

Pannóniai klinotémák időrétegtana

MAGYAR Imre^{1,2}

¹ELKH-MTM-ELTE Paleontológiai Kutatócsoport, 1431 Budapest, Pf. 137.

²MOL Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt., 1117 Budapest, Október 23. u. 18. (immagyar@mol.hu)

Chronostratigraphy of Pannonian clinothems

Abstract

Chronostratigraphic investigations in Hungary first faced the phenomenon of clinothems in the 1980's and 1990's when the deposits of Lake Pannon were explored by seismic surveys. In such settings, STENO's laws of stratigraphy are partially violated. Chronostratigraphic boundary surfaces in the Pannonian Stage are not originally horizontal but inclined and span several hundred m vertical topographic distance. These clinofolds are imaged by seismic surveys, correlated chronostratigraphically by the application of biochronological markers, and dated by radiometric age measurements and magnetostratigraphy. The chronostratigraphy elaborated for the Pannonian Stage can serve as a model for other non-marine basins in the Paratethys area and beyond.

Keywords: Lake Pannon, Pannonian, clinofolds, clinothems, biostratigraphy, chronostratigraphy

Összefoglalás

Magyarországon a kronosztratiográfia tudománya az 1980-as és 1990-es évek során szembesült azzal a jelenséggel, hogy klinotémákkal kitöltött medencékben, mint amilyen a Pannon-tó medre is volt, STENO klasszikus „települési törvényei” csak korlátozott értelemben érvényesek. A pannóniai emelet egy jelentős részét nem eredetileg vízszintes, hanem dőlő, több száz méter magas, klinofold geometriájú időrétegtani felületek tagolják. Szeizmikus értelmezéssel ezek a klinofoldok leképezhetőek, kronosztratiográfiai korrelációjuk az endemikus élővilágra alapozott biokronológiai markerekkel, datálásuk pedig radiometrikus kormérésekkel és mágnesrétegtani értelmezéssel valósítható meg. A pannóniai klinotémákra kidolgozott időrétegtan modellként szolgálhat más nem tengeri medencék kronosztratiográfiai tagolására a Paratethys-régióban és azon túl is.

Tárgyszavak: Pannon-tó, pannóniai, klinofold, klinotéma, biosztratiográfia, időrétegtan

Bevezetés

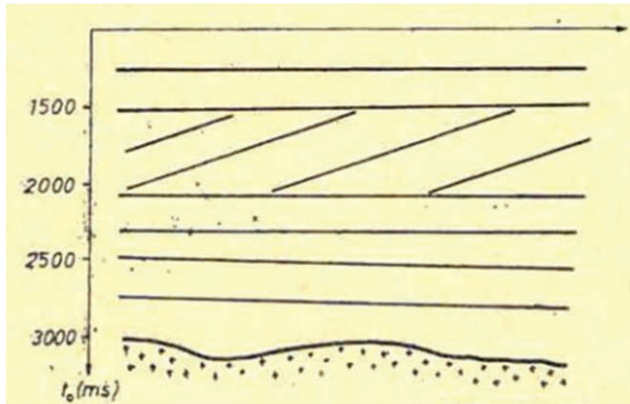
A szénhidrogén-kutatásban használt szeizmikus felvételek minőségének javulásával az elmúlt évtizedekben egyre több üledékes medencében ismertek fel selfperemi méretű klinotémákat, azaz több száz méter magas, dőlő felületekkel (klinofoldokkal) határolt üledékes testeket (ld. például JOHANNESSEN & STEEL 2005; HENRIKSEN et al. 2009; PATRUNO et al. 2018; GONG et al. 2019; PELLEGRINI et al. 2020 összefoglaló munkákat és az ezekben hivatkozott további publikációkat). A korábbi, köztrétegtani vagy biofációs határokra alapozott sztratiográfiai definíciók és beosztások azonban rendszerint eredetileg vízszintes és oldalirányban folyamatos időrétegtani határokat feltételeztek, így ellentmondásba kerültek a szeizmikus értelmezésekkel. Mindez szükségessé tette

a kronosztratiográfiai módszerek és gyakran a nevezéktan újragondolását is. Ez a folyamat Magyarországon a késő miocén-pliocén Pannon-tó üledékeinek kutatása során játszódott le az 1980-as és 1990-es években, de néhány szomszédos országban, továbbá az egykori Paratethys további tavi medencéiben (Dáciai-medence, Euxin-medence, Kaszpi-medence) még csak most szembesülnek a kutatók a tradicionális kronosztratiográfiai egységek és a szeizmikus rétegtani értelmezések ellentmondásaival.

Az említett tavi medencék mindegyikében gazdag endemikus puhatestű-fauna élt, amely jó biokronológiai markereket kínál a klinotémák biokronosztratiográfiai értelmezéséhez. Magyarországon folyamatosan fejlesztjük ezt a rendszert, és úgy véljük, hogy hasonló módszerrel a Paratethys-régió más tavi medencéiben is sikereket lehetne elérni.

Klinotémák felismerése a pannóniai emeletben

A geofizikai szakirodalomban elsőként RÁDLER et al. (1978) hívták fel a figyelmet „az alsó pannon összlet felső részén egy határozottan elkülönülő, az alatta és felette levő rétegektől eltérő dőlésű”, több száz méter vastag sorozat általános elterjedésére a pannóniai üledékösszletben (1. ábra). Értelmezésük szerint „az egyes reflexiók időszelvényeken felismerhető formák a delta üledékekhez



1. ábra. RÁDLER et al. (1978) sematikus ábrája a több száz méter vastag, általános elterjedésű „eltérő dőlésű sorozat” települési viszonyairól a pannóniai emeletben

Figure 1. The schematic figure of RÁDLER et al. (1978) about the stratigraphic position of the several-hundred-meter thick, widely distributed “dipping unit” within the Pannonian Stage

hasonló képet mutatnak”, de „csak formai egyezésről beszélhetünk”, mert „az összlet képződése időben nagy területeken közel egyszerre ment végbe” (t.i. a „kora pannóniai végén”). Okfejtésük a legvilágosabb példája annak, hogy klinotémákkal kitöltött medencék esetében az időrétegtani tagolás és korreláció a megszokottól eltérő megközelítést és módszereket igényel.

A pannóniai klinoformok mai szemmel is helytálló értelmezését, miszerint ezek egykori üledékképződési felszínek, amelyek metszik a litológiai határokat, POGÁCSÁS (1984) adta meg. A következő évtizedben egymást érték az akkor még deltának nevezett klinotémák progradációjával, korával, szedimentológiai és őslénytani jellemzésével foglalkozó tanulmányok (pl. MARTON 1985; BÉRCZI & PHILLIPS 1985; POGÁCSÁS 1987; HORVÁTH & POGÁCSÁS 1988; MATTICK et al. 1988; POGÁCSÁS et al. 1988, 1992, 1993, 1994; JUHÁSZ 1992; UJSZÁSI & VAKARCS 1993; CSATÓ 1993; MOLENAAR et al. 1994; POGÁCSÁS & RÉVÉSZ 1987; VAKARCS et al. 1994; ELSTON et al. 1994; JUHÁSZ & MAGYAR 1992; KÖRÖPÁS-HÓDI et al. 1992). A gyors szemléletváltásban fontos szerepet játszott a USGS geológusaival folytatott szénhidrogén-kutatási együttműködés (pl. TELEKI et al. 1994) és az AAPG Pannon-medence kötete elkészítése során folytatott magyar–amerikai tudományos együttműködés (ROYDEN & HORVÁTH szerk. 1988). A kronosztratigrafiái konzekvenciák levonása mindezek ellenére csak lassan és akadozva történt meg; az üledékképződési környezetek dinamikus változása, a kőzetrétegtani egységek (formációk) változó idejű határai, a kőzetrétegtani és időrétegtani neve-

zékταν különbségei csak lassan, évtizedek alatt tudatosultak a teljes magyar szakmai társadalomban.

Bár a felsorolt publikációk túlnyomó része angol nyelven jelent meg, szinte semmi visszhangjuk nem volt a Pannon-medence többi országában. A klinotémák jelenlétét ugyan a Bánság szerbiai részén már korán felismerték (TRKULJA & KIRIN 1984), a jelentőségüket azonban nem. A „Chronostratigraphie und Neostatotypen” könyvsorozat 1990-ben kiadott „Pontien” kötetében (STEVANOVIĆ et al. szerk. 1990) egyetlen szeizmikus szelvény sem szerepel, és utalást sem találunk 952 oldalon keresztül arra, hogy a Pannon-tó medencéjét nem vízszintes határu időrétegtani egységek, hanem oldalirányban épült klinotémák töltik ki. A Pannon-medence déli országaiban a felszín alatt a mai napig kőzetrétegtani határral korrelálják az „alsó pontusi – felső pontusi” határt (pl. NOVAK ZELENKA & MALVIĆ 2011, MAJENCO & RADIVOJEVIĆ 2012), míg Románia pannon-medencei területein ugyanezt a kőzetrétegtani határt a „pontusi” és „dáciai” emelet határának tekintik (pl. TĂRĂPOANCĂ 2004, TILITA et al. 2007), azaz a medencekitöltés kronosztratigrafiái tagolása során ezekben az országokban eddig egyáltalán nem számoltak a klinotémák jelenlétével.

Magyarországi nagy felbontású szeizmikus kutatások kimutatták, hogy a már ismert, több száz méter magasságú selfperemi klinotémák fölött, ahol az ipari szeizmika már általában párhuzamos, horizontális reflexiókat mutat, a selfen épülő delták is klinotémákat hoztak létre. Ezek vastagsága néhányszor 10 m (SZTANÓ & MAGYAR 2007, HORVÁTH et al. 2010), és kivételes esetekben ezek is felismerhetők modern 3D ipari szeizmikán (UHRIN 2011).

Miért okoznak zavart a klinotémák a kronosztratigrafiában?

A klinotémák nem csak a pannóniai emeletben okoztak és okoznak időrétegtani értelmezési problémákat. A szeizmikus rétegtani kutatások a Paratethys összes medencéjében kimutattak selfperem méretű klinotémákból álló összleteket (MAGYAR et al. 2020). Az adott medencében használatos időrétegtani nevezéktan, és a regionális emelet és alemelet határainak datálására törekvő geokronológiai és mágnesrétegtani kutatások azonban eddig nem vették figyelembe a klinotémák speciális geometriáját (pl. JIPA & OLARIU 2009, LEEVER et al. 2009, RICHARDS et al. 2018, KRIJGSMAN et al. 2019, LAZAREV et al. 2020, CASAS-GALLEGO et al. 2020).

Vajon mi ennek az oka? A rétegtan tudományában STENO 17. századi „települési törvényei” jelentik az egyik alapvetést. A mai napig minden rétegtani elemzés arra a felismerésre épül, hogy az egymásra települő, üledékes eredetű rétegek közül az alul levő idősebb, mint a felül levő. STENO zseniálisan ismerte fel a gravitáció szerepét is az üledékes rétegek képződésében, de következtetései, melyek szerint „bizonyos, hogy ... minden réteget ... két, a horizonttal párhuzamos felület határol”, és hogy „amikor egy adott réteg képződött, annak kiterjedését vagy egy másik szilárd anyag

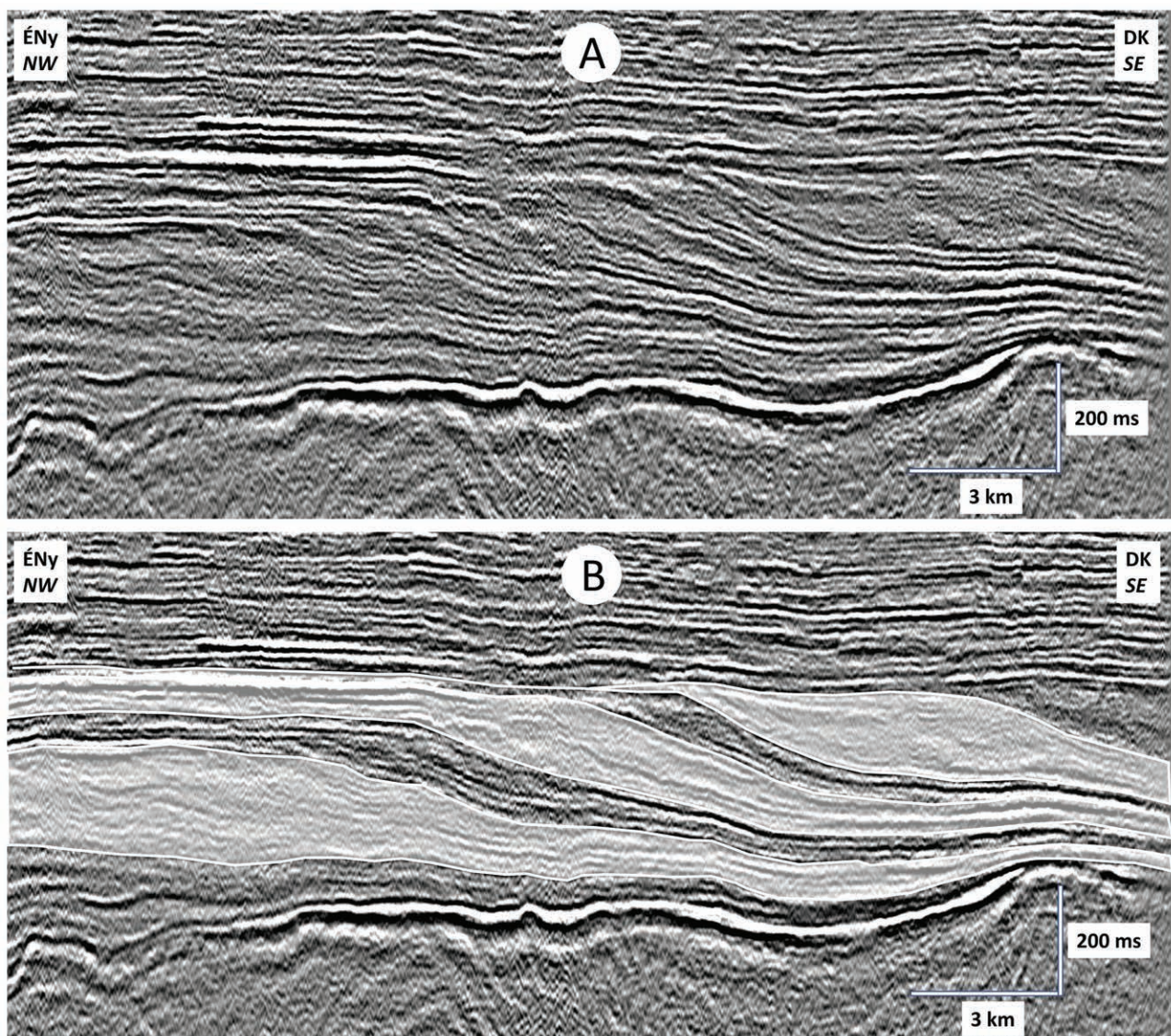
jelenléte korlátozta, vagy a réteg beborította a föld teljes gömbfelszínét”, az üledékképződési folyamatok mai ismeretében nyilván tarthatatlanok. STENO erősen hangsúlyozta az ülepedési felszínek eredetileg vízszintes helyzetét, a réteghatárokat pedig mai fogalommal kronosztratigráfiai felszíneknek tekintette (STENO 1916). A klinotémák képződése azonban nem vízszintes, hanem dőlő (kliniform) felületek mentén történik, és az egyes üledékcsomagok horizontális kiterjedését sem idegen testek, hanem az üledékképződési folyamatok határozzák meg. Egy adott fúrási rétegsorban itt is igaz, hogy alul idősebb, felül fiatalabb kőzeteket találunk, de térben szemlélve a folyamatokat azt látjuk, hogy az egyre fiatalabb üledékes testek nem egymás fölé, hanem egymás mellé települnek, és az oldalirányú szedimentációs ráta akár nagyságrendekkel is nagyobb lehet, mint a vertikális. Az oldalirányban hízó üledéktesteket alulról és felülről határoló rétegfelszínek nem kronosztratigráfiai felületek, hanem diakron, összetett

rétegfelszínek. Ezek esetében már egyáltalán nem törvényszerű, hogy az alsó réteg szelvény mentén vagy térben mindenütt öregebb legyen, mint a felső (GANI 2017).

Mindez azt jelenti, hogy STENO „törvényei” – bármennyire zseniálisak voltak is a maguk idejében, és bármennyire is elősegítették a rétegtan és a geológia fejlődését – a természetben sokszor nem érvényesülnek; szemléletet kell tehát váltanunk.

A pannóniai emelet időrétegtana

A Pannon-tó medrében általános elterjedésűek az üledékes klinotémák, így a kronosztratigráfiai határfelületek kliniformoknak felelnek meg (2. ábra). Egy adott részmedencében szeizmikus rétegtani értelmezéssel jól elkülöníthetők az eltérő korú egységek, de ez önmagában sem az adott kőzetek korát nem adja meg, sem a

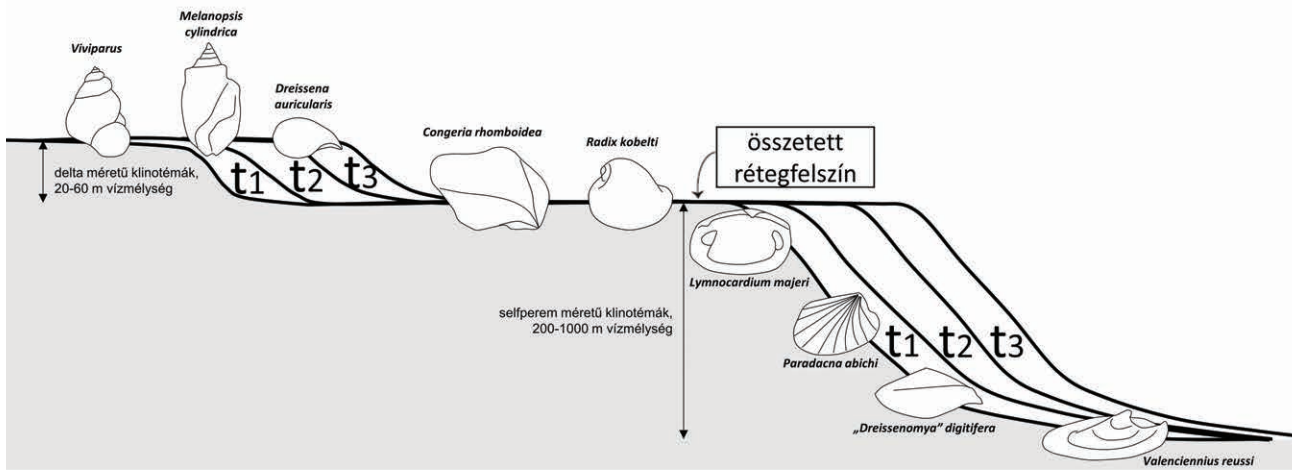


2. ábra. Pannóniai kliniformok és klinotémák az Algyői-hátság felett. A: értelmezetlen, B: értelmezett szeizmikus szelvény

Figure 2. Pannonian clinoforms and clinothems above the Algyői basement high in SE Hungary. A: uninterpreted, B: interpreted seismic section

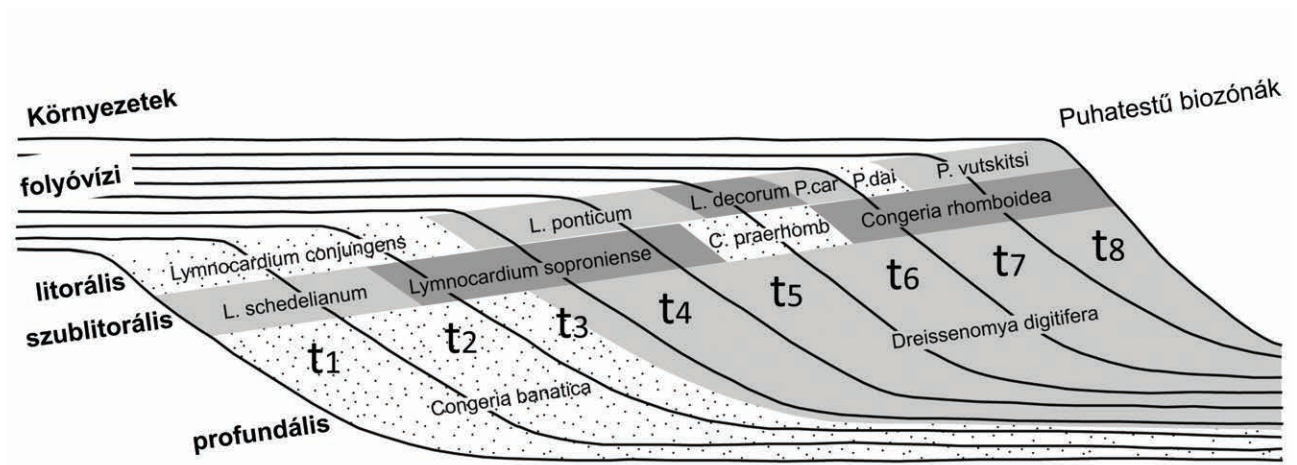
szomszédos részmedencékkel való korrelációt nem oldja meg (a kiékelődő szeizmikus horizontok miatt). A Pannon-tóban – akárcsak a Paratethys-régió többi nagy tavában – gazdag endemikus élővilág fejlődött, amely lehetővé teszi, hogy biokronológiai eseményekhez, pl. fajok első megjelenéséhez kössük a kronostratigráfiai határokat. Nem találunk azonban olyan szervezeteket, amelyek a tó minden részében jelen lettek volna. A bentonikus puhatestű együttesek például igen jelentősen változtak a vízmélység (és ennek megfelelően a tápanyag- és oxigénellátottság) függvényében (3. ábra).

A self a szeizmikus szelvényeken egyfajta összetett rétegfelszínként jelenik meg: alatta mélyvízi, föllette sekélyvízi és delta üledékeket találunk. A mély- és sekélyvízi fauna között olyan jelentős volt a különbség, hogy sokáig időrétegtani értelmezést adtak a két faunának (mélyvízi: alsó, tehát idős; sekélyvízi: felső, tehát fiatal). Ezért ahhoz, hogy a puhatestű-faunára kronozónákat lehessen alapozni, nagyon fontos a paleoökológiai viszonyok ismerete. Mindig az adott környezetben belül kell megtalálni a fauna változásának elemeit, amelyek oldalirányban jelentkeznek, és amelyekre időrétegtani marker alapozható (4. ábra).



3. ábra. Pannóniai delta és selfperemi méretű klinotémák, amelyeket a self mint összetett rétegfelszín köt össze. Mivel a delták a selfperem fölött települnek, sokáig kronostratigráfiai értelemben is fiatalabbnak tartották őket. Az ábrán jól látszik azonban, hogy egy delta klinotéma (pl. t1) öregebb is lehet, mint egy selfperemi (pl. t3). Az egykori felszín mentén lényegesen változott az élővilág összetétele; a mélyvízi és sekélyvízi környezetek között alig fordultak elő közös fajok

Figure 3. Pannonian delta and shelf-edge scale clinoforms, connected by the shelf as a composite stratigraphic surface. Because deltas deposited above the shelf-edge, they were long considered chronostratigraphically younger than the shelf-edge scale clinoforms. As the figure demonstrates, however, a deltaic clinothem (e.g., t1) can be older than a shelf-edge scale one (e.g., t3). The biota displayed a significant gradient along the clinoform paleosurface; deep-water and shallow-water settings hardly had any species in common



4. ábra. A puhatestű zónák (különböző színekkel) viszonya a vastag vonalakkal (klinoformokkal) határolt, időben egymást követő klinotémákhoz (t1-t8) a pannóniai emeletben. (A delta méretű klinoformok az egyszerűség kedvéért ezen az ábrán össze vannak vonva a selfperemi klinoformokkal.) P: Prosodacnomya, car: carbonifera, dai: dainellii, C: Congeria; praerhomb: praerhomboidea (MAGYAR & GEARY 2012, módosítva)

Figure 4. The spatial and temporal relationship of mollusc biochronozones and successive clinoform-bounded clinothem sets (t1 to t8) in the Pannonian Stage. (For simplicity, the delta scale clinoforms are welded into the shelf-edge scale clinoforms in this figure.) P: Prosodacnomya, car: carbonifera, dai: dainellii, C: Congeria; praerhomb: praerhomboidea (from MAGYAR & GEARY 2012, modified)

A biokronozónák radiometrikus kormérésekkel és mágnesrétegtani vizsgálatokkal datálhatók a medence egy-egy adott pontján. Több elszórt, változó megbízhatóságú adat mellett jelenleg négy fő sarokpontja van a pannóniai emelet geokronológiájának (MAGYAR et al. 2021):

1) A szarmata és a pannóniai határát 11,6 millió évre datálták $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ radiometrikus korméréssel (VASILIEV et al. 2010 az erdélyi Marosorbó feltárásában) és mágnesrétegtani vizsgálatokkal (PAULISSEN et al. 2011 a bécsi-medencei Spannberg-21 fúrásban és TER BORGH et al. 2013 a beocsini mészmárga feltárásban, a Fruska Gorában), így az nagyon jól közelíti a serravallei és a tortonai, azaz a középső és a késő miocén határát.

2) A tihanyi vulkán korát K/Ar módszerrel 7.92 ± 0.22 millió évnél (BALOGH & NÉMETH 2005), $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ módszerrel pedig 7.96 ± 0.03 millió évnél (WIJBRANS et al. 2007) határozták. A tihanyi vulkanit üledékes zárványban *Prosodacnomya carbonifera* példányokat tartalmazott, így közvetlenül behatárolja a sekélyvízi *P. carbonifera* zóna korát (SZTANÓ et al. 2013).

3) Paksi fúrások komplex rétegtani vizsgálata során több puhatestű és dinoflagelláta zóna korát sikerült meghatározni a mágnesrétegtanilag megállapított 8,77 és 7,14 millió évek között (KELDER et al. 2018, MAGYAR et al. 2019).

4) A mágnesrétegtannal korolt dévaványai és véstői fúrások alja a 4,63–2,59 millió éves szakaszt képviseli (COOKE et al. 1979, ELSTON et al. 1994). Az adatokat szeizmikus szelvények mentén korrelálva a legfiatalabb pannon-tavi klinoformok korát a Bánságban kb. 4 millió évben lehet megállapítani (MAGYAR et al. 2013).

Következtetések

Klinotémákból felépülő medencekitöltésekben az időrétegtani határfelületek klinoformok, amelyek metszik az üledék-képződési környezet által meghatározott litológiai egységek és a biofáciések határait. Az időben egymást követő üledékes testek inkább egymás mellé, mint egymás fölé települnek. A Pannon-tó medrének klinotémákból álló kitöltését időrétegtanilag olyan biokronozónákra lehet tagolni, amelyeknek a határfelületeit az azonos környezetben élt puhatestű-faunákon belül bekövetkező, biokronológiai értékű változások jelölik ki. Ezeknek a változásoknak a datálása radiometrikus korméréssel és mágnesrétegtani vizsgálatokkal történik. Hasonló módszer alkalmazásával lehetne időrétegtanilag tagolni a Paratethys-terület többi tavi, egykor gazdag endemikus élővilággal rendelkező medencéjének kitöltését is.

Köszönetnyilvánítás

Ez a tanulmány a Hantken Miksa 200. születésnapjáról megemlékező előadói előadásán, a Földtani Intézetben 2021. szeptember 22-én elhangzott, „*Klinotémákból álló medencekitöltések időrétegtana: a pannóniai emelet korolása*” című előadás alapján készült. Köszönöm Palotás Klárának a cikk elkészítéséhez nyújtott ösztönzést, Pogácsás Györgynek és Sztanó Orsolyának a kézirat lektorálását, Kázmér Miklósnak pedig Steno *Prodromusa* angol fordításának megküldését. Ez a tanulmány az ELKH-MTM-ELTE Paleontológiai Kutatócsoport 365. közleménye.

Irodalom – References

- BALOGH, K. & NÉMETH, K. 2005: Evidence for the Neogene small-volume intracontinental volcanism in Western Hungary: K/Ar geochronology of the Tihany Maar Volcanic Complex. – *Geologica Carpathica* **56**, 91–99.
- BÉRCZI, I. & PHILLIPS, R.L. 1985: Process and depositional environments within Neogene deltaic-lacustrine sediments, Pannonian Basin, Southeast Hungary. – *Geophysical Transactions* **31**, 55–74.
- CASAS-GALLEGO, M., PÉREZ-RODRÍGUEZ, I., FENTON, J. P. G., GOLD, D. P., MARZA, A. & TUDOR, E. 2020: Integrated biostratigraphic, palaeoenvironmental and wireline log characterisation of upper Miocene to lower Pliocene successions of the eastern Dacian Basin (SE Romania). – *Newsletters on Stratigraphy* **53**, 71–92. <https://doi.org/10.1127/nos/2019/0531>
- COOKE, H. B. S., HALL, J. M. & RÓNAI, A. 1979: Paleomagnetic, sedimentary and climatic records from boreholes at Dévaványa and Vésztő, Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **22**, 89–109.
- CSATÓ, I. 1993: Neogene sequences in the Pannonian basin, Hungary. – *Tectonophysics* **226**, 377–400. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90128-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90128-7)
- ELSTON, D. P., LANTOS, M. & HÁMOR, T. 1994: High resolution polarity records and the stratigraphic and magnetostratigraphic correlation of Late Miocene and Pliocene (Pannonian s.l.) deposits of Hungary. – In: TELEKI, P. G., MATTICK, R. E. & KÓKAY, J. (eds): *Basin Analysis in Petroleum Exploration. A case study from the Békés basin, Hungary*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 111–142. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0954-3_6
- GANI, M. R. 2017: Mismatch between time surface and stratal surface in stratigraphy. – *Journal of Sedimentary Research* **87**, 1226–1234. <https://doi.org/10.2110/jsr.2017.67>
- GONG, Ch., SZTANÓ, O., STEEL, R. J., XIAN, B., GALLOWAY, W. E. & BADA, G. 2019: Critical differences in sediment delivery and partitioning between marine and lacustrine basins: A comparison of marine and lacustrine aggradational to progradational clinothem pairs. – *The Geological Society of America, Bulletin* **131**, 766–781. <https://doi.org/10.1130/B32042.1>
- HENRIKSEN, S., HAMPSON, G. J., HELLAND-HANSEN, W., JOHANNESSEN, E. P. & STEEL, R. J. 2009: Shelf edge and shoreline trajectories, a dynamic approach to stratigraphic analysis. – *Basin Research* **21**, 445–453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2117.2009.00432.x>
- HORVÁTH, F. & POGÁCSÁS, Gy. 1988: Contribution of seismic reflection data to chronostratigraphy of the Pannonian basin. – In: ROYDEN, L. H. & HORVÁTH, F. (eds): *The Pannonian basin. A study in basin evolution*. – AAPG, Memoir **45**, 97–105. <https://doi.org/10.1306/m45474c9>

- HORVÁTH F., SACCHI M. & DOMBRÁDI E. 2010: A Pannon-medence üledékeinek szeizmikus sztratigráfiai és tektonikai vizsgálata a Dél-Dunántúli és a Balaton területén. – *Földtani Közlöny* **140**, 391–418.
- JIPA, D. C. & OLARIU, C. 2009: Dacian Basin. – *Geo Eco Marina, Special Publication* **3**, 1–264.
- JOHANNESSEN, E. P. & STEEL, R.J. 2005: Shelf-margin clinoforms and prediction of deepwater sands. – *Basin Research* **17**, 521–550. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2117.2005.00278.x>
- JUHÁSZ Gy. 1992: A pannóniai (s.l.) formációk térképezése az Alföldön: elterjedés, fácies és üledékes környezet. – *Földtani Közlöny* **122**, 133–165.
- JUHÁSZ Gy. & MAGYAR I. 1992: A pannóniai (s.l.) litofáciesek és molluszkabiofáciesek jellemzése és korrelációja az Alföldön. – *Földtani Közlöny* **122**, 167–194.
- KELDER, N. A., SANT, K., DEKKERS, M. J., MAGYAR, I., VAN DIJK, G. A., LATHOUWERS, Y. Z., SZTANÓ, O. & KRIJGSMAN, W. 2018: Paleomagnetism in Lake Pannon: problems, pitfalls, and progress in using iron sulfides for magnetostratigraphy. – *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* **19**, 3405–3429. <https://doi.org/10.1029/2018GC007673>
- KORPÁS-HÓDI, M., POGÁCSÁS, Gy. & SIMON, E. 1992: Paleogeographic outline of the Pannonian s.l. of the southern Danube-Tisza Interfluve. – *Acta Geologica Hungarica* **35**, 145–163.
- KRIJGSMAN, W., TESAKOV, A., YANINA, T., LAZAREV, S., DANUKALOVA, G., VAN BAAK, C. G. C., AGUSTÍ, J., ALÇIÇEK, M. C., ALIYEVA, E., BISTA, D., BRUCH, A., BÜYÜKMERİÇ, Y., BUKHSIANIDZE, M., FLECKER, R., FROLOV, P., HOYLE, T.M., JORISSEN, E. L., KIRSCHER, U., KORICHE, S. A., KROONENBERG, S. B., LORDKIPANIDZE, D., OMS, O., RAUSCH, L., SINGARAYER, J., STOICA, M., VAN DE VELDE, S., TITOV, V. V. & WESSELINGH, F. P. 2019: Quaternary time scales for the Pontocaspian domain: Interbasinal connectivity and faunal evolution. – *Earth-Science Reviews* **188**, 1–40. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.10.013>
- LAZAREV, S., JORISSEN, E. L., VAN DE VELDE, S., RAUSCH, L., STOICA, M., WESSELINGH, F. P., VAN BAAK, C. G. C., YANINA, T. A., ALIYEVA, E. & KRIJGSMAN, W. 2020: Magneto-biostratigraphic age constraints on the palaeoenvironmental evolution of the South Caspian basin during the Early-Middle Pleistocene (Kura basin, Azerbaijan). – *Quaternary Science Reviews* **222**. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.105895>
- LEEVEER, K.A., MATENCO, L., RABAGIA, T., CLOETINGH, S., KRIJGSMAN, W. & STOICA, M. 2009: Messinian sea level fall in the Dacic Basin (Eastern Paratethys): Palaeogeographical implications from seismic sequence stratigraphy. – *Terra Nova* **22**, 12–17. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2009.00910.x>
- MAGYAR, I. 2021: Chronostratigraphy of clinothem-filled non-marine basins: Dating the Pannonian Stage. – *Global and Planetary Change* **205**, 103609. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103609>
- MAGYAR, I. & GEARY, D. H. 2012: Biostratigraphy in a Late Neogene Caspian-type lacustrine basin: Lake Pannon, Hungary. – In: BAGANZ O. W., BARTOV, Y., BOHACS, K. & NUMMEDAL D. (eds): *Lacustrine sandstone reservoirs and hydrocarbon systems*. AAPG Memoir 95, 255–264. <https://doi.org/10.1306/13291392m953142>
- MAGYAR, I., RADIVOJEVIĆ, D., SZTANÓ, O., SYNAK, R., UJSZASZI, K. & PÓCSIK, M. 2013: Progradation of the paleo Danube shelf margin across the Pannonian Basin during the Late Miocene and Early Pliocene. – *Global and Planetary Change* **103**, 168–173. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.06.007>
- MAGYAR, I., SZTANÓ, O., SEBE, K., KATONA, T. L., CSOMA, V., GÖRÖG, Á., TÓTH, E., SZUROMI-KORECZ, A., ŠUJAN, M., BRAUCHER, R., RUSZKICZAY-RÜDIGER, Zs., KOROKNAI, B., WÓRUM, G., SANT, K., KELDER, N. & KRIJGSMAN, W. 2019: Towards a high-resolution chronostratigraphy and geochronology for the Pannonian Stage: Significance of the Paks cores (Central Pannonian Basin). – *Földtani Közlöny* **149**, 351–370. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2019.149.4.351>
- MAGYAR, I., KREZSEK, C. & TARI, G. 2020: Clinoforms as paleogeographic tools: Development of the Danube catchment above the deep Paratethyan basins in Central and Southeast Europe. – *Basin Research* **32**, 320–331. <https://doi.org/10.1111/bre.12401>
- MARTON Gy. 1985: A derecskei mélyzóna szeizmikus sztratigráfiai vizsgálata. – *Magyar Geofizika* **26**, 161–181.
- MAŢENCO, L. & RADIVOJEVIĆ, D. 2012: On the formation and evolution of the Pannonian Basin: constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides. – *Tectonics* **31**, TC6007. <https://doi.org/10.1029/2012TC003206>
- MATTICK, R. E., PHILLIPS, R. L. & RUMPLER, J. 1988: Seismic stratigraphy and depositional framework of sedimentary rocks in the Pannonian basin in southeastern Hungary. – In: ROYDEN, L. H. & HORVÁTH, F. (eds): *The Pannonian basin. A study in basin evolution*. AAPG Memoir **45**, 117–145. <https://doi.org/10.1306/m45474c11>
- MOLENAAR, C. M., RÉVÉSZ, I., BÉRCZI, I., KOVÁCS, A., JUHÁSZ, Gy., GAJDOS, I. & SZANYI, B. 1994: Stratigraphic framework and sandstone facies distribution of the Pannonian sequence in the Békés basin. – In: TELEKI, P. G., MATTICK, R. E. & KÓKAY, J. (eds): *Basin analysis in petroleum exploration. A case study from the Békés basin, Hungary*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 99–110. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0954-3_5
- NOVAK ZELENKA, K. & MALVIC, T. 2011: Stochastic simulations of dependent geological variables in sandstone reservoirs of Neogene age: A case study of the Kloštar Field, Sava Depression. – *Geologia Croatica* **64**, 173–183. <https://doi.org/10.4154/gc.2011.15>
- PATRUNO, S. & HELLAND-HANSEN, W. 2018: Clinoforms and clinoform systems: Review and dynamic classification scheme for shorelines, subaqueous deltas, shelf edges and continental margins. – *Earth-Science Reviews* **185**, 202–233. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.05.016>
- PAULISSEN, W., LUTHI, S., GRUNERT, P., ČORIĆ, S. & HARZHAUSER, M. 2011: Integrated high-resolution stratigraphy of a Middle to Late Miocene sedimentary sequence in the central part of the Vienna Basin. – *Geologica Carpathica* **62**, 155–169. <https://doi.org/10.2478/v10096-011-0013-z>
- PELLEGRINI, C., PATRUNO, S., HELLAND-HANSEN, W., STEEL, R. J. & TRINCARDI, F. 2020: Clinoforms and clinothem: Fundamental elements of basin infill. – *Basin Research* **32**, 187–205. <https://doi.org/10.1111/bre.12446>
- POGÁCSÁS Gy. 1984: A Pannon medence neogén mélydepresszióinak szeizmikus sztratigráfiai alapvonásai. – *Magyar Geofizika* **25**, 151–166.

- POGÁCSÁS, Gy. 1987: Seismic stratigraphy as a tool for chronostratigraphy: Pannonian basin. – *Annals of the Hungarian Geological Institute* **70**, 55–63.
- POGÁCSÁS, Gy. & RÉVÉSZ, I. 1987: Seismic stratigraphic and sedimentological analysis of Neogene delta features in the Pannonian basin. – *Annals of the Hungarian Geological Institute* **70**, 267–273.
- 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* **31**, 175–207.
- POGÁCSÁS, Gy., SZABÓ, A. & SZALAY, J. 1992: Chronostratigraphic relations of the progradational delta sequence of the Great Hungarian Plain. – *Acta Geologica Hungarica* **35**, 311–327.
- POGÁCSÁS, Gy., MÜLLER, P. & MAGYAR, I. 1993: The role of seismic stratigraphy in understanding biological evolution in the Pannonian Lake (SE Europe, Late Miocene). – *Geologia Croatica* **46**, 63–69.
- POGÁCSÁS, Gy., MATTICK, R. E., ELSTON, D. P., HÁMOR, T., JÁMBOR, Á., LAKATOS, L., LANTOS, M., SIMON, E., VAKARCS, G., VÁRKONYI, L. & VÁRNAI, P. 1994: Correlation of seismo- and magnetostratigraphy in southeastern Hungary. – In: TELEKI, P. G., MATTICK, R. E. & KÓKAY, J. (eds): *Basin Analysis in Petroleum Exploration. A case study from the Békés basin, Hungary*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 143–160. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0954-3_7
- RÁDLER B., SÁGHY Gy., UJFALUSSY A. & VARGA I. 1978: Eltérő dőlésű neogén üledékek szeizmikus kutatása. – *Magyar Geofizika* **19**, 201–206.
- RICHARDS, K., VAN BAAK, C. G. C., ATHERSUCH, J., HOYLE, T. M., STOICA, M., AUSTIN, W. E. N., CAGE, A. G., WONDERS, A. A. H., MARRET, F. & PINNINGTON, C. A. 2018: Palynology and micropalaeontology of the Pliocene–Pleistocene transition in outcrop from the western Caspian Sea, Azerbaijan: Potential links with the Mediterranean, Black Sea and the Arctic Ocean? – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **511**, 119–143. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.07.018>
- ROYDEN, L. H. & HORVÁTH, F. (eds): The Pannonian basin. A study in basin evolution. – *AAPG Memoir* **45**, AAPG, Tulsa, Oklahoma and Hungarian Geological Society, Budapest, 394 p. <https://doi.org/10.1306/M45474>
- STENO, N. 1916: *The prodromus of Nicolaus Steno's dissertation concerning a solid body enclosed by process of nature within a solid. An English version.* – The Macmillan Company, New York.
- STEVANOVIĆ, P. M., NEVESSKAYA, L. A., MARINESCU, F., SOKAČ, A. & JÁMBOR, Á. (eds) 1990: *Chronostratigraphie und Neostatotypen, Neogen der Westlichen ("Zentrale") Paratethys, 8, Pontien*. Jazu and Sanu, Zagreb–Belgrade, 952 p.
- SZTANÓ, O. & MAGYAR, I. 2007: Deltaic parasequences on gamma logs, ultra-high resolution seismic images and outcrops of Lake Pannon deposits. – *Joannea Geologie und Paläontologie* **9**, 105–108.
- SZTANÓ O., MAGYAR I., SZÓNOKY M., LANTOS M., MÜLLER P., LENKEY L., KATONA, L. & CSILLAG G. 2013: A Tihanyi Formáció a Balaton környékén: típusjelvény, képződési körülmények, rétegtani jellemzés. – *Földtani Közlemények* **143**, 73–98.
- TĂRĂPOANCA, M., 2004: *Architecture, 3D geometry and tectonic evolution of the Carpathians foreland basin.* – PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, 119 p. ISBN 90-9017847-3
- TELEKI, P. G., MATTICK, R. E. & KÓKAY, J. (eds): Basin Analysis in Petroleum Exploration. A case study from the Békés basin, Hungary. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 330 p. [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(96\)90007-0](https://doi.org/10.1016/0264-8172(96)90007-0)
- TER BORGH, M., RADIVOJEVIĆ, D. & MAŢENCO, L. 2014: Constraining forcing factors and relative sea-level fluctuations in semi-enclosed basins: the Late Neogene demise of Lake Pannon. – *Basin Research* **27**, 681–695. <https://doi.org/10.1111/bre.12094>
- TILITA, M., BARBU, V., COMANESCU, A. & TULUCAN, A. 2007: The relationship between basin opening, post-rift subsidence, inversion and sea-level variations in complex backarc settings: Miocene–Quaternary structures in the transition area between the Pannonian basin and the Apuseni Mountains. – *Geophysical Research Abstracts* **9**, 10121.
- TRKULJA, N. & KIRIN, Ž. 1984: Fenomen kosih refleksija na konvencionalnim seizmičkim profilima severoistočne Vojvodine (Dipping reflections on conventional seismic profiles in NE Vojvodina). – *Nafta* **35**, 11–19.
- UHRIN, A. 2011: *Vízszintváltozási ciklusok és kialakulásuk okai a késő-miocén Pannon-tó egyes részmedencéiben.* – PhD értekezés, ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Budapest, 127 p.
- UJSZÁSZI, K. & VAKARCS, G. 1993: Sequence stratigraphic analysis in the south Transdanubian region, Hungary. – *Geophysical Transactions* **38**, 69–87.
- VAKARCS, G., VAIL, P. R., TARI, G., POGÁCSÁS, Gy., MATTICK, R. E. & SZABÓ, A. 1994: Third-order Middle Miocene–Early Pliocene depositional sequences in the prograding delta complex of the Pannonian basin. – *Tectonophysics* **240**, 81–106. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(94\)90265-8](https://doi.org/10.1016/0040-1951(94)90265-8)
- VASILIEV, I., DE LEEUW, A., FILIPESCU, S., KRIJGSMAN, W., KUIPER, K., STOICA, M. & BRICEAG, A. 2010: The age of the Sarmatian–Pannonian transition in the Transylvanian Basin (Central Paratethys). – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **297**, 54–69. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.07.015>
- WIJBRANS, J., NÉMETH, K., MARTIN, U. & BALOGH, K. 2007: ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology of Neogene phreatomagmatic volcanism in the western Pannonian Basin, Hungary. – *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **164**, 193–204. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.05.009>

Kézirat beérkezett: 2022. 02. 27.