

Az alföldi pannóniai s.l. képződmények ásványi összetétele II. – A pannóniai s.l. homokok és homokkövek ásványi összetétel változásának tendenciái és földtani jelentőségük

The mineral composition of the Pannonian s.l. Formations in the Great Hungarian Plain (II). – Tendencies of the changes of the mineral composition of the Pannonian s.l. sands and sandstones and their geological significance

JUHÁSZ Györgyi¹ – THAMÓNÉ BOZSÓ Edit¹

(8 ábra, 1 táblázat)

Tárgyszavak: pannóniai s.l., Alföld, nehézasványok, behordási irányok, fáciesek, szekvenciák, tendenciák, Keywords: Pannonian s.l., Alföld (Hungarian Plain), heavy minerals, transport directions, tendencies, depositional facies, sequences

Abstract

Sedimentological as well as seismic and sequence stratigraphic studies show that during the Late Miocene – Pliocene (Pannonian s.l.) the main sediment input into Lake Pannon in the area of today's Hungarian Plain came from the NW and NE and subordinately from SE directions. Sediments were carried along by large fluvial and deltaic systems into the lake. The characteristics of the mineralogical composition and origin of sediments transported from different directions were studied on the basis of the heavy mineral data of 868 sand and sandstone samples from 53 boreholes, also using statistical methods. During the interpretation the studied samples were identified in terms of depositional facies, depositional cycles, and lithostratigraphic units. The detailed results of the work can be seen in THAMÓNÉ BOZSÓ et al. 2006. As a conclusion of this earlier detailed study, in this paper it is possible to highlight major tendencies in the mineralogical composition of the sediments.

Different kinds of tendencies have been recognized and these have different backgrounds. There are the characteristic differences between the NW and NE sediment input of the basin. Sands which came from the NW and reached the middle and southern parts of the Hungarian Plain, have significantly more minerals deriving from metamorphic rocks, while in sands which originated from the NE and which reached the Békés Basin, are characterised by the dominance of volcanic rocks. There is a minor sediment source from the SE from the Apuseni Mountains. The average amount of chlorite gradually increases from fluvial sands, through delta and basin-slope sediments to the deep-basinal turbidite sandstones. This is in contrast to garnet, volcanic pyroxenes and amphiboles, the respective frequencies of which gradually decrease with water depth as well as distance from the source area. These tendencies were caused by the selective sorting of minerals during transport and sedimentation and the changing of source rocks. The maturity of the studied sands and sandstones primarily depends on the distance from their source areas. There are characteristic vertical changes in the mineralogical composition of the sedimentary succession. These changes are connected to depositional cycles rather than vertical facies changes. The closer the minerals are to the source area, the stronger the changes are. The most considerable changes are connected to tectonically controlled 3rd order sequence boundaries, especially in those cases when they indicate a considerable hiatus. In the NE area, close to the sediment source, even the 4th order cycles clearly show changes in the mineralogical composition.

¹Magyar Állami Földtani Intézet, Medenceanalízis Osztály, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Osszefoglalás

Az alföldi pannóniai s.l. képződmények ásványi összetételét több mint 860 db homok, illetve homokkőmintá korábbi mikromineralógiai vizsgálati eredményei alapján tanulmányoztuk. Meghatároztuk a különböző beszállítási irányból érkező homokok és homokkővek nehézasványtani jellemzőit (THAMÓNÉ BOZSÓ et al. jelen kötet) és ezek alapján összefoglaljuk az ásványi összetétel változásának tendenciáit. A rétegsorokban többféle tendencia volt felfedezhető.

Határozott eltérések adódtak a két fő behordási irány (ÉNy és ÉK-ről történő behordás) kőzetanyagában. Az Alföld nyugati részén fellelhető mintákban nagyobb a metamorf ásványok aránya, míg keleti részén a vulkanitok szerepe domináns. A klorit részaránya azonban olyan nagy a minták nagy részében, hogy ez szinte felülírja a többi összetevő szerepét, ezért jelentős mértékben mégsem tér el a törmelékanyag összetétele, ami a Kárpátok, mint legfőbb lehordási terület öves szerkezetéből is következik, és arra is utal, hogy a középhegységi területek még nem jelennek meg számottevő üledékforrásként, tehát nem voltak kiemelt helyzetben.

A fáciesek alapján történő vizsgálatok nyomán megállapítható, hogy a folyóvízi homokoktól a delta- és medencelejtő üledékeken át a turbidit homokkővekig a klorit átlagértéke fokozatosan növekszik, míg a gránát és az elsősorban a vulkáni eredetű piroxén és amfibol gyakorisága fokozatosan csökken, ami a forrásközetek változása mellett a szelektív osztályozódás hatását tükrözi. A szállítási távolsággal egyre dominánsabbá válik a klorit és nő a közetanyag érettsége is.

Vertikális szelvényben vizsgálva a forrásterületekhez közelebb eső fúrásokban rendkívüli egyezés mutatkozik a nehézasványi összetétel változása, és a szekvencia sztratigráfiai értelmezés között. E szerint időben változott a behordott üledékek összetétele, tehát változtak a lehordási területek. Elsősorban a tektonikai mozgások által létrehozott harmadrendű szekvenciahatárokon ugrásszerűen változik a nehézasványi összetétel. A peremeken, de főleg a vulkáni anyagot tartalmazó ÉK-i területen már a negyedrendű szekvenciahatárok is jelentkeznek a nehézasványi összetételben. A medencebelsőben ez a változás nem annyira jellegzetes, ami részben a nagyobb szállítási távolsággal, másrészt a vizsgálati anyagok sporadikus voltával magyarázható.

Bevezetés

Az alföldi pannóniai s.l. képződmények összetételét a korábbi mikromineralógiai vizsgálatok eredményei alapján tanulmányoztuk, az alapadatok ugyanazok voltak, mint a jelen kötet THAMÓNÉ BOZSÓ et al. (2006) kiértékelésben. A vizsgált mintáknak meghatároztuk fáciesét, leülepedési környezetét és formációját, ennek alapján kezdtünk hozzá a következő vizsgálatok elvégzéséhez:

1. A fő behordási területek jellemzőit vizsgáltuk az azonos környezetben leülepedett minták alapján.

2. A MÁFI-ban meglévő nagy adatbázis mintáit fáciesegységek szerint csoportosítva, ill. formációnként vizsgáltuk.

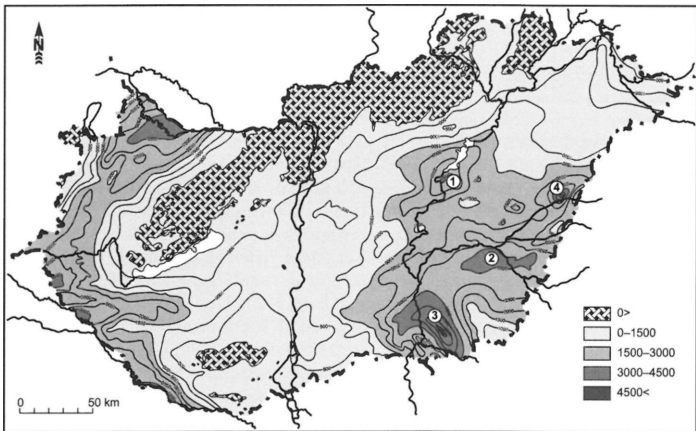
3. Függőleges szelvény mentén, azon fúrásokban, ahol sok minta állt rendelkezésre, vizsgáltuk a minták nehézasványi összetételét. Ez utóbbi vizsgálat a nehézasványi összetétel időbeli változásának nyomonkövetésére szolgált.

A három vizsgálati módszer eredményeképpen a nehézasványi összetétel változások különböző tendenciáit figyelhettük meg, és mostanra nyilvánvalóvá vált, miért nem vezettek igazán eredményre a korábbi, a nagy tömegű anyagot egyben elemző vizsgálatok. A kutatás egyik célja tehát a különböző beszállítási irányokból érkező pannóniai s.l. képződmények homok- és homokkőmintái jellemzőinek meghatározása volt. Az ide vonatkozó új eredmények részletes ismertetését, valamint a megelőző kutatástörténeti fejezetet jelen kötet tartalmazza (THAMÓNÉ BOZSÓ & JUHÁSZ 2002, THAMÓNÉ BOZSÓ et al. 2004, 2006).

A kutatás másik célja a pannóniai s.l. képződmények homok- és homokkőmintái ásványi összetételbeli változásában felismerhető trendek és tendenciák nyomkövetése volt. Ezen összefoglaló tanulmányban elsősorban a részletes vizsgálatok alapján leszűrt, földtani szempontból fontos következtetéseket és a fő tendenciákat szeretnénk kiemelni.

Az alföldi pannóniai s.l. képződmények főbb üledékes fáciesegységei és a vizsgált homokminták fáciese

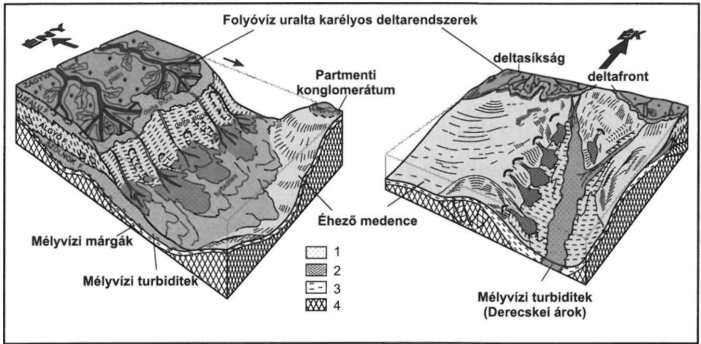
A Pannon-medence kialakulását követő post-rift tektonikai fázisban, a fokozatosan kiédesedő Pannon tó termálisan süllyedő medencéjében képződött a vizsgált pannóniai s.l. üledéksor. A medencét differenciális süllyedés jellemezte, ezzel részmedencék sorát létrehozva (HORVÁTH 1995, HORVÁTH & CLOETHING 1996 – 1. ábra). A medencét a pannóniai s.l. folyamán az ÉNy-i és ÉK-i irányból progradáló deltarendszerek által szállított hatalmas mennyiségű törmelékanyag fokozatosan töltötte fel, de alárendelt behordási irány DK felől is felismerhető volt, míg a már



1. ábra. A pannóniai s.l. képződmények talptérképe (Csíky et al. 1987) az egyes részmedencék feltüntetésével. Jelmagyarázat: 1. Jászsági-medence, 2. Békési-medence, 3. Makó-Hódmezővásárhelyi-árok, 4. Derecskei-árok

Fig. 1 Structural contour map and structural contour map at the base of the Upper Miocene (Pannonian s.l.) sediments (Csíky et al. 1987) with indication of the studied subbasins. Legend: 1. Jászság basin, 2. Békés basin, 3. Makó-Hódmezővásárhely trough, 4. Derecskei trough

feltöltött területeken folyóvízi üledékképződés folyt (2. ábra — RÉVÉSZ 1980; BÉRCZI & PHILLIPS 1985; POGÁCSÁS et al. 1988; RÉVÉSZ et al. 1989; JUHÁSZ 1992, 1994; VAKARCS 1997; MAGYAR et al. 1999; TÓTHNÉ MAKK 2003).

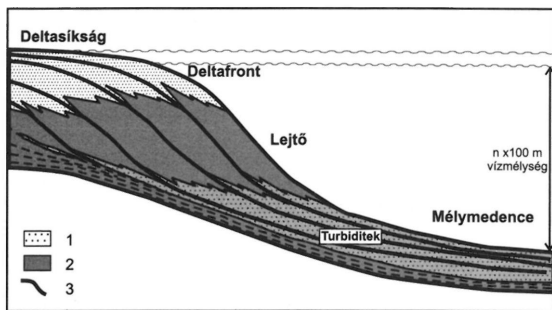


2. ábra. Idealizált 3D feltöltődési modell az Alföld ÉNy-i és ÉK-i behordási területén (JUHÁSZ 1992 nyomán). Jelmagyarázat: 1. finomhomokkő, 2. aleurit, 3. agyagmárga, 4. prepannóniai aljzat

Fig. 2 Idealized 3D depositional model of the Late Miocene sedimentation (JUHÁSZ 1992). Legend: 1. fine-grained sandstone, 2. siltstone, 3. clay marl, 4. basement

Az így képződött üledékanyag vastagsága az Alföldön 5000–6000 m-t is elérhet az egyes részmedencékben: a Jászsági- és a Békési-medencében, a Makó–Hódmezővásárhelyi- és a Derecskei-árokban (1. ábra). A medencét alulról fölfelé fokozatosan sekélyebbé váló vízben képződött rétegsor építi fel (JÁMBOR et al. 1987, BÉRCZI et al. 1987, 1988, JÁMBOR 1991, JUHÁSZ 1992, 1994). A néhány helyen előforduló szigetek partvonala mentén parti konglomerátumok és homokok képződtek (Békési Formáció). A hemipelágikus bazális márgák fölött (Endrődi Formáció) a medence legmélyebb zónáiban finomhomokos turbiditék települnek (Szolnoki Formáció), amelyek helyenként több száz méter vastagságot érnek el. A turbiditék fölött nyíltvízi, deltalejtőn, ill. medencelejtőn képződött agyagmargaösszlet található, amely általános elterjedésű az Alföldön (Algyői Formáció). Homokos fáciesű üledékek helyenként a lejtő rétegsorában is előfordulnak. E fölött parti síksági, deltafront és deltasíksági környezetekben leülepedett képződmények települnek (Újfalui Formáció), amelyben a deltaágakban képződött mederkitöltés és a torkolatuknál képződött torkolati zátony rétegsorokat finom és középszemcsés homok építi fel. Az Újfalui Formáció képződményeire a továbbiakban „deltafáciesként” utalunk. A tó feltöltése után a partvontól távolabb folyóvízi üledékképződés folyt, így ez alkotja a pannóniai üledéksor legfelső tagját (Zagyvai és Nagyalföldi Formáció). A folyóvízi üledéksorban a mederkitöltések, övzátonytestek és gátszakadás-üledékek adják a homokokat. Az itt felsorolt pannóniai litofáciesek fáciesasszociációkat alkotnak, amelyek térben nagyon jól korrelálhatók és térképezhetők az Alföldön. Az idealizált feltöltődési vázlat jól szemlélteti a fáciesek és a ciklusatórok egymáshoz való viszonyát, vagyis a vízszintingadozások hatását (3. ábra).

Homokok tehát sokféle környezetben képződtek, a legnagyobb mennyiségben elsősorban a Pannon-tó deltafront és deltasíksági környezetében, parti síkságán, a tóba ömlő folyók alluviális síkságán. A legtöbb vizsgálati minta ezekben a környe-



3. ábra. Idealizált feltöltődési vázlat, a kialakult fáciesekkel, leülepedési környezetekkel, és a időt képviselő ciklushatárokkal. Jelmagyarázat: 1. homok, 2. agyagmárga, 3. szekvenciahatár

Fig. 3 Idealized sketch of sedimentation, with depositional environments, facies, and cycle boundaries as time involved. Legend: 1. sandstone, 2. clay marl, 3. cycle boundary

zetekben leülepedett kőzetanyagból került ki. A mélymedencében a lejtő agyagos rétegsorában is sokszor találunk homokos üledékeket, míg nagy mennyiségű homok rakódott le gravitációs áthalmozással, turbidites zagyárból a lejtők lábánál, ill. a deltaelőtérben, kitöltve a medence legmélyebb részeit. Ebből a mélységből azonban csak kisszámú minta állt rendelkezésre (1. táblázat).

Az alföldi pannóniai s.l. képződmények homok és homokkő mintái ásványi összetételének jellemzői a fő behordási irányokban

Eltérések észlelhetők a két fő, ÉNy és ÉK felől érkező, valamint egy kisebb jelentőségű, DK-i behordási irány kőzetanyagában (2. ábra).

Az Alföldre ÉK felől érkező üledékanyag turbidit, medencelejtő-, delta- és partmenti környezetekben képződött üledékeire nagy klorittartalom jellemző, emellett az idősebb képződményekben domináns gránát, magnetit, biotit, amfibol és piroxén is megjelenik (G-1, Bakt-1). Az éretlenebb folyóvízi homok sok biotitot tartalmaz (Bakt-1). Ide több vulkáni eredetű anyag érkezett, mint az Alföld más részeire, a metamorf forráskőzetek viszont alárendelt szerepet játszottak. A folyók ezt az ÉK-ről származó üledékanyagot az Alföld középső részére Mezőtúr és Gyoma térségéig, tehát a Békési-medencéig elszállították.

Az Alföldre ÉNy felől érkezett, főként klorit-, gránát-, illetve epidotgazdag delfafaciesű homokok, valamint nagy gránátartalmú folyóvízi homokok a Duna-Tisza közén a legjellemzőbbek. Kevés vulkáni eredetű anyagot ezek is tartalmazhatnak. Ez a törmelékanyag az Alföld középső és déli területeire is (Jh-1, Bá-1, Fkút-1, Ü-1, -2, Törökszentmiklós, Gyoma, Szr-3, Sz-1, K-88, Algyó, Szeged, D-1, Psz-1, Pusztatölaka, Mezőhegyes) eljutott, és a lehordási területtől távolabb kloritdússá válva turbidit és medencelejtő homokként rakódott le (Szr-3, Fkút-1, Ü-1, -2, Psz-1, Csa-1).

1. táblázat. A különböző fáciesű és különböző beszállítási irányokból érkezett homok- és homokkő-minták átlagos összetétele. (Az ásványneveket I. BOGNÁR 1995.)

Table 1 Mean mineralogical composition of the sand and sandstone samples deriving from different facies as well as different sediment input into the basin

Formáció, fácies ill. Terület, fácies:	Zagyvai F. (folyóvízi) (fluvial)	Újfalvi Homokkő F. (delta) (delta)	Ággyói F. (medencelejtő) (slope)	Szónok Homokkő F. (turbidit) (turbidite)	Duna-Tisza köze*, folyóvízi (fluvial)	Duna-Tisza köze*, delta (delta)	Jászszéki-medence, folyóvízi (fluvial)	Jászszéki-medence, delta (delta)	ÉK-Tiszántúli, folyóvízi (fluvial)	ÉK-Tiszántúli, delta (delta)	ÉK-Tiszántúli, medence lejtő (slope)	DK-Tiszántúli, folyóvízi (fluvial)	DK-Tiszántúli, delta (delta)	DK-Tiszántúli, medencelejtő (slope)
Nehézfракció:														
minták száma (db)	333	502	26	7	11	288	28	88	4	53	11	46	1	2
antofilit	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
sillimanit	<0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<0.1	0.0	0.0
kianit	1.2	1.0	0.4	0.0	0.8	1.1	2.7	1.6	0.0	0.2	0.3	0.8	0.8	3.5
andaluzit	0.4	0.1	0.1	0.0	2.1	0.0	3.3	0.5	0.2	<0.1	0.0	0.0	0.8	0.8
sztaurolit	0.2	0.1	0.1	0.0	0.5	<0.1	0.2	0.2	1.0	0.2	0.0	0.1	0.8	1.4
zoisit	0.4	0.3	0.1	0.0	2.0	0.3	1.6	0.6	0.0	<0.1	0.0	0.1	0.0	0.7
klinozoisit	0.6	1.3	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
glaukofán (kék amf.)	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	1.3
piemontit	<0.1	<0.1	0.0	0.0	0.0	<0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aktinolit-tremolit	1.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.6	0.1	1.6	0.0	0.1	0.2	1.5	0.8	2.6
kloritoid	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
epidot	9.8	10.3	1.6	0.1	3.9	12.6	3.5	10.1	0.0	0.9	2.9	13.1	1.5	2.4
klorit	18.3	26.6	27.9	39.3	0.8	30.6	17.6	20.2	0.0	19.6	9.4	13.9	58.7	11.3
biotit	2.8	4.0	4.7	1.7	5.4	2.4	2.0	8.4	60.1	12.9	11.9	1.4	0.0	0.0
gránát	19.2	14.7	10.4	5.2	26.7	15.6	20.3	16.3	5.5	10.8	13.8	9.1	6.6	14.5
titanit	0.2	0.2	<0.1	0.0	0.0	<0.1	0.1	0.7	0.0	<0.1	0.0	0.2	0.0	0.5
korund	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
szerpentin	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
magnetit	9.2	8.5	10.4	0.3	26.4	9.9	3.9	9.6	10.1	6.8	20.3	5.0	2.1	9.7
hematit	<0.1	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	1.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
ilmenit	0.3	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.7	1.2	1.5	0.0	0.0
egyéb opak ásvány	0.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
rutil	0.5	0.6	0.2	0.1	1.8	0.2	2.0	2.4	1.6	0.1	0.0	0.1	0.8	0.7
enszttit	0.0	<0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
augit	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	0.2	0.0	<0.1	0.0	0.8	0.0	0.0
oxiamfibol	0.4	<0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	<0.1	0.0	2.3	0.0	0.0
diopsid	0.4	0.5	0.0	0.0	3.5	0.7	3.6	0.3	0.0	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0
hipersztén	0.8	0.6	1.1	0.0	0.0	0.2	1.3	0.7	0.7	3.3	2.6	2.8	0.0	0.3
egyéb piroxén	1.2	0.4	1.5	0.0	0.0	0.7	5.7	0.4	0.0	<0.1	0.0	2.9	2.2	17.3
barna amfibol	0.4	0.1	0.4	0.1	0.0	<0.1	0.0	0.4	0.0	1.8	0.0	1.1	0.8	5.1
zöld amfibol	6.2	2.8	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	2.5	7.8	9.0	0.0	20.8	0.0	0.0
egyéb amfibol	0.8	2.1	3.5	0.1	0.4	0.7	0.4	0.0	0.0	14.8	8.4	0.0	0.0	0.0
apatit	0.7	0.5	1.7	1.3	2.1	0.4	1.7	0.5	0.0	1.0	1.0	0.2	2.1	1.0
cirkon	0.6	0.3	1.1	0.0	2.7	0.2	0.8	0.5	0.2	0.6	2.3	0.3	0.0	0.0
turmalin	2.8	2.8	2.2	0.7	3.6	2.6	6.9	4.8	1.7	1.5	2.9	2.2	2.1	3.1
anatáz	<0.1	<0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
brookit	<0.1	<0.1	0.0	0.0	0.0	<0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
limonit	3.9	2.4	6.2	0.5	4.1	2.4	4.4	0.2	9.3	3.9	8.1	3.6	2.6	4.5
leukoxén	5.4	3.5	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0
pirit	4.1	5.3	5.2	0.0	10.8	5.3	0.8	3.4	0.0	2.3	9.4	6.1	0.0	0.0
karbonát	1.4	3.2	3.3	9.5	0.0	0.8	0.7	10.5	0.0	1.1	0.2	0.3	5.8	0.9
kőzettörődék	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
bontott ásvány	5.4	4.5	17.0	40.6	0.0	3.4	14.6	0.7	0.0	4.0	5.0	2.6	11.6	16.6
Könnyűfrakció:														
minták száma (db)	258	372	10		11	288	28	88	4	53	10	48		
kvarc	62.9	55.8	36.5		45.4	58.6	62.2	66.6	32.8	39.9	36.5	59.2		
feldspát	15.4	13.6	15.1		22.7	14.1	37.8	5.2	49.5	27.4	15.1	15.0		
kőzettörődék	5.0	6.2	9.8		3.3	3.4	0.0	12.2	5.3	7.8	9.8	5.2		
karbonát	1.2	0.8	2.0		25.7	0.7	0.0	0.0	1.5	0.7	2.0	0.0		
agyagásvány	3.9	6.2	31.8		0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	16.8	31.8	11.7		
muszkovit	6.4	14.6	3.8		2.9	16.4	0.0	12.9	10.8	7.0	3.8	6.6		
szericit	0.0	0.2	0.0		0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0		
glaukonit	0.2	0.5	0.1		0.0	0.4	0.0	1.5	0.3	0.1	0.1	0.3		
bontott ásvány	5.1	2.1	0.8		0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.2	0.8	2.1		
érettség**					1.9	4.1	1.8	4.9	0.6	1.9	2.3	3.2		

* Duna-Tisza köze ÉNy-i és középső része

** kvarc/(feldspát+kőzettörődék)

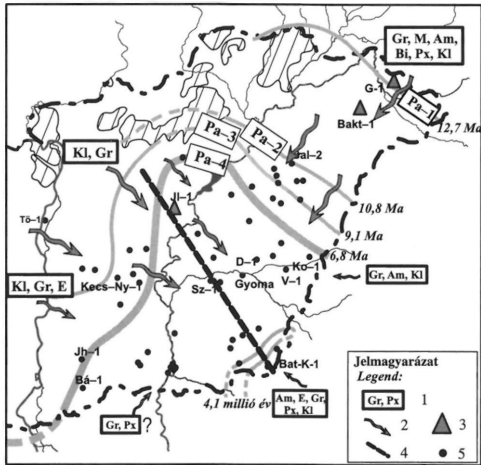
A Jászsági-medencébe ÉNy-i, illetve É-i irányból érkezett üledékanyagból klorit-, gránát-, biotit- és helyenként magnetitdúsdelta és hasonló összetételű, de éretlenebb folyóvízi homokok rakódtak le, az utóbbiak nagyobb piroxén és metamorf ásványtartalommal. Több anyag érkezett ide közepes-nagy fokú metamorfitokból, mint az Alföld más területeire.

A DK-Alföldre DK felől érkező üledékanyag mennyisége alárendelt, piroxén-amfibol-gránát-klorit összetételű medencelejtő üledékek (Bat-K-1), kloritdús deltahomok (Mezőhegyes), változatos összetételű amfibol-, epidot-, gránát-, klorit-, magnetitgazdag folyóvízi üledékek (Mezőhegyes, Tótkomlós, Pusztatokla, Kevermes) képviselik. A medencelejtő üledékei főként közepes és nagyfokú metamorfitek lehordásából, a folyóvízi homok pedig inkább kisebbfokú metamorfitokból származtathatók. Ugyanakkor mindvégig idősebb üledékes kőzetek áthalmozódásából és vulkanitok lehordásából is érkezett üledékanyag, az utóbbiakból legtöbb a folyóvízi homokba.

Összegezve tehát az Alföld nyugati részén fellelhető mintákban nagyobb a metamorf ásványok aránya, míg keleti részén a vulkanitok szerepe dominánsabb. A klorit részaránya azonban olyan nagy a minták jelentős részében, hogy ez szinte felülírja a többi összetevő szerepét, ezért jelentősebb mértékben mégsem tér el a törmelékanyag összetétele, ami a Kárpátok, mint legfőbb lehordási terület öves szerkezetéből is következik. Ez is arra enged következtetni, hogy a középhegységi területek még nem jelennek meg jelentős üledékforrásként, tehát nem voltak kiemelt területek (4. ábra).

4. ábra. Az egyes harmadrendű szekvenciák selfperemének helyzete (VAKARCS 1997 nyomán módosítva), a nehézasványvizsgálatok alapján kijelölhető főbb behordási irányok, valamint az ezekre jellemző domináns ásványcsoportok az Alföldön, a vizsgált mintavételi helyek feltüntetésével. Jelmagyarázat: 1. az uralkodó ásványcsoport: Kl: klorit, Gr: gránát, Am: amfibol, E: epidot, Px: piroxén; 2. beszállítási irányok; 3. bemutatott fúrás; 4. elvi szelvény iránya; 5. mintavételi helyek

Fig. 4 Position of the shelf break at the third order sequence boundaries (modified after VAKARCS 1997) and the main transport directions based on heavy mineral content, as well as the dominating mineral groups with the location of the samples. Legend: 1 dominating mineral groups: K: chlorite, Gr: garnet, Am: amphibole, E: epidote, Px: pyroxene; 2 transport directions; 3 wells on show; 4 idealized profile; 5 sample location



Az ásványi összetétel változásának tendenciái az azonos fáciesű képződményekben, illetve a formációkon belül

A részletes földtani vizsgálatok alapján elvégzett fácies-, illetve formációértékelés szerint a vizsgált homok- és homokkőminták négy fő, különböző fáciesű üledékes képződménycsoportba, illetve formációba tartoznak. A minták több mint fele (58%) a főként deltafront és deltasíkság fáciesű Újfalui Homokkő Formációból való, sok a Zagyvai Formációba tartozó folyóvízi homok (38%), míg lényegesen kevesebb vizsgálat készült a medencelejtő üledékekből, melyek az Algyői Formációt alkotják (3%), és a turbidit eredetű Szolnoki Homokkő Formációból (1%). A vizsgált minták fáciestípusonkénti, illetőleg formációnkénti átlagértékeit az 1. táblázat tartalmazza.

Az Alföldön a különböző fáciesű homokok, illetve homokkővek átlagos ásványi összetételét tekintve bizonyos tendenciák figyelhetők meg. Így a folyóvízi homoktól a delta- és medencelejtő üledékeken át a turbidit-homokkővekig a klorit átlagértéke fokozatosan növekszik, míg azzal ellentétesen a gránát, a turmalin és az elsősorban a vulkáni eredetű piroxének és amfibolok (hipersztén, augit, zöld-, barna-, oxiamfibol) összgyakorisága fokozatosan csökken. Ezek a tendenciák részben a szelektív osztályozódással magyarázhatók, vagyis azzal, hogy szállítás során a kloritlemezkék a lehordási területtől nagyobb távolságra a medencék belső területeire is eljutnak, míg az izometrikus gránát, vagy az oszlopos turmalin, amfibol és piroxén a lehordási területhez közelebb már a folyóvízi, vagy a delta-képződményekben lerakódik. Ugyanakkor a törmelékes eredetű klorit gyakori megjelenése az ÉNy-i peremterületeken a delta és a folyóvízi homokban jelzi, hogy a szelektív osztályozódás mellett a forrásközetek szerepe is meghatározó.

A homok és homokkő minták kvarc/(földpát+kőzettöredék) aránya, azaz érettsége, az a forrásközetek mellett a klímától, a szállítási távolságtól, a lerakódási környezettől és a diagenezis mértékétől is függ (PETTIJOHN 1972, 1975), az átlagértékeket tekintve az egyes beszállítási irányokban a folyóvízi homoktól a delta képződményeken át a medencelejtő üledékekig növekszik (1. táblázat). Ugyanakkor az egyes fúrásokban az átlagértékek szerint a legéretlenebb minták, amelyekben a kvarc/(földpát+kőzettöredék) arány 1 és 3 közt változik, a lehordási területekhez közeli helyzetben található a G-1, Bakt-1, Tö-1, Ke-3, Jász-1, Ko-1, V-1, Pusztaotlaka-I/p és Kevermes-II/p fúrásokban. A legérettebb homok- és homokkőminták, amelyek 7 feletti kvarc/(földpát+kőzettöredék) aránnyal rendelkeznek a lehordási területtől távolabb helyezkednek el (K-88, Bá-1, Jh-1, Kec-3, Algyő-1, -2, -5 fúrások). Eszerint a vizsgált homokok érettsége elsősorban a lehordási területtől való távolságukat tükrözi.

A különböző beszállítási irányokban elhelyezkedő, különböző fáciesű homokok és homokkővek ásványi összetételének átlagértékeit az 1. táblázat tartalmazza. Eszerint az ÉK-Tiszántúlra ÉK felől érkező üledékanyagban az Alföld többi területéhez képest a medencelejtő üledékekben viszonylag gyakori a magnetit, a gránát, a biotit és a piroxén, a delta fáciesű homokokban és homokkővekben pedig több az amfibol, mint másutt, valamint a biotit is gyakori, míg a még éretlenebb folyóvízi homokokban a biotit gyakorisága kiemelkedő. A klorittól eltekintve metamorf ásványok itt alig fordulnak elő.

A Duna–Tisza köze ÉNy-i és középső részéről vizsgált delta üledékekben gyakoribb a klnozoisit, mint másutt, és viszonylag gyakori a klorit és az epidot. A lényegesen éretlenebb folyóvízi homoktestekben viszont több a gránát, a magnetit a zoisit és a cirkon, valamint az andaluzit is jellemző az Alföld többi részéről vizsgált mintákhoz képest. A Jászági-medence deltaüledékeiben helyenként gyakori az epidot, a biotit, a turmalin és a kianit. A deltaüledékeknel éretlenebb folyóvízi homokokban viszont gyakoribb a turmalin, az andaluzit, a kianit, a rutil és az apatit, mint másutt, valamint helyenként a gránát és a piroxén is (1. táblázat).

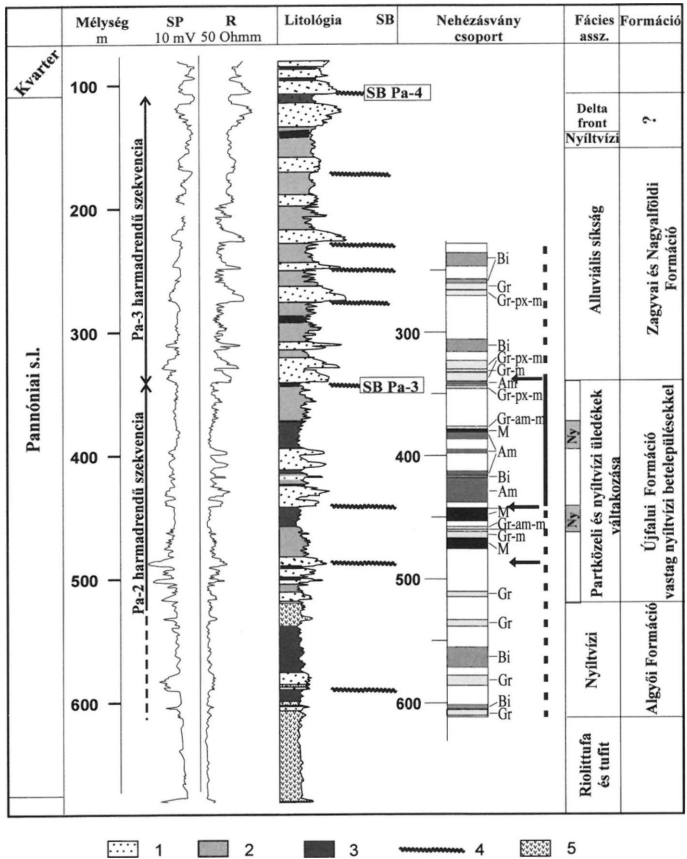
A DK-Alföldön az átlagértékek alapján a medencelejtő homokokban gyakrabban fordul elő a piroxén, a kianit, a sztaurolit és a tremolit-aktinolit, mint másutt, valamint viszonylag sok a gránát és az andaluzit. A folyóvízi homokokban az amfibolok és az epidot gyakorisága kiemelkedő, valamint a piroxén is jellemző.

Az ásványi összetétel időbeli (vertikális) változása és annak földtani háttere az Alföldön

A pannóniai s.l. homokok és homokkövek ásványi összetétele időben helyenként jelentősen változott, míg másutt alig észlelhető változás. A változások követésére és ennek értelmezésére integrált módszereket használtunk fel. Jelen munkával párhuzamosan készült el az Alföld pannóniai s.l. képződményeinek integrált-sztratigráfiai vizsgálata, amely a fő behordási irányok mentén felállított szelvényháló szerint végzett szekvencia-sztratigráfiai, szedimentológiai, biosztratigráfiai és fejlődéstörténeti összefüggéseket vizsgálja (JUHÁSZ et al. 2006). Az ásványtani vizsgálatok eredményeit ebbe a fejlődéstörténeti, integrált-sztratigráfiai keretbe helyezve, értelmet és földtani–fejlődéstörténeti jelentőséget nyernek az ásványtani összetétel nyomomonkövethető változásai és azok tendenciái. Jó néhány itt vizsgált fúrás beilleszthető a szelvényhálóba, és ezek nagyon jó egyezést mutatnak elsősorban a különböző behordási irányokkal, és ezen belül az ásványi összetétel időbeli változást tükröz, amelynek tendenciái (nem meglepő módon) szinte teljesen egybeesnek a harmadrendű szekvenciákkal, mivel a nagyobb változások a szekvenciahatárokon következnek be. Ezért nem láthatók általánosságban jelentősebb változások a formációhatárokon, illetve a fáciesek határain, mint azt eredeti feltevésünk szerint reméltük, csak abban az esetben, ahol a fáciesváltozások jelentős ősföldrajzi változásokkal járó szekvenciahatárokkal esnek egybe.

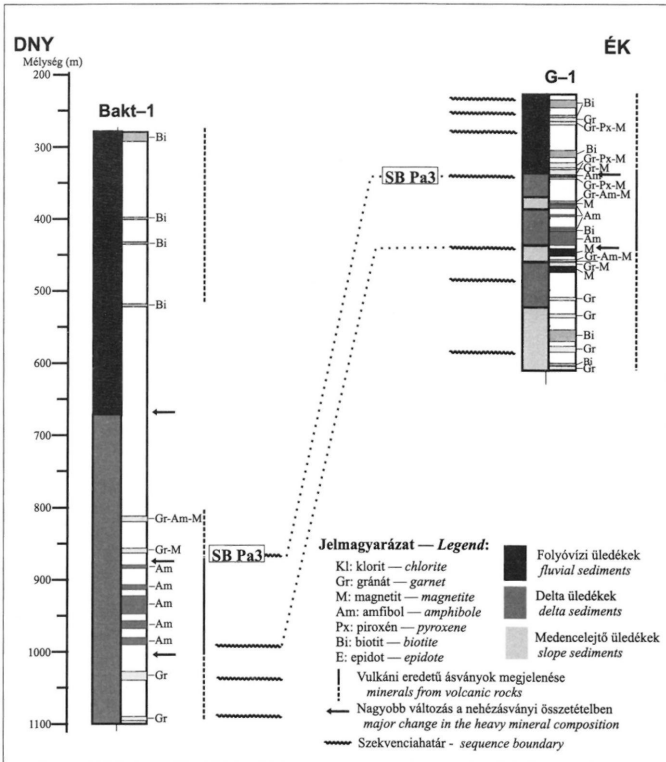
A jelentősebb, harmadrendű szekvenciahatárok a legújabb vizsgálatok szerint nagyobb léptékű, regionális tektonikai eseményekhez köthetőek, amelyek meghatározták a medence szerkezetfejlődésének változásait (JUHÁSZ et al. 2006). A relatív vízszint kisebb-nagyobb mértékű ingadozása, és időnként az ősföldrajzi helyzet jelentős változása hatással volt a beömlő folyók folyásirányának, illetve a jellegüknek megváltozására. A folyók nagyobb mértékű bevágódása és a peremi területek inverziója nyomán nagymértékű lepusztulás történt.

Ilyen jelentős szekvenciahatárt alkotnak mindkét felhalmozódási irányban a Pa–3 (9,1 Ma) és a Pa–4 (6,8 Ma sensu VAKARCS 1997) eróziós felületek. Az általuk közrefogott Pa–3 harmadrendű szekvencia egy tektonosztratigráfiai ciklust alkot. Ennek során az alföldi medencerész jelentős szerkezeti átalakuláson ment át, erőteljes



5. ábra. A Gelénes G-1 fúrás földtani, valamint szekvencia-sztratigráfiai értelmezése és ásványi összetételének változásai. Jó korreláció tapasztalható a forrásterületekhez közeli fúrásokban a jelentősebb vízszintsökkenéssel járó szekvenciahatárok és a nehézasványi összetétel hirtelen megváltozása között. Jelmagyarázat: 1. homokkő, 2. aleurolit, 3. agyagmárga, 4. szekvenciahatár, a többi l. 6. ábra

Fig. 5 Geologic and sequence stratigraphic interpretation of Gelénes G-1 well, and alteration of its mineralogical composition. There is a well represented correlation between the base-level drop at the sequence boundaries and the abrupt changes in the heavy mineral composition of the sands and sandstones. Legend: 1 sandstone, 2 siltstone, 3 clay marl, 4 sequence boundary. For others see Fig. 6



6. ábra. A homokok és homokkővek jellemző nehézásványi összetétele Baktalórántháza és Gelénes között, a 3. és 4. rendű szekvenciahatárok feltüntetésével. A nehézásványösszetétel karakterisztikusan megváltozik a 3. rendű szekvenciahatárokon, míg a forrásterületekhez közel még a negyedrendű szekvenciahatárok is nagy jelentőséggel bírnak

Fig. 6 Correlation of Gelénes G-1 and Baktalórántháza Bakt-1 well with the dominating mineralogical composition groups and cycle boundaries close to the volcanic source areas. An excellent correlation can be observed between the base-level drop at the 3rd and 4th order sequence boundaries and the abrupt changes in the heavy mineral composition of the sands and sandstones.

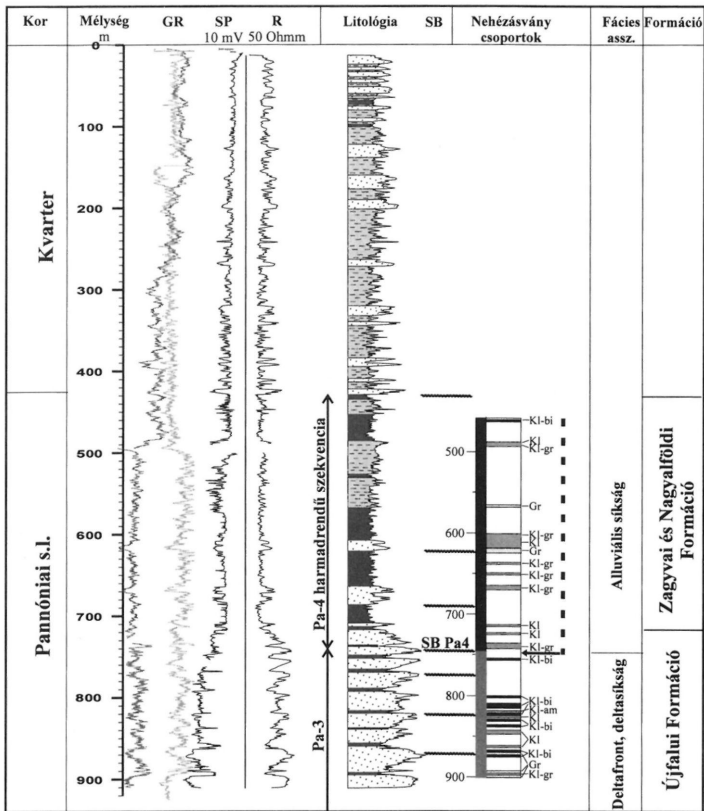
transzgressziót okozva, majd a ciklus végén a medenceperemi területek inverziójának megindulása a relatív vízszint több száz méteres csökkenéséhez vezetett (JUHÁSZ et al. 2006). Ezen változások nehézásványtartalomban való megjelenésének szemléltetésére mutatunk be néhány példát a fúrási rétegsorokból.

A Gelénes–1 fúrás az Alföld legidősebb pannóniai rétegsorát harántolta az ÉK-i határ mentén a Nyírségben. A fúrás ciklussztratigráfiai értelmezése és a mellette feltüntetett nehézasványtartalom változása tökéletes egyezést mutat (5. ábra). A Pa–3 szekvenciahatár feltételezett helyét jelöltük a rétegsorban. Ez a kiemelt helyzetű medenceperemi fúrás jól korrelálható a már mélyebb szerkezeti helyzetű, de még mindig idős képződményeket tartalmazó Bakta–1 fúrással, és a nehézasványtartalom változása is jó korrelációt mutat (6. ábra). A 6,8 Ma-nál idősebb üledékekben, a Pa–4 szekvenciahatár alatt itt a Pa–3 harmadrendű szekvencia homoktestjei vulkáni eredetűek, azokban a gránát, a biotit, a piroxén és a magnetit a leggyakoribbak. A 9,1 Ma Pa–3 harmadrendű szekvenciahatár alatti, Pa–2 harmadrendű szekvencia felső részében lévő homokokra az amfibol dominanciája, valamint a gránát, a biotit, a magnetit és a piroxén gyakorisága jellemző, ami elsősorban vulkáni eredetűekkel függ össze. Ez alatt újra változik az ásványi összetétel, de mindig – itt feltehetően negyedrendű – szekvenciahatárokhöz kötődően. Ez a tendencia a két fúrás korrelálásakor is követhető, és a nehézasványi összetétel azonos eredményt ad, mint a szeizmikus és karotázsértelmezés során kapott szekvenciahatárok.

Az É–ÉNy-i behordási irányból a Jászladány J1–1 fúrás rétegsorát mutatjuk be. A J1–1 fúrással a Pa–4 szekvenciahatár közel az Újfalui és a Zagyvai Formációk határára esik, illetőleg érdemes megfigyelni ebben az esetben, hogy mi a különbség az üledékes fácieshatár és a formációhatár között (7. ábra). Míg a pusztán litológiai bélyegeken alapuló formáció határát a homokos deltasíksági és az agyagos alluviális ártéri fáciesek határán húzzuk meg, addig a fáciesegységek határa, amely elválasztja a deltasíksági homokköteteket a felfelé finomodó folyóvízi ciklus legalsó mederkitöltés fáciesű képződményétől, tökéletesen egybeesik a Pa–4 szekvenciahatárral, és egyúttal a nehézasványtartalom változásával is. A Pa–4 szekvenciahatár itt egy erőteljes diszkordanciafelületet alkot, amely akár 1 Ma hiatust is képviselhet ezen a területen. Ennek mértékére pontos adataink nincsenek, de az értelmezett regionális szelvény pontosan mutatja, hogy az üledékképződés sokkal mélyebb szerkezeti helyzetben folytatódott ezt követően, a terület időközben kiemelt szárazulat volt, amelyet a folyók is elkerültek, és csak jóval később indult meg újra a folyóvízi üledékképződés a terület újabb süllyedésével (JUHÁSZ et al. 2006).

Úgy tűnik, hogy a Bugyi környékén található széles aljzati kiemelkedés ÉK-i és DNy-i oldalán két deltaág, esetleg elképzelhető, hogy két folyó érte el az Alföld medencéjét, mert a szeizmikus szelvények alapján is megkülönböztethetők, és az ásványi összetételük alapján is eltérés mutatkozik a Pa–4 szekvenciahatár alatti üledéksorban a két terület között. A Bugyi rögtől DNy-ra főként klorit, gránát, illetve epidotgazdag deltafáciesű homokokat találunk a Duna–Tisza közén, míg a rögtől EK-re Jászladány környékén a klorit dominál, amely gránáttal és biotittal egészül ki.

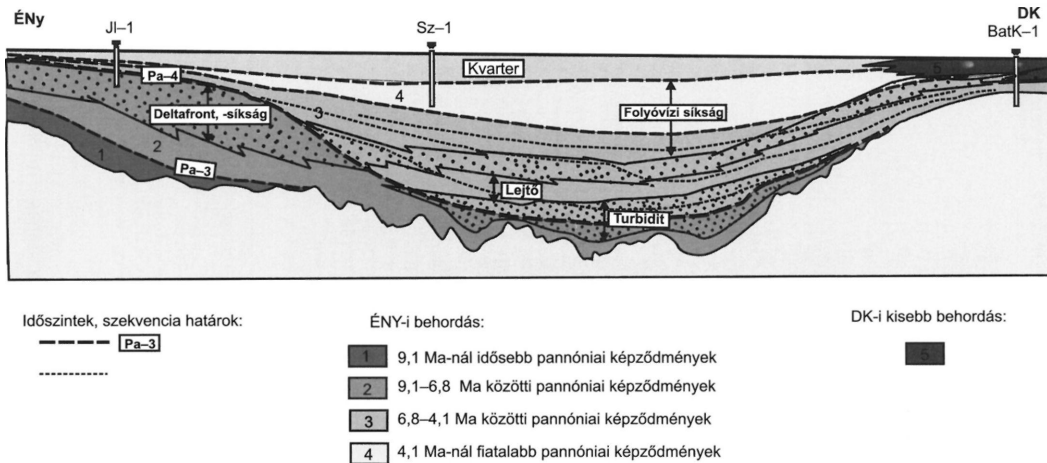
Elvi földtani szelvényen ábrázoltuk a fejlődéstörténeti keretben, harmadrendű szekvenciákon át az ásványi összetétel változásának tendenciáit. Hozzá kell fűznünk, hogy a szekvenciahatárok időhatárok, amelyek metszik a fácieshatárokat. Egy időkereten belül az eredetileg hasonló ásványi összetételű üledékanyag érettebbé válik, amíg eléri a mélymedencét, vagyis ugyanazon szekvencia mélyvízi



7. ábra. A Jászládány J1-1 fúrás földtani és szekvencia-sztratigráfiai értelmezése és ásványi összetételének változásai. Jelmagyarázat: l. 5-6. ábra

Fig. 7 Geologic and sequence stratigraphic interpretation of Jászládány J1-1 well with the dominating mineralogical composition. The strong base-level drop at the 3rd order sequence boundary Pa-4 caused strong erosion and more than 1 Ma hiatus and the abrupt changes in the heavy mineral composition of the sands and sandstones can be well observed, as even the source areas had changed in the meantime induced by large-scale tectonic changes. Legend: see Fig. 5-6

üledékeiben a homokok sokkal érettebbek, mint az időben hozzátartozó folyóvízi-deltaüledékekben, hiszen hosszabb a szállítási útvonaluk. Ez tükröződik a vizsgálati anyagainkon is (8. ábra).



8. ábra. ÉNy–DK-i irányú elvi földtani és időszelvény Jászládány és Battonya között a jellemző ásványtani összetételbeli tendenciákkal

Fig. 8 Geologic and sequence stratigraphic profile between Jászládány and Battonya with the main facies units and the 3rd order cycles. These cycles bare differences in the heavy mineral composition as well

Diszkusszió

A pannóniai s.l. képződményekben az ásványi összetétel a behordási irányok szerint alakul. Erőteljesebb szerepet kap azonban a rétegsorokban az időbeliség, amely alaposan felkavarta a korábbi értelmezési lehetőségeket. A behordott üledékanyag nehézásványtartalma időben változott, az üledékes ciklusok és a nagyobb hiatusok alapján tendenciák figyelhetők meg, amelyek azonban beszállítási irányonként más-más jeleket mutatnak.

A pannóniai képződmények formációk, illetőleg fáciesek szerinti elemzése önmagában nem adott jelentős különbséget. Megállapítható volt, hogy a szállítási távolsággal nő a kőzetanyag érettsége, és egyre dominánsabbá válik a klorit. Ez egyrészt abban nyilvánul meg, hogy a mélyebbvízi fáciesek, tehát a lejtő és a mélyvízi turbidit képződmények kőzetanyagának ásványi összetétele egyre érettebb, másrészt a folyóvízi és a deltafront, deltasíksági üledékek anyaga a peremterületeken több nehézásványt tartalmaz, a medencebelső irányában ezekben a képződményekben szintén nő a klorit dominanciája. A látszólag jellemző, ill. eltérő ásványi összetétel a fejlődéstörténeti összefüggésekkel, tektonikai vonatkozásokkal, valamint nagyléptékű ciklussztratigráfia alkalmazásával nyert értelmet.

A rendelkezésre álló mikromineralógiai adatok lehetőséget kínálnak a homokok és homokkövek ásványi összetétel-változásának nyomkövetésére a különböző fácieseken, formációkon át. A klaszteranalízis és a diszkriminancia analízis eredményei és a forráskőzetjelző ásványok megjelenése alapján (THAMÓ et al. 2006, jelen kötet) az egymáson települő formációk határán, illetve annak közelében csak az esetek egy részében tapasztalható változás az ásványi összetételben, amint ez a Gelénes G-1 és Jászládány JI-1 fúrások szelvényein látható (5-7. ábra). Gyakoribb azonban az, amikor az ásványi összetétel változás a fáciesen, ill. formáción belül következik be, aminek az oka elsősorban a lehordási területen bekövetkezett kőzettani változás, pl. új forráskőzetek felszínre kerülése lehet, amely nem okoz fáciesváltozást a medencebeli üledékképződésben. A tektonikai változások azonban egyszerre okozhatnak fáciesváltozást és a homokok összetételének megváltozását, vagy a medencebeli üledékek erózióját is. Ezért nagyobb tektonikai változásra utalhat, hogy a G-1, Bakt-1, JI-1, Jász-1 és a Mezőhegyesi fúrásban a deltafácies folyóvízi fáciesbe való átmeneténél megváltozik a homokok ásványi összetétele. Az utóbbi három területen a vulkáni eredetű anyag mennyisége megnőtt a folyóvízi homokokban a deltaképződményekhez képest, ami arra utalhat, hogy a forrásterületeken a vulkanitok tektonikai hatásra kerültek a felszínre.

A relatív vízszint kisebb-nagyobb mértékű ingadozása, a pannóniai üledékképződés során bekövetkező tektonikai változások harmad- és negyedrendű üledékes ciklusok kialakulását eredményezték. Elsősorban a harmadrendű szekvenciahatárokon, a nagyobb relatív vízszintesések következtében erőteljes átrendeződések, ősföldrajzi változások következtek be, jelentősen befolyásolva az üledékanyagot beszállító folyók helyzetét és szállítási energiáját. Vizsgálataink szerint a harmadrendű szekvenciahatárokhoz az ásványtani összetétel jelentős megváltozása társul. Ilyen, erőteljes változással társuló szekvenciahatárt alkotnak mindkét felhalmozódási irányban a Pa-3 (9,1 Ma) és a Pa-4 (6,8 Ma sensu VAKARCS 1997) eróziós felületek. Az Alföld legidősebb pannóniai rétegsorából csak az ÉK-i határ

mentén, a Nyírségben mélyült két fúrásból volt adatunk (Gelénes-1 és Bakta-1 fúrás).

Az idősebb pannóniai képződmények a jelentős relatív vízszintcsökkenéshez, ill. tektonikai eseményekhez köthető 6,8 Ma Pa-4 (VAKARCS 1997 nyomán) szekvenciahatár alatt ásványi összetételük tekintetében jelentős eltérést mutatnak a később leülepedett képződményekhez képest. Ez különösen ott szembetűnő, ahol a szekvenciahatár jelentős (cc. 1 Ma) hiatust képvisel (l. J1-1 fúrás, 7. ábra). A 6,8 Ma-nál idősebb képződmények legjellemzőbb behordási irányai közül az ÉK-i behordási területen találkozunk mintáinkban a legidősebb képződményekkel. A Gelénes G-1 és Baktalórántháza Bakt-1 fúrásokban a 9,1 Ma Pa-3 szekvenciahatár alatti, Pa-2 szekvenciába tartozó homokokra az amfibol dominanciája, valamint a gránát, a biotit, a magnetit és a piroxén gyakorisága jellemző, ami elsősorban vulkáni eredetükkel függ össze. A szekvenciahatár fölötti Pa-3 harmadrendű szekvencia homoktestjei szintén vulkáni eredetűek, de azokban a gránát, a biotit, a piroxén és a magnetit a leggyakoribbak (5-6. ábra). Az ÉNy-i behordási területen a Jászsági-medence fúrásainak nehézásványi összetétele részben eltér a Duna-Tisza köze hasonló korú képződményeitől, mivel a klorit és a gránát mellett az utóbbi helyen az epidot is igen gyakori, ami jelzi, hogy két, némileg eltérő, főként metamorf forrásközetekből (és flisből) származó behordást képviselnek.

A 6,8 Ma Pa-4 szekvenciahatár jelentős relatív vízszintcsökkenést, ill. tektonikai változást jelez, amelynek következtében némileg módosultak a behordási irányok is, a kompresszió nyomán létrejövő kiemelt hátaikat meg kellett kerülnie a beömlő folyóknak, és jelentős mértékben eróziót szenvedtek a delta és a folyóvízi képződmények is, amelyek áthalmazódtak a fiatalabb mélyebb vízi fáciesekbe. Itt, elsősorban az ÉNy-i behordási irányból, a klorit és a gránát az uralkodó nehézásványok. A gránát főleg a folyóvízi képződményekben dominál, és kisebb mértékben a deltasíksági képződményekben, míg a klorit minden fáciesre jellemző. A klorit mellől a többi nehézásvány eltűnése egyrészt a lehordási területek megváltozásával, az ottani lehetséges tektonikai eseményekkel, másrészt a szállítási távolságok megnövekedésével magyarázható.

Az ÉK-i behordási területen a 6,8 Ma-nál fiatalabb képződmények továbbra is sok vulkáni anyagot tartalmaznak, elsősorban a folyóvízi képződményekben. Ugyanakkor a közeli Dévaványa D-1 fúrásban már az ÉNy-i behordás a döntő, bár itt még mindkét irányból érkezett üledékanyag. A folyóvízi üledéksor legfelső részén azonban már határozottan az ÉNy-i irány dominál.

Az ÉK-i és az ÉNy-i fő behordási irányok mellett az Algyői és a Battonyai alaphegységi magaslat környékén láthatók jelentősebb eltérések. Az Algyői-magaslatnál kis jelentőségű, D-DNy-i beszállítási irány is valószínűsíthető.

A Battonyai alaphegységi magaslat É-i részén (Psz-1, Csa-1) nagyrészt 6,8 Ma-nál fiatalabb az üledéksor (a bazális márgákat kivéve), és a fiatalabb képződményekre jellemző a klorit dominanciája. A Battonyai-hát D-i részén nagyon jelentős az eltérés, és DK-i behordás is valószínűsíthető. A magaslat legdélebbi sarkában (Bat-K-1) már a medencelejtő homokokban (Algyői Formáció) eltérő a nehézásványi összetételt találunk az Alföld többi részéhez képest. Ez a tendencia a rétegsorban felfelé haladva egyre erősödik, és térbeli elterjedése

növekszik, az üledékanyag mennyisége azonban kisebb volt annál, hogy eljusson a magaslat legészakibb részére, Pusztaföldvár környékére. A Battonyai-hát D-i részén a folyóvízi összletben már nagyobb elterjedésben jelenik meg ez az eltérő nehézásványi összetétel (Mezőhegyes, Tótkomlós, Pusztatotlaka, Kevermes). A Battonyai-hátság környezetében ennek alapján tehát, a tó magyarországi részének feltöltődése után egy DK-ről érkező folyó („Ős-Maros”) veszi át fokozatosan a dominanciát.

Következtetések

A pannóniai s.l. képződmények vizsgált homok- és homokkőmintáiban az ásványtani összetétel változása tekintetében különböző tendenciák figyelhetők meg az Alföldön. Alapvetően a behordási irányok és a fáciesek szerinti változásokra összpontosítottunk, és bár ezek is fennállnak és kimutathatóak, még erőteljesebb szerepet kap azonban a rétegsorokban az időbeliség.

Határozott, bár nem túl nagy eltérések adódtak a két behordási irány kőzetanyagában. Az Alföld nyugati részén fellelhető mintákban magasabb a metamorf ásványok aránya, míg keleten a vulkanitok szerepe dominánsabb. A klorit részaránya azonban annyira magas a minták igen nagy részében, hogy ez szinte felülírja a többi összetevő szerepét, ezért jelentősebb mértékben mégsem tér el a törmelékanyag összetétele, ami a Kárpátok, mint legfőbb lehordási terület öves szerkezetéből is következik. Ez is arra enged következtetni, hogy a középhegységi területek még nem jelennek meg jelentős üledékforrásként, tehát nem voltak kiemelt területek.

A fáciesek alapján történő vizsgálatok nyomán megállapítható, hogy a folyóvízi homokoktól a delta- és medencelejtő üledékeken át a turbidit-homokkővekig a klorit átlagértéke fokozatosan növekszik, míg azzal ellentétesen a gránát és az elsősorban a vulkáni eredetű piroxén és amfibol gyakorisága fokozatosan csökken, ami a forrásközetek változása mellett a szelektív osztályozódás hatását tükrözi. A szállítási távolsággal egyre dominánsabbá válik a klorit és nő a kőzetanyag érettsége. Ez egyrészt abban nyilvánul meg, hogy a folyóvízi képződmények anyaga lényegesen éretlenebb, mint a delta üledékek anyaga az egyes beszállítási irányokban a vizsgált területegységeken belül.

Vertikális szelvényben vizsgálva a forrásterületekhez közelebb eső fúrásokban rendkívüli egyezést mutatkozik az ásványtani összetétel változása, és a szekvenciastratigráfiai értelmezés között. E szerint időben változott a behordott üledékek összetétele, tehát változtak a lehordási területek. Elsősorban a tektonikai mozgások által létrehozott harmadrendű szekvenciahatárokon ugrásszerűen változik az ásványi összetétel, a peremeken, de főleg a vulkáni anyagot tartalmazó ÉK-i területen már a negyedrendű szekvenciahatárok is jelentkeznek az ásványi összetételben. A medencebelsőben ez a változás nem annyira jellegzetes, ami részben a nagyobb szállítási távolsággal, másrészt a vizsgálati anyagok sporadikus voltával, ill. hiányával magyarázható, hiszen az idősebb szekvenciák itt már csak a bazális márgákban, esetleg a turbiditok alsó részében vannak képviselve, ahonnan minta nem került elő.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás elvégzéséhez anyagi támogatást az OTKA (T-035168) nyújtott, tudományos és erkölcsi támogatást, valamint intézményi háttérrel pedig a MÁFI biztosított számunkra. Köszönjük JÁMBOR Áronnak a segítőkész tanácsokat, valamint ÁRGYELÁN Gizellának és VARGA Andrea Beátának a lektorálás során adott hasznos észrevételeiket.

Irodalom – References

- BÉRCZI, I. & PHILLIPS, R. L. 1985: Processes and depositional environments in Neogene deltaic – lacustrine sediments, Pannonian Basin, SE Hungary. – *Geophysical Transactions* **31**, 55–74
- BÉRCZI I, DANK V, GAJDOS I, PAP S., RÉVÉSZ I., SZENTGYÖRGYI K. & VÖLGYI L. 1987: Az Alföld kunsági (pannóniai s.str.) emeletbeli képződményei. – *MÁFI Évkönyve* **69**, 179–198.
- BÉRCZI, I., HÁMOR, G., JÁMBOR, Á. & SZENTGYÖRGYI, K. 1988: Neogene sedimentation in Hungary. – In: ROYDEN, L. H. & HORVÁTH, F. (eds.): *The Pannonian Basin – A study in basin evolution. AAPG Memoir* **45**, 57–67.
- BOGNÁR L. 1995: Ásványnévtár. – Eötvös kiadó, 345 p.
- CSÍKY G., ERDÉLYI Á., JÁMBOR Á., KÁRPATINÉ RADÓ D., KÓRÓSSY L. 1987: A pannóniai s.l. képződmények talpmélység térképe. – MÁFI, Budapest.
- HORVÁTH, F. 1995: Phases of compression during the evolution of the Pannonian basin and its bearing on hydrocarbon exploration. – *Marine and Petroleum Geology* **12**, 837–844.
- HORVÁTH, F. & CLOETINGH, S. 1996: Stress-induced late-stage subsidence anomalies in the Pannonian basin. – *Tectonophysics* **266**, 287–300.
- JÁMBOR Á., BALÁZS É., BÉRCZI I., BONA J., HORVÁTH F, GAJDOS I., GEIGER J., HAJÓS M., KORDOS L., KÖRECS A., KÖRECS-LAKY I., KORFÁS-HODI M., KÖVÁRY J., NAGY E., NÉMETH G., NUSSZER A., PAP S., POGÁCSÁS Gy., RÉVÉSZ I., RUMPLER J., SÜTŐ-SZENTAI M., SZALAY Á., SZENTGYÖRGYI K., SZÉLES M., & VÖLGYI L. 1987: General characteristics of Pannonian s.l. deposits in Hungary. – *Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **70**, 137–140.
- JÁMBOR, Á. 1991: Review of the geology of the s.l. pannonian formation of Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **32**, 269–324.
- JUHÁSZ Gy. 1992: A pannóniai s.l. formációk térképezése az Alföldön: elterjedés, fácies és üledékes környezetek. – *Földtani Közlöny* **122**, 133–165.
- JUHÁSZ Gy. 1994: Magyarországi neogén medencérszek pannóniai s. l. üledéksorának összehasonlító elemzése. – *Földtani Közlöny* **124**, 341–365.
- JUHÁSZ Gy., POGÁCSÁS Gy., MAGYAR I. & VAKARCS G. 2006: Integrált sztratigráfiai és fejlődéstörténeti vizsgálatok az Alföld pannóniai s.l. rétegsorában. – *Földtani Közlöny* **136/1**, 51–86
- MAGYAR, I., GEARY, D. H., SÜTŐ-SZENTAI, M., LANTOS, M. & MÜLLER, P. 1999. Integrated biostratigraphic, magnetostratigraphic and chronostratigraphic correlations of the Late Miocene Lake Pannon deposits. – *Acta Geologica Hungarica* **42**, 5–31.
- PETTITJOHN, F. J., POTTER, P. E., & SIEVER, R. 1972: Sand and sandstone. – Springer, Berlin, 618 p.
- PETTITJOHN, F. J. 1975: Sedimentary Rocks. – New York, 628 p.
- POGÁCSÁS, Gy., LAKATOS, L., UJSZÁSI, K., VAKARCS, G., VÁRKONYI, P., VÁRNAI, P. & RÉVÉSZ, I. 1988: Seismic facies, elektro facies and Neogene Sequences, Cronology of the Pannonian basin. – *Acta Geol. Hung.* **31/3–4**, 175–207.
- RÉVÉSZ I. 1980: Az Algyő–2 telep földtani felépítése, üledékföldtani heterogenitása és ősföldrajzi viszonyai. – *Földtani Közlöny* **110**, 512–539
- RÉVÉSZ I., BÉRCZI I., PHILLIPS, R. L. 1989: A Békési-medence alsópannóniai üledékképződése. – *Magyar Geofizika* **30**, 98–113
- THAMÓ-BOZSÓ, E. & JUHÁSZ, Gy. 2002: Mineral composition of Upper-Miocene–Pliocene (Pannonian s. l.) sands and sandstones in the different sedimentary subbasins in Hungary. – *Geologica Carpathica* **53**, Special issue: XVIIIth Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association [CD melléklet].
- THAMÓ-BOZSÓ, E., JUHÁSZ, Gy. & KOROKNAI, B. 2004: Tracing the sediment transport directions into Lake Pannon during the late Neogene, based on mineralogical composition of sandstones in the

Hungarian plain. – 23rd IAS Meeting of Sedimentology, Coimbra, 15–17 September 2004., Abstracts book, p. 265.

THAMÓ-BOZSÓ E., JUHÁSZ Gy., Ó. KOVÁCS L. 2006: Az alföldi pannóniai s.l. képződmények ásványi összetétele I. A pannóniai s.l. homokok és homokkövek jellemzői és eredetük. – *Földtani Közöny* **136/2**, jelen kötet

TÓTHNÉ MAKK Á. 2003: Szekvencia sztratigráfiai vizsgálatok a Duna–Tisza köze középső és déli részének késő miocén rétegsorában. – PhD értekezés, ELTE Budapest, 156 p.

VAKARCS, G. 1997: Sequence stratigraphy of the Cenozoic Pannonian Basin, Hungary. – PhD értekezés Rice University, Houston, Texas, 386 p.

Kézirat beérkezett: 2005. 12. 05.