

Karotázs transzformáló és térképező programcsomagok felhasználása a geológiai értelmezésben

V Á R N A I P É T E R * — V A K A R C S G Á B O R *

A szénhidrogén kutatás hatékonyságának növelése érdekében az utóbbi években egyre inkább előtérbe került a pannon összleten belüli rejtett csapdák kutatása. Ennek alapvető feltétele a pannon medencefeltöltődés mechanizmusának elemzése, részletes szeizmikus sztratográfiai vizsgálat, a fácies és üledékfelhalmozódási modellek megalkotása.

A szeizmikus sztratográfiai vizsgálatok továbbfejlesztése során kidolgoztuk a karotázs görbék, mélyfúrási információk (alakelemzési eredmények, litológiai és CH földtani információk) szeizmikus szelvényekkel való együttes interpretációjához szükséges módszert. A transzformáló programcsomag segítségével a Seislog szelvények pontos litológiai értelmezéséhez szükséges Plotlog illesztés is elvégezhető. Ezek az adatok jelenleg már nagy tömegben, rutinszerűen alkalmazhatók a szeizmikus szelvények komplex értelmezésénél, jelentősen növelve ezáltal a kutatás hatékonyságát.

A fácies és feltöltődési modell elkészítéséhez, a rejtett csapdák kijelöléséhez az izokron szekvenciák és a fácieshatárok térképezése is szükséges. A szeizmikus szelvényeken korrelált számok színről a térképszerkesztő programcsomag segítségével gyorsan készíthető szintvonalas és vastagság térképek, axonometrikus képek lehetővé teszik az egykori paleogeográfiai térszín meghatározását, az ősföldrajzi rekonstrukciót.

A vizsgálati módszerek és az eredmények néhány esettanulmány példáján kerülnek bemutatásra.

В интересах увеличения эффективности разведки углеводородов в последнее время на передний план стала выступать разведка скрытых ловушек паннонской толщ. Основным условием этого является анализ механизма осадконакопления паннонского бассейна, подробное сейсмостратиграфическое исследование, создание моделей фаций и осадкообразования. В процессе развития сейсмостратиграфического исследования был разработан метод, необходимый для совместной интерпретации каротажных кривых, информации бурения (результаты анализа формы литологические информации и данные геологии углеводородов) и сейсмических профилей. С помощью пакета программ трансформации можно провести необходимую для точной литологической интерпретации профилей ПАК подгонку Плотлог-а. В настоящее время эти данные в комплексной интерпретации сейсмического материала применяются уже в больших объемах, с большим навыком, тем самым значительно увеличивая эффективность разведки.

Для построения моделей фаций и осадкообразования, для выделения скрытых ловушек необходимо и картирование изокрон секвенций и границ фаций. С помощью пакета программ картирования можно быстро построить для нескольких, коррелируемых на сейсмических профилях, границ карты изолиний и мощностей, аксонометрические картины дают возможность определения палеорельефа и проведения палеорекострукции. На нескольких примерах показаны метод исследования и полученные результаты.

To improve the efficiency of hydrocarbon exploration the investigation of subtle traps have been increased in the last few years. For this kind of exploration input data are: basin evolution study of the pannonian sedimentary sequence, detailed seismic stratigraphic analysis, facies and sedimentation models.

Improving the seismic stratigraphic exploration method we worked out the method of integrated interpretation of well logs, borehole information (well log spake analysis etc.) and seismic profiles. Using the transforming programme packages fair Plotlog fitting can be done, that is needed for the detailed lithologic interpretation of Seislog profiles. Nowadays these type of information can be used in everyday complex geologic interpretation, improving the efficiency of exploration.

To make facies and sedimentation models, to identify subtle traps the mapping of isochronous seismic horizons (sequences) and facieses is also necessary. Contour map isopach maps and 3D projections can easily be constructed from the correlated seismic horizons with mapping programme packages. These maps are the basic input data for the paleogeographic reconstruction.

A few case study will show the interpretation method and some results.

* Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest

Bevezetés

„A számítástechnika szénhidrogénipari alkalmazásai az Alföldön” c. ankéton elhangzott előadás.

A magyarországi szénhidrogénkutatásban az utóbbi években előtérbe kerültek a rejtett, sztratográfiai csapdák azonosítására, pontos megismeré-

sére irányuló vizsgálatok. Az ilyen típusú felhalmozódások kutatásában a szeizmikus sztratigráfiai vizsgálatok játsszák a főszerepet. Az eddigi hazai szeizmikus sztratigráfiai kutatások eredményeivel számos cikk, előadás foglalkozik (Berkes et al 1983, Marton 1985, Mattick et al 1985, 1987, Pogácsás 1984, Pogácsás et al 1989).

A szeizmikus szelvényeken megfigyelhető jegyek helyes sztratigráfiai értelmezésében nagy segítséget adhat a mélyfúrások karotázsgörbéinek jelalak és elektrofácies vizsgálata, fácies értelmezése.

A továbbiakban a karotázs jelalakelemzést, annak különböző léptékében történő transzformációját, megjelenítését, a fácies meghatározás módszereinek fejlesztését és eredményeit ismertetjük. Bemutatjuk a karotázs és a szeizmikus információk integrált fácies értelmezésének a GKV-nél dolgozó kutatók közös munkájaként kialakult módszerét.

Litológia és leülepedési fáciesek meghatározása karotázsgörbék jelalak elemzéséből

Pontos litológiai szelvények készítéséhez, leülepedési fáciesek meghatározásához nagy mennyiségű, részletesen vizsgálható kőzetanyagra van szükség a teljes rétegsorból. A fúrásos kutatás során magminták vételével juthatunk kőzetanyaghoz. Mivel a magmintavételezés nagy költségigénye miatt nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű mag, a szakemberek figyelme a lyukgeofizikai szelvények felé fordult.

A különböző karotázs görbéket litológiai, szedimentológiai értelmezésekhez már több mint 20 éve felhasználják (Wilson et al 1961, Walker R. G. 1973).

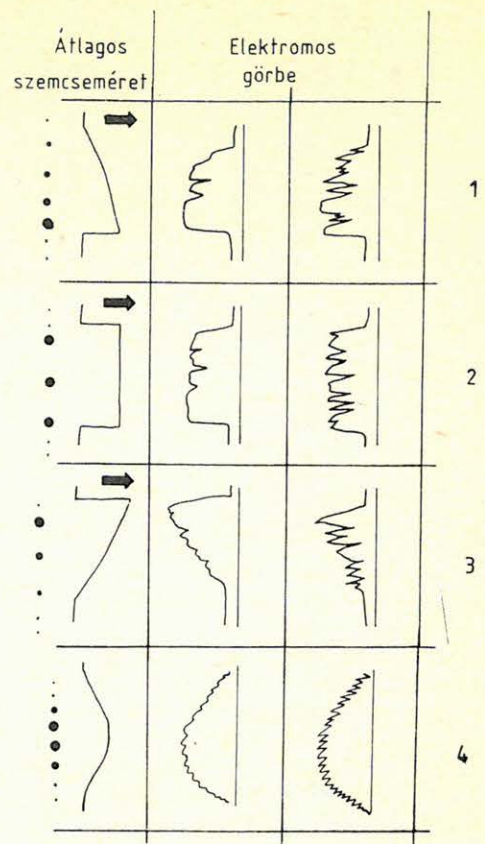
Az ismeretanyag azóta is folyamatosan bővül (Abbott 1981, Link, P. K. 1982, Galloway, W. E. 1983, Wilson, J. L. 1983, Orville et al. 1985, Serra, 1985). Magyarországon ez a módszer az utóbbi években vált ismertté, elterjedté (Bérczi et al. 1986, Várnai 1988, K. Juhász et al., 1989).

A törmelékes összetetkekben a litológiát a szemcseméret és az agyagtartalom határozza meg. Ezen két tényező változásaiból következtethetünk az egykori leülepedési környezetre.

A szemcseméret változásait általában jól tükrözik az elektromos szelvények (természetes potenciál, normál ellenállás stb.) (1. ábra), az agyagtartalomra pedig a természetes gamma szelvényekből lehet következtetni. Mivel az *SP*, *R*, *TG* görbéket a litológián kívül egyéb tényezők is jelentősen befolyásolják (rétegvíz szalinitás változásai, CH-tartalom, radioaktív ásványok jelenléte stb.), a módszer a litológiának és a fáciesnek csak nagyvonalú meghatározására alkalmas, a magminták vizsgálatát nem pótolhatja.

Litológia

A litológia meghatározásánál az első lépés az agyag alapvonal kijelölése a karotázsgörbékben. Az ettől a vonaltól való eltérést tekinthetjük a szemcseméret durvulásának. Ezért lehet az alapvonalról jelentősen kiugró görbe szakaszokat homokkőtestekként értelmezni. Ezek alapján lito-



Geo-90/8-1

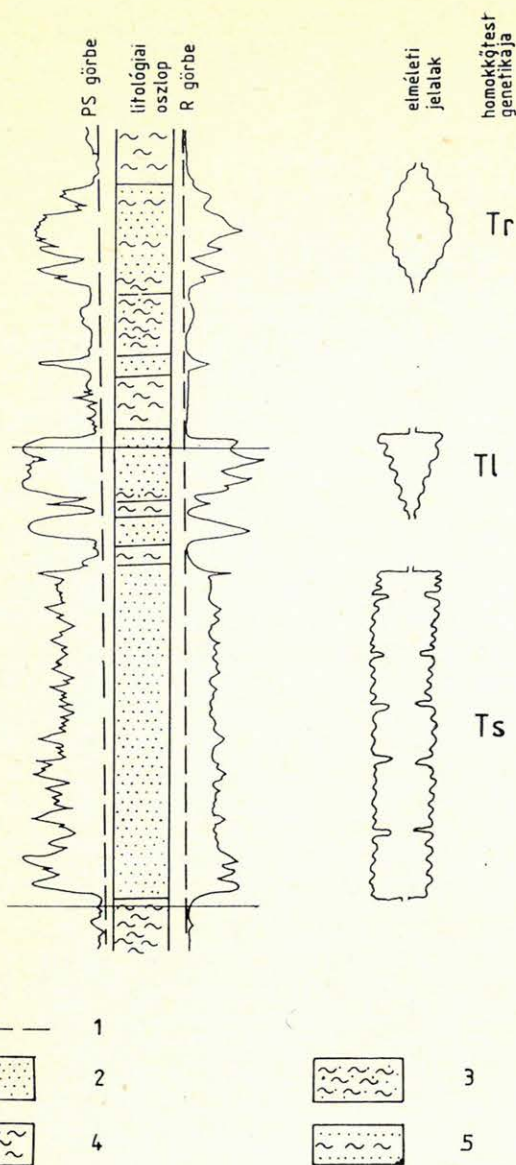
1. ábra. Az átlagos szemcseméret és az elektromos görbék kapcsolata, valamint a legfontosabb karotázs jelalak típusok. A homokkőtestek alsó és felső határa alapján (fokozatos vagy éles) négy fő jelalakípust lehet elkülöníteni: 1. Harang — felül fokozatos alul éles határ, 2. Henger — felül alul éles határ, 3. Tölcsér — felül éles, alul fokozatos határ, 4. Hordó — felül alul fokozatos határ

Рис. 1. Связь между размером зерен и электрокаротажными кривыми, а также наиболее важные типы форм сигнала каротажных записей. Можно различить четыре основных типа форм сигнала по подошвам и кровлям песчаных тел (постепенные или резкие): 1. колокол — кровля постепенная, подошва резкая граница. 2. цилиндр — сверху и снизу резкие границы. 3. воронка — кровля резкая, подошва постепенная граница. 4. бочонок — сверху и снизу постепенные границы

Fig. 1. The connection of average grain size and log curves, and the major log shape types. There are four log shape types, divided on the basis of the upper and lower boundaries of sand bodies. 1. Bell — upper boundary continuous, lower boundary sharp, 2. Cylinder — upper and lower boundary sharp, 3. Funnel — upper boundary sharp, lower boundary continuous, 4. Barrel — upper and lower boundary continuous

lógiai oszlop készíthető (2. ábra). Az így szerkesztett litológiai oszlopot azonban mindig össze kell vetni a magfúrási adatokkal, mivel a karotázsgörbéket a litológián kívül egyéb tényezők is befolyásolhatják.

A homokkőtestek alsó és felső határa lehet éles, illetve fokozatos átmenet a finomszemű összletbe.



2. ábra. Litológiai meghatározás karotázsgörbékéből. Az elektromos görbék agyag alapvonalától való eltérése első közelítésben a szemcseméret változását tükrözik, amit a litológiai oszlopon tüntettünk fel. 1. Agyag alapvonal, 2. Homokkő, 3. Homokos agyagmárga, 4. Agyagmárga, 5. Homok és agyag váltakozása

Рис. 2. Определение литологии по каротажным кривым. Отклонение кривых от основной линии глины в первом приближении отражает изменение зернистости, это выделено в литологической колонке. 1. основная линия глины, 2. песчаник, 3. песчанистый глинистый мергель, 4. глинистый мергель, 5. чередование песка и глины

Fig. 2. Lithologic interpretation of log curves. The deviation of log curves from the clay base line represents roughly the change of grain size, which is shown on the lithologic column. 1. Clay base line, 2. Sandstone, 3. Sandy claymarl, 4. Claymarl, 5. Interfingering of clay and sand

A karotázsgörbék által kirajzolt kép alapján a különböző homokkőtesteket harang, henger, tölcser és hordó elnevezéssel jellemezhetjük (1. ábra). A homokkőtestek belső szerkezete (agyag-márga rétegek közbetelepülése) jól tükröződik a görbe lefutásán. A viszonylag tiszta, betelepülésektől mentes homokkőtest karotázsgörbéje sima lefutású, míg a sok finomszemű betelepülés fogazott kappal jelentkezik.

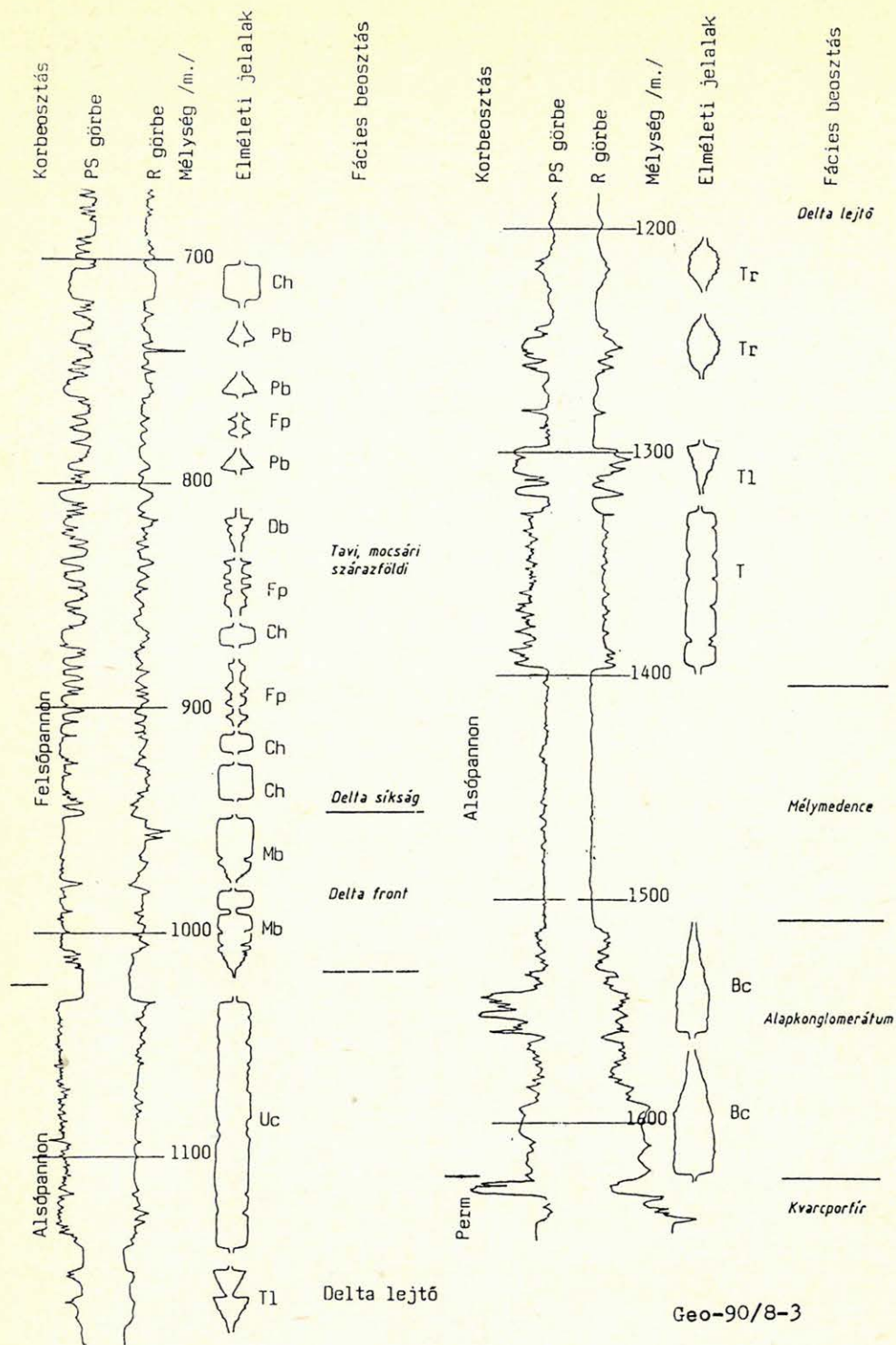
Fácies

A litológia meghatározásánál említettük, hogy a homok és márga rétegek határa lehet éles és folyamatos. A fokozatosan változó határnál megkülönböztetünk felfelé durvuló és felfelé finomodó szemcseméretű rétegeket. A szemcseméret változás tendenciájából (gyors-lassú, éles-folyamatos, betelepülések), vagyis a jelalaktól következtetünk a homokkőtest egykori leülepedési környezetére. Az értelmezést bonyolulttá teszi, hogy hasonló jelalakkal jellemezhető, de eltérő genetikájú homokkőtestek építik fel a rétegsort. Ezért nem lehet egy-egy homokkőtest genetikáját önállóan, elszigetelten meghatározni. Meg kell vizsgálni az alatta és felette települő összletet, az adott homokkőtestek rétegsorban elfoglalt helyét. A homokkőtestek pontos genetikája azonban csak komplex elemzéssel határozható meg, szükség van a mag, illetve furadék vizsgálatokból nyerhető litológiai és fácies adatokra is.

A 3. ábrán az ismertetett módszerrel készített fácieselemzésre mutatunk példát. A Mezőkovács-háza-1 fúrás karotázs jelalakelemzése $M=1:1000$ méretarányú természetes potenciál (PS) és normál ellenállás (R) görbén készült. Az egyes homokkőtestek fáciesének (transzgressziós homokkőtest (Bc), turbidit zagyar által áthalmazott homokkőtest (Tr), turbidit lebeny (Tl), turbidit homokkőtest (T), víz alatti mederüledékek (Uc), torkolati zátony (Mb), alluvális övzátony (Pb), elosztó csatorna zátony (Db), ártéri üledék (Fp), meder üledék (Ch) azonosítása után lehet a leülepedési környezeteket (alapkonglomerátum (A1, A2), mély medence (B), prodelta (C), delta lejtő (D), delta front (E), delta síkság (F) és tavi mocsári, szárazföldi (G)) meghatározni. Az $1:1000$ méretarányú PS és R karotázsgörbékét digitalizáltuk. A Kaszaper-1 fúrás mélység-idő görbéjének felhasználásával a görbékét mélységléptékből szeizmikus időléptékbe transzformáltuk. A szeizmikus szelvényre helyezett értelmezett karotázsgörbe alapján a meghatározott fáciesű homokkőtestek elterjedését vizsgáltuk a szelvény mentén, és litológiai szelvényvázlatot készítettünk (4. ábra).

A több évi fejlesztőmunka eredményeképpen a jelenleg rendszerbe állított transzformáló-megjelenítő programcsomag (Pusztai S., LOGKV 320 1989, Göncz G.—Késmárky I. VSPTH 1989) karotázsgörbékén kívül nagy felbontású litológiai oszlopot, és különböző értelmezési eredményeket (szöveges mezők) is képes kezelni (5. ábra).

A sztratigráfiai rekonstrukciós értelmezés során kialakított elvi fácies modellt a 6. ábrán ismertetjük. A delta komplexum által feltöltött medence szelvényében a feltöltődés jobb oldalról történt.



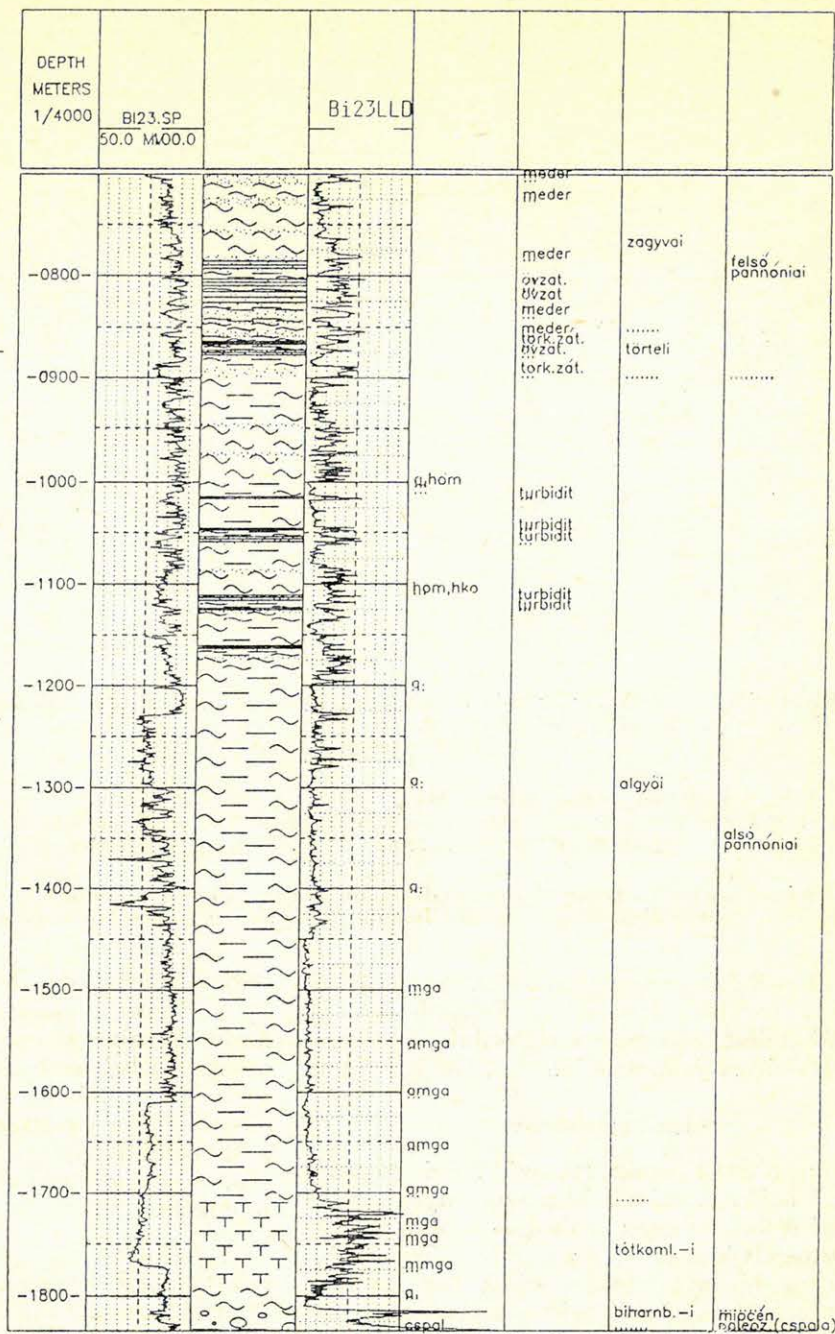
3. ábra. A Mezőkovácsháza—1 fúrás karotázs jelalak értelmezési eredménye. A PS és R görbék mellett feltüntettük a megállapított elméleti jelalakot, valamint az egyes homokkőtestek leülepedési fácieseit. Ezek alapján rekonstruálhatók az egykori leülepedési környezetek. Jelmagyarázat a szövegben

Рис. 3. Результаты интерпретации формы сигнала на каротажной кривой, полученной в скважине Мезёковач-хазы. Рядом с кривыми ПС и R нанесены определенные теоретические формы сигнала, а также фации образования песчаных тел. На основании этого можно реконструировать прежние условия отложения. Условные обозначения даны в тексте

Fig. 3. The facies interpretation of Mezőkovácsháza-1 borehole. Besides the PS and resistivity curves the log shape types and the facieses of sand bodies (Genetic Sand Units) are plotted. On the basis of these the facieses of sedimentation could be reconstructed. Legend in the text

BI-23

Eleváció 90m
 Talp 1834.2m
 1. SP görbe
 2. Litológiai oszlop
 3. Magok
 4. Ell. görbe
 5. Alakelemzés
 6. Formáció
 7. Kor
 Rétegvizsgálat nem volt.
 Wed Mar 28 12:40:23 1990

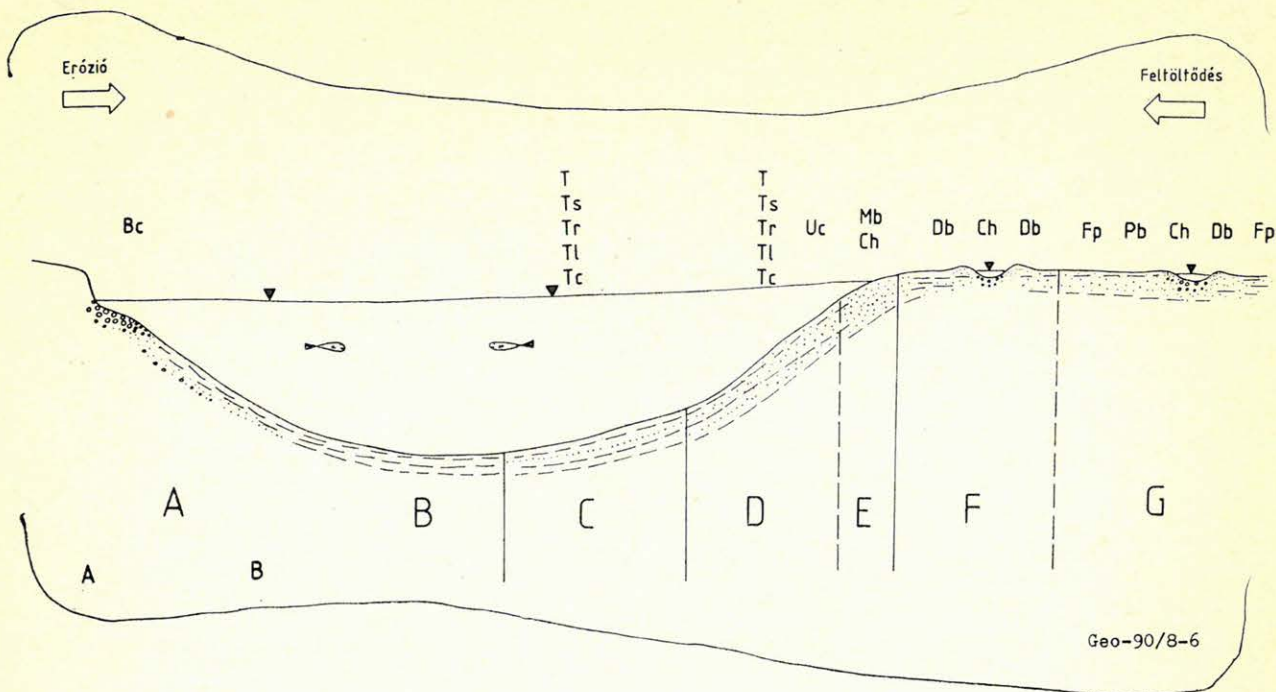


Geo-90/8-5

5. ábra. A Biharnagybajom—23 fúrás komplex karotázis jelalak értelmezése. A program csomag segítségével az elkészített értelmezés (litológiai oszlop, alakelemzés, fácies beosztás stb.) tetszőleges léptékben (pl. szeizmikus, Seislog stb.) és sorrendben jeleníthető meg. Az értelmezést Kiss Balázs és Révész István (SZKFI) készítették

Рис. 5. Комплексная интерпретация формы сигнала каротажных кривых в скважине Бихарнадьбайём—23. С помощью пакета программ подготовленная интерпретация (литологическая колонка, анализ формы, разделение фаций и т. д.) может быть представлена в любом масштабе (например сейсмический или ПАК и т. д.) и любой последовательности. Интерпретация подготовлена Балажем Киши и Иштваном Ревес (SZKFI).

Fig. 5. Complex well log shape analysis of Biharnagybajom—23 borehole. Using the programme package the curves, the interpretation results (lithologic column, shape analysis, facieses etc.) can be plotted in different scales (seismic, Seislog etc.), and in different order. Kiss Balázs and Révész István (SZKFI) made the interpretation



6. ábra. Elvi fácies modell. Az ábra mind a feltöltődő (delta sorozat), mind a pusztuló (abráziós) tengerpart és medence-fáciéseit is mutatja. Az adott fáciésekre jellemző, azokat meghatározó homokkő típusokat is feltüntettük. Jelmagyarázat a szövegben

Рис. 6. Принципиальная модель фаций. На рисунке представлены как нарастающий (ряд дельт) так и разрушающийся берег моря, а также фации бассейна. Представлены и типы песчаников, характерных для данных фаций и определяющих их. Условные обозначения в тексте

Fig. 6. Facies modell. The figure shows the different facieses of both the deltaic sequence and the abrasional shore. The typical Genetic Sand Units of the facieses are also shown. Legend in the text

Az ábra bal oldalán a transzgressziós tengerelöntés abráziós partját ábrázoltuk. Feltüntettük az összes fő fáciest, az azokban előforduló, a fáciéseket meghatározó homokkő testeket (Genetic Sand Units).

Seislog értelmezés

Az ismertetett karotázás transzformáló program-csomag lehetővé teszi a Seislog szelvények pontos litológiai értelmezéséhez szükséges Plotlog mélységillesztés elvégzését is. Az alacsony frekvenciás komponens bizonytalansága miatt nem teljesen lineáris mélységskálázású Seislog szelvényhez változó, kb. 5–10 m-es pozitív, illetve negatív eltolást alkalmazva kell a fúrások karotázás görbéit

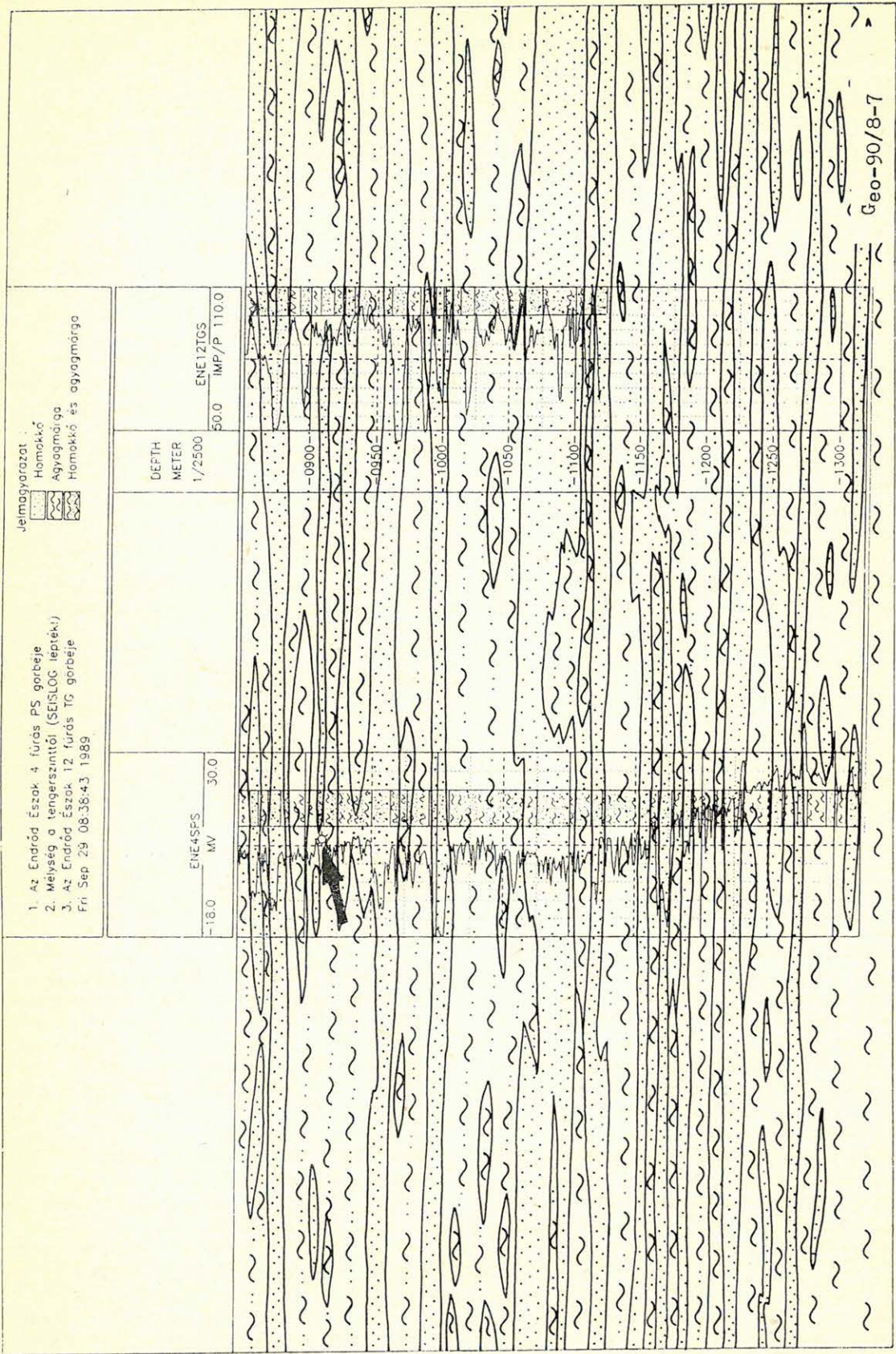
illeszteni (Plotlog illesztés). Így a Seislog szelvények sebesség anomáliái jól megfeleltethetők a karotázsgörbék egy-egy csúcsának. A kifejlesztett módszer lehetővé teszi, hogy a görbék ne a hagyományos módon, átlátszó pauszpapíron tologassuk a Seislog szelvényen, hanem magát a görbét, a litológiai oszlopot, a CH vizsgálati eredményeket stb. transzformáljuk pontosan a Seislog szelvények léptékébe.

A karotázás görbék csúcsait megfeleltetve az adott Seislog csatorna kitéréseinek (max. 10 m-es eltolás!) „eredeti mélység—Seislog mélység” párokat készítünk. A VSPTH-program így már a kívánt Seislog léptékbe transzformálja a görbékét.

7. ábra. Seislog szelvény alapján készített litológiai szelvényvázlat az En—45 szelvény részletén. A pontos litológiai szelvény elkészítéséhez a karotázsgörbék Plotlog illesztését kellett először elvégezni. Az ábrán látható, hogy az En—É—4 fúrásban megismert felső pannon gáztelep tároló homokkőve az En—É—12 fúrásban is megtalálható. Az azt lezáró márgaréteg azonban már nem mutatható ki az En—É—12 fúrásban. Ez lehet az oka annak, hogy ebben a fúrásban már nincs meg a telep

Рис. 7. Литологический разрез подготовленный по профилю ПАК для части профиля En—45. Для построения точного литологического профиля сначала надо было провести подгонку каротажных кривых для Плоттлога. На рисунке видно, что песчанниковой коллектор газовой залежи верхнего паннона из вестный в скважине En—É—4 наблюдается и в скважине En—É—12. Перекрывающий эту залежь мергелевый пласт не отбивается в скважине En—É—12. Это может являться причиной того, что в этой скважине залежь уже отсутствует

Fig. 7. Schematic lithologic section parallel to En—45 seismic profile. The interpretation was made on the basis of Seislog profile. To construct exact lithologic column, fair Plotlog transformation of logs was needed. The upper pannonian reservoir sandstone body of En—É—4 borehole was also penetrated by the En—É—12 well. The sealing marl layer is not present in the En—É—12 borehole. This may be the reason why the gas pool is absent here



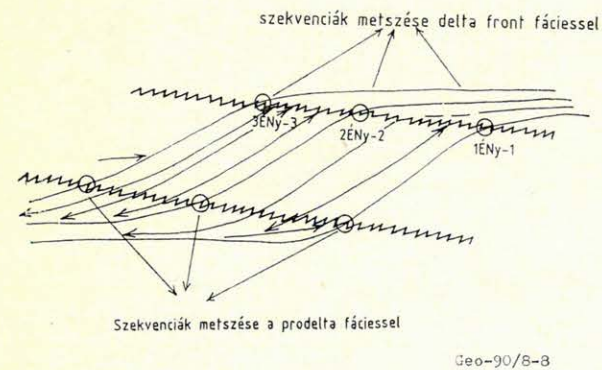
Az ismerttetett módszer alapján elkészített litológiai szelvényt, és a szelvény segítségével megoldott tároló lehatárolást a 7. ábrán mutatjuk be.

DK-Magyarország neogén sztratigráfiai modellje, ősföldrajzi rekonstrukció

A karotázs jelalak elemzés, a litológia és leülepedési fácies meghatározás, valamint a szeizmikus szelvények integrált értelmezésének módszerét egy konkrét kutatási terület vizsgálatán keresztül mutatjuk be.

Első lépésként a karotázsgörbék jelalak elemzéséből és fácies értelmezéséből indultunk ki. A görbék digitalizálás után a szeizmikus szelvények léptékébe transzformáltuk, így a karotázs fácies beosztást fel tudtuk használni a szeizmikus szelvények pontos fácies analíziséhez. A fúrások alapján készítettük el az egykori leülepedési környezetet jellemző szeizmikus sztratigráfiai beosztást, valamint a leülepedés menetét és a progradáció irányait tükröző szekvencia beosztást.

A szeizmikus szelvényeken szeizmikus szekvenciákat különítettünk el. A szeizmikus szekvenciák olyan üledékképződési egységek, melyek kronosztratigráfiai értelemmel bírnak. A 8. ábrán egy delta szekvencia sematikus rajzát mutatjuk be. Alulról felfelé a következő reflexiós kép látható: nagy amplitúdójú alsó határ, onlap és downlap elvégzések, sygmoid reflexiók, oblique reflexiók, toplap



8. ábra. A delta feltöltődés elvi felépítése

Рис. 8. Принцип заполнения дельты

Fig. 8. Schematic diagram of the deltaic sequence

elvégzések és újra sygmoid reflexiók. Természetesen az ábrán látható szeizmikus szekvencia egy idealizált modell, a szeizmikus szelvényeken vizsgálható kép ettől valamelyest eltér. A delta sorozat felső határát alkotó nagy amplitúdójú sygmoid reflexiók jól korrelálható felületek. A 9. ábrán a térképezhető progradáló szeizmikus szekvenciákhoz kapcsolódó delta frontok elterjedését mutatjuk be. A szeizmikus szelvényeken a delta front fáciest a szekvencia határ felső görbületének metszéspontjaiban jelöltük ki. A térképen jelöltük a progradáló delta frontok irányát (ÉNY, É, ÉÉNY, DK), a fő irányokon belül a sorrendet, valamint az összes delta front egymáshoz viszonyított relatív egymásutániságát (pl. 8ÉNY—10 azt jelenti, hogy a behordás ÉNY-i volt, az azonos irányúak közül a 8.

és a területen progradáló delta lebenyek közül a 10.). A szekvencia határ alsó görbületének felezési pontját a delta lejtő és a prodelta fácies határáként értelmeztük. Természetesen mind a delta front, mind a delta lejtő—prodelta fácieshatár kijelölése összhangban van a fúrások karotázs jelalak- és fácieselemzési eredményeivel.

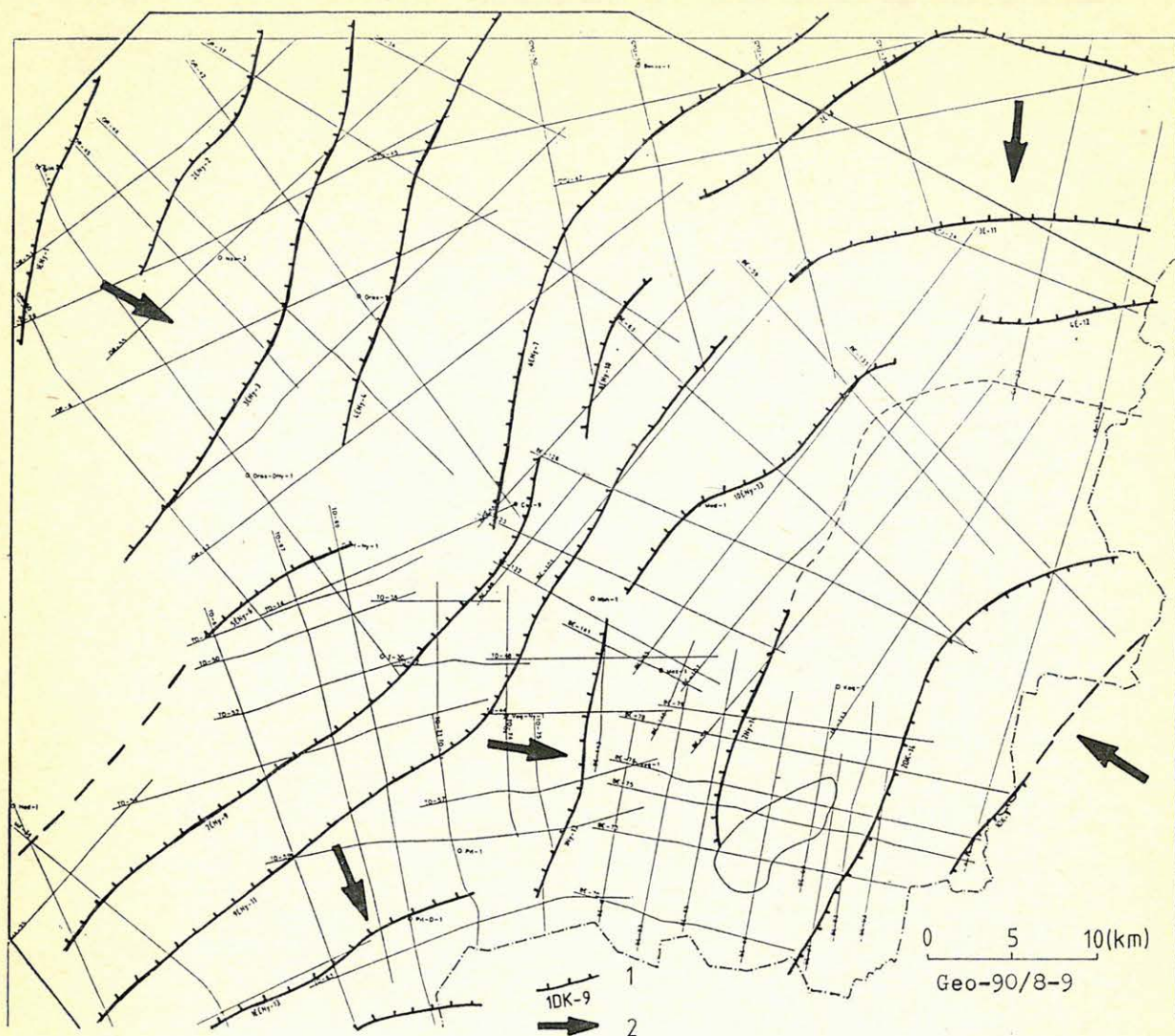
A szeizmikus szelvényeken követett szekvenciákat, illetve a szinten korrelált delta front és delta lejtő fácieseket digitalizáltuk, s elkészítettük ezek szintvonalas térképeit (10. és 11. ábrák). A 11. ábrán példaként bemutatott 7ÉNY—9 szekvencia térképén jelöltük a szekvencia alsó elvégződését (kiékelődés), s feltüntettük a delta front—delta lejtő és a delta lejtő—prodelta fácies határokat. Jelöltük még a delta progradáció irányát is. A fácies határokat a fácies és a szekvencia térkép egymásból való kivonásával határoztuk meg. Ezek metszészvonala (0 szintvonal) adja a fácies határt.

A szekvencia időszintvonalas térképét tanulmányozva láthatjuk, hogy az alaphegység regionális morfológiája mennyire rányomja bélyegét a szekvencia képére, alig kivehető a jellemző tulajdonságok. Ezért megpróbáltuk kiszűrni ezt a regionális hatást. A delta front fácies leülepedését egy kvázi vízszintes térszínen folyó üledékképződésnek tételezzük fel. A fácies térképe (10. ábra) tehát jól tükrözi az utólagos hatásokat, a medencék süllyedését. Ezért az egyes szekvenciák térképéből levonva a delta front térképét, a szekvencia térképe „megszabadítható” az utólagos süllyedéstől és kompaktiótól, az eredmény tisztán az adott delta lebeny jellemzőit fogja tartalmazni. Mivel a feltöltődés irányát jól reprezentáló térképen el akartuk kerülni a 0 szintvonalat, ezért a delta front térképek minden egyes pontjához hozzáadtunk 250 ms-t. Így a térképek csak pozitív értékeket tartalmaznak. Ezek a vastagságértékek kizárólag a feltöltődés tendenciáját reprezentálják (12. ábra).

Az ilyen módon kiegyenlített térképre is felvittük a fácieshatárokat. A térképekből szerkesztett axonometrikus kép (13. ábra) igazán szemléletesen mutatja a progradáció irányát.

A korábban leírt vizsgálatok eredményeinek ismeretében elkészítettük a kutatási terület fácies modelljét, melyet a 14. ábrán mutatunk be. Az elvi sztratigráfiai szelvény a terület neogén rétegsorának összes fő fáciesén és szekvenciáján kívül az egységekre jellemző szeizmikus reflexiós képet is mutatja. A szelvény a Battonya—Pusztaföldvári gerincet körülölelő süllyedék felől a gerinc legmagasabb pontjáig húzódik. A szelvény iránya ÉK—DNy-i, de nagyon hasonló képet láthatunk a Makói árok felől induló, vagy a Békési medencét átszelő szelvényeken is. Lényeges eltérés kizárólag a progradáció irányában van.

A szeizmikus szekvencia analízis a karotázs jelalak elemzés és fácies meghatározás alapján munkánk szintéziséként a feltöltődés bármely időpillanatában elkészíthetővé vált a terület ősföldrajzi rekonstrukciója. A 15. ábrán a progradáció középső stádiuma látható. Ekkor a kutatási területen egy ÉK—DNy-i irányú üledékgyűjtő medence alakult ki. Az ősföldrajzi térkép a 2É—8 szekvencia



9. ábra. Délkelet-Magyarország feltöltődési modellje. A térképen a vándorló, progradáló delta lebenyek frontjai láthatók. Jól megfigyelhető, hogy az ÉNy-i az uralkodó behordási irány, de É-i, Ny-i, sőt ellentétes DK-i feltöltődés is történt. 1. Az adott szekvencia delta frontja, 2. Behordási irány

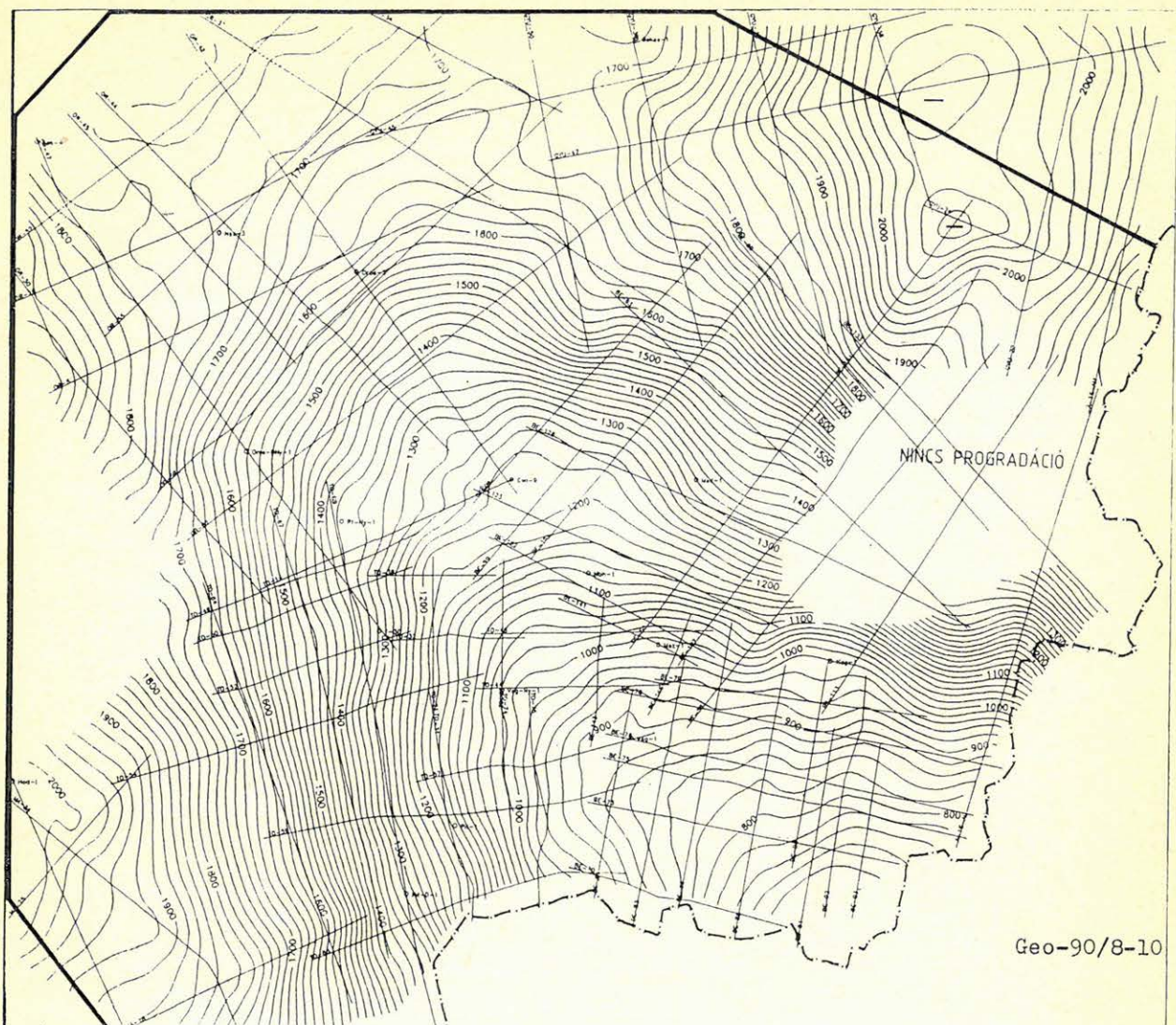
Рис. 9. Модель заполнения юго-востока Венгрии. На карте представлены фронты долей перемещающейся, проградирующей дельты. Хорошо видно господствующее северо-западное направление, но проходило северное западное и даже противоположное юго-восточное заполнение. 1. данная секвенция фронт дельты, 2. направление приноса

Fig. 9. Sedimentation model of south-east Hungary. The map shows the front of prograding, lobe switching delta wedges. The major direction of basin infilling was NW, but N, W, and SE directions also occurred. 1. The front of the given sequence, 2. Direction of infilling

üledékeinek leülepedési pillanatát tükrözi. Fel-tüntetettük még a 7 ÉNy—9, 1 DK—9, és 8 Ény—10 szekvenciákat is. Az ÉNy-ról és DK-ről érkező üledékanyag mind jobban zsugorította az üledékgyűjtőt. Ez abból is látszik, hogy a prodelta fácies területi elterjedése rendkívül lecsökkent, kizárólag a medence középső területére korlátozódott. A Pusztaföldvári gerinc legdélebbi része még szárazulat volt ebben az időben. Partszegélyét bazális konglomerátum építette fel. Nyíltvízi márga üledékeket kizárólag közvetlen közelében valószínűsítünk. Az ábrán feltüntetettük még az egymással

összefogazódó, illetve kiékelődő szekvenciák elterjedését is. Ez szembeütően mutatja, hogy a különböző behordási irányokból érkező üledékanyag meddig jutott el a medencében. Ennek tisztázása azért fontos feladat, mert a különböző irányú delta rendszerek különböző összetételű üledékanyagot szolgáltatottak.

Az üledékfelhalmozódási és fácies modellekből kiindulva, megvizsgálva a CH-telepek és a szekvenciák—fáciesek kapcsolatát, a migráció lehetőségét, az anyaközetek geokémiai tulajdonságait, kijelölhetők a sztratigráfiai csapdáknak történő



10. ábra. A delta front fácies időszintvonalas térképe. A fácies leülepedése idején közel vízszintes volt, így térképe elsősorban az utólagos hatásokat tartalmazza

Рис. 10. Карта изовремен фации фронта дельты. Фация во время образования её была почти горизонтальна, таким образом карта содержит в первую очередь последующие влияния

Fig. 10. Contour map of delta front facies. The original — syngenetic — surface of the facies was horizontal, so its map basically shows the effects of postsedimentary events

CH-felhalmozódásra legkedvezőbb területek. Ezen a területrészekben indítható meg az adott anomáliák részletes térképezése, a rejtett csapda kutatás.

* * *

A szerzők ezúton is szeretnének köszönetet mondani a Geofizikai Kutató Vállalat vezetőinek a tanulmány elkészítéséhez nyújtott támogatásért, valamint a geológus és geofizikus kollégáknak a tárgyalt témában folytatott értékes konzultációkért.

IRODALOM

Abbot, W. O. (1981): Atlas of Seismic Stratigraphy Bakersfield, USA Occidental

Berg, O. R. and Woolverton, D. G. (1985): Seismic Stratigraphy II., Amer. Assoc. Petroleum Geol., Mem. 39.

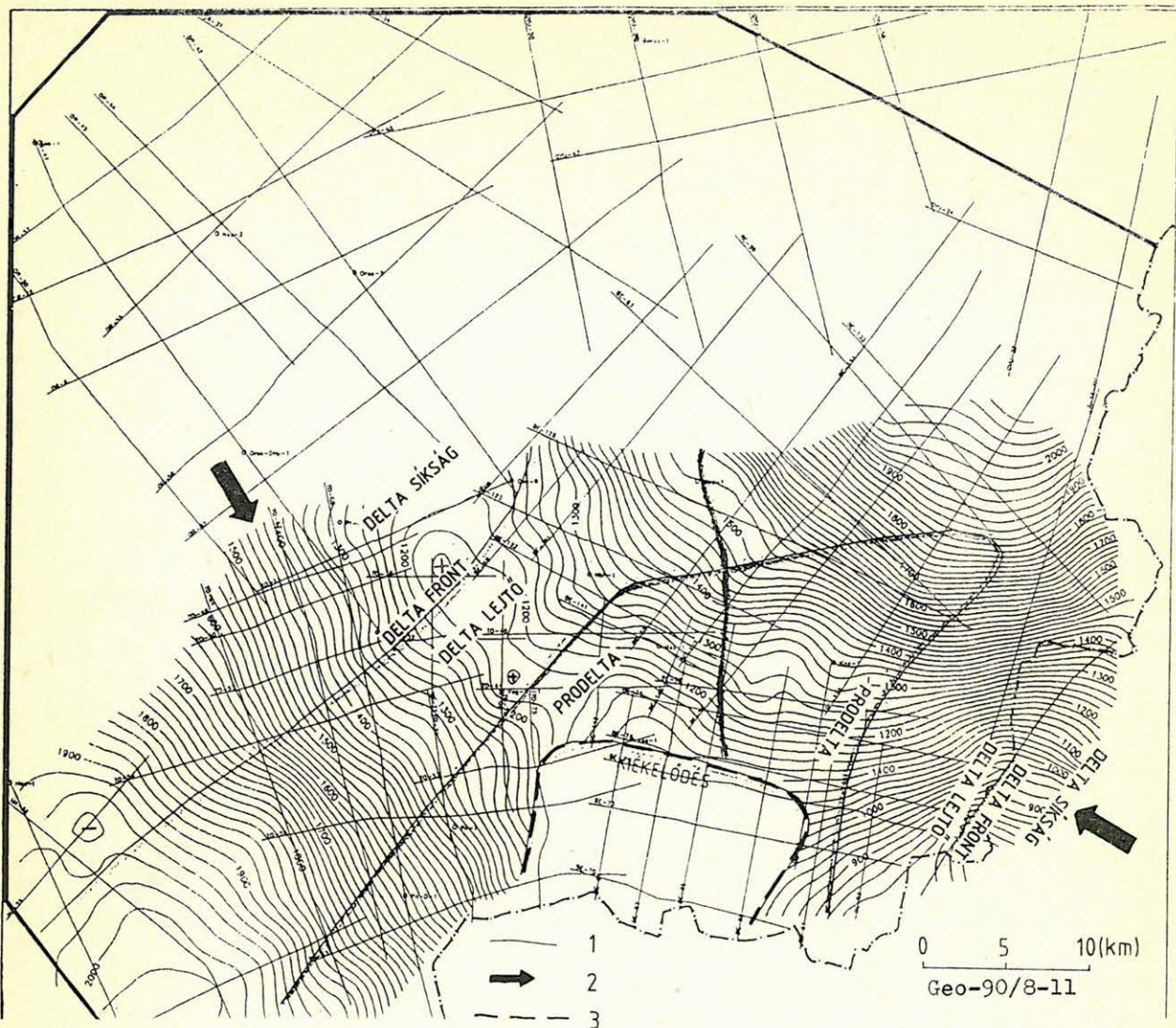
Berkes, Z., Pogácsás Gy., Szanyi B. (1983): Seismic Stratigraphic Interpretation of the Neogene Sediments in the Derecske Depression of Eastern Hungary — in Proceedings, 28. Nemzetközi Geofizikai Szimpózium, Balatonszemes.

Berkes Z. (1984): A szeizmikus makrosztratigráfia elemei. Budapest, GKV adattár.

Bérczi, I., Lawrence, Ph. R. (1985): Process and Depositional Environments Within Neogene Deltaic-Lacustrine Sediments, Pannonian Basin, Southeast Hungary. Geophysical Transactions, v. 31, no. 1—3, p. 55—74.

Bérczi I., Kádárné Juhász Gy., Révész I. (1986): Kutatási területek neogén rétegsorának litológiai és fácies vizsgálata. Kézirat, SZKFI Budapest.

K. Juhász Gy., Molenaar, C. M., Bérczi I., Révész I., Kovács A., Szanyi B. (1989): A Békési medence pannoniai sztratigráfiai viszonyai. Magyar Geofizika XXX. évf. 4—5. p. 113—128.



11. ábra. A 7ÉNy—9 szekvencia időszintvonalas térképe. A feltöltődés középső szakaszát reprezentáló szekvencia felszínéről készített térkép a mai, utólagos hatásokat is tartalmazó állapotot mutatja. 1. Fácieshatár, 2. Feltöltődés iránya, 3. Kiékelődés

Рис. 11. Карта изолиний времен секвенции 7 СЗ—9. Карта, построенная для поверхности секвенции представляющей среднюю часть осадконакопления, показывает теперешнее, содержащее и последующие влияние, состояние. 1. Граница фации. 2. Направление заполнения. 3. Выклинивание

Fig. 11. Contour map of sequence 7 ÉNy—9. The map shows the present surface of a sequence in the middle stage of the infilling. Obviously the horizon is effected by postsedimentary events. 1. Facies boundary, 2. Direction of infilling, 3. Pinch out zone

K. Juhász Gy., Molenaar, C. M., Bérczi I., Révész I., Kovács A., Szanyi B. (1989): A Békési medence pannoniai s.l. üledékösszetének rétegtani viszonyai. Magyar Geofizika XXX. évf. 4—5. p. 129—145.

Késmárky, I., Pogácsás, Gy., Szanyi, B. (1989): Seismic Stratigraphic Interpretation in Neogene-Quaternary Depression of Eastern Hungary: Proceedings of the 26th Geophysical Symposium, Leipzig GRD, p. 130—140.

Link, P. (1982): Basic Petroleum Geology. OGCI Publications, Tulsa, USA.

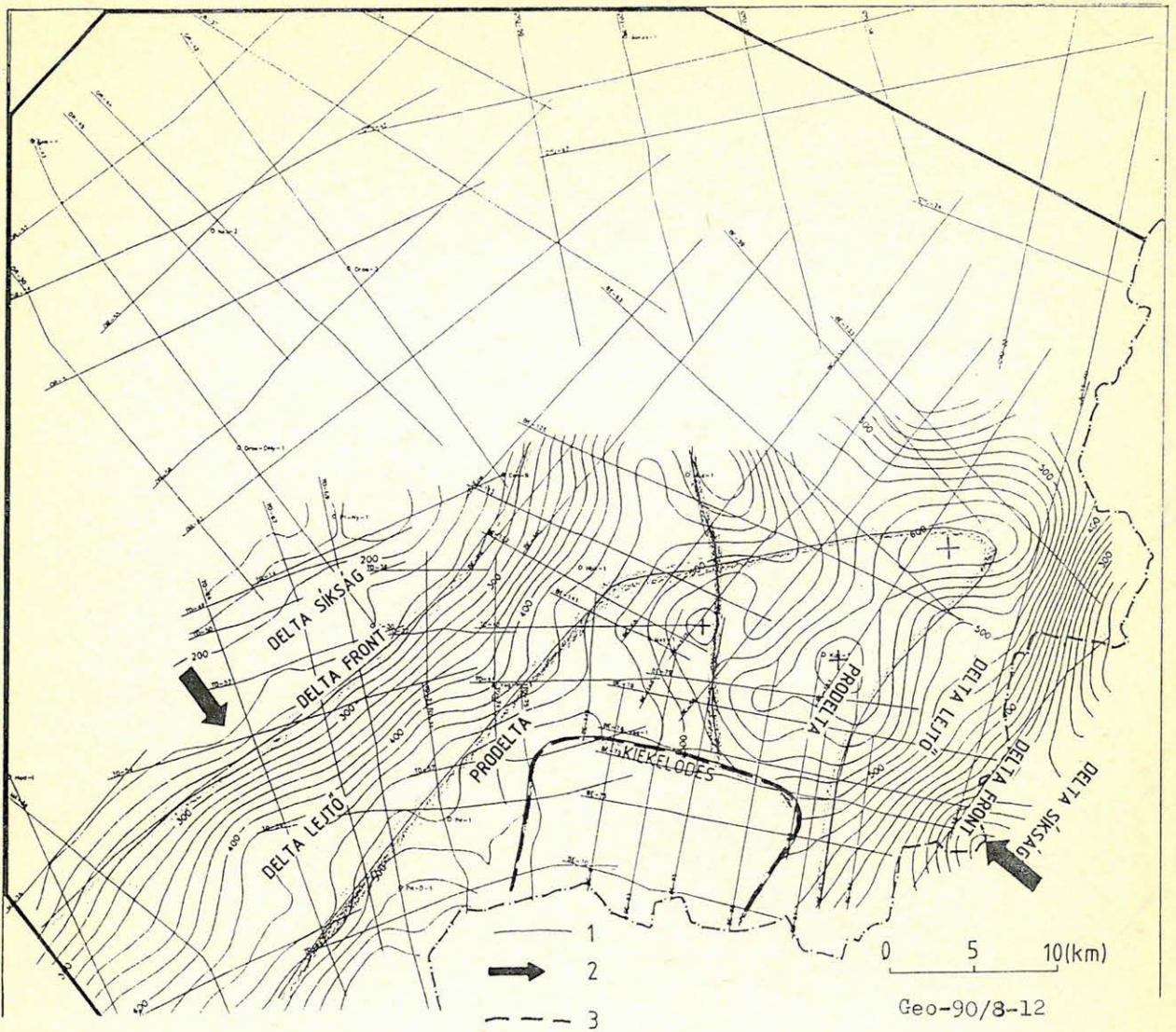
Marton Gy. (1985): A derecskei mélyzóna szeizmosztratigráfiai vizsgálata. Magyar Geofizika XXVI. évf. 5—6. p. 161—182. Budapest.

Mattick, R. E., Rumpler, J., Ujfaluzy A., Szanyi B., Nagy, I. (1987): Seismic Stratigraphy of the Békés Basin—Southeast Hungary Kézirat, GKV Adattár.

Pogácsás, Gy. (1984): Seismic Stratigraphy Feature of Neogene Sediments in the Pannonian Basin—Geophysical Transactions v.30. no. 4. p. 373—410.

Pogácsás Gy. (1984): A Pannon medence neogén mélydepresszióinak szeizmikus sztratigráfiai alapvonásai. Magyar Geofizika XXV. 4.

Pogácsás, Gy., Lakatos, L., Révész, I., Ujszászi, K., Vakarcs, G., Várkonyi, L., Várnai, P. (1988): Seismic Facies, Electro Facies and Neogene Sequence Chronology of the Pannonian Basin. Acta Geologica Hungarica, vol. 31/34. p. 175—207.



12. ábra. A 7 ÉNy—9 szekvencia feltöltődését mutató térkép. A 11. ábrán látható térképből kivonva az utólagos hatásokat (10. ábra) az egykori, a leülepedés közbeni térszintet kapjuk. Jól látható, a delta síkság és prodelta fáciések lapos, a delta lejtő meredek morfológiája. A feltöltődés iránya szintén szembevetendő, közel merőleges a szintvonalakra (ÉNy- és DK). 1. Fácieshatár, 2. Feltöltődés iránya, 3. Kiekelődés

Рис. 12. Карта показывающая образование секвенции 7 СЗ—9. Вычитая из представленной на рисунке II карты последующие влияния (рис. 12) получим первоначальный рельеф во время осадконакопления. Хорошо видна плоская морфология фации равнины дельты и продельты и крутая склона дельты. Очевидно также направление накопления, почти перпендикулярное к изолиниям (СЗ и ЮВ). 1. Франия фации. 2. Направление заполнения. 3. Выклинивание

Fig. 12. Contour map showing the infilling of sequence 7 ÉNy—9. Subtracting the postsedimentary events (Fig 10.) from the sequence map (Fig. 11.) we get the syndimentary surface. The delta plain and the prodelta facies can be characterised with flat morphology, and the delta slope with steep one. The direction of infilling is obvious, perpendicular to the contour lines. 1. Facies boundary, 2. Direction of infilling, 3. Pinchout zone

Pogácsás Gy., Szulyovszky I., Várnai P. (1989): Seislog szelvények szerepe a szénhidrogén földtani modell fejlesztésében. Kézirat, GKV adattár.

Samu L., Várnai P. (1989): Jelentés az Orosháza—Nagyszénás—Pusztaföldvár kutatási területen 1987—89 években végzett szeizmikus reflexiós mérésekről. Kézirat, GKV Adattár.

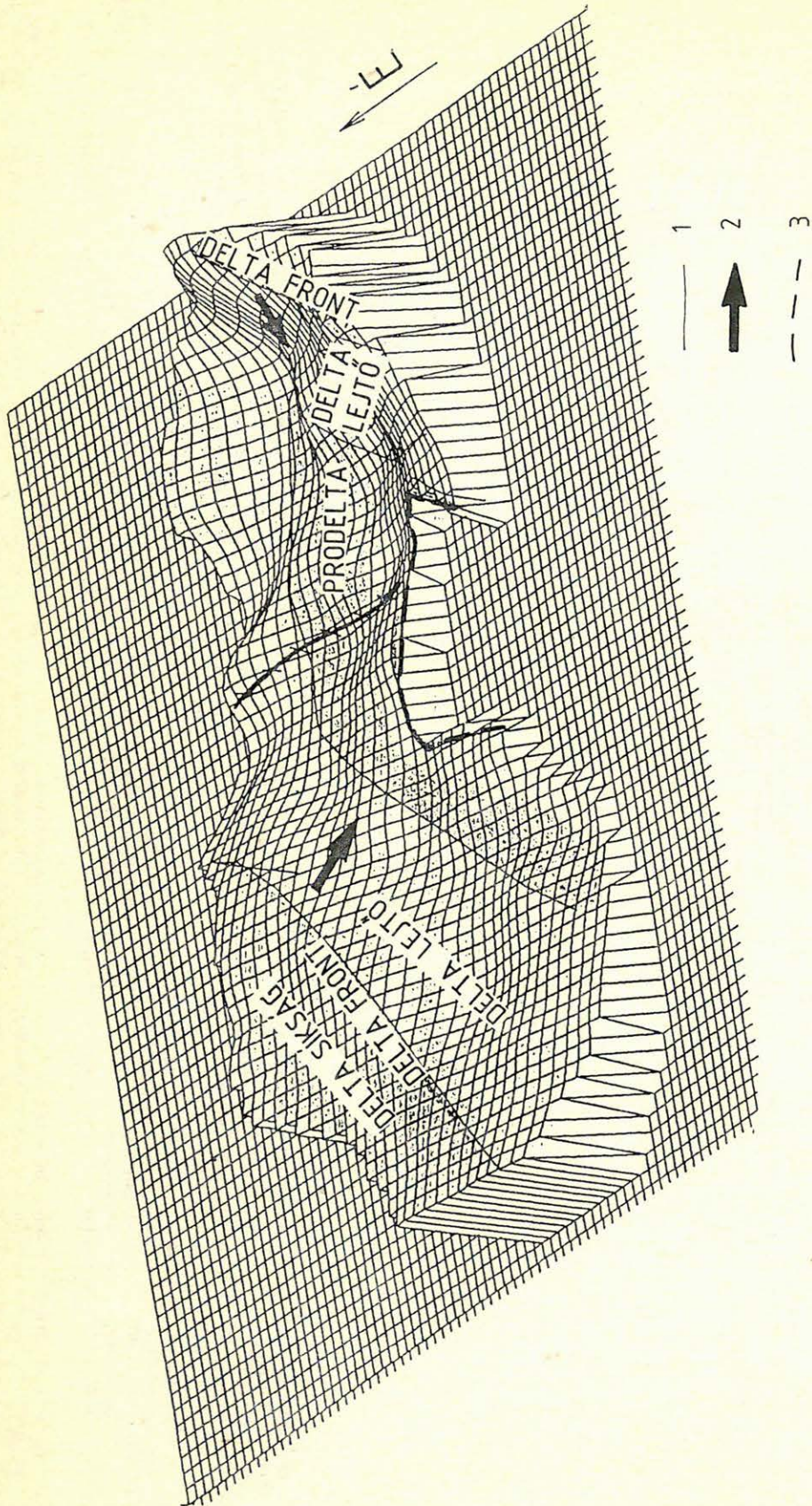
Rumpler, J., Mattick, R. E., Phillips, R. (1985): Seismic Stratigraphy of the Pannonian Basin in Southern Hungary. Geophysical Transaction, v.31. No 1—3, p. 13—54.

Serra, O. (1985): Sedimentary Environments from wireline Logs. Schulmberger.

Ujfalussy A., Várnai P. (1987): Adatszolgáltatás a Vég-egyháza kutatási területen 1976—87 években végzett mérésekről. Kézirat, GKV Adattár.

Ujfalussy A., Várnai P. (1989): Adatszolgáltatás az Endrőd—É kutatási területen 1988. évben mért En—45 és En—46 reflexiós szeizmikus szelvények Seislog feldolgozásáról. Kézirat, GKV Adattár.

Vail, P. R., Mitchum, R. M., Todd, R. G., Widmier, J. M., Tomson S., Sangree, J. B., Bubb, J. N., Hatfield,

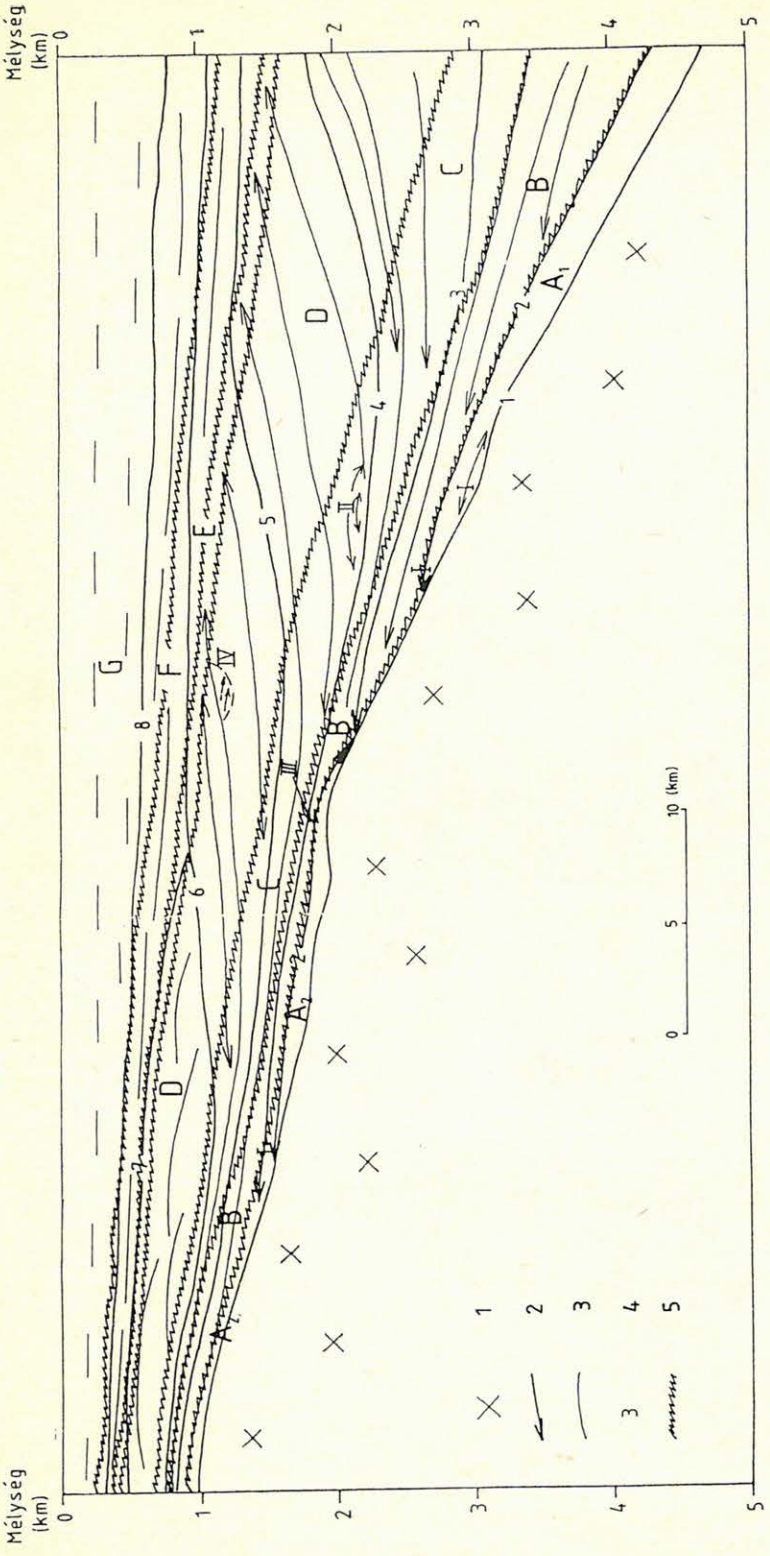


Geo-90/8-13

13. ábra. A 7 ÉNy—9 szekvencia feltöltődését bemutató axonometrikus kép. Az ellentétes irányú behordási irányok és a különböző fáciesek eltérő meredeksége jól tükröződik az ábrán

Рис. 13. Аксонометрическая картина образования секвенции 7 СЗ—9. Направление приноса противно положного направления и отличающаяся друг от друга крутизна различных фаций хорошо отражается на рисунке

Fig. 13. 3D image of the infilling of sequence 7 ÉNy—9. The opposite infilling directions and the different morphology of the facieses can be seen

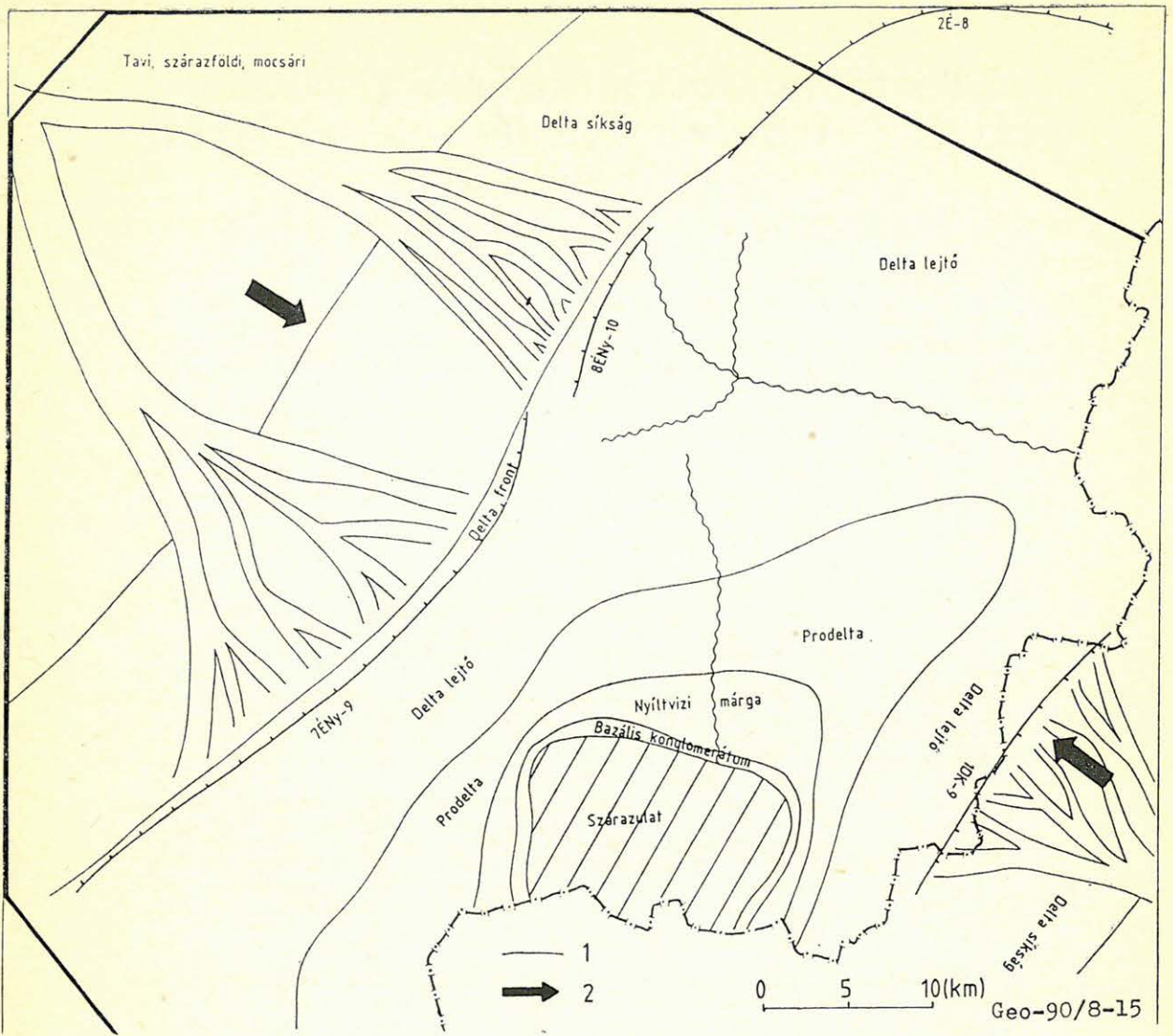


Geo-90/8-14

14. ábra. Délkelet-Magyarország neogén rétegsorának elvi sztratigráfiai szelvénye. A fokozatosan emelkedő aljzaton az izokron felületek (szekvenciák) kiékelődnek, míg a fáciesek csak kivékonynak a magaslát felett. A fácieshatárok keresztelik az időhorizontokat. Jól megfigyelhető a delta sorozatra jellemző szigmoid és oblique reflexió elrendeződés. *1.* Neogén aljzat, *2.* Szekvenciák kiékelődése, *3.* Reflexiók, *4.* Szeizmikus szekvencia, *5.* Szeizmikus szekvencia, *A1.* Szekvenciáknál mélyebben, *A2.* Transgressziós konglomerátum (miocén, pannon), *B.* Nyíltvízi márga fácies, *C.* Prodelta fácies, *D.* Delta lejtő, *E.* Delta síkság, *F.* Tavi, szárazföldi mocsári fácies

14. рис. Принципиальный стратиграфический профиль неогеновой свиты юго-восточной Венгрии. Поверхности изокрон (секвенции) выклиниваются у постепенно поднимающегося склона фундамента, в то время как фаши только утончаются над поднятием. Границы фаций пересекают временные горизонты. Хорошо отмечаются характерные для дельтовых отложений сигмовиды и наклонная формаотражений. *1.* основание неогена, *2.* выклинивание секвенций, *3.* отражения, *4.* сейсмическая секвенция, *5.* граница сейсмифаций, *A1* мелководная фашия (миоцен), *A2.* фашия конгломерата трансгрессии (миоцен, паннон), *B.* фашия мергелей открытого моря, *C.* фашия проделты, *D.* склоны дельты, *E.* равнина дельты, *F.* озерные, терригенные, болотные

Fig. 14. Neogene stratigraphic model of south-east Hungary. The isochronous horizons (sequences) pinchout on the flank of basement high while. The facies only thin out over the basement high. The facies boundaries cross the time horizons. The typical sigmoid and oblique reflection configuration of deltaic sequence is obvious. *1.* Neogene basement, *2.* Pinchout of sequences, *3.* Reflections, *4.* Seismic sequence, *5.* Seismic facies boundary, *A1* Shallow water (miocene), *A2* Transgressional conglomerate (miocene, pannonian), *B.* Delta slope, *E.* Delta plain, *F.* Delta front, *G.* Lacustrine, moore and terrestrial facies



15. ábra. Délkelet-Magyarország ősföldrajzi térképe a progradáció középső fázisában. A delta feltöltés összes fő fáciese megtalálható a területen. Az ellentétes irányból a folyók által beszállított üledékanyag fő tömege a delta lejtő és a prodelta fáciesekben rakódott le. A szigetként kiemelkedő alaphegységi gerince partjainál abráziós törmelék képződött

Рис. 15. Палеогеографическая карта юго-востока Венгрии во время средней фазы проградации. На территории можно найти все основные фации образования дельты. Основная масса осадочного материала принесенного реками с противоположной стороны отложилась в фациях склона дельты и продельты. У склонов, приподнятого как остров, хребта фундамента образовались отложения обломочного материала

Fig. 15. Paleogeographic map of south-east Hungary in the middle stage of progradation. All major facieses of the delta sequence is present. Most of the sediments transported by rivers from opposite directions deposited in the delta slope and in the prodelta facieses. The basement high was an island, and abrasional conglomerate formed the shore. 1. Facies boundary 2. Direction of infilling

W. G. (1977): Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, in Payton, C. E. ed. Seismic Stratigraphy — application to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir 26, p. 49—205.

Vakarcs G., Gombos Cs. (1989): Adatszolgáltatás Biharkeresztes—Kőrösszegapáti—Mezőpetend területen 1982—1987 években végzett reflexiós mérésekről. Kézirat GKV adattár.

Várnai P. (1988): A szeizmikus sztratiográfia és karotázs elektrofáciesek integrált elemzésének eredményei Végegyháza térségében. Geofizikus Vándorgyűlés, Szolnok.

Várnai P., Vakarc G., Várkonyi L., Ujfalussy A., Samu L., Somfai A., Bereznai M. (1990): Szeizmosztratiográfiai és rejtett csapda kutatási módszerek a Battonya—Pusztaföldvári gerince lejtőjén. Kézirat, GKV adattár.

Welker, R. G., and Mutti, E. (1973): Turbidite Facies and Facies Association. SEPM Pacific Section, Short Course, Anaheim.

Wilson, B. W. et al. (1961): Geological Miscellaneous 22. Wilson, J. L. and Jordan, C. (1983): Middle Shelf Environment In: Scholle, P. A. et al (eds.) Carbonate Depositional Environments, Amer. Assoc. Petroleum Geol. Mem. 33.