idő, illetve  $x$  robbantópont-észlelési távolság függvényében, az eredeti hossz százalékában megadva

Рис. 2.3. Заданное в процентах к начальной длине участка, связанное с вводом кинематических поправок, растяжение в зависимости от времени вступления в пункте взрыва и от расстояния от ПВ

Fig. 2.3. Relative stretching (in percent of the original length), plotted against arrival time ( $t$ ) and source-to-receiver distance ( $x$ )

A terítési elrendezés befolyásolja az egyes csatornák jel/zaj arányának alakulását is. Ha elfogadjuk azt a közelítést, hogy a háttérzaj (ambient noise) szintje térben és időben állandó, adott szeizmikus csatornán a jel/zaj arány ugyanúgy csökken, mint a jel amplitúdója vagy energiája, attól függően, hogy az  $S/N$  arányt az átlagos amplitúdók vagy az átlagos energiák arányával definiáljuk. A két megadási lehetőség között nincs különbség, ha  $S/N$  értékét  $dB$ -ben adjuk meg.

A jel amplitúdóját igen sok tényező befolyásolja (lásd pl. Sheriff, 1975). Ezek közül csak a gömbi szóródást és az energia elnyelést (abszorpciót) vettük figyelembe. Itt is elhanyagoltuk az abszorpció frekvencia függését. Globális, a teljes szeizmikus frekvenciatartományra elfogadható átlagos közelítést adó együtthatónak  $\alpha = 0.1-1.0$  ( $I/s$ ) értéket tekintettük. A szokástól eltérően adott időtartam 1 sec alatti csökkenést vettünk fel. Az átlagos sebességeket

figyelembevée, a megszokottabb egységekben az  $\alpha$  értéke a  $10^{-4} - 10^{-3}$  (1/m) tartományba esik. Ez mind a szakirodalommal (*Handbook of Physical Constants, 1966 Table 8-1*), mind az amplitúdókorrekciós programmal szerzett tapasztalatokkal összhangban van.

A gömbi szóródás szigorúan véve a rétegszerkezettől függ, a geológiai felépítés ismeretének hiányában pontosan nem határozható meg, de elfogadható közelítést adja (*Newman, 1973*)

$$a(t) = \frac{v_1}{v_{RMS}^2(t_0)t}, \quad (9)$$

ahol  $v_1$  a terjedési sebesség a felső rétegben,  $v_{RMS}$  az átlagnégyzetes sebesség  $t_0$  robbantóponti beérkezési időben,  $t$  a beérkezési idő a szeizmikus csatornán.

Az egyszerű közelítés vízszintes rétegzettség esetére és nem túlságosan nagy forrás-észlelés távolságra vonatkozik.

Az energia elnyelődés hatását – amennyiben a globális és 1/s dimenziójú  $\alpha$  használata jogosult – egyszerűen

$$a_e(t) = e^{-\alpha t}$$

adja meg. Az utóbbi közelítésbe beleérthetjük különböző más, nem gömbi szóródás eredetű hatások összességét is.

Az amplitúdó csökkenést szemléletesen illusztrálja a 2.4 ábra. Az idő és távolság sík fölött 0.2 km-ként változó távolságoknál rajzoltuk meg az amplitúdó csökkenését. A folytonos vonal csak a gömbi szóródást, a szaggatott vonal az abszorpció hatását is tartalmazó amplitúdó csökkenésnek felel meg. Az idő – távolság síkon berajzolt vékony vonalak 0.2 sec-ként növekvő robbantóponti beérkezési időkhöz tartozó hiperbolák, a vastag vonalak az 1, 2 és 3 sec időök. Megrajzoltuk a direkt hullám egyenesét is, illetve 1 és 2 sec időknél az amplitúdót jobban érzékeltető függőleges vonalakat.

A 2.5 – 2.7 ábrák a  $t_0$  és  $x$  függvényében adják meg a jel energiájának csökkenését  $\alpha = 0$ ,  $\alpha = 0.3$  és  $\alpha = 0.6$  értékekre ( $\alpha$  mindhárom esetben  $s^{-1}$  dimenziójú). Jól látszik, hogy a gömbi szóródás adja a lényegesebb járulékot. A csökkenés a robbantópont-észlelés távolság növekedésével eleinte lényeges, de nagyobb időknél elhanyagolhatóvá válik. Ez a függés, az úgynevezett off-set hatás, jelentéktlenebb, ha az abszorpció nagyobb.

A tapasztalattal vethetjük össze az egyszerű modell eredményeit a 2.8 ábrán. Az adatok az OKGT GKV-ben működő amplitúdó korrekció program eredményeit mutatják.

A jelek energiájának csökkenése, illetve néhány sec után beolvadása a zajszintbe általánosan ismert jelenség. Modellvizsgálataink szempontjából az a lényeges gyakorlati következménye van, hogy reális modellbe mind a jel/zaj arány időbeli növekedését, mind a jel/zaj arány robbantás-észlelési távolság függését bele kell építeni. Az erősítés szabályozás, illetve amplitúdókorrekciók a csatornák energiaszintjét időtől függetlenné teszik, de a jel/zaj arányt nem javítják. A modellben emiatt mind a felvételi idő, mind a robbantópont-észlelés távolsággal növekvő zajt kell használni.

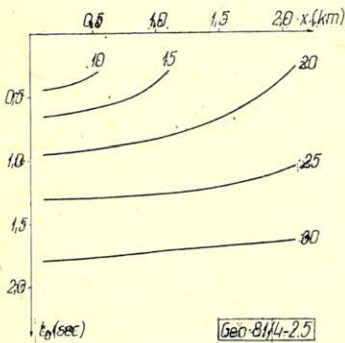
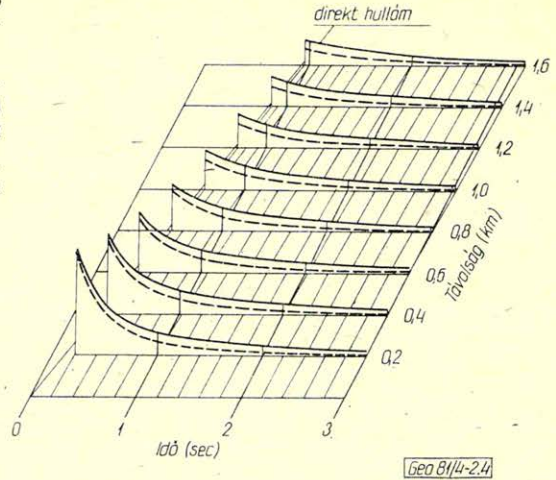
A sebességfüggvény és terítési geometria befolyásolja a dinamikus korrekció eredményességét is. A hiperbolikus, paraméterként a stacking sebességet tartalmazó korrekció a robbantás – észlelés távolság növekedésével egyre kevésbé tudja azonos időpillanathoz tolni a valódi reflexiók kezdőpontjait. Még vízszintes



2.4. ábra. Az energiacsökkenés különböző (rögzített) robbantópont-észlelés távolságokra a beérkezési idő függvényében

Рис. 2.4. Изменение энергии в зависимости от различных (фиксированных) расстояний от ПВ и времени вступления

Fig. 2.4. Energy decrease for some source-to-receiver distances as a function of the record time



2.5. ábra. A jel energiájának csökkenése a tényleges felvételi idő ( $t$ ) és a forrás észlelés távolság ( $x$ ) függvényében, amikor abszorpció nincsen, a csökkenés oka kizárólag a gömbi szóródás

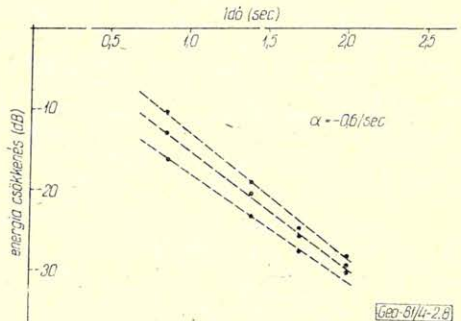
Рис. 2.5. Затухание энергии сигнала в зависимости от действительного времени приёма ( $t$ ) и расстояния ПП от ПВ в случае отсутствия поглощения, причиной затухания является только сферическое расхождение!

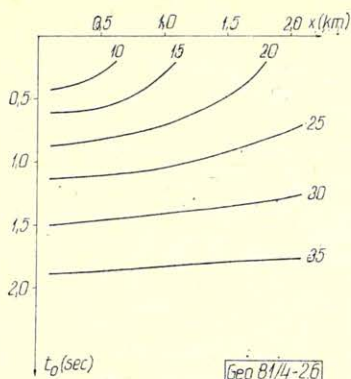
Fig. 2.5. The signal energy decrease as a two-dimensional function of the record time ( $t$ ) and the source-to-receiver distance ( $x$ ). Absorption is neglected the energy decrease is due to spherical divergence

2.6. ábra. A jel energiájának csökkenése a tényleges felvételi idő ( $t$ ) és a forrás észlelés távolság ( $x$ ) függvényében, ha az „átlagos” abszorpciós együttható  $\alpha = -0,3 \text{ sec}^{-1}$

Рис. 2.6. Затухание энергии сигнала в зависимости от действительного времени приёма ( $t$ ) и расстояния ПП от ПВ, если «средний» коэффициент поглощения  $\alpha = 0,3 \text{ сек}^{-1}$

Fig. 2.6. The signal energy decrease as a two-dimensional function of the record time ( $t$ ) and the source-to-receiver distance ( $x$ ). An “average” absorption coefficient  $\alpha = -0,3 \text{ sec}^{-1}$  is assumed





2.7. ábra. A jel energiájának csökkenése a tényleges felvételi idő ( $t$ ) és a forrás-észlelés távolság ( $x$ ) függvényében, ha az átlagos abszorpciós együttható  $\alpha = -0,6 \text{ sec}^{-1}$

Рис. 2.7. Затухание энергии сигнала в зависимости от действительного времени приёма ( $t$ ) и расстояния ПП от ПВ, если «средний» коэффициент поглощения  $\alpha = 0,6 \text{ сек}^{-1}$

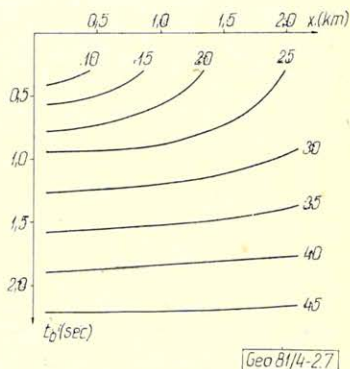
Fig. 2.7. The signal energy decrease as a two-dimensional function of the record time ( $t$ ) and the source-to-receiver distance ( $x$ ). An "average" absorption coefficient  $\alpha = -0,6 \text{ sec}^{-1}$  is assumed

2.8. ábra. A jel energiájának csökkenése tapasztalati adatok alapján néhány robbantópont-geofon távolságra (pontok) és az egyszerű közelítésből (gömbi szóródás + abszorpció) kapott görbék (szaggatott vonallal) összehasonlítása

(adatok: Makáry – Véges, 1979)

Рис. 2.8. Сравнение кривых затухания энергии сигнала, полученных для различных расстояний ПП от ПВ опытным путём (обозначено кружками) и простым приближением (сферическое расхождение + поглощение, обозначено сплошной кривой) (По данным Макари и Вегеш, 1979 год)

Fig. 2.8. Signal energy decrease for three source-to-receiver distances plotted against record time ( $t$ ) and the energy decrease obtained from the simple model including spherical divergence and absorption (broken lines). Data were taken from Makáry – Véges, 1979



rétegződést feltételezve is a  $t(x)$  menetidőgörbének csak origó körüli szakaszán ad jó közelítést az átlagnégyzetes sebességgel számított

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v_{RMS}^2}$$

hiperbola. A  $v_s$  stacking sebesség és  $v_{RMS}$  sebesség

$$v_s = \frac{v_{RMS}}{\cos \alpha}$$

kapcsolata pedig csak akkor jó közelítés, ha az  $\alpha$  dőlésű réteghatár feletti teljes közegben  $v_{RMS}$  a terjedési sebesség.

Pontosabb kapcsolat csak a rétegfelépítés ismeretében mondható, a tényleges beérkezési idők és az azokhoz legjobban illeszkedő hiperbolák közötti eltérések számításával. Közismert tapasztalat, hogy távolabbi csatornákból nagyobb



stacking sebességek adódnak, mint közeliéből (ld. pl. *Taner, Cook és Neidell, 1970*). Ez is arra utal, hogy a tényleges beérkezési időkhöz más-más hiperbola illeszthető, ha az átfogott  $x$  robbantópont – geofontávolság tartomány eltérő. Minden esetre megállapíthatjuk, hogy még igen jó sebességanalízis, illetve gondos korrekciók után is maradnak rendszeres beérkezési időkülönbségek az egyes csatornák jelei között. Az időkülönbségek várhatóan nagyobbak, ha az offset, illetve geofontávolság növekszik, maximális értékük elérheti a 10–20 ms-ot is.

### 3. Dinamikus korrekció miatti jelalakváltozás

A dinamikus korrekció jelalak módosító hatását és annak néhány következményét tárgyalta a szakirodalom (*Buchholz, 1972, Dunkin and Levin, 1973 stb.*).

*Dunkin és Levin* rámutattak arra, hogy ha a jel megnyúlása a jel teljes hosszában azonosnak tekinthető, a „megnyúlás” a frekvenciatartomány azonos léptékű „zsugorításával” és a spektrális amplitúdó növekedésével jár. A Fourier transzformáció hasonlósági tétele értelmében ugyanis

$$F \left\{ g \left( \frac{t}{a} \right) \right\} = a G(af). \quad (10)$$

Ez a kapcsolat szemléletesen úgy is fogalmazható, hogy a megnyúlás a magasabb frekvenciákon jelentkező energiát az alacsonyabb frekvenciákra teszi át. A megnyúlt jelek összegének spektruma könnyen meghatározható – feltételezve, hogy az eredeti spektrumok azonosak voltak –:

$$G_{\text{stack}}(f) = \sum_{i=1}^{NC} a_i G(a_i f) \quad (11)$$

– ahol  $a_i$  a (7) egyenletből számítható ( $\Delta T/\Delta T'$ ) megnyúlás. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy  $a_i$  ( $i = 1, 2, \dots, NC$ ) a 2.3 ábrán bemutatott relatív megnyúlásokból 1 hozzáadásával kapható. Az idézett szerzők Ricker-wavelet spektrumát használták (ld. pl. *Ricker, 1977*), mely igen egyszerű alaku és emiatt könnyen kezelhető:

$$G(f) = \left( \frac{f}{f_1} \right)^2 e^{-\left( \frac{f}{f_1} \right)^2}. \quad (12)$$

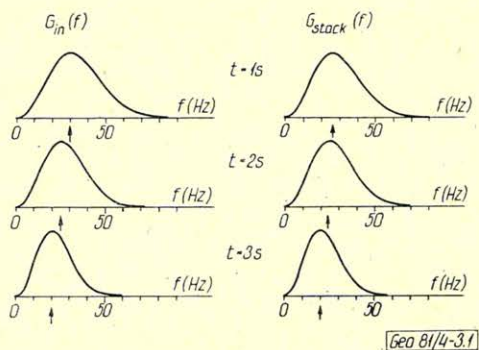
A képletben szereplő  $f_1$  a csúcshérfrekvencia értéke.

Csupán egyetlen időre,  $t_0 = 0.814$ -re vonatkozó értéket közöltek. Nyilvánvaló, hogy a (11) képlet segítségével, valamint a megnyúlások ismeretében számíthatjuk tetszőleges elrendezésre és felvételi időre az összegjel frekvencia spektrumát.

A 3.1 és 3.2 ábrák néhány példát mutatnak 48-csatornás, 24-szeres fedéses rendszerre 70 m geofontávolság, illetve kis 35 m és nagy 840 m offset esetén. Hangsúlyozni kell, hogy a példa csak szemléltetni kívánja a spektrum módosulását; a valóságtól még igen távol áll. A jel ugyanis nem állandó spektrumú, nem azonos amplitúdójú és fázisú, rendezetlen zajjal terhelt stb.

A dinamikus korrekció hatásának más típusú jellemzésére számítottuk a korrekció utáni összegzés eredményét állandó amplitúdójú periodikus bemenetre is. 10 Hz–80 Hz frekvenciájú rezgések kezdőpontjait azonossá tettük egy-egy

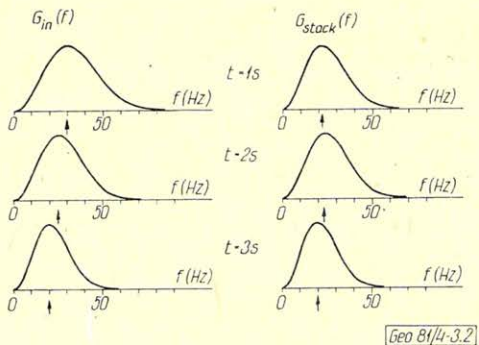
200 ms hosszúságú időkapu kezdőpillanatában. Ezzel feltételeztük, hogy a periodikus bemenetek korrigálása tökéletes volt. A vizsgálatokat az előzőekben már említett két terítési elrendezésre végeztük el. Az időkapuk kezdőpontjait 500 ms és 3400 ms között 100 ms lépésként változtattuk.



3.1. ábra. A dinamikus korrigálás és összegzés után kapott jel spektruma néhány robbantóponti időre. 24-szeres fedés, 48-csatornás észlelés, offset: 35 m, geofontávolság: 70 m, bal oldalon a bemeneti jel, jobb oldalon az összegjel spektruma

Рис. 3.1. Полученный после ввода кинематических поправок и суммирования спектр сигнала для нескольких времен в пункте взрыва. 24-х кратное перекрытие, 48-ми канальная запись, расстояние до первого ПП 35 метров, расстояние между ПП 70 метров, с левой стороны сигнал на входе, с правой стороны спектр суммарного сигнала

Fig. 3.1. Spectra of composite signals obtained by stacking of NMO corrected signals. The stacking geometry is as follows: 24-fold coverage, 48 channel recording, geophone distance 70 m, offset 35 m. The spectra of the input signals are shown on the left



3.2. ábra. A dinamikus korrigálás és összegzés után kapott jel spektruma néhány robbantóponti időre (offset 840 m, további paraméterek azonosak a 3.1 ábra számításában alkalmazott jelölésekkel)

Рис. 3.2. Полученный после ввода кинематических поправок и суммирования спектр сигнала для нескольких времен в ПВ для расстояния до первого ПП 840 метров. Остальные параметры совпадают с параметрами рисунка 3.1

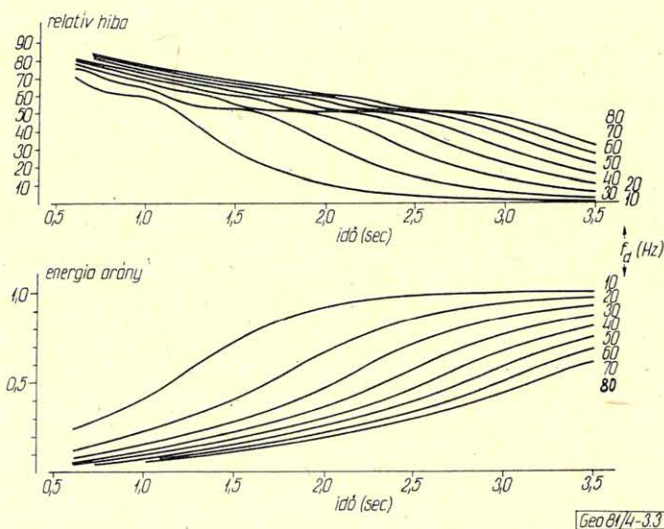
Fig. 3.2. Spectra of composite signals obtained by stacking NMO corrected signals. The stacking geometry is identical with the one, used in computing the models of Fig. 3.1, but the offset is 840 m



Az energiahányados illetve a relatív hiba menetét a 3.3 és 3.4 ábrák mutatják be. A mennyiségeket a robbantóponti beérkezési idő  $t_0$  függvényében ábráztuk, a frekvencia paraméterként szerepel. Jól látható, hogy a relatív hiba jóval nagyobb a 840 m offsetű terítésben, megfelelően annak, hogy a megnyúlás miatt a frekvencia lényegesen változik. Az energiahányados menete éppen ellentétes. Az összegjel energiája a nagyobb offsetű terítés esetén lassabban közelíti meg az ideális 1 értéket.

Világosan látszik továbbá, hogy a nagyobb frekvenciákat a nem-lineáris átviteli rendszer nem engedi át; kis offset esetén a kisebb felvételi időknél, nagyobb offset esetén a teljes regisztrálási időben igen nagy a relatív hiba.

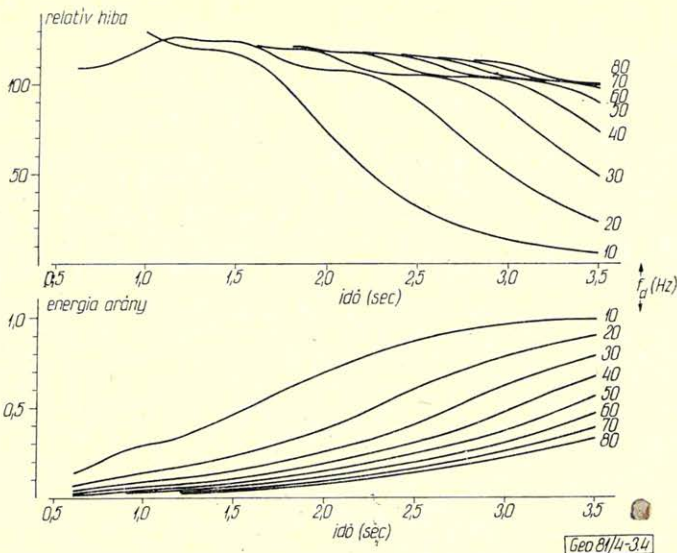
Az átviteli függvényhez hasonló – bár azzal nem egyenértékű – ábrázoláshoz jutunk, ha az energiahányadost a frekvencia függvényében adjuk meg. Ez látható a 3.5 ábrán: bal oldalon kis offset, jobb oldalon a nagyobb offset szerepel. Paraméter a felvételi idő. Minden sorozat az adott frekvenciára jellemző energiahányadost adja meg. A számított diszkrét értékeket vastag, függőleges vonalak jelzik. A csúcsokat a szemléletesség kedvéért vékony vonallal összeköttöttük.



3.3. ábra. A relatív hiba (felső ábra) és energiahányados (alsó ábra) menete a robbantóponti beérkezési idő függvényében 10 Hz – 80 Hz frekvenciájú dinamikusan korrigált bemenetre. Terítés elrendezés: 24-szeres fedés, 48-csatornás észlelés, offset: 35 m, geofontávolság: 70 m

Рис. 3.3. Зависимость относительной погрешности (верхний рисунок) и отношения энергии (нижний рисунок) от времени вступления в ПВ для сигнала частотой 10 – 80 Гц после ввода кинематических поправок. Система наблюдения: 24-х кратное перекрытие, 48-ми канальная запись, расстояние ближайшего ПП от ПВ 35 метров, расстояние между сейсмоприемниками 70 метров

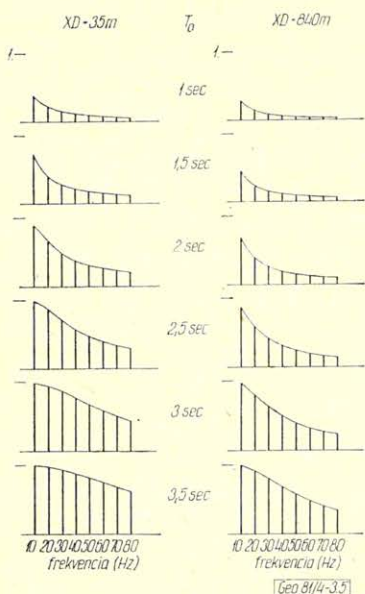
Fig. 3.3. Relative error (defined by Equ. 2) and energy ratio (defined by Equ. 1) obtained for NMO corrected harmonic functions with frequencies from 10 Hz to 80 Hz. The stacking geometry is identical with the one, used in computing the models of Fig. 3.1



3.4. ábra. A relatív hiba (felső ábra) és energiahányados (alsó ábra) menete a robbantóponti beérkezési idő függvényében 10 Hz – 80 Hz frekvenciájú, dinamikusan korrigált bemenetre. Terítési elrendezés: 24-szeres fedés, 48-csatornás észlelés, offset: 840 m, geofontávolság: 70 m

Рис. 3.4. Зависимость относительной погрешности (верхний рисунок) и отношения энергии (нижний рисунок) от времени вступления в ПВ для сигнала частотой 10 – 80 Гц на входе после ввода кинематических поправок. Система наблюдений: 24-х кратное перекрытие, 48-ми канальная запись, расстояние ближайшего ПП от ПВ 840 метров, расстояние между сейсмоприемниками 70 м

Fig. 3.4. Relative error (defined by Equ. 2) and energy ratio (defined by Equ. 1) obtained for NMO corrected harmonic functions with frequencies from 10 Hz to 80 Hz. The stacking geometry is identical with the one, used in computing the models of Fig. 3.1 but the offset is 840 m



3.5. ábra. Az energiahányados (összegjel energia/ideális jel energiája) periodikus 10 Hz – 80 Hz közötti frekvenciájú bemenetekre, néhány robbantóponti beérkezési időre. A terítési elrendezések azonosak a 3.4., ill. 3.5. ábra számításában használt elrendezésekkel. Bal oldalon a 35 m offsetre, jobb oldalon a 840 m offsetre vonatkozó értékek szerepelnek

Рис. 3.5. Отношение энергии (энергия суммарного канала к энергии идеального сигнала) для сигналов на входе частотой 10 – 80 Гц для некоторых времен вступлений в ПВ. Системы наблюдений совпадают с описанными под рис. 3.3 и 3.4. С левой стороны данные относятся к разному в 25 метров, с правой к 840 м

Fig. 3.5. The energy ratio for some record times. Independent variable is the frequency. Stacking geometries are identical with those used in the computation of the models of Figs. 3.1 and 3.2. The smaller offset (35 m) is shown on the left

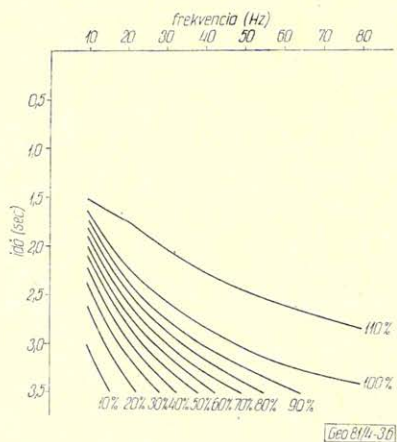


A realisabb jelalakot kétféle módon – csillapított harmonikus rezgésekkel és Ricker wavelet feltételezésével – közelítettük. Nem mutatkozott lényeges eltérés a két változat között, emiatt most csak a csillapított harmonikus jellel kapott eredmények egy részét mutatjuk be.

Több sebességfüggvényre és különböző elrendezésekre végeztünk számításokat. Az összehasonlíthatóság kedvéért ismét a 48-csatornás, 24-szeres fedéses rendszer két szélsőséges offset változatával végzett számítások eredményeit mutatják be: a 3.6–3.9 ábrák.

A vízszintes tengelyen a harmonikus jel alapfrekvenciája, a függőleges tengelyen a robbantóponti idő  $t_0$  szerepel. A relatív hiba, illetve energiaarány értékét szintvonalakkal adjuk meg. Ismét világosan látszik, hogy a nagyobb offset nagyobb relatív hibát és kisebb energiaarányt eredményez.

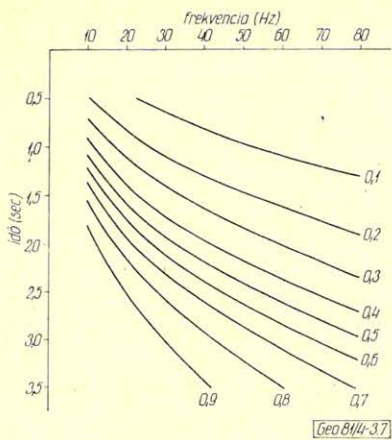
Az eredmények értékelése során nem szabad szem elől tévesztenünk a modell korlátozott érvényességét. Célja csupán a dinamikus korrekció miatti megnyúlás hatásának a többi tényezőtől független felmérése volt. Ha más tényezők nem hatnának, az összegzés valóban a nagy felvételi időknél adná a legjobb eredményt. Az összegjel spektrális összetétele ugyancsak a nagy felvételi időknél térne el keveset az ideális jel spektrális összetételétől. Az összegcsatorna csúcsfrekvenciája fokozatosan növekedne az alapjelként használt „modell”-jel csúcsfrekvenciájáig. Valójában nagyon jól tudjuk, hogy a csúcsfrekvencia a felvételi idő növekedésével éppen ellentétes irányban változik, azaz csökken. Nagyobb



3.6. ábra. A relatív hiba változása a dinamikus korrekció és összegzés után a robbantóponti idő és a domináns frekvencia függvényében. Jelalak: csillapított harmonikus rezgés, további paraméterek azonosak a 3.3. ábra. számításában használt értékekkel

Рис. 3.6. Изменение относительной погрешности после ввода кинематических поправок и суммирования в зависимости от времени в ПВ и доминирующей частоты. Форма сигнала: затухающее гармоническое колебание, остальные параметры совпадают с описанными под рис. 3.3

Fig. 3.6. The relative error as a two-dimensional function of the record time and frequency. The input signals are damped harmonic oscillations. Further parameters are identical with those used in the computation of Fig. 3.1



3.7. ábra. Az energiahányados változása dinamikusan korrekció és összegzés után a robbantóponti idő és a domináns frekvencia függvényében. Jelalak: csillapított harmonikus rezgés, további paraméterek azonosak a 3.3. ábra számításában használt értékekkel

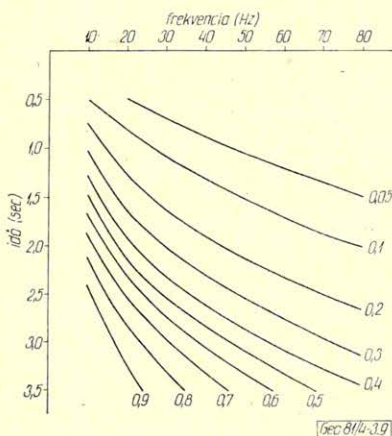
Рис. 3.7. Изменение отношения энергии после ввода кинематических поправок и суммирования в зависимости от времени в ПВ и доминирующей частоты. Форма сигнала: затухающее гармоническое колебание, остальные параметры совпадают с описанными под рис. 3.3

Fig. 3.7. The energy ratio as a two-dimensional function of the record time and frequency. The input signals are damped harmonic oscillations. Further parameters are identical with those used in the computation of Fig. 3.1

3.8. ábra. A relatív hiba változása a dinamikusan korrekció és összegzés után a robbantóponti idő és a domináns frekvencia függvényében. Jelalak: csillapított harmonikus rezgés, további paraméterek azonosak a 3.4. ábra számításában használt értékekkel

Рис. 3.8. Изменение относительной погрешности после ввода кинематических поправок и суммирования в зависимости от времени в ПВ и доминирующей частоты. Форма сигнала: затухающее гармоническое колебание, остальные параметры совпадают с описанными под рис. 3.4

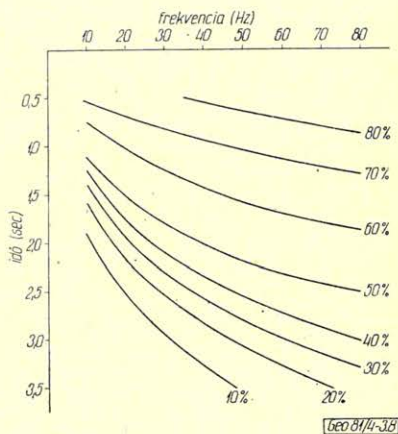
Fig. 3.8. The relative error as a two-dimensional function of the record time and frequency. The input signals are damped harmonic oscillations. Further parameters are identical with those, used in the computation of Fig. 3.2



3.9. ábra. Az energiahányados változása dinamikusan korrekció és összegzés után a robbantóponti idő és a domináns frekvencia függvényében. Jelalak: csillapított harmonikus rezgés, további paraméterek azonosak a 3.4. ábra számításában használt értékekkel

Рис. 3.9. Изменение отношения энергии после ввода кинематических поправок и суммирования в зависимости от времени в ПВ и доминирующей частоты. Форма сигнала: затухающее гармоническое колебание, остальные параметры совпадают с описанными под рис. 3.4

Fig. 3.9. The energy ratio as a two-dimensional function of the record time and frequency. The input signals are damped harmonic oscillations. Further parameters are identical with those, used in the computation of Fig. 3.2





felvételi időknél pedig az összegcsatornát nagyobb hiba terheli. Ennek oka az, hogy a modell nem vette figyelembe sem a dinamikus korrekció után összegzendő jelek csúcsfrekvenciájának csökkenését, sem a rendezetlen zaj relatív súlyának jelentős növekedését.

#### 4. A rendezetlen zaj hatása

A rendezetlen zajról a szakirodalommal összhangban és a valóság elfogadható közelítéseként feltételezzük, hogy normális eloszlású, térben és időben állandó kovarianciájú, valamint a regisztrált szeizmikus csatornákon megjelenő zaj járulékok egymástól függetlenek.

Ismeretes, hogy a mondott feltételek esetén  $N$  számú, külön-külön azonos, zérus várható értékű,  $\sigma$  szórású zaj adat (valószínűségi változó) összege  $\sqrt{N}\sigma$  szórású valószínűségi változót ad. A szórásnégyzetek összegződnek. Ha az összeget elosztjuk a csatornák számával – azaz átlagot képzünk – a kapott valószínűségi változó szórása nyilván  $\sqrt{N}$ -ed részére csökken  $\sigma' = \sigma/\sqrt{N}$ . Feltételezve, hogy az összegzett jelek átlaga azonos egy eredeti jellel, a jel/zaj arány javulás valóban  $\sqrt{N}$ -szeres.

Ez a gondolatmenet a reális szeizmikus viszonyoknak annyira durva leegyszerűsítése, ami semmiképpen sem fogadható el. Először is a rendezetlen zaj ugyan lehet térben és időben állandó, de a szeizmikus csatorna erősítése változik, emiatt a regisztrált adatok zajkomponense is igen jelentősen növekszik a felvételi időben. Ezt a hatást könnyű figyelembe venni úgy, hogy állandó szórás helyett  $\sigma(t)$ , időben változó – gyorsan növekvő – szórást tételeztünk fel. A 2. fejezetben tárgyaltak szerint (ld. 2.5 – 2.7 ábrák) a jel energiája a robbantópont-észlelés távolságtól is függ. Mivel a jeleket közel azonos amplitúdóra hozzuk minden csatornán, ez ismét azt jelenti, hogy a rendezetlen szórás a regisztrált csatornán a robbantópont-észlelés távolságnak is függvénye  $\sigma = \sigma(t, x)$ . Ha csak relatív értékeket kívánunk becsülni, a 2.5 – 2.7 ábrákat az előjel változtatásával rögtön arra is használhatjuk, hogy a zaj szórásának időbeli változását és offset függését felmérjük. Az adatokhoz egy additív állandót adva – mely adott időben és helyen a jel/zaj arány értéke és a szintvonalas térképen szereplő érték különbsége – mindenütt megkaphatjuk a jel/zaj arány értékét.

A következő lényeges hatás a dinamikus korrekció. Ez a zaj relatív súlyát szintén növeli. A hatás különösen kis felvételi időknél és nagy forrás-észlelés távolságoknál lényeges.

Számos további tényező is módosítja az összegcsatorna tényleges jel/zaj arányát, például a jel amplitúdójának rendezetlen változásai, melyek az amplitúdó korrekciók előtt eléggé nagyok, de a korrekciók után sem tűnnek el teljesen, vagy a statikus korrekció hibái, hiszen ezek is a jel energia csökkenését okozzák stb. Érdekes lehet annak vizsgálata is, hogy a globális jel/zaj arány milyen módon tevődik össze különböző frekvenciasávok jel/zaj arányából. Nyilvánvaló, hogy a jel spektrum, illetve ennek változásai, sőt az eredetileg talán valóban fehér spektrumú, de a feldolgozás során színessé lett zaj spektrum módosulásai lényegesen befolyásolják a felvételi idő függvényében az egyes frekvenciasávok jel/zaj arányának alakulását. A jelen munka keretei között a frekvenciafüggő hatások elemzésére nem kívánunk kitérni, csupán az egyes csatornák eredeti jel/zaj arányainak hatásával és a jel energia változásaival foglalkozunk.

Ha  $N$  számú  $\sigma_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) szórású zajmintát rendezetlen, normális eloszlású valószínűségi változót átlagolunk, az átlag szórása:

$$\sigma_{\text{stack}} = \left( \frac{1}{NC} \sum_{i=1}^{NC} \sigma_i^2 \right)^{1/2} \quad (13)$$

A  $\sigma_i$  értékek a  $\sigma(t, x)$  menete alapján adódnak, például az időkapu közép-pontjában  $T_k$  és az adott forrás-észlelés, távolságban  $x_i$  tekintve a  $\sigma(t, x)$  értékét. Részletesen kiírva az elmondottakat, a  $\sigma_{\text{stack}}$  a felvételi idő és a terítési geometria függvényében a

$$\sigma_{\text{stack}}(T_k) = \left( \frac{1}{NC} \sum_{i=1}^{NC} \sigma^2(T_k, x_i) \right)^{1/2} \quad (14)$$

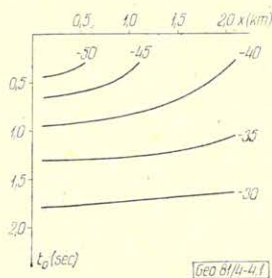
képlettel kapható. A tényleges jel/zaj arány ennek alapján közelítőleg az

$$\sigma(T_k) = \frac{ER(T_k)}{\sigma_{\text{stack}}(T_k)} \quad (15)$$

kapcsolattal kapható.

A 4.1–4.2 ábrán a  $\sigma(t, x)$  értékét mutatjuk be (eredeti, dinamikus korrekció és összegzés előtti szórás), mely pusztán a jel energia csökkenésének következménye. A  $\sigma$  értékét a 0.2 km távolságú ponton 0,2 s időben önkényesen 0,001-nek  $-60$  dB választottuk.

A 4.3 és 4.4 ábra a tényleges jel/zaj arány változását mutatja be kétféle terítési rendszerre és a 4.2 ábrán szereplő eredeti  $\sigma(t, x)$  zaj szórás függvényre. A feltételezett jel, melyre az  $ER(T_k)$  vonatkozik, 30 Hz csúcshékvencijájú. A kétféle terítési rendszer egyaránt 48 csatornás, 24-szeres fedéses, 70 m geofonközzel, csak az offset az egyik esetben 35 m =  $d/2$ , a másodikonban 840 m =  $12d$ .



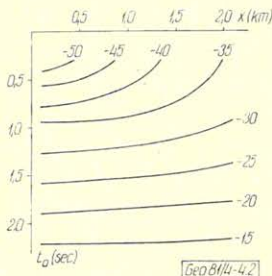
4.1. ábra. A rendezetlen zaj szórásának változása a jel amplitúdó csökkenésének hatására. Feltételeztük, hogy  $\sigma(T = 0,2 \text{ s}, x = 0,2) = -60 \text{ dB}$  és a jel amplitúdójának – később kompenzált – változása csak a gömbi szóródás következménye

Рис. 4.1. Изменение разброса нерегулярного шума под влиянием затухания сигнала. Предполагается, что  $\sigma(T = 0,2 \text{ сек}, x = 0,2) = -60 \text{ ДБ}$ , а изменение – позже компенсированной – амплитуды сигнала вызвано только сферическим расхождением

Fig. 4.1. The variation of the standard deviation of the random noise due to the compensation of the amplitude decrease of the signals. The assumptions are  $\sigma_{\text{noise}}(T = 0,2, x = 0,2) = -60 \text{ dB}$  and the decrease of the signal amplitude is due to spherical divergence



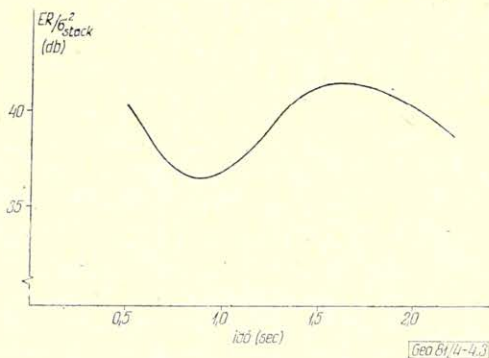
Joggal felvethető kérdés, mit érnek ezek az elméleti, még mindig szélsőségesen leegyszerűsített vizsgálatok, ha az összegcsatornán kialakuló jel/zaj arányt nem tudjuk becsülni. Különösen nehéznek látszik elméletileg tisztázni a további hatások jel/zaj arányra gyakorolt hatását.



4.2. ábra. A rendezetlen zaj szórásának változása a jel amplitúdó csökkenésének hatására. Feltételeztük, hogy  $\sigma(0,2, 0,2) = -60$  dB és a jel amplitúdójának csökkenését a gömbi szóródás és  $\alpha = 0,6/c$  átlagos abszorpciós együtthatóval leírható elnyelődés okozta

Рис. 4.2. Изменение дисперсии нерегулярного шума под влиянием затухания сигнала. Предполагается, что  $\sigma(0,2, 0,2) = -60$  ДБ, а изменение амплитуды сигнала вызвано сферическим расхождением и поглощением со средним коэффициентом абсорбции  $\alpha = 0,6/c$

Fig. 4.2. The variation of the standard deviation of the random noise due to the compensation of the amplitude decrease of the signals. The assumptions are:  $\sigma_{\text{noise}}(T = 0,2, x = 0,2) = -60$  dB and the decrease of the signal amplitude is due to spherical divergence and absorption. The "average" absorption coefficient is  $\alpha = -0,6 \text{ sec}^{-1}$



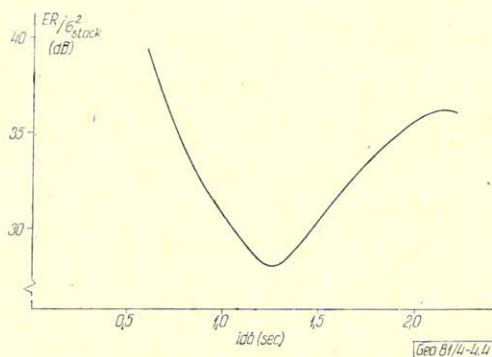
4.3. ábra. Az összegzés utáni jel/zaj arány változása a felvételi idő függvényében az  $ER/\sigma_{\text{stack}}^2$  közelítéssel számítva. 30 Hz csúsfrekenciájú jel 24-szeres fedés, 70 m geofonköz, 35 m offset esetén

Рис. 4.3. Изменение отношение сигнал/помеха после суммирования в зависимости от времени вступления, вычисленное с приближением  $ER/\sigma_{\text{stack}}^2$

Частота сигнала 30 Гц, 24-х кратное перекрытие, расстояние между сейсмоприемниками 70 метров, расстояние от ПВ до ближайшего ПП 35 метров

Fig. 4.3. The signal-to-(random) noise ratio, obtained from the estimate  $ER/\sigma_{\text{stack}}^2$  (Equns 1 and 14). The signal peak frequency is 30 Hz. The stacking geometry is as follows: 24-fold coverage, geophone distance 70 m, offset 35 m

Az 1. fejezetben említett, gyakorlati adatokra is alkalmazható hatásossági mértékek  $SE$  és  $\lambda$  segítenek. A  $\lambda$  segítségével a jel/zaj arányt mind a modell-vizsgálatokban, mind gyakorlati anyagon becsülhetjük.



4.4. ábra. Az összegzés utáni jel/zaj arány változása a felvételi idő függvényében az  $ER/\sigma_{\text{stack}}^2$  közelítéssel számítva. 30 Hz csúcsfrekvenciájú jel 24-szeres fedés, 70 m geofonköz, 840 m offset esetén

Рис. 4.4. Изменение отношения сигнал/помеха после суммирования в зависимости от времени вступления, вычисленное с приближением  $ER/\sigma_{\text{stack}}^2$ . Частота сигнала 30 Гц, 24-х кратное, перекрытие, расстояние между сейсмоприемниками 70 метров, расстояние от ПВ до ближайшего ПП 840 метров

Fig. 4.4. The signal-to-noise ratio, obtained from the estimate  $ER/\sigma_{\text{stack}}^2$ . Parameters are identical with those used in the computation of Fig. 4.3 but the offset is 840 m

### 5. A statikus korrekció hibáinak hatása

A statikus korrekció hibái a szelvény minőségét két lényeges ponton befolyásolják. Az egyik az összegzés hatékonyságának romlása, ami kisebb jel/zaj arány növekedést jelent. A másik még feltűnőbb jelenség az, hogy a statikus korrekció hibáinak hatása miatt az egymást követő összegcsatornák azonos szintről eredő reflexióinak beérkezési idői között rendezetlen időtolások maradnak. Rendszerint ezek csökkenésével szelvényeken, szelvényrészleteken demonstrálják a statikus korrekciók analízisét, majd az így meghatározott, „maradék” korrekciókat elvégző programok hatékonyságát. Az utóbbi típusú vizsgálatot számos publikációban, többek között magyar szerzők (Sághy, Zelei, 1975, 1979 stb.) munkáiban is megtaláljuk. Jelen dolgozatban, célkitűzésének megfelelően a figyelmet az összegzés hatékonyságának változására fordítjuk.

Amikor azonos alakú jelek összegzéséről van szó, a statikus hibák hatását a lineáris átviteli rendszerek elméletével tárgyalhatjuk. Az összegzés eredménye, ha a jelek amplitúdói azonosak:

$$g_{\text{stack}}(t) = \sum_{i=1}^{NC} g(t - \Delta t_i) \quad (14)$$

ahol  $\Delta t_i$  a statikus korrekciók hibáit jelöli. A (14) egyenletből leolvasható, hogy a



művelet átviteli függvénye

$$S(f) = \sum_{i=1}^{NC} e^{-j2\pi f \Delta t_i}. \quad (15)$$

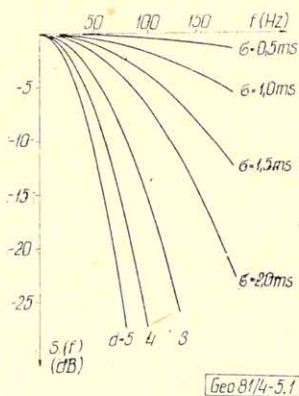
Ha ismerjük a  $\Delta t_i$  tolások, mint valószínűségi változók  $p(\Delta t_i)$  valószínűségi sűrűségfüggvényét, az  $S(f)$  várható értéke számítható:

$$\mathcal{E}\{S(f)\} = NC \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j2\pi f \Delta t_i} p(\Delta t_i) d\Delta t_i. \quad (16)$$

Jó feltételezés, hogy  $\Delta t_i$  normális eloszlású, zérus várható értékkel és  $\sigma_t$  szórással. A statikus korrekció analízise, illetve azt követő javítása lényegében a maradék időtolások szórását csökkenti. Élve a  $\Delta t_i$  változók valószínűségi sűrűségfüggvényének ezzel a közelítésével

$$\mathcal{E}\{S(f)\} = NC e^{-\left(\frac{f\sigma_t}{2}\right)^2} \quad (17)$$

kapható. A hibák hatása egyszerű simításnak mutatkozik, mely a nagyobb frekvenciákat csillapítja, az alacsony frekvenciákat átengedi. Ha  $\sigma_t$  eléggé kicsiny, ez a hatás egyáltalán nem zavaró, a jel/zaj arányt sem befolyásolja lényegesen. Az átviteli függvényt néhány  $\sigma_t$  értékre az 5.1 ábra mutatja be és ezen jól látszik, hogy a szeizmikus frekvenciatartományt még  $\sigma_t = 3 \text{ ms}$  sem befolyásolja lényegesen.



5.1. ábra. A statisztikus hibák hatása az összegzés műveletére. Azonos alakú jelek, rendezetlen, normális eloszlású statikus hibák feltételezésével számított átviteli függvények. Az átvitelt  $(1/NC)$ -vel normáltuk. Paraméter: a hibák szórása

Рис. 5.1. Влияние погрешностей статических поправок на процесс суммирования. Переходные функции, вычисленные для сигналов одинаковой формы при предположении, что погрешности статических поправок нерегулярны и имеют нормальное распределение. Переходные функции нормировались  $1/NC$ . Параметр: дисперсия погрешностей

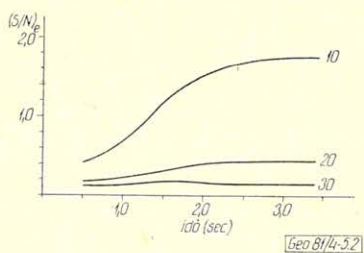
Fig. 5.1. The effect of static correction errors. The transfer function of averaging signals of identical shape with random time shifts. The random shifts have normal distribution with the indicated standard deviations

Úgy tűnhet, a korrekciók javítására a reflexiók horizontok folytonossága, simasága miatt kell csak törekedni. Ez a következtetés azonban téves. Tapasztalatból tudjuk, hogy gyenge statikus korrekciók esetén a szeizmikus anyag minősége lényegesen romlik. A (14) modell túlzott egyszerűsítése miatt nem tudja ezt a romlást objektíven tükrözni.

Könnyen belátható, hogy pusztán a jelek amplitúdóinak eltérései és ennek következtében a különböző jel/zaj arányok is lényegesen csökkentik az összegzés hatásosságát (Robinson, 1970). A rendezetlen tolások, kombinálva az amplitúdók eltéréseivel már valamivel realisabb eredményeket adnak. További lényeges, nem-lineáris hatás az, hogy az összegzendő és egymáshoz viszonyítva rendezetlenül eltolt jelek alakja sem azonos. Ha alakmódosító tényezőként pusztán a dinamikus korrekció miatti megnyúlást vesszük figyelembe, már jóval kisebb hatásosságokat tapasztalunk, mint az egyszerű lineáris átvitel közelítéssel.

Az összes tényező együttes vizsgálata a 8. fejezetben szerepel. Most – illusztrációként – csak statikus korrekciós hibát és állandó rendezetlen zajt tartalmazó modelleket tárgyalunk.

Az 5.2, 5.3 és 5.4 ábrákon a kimeneti jel/zaj arány menete hasonlítható össze. Az első esetben a statikus korrekciós hiba szórása nagy,  $\sigma_t = 5$  ms, a második eset a  $\sigma_t = 2$  ms, az utolsó a korrekciós hiba nélküli esetnek felel meg, azaz  $\sigma_t = 0$  ms. Az első eset azt illusztrálja, milyen hatásosság várható, ha a csatornák még durva hibákat tartalmaznak. A második azt mutatja, mi várható a javított korrekcióktól, azaz milyen javulást kapunk statikus korrekció analízis és járulékos korrekciók végrehajtása után. A harmadik az ideális eset, amikor feltételezzük, hogy a javítások a korrekciós hibákat tökéletesen eltüntetik. A valóság a  $\sigma_t = 2$  ms és az utóbbi  $\sigma_t = 0$  ms között van az analízis minőségétől függően, melyet az iterációs lépések száma, a szeizmikus anyag minősége, időkapu kiválasztása stb. befolyásol.

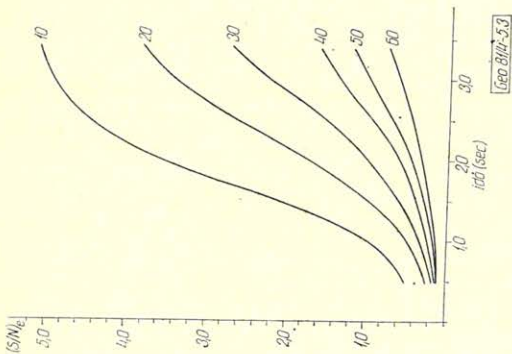


5.2. ábra. A kimeneti jel/zaj arány menete a felvételi idő függvényében, ha a jel/zaj arány minden bemeneti csatornán,  $S/N = 5$ , a statikus korrekciós hiba szórása:  $\sigma_t = 5$  ms. A CRP-csatornák 12-szeres fedés, 70 m geofontávolság, 140 m offset terítési elrendezésnek felelnek meg. A görbék paramétere a domináns frekvencia

Рис. 5.2. Кривая отношений сигнал/помеха на выходе в зависимости от времени вступления, если на каждом канале на входе отношение сигнал/помеха равно 5, а дисперсия ошибок статических поправок  $\sigma_t = 5$  мс. Каналы ОГТ соответствуют 12-ти кратному перекрытию, 70-ти метровому расстоянию между ПП и 140 метровому расстоянию между ПВ и ближайшим ПП. Параметром кривых является преобладающая частота

Fig. 5.2. The output signal-to-noise ratio as a function of the record time when the input  $S/N$  is 5.0 the standard deviation of static correction errors is  $\sigma_t = 5$  ms and the stacking geometry is as follows: 12-fold coverage, geophone distance 70 m, offset 140 m. The parameter is the dominant frequency





5.4. ábra. A kimeneti jel/zaj menete a felvételi idő függvényében, ha a jel/zaj arány minden bemeneti csatornán,  $S/N = 5$ , a statikus korrekciós hiba szórása:  $\sigma_t = 0$  ms. A CRP-csatornák 12-szeres fedés, 70 m geofontávolság, 140 m offset terítési elrendezésnek felelnek meg. A görbék paramétere a domináns frekvencia

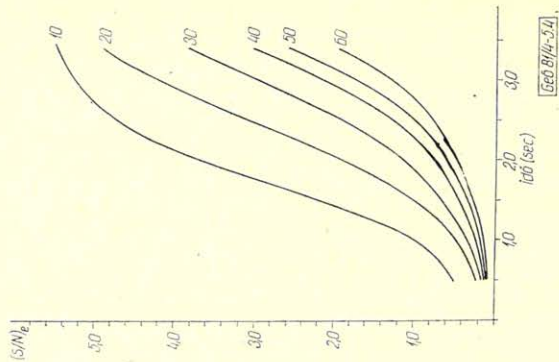
Рис. 5.4. Кривая отношений сигнал/помеха на выходе в зависимости от времени вступления, если на каждом канале на входе отношение сигнал/помеха равно 5, а дисперсия ошибок статических поправок  $\sigma_t = 0$  мс. Каналы ОГТ соответствуют 12-ти кратному перекрытию, расстояние между ПП 70 метров, расстояние между ПВ и ближайшим ПП 140 метров. Параметром кривых является преобладающая частота

Fig. 5.4. The output signal-to-noise ratio as a function of the record time when static correction error is zero. Further parameters are identical with those, used in the computation of Fig. 5.2

5.3. ábra. A kimeneti jel/zaj arány menete a felvételi idő függvényében, ha a jel/zaj arány minden bemeneti csatornán,  $S/N = 5$ , a statikus korrekciós hiba szórása:  $\sigma_t = 2$  ms. A CRP-csatornák 12-szeres fedés, 70 m geofontávolság, 140 m offset terítési elrendezésnek felelnek meg. A görbék paramétere a domináns frekvencia

Рис. 5.3. Кривая отношений сигнал/помеха на выходе в зависимости от времени вступления, если на каждом канале на входе отношение сигнал/помеха равно 5, а дисперсия ошибок статических поправок  $\sigma_t = 2$  мс. Каналы ОГТ соответствуют 12-ти кратному перекрытию, расстояние между ПП 70 метров, расстояние между ПВ и ближайшим ПП 140 метров. Параметром кривых является преобладающая частота

Fig. 5.3. The output signal-to noise ratio as a function of the record time when the standard deviation of the static correction errors is 2 ms. Further parameters are identical with those, used in the computation of Fig. 5.2



A vizsgált terítési rendszer egyirányú, 12-szeres fedéses, 70 m geofontávolsággal és  $2d = 140$  m offsettel. A független változó a robbantóponti beérkezési idő, paraméter a wavelet domináns frekvenciája. Az ábrák alapján levonható következtetés: a statikus korrekció hiba csökkentésének különösen a nagyobb frekvenciák esetén van jelentősége. A durva korrekciós hibák megszüntetése ajánlatos, mert eléggé nagy energia csökkenést és relatív hiba növekedést okoznak. Nincs különösen nagy eltérés a  $\sigma_t = 2$  ms és  $\sigma_t = 0$  ms között.

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a RE csökkenése frekvenciafüggő és nagyobb frekvencián a javulás általában jóval kisebb. Ebből következik, hogy minden művelet, mely a nagyobb frekvenciák erősítésével dolgozik – ennek tipikus példája a dekonvolúció – gyenge jel/zaj arányú anyagra alkalmazva rontja az összecsatornák jel/zaj arányát.

## Hírek

### Az IAGA főtitkárának, Prof. N. Fukushimaának magyarországi látogatása

A Magyar Geofizikusok Egyesületének meghívására 1981. augusztus 24–28. között Magyarországra látogatott Naosi FUKUSHIMA japán professzor, a Nemzetközi Földmágnességi és Aeronómiai Asszociáció (rövidítése IAGA) főtitkára. (Az IAGA a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió (IUGG) egyik legnagyobb szervezete.)

A japán professzor meghívására azért került most sor, mert augusztus első felében az IAGA Általános Tudományos Ülésszakán hivatalból Európában, a skóciai Edinburgban tartózkodott, mint a világrendezvény szervezője. Az IAGA szerteágazó tevékenységére jellemző, hogy Edinburgban két hét alatt a tudományos rendezvényeken kívül 1000 előadás hangzott el a szilárd Föld és a magaslégkör (magnetoszféra, ionoszféra), valamint az interplanetáris tér mágneses jelenségeiről. Az IAGA jelentősége valamennyi fenti tudományterületen növekvőben van. Hazánk több területen kapcsolódik az IAGA-hoz. Az IAGA szervezője annak a megfigyelési, adatgyűjtő tevékenységnek, amely Magyarországon a Nagycenk melletti és a tihanyi obszervatóriumban folyik a földi elektromágneses jelenségek tanulmányozása végett. Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete egyik nagy kutatási tématerülete éppen a „Földmágnesség és Aeronómia” címet viseli. Nemzetközi érdeklődést váltottak ki az ELTE Geofizikai Tanszékén folyó, a szekuláris mágneses változásokkal kapcsolatos vizsgálatok, stb. Magyarország adott otthont 1976-ban (Sopronban) az IAGA elektromágneses indukcióval foglalkozó Workshopjának. Két magyar szakember tisztséget is visel az IAGA bonyolult szervezetében.

Fukushima főtitkár látogatása során tanulmányozta a magyar intézmények – köztük az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, a MÁELGI Földfizikai Osztálya és az ELTE Geofizikai Tanszéke – kutatási eredményeit és megtekintette ezen intézmények obszervatóriumait. Targyalást folytatott az Egyesület főtitkárával, Deres Jánossal közös rendezvények szervezéséről és előadások publikálásáról. Érdeklődött az Egyesület működése felől. Saját kutatásairól két előadásban számolt be a MGE Általános Geofizikai Szakosztályának szervezésében.

Előadásainak címe:

1. Electric currents in the Magnetosphere – Ionosphere for Ground Magnetic Variations, especially the Relation between the Real Three-Dimensional Current and the Equivalent Two-Dimensional Current and the Equivalent Two-Dimensional Overhead Current System (Sopron, 1981. aug. 24.).

2. Archaeo – Aurora and Geomagnetic Secular variation in Historic Times (Budapest, 1981. aug. 26.).

A látogatás eredményeként azt várjuk, hogy a magyar szakemberek – Fukushima professzor segítségével – jobban bekapcsolódnak az IAGA tudományos munkájába és intenzívebben vesznek részt abban az információcserében, amely az IAGA rendezvényein, folyóiratain keresztül valósul meg és a korszerű kutatás nélkülözhetetlen szükséglete.

Ádám Antal



# Huzamos ideje üzemelő szénhidrogéntermelő kutak termoszelvényezése

PÁPAY JÓZSEF

*Az alábbiakban egy olyan termoszelvényezési módszer kerül ismertetésre, amely olyan esetekben alkalmazható a kőzetek in situ hővezetőképességének meghatározására, amikor a technológiai folyamat megvalósítása előtti hőegyensúly megbomlott és a termikus zavart okozó beavatkozás kvantitatív nagysága ismeretlen.*

*Почти все технологические процессы добычи нефти и газа осуществляются в неизотермических условиях. При заложении, т. е. бурении скважин система, находившаяся в статическом равновесии с точки зрения температурных условий, нарушается за счет разрушения горных пород, а также циркуляции бурового раствора, температура которого различается от температуры окружающей среды. В процессе добычи нефти и газа изменения энергии и фазы, связанные с потоком жидкостей, приводят к изменению температуры проточной системы. При применении методов повышения вторичного и третичного выхода нефти и газа, в нефтегазоносную залежь нагнетаются различные типы флюидов с температурой, различающейся от окружающей температуры, в связи с чем изменяется ранее господствовавшее статическое тепловое равновесие и т. п. Восстановление теплового равновесия или становление нового равновесия определяется, в основном, термическими особенностями, теплопроводимостью и теплоемкостью окружающей среды, т. е. комплекса горных пород, имеющего практически бесконечное протяжение.*

*В то же время вышеупомянутые факторы существенно влияют на технические параметры и экономичность технологических процессов. Здесь довольно лишь упомянуть о факторах, связанных с определением размеров обсадной колонны, опробованием пластов, процессами вытеснения и просачивания и т. п., которые все зависят от температуры. Вышеизложенное подтверждает исключительную важность изучения тепловых характеристик горных пород для проектирования, реализации и экономической оценки любого технологического процесса, непосредственно или косвенно связанного с добычей углеводородов.*

*Ниже описывается метод термокаротажа, который может применяться для определения теплопроводимости горных пород в естественном их залегании в случаях, когда до осуществления технологического процесса тепловое равновесие нарушилось и количественная величина воздействия, вызвавшего температурную аномалию, неизвестна.*

*Теоретические основы метода были описаны в работе [1]. Ниже, в сводном биде излагаются эти принципы, а затем, на примере измерений, проведенных на практике, иллюстрируется возможность применения метода для определения теплопроводимости горных пород, окружающих продуктивные нефтегазовые скважины, в условиях их естественного залегания.*

*Almost every technological procedure of hydrocarbon production is realised under non-isotherm conditions. In the course of drilling, due to the destruction of rocks as well as to the circulation of the boring mud the temperature of which differs from that of the environment, the system having been until then in static equilibrium from the point of view of temperature conditions, becomes disturbed. During the production of hydrocarbon the change of energy and of the physical state caused by the stream of fluid leads to the change of temperature of the streaming system. If secondary and tertiary exploitation increasing methods are used, a considerable amount of different fluids of differing temperatures is pressed into the hydrocarbon bearing deposit and thus the former static temperature equilibrium changes. The re-establishment of the thermic equilibrium or the establishment of a new state of equilibrium is determined essentially by the thermal properties, heat conductivity and heat capacity of the environment, i. e. of the rock mass having practically infinite extension.*

*At the same time the above factors considerably affect the technical parameters and economic efficiency of the technological procedures. It seems to be sufficient to mention here but the dimensioning of the casing, the testing of the deposit, the drilling procedure, the extraction and transport of fluids etc., all depending on temperature. From the foregoing it follows that it is very important to know the thermic properties of the rocks in order to plan, realize and economically estimate any technological procedure directly or indirectly connected with the production of hydrocarbons.*



*In the present paper a thermologging method is described which can be applied for the in situ determination of the heat conductivity of the rocks in cases when the heat equilibrium having existed before the realization of the technological procedure was disturbed and the quantitative value of the effect causing the temperature anomaly is not known.*

*The theory of the method was described in paper (1). Here a short summary of this theory is given and the application possibilities of the method for the in situ determination of the heat conductivity in rocks surrounding the hydrocarbon producing wells are illustrated by results received in practice.*

A szénhidrogénbányászat szinte valamennyi technológiai folyamata nem izoterm körülmények között valósul meg. Kúttelepítés, tehát fúrás esetén a hőmérsékletviszonyok szempontjából statikus egyensúlyban levő rendszert a kőzetroncsolással és jelentős mennyiségű, a környezettől eltérő hőmérsékletű öblítőfolyadék keringetésével megbontják. A szénhidrogéntermelés során a fluidumok áramlása miatti energia- és halmazállapotváltozás az áramló rendszer hőmérsékletváltozását eredményezi, a másod- és harmadlagos olaj- és gázkihozatalnövelő eljárások esetén a szénhidrogéntároló telepbe jelentős mennyiségű, a környezet hőmérsékletétől eltérő különböző típusú fluidumok kerülnek besajtolásra és így a korábbi statikus hőegyensúly megváltozik, stb. A termikus hőegyensúly helyreállítását, vagy az új egyensúlyi viszony beállítását alapvetően a környezet, azaz a gyakorlatilag végtelen kiterjedésű kőzettömeg termikus tulajdonságai, a hővezetőképessége, és hőkapacitása határozza meg.

Az említett tényezők ugyanakkor alapvetően befolyásolják a technológiai folyamatok műszaki paramétereit és gazdaságosságát. Itt elég utalni a béléscsőméretezés, a kútkiképzés, a rétegmegnyitás, a fúrási művelet, a fluidumkitermelés és -szállítás, a kiszorítási és az áramlási folyamatok, stb. hőmérséklettől függő tényezőire. Az elmondottakból megállapítható, hogy rendkívüli fontosságú a kőzet termikus tulajdonságainak meghatározása abból a célból, hogy bármely technológiai folyamat, művelet, amely a szénhidrogének bányászatát közvetve vagy közvetlenül célozza, megtervezhető, megvalósítható és gazdaságilag értékelhető legyen.

Az alábbiakban egy olyan termoszelvényezési módszer kerül ismertetésre, amely olyan esetekben alkalmazható a kőzetek in situ hővezetőképességének meghatározására, amikor a technológiai folyamat megvalósítása előtti hőegyensúly megbomlott és a termikus zavart okozó beavatkozás kvantitatív nagysága ismeretlen.

A módszer elvi alapjai [1] kerültek ismertetésre, amelyet az alábbiakban röviden összefoglalunk, majd ezt követően gyakorlatban elvégzett mérésekkel bemutatjuk alkalmazhatóságát a kőolajat és földgázt termelő kutakat körülvevő kőzetek hővezetőképességének in situ meghatározására.

## 1. Értékelő módszer

A termoszelvényezést legkedvezőbb olyan kútban elvégezni, ahol a mérések megkezdése előtt a hőmérsékleteloszlás azonos a geotermikus gradiens által meghatározott értékkel, tehát a kút már huzamosabb ideje nem működik, vagy még nem üzemelt.

Gyakran előfordul az, hogy a hőforrás már régóta működik és a termelési múltját nem ismerjük pontosan, ugyanakkor a hőmérsékletváltozás közel zérus – a hőáramlás stacioner vagy kvázistacioner.

Ha ilyen kút esetén a termelés megszüntetésével akarjuk a kezdeti hőmérsékleteloszlást létrehozni, akkor a termelési szünetnek legalább 3–4-szer hosz-

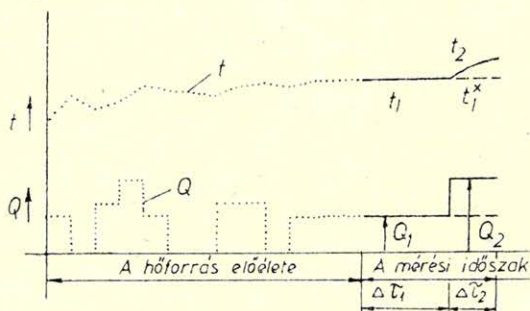


szabbnak kell lennie az azt megelőző üzemeltetési időszaknál ahhoz, hogy az eredeti hőmérsékleteloszlás, tehát a geotermikus gradiens által meghatározott, kialakuljon.

A csővezeték üzemének megszüntetésére az esetek többségében nincs mód és lehetőség, de okvetlenül nem is szükséges. Ebben az esetben a termosztelvényezés a következő módon történhet. A mérési időszakot két részre osztjuk,  $\Delta\tau_1$  és  $\Delta\tau_2$  időintervallumra, amikor is a biztonságos extrapoláció miatt  $\Delta\tau_1 > \Delta\tau_2$  (1. ábra). A  $\Delta\tau_1$  időszakban a kút célszerűen ugyanazzal a hozammal termel, mint a megelőző időszakban. MÉRJÜK a vizsgált mélységben, az idő függvényében az áramló fluidum  $t_1 = t_1(\tau_1)$  hőmérsékletét,

$$0 \cong \tau_1 \cong \Delta\tau_1$$

$\Delta\tau_1$  időszak végén a kút termelését megváltoztatjuk, megnöveljük, esetleg csökkentjük, de nem szükséges lezárni. Az áramló fluidum mennyiségének változására a hőáram értéke is megváltozik:  $Q_2$ .



GEO 80/28 -1

1. ábra Puc. 1. Fig. 1.

MÉRJÜK az áramló fluidum  $t_2(\tau_2)$  hőmérsékletét. Az ábrán  $t_1^x$ -gyel jelöltük a  $t_1$  hőmérséklet extrapolált értékét, amit úgy kapnánk meg mérésel, ha a  $\Delta\tau_2$  időintervallumban is a hőforrás üteme továbbra is  $Q_1$  lenne. Megjegyezzük, hogy a  $t_1^x$  tartalmazza a termikus előélet során bekövetkezett valamennyi ütemváltás hatását. A  $t_2 - t_1^x$  értékét a következő összefüggés adja:

$$t_2 - t_1^x = \frac{2,3(Q_2 - Q_1)}{4\pi hk} \left[ \log \frac{4k \tau_2}{1,78 r_w^2 \rho \cdot c} + 0,87 S \right] \quad (1)$$

$$\Delta\tau_1 \cong \tau_2 \cong \Delta\tau_1 + \Delta\tau_2.$$

Ha  $t_2 - t_1^x$  értékét  $\log \tau_2$  függvényében ábrázoljuk, akkor egyenest kapunk. Az egyenes iránytangensének ( $m$ ) értékéből a közet hővezető képessége számítható:

$$k = \frac{2,3(Q_2 - Q_1)}{4\pi hm}.$$

Az  $m$  értékét a  $\tau_2 = I$ , illetve  $\tau_2 = 10$  óránál, a termogramról leolvasott hőmérsékletértékek különbsége

$$(t_2 - t_1^x)_{\tau_2=10} - (t_2 - t_1^x)_{\tau_2=1}$$

adja.

Ha  $\rho c$  pl. ismert, akkor a kútszerkezetre jellemző termikus szkin értéke az (1) összefüggés alapján:

$$S = 1,15 \left[ \frac{(t_2 - t_1^x)_{\tau_2=1}}{m} - \log \frac{4k}{1,78 r_w^2 \rho c} \right]. \quad (2)$$

A  $(t_2 - t_1^x)_{\tau_2=1}$  jelenti a  $\tau_2 = I$  óránál a termogramról leolvasott ( $\tau_2$ ) és az extrapolált ( $t_1^x$ ) hőmérséklet különbségét.

Természetesen a (2) egyenlethől  $\rho c$  is számítható, megjegyezve azt, hogy a log függvény miatt a mért hőmérséklet  $\rho c$ -re kevésbé érzékeny, mint a termikus szkin értékére.

Ha a kút termelési múltjának adataiból a hőtéljesítmény értéke vagy átlagos értéke meghatározható, illetve becsülhető, akkor a kezdeti, tehát a termikus zavar előtti közethőmérséklet is számítható.

## 2. Termogramok felvétele

A módszer alkalmazásának szemléltetésére és bemutatására olaj és gázkutakon végeztünk méréseket.

A mérések alapvetően két csoportra oszthatók: attól függően, hogy a termelés megváltoztatása előtt a hőáramlás stacioner vagy pedig tranziens volt. Azok a kutak, amelyeknél a hőáramlás közel állandósult, a mérések megkezdése előtt már huzamosabb ideje termeltek, míg a tranziens esetben a kutak termelés-beállítására csak néhány nappal vagy néhány órával előzte meg a termogramok felvételének időszakát.

Az utóbbi mérésekre a kutak ún. kapacitásvizsgálata során került sor.

### 2.1. Termogramok felvétele stacioner esetben

Az alábbiakban ismertetett vizsgálatok arra az esetre vonatkoznak, amikor, a termogram felvételét megelőző időszakban ( $\Delta\tau_1$ ) a hőáramlás stacioner, azaz  $t_1$  értéke állandó.

Ezt követően a fluidumtermelést megváltoztattuk, ami a termelőcső falán átáramló hő mennyiségének megváltozását eredményezte, ez pedig az áramló fluidum hőmérsékletének módosulását okozta.

*Ásothalom 16. sz. kút* a mérések előtt éveken keresztül 5,5 mm  $\varnothing$  fúvókán át termelt kőolajat és földgázt. A kút 5,5 mm  $\varnothing$  fúvókán 1500 m<sup>3</sup>/nap gázt, 52,6 m<sup>3</sup>/nap olajat termelt és a kút hőrezsime állandósult és 500 m mélységben az állandósult hőmérséklet 64,8°C volt.

Ezt követően a fúvókát 3 mm-re változtatták, amikor is a gáztermelés 290 m<sup>3</sup>/nap-ra, a kőolajtermelés 10,7 m<sup>3</sup>/napra csökkent. A fluidumtermelés változása miatt a kútban áramló folyadék hőmérséklete is módosult. A termogram felvétele céljából 500 m mélységben mérték az áramló rendszer hőmérsékletét különböző időpontokban. A termelésesökkenés miatt a hőmérséklet csökkent az idő függvényében.



A hőmérsékletváltozás abszolút értékét az idő ( $\tau_2$ ) függvényében az 1. táblázat szemlélteti. Megjegyezzük, hogy a termogramokat a termelőcsőben vették fel.

1. táblázat Hőmérsékletváltozás abszolút értéke  
( $t_2 - t_1^x$ ) °C

Таблица 1. Абсолютные величины изменения температуры ( $t_2 - t_1^x$ ) °C

Table 1. Absolute values of temperature changes  
( $t_2 - t_1^x$ ) °C

2 óra	Kutak		
	Ásotthalom-16	Algyő-395	Algyő-361
1	1,1	0,7	0,5
2	1,6	2,4	1,0
3		2,6	1,0
4		2,9	
5	1,8	3,6	
6		3,7	
7	2,2	4,2	
8		4,3	
9		4,3	
10		4,4	
11		4,9	
12	2,6	5,2	2,0
13	2,7		2,0
14	2,8		
15			
16		5,3	
17		5,7	
18	2,8	6,0	
19	2,9		
20	2,9		
21	2,9		

*Algyő-395. sz. kút* 5,5 mm-es fűvókán keresztül a Szőreg-1 telepből kőolajat és földgázt termelt. A termogramot 500 m mélységben vették fel. A kút 5,5 mm Ø fűvókán 13.100 m<sup>3</sup>/nap gázt, 79,0 m<sup>3</sup>/nap kőolajat termelt és a kút hőzsime állandósult és 500 m mélységben az állandósult hőmérséklet 51,5°C volt. Ezt követően a fűvókát 3 mm Ø re cserélték ki, amikor is a gáztermelés 3300 m<sup>3</sup>/nap-ra, a kőolajtermelés 21,3 m<sup>3</sup>-re csökkent. A hőmérsékletváltozás abszolút értékét az idő függvényében az 1. táblázat tartalmazza.

*Algyő-361. sz. kút* Maros-3 telepből termelő gázkút, amely már több éve termelt a mérés előtt. A kút termelése ún. csoportos fűvóka segítségével szabályozható. A mérés előtt a kút 188 500 m<sup>3</sup>/nap gázt termelt 8+10 mm fűvókán keresztül. Az 500 m mélységben stabilizálódott hőmérséklet értéke 69°C. Ezt követően a kút termelését 252 000 m<sup>3</sup>/napra növelték úgy, hogy a 12 és 14 mm-es fűvókákat is kinyitották. A termelésnövelés hatására az áramló gáz hőmérséklete növekedett. A hőmérsékletváltozás értékét az idő függvényében az 1. táblázat tartalmazza.

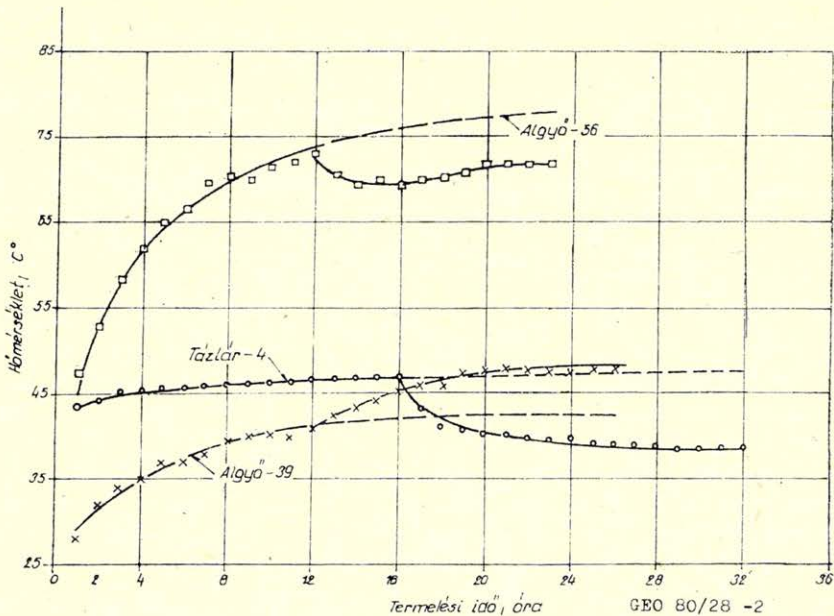
## 2.2. Termogramok felvétele tranziens esetben

A termogramok felvételére a kutak ún. kapacitásvizsgálata során került sor. A kapacitásmérések rövid időtartamúak, általában néhány naposak, amikor is a

2. táblázat. Hőmérséklet alakulás  
 Таблица 2. Поведение температуры  
 Table 2. Course of temperature

1 ill. 2 óra	Táztár-4		Algyó-56		Algyó-39	
	$t_1$ °C	$t_2$ °C	$t_1$ °C	$t_2$ °C	$t_1$ °C	$t_2$ °C
1	43,5	43,0	47,4	70,5	28	42,5
2	44	41,0	53,0	69,5	32	43,5
3	45	40,5	58,8	70,0	34,0	44,3
4	45,2	40,0	62,0	69,5	35,0	45,3
5	45,3	40,0	65,0	70,0	37	46,0
6	45,4	39,8	66,5	70,5	37	46,0
7	45,5	39,5	69,5	70,5	38	47,5
8	45,8	39,5	70,2	71,0	39,5	47,6
9	46,0	39,0	70,0	72,0	40	48,0
10	46,0	39,0	71,5	72,0	40	48,0
11	46,0	39,0	72,0	72,0	40	47,5
12	46,5	38,8	73,0	72,0	41	47,6
13	46,5	38,0				48,0
14	46,8	38,5				48,0
15	46,8	38,8				
16	47,0	38,8				

Hőmérséklet változás tranzien esetben



2. ábra Puc. 2. Fig. 2.



kutat különböző ütemmel termel-  
tetik, sőt a kút a mérések közben  
lezárásra is kerül. A gyakori ho-  
zamváltozás miatt a hőmérséklet-  
viszonyok nem stabilizálódnak. A  
termogramokat az ismertetett pél-  
dákban a termelőcsőben, a kútfej-  
től 5 m mélységben vették fel.

*Algyő-56.* A mérést megelő-  
zően a gázkút  $179.10^3$  m<sup>3</sup>/nap  
ütemmel 43 órán keresztül ter-  
melt, majd ezt követően 1 napig a  
kutat lezárták nyomásemelkedési  
görbe felvétele céljából. A nyo-  
másemelkedés után a kutat ismét  
termelésbe állították  $284.10^3$   
m<sup>3</sup>/nap kapacitással, miközben a  
hőmérsékletváltozást is regisz-  
trálták. (2. táblázat) A kút 12 órán  
keresztül változatlan ütemmel ter-  
melt, s majd a hozamot  $242.10^3$   
m<sup>3</sup>/nap-ra csökkentették. A csök-  
kentett hozammal 12 órán keresz-  
tül termelt. A termelés csökkenése  
miatt a hőmérséklet is csökkent.  
(2. ábra)

*Algyő-39. kút.* A gázkút a  
termogram felvétele előtt  $2650$   
m<sup>3</sup>/nap kapacitással 7 órán keresz-  
tül,  $24.200$  m<sup>3</sup>/nap kapacitással 6  
órán keresztül és  $64.800$  m<sup>3</sup>/nap  
kapacitással 10 órán keresztül ter-  
melt. Ezután a hozamot  $141.10^3$   
m<sup>3</sup>/nap értékre növelték, miközben  
mérték 5 m mélységben a kútfej  
hőmérsékletnövekedését, 12 órán  
keresztül - 2. táblázat. Ezt köve-  
tően a hozamot  $191.10^3$  m<sup>3</sup>/napra  
magnövelték, ami a kútfejhőmér-  
séklet további emelkedését ered-  
ményezte. A hőmérsékletváltozást  
a  $\tau_2$  időszakban 14 órán keresztül  
mérték (2. ábra és 2. táblázat)

*Tázlár-4.* A gázkút a termo-  
gram felvétele előtt  $102.10^3$  m<sup>3</sup>/nap  
hozammal termelt 2 napon ke-  
resztül, ezután a kutat nyomás-  
emelkedés céljából 1 napra lezár-  
ták, majd  $123.10^3$  m<sup>3</sup>/nap ütem-  
mel 16 órán keresztül termeltet-

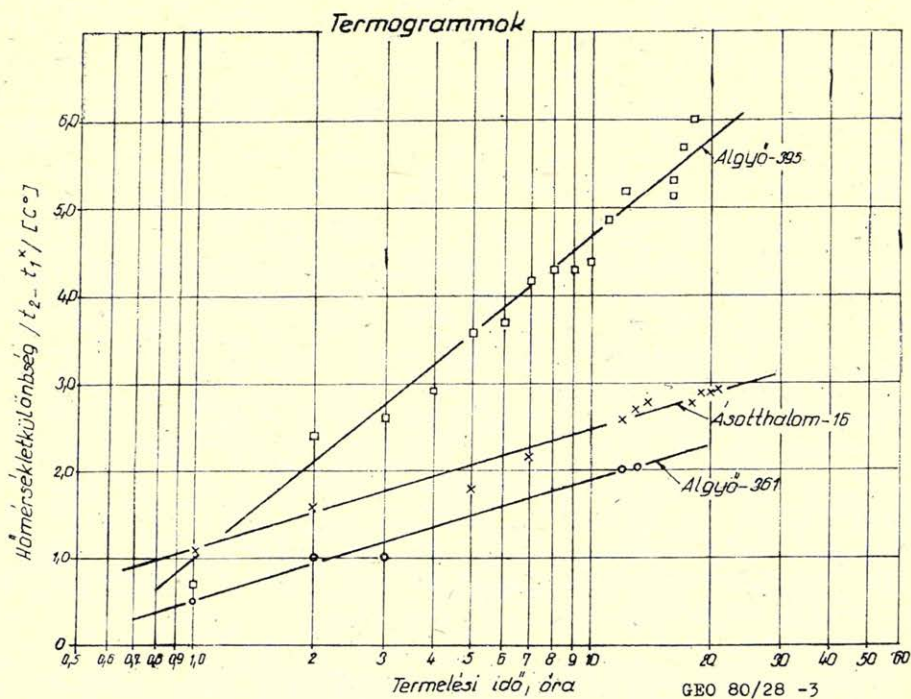
3. táblázat. Kútszerkezet - Таблица 3. Конструкция скважин - Table 3. Structure of bore-holes

Kút	Ásótalalom-16	Algyő-395	Algyő-361	Algyő-56	Algyő-39	Tázlár-4	Megjegyzés
Perforáció mélysége, m	1063 - 1068	1812,5 - 1869,5	2015 - 2033	2506 - 2510	1974 - 1993,5	1793 - 1851	
Termelőcső	∅ 2 7/8c L(m) 1066	∅ 2 7/8" L(m) 1846	∅ 3 1/2" L(m) 1982	∅ 2 7/8" 2 3/8" L(m) 2275 2275 - 2506	∅ 2 3/8" L(m) 1967	∅ 2 7/8" L(m) 1866	
Bélsőcső	13 3/4" 9 5/8" 7" 22 450 1120	13 3/4" 9 5/8" 7" 35,5 750 1954	13 3/4" 9 5/8" 7" 23,6 750 2063,5	13 3/4" 9 5/8" *6 5/8" 4 1/2" 52 1006,2 2430 2331 - 2560	9 5/8" 6 5/8" 2133	13 3/4" 9 5/8" 7" 152 1199 1890	felsz. cement felsz. cement felsz. cement teljesen cement

4. táblázat. Termogrammok kiértékelése  
 Таблица 4. Интерпретация термограмм  
 Table 4. Interpretation of thermograms

Kút	Ásotthalom-16	Algyő-395	Algyő-361	Algyő-56	Algyő-39	Tázlár-4
$ Q_2 - Q_1  \frac{\text{kJ}^*}{\text{óm}}$	84	134,4	73,1	73,9	130,2	138,6
$ m  \frac{\text{C}^\circ}{\text{ciklus}}$	1,4	3,6	1,4	1,8	4,9	5,3
$k \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \text{C}^\circ}$	10,9	6,7	9,7	7,6	4,9	4,8
S	-0,26	-0,6	-0,48	+2,4	-0,8	-0,05
Mérési időpont	1978. X.	1978. XI.	1978. VI.	1969. XI.	67. VII-VIII.	1969. II.

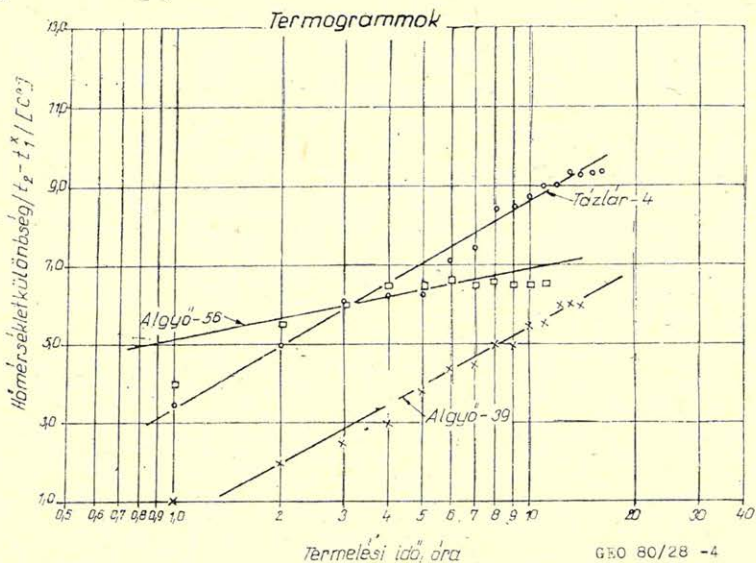
\* 1 m hosszú vezeték szakaszra vonatkozó hőmennyiség.





ték. Ezt követően a hozamot  $106.10^3 \text{ m}^3/\text{nap}$ -ra csökkentették, miközben 16 órán keresztül mérték a hőmérséklet alakulását. Ezután a hozamot  $70.10^3 \text{ m}^3/\text{nap}$ -ra csökkentették, ami hőmérsékletcsökkenést eredményezett. A kút a kisebb ütemmel 16 órán keresztül termelt. (2. ábra és 2. táblázat)

A 3. táblázatban tüntettük fel a kútszerkezetre jellemző csőméreteket, míg a 4. táblázat tartalmazza a 3. és 4. ábrákon feltüntetett termogramok kiértékelése során kapott eredményeket.



4. ábra Puc. 4. Fig. 4.

A 3. ábrát az 1. táblázatban feltüntetett mérések alapján, míg a 4. ábrát a 2. táblázat és 2. diagram alapján rajzoltuk meg.

A táblázat eredményeiből megállapítható, hogy az Algyó-56. kút kivételével a kút közvetlen környezetének hővezetési képessége jobb, mint az azt körülvevő kőzeté. A kőzet hővezető képességének számszerű értéke tipikusan üledékes kőzetekre jellemző.

#### Jelölések

$Q_2, Q_1$	a csővezeték falán átáramló hő mennyisége	$\text{kJ}/\text{ó}$
$h$	a csőszakasz hossza	$m$
$k$	a kőzet hővezetőképessége	$\text{kJ}/\text{m} \cdot \text{C}^\circ$
$\pi$	Ludolf-féle szám	—
$\tau_2$	idő	$\text{ó}$
$r_w$	a termelőcső belső átmérője	$m$
$\rho$	a kőzet sűrűsége	$\text{kg}/\text{m}^3$
$c$	a kőzet fajhője	$\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{C}^\circ$
$S$	termikus szkin	—
$t_2, t_1^x$	az áramló fluidum hőmérséklete	$\text{C}^\circ$

#### IRODALOM

- Pápay József: A szénhidrogéntermelő kutak körüli kőzetek hővezető képességének in situ meghatározása  
Kőolaj és Földgáz 1979. április 113–118.

## A multifilteres szűrés felbontóképessége\*\*

TÓTH SÁNDOR\*

*A cikk röviden ismerteti a multifilteres szűrést. Bevezeti a szűrők jellemzésére használható  $w$  súlyfüggvényt. Utalást tesz a  $w$  függvény alkalmazhatósági területeire a szűrők vizsgálatával kapcsolatban, és definiálja a gravitációs szűrések felbontóképességének fogalmát. Ismerteti a felbontóképességet befolyásoló tényezőket, majd a jászladányi kutatási terület példáján bemutatja a multifilteres szűrésekkel készült térképek értelmezését. Végül összehasonlítást tesz az egyszeres végrehajtott szűréssel és a multifilteres szűréssel készült térképek segítségével nyerhető, a további kutatást segítő információk között.*

*В работе даётся короткое описание понятия мультифильтрации, включая функции взвешивания  $w$ , применяемых для характеристики фильтров. Рассматривается вопрос практического значения этой операции. Разрешающая способность фильтрации гравиметрических определяется функцией. Обсуждаются факторы, влияющие на разрешающую способность. На примере хорошо изученного района разведки представляется интерпретация карт, построенных с мультифильтрацией. Приводится сопоставление функции сглаживания Буллара-Купера.*

*The paper gives a brief description of the meaning of multifiltering of gravity field including  $w$  weighting functions used to describe the filters. The practical importance of the process is also discussed. The resolving power of gravity filtering is defined by the  $w$ -function. Factors affecting the resolving are discussed. The interpretation of multifiltered maps for an exploration area of Hungary is presented. Comparison is made with maps computed by the Bullard-Cooper smoothing function and multifilter approach, respectively.*

A Geofizikai Kutató Vállalat Gravitációs osztályának egyik feladata, hogy az előkutatás fázisában a gravitációs módszerrel olcsón, gazdaságosan megszerzett adatokkal segítse a szeizmikus kutatási metodika megtervezését.

Az Alföldön a feltételezett lelőhelyek egy jól kutatható sűrűségkontraszt felülethez kapcsolódnak. Ez az esetek legnagyobb részében a neogén fekszik. A gravitációs értelmezés során az osztályon a különböző elméleti vizsgálatok elvégzése után rutinszerűen használták a feldolgozáshoz a Bullard-Cooper simításokból számított különböző paraméterű szűrőket. A modern szeizmikus berendezések által támasztott követelményeket azonban a rendkívül nagy értelmezési tapasztalat ellenére is csak nehezen lehetett kielégíteni. Új szűrők alkalmazása mellett felvetődött egy másik megoldás is. 1977-ben az osztályon kidolgozott elmélet alapján [1] szerint alkalmazzuk egy adatrendszeren kétszer az általunk már jól ismert szűrőket. Ebben az esetben az átvitelek szorzata jön létre, aminek következtében a szűrő meredekebb vágású lesz, — mint azt [2]-ben részletesen megmutatják a szerzők — valamint a regionál eltávolítás is megjavul, mert a görbe induló szakasza nem másodfokú lesz, mint az egyszeres szűrés esetén, hanem negyedfokú. A kapott eredménytérkép lényegesen részletesebb is ebben az esetben. Felvetődik az a kérdés, hogy az új módszerrel készült térképen jelentkező többlet-információ csak a jobb regionál eltávolításnak és a meredekebb vágásnak tulajdonítható, vagy más effektusoknak is. A kérdés eldöntéséhez további szűrővizsgálatok szükségesek. Nevezzük a továbbiakban ezt a szűrést — utalva arra, hogy elméletileg tetszőleges számban elvégezhető —

\* Geofizikai Kutató Vállalat Budapest 1068., Gorkij fasor 42.

\*\* Az 1981. március 26–27-én Visegrádon megrendezett Ifjúsági Napokon elhangzott első díjat nyert előadás,



*multifilteres* szűrésnek, megjegyezve, hogy kettőnél nagyobb számú ismétlésnek, mint a későbbiekben látni fogjuk, csak igen csekély a geofizikai jelentősége.

A szűrővizsgálatokat az úgynevezett  $w$  függvény segítségével végeztem, melynek a definíciója a következő:

$$r(x, y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_0^{+\infty} \sigma(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) \cdot w[(x-\bar{x}), (y-\bar{y}) \bar{z}] d\bar{x} d\bar{y} d\bar{z} \quad (1)$$

ahol  $r$  az eredményül kapott szűrt érték,  $\sigma$  a sűrűségeloszlás. A konvolúció tételt és Fourier transzformációt alkalmazva, és ha  $\sigma$  egy adott  $z$  mélységre vonatkoztatott  $\sigma'(x, y)$  sűrűségeloszlás, akkor:

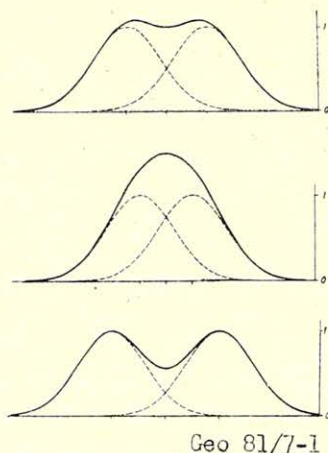
$$R(p, q) = \Sigma'(p, q) \cdot W(p, q) \xrightarrow{F^{-1}} r(x, y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma'(\bar{x}, \bar{y}) \cdot w[(x-\bar{x}), (y-\bar{y})] d\bar{x} d\bar{y} \quad (2)$$

ahol a megfelelő mennyiségek (1)-ben szereplők Fourier transzformált párijai. A térfrekvenciák tartományában  $W(p, q)$  (egy másik definíciója egy  $z_0$  mélységben)

$$W(p, q) = e^{2 \cdot \pi \cdot f \cdot z_0 \sqrt{p^2 + q^2}} T(p, q) \quad (3)$$

ahol  $f$  a gravitációs állandó,  $T(p, q)$  a szűrő átviteli függvénye. A definíciókból látható, hogy a  $w$  és Fourier transzformáltja  $W$  magába foglalja a szűrő sajátságokat, s így természetesen különböző szűrőkhöz más-más függvények tartoznak. Egy szűrő  $w$  függvényének vizsgálatával valamennyi, a hatóra vonatkoztatott gravitációs sajátságát megismerhetjük. Ezzel részletesen [3] foglalkozik.

Tekintsünk egy matematikai jellegű modellt a felbontóképesség definíciójához. Legyen (2)-ben szereplő  $\sigma(x, y)$  horizontális sűrűségeloszlás határesetre a Dirac-  $\delta(x, y)$  pontszerű ható. Ebben az esetben a Dirac- $\delta$  kiválasztási tulajdonsága alapján (2)-ből  $r(x, y) = w(x, y)$ . Az 1. ábrán a két pontszerű ható  $w$  görbéje



Geo 81/7-1

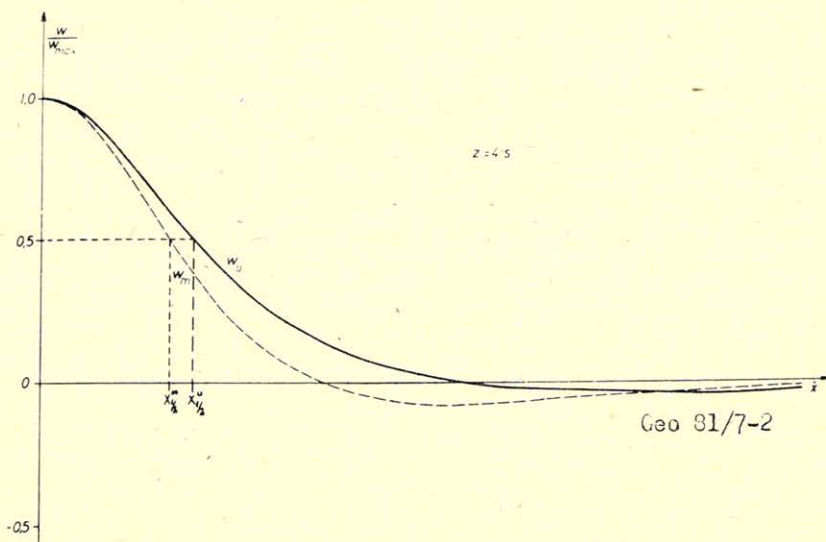
1. ábra. Szemléltető görbe a felbontóképesség definíciójához

Рис. 1. Теоретическая кривая разрешающей способности

Fig. 1. Resolving power theoretical curve

a szaggatott vonal. A középső részben látható, hogy ha a két pont távolsága kicsiny, összegzett hatásuk egy maximumként jelentkezik. Ha jelentősen megnöveljük a két pont távolságát, akkor az összeggörbén is két maximum látható.

Nyilvánvaló, hogy a határeset az, ha a két pont távolsága a hatás ( $w$ ) görbék félérték szélessége. Definiálható az optikában használatos fogalom alapján a szűrések felbontóképessége (2. ábra). Ha az  $xz$  síkban a  $w$  értékeket a



2. ábra. Az egyszeres és a multifilteres szűrés  $w_{rel}$  görbéi a  $z = 4s$  mélységszinten

Рис. 2. Кривые  $w_{rel}$  для простой мультифильтрации для уровня глубины  $z = 4s$

Fig. 2.  $w_{rel}$  curves for simple and multifiltering at  $z = 4s$  dept level

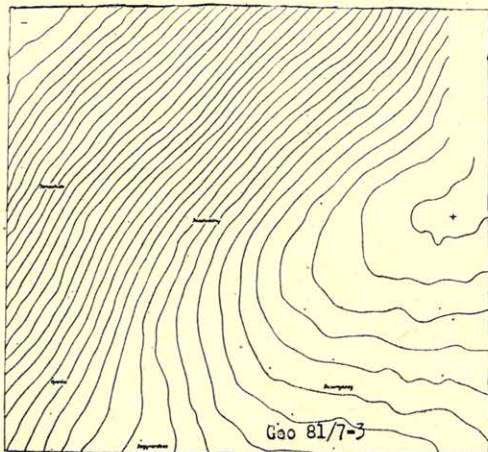
maximális  $w$  értékre normáljuk, kapjuk  $w_{rel}$  görbéket. A folytonos görbe az egyszeres, a szaggatott a multifilteres szűrés  $w_{rel}$  görbéje. Az 1. ábrára utalva könnyen belátható, hogy csak azok a hatók jelentkeznek a szűrt térképen elkülönülve, amelyek a jelölt  $x_{1/2}$  érték kétszeresénél nagyobb távolságra vannak. Ennek alapján a felbontóképesség:

$$d = \frac{1}{2x_{1/2}} \quad (4)$$

A (4) segítségével számszerűen is összehasonlítható különböző szűrők felbontóképessége. A felbontóképességet döntően a félérték szélesség határozza meg, de két másik tényező is befolyással van rá. Az egyik a kísérő negatív zóna  $w_{rel}$  nagysága. E zóna jelentkezése értelmezési problémákhoz vezet, de a szűrt térképet kontrasztosabbá teszi a multifilteres szűrés esetén, ami a 2. ábrán látható nagyobb abszolútértékű negatív  $w_{rel}$  értékeknek köszönhető. A másik felbontóképesség javító tényező az, hogy a multifilteres szűrés  $w_{rel}$  görbéje gyorsabban konvergál az  $x$  tengelyhez. Ez azt jelenti, hogy az egyszeres szűrés érzékenyebb a laterális inhomogenitásokra, ami a felbontóképesség romlásához vezet. Más-képpen fogalmazva a multifilteres szűrő  $w_{rel}$  görbéjének gyorsabb konvergen-



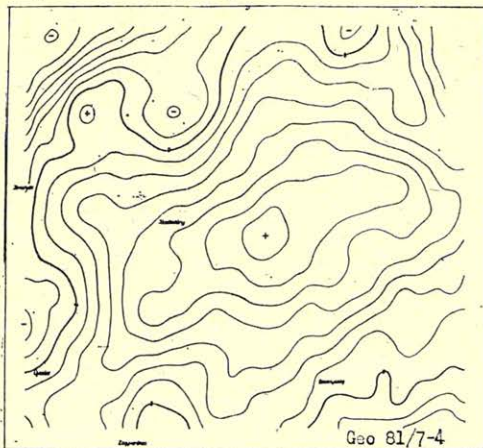
ciája azt jelenti, hogy a nagy gravitációs maximumok kevésbé nyomják el a tőlük kisebb távolságra levő gravitációs hatásokat a szűrt térképen. Bár e két utóbbi tényező is számszerűsíthető, a felbontóképességi vizsgálatokhoz elégséges a  $w_{rel}$  görbéket ábrázolni és vizuális összehasonlítást tenni. A (4) segítségével meghatározott érték csak egy jellemző elméleti  $d$  érték, aminek segítségével jó összehasonlításokat tehetünk a legkülönbözőbb gravitációs szűrők között, de valós földtani körülmények között a felbontóképesség értéke ettől el is térhet. Az eltérést, illetve a csökkenést a hatók változatos formája, szeszélyes térbeli elhelyezkedése és a sűrűségkontraszt csökkenése okozhatja. A multifilteres szűrés segítségével több magyarországi területen végzett értelmezés tapasztalatai viszont azt mutatják, hogy felbontóképesség még így is jelentősen jobb, mint az egyszeres szűrés esetén.



3. ábra. A jászládányi kutatási terület Bouguer képe

Рис. 3. Карта аномалий Буге для района Ясладань

Fig. 3. Jászládány exploration area Bouguer map

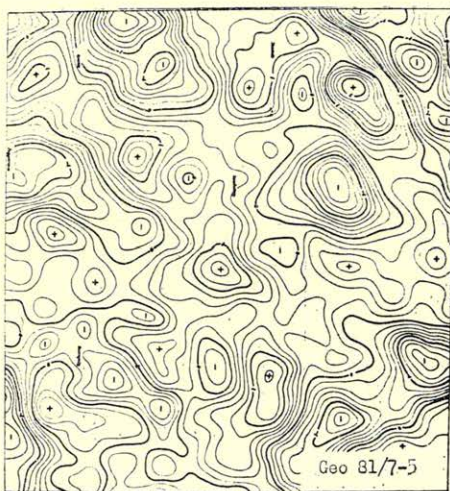


4. ábra. Az  $m_1 = 9/1,6$  ( $s = 500$  m) paraméterrel készített szűrt anomáliakép

Рис. 4. Профильтрованная карта аномалий с параметром  $m_1 = 9/1,6$

Fig. 4. Filtered anomaly map with parameter  $m_1 = 9/1,6$  ( $s = 500$  m)

Példaképpen tekintsük a jászladányi kutatási terület Bouguer képét (3. ábra). Ennek  $m_1 = 9/1,6$  ( $s = 500$  m) sáv paraméterű egyszeres szűréssel transzformált térképe a 4. ábrán látható. A szűrés a regionális hatást viszonylag jól eltávolította, de az izovonalak negatív görbületei, a maximum elnyúlt alakja, a két oldali eltérő gradiens értékek összetett anomáliára utalnak, melynek felbontásához nem volt elegendő az egyszeres szűrés felbontóképessége. A megismételt  $m_2 = 2$  ( $s = 500$  m) paraméterű szűrés nyomán készített térképre tekintve (5. ábra) látható, hogy az előbbi maximum három kisebb rész-maximumra bomlott, sőt az  $\acute{E}Ny$ -i részen is jelentkezik egy maximum. A multifilteres szűréssel készült térképen szembetűnnek a jelentős negatív anomália zónák, de ha visszagondolunk a transzformáció  $w_{rel}$  görbéjére kimondhatjuk, hogy ezek létrejötte a szűrés tulajdonságaiból következik. Az egyszeres szűréssel készült térképen jól felismerhetők az  $\acute{E}K - DNy$ -i csapású szerkezeti irányok. A szeizmikus tervezést megfelelően segítő szerkezeti kép meghatározásához azonban nem elég csak a nagyszerkezet felderítése. Az 5. ábrán a fiatalabb tektonikai mozgások által kialakított szerkezetek is nagy biztonsággal felis-



5. ábra. Az  $m_1 = 9/1,6$  ( $s = 500$  m) és az  $m_2 = 2$  ( $s = 500$  m) paraméterekkel készített szűrt anomáliakép

Рис. 5. Карта аномалий с мультифильтрацией, с параметрами  $m_1 = 9/1,6$  ( $s = 500$  m)  $m_2 = 2$  ( $s = 500$  m)

Fig. 5. Multifiltered anomaly map with parameters  $m_1 = 9/1,6$  ( $s = 500$  m)  $m_2 = 2$  ( $s = 500$  m)

merhetők. Igen markánsan jelentkeznek az  $\acute{E} - D$ -i csapású szerkezeti vonalak is. A felbontóképesség javulása, a jobb regionál eltávolítás és a meredekebb vágás következtében lényegesen részletesebb tektonikai információkhoz jutotunk. Ebből következően a multifilteres szűrés segítségével a medencealjzat lefutásáról alkotott képünk lényegesen közelebb áll a valósághoz. Sőt, ha a fedő öszlet gravitációs szempontból homogénnek tekinthető, a multifilteres szűréssel nyert térkép nagy hasonlóságot mutat a medencealjzat domborzatával. Itt sem szabad az értelmezés során elfeledkeznünk a térkép transzformáció tulajdon-



ságából következő „fiktív” negatív árnyékszínéről. Az esetleges fedő összletben jelentkező közbetelepülések is elkülöníthetők, főként azzal, hogy nagyobb gradienssel jelentkező maximumokat adnak a szűrt térképeken. Mindezek ismerete különös jelentőséggel bír a kőolajkutatás szempontjából.

Összefoglalásul megállapítható, hogy a  $w(x, y)$  görbék vizsgálatának segítségével a multifilteres szűréssel készült térképek értelmezése során nyert tapasztalatokkal teljesen egybehangzó következtetések vonhatók le. A  $w$  függvényvel definiált felbontóképesség segítségével új tulajdonság alapján tehetünk összehasonlításokat különböző gravitációs szűrők között.

Ez úton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik nélkülözhetetlen segítségükkel lehetővé tették e cikk megjelenését.

#### IRODALOM

- [1] Kovács F.: Meredekvágású szűrés alkalmazása „finomabb” szerkezeti részek indikálására. Kézirat, Geofizikai Kutató Vállalat
- [2] Kovács F., Szanyó B.: Nagyszerkezeti változások indikálása reziduál szűrésekkel és „finomabb” földtani szerkezetek kimutatása a gravitációs tér adatok többszörös szűrésével. Magyar Geofizika XX. évf. 1. sz.
- [3] Steiner F., Zilahy Sebess L.: Gravitációs súlyfüggvények vizsgálata. Magyar Geofizika XVIII. évf. 1. sz.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>А. Мешко:</i> Ограничения метода ОГТ Часть I. ....	161
<i>Й. Папай:</i> Термокартаж нефтяных и газовых скважин, эксплуатируемых в течение продолжительного времени .....	187
<i>Ш. Тот:</i> Разрешающая способности мультифильтрации гравиметрических данных	196
Новости .....	186

## CONTENTS

<i>A. Mesko:</i> The efficiency of the common reference point method, Part I. ....	161
<i>J. Papay:</i> Thermo-logging of long time operating hydrocarbon production wells .....	187
<i>S. Tóth:</i> Resolving power of multifiltering of gravity data .....	196
News .....	186

---

### MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Zelei András

A szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. Telefon: 429-754

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest, Lenin körút 9-11. Telefon: 429-350. Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

81.866. Állami Nyomda, Budapest.

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

**Index: 26 507**