

Szeizmikus és mélyfúrési geofizikai adatok korrelációja akusztikus szelvények alapján

SZULYOV SZKY IMRE*

A szénhidrogén-kutatás két legjelentősebb geofizikai módszerének — a szeizmikának és a mélyfúrési geofizikának — mérési eredményeül nem tudjuk közvetlenül korrelálni. A mélyfúrési geofizikában a mért adatokat a mélység függvényében, a szeizmikában pedig a reflexiók idő függvényében regisztrálják.

Mindkét adatrendszer átszámíthatjuk másik változó függvényébe, de az átszámítás alapjául szolgáló sebességfüggvény pontossága és vertikális felbontása határt szab a korreláció pontosságának.

A cikk ismerteti a korreláció javításának módját: az akusztikus szelvények kalibrációját. Mért anyag felhasználásával három feldolgozási változatot hasonlítottunk össze: kalibráció nélkül, egyetlen konstans tolással kalibrálva, több egységre bontott kalibrációval.

A szintetikus szeizmikus szelvények és a mért anyag összehasonlítása egyértelműen igazolja a kalibráció szükségességét.

Результаты двух самых важных геофизических методов разведки нефти и газа — сейсморазведка и промысловая геофизика — непосредственно друг с другом не коррелируют. В промысловой геофизике данные регистрируются в зависимости от глубины, а в сейсмике МОВ в зависимости от времени отражения. Обе системы данных переводимы одна в другую, но точность и вертикальная разрешенность скоростной кривой положенной в основу пересчета ограничивают точность корреляции.

В статье рассматривается способ улучшения корреляции — калибрация акустических профилей. С помощью полевого материала проводится сравнение трех видов обработки, обработка без калибрации, с калибрацией с одним постоянным сдвигом, с калибрацией по нескольким единицам разреза. Сравнение синтетических сейсмических профилей с результатами полевых данных однозначно подтверждают необходимость проведения калибрации.

The two most important geophysical methods in hydrocarbon exploration are the seismic method and borehole geophysical measurements. Seismic data are registered in the function of reflection time while the borehole data are registered in the function of depth. This fact makes difficult the direct correlation of the two sets of data.

Any of the two data set can be generated as a function of depth or time, but accuracy of the correlation strongly depends on the reliability and resolution of the applied velocity function.

A way of the improving of the correlation is discussed, i. e. the sonic log calibration by check shot data. Synthetic seismic sections are computed from no calibrated sonic logs, from sonic logs calibrated by a constant shift and from sonic logs with detailed calibration.

The comparison of synthetic and real seismic sections justifies the necessity of the sonic calibration.

Bevezetés

A szeizmika és mélyfúrési geofizika mérési adatainak korrelációja az akusztikus szelvényen mint összekötő láncszemen keresztül lehetséges. A két módszer u.i. ugyanazt az információt méri — az akusztikus hullám terjedési sebességét — csak más formában közli és a mérés körülményei, eszközei is jelentősen különböznek.

Ha sikerül az akusztikus szelvény és a szeizmikus szelvény közötti korrelációt létrehozni, akkor az akusztikus szelvényen keresztül — ugyanazon mélységszakaszon mért — bármilyen más mélyfúrési geofizikai szelvényt, adatsort tudunk korrelálni a szeizmikus adatokkal — akár idő- akár mélységtartományban.

A karotázs akusztikus szelvényt mélység függvényből reflexiók idő függvényévé transzformálhatjuk (ismerve a mérés kezdő mélységéhez tartozó átlag-

* Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest.

sebességet és használva magát az akusztikus sebességadatokat, vagy szeizmokarotázs, vagy VSP adatokat) és ugyanígy a szeizmikus szelvényt is idő függvényből mélység függvénybe transzformálhatjuk (használva a szeizmokarotázs sebesség adatokat). (A szeizmikus feldolgozás lépéseit korrekten elvégzettnek tekintjük.) Ezzel azonban nincs biztosítva tetszőleges réteghatárról származó karotázs és szeizmikus anomália korrelációja sem idő- sem mélységtartományban.

Az illető anomália mélységbeni elhelyezkedésére a karotázsadatot, a reflexiós időbeni elhelyezkedésre a szeizmikus adatot kell pontos értéként elfogadnunk, és így a szeizmikus és karotázs adatrendszer korrelációja megoldatlan marad.

A szeizmikus csatorna konstruktív és destruktív interferenciák eredményeképpen jön létre. Ezt az interferenciát erősen befolyásolja a reflexiós koefficiensek idő vagy mélységbeni elhelyezkedése. Viszonylag kis változás a reflexiós koefficiensek pozíciójában jelentős változást eredményezhet az interferenciaképpen.

A reflexiós koefficiensek – azaz a réteghatárok – mélységbeni helyzetét pontosan ismerjük, de ha szeizmikus modellt akarunk számítani, akkor az időbeni helyzetet kell pontosan ismernünk. Ezért az akusztikus szelvény időfüggvénybe transzformációja a szeizmikus modellezésben is jelentőséggel bír.

A mélyfúrás geofizikai szelvény alapján történő jelek meghatározása és a sztratifrái dekonvolúció régóta ismeretes. Újak az impedancia függvény visszaállítását célul kitűző különböző inverziós módszerek, és a kapcsolódó spektrum kiterjesztés dekonvolúció (Magyar nyelven: Szulyovszky, 1982; Wéber, 1986; Vermes, 1986). Ezeknél az eljárásoknál vagy magát a sávszűrt karotázs akusztikus csatornát próbáljuk egyeztetni a szeizmikából számítható pszeudo – impedancia szelvényvel (szeizlog), vagy maga az eljárás igényel egy kezdeti réteg, ill. sebességmodellt. (GSI cég GLI inverziója, a WESTERN cég SLIM-eljárása, a spektrum kiterjesztés alapuló dekonvolúció).

Ahhoz, hogy a mélyfúrás geofizikai akusztikus szelvény alkalmas legyen a fenti célokra, a mélység-, sebesség- és időadatok szeizmika és karotázsbeni egyeztetését el kell végezni, azaz kalibrálni kell.

A szeizmikus modellezésnél a mélyfúrás geofizikai adatokat transzformáljuk a szeizmikus adatok tartományába, és ebben a tartományban próbáljuk korrelálni a két adatrendszert. A szeizmikus inverzió éppen ellenkezőleg, a szeizmikus adatokat transzformáljuk a mélyfúrás geofizikai mérési adatok tartományába, és itt keresünk korrelációt. Mivel a mélyfúrás geofizika a harántolt összetétel részletesebb megismerését teszi lehetővé mint a szeizmika, ezért célszerűnek látszik a korrelációt ebben a tartományban keresni. Így nyílik lehetőség szeizmikus adatok alapján történő litológiai értelmezésre. Ezért az akusztikus szelvények szeizmikus célú kalibrációjának legnagyobb jelentősége a szeizmikus inverzióban van.

A szeizmikából és a mélyfúrás geofizikából származtatható sebességek különbözősége

Szeizmikában a legmegbízhatóbb átlagsebességeket a szeizmokarotázs vagy VSP mérésből származtathatjuk. A szeizmokarotázs adott mélységszakaszhoz tartozó mért terjedési idő értékének meg kellene egyeznie az ugyanazon mélységszakaszon mért mélyfúrás geofizikai akusztikus szelvény integráljával, hiszen mindkét módszer az eredeti helyükön maradt rétegek terjedési idő értékét méri. Gyakorlatban azonban ez szinte soha nem teljesül.

A különbözőségnek több oka van. A legfontosabb ok az, hogy míg a szeizmikus hullám szűz rétegződést harántol, addig a fúrással megbontjuk az eredeti rétegvizonyokat, és a szonikus szonda hullámai a fúrás által befolyásolt, öblítő-folyadékkal elárasztott és sok egyéb változást szenvedett rétegekben haladnak – mivel a szonikus mérés az egyik legsekélyebb behatolási mélységű mérés, a mélyfúrású szelvényezési módszerek között. Az elárasztáson kívül megváltoznak az eredeti nyomás és hőmérsékleti viszonyok is. További igen lényeges különbség a kétféle akusztikus hullám frekvencia spektrumában van: a szeizmikus jel 10–100 Hz közötti frekvenciájú, míg a szonikus műszer által kibocsátott jel 10kHz–30kHz közötti frekvenciájú (Thomas, 1977). Ezért a diszperzió néven ismert jelenség miatt a szonikus hullám valamivel gyorsabban terjed, mint a szeizmikus hullám (Meskó, 1977).

A szintetikus szeizmikus szelvény mért szelvényvel történő egyeztetésénél, vagy a pszeudo-impedancia szelvény mélyfúrású geofizikai impedancia szelvény-nyel való egyeztetésénél végülis négy különböző fizikai mérést használunk: a szonikus szelvényezést, a sűrűség szelvényezést, a szeizmokarotázs mérést és a felszíni reflexiós szeizmikus szelvény-mérést. Minden mérés tartalmazhat hibákat, de technológiailag legbonyolultabb és legtöbb hibalehetőséget a szonikus mérés tartalmaz.

(Pl. – zaj beérkezési idejét mérjük a jel helyett, így túlságosan rövid áthaladási időt kapunk;

ciklusugrás: a jel emelkedő amplitúdójú hullám, így lehetséges, hogy nem az első, hanem a második hullám beérkezési idejét mérjük;

At kinyúlás: ugyanazon hullámalakot az érzékelő küszöbérzékenységtől függően, rövidebb és hosszabb áthaladási idővel mérhetjük, attól függően, hogy a zérusátmenethez, vagy a maximumhoz közelebbi szintet mér az érzékelő;

a lyukátmérő és az iszaplepenyvastagság-változás torzított áthaladási idő mérési adatokat eredményezhet).

A hibák kiküszöbölésére egyre jobb szondákat terveztek, de a legfejlettebb technológia mellett változatlanul a szonikus mérés tartalmazza a legtöbb hibalehetőséget a szeizmikus, a szeizmokarotázs mérések általában jó egyezésben vannak a reflexiós szeizmikával, mindezek alapján inkább a szonikus sebességeket tekintjük hibásnak, azaz ha a szonikus szelvényből kapott sebességeket szeizmikában szeretnénk használni, akkor a szonikus mérési adatokat a szeizmikus sebességekhez, a szeizmokarotázs mérési adatokhoz kell igazítani, azaz kalibrálni kell.

Drift görbeszerkesztés és a kalibráció

A kalibrálás első lépése a drift görbeszerkesztés. Driftnek nevezzük egy adott mélységben a szeizmikus terjedési idő és az integrált szonikus áthaladási idő különbségét. Ezt a definíciót a Schlumberger cég vezette be (Dupal, Gartner, Vivet, 1977) és átvette pl. a GSI cég is. Másol, pl. a MERLIN PROFILERS LTD. és a SEISMOGRAPH SERVICE LTD cégek driftként az integrált szonikus áthaladási idő és a szeizmikus terjedési idő különbségét definiálják (Dillon, Collyer, 1984), de a kalibrálás módja mindkét definíció esetében azonos.

A drift görbe meghatározása a következő módon történik: Feltételezzük, hogy a szonikus szelvény kezdő mélységében a drift értéke zérus. Szerencsés esetben ebben a mélységpontban van szeizmokarotázs mérésünk is. Ezután minden

egyed, a szonikus szelvény kezdőmélysége alatti szeizmokarotázs méréspontban kiszámítjuk a fent definiált driftet és ábrázoljuk. Így Δh intervallumként kapunk egy értéket, ahol Δh a szeizmokarotázs mérési intervallum. Ezekből a pontokból szerkesztjük a drift görbét, amely egyenes szakaszokból áll és a lehető legjobban illeszkedik a drift pontokhoz. Két egyenes szakasz találkozásánál *könyök* pontnak nevezzük. A könyök pontoknak nem kell szükségszerűen megegyeznie a drift pontok helyével, azaz a szeizmokarotázs mérési helyekkel, hanem szeizmikus szempontból litológiai egységnek tekinthető szakaszok végpontjait kell megkeresni, és ezeken a helyeken elhelyezni a könyök pontokat. Két egymás után következő könyök pont között a szonikus szelvény értékeit úgy változtatjuk meg – valamilyen módszerrel, – hogy a driftek különbségei eltűnjenek. Erre két különböző módszer használatos, a blokkolás és a Δt minimum módszer.

Blokkolás módszerét akkor használják, ha a driftek különbsége kicsi. Az idők különbségét osztjuk az intervallum hosszával, és az így kapott értéket (melynek dimenziója $\mu s/m$) alkalmazzuk az egész intervallumra mint konstans tolást.

A tolás értéke lényegében a drift görbe mélységintervallum feletti meredeksége.

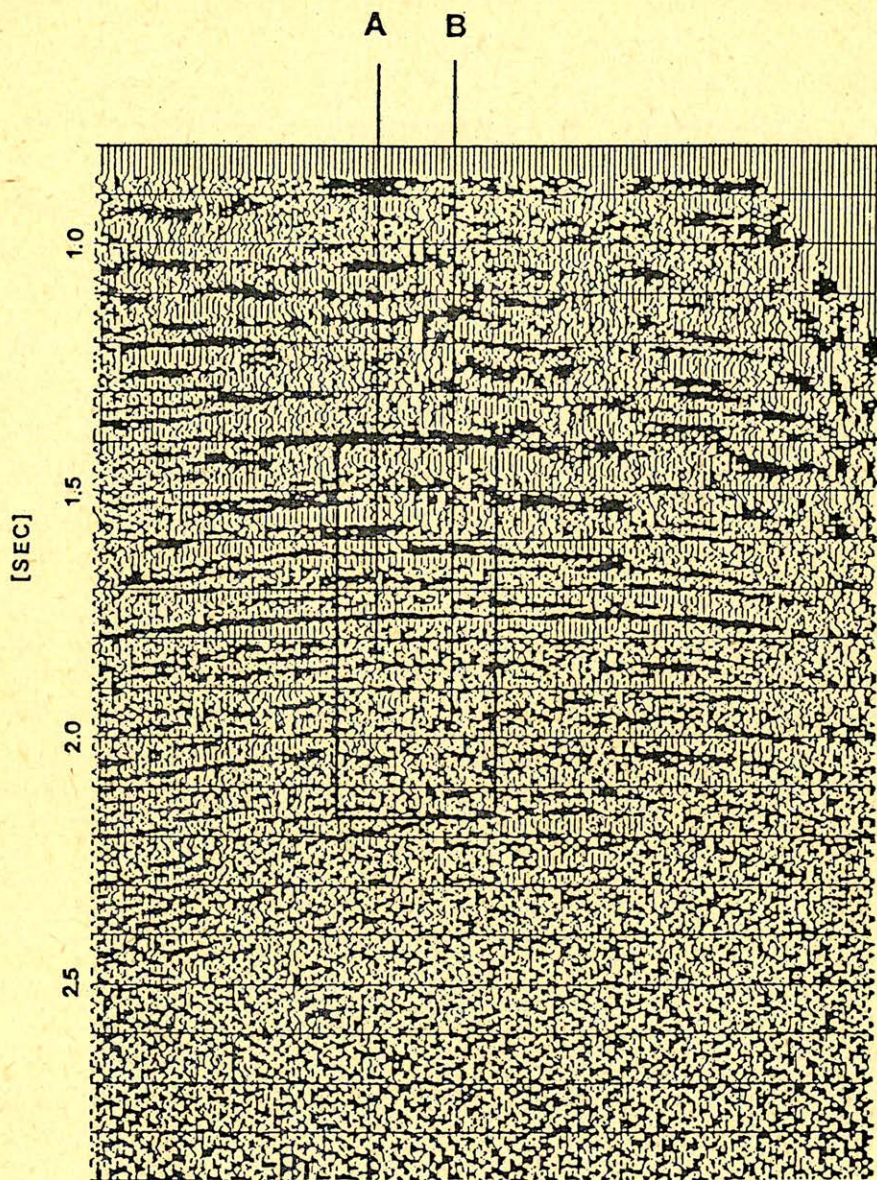
A Δt minimum korrekciós módszert negatív drift esetén alkalmazzuk akkor, ha a driftek különbsége nagy. Kiválasztunk egy küszöb értéket, és feltételezzük, hogy a küszöb alatti Δt értékek jók, korrigálásukra nincs szükség. A küszöb feletti Δt járulékokat egy korrekciós szorzóval megszorozva kapjuk a korrigált értékeket. Δt küszöb értékének meghatározása összefügg a szonikus szelvény megbízhatatlan szakaszainak kijelölésével, és ehhez fel kell használni a környezeti hatások által kevésbé befolyásolt szelvényeket, mint pl. az ellenállás szelvényt és más rendelkezésre álló litológiai információkat.

Negatív drift azt jelenti, hogy a szonikus idő a nagyobb, azaz a becsült sebesség alacsonyabb, mint a szeizmikus sebesség. Ilyen esetben, kis sebességű rétegeknél – pl. agyagos rétegeknél a kavernásodásból vagy iszap elárasztásból eredő hiba a mért érték sokkal nagyobb százalékát képezi, mint nagysebességű rétegeknél. Ezért ezek korrekciójakor nagyobb korrekciós értékeket kell alkalmazni, mint nagyobb sebességű rétegeknél. A Δt minimum kalibrációs módszernél ez az elv valósul meg: a küszöb áthaladási idő egy küszöb sebességet jelent, és az ezen áthaladási idő feletti értékeket – azaz a küszöb sebességénél alacsonyabb sebességeket – differenciált módon korrigáljuk: minél nagyobb az áthaladási idő, azaz minél kisebb a sebesség, annál nagyobb lesz a korrekció mértéke.

A kalibráció vizsgálata mért adatokon

Az algyői szénhidrogén mező területén mért szeizmikus szelvény (1. ábra) terítésvonalához közel eső két mélyfúrásban mért akusztikus szelvények kalibrációját végeztük el szeizmokarotázs adatok alapján.

A mélyfúrások pozícióját a szelvényre vetítve jelöltük. A fúrásokban mért akusztikus szelvények a 2. ábrán láthatók. Az ábrán jelöltük a szeizmikus felbontásnál finomabb lépcsős függvényeket, amelyekkel közelítettük az akusztikus görbéket. A közelítés kézi blokkosítással történt. A lépcsős sebességfüggvények és az ezek felhasználásával előállított sztratigráfiai modell, a megfelelő litológiai és a geológiai korbeosztás a 3. ábrán látható. (Az olajtartalmú rétegeket sötétítéssel, a gáztartalmat pontozott sötétítéssel jelöltük.)

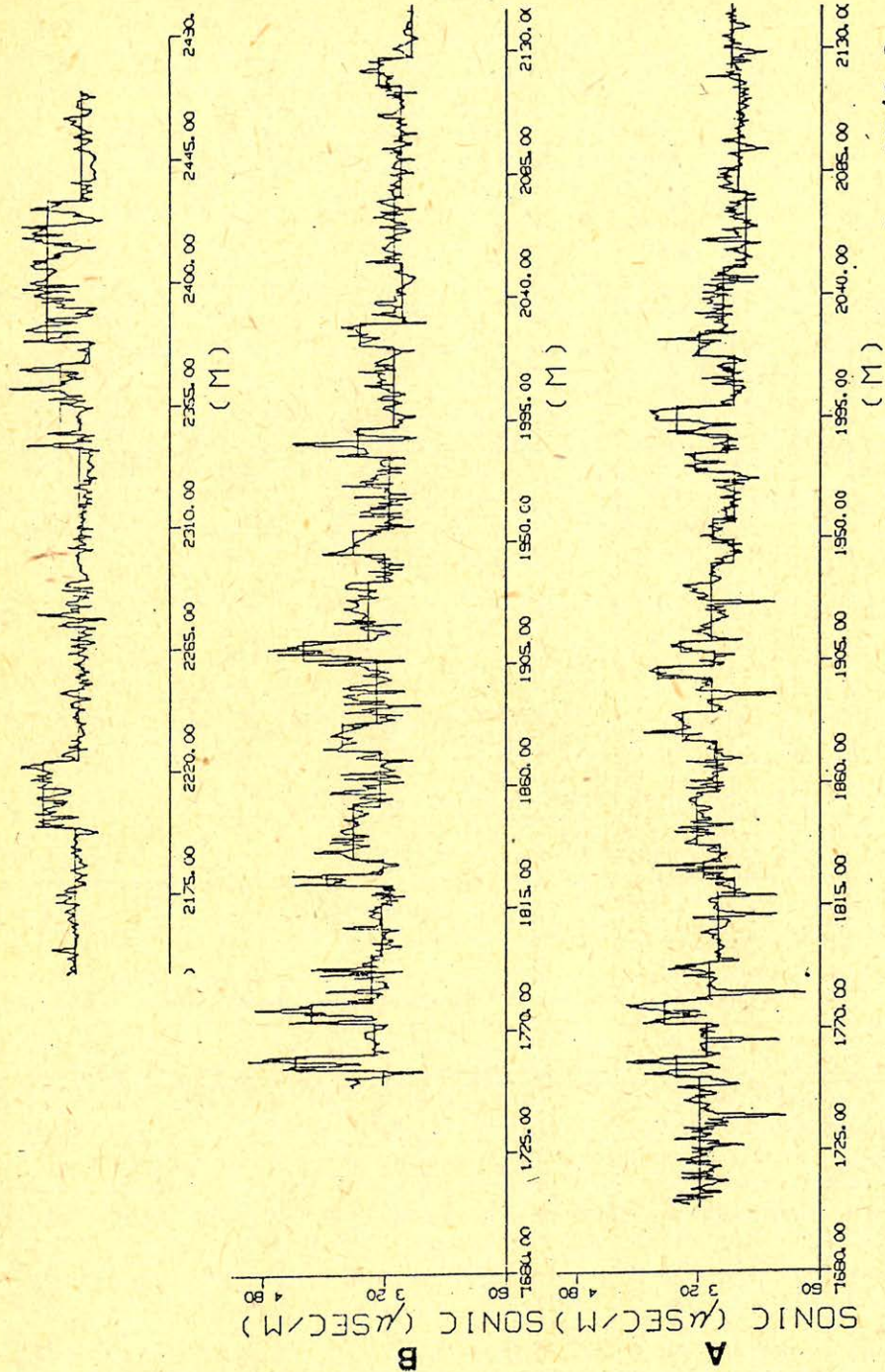


Geo 87/2-1

I. ábra. Szeizmikus szelvény

Рис. 1. Сейсмический профиль

Fig. 1. Seismic section,

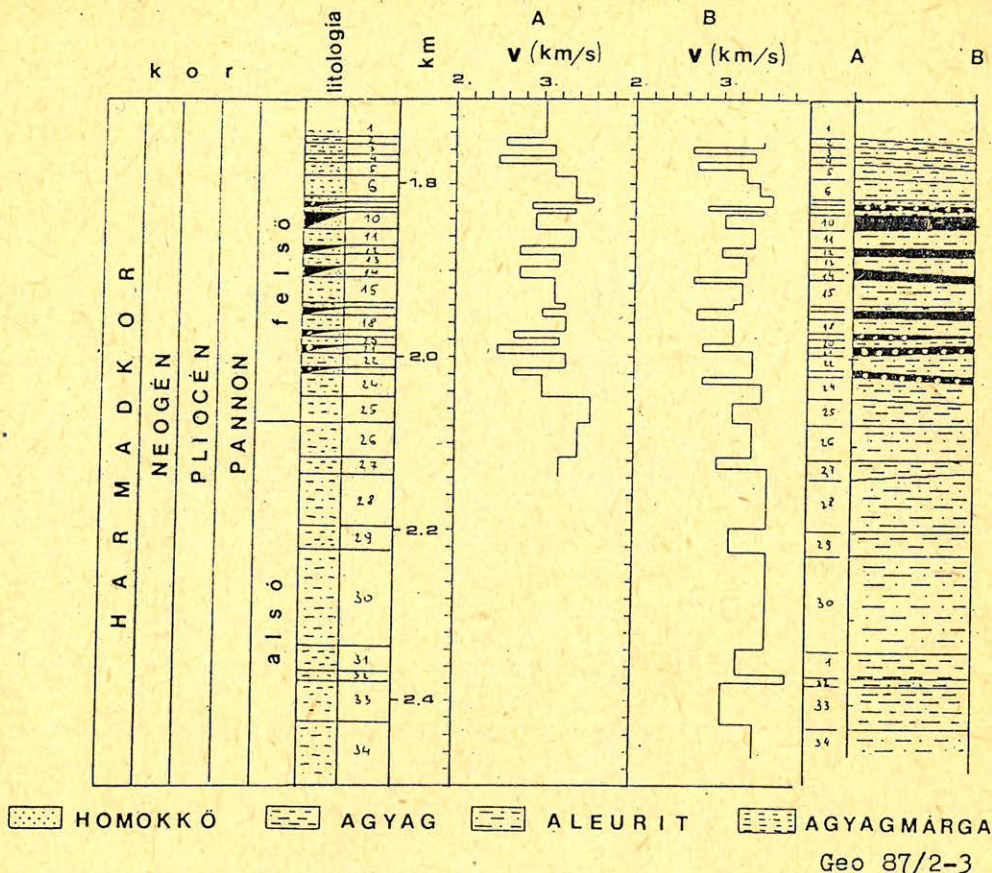


Geo 87/2-2

2. ábra. Akusztikus karotázs szelvények és kézi blokkosított változatuk

Рис. 2. Кривые акустического каротажа

Fig. 2. Sonic logs with hand-blocked version.



Geo 87/2-3

3. ábra. Blokkosított akusztikus karotázs szelvények, sztratigráfiai és litológiai modell

Рис. 3. Блочные кривые акустического каротажа, стратиграфические и литологические модели

Fig. 3. Hand-blocked sonic Logs, stratigraphical and lithological models.

Egy nem túl távoli mélyfúrásból származó szeizmokarotázs adatok felhasználásával meghatároztuk a drift értékeket és drift görbét szerkesztettünk, az előzőekben leírtak alapján: 4. ábra. A drift értékek számításánál a lépcsős sebesség közelítést használtuk, a szeizmokarotázs adatokat lineárisan interpoláltuk.

A kalibrációt a drift értékek felhasználásával szerkesztett drift görbe alapján kell végezni. A drift görbe szerkesztésénél az a cél, hogy minimális számú környök ponttal a drift görbe maximálisan közelítse a drift értékeket.

A környökpont választások számának nem a gazdaságosság szab határt. A litológia mellett meghatározza a szeizmokarotázs mérések felbontása és az akusztikus mérés megbízhatósága. Környök pontokat markáns litológiai határoknál célszerű választani, ami kevésbé megbízható mélyfúrási geofizikai szelvények alapján nem minden esetben jelölhető ki. Általában 100 m körüli vastagságú minimális litológiai egység választás kielégítő.

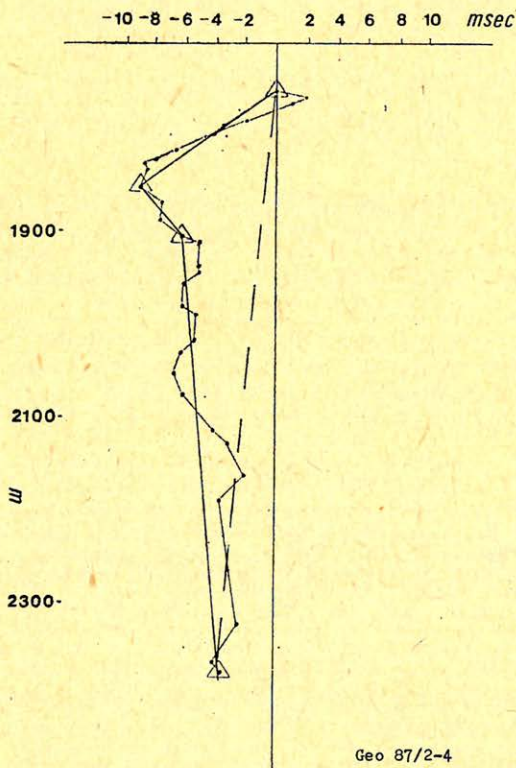
Mi itt a drift görbe szerkesztés szeizmikus hatásának vizsgálata céljából két különböző görbe alapján végeztünk kalibrációt. Az első a legegyszerűbb közelítés: egyetlen litológiai egységnek tekintettük a mélyfúrási geofizikai mérés mélység intervallumát. A megfelelő drift görbe a 4. ábra szaggatott vonala.

A második ennél jobb közelítés: három litológiai egységet jelöltünk ki. A litológiai egységek határait a 4. ábrán háromszögekkel jelöltük. A megfelelő drift görbe a háromszögeket összekötő egyenes szakaszokból álló görbe.

Szeizmikus modelleket számítottunk a kalibrálatlan akusztikus szelvények, az egyetlen litológiai egységként kalibrált és a három litológiai egységként kalibrált akusztikus szelvények alapján is: 5. ábra.

Ezzel lehetőségünk van a szeizmikus szelvényeken vizsgálni a kalibráció hatását. A sztratigráfiai és a szeizmikus modell összevetésének segítése céljából itt újra felrajzoltuk a sztratigráfiai modellt, a litológia és a rétegtartalom jelölése nélkül: 5/1 ábra.

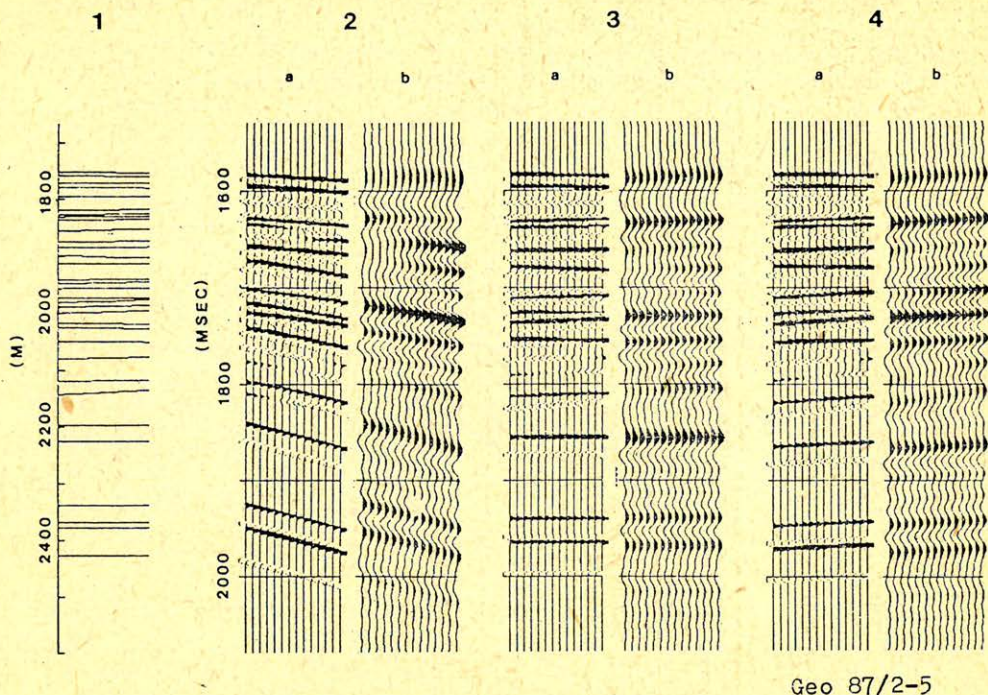
Az 5/2 ábrán látható a kalibrálatlan szeizmikus modell: *a* szelvény a reflexiós koefficiens, *b* szelvény a szeizmikus frekvenciasávban szűrt szintetikus szeizmogramm.



4. ábra. Drift görbe, a B fúrás adataiból számítva

Рис. 4. Дрейф-кривая, вычисленная по данным скважины В

Fig. 4. Drift curve computed from well B.



Geo 87/2-5

5. ábra. Modell számítás: 1. sztratigráfiai modell, 2. szintetikus szeizmikus szelvény, kalibráció nélküli akusztikus szelvényből számítva, a: reflexiókoefficiens szelvény, b: szeizmikus frekvenciasávban szűrt modell, 3. szintetikus szeizmikus szelvény, konstans tolással kalibrált akusztikus szelvényből számítva, 4. szintetikus szeizmikus szelvény több litológiai egységként kalibrált akusztikus szelvényből számítva.

Рис. 5. Модели: 1. Стратиграфическая модель 2. Синтетический сейсмический профиль, построенный по акустической кривой без калибрации а. Модель коэффициентов отражения в. Модель после фильтрации в сейсмических частотах 3. Синтетический сейсмический профиль, построен по акустической кривой калиброванной постоянным сдвигом 4. Синтетический сейсмический профиль, построенный по акустической кривой калиброванной по нескольким литологическим единицам

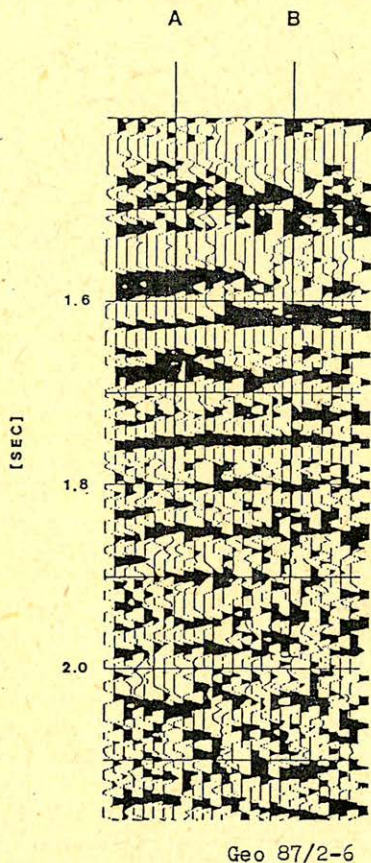
Fig. 5. Model computation: 1. stratigraphical model, 2. synthetic seismic section computed from sonic logs without calibration, a: reflection coefficient section, b: model after filtering to the seismic frequency band, 3. synthetic seismic section computed from calibrated sonic logs with one constant shift, 4. synthetic seismic section computed from detailed calibrated sonic logs.

(Meg kell jegyezni, hogy a B fúrásban akusztikus szelvényt csak az 1698 – 2139 m mélységzakaszon mértek. Ennek megfelelően a B fúrás helyén a sztratigráfiai modell szerkesztéséhez 2139 m alatt nem volt adatunk. Mivel az ezen mélységig megszerkesztett sztratigráfiai modell a mélység függvényében közel párhuzamos és közel vízszintes rétegekből áll, ezért ezen mélységpont alatt, ahol már csak egy fúrásból volt információnk, ezt vízszintes rétegek formájában terjesztettük ki, így kaptuk a sztratigráfiai modellt.)

Az 5/3 ábrán az egy litológiai egységként kalibrált akusztikus szelvényből számított megfelelő szintetikus szeizmogrammok láthatók.

A reflexiós koefficiens szelvények és a szeizmikus frekvenciasávban szűrt szintetikus szeizmogrammok összehasonlítása szemlélteti a szeizmika vertikális felbontásának korlátozott voltát. A szeizmikus frekvenciasávban szűrt szintetikus szeizmogrammok összehasonlíthatjuk a mért szeizmogram két fúrás közötti szakaszával: 6. ábra. Az ábrán jelöltük a fúrások helyét.

A kalibrálatlan adatokból számított szintetikus szeizmogrammon a reflexiók olyan idő-dőléssel jelentkeznek, ami nem egyeztethető össze a mért szelvényvel.



6. ábra. Kinagyított szeizmikus szelvény részlet.

Рис. 6. Увеличенный фрагмент сейсмического профиля

Fig. 6. Enlarged seismic section.

Az egy litológiai egységként kalibrált akusztikus szelvényből számított szintetikus szeizmogrammon ezek a hibás idődölések eltűnnek. Ez a szelvény már mutat korrelációt a mért szeizmikus szelvényvel, bár amplitúdó és fáziskülönbségek maradtak, és ez a szeizmikus zajjal együtt nehezíti a korrelációt.

Az 5/4/b. ábra. a többplitológiai egységre bontott kalibráció alapján számított szeizmogram korrelációja a mért szeizmogrammal további javulást mutat. A kalibrálatlan adatokból számított szintetikus szelvényhez képest enyhe, ellenkező irányú idődőlések jelentek meg, ami korrelál a mért szeizmikus szelvényvel.

Részleteket vizsgálva tökéletes korrelációt a mért szeizmikus szelvény eléggé zajos volta miatt sem várhatunk, másrészt az egyes szintek időbeni helyzete és amplitúdója modell és mért adatok között különbözni fog a legmondosabb kalibráció esetén is. Ezek figyelembevételével az egyes szintek a mért és modellszelvényen azonosíthatók. A teljes mért szelvényt mutató ábrán (1. ábra) a reflexiók könnyebben korrelálhatók.

A bemutatott példánál a szeizmikus és mélyfúrás geofizikai adatok korrelációjának bevezetőben említett egyik útját jártuk végig, a hagyományos szeizmikus szelvénytartományban végzett modellezést. Ugyanerre az adatrendszerre elvégezve a vizsgálatot, pszeudo – impedancia tartományban világosabb korrelációt kapunk (Szulyovszky, 1987).

Érdekes megemlíteni, hogy a kalibráció témakörében az irodalomban újfajta felfogással is találkozunk. A GSI ismert cég brosúrai és publikációi alapján, véleményünk szerint a driftet a szeizmikus és integrált szonikus idő különbségeként definiálva, negatív drift az akusztikus mérés és feldolgozás hibájaként értelmezhető.

A szeizmikus feldolgozás közben a szeizmikus adatokat illesztik a csak pozitív driftet tartalmazó akusztikus karotázs szelvényhez. (Hirsche et al 1984).

Összefoglalás

A szeizmokarotázs, és különösen a VSP mérések felhasználásával – felbontásuk által meghatározott pontossággal – bármely mélyfúrás geofizikai szelvény anomáliát a szeizmikus időszelvénybe transzformálhatunk, és viszont, a szeizmikus időszelvényen bármely eseményét időfüggvényből mélység függvénybe transzformálhatjuk. Ezzel azonban a szeizmikus és karotázs adatok közötti korreláció nincsen megoldva. A szeizmikus szelvényen u.i. interferencia képet látunk, amelyeknek eseményeihez nem rendelhető közvetlenül földtani változás. Ezért valójában összehasonlítani csak a karotázs adatokból számított szintetikus szeizmogrammot és a mért szeizmogrammot, vagy a szeizmikus szelvényből számított pszeudo – karotázs szelvényt és a mért karotázs szelvényt tudjuk. Az összehasonlításnál ezért az akusztikus karotázs szelvényre kell szorítkoznunk. Ennek sebességértékeit azonban nem használhatjuk fel közvetlenül, előzetesen a szeizmokarotázs vagy VSP sebességhez kell igazítanunk, kalibrálnunk kell.

A szeizmikus szelvényen mindig jelenlevő interferencia, mindkét mérésben jelen levő zajhatások, a sebességfüggvény esetleges hibái és felbontásbani hiányosságai miatt szigorú, szoros korrelációt a kalibráció után sem várhatunk, de a görbe szakaszok jellegbeni hasonlósága alapján a korrelációt nagyobb valószínűséggel fogjuk megtalálni.

- Dillon, P. B., Collyer, V. A., 1984*, On timing the VSP first arrival: 46 th Meeting of EAEG, London.
- Dupal, L., Gartner, J., Vive, B., 1977*, Seismic application of well logs: Fith European SPWLA Logging Symposium, Paris.
- Goetz, J. F., Dupal, L., Bowler, J., 1979*, An investigation into discrepancies between sonic log and seismic check shot velocities: Annual Conference of Australian Petroleum Exploration Association.
- Hirsche, W. K., Cornish, B. E., Wason, C. B., King, G. A., 1984*, Model - based Q compensation: 54 th Annual Meeting of SEG, Atlanta.
- Meskó, A., 1977*, Szeizmika, Jegyzet, ELTE TTK Tankönyvkiadó Budapest.
- Szulyovszky I., 1984*, Az ál-akusztikus impedanciaszelvények számítása és alkalmazása a direkt szénhidrogén-kutatásban: Magyar Geofizika XXII. 6. p. 214 - 226.
- Szulyovszky I., 1987*, Detection of Thin Beds with the Pseudo - Acoustic Impedancia Section, Geophysical Prospecting Vol. 35, N3, p. 221 - 235.
- Thomas, D. H., 1977*, Seismic applications of sonic logs: Fifth European SPWLA Logging Symposium, Paris.
- Vermes M., 1986*, Akusztikus impedancia becslése szeizmikus csatornák spektrumának extrapolációjával: Magyar Geofizika XXVII. 3 - 4. p. 92 - 123.
- Weber Z., 1986*, Szeizmikus szelvények inverziója: Magyar Geofizika XXVII. 5. p. 183 - 193.