

Dr. Báldi Katalin
Témavezető
Általános és Történeti Földtan Tanszék
Földrajz Földtud. Intézet ELTE TTK
Pázmány Péter sétány 1-c, 1117
kabaldi@ludens.elte.hu

2007. január 14.

Zárójelentés

Bádeni foraminiferák kvantitatív paleoökológiai vizsgálata és stabil izotópos ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$) elemzése: Paratethys paleoóceonológia és paleoklíma

A három év OTKA posztdoktori ösztöndíja alatt az eredeti célkitűzésnek megfelelően fény derült a középső miocén Paratethys paleoóceonológiai, klimatikus viszonyaira több tekintetben. A bádeni képződmények kvantitatív foraminifera vizsgálatán túl geokémiai mérések is készültek a környezeti rekonstrukció érdekében. E rekonstrukció eszköze a proxy, amely egy környezeti tényező számszerű értékét becsülő, megközelítő értéket adó matematikai módszer. A munkám során használt proxik (angolul "proxy") egy része a biológia mint alaptudomány, másrészt a kémia mint alaptudomány talaján nyugszanak. A levont következtetéseket ennek köszönhetően két egymástól független módszerrel kapott eredmények támasztják alá a kvantitatív paleoökológia és a geokémia eszköztárából.

Kvantitatív paleoökológia

Először megfelelő mintaelőkészítés (szitasoron átmosás, szplittelés, foraminifera válogatás stb.) után a foraminiferák kvantitatív vizsgálatát végeztem el a fénymikroszkóp alatt. Bentosz foraminiferák darabszerű leszámolásával egy olyan adatbázist hoztam létre amelyben a bentosz foraminifera közösség felismerhető, és öskörnyezeti rekonstrukció készíthető proxik segítségével. Plankton-bentosz arány számolása egy vízmélységet közelítő matematikai módszer, proxy. A bentosz diverzitás indexek számolásával a környezeti stressz mértéke rekonstruálható. Bentosz foraminifera proxikat használtam a fenékvíz oxigén ellátottságának illetve az eufotikus zónából érkező szerves anyag fluxus becsülésére is. Az üledékben megőrződött szervesanyag is sokat elárul az egykori tenger trofikus viszonyairól.

Geokémiai proxik

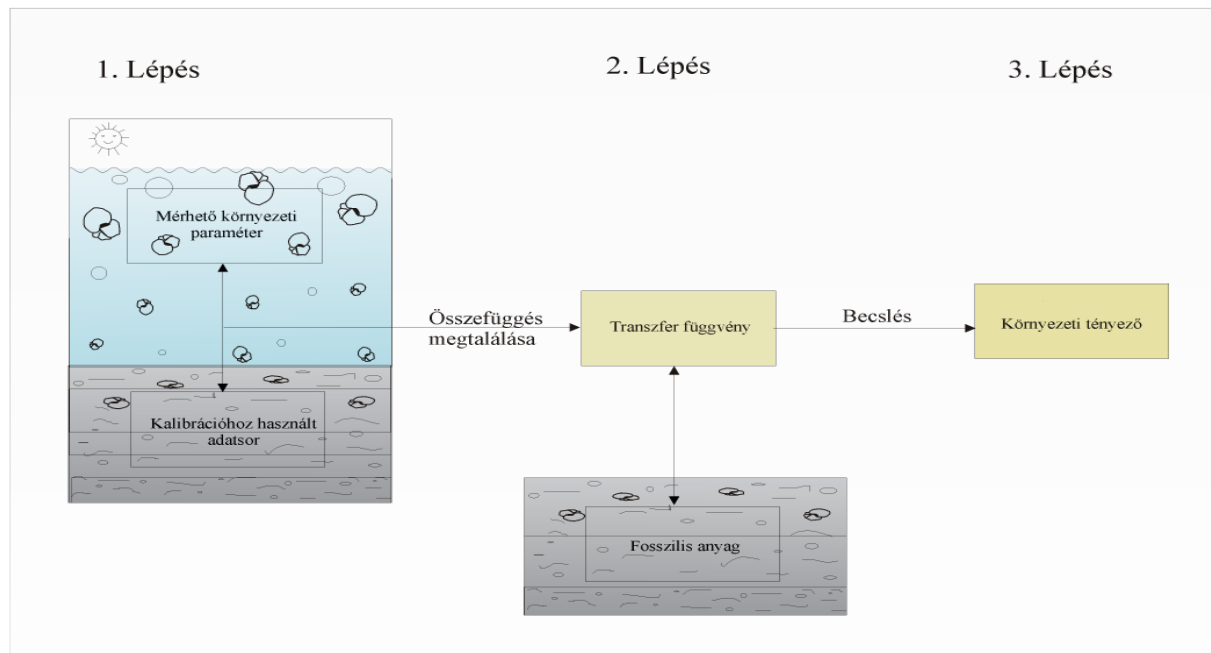
Stabil izotópos ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$) méréshez külön kellett bentosz és plankton foraminiferákat válogatni. A mérések alapján sikerült a felszíni illetve fenékvízre kapott értékek alapján vízoszlop rétegzettségéről, hőmérsékletről, szalinitás viszonyokról képet alkotnunk. Ezen kívül az üledékes kőzet teljes szerves anyag tartalmának mennyiségét (TOC), RockEval pirolízisét a hidrogén index (HI) meghatározása végett, valamint a stabil szénizotóp $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ tartalmát határoztuk meg több esetben a környezeti rekonstrukció érdekében.

1. Proxi módszertana,

Paleohőmérséklet becslésére szolgáló korszerű módszerek („proxy”-k) a tengeri mikropalontológiában (Báldi, 2006 A)

A hőmérséklet becslés téma módszertanilag nagyon érdekelt a középső miocén globális lehűlés bádeni anyagomból történő kimutatása végett. Ezért OTKA posztdokorként jelentkeztem a több ízben különféle helyszíneken (Barcelona, Southampton, Pozsony) megrendezésre kerülő kéthetes posztgraduális PROPER paleoklíma kurzusokra, melyekre meghívást nyertem. A részvételre a meghívás azt jelentette, hogy összes költséget (utazás, szállás, étkezés) EU-s forrásból fedezték. Az itt hallottak alapján született a módszertani cikk a Földtani Közlönyben (Báldi 2006 A) a miocén posztdoktori témaszámom feltüntetésével. E cikkben a miocén paleohőmérséklet alkalmazási kísérleteimre is kitérek, de a globális felmelegedés kapcsán íródott.

A napjainkban zajló éghajlat változás modellezése kapcsán új szemléletmód alakult ki a klíma kutatásban. A teljesen kvantitatív módszerekre alapuló klíma rekonstrukciók előtérbe kerülésével a közelítő módszerek, proxy fejlesztésére terelődött a figyelem. A proxy egy környezeti tényezőt becsül, amely gyakran egy klíma modell fejlesztését szolgálja (Fischer és Wefer, 1999). Először a ma mérhető paraméter és az üledékben megőrzött információ közt az összefüggést írjuk le például egy úgynevezett transzfer függvény formájában. Aztán ezt az összefüggést alkalmazzuk a fúrásban lefelé haladva (1. ábra).



1. ábra: A környezeti paraméter rekonstrukciója érdekében végzett proxy fejlesztés lépései: 1. lépés a tengervízben mérhető paraméter (pl. felszíni víz hőmérséklet SST) és az üledékben megőrződő információt hordozó adatbázis (pl. fauna %-os eloszlása) közti összefüggés megtalálása és matematikai leírása. 2. lépés az összefüggés, függvény vagy algoritmus alkalmazása a múltban pl. lefelé haladva egy fúrásban 3. lépés a kapott becsült értékek értelmezése a teljes környezeti rekonstrukció érdekében (Ábra tovább fejlesztve Kucera 2005, Kucera et al. 2006)

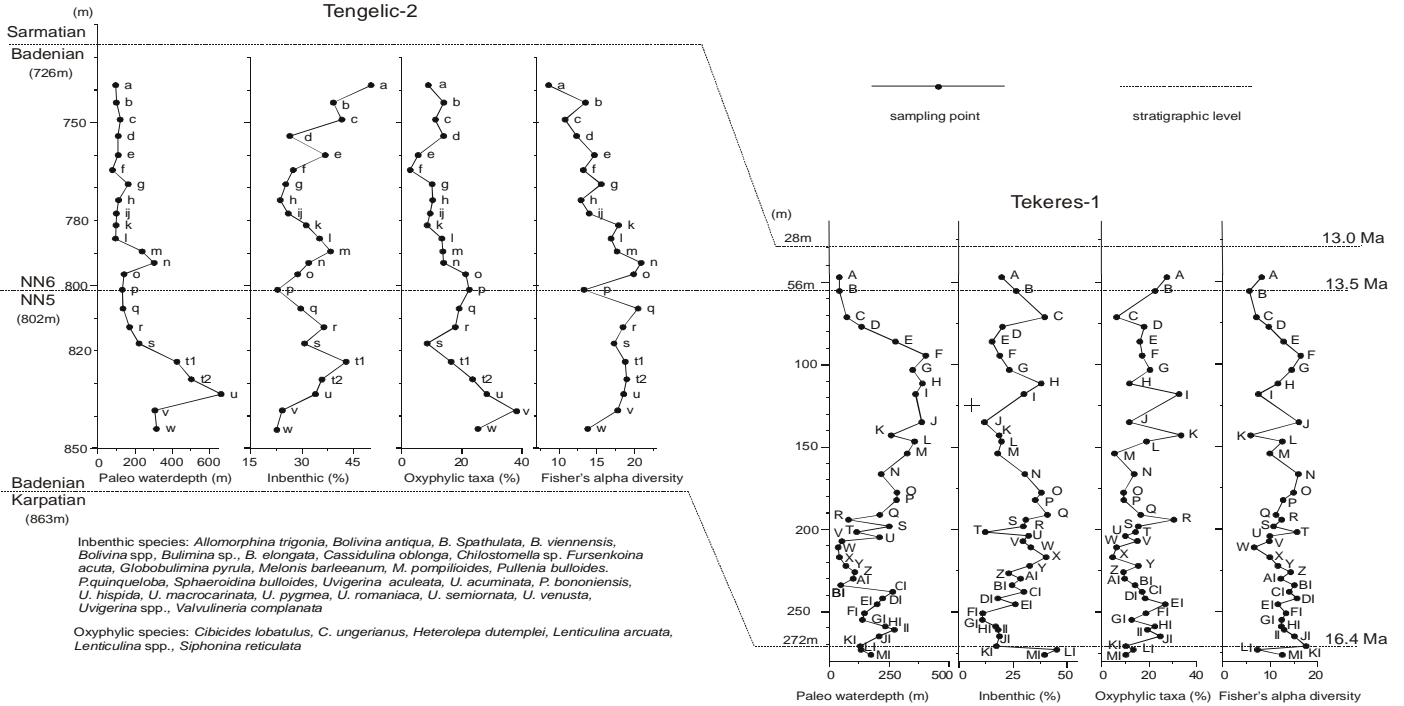
Az így létrehozott létrehozott proxy adatsor a klíma modell közvetlen bemeneti adatává is válhat, illetve a modell fejlesztésére, ellenőrzésére használható. A cikk célja a proxy kifejezés definiálása után egy rövid áttekintést nyújtani azon paleohőmérséklet becslő proxyokról, amelyeket a marin mikropaleontológusok használnak. Néhány felszíni óceán hőmérséklet (SST) becslő proxyra részletesebben is kitérünk melyek plankton foraminifera közösségeken, az oxigén stabil izotóp arányán ($\delta^{18}\text{O}$), illetve alkenonokon ($\text{U}^{\text{K}^*}_{37}$) alapulnak. Néhány paleohőmérséklet becslő középső miocén példa is bemutatásra kerül a Paratethys térségből.

2. Tengelic-2 és Tekerés-1 fúrások vizsgálata:

Feltételezett áramlási rendszerek a Paratethysben bádén bentosz foraminifera proxikra és stabil izotópos ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$) adatokra támaszkodva (Báldi 2006 B)

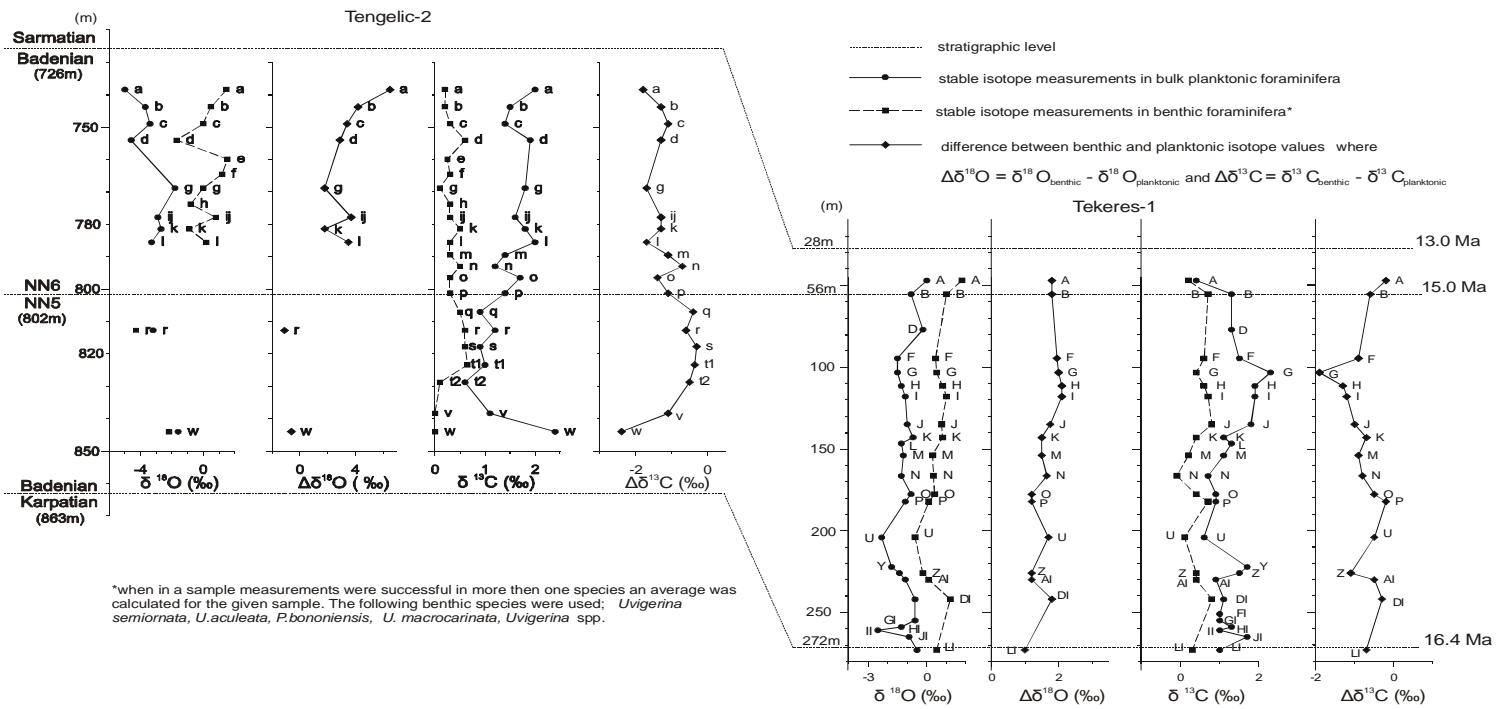
A Springer kiadó folyóiratában (International Journal of Earth Sciences \ Geologische Rundschau) megjelent cikkben mutattam be új eredményeimet a Középső Paratethys oceanológiájáról. A feltételezett áramlási modellt a bentosz foraminifera fauna kvantitatív ökológiai elemzése és stabil izotópos mérések támasztják alá. Az itt javasolt áramlási rendszer más megvilágításba helyezi az alsó-bádén (NN5) fauna mediterrán jellegét és nagy alakgazdagságát, a középső-bádenire jellemző külső kárpáti és erdélyi evaporitos sótelepek keletkezését és ezek magyarországi hiányát vagy az erre települő felső-bádén (NN6) posztevaporikus radiolaritok és *Limacinás* rétegek képződési körülményeit. A késő-bádenire már dolgoztak ki modellt korábban, ez Kókay (1985) "konkien" esztuarin áramlási modellje, mely magyarázza e fauna Keleti Paratethys kapcsolatait a késő-bádén legvégén a szarmata beköszönte előtt, de az őslénytani adat nincs alátámasztva stabil izotópos mérésekkel.

Bentosz foraminifera morfortípus elemzésre alapuló proxik segítségével a vízmélység (Báldi et al. 2002) és a fenékvíz oxigén tartalma becsülhető volt a bádén folyamán két fúrásban (Tekerés-1, Tengelic-2). Az inbentosz morfortípusok aránya megnőtt a késő-bádeniben, élveze a nagyobb (táplálékul szolgáló) szervesanyag tartalmat és tolerálva az ezzel járó alacsonyabb oxigén szintet. Szintén az oxigén tartalom csökkenését jelzi a szigorúan epibentikus oxifil alakok részarányán alapuló fenékvíz oxigéntartalmat ($\mu\text{mol/liter}$) becslő proxy a késő-bádeniben (NN 6). A becsült oxigén tartalom nem süllyedt tartósan az $50 \mu\text{mol/liter}$ küszöb-érték alá, amely szapropél (laminit) képződéshez szükséges, és a vizsgált fúrásokban valóban nem volt szapropél, alátámasztva a becsült értékek helyességét. A bentosz foraminifera diverzitás hanyatlása a késő-bádeniben (NN6), egyértelműen a bentosz közösséget érő stresszre utalt (2.ábra). A felszíni és a fenékvíz stabil oxigén izotópos összetételének különbségét kifejező $\Delta\delta^{18}\text{O}$ érték növekvő tendenciát (1-1,5‰) mutatott a bádén folyamán, fokozódó vízrétegzettségére utalva (3.ábra).



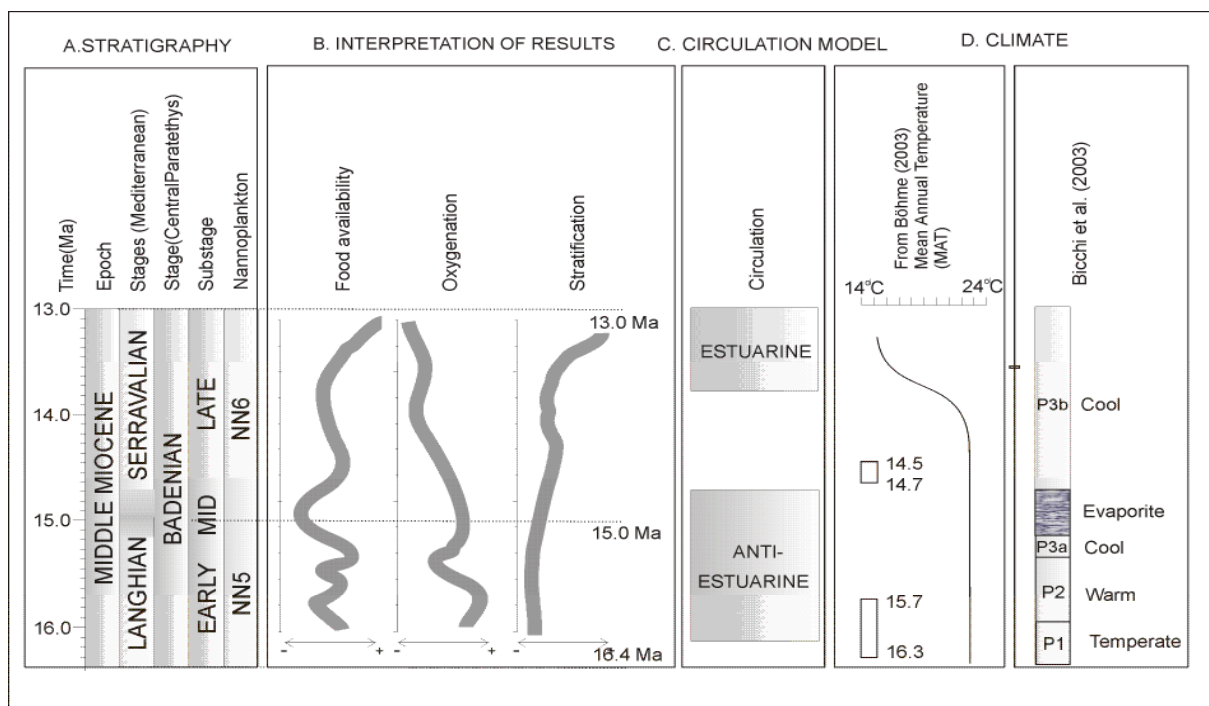
2. ábra. A Tengelic-2 és a Tekerés-1 sz. mélyfúrások bentosz foraminifera vizsgálatának eredményei a fúrásmélysége szerint. Balról jobbra: az egykori vízmélység proxy azaz plankton/bentosz arány (Van der Zwaan et al.1990), inbentosz fajok százalékos aránya, oxifil fajok százalékos aránya, Fischer-alpha diverzitás (Báldi 2006 B)

RESULTS OF STABLE ISOTOPE ANALYSES



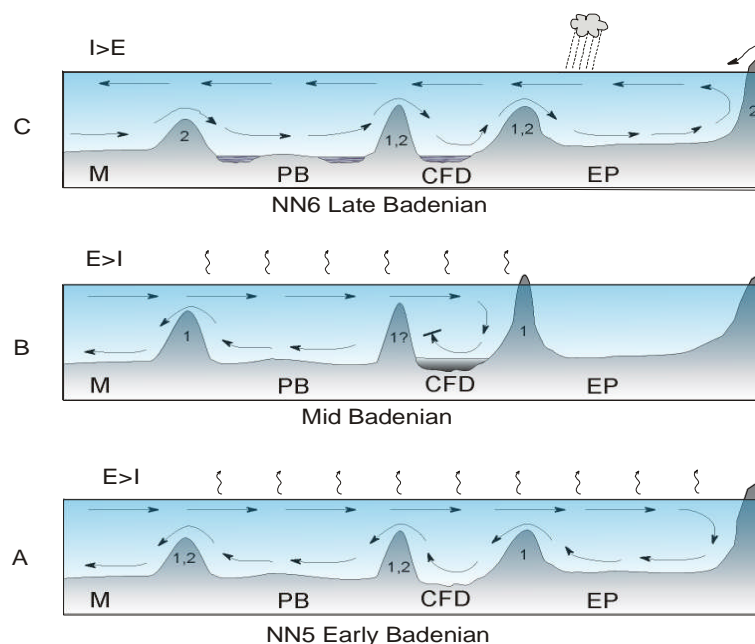
3. ábra. Stabil izotópos mérések eredményei a Tengelic-2 és Tekerés-1 sz. mélyfúrásokban a fúrásmélység szerint ezrelékben megadva plankton és bentosz foraminiferák vázában mérve (VPDB standard szerint, Báldi, 2006 B)

Ugyanezt a trendet a Kárpáti Előtér Süllyedékből (Glywice) is leírták stabil izotópos mérésekre alapozva (Gonera et al. 2000, Bicchi et al. 2003) A bentosz foraminiferákon mért karbon izotópos értékek szintén negatív trendet mutatnak tengeri szervesanyag felhalmozódást jelezve a fenéken (4.ábra).



4. ábra. A környezeti rekonstrukció és a ráépülő óceanológiai model a Paratethysben (Báldi, 2006 B). A. Sztratigráfia B. Foraminifera ökológia: 1.táplálék 2.oxigén tartalom 3.rétegzettség ($\Delta\delta^{18}O$) C. Áramlási model. D. Klíma rekonstrukció (Böhme, 2003, Bicchi et al., 2003).

Ezen eredmények alapján az alsó-bádeniben (NN5) az evaporitok lerakódása előtt antiesztuarin áramlási rendszer valószínűsíthető, ahol a stabil izotópos értékek a Földközi-tengerrel összehasonlítva nagyon hasonlóak, azaz a két víztömeg meglehetősen homogén lehetett. Ezt alátámasztja az általánosan elfogadott nézet, hogy az alsó-bádeni fauna mediterrán jellegű. A középső-bádeniben (NN5) képződtek a külső kárpáti és erdélyi sótelepek ugyancsak antiesztuarin áramlási rendszer mellett. Ezek korrelálása a Pannon medencével problematikus, mivel evaporitok a hazánkból nem ismertek. Azonban lehetséges egy olyan áramlási modell feltételezése amelyben az elpárolgó víz utánpótlása a Pannon medencéből származó felszíni áramlás, míg a képződött túlsós mélyvíz visszafolyása a Pannon medencébe a küszöb magasság megemelkedésével legátolódott, előidézve a Magyarországon evaporitok hiányát. A sóesemény után a mélymedencékben az erős vízrétegzettség és a rosszul szellőzött fenékvíz összefüggésbe hozható a radiolaritok és a *Limacina* rétegek keletkezésével (5.ábra). A stabil izotópos mérések megerősítették Kókay (1985) modelljét, ahol a Keleti Paratethys felől érkező hiposzalin felszíni víz valóban negatívabb δO^{18} értékeket mutatott. A bádeni folyamán fokozódó szervesanyag felhalmozódás, csökkenő oxigén tartalom a fenékvízben és az ezzel együtt járó fokozódó vízrétegződés együtt magyarázza a Pannon medence mélyrészein a kőolaj anyaközetek (TOC \leq 0,78 %) kialakulását (Clayton & Koncz, 1994).



1.: Rögl (1998 B) - 2.: Studencka et al. (1998)

I: fresh water input E: evaporation

CP: Central Paratethys PB: Pannonian Basin CFD: Carpathian Foredeep
Transylvanian Basin EP: Eastern Paratethys M: Mediterranean

5. ábra. Áramlási rendszer a bádeni folyamán a Paratethysben. Alsó-bádeni (NN5) és középső-bádeni folyamán antiesztuarin, illetve késő-bádeni (NN6) esztuarin áramlási rendszer. E: evaporizáció, I: bejövő édesvíz (Báldi, 2006 B).

3. Nagygörbő-1 fúrás vizsgálata

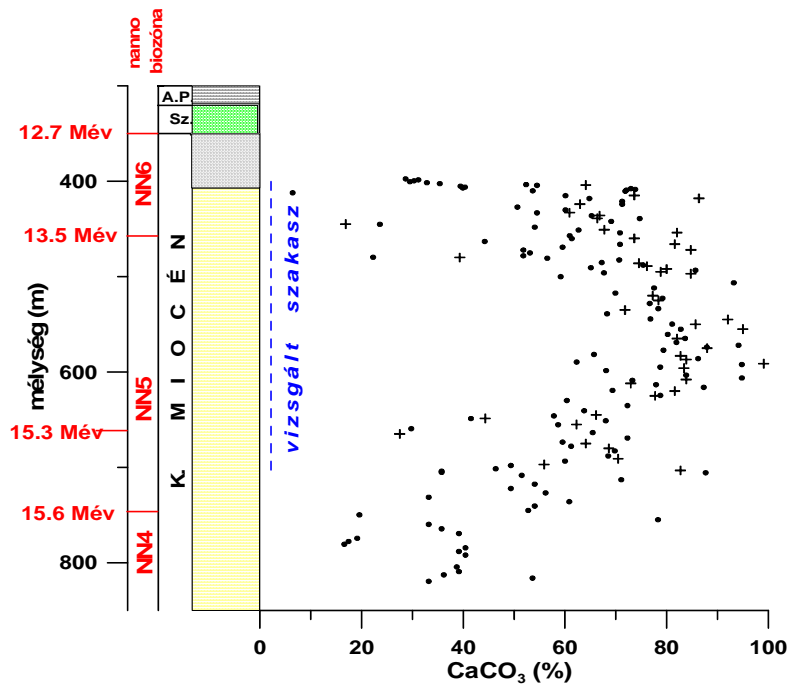
(Báldi & Vető 2004, 2005, Vető & Báldi 2004, Vető et al. 2007 in prep)

Bevezetés és földtani alapok

Bár a Pannóniai medence rendszer olaj- és gáz telepei jórészenek anyaközetek azonosították, felhalmozódásuknak a szénhidrogén potenciált és az olaj és/vagy gázképző jelleget nagymértékben megszabó körülményei - a víz mélysége és oxigén tartalma valamint az üledékképződés sebessége - nagyon kevésé ismertek.

Munkánk során a Dráva medence ÉK-i szegélyén mélyített Nagygörbő-1 (Ng-1) magfúrás középső miocénjének biosztratigráfiai tagolását a mészvázú nannoplankton vizsgálatával pontosítottuk és a 400 és 700 m mélység között harántolt középső miocén márga-mésmárga-mészkő összlet 40 mintáján RockEval pirolízist végeztünk, meghatároztuk a szeretlen C és az összes kén (TS) tartalmat valamint a kén és a szerves C stabil izotóp arányát és a foraminifera fauna alapján becsültük a víz mélységet és a víz oxigén tartalmát. E munka célja az anyaközet jellegek és a felhalmozódási körülmények közötti kapcsolat tisztázása volt.

A középső miocén legfontosabb rétegtani és litológiai jelleget az 6. ábra mutatja. A zömében tengeri eredetű középső miocén alatt, 1067 m mélységben a fúrás oligocén képződményekbe jutott. A középső miocénre 350,7 m mélységben diszkordánsan települ a szarmata. 800 m-től 600 m-ig a karbonát tartalom nagy szórással ugyan, de nő 30%-ról 90%-ra majd 400 m-ig ugyancsak nagy szórással 30%-ra csökken. A 706 és 410,4 m közötti intervallumot hat, néhány dm-néhány m vastagságú Lajtmészkő közbetelepülés tagolja.



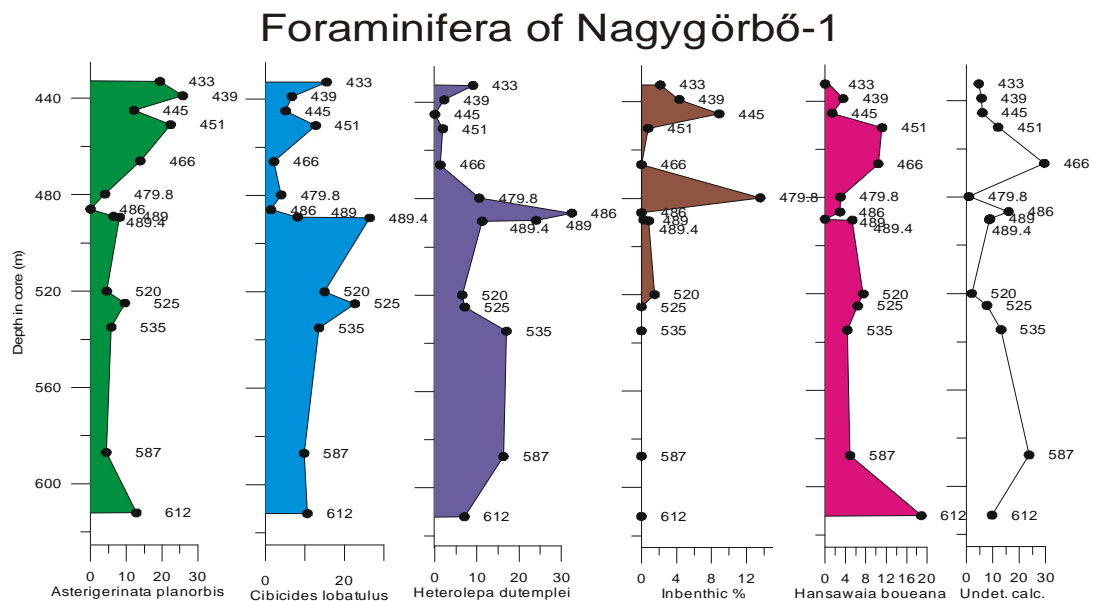
6. ábra. A Nagyörbő-1 sz. fúrás stratigráfiája nannozonáció alapján számolt abszolút korokkal, a fúrás litológiája, és a CaCO_3 tartalom mérési eredmények a vízszintes tengelyen a fúrás mélység függvényében.

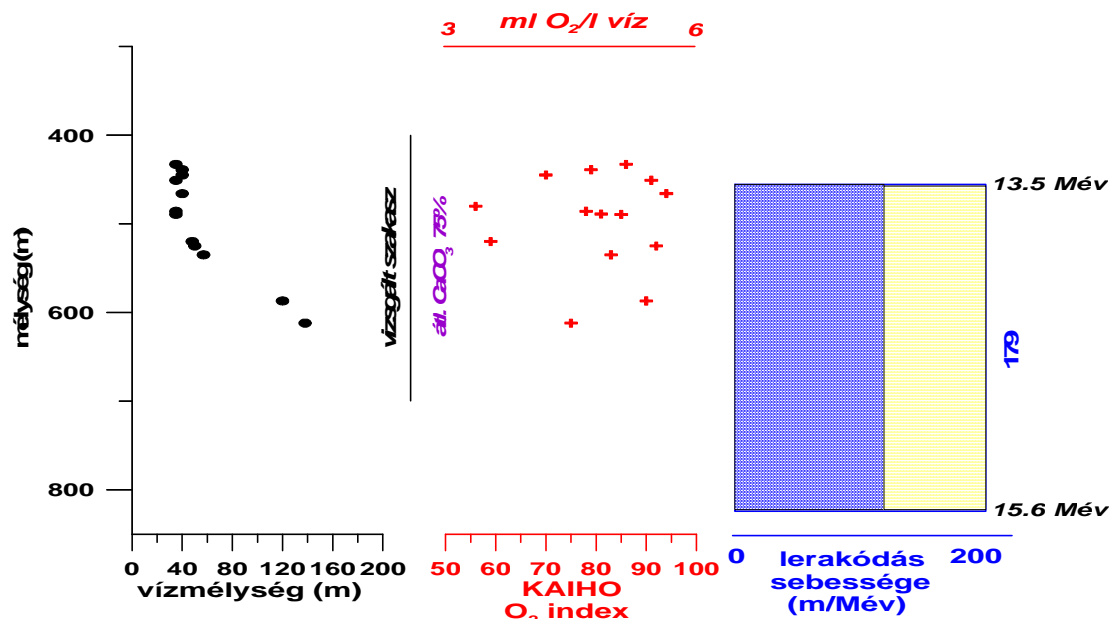
Eredmények

Felhalmozódási körülmények

Az epifita (bentosz alga és tengeri fű leveleken élő) foraminiferák nagy gyakorisága és a viszonylag kis plankton/bentosz foraminifera arány alapján a vizsgált összlet felhalmozódása idején a vízmélység nem haladta meg a 100-150 m-t. A bentosz foraminifera együttes (7. ábra) összetétele arra mutat, hogy a fenékvíz jól szellőzött volt, az O_2 tartalom legalább 3 ml volt literenként a vizsgált összlet felhalmozódása idején (8. ábra).

7. ábra. A Nagyörbő-1 sz. fúrás bentosz foraminifera faunájának százalékos gyakorisága a fúrás mélység szerint





8.ábra. Foraminifera proxik. Paleovízmélység becslése plankton/bentosz aránnyal. (Kaiho 1994, 1999). Az oxifil fajok részarányán alapuló proxi a fenékvíz oldott oxigén tartalmának becslésére. A lerakódás sebessége.

Az NN4 és NN5 nannozónák határa 745 m-ben, a NN5 és NN6 nannozónáké 454 m-ben húzható meg. Az NN5 nannozóna alsó részében, 745 és 665 m között sikerült elkülöníteni a *Helicosphaera walltrans* zónát (6. ábra).

A nannozónák ismert időtartama alapján a vizsgált összlet 700-665 m, 665-454 m és 454-400 m közötti szakaszainak átlagosa üledékképződési sebessége (SR) 267, 117 és min. 130 m/Mév volt. A karbonát felhalmozódása meglepően gyors volt.

Anyakőzet jellegek

A szerves anyag a RockEval pirolízis eredményei szerint éretlen

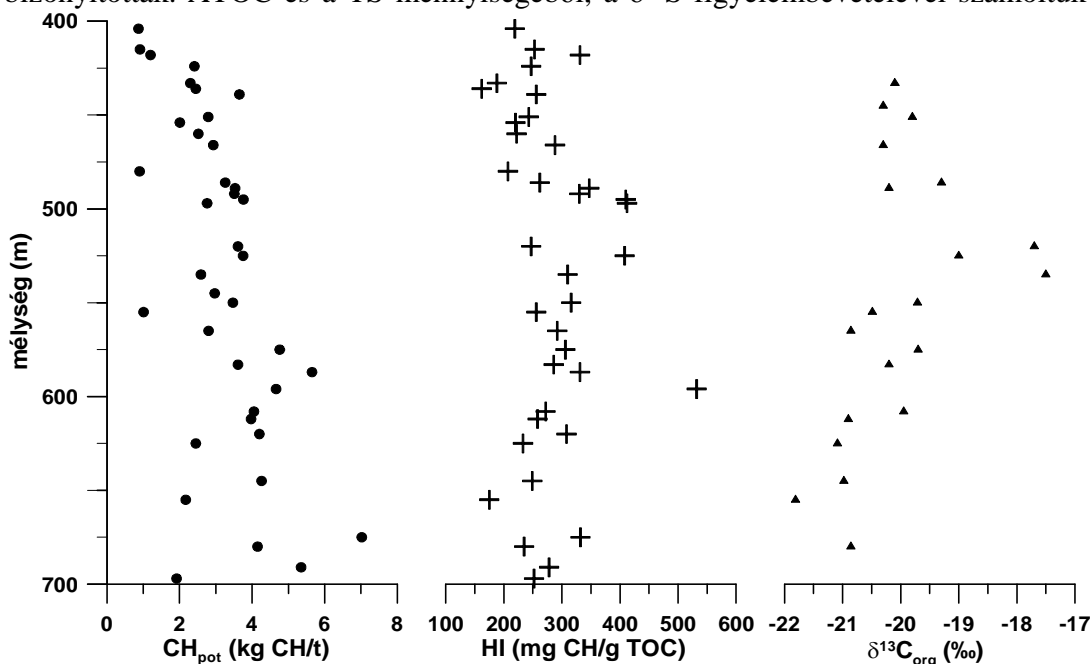
Az anyakőzet jellegek valamint a $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ mélység szerinti változását a 9. ábrán mutatjuk be.

A 620-480 m közötti, főként mészkőből álló szakasz szénhidrogén potenciálja (CH_{pot}) jelentős, a nagy HI alapján a várható szénhidrogén főként olaj. 620 m alatt a CH_{pot} jelentős, a közepes HI alapján a várható szénhidrogénnek a gáz és az olaj egyaránt fontos alkotórésze. A 480 m feletti szakaszban felfelé csökken a CH_{pot} a közepes HI alapján a várható szénhidrogénnek a gáz és az olaj egyaránt fontos alkotórésze.

Diszkusszió

A gyakran magas HI értékek bizonyítják a labilis, reakció képes vízi szerves alkotórészek jó megőrződését. Ennek - mivel a fenékvíz O_2 -ben dús volt – szükséges feltétele volt a gyors üledék felhalmozódás. A fenékre érkező szerves anyag hidrogénben való gazdagságának pedig feltétele volt a kis vízmélység és a vízi eredetű szerves alkotórészeknek a szárazföldiek feletti túlsúlya. Végül a jelentős szerves anyag tartalomnak feltétele volt a vízi eredetű szerves alkotórészek jelentős fluxusa.

A gyors üledék felhalmozódást és a kis vízmélységet a foraminifera vizsgálatok bizonyították. ATOC és a TS mennyiségéből, a $\delta^{34}\text{S}$ figyelembevételével számoltuk az



9. ábra. A Nagyörbő-1 sz. fúrás RockEval pirolízis és stabil szén izotópos eredmények a fúrás mélység szerint.

ledékek eredeti C_{org} tartalmát (TOC_{or}). A három szakaszra - 700-665 m, 665-454 m és 454-400 m - a TOC_{or} és SR értékek valamint a kőzet sűrűség ismeretében szerves anyag fluxus (C_{flux}) értékeket becsültünk. A kapott értékek – 19,1, 6,1 és min. 9,5 $\text{g } C_{\text{org}}/\text{m}^2/\text{év}$ – az O_2 -ben szegény fenékvízből felhalmozódott olaj anyakőzet Tardi Agyagra becsült érték (Vető és Hetényi, 1991) többszöröse; a magas C_{flux} ellensúlyozta az O_2 -ben dús fenékvíznek a CH_{pot} -ra gyakorolt kedvezőtlen hatását. A kevésbé negatív $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ értékek alapján a szerves anyag nagyobb részét a vízi eredetű szerves alkotórészek alkotják, tehát a C_{flux} zömét ezek adják, valóban jelentős volt a vízi eredetű szerves alkotórészek fluxusa.

A meglepően gyors karbonát felhalmozódás valószínűleg a felhalmozódással szinte egyidejű üledék áthalmozás eredménye. Ezt alátámasztják a feltehetően áthalmozott lajtamészke közbetelepülések; DNY-Dunántúli olajipari fúrások ill. a kislalföldi Nagylózs-1 magfúrás középső miocénjében a Lajtamészke áthalmozott voltát valószínűsítik. Az intenzív karbonát áthalmozás magyarázhatja a vízi eredetű szerves alkotórészek jelentős fluxusát.

Következtetések

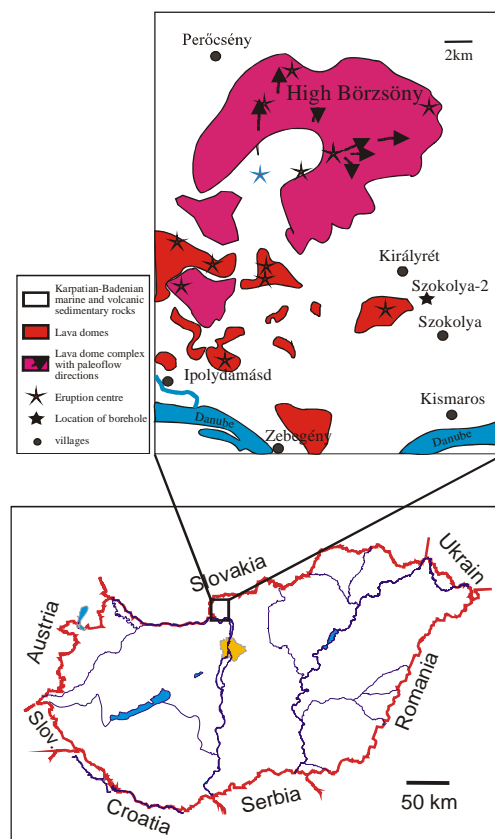
A Nagyörbő-1 sz. fúrás által harántolt karbonátban gazdag középső miocén anyakőzetek felhalmozódása mérsékelt szárazföldi anyagbehordás mellett, sekély, jól szellőzött vízből történt és igen gyors volt. Az igen gyors karbonát felhalmozódás valószínűleg áthalmozás eredménye.

A Dráva medence középső miocén anyakőzetei karbonátban gazdagok, felhalmozódásuk eléggé gyorsan történt. Eredményeink alapján nem zárható ki, hogy kialakulásuknak nem

volt feltétele az O₂-ben szegény fenékvíz és kialakulásukat intenzív karbonát áthalmozás segítette elő.

Alga virágzást és a *Cassidulina carinata* niche állandóságát igazoló adatok a Paratethys badeni rétegeiből (Báldi és Vető, 2007)

A vizsgálat a Szokolya-2. sz. mélyfúrás anyagából készült, a fúrás Szokolya falutól ÉNY-ra mélyült (10. ábra), és 120 m mélységben az üledékes rétegsor alatt elérte az andezitet. A magmintákat a rétegsor felső 70 m-éből gyűjtöttük a Bádeni Agyag Formációból, mely szakasz alul közetlisztes míg feljebb homokosabb (11. ábra). Az NN 5 – 6 zónahatárt nannoplankton vizsgálatai alapján Nagymarosy (1985) 34 m –ben jelölte ki a fúrásban.



10. ábra. A Szokolya-2 sz. fúrás helye és környékének vázlatos földtani térképe (Karátson 2005 után módosítva)

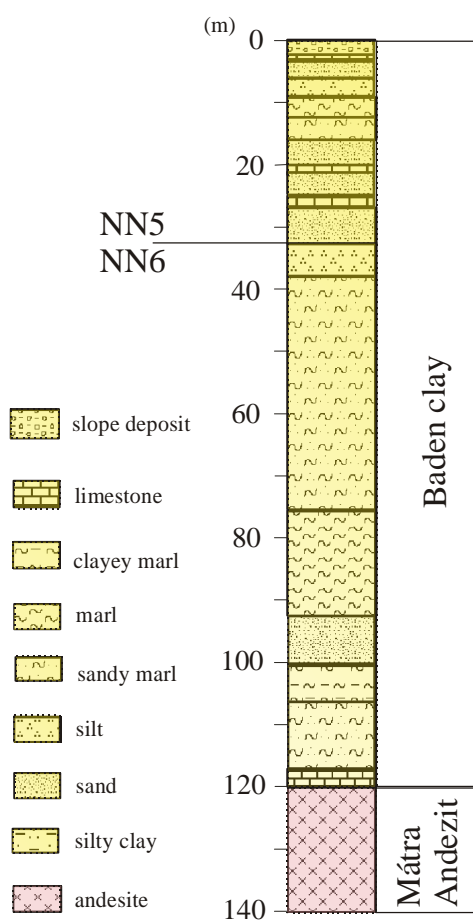
A foraminifera fauna vizsgálata két eltérő bentosz együttest mutatott ki (12. ábra). Az alsó szakaszon a legtöbb mintában a *Cassidulina carinata* az uralkodó faj (helyenként több mint 70 %-ban van jelen). A jelenkori óceánokban ez a faj növényi eredetű szerves törmelékkel (fitodetritusz) táplálkozik, amit alátámaszt, hogy algavirágzásokkal együtt jelenik meg (Fontanier et al. 2003) és jól átszellőzött területeken ismert (Hayward et al. 2002). A faj jól alkalmazkodott a nem egyenletes, az algavirágzásokból adódóan fluktuáló élelem forráshoz.

A felsőbb szakaszon megjelenő együttes változatosabb, jellemzik a *Cibicides lobatulus*, *Hanzawaia boueana*, *Asterigerina planorbis* and *Elphidium ssp.* Ezek a fajok jellegzetesen epifita életmódúak. A *Cibicides* félék, az *Asterigerina planorbis* és az *Elphidium ssp.* mind a tengeri bentosz növényzet levelein élnek (Langer, 1993) egy jellegzetes foraminifera együttest alkotva. Hasonló epifita együttest (*Asterigerina planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium div sp.* és *Bolivina spathulata*) Kréta szigetéről a felső pliocénből ismertetett Drinia et al. (2005)

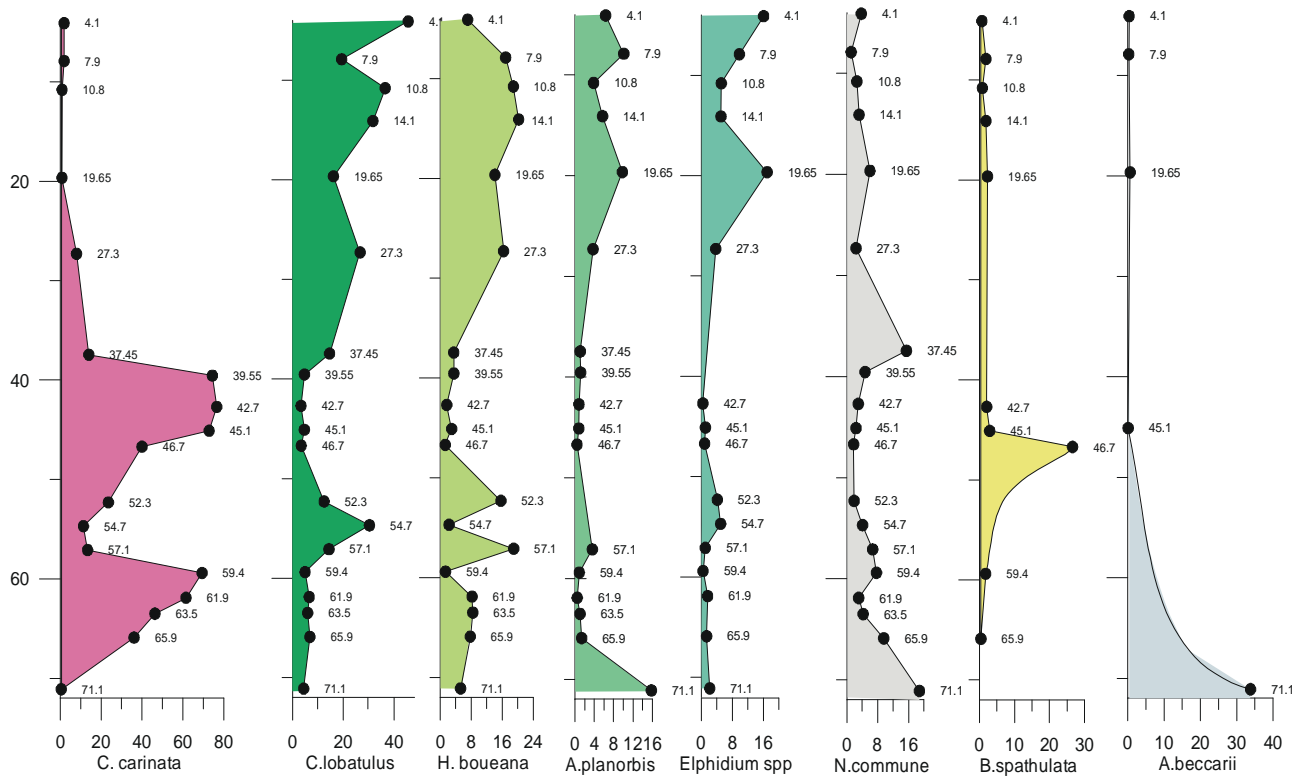
A két élesen eltérő foraminifera együttes esetében feltételeztük, hogy a különbségek megmutatkoznak az üledékekben felhalmozódó szerves anyag mennyiségében, hidrogén gazdagságában és karbon izotópos összetételében is. Ezért elvégeztük a szerves anyagok geokémiai vizsgálatát. A mérések kiterjedtek a teljes szén mennyiségre (TOC), a hidrogén indexre (HI) és a stabil szén izotópra ($\delta^{13}\text{C}$) a karbonátmentes szerves maradványban mérve. A mélyebb helyzetű minták anyaga (ahol a *Cassidulina carinata* mennyisége nagyobb mint 10 %) a TOC tartalom 0,6–1,3%, és a viszonylag magas HI (>240mgHC/g TOC), illetve a $\delta^{13}\text{C}$ értéke (-20 – -22‰) alapján a szerves anyag nagyrészt tengeri eredetű (12, 13 ábrák).

A szelvény magasabb részén, ahol az epifita foraminifera együttes található alacsony TOC jellemző (kevesebb mint 0,4 súly%), a HI értékek alacsonyabbak (<220HCg/TOC) és a szerves anyag $\delta^{13}\text{C}$ értéke (- 24 ‰). Ezek az eredmények mind azt jelzik, hogy a szerves anyag sokkal inkább szárazföldi eredetű a szelvény felső részén – ami összevág azzal, hogy a kőzetanyag jóval homokosabb ezen a szakaszon (12,13 ábrák).

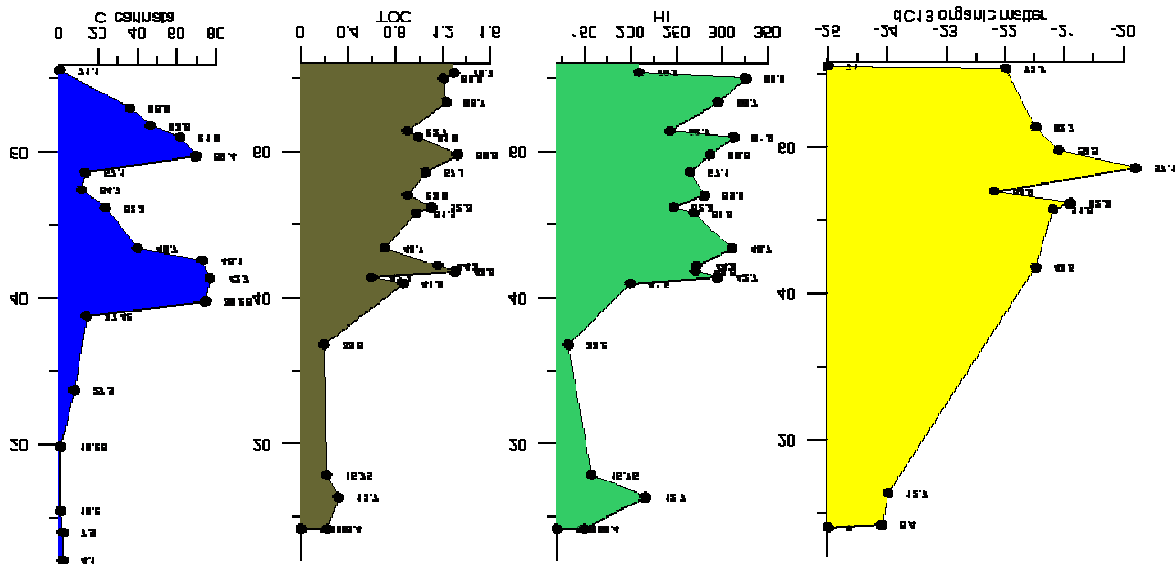
SEDIMENTOLOGY AND STRATIGRAPHY OF SZOKOLYA-2



11. ábra. A Szokolya-2. sz. fúrás szelvénye (Dulai 2001 és MÁFI Adattár adatai alapján)
1. lejtőtörmelék, 2. mészkő, 3. agyagmárga, 4. márga, 5. homokos márga, 6. kőzetliszt, 7. homok, 8. kőzetlisztes agyag, 9. andezit



12. ábra. A fontosabb bentosz. foraminifera fajok gyakorisága %-ban a Szokolya-2. sz. mélyfúrás vizsgált szakaszán (a mérési pontok mellett a mélység m-ben)



13. ábra. A Szokolya-2. sz. fúrásból végzett geokémiai mérések eredményei. Teljes szerves szén tartalom – TOC (%): total organic carbon, HI (HC/gTOC): hidrogén index, és $\delta^{13}C$: stabil szénizotóp a karbonátmentes szerves maradékban mérve és a *Cassidulina carinata* gyakoriságának feltüntetése mellett a fúrás mélység függvényében az összehasonlíthatóság érdekében.

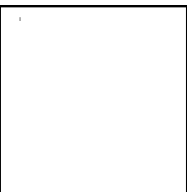
Az algavirágzásokat, valamint a *Cassidulina carinata* tömeges megjelenését összefüggésbe hozhatjuk az egyidejű vulkáni működéssel, mely az egyébként táplálék szegény felszíni vizekbe juttathatta a limitáló nutriens (Frogner et al. 2001). A vulkáni tevékenység élővilágra gyakorolt hatását a Börzsöny hegységi miocénből korábban más jelenséggel kapcsolatban feltételezték, K. Laky és N. Gellai (1977) a foraminifera faunában észlelt rendellenes vázak jelentős mennyiségű előfordulását erre vezették vissza.

A különböző, egymástól független módszerek eredményei alapján kimondhatjuk, hogy a *Cassidulina carinata* a miocén óta megtartotta az ingadozó táplálék ellátást kihasználó életmódját, ilyen élethelyeket népesít be – így előfordulása ökológiai jelzője az algavirágzásoknak a miocénben is.

Hivatkozások

- Báldi, K., Benkovics, L., Sztanó, O. (2002): Badenian (Middle Miocene) basin development in SW Hungary: geohistory based on quantitative paleobathymetry of foraminifera. *International Journal of Earth Sciences \ Geologische Rundschau* (Springer), vol. 91., pp. 490-504
- Báldi Katalin, Vető István (2004) Bádeni foraminifera közösségek ökológiája a Nagyörbő-1 sz. magfúrás összletében. Absztrakt. Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend 2004 május**
- Báldi Katalin, Vető István (2005): Benthic foraminifera assemblages in borehole Nagyörbő-1. Absztrakt. RCMNS Vienna 2005 september**
- Báldi, K (2006 A): Paleohőmérséklet becslésére szolgáló korszerű módszerek („proxy”-k), a tengeri mikropalaeontológiában. English abstract: Palaeotemperature proxies in the marine micropalaeontology. Földtani Közlöny vol. 136/2, pp. 191–200**
- Báldi, K (2006 B): Paleoceanography and climate of the Badenian Central Paratethys (Middle Miocene 16.4-13.0 Ma) based on foraminifera and stable isotope evidence. International Journal of Earth Sciences \ Geologische Rundschau, Springer vol. 95. pp. 119–142**
- Báldi, K, Vető István (2007): Coupling of the benthic foraminifera species *Cassidulina carinata* and hydrogen rich, isotopically heavy organic matter marking algal blooms in the Mid Miocene Paratethys. EGU conference abstract submitted**
- Báldi, K, Vető István (2007): Coupling of the benthic foraminifera species *Cassidulina carinata* and hydrogen rich, isotopically heavy organic matter marking algal blooms in the Mid Miocene Paratethys. Journal of Foraminiferal Research (in prep)**
- Bicchi, E., Ferrero, E., Gonera, M., (2003): Paleoclimatic interpretation based on Middle Miocene planktonic Foraminifera: the Silesia Basin (Paratethys) and Monteferrato (Tethys) records. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, vol. 196, 3-4, pp. 265-303
- Böhme, M. (2003): The Miocene Climatic Optimum: evidence from ectothermic vertebrates of Central Europe. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, vol 195, 3-4, pp. 389-401
- Clayton J. L., Koncz I. (1994) Petroleum geochemistry of the Zala Basin , Hungary. *AAPG Bulletin* 78(1):1-22
- Drinia, H.E., Koskeridou, E. & Antonarakou, A. (2005): Late Pliocene benthic foraminifera and molluscs from the Atsipades Section, Central Crete: Paleocological distribution and use in paleoenvironmental assesment. – *Geobios* 38, pp. 315-324.
- Dulai, A. (2001): Middle Miocene (Badenian) Polyplacophora (Mollusca) remains from borehole Szokolya-2 (Börzsöny Mts, Hungary, Central Paratethys). – *Fragm. Paleont. Hungarica* 19, pp. 39-49.
- Fischer G., Wefer G. (eds) (1999) *Use of Proxies in Paleoceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 1-736 (def. proxí ld 5. oldal)

- Fontanier, C., Jorissen, F.J., Chaillou, G., David, C., Anschutz, P. & Lafon, f.(2003): Seasonal and interannual variability of benthic foraminiferal faunas at 550 m depth in the Bay of Biscay. – *Deep Sea Research I*. 50. pp. 457-494.
- Frogner, P., Gíslason, S.R. & Óskarsson, N. (2001): Fertilizing potential of volcanic ash in ocean water. – *Geology* 29. 6. pp. 487-490.
- Gonera M, Peryt TM, Durakiewicz T (2000) Biostratigraphical and paleoenvironmental implications of isotopic studies (^{18}O , ^{13}C) of Middle Miocene (Badenian) foraminifers in the Central Paratethys. *Terra Nova* 12:231-238
- Hayward, B.W., Neil, H., Carter, R., Grenfell, H.R. & Hayward, J.J. (2002): Factors influencing the distribution pattern of Recent deep-sea benthic foraminifera, east of New Zealand, Southwest Pacific Ocean. – *Marine Micropal.* 46. pp. 139-176
- Langer, M.R. (1993): Epiphytic foraminifera. – *Marine Micropal.* 20. pp. 235-265.
- Kaiho K. (1994) Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved oxygen levels in the modern ocean. *Geology* 22:719-722
- Kaiho K. (1999) Effect of organic carbon flux and dissolved oxygen on the benthic foraminiferal oxygen index (BFOI). *Marine Micropaleontology* 37:67-76
- Karátson D. (2005): A Börzsöny vulkán fejlődéstörténete. – *Börzsönyvidék 3. Földtani Kutatások Eredményei a Börzsönyben.* pp. 27-76.
- Kókay, J., (1985): Central and Eastern Paratethys interrelations in the light of late Badenian salinity conditions. *Geologica Hungarica, Ser. Paleontologica, fasc. 48.* p. 7-97
- Kennett, J.P. (1985): Miocene to Early Pliocene oxygen and carbon isotope stratigraphy in the Southwest Pacific, Deep Sea Drilling Project Leg 90. Kennett, J.P., von der Borch, C.C., et al., Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, vol. 90.
- Koreczné Laky I. & Nagyné Gellai Á. (1977): Rendellenes növéű Foraminiferák a Börzsöny hegység harmadidőszaki képződményeiből. – *MÁFI Évi Jel. 1975. évről,* pp. 23-37.
- Kucera, M (2005): Numerical approach to microfossil proxy data. Lecture notes updated April 2005 for PROPER pp 1-23
- Kucera, M, Schneider, R. & Weinelt, M. (2006): Margo — multiproxy approach for the reconstruction of the glacial ocean surface. Elsevier., 306 p.
- Nagymarosy, A. (1985): The correlation of the Badenian in Hungary based on Nannoflora. – *Annales of the Eötvös Univ. Budapest, Sect. Geol.* XXXV. 1983. pp. 33-86.
- Van der Zwaan G.J., Jorissen F.J., De Stigter H.C. (1990) The depth dependency of planktonic\benthic foraminiferal ratios: Constraints and applications. *Marine Geol.* 95:1-16
- Vető István, Báldi Katalin (2004): Source rock characteristics and paleoenvironment – a case study from the Badenian, core well Nagyörbő Ng-1 Duna Basin. Előadás Horvát Magyar Földtani Társulatok Találkozóján.**
- Vető, I, Báldi, K, Coric, S (2007):Environmental control on hydrocarbon potential of the main source unit in the Pannonian Basin System. Marine and Petroleum Geology. Elsevier (in prep)**
- Vető I. Hetényi M. (1991): Fate of organic carbon and reduced sulphur in dysoxic-anoxic Oligocene facies of the Central Paratethys (Carpathian Mountains and



Hungary). In *Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia* (Tyson R.V. Pearson T.H. eds), Geological Society Special Publication No 50, 449-460.

Zacchos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K. (2001): Trends, Rythms, and Aberrations in the Global Climate 65Ma to Present. *Science*, vol. 292, 686-693