

# Tóth Emőke

Őskörnyezeti változások a Középső-Paratethysben a szarmata folyamán a mikrofauna őslénytani és geokémiai vizsgálata alapján

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

*Changements paléoenvironnementaux dans la Paratéthys Centrale pendant le Sarmatien (Miocène moyen): étude paléontologique de microfaunes et analyses géochimiques*

*DIPLÔME DE DOCTORAT EN CO-TUTELLE*

ELTE

Földtudományi Doktori Iskola

Földtan-Geofizika Doktori Program

Vezető: Monostori Miklós egyetemi tanár

*Université Claude Bernard Lyon 1*

*École Doctorale: Évolution Écosystèmes Microbiologie Modélisation*

*Directeur: Jean-Pierre Flandrois*

Témavezetők:

Dr. Görög Ágnes, egyetemi docens/Dr. Monostori Miklós, egyetemi tanár  
ELTE Őslénytani Tanszék

*Directeurs de thèse:*

*Pierre Moissette, MC (HDR)/Christophe Lécuyer, PR (HDR)  
UMR 5125 (PEPS)*



ELTE Őslénytani Tanszék  
*Université Claude Bernard Lyon 1*  
Budapest/Lyon



2009

# Tartalomjegyzék

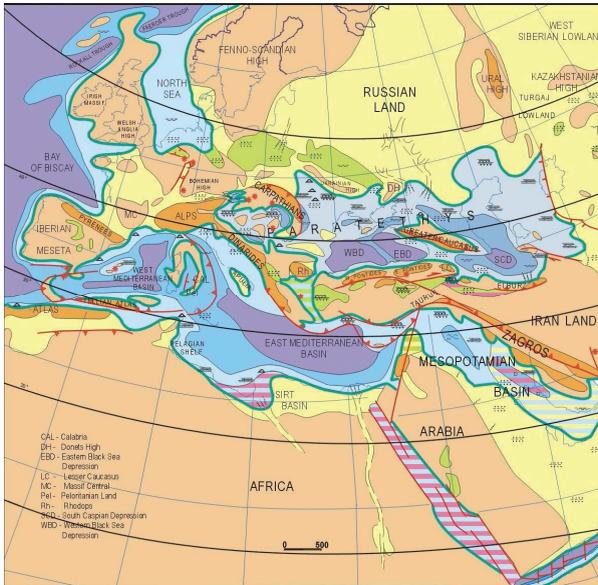
<b>1. Bevezetés</b>	5
<b>2. Földtani háttér</b>	8
2.1. A Zsámbéki-medence szarmata üledékei (centrális medence)	8
2.2. Budapest környékének szarmata üledékei (Üllői út Ludovika tér és Nagyvárad tér közötti szakasza) (centrális medence)	9
2.3. A Tokaji-hegység környékének szarmata üledékei (centrális medence)	10
2.4. Duna-Tisza köze (centrális medence)	10
2.5. Mecsek-hegység (centrális medence)	10
<b>3. A Középső-Paratethys szarmata kagylósrák és foraminifera faunájának kutatástörténete és rétegtani jelentősége</b>	10
3.1. Kagylósrákok	10
3.2. Foraminiferák	11
3.3. A szarmata foraminifera és kagylósrák fauna rétegtani jelentősége	12
<b>4. Anyag és módszertan</b>	14
4.1. Őslénytani vizsgálatok	14
4.1.1. Zsámbéki-medence	14
4.1.2. Budapest	19
4.1.3. Tokaji-hegység	22
4.1.4. Duna-Tisza köze	23
4.1.5. Mecsek-hegység	24
4.1.6. Dráva-medence	25
4.2. Geokémiai vizsgálatok	26
4.2.1. Nyomelem vizsgálatok karbonátos vázakkból	27
4.2.2. Szén- és oxigénizotópos vizsgálatok karbonátos vázakkból	28
4.2.3. Oxigénizotópos mérések foszfátos mintákból	30
4.2.4. A foraminifera-, kagylósrák- és csigavázakból mért geokémiai adatok alkalmazhatósága az öskörnyezeti rekonstrukcióban	31
4.2.4.1 Nyomelem-vizsgálatok	31
4.2.4.2. Oxigén- és szénizotópos vizsgálatok	31

4.2.4.3. A biológiai folyamatok hatása a geokémiai adatokra: az élettani hatás (=vital effect) jelensége	32
<b>5. Eredmények</b>	35
5.1. Zsámbéki-medence és környéke	35
5.1.1. A Zsámbéki-medence és környéke szarmata kagylósrák faunájának jellemzői	35
5.1.2. A szarmata foraminifera és ostracoda fauna paleoökológiai értékelése a Zsámbéki-medence medencebelseji fúrásainak mintái alapján	36
5.1.2.1. <i>Elphidium reginum</i> Zóna	37
5.1.2.2. <i>Elphidium hauerinum</i> Zóna	38
5.1.2.3. <i>Spirolina austriaca</i> Zóna	39
5.1.3. A geokémiai vizsgálatok eredményei a Zsámbéki-medence fúrásainak (Mány-17, Mány-22) szarmata sorozataiból	40
5.1.3.1. A csiga és foraminifera vázak nyomelem és stabilizotóp vizsgálatainak eredményei	40
5.1.3.2. A foraminifera és kagylósrák vázak szén- és oxigénizotópos vizsgálatainak eredményei	43
5.1.3.3. A különböző vizsgált szarmata ősmaradványcsoportok összehasonlítása vázaik szén- és oxigénizotóp összetételei alapján	46
5.1.3.4. Vízhőmérséklet és sótartalom becslés foszfátos és karbonátos vázak geokémiai vizsgálata alapján	47
5.1.3.5. Vízhőmérséklet, sótartalom és vízkémiai változások a Középső-Paratethys zsámbéki részmedencéjében a szarmata folyamán	49
5.1.4. Mikrofauna-vizsgálatok a Zsámbéki-medence szarmata felszíni feltárásaiból	51
5.1.4.1. Tinnye	51
5.1.4.2. Sőreg	54
5.1.4.3. Zsámbéki köfajtó	54
5.1.4.4. Kálvária-domb	57
5.2. Budapest	58
5.2.1. A budapesti foraminifera és kagylósrák fauna jellemzői és sztratigráfiai értékelése	58

5.2.2. A budapesti szarmata foraminifera és ostracoda fauna paleoökológiai értelmezése	60
5.3. <i>A Tokaji-hegység szarmata kagylósrák faunája</i>	64
5.4. <i>A Duna-Tisza köze szarmata mikrofaunája</i>	68
5.5. <i>Szarmata mikrofauna a Ny-Mecsekből</i>	68
5.6. <i>Adatok a szarmata Középső-Paratethys dráva-medencei régiójából</i>	70
<b>6. Rendszertani rész</b>	73
6.1. <i>A budapesti szarmata rétegek foraminifera faunája</i>	73
6.2. <i>A vizsgált magyarországi szarmata rétegek kagylósrák faunája</i>	82
<b>7. Értékelés és az eredmények összefoglalása</b>	95
7.1. <i>A kagylósrák és foraminifera fauna sztratigráfiai értékelése</i>	96
7.2. <i>A budapesti alsó-szarmata foraminifera fauna összevetése az egyéb részmedencék faunáival</i>	101
7.3. <i>A vizsgált szarmata kagylósrák fauna főbb jellemzői és összehasonlítása a Középső-Paratethys egyéb részmedencéinek faunájával</i>	103
7.4. <i>Öskörnyezeti változások a Középső-Paratethys medencéjében a szarmata folyamán</i>	105
<b>8. Konklúzió</b>	113
<b>9. Köszönetnyilvánítás</b>	118
<b>10. Remerciements</b>	119
<b>12. Irodalomjegyzék</b>	120
<b>Kivonat</b>	136
<b>Résumé</b>	137
<b>Abstract</b>	143
<b>Táblák</b>	
<b>Melléklet</b>	

## 1. Bevezetés

A Paratethys a kora-oligocéntól a középső-miocénig fennálló epikontinentális beltenger volt, ami az egykori Tethys óceánból alakult ki annak maradványaként. A Középső-Paratethys medencéjében már a késő-bádeniben megkezdődik, és a szarmatában kiteljesedik a Dinaridák kiemelkedése okozta izolációs folyamat, mely döntő változást hozott a medence történetében. Ennek a geodinamikai folyamatnak eredményeképpen megszűnik, illetve nagyon leszűkül a kapcsolat a Mediterráneum és a Paratethys között (RÖGL & STEININGER, 1983; RÖGL, 1999; STEININGER & WESSELY, 2000) (1. ábra).



1. ábra A középső-miocén Paratethys ösföldrajzi rekonstrukciója (PARAMONOVA et al., 2004).

Fig. 1. Carte paléogéographique de la Paratéthys pendant le Miocène moyen (PARAMONOVA et al., 2004).

Palaeogeographical map of the Paratethys during the Middle Miocene (PARAMONOVA et al., 2004).

Az elzáródás miatt a bádeni/szarmata határon jelentős változás következik be a paratethysi bioprovincia faunájának összetételében, ami a környezeti paraméterek megváltozásával hozható összefüggésbe. A Középső-Paratethys központi részmedencéjének

tekinthető Pannon-medencében is a fent említett tektonikai instabilitás okozza közvetetten a fauna és flóra jellegzetes evolúcióját a szarmata bázisán. A szarmata *s. str.* (SUESS, 1866) emelet a sztenderd mediterrán skálán a késő-serravalleinak felel meg, és 12,8-11,5 millió év között időt fog át a legújabb eredmények szerint (RÖGL, 1998b; HARZHAUSER & PILLER, 2004a) (2. ábra).

A bádeni/szarmata határon számos tengeri, sztenohalin gerinctelen csoport, mint a radioláriák, a korallok, a scaphopodák, a cephalopodák, a polyplacophorák, a brachiopodák és a tengeri sünök eltűnnek a Paratethys medencéjéből, és a többi csoport közül is főként az euryhalin formák élnek tovább a szarmata tengerben. A szarmata korszak környezeti viszonyai, melyek a biotikus változásokért felelősek, az utóbbi időben nagy figyelmet kaptak. A szarmata együtttest hagyományosan tipikus csökkentsósvízi faunaként írták le, és a Középső-Paratethys medencéjében fokozatosan csökkenő sótartalmat feltételeztek a szarmata folyamán (i. e. PAPP, 1956; BODA, 1959; FORDINÁL *et al.*, 2006; VRSALJKO *et al.*, 2006). Számos frissebb kutatás viszont (főleg az osztrák kutatók részéről) többé-kevésbé normáltengeri, időnként hipersalinná váló környezet mellett teszik le a voksot. A fauna diverzitásának csökkenését pedig vízkémiai változásokkal, magas alkalinitással magyarázzák (i. e. PISERA, 1996; FILIPESCU *et al.*, 1999; HARZHAUSER & KOWALKE, 2002; PILLER & HARZHAUSER, 2005; HARZHAUSER *et al.*, 2007).

Doktori kutatásom fő célja a Középső-Paratethys medencéjében bekövetkezett fő környezeti változások rekonstruálása volt főként öslénytani vizsgálatok (ostracoda és foraminifera fauna) alapján, kiegészítve karbonát- és foszfátgeokémiai módszerekkel. A legkomplexebb vizsgálatokhoz alaprétegsorokként két olyan fúrás (Mány-17, Mány-22) anyagát választottam a Zsámbéki-medencéből, melyek folyamatos és csaknem teljes szarmata rétegsort harántoltak. Ez azért volt nagyon fontos és jelentős, mert az elérhető geokémiai adatok szórványosak, különböző felszíni feltárásokból származnak, melyek csak egy-egy kis szeletét képviselik a teljes szarmata korszaknak (MÁTYÁS *et al.*, 1996; LATAL *et al.*, 2004; JANZ & VENNEMANN, 2005; HARZHAUSER *et al.*, 2007). Vizsgálataimat kiegészítettem egyéb zsámbéki, budapesti, budajenői, csákvári, polgárdi, tokaji, alföldi, mecseki és szlovéniai fúrások, illetve felszíni feltárások szarmata sorozataiból vett mintákkal. Így lehetőségem nyílt a különböző területek mikrofaunájának összehasonlítására és annak vizsgálatára, hogy a zsámbéki részmedence mennyire reprezentálja a Középső-Paratethyst az őskörnyezet szempontjából. Célkitűzéseim megvalósításához elengedhetetlen volt a kagylósrákok pontos meghatározása, leírása és ábrázolása, annál is inkább, mert a magyarországi szarmata rétegek ostracodáiról részletes taxonómiai feldolgozás ZALÁNYI 1913-ban megjelent monográfiája óta

nem történt (TÓTH, 2004, 2008). Emellett elsőként elkészítettem a budapesti szarmata rétegek foraminifera faunájának részletes leírását is (TÓTH & GÖRÖG, 2008).

Age (Ma)	MIOCENE	Mediterranean stages	Planet. forams	Nannoplankton zones	Mammal ages	Central Paratethys		Eastern Paratethys	
						Alpine-Carpathian realm	Dacian Basin	Euxinian Basin	
10	Late	Messinian		MN13		Pontian (s. Stevanovic)	Pontian (s. Andrusov) 7.0		
		Tortonian	N17	NN11	Turolian		8.5	Meotian 9.4	
			N16	NN10		Pannonian		Chersonian	
		N15	NN9	Sarmatian s. str.	Bessarabian				
		N14	NN8		Sarmatian s. l.	Volhynian			
	Middle	Serravallian	N13	NN7	MN8	Astaracian	11.5	Konkian	
		Langhian	N12	NN6	MN7			Badenian	13.5
			N11	NN5	MN6	Tshokrabian			
			N10	NN4	MN6	Tarkhantian			
		15						16.5	Kosaganian
							Tarkhantian		

Central Paratethys					E-Paratethys
Poland Luzczkowska, 1998	Austria Grill, 1941, Papp, 1974, Röggl, 1996a Harrbauer & Piller, 2004a	Czech Republic Slovakia Jiríček, 1972	Hungary Boda, 1974 Görög, 1992	Transylvanian Basin Popescu, 1995	Russia Andrusov, 1902
Upper Sarmatian	<i>Nonion granosum</i> Zone	<i>Porosonion subgranosum</i> Zone	<i>Spiralina austriaca</i> Zone	<i>Porosonion aragviensis</i> Zone	Bessarabian substage
<i>Elphidium hauerinum</i> Zone	<i>Elphidium hauerinum</i> Zone	<i>Elphidium hauerinum</i> Zone	<i>Elphidium hauerinum</i> Zone	<i>Elphidium reginum</i> Zone	Volhynian substage
<i>Varidentella sarmatica</i> Zone					
<i>Cycloforina karreri ovata</i> Zone	<i>Elphidium reginum</i> Zone	<i>Elphidium reginum</i> Zone	<i>Elphidium reginum</i> Zone	<i>Varidentella reussi</i> Zone	Arifalinea sarmatica Zone
Lower Sarmatian	<i>Anomalinoidea dividens</i> Zone	<i>Cibicides badensis</i> Zone			

2. ábra A mediterrán sztenderd és a paratethysi regionális emeletrendszerek korrelációja (MÁTYÁS *et al.*, 1996 után módosítva) és a Paratethys különböző részmedencéiben felállított biozónák korrelációja (GÖRÖG, 1992 után módosítva).

Fig. 2. Corrélation stratigraphique des provinces méditerranéennes et paratéthysiennes (modifié d'après MÁTYÁS *et al.*, 1996) et zones biostratigraphiques sarmatiennes (modifié d'après GÖRÖG, 1992).  
Stratigraphical correlation of the Mediterranean and Paratethys provinces (modified after MÁTYÁS *et al.*, 1996) and Sarmatian biostratigraphical zones of the Paratethys (modified after GÖRÖG, 1992).

## 2. Földtani háttér

A Pannon-medence a szarmata korszakban a Paratethys medencéjének nyugati részét képezte. Területén a szarmata üledékek vastagsága és fáciese alapján három kifejlődési típus különíthető el (PARAMONOVA *et al.*, 2004). A Stájer-, Bécsi-, Kelet-Szlovákiai- és Erdélyi-medencében, melyeket HORVÁTH (1987) gyűjtőnéven periférikus medencéknek nevezett el, a korai és gyors süllyedés következtében mélyebbvízi üledékképződés folyt a szarmata folyamán. A szarmata üledékek vastagsága ezekben a medencékben elérheti az egy km-t is.

A Pannon-medence középső részén (centrális medence, HORVÁTH, 1987) viszont sekélytengeri körülmények uralkodtak. A littorális régióban lerakódott karbonátos és sziliciklasztos üledékek számos sziget jelenlétére utalnak (MAGYAR *et al.*, 1999). Itt a szarmata üledékek vastagsága általában kevesebb, mint 100 m.

A harmadik kifejlődési típus (pl. a Kisalföld, a Zala- és Száva-medence) vastagságban és fáciesben is átmenetet képez az előbbieik között; jellemzően sziliciklasztos üledékei legalább részben szublittorális faunát tartalmaznak, vastagságuk több száz méter. A felső-bádeni – szarmata vulkanizmus a szarmata korszakban éri el tetőpontját, és a megelőző időszakokkal összehasonlítva a kiterjesztési központok keletre tolódnak el. A Pannon-medence északi részén kb. 2000-3000 méter vastagságú andezites és riolitos összetételű rakódott le (PARAMONOVA *et al.*, 2004).

A vizsgált magyarországi szarmata képződmények a Pannon-medence centrális részmedencéjében helyezkednek el, a szlovéniai minták pedig a Dráva-medence harmadik kifejlődési típusba tartozó szarmata sziliciklasztos sorozataiból származnak.

### 2.1. A Zsámbéki-medence szarmata üledékei (centrális medence)

A Zsámbéki-medence É-D-i irányba elnyúló neogén süllyedék, ami a Pannon medence központi régiójában helyezkedik el. Két fő medencerészből áll: az északi (tulajdonképpen zsámbéki) és a déli medencerészből. Mindkét részmedencében a medencebelső pannon üledékek töltik ki, csak a peremeken bukkanak ki a szarmata képződmények. A két medencerész között húzódik az „Etyeki-hát”. Itt felszínen vannak a szarmata rétegek (FODOR *et al.*, 2000). A szarmata üledékek túlterjednek a felső-bádeni képződményeken, és a hátságok területén az idősebb képződményekre közvetlenül települnek. Ezek a kifejlődések a Tinnyei Formációba tartoznak, és több felszíni feltárásuk is

ismert. Az általam vizsgált fúrások litosztratigráfiai tagolása JÁMBOR nevéhez fűződik (RAVASZ & SOLTI, 1978; SAS, 1977), aki először három tagozatot különített el. Ezt a felosztást később módosítva két formációba (Kozárdi és Tinnyei Formáció) sorolta a szarmata rétegeket (JÁMBOR, 1977). A most érvényes litosztratigráfiai besorolás alapján négy formációt lehet elkülöníteni a fúrások rétegsorában:

- **Kozárdi Formáció** („cerithiumos mészkő” „erviliás rétegek, „szarmata agyagmárga”): a Mányi- és Zsámbéki-medencében főként fúrásokból ismerjük. Szürke, zöldesszürke molluszkás agyag-agyagmárga, alárendelten homok, laza homokkő, mészmárga, mészhomokkő alkotja. Megjelenhetnek benne diatómák, alginites, bentonitos betelepülések. Vastagsága 100-150 m (HÁMOR, 1997).
- **Tinnyei Formáció** („szarmata durvamészkő”): kőzetalkotó mennyiségű molluszka kőből álló biogén, néhol ooidos sárga mészkő, mészhomokkő és meszes molluszkás homok építi fel (HÁMOR & IVANCSICS, 1997). A mészkőben jellemző szerkezet a keresztrétegzés. Emellett megjelennek hullámszás és áramlatok által átdolgozott üledékek és viharüledékek is (FODOR *et al.*, 2000). Vastagsága 50-120 m (HÁMOR & IVANCSICS, 1997).
- **Budajenői Formáció**: csak a budajenői (Bó-3, Bó-5) fúrásokban jelenik meg. Lemezes aleurit, aleurolitos agyagmárga dolomit, kén, gipsz, anhidrit zsinórokkal és rétegekkel. Beszáradó lagúna kifejlődés. A Kozárdi Formációval összefogazódva jelenik meg (JÁMBOR & HÁMOR, 1997).
- A szarmata rétegsorban közbetelepülésként megjelenő tufás, bentonitos rétegek a **Galgavölgyi Riolituffa Formációval** párhuzamosíthatóak (JÁMBOR *et al.*, 2003).

## 2.2. Budapest környékének szarmata üledékei (Üllői út Ludovika tér és Nagyváradi tér közötti szakasza) (centrális medence)

A Ludovika tértől az Üllői út hosszában a Rezső utcáig szarmata rétegek húzódnak, melyek felett pleisztocén homok, homokos iszap és antropogén feltöltés van. E szelvény mentén a szarmata rétegek felépítése: a Ludovika térnél molluszkás agyagmárga dominál, mely dőlésirányban, tehát a fiatalabb rétegek felé mészmárga, homokos mészkő és mészkő kifejlődésekbe megy át. Az utóbbi meszes képződmények közé vékony homokpadok iktatódnak (BUBICS, 1978). A szarmata rétegek diszkordánsan települnek a felső bádeni képződményekre. Az általam vizsgált szarmata sorozat felépítésében leginkább agyagmárga

az uralkodó, bár a felső szakaszon gyakoribbá válnak a mészmárga, mészkőpadok közbetelepülések is. A tanulmányozott képződmények kifejlődésük alapján valószínűleg a Kozárdi Formációba tartoznak (HÁMOR, 1997).

### *2.3. A Tokaji-hegység környékének szarmata üledékei (centrális medence)*

A Tokaji-hegység területén levő szarmata képződmények nagyrésze vulkáni kőzetekből épül fel, melyek a **Tokaji Vulkanit Formáció**ba sorolhatók (JÁMBOR, 1997). Ez a formáció riolit-, dácit- és andezit-piroklasztitok, tufitok, valamint láva eredetű kőzetek rétegvulkáni sorozata, melyben közbetelepülésként szürke agyagmárgás aleurit, homok és homokos mészkő jelenhet meg. Az a kevés üledékes képződmény, amiből mikrofauna nyerhető ki, a **Kozárdi Formáció**ba tartozik.

### *2.4. Duna-Tisza köze (centrális medence)*

A Duna-Tisza közti területről vizsgált furadékminták valószínűleg a **Hajdúszoboszlói Formáció**ba tartozó szarmata rétegekből kerültek elő. Ez a képződmény homokos-aprókavicsos bioklasztos (néhol ooidos) mészkő, homokkő, mészmárga, márga és agyagmárga rétegekből épül fel. Vastagsága 80-100 m (SZENTGYÖRGYI & HÁMOR, 1997). A vizsgált mikrofauna márgás képződményekből került elő.

### *2.5. Mecsek-hegység (centrális medence)*

A Kovácsszénája és a pécsi Havi-hegy feltárásaiban felszínre bukkanó uralkodóan meszes szarmata képződmények valószínűleg a **Tinnyei Formáció**ba tartoznak.

## **3. A Középső-Paratethys szarmata kagylósrák és foraminifera faunájának kutatástörténete és rétegtani jelentősége**

### *3.1. Kagylósrákok*

Szarmata kagylósrákokról fajleírásokat ábrázolásokkal elsőként REUSS (1850) készített „Die fossilen Entomostraceen des österreichischen Tertiärbecken” című

monográfiájában bécsi-medencei lelőhelyekről. MÉHES (1908) és ZALÁNYI (1913, 1929) magyarországi, illetve erdélyi lelőhelyeket feldolgozó 1900-as évek elején született munkái nagy jelentőséggel bírnak a Középső-Paratethys szarmata ostracoda faunájának megismerésében, hiszen számos faj első leírása fűződik a nevékhöz. ZALÁNYI (1956, 1959) későbbi munkáiban is foglalkozik szarmata korú ostracoda faunákkal Magyarországon különböző területeiről, bár ezekben a munkákban már csak főként faunalistákat közölt. A '60-as és '70-es években SZÉLES (1963) a Duna-Tisza-közéről, PIETRZENIUK (1973) pedig a Tokaj-hegység területéről írt le szarmata alakokat. Majd SZUROMI-KORECZ & SZEGŐ (2001) írt le foraminiferák mellett ostracodákat is a Mecsek-hegység (Kovácsszénája) szarmata korú lelőhelyéről, melynek újrafeldolgozását elvégeztem doktori kutatásaim során. Végül pedig 2004-ben és 2008-ban megjelent cikkeimben budapesti és zsámbéki szarmata rétegek kagylósrák faunájából készítettem részletes fajleírásokat ábrázolással (TÓTH, 2004, 2008). A budapesti ostracoda fauna paleoökológiai értékelését is elvégeztem (TÓTH & GÖRÖG, 2008).

A Középső-Paratethys az ország határain kívül eső egyéb területeit nézve a Bécs-medencéből számos szarmata kagylósrákokkal is foglalkozó tanulmány született osztrák kutatók tollából: REUSS (1850), KOLLMANN (1958), CERNAJSEK (1971, 1972, 1974), GROSS & PILLER (2006), melyek részben részletes leírásokat tartalmaznak ábrázolásokkal, részben pedig a fauna paleoökológiai értelmezését adják meg. A medence szarmata kagylósrák faunáját szlovák részről DORNIČ & KHEIL (1963) vizsgálta elsőként. A volt Csehszlovákia területének ostracoda faunáját későbbiekben többen is feldolgozták különböző szarmata lelőhelyekről (JIŘÍČEK, 1974; ZELENKA, 1989; FORDINÁL & ZLINSKÁ, 1994; ZLINSKÁ & FORDINÁL, 1995; FORDINÁL *et al.*, 2006). Szerbia, Horvátország és Lengyelország szarmata képződményeinek ostracoda faunájáról csak néhány publikáció született, melyek leírásokat és/vagy ábrázolásokat tartalmaznak (KRSTIĆ, 1959; MITROVIĆ & RUNDIĆ, 1991; CHOCZEWSKI, 1956; SZCZETCHURA, 2000). Néhány szerző a fajok meghatározásán kívül elkészítette a szarmata rétegek biosztratigráfiai tagolását is a Középső-Paratethys medencéjének térségében (JIŘÍČEK, 1983; ZELENKA, 1990).

### 3.2. Foraminiferák

Budapest és környékéről elsőként Beudant tesz említést foraminiferákról 1800-as években írt munkájában, amelyeket a Páty környéki kőbányák mészköveiben ismert fel (MAJZON, 1966). Későbbi kutatások eredményeképpen született munkák is csak faunalistákat

közölnek a vizsgált terület szarmata rétegeiből (pl. HANTKEN, 1861; FRANZENAU, 1910; HORUSITZKY, 1926; MAJZON, 1939, 1945, 1966; BODA, 1959).

GÖRÖG 1992-ben publikált cikkében jó összefoglalást adott a Középső-Paratethys egyéb területeiről vizsgált szarmata foraminiférák kutatástörténetéről, ezért én csak az azóta a született munkákról tennék említést itt. A Bécsi-medence szarmata képződményeinek foraminifera faunájának vizsgálatával osztrák kutatók részéről SCHÜTZ és munkatársai (2007) foglalkoztak. Leírásokat készítettek ábrázolásokkal, és megadták a fauna sztratigráfiai és paleoökológiai értékelését is. Szlovákia alsó-szarmata képződményeiből több foraminiférákat feldolgozó tanulmány is született (FORDINÁL & ZLINSKÁ, 1994; ZLINSKÁ & FORDINÁL, 1995; ZLINSKÁ, 1997; FORDINÁL *et al.*, 2006). SZCZECHURA (2000) lengyelországi, OBLAK (2007) pedig szlovéniai középső-miocén képződmények foraminifera faunájának vizsgálata során írt le a bádeni fajok mellett szarmata alakokat is. Az Erdélyi-medence szarmata foraminifera faunájának vizsgálatával, sztratigráfiai és paleoökológiai értékelésével több kutató is foglalkozott különböző lelőhelyek anyaga alapján (POPESCU, 1995; FILIPESCU, 1996; KOVÁCS, 2001; FILIPESCU, 2004; FILIPESCU *et al.*, 2005; SUCIU, 2005). A Középső-Paratethys foraminiferaival foglalkozó munkacsoport CÍCHA és munkatársai (1998) szerkesztette oligocén és miocén foraminiférákat feldolgozó tanulmányában a különböző medencerészek szarmata foraminiferainak sztratigráfiai értékelésén kívül megadja a fajok rétegtani elterjedését, és számos alakot le is ábrázol.

### 3.3. *A szarmata foraminifera és kagylósrák fauna rétegtani jelentősége*

A késő-eocénben India Ázsiával való kollíziója, és az Európai és Afrikai lemez közötti kompressziós tektonika okozta alpi orogenezis vezetett az eocén/oligocén határon ahhoz az eseményhez, melynek során kialakult a Tethys medencéjének nyugati részén a délen fekvő Mediterráneum és az alpi tektonikai övtől északra elhelyezkedő interkontinentális tenger, a Paratethys. A Paratethys medencéjében egy önálló evolúciós fejlődés indult meg, ami egy új paratethysi bioprovincia elkülönüléséhez vezetett. A Mediterráneum medencéjében alkalmazható sztenderd időskálával szemben, a Paratethys medencéjében egy regionális emeletbeosztás vált indokolttá, mert mind geodinamikai, mind paleobiológiai fejlődésének története az időben többször bekövetkező elzáródási és kinyílási folyamatok miatt sokkal komplikáltabb volt. A sztratigráfiai korreláció a standard skála és a regionális emeletrendszerek között a 2. ábrán látható. A Keleti-Paratethys és a Középső-Paratethys területén a szarmata emelet elnevezést különböző értelemben használjuk. Az eltérés oka,

hogy a szarmata végén a két medence között a kapcsolat véglegesen megszakadt, és a két terület faunája különböző fejlődési utat járt be. A Középső-Paratethys területén használt szarmata *s. str.* (SUESS, 1866) emelet a Keleti-Paratethys régiójának emeletrendszeréből a volhyniai és alsó-besszarábiai alemeleteknek felel meg. A Középső-Paratethys medencéjén belül elsőként a Bécsi-medence szarmata *s. str.* emeletének szintézését készítették el osztrák kutatók. A foraminiférák alapján felállított biosztratigráfiai tagolás GRILL (1941), a molluszka zonáció pedig PAPP (1956) nevéhez fűződik. BODA (1974) a magyarországi molluszka fauna alapján két alemeletet különített el a szarmatán belül: az alsó Kozárdi és a felső Tinnyei alemeleteket. A magyarországi szarmata képződmények biosztratigráfiai tagolását GÖRÖG (1992) készítette zsámbéki fúrások anyaga alapján (*Elphidium reginum*, *Elphidium hauerinum* és *Spirolina austriaca* Zónák). A magyarországi és az egyéb középső-paratethysi területek foraminifera zonációja közötti korrelációt a 2. ábra mutatja. A pontos korreláció helyenként nehézségekbe ütközött, de erre majd csak a magyarországi mikrofauna rétegtani értékelésénél térnek ki.

Néhány kutató a kagylósrák fauna alapján is megpróbálta a szarmata rétegeket szintezni (JIŘIČEK, 1983; ZELENKA, 1990), annak ellenére, hogy a legtöbb ostracoda faj hosszú fajöltöje miatt nem alkalmas sztratigráfiai értékelésre. ZELENKA (1990) bécsi-medencei szarmata rétegek vizsgálata alapján felállított ostracoda zónáit párhuzamosította GRILL (1941) foraminifera zonációjával is. A Középső-Paratethys területén felállított kagylósrák zonációkat és korrelációjukat egymással és a foraminifera zónákkal a 3. ábra szemlélteti.

Sarmatian ostracod zonation in the Central Paratethys				Foraminiferal zonation (GRILL, 1941)
JIŘIČEK, 1983		ZELENKA, 1990		
NO14	<i>Hemicytheria hungarica</i> - <i>Cyprideis pokorny</i> Zone	<i>Aurila notata</i> Zone	<i>Hemicytheria hungarica</i> – <i>Leptocythere cejcensis</i> Zone	<i>Nonion granosum</i> Zone
NO13	<i>Neocyprideis (M.) janoscheki</i> – <i>Cyprideis vindobonensis</i> Zone		<i>Aurila notata</i> – <i>Cyamocytheridea leptostigma leptostigma</i> Zone	
NO12	<i>Neocyprideis (N.) kollmanni</i> – <i>Aurila notata</i> Zone			<i>Elphidium hauerinum</i> Zone
NO11	<i>Cytheridea hungarica</i> – <i>Aurila mehesi</i> Zone		<i>Cytheridea hungarica</i> – <i>Aurila mehesi</i> Zone	<i>Elphidium reginum</i> Zone

3. ábra A Középső-Paratethys medencéjében felállított szarmata ostracoda és foraminifera zónák korrelációja.

Fig. 3. Corrélation stratigraphique des zones de foraminifères et d'ostracodes du Sarmatien de la Paratethys Centrale.

Stratigraphical correlation of the Sarmatian foraminiferal and ostracod zones in the Central-Paratethys.

## 4. Anyag és módszertan

A legkomplexebb vizsgálathoz a Zsámbéki-medencéből két fúrást (Mány-17, Mány-22) választottam ki. A fúrásokból összesen 98 mintát vizsgáltam meg őslénytani, 52 mintát pedig geokémiai szempontból. Ezt kiegészítettem egyéb zsámbéki és mányi fúrások (50) és felszíni feltárások (7), budajenői (10), csákvári (71), polgárdi (32), budapesti (129), tokaji (20), duna-tisza közti (22), mecseki (7) és szlovéniai (15) minták mikropaleontológiai vizsgálatával vagy újrafeldolgozásával. A mányi (Mány-175, Mány-192, Mány-193), budajenői (Bő-3, Bő-5), csákvári (Csákvár-9, Csákvár-11) és polgárdi (Polgárdi-2) minták kagylósrák faunájának feldolgozását szakdolgozatom tartalmazza (TÓTH, 2005), és ezen azóta nem változtattam, így doktori dolgozatomban csak az eredményeket használtam fel a különböző magyarországi területek mikrofaunájának összehasonlító értékelésénél (lsd. 7. fejezet).

Mind az őslénytani mind a geokémiai vizsgálatokhoz a mészvázú fauna (kagylósrák, foraminifera és csiga) kinyerése a mintákból kb. 100 g légszáraz anyag leiszapolásával, részben hidrogén-peroxidos, részben ecetsavas feltárással.

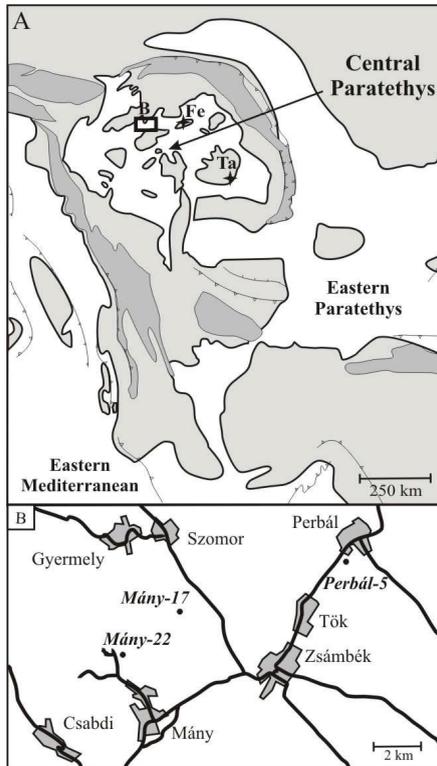
A foszfátgeokémiai vizsgálatokhoz a rágcsálófogakat Hír JÁNOSTól kaptam, melyek részben felsőtárkányi lelőhelyek (Gödür-kert: 3/2 minta, Felnémeti útbevágás: 2/3 és 2/7 minták) késő-szarmata szárazföldi agyagos sorozataiból, részben Tășad (Ta minta) koraszarmata zöldagyagos rétegeiből származnak (4. ábra) (Hír *et al.*, 2001ab; Hír, 2004).

### 4.1. Őslénytani vizsgálatok

A vizsgált magyarországi szarmata mikrofauna öskörnyezeti értékelését főként recens analógiák alapján végeztem.

#### 4.1.1. Zsámbéki-medence

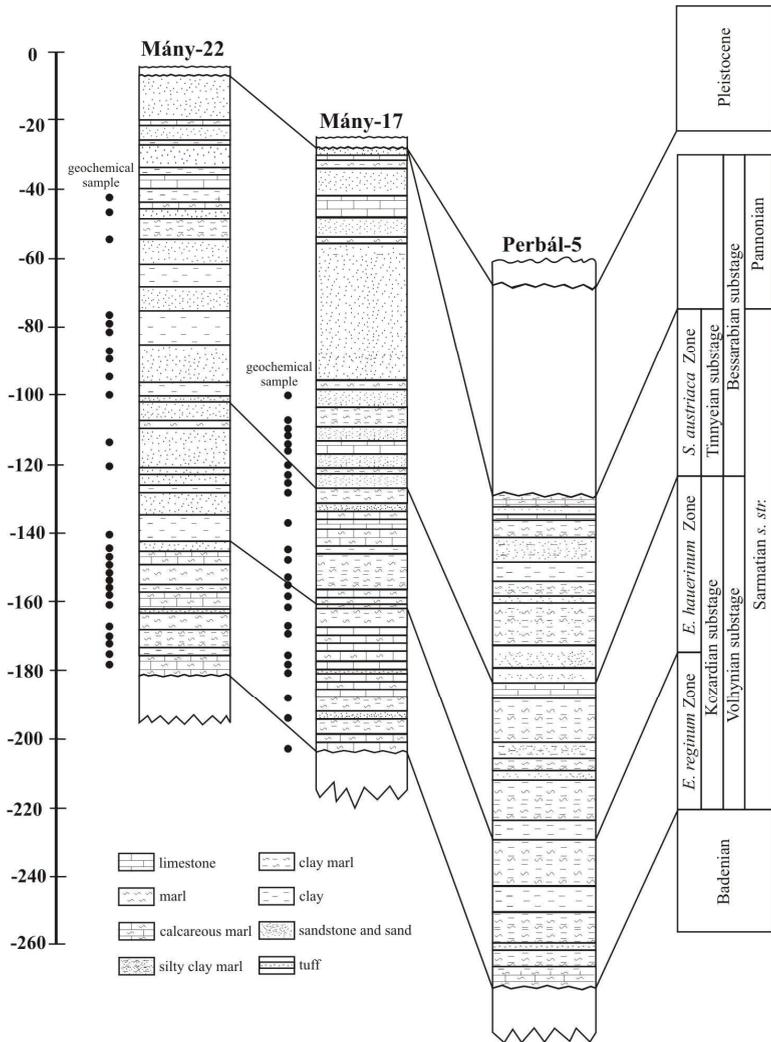
A vizsgált zsámbéki fúrások elhelyezkedését és a harántolt képződményeket a 4. és 5. ábra mutatja.



**4. ábra** (A) A Középső-Paratethys ősföldrajzi rekonstrukciója a vizsgált Zsámbéki-medence, Felsőtárkány (Fe) és Tășad (Ta) lelőhelyek elhelyezkedésével (RÖGL, 1998b; PARAMONOVA *et al.*, 2004 után módosítva). A tengeri üledékek fehérrel a szárazföldi képződmények szürkével vannak feltüntetve. (B) A belső térkép a vizsgált fúrások elhelyezkedését mutatja a Zsámbéki-medencében.

*Fig. 4. (A) Carte paléogéographique de la Paratéthys Centrale (modifié d'après RÖGL, 1998b; PARAMONOVA et al. 2004) et localisation du bassin de Zsámbék et des affleurements de Felsőtárkány (Fe) et de Tășad (Fe). Les sédiments marins sont indiqués en blanc, les dépôts continentaux en gris et les montagnes en gris foncé. Le cartouche (B) montre la position des carottes de forages dans le bassin.*

*(A) Palaeogeographical map of the Central Paratethys (modified after RÖGL, 1998b; PARAMONOVA et al. 2004) with the location of the studied Zsámbék Basin; Felsőtárkány (Fe) and Tășad (Fe) outcrops. Marine sediments are indicated in white, continental deposits are shaded in light grey and mountains in dark grey. Inset map (B) shows the position of the boreholes in the basin.*



5. ábra A Mány-17, Mány-22 és Perbál-5 fúrások rétegsorai (GÖRÖG, 1992 után módosítva).

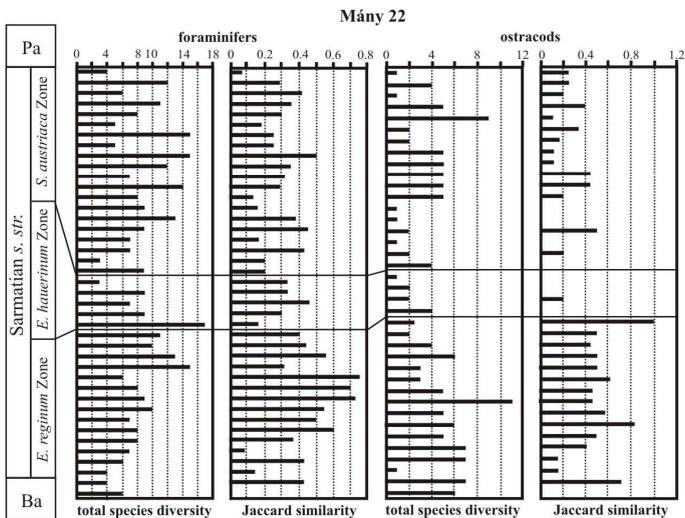
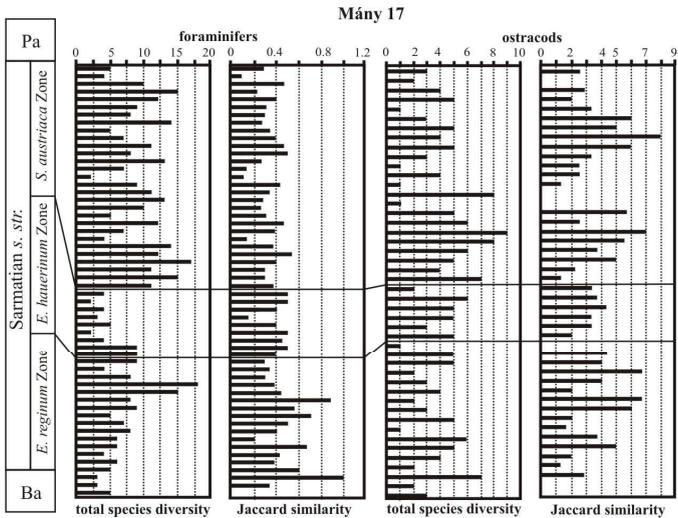
Fig. 5. Logs lithostratigraphiques du Sarmatien dans les sondages Mány-17, Mány-22 et Perbál-5 (modifié d'après GÖRÖG, 1992).

Lithostratigraphical logs of the Mány-17, Mány-22 and Perbál-5 boreholes (modified after GÖRÖG, 1992).

A mányi felderítő köszénkutató során a '70-es években a Zsámbéki-medencében mélyített Mány-22, Mány-17 és Perbál-5 fúrások foraminifera faunájának taxonómiai feldolgozását, sztratigráfiai és paleoökológiai értékelését GÖRÖG (1992) készítette el (5. ábra). Az őskörnyezeti rekonstrukcióhoz, a faunaváltozások pontos nyomon követéséhez a GÖRÖG (1992) által a fúrások faunája alapján felállított foraminifera zonációt használtam fel.

A kagylósrák fauna részletes leírását 2008-ban megjelent publikációm tartalmazza (TÓTH, 2008), ezért jelen dolgozatban csak a meghatározott taxonok rendszertani besorolását adtam meg ábrázolásokkal. A kagylósrák fauna őskörnyezeti értékelését kiegészítve a foraminiferákból levonható következtetésekkel a faunák kvalitatív (taxon-összetétel) és kvantitatív analízise alapján készítettem. A mikrofauna jól jellemezhető a teljes fajdiverzitással (= total species diversity) és a Jaccard Koefficienssel ( $R$ ), melyek jól mutatják a fauna együttesben fellépő változásokat (RUBAN & TYSZKA, 2005) (6. ábra). A teljes fajdiverzitás a mintában levő fajok számát jelenti.  $R$  két egymásfeletti minta fauna együttesének hasonlóságát mutatja:  $R=C/[(N_1+N_2)-C]$ , ahol  $C$  a közös taxonok száma a két intervallumban,  $N_1$  és  $N_2$  pedig a taxonok száma a két mintában.

A Zsámbéki-medence felszíni feltárásainak (Tinnye, Kálvária-domb, Zsámbék és Sőreg) szarmata rétegeiből kinyert foraminifera és ostracoda fauna sztratigráfiai és paleoökológiai értékelését is elvégeztem.



**6. ábra** A foraminifera és ostracoda fauna diverzitás-indexeinek változásai a szarmata folyamán a Zsámbéki-medencében.

*Fig. 6. Variations de la diversité spécifique totale et de l'indice de similarité de Jaccard des faunes d'ostracodes et de foraminifères du Bassin de Zsámbék pendant le Sarmatien.*

*Variations in foraminifer and ostracod diversity and Jaccard's index in the Zsámbék Basin during the Sarmatian.*

#### 4.1.2. Budapest

Budapest területéről a Nagyvárad tér és Ludovika tér között az Üllői út vonalában mélyített fúrások közül összesen négy (596, 598, 617. és 618. számú fúrás) fúrás rétegsorából vett szarmata minták kagylósrák és foraminifera faunájának feldolgozását végeztem el (7-8. ábra), két másik fúrásban pedig csak az ostracodákat vizsgáltam (TÓTH, 2005).

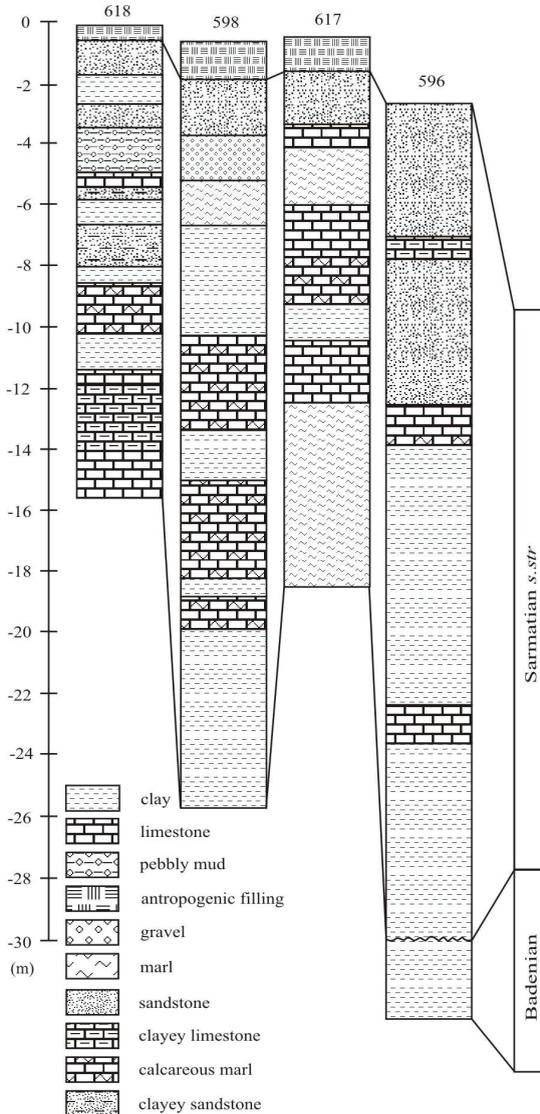


**7. ábra** (A) A Középső-Paratethys ösföldrajzi rekonstrukciója a vizsgált budapesti terület elhelyezkedésével (RÖGL, 1998b; PARAMONOVA *et al.*, 2004 után módosítva). (B) A Ludovika és a Nagyvárad tér környékének térképe a vizsgált fúrások elhelyezkedésével.

*Fig. 7. (A) Carte paléogéographique de la Paratéthys Centrale (modifié d'après RÖGL, 1998b; PARAMONOVA et al. 2004). Le cartouche (B) montre la position des carottes de forages entre les places Ludovika et Nagyvárad.*

*(A) Palaeogeographical map of the Central Paratethys (modified after RÖGL, 1998b; PARAMONOVA et al. 2004).*

*Inset map (B) shows the position of the boreholes between Ludovika and Nagyvárad squares.*



**8. ábra** A budapesti fúrások rétegsorai (ULLMANN, 1973 után módosítva).

*Fig. 8. Logs lithostratigraphiques des sondages de Budapest (modifié d'après ULLMANN, 1973).*

*Lithostratigraphical logs of the studied Budapest boreholes (modified after ULLMANN, 1973).*

Megvizsgáltam a Ludovika téren a Természettudományi Múzeum udvarában a bővítés során feltárt gödör és egy szellőző akna rétegeiből vett mintákat is. Elkészítettem a szarmata rétegek foraminifera és kagylósrák faunájának részletes taxonómiai leírását (TÓTH, 2004; TÓTH & GÖRÖG, 2008), melyet dolgozatomban a zsámbéki fúrásokéhoz hasonlóan közlök. A mikrofauna öskörnyezeti értékelését kvalitatív és kvantitatív (a különböző foraminifera csoportok és kagylósrák taxonok százalékos megoszlása) elemzéssel végeztem. A különböző foraminifera csoportok elkülönítése az adott taxonok morfológiai bélyegei és ökológiai igényei alapján történt (1. táblázat).

Foraminiferal groups	Species of foraminifer	Ostracod groups	Species of ostracod
Non-keeled elphidiids and nonionids	<i>Nonion bogdanovici</i>	<i>Xestoleberis</i>	<i>Xestoleberis fuscata</i>
	<i>Nonion commune</i>	<i>Loxococonchidae</i>	<i>Loxococoncha</i> ex gr. <i>punctatella</i>
	<i>Elphidiella</i> aff. <i>serena</i>		<i>Loxocorniculum hastatum</i>
	<i>Criboelphidium</i> ex. gr. <i>granosum</i>		<i>Loxocorniculum schmidi</i>
	<i>Elphidium hauerinum</i>	<i>Senesia</i>	<i>Senesia vadaszi</i>
	<i>Elphidium obtusum</i>	<i>Aurila</i>	<i>Aurila mehesi</i>
Keeled and spinose elphidiids	<i>Elphidium aculeatum</i>	<i>Hemicytheria</i>	<i>Hemicytheria omphalodes</i>
	<i>Elphidium crispum</i>	<i>Miocyprideis</i>	<i>Cytheridea hungarica</i>
	<i>Elphidium fichtelianum</i>	<i>Miocyprideis</i>	<i>Miocyprideis sarmatica</i>
	<i>Elphidium macellum</i> )	<i>Hemicyprideis</i>	<i>Hemicyprideis dacica dacica</i>
	<i>Elphidium reginum</i>	<i>Leptocytherinae</i>	<i>Amnicythere tenuis</i>
	<i>Elphidium</i> aff. <i>pulvereum</i>		<i>Callistocythere egregia</i>
	<i>Elphidium</i> ex. gr. <i>puscharovski</i>		<i>Callistocythere maculata</i>
Temporary attached rotaliids	<i>Rosalina</i> sp.	<i>Cytherois</i>	<i>Cytherois sarmatica</i>
	<i>Schackoinella imperatoria</i>		
Permanently attached rotaliids	<i>Lobatula lobatula</i>		
Enrolled miliolids	<i>Cycloforina contorta</i>		
	<i>Triloculina intermedia</i>		
	<i>Varidentella pseudocostata</i>		
Partly uncoiled miliolids	<i>Nodobaculariella sulcata</i>		
	<i>Articulina</i> sp. indet.		
Buliminids	<i>Bolivina antiqua</i>		
	<i>Bolivina moldavica</i>		
	<i>Bolivina moravica</i>		
	<i>Bolivina sarmatica</i>		
	<i>Buliminella elegantissima</i>		
	<i>Fursenkoina acuta</i>		
	<i>Fursenkoina sarmatica</i>		
	<i>Caucasina schischkinskye</i>		
<i>Ammonia beccarii</i> s. l.			

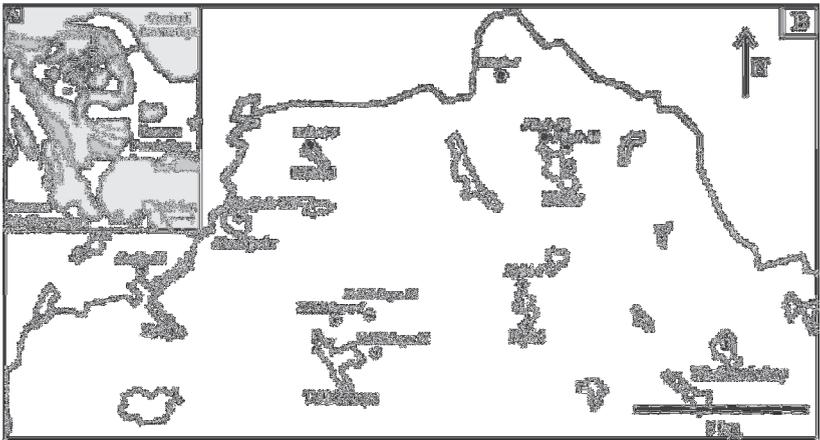
**1. táblázat:** A fajok megoszlása a különböző foraminifera és ostracoda csoportok között.

*Tabl. 1. Distribution des espèces dans les différents groupes d'ostracodes et de foraminifères.*

*Distribution of species in the different foraminiferal and ostracod groups.*

#### 4.1.3. Tokaji-hegység

A Tokaji-hegység területéről két bentonitkutató fúrás (Füzér-1, Kékéd-5) anyagát (2-2 minta) és a '60-as években az egész hegységre kiterjedő átfogó térképező munkálatok során mélyített telkibányai (10), zsujtai (1), füzéri (2), nyiri (1), füzérradványi (1) és abaújbáryi (1) fúrások, kézfúrások ill. kutatóknak mintáinak kagylósrák faunáját dolgoztam fel (9. ábra). A vizsgált mikrofauna főként agyagos és márgás képződményekből került elő.



**9. ábra** (A) A Középső-Paratethys ősföldrajzi rekonstrukciója a vizsgált tokaji terület elhelyezkedésével (RÖGL, 1998b; PARAMONOVA *et al.*, 2004 után módosítva). (B) A Tokaji-hegység környékének térképe a vizsgált fúrások és kutatóknak elhelyezkedésével.

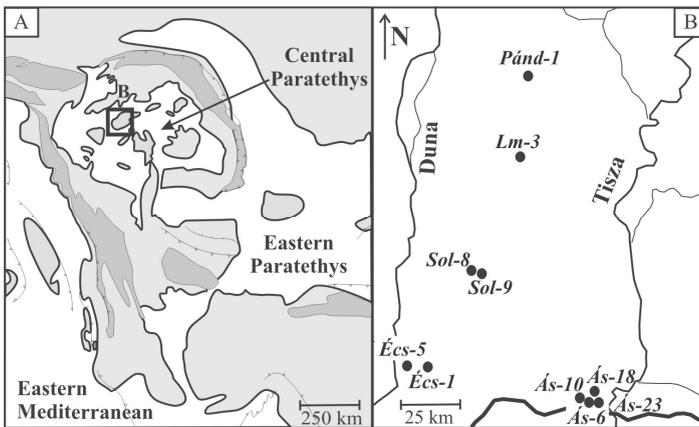
*Fig. 9. (A) Carte paléogéographique de la Paratéthys Centrale (modifié d'après RÖGL, 1998b; PARAMONOVA *et al.* 2004) et localisation de la région du Mont Tokaj; La carte (B) montre la position des sondages et des puits étudiés.*

*(A) Palaeogeographical map of the Central Paratethys (modified after RÖGL, 1998b; PARAMONOVA *et al.* 2004) with the location of the region of Mount Tokaj. The map (B) shows the position of the studied boreholes and wells.*

Az ostracoda fauna értékelését kiegészítettem a KORECZ-LAKY (1965, 1973) által azonos lelőhelyekről feldolgozott foraminifera faunából levont következtetésekkel. A minták nem folyamatos rétegsorból származnak, és azonosak a foraminifera vizsgálatok anyagával.

#### 4.1.4. Duna-Tisza köze

Az '50-es években a Duna-Tisza közén mélyített szénhidrogén-kutató fúrások egy része szarmata képződményeket is harántolt. A képződmények néhány furadékmintája értékelhető mikrofaunát tartalmazott. A minták kagylósrák faunájának feldolgozását SZÉLES MARGIT készítette el, melynek egy részét 1963-ban született publikációjában ismertetett is. SZÉLES MARGIT hagyatékából az érsekcsanádi (Écs-1, Écs-5), pándi (Pánd-1), soltvadkerti (Sol-8, Sol-9), ásothalmi (Ás-6, Ás-10, Ás-18, Ás-23) és lajosmizsei (Lm-3) fúrások anyagát vizsgáltam újra, melyet SZUROMINÉ KORECZ ANDREA segítségével kaptam meg. A megvizsgált 22 furadékminta közül 6 tartalmazott mikrofaunát. A fauna feldolgozása főként a meghatározásra és a képződmény korának pontosítására szorított, mivel az előkerült kevés példány mennyiségi analízisre nem volt alkalmas, és így messzemenő ökoszisztémái következtetések levonására sem. A vizsgált fúrások helyét az 10. ábra mutatja.



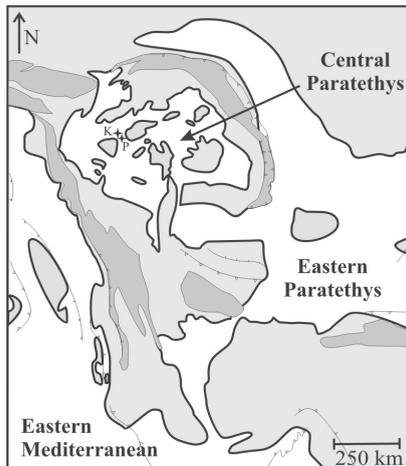
**10. ábra** (A) A Középső-Paratethys ősföldrajzi rekonstrukciója a vizsgált duna-tisza közti terület elhelyezkedésével (RÖGL, 1998b; PARAMONOVA *et al.*, 2004 után módosítva). (B) A Duna-Tisza köze térképe a vizsgált fúrások elhelyezkedésével.

*Fig. 10. (A) Carte paléogéographique de la Paratéthys Centrale (modifié d'après RÖGL, 1998b; PARAMONOVA et al. 2004) et localisation de la région de Duna-Tisza köze; La carte (B) montre la position des sondages étudiés. (A) Palaeogeographical map of the Central Paratethys (modified after RÖGL, 1998b; PARAMONOVA et al. 2004) with the location of the region of Duna-Tisza köze. The map (B) shows the position of the studied boreholes.*

#### 4.1.5. Mecsek-hegység

A Középső-Paratethys egykori medencéjének délnyugati régiójában Kovácsszénája település közelében található feltárás szarmata rétegeinek SZUROMI-KORECZ & SZEGŐ által 2001-ben publikált anyagát (6 minta) vizsgáltam újra. A minták izapolási maradékait SZUROMINÉ KORECZ ANDREA-tól kaptam. A szerzők faunalistákat készítettek ábrázolásokkal és rövid öskörnyezeti értékelést is adtak. A céloom nem a taxonómiai feldolgozás revíziója volt, hanem a fauna paleoökológiai értékelése és összehasonlítása az egyéb vizsgált területek szarmata mikrofaunájával. Ennek érdekében mennyiségi értékelést készítettem. A 2. és 5. mintából nem sikerült határozható és értékelhető kagylósrák faunát kinyerni.

A pécsi Havi-hegyen a templom mögött feltárult uralkodóan csigakőbeles durvamészke rétegekből is gyűjtöttünk mintát, de sajnos ez értékelhető mikrofaunát nem tartalmazott. A feltárások elhelyezkedését a 11. ábra mutatja.



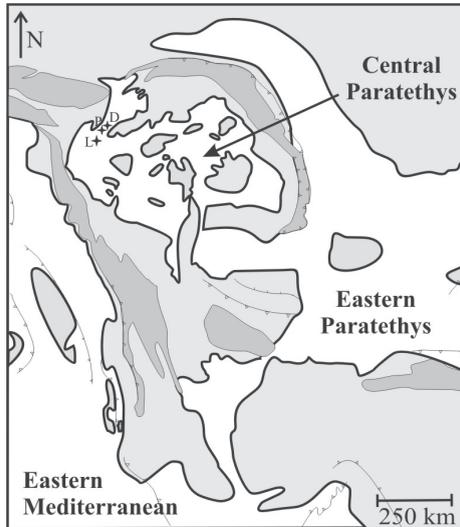
**11. ábra** (A) A Középső-Paratethys ösföldrajzi rekonstrukciója a vizsgált mecseki feltárások elhelyezkedésével (RÖGL, 1998b; PARAMONOVA *et al.*, 2004 után módosítva). K – Kovácsszénája, P – Havi-hegy, Pécs.

*Fig. 11. (A) Carte paléogéographique de la Paratéthys Centrale (modifié d'après RÖGL, 1998b; PARAMONOVA et al. 2004) et localisation des affleurements des Monts Mecsek. K – Kovácsszénája, P – Havi-hegy, Pécs.*

*(A) Palaeogeographical map of the Central Paratethys (modified after RÖGL, 1998b; PARAMONOVA et al. 2004) with the location of the outcrops of the Mecsek Mountains. K – Kovácsszénája, P – Havi-hegy, Pécs.*

#### 4.1.6. Dráva-medence

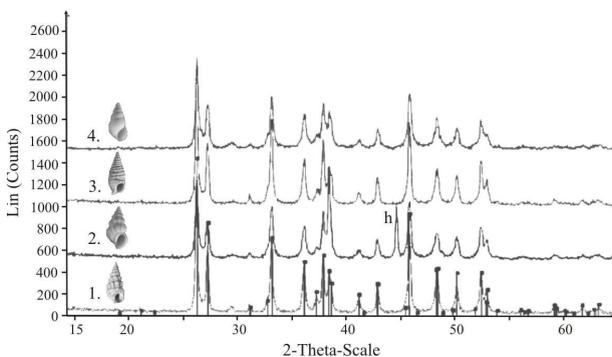
A szlovéniai Nafta-Geoterm szénhidrogén-kutató cég jóvoltából lehetőség nyílt három a szlovén/magyar határhoz közel mélyült fúrás (Dankovci-3 (5 minta), Pečarovci-1 (3 minta) és Ljutomer-1 (7 minta) szarmatának tartott maganyagának begyűjtésére mikrofauna-vizsgálat céljából. A fúrások elhelyezkedését az 12. ábra szemlélteti. A vizsgált minták szürke csillámos homokokból és agyagokból származnak.



**12. ábra** (A) Középső-Paratethys ösföldrajzi rekonstrukciója a vizsgált szlovéniai fúrások elhelyezkedésével (RÖGL, 1998b; PARAMONOVA *et al.*, 2004 után módosítva). D – Dankovci, P – Pečarovci, L – Ljutomer  
*Fig. 12. (A) Carte paléogéographique de la Paratéthys Centrale (modifié d'après RÖGL, 1998b; PARAMONOVA et al., 2004) et localisation des sondages de Slovénie. D – Dankovci, P – Pečarovci, L – Ljutomer.*  
*(A) Palaeogeographical map of the Central Paratethys (modified after RÖGL, 1998b; PARAMONOVA et al., 2004) with the location of the drillings in Slovenia. D – Dankovci, P – Pečarovci, L – Ljutomer.*

## 4.2. Geokémiai vizsgálatok

A geokémiai vizsgálatokhoz ostracodák, foraminiferák és csigák vázát használtam fel. Első lépésként röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok segítségével (XPD) meggyőződtem arról, hogy a csigák aragonit vázai megőrizték az eredeti kristályszerkezetüket (13. ábra). Így a vázából kapott adatokat a diagenetikus folyamatok nem befolyásolták, és alkalmasak ökoszervezeti vizsgálatokra. A foraminifera, kagylósrák és csiga vázakat háromszor tettem ultrahangos fürdőbe (desztillált vízbe), hogy a rátapadt üledékes mátrixtól is megszabadítsam őket. Végül sztereomikroszkóp alatt kiválogattam a valóban üledékmentes vázakat a vizsgálatokhoz. A nyomelem és stabilizotópos mérések a csigák esetében teljes vázából történtek kis méretűk, és a mért értékek vizsgált taxonok vázain belüli kis változatossága miatt (LATAL *et al.*, 2004). Ez fontos, hiszen a csigák vázukat folyamatosan növesztik életük folyamán, így kanyarulataik nyomelem, illetve stabilizotópos összetétele szezonális ingadozásokat tükrözhet. A csiga vázakat egy achát mozsárban finom porrá törtem, és ezután tisztaságukat ellenőriztem sztereomikroszkóp alatt.



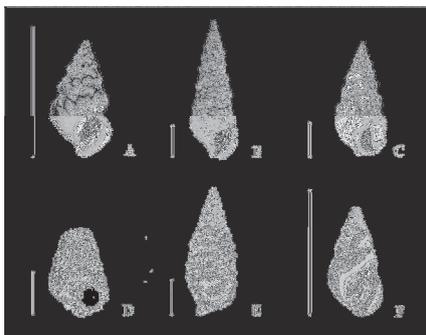
**13. ábra** A geokémiai mérésekhez használt csiga fajok vázainak röntgen-pordiffrakciós felvételei. Minden csúcs az aragonit-hoz kötődik kivéve a mintatartóból származó alumínium csúcsot (h), 1 – *Granulolabium bicinctum*, 2 – *Mohrensternia angulata*, 3 – *Cerithium rubiginosum*, 4 – *Hydrobia hoernesii*.

Fig. 13. Diagramme de diffraction des rayons X des coquilles de gastéropodes utilisés pour les analyses géochimiques. Tous les pics correspondent à l'aragonite sauf le pic d'aluminium (h) dérivant du porte-échantillon, 1 – *Granulolabium bicinctum*, 2 – *Mohrensternia angulata*, 3 – *Cerithium rubiginosum*, 4 – *Hydrobia hoernesii*.

X-ray diffractogram of shells of gastropod species used for geochemical analyses. All peaks correspond to aragonite except aluminium peak (h) deriving from the sample holder, 1 – *Granulolabium bicinctum*, 2 – *Mohrensternia angulata*, 3 – *Cerithium rubiginosum*, 4 – *Hydrobia hoernesii*.

#### 4.2.1. Nyomelem vizsgálatok karbonátos vázából

A nyomelem mérésekhez (Mg, Sr, Ba) 27 mintát használtam fel foraminifera (n=5) (*Elphidium* spp.) és csiga vázából (n=22)<sup>1</sup> (*Mohrensternia inflata*, *Granulolabium bicinctum*, *Potamides disjunctus*, *Hydrobia hoernesii* és *Cerithium rubiginosum*; 14. ábra). A kagylósrák vázából nem állt rendelkezésre elegendő mennyiség a megbízható méréshez. Az ökoszervezeti értelmezésnél csak a csiga vázából mért adatokat használtam fel a foraminifera adatok szórványossága miatt. Az egysejtű vázából mért értékek viszont lehetővé tették a két csoport összehasonlítását, hogy van-e határozott különbség a nyomelemek beépülése között abszolútértékben e két nagyon különböző ősmaradványcsoport esetében. A mérésekhez 5 mg anyagra volt szükség mintánként, melyeket 4,5 mólos salétromsavban (HNO<sub>3</sub>) tártunk fel. Mg, Sr, Ba és Ca koncentrációkat mértünk ICP-MS és ICP-AES készülékkel a <sup>24</sup>Mg, <sup>44</sup>Ca, <sup>88</sup>Sr és <sup>135</sup>Ba izotópok tömegei alapján az École Normale Supérieure de Lyon laboratóriumában. Belső sztenderdként indiumot használtunk. A reprodukálhatóság minden minta esetében ±1% (1σ) volt a Sr/Ca és ±2% (1σ) a Mg/Ca és Ba/Ca mérésekre.



14. ábra A geokémiai mérésekhez használt csiga fajok. Méretarány=5 mm.

Fig. 14. Espèces de gastéropodes utilisées pour les analyses géochimiques. Échelle=5 mm.

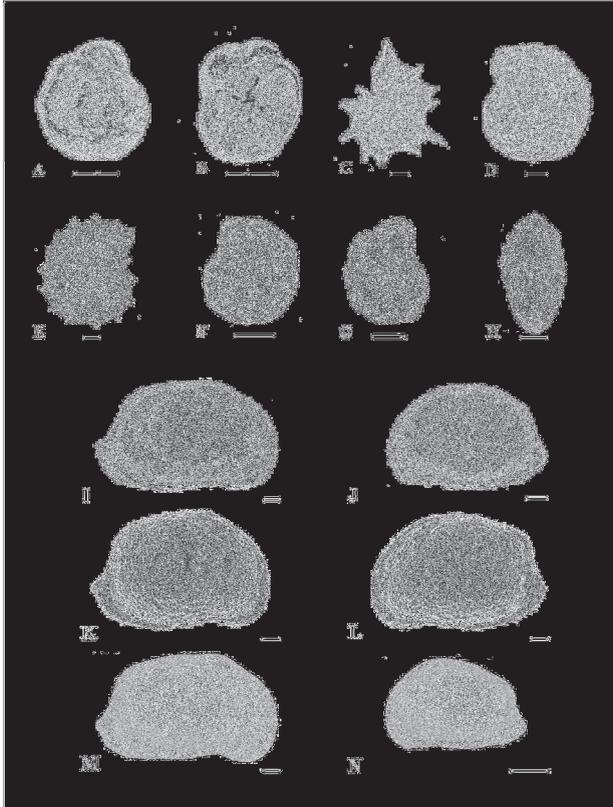
Gastropod species used for geochemical analyses. Scale bar=5 mm.

- (A) *Mohrensternia angulata* (EICHWALD). Mány-17: 144,6-147 m, (B) *Granulolabium bicinctum* (BROCCHI). Mány-17: 92-92,3 m, (C) *Granulolabium bicinctum* (BROCCHI). Mány-17: 128,6-130 m, (D) *Potamides* sp. Mány-17: 144,1-147 m, (E) *Cerithium rubiginosum* EICHWALD. Mány-17: 111-111,2 m, (F) *Hydrobia hoernesii* FRIEDBERG. Mány-17: 81,5-85,3 m.

<sup>1</sup> n – a minták száma

#### 4.2.2. Szén- és oxigénizotópos vizsgálatok karbonátos vázából

Összesen 107 szén- és oxigénizotópos mérést végeztünk négy foraminifera (*Elphidium aculeatum*, *E. hauerinum*, *E. macellum* és *Ammonia beccarii*; 15. ábra), két kagylósrák (*Aurila mehesi* and *A. notata*; 14. ábra), és öt csiga faj (*Mohrensternia inflata*, *Granulolabium bicinctum*, *Potamides disjunctus*, *Hydrobia hoernesii*, and *Cerithium rubiginosum*; 13. ábra) vázából. Azoknál a csiga és foraminifera mintáknál, ahol nyomelem- és stabilizotópos vizsgálatok egyaránt történtek, a méréseket azonos mintából végeztük. A stabilizotópos értékek meghatározása a Lyoni egyetem (Université Lyon I) dual-inlet rendszerű Isoprime™ tömegspektrométerével (IRMS) történt, ami egy automatikus feltáró készülékkel (MultiPrep™ rendszer) van összecsatolva. Minden egyes minta esetében, kb. 300 µg kalciumkarbonátot reagáltattunk túltelített foszforsavval 90°C-on. Ez a mintamennyiség mérésenként 7-14 teknőt jelentett az *Aurila*, 15-20 vázat az *Elphidium* és 28-44 vázat *Ammonia* nemzetség esetében. Az izotópos összetételeket a V-PDB skálához viszonyítva adtuk meg a δ-jelöléssel (Függelék). Minden mérést háromszor megismételve és a NIST NBS19 nemzetközi sztenderdhez igazítva végeztünk el. A külső reprodukálhatóság ±0,1‰ (1σ) volt a δ<sup>18</sup>O értékek, és ±0,05 a δ<sup>13</sup>C értékek esetében.



15. ábra A geokémiai mérésekhez használt foraminifer és ostracoda fajok. Méretarány=100 µm

Fig. 15. Espèces de foraminifères et d'ostracodes utilisées pour les analyses géochimiques. Échelle=100 µm

Foraminifer and ostracod species used for geochemical analyses. Scale bar=100 µm

- (A) *Ammonia beccarii* (LINNÉ). Vue spirale/Spiral view. Perbál-5: 98-104 m, (B) *Ammonia beccarii* (LINNÉ). Vue ombilicale/Umbilical view. Perbál-5: 98-104 m, (C) *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY). Vue latérale d'un spécimen juvénile/Side view of a juvenile specimen. Mány-17: 152.8-153 m, (D) *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY). Vue latérale d'un spécimen adulte/Side view of an adult specimen. Mány-17: 152.8-153 m, (E-F) *Elphidium hauerinum* (D'ORBIGNY). Vue latérale/Side view. Perbál-5: 128.8-134.4 m, (G) *Elphidium macellum* (FICHTEL & MOLL). Vue latérale/Side view. Mány-22: 170-173 m, (H) *Elphidium macellum* (FICHTEL & MOLL). Vue aperturale/Apertural view. Mány-22: 170-173 m, (I) *Aurila mehesi* (ZALÁNYI). RV. Mány-17: 168.7-171.2 m, (J) *Aurila mehesi* (ZALÁNYI). LV. Mány-17: 168.7-171.2 m, (K) *Aurila notata* (REUSS). RV♀. Mány-22: 45-52.5 m, (L) *Aurila notata* (REUSS). LV♀. Mány-22: 45-52.5 m, (M) *Aurila notata* (REUSS). RV♂. Mány-2: 70-72 m, (N) *Aurila notata* (REUSS). LV, Spécimen juvénile/juvenile specimen. Mány-22: 70-72 m.

#### 4.2.3. Oxigénizotópos mérések foszfátos mintákból

Összesen 4 oxigénizotópos vizsgálat készült rágcsálók metszőfogaiból (2. táblázat). A mérések azért incisívusokból készültek annak ellenére, hogy irodalmi adatok alapján több vizsgálat készült zápfogakból, mert ezek őslénytani szempontból nem értékesek. Minden egyes méréshez 3 vagy 4 fogra volt szükség. A biogén apatitból a foszfát kinyeréséhez, mint  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  kristályok, az eredetileg CROWSON és munkatársai (1991) által kidolgozott, és LÉCUYER és munkatársai (1993) által részben módosított módszert követtem. A  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  arány mérése az ezüstfoszfát és grafit reagáltatásával képződött  $\text{CO}_2$ -ből volt lehetséges (O'NEIL *et al.*, 1994; LÉCUYER *et al.*, 1998). A  $\text{CO}_2$  minták mérése a Lyoni egyetem dual inlet rendszerű GV PRISM II típusú tömegspektrométerével került sor. Az izotóp-összetételeket a sztenderd  $\delta$  jelöléssel a V-SMOW skálához viszonyítva adtuk meg. A fogzománc minták mérésének reprodukálhatósága jobb volt, mint 0,2‰ (1 $\sigma$ ). Az NBS120c (floridai természetes miocén foszforit) nemzetközi referencia mintából kicsapódott ezüstfoszfátot ismételve mértük ( $\delta^{18}\text{O} = 21,75 \pm 0,20$ ; n=4) együtt a szarmata rágcsálófogak ezüstfoszfát mintáival.

Sample	Age	$\delta^{18}\text{O}_p$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_w^*$ (‰)	$T^{**}$ (°C)
Felsőtárkány 3/2	Upper Sarmatian	19.8	-2.2	21
Felsőtárkány 2/3	Upper Sarmatian	17.7	-5.8	15
Felsőtárkány 2/7	Upper Sarmatian	17.8	-5.5	15
Tástad	Lower Sarmatian	17.7	-5.7	15

\* Annual mean oxygen isotope compositions of meteoric waters were calculated using the fractionation equation established by NAVARRO *et al.* (2004):

$$\delta^{18}\text{O}_p = 20.98(\pm 0.59) + 0.572(\pm 0.065) * \delta^{18}\text{O}_w \quad (1)$$

\*\* Annual mean air temperatures were estimated according to von GRAFENSTEIN *et al.*'s (1996) equation:

$$\delta^{18}\text{O}_w = 0.58 * T - 14.48 \quad (2)$$

**2. táblázat:** A vizsgált rágcsálófogak oxigénizotóp összetételei ( $\delta^{18}\text{O}_p$ ), a meteorikus vizek becsült oxigénizotóp összetételei és a becsült évi középhőmérsékletek.

*Tabl. 2. Composition isotopique de l'oxygène des dents de rongeurs ( $\delta^{18}\text{O}_p$ ) et estimation de la composition de l'eau météorique locale et de la température de l'air.*

*Oxygen isotope composition of rodent teeth ( $\delta^{18}\text{O}_p$ ) and estimates of local meteoric water composition and air temperature.*

#### 4.2.4. A foraminifera-, kagylósrák- és csigavázakból mért geokémiai adatok alkalmazhatósága az őskörnyezeti rekonstrukcióban

##### **4.2.4.1 Nyomelem-vizsgálatok**

A divalens kationok (Mg, Sr, Ba) beépülését a biogén kalcium-karbonátokba számos tényező befolyásolja, mint például a kristályszerkezet (kalcit vagy aragonit), a vízhőmérséklet, a sótartalom, a vízösszetétel és a biológiai folyamatok (metabolizmus, vázkiválasztás sebessége). Bár a kinetikus eredetű biológiai hatások rárakódnak az egyensúlyi termodinamikai modellekből jósolt hőmérsékletfüggésre, az aragonitvázú puhatestűek nyomelem arányai alkalmasak hőmérséklet, sótartalom és tengervíz összetétel változások kimutatására (i. e. HALLAM & PRICE, 1968; DODD & CRISP, 1982; KLEIN *et al.*, 1996; TAKESUE *et al.*, 2008; CARRÉ *et al.*, 2006). A biogén aragonitok Sr/Ca és Mg/Ca arányai nem érzékenyek a sótartalom változására kivéve 8%-os sótartalom alatt (DODD & CRISP, 1982). A molluszkahéjak Mg/Ca arányai és a vázkiválasztáskor körülvevő víz hőmérséklete között összefüggés mutatható ki, így jól alkalmazható hőmérsékletbecslésre (VANDER PUTTEN, 2000; TAKESUE & VAN GEEN, 2004). A Sr/Ca arányt nagyobb mértékben befolyásolja a váz egyedfejlődés során változó növekedési sebessége, mint a hőmérséklet, ezért ez kevésbé alkalmas paleotermometriára (SOSDIAN *et al.*, 2006; TAKESUE & VAN GEEN, 2004). A fentiekben összefoglaltak alapján brakkvízi és normáltengeri környezetek hőmérséklet és sótartalom változásainak nyomon követésére a Mg/Ca arányok és oxigénizotóp értékek együttesen alkalmasak.

A biogén karbonátok bárium tartalmát a környező víz Ba koncentrációja határozza meg. Ezt a nyomelemet a mélyvízi regenerációval jellemezhető szilárdvázhhoz kötődő nutriensek (szilikátok) jelzésére használják, mert eloszlása követi szilikáteloszlást a tengervízben. Így a Ba/Ca arány kitűnő indikátora a kovavázú plankton (pl. diatóma, szilikoflagelláta) virágzásoknak, és közvetve információt szolgáltat a tengervíz alkalinitásáról is (CHAN *et al.*, 1977; LEA & BOYLE, 1989, 1990ab, 1991; LEA & SPERO, 1994; VANDER PUTTEN *et al.*, 2000).

##### **4.2.4.2. Oxigén- és szénizotópos vizsgálatok**

A biogén karbonátok oxigén- és szénizotóp összetételét ( $\delta^{13}\text{C}$  és  $\delta^{18}\text{O}$ ) a biológiai folyamatokon kívül (ld. 4.2.4.3. fejezet) számos tényező befolyásolja. Az oxigénizotóp

arányt két fő környezeti paraméter befolyásolja: a hőmérséklet (EPSTEIN *et al.*, 1953; MCCREA, 1950; O'NEIL *et al.*, 1969, TARUTANI *et al.*, 1969) és a környező víz összetétele a karbonát kicsapódásakor (pl. SCHWALB *et al.*, 1999; LUBINSKI *et al.*, 2001; HOLMDEN & HUDSON, 2003). Nyílt és félig zárt medencék esetében a víz  $\delta^{18}\text{O}$  értékeinek kialakításában a hőmérsékleten kívül meghatározó szerepet játszik a tengervíz illetve édesvíz (felszínalatti vagy folyóvíz) hozzáadódás. Ez különösen igaz a szegélytengeri rendszerekre, ahol a tengervíz keveredése a parti tavak vagy lagúnák vizével általában nagyobb hatással van oxigén izotóp értékekre, mint a párolgás/csapadék arány (PEROS *et al.*, 2007). A tengervíz  $\delta^{18}\text{O}$  értéke sokkal magasabb, mint a meteorikus vízé, ezért a tengervíz benyomulás pozitív irányba mozdítja el a medence vizének  $\delta^{18}\text{O}$  értékét. Zárt medencékben viszont a körülvevő víz összetételét a párolgás/csapadék arány (E/P) és az édesvíz hozzáfolyás határozza meg. A klíma szárazabbá válása (E/P nő) a  $\delta^{18}\text{O}$  értékekben pozitív eltolódást eredményez (SCHWALB *et al.*, 1999), a klíma nedvesebbé válása pedig negatív irányba tolja el az értékeket, ami a kinetikus frakcionációra vezethető vissza.

A biogén karbonátok  $\delta^{13}\text{C}$  értékeit a környező víz oldott szervesetlen széntartalmának izotóp-összetétele határozza meg, amit a víz és a levegő közötti  $\text{CO}_2$  csere, az elsődleges produktivitás és a beömlő édesvíz és tengervíz oldott szervesetlen széntartalmának  $\delta^{13}\text{C}$  értékei befolyásolnak (e. g. RICKETTS *et al.*, 2001; PEROS *et al.*, 2007). A biológiai produktivitás megnövekedése pozitív irányba tolja el a felszíni víz szénizotóp-összetételét, hiszen a fotoszintézis révén elvonódik a könnyű izotóp a környező vízből (MCCONNAUGHEY *et al.*, 1997). A lesüllyedő szervesanyag bomlása során viszont felszabadul a  $^{12}\text{C}$ , ami az aljzatvizek szénizotóp értékeit negatív irányba tolja el. Ez a folyamat magyarázza az alacsony oxigéntartalmú, szervesanyagban gazdag üledékekből gyűjtött recens foraminiferák (LANGER, 1995), molluszkák (LÉCUYER *et al.*, 2004) illetve ostracodák (GRAFENSTEIN *et al.*, 1999; SCHWALB *et al.*, 1999) alacsony szénizotóp értékeit.

#### ***4.2.4.3. A biológiai folyamatok hatása a geokémiai adatokra: az élettani hatás (=vital effect) jelensége***

UREY és munkatársai (1951) élettani hatásnak nevezték azoknak a biológiai folyamatoknak az összességét, melyek a biogén karbonátok izotóptértékeinek eltolódását okozzák az egyensúlyi összetételhez képest. DUPLESSY és munkatársai (1970), majd SCHACKLETON & KENNETT (1975) voltak az elsők, akik bentosz foraminiferák oxigénizotóp összetételét vizsgálva kimutatták ezt a jelenséget.

Számos kutató szerint az élettani hatás kialakulásáért elsősorban a mészkiválasztáskor karbonátos vázba belépő könnyűizotópokban gazdag metabolikus eredetű CO<sub>2</sub> a felelős, ami a respiráció, illetve a fotoszintézis nemegyensúlyi reakciói révén jön létre. A biogén kalcifikáció során a szervesanyagból származó CO<sub>2</sub> és az oldott oxigén keveredik a szervesetlen CO<sub>2</sub>-dal, ami csökkenti a  $\delta^{13}\text{C}$  és  $\delta^{18}\text{O}$  tartalmat az élőlényen belüli DIC (oldott szervesetlen szén) „medencében”, aminek meghatározó szerepe van a kicsapódó karbonát összetételében a mészkiválasztáskor (MCCONNAUGHEY, 1989).

A CO<sub>2</sub> molekula sejtmembránon illetve kristályrácsos belüli diffúziója során bekövetkező kinetikus frakcionáció is tovább csökkentheti a  $\delta^{13}\text{C}$  és a  $\delta^{18}\text{O}$  értékeket a kicsapódó kalcitban, ami a nehézionotóp-tartalmú CO<sub>2</sub> molekulák lassabb hidratációjából és hidroxilációjából ered (MCCONNAUGHEY *et al.*, 1997). A kinetikus frakcionáció mértéke az oxigén esetében kétszer nagyobb, mint a szén esetében. A diffúzió során az oxigénizotóp kicserélődés a körülvevő víz és a formálódó kalcit között az egyensúlyi érték közelébe tolja a  $\delta^{18}\text{O}$  értékeket, de a  $\delta^{13}\text{C}$  értékre nincsen hatással ez a reakció. Emiatt a foraminiferák, puhatestűek és ostracodák szénizotóp összetételét az élettani hatás sokkal erősebben befolyásolja, mint az oxigénizotóptét (e. g. GROSSMANN, 1987; VANDER PUTTEN *et al.*, 2000; KEATINGS *et al.*, 2002; LÉCUYER *et al.*, 2004; TAKESUE & VAN GEEN, 2004). A fentiekben összefoglaltak alapján, ha az élettani hatás csak az izotópok szempontjából különböző metabolikus és szervesetlen CO<sub>2</sub> rezervoárok keveredése miatt jelentkezik, a vázak  $\delta^{18}\text{O}$  és  $\delta^{13}\text{C}$  összetétele korrelálni fog, más esetekben viszont a  $\delta^{13}\text{C}$  értékek általában szórnak, míg a  $\delta^{18}\text{O}$  adatok konstansak maradnak (GROSSMANN, 1987).

A molluszkák esetében a vázkiválasztás a köpenyszegélynél az ún. extrapallialis folyadékfilmből (EPF) történik. Így a környező víz izotóp összetételén kívül ez is meghatározza a váz oxigénizotóp összetételét. MCCONNAUGHEY (1989) szerint annak ellenére, hogy az EPF izotóp összetételét befolyásolja a respiráció is, oxigénizotóp összetétele általában nem, vagy csak kissé tér el a környező víztől. LÉCUYER és munkatársai (2004) recens trópusi molluszkák vizsgálatával bizonyították, hogy az EPF és a környező víz izotóp összetételének eltérése elhanyagolható, így vázaik izotóptételei alkalmasak hőmérsékletbecslésre.

XIA és munkatársai (1997), GRAFENSTEIN és munkatársai (1999) és KEATINGS és munkatársai (2002) az élettani hatás jelenségét tanulmányozva, édesvízi ostracoda vázak stabilizotóp-összetételének vizsgálatával kimutatták, hogy a kagylósrákok vázába több  $^{18}\text{O}$  épül be (pozitív az eltolódás az egyensúlyi összetételhez képest), mint a szervesetlen kalcitokéba (O'NEIL *et al.*, 1969) és mint a biogén aragonitba (GROSSMANN & KU, 1986). Az

eltolódás mértéke pedig pozitív korrelációt mutat a mészkiválasztás sebességével. A kagylósrákok eltérő geokémiai tulajdonságának magyarázata egy olyan belső „medence” használata a vázkristályosodás során (karbonát és foszfátanyagú szemcsés réteg a külső lamellán belül), ami fő forrása a szilárd kalcitváznak és nincs egyensúlyban a környező oldatokkal (VON GRAFENSTEIN *et al.*, 1999). Hasonló belső medencét a foraminiferáknál is feltételeznek (WOLF-GLADROW *et al.*, 1998; ZEEBE *et al.*, 1999).

WOLF-GLADROW és munkatársai (1998) foraminiferák vizsgálatával, GRAFENSTEIN és munkatársai (1999) pedig kagylósrákok tanulmányozásával arra az eredményre jutottak, hogy a gyorsabb vázkiválasztás nagyobb eltérést eredményez az izotóp-összetételben az egyensúlyhoz képest, mivel ebben az esetben ezt a belső „szénmedencét” az egyed nagyobb mértékben hasznosítja, mint a körülvevő vizet. XIA és munkatársai (1997) a fenti jelenséggel magyarázták stresszkörnyezetben élő kagylósrákok vázában egyensúlyhoz közeli izotóp értékeit, hiszen az ilyen milió lassabb mészkiválasztást okoz.

Az élettani hatás mellett fontos tényező még, ami az ősmaradványok vázában szénizotóp összetételét meghatározhatja, az életmód (=microhabitat effect) (GROSSMANN, 1987; VON GRAFENSTEIN *et al.*, 1999; SCHMIEDL *et al.*, 2004). Számos tanulmány foglalkozik a szimbionta algák hatásával a bentosz foraminiferák vázában izotóp-összetételére. A különböző fajok szén- és oxigénizotóp összetétele fordítottan arányos a szimbionták fotoszintetizáló aktivitásával. Az algákkal együttélő foraminiferák váza általában még kimerültebb az egyensúlyi oxigén- és szénizotóp összetételhez képest, mint a szimbionta nélküli fajoké (LANGER, 1995).

A finomszemcsés, szervesanyaggazdag üledékekhez kapcsolódó infauna életmódot folytató foraminiferák (pl. *Uvigerina*- és *Bolivina*-félék) vázában szénizotóp összetételét pedig befolyásolhatja a szerves szén oxidációja az üledékben, mert ez a folyamat csökkenti a pórúsvíz oldott szervesetlen széntartalmának  $^{13}\text{C}$  mennyiségét (GROSSMANN, 1987; BAUCH *et al.*, 2004; HOLSTEN *et al.*, 2004). Az oldott bikarbonátok és a vázak  $\delta^{18}\text{O}$  értéke viszont konstans marad, mivel az oxigén mennyiség, mint oldott  $\text{CO}_2$  relatíve kicsi a körülvevő vízéhez képest.

## 5. Eredmények

Öslénytani eredményeimet területenként tárgyalom. Elsőként a Zsámbéki-medence és környéke szarmata mikrofaunájának (foraminifera és ostracoda) feldolgozását ismertetem, hiszen innen történt a legtöbb és legteljesebb vizsgálat. A paleoökológiai értékeléshez az öslénytani vizsgálatok mellett geokémiai módszereket is alkalmaztam. Azért választottam ezt a területet az őskörnyezeti rekonstrukció alapjául, mert medence belsejében mélyített fúrások, majdnem teljes szarmata rétegsort harántoltak, így lehetőségem volt a környezeti változások folyamatos nyomon követésére. Ezután ismertetem a többi lelőhely rövidebb időintervallumot reprezentáló szarmata sorozatai mikrofaunájának sztratigráfiai és őskörnyezeti feldolgozását. A mintaadó rétegek közetjellegei ezekben a fejezetekben kerülnek általában ismertetésre, mivel ezek is információt szolgáltathatnak a vizsgált fauna értelmezéséhez.

### 5.1. Zsámbéki-medence és környéke

#### 5.1.1. A Zsámbéki-medence és környéke szarmata kagylósrák faunájának jellemzői

A vizsgált medencebelseji fúrási rétegsorokból (Mány-22, Mány-17 és Perbál-5) általában nagyon jó megtartású, egyedgazdag szarmata kagylósrák fauna került elő. A fúrások helyét és a mintaadó rétegek litológiai jeleget a 4. és 5. ábrák mutatják. A felszíni feltárások mészmárga, mészkő rétegeiből vett mintákból iszapolt vázak megtartása általában rosszabb, melynek oka, hogy ilyen típusú kőzetekből nehezebb a vázak kinyerése. A Zsámbéki-medence és környéke ostracoda faunájáról általában elmondható, hogy megőrződött az eredeti biocönózis, mert a juvenilis kisméretű példányok együtt fordulnak elő a felnőtt alakokkal. A medencebelseji minták esetében az alacsony kettősteknő/teknő arány alacsony üledékképződési sebességre utal, szemben a felszíni feltárások mintáival, melyekből uralkodóan kettősteknők kerültek elő utalva esetlegesen a gyorsabb szedimentációs rátára (OERTLI, 1971). Összesen 27 ostracoda taxont sikerült elkülöníteni, melyek egy rendbe (Podocopida), 5 családba (Cytheridae, Leptocytheridae, Cytherideidae, Hemicytheridae, Loxoconchidae, Xestoleberididae) és 13 nemzetségbe sorolhatóak. A taxonok részletes leírását 2008-ban megjelent cikkem tartalmazza (TÓTH, 2008).

Az ostracoda taxonok rétegtani elterjedését az 3. táblázat szemlélteti. Az *Elphidium reginum* Zónában 16, az *Elphidium hauerinum* Zónában 10 és a *Spirolina austriaca* Zónában

18 fajt lehetett elkülöníteni. 8 faj csak a legalsó zónában, míg 7 faj csak a legfelső zónában fordult elő. Csak 7 olyan faj van a kagylósrák faunában, amelynek fajöltője a teljes szarmata időszakot átveli. Olyan fajok viszont nincsenek, amelyek csak a középső zónára korlátozódnak, de 3 új faj is megjelenik ebben a zónában, ami az alsó zónából nem ismert.

Species of ostracod	<i>E. reginum</i> Zone	<i>E. hauerinum</i> Zone	<i>S. austriaca</i> Zone
<i>Cnestocythere</i> aff. <i>truncata</i> (REUSS, 1850)			x
<i>Amnicocythere</i> sp.		x	x
<i>Amnicocythere tenuis</i> (REUSS)	x	x	x
<i>Euxinocythere</i> ( <i>E.</i> ) <i>diafana</i> (STANCHEVA)	x	x	x
<i>Euxinocythere</i> ( <i>E.</i> ) <i>naca</i> (MÉHES)			x
<i>Euxinocythere</i> ( <i>E.</i> ) <i>praebosqueti</i> (SUZIN)			x
<i>Callistocythere egregia</i> (MÉHES)	x	x	x
<i>Callistocythere incostata</i> PIETRZENIUK	x		
<i>Callistocythere postvallata</i> PIETRZENIUK	x		
<i>Cyamocytheridea dérii</i> (ZALÁNYI, 1913)			x
<i>Cyamocytheridea leptostigma leptostigma</i> (REUSS)			x
<i>Hemicyprideis dacica dacica</i> (HÉJJAS)	x	x?	x
<i>Cytheridea hungarica</i> ZALÁNYI	x		
<i>Miocyprideis janoscheki</i> KOLLMANN			x
<i>Miocyprideis sarmatica</i> (ZALÁNYI)	x		
<i>Hemicytheria omphalodes</i> (REUSS)	x	x	x
<i>Aurila méhesi</i> (ZALÁNYI)	x		
<i>Aurila merita</i> (ZALÁNYI)	x		
<i>Aurila notata</i> (REUSS)		x	x
<i>Senesia vadászi</i> (ZALÁNYI)	x		
<i>Loxoconcha kochi</i> MÉHES			x
<i>Loxoconcha porosa</i> MÉHES		x	x
<i>Loxoconcha</i> ex gr. <i>punctatella</i> (REUSS)	x		
<i>Loxocorniculum hastatum</i> (REUSS)	x	x	x
<i>Xestoleberis fuscata</i> SCHNEIDER	x	x	x

**3. táblázat:** A vizsgált szarmata kagylósrákok rétegtani elterjedése a Zsámbéki-medencében.

Tabl. 3 *Distribution stratigraphique des espèces d'ostracodes du bassin de Zsámbék au Sarmatien.*

*Stratigraphical distribution of the ostracod species of the Zsámbék Basin in the Sarmatian.*

### 5.1.2. A szarmata foraminifera és ostracoda fauna paleoökológiai értékelése a Zsámbéki-medence medencebelseji fúrásainak mintái alapján

A Mány-17, Mány-22 és Perbál-5 szarmata képződményeinek foraminifera faunáját GÖRÖG (1992) dolgozta fel. A fajok részletes leírásán kívül megadta a fauna sztratigráfiai és ökoszisztémái értékelését is. A foraminiferák értelmezését részben felhasználva, részben kiegészítve (pl. diverzitási indexekkel) készítettem el az ökoszisztémái értékelést együtt a kagylósrák faunával, mivel ez utóbbiak további információkat adhatnak a Középső-Paratethys

medencéjében fennálló környezeti paraméterek megismeréséhez. Az ostracodák kítűnő környezetjelzők, mivel szinte minden vízi környezetben előfordulnak és számos csoportjuk nagyon érzékeny a sótartalom változására (pl. MORKHOVEN, 1962; HARTMANN, 1975).

#### 5.1.2.1. *Elphidium reginum* Zóna

A bádeni szarmata határon nagyfokú diverzitáscsökkenés figyelhető meg, amit a fauna fajösszetételének megváltozása is kísér. A kagylósrák faunában a több mint száz bádeni alak (BRESTENSKÁ & JIŘIČEK, 1978) közül összesen csak 7 faj marad meg a szarmata tengerben, de ezek is csak kis egyedszámban vannak jelen (*Callistocythere egregia*, *Hemicyprideis dacica dacica*, *Hemicytheria omphalodes*, *Senesia vadaszi*, *Loxococoncha* ex. gr. *punctatella*, *Loxocorniculum hastatum* és *Xestoleberis fuscata*).

Az *Elphidium reginum* Zónában a fentiekben említett túlélő fajokon kívül a kagylósrák együttesben 8 új taxon jelenik meg. A faunában 3 faj (*Aurila mehesi*, *Cytheridea hungarica* és *Senesia vadaszi*) dominanciája a jellemző. Az *Aurila mehesi* és *Cytheridea hungarica* fajok mennyiségének változását a különböző rétegekben a szubsztrátum milyensége határozza meg, mivel az utóbbi nemzetség a homokos aljzatot kedveli (HARTMANN, 1975; LACHENAL, 1989). Recens analógiák alapján az ostracoda együttes epineritikus, infralittoralistól cirralittoralisig terjedő, jól szellőzött sekélytengeri környezetet jelez, ahol a vízmélység kevesebb volt, mint 80 m (HARTMANN, 1975; LACHENAL, 1989). A mai *Xestoleberis*, *Hemicytheria*, *Aurila* és *Loxococoncha* fajok főként algákon, illetve tengerifüvek levelein és szárain élnek a littoralis zónában (PURI *et al.*, 1969; BONADUCE *et al.*, 1976; LACHENAL, 1989). Számos kagylósrák egyed vázán a díszítés szignifikáns redukciója figyelhető meg, ami stresszkörnyezetre utal (HARTMANN, 1975).

A foraminifera faunában a legalsó szarmata rétegekben a Hauerinidae család az uralkodó, ami meleg-mérsékelt sekélytengeri környezetre utal. A *Hauerina*-gazdag rétegek felett a nagyméretű *Elphidium*-félék dominanciája a jellemző, ami kissé mélyebb vizet és növényzetben gazdag aljzatot feltételez (GÖRÖG, 1992; LANGER, 1993). A *Cibicides*-félék is nagy egyedszámban jelen vannak ezekben a rétegekben, melyek ma élő fajai főként növényekre vagy egyéb kemény aljzatra ránövő életmódot folytatnak. Az *Elphidium reginum* Zóna legfiatalabb rétegeire jellemző *Cibicides*eszes, *Articulinas* és *Nodophthalmidimus* biofációs partközeli környezetet jelez. Benne nagy számban megjelennek *Bolivina*-félék is, melyek viszont mélyebb környezetre utalnak.

A mikrofauna fauna mennyiségi analízise a Mány-17 és Mány-22 fúrásokban (teljes fajdiverzitás, R) enyhe diverzitásnövekedést mutat az *Elphidium reginum* Zóna felső részén (főleg a foraminiferáknál), ami a környezeti feltételek stabilabbá válását feltételezi a zóna vége felé (6. ábra).

### 5.1.2.2. *Elphidium hauerinum* Zóna

Az *Elphidium reginum* és az *Elphidium hauerinum* Zónák határán nincs határozott litológiai váltás vagy üledékhiány, mégis nagy változás következik be az ostracoda és foraminifera fauna összetételében. A mikrofauna diverzitása erősen lecsökken. KOLLMANN (1958), ZELENKA (1990) és JIŘÍČEK (1974) Bécsi-medencében végzett kutatásai hasonló változást mutatnak. 8 faj eltűnésével szemben csak 3 taxon (*Amnicythere* sp., *Aurila notata*, és *Loxococoncha porosa*) jelenik meg ebben a zónában. Az *Elphidium hauerinum* Zóna legalsó rétegeiben az ún. kisméretű kagylósrákok (*Amnicythere*, *Euxinocythere*, *Callistocythere*, *Loxococoncha*, *Xestoleberis*) válnak dominánssá. A *Xestoleberis* nemzetség egyedei nagyon vékonyhéjúak és kisméretűek. A vékonyhéjú, sima teknők és a kis méret oxigénszegény, vagy hideg vizet jelez (HARTMANN, 1975). Az utóbbi vízhőmérséklet nem valószínű, mivel ezekben a rétegekben jelen van a *Callistocythere* nemzetség, melynek ma élő képviselői meleg vizeket kedvelnek (MORKHOVEN, 1962). A zóna felsőbb részében nagyméretű, díszített *Aurila notata* és *Hemicytheria omphalodes* fajok válnak uralkodóvá. Eloszlásuk erősen fáciesfüggő: az *Aurila* nemzetség inkább a kevert üledékekből álló aljzatot, míg a *Hemicytheria* genus a homokos aljzatot kedveli, a *Cytheridea* nemzetséghez hasonlóan (CERNAJSEK, 1972). A szarmata rétegek litológiájában és a fauna összetételében bekövetkező változások ezt a megfigyelést jól alátámasztják.

Az *Elphidium hauerinum* Zóna legalsó rétegeiben a foraminifera faunában az infauna elemek aránya jelentősen megnövekszik (*Bolivina*, *Bulimina*, *Buliminella*, *Caucasina*, *Cassidulina*, élnélküli *Elphidium*-félék) a feltekert miliolinák és a megnyúlt kitekeredett *Articulina*-típusú együttes mellett. Az infauna arányának megnövekedése hűvösebb (mérsékelt) és mélyebb vizet jelez, és az ilyen együttesek gyakran kapcsolódnak finomszemű, szervesanyag-gazdag üledékekhez (MURRAY, 1991; GÖRÖG, 1992). A zóna fiatalabb rétegeiben olyan euryhalin alakok válnak uralkodóvá, mint az *Ammonia* és *Nonion*. Az *Ammonia* nemzetség nagy egyedszámban való megjelenése meleg-mérsékelt, 50 m-nél sekélyebb vizet jelez.

A csökkenő trend a teljes faji diverzitást mutató diagramokon (főként a Mátyás-22 fúrásban) és a Jaccard Koefficiens alacsonyabb értékei a környezet instabilabbá válására utalnak a zóna vége felé (6. ábra).

### 5.1.2.3. *Spirolina austriaca* Zóna

Az *Elphidium hauerinum* és *Spirolina austriaca* Zónák határán jelentős diverzitásnövekedés figyelhető meg a kagylósrák és a foraminifera fauna összetételében. Az ostracoda fauna 7 fajjal gazdagodik (*Cnestocythere* aff. *truncata*, *Euxinocythere naca*, *E. praebosqueti*, *Cyamocytheridea derii*, *C. leptostigma leptostigma*, *Miocyprideis janoscheki* és *Loxoconcha kochi*), és az *Aurila notata* faj is gyakoribbá válik a középső zónához képest. Általában ez a faj uralkodik a faunában, kivéve néhány réteget, amelyekben a *Cyamocytheridea leptostigma leptostigma* egyedei a dominánsak. Változó, de általában kis egyedszámmal olyan alakok is jelen vannak az együttesben, amelyek a bádeni korszakban gyakoriak voltak, de a szarmata alsóbb rétegeiből teljesen hiányoznak (i.e. *Cyamocytheridea derii*, *C. leptostigma leptostigma*, *Miocyprideis janoscheki*) hasonlóan a foraminifera faunához (e. g. *Spirolina austriaca*, *Schlumbergerina fabularoides*). Az áthalmazódás lehetősége kizárható, mivel az ősmaradványok rendkívül jó megőrzésűek, és mert a jellegzetes bádeni alakoknak egy részét találjuk csak meg. Fontos megemlíteni a *Cnestocythere* nemzetség megjelenését is ezekben a rétegekben, hiszen ezt a nemzetséget eddig csak normáltengeri környezetből írták le (MORKHOVEN, 1963; CARBONEL, 1985). Az ostracoda fauna meleg sekélytengeri (epineritikus, infra- vagy circalittorális) jól szellőzött környezetre utal normálhoz közeli sótartalmi viszonyokkal (FARANDA *et al.*, 2008).

A *Spirolina austriaca* Zónában a foraminifera fauna is diverzebbé válik hasonlóan a kagylósrákokhoz. Megjelennek olyan főként a Hauerinidae családba tartozó fajok, melyek nagy egyedszámban az infralittorális zónában meleg, meleg-mérsékelt környezetben élnek 30-50 m-es vízmélységnél. A finoman agglutinált *Schlumbergerina fabularoides* faj egyes rétegekben nagy tömegben való előfordulása 10-30 m közötti vízmélységre és homokos aljzatra utal (GÖRÖG, 1992). Bár lehetséges, hogy a faj egyedei csak rövid távolságból áthalmazódtak a mélyebb medencerészekbe. A *Triloculina* és *Milionella* nemzetség gyakorivá válása és a szabálytalanul feltekert *Hauerina*-félék jelenléte időnként túlsóssá váló környezetre utal (GÖRÖG, 1992; MURRAY, 1991). A nagy egyedszámban megjelenő *Spirolina austriaca* faj is normál vagy hipersalin feltételeket jelez, mivel a ma élő *Spirolina pertusis* túlsós környezetben a leggyakoribb (40-70‰) (HAIG, 1988). A túlsós környezet

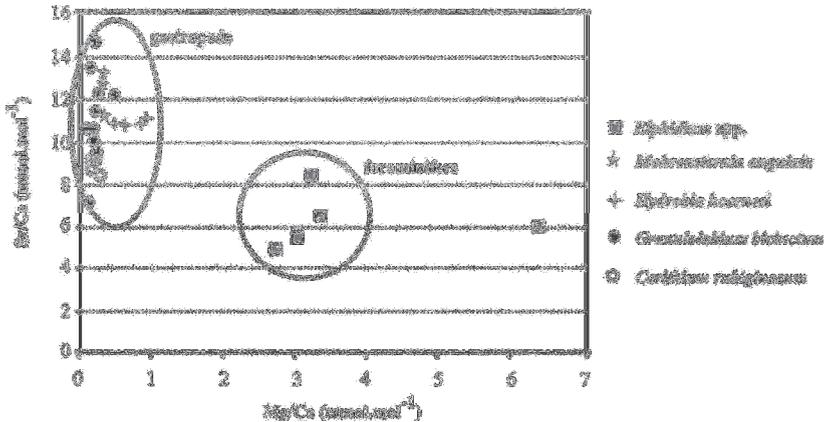
kialakulásához alkalmas klimatikus viszonyok meglétét támasztja alá az evaporitos betelepülések jelenléte a Budajenő környéki fúrások szarmata rétegeiben a vizsgált területtől délre, bár itt a gipszes, evaporitos betelepülések már az alsó-szarmata rétegekben megjelennek (JÁMBOR, 1974).

A mikrofauna mennyiségi analízise, a teljes fajdiverzitásban mutatkozó magasabb értékek is jól mutatják a kagylósrák és foraminifera fauna megújulását a középső zónához képest, de az alacsony Jaccard Koefficiens értékek (kivéve a Mány-17 fúrás ostracodáinál) a felső-szarmata mikrofauna instabilitására utalnak, ami valószínűleg a sótartalom (közel normál és túlsós viszonyok váltakozása) és az aljzatvíz hőmérsékletének ingadozásával függhet össze ebben a sekélytengeri környezetben (6. ábra).

### 5.1.3. A geokémiai vizsgálatok eredményei a Zsámbéki-medence fúrásainak (Mány-17, Mány-22) szarmata sorozataiból

#### **5.1.3.1. A csiga és foraminifera vázak nyomelem és stabilizotóp vizsgálatainak eredményei**

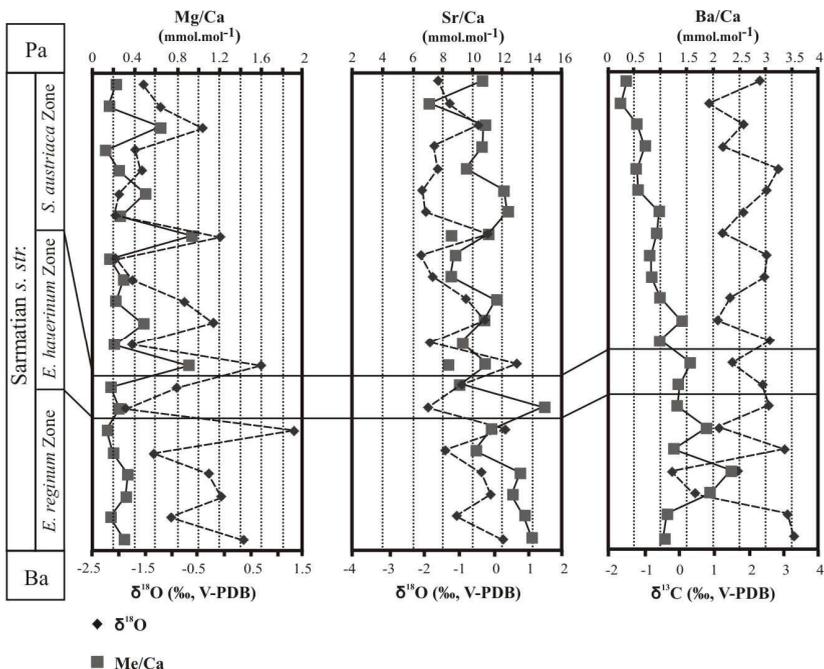
A Sr/Ca – Mg/Ca diagramon a kalcitvázú foraminifera és aragonitvázú csiga vázából mért nyomelem értékek jól elkülönülnek (16. ábra). A foraminifera vázak Mg/Ca arányai nagyságrenddel magasabbak ( $2,74\text{--}3,35 \text{ mmol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), mint a csiga vázaké ( $0,13 - 0,91 \text{ mmol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). A foraminifera vázak kitűnő megtartása, átlátszósága és előzetes tisztítása alapján nem valószínű az üledékes mátrix (agyag) kontaminációja a méréseknél, ami a nyomelem értékeket „lebegtetheti” (BARKER *et al.*, 2003). A válasz inkább a vázak különböző kristályszerkezetében kereshető, mivel a Sr/Ca értékekben is különbségek figyelhetők meg a két csoport esetében. A csiga vázak Sr/Ca arányai ( $7,14 - 14,67 \text{ mmol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) magasabbak, mint a foraminiferáké ( $4,94 - 8,44 \text{ mmol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). A különbségek oka az lehet, hogy a Mg atom könnyebben épül be a kalcitos vázba, a Sr viszont az aragonitos vázba.



**16. ábra** A csiga és foraminifera vázából mért Sr/Ca és Mg/Ca arányok.

*Fig. 16. Rapports Sr/Ca et Mg/Ca des gastéropodes et des foraminifères du bassin de Zsámbék.  
Sr/Ca and Mg/Ca ratios of gastropods and foraminifers from the Zsámbék Basin.*

A két ősmaradvány csoport a Ba/Ca,  $\delta^{13}\text{C}$  és  $\delta^{18}\text{O}$  értékei viszont átfednek. Továbbá a különböző csiga taxonok nyomelem és stabilizotóp arányaik alapján nem különböztethetők meg (16. ábra), így a rajzolt diagramokon sem tettem különbséget a jelölésben, emellett még a két fúrás (Mány-17 és Mány-22) adatait is összevontam a diagramokon (17. ábra). Az ökoszisztémái értékelésekor a nyomelem-arányok időbeli változásának nyomon követéséhez csak a csigákból mért adatokat tudtam felhasználni a foraminifera adatok szórványossága miatt.



17. ábra A Zsámbéki-medence csiga vázáiból mért Mg/Ca, Sr/Ca és  $\delta^{18}\text{O}$  adatok, Ba/Ca és  $\delta^{13}\text{C}$  adatok összehasonlítása.

Fig. 17. Comparaison des valeurs de Mg/Ca, de Sr/Ca et de  $\delta^{18}\text{O}$  et des valeurs de Ba/Ca et de  $\delta^{13}\text{C}$  des gastéropodes du bassin de Zsámbék.

Comparison of Mg/Ca, Sr/Ca and  $\delta^{18}\text{O}$  data and Ba/Ca and  $\delta^{13}\text{C}$  data of gastropods from the Zsámbék Basin.

Az *Elphidium reginum* és *Elphidium hauerinum* Zónákban a csiga vázak Mg/Ca arányai kevésbé szórnak ( $0,14 - 0,34 \text{ mmol.mol}^{-1}$ ), mint a *Spirolina austriaca* Zónában ( $0,13 - 0,91 \text{ mmol.mol}^{-1}$ ), ahol az értékek nagymértékű ingadozása figyelhető meg.  $\delta^{18}\text{O}$  értékek  $-2,1$  és  $1,3\%$  között mozognak, és nem korrelálnak a Mg/Ca profillal ( $r^2 = 0,2$ ) (17. ábra).

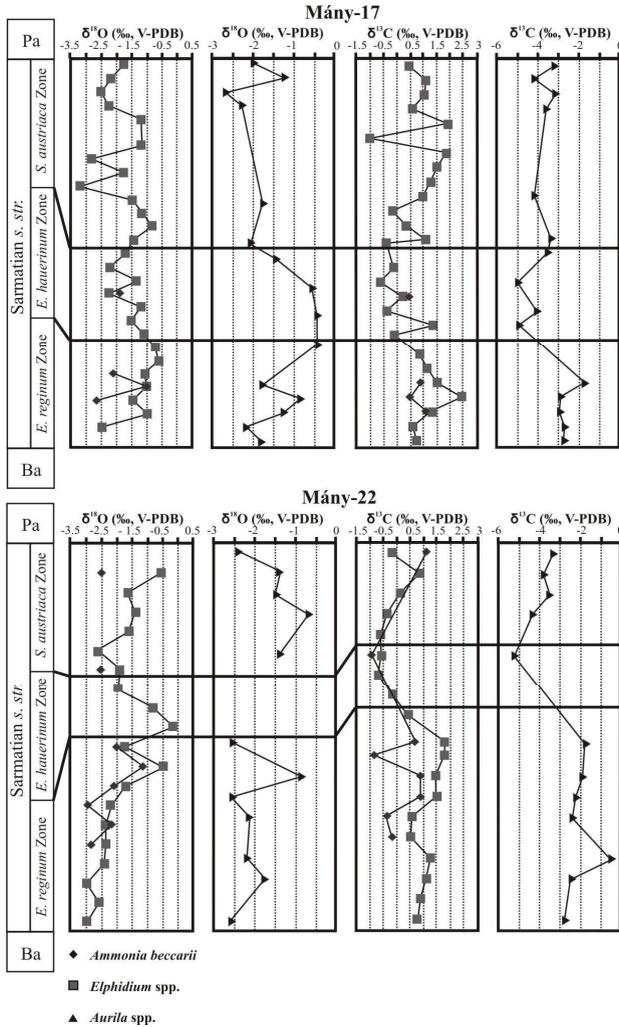
A csiga vázak Sr/Ca arányairól általában elmondható, hogy széles tartományban mozognak ( $7,14 - 14,67 \text{ mmol.mol}^{-1}$ ). Az *Elphidium reginum* Zónában csökkenő trendet mutatnak a Sr/Ca arányok, a fiatalabb zónákban viszont erősen szórnak az értékek. A Sr/Ca és  $\delta^{18}\text{O}$  értékek között korreláció nem figyelhető meg ( $r^2 = 0,07$ ) (17. ábra).



Mindkét értékelhőn belül a különböző foraminifera és kagylósrák fajok nem különböztethetőek meg pusztán vázaik szén- és oxigénizotópos összetétele alapján. A foraminifera és kagylósrák vázak  $\delta^{18}\text{O}$  értékei átfednek, nem különülnek el, és  $-3,5\%$  és  $0,5\%$  közötti tartományban mozognak (18. ábra).

Az *Elphidium reginum* Zónában a foraminifera és az ostracoda vázak oxigénizotóp értékei megemelkednek a zóna végén, melyet az oxigénizotóp görbék közül legjobban a Mány-22 fúrás foraminifera izotópprofilja mutat, valószínűleg azért mert innen készült a legtöbb mérés. Az *Elphidium hauerinum* Zónában egy általános csökkenő trend figyelhető meg a foraminiferák és kagylósrákok  $\delta^{18}\text{O}$  profiljában (18. ábra).

A  $\delta^{13}\text{C}$  görbékben is megfigyelhető emelkedés az *Elphidium reginum* Zóna vége felé, ami szintén a Mány-22 fúrás foraminifera görbéjénél a legszignifikánsabb. Mindkét fúrás ostracoda és a Mány-22 fúrás foraminifera görbéje határozott csökkenést mutat a szénizotóp értékekben az *Elphidium reginum*/*Elphidium hauerinum* zónák határán, annak ellenére, hogy a két ősmaradványcsoport szénizotóp értékei nagyon különböznek abszolútértékben (19. ábra). A szénizotóp görbéken megfigyelhető csökkenés  $3\%$  az ostracodák és  $2\%$  a foraminiferák esetében, bár ez a Mány-17 fúrás foraminifera szénizotóp görbéjén egyértelműen nem látszik (19. ábra). Mindkét csoport szénizotóp értékei magasabbak a legfelső zónában, mint a középsőben, de alacsonyabbak, mint a legalsó zónában (19. ábra).



19. ábra A foraminifera és kagylósrák vázából mért oxigén- és szénizotóp értékek változásai a Zsámbéki-medencében a szarmata folyamán.

Fig. 19. Variations isotopiques de l'oxygène et du carbone des foraminifères et des ostracodes pendant le Sarmatien dans le bassin de Zsámbék.

Oxygen and carbon isotope variations of foraminifera and ostracods during the Sarmatien in the Zsámbék Basin.

### 5.1.3.3. A különböző vizsgált szarmata ősmaradványcsoportok összehasonlítása vázaik szén- és oxigénizotóp összetételei alapján

Ökörnyezeti értékelésemhez ősmaradványok vázából végeztem stabilizotópos méréseket, így fontosnak tartottam, hogy összehasonlítsam a különböző csoportok izotóp értékeit, hiszen az izotóparányok kialakításában a környezeti feltételek befolyása mellett az élettani hatás szerepe nem elhanyagolható.

A csigák oxigén- és szénizotóp értékei kicsit magasabbak, mint a foraminiferáké és ostracodáké, aminek egyik fő oka valószínűleg a vázak különböző kristályszerkezete. A vizsgált csiga taxonok aragonitvázúak, az ostracodák és foraminiferák pedig kalcitvázúak. GROSSMANN & KU (1986) már kimutatta ezt a különbséget aragonit- és kalcitvázú foraminifera és molluszka fajok izotóptételeiben. Arra a megállapításra jutott, hogy a szervesetlen karbonátokhoz hasonlóan azonos hőmérsékleten az aragonitváz nehézzizotópban gazdagabb ( $^{18}\text{O}$  és  $^{13}\text{C}$ ), mint a kalcitos. A foraminiferák és ostracodák  $\delta^{18}\text{O}$  értékelői viszont teljesen átfednek, de a kagylósrákok szénizotóp értékei jóval alacsonyabbak, mint a foraminiferáké (18. ábra). Az azonos mintákból vett ostracoda és foraminifera vázak  $\delta^{18}\text{O}$  összetételeinek átfedése meglepő jelenség, mivel a két csoport vázkiválasztási mechanizmusa teljesen különböző, és ez hatással van a beépített izotóparányokra is. Egyik fő különbség, hogy a kagylósrákok nem folyamatosan növesztik a vázukat mint a foraminiferák, hanem nyolcszor vagy kilencszer vedlenek, így vázuk izotóp-összetétele egy diszkrét pillanatát rögzíti a körülvevő hidrokémiai rendszernek, nem pedig átlagot ad (XIA *et al.*, 1997). Recens vizsgálatok alapján a kagylósrákok váza általában gazdagabb  $^{18}\text{O}$ -ban a körülvevő vízhez képest, kivéve stressz környezetben, mert akkor az izotóp arányok az egyensúlyihoz közeliek lesznek a lassabb mészkiválasztás miatt (VON GRAFENSTEIN *et al.*, 1999; XIA *et al.*, 1997). Ezzel szemben a foraminifera vázak  $\delta^{18}\text{O}$  értékei alacsonyabbak, mint az egyensúlyi összetétel (GROSSMANN, 1987). A szarmata kagylósrák és foraminifera vázak oxigénizotóp értékeinek hasonlóságára az irodalmi adatok nem adnak magyarázatot, melynek egyik oka az lehet, hogy az izotópfractionáció mértéke általában fajspecifikus jelenség, és eddig még csak édesvízi kagylósrákokat vizsgáltak, brakkvízi vagy tengeri alakokat nem.

Nehéz magyarázatot találni arra is, hogy a kagylósrákok  $\delta^{13}\text{C}$  értékei miért alacsonyabbak szignifikánsan, mint a foraminiferáké. Az életmóddal ez nem hozható összefüggésbe, hiszen az *Elphidium* és *Aurila* nemzetség is epibentosz forma, bár az *Ammonia* nemzetség a sekély infaunához tartozik (MURRAY, 1991).  $\delta^{13}\text{C}$  értékei így általában alacsonyabbak is, mint az *Elphidium* vázából mért adatok azonos mintában, ami a pórusvíz

eltérő izotóp-összetételével hozható összefüggésbe vagy, hogy eredetileg sekélyebb környezetben éltek (19. ábra), ahol a meteorikus vizek hatása erősebb volt. KIM & KENNETT (1998) hasonló jelenséget tapasztalt a Sárga-tenger holocén mintáiból származó *Elphidium* és *Ammonia* vázak vizsgálatakor.

Bár némi ellentmondást okoz az a tény, hogy a szemi-inbentosz *Ammoniak* izotóptértékei még így is magasabbak, mint a kagylósrákoké. Az életmód alapján így nem találtam magyarázatot a foraminiferák és ostracodák  $\delta^{13}\text{C}$  értékeinek különbségére. További nehézséget okoz, hogy az ostracodák szénizotóp értékeinek eltolódásának oka az egyensúlyhoz képest kevésbé ismert és tanulmányozott. Az biztos, hogy ez a jelenség fajspecifikus, részben metabolikus eredetű, az eltolódás mértéke pH függő is, mert ez a környezeti tényező hatással van a mészkiválasztásra (KEATINGS *et al.*, 2002).

A foraminiferákon belül vizsgált két nemzetség oxigénizotóp értékeiben is megfigyelhetők különbségek, nemcsak a szénizotópban. A szimbionta nélküli *Ammonia* nemzetség vázából mért adatok általában kicsit alacsonyabbak, mint az algákkal szimbiózisban élő *Elphidium* vázából kapott értékek azonos mintában, annak ellenére, hogy az algákkal együttélő foraminiferák váza általában még kimerültebb szén és oxigén nehézionizotópokban az egyensúlyi összetételhez képest. Ennek az ellentmondásnak azzal a már említett feltevéssel magyarázható, hogy az *Ammoniak* sekélyebb környezetben éltek eredetileg, mint az *Elphidiumok*.

#### **5.1.3.4. Vízhőmérséklet és sótartalom becslés foszfátos és karbonátos vázak geokémiai vizsgálata alapján**

Felsőtárkány és Tășad lelőhelyek rágcsálófogaiból mért  $\delta^{18}\text{O}$  értékek 17,7‰ és 19,8‰ között változnak (2. táblázat). A kora-szarmata fogból származó  $\delta^{18}\text{O}$  adat 17,7 ‰, míg a késő-szarmata fogak oxigénizotóp összetételeinek átlaga 18,4‰.

A Középső-Paratethys zsámbéki részmedencéjében hullámozó víz hőmérsékletének és sótartalmának becsléséhez abból a feltevésből indultam ki, hogy a medencébe befolyó édesvíz oxigénizotóp összetétele közvetlenül a lokális meteorikus vizekből származik. Ennek  $\delta^{18}\text{O}$  értéke viszont becsülhető a rágcsálófogak izotóp összetételéből NAVARRO és munkatársai (2004) tanulmánya szerint. A recens rágcsálófogak alapján kidolgozott egyenletét alkalmazva az édesvíz oxigénizotóp összetétele kiszámolható, mely a kora-szarmatára -5,7‰-nek, a késő-szarmatára pedig -5,5‰ és -2,2‰ közöttinek adódott (2. táblázat). A kora-szarmatából

származó adat jó egyezést mutat a Steinheim-medence hasonló korú képződményéből vizsgált nagyemlős fogakból becslült értékekkel (TÜTKEN *et al.* 2006). A csapadék oxigénizotóp összetétele és az átlagos évi középhőmérséklet között egyenletben kifejezhető korreláció mutatható ki a közepes és magas szélességeken (VON GRAFENSTEIN *et al.*, 1996). Az előzőekben említett összefüggéseket felhasználva a szarmatára 15 és 21 °C közötti átlagos évi középhőmérséklet becsülhető a rágsálófogak izotóp összetételéből (2. táblázat). A felsőtárkányi lelőhelyekről származó fogakból becslült 15 °C-os évi középhőmérséklet nagyon hasonló az innen feldolgozott paleoflórából (ERDEI *et al.*, 2007), és általában a Pannon-medencéből becslült értékekhez (JIMÉNEZ-MORENO *et al.*, 2005). Következő lépéshez azt a feltételezést kellett tenni, hogy a szarmata tenger felszíni vízének középhőmérséklete többé-kevésbé megegyezik az évi átlagos középhőmérséklettel. E feltételt és a GROSSMAN & KU (1986) által felállított aragonit-víz frakcionációs egyenletet felhasználva a tengervíz  $\delta^{18}\text{O}$  összetétele kiszámítható a hőmérsékletből és a sekélytengeri csigavázak oxigénizotóp összetételéből, mert ez a csoport az oxigénizotóp arányt egyensúlyban építi be a vázkiválasztáskor (GROSSMAN & KU, 1986; LÉCUYER *et al.*, 2004). A vizsgált csigák bentosz szervezetek, ezért a számíthatóhoz azt kell feltételeznünk, hogy ez a sekély szarmata tenger vízszlopa nagyjából homogén hőmérsékletű (4. táblázat).

Biostratigraphic position	$\delta^{18}\text{O}_a$ (‰)	$T_w$ (°C)	$\delta^{18}\text{O}_w^*$	$S^{**}$ (g.L <sup>-1</sup> )
<b><i>E. reginum</i> Zone</b>				
min. value	-1.4	15	-2.6	20
max. value	0.4	15	-0.9	32
average	-0.7	15	-1.9	25
<b><i>E. hauerinum</i> Zone</b>				
min. value	-1.9	15	-3.1	17
max. value	-0.9	15	-2.1	23
average	-1.4	15	-2.6	20
<b><i>S. austriaca</i> Zone (<math>T_T=15^\circ\text{C}</math>)</b>				
min. value	-2.2	15	-3.4	15
max. value	0.7	15	-0.5	34
average	-1.3	15	-2.5	21
<b><i>S. austriaca</i> Zone (<math>T_T=21^\circ\text{C}</math>)</b>				
min. value	-2.2	21	-2.1	24
max. value	0.7	21	0.9	43
average	-1.3	21	-1.1	30

\*  $\delta^{18}\text{O}$  values of seawater was computed using the aragonite–water fractionation equation determined by GROSSMAN & KU (1986)

$$T_w = 21.8 - 4.69 * (\delta^{18}\text{O}_a - \delta^{18}\text{O}_w) \quad (3)$$

\*\* Salinity of seawater was estimated using a mass balance equation:

$$S = 34 * (1 - (\delta^{18}\text{O}_w + 0.5)) / (-5.66 + 0.5)) \quad (4)$$

**4. táblázat:** A csigavázak oxigénizotóp összetételei ( $\delta^{18}\text{O}_a$ ), a tengervíz becslült  $\delta^{18}\text{O}$  értékei és a becslült sótartalom értékek.

*Tabl. 4. Composition isotopique de l'oxygène des gastéropodes aquatiques ( $\delta^{18}\text{O}_a$ ) et estimation de la composition de l'eau de mer et de la salinité.*

*Oxygen isotope composition of aquatic gastropods ( $\delta^{18}\text{O}_a$ ) and estimates of seawater composition and salinity.*

A normális sótartalmú tengervíz oxigénizotóp összetétele  $-0,5\text{‰}$  körüli lehetett KOC SIS és munkatársai (2009) a Bécsi- és Pannon-medence bádeni rétegeiből vett cápa fogakból végzett vizsgálatai alapján. A tengervíz sótartalma pedig  $34\text{‰}$  körüli lehetett az Antarktisz jég kiterjedésének kezdetét megelőző periódusban (ZACHOS *et al.*, 2001). Így a tengervíz és édesvíz  $\delta^{18}\text{O}$  összetételeinek és sótartalmának ismeretében becslés adható a szarmata Középső-Paratethys ezen részmedencéjének sótartalom változásaira.

Az *Elphidium reginum* és *Elphidium hauerinum* Zónákban a csigavázakból mért közel konstans Mg/Ca arányok többé-kevésbé stabil aljzatvíz hőmérsékletre utalnak (17. ábra). A csigavázak oxigénizotóp értékei  $-1,4$  és  $0,4\text{‰}$  intervallumba esnek a legalsó zónában, mely  $20$  és  $32\text{‰}$  közötti sótartalomnak felel meg, melynek maximumai a zóna vége felé figyelhetők meg. A középső zónára hasonló Mg/Ca arányok jellemzőek, mint az alsó zónára és  $\delta^{18}\text{O}$  értékei  $-1,9$  és  $-0,9\text{‰}$  között mozognak határozott tendencia nélkül. Ezekből az oxigénizotóp értékekből  $17$  és  $23\text{‰}$  közötti sótartalmak számolhatóak (4. táblázat). A *Spirolina austriaca* Zóna változatos Mg/Ca arányokkal jellemezhető, ami az aljzatvíz hőmérsékletének ingadozására utal (17. ábra). Ez jól korrelál a foszfátos adatokból számolt nagy hőmérséklet-tartományt átfogó értékekkel ( $15 - 21$  °C). A csigavázak  $\delta^{18}\text{O}$  értékei is erősen ingadoznak ( $-2,2$  és  $0,7\text{‰}$  között) ebben a zónában, mely adatokból  $15$  és  $43\text{‰}$  közötti sótartalom becsülhető (4. táblázat).

Habár ezek a hőmérséklet és sótartalom adatok a sok feltevés miatt csak tájékoztató jellegűek, alkalmasak arra, hogy a tengeri szervezetek vizsgálatával kapott őslénytani és geokémiai eredmények alapján vázolt öskörnyezeti változásokat igazolják vagy cáfolják a szárazföldi szervezetek tanulmányozásával kapott adatok.

#### **5.1.3.5. Vízhőmérséklet, sótartalom és vízkémiai változások a Középső-Paratethys számbéki részmedencéjében a szarmata folyamán**

A mikrofauna paleoökológiai értékelése mellett a geokémiai adatok közül az aljzatvíz hőmérséklet-változásainak nyomon követésére a Mg/Ca arányokat használtam fel a nyomelemek közül, mert a Sr/Ca és Mg/Ca adatok nem korreláltak. Ennek valószínűleg az az oka, hogy a csigák esetében a Sr/Ca arányt a vázak növekedési sebessége nagyobb mértékben befolyásolta, mint a hőmérséklet. A sótartalom változások nyomon követésére  $\delta^{18}\text{O}$  görbéket használtam fel. Bár az oxigénizotóp összetétel félig elzárt rendszerekben (mint a Paratethys is) az édesvíz/tengervíz hozzáfolyás mellett a hőmérséklettől is függ, azonban ennek a

paraméternek a hatása a Mg/Ca profil segítségével meghatározható volt. A Ba/Ca arányokat a kovavázú fitoplankton produktivitás és közvetetten az alkalinitás, a  $\delta^{13}\text{C}$  értékeket pedig főként a tengervíz oldott szerves szénmennyiségének becslésére használtam fel (lsd. 4.2.4. fejezet). A környezeti változások időbeli pontosításához a GÖRÖG (1992) által ezekben a fúrásokban felállított biozonációt használtam.

Az *Elphidium reginum* Zónában a vizsgált mikrofauna sekély (littorális), meleg-mérsékelt, jól szellőzött tengeri környezetre utal (lsd. 5.1.2. fejezet). A csigavázak konstans Mg/Ca profilja ennek az aljzatvíz hőmérsékletnek a stabilitását jelzi a kora-szarmata folyamán (17. ábra). A csigavázak Ba/Ca profilja két kisebb csúcsot mutat az alsó zónában, ami a víz kovaváz tartalmának ingadozására és a kovavázú fitoplankton időszakos felvirágzására utal (17. ábra).

A zóna mikrofaunájának összetétele uralkodóan brakkvízi körülményeket jelez (lsd. 4.2.4. fejezet), amit a geokémiai adatokból becsült sótartalom értékek is alátámasztanak. A rácsálófogak és csigavázak oxigénizotóp összetételének felhasználásával a Középső-Paratethys zsámbéki részmedencéjében kb. 15 °C aljzatvíz-hőmérsékletet és 20-32% közötti sótartalmat lehetett becsülni erre az időszakra (2, 4. táblázat). A foraminiférák és kagylósrákok  $\delta^{18}\text{O}$  és  $\delta^{13}\text{C}$  értékeiben együttesen megjelenő pozitív eltolódás viszont némi tengervíz hozzáfolyást feltételez az *Elphidium reginum* Zóna végén (19. ábra).

Az *Elphidium reginum* és *Elphidium hauerinum* Zónák határán a mikrofauna diverzitása nagyon lecsökken, és összetétele a zóna legalsó rétegeiben hűvösebb (mérsékelt), mélyebb és kevésbé oxigéndús környezetet jelez az alsóbb zónához képest. A foraminifera és ostracoda vázak szénizotóp görbéjének trendje szintén kevésbé oxigéndús, szervesanyaggazdag üledékeket jelez, mivel a  $\delta^{13}\text{C}$  értékek negatív eltolódását a környező szervesanyaggazdag üledékek oxidációs folyamatai okozzák (19. ábra). A szervesanyag bomlása során felszabaduló  $\text{CO}_2$  gáz könnyűizotópban ( $^{12}\text{C}$ ) gazdagítja az aljzatvizet, amelyben a mészkiválasztás történik. A szervesanyaggazdag üledékek jelenléte relatív tengerszint emelkedéshez köthető terrigén behordás megnövekedésével, illetve az ebben az időszakban felerősödő vulkáni tevékenységgel magyarázható, amit a fúrások rétegsoraiban megjelenő bentonit és dácittufa betelepülések jeleznek. Az *Elphidium hauerinum* Zóna fiatalabb rétegeinek kagylósrák és foraminifera faunája sekélyebb (50 m-nél nem mélyebb), jól szellőzött, meleg-mérsékelt, csökkentsős környezetet jelez, mely utóbbit a geokémiai adatok is alátámasztanak. Az újabb erősebb kiédesedést a csigavázak izotóp összetételéből becsült sótartalom értékek (17-23%) és a foraminifera és ostracoda vázak oxigénizotóp összetételeinek csökkenő trendje is alátámasztja (19. ábra).

A *Spirolina austriaca* Zónában a foraminifera és kagylósrák fauna paleoökológiai értelmezése és a közettani és szedimentológiai jellegzetességek meleg, jól szellőzött sekély lagunáris környezetet feltételez, mely időnként túlsóssá válhatott. A Mg/Ca arányok és az oxigénizotóp értékek nagy szórást mutatnak, ami az aljzatvíz hőmérsékletének és sótartalmának ingadozásával hozható összefüggésbe (17. és 19. ábra). A rágcsálófogak és csigavázak oxigénizotóp értékei alapján becslült aljzatvíz hőmérséklet 15 és 21 °C, a sótartalom pedig 15 és 43‰ között ingadozhatott (4. táblázat). A Ba/Ca profilban megfigyelhető csökkenő trend pedig az aljzatvíz kovasav tartalmának fokozatos kimerülését jelzi a szarmata vége felé.

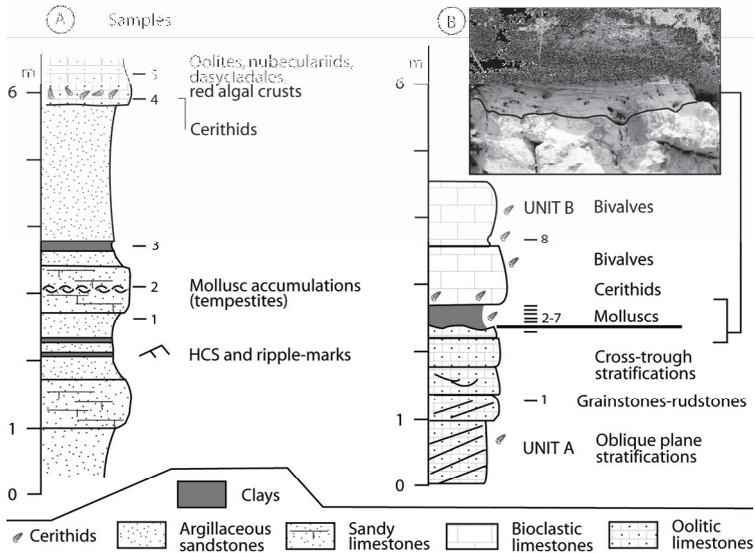
#### 5.1.4. Mikrofauna-vizsgálatok a Zsámbéki-medence szarmata felszíni feltárásaiból

A Zsámbéki-medence peremi területein felszínen vannak a szarmata képződmények. Az itteni feltárások egy-egy rövidebb szelétét képviselik a szarmata időszaknak. A környezeti változások folyamatos időbeli nyomon követésére nincs lehetőség. Célom a gyűjtött minták korának, illetve az adott „időpillanatban” a környezet meghatározása volt a vizsgált mikrofauna alapján.

##### **5.1.4.1. Tinnye**

A vizsgált szelvény a falu északkeleti részén fekszik (20/A. ábra). Kb. 6 m vastag finomszemű agyagos homokkő sorozatból épül fel, melynek rétegei néhány oolitos szemcsét is tartalmaznak. A sorozat oolitos mészkővel zárul, ami vörös- és zöldalgákat, csigákat (főként a *Granulolabium* nemzetség példányait) és bekérgező foraminiferákat (*Nubecularia*-féléket) tartalmaz. A vizsgált 2. szint szedimentológiai és a 3. szint puhatestű faunája (*Venerupis*, *Ervilia*, *Irus*, *Granulolabium*) partszegélyi környezetet jelez (CORNÉE *et al.*, 2009).

A szelvény 1-3. mintáiban megjelenő *Spirolina austriaca* faj alapján a rétegek a késő-szarmatában rakódtak le a GÖRÖG (1992) által felállított foraminifera zonáció alapján (*Spirolina austriaca* Zóna) (20/A. ábra). Homokos, meszes rétegből mikrofauna vizsgálatra vett 1. mintából diverz foraminifera és ostracoda fauna került elő (20/A. ábra).

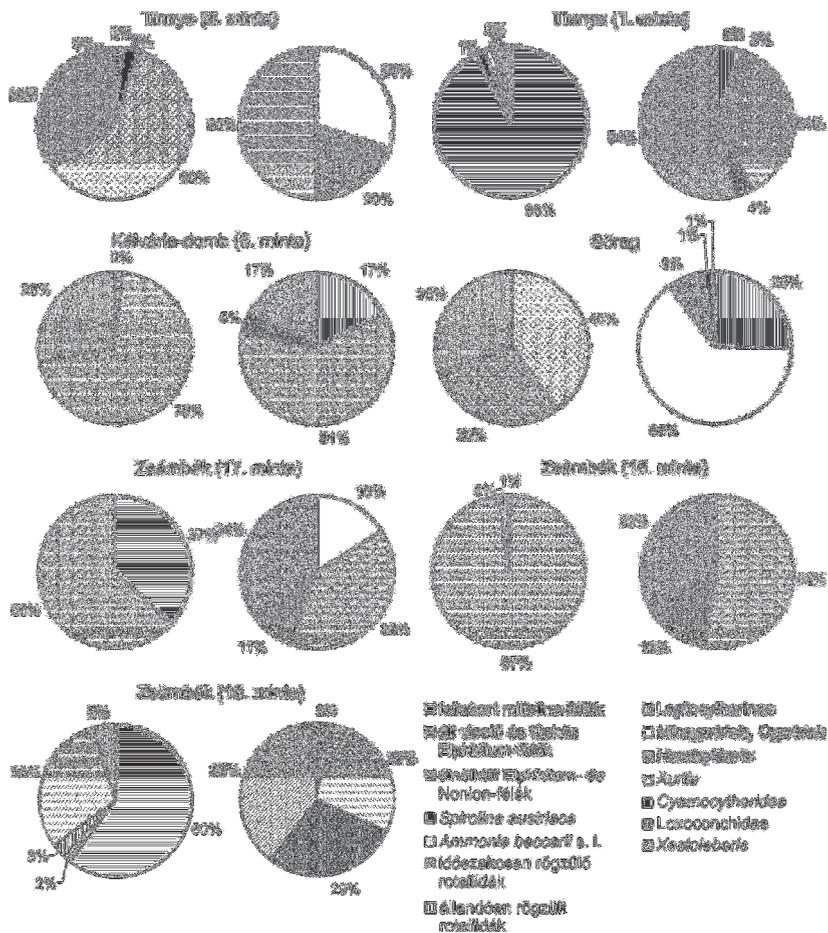


20. ábra Tinnye környékének vizsgált szarmata képződményei: (A) Tinnye falu melletti feltárás, (B) Sőregi kőfejtő (CORNÉE in CORNÉE et al., 2009).

Fig. 20. Séquences sarmatiennes étudiées dans la région de Tinnye: (A) coupe de Tinnye, (B) carrière de Sőreg (CORNÉE in CORNÉE et al., 2009).

Sarmatian successions in the Tinnye area: (A) Tinnye village section, (B) Sőreg section (CORNÉE in CORNÉE et al., 2009).

A nagy mennyiségben (több mint 90%-ban) jelenlevő miliolina-félék (köztük számos jó megtartású *Borelis*-szel), a *Spirolina austriaca* faj és a kagylósrák faunában nagy arányban jelen levő *Xestoleberis* nemzetség (több mint 50%) közel normális, vagy inkább túlsós környezetet jelez hasonlóan a medencebelseji faunához (MORKHOVEN, 1963; GÖRÖG, 1992) (21. ábra). Az agyagos rétegből vett 3. minta mikrofaunája, a foraminifera faunában uralkodó *Ammonia beccarii* és *Elphidium macellum* (kb. 90%), az ostracodák közül a *Miocyprideis* és *Hemicytheria* nemzetségek nagy aránya (kb. 50%) és a néhány charophyta oogonia enyhén brakkvízi feltételeket jelez (MORKHOVEN, 1963; CERNAJSEK, 1972; MURRAY, 1991; DUCASSE, 1995) (20/A-21. ábra). A szedimentológiai jellegzetességek, a mikro- és makrofauna valószínűleg egy folyamatos sziliciklasztos behordással jellemzett lagunáris környezetet feltételez.



21. ábra A különböző foraminifera és ostracoda csoportok százalékos megoszlása a Zsámbéki-medence felszíni feltárásaiból vett mintákban.

Fig. 21. Distribution en pourcentage des groupes de foraminifères et d'ostracodes dans les échantillons des coupes du bassin de Zsámbék.

Percentage distribution of foraminiferal and ostracod groups in the samples from different outcrops of the Zsámbék Basin.

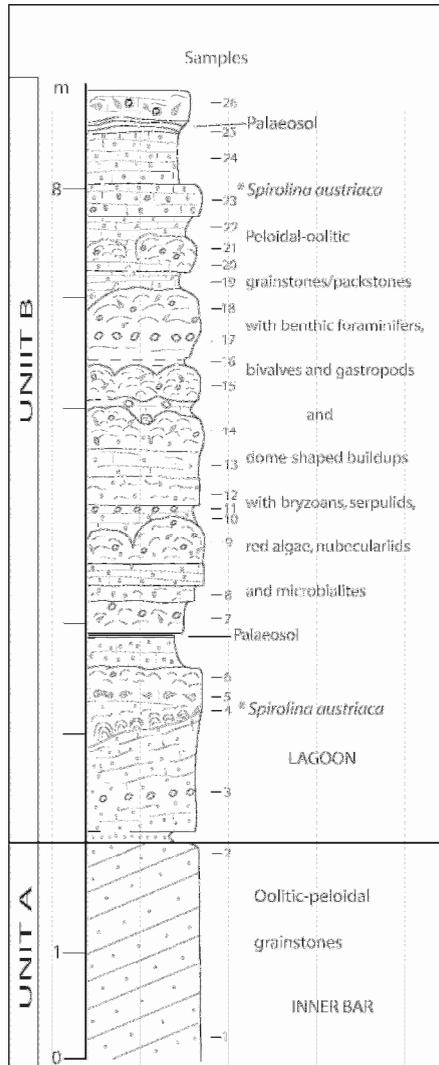
#### 5.1.4.2. Sőreg

A sőregi kőfejtő szarmata rétegsora, mint a késő-szarmata Tinnyei alemnél tipusszelvénye ismert (BODA, 1974). A szarmata képződmények két üledékes sorozatra oszthatóak (CORNÉE *et al.*, 2009) (20/B. ábra). Az alsó „A” egység 2 m vastag sík- illetve keresztretegzett ooidos mészkőből épül fel, mely bentosz foraminiferákat (főleg miliolina-féléket), kagylókat (*Obsoletiforma*, *Venerupis*), és csigákat (főként *Potamides*-féléket) tartalmaz. Ez a fácies egy belső rámpa ooidos dombján való üledéklerakódást feltételez. Az egység tetején eróziós felszín figyelhető meg (CORNÉE *et al.*, 2009). A „B” egység 0,3 m vastag lemezes aleuritos réteggel indul, melyben vékony ooidos mészkő közbetelepülések figyelhetőek meg. Erre 2 m vastag ooidos mészkő települ.

A B egység bázisát képviselő aleuritos réteg jómegtartású bentosz foraminifera, csiga (*Granulolabium bicinctum*), kagyló és ostracoda együttest tartalmazott. A foraminifera fauna szegényes, 3 faj dominanciája a jellemző (*Ammonia beccarii*, *Elphidium macellum* és *E. obtusum*). A kagylósrák fauna fajgazdagabb, az elkülönített 8 faj közül a nagy egyedszámban jelen levő *Cyprideis pokorny* and *Euxinocythere* sp. a rétegek legfelső szarmata, *Hemicytheria hungarica*-*Leptocythere cejcensis* Együttes-zónába tartozását valószínűsíti (ZELENKA, 1990) (20. ábra). A mikrofauna melegvízi brakkvízi környezetet jelez (MORKHOVEN, 1963; PURI *et al.*, 1969; MURRAY, 1991) (21. ábra). Az aleuritos réteget tagoló ooidos mészkő-betelepülések a foraminiferák közül *Nubeculária*-féléket és kitűnő megtartású *Spiroliná*-kat tartalmaznak. A faunakép és a szedimentológiai jellegek változásai a sótartalom ingadozását jelzik a brakkvíztől egészen a túlsóság egy melegvízi, lagunáris környezetben. Az aleuritos rétegek fedőképződménye, a grainstone ill. packstone szövetű ooidos mészkő peloid és az ooid szemcsék mellett gazdag bentosz foraminifera (miliolina) és molluszka együttest (e. g. *Obsoletiforma*, *Maetra*, *Paphia*, *Venerupis*, *Solen* és *Granulolabium*) tartalmaz, ami szintén lagunáris környezetre utal (CORNÉE *et al.*, 2009).

#### 5.1.4.3. Zsámbéki kőfejtő

A zsámbéki kőfejtőben a szarmata képződmények 8 m vastagságban táródnak fel. A feltárás üledékes sorozata szintén két egységre osztható, amelyet egy határozott felület választ el (CORNÉE *et al.*, 2009) (22. ábra).



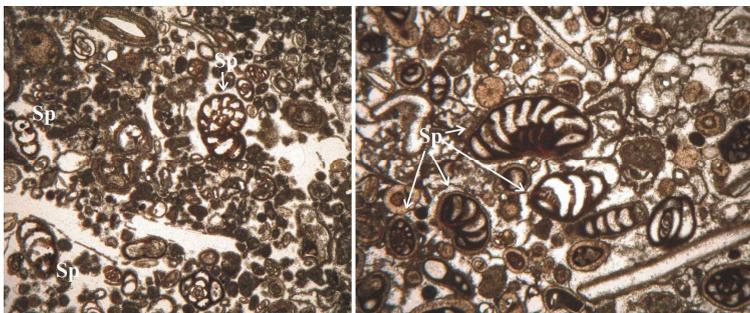
22. ábra A Zsámbéki kőfejtő rétegsora (CORNÉE in CORNÉE *et al.*, 2009).

Fig. 22. Coupe de la carrière de Zsámbék (CORNÉE in CORNÉE *et al.*, 2009).

Zsámbék quarry section (CORNÉE in CORNÉE *et al.*, 2009).

Az „A” egységet K-DK irányú progradációt mutató rétegekből felépülő ooidos mészkő alkotja. A mészkő grainstone szövetű, peloidos szemcséket, ritkán aggregátumokat és proto-ooidokat, bentosz foraminiferákat, puhatestűeket (*Venerupis*, *Paphia*, *Modiolus*, *Mytilaster*, *Gibbula*, *Potamides*) és vörösalgákat tartalmaz. Ez a képződmény egy ooidos domb belső részén rakódhatott le (=”inner bar”).

A „B” egység 6 m vastag, bioklasztos, ooidos mészkőrétegeiből és agyagos betelepüléséből vett minták gazdag kagylósrák és bentosz foraminifera együttest tártak fel a szerpula, bryozoa és molluszka töredékek mellett. Az agyagos réteg (16. minta) foraminifera együttesére az *Elphidium macellum* faj dominanciája, a meszes rétegekben (17-18. minta) a miliolina-félék nagy gyakorisága a jellemző (21. ábra). A feltárás más rétegeiben előforduló *S. austriaca* alapján a rétegek kora felső-szarmata (GÖRÖG, 1992 alapján) (23. ábra). Az ostracoda fauna (*Xestoleberis* nemzetség gyakorisága a rétegekben) és a foraminifera együttes a sórtartalom ingadozására, időnként túlsóssá váló környezetre utal.



**23. ábra** *Spirolina austriaca* (Zsámbéki kőfejtő, B egység).

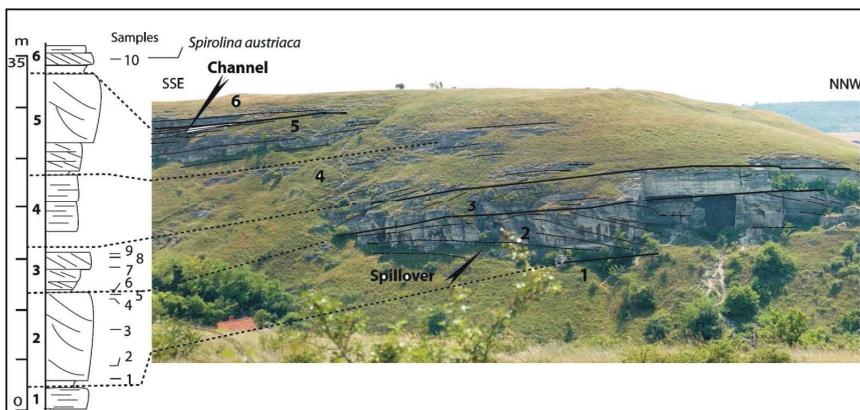
Fig. 23. *Spirolina austriaca* (carrrière de Zsámbék, Unité B).

*Spirolina austriaca* (Zsámbék quarry, Unit B).

A kagylófauna főként infauna elemeket (e.g. *Plicatiforma*, *Cerastoderma*, *Obsoletiforma*) tartalmaz, a csigák között pedig a tengeri növényevő alakok dominálnak (e. g. *Gibbula*, *Hydrobia*, *Potamides*, *Granulolabium*), de néhány édesvízi alak is megjelenik (*Valvata*, *Gyraulus*) (CORNÉE *et al.*, 2009). Gyakorik a mikrobiális, szerpulás és vörösalgás karbonátos felhalmozódások is a feltárásban, melyekhez sokszor bekérgező bryozoa is társulnak. A fauna alapján a feltárás B egységét alkotó rétegek változó sórtartalmú lagunáris környezetben rakódhattak le.

#### 5.1.4.4. Kálvária-domb

A Sósút falu közelében elhelyezkedő Kálvária-domb keleti részén 35 m vastagságban tárolnak fel a szarmata képződmények, melyeket szedimentológiai szempontból FODOR és munkatársai (2000) tanulmányoztak. A sorozat főként bioklasztos és ooidos mészkőrétegekből épül fel. A vizsgált rétegsor hat litosztratigráfiai alegységre bontható (24. ábra). A közel vízszintesen települő rétegek között jellegzetes kúp-alakú struktúrák, vizalatti dűnékre utaló szerkezetek és csatornakitöltések figyelhetők meg.



24. ábra A sósúti Kálvária-domb szelvénye (CORNÉE in CORNÉE et al., 2009).

Fig. 24. Coupe de la Colline du Calvaire de Sósút (CORNÉE in CORNÉE et al., 2009).

Sósút Calvary Hill section (CORNÉE in CORNÉE et al., 2009).

Az izolált példányok kinyerésére alkalmas iszapolható minta a szelvény alsó részéből, a 6. szintből származik. Innen számos Charophyta oogonia, többé-kevésbé jömegetartású csiga, ostracoda és foraminifera fauna került elő. A kagylósrákok közül a nagyméretű *Aurila* (*Aurila notata* ?) nemzetség egyedei dominálnak (kb. 60%-a a faunának) (21. ábra). A foraminifera faunára pedig az *Elphidium*-félék (*Elphidium hauerinum*, *E. macellum* és *E. aculeatum*) nagy aránya a jellemző. A mikrofauna alapján a vizsgált réteg kora alsó-szarmata (2. ábra). Az erre települő karbonátos sorozat szövete és faunisztikai jegyei belső rámpa, ill. lagúnakörnyezetet jeleznek (CORNÉE et al., 2009). A szelvény legfelső része a *Spiroolina austriaca* faj alapján felső-szarmata korú. Mivel sem karbonátos felhalmozódások, sem nagy unkonformitás nem

figyelhető meg a szelvényben a különböző progradáló-aggradáló alegységek egy nagy litosztratigráfiai egységbe tartozhatnak.

## 5.2. Budapest

### 5.2.1. A budapesti foraminifera és kagylósrák fauna jellemzői és sztratigráfiai értékelése

A vizsgált szarmata korú rétegsorokból (596., 598., 617. és 618. fúrás, munkagödör és szellőzőakna) 28 foraminifera taxont sikerült meghatározni melyek 3 rendbe (Miliolida, Buliminida, Rotaliida), 12 családba (Hauerinidae, Tubinellidae, Bolivinidae, Buliminellidae, Fursenkoinidae, Caucasinidae, Glabratellidae, Cibicididae, Nonionidae, Rotaliidae, Calcarinidae, Elphidiidae) és 15 nemzetségbe sorolhatóak be (5. táblázat). Alacsony diverzitás és nagy egyedgazdagság jellemző a faunára. A vázak általában jómegtartásúak kivéve a miliolina-féléket, melyek általában csak töredékesen, vagy köbeleként őrződtek meg. Így a példányok legtöbb esetben határozásra alkalmatlanok voltak. A vizsgált rétegek leg többjében jelenlevő indexfosszília alapján a vizsgált szarmata sorozat az alsó-szarmata *Elphidium reginum* Zónába sorolható.

Species of foraminifer	Biofacies with <i>Elphidium</i>	Biofacies with <i>Cibicides</i>	Biofacies with <i>Articulina</i> and <i>Nodophthalmidium</i>	Biofacies with <i>Elphidium</i> or <i>Cibicides</i>	Mode of life	Oxic preference
<i>Nodobaculiarella</i> sp.			14		E	O
<i>Cycloforina contorta</i>	7		8		E	O
<i>Triloculina intermedia</i>			10		E	O
<i>Varidentella pseudocostata</i>			10		E	O
<i>Articulina</i> sp. indet.		3	84		E	O
<i>Miliolidea</i> sp.		45	175		E	O
<i>Bolivina antiqua</i>		19			I	D
<i>Bolivina moldavica</i>		311			I	D
<i>Bolivina moravica</i>		4			I	D
<i>Bolivina sarmatica</i>		48			I	D
<i>Buliminella elegantissima</i>		549			I	S
<i>Fursenkoina acuta</i>		17			I	S
<i>Fursenkoina sarmatica</i>		4			I	S
<i>Caucasina schischkinskye</i>	10	69			I	S
<i>Rosalina obtusa</i>			106		E	O
<i>Schackoinella imperatoria</i>		48		2	E	O
<i>Lobatula lobatula</i>		8167		24	E	O
<i>Nonion bogdanowiczi</i>	48	159	10	66	I	S
<i>Nonion commune</i> (?)	14	36			I	S
<i>Ammonia beccarii</i> s. l.	7	3378	169	742	I	?
<i>Elphidiella</i> aff. <i>serena</i>	14				I	?
<i>Criboelphidium</i> ex. gr. <i>granosum</i>	103	857	107	78	I	S
<i>Elphidium aculeatum</i>	70	3291	435	180	E	O
<i>Elphidium crispum</i>	94	291	104		E	O
<i>Elphidium fichtelianum</i>	252	202		14	E	O
<i>Elphidium flexuosum reussi</i>	10			3	E	O
<i>Elphidium hauerinum</i>	178	265		2	I	?
<i>Elphidium macellum</i>	1741	5788	750	1703	E	O
<i>Elphidium obtusum</i>		21	24	42	I	?
<i>Elphidium reginum</i>		372	125	200	E	O
<i>Elphidium</i> aff. <i>pulverum</i>		3			E	O
<i>Elphidium</i> ex. gr. <i>puscharovski</i>		13			E	O

**5. táblázat:** A vizsgált budapesti foraminifera taxonok listája oxigénigényük (KAIHO, 1991, 1999), életmódjuk (MURRAY, 1991) feltüntetésével és abszolút mennyiségük a különböző szarmata biofáciéseken. (O – oxikus, S – suboxikus, E – epifauna, I – infauna).

Tabl. 5. Liste des taxons de foraminifères de Budapest avec leur préférence oxique (KAIHO, 1991, 1999), mode de vie (MURRAY, 1991) et abondance absolue dans les différents biofaciés sarmatiens. (O – oxique, S – suboxique, E – épifaune, I – endofaune).

List of the identified foraminifer taxa from Budapest with their oxic preferences (KAIHO, 1991, 1999), modes of life (MURRAY, 1991) and absolute abundance in the different Sarmatian biofacies. (O – oxic, S – suboxic, E – epifauna, I – infauna).

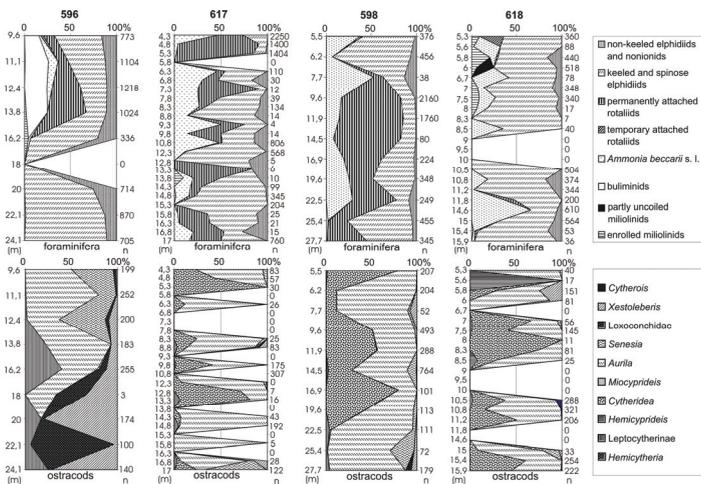
A vizsgált mintákból jómegtartású, kis diverzitású kagylósrák fauna is előkerült, mely az eredeti biocönózist mutatja a kisméretű/juvenilis és nagyméretű/felnőtt alakok együttes jelenléte alapján. A budapesti rétegsorokból összesen 18 taxont sikerült elkülöníteni, melyek egy rendbe (Podocopida), 6 családba (Leptocytheridae, Cytherideidae, Hemicytheridae, Loxoconchidae, Xestoleberididae, Paradoxostomatidae) és 16 nemzetségbe tartoznak (Függelék).

A faunában jelenlevő *Aurila mehesi* és *Cytheridea hungarica* indexfajok szintén a rétegek kora-szarmata korát erősítik meg (ZELENKA, 1990). Az *Elphidium reginum* fajhoz hasonlóan ezek az alakok is hiányoznak a legalsó szarmata rétegekből (25. ábra). Faunája nagy hasonlóságot mutat a zsámbéki alsó-szarmata faunához (lsd. 5.1.1. fejezet).

### 5.2.2. A budapesti szarmata foraminifera és ostracoda fauna paleoökológiai értelmezése

A budapesti mikrofauna általános összetétele egy epifita bentosz közösség jelenlétére utal a kora-szarmata folyamán (*Elphidium reginum* Zóna) a Középső-Paratethys ezen régiójában. A legalsó szarmata rétegek (lásd 596. fűrés, 24,1-16,2 m, 25. ábra) faunája az éllel rendelkező, illetve tüskés *Elphidium*-félék dominanciájával jellemezhető. Kis mennyiségben vannak jelen az infaunába tartozó élnélküli *Elphidium*-félék, *Nonion*- és *Bulimina*-félék (*Caucasina*) (5. táblázat). A szarmata faunából meghatározott éllel rendelkező *Elphidium*-ok közül két faj (*E. crispum*, *E. aculeatum*) ma is él például a Földközi-tenger medencéjében. Az *E. crispum* faj egyedei leggyakrabban a *Posidonia* tengerifű gyökerein és az *Udotea* sekélytengeri zöldalgán találhatóak meg. A tüskés *E. aculeatum* arborescens (famódjára elágazó) algákon él. Az éllel rendelkező *Elphidium*-ok vázának morfológiájában megjelenő spirális csatorna-rendszer és összetett szájadéki nyílások epifita, szuszpenziósűrű életmódra utalnak (LANGER, 1993). Így a morfológiai jegyek alapján a fent említett két fajon kívül feltételezhetően, a többi éllel rendelkező már kihalt szarmata *Elphidium*-féle is hasonló életmódot folytathatott (i. e. *Elphidium fichtelianum*, *Elphidium macellum*). Általában az epifita közösség diverzitása az aljzatként szolgáló növények elterjedésével és élettartamával van összefüggésben. Így a vizsgált közepes-diverzitású epifita foraminifera fauna kisméretű és viszonylag rövid élettartamú algák jelenlétére utal (LANGER, 1993). Összefoglalva elmondható, hogy az éllel rendelkező *Elphidium*-félék sűrű arborescens alga vegetáció feltételeznek. A kagylósrák faunában ezekben a rétegekben a *Xestoleberis*- és *Loxoconcha*-félék dominálnak (25. ábra). A *Loxoconcha japonica* és *L. matagordensis* fajok ma a *Zostera* tengerifű-féle levelein élnek (KAMIYA, 1988; CRONIN *et al.*, 2005). A *Xestoleberis* nemzetség fajai is többségükben az epifita kagylósrákok közé tartoznak, és a littorális vagy szublittorális zónában fordulnak elő. Az ún. „*Xestoleberis*-folt”-tal rendelkező fajok, mint a vizsgált szarmata rétegekben jelenlevő *Xestoleberis fuscata* faj is, fotikus zónára utal (PURI *et al.*, 1969; HARTMANN, 1975). A fentiekben említett kagylósrákok dominanciája a legalsó szarmata rétegekben szintén alátámasztja a gazdag sekélytengeri vegetáció jelenlétét.

Össességében az ostracoda és a foraminifera együttes sekélytengeri littorális (vagy brakkvízi?) környezetre utal gazdag alga növényzettel.



Az éllel rendelkező *Elphidium*-félék jelenléte meleg-mérsékelt vízhőmérsékletre utal ebben az időszakban (MURRAY, 1991). A fent említett együtttest GÖRÖG (1992) a Zsámbéki-medence alsó-szarmata rétegeiből, KORECZ-LAKY (1964, 1968, 1973) pedig a Mecsek és a Tokaji-hegység szarmata képződményeiből mutatta ki, és „*Elphidiumos biofácies*”-nek nevezte el.

A budapesti szarmata sorozat fiatalabb rétegeiben (lásd 596. fűrés, 16,2-9,6 m, 617. és 598. fűrés, 25. ábra) a foraminifera fauna diverzitása megnő (5. táblázat). Epifita, rögzült életmódot folytató Rotaliida-félék (*Lobatula lobatula*, *Schackoinella* sp.) és az *Ammonia beccarii* faj jelenik meg nagy egyedszámban az élt viselő *Elphidium*-félék mellett. Kevés feltekert miliolina-féle is található ezekben a rétegekben. LANGER (1993) megfigyelései alapján a szarmata faunában is előforduló *Lobatula lobatula* faj állandóan rögzülő életmódot folytat, és gyakran tapad tengerifüvek gyökereire és leveleire. A szarmata anyagban megtalálható miliolina-félék is valószínűleg az epifita közösséghez tartoznak, mert számos nemzetségüket (pl. *Triloculina*) a mozgó, legelő életmódot folytató epifita foraminiferákhoz sorolják (LANGER, 1993). A különböző epifita morfortípusok keveredése (állandóan rögzülő rotaliidák, mozgó szuszpenzióevő és legelő foraminiferák) és az epifita fajok nagy diverzitása élő növényzet jelenlétére utalnak a tengeraljzaton. Az infauna aránya és diverzitása szintén megnő ezekben a rétegekben (főleg közvetlenül az „*Elphidiumos biofácies*” fölött) a *Bolivina*- és *Bulimina*-félék megjelenésének következtében (*Fursenkoina*, *Buliminella* és *Caucasina*). Ez a megfigyelt jelenség az üledék magas detritusz tartalmával hozható összefüggésbe, ami meghatározza egyaránt az epi- és infauna elemek előfordulását és mennyiségét (LANGER, 1993). Az *Ammonia beccarii*, *Lobatula lobatula* fajok és éltviselő *Elphidium*-ok jelenléte a rétegekben meleg-mérsékelt sekélytengeri környezetre utalnak, ahol a vízmélység kevesebb volt, mint 50 méter (CHIERICI *et al.*, 1962; MURRAY, 1991). Ebben a környezetben jelenik meg először az *Elphidium reginum* alsó-szarmata indexfaj is, mely néhány hosszú tuskét visel. Ez a morfológiai adaptáció (a hosszú tuskék megjelenése) a tengeraljzat vegetációjának megváltozására utal. A dominánsan algából álló növényzet kicserélődött tengerifüve. A fentiekben tárgyalt szarmata rétegek ostracoda faunájára a nagyméretű erősen meszesedett vázú *Aurila*, *Cytheridea* és *Senesia* nemzetségek dominanciája a jellemző (25. ábra). Az *Aurila* nemzetség nagy aránya is epifita közösségre utal, hiszen számos faja ma epifita életmódot folytat (PURI *et al.*, 1969). A *Cytheridea* nemzetség nagy mennyisége pedig homokos aljzatot jelez (HARTMANN, 1975; LACHENAL, 1989). A vizsgált kagylósrák fauna epineritikus, infralittorálisól felső circalittorálisig terjedő vízmélységre és jól-szellőzött tengeraljzatra utal (HARTMANN, 1975; LACHENAL, 1989). Ez a fauna együttes szintén kimutatható a Mecsek és a Zsámbéki-medence alsó-szarmatájából is (KORECZ-LAKY, 1964,

1968; GÖRÖG, 1992), és a „Cibicideszes biofácies”-nek nevezett el KORECZ-LAKY (1964), mert korábban a domináns *Lobatula lobatula* fajt a *Cibicides* nemzetségbe sorolták be.

A vizsgált szarmata sorozat legfiatalabb rétegeiben (lásd 618. fűrés, 8,5-5,3 m, 25. ábra) az epifita közösség diverzitása újra lecsökken (5. táblázat). Az olyan infauna elemek, mint a *Bolivina*- és *Bulimina*-félék és az állandóan rögzült életmódot folytató Rotaliidák (*Lobatula lobatula*) teljesen eltűnnek. Az éltviselő *Elphidium*-ok mellett a feltekert miliolina-félék aránya megnő, és az időszakosan rögzülő *Rosalina* nemzetség is megjelenik. Ez az összetételbeli változás az epifita közösségben határozott vegetációváltásra utal, a rövid élettartamú (2-5 hónap közötti) növények dominanciájára (LANGER, 1993). A részben kicsavarodott miliolina-félék megjelenése és nagy aránya (több mint 20%) (i.e. *Articulina*) partközeli környezetet jelez. Ez a nemzetség főként nagyon sekély és nyugodt sekélytengeri környezetet kedvel, ahol a vízmélység nem éri el a 30 m-t (LUCZKOWSKA, 1974). Ezt jól alátámasztják a kagylósrák faunában megjelenő és gyakorivá váló *Miocyprideis* és *Hemicyprideis* nemzetségbe tartozó alakok, melyek a sótartalom csökkenésére utalnak (MORKHOVEN, 1963; DUCASSE, 1995; DUCASSE & CAHUZAC, 1997) (25. ábra). Ez a biofácies („Articulínás és Nodophthalmidiumos biofácies”) a részben kicsavarodott miliolina-félékkel megtalálható a Zsámbéki-medence, a Mecsek és a Tokaj-hegység alsó-szarmata képződményeiben is (GÖRÖG, 1992; KORECZ-LAKY, 1964, 1968, 1973).

Összefoglalva elmondható, hogy a vizsgált budapesti alsó-szarmata rétegsorok foraminifera és ostracoda faunája alapján három biofáciest lehetett elkülöníteni („Elphidiumos”, „Cibicideszes” és „Articulínás és Nodophthalmidiumos biofácies”-t), melyeket Magyarország más szarmata képződményeiből is kimutattak (KORECZ-LAKY, 1964, 1968, 1973; GÖRÖG, 1992). Recens analógiák alapján az egész vizsgált kora-szarmata együttes egy epifita közösségbe tartozik (LANGER, 1993). A mikrofauna összetételét a szubsztrátumként szolgáló növényzet milyensége, a nutriens mennyisége, a vízmélység, az oxigéntartalom és a sótartalom határozza meg.

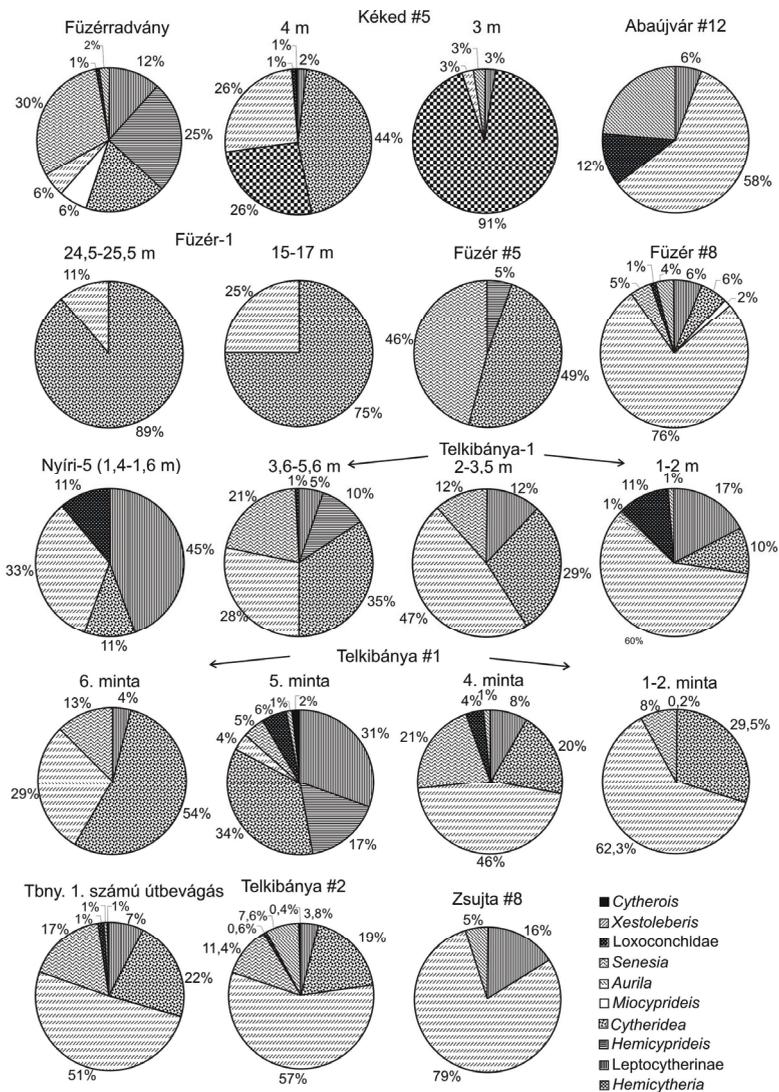
### 5.3. A Tokaji-hegység szarmata kagylósrák faunája

A vizsgált főként agyagos, kisérszben homokos szarmata képződményekből előkerült kagylósrák fauna jó megtartású volt. A juvenilis kisméretű példányok együtt fordultak elő a felnőtt alakokkal, ami az eredeti biocönózis megőrződésére utal. Általában a teknők szétesve maradtak meg, ami kis üledékképződési sebességre utal. A vázak a foraminiferákéhoz hasonlóan gyakran elszíneződöttek. Összesen 23 fajt sikerült elkülöníteni a mintákból, melyek

egy rendbe (Podocopida), 6 családba (Leptocytheridae, Cytherideidae, Hemicytheridae, Loxoconchidae, Xestoleberididae, Paradoxostomatidae) és 14 nemzetségbe sorolhatóak (Függelék). A meghatározott taxonok mindegyike megtalálható a fentiekben tárgyalt zsámbéki és budapesti alsó-szarmata faunákban is, új vagy eddig nem ismertett fajokat nem találtam a mintákban. A füzérradványi, egyértelműen alsó-szarmata mintában két olyan faj (*Miocyprideis janoscheki*, *Euxinocythere (E.) praebosqueti*) is előfordul, melyeket más területeken csak felső-szarmatában fordult elő.

A minden mintában előforduló *Aurila mehesi* és/vagy *Cytheridea hungarica* indexfajok alapján a vizsgált képződmények kora kora-szarmata (ZELENKA, 1990). A foraminifera fauna is ezt a kort támasztja alá (KORECZ-LAKY, 1965, 1973).

Korecz-Laky (1965, 1973) ezekből a szarmata mintákból több biofáciest is elkülönített a foraminifera együttesek alapján („Ammomarginulinás-Miliamminás”, „Miliolidae”, „Elphidiumos-Rotáliás” és „Nodophthalmidiumos” biofácies). Az „Ammomarginulinás-Miliamminás” biofácies kivételével a többi biofácies mind a Mecsek-hegység területéről, mind az általam vizsgált budapesti szarmata képződményekben azonosítható volt (KORECZ-LAKY, 1968). KORECZ-LAKY (1973) vizsgálatai alapján a legidősebb szarmata képződményeket a telkibányai fúrások, kutatóaknák és feltárások képviselik. A Telkibánya-1 kézfúrás és Telkibánya #1 kutatóakna szarmata képződményeit a „Miliolidae” biofáciesbe sorolta be. Vizsgálataim alapján a kagylósrák faunájára a nagyméretű, erősen meszesedett vázú *Aurila*, *Cytheridea* és *Senesia* nemzetségek nagy (70% feletti) aránya a jellemző, kivéve a Telkibánya-1 fúrás 5. mintáját (26. ábra). Változó egyedszámmal megjelennek a *Leptocythere*-, *Loxoconcha*-félék, és a *Xestoleberis* és *Hemicyprideis* nemzetség is. Az *Aurila*, *Loxoconcha* és *Xestoleberis* nemzetségek tengerifű közösségre utalnak. Ezt a miliolina-félék tömeges jelenléte sem zárja ki, hiszen recens analógiák alapján számos nemzetségük epifita életmódot folytat (lsd. 5.2.2. fejezet). A *Hemicyprideis* nemzetség néhány mintában való megjelenése csökkentsósvízi környezetre utal (MORKHOVEN, 1963; DUCASSE, 1995; DUCASSE & CAHUZAC, 1997). A vizsgált kagylósrák fauna infralittorálisról felső circalittorális (80 m-nél kisebb) vízmélységet és jól-szellőzött sekélytengeri környezetet jelez (HARTMANN, 1975).



26. ábra A különböző kagylósrák taxonok százalékos megoszlása a tokaji mintákban.

Fig. 26. Distribution en pourcentage des taxons d'ostracodes dans les échantillons du Mont Tokaj.

Percentage distribution of ostracod taxa in the samples from the region of Mount Tokaj.

Az „Ammomarginulinás-Miliamminás” biofácies eddig csak a Tokaji-hegység területéről került leírásra a magyarországi szarmatából. Ebben a foraminifera együttesben vékonyhéjú, agglutinált vázú fajok dominálnak. Ilyen együttesek olyan recens partmenti lagúnákból ismertek, amelyek csak időnként állnak összeköttetésben a tengerrel, és általában zavaros sekély vizűek (KORECZ-LAKY, 1973). Ez a biofácies a Telkibánya 1. sz. útbevágás és a Telkibánya #2 kutatóaknákból volt azonosítható. Ostracoda faunájára, hasonlóan az előbbi biofácieshez az *Aurila*, *Cytheridea* és *Senesia* nemzetségek nagy aránya a jellemző (90% körüli) a kis egyedszámban jelenlevő *Leptocythere*-félék, *Loxoconcha*-félék és *Xestoleberis* nemzetség mellett (26. ábra). Így a vizsgált kagylósrák fauna itt is jól-szellőzött sekélytengeri környezetet jelez.

A „Nodophthalmidiumos” biofáciesre az *Articulina*- és *Nodophthalmidium*-félék dominanciája a jellemző, ami nagyon sekély 30 m-nél kisebb vízmélységet jelez (LUCZKOWSKA, 1974). A képződmény (Füzér #8 minta) kagylósrák faunája nagyon hasonló az előző fácieséhez, de az *Aurila* nemzetség dominál. Megjelenik a *Miocyprideis* nemzetség is, ami csökkentsósvízi környezetre utal (MORKHOVEN, 1963; DUCASSE, 1995, 26. ábra).

A füzérradványi, kékedí, abaujvári, illetve egyéb füzéri mintákból foraminifera együttesük alapján az „Elphidiumos-Rotáliás” biofácies mutatható ki (KORECZ-LAKY, 1973). A biofácies kagylósrák faunája nagy térbeli változatosságot mutat. Az időbeli változékonyságot sem lehet kizárni, hiszen a minták pontos kora a zónán belül nem határozható meg. Általánosságban elmondható a mintákról, hogy a nagyméretű erősen meszes alakok nagy arányban vannak jelen mindegyik mintában (*Aurila*, *Senesia*, *Cytheridea* és *Hemicytheria* nemzetségek) (26. ábra). Az, hogy a csoporton belül melyik nemzetség a domináns, főként az aljzatminőségtől függ. Az *Aurila* nemzetség a kevert aljzatot, a *Cytheridea* és *Hemicytheria* nemzetség pedig inkább a homokos aljzatot kedveli (HARTMANN, 1975). Kisebb egyedszámban a *Leptocythere*- és *Loxoconcha*-félék, a *Xestoleberis*, és a brakkvízi környezetre utaló *Hemicyprideis* és *Miocyprideis* nemzetségek is megjelennek. A ma élő *Xestoleberis*, *Hemicytheria*, *Aurila* és *Loxoconcha* fajok főként algákon, illetve tengerifüvek levelein és szárain élnek a littorális zónában (PURI *et al.*, 1969). A mikrofauna csökkentsósvízi sekélytengeri, jól-szellőzött gazdag vegetációval jellemzett környezetre utal, hasonlóan a budapesti faunához. A tengervíz hőmérsékletére vonatkozóan, vizsgálataim alapján a Középső-Paratethys tokaji részmedencéjében a kora-szarmatában melegvízű sekélytenger volt jellemző a minden fáciesben jelen levő *Callistocythere* nemzetség alapján (MORKHOVEN, 1962).

#### 5.4. A Duna-Tisza köze szarmata mikrofaunája

Az Écs-1 fúrás (372 - 425 m) szarmata mintáiból viszonylag jó megtartású foraminifera és kagylósrák fauna került elő. Az *Aurila mehesi*, *Aurila merita*, *Cytheridea hungarica*, *Callistocythere* sp. és *Amnicythere tenuis* kagylósrák taxonokat, és a *Lobatula lobatula*, *Elphidium reginum*, *E. hauerinum*, *E. macellum*, *E. aculeatum*, *Ammonia beccarii* és *Nonion bogdanowiczi* foraminifera fajokat tudtam meghatározni a mintákból. A foraminiferák közül miliolina-félék köbelei is előkerültek, de ezek nem voltak meghatározhatóak megtartási állapotuk miatt. Az *Elphidium reginum*, *Aurila mehesi* és *Cytheridea hungarica* indexfajok meglelte alapján a képződmény a kora-szarmatában (*Elphidium reginum* Zóna) rakódhatott le. A fauna összetétele nagyon hasonló a budapesti, zsámbéki és tokaji alsó-szarmata együttesekhez. Így a foraminifera és kagylósrák faunából jól-szellőzött, 80 m-nél kisebb vízmélységű, meleg-mérsékelt sekélytengeri környezetre következtethetünk ebben a részmedencében is gazdag tengerifü közösséggel (Izd. 5.1.2. fejezet).

Az Ás-18 (1085 - 1065 m) fúrásból az *Aurila merita* kagylósrák és az *Elphidium crispum*, *Elphidium macellum* és *Elphidium aculeatum* foraminifera fajokat sikerült meghatároznom. Az *Elphidium*-ok mellett miliolina köbeleket is tartalmaztak a minták. A mikrofauna összetétele a képződmény alsó-szarmata korára enged következtetni. A Sol-8 (1198 - 1200 m) fúrás furadékmintájának rossz megtartású mikrofaunájából a *Loxococoncha* sp., *Xestoleberis* sp. és *Elphidium* sp. taxonokat sikerült elkülöníteni. A fauna együttes szarmata kort valószínűsít, de pontosabb korbesorolásra a kevés rendelkezésre adat miatt nincs lehetőség.

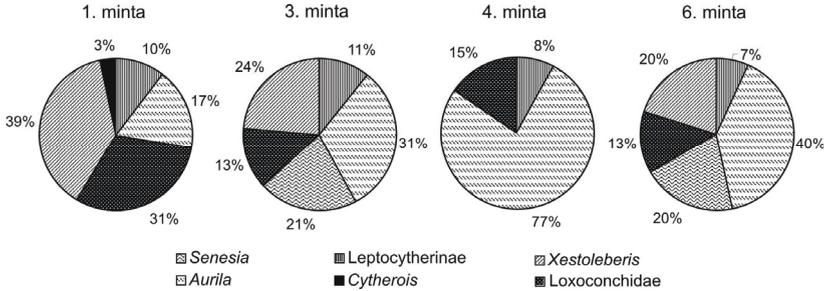
Vizsgálataimat összegezve, a fúrások furadékmintáinak mikrofaunája alapján a Középső-Paratethys Duna-Tisza közére eső medencerészből csak az alsó-szarmata képződmények jelenlétét sikerült kimutatni, melynek faunája nagyon hasonló a zsámbéki, budapesti és tokaji hasonló korú faunákéhoz.

#### 5.5. Szarmata mikrofauna a Ny-Mecsekből

A Kovácsszénája lelőhelyről származó minták újvizsgálata során meghatározott taxonokat a Függelék tartalmazza. Az *Aurila mehesi* indexfaj jelenléte minden mintában a vizsgált rétegek kora-szarmata korára utal (ZELENKA, 1990).

A kemény, molluszkás mészkőből gyűjtött 1. minta iszapolási maradékában a kagylósrákok példányai nem jó megtartásúak, részben átkristályosodtak és főként

kettősteknökként őrződtek meg. A faunában a *Xestoleberis*-, *Loxoconcha*- és *Leptocythere*-félék dominálnak (kb. 80%), de az *Aurila* és *Cytherois* nemzetség példányai is megjelennek kisebb egyedszámban (27. ábra).



27. ábra A különböző kagylósrák taxonok százalékos megoszlása a mecseki mintákban.

Fig. 27. Distribution en pourcentage des taxons d'ostracodes dans les échantillons des Monts Mecsek.

Percentage distribution of ostracod taxa in the samples from the Mecsek Mountains.

Hasonló faunaképet mutatnak a budapesti legidősebb szarmata képződményei is. A többségében epifita alakokból álló kagylósrák fauna littorális környezetre utal gazdag vegetációval a tengeraljzaton, melyet a mintából meghatározott foraminiferák (főként *Elphidium*-ok) is megerősítenek (SZUROMI-KORECZ & SZEGŐ, 2001, lsd. 5.2.2. fejezet). A 3. minta agyagosabb meszes kifejlődéséből gazdag mikrofauna került elő. Az ostracodák jómegtartású példányai főként féltknökként őrződtek meg. Az előző mintához képest 50%-ra emelkedik a nagyméretű kagylósrákok (*Aurila* és *Senesia* nemzetség) aránya (27. ábra). A foraminifera faunában az *Elphidium*-ok mellett a rögzült életmódot folytató *Lobatula lobatula* nemzetség dominanciája a jellemző (SZUROMI-KORECZ & SZEGŐ, 2001). A vizsgált kagylósrák fauna jól-szellőzött littorális sekélytengeri környezetre utal, továbbra is vegetációval borított tengeraljzattal, amit a foraminifera együttes is alátámaszt (lsd. 5.2.2. fejezet). KORECZ-LÁKY (1968) is leírta ezt a Cibicideszes biofáciest a Mecsek keleti területéről.

A 4. és 6. minta faunaképe nagyon hasonló a 3. mintáéhoz, csak a 4. mintánál a példányok száma kevesebb és rosszabb megtartásúak az ősmaradványok (27. ábra). A 6.

mintában pedig az ostracodák vázai kettősteknőkként maradtak meg ellentétben a 3. minta anyagával.

### 5.6. Adatok a szarmata Középső-Paratethys dráva-medencei régiójából

Mindhárom vizsgált fúrás (Dankovci-3, Pečarovci-1 és Ljutomer-1) szarmataként azonosított képződményei sötétszürke csillámos finomhomokos és agyagos üledékekből épül fel. A keresztlemez finomhomokok felfelé finomodó turbidites sorozatokat alkotnak a rétegsorban, és lemezes agyagokkal váltakoznak (28. ábra). A finomszemcsés disztális turbiditek és a nyugodt környezetben lerakódott agyagok medencebelseji környezetre utalnak messze a peremektől (28. ábra).



**28. ábra** Szarmata képződmények a vizsgált szlovéniai fúrásokban.

(A) keresztlemez finomhomok a Dankovci-3 fúrásban, (B) - (D) disztális turbiditek és lemez agyagok változása a Pečarovci-1 fúrás rétegsorában.

*Fig. 28. Séquences sarmatiennes dans les sondages de Slovénie.*

*(A) sables laminés du sondage Dankovci-3, (B) - (D) variations des turbidites distales et argiles laminées du sondage Pečarovci-1.*

*Sarmatian sequences in the studied boreholes from Slovenia.*

*(A) cross-laminated sand layers in the borehole Dankovci-3, (B) - (D) variations of distal turbidites and laminated clays in the borehole Pečarovci-1.*

Az agyagos betelepülések egyre uralkodóbbá válnak a rétegsorban felfelé haladva, ami egyre mélyülő környezetet jelez (28/D. ábra). A képződmény sötétszürke színe és az agyagokban néhol megjelenő piritkristályok szervesanyaggazdag, redukzív, vélhetően néhol anoxikus környezetre utalnak (29/A. ábra). Az oxigénmentes környezetet alátámasztja az a tény is, hogy az átvizsgált 15 mintában sem mikro-, sem makrofaunát nem találtam. Bár az üledékekben a makroszkópos vizsgálatok során helyenként növénymaradványok, bioturbációra és mikrobiális tevékenységre utaló szerkezetek is megfigyelhetőek voltak (29. ábra).



**29. ábra** Szarmata képződmények a vizsgált szlovéniai fúrásokban.

(A) piritkristályok lemezes agyagban (Ljutomer-1 fúrás), (B) bioturbációra utaló szerkezet agyagban (Pečarovci-1 fúrás), (C) növénymaradvány a Dankovci-3 fúrásból, (D) bekérgezett homoklaszt (Pečarovci-1 fúrás).

*Fig. 29 Séquences sarmatiennes dans les sondages de Slovénie.*

*(A) pyrite dans les argiles laminées (sondage Ljutomer-1), (B) bioturbation dans les argiles (sondage Pečarovci-1) (C) fragments de plantes dans le sondage Dankovci-3, (D) croûte microbienne enveloppant un claste gréseux dans le sondage Pečarovci-1.*

*Sarmatian sequences in the studied boreholes from Slovenia.*

*(A) pyrite in laminated clay (borehole Ljutomer-1), (B) bioturbation in clay (borehole Pečarovci-1) (C) Plant fragment in the borehole Dankovci-3, (D) microbial crust around a sandstone clast in the borehole Pečarovci-1.*

Mikrofauna hiánya miatt nem tudtam megerősíteni a képződmény szarmata korát. Ha tényleg szarmata korú a vizsgált sorozat, akkor kifejlődésében lényegesen eltér az általam eddig vizsgált szarmata képződményektől. Üledékei mélyebb, erősebb terrigén behordással jellemzett környezetben rakódtak le. A finomhomokok főként csillámból és kvarcból állnak, ami gránitos lehordási területre utal.

## 6. Rendszertani rész

A meghatározott budapesti szarmata foraminiferák részletes leírását 2008-ben megjelent cikkem (TÓTH & GÖRÖG, 2008), a budapesti és zsámbéki ostracoda fauna taxonómiai feldolgozását pedig 2004-ben és 2008-ban megjelent cikkeim tartalmazzák (TÓTH, 2004, 2008). Így doktori dolgozatomban csak cikkeim megjelenése után meghatározott taxonok részletes leírása szerepel, a már részletesen leírt fajoknak csak a rendszertani besorolását adom meg. A szinonimikában is csak az első leírás hivatkozását, emellett a saját cikkeimre és az olyan cikkekre való hivatkozásokat, amelyek a publikációimban nem szerepelnek.

### 6.1. A budapesti szarmata rétegek foraminifera faunája

A foraminifera fajok nagyobb taxonómiai egységekbe való besorolását LOEBLICH és TAPPAN (1992) munkája alapján készítettem. A meghatározott taxonok térbeli elterjedését a 7. táblázat tartalmazza, ami az 7.2. fejezetben található.

Törzs: Protista

Altörzs: Sarcodina SCHMARDA, 1871

Osztály: Foraminifera J. J. LEE, 1990

Rend: Miliolida LANKESTER, 1885

Alrend: Miliolina DELAGE & HÉRUARD, 1896

Főcsalád: Miliolacea EHRENBERG, 1839

Család: Hauerinidae SCHWAGER, 1876

Alcsalád: Hauerininae SCHWAGER, 1876

Nemzetség: *Cycloforina* LUCZKOWSKA, 1972

*Cycloforina contorta* (D'ORBIGNY, 1846)

Pl. 9, Fig. 1.

1846. *Quinqueloculina contorta* n. sp. – D'ORBIGNY, p. 298, pl. 20, figs 4-6.

2008. *Cycloforina contorta* (D'ORBIGNY, 1846) – TÓTH & GÖRÖG, p. 196, pl. 1, fig. 1. cum. syn.

Alcsalád: Miliolinellinae VELLA, 1957

Nemzetség: *Triloculina* D'ORBIGNY, 1926 emend. LUCZKOWSKA, 1972

*Triloculina intermedia* KARRER, 1868

Pl. 9, Fig. 2.

1868. *Triloculina intermedia* n. sp. – KARRER, Die Miocene Foraminiferenfauna von Kostej in Banat. K. Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturw. Cl., Sitzber. 58(1). p. 138. pl.1, fig. 11 (fide Ellis and Messina Catalogue).
2008. *Triloculina intermedia* KARRER, 1868 – TÓTH & GÖRÖG, p. 196, pl. 1, fig. 2. cum. syn.

Nemzetség: *Varidentella* LUCZKOWSKA, 1972

*Varidentella pseudocostata* (VENGLINSKI, 1958)

Pl. 9, Fig. 3.

1958. *Miliolina pseudocostata* n. sp.– VENGLINSKI, p. 70, pl. 10, figs 1-3, pl. 11, figs 1-3.
2008. *Varidentella pseudocostata* (VENGLINSKI, 1958) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 196-197, pl. 1, fig. 3. cum. syn.

Család: Tubinellidae RHUMBLER, 1906 nom. transl. MIKHALEVICH, 1988

Nemzetség: *Articulina* D'ORBIGNY, 1826

*Articulina* sp. indet.

Pl. 9, Fig. 4.

2008. *Articulina* sp. indet. – TÓTH & GÖRÖG, p. 197, pl. 1, figs 7, 8. cum. syn.

Rend: Buliminida FURSENKO, 1958

Főcsalád: Bolivinacea GLAESSNER, 1937

Család: Bolivinidae GLAESSNER, 1937

Nemzetség: *Bolivina* D'ORBIGNY, 1839

*Bolivina antiqua* D'ORBIGNY, 1846

Pl. 9, Figs 7-8.

1846. *Bolivina antiqua* n. sp. – D'ORBIGNY, p. 240, pl. 14, figs 11-13.

2008. *Bolivina antiqua* D'ORBIGNY, 1846 – TÓTH & GÖRÖG, p. 197, pl. 1, figs 7, 8. cum. syn.

*Bolivina moldavica* DIDKOWSKI, 1959

Pl. 9, Figs 9, 11.

1970. *Bolivina moldavica* DIDKOWSKI, 1959 – DIDKOWSKI & SATANOVSKAJA, p. 143, pl. 82, fig. 7.  
(holotípus)

2008. *Bolivina moldavica* DIDKOWSKI, 1959 – TÓTH & GÖRÖG, pp. 197-198, pl. 1, figs 11, 13. cum. syn.

*Bolivina moravica* CÍCHA & ZAPLETALOVÁ, 1961

Pl. 10, Figs 5, 13.

1961. *Bolivina moravica* n. sp. – CÍCHA & ZAPLETALOVÁ, p. 155, textfig. 28.

2008. *Bolivina moravica* CÍCHA et ZAPLETALOVÁ, 1961 – TÓTH & GÖRÖG, p. 198, pl. 1, figs 9, 10. cum. syn.

*Bolivina sarmatica* DIDKOWSKI, 1959

Pl. 9, Fig. 12.

1970. *Bolivina sarmatica* DIDKOWSKI, 1959 – DIDKOWSKI & SATANOVSKAJA, p. 144, pl. 82, fig. 9.  
(holotípus)

2008. *Bolivina sarmatica* DIDKOWSKI, 1959 – TÓTH & GÖRÖG, p. 198, pl. 1, fig. 12. cum. syn.

Főcsalád: Buliminacea JONES, 1875

Család: Buliminellidae HOFKER, 1951

Nemzetség: *Buliminella* CUSHMAN, 1911

*Buliminella elegantissima* (D'ORBIGNY, 1839)

Pl. 10, Figs 2-4.

1839. *Bulimina elegantissima* n. sp. – D'ORBIGNY, Voyage dans l'Amérique Méridionale; Foraminifères. Strasbourg, France, Levrault 5(5), p. 51, pl. 7, figs 13, 14 (fide Ellis and Messina Catalogue).

2008. *Buliminella elegantissima* (D'ORBIGNY, 1839) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 198-199, pl. 2, figs 2-4. cum. syn.

Főcsalád: Fursenkoinacea LOEBLICH & TAPPAN, 1961

Család: Fursenkoinidae LOEBLICH & TAPPAN, 1961

Nemzetség: *Fursenkoina* LOEBLICH & TAPPAN, 1961

*Fursenkoina acuta* (D'ORBIGNY, 1846)

Pl. 10, Fig. 6.

1846. *Polymorphina acuta* n. sp. – D'ORBIGNY, p. 234, pl. 13, figs 4-5, pl. 14, figs 5-7.

2008. *Fursenkoina acuta* (D'ORBIGNY, 1846) – TÓTH & GÖRÖG, p. 199, pl. 1, fig. 14. cum. syn.

*Fursenkoina sarmatica* (VENGLINSKI, 1958)

Pl. 10, Fig. 1.

1958. *Virgulina sarmatica* n. sp. – VENGLINSKI, p. 137, pl. 29, figs 11, 12.

2008. *Fursenkoina sarmatica* (VENGLINSKI, 1958) – TÓTH & GÖRÖG, p. 199, pl. 2, fig. 1. cum. syn.

Főcsalád: Delosinacea PARR, 1950

Család: Caucasinidae N. K. BYKOVA, 1950

Alcsalád: Caucasininae N. K. BYKOVA, 1959

Nemzetség: *Caucasina* KHALILOV, 1951

*Caucasina schichkinskye* (SAMOYLOVA, 1947)

Pl. 9, Fig. 10.

1947. *Bulimina schichkinskye* n. sp. – SAMOYLOVA, On some new and characteristic species of foraminifera from the upper Paleogene in the Crimea. Soc. Nat. Moscou, Bull., Moscou, n. s. 52, (Sect. Geol. 22), 4, pp. 82, 100, pl. 10 (fide Ellis and Messina Catalogue).
2008. *Caucasina schichkinskye* (SAMOYLOVA, 1947) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 199-200, pl. 2, fig. 5. cum. syn.

Rend: Rotaliida LANKESTER, 1885

Főcsalád: Glabratellacea LOEBLICH & TAPPAN, 1964

Család: Glabratellidae LOEBLICH & TAPPAN, 1964

Nemzetség: *Schackoinella* WEINHANDL, 1958

*Schackoinella imperatoria* (D'ORBIGNY, 1846)

Pl. 10, Fig. 7.

1846. *Rosalina imperatoria* n. sp. – D'ORBIGNY, p. 176, pl. 10, figs 16-18.
2006. *Schackoinella imperatoria* (D'ORBIGNY) – FORDINÁL *et al.*, textfig. 3/6.
2008. *Schackoinella imperatoria* (D'ORBIGNY, 1846) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 200-201, pl. 2, fig. 6. cum. syn.

Főcsalád: Planorbulinacea SCHWAGER, 1877

Család: Cibicididae CUSHMAN, 1927

Alcsalád: Cibicidinae CUSHMAN, 1927

Nemzetség: *Lobatula* FLEMING, 1828

*Lobatula lobatula* (WALKER & JACOB, 1798)

Pl. 10, Figs 8-9, 11-12.

1798. *Nautilus lobatulus* n. sp. – WALKER & JACOB, In Kanmacher, F., Adams' Essays on the microscope. Dillon and Keating, London, England, p. 642, pl. 14, fig. 36 (fide Ellis and Messina Catalogue).

2008. *Lobatula lobatula* (WALKER et JACOB, 1798) – TÓTH & GÖRÖG, p. 201, pl. 2, figs 7, 8, 11, 12. cum. syn.

Főcsalád: Nonionacea SCHULTZE, 1854

Család: Nonionidae SCHULTZE, 1854

Alcsalád: Nonioninae SCHULTZE, 1854

Nemzetség: *Nonion* DE MONFORT, 1808

*Nonion bogdanowiczi* VOLOSHINOVA, 1952

Pl. 11, Figs 1-2.

1952. *Nonion bogdanowiczi* n. sp. – VOLOSHINOVA, p. 19, pl. 1, figs 7, 8.

1995. *Protelphidium bogdanowiczi* (VOLOSHINA) – ZLINSKÁ & FORDINÁL, pl. 26, fig. 1.

2006. *Nonion bogdanowiczi* VOLOSHINOVA – FORDINÁL *et al.*, textfig. 8.

2008. *Nonion bogdanowiczi* VOLOSHINOVA, 1952 – TÓTH & GÖRÖG, p. 202, pl. 2, figs 10, 14. cum. syn.

*Nonion commune* (D'ORBIGNY, 1825)

Pl. 10, Fig. 10.

1798. *Nautilus scapha* n. sp. – FICHTEL & MOLL, p. 105, pl. 19, figs d-f.

2008. *Nonion commune* (D'ORBIGNY, 1825) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 202-203, pl. 2, fig. 11. cum. syn.

Főcsalád: Rotaliacea EHRENBERG, 1839

Család: Rotaliidae EHRENBERG, 1839

Alcsalád: Ammoniinae SAIDOVA, 1981

Nemzetség: *Ammonia* BRÜNNICH, 1772

*Ammonia beccarii* (LINNÉ, 1758) *s. l.*

Pl. 11, Figs 3-4, 5, 6-7.

1758. *Nautilus beccarii* n. sp. – LINNAEUS, Systema Naturae, Holmiae, Suecia, 1, p. 710, pl. 1, figs 1a-c (fide Ellis and Messina Catalogue).

1994. *Ammonia beccarii* (LINNÉ) – FORDINÁL & ZLINSKÁ, pl. 14, figs 5-7.

2006. *Ammonia beccarii* (LINNÉ) – FORDINÁL *et al.*, textfig. 3/7.

2008. *Ammonia beccarii* (LINNÉ, 1758) *s. l.* – TÓTH & GÖRÖG, pp. 203-204, pl. 2, figs 15-19. cum. syn.

Család: Calcarinidae SCHWAGER, 1876

Nemzetség: *Elphidiella* CUSHMAN, 1936

*Elphidiella* aff. *serena* (VENGLINSKI, 1958)

Pl. 11, Figs 8-9.

1958. *Nonion serenus* n. sp. – VENGLINSKI, p. 102, pl. 20, fig. 6-7.

2008. *Elphidiella* aff. *serena* VENGLINSKI, 1958 – TÓTH & GÖRÖG, p. 204, pl. 3, figs 1, 2.

Család: Elphidiidae GALLOWAY, 1933

Alcsalád: Elphidiinae GALLOWAY, 1933

Nemzetség: *Cribroelphidium* CUSHMAN & BRÖNNIMANN, 1948

*Cribroelphidium* ex. gr. *granosum* (D'ORBIGNY, 1846)

Pl. 11, Figs 10-11.

1846. *Nonionina granosa* n. sp. – D'ORBIGNY, p. 110, pl. 5, figs 19, 20.

2008. *Cribroelphidium* ex. gr. *granosum* (D'ORBIGNY, 1846) – TÓTH & GÖRÖG, p. 204, pl. 3, figs 3, 4.

Nemzetség: *Elphidium* DE MONFORT, 1808

*Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY, 1846)

Pl. 11, Figs 12-13.

1846. *Polystomella aculeata* n. sp. – D'ORBIGNY, p. 131, pl. 6, figs 27, 28.

1994. *Elphidium aculeatum* (ORB.) – FORDINÁL & ZLINSKÁ, pl. 14, fig. 4.

1995. *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY) – ZLINSKÁ & FORDINÁL, pl. 26, fig. 4.

2006. *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY) – FORDINÁL *et al.*, textfig. 3/1.

2006. *Elphidium josephinum* (D'ORBIGNY) – FORDINÁL *et al.*, textfig. 3/2.

2008. *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY, 1846) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 204-205, pl. 3, figs 5, 6. cum. syn.

*Elphidium crispum* (LINNÉ, 1758)

Pl. 11, Figs 14-15.

1758. *Nautilus crispus* n. sp. – LINNAEUS, Systema Naturae, Holmiae, Suecia, 1, p. 709, pl. 1, figs 2d-e (fide Ellis and Messina Catalogue).

2008. *Elphidium crispum* (LINNÉ, 1758) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 205-206, pl. 3, figs 7, 8. cum. syn.

*Elphidium fichtelianum* (D'ORBIGNY, 1846)

Pl. 12, Fig. 1.

1846. *Polystomella Fichtelliana* n. sp. – D'ORBIGNY, p. 125, pl. 6, figs 7, 8.

2008. *Elphidium fichtelianum* (D'ORBIGNY, 1846) – TÓTH & GÖRÖG, p. 206, 3, fig. 9. cum. syn.

*Elphidium hauerinum* (D'ORBIGNY, 1846)

Pl. 12, Figs 2-4.

1846. *Polystomella Hauerina* n. sp. – D'ORBIGNY, p. 122, pl. 6, figs 5-10.

2008. *Elphidium hauerinum* (D'ORBIGNY, 1846) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 206-207, pl. 3, figs 10-12. cum. syn.

*Elphidium macellum* (FICHEL & MOLL, 1798)

Pl. 12, Figs 5-7, 10.

non 1798. *Nautilus macellus* n. sp. var.  $\alpha$  – FICHEL & MOLL, p. 66, pl. 10, figs e-g.

1798. *Nautilus macellus* n. sp. var.  $\beta$  – FICHEL & MOLL, p. 68, pl. 10, figs h,j,k.

1994. *Elphidium* sp. – FORDINÁL & ZLINSKÁ, pl. 14, fig. 3.

1995. *Elphidium macellum* (FICHEL et MOLL) – ZLINSKÁ & FORDINÁL, pl. 26, figs 2-3.

2008. *Elphidium macellum* (FICHEL et MOLL, 1798) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 207-208, pl. 3, figs 13-15. cum. syn.

*Elphidium obtusum* (D'ORBIGNY, 1846)

Pl. 12, Fig. 8.

1846. *Polystomella obtusa* n. sp. – D'ORBIGNY, p. 124, pl. 6, figs 5, 6.

2008. *Elphidium obtusum* (D'ORBIGNY, 1846) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 207-208, pl. 3, fig. 16. cum. syn.

*Elphidium* aff. *pulvereum* TODD, 1958

Pl. 12, Fig. 9.

1985. *Elphidium pulvereum* n. sp. – TODD, Foraminifera from western Mediterranean deep-sea cores. Swedish Deep-Sea Expedition 1947-48, Repts. 8/2/3, p. 201, pl. 1, figs 19, 20 (fide Ellis and Messina Catalogue)

2008. *Elphidium* aff. *pulvereum* TODD, 1958 – TÓTH & GÖRÖG, pp. 208-209, pl. 3, fig. 17.

*Elphidium ex. gr. puscharovski* SEROVA, 1955

Pl. 12, Fig. 12.

1970. *Elphidium puscharovski* SEROVA – DIDKOWSKI & SATANOVSKAJA, p. 123, pl. 74, fig. 4a-b. (holotype)

2008. *Elphidium ex. gr. puscharovski* SEROVA, 1955 – TÓTH & GÖRÖG, p. 209, pl. 3, fig. 19.

*Elphidium reginum* (D'ORBIGNY, 1846)

Pl. 12, Fig. 11.

1846. *Polystomella regina* n. sp. – D'ORBIGNY, p. 129, pl. 6, figs 23, 24.

2006. *Elphidium reginum* (D'ORBIGNY) – FORDINÁL *et al.*, textfig. 3/3-5.

2008. *Elphidium reginum* (D'ORBIGNY, 1846) – TÓTH & GÖRÖG, pp. 209-210, pl. 3, fig. 18. cum. syn.

## 6.2. A vizsgált magyarországi szarmata rétegek kagylósrák faunája

A kagylósrák fajok nagyobb taxonómiai egységekbe való besorolását HARTMANN és PURI (1974) munkája alapján készítettem. A meghatározott kagylósrák taxonok rétegtani és térbeli elterjedését a 8. táblázat és a Melléklet tartalmazza. A leírásban illetve az ábrákon az alábbi rövidítéseket használtam:

JT/VD/RV = jobb teknő/valve droite/right valve

BT/VG/LV = bal teknő/valve gauche/left valve

Törzs: Arthropoda SIEBOLD et STANNIUS, 1845

Altörzs: Crustacea PENNANT, 1777

Osztály: Ostracoda LATREILLE, 1802

Rend: Podocopida G. W. MÜLLER, 1894

Alrend: Podocopa SARS, 1866

Főcsalád: Cytheracea BAIRD, 1850

Család: Cytheridae BAIRD, 1850

Alcsalád: Cytherinae BAIRD, 1850

Nemzetség: *Cnestocythere* TRIEBEL, 1950

*Cnestocythere* aff. *truncata* (REUSS, 1850)

Pl. 1, Figs 1-3, 6.

1850. *Cytherina truncata* n. sp. – REUSS, p. 79, pl. 10, fig. 15.

2008. *Cnestocythere* aff. *truncata* (REUSS, 1850) – TÓTH, pp. 108-109, pl. 1, figs 1-4.

Család: Leptocytheridae HANAI, 1957

Alcsalád: Leptocytherinae HANAI, 1957

Nemzetség: *Amniccythere* DEVOTO, 1965

*Amniccythere tenuis* (REUSS, 1850) s. l.

Pl. 1, Figs 4-5, 7-8.

1850. *Cytherina tenuis* n. sp. – REUSS, p. 53, pl. 8, fig. 14.

2004. *Leptocythere tenuis* (REUSS, 1850) s. l. – TÓTH, pp. 133-134, pl. 2, figs 1-3. cum. syn.

2008. *Amniccythere tenuis* (REUSS, 1850) s. l. – TÓTH, pp. 109-110, pl. 3, figs 1-4. cum. syn.

*Annicythere* (?) sp.

Pl. 1, Fig 9.

Nemzetség: *Callistocythere* RUGGIERI, 1953

*Callistocythere egregia* (MÉHES, 1908)

Pl. 1, Figs 10-12.

1908. *Cythere egregia* n. sp. – MÉHES, pp. 546-548, pl. 9, figs 17-23.

2004. *Callistocythere egregia* (MÉHES, 1908) – TÓTH, p. 135, pl. 1, figs 1-4. cum. syn.

2008. *Callistocythere egregia* (MÉHES, 1908) – TÓTH, pp. 110-111, pl. 3, figs 5. cum. syn.

*Callistocythere incostata* PIETRZENIUK, 1973

Pl. 2, Figs 1-2.

1973. *Callistocythere incostata* n. sp. – PIETRZENIUK, pp. 714-716, pl. 2, figs 9, 10, pl. 6, figs 7-9, textfig. 10.

2008. *Callistocythere incostata* PIETRZENIUK, 1973 – TÓTH, p. 111, pl. 3, figs 7, 8. cum. syn.

*Callistocythere maculata* PIETRZENIUK, 1973

Pl. 2, Fig. 4.

1973. *Callistocythere maculata* n. sp. – PIETRZENIUK, pp. 718-719, pl. 1, fig. 4, pl. 2, figs 11, 12, pl. 5, figs 5-7, textfigs 13, 14.

2004. *Callistocythere maculata* PIETRZENIUK, 1973 – TÓTH, pp. 133-134, pl.1, figs 5, 6. cum. syn.

*Callistocythere postvallata* PIETRZENIUK, 1973

Pl. 2, Fig. 3.

1973. *Callistocythere postvallata* n. sp. – PIETRZENIUK, pp. 709-711, pl. 1, fig. 7, pl. 2, figs 3, 4, textfigs 5, 6.

2008. *Callistocythere postvallata* PIETRZENIUK, 1973 – TÓTH, pp. 111-112, pl. 3, fig. 6. cum. syn.

*Callistocythere tokajensis* PIETRZENIUK, 1973

Pl. 2, Figs 5-6.

1973. *Callistocythere tokajensis* n. sp. – PIETRZENIUK, pp. 705-706, pl. 1, fig. 3, pl. 2, figs 1, 2, pl. 3, figs 5-8, textfigs 2-3.

2008. *Callistocythere tokajensis* PIETRZENIUK, 1973 – TÓTH, p. 134, pl. 1, figs 7-8. cum. syn.

Nemzetség: *Euxinocythere* STANCHEVA, 1968

*Euxinocythere (Euxinocythere) diafana* (STANCHEVA, 1963)

Pl. 3, Figs 1-2.

1963. *Leptocythere diafana* n. sp. – STANCHEVA, pp. 21, 44, 54, pl. 3, fig. 11.

2008. *Euxinocythere (Euxinocythere) diafana* (STANCHEVA, 1963) – TÓTH, p. 112, pl. 1, figs. 5, 6. cum. syn.

*Euxinocythere (Euxinocythere) naca* (MÉHES, 1908)

Pl. 3, Fig. 3.

1908. *Cythere naca* n. sp. – MÉHES, pp. 548-549, pl. 10, figs 8-12.

2008. *Euxinocythere (Euxinocythere) naca* (MÉHES, 1908) – TÓTH, pp. 112-113, pl. 1, fig. 7. cum. syn.

*Euxinocythere (Euxinocythere) praebosqueti* (SUZIN, 1956)

Pl. 2, Figs 7-12.

1956. *Leptocythere praebosqueti* n. sp. – SUZIN, p. 83, pl. 3, figs 2-4.

1990. *Euxinocythere (Euxinocythere) praebosqueti* (SUZIN, 1956) – TÓTH, p. 114, pl. 2, figs 1-5. cum. syn.

Nemzetség: *Leptocythere* SARS, 1928

*Leptocythere cejcensis* ZELENKA, 1990

Pl. 3, Figs 4- 6.

1990. *Leptocythere cejcensis* n. sp. – ZELENKA, pl. 2, fig. 4.

2000. *Leptocythere* cf. *cejcensis* (sic!) ZELENKA, 1990 – SZCZUCHURA, pl. 7, fig. 1-3.

*Anyag*: Csákvár-11: 5 JT, 3 BT, Csákvár-9: 49 JT, 52 BT.

*Méret (mm)*: L = 0,56-0,61 mm; H = 0,26-0,3 mm; L/H = 1,96-2,21.

*Leírás*: A bal teknő külső laterális nézetében a teknő körvonala megnyúlt, közel rombusz alakú; az anterior körvonal aszimmetrikusan lekerekített; a dorsalis körvonal közel egyenes; a posterior perem erősen aszimmetrikusan lekerekített, felső ága caudális szögletként kiugrik, a jobb teknő posterior pereme kevésbé aszimmetrikus, mint a bal teknőé; a ventrális perem mellső részén enyhe beöblösödés figyelhető meg; a teknő magassága közel azonos mindenhol, kivéve a disztális részeket; a mellső peremhez közel jól fejlett sulcus található; szemcsomó nincs.

Díszítés: A teknő felszíne gödörkézett; a peremekkel párhuzamosan a szegélyeknél koncentrikus elhelyezkedésű finom ráncok találhatóak.

*Variációk*: A teknők díszítése erősen redukálódhat. Ez összefüggésbe hozható a Paratethys medencéjében a szarmatában kialakuló stresszkörnyezettel. Az átmeneti formák jelenléte kizárja a több fajba való besorolás lehetőségét.

*Elterjedés*: felső-szarmata: Szlovákia (ZELENKA, 1990), Lengyelország (SZCZUCHURA, 2000) Csákvár környéke (vizsgálataim alapján).

Család: Cytherideidae SARS, 1925

Alcsalád: Cytherideinae SARS, 1925

Nemzetség: *Cyamocytheridea* OERTLI, 1956

*Cyamocytheridea derii* (ZALÁNYI, 1913)

Pl. 3, Fig. 12.

1913. *Cytheridea Dérii* n. sp. – ZALÁNYI, pp. 103-105, pl. 6, figs 12-14, fig. 18.

2008. *Cyamocytheridea derii* (ZALÁNYI, 1913) – TÓTH, pp. 114-115, pl. 4, fig. 5. cum. syn.

*Cyamocytheridea leptostigma leptostigma* (REUSS, 1850)

Pl. 3, Figs 7-11.

1850. *Cytherina leptostigma* n. sp. – REUSS, p. 57, pl. 8, fig. 28.

2008. *Cyamocytheridea leptostigma leptostigma* (REUSS, 1850) – TÓTH, pp. 115-116, pl. 4, figs 1-4, 6. cum. syn.

Nemzetség: *Cyprideis* JONES, 1857

*Cyprideis pannonica* (MÉHES, 1908)

Pl. 4, Figs 1-2.

1908. *Cytheridea pannonica* n. sp. – MÉHES, pp. 553-555, pl. 11, fig. 6-14.

1929. *Cytheridea pannonica* MÉHES – ZALÁNYI, pp. 73-81, fig. 35-36.

1945. *Cyprideis pannonica* (MÉH.) – POKORNY, pp. 292-293, pl. 1, fig. 3-4.

1958. *Cyprideis pannonica* (MÉHES) – KOLLMANN, p. 163, pl. 13, fig. 1-4.

1963. *Cyprideis pannonica* (MÉHES) – SZÉLES, pl. 6, fig. 1-2.

1964. *Cyprideis pannonica pannonica* (MÉHES) – DECIMA, pp. 104-107, pl. 5, fig. 5–10, pl. 4, fig. 1-2, pl. 14, fig. 13-15.

1966. *Cyprideis pannonica* MÉHES – HANGANU, pl. 40, fig. 2.

1970. *Cyprideis pannonica* (MÉHES) – TRELEA-PAGHIDA *et al.*, pp. 111-112, pl. 3, fig. 10.

1974. *Cyprideis pannonica* (MÉHES, 1908) – CERNAJSEK, pp. 473-474, pl. 2, fig. 5.

1975. *Cyprideis pannonica* (MÉHES) – IONESI & CHINTÁUAN, pl. 1, fig. 3.

1976. *Cyprideis pannonica* (MÉHES) – CHINTÁUAN & NICOROCI, p. 12, pl. 1, fig. 5-7.

1978. *Cyprideis pannonica* (MÉHES) – CARBONNEL, pl. 1, fig. 11-13.

1978. *Cyprideis pannonica* MÉHES – BENSON, pl. 2, fig. 4-8.

1979. *Cyprideis (Cyprideis) pannonica* (MÉHES, 1908) – BASSIOUNI, pp. 84-85, pl. 1, fig. 1-6.

?1985. *Cyprideis pannonica* (MÉHES) – IONESI & CHINTÁUAN, pl. 1, fig. 2.

1985. *Cyprideis pannonica* (MÉHES, 1908) – JIŘIČEK, p. 396, pl. 53, fig. 1-4.

*Anyag*: Csákvár-11: 19 JT, 20 BT, Csákvár-9: 92 JT, 79 BT.

*Méret (mm)*: L= 0,32-0,36 mm, H= 0,17-0,18, L/H= 1,93-1,94.

*Leírás*: A jobb teknő külső laterális nézetében a teknő körvonala megnyúlt, közel trapéz alakú; az anterior körvonal szélesen és közel szimmetrikusan lekerekített; a dorsalis körvonal közel egyenes; a posterior körvonal erősen aszimmetrikus, felső ága enyhén lecsapott; a ventrális körvonal a posterior peremhez közel enyhén beöblösödik; a magasság anterior helyzetű; szemcsomó nincs.

Diszítés: A teknő sűrűn pontozott.

*Variációk:* A teknő díszítésének erőssége variál. A pontozott díszítés szinte teljesen redukálódhat. Az átmeneti formák jelenléte kizárja, hogy a díszített és a majdnem sima példányok különböző fajba tartoznának.

*Elterjedés:* szarmata: Bécsi-medence (Ausztria) (CERNAJSEK, 1974), Románia (IONESI & CHINTĂUAN, 1975; CHINTĂUAN & NICOROCI, 1976), felső-szarmata: Csákvár környéke (vizsgálataim alapján); felső-miocén: Törökország (BASSIUNI, 1979); pannóniai: Magyarország (MÉHES, 1908; SZÉLES, 1963), Szlovákia (JIŘÍČEK, 1985), Cseh Köztársaság (POKORNY, 1945); Kelet-Ausztria (KOLLMANN, 1958); pliocén: Szerbia (ZALÁNYI, 1929), Románia (HANGANU, 1966).

*Cyprideis pokorny* JIŘÍČEK, 1974

Pl. 4, Figs 3, 6.

1974. *Cyprideis pokorny* n. sp. - JIŘÍČEK, p. 439, pl. 2, fig. 1-4.

*Anyag:* Csákvár-9: 9 JT, Csákvár-11: 3 JT.

*Méret (mm):* H=0,35-0,41 mm, L=0,66-0,72 mm, L/H= 1,67-1,83.

*Leírás:* A jobb teknő külső laterális nézetében a teknő körvonala közel négyszög alakú; az anterior körvonal szélesen és közel szimmetrikusan lekerekített; a dorsalis körvonal domború és megtörik a teknő hosszának felénél; a posterior körvonal erősen aszimmetrikus; a ventrális körvonal közel; a magasság anterior helyzetű; szemcsomó nincs.

*Díszítés:* A teknő sűrűn pontozott; a kis gödörkék koncentrikus helyzetűek. Az anterior perem alsó ága 6-7 nagyobb fogacskát visel, melyek mérete közel azonos. Posterior körvonal alsó ága 5-7 nagyobb fogacskát visel, melyek mérete a ventrális oldal felé nő.

*Elterjedés:* felső-szarmata: Bécsi-medence (Szlovákia) (JIŘÍČEK, 1974), Csákvár környéke (vizsgálataim alapján).

Nemzetség: *Hemicyprideis* SARS, 1925

*Hemicyprideis dacica dacica* (HÉJJAS, 1895)

Pl. 4, Figs 4-5.

1895. *Cytheridea dacica* n. sp. – HÉJJAS, pp. 59-60, 103, pl. 4, figs 10a-c.

2004. *Hemicyprideis dacica dacica* (HÉJJAS, 1894) – TÓTH, pp. 135-136, pl. 2, figs 4-8. cum. syn.

2008. *Hemicyprideis dacica dacica* (HÉJJAS, 1895) – TÓTH, pp. 116-117, pl. 4, figs 7, 8. cum. syn.

Nemzetség: *Cytheridea* BOSQUET, 1852

*Cytheridea hungarica* ZALÁNYI, 1913

Pl. 4, Figs 7-11.

1913. *Cytheridea hungarica* n. sp. – ZALÁNYI, pp. 92-94, pl. 5, figs 11-14, textfig. 3, 11.

2004. *Cytheridea hungarica* ZALÁNYI, 1913 – TÓTH, pp. 136-137, pl. 3, figs 1-6. cum. syn.

2008. *Cytheridea hungarica* ZALÁNYI, 1913 – TÓTH, pp. 117-118, pl. 5, figs 1-4. cum. syn.

Nemzetség: *Miocyprideis* KOLLMANN, 1960

*Miocyprideis janoscheki* KOLLMANN, 1958

Pl. 5, Figs 1-3, 6.

1958. *Miocyprideis janoscheki* n. sp. – KOLLMANN, p. 178, pl. 3, fig. 3, pl. 12, figs 6, 7, pl. 18, figs 1-6, 9-11, 14-17, pl. 19, fig. 18, pl. 20, fig. 14.

2008. *Miocyprideis janoscheki* KOLLMANN, 1958 – TÓTH, p. 118, pl. 5, figs 5, 6. cum. syn.

*Miocyprideis sarmatica* (ZALÁNYI, 1913)

Pl. 4, Fig. 12.

1913. *Cytheridea punctillata* G. S. BRADY var. *sarmatica* n. var. – ZALÁNYI, pp. 101-102, pl. 6, figs 9-11, textfig. 16.

2004. *Miocyprideis sarmatica* (ZALÁNYI, 1913) – TÓTH, p. 137, pl. 3, figs 7-8. cum. syn.

2008. *Miocyprideis sarmatica* (ZALÁNYI, 1913) – TÓTH, p. 119, pl. 6, fig. 1. cum. syn.

Család: Hemicytheridae PURI, 1953

Alcsalád: Hemicytherinae PURI, 1953

Nemzetség: Hemicytheria POKORNÝ, 1952

*Hemicytheria hungarica* (MÉHES, 1908)

Pl. 5, Figs 4-5.

1908. *Cythereis hungarica* n. sp. - MÉHES, pp. 562-563, pl. 8, fig. 7-9.

1941. *Cythereis hungarica* MÉHES, 1907 - MÉHES, pp. 31-32, pl. 1, fig. 4-5, p. 42, pl. 4, fig. 14-15.

1953. *Cythereis hungarica* MEHES - SCHNEIDER, pp. 117-118, pl. 2, fig. 2.

1963. *Heterocythereis (Hemicytheria) hungarica* (MÉHES) – DORNIĆ & KHEIL, pl. 3, fig. 9.

1985. *Aurila (Hemicytheria) hungarica* (MÉHES) – KRSTIĆ, pl. 14, fig. 2.

*Anyag*: Csákvár11: 4 JT, 3BT, Csákvár-9: 3 JT, 2 BT.

*Méret (mm)*: L= 0,78-0,79 mm, H= 0,47-0,48 mm, L/H= 1,65-1,66.

*Leírás*: A bal teknő külső laterális nézetében a teknő körvonala fülalakú; a mellső perem aszimmetrikusan lekerekített, enyhén ferde anterodorsalisán; a dorsalis körvonal enyhén domború és fokozatosan hajlik a posterior körvonal felé; a hátsó perem felső ága homorú, míg alsó része domború; a ventrális perem enyhe beöblösödést mutat a teknő középhossza előtt; a teknő maximális magassága anterior helyzetű; az anterodorsalis szögletnél fejlett szemcsomó található.

Díszítés: A teknő felszíne gödörkézett; a teknő peremei mentén a gödörkék összeolvadása hálózatos díszítést eredményez; két gyenge borda található az anterodorsalis és a ventrális perem mentén; az anterodorsalis bordák közül a belső a szemcsomóból ágazik ki; gödörkék száma az izomheg-tájékon (muscle scar-area) lecsökken.

*Elterjedés*: szarmata: Bécsi-medence (Szlovákia) (DORNIĆ & KHEIL, 1963), Kaukázus környéke (Keleti-Paratethys) (SCHNEIDER, 1953), felső-szarmata: Csákvár környéke (vizsgálataim alapján); pannóniai: Magyarország (MÉHES, 1908), Szerbia (KRSTIĆ, 1985). Magyarországon a legfelső-szarmata rétegekből került elő néhány példánya, majd a pannóniai emeletben válik igazán gyakorivá.

*Hemicytheria omphalodes* (REUSS, 1850)

Pl. 5, Figs 7-12.

1850. *Cypridina omphalodes* n. sp. – REUSS, p. 75, pl. 10, fig. 7.

2004. *Hemicytheria omphalodes* (REUSS, 1850) – TÓTH, pp. 137-138, pl. 4, figs 1-3. cum. syn.

2008. *Hemicytheria omphalodes* (REUSS, 1850) – TÓTH, pp. 119-120, pl. 6, figs 2-6. cum. syn.

Nemzetség: *Aurila* POKORNÝ, 1955

*Aurila mehesi* (ZALÁNYI, 1913)

Pl. 6, Figs 1-3, 6.

1913. *Cythereis Méhesi* n. sp. – ZALÁNYI, pp. 109-111, pl. 7, figs 4-10, textfigs 2, 22.

2004. *Aurila méhesi* (ZALÁNYI, 1913) – TÓTH, pp. 138-139, pl. 4, figs. 4-7. cum. syn.

2008. *Aurila mehesi* (ZALÁNYI, 1913) – TÓTH, pp. 120-121, pl. 7, figs. 5-7. cum. syn.

*Aurila merita* (ZALÁNYI, 1913)

Pl. 6, Figs 4-5.

1913. *Cythereis merita* n. sp. – ZALÁNYI, pp. 117-118, textfigs 4, 27.

2008. *Aurila merita* (ZALÁNYI, 1913) – TÓTH, pp. 121-122, pl. 8, figs. 1, 2. cum. syn.

*Aurila notata* (REUSS, 1850)

Pl. 6, Figs 7-12.

1850. *Cypridina notata* n. sp. – REUSS, p. 66, pl. 9, fig. 16.

2008. *Aurila notata* (REUSS, 1850) – TÓTH, pp. 121-122, pl. 8, figs. 3-7. cum. syn.

Nemzetség: *Senesia* JIŘIČEK, 1974

*Senesia vadaszi* (ZALÁNYI, 1913)

Pl. 7, Figs 1-3, 6.

1913. *Cythereis Vadászi* n. sp. – ZALÁNYI, pp. 123-124, pl. 8, figs 16-18, textfigs 4e, 30.

2004. *Senesia vadaszi* (ZALÁNYI, 1913) – TÓTH, pp. 139-140, pl. 5, figs 3-6. cum. syn.

2008. *Senesia vadaszi* (ZALÁNYI, 1913) – TÓTH, pp. 123-124, pl. 7, figs 1-4. cum. syn.

Nemzetség: *Tenedocythere* SISSINGH, 1972

*Tenedocythere cruciata* BONADUCE, RUGGIERI et RUSSO, 1986

Pl. 7, Fig. 5.

1986. *Tenedocythere cruciata* n. sp. – BONADUCE, RUGGIERI & RUSSO, p. 532, pl. 6, figs 1-4, pl. 9, fig. 7.

2004. *Tenedocythere cruciata* BONADUCE, RUGGIERI et RUSSO, 1986 – TÓTH, p. 139, pl. 5, figs 1, 2. cum. syn.

2008. *Tenedocythere cruciata* BONADUCE, RUGGIERI and RUSSO, 1986 – FARANDA *et al.*, p. 297, pl. 5, fig. 13.

Család: *Loxoconchidae* SARS, 1925

Nemzetség: *Loxoconcha* SARS, 1866

*Loxoconcha kochi* MÉHES, 1908

Pl. 7, Fig. 4.

1908. *Loxoconcha kochi* n. sp. – MÉHES, pp. 543-544, pl. 9, figs 5-9.

2008. *Loxoconcha kochi* MÉHES, 1908 – TÓTH, p. 124, pl. 9, fig. 6. cum. syn.

*Loxoconcha laeta* STANCHEVA, 1963

Pl. 7, Fig. 12.

1963. *Loxoconcha laeta* n. sp. – STANCHEVA, pp. 34-35, pl. 6, fig. 9.

1990. *Loxoconcha laeta* STANCHEVA, 1963 – STANCHEVA, pp. 88-89, pl. 31, figs 5-6.

*Anyag:* Tinnye: 20 BT, 12 JT, Zsámbék: 91 JT, 182 BT.

*Méret (mm):* L= 0,72-0,75 mm, H= 0,39-0,41 mm, L/H=1,83-1,84.

*Leírás:* A bal teknő külső laterális nézetében a teknő körvonala megnyúlt, ovális, közel rombusz alakú; az anterior körvonal aszimmetrikusan lekerekített, felső fele enyhén lecsapott; a dorsalis körvonal közel egyenes; a posterior körvonal erősen aszimmetrikus, felső ága ferdén lecsapott, enyhén homorú, míg alsó fele domború és folyamatos átmenettel hajlik át a ventrális körvonalba; a ventrális körvonal a teknő középhosszánál enyhén beöblösödik; a maximális magasság a teknő hosszának felénél helyezkedik el; a szemcsomó sima és jól fejlett.

Diszítés: A teknő felszínén erős koncentrikus hálózatos díszítettség figyelhető meg.

*Variációk:* Szexuális dimorfizmus: a hímek megnyúltabbak, mint a nőstény egyedek.

*Rétegtani és földrajzi elterjedés:* volhyniai, besszarabai: Középső- és Keleti-Paratethys (É-Bulgária (STANCHEVA, 1963, 1990); felső-szarmata: Zsámbéki-medence peremi feltárásai (vizsgálataim alapján).

*Loxoconcha porosa* MÉHES, 1908

Pl. 7, Figs 7-11.

1908. *Loxoconcha porosa* n. sp. – MÉHES, pp. 542-543, pl. 8, figs 10-14.

2008. *Loxoconcha kochi* MÉHES, 1908 – TÓTH, pp. 124-125, pl. 9, fig. 3-5. cum. syn.

*Loxoconcha* ex gr. *punctatella* (REUSS, 1850)

Pl. 8, Figs 1-2.

1850. *Cypridina punctatella* n. sp. – REUSS, p. 65, pl. 9, fig. 15.

2004. *Loxoconcha* ex gr. *punctatella* (REUSS, 1850) – TÓTH, p. 140, pl. 6, figs 1, 2. cum. syn.

2008. *Loxoconcha* ex gr. *punctatella* (REUSS, 1850) – TÓTH, p. 125, pl. 10, figs 1, 2. cum. syn.

*Loxoconcha subcrassula* SUZIN, 1956

Pl. 8, Fig. 3.

1956. *Loxoconcha subcrassula* n. sp. – SUZIN, p. 74-75, pl. 6, figs 16-17.

1972. *Loxoconcha subcrassula* SUZIN, 1956 – STANCHEVA, p. 111, pl. 3, fig. 8.

1990. *Loxoconcha subcrassula* SUZIN, 1956 – STANCHEVA, pp. 95-96, pl. 32, figs 5-6.

2006. *Loxoconcha* cf. *curiosa* SCHNEIDER, 1962 – GROSS & PILLER, pp. 71-72, pl. 39, figs 1-12.

*Anyag:* Budapest: 1 BT, Mány-17: 1 JT, 4BT, Perbál-5: 1 BT, Mány-22: 1 BT, Telkibánya-2:

1 JT, 3BT, Telkibánya-1: 3 JT, 4 BT, Füzér-8: 2 BT, Füzérradvány: 1 JT, 1 BT.

*Méret (mm):* L= 0,47-0,49 mm, H= 0,31-0,32 mm, L/H=1,52-1,53.

*Leírás:* A bal teknő külső laterális nézetében a teknő körvonala ovális, közel rombusz alakú; az anterior körvonal aszimmetrikusan lekerekített, felső fele enyhén lecsapott; a dorsalis körvonal enyhén domború; a posterior körvonal erősen aszimmetrikus, felső ága enyhén homorú, míg alsó fele inkább domború; a ventrális körvonal a teknő hosszának kb. egyharmadánál enyhén beöblösödik; a maximális magasság a teknő hosszának felénél helyezkedik el; a szemcsomó sima és jól fejlett.

*Díszítés:* A teknő felszínén, főleg a peremek közelében, finom koncentrikus hálózatos díszítettség és finom gödörkézettség figyelhető meg.

*Variációk:* Szexuális dimorfizmus: a hímek megnyúltabbak, mint a nőstény egyedek.

*Rétegtani és földrajzi elterjedés:* besszarábai: Kubán-folyó medencéje (Oroszország) (SUZIN, 1956), ÉK-Bulgária (STANCHEVA, 1972, 1990); felső-bádeni – alsó-szarmata: Kelet-Ausztria (GROSS & PILLER, 2006); szarmata: Zsámbéki-medence (medencebelseji fúrások) és Tokaji-hegység (vizsgálataim alapján).

Nemzetség: *Loxocorniculum* BENSON and COLEMAN, 1963

*Loxocorniculum hastatum* (REUSS, 1850)

Pl. 8, Figs 4-5.

1850. *Cypridina hastata* n. sp. – REUSS, p. 69, pl. 9, fig. 26.

2004. *Loxocorniculum hastata* (REUSS) – TÓTH, pp. 141-142, pl. 6, figs 3-7. cum. syn.

2008. *Loxocorniculum hastatum* (REUSS) – TÓTH, pp. 125-126, pl. 9, figs 1, 2. cum. syn.

*Loxocorniculum schmidi* (CERNAJSEK, 1974)

Pl. 8, Figs 6, 9.

1974. *Loxoconcha schmidi* n. sp. – CERNAJSEK, p. 479, pl. 3, figs 7, 8.

2004. *Loxocorniculum schmidi* (CERNAJSEK) – TÓTH, pp. 141, pl. 7, figs 1-2. cum. syn.

Család: Xestoleberididae SARS, 1928

Nemzetség: *Xestoleberis* SARS, 1866

*Xestoleberis fuscata* SCHNEIDER, 1953

Pl. 8, Figs 7-8, 10-11.

1953. *Xestoleberis fuscata* n. sp. – SCHNEIDER, pp. 108-109, pl. 4, fig. 7.

2004. *Xestoleberis fuscata* SCHNEIDER – TÓTH, pp. 142-143, pl. 7, figs 3-5. cum. syn.

2008. *Xestoleberis fuscata* SCHNEIDER – TÓTH, p. 126, pl. 10, figs 3-5. cum. syn.

Család: Paradoxostomatidae BRADY and NORMAN, 1889

Nemzetség: *Cytherois* G. W. MÜLLER, 1884

*Cytherois sarmatica* (JIŘIČEK, 1974)

Pl. 8, Figs 12-13.

1974. *Argilloecia sarmatica* n. sp. – JIŘIČEK, pp. 440-441, pl. 2, figs 9-10.

2004. *Cytherois sarmatica* (JIŘIČEK) – TÓTH, pp. 142-143, pl. 7, figs 6-7. cum. syn.

## 7. Értékelés és az eredmények összefoglalása

A Paratethys bádeni korszak végén kezdődő és a szarmatában kitejesedő végleges izolációja medencéjében egy különleges fauna kialakulását eredményezte. Fő céloom az volt, hogy rekonstruáljam azokat a környezeti változásokat, melyek a szarmata tenger egykori élővilágára hatottak, és a fauna összetételét meghatározták. Az ökoszisztémái értékeléshez a magyarországi szarmata kagylósrák fauna részletes taxonómiai, biosztratigráfiai és ökoszisztémái értékelését végeztem el, mert ennek az ősmaradványcsoportnak jelentős környezetjelző szerepe, így jól alkalmazható paleoökológiai értékelésre. Eredményeimet kiegészítettem a szarmata foraminifera faunából levonható következtetésekkel részben saját vizsgálataim, részben az irodalmi adatok alapján. Ahol szükséges volt, elvégeztem a foraminifera fauna taxonómiai feldolgozását is. Az őslénytani vizsgálatok mellett a Zsámbéki-medencéből két fúrás (Mány-17, Mány-22) szarmata faunájának karbonátos vázából (csiga, ostracoda, foraminifera) stabilizotópos és nyomelem-vizsgálatokat is végeztem. A geokémiai vizsgálatokhoz a két fúrás kiválasztása a rendelkezésre álló szarmata képződmények közül az alapján történt, hogy csaknem teljes szarmata rétegsort harántoltak. Így lehetőség nyílt a változások folyamatos nyomon követésére a szarmata folyamán. Az ökoszisztémái értékeléshez geokémiai számításokat is készítettem, melyek alapján becsléseket adtam a szarmata tenger hőmérsékletére és sótartalmára. Ehhez oxigénizotópos méréseket végeztem szárazföldi szarmata lelőhelyekről (Tășad és Felsőtárkány) származó foszfátanyagú rágcsálófogakból. Őslénytani vizsgálataimat a fent említett két fúráson kívül egyéb zsámbéki, mányi fúrások és felszíni feltárások mikrofaunája alapján, ill. budajenői, csákvári, polgárdi, budapesti, duna-tisza közei fúrások és mecseki és tokaji kézifúrások, kutatóaknáknak és felszíni feltárások mintái alapján készítettem. A vizsgált szarmata sorozatok mind a Középső-Paratethys egykori medencéjének központi részéből származnak, így eredményeim, ökoszisztémái rekonstrukcióm is erre a területre szorítkozik. Bár végeztem vizsgálatokat a Dráva-medencei szarmata képződményekből is, mely medencerészben PARAMONOVA és munkatársai (2004) vizsgálatai alapján a centrális medencerészhez képest mélyebbvízi környezet uralkodott a szarmatában. A vizsgált sorozat mikro-, illetve makrofaunát nem tartalmazott. A szedimentológiai és közettani jellegzetességei és a fauna hiánya alapján azonban egy folyamatosan mélyülő medencebelseji, feltételezhetően anoxikus környezetet lehetett rekonstruálni a Középső-Paratethys ezen részmedencéjében.

Értékelésemben első lépésként a mikrofauna sztratigráfiai szempontú feldolgozását végeztem el, hiszen a szarmatában lejátszódott környezeti változások időbeli nyomon követése ez alapján lehetséges. Majd a meghatározott kagylósrák fauna fajösszetételének főbb jellemzőit foglalom össze, összehasonlítva a Középső-Paratethys egyéb részmedencéinek faunáival. Ennek segítségével képet kaphatunk arról, mennyire egységes a szarmata fauna. Ezt az összevetést a budapesti foraminifera fauna vizsgálata során is megtettem. A különböző medencék faunáinak hasonlósága, illetve különbözősége utalhat a tengeri kapcsolatok meglétére, hiányára illetve, szorosságára. Végül pedig a Középső-Paratethys vizsgált részmedencéjében lejátszódott környezeti változásokat próbáltam rekonstruálni a mikrofauna és a geokémiai adatok értékelése alapján.

### 7.1. A kagylósrák és foraminifera fauna sztratigráfiai értékelése

Az általam vizsgált kagylósrák fauna sztratigráfiai értékelésének célja az volt, hogy megvizsgáljam, mennyire különíthetőek el a magyarországi szarmata sorozatokban a JIŘIČEK (1983) és ZELENKA (1990) által elkülönített ostracoda biozónák, és mennyire párhuzamosíthatóak a rétegek a vizsgált fauna alapján (3. ábra). Vizsgálataim alapjául azoknak a fúrásoknak a faunáját választottam ki (Mány-17, Mány-22 és Perbál-5), melyek csaknem teljes szarmata rétegsort harántoltak, és foraminifera faunájuk sztratigráfiai értékelése már rendelkezésemre állt (GÖRÖG, 1992). Így lehetőségem nyílt a foraminifera zonációval való összehasonlításra is. Majd a többi terület ostracoda faunájának rétegtani értékelését ezek alapján végeztem el.

A zsámbéki fúrások kagylósrák együttese alapján a legelső szarmata *Cytheridea hungarica* - *Aurila mehesi* Együttes-zóna (JIŘIČEK, 1983; ZELENKA, 1990) jól elkülöníthető a vizsgált szarmata sorozatokban (3. ábra). A kagylósrák biozóna, a molluszka fauna alapján elkülönített Kozárdi alemelet és az *Elphidium reginum* foraminifera zóna felső határai a vizsgált fúrásokban teljesen egybeesnek. Vizsgálataim alapján a *Cytheridea hungarica* és *Aurila mehesi* fajok egyedszámának, illetve meglétének vagy hiányának változékonysága időben és térben a Középső-Paratethys medencéjén belül erős fációs függőséget tükröz. A két faj mennyiségének változását a különböző rétegekben az aljzat milyensége határozta meg, mivel az utóbbi nemzetség inkább a homokos aljzatot kedveli (HARTMANN, 1975), ezért van szükség mindkét taxon elterjedésére a zóna definiálásakor. A vizsgált magyarországi képződmények kagylósrák faunája alapján összesen 22 ostracoda taxon alkotja a zóna fauna

együttesét, melyből kilenc taxon csak erre a zónára korlátozódó endemikus alak, négy az idősebb miocénben már jelen levő taxon fajöltője pedig a zóna felső határáig tart (6. táblázat).

Species of ostracod	Sarmatian s. str.	
	<i>C. hungarica</i> - <i>A. mehesi</i> Zone	<i>A. notata</i> Zone
<i>Cnestocythere</i> aff. <i>truncata</i>		—
<i>Amnicocythere</i> <i>tenuis</i>	—	—
<i>Amnicocythere</i> (?) sp.	—	—
<i>Callistocythere</i> <i>egregia</i>	←	→
<i>Callistocythere</i> <i>incostata</i>	—	—
<i>Callistocythere</i> <i>maculata</i>	—	—
<i>Callistocythere</i> <i>postvallata</i>	—	—
<i>Callistocythere</i> <i>tokajensis</i>	—	—
<i>Euxinocythere</i> (E.) <i>diafana</i>	—	—
<i>Euxinocythere</i> (E.) <i>naca</i>	—	→
<i>Euxinocythere</i> (E.) <i>praebosqueti</i>	.....	—
<i>Leptocythere</i> <i>cejcensis</i>	—	—
<i>Cyamocytheridea</i> <i>derii</i>	←.....	—
<i>Cyamocytheridea</i> <i>leptostigma leptostigma</i>	←.....	—
<i>Cyprideis</i> <i>pannonica</i>	—	→
<i>Cyprideis</i> <i>pokorny</i>	—	—
<i>Hemicyprideis</i> <i>dacica dacica</i>	←	—
<i>Cytheridea</i> <i>hungarica</i>	—	—
<i>Miocyprideis</i> <i>janoscheki</i>	←	—
<i>Miocyprideis</i> <i>sarmatica</i>	—	—
<i>Hemicytheria</i> <i>hungarica</i>	—	→
<i>Hemicytheria</i> <i>omphalodes</i>	—	→
<i>Aurila</i> <i>mehesi</i>	—	—
<i>Aurila</i> <i>merita</i>	—	—
<i>Aurila</i> <i>notata</i>	—	—
<i>Senesia</i> <i>vadaszi</i>	←	—
<i>Tenedocythere</i> <i>cruciata</i>	←	→
<i>Loxoconcha</i> <i>kochi</i>	.....	→
<i>Loxoconcha</i> <i>laeta</i>	—	—
<i>Loxoconcha</i> <i>porosa</i>	.....	→
<i>Loxoconcha</i> ex gr. <i>punctatella</i>	←	—
<i>Loxoconcha</i> <i>subcrassula</i>	←	—
<i>Loxocorniculum</i> <i>hastatum</i>	←	—
<i>Loxocorniculum</i> <i>schmidi</i>	—	—
<i>Xestoleberis</i> <i>fuscata</i>	←	—
<i>Cytherois</i> <i>sarmatica</i>	—	—

— stratigraphical range based on the literature      ..... uncertain occurrence  
 — stratigraphical range based on this study

**6. táblázat:** A vizsgált kagylósrákok rétegtani elterjedése (TÓTH, 2004, 2008 alapján).

Tabl. 6. Distribution stratigraphique des taxons d'ostracodes étudiés (sur la base à TÓTH, 2004, 2008).

Stratigraphical distribution of the studied ostracod taxa (based on TÓTH, 2004, 2008).

Összefoglalva elmondható, hogy a vizsgált zóna felső határán a kagylósrák fauna összetétele jelentősen megváltozik, hiszen a meghatározott taxonoknak csak kevesebb, mint fele lépi át a *Cytheridea hungarica* - *Aurila mehesi* Együttes-zóna felső határát. Hasonlóan éles faunaváltást mutat a határon a molluszkfauna is (BODA, 1974). GÖRÖG (1992) vizsgálatai alapján viszont a foraminifera fauna összetételében nem ezen a határon figyelhető meg a legmarkánsabb változás.

A vizsgált kagylósrák faunájának alapján a következő szarmata képződmények sorolhatók be a legelső szarmata ostracoda biozónába: Mány-192, Mány-193, Bő-3, Bő-5 fúrások vizsgált szarmata rétegsorai, a budapesti fúrások (615.-618., 596., 598. sz. fúrások) szarmata sorozatai, illetve teljes egészében a tokaji, a duna-tisza közei és mecseki minták is. A Mány-17 (185,6-144,1 m), Mány-22 (175,9-141,4 m), Mány-175 fúrás (230-190,4 m), Perbál-5 (178,2-140,1 m) és Polgárdi-2 (399,7-367,8 m) fúrásoknak pedig a legidősebb szarmata képződményei képviselik ezt a zónát.

A fiatalabb szarmata sorozatok besorolása már nem ilyen egyértelmű. A fúrások foraminifera faunájának vizsgálata alapján két zónát lehetett elkülöníteni ezekben a képződményekben: az *Elphidium hauerinum* és a *Spirolina austriaca* Zónákat (GÖRÖG, 1992) (2. ábra). A középső *Elphidium hauerinum* Abundancia-zóna alsó határa a névadó faj tömeges megjelenésével definiálható. A felső *Spirolina austriaca* Zóna alsó határa pedig számos az alsó két zónára jellemző faj eltűnése alapján húzható meg. A molluszkfaunában ilyen határozott váltás nem figyelhető meg, így BODA (1967) ezeket a fiatalabb szarmata képződményeket egybe sorolta, és mint Tinnyei elemeket különítette el (2. ábra). ZELENKA (1990) is ezt a két foraminifera zónát egy zónával, az *Aurila notata* Taxon-tartomány-zónával azonosítja a kagylósrák fauna vizsgálata alapján, de ezen belül kísérletet tesz alzónák elkülönítésére (3. ábra). JIŘÍČEK (1983) a középső szarmata rétegeket a *Neocyprideis (N.) kollmanni* – *Aurila notata* együttes-zónába, a felső szarmata képződményeket pedig a *Neocyprideis (M.) janoscheki* – *Cyprideis vindobonensis* és a *Hemicytheria hungarica* – *Cyprideis pokorny* Együttes-zónákba sorolja.

Az általam vizsgált kagylósrák együttesekben is az *Aurila notata* faj megjelenése és a *Cytheridea hungarica* és *Aurila mehesi* fajok eltűnése jól korrelál (6. táblázat). Együtt ezek a taxonok a vizsgált mintákban nem fordulnak elő (ld. Függelék). Az *Aurila notata* faj példányai változó egyedszámmal a fiatalabb szarmata képződményekben általánosan elterjedtek, és szinte minden rétegben jelen vannak, így a ZELENKA (1990) által elkülönített *Aurila notata* Taxon-tartomány-zóna nagyon jól alkalmazható a vizsgált magyarországi szarmata rétegek korának pontosítására, és a képződmények korrelálására (3. ábra). Ebben

zónába tartozik a Csákvár-9 és a Csákvár-11 fúrás anyaga teljes egészében, a zsámbéki felszíni feltárások mintái, ezenkívül még a Polgárdi-2 fúrás, 356,2-306,9 m, a Mány-175 fúrás 346,7-138,7 m, a Mány-17 144,1-10 m, a Perbál-5 fúrás 140,1-58 m és a Mány-22 141,4-36 m közötti rétegei.

A zóna további felosztása kagylósrák fauna alapján már nem olyan egyszerű. ZELENKA (1990) az *Aurila notata* Taxon-tartomány-zónán belül két alzónát különített el: az *Aurila notata* - *Cyamocytheridea leptostigma leptostigma* Alzónát, melynek alsó határa egybeesik a GRILL (1941) által létrehozott *Porosonion subgranosum* foraminifera zónáéval (29. ábra). A vizsgált fúrások felső-szarmata rétegeit GÖRÖG (1992) a *Spirolina austriaca* Abundancia-zónába sorolta, melynek alsó határa kicsit feljebb van, mint a GRILL (1941) által meghatározott *Porosonion subgranosum* Zónáé (2. ábra). A zsámbéki fúrásokban az *Aurila notata* - *Cyamocytheridea leptostigma leptostigma* Alzóna elkülönítése nehézségekbe ütközött. A Mány-22 és Perbál-5 fúrások kagylósrák faunájában az *Aurila notata* faj egyedszáma az *E. hauerinum*/*S. austriaca* Zóna határa fölött lényegesen megnő, de a Mány-17 fúrás esetében ez nem igaz. A *Cyamocytheridea leptostigma leptostigma* faj a Mány-17 és Perbál-5 fúrásokban tényleg csak a *Spirolina austriaca* Zónában jelenik meg, de ez a faj a Mány-22 fúrásban egyáltalán nincs jelen, és a fentiekben említett fúrásokban is csak bizonyos szintekhez kötődik, nem általános az elterjedése (Függelék). A Mány-175, Csákvár-11 és Polgárdi-2 fúrásokban sem különül el egyértelműen ez a zóna az *Aurila notata* faj egyedszámának megnövekedése, és a *Cyamocytheridea leptostigma leptostigma* faj elterjedése alapján. A különbségeknek valószínűleg az lehet az oka, hogy a kagylósrákok nagyon érzékenyek a területenként és időben változó környezeti paraméterekre, ami meghatározza egy-egy alak virágzását is.

A JIŘIČEK (1983) által elkülönített *Neocyprideis (N.) kollmanni* – *Aurila notata* és *Neocyprideis (M.) janoscheki* – *Cyprideis vindobonensis* Zónák egyértelmű elkülönítése a vizsgált magyarországi szarmata kagylósrák faunák alapján szintén nem volt lehetséges (3. ábra). Ennek fő oka az volt, hogy véleményem szerint a JIŘIČEK (1974) által külön fajként leírt *Neocyprideis (N.) kollmanni* a *Neocyprideis (M.) janoscheki* fajba tartozik, és annak csak ökofenotípusa, mivel csak a teknő díszítésének erősségében van köztük különbség. A *Cyprideis vindobonensis* fajt pedig egyáltalán nem tudtam kimutatni a vizsgált szarmata rétegekből.

A legfiatalabb szarmata rétegeket ZELENKA (1990) a *Hemicytheria hungarica* - *Leptocythere cejcensis* Alzónába, JIŘIČEK (1983) pedig a *Hemicytheria hungarica* – *Cyprideis pokorny* Együttes-zónába sorolta, melyek határai valószínűleg egybeesnek, mert

mindkettőnek alsó határa részben a *Hemicytheria hungarica* faj belépésével van definiálva (3. ábra). Továbbá, mert ZELENKA (1990) a két zónajelző fajon kívül tipikus faunaelemként említi még ebből az alzónából *Cyprideis pokorny* fajt is. A vizsgált zsámbéki fúrásokból a jellemző taxonok hiánya miatt ezeket a zónákat nem tudtam kimutatni. A Csákvár-9 fúrás vizsgált szarmata rétegei teljes egészében, a Csákvár-11 fúrás 143,5-144,5 m és a Polgárdi-2 fúrás 308,6-306,9 m közötti szakasza viszont ebbe az alzónába tartozik. Összefoglalva, ez az alzóna jól elkülöníthető a magyarországi szarmata rétegsorok vizsgált faunája alapján is.

Az *Aurila notata* Taxon-tartomány-zónába sorolható szarmata képződmények kagylósrák faunájában 23 taxont tudtam elkülöníteni, de ebből csak 3 taxon lépett be a zóna alsó határán, köztük természetesen a zóna névadója (6. táblázat), 7 faj viszont az *Elphidium hauerinum/Spirolina austriaca* foraminifera Zónák határán jelenik csak meg. További 4 faj pedig csak *Hemicytheria hungarica* - *Leptocythere cejcensis* Alzónában van jelen (6. táblázat).

Összefoglalva elmondható, hogy a magyarországi szarmata képződményeket a kagylósrák fauna alapján két zónára (*Cytheridea hungarica* - *Aurila mehesi* és *Aurila notata* Zónákra) lehet tagolni, illetve a legfiatalabb szarmata képződményeket egy külön alzónába (*Hemicytheria hungarica*-*Leptocythere cejcensis* Alzóna) is be lehet sorolni. Továbbá a zsámbéki fúrások vizsgálata alapján a fent említett két zóna határa egybeesik az alsó *Elphidium reginum* és középső *Elphidium hauerinum* foraminifera Zónák határával, illetve a molluszkák alapján elkülönített Kozárdi és Tinnyeielemelek határával.

Úgy tűnik ezek alapján, hogy a markánsabb faunaváltás a kagylósrák és molluszka faunában egyidőben következett be, míg a foraminifera faunában mindez később, a középső és felső zónák határán történt (GÖRÖG, 1992). Bár a fiatalabb szarmata rétegeket képviselő zóna, illetve elemelet mind a kagylósrák, mind a molluszka fauna esetében tovább bontható a foraminifera faunához hasonlóan. Csak abundancia zónák különíthetők el, melyek határai nehezen korrelálhatók, és határaik időben is változhatnak, hiszen fajok egyedeinek tömegessé válása erősen környezetfüggő. A molluszka fauna esetében PAPP (1956) a Bécsi-medencében három fő zónát különített el, melyek szintén abundancia zónák, az alsó *Mohrensternia* Zónát, ami egybeesik az *Elphidium reginum* Zónával, illetve a fiatalabb szarmata rétegeket képviselő *Ervilia* Zónát és a *Mactra* Zónát. A két utóbbi zóna határa nem esik egybe a foraminifera zónák határáival. A kagylósrák fauna alapján ZELENKA (1990) is elkülönített az *Aurila notata* Zónán belül alzónát bizonyos fajok virágzása alapján, de ezt egyértelműen a vizsgált szarmata rétegek faunája alapján nem lehetett kimutatni. Eredményeim, illetve az egyéb zonációkkal való összehasonlítás arra enged következtetni, hogy a szarmata *s. str.* emelet tényleges

biosztratigráfiai tagolással megbízhatóan két részre bontható, és a fiatalabb szarmata rétegek további tagolása csak a kissé bizonytalanabb erősen környezetfüggő ökosztratigráfiával lehetséges.

Röviden összefoglalnám még ebben a fejezetben a budapesti szarmata foraminifera fauna sztratigráfiai értékelését is. A vizsgált legalsó szarmata rétegekből hiányzó, de a sorozatban egyébként általánosan jelenlevő indexforaminifera alapján a képződmény az alsó-szarmata *Elphidium reginum* Zónába sorolható (5. táblázat). Az *Elphidium reginum* faj hiányzik Magyarország egyéb területeiről vizsgált szarmata képződmények legalsó rétegeiből is (KORECZ-LAKY, 1968, 1973; GÖRÖG, 1992). A Középső-Paratethys peremi területein a legalsó szarmata rétegeket egy külön zónába sorolják, melyet az *Anomalinoidea dividens* faj virágzása alapján definiáltak (2. ábra). Ezt a zónát sem a vizsgált budapesti képződményekből, sem Magyarország egyéb vizsgált szarmata sorozataiból nem sikerült kimutatni (KORECZ-LAKY, 1964, 1968, 1973, 1982; GÖRÖG, 1992). Ennek a jelenségnek az oka még további vizsgálatokat igényel, mivel a szarmata rétegek sokszor diszkordanciával települnek a bádeni rétegekre, így nehezen eldönthető, hogy nem is volt meg ez a legalsó szarmata zóna vagy csak leerodálódott. Az biztosnak tűnik, hogy az *Anomalinoidea dividens* faj jelenlétének és virágzásának fációs függősége is kizárható, mert a faj a Bécsi-medencében homokos, az Erdélyi-medencében pedig agyagos kőzetekben található meg (KRÉZSEK & FILIPESCU, 2005; HARZHAUSER & PILLER, 2004b).

## 7.2. A budapesti alsó-szarmata foraminifera fauna összevetése az egyéb részmedencék faunáival

A budapesti szarmata képződményekből összesen 28 foraminifera taxont tudtam elkülöníteni. A vizsgált szarmata foraminifera fauna összehasonlítása a Középső- és Keleti-Paratethys más területeinek faunájával nem könnyű a hozzáférhető adatok töredékessége miatt. A budapesti együttes a legnagyobb hasonlóságot (a közös taxonok száma 90% feletti) a magyarországi anyagok közül a Zsámbéki-medence foraminifera faunájával mutat (GÖRÖG, 1992), ami természetesen a két részmedence közeli elhelyezkedésével magyarázható (7. táblázat). Meglepő módon a Paratethys egyéb területeivel összehasonlítva a budapesti és így a zsámbéki alsó-szarmata fauna nagyobb hasonlóságot mutat a Keleti-Paratethys faunájával, mint a Középső-Paratethys egyéb részeinek foraminiferaival. A fő különbség a Középső-Paratethys más területeinek fauna összetételével szemben, hogy ezeken a területeken a *Bulimina*-félék általában hiányoznak (7. táblázat).

Species of foraminifer	Hungary			Vienna Basin	Slovakia		Poland	W-Carpathians	Transylvanian Basin	Moldavia	Ukraine			Russia
	1	2	3		4	5					6	7	8	
<i>Cycloforina contorta</i>	x	x												
<i>Triloculina intermedia</i>	x										x	x	x	
<i>Varidentella pseudocostata</i>	x			x			x						x	
<i>Articulina</i> sp. indet.														
<i>Bolivina antiqua</i>	x										x		x	
<i>Bolivina moldavica</i>	x			x		x		x	x	x	x			
<i>Bolivina moravica</i>	x			x				x						
<i>Bolivina sarmatica</i>	x							x		x	x	x		
<i>Buliminella elegantissima</i>	x									x				X
<i>Fursenkoina acuta</i>	x												x	
<i>Fursenkoina sarmatica</i>														
<i>Caucasina schischkinskye</i>	x													x
<i>Schackoinella imperatoria</i>	x			x	x	x	x		x					x
<i>Lobatula lobatula</i>	x	x		x	x	x	x							x
<i>Nonion bogdanowiczi</i>	x			x	x	x			x					
<i>Nonion commune</i> (?)		x	x	x		x								
<i>Ammonia beccarii</i> s. l.	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
<i>Elphidiella</i> aff. <i>serena</i>														
<i>Criboelphidium</i> ex. gr. <i>granosum</i>														
<i>Elphidium aculeatum</i>	x	x		x	x	x	x		x	x	x			
<i>Elphidium crispum</i>	x	x					x				x			x
<i>Elphidium fichtelianum</i>	x		x	x	x		x			x	x	x	x	
<i>Elphidium hauerinum</i>	x	x	x	x		x	x	x				x	x	
<i>Elphidium macellum</i>	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	
<i>Elphidium obtusum</i>	x					x			x					
<i>Elphidium reginum</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
<i>Elphidium</i> aff. <i>pulvereum</i>														
<i>Elphidium</i> ex. gr. <i>puscharovski</i>														

**7. táblázat:** A meghatározott budapesti foraminifera taxonok elterjedése a Paratethys egyéb területein (TÓTH & GÖRÖG, 2008 alapján). 1 – Zsámbéki-medence, 2 – Mecsek-hegység, 3 – DNy-Magyarország, 4 – Tokaji-hegység, 5 – Kelet-Szlovákiai-medence, 6 – Duna-medence, 7 – Volhyniai-Podoliai-platform, 8 – Előkérpátok, 9 – Kárpátok, 10 – Euxin-medence, 11 – Kaukázus.

Tabl. 7. Distribution des espèces de foraminifères identifiées dans les différentes régions de la Paratethys (sur la base à TÓTH & GÖRÖG, 2008). 1 – Bassin de Zsámbék, 2 – Monts Mecsek, 3 – Sud-ouest de la Hongrie, 4 – Mont Tokaj, 5 – Bassin Est Slovaque, 6 – Bassin du Danube, 7 – Plate-forme Volhyno-Podolienne, 8 – Pré-Carpathes, 9 – Transcarpathes, 10 – Dépression de la mer Noire, 11 – Caucase.

Distribution of the identified foraminifer species in the other regions of the Paratethys (based on TÓTH & GÖRÖG, 2008). 1 – Zsámbék Basin, 2 – Mecsek Mountains, 3 – SW-Hungary, 4 – Tokaj Mount, 5 – East-Slovakian Basin, 6 – Danube Basin, 7 – Volhyno-Podolian platform, 8 – Precarpathians, 9 – Transcarpathians, 10 – Black Sea Depression, 11 – Caucasus.

7.3. A vizsgált szarmata kagylósrák fauna főbb jellemzői és összehasonlítása a Középső-Paratethys egyéb részmedencéinek faunájával

Összesen 36 taxont tudtam elkülöníteni a magyarországi szarmata képződmények kagylósrák faunájának vizsgálata alapján (8. táblázat).

kagylósrák fajok	Cytheridea hungarica - Aurila mehesi Zóna	Aurila notata Zóna	
	Elphidium reginum Zóna	Elphidium hauerinum Zóna	Spirolina austriaca Zóna
<i>Cnestocythere</i> aff. <i>truncata</i>			☉
<i>Amnicocythere tenuis</i>	☉ ♦ ◻ ☼ ●	☉ ☼	☉ ☼ ▲
<i>Amnicocythere</i> (?) sp.		☉	☉ ☼ ▲
<i>Callistocythere egregia</i>	☉ ■ ♦ ●	☉	☉ ☼
<i>Callistocythere incostata</i>	☉ ♦		☼
<i>Callistocythere maculata</i>	■ ♦		
<i>Callistocythere postvallata</i>	☉ ♦ ●		
<i>Callistocythere tokajensis</i>	■ ♦ ●		
<i>Euxinocythere</i> (E.) <i>diafana</i>	☉ ♦	☉	☉ ▲
<i>Euxinocythere</i> (E.) <i>naca</i>			☉
<i>Euxinocythere</i> (E.) <i>praebosqueti</i>			☉ ☼ ▲
<i>Leptocythere cejcensis</i>			▲
<i>Cyamocytheridea derii</i>			☉ ▲
<i>Cyamocytheridea leptostigma leptostigma</i>			☉ ▲
<i>Cyprideis pannonica</i>			▲
<i>Cyprideis pokorny</i>			☼ ▲
<i>Hemicyprideis dacica dacica</i>	☉ ■ ♦ ☼	☉	☉ ▲
<i>Cytheridea hungarica</i>	☉ ♦ ◻ ☼		
<i>Miocyprideis janoscheki</i>	♦		☉ ☼ ▲
<i>Miocyprideis sarmatica</i>	☉ ■ ☼		
<i>Hemicytheria hungarica</i>			☼ ▲
<i>Hemicytheria omphalodes</i>	☉ ■ ♦	☉ ☼	☉ ☼ ▲
<i>Aurila mehesi</i>	☉ ■ ♦ ◻ ☼ ●		
<i>Aurila merita</i>	☉ ♦ ◻ ☼ ●		
<i>Aurila notata</i>		☉ ☼	☉ ☼ ▲
<i>Senesia vadaszi</i>	☉ ■ ♦ ☼ ●		
<i>Tenedocythere cruciata</i>	■ ☼		
<i>Loxococoncha kochi</i>			☉ ☼ ▲
<i>Loxococoncha laeta</i>			☉
<i>Loxococoncha porosa</i>		☉ ☼	☉ ☼ ▲
<i>Loxococoncha</i> ex gr. <i>punctatella</i>	☉ ■ ♦ ☼ ●		
<i>Loxococoncha subcrassula</i>	☉ ♦ ●		
<i>Loxocorniculum hastatum</i>	☉ ■ ♦ ●	☉	☉ ▲
<i>Loxocorniculum schmidi</i>	■	☼	
<i>Xestoleberis fuscata</i>	☉ ■ ♦ ☼ ●	☉ ☼	☉ ☼ ▲
<i>Cytherois sarmatica</i>	■ ♦		

**8. táblázat:** A vizsgált kagylósrákok előfordulása a magyarországi szarmata képződményekben. ☉ - Zsámbéki-medence; ■ - Budapest; ♦ - Tokaji-hegység; ◻ - Duna-Tisza köze; ☼ - Polgárdi; ▲ - Csákvár; ● - Mecsek-hg. Tab. 8. Distribution des ostracodes étudiés dans les séquences sarmatiennes de Hongrie. ☉ - Bassin de Zsámbék; ■ - Budapest; ♦ - Mont Tokaj; ◻ - Duna-Tisza köze; ☼ - Polgárdi; ▲ - Csákvár; ● - Monts Mecsek Occurrence of the studied ostracods in the Sarmatian sequences of Hungary. ☉ - Zsámbék Basin; ■ - Budapest; ♦ - Tokaj Mount., ◻ - Duna-Tisza köze; ☼ - Polgárdi; ▲ - Csákvár; ● - Mecsek Mountains.

A fauna összetételére az a jellemző, hogy a fajok egy része megtalálható az idősebb miocén rétegekben is (*Callistocythere egregia*, *C. postvallata* (?), *Cyamocytheridea dèrii*, *C. leptostigma leptostigma*, *Hemicyprideis dacica dacica*, *Hemicytheria omphalodes*, *Senesia vadási*, *Tenedocythere cruciata*, *Miocyprideis janoscheki*, *Loxoconcha* ex. gr. *punctatella*, *L. subcrassula*, *Loxocorniculum hastatum* and *Xestoleberis fuscata*), a többi viszont a Paratethys medencéjében kialakult endemikus alak (*Cnestocythere* aff. *truncata*, *Leptocythere cejcensis*, *Amnicocythere* sp., *A. tenuis*, *Callistocythere incostata*, *C. maculata*, *C. tokajensis*, *Euxinocythere* (*E.*) *praebosqueti*, *E. (E.) diafana*, *E. (E.) naca*, *Cyprideis pannonica*, *C. pokorny*, *Cytheridea hungarica*, *Miocyprideis sarmatica*, *Hemicytheria hungarica*, *Aurila merita*, *A. mehesi*, *A. notata*, *Loxoconcha kochi*, *L. laeta*, *L. porosa*, *Loxocorniculum schmidi*, *Cytherois sarmatica*). Összesen három faj fordul elő a Mediterráneum medencéjében is (*Hemicyprideis dacica dacica*, *Tenedocythere cruciata* és *Loxocorniculum hastatum*). A vizsgált fajok csaknem fele megtalálható a Keleti-Paratethys medencéjében is (*Euxinocythere* (*E.*) *diafana*, *E. (E.) naca*, *E. (E.) praebosqueti*, *Amnicocythere tenuis*, *Cyamocytheridea leptostigma leptostigma*, *Cyprideis pannonica*, *Hemicyprideis dacica dacica*, *Miocyprideis sarmatica*, *Hemicytheria hungarica*, *Aurila mehesi*, *A. notata*, *Senesia vadási*, *L. kochi*, *L. laeta*, *L. porosa*, *L. subcrassula* és *Xestoleberis fuscata*) (i. e. STANCHEVA, 1963, 1990; SCHNEIDER, 1953; SUZIN, 1956) (Melléklet). Bár a Keleti-Paratethys faunája az irodalmak alapján fajgazdagabbnak tűnik, mint a Középső-Paratethys szarmata együttese. A két medence összehasonlítása nagyon nehéz a keleti terület faunájának taxonómiai feldolgozottsága, és a gyenge minőségű ábrázolások miatt. A Középső-Paratethys kagylósrák faunájának összetétele a fentiek alapján arra enged következtetni, hogy a Mediterráneum és a Paratethys közötti tengeri átjáró nagyon leszűkülhetett, vagy megszűnhetett a bádénai/szarmata határon, viszont a Paratethys két részmedencéje között továbbra is szoros kapcsolat maradtatott fenn a szarmata folyamán. A Középső-Paratethys medencéjén belül a központi medence alsó-szarmata ostracoda faunája nagyon egységes fajösszetételében vizsgálataim és az irodalmi adatok alapján (SZÉLES, 1963; SZUROMI-KORECZ & SZEGŐ, 2001). A felső-szarmata faunák összehasonlításából levonható következtetéseket nem tudtam kiterjeszteni az egész központi medencére, mivel csak a Zsámbéki-medencéből és tágabb környékéről (Polgárdi, Csákvár) állt rendelkezésemre felső-szarmata anyag.

A Középső-Paratethys központi medencéjének ostracoda faunáját nehéz volt összevetni a peremi medencék együttesével az irodalmi adatok alapján. Nehéz volt az összehasonlítás például a Középső-Paratethys délnyugati medencéjének faunájával, mivel csak néhány taxont írt le és ábrázolt KRSTIĆ (1959, 1972, 1980) Horvátország, MITROVIĆ &

RUNDIĆ (1991) pedig Szerbia szarmata lelőhelyeiről (*Aurila mehesi*, *Miocyprideis sarmatica*, *Cytheridea hungarica*, *Loxoconcha kochi*, *L. porosa*). A fent említett területek pannóniai korú feltárásaiból is leírtak olyan fajokat, amelyek a szarmatában is előfordulnak, így az általam vizsgált képződményekben is (*Leptocythere naca*, *Hemicytheria omphalodes*) (SOKAČ, 1967, 1972).

Részletes taxonómiai munka Lengyelország szarmata kagylósrák faunájából sem készült még. CHOCZEWSKI (1956) és SZCZETCHURA (2000) csak néhány alakot írt le. Ezek közül 3 olyan faj van csak, ami a magyarországi szarmatában is jelen van (*Aurila mehesi*, *A. merita* és *Senesia vadaszi*), de a Nyugati-Kárpátok felső-bádeni lelőhelyeiről leírtak olyan alakokat, amelyek a szarmatában is továbbélnek (*Cyamocytheridea leptostigma*, *Loxoconcha* ex gr. *punctatella* és *Loxocorniculum hastatum*) (AIELLO & SZCZETCHURA, 2004; SZCZETCHURA, 2006).

Csehország és Szlovákia szarmata rétegsorainak ostracoda faunáját JIŘIČEK (1974), ZLINSKÁ & FORDINÁL (1994, 1995, 2006) dolgozta fel. JIŘIČEK (1974) részletes leírásokat is készített ábrázolásokkal. Ez a fauna nagy hasonlóságot mutat az általam vizsgált ostracoda együttesrel, bár a magyarországi fajgazdagabb.

Vizsgálataim és az irodalmak alapján a Középső-Paratethys centrális medencéjének kagylósrák faunája legnagyobb egyezést a Bécsi-medence faunájával mutat (CERNAJSEK, 1974; GROSS & PILLER, 2006). A taxonok kb. 80% megegyezik, alacsony diverzitás és az r-stratégista fajok dominanciája jellemző mind a két részmedence faunájában. Uralkodóan a Leptocytherideidae, Cytherideidae és Hemicytheridae családok képviselői fordulnak elő nagy egyedszámban a két együttesben.

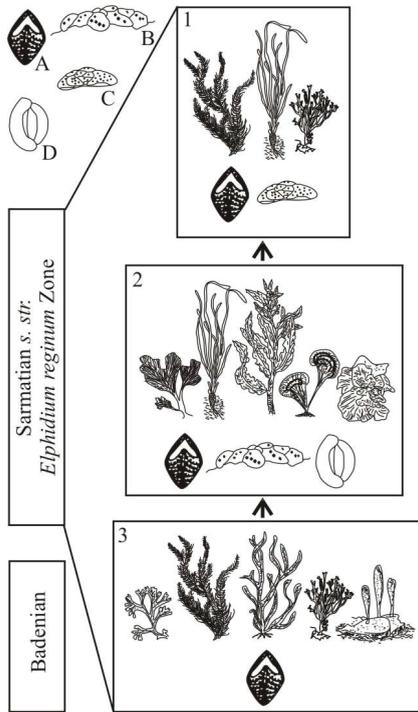
A Középső-Paratethys keleti részének (Erdélyi-medence, DNy-Ukrajna) faunájával való összehasonlítás nem volt lehetséges a rendelkezésre álló irodalmi adatok szórványossága miatt.

#### 7.4. Őskörnyezeti változások a Középső-Paratethys medencéjében a szarmata folyamán

Kutatásom során megpróbáltam rekonstruálni, hogy milyen környezeti feltételek uralkodtak a Középső-Paratethys medencéjében, és ezek hogyan változtak a szarmata folyamán a Pannon-tó kialakulásáig. Mivel kevés „felső” szarmata anyag (*Aurila notata* Zóna) állt rendelkezésemre ellentétben az „alsó” szarmata minták bőségével (*Cytheridea hungarica* - *Aurila mehesi* Zóna), a legkomplexebb mikropaleontológiai és geokémiai vizsgálatokhoz alapjául két fűrást (Mány-17 és Mány-22) választottam, melyek csaknem

teljes és folyamatos szarmata sorozatokat tártak fel. A többi vizsgált területet ezzel összehasonlítva értékelttem. A környezeti változások időbeli nyomon követéséhez elsődlegesen a vizsgált zsámbéki fúrások foraminifera faunája alapján elkülönített biozónákat használtam fel (GÖRÖG, 1992), de ahol szükséges volt a ZELENKA-féle (1990) ostracoda zónákat is alkalmaztam (2-3. ábra).

A bádeni/szarmata határon a foraminifera és ostracoda fauna diverzitása lecsökken és összetétele is jelentősen megváltozik. Nagyon kevés idősebb miocén tengeri alak lép át a szarmatába, arányuk és egyedszámuk is nagyon elenyésző a szarmata faunában. A kagylósrák együttesekben nagy egyedszámban jelennek meg viszont új endemikus alakok, melyek csak a Paratethys medencéjére korlátozódnak (6. táblázat). Ez a faunakép nagyon korlátozott, vagy bezárult tengeri kapcsolatra utal a Paratethys és a Mediterráneum medencéje között. A Középső-Paratethys kagylósrák és foraminifera faunája (főként a zsámbéki és budapesti medencéjéhez) nagy hasonlóságot mutat a Keleti-Paratethys együttesével, ami szoros kapcsolatot feltételez a Paratethys e két részmedencéje között ebben az időszakban (6. táblázat és Melléklet). A vizsgált legalsó-szarmata (*Elphidium reginum* Zóna) mikrofauna sekély, meleg-mérsékelt, jól szellőzött littorális (80 m-nél nem mélyebb) tengeri környezetre utal gazdag alga, illetve tengerifű vegetációval az aljazaton (Izd. 5.1.2. és 5.2.2. fejezet). Vizsgálataim alapján ez a környezet a kora-szarmatában általános elterjedt lehetett a Középső-Paratethys legnagyobb részét képező központi medencében, mivel többé-kevésbé egységes mikrofauna együttes került elő Magyarország különböző területeinek vizsgált szarmata képződményeiből. A kora-szarmata foraminifera és ostracoda együttesek nagyrésze epifita közösséget alkot. A vizsgált budapesti foraminifera és kagylósrák fauna összetételének változásai alapján nagyon jól kimutatható a tengeraljzatot borító vegetáció fejlődése is (a hosszabb élettartamú növények előretörése) a kora-szarmata során. Míg a szarmata legalsó rétegeiből kimutatható „Elphidiumos biofácies” dominánsan alga vegetációra utal, a fiatalabb alsó-szarmata képződmények „Cibicideszes biofácies” már egy fejlettebb tengerifű közösséget jelez (25. és 30. ábra, 5. táblázat).



- 1 – biofacies with *Elphidium*  
 2 – biofacies with *Cibicides*  
 3 – biofacies with *Articulina* and  
*Nodophthalmidium*

- A – suspension feeding keeled elphidiids  
 B – permanently attached rotaliids  
 C – temporary motile rotaliids  
 D – permanently motile grazing epiphytes

**30. ábra** A tengeraljzatot borító vegetáció és az ehhez kapcsolódó foraminifera biofáciések változásai a Középső-Paratethys budapesti részmedencéjében (LANGER, 1993 után módosítva).

Fig. 30. Changements dans la végétation et les biofaciès à foraminifères pendant le Sarmatien inférieur dans le bassin de Paratéthys Centrale (région de Budapest) (modifié d'après LANGER, 1993).

Changes in vegetation and foraminiferal biofacies during the Early Sarmatian in the subsbasin of Central Paratethys (region of Budapest) (modified after LANGER, 1993).

A zsámbéki fúrások foraminifera faunájának változásai (az *Elphidium*-félék megjelenése a *Hauerina*-gazdag rétegek felett) pedig emellett növekvő vízmélységet feltételeznek a kora-szarmata folyamán (GÖRÖG, 1992). Ez a budapesti fúrásokban

valószínűleg azért nem mutatható ki, mert az „Elphidiumos biofáciest” megelőző „Miliolidaes biofáciest” itt nem található meg. Másik különbség a két részmedence faunája között, hogy a zsámbéki „Cibicideses biofáciest”-ben nagyon alárendelt mennyiségben vannak jelen a *Bulimina*-félék, mely valószínűleg az üledékek kisebb szervesanyag tartalmával magyarázható. Mind a budapesti mind a zsámbéki fúrások *Elphidium reginum* Zónába tartozó legfiatalabb rétegeiből egy olyan foraminifera együttes került elő, ami nagyon sekély 30 m-nél kisebb vízmélységet jelez („Articulínás és Nodophthalmidiumos biofáciest”), ami sekélyedésre enged következtetni. De ez az együttes a Zsámbéki-medencében *Bolivina*-félékkel együtt jelenik meg, amelyek tovább mélyülő környezetet jeleznek. Ezek alapján itt egy lejtőn való áthalmazódást lehet feltételezni, és a *Cibicideses* és *Articulínás* együttes inkább a sekélytengerrel fedett területek megnövekedését jelzi a kora-szarmata folyamán. A fent említett biofáciestek mind a mecseki, mind a tokaji képződményekből kimutathatóak. Az előbbieken beszéltem már a fauna összetételét befolyásoló vízmélység változásairól, az oxigénellátottságról, a szubsztrátumként szolgáló növényzetről és részben már a vízhőmérsékletéről is. A vízhőmérséklet a kora-szarmata folyamán a mikrofauna alapján meleg-mérsékelt lehetett, ami a csigavázak Mg/Ca profilja alapján többé-kevésbé konstans is volt ebben a zónában (17. ábra). Azonos korú rágesálófogak oxigénizotópos vizsgálata alapján az évi átlagos középhőmérséklet ebben az időszakban durva közelítéssel 15 °C lehetett, amit alátámasztanak a szarmata paleoflóra és palinológiai vizsgálatok is (ERDEI *et al.*, 2007; JIMÉNEZ-MORENO *et al.*, 2005) (2. táblázat). Ez az évi átlagos középhőmérséklet megadja a kora-szarmata tengervíz maximális hőmérsékletét is. Ezt az adatot és a csigavázak oxigénizotópos összetételét felhasználva 20-32% közötti sótartalmat lehetett becsülni erre az időszakra (4. táblázat). A kora-szarmata folyamán uralkodó brakkvízi környezetet a foraminifera és ostracoda fauna összetétele is alátámasztja (Izd. 5. fejezet). A sótartalmi viszonyok rekonstruálásához a kagylósrák faunát összehasonlítottam az erősebben kiédesedett (limnibrakk) Kaszpi-tenger és a valamivel magasabb sótartalmú Fekete-tenger faunájával. A Kaszpi-tenger faunája sok édesvízi nemzetséget tartalmaz hasonlóan a Pannon-tóhoz (*Limnocythere*, *Ilyocypris*, *Candona*, *Ilyodromus*...stb.) (KRSTIĆ, 1985; [www.zin.ru/annrep/2000/01.htm](http://www.zin.ru/annrep/2000/01.htm)). Ezek az alakok a szarmata tengerből teljesen hiányoznak. A szarmata fauna a Fekete-tengeri faunával mutat inkább rokonságot. A következő ostracoda nemzetségek jellemzőek mindkét tengeri környezetben: *Aurilla*, *Callistocythere*, *Xestoleberis*, *Leptocythere*, *Loxoconcha*, *Cytheridea* (PURI *et al.*, 1969; TUNOĞLU, 2002). A fekete-tengeri analógia alapján elmondható, hogy a Középső-Paratethys sótartalma az alsó- szarmatában egészen az újabb tengeri kapcsolattig 18-25% között ingadozhatott, ami jó egyezést mutat a

foraminifera faunából levonható következtetésekkel (GÖRÖG, 1992). A paratethysi és fekete-tengeri faunák összetételbeli hasonlóságának fő oka a hasonló környezet mellett, hogy a két tenger a kainozoikumban hasonló fejlődési utat járt be. Mindkét tenger a Tethys maradványtengere, melyek kialakulása újabb és újabb tengerelőntésekkel megszakított izolációs folyamathoz köthető. A Fekete-tenger medencéjét főleg a negyedidőszaki jégkorszakok idején a Boszporuszon keresztül teljesen előntötte időnként a normális sótartalmú tenger, melynek eredményeként újra teret hódított a normáltengeri fauna.

A különböző magyarországi kagylósrák és foraminifera faunákat összehasonlítva általánosan hasonló csökkentsósvízi viszonyok uralkodhattak a Középső-Paratethys medencéjében a kora-szarmatában néhány kivételtől eltekintve. A tokaji minták kagylósrák faunájában például sokkal nagyobb arányban vannak jelen az erősebb kiédesedést jelző alakok, mint a zsámbéki, budapesti, mecseki és duna-tisza-közi mintákban, ami kisebb sótartalmat feltételez ebben a régióban (26. ábra). Ez nem meglepő, hiszen ebben az időszakban a Tokaji-hegység aktív vulkanizmussal jellemzett terület volt, és így környékének kiemeltebb helyzete miatt sekélyebb, partközeli környezetek alakulhattak ki. A budajenői részmedencében a kagylósrák fauna összetétele, és az evaporitos, gipszes betelepülések túlsós környezetet jeleznek. Ez utóbbi egy erősen lefűződött időnként bepárlódó lagúnaként képzelhető el, mint most a csökkentsós Fekete-tenger és lefűződött öble, a Karabogaz-öböl.

A Zsámbéki-medence fűrésaiban végzett geokémiai vizsgálatok a brakkvízi környezet sótartalmának emelkedésére utalnak az *Elphidium reginum* Zóna vége felé, mivel a  $\delta^{18}\text{O}$  és  $\delta^{13}\text{C}$  értékekben együttesen megjelenő pozitív eltolódás némi tengervíz hozzáfolyást feltételez (19. ábra). Ez a jelenség a Paratethys több részmedencéjében is kimutatható, mivel a planktonikus tengeri diatómák és szilikoflagelláták dominanciája a Zsámbéki-medence alsó-szarmata diatomit betelepülésein kívül (HAIÓS, 1986) a Középső-Paratethys egyéb területein is megfigyelhető volt (Ausztria: SCHÜTZ *et al.*, 2007; Horvátország: GALOVIĆ & BAJRAKTAREVIĆ, 2006; Románia: SAINT MARTIN & SAINT MARTIN, 2005). A kovavázú fitoplankton felvirágzásához szükséges körülmények időszakos kialakulását a zsámbéki fűrésokból vizsgált csigavázak Ba/Ca profiljában megjelenő csúcsok is alátámasztják (17. ábra).

Összefoglalva a zsámbéki foraminifera fauna változásai és a geokémiai vizsgálatok alapján az *Elphidium reginum* Zónában egy transzgresszív esemény mutatható ki, ami a TB 2.6 globális harmadrendű ciklus részének feleltethető meg (HAQ *et al.*, 1988). Hasonló eseményt mutattak ki a Középső-Paratethys egyéb részmedencéinek szarmata üledékeit feldolgozó kutatók szekvencia sztratigráfiai, őslénytani és szedimentológiai vizsgálatok

alapján (Bécsi-medence: HARZHAUSER & PILLER, 2004b; KOVÁČ *et al.*, 2004; Stájer-medence: SCHREILECHNER & SACHSENHOFER, 2007; Erdélyi-medence: KRÉZSEK & FILIPESCU, 2005; FILIPESCU *et al.*, 2005; Horvátország: VRSALJKO *et al.*, 2006). Valószínűleg ez a relatív vízszintemelkedés okozhatta a zóna végén a tengervíz hozzáadódást is a tengeri kapcsolatok újraéledése révén.

Az *Elphidium reginum*/*Elphidium hauerinum* zónák határán a mikrofauna diverzitása lecsökken. A kagylósrák faunában megjelenő kisméretű, nagyon vékonyhéjú alakok, és a foraminifera együttesben az infauna nagy aránya mérsékelt, mélyebb, kevésbé oxigéndús környezetet jelez az alsóbb zónához képest a Zsámbéki-medencében. Ezt az oxigénszegénységet alátámasztja a szénizotóp görbe is, hiszen a  $\delta^{13}\text{C}$  értékek negatív eltolódása a környező szervesanyaggazdag üledékek oxidációs folyamataival magyarázható (19. ábra). A magasabb szervesanyag-tartalom a relatív tengerszint emelkedéshez köthető megnövekedő terrigén behordással, és esetleg az ebben az időszakban felerősödő vulkáni tevékenységgel magyarázható. HARZHAUSER & PILLER (2004b) és KOVÁČ és munkatársai (2004) ezt az eseményt egy harmadrendű ciklushoz köthető magasvíz állapotként értelmezték. A zóna fiatalabb rétegeinek kagylósrák faunájában újra a nagyméretű, díszítettebb formák válnak dominánssá, míg a foraminiferáknál a csökkentsótartalmat kedvelő alakok. A becsült sótartalom értékek (17-23‰) is csökkentsósvízi környezetet feltételeznek ebben az időszakban (4. táblázat). A foraminifera faunában nagymennyiségben megjelenő *Ammonia* nemzetség sekély (50 m-nél nem mélyebb), meleg-mérsékelt vizet jelez. A mikrofauna megváltozása a zóna idősebb rétegeihez képest valószínűleg egy relatív vízszintcsökkenéshez köthető, amit HARZHAUSER & PILLER (2004b) és KOVÁČ és munkatársai (2004) eredményei a Bécsi-medencéből is megerősítenek. Ezek a Paratethys több területéről a kora-szarmatában kimutatható tengerszint-változások, és a magyarországi mikrofauna összetételének és változásainak nagyfokú hasonlósága igazolja, hogy a Zsámbéki-medence szarmata képződményeinek vizsgálatával jól modellezhetők a Középső-Paratethysben lejátszódó főbb környezeti változások.

A zsámbéki fúrások vizsgálata alapján a *Spirolina austriaca* zónában a diverzitás újra megnő, a mikrofaunában megjelennek a bádeni korszak normáltengeri körülményeire jellemző alakok, melyek a szarmata alsóbb rétegeiből teljesen hiányoznak (7. táblázat). Hasonló változást figyelt meg HARZHAUSER & KOWALKE (2002) a Bécsi-medence szarmata csiga faunájában. Ez a jelenség egy tengeri átjáró megnyílására utal a Mediterráneum felé, mely tektonikai okokra és/vagy globális tengerszint emelkedésre (a TB 2.6 harmadrendű cikluson belül) vezethető vissza. Ez a szűk tengeri kapcsolat STEININGER & WESSELY (2000)

szerint a Kelet-Mediterráneum és a Keleti-Paratethys között állhatott fenn a szarmata végén. Ennek az átjárónak a létét támasztja alá ILJINA (1998) a Keleti-Paratethys régiójából végzett kutatásai is.

A zsámbéki felszíni feltárások és a medencebelseji fúrások fiatalabb rétegeinek (*Spirolina austriaca* Zóna) mikrofaunája nagy hasonlóságot mutat, ami hasonló környezetet jelez a peremeken és a medencebelsőben. A vizsgált mikrofauna és a szedimentológiai jellegzetességek meleg, jól szellőzött sekély közel normálsós lagunáris környezetet feltételeznek ebben az időszakban, mely időnként túlsóssá válhatott. A sótartalom nagymértékű ingadozását az oxigénizotóp értékek szórása és a becsült szalinitás értékek (15-43‰) is alátámasztják (19. ábra, 4. táblázat). A túlsós környezet kialakulásához szükséges szemiárid klímát a felszíni feltárásokban nyomozható kalkrét szintek jelzik (CORNÉE *et al.*, 2009) (22. ábra). A sótartalom mellett az aljzatvíz hőmérséklete is nagyfokú változékonyságot mutat ebben az időszakban a geokémiai vizsgálatok alapján (15-21 °C) (17. ábra, 2. táblázat). A csigavázak Ba/Ca profiljában mutatkozó fokozatos csökkenés a zóna vége felé a víz kovasav tartalmának folyamatos csökkenésére utal (17. ábra). A szarmata tengeri vize karbonátban viszont túltelítetté válik ebben az időszakban, amit a medenceperemi feltárásokban megjelenő nagymennyiségű ooidos mészkő, és PILLER & HARZHAUSER (2005) vizsgálatai alapján a molluszkák héjának megvastagodása is jelez.

A *Spirolina austriaca* Zóna elején a zsámbéki felszíni feltárások szedimentológiai jellegzetességei alapján kimutatott magasvíz állapot is alátámasztja a tengeri átjáró megnyílását okozó feltételezett tengerszint emelkedést (CORNÉE *et al.*, 2009). Az alsó-szarmata végét és a *Spirolina austriaca* Zóna elejét jellemző dűnesorozatokat, melyek egy kisszögű rámpán való progradációt mutatnak a medencebelső felé, megmagyarázzák a felszíni feltárásokéhoz hasonló összetételű mikrofauna és a sekély lagúna fáciesek jelenlétét a medencebelseji fúrások felső-szarmata képződményeiben. A zsámbéki feltárásokban a progradáló dűnesorozatra határozott unkonformitással nagyon sekély (néhány méter mély), brakkvízi, közel normálsós és túlsós lagúnaképződmények települnek bryozoás, nubeculáriás és mikrobiális felhalmozódásokkal (20 és 22. ábra). Ez az eróziós felszín CORNÉE és munkatársai (2009) szerint egy kisléptékű tengerszint csökkenéshez köthető, melyet egy szárazrakerülési esemény kísért. Ilyen eróziós felszín a felső-szarmatán belül a Stájer-medencében is nyomozható (SCHREILECHNER & SACHSENHOFER, 2007). A zsámbéki felszíni feltárásokban a szedimentológiai jellegzetességek alapján elkülönített két egység és az eróziós felszín nem nyomozható a medencebelseji képződményekben. Ennek egyik lehetséges oka, hogy ezek a szerkezetek fűrómagokon nehezen azonosíthatók. Az eróziós felület hiánya a

medencebelsőben magyarázható a tengerszintesés kis léptékével (néhány 10 m maximálisan) is. Ezt a rövid kisvíz állapotot újabb transzgresszív esemény követi egy második magasvíz állapottal a pannóniai emelet közelében (CORNÉE *et al.*, 2009). A *Spirolina austriaca* Zónán belül a medenceperemi feltárások szedimentológiai jellegzetességei alapján azonosított tengerszint-változások nem nyomozhatók a mikrofauna alapján. A Zsámbéki-medence peremi feltárásainak őslénytani és üledékképződési vizsgálata alapján három környezetet lehet elkülöníteni, ahol intenzív karbonát képződés folyt: belső rámpa, ooidos dombok és a partmenti lagúnák. Ilyen üledékképződési környezetek a Bécsi-medencében is nyomozhatóak, de a karbonátos képződmények itt sokkal sziliciklasztosabbak (HARZHAUSER & PILLER, 2004b; HARZHAUSER *et al.*, 2006), ami azzal magyarázható, hogy ez a medence közvetlen előterében volt az ekkor még emelkedő Alpoknak és Kárpátoknak, a Zsámbéki-medence viszont jóval távolabb.

Az ostracoda fauna sztratigráfiai értékelése alapján a Zsámbéki-medence szarmata sorozatából a legfiatalabb szarmata képződmények teljesen hiányoznak, de ezek a vizsgált csákvári és polgárdi fúrásokban kimutathatóak voltak (*Hemicytheria hungarica* – *Leptocythere cejcensis* Alzóna) (ZELENKA, 1990). Az alzóna erős kiédesedést feltételező brakkvízi együttese és több olyan alak megjelenése, mely majd a pannóniai emeletben válik gyakorivá, a Középső-Paratethys végleges izolációjára utal a szarmata végén.

Végezetül röviden foglalkoznék azzal a kérdéssel is, hogy milyen környezeti paraméterek okozhatták a bádeni emelet nagydiverzitású normáltengeri faunájának elszegényedését (számos gerinctelen csoport eltűnését), és annak a különleges szarmata faunának a kialakulását, melyre kis diverzitás és a tágtűrésű alakok nagy egyedszáma a jellemző. Vizsgálataim alapján a faunaváltás egyik fő oka a sótartalom csökkenése lehetett, ami a Paratethys ekkor induló izolációjához köthető. Az uralkodóan brakkvízi körülmények jelenlétét a kora-szarmatában, mind az őslénytani, mind a geokémiai vizsgálataim alátámasztják. Emellett fontos környezeti gát lehetett még az a klímában bekövetkező hűlési esemény, melynek során a bádeni korszakra jellemző 20 °C körüli átlagos évi középhőmérséklet 16 °C-ra csökkent a szarmatára (JIMÉNEZ-MORENO *et al.*, 2005; ERDEI *et al.*, 2007). Ezutóbbi hőmérsékletet a szarmata rágcsálófogak oxigénizotópos összetételéből becsült adat is alátámaszt (2. táblázat). Bár a felső-szarmatára rövid időre visszatérhetett a normálhoz közeli sótartalom, de többek között a vízhőmérséklet (alsó határa a korallok megjelenésének) és a szalintás erős ingadozása számos normáltengeri alak újramegjelenésének gátat szabott. Emellett még fontos korlátozó tényező lehetett a trofitás és a magas alkalinitás, mely utóbbit PISERA (1996) eredményei alapján, a szarmatában nagyon

elterjedt mikrobiális felhalmozódások jeleznek. A trofitásra utaló jeleket nehéz nyomozni a fosszilis anyagban. Recens analógiák alapján nutriensgazdag vizek jelenlétére utalhat például egy karbonátplatform környezetben a korallak és tengerisünök hiánya és a vörösalgák alárendelt szerepe (HALLOCK & SCHLAGER, 1986; CHAZOTTES *et al.*, 2008). CORNÉE és munkatársai. (2009) a zsámbéki peremi feltárások faunisztikai és litológiai bélyegei illetve a Középső-Paratethys medencéjének félig elzárt jellege alapján mezotróf ill. eutróf környezetet feltételeznek a késő-szarmata tengerben.

## 8. Konklúzió

Kutatásom fő céljával a Középső-Paratethysben a szarmata folyamán végbement környezeti változások rekonstruálását tűztem ki, melynek megvalósításához mikropaleontológiai, geokémiai és részben szedimentológiai módszereket alkalmaztam. A legteljesebb és legsokoldalúbb vizsgálathoz két fúrást (Mány-17 és Mány-22) választottam a Zsámbéki-medencéből, melyek szinte teljes és folyamatos szarmata sorozatokat tártak fel. Így elsőként a szarmata Paratethyst kutatók közül folyamatos rétegsorból nyert adatok segítségével tudtam öskörnyezeti rekonstrukciót elkészíteni. Vizsgálataimhoz elkészítettem a szarmata kagylósrák fauna részletes taxonómiai, sztratigráfiai és paleoökológiai értékelését. Ezt a foraminifera faunából levonható környezeti következtetésekkel egészítettem ki. A mikrofauna öskörnyezeti értékelése minőségi és mennyiségi analízis (Jaccard Koefficiens és teljes fajdiverzitás) alapján készült. Az őslénytani vizsgálatokat kiegészítettem még egyéb zsámbéki, mányi, budajenői, csákvári, polgárdi, budapesti, tokaji, duna-tisza közti, mecseki és szlovéniai fúrások, felszíni feltárások és kutatóknak szarmata ostracoda faunájának feldolgozásával. Mivel a vizsgált területek nagyrészen foraminifera faunáját korábban már részletesen feldolgozták, én csak a budapesti fauna részletes leírását, rétegtani és öskörnyezeti értékelését készítettem el (KORECZ-LAKY, 1964, 1965, 1973, 1982; GÖRÖG, 1992). A geokémiai vizsgálatokhoz foraminifera, ostracoda és csiga vázából oxigén- és szénizotópos és nyomelem méréseket (Mg/Ca, Sr/Ca és Ba/Ca) készítettem. Ezenfelül szarmata szárazföldi lelőhelyekről (Felsőtárkány és Tășad) származó rágcsálófogakból is készítettem oxigénizotópos méréseket, melyeket a meteorikus vizek izotóp összetételének, és az évi középhőmérsékletek becslésére használtam fel. Korábban hasonló a teljes szarmatára kiterjedő ennyire komplex vizsgálatok a Paratethys egész területéről sehonnan sem készültek.

A vizsgált magyarországi területek kagylósrák faunájának taxonómiai feldolgozása során összesen 36 taxont tudtam elkülöníteni. A faunára kis diverzitás, nagy egyedszám és a Paratethys medencéjében kialakult endemikus alakok nagy aránya a jellemző. A különböző területekről vizsgált kagylósrák faunákat összehasonlítva arra a következtetésre jutottam, hogy az ostracoda együttes a Középső-Paratethys központi medencerészében nagyon egységes volt a kora-szarmatában (*Elphidium reginum* Zóna) (2. ábra). A fiatalabb szarmata fauna esetében ilyen összevetést nem tudtam tenni a kevés rendelkezésre álló anyag miatt. A Középső-Paratethys peremi területeinek kagylósrák együttesével való összevetés alapján, a magyarországi fauna legnagyobb hasonlóságot a Bécsi-medencéjével mutat. Továbbá összehasonlítva a vizsgált középső-paratethysi együttest a Keleti-Paratethys, illetve a Mediterráneum faunájával azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a Mediterráneum és a Paratethys között a tengeri átjáró nagyon leszűkülhetett a bádai/szarmata határon viszont a Keleti-Paratethys felé a kapcsolat továbbra is fennállt.

A budapesti szarmata foraminifera faunából 28 taxont határoztam meg. A vizsgált képződmények az alsó-szarmata *Elphidium reginum* Zónába tartoznak (2. ábra). Magyarország egyéb területeihez hasonlóan a peremi medencékre jellemző legelső szarmata *Anomalinoidea dividens* Zóna hiányzik a vizsgált sorozatban. A budapesti foraminifera fauna legnagyobb hasonlóságot a zsámbéki faunával mutat, ami a két terület közeli elhelyezkedésével magyarázható. A Paratethys egyéb területeivel összehasonlítva a budapesti együttes nagyobb egyezést mutat a keleti-paratethysi faunával, mint a Középső-Paratethys egyéb részmedencéinek faunáival.

A magyarországi kagylósrák fauna rétegtani értékelése alapján a JIŘIČEK (1983) és ZELENKA (1990) által felállított ostracoda zonációk közül az utóbbi jobban alkalmazható volt a vizsgált képződményekre. Az alsó *Cytheridea hungarica* - *Aurila mehesi* Együttes-zóna és a felső *Aurila notata* Taxon-tartomány-zóna a magyarországi szarmata sorozatokban jól elkülönül, és határuk egybeesik az *Elphidium reginum* és *Elphidium hauerinum* zónák határával illetve a molluszkfauna által felállított Kozárdi és Tinnyi elem határával (BODA, 1967; GÖRÖG, 1992) (3. ábra). Az *Aurila notata* Zónán belül elkülönített *Aurila notata-Cyamocytheridea leptostigma leptostigma* Abundancia-alzóna alkalmazása a magyarországi anyagra, illetve általában a Középső-Paratethys medencéjében nehézkes a névadó fajok egyedszámának erős területi változékonysága miatt. A legfiatalabb magyarországi szarmata képződményekben a *Hemicytheria hungarica-Leptocythere cejcensis* Alzóna az ostracoda fauna összetétele alapján egyértelműen kijelölhető. Összefoglalva elmondható, hogy a magyarországi kagylósrák faunából levonható rétegtani következtetések,

illetve az egyéb molluszka és foraminifera zónákkal való összehasonlítás azt sugallja, hogy a szarmata *s. str.* emelet biosztratigráfiai tagolással megbízhatóan két részre osztható, és a fiatalabb szarmata rétegek további tagolása csak ökosztratigráfiával lehetséges.

A Középső-Paratethys medencéjében lejátszódott ökosztratiográfiai változások időbeli pontosításához a foraminifera zonációt vettem alapul, mert a főbb változások jórészt a zónahatárokhöz voltak köthetők. Az *Elphidium reginum* Zónára jellemző a bádai faunával szemben kis diverzitású és nagy egyedszámú mikrofauna sekély, meleg-mérsékelt, jól szellőzött littorális (<80 m mély) tengeri környezetre utal, időszakos diatóma felvirágzásokkal. A geokémiai vizsgálatok alapján az aljzatvíz hőmérséklete a kora-szarmatában többé-kevésbé állandó lehetett (~15 °C). A foraminifera fauna növekvő vízmélységet, illetve az aljzatot borító tengeri vegetáció kicserélődését jelzi. Az inkább algákból álló növényzetet a kora-szarmata folyamán tengerifű közösség váltja fel, ami a környezet stabilitásának a növekedésére utal. Ezt alátámasztja a mikrofauna mennyiségi analízise (teljes fajdiverzitás és a Jaccard Koefficiens változásai) is. A tengervíz sótartalmát tekintve főként brakkvízi körülmények (20-32‰) uralkodhattak a kora-szarmata Középső-Paratethys centrális medencéjében kivéve például a lefűződött túlsós budajenői öblöt. A sótartalom a zóna vége felé újra megemelkedhetett, mert a geokémiai adatok némi tengervíz hozzáfolyást feltételeznek. Összefoglalva az *Elphidium reginum* Zónában egy relatív tengerszint emelkedés mutatható ki, mely transzgresszív esemény a TB 2.6 globális harmadrendű ciklus (HAQ *et al.*, 1988) részének feleltethető meg.

Az *Elphidium reginum* és *Elphidium hauerinum* zónák határán a mikrofauna diverzitása erősen lecsökken. A kagylósrák és a foraminifera fauna összetételének és egyes taxonok morfológiai bélyegeinek megváltozása mélyebb, kevésbé oxigéndús környezetet jelez, amit szénizotóp görbén is látható megnövekvő terrigén behordást, illetve vulkáni tevékenységet jelző változás is alátámaszt. Ez a környezeti változás a transzgressziót követő magasvíz állapottal magyarázható. Az *Elphidium hauerinum* Zóna fiatalabb képződményeiben a foraminifera és ostracoda együttes összetétele relatív vízszintcsökkenést feltételez, mivel a mikrofauna 50 m-nél sekélyebb, jól-szellőzött, meleg-mérsékelt, erősebben csökkentsős környezetet jelez, amit a becsült sótartalom értékek is alátámasztanak (17-23‰). A mikrofauna mennyiségi analízise is a vízszintváltozáshoz köthető környezeti instabilitás növekedését jelzi. Az előbbieken vázolt tengerszint-változások jól korrelálnak a Bécsi-, a Stájer- és az Erdélyi-medencében kimutatott vízszint-ingadozásokkal (Bécsi-medence: HARZHAUSER & PILLER, 2004b; KOVÁČ *et al.*, 2004; Stájer-medence: SCHREILECHNER &

SACHSENHOFER, 2007; Erdélyi-medence: KRÉZSEK & FILIPESCU, 2005; FILIPESCU *et al.*, 2005; Horvátország: VRŠALJKO *et al.*, 2006).

A *Spirolina austriaca* Zónában a diverzitás újra megnő, és a mikrofaunában megjelennek újra a normálshoz közeli sótartalmat kedvelő alakok. Ez a jelenség egy tengeri átjáró megnyílására utal, mely szűk tengeri kapcsolat a Keleti-Paratethys és Kelet-Mediterráneum között állhatott fenn a szarmata végén. Hasonló eseményt mutattak ki a Bécsi-medencében is azonos korú szarmata képződmények molluszkfaunájának vizsgálatával (HARZHAUSER & KOWALKE, 2002). A vizsgált mikrofauna meleg, jól szellőzött, közel normálsós, sekély lagunáris környezetet feltételez, mely időnként túlsóssá válhatott. A sótartalom (15-43‰) és a vízhőmérséklet (15-21 °C) nagyfokú ingadozását a geokémiai vizsgálatok is megerősítik. A zsámbéki medencebelseji fúrások és a peremi feltárások hasonló sekély környezetet jelző képződményeit a felszíni feltárásokban jól nyomozható medencebelső felé progradáló dűnesorozatok magyarázzák. A felszíni feltárások mikrofaunájának és szedimentológiai jellegzetességeinek vizsgálata alapján belső rámpa, ooidos domb és partmenti lagúna környezet különíthető el, ahol intenzív karbonát képződés folyt. A felszíni feltárásokban kimutatott markáns eróziós felszín, és az ezt magyarázó kisléptékű tengerszintesés a zónán belül a fúrások képződményeinek mikrofauna változásai alapján nem mutatható ki. A csákvári és polgárdi legfiatalabb szarmata képződményeinek (*Hemicytheria hungarica*-*Leptocythere cejcensis* Alzóna) erős kiédesedést feltételező brakkvízi kagylósrák együttese a Középső-Paratethys végleges izolációjára utal a szarmata végén.

A magyarországi mikrofauna egységessége és változásainak nagyfokú hasonlósága, illetve a Paratethys több területéről a kimutatható hasonló tengerszint-változások és fauna változások azt mutatják, hogy a Zsámbéki-medence szarmata képződményeinek vizsgálatával jól modellezhető a Középső-Paratethysben lejátszódó főbb környezeti változások.

Összefoglalva a fentieket, eredményeim arra engednek következtetni, hogy a bádai/szarmata határon bekövetkezett faunaváltás, a tengeri együttes szarmatára való elszegényedése főként a sótartalom csökkenésével hozható összefüggésbe megerősítve a hagyományos elképzeléseket. Emellett fontos szerepet játszhatott még a klímában bekövetkező globális hűlési esemény is, mivel bár a késő-szarmatára rövid időre visszatérnek a normálsós körülmények, de a vízhőmérséklet és az erősen ingadozó sótartalom számos normáltengeri alak újramejelenésének gátat szab. Emellett a vízkémiai változások is hatással lehettek a faunára, hiszen a kora-szarmatára jellemző kovavázú fitoplankton felvirágzásokat a késő-szarmatában intenzív karbonát képződés váltja fel. Hagyományosan folyamatos

kiédesedést feltételeztek a szarmata folyamán, ami egészen a Pannon-tó kialakulásáig vezetett. Ezt a jelenséget sem a vizsgált magyarországi mikrofauna változásai, sem a geokémiai eredmények nem támasztották alá. A Paratethys elzáródási folyamatát újabb és újabb tengerelöntések szakíthatták meg a szarmata folyamán, ami időnként újra megerősödő tengeri kapcsolatokra utal.

## 9. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni témavezetőimnek Dr. Monostori Miklósnak, Dr. Görög Ágnesnek, Pierre Moissette-nek és Christophe Lécuyer-nek, hogy szakmai tudásukkal és türelmükkel segítettek céloom elérésében. Köszönettel tartozom Dr. Galács András tanárúrnak, aki végig nélkülözhetetlen partner volt a szakmai kérdés illetve minden egyéb probléma megvitatásában. Külön köszönet illeti Dr. Géczy Barnabás professzor urat, akitől rengeteget tanultam beszélgetéseinek során, és aki bátorításával önbizalmat adott munkámhoz. Köszönettel tartozom Jean-Jaques Cornée-nek a szedimentológiai problémák megoldásában nyújtott segítségéért. Köszönöm Vincent Balternek a hasznos tanácsokat, melyek segítettek a geokémiai adatok értelmezésében.

Hálával tartozom Gálné Sólymos Kamillának, Bendő Zsoltnak és Pekker Péternek a pásztázó elektronmikroszkópos felvételekért. Külön köszönet Szurominé Korecz Andreának és Hír Jánosnak a rendelkezésemre bocsájtott mintákért. Hálával tartozom még François Fourel-nek és François Martineau-nak (Université de Lyon 1, UMR 5125) az oxigén- és szénizotópos mérések elkészítéséért, és Philippe Telouk-nak és Chantal Douchet-nak (Ecole Normale Supérieure de Lyon) a nyomelemes mérések elvégzéséért.

Kutatásom anyagi támogatásáért köszönettel tartozom a lyoni labornak (l'UMR 5125-PaléoEnvironnements et PaléobioSphère) és kiemelten vezetőjének Christophe Lécuyer-nek, és a Hantken Miksa Alapítványnak.

Végül szeretnék köszönetet mondani szüleimnek, páromnak, nagyszüleimnek és barátaimnak, akik nyugodt, kiegyensúlyozott és szeretetteljes háttérrel nyújtottak doktori dolgozatom megszületéséhez.

## 10. Remerciements

Je voudrais tout d'abord remercier mes directeurs de thèse: Miklós Monostori et Ágnes Görög à l'Université de Budapest et Pierre Moissette et Christophe Lécuyer à l'Université de Lyon 1. Ils m'ont fait confiance en me proposant ce sujet, puis en me laissant un grand marge de liberté pour mener à bien ce travail de recherche.

Je tiens à exprimer tout particulièrement ma reconnaissance à András Galác et Pierre Moissette pour leur aide constante dans toutes les questions scientifiques et pour de fructueuses discussions, notamment sur le Sarmatien. J'ai aussi beaucoup appris de Barnabás Géczy qui m'a toujours encouragée dans mes travaux. Un grand merci également à Jean-Jacques Cornée pour les nombreuses discussions concernant la sédimentologie et à Vincent Balter pour ses conseils et son aide dans le domaine de la géochimie.

Kamilla Gál-Sólymos, Zsolt Bendó et Péter Pekker (Université de Eötvös Loránd) ont réalisé les prises de vue au microscope électronique à balayage. Andrea Szuromi-Korecz et János Hír sont tout particulièrement remerciés pour avoir mis leurs échantillons à ma disposition. Je suis également reconnaissante à François Fourel et François Martineau (Université de Lyon 1, UMR 5125) pour l'assistance technique pendant les analyses géochimiques (isotopes stables de l'oxygène et du carbone), ainsi qu'à Philippe Telouk et Chantal Douchet (Ecole Normale Supérieure de Lyon) pour l'aide technique dans les analyses des éléments-traces.

Les aides financières de l'UMR 5125-PaléoEnvironnements et PaléobioSphère (directeur Christophe Lécuyer) et de la Fondation Miksa Hantken m'ont permis de mener à bien mes travaux.

Je tiens enfin à exprimer ma reconnaissance aux nombreuses personnes qui m'ont apporté leur aide, leur soutien, leurs compétences et leur amitié tout au long de ce travail. Je pense tout spécialement à mes parents, mon compagnon, mes grands-parents et mes amis qui ont su créer un cadre de calme, d'équilibre et d'affection pendant la préparation de ma thèse.

## 12. Irodalomjegyzék

- AIELLO, G. & SZCZECZURA, J., 2004. Middle miocene ostracods of the Fore-Carpathian Depression (Central-Paratethys, southwestern Poland). *Bolletino Società Paleontologica Italiana* **43(1-2)**, 11-70.
- ANDRUSOV, N., 1902. Die südrussischen Neogenablagerungen. 3-ter Theil. *Verhandlungen der Russisch-Kaiserlichen Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg* **39 (2)**, 337-495.
- BARKER, S., GREAVES, M. & ELDERFIELD, H., 2003. A study of cleaning procedures used for foraminiferal Mg/Ca paleothermometry. *Geochemistry Geophysics Geosystems* **4**, doi: 10.1029/2004PA001004.
- BASSIOUNI, M. A., 1979. Brakische und marine Ostrakoden (Cytherideinae, Hemicytherinae, Trachyleberidinae) aus dem Oligozän und Neogen der Türkei. *Geologisches Jahrbuch, Reihe B* **31**, 1-200.
- BAUCH, H. A., ERLLENKEUSER, H., BAUCH, D., MUELLER-LUPP, T. & TALDENKOVA, E., 2004. Stable oxygen and carbon isotopes in modern benthic foraminifera from the Laptev Sea shelf: implications for reconstructing proglacial and profluvial environments in the Arctic. *Marine Micropaleontology* **51**, 285-300.
- BENSON, R. H., 1978. The Paleocology of the Ostracodes of DSDP LEG 42A. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* **42(1)**, 777-787.
- BODA, J., 1959. A magyarországi szarmata emelet és gerinctelen faunája (Das Sarmat in Ungarn und seine Invertebraten-Fauna). *Annales Instituti Geologici Publici Hungarici* **47 (3)**, 567-862.
- BODA, J., 1967. Összefoglaló kiértékelés a mányi fúrások miocén réteggöszleteinek faunáiról. *MÁFI Adattár*.
- BODA, J., 1974. A magyarországi szarmata emelet rétegtana (Stratigraphie des Sarmats in Ungarn). *Földtani Közöny* **104 (3)**, 249-260.
- BONADUCE, G., CIAMPO, G. & MASOLI, M., 1976. Distribution of Ostracoda in the Adriatic Sea. *Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli* **40(1)**, 1-154.
- BONADUCE, G., RUGGIERI, G. & RUSSO, A., 1986. The genus *Tenedocythere* (Ostracoda, Podocopida) of the Mediterranean Miocene to Recent especially from Italy. *Bolletino Società Paleontologica Italiana* **23(3)**, 515-543.
- BRESTENSKÁ, E. & JIŘIČEK, R., 1978. Ostrakoden des Badenien der Zentralen Paratethys. In *Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys*, **6** (ed. E. Brestenská), pp. 405-439. Bratislava: VEDA, Verlag der Slowakischen Akademie der Wissenschaften.
- BUBICS, I., 1978. A budapesti metróépítés földtani eredményei. *Mérnökgeológiai Szemle* **21**, 5-87.

- CARBONEL, P., 1985. Néogène. In *Atlas des Ostracodes de France (Paléozoïque-Actuel)*. *Bulletin de Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*, Memoires **9**, (ed. H. J. Oertli), pp. 313-335, Pau: Société Nationale Elf Aquitaine.
- CARBONNEL, G., 1978. L'espèce *Cyprideis pannonica* MEHES, 1908 dans la Téthys au Messinien (Miocène). *Documents des Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon* **72**, 79-97.
- CARRÉ, M., BENTALEB, I., BRUGUIER, O., ORDINOLA, E., BARRETT, N.T. & FONTUGNE, M., 2006. Calcification rate influence on trace element concentrations in aragonitic bivalve shells: Evidences and mechanisms. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **70**, 4906-4920.
- CERNAJSEK, T., 1971. Die Entwicklung und Abgrenzung der Gattung *Aurila* POKORNY, 1955 im Neogen Österreichs (Vorbericht). *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* **1971/3**, 571-575.
- CERNAJSEK, T., 1972. Zur Palökologie der Ostrakodenfauna am Westrand des Wiener Beckens. *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* **1972/2**, 237-246.
- CERNAJSEK, T., 1974. Die Ostracodenfaunen der Sarmatischen Schichten in Österreich. In *Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys*, **4** (ed. E. Brestenská), pp. 458-491. Bratislava: VEDA, Verlag der Slowakischen Akademie der Wissenschaften.
- CHAN, L. H., DRUMMOND, D., EDMOND, J.M. & GRANT, B., 1977. On the barium data from the *Atlantic GEOSECS Expedition*. *Deep Sea Research* **24**, 613-649.
- CHAZOTTES, V., REIJMER, J.J.G. & CORDIER, E., 2008. Sediment characteristics in reef areas influenced by eutrophication-related alterations of benthic communities and bioerosion processes. *Marine Geology* **250**, 114-127.
- CHIERICI, M. A., BUSI, M. T. & CITA, M. B., 1962. Contribution a une étude écologique des foraminifères dans la Mer Adriatique. *Revue de Micropaléontologie* **5(2)**, 123-142.
- CHINTĂUAN, I. & NICOROCI, E., 1976. Ostracodele miocene din sudul bazinului simleu. *Dări de seamă ale ședințelor* **62(1974/75)**, 3-23.
- CHOCZEWSKI, J., 1956. Ostracoda of Lower Sarmat at Dwikozy near Sandomierz. *Rocznik Polskiego Towarzystwa* **25**, 55-87.
- CIHA, I. & ZAPLETALOVÁ, I., 1961. Die Vertreter der Gattung *Bolivina* (Foraminifera-Protozoa) in Miozän der Westkarpaten. *Sborník Ústředního ústavu geologického, Oddíl paleontologický* **28**, 115-184.
- CIHA, I., RÖGL, F., RUPP, C. & CTYROKA, J., 1998. Oligocene – Miocene foraminifera of the Central Paratethys, *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft* **549**, Frankfurt am Main: Verlag Waldemar Kramer, 325p.

- CORNÉE, J.-J., MOISSETTE, P., SAINT MARTIN, J.-P., DULAI, A., TÓTH, E., GÖRÖG, Á., KÁZMÉR, M., & MÜLLER, P., 2009. Marine carbonate systems in the Sarmatian of the Central Paratethys: the Zsámbék Basin of Hungary. *Sedimentology*, doi:10.1111/j.1365-3091.2009.01055.x
- CRONIN, T. M., KAMIYA, T., DWYER, G. S., BELKIN, H., VANN, C. D., SCHWEDE, S. & WAGNER, R., 2005. Ecology and shell chemistry of *Loxocochocha matagordensis*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **225**, 14-67.
- CROWSON, R.A., SHOWERS, W.J., WRIGHT, E.K. & HOERING, T.C., 1991. A method for preparation of phosphate samples for oxygen isotope analysis. *Analytical Chemistry* **63**, 2397-2400.
- DECIMA, A., 1964. Ostracodi del gen. *Cyprideis* JONES del Neogene e del Quaternario Italiani. *Palaeontographica Italica* **57(1962)**, 81-134.
- DIDKOWSKI, V. J. & SATANOVSKAJA, Z. N., 1970. Foraminifery miocena Ukrainy, Paleontologiceskij spravocnik, Kiev **4**, 166 p. (in Russian)
- DODD, J.R. & CRISP, E.L., 1982. Non-linear variation with salinity of Sr/Ca and Mg/Ca ratios in water and aragonitic bivalve shells and implications for palaeosalinity studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **38**, 45-56.
- DORNIČ, J & KHEL, J., 1963. Ein Beitrag zur Mikrobiostratigraphie und Tektonik der NW-Randteile des Wiener Beckens und des sog. Uherské Hradiště-Grabens. *Sborník Geologických Věd, Geologie* **3**, 85-107.
- DUCASSE, O., 1995. Ostracodes saumâtres à la limite Oligo-Miocène en Aquitaine. *Revue de Micropaléontologie* **38(2)**, 113-130.
- DUCASSE, O. & CAHUZAC, B., 1997. Les ostracodes indicateurs des paléoenvironnements au Miocène moyen (Serravallien) en Aquitaine (Sud-ouest de la France). *Revue de Micropaléontologie* **40(2)**, 141-166.
- DUPLESSY, J. C., LALOU, C. & VINOT, A. C., 1970. Differential Isotopic Fractionation in Benthic Foraminifera and Paleotemperatures Reassessed. *Science* **168(3928)**, 250-251.
- EPSTEIN, S., BUCHSBAUM, R., LOWENSTAM, H.A. & UREY, H.C., 1953. Revised carbonate-water isotopic temperature scale. *Bulletin of the Geological Society of America* **64**, 1315-1326.
- ERDEI, B., HABLY, L., KÁZMÉR, M., UTESCHER T. & BRUCH, A.A., 2007. Neogene flora and vegetation development in the Pannonian domain in relation to palaeoclimate and palaeogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **253**, 131-156.
- FARANDA, C., CIPOLLARI, P., COSENTINO, D., GLIOZZI, E. & PIPPONZI, G., 2008. Late Miocene ostracod assemblages from eastern Mediterranean coral reef complexes (central Crete, Greece). *Revue de Micropaléontologie* **51(4)**, 287-308.
- VON FICHEL, L. & VON MOLL, J.P.C., 1798. Testacea Microscopica aliquae minuta ex Generibus Argonauta et Nautilus, Wien: Anton Pichler, 123p.

- FILIPESCU, S., 1996. Stratigraphy of the Neogene from the western border of the Transylvanian Basin. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geologia* **41(2)**, 3-75.
- FILIPESCU, S., POPA, M. & WANKE, F., 1999. The significance of some Sarmatian faunas from the southwestern part of the Padurea Craiului Mountains (Romania). *Acta Palaeontologica Romaniae* **2**, 163-169.
- FILIPESCU, S. 2004. *Anomalonoides dividens* bioevent at the Badenian/Sarmatian boundary – a response to paleogeographic and paleoenvironmental changes. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geologia* **49(2)**, 21-26.
- FILIPESCU, S., SILYE, L. & KRÉZSEK, CS., 2005. Sarmatian micropaleontological assemblages and sedimentary paleoenvironments in the southern Transylvanian Basin. *Acta Palaeontologica Romaniae* **5**, 173-179.
- FODOR, L., LELKES, GY., MÜLLER, P. & PALOTÁS, K., 2000. Előzetes jelentés a Budai hg. - Gerecse hg. – Vértes hg. közötti terület bádeni és szarmata ősföldrajzi, szín- és poszttectonikai viszonyairól. *MÁFI Adattár*
- FORDINÁL, K. & ZLINSKÁ, A., 1994. Sarmatian Fauna from the Stretava and Kochanovce Formations in the Sečovce Area (Albinovská horka, Eastern Slovakian Basin). *Práce Państwowege Instytutu Geologicznego* **99**, 77-82.
- FORDINÁL, K., ZÁGORSEK, K. & ZLINSKÁ, A., 2006. Early Sarmatian biota in the northern part of the Danube Basin (Slovakia). *Geologica Carpathica* **57(2)**, 123-130.
- FRANZENAU, Á., 1910. Középmiocén-rétegeknek új előfordulásáról Budapest környékén, Rákospalotán. *Földtani Közlöny* **40**, 156.
- GALOVIĆ, I. & BAJRAKTAREVIĆ, Z., 2006. Sarmatian biostratigraphy of the Mountain Medvednica at Zagreb based on siliceous microfossils (North Croatia, Central Paratethys). *Geologica Carpathica* **57(3)**, 199-210.
- GÖRÖG, Á., 1992. Sarmatian foraminifera of the Zsámbék Basin, Hungary. *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis, sectio Geologica* **29**, 31-153.
- VON GRAFENSTEIN, U., ERLLENKEUSER, H., MÜLLER, J., TRIMBORN, P. & ALEFS, J., 1996. A 200 year mid-European air temperature record preserved in lake sediments: An extension of the  $\delta^{18}\text{O}_p$ -air temperature relation into the past. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **60(21)**, 4025-4036.
- VON GRAFENSTEIN, U., ERLERNKEUSER, H. & TRIMBORN, P., 1999. Oxygen and carbon isotopes in modern fresh-water ostracod valves: assessing vital offsets and autecological effects of interest for palaeoclimate studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **148**, 133-152.
- GRILL, R., 1941. Stratigraphische Untersuchungen mit Hilfe von Mikrofaunen im Wiener Becken und den benachbarten Molasse-Anteilen. *Öl Kohle* **37**, 595-602.
- GROSS, M. & PILLER, E. W., 2006. Mittelmiozäne Ostracoden aus dem Wiener Becken (Badenium/Sarmatium, Österreich). *Österreichische Akademie der Wissenschaften Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen, Sonderband 1*, 378-425.

- GROSSMANN, E.L. & KU, T.L., 1986. Stable Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: temperature effect. *Chemical Geology, Isotope Geoscience Section* **59**, 59-74.
- GROSSMANN, E.L., 1987. Stable isotopes in modern benthic foraminifera: a study of vital effect. *Journal of Foraminiferal Research* **17(1)**, 48-61.
- HAIG, D.W., 1988. Miliolids foraminifera from inner neritic sand and mud facies of the Papua lagoon, New Guinea. *Journal of Foraminiferal Research* **18**, 203-236.
- HAJÓS, M., 1986. A magyarországi miocén diatómás képződmények rétegtana (Stratigraphy of Hungary's Miocene diatomaceous earth deposits). *Geologica Hungarica* **49**, 1-339.
- HALLAM, A. & PRICE, N. B., 1968. Environmental and biochemical control of strontium in shells of *Cardium edule*. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **32(3)**, 319-328.
- HALLOCK, P. & SCHLAGER, W., 1986. Nutrient excess and the demise of coral reefs and carbonate platforms. *Palaios* **1**, 389-398.
- HÁMOR, G., 1997. Kozárdi Formáció (Kozárd Formation). In *Magyarország Litosztratigráfiai Alapegységei (Basic Lithostratigraphic units of Hungary)* (ed. G. Császár), p. 76. Budapest: Geological Institute of Hungary.
- HÁMOR, G. & IVANCSICS, J., 1997. Tinnyei Formáció (Tinnye Formation). In *Magyarország Litosztratigráfiai Alapegységei (Basic Lithostratigraphic units of Hungary)* (ed. G. Császár), p. 76. Budapest: Geological Institute of Hungary.
- HANGANU, E., 1966. Étude stratigraphique du Pliocène situé entre les vallées Teleajen et de Prahova. *Inst. Geol. Stratigr.* **2**, 127.
- HANTKEN, M., 1861. Geológiai tanulmányok Buda s Tata között. *Mathematikai és Természettudományi Közlemények* **1**, 253.
- HAQ, B.U., HARDENBOL, J. & VAIL, P.R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea level changes. In *Sea-level changes-an integrated approach* (eds C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross & J.C. van Wagoner), pp. 71-108. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publications no. 42.
- HARTMANN, G. & PURI, H. S., 1974. Summary of Neontological and Paleontological Classification of Ostracoda. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* **70**, 7-73.
- HARTMANN, G., 1975. Ostracoda. In *Dr. H.G. Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. 5. Arthropoda. 1. Crustacea* (ed. H.E. Gruner), **2**, **4**, pp. 572-616. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag.
- HARZHAUSER, M. & KOWALKE, T., 2002. Sarmatian (Late Middle Miocene) gastropod assemblages of the Central Paratethys. *Facies* **46**, 57-82.
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E., 2004a. Integrated stratigraphy of the Sarmatian (Upper Middle Miocene) in the western Central Paratethys. *Stratigraphy* **1(1)**, 65-86.
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E., 2004b. The Early Sarmatian - hidden seesaw changes. *Courier Forschungs - Institut Senckenberg* **246**, 89-111.

- HARZHAUSER, M., WAGREICH, M. & PILLER, W.E., 2006. Vienna Basin Excursion. In *EGU Meeting 2006*, pp. 1-13, Universities of Vienna and Graz.
- HARZHAUSER, M., PILLER, W.E. & LATAL, C., 2007. Geodynamic impact on the stable isotope signatures in a shallow epicontinental sea. *Terra Nova* **19(5)**, 324-330.
- HÉJJAS, I., 1895. Új adatok Erdély fossil Ostracodafaunájához. *Erdélyi Múzeum-Egylet, Értesítő, Orvos-természettudományi szakosztályából, II. Természettudományi szak, Kolozsvár, 19 évfolyam* **16(1)**, 35-68, 99-112.
- HÍR, J., KÓKAY, J. & VENCZEL, M., 2001a. Middle Miocene Molluscs and microvertebrata from Tășad (Bihor county, Romania). *Acta Paleontologica Romaniae* **3**, 161-172.
- HÍR, J., KÓKAY, J., VENCZEL, M., GÁL, E. & KESSLER, E., 2001b. Előzetes beszámoló a felsőtárkányi „Güddör-ker” n. őslénytani lelőhelykomplex újrávizsgálatáról. *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis* **25**, 41-64 (in Hungarian, English abstract).
- HÍR, J., 2004. The Present Status of the Study on the Middle Miocene Rodent Faunas in the Carpathian Basin. *Courier Forschungs - Institut Senckenberg* **249**, 45-52.
- HOLMDEN, C. & HUDSON, J.D., 2003.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  and Sr/Ca Investigation of Jurassic molluscs from Scotland: Implications for Paleosalinities and the Sr/Ca Ratio of Seawater. *Bulletin of the Geological Society of America* **115(10)**, 1249-1264.
- HOLSTEN, J., STOTT, L. & BERELSON, W., 2004. Reconstructing benthic carbon oxidation rates using  $\text{d}^{13}\text{C}$  of benthic foraminifers. *Marine Micropaleontology* **53**, 117-132.
- HORUSITZKY, F., 1926. Új adatok a budapest-környéki miocén-stratigráfiához. *Földtani Közlöny* **56**, 24.
- HORVÁTH, F., 1987. A Pannóniai-medence neogén kéregfejlődése, különös tekintettel a kunsági (pannóniai s. str.) emeletre. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **69**, 115-133.
- ILJINA, L.B., 1998. Connections of Eastern Paratethyan paleobasins with Tethyan Seas in the Middle and Late Miocene. *Romanian Journal of Stratigraphy* **78**, 57-62.
- IONESI, B. & CHINTĂUAN, I., 1975. Studiul ostracodelor din depozitele Volhieniene de pe Platforma Moldovenească (sectorul dintre valea siretului și valea Moldovei). *Dări de seamă ale ședințelor* **61(1973-1974)**, 3-14.
- IONESI, B. & CHINTĂUAN, I., 1985. Ostracofaune des dépôts Besarabiens de la région Văleni (Dobrogea du sud). *Analele științifice Universității „Al. I. Cuza” din Iași, sect. 2b* **31**, 32-36.
- JÁMBOR, Á., 1974. Üledékes kéntelep a Zsámbéki-medence szarmata sorozatában (Sedimentary sulfur deposit in the Sarmatian sequence of the Zsámbék Basin (Transdanubia, Hungary). *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése*, 301-303.
- JÁMBOR, Á., 1977. A Mányi-medence neogén képződményei felépítésének vázlata. *Földtani Kutatás* **20(4)**, 25-27.

- JÁMBOR, Á. (1997): Tokaji Vulkanit Formáció (Tokaj Volcanite Formation). In *Magyarország Litosztratigráfiai Alapegységei (Basic Lithostratigraphic units of Hungary)* (ed. G. Császár), p. 76. Budapest: Geological Institute of Hungary.
- JÁMBOR, Á. & HÁMOR, G., 1997. Budajenői Formáció (Budajenő Formation). In *Magyarország Litosztratigráfiai Alapegységei (Basic Lithostratigraphic units of Hungary)* (ed. G. Császár), p. 76. Budapest: Geological Institute of Hungary (in Hungarian and English).
- JÁMBOR, Á., KÓKAY, J., LELKES, GY., SELMECI, I. & SZEGŐ É., 2003. A Mányi-medence neogénjének újabb vizsgálati eredményei. *A 6. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés Kirándulásvezetője*, 15-16.
- JANZ, H. & VENNEMANN, T.W., 2005. Isotopic composition (O, C, Sr, and Nd) and trace element ratios (Sr/Ca, Mg/Ca) of Miocene marine and brackish ostracods from North Alpine Foreland deposits (Germany and Austria) as indicators for palaeoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **225**, 216-247.
- JIMÉNEZ-MORENO, G., RODRÍGUEZ, F.-J., PARDO-IGÚZQUIZA, E., FAUQUETTE, S., SUC, J.-P. & MÜLLER, P., 2005. High-resolution palynological analysis in late early-middle Miocene core from the Pannonian Basin, Hungary. Climatic changes, astronomical forcing and eustatic fluctuations in the Central-Paratethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **216**, 73-97.
- JIRÍČEK, R., 1972. Problém hranice sarmat/panon ve Vídeňské, Podunajské a Východoslovenské pánvi (Das Problem der Grenze Sarmat/Pannon in dem Wiener Becken, dem Donaubecken und dem ostslowakischen Becken). *Mineralia Slovaca* **4(14)**, 39-81.
- JIRÍČEK, R., 1974. Biostratigraphische Bedeutung der Ostracoden des Sarmats s. str. In *Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys*, **4** (ed. E. Brestenská), pp. 434-458. Bratislava: VEDA, Verlag der Slowakischen Akademie der Wissenschaften.
- JIRÍČEK, R., 1983. Redefinition of the Oligocene and Neogene ostracod zonation of the Paratethys. *Miscellanea Micropalaeontologica* Memoire Vol. 18<sup>th</sup> Eur. Colloq. of Micropal, Bratislava-Praha, 195-236.
- JIRÍČEK, R., 1985. Die Ostracoden des Pannonien. In *Chronostratigraphie und Neostatotypen Miozän der Zentralen Paratethys*, **7** (ed. A. Papp), pp. 378-425, Budapest: Akadémiai Kiadó.
- KAIHO, K., 1991. Global changes of Paleogene aerobic/anaerobic benthic foraminifera and deep-sea circulation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **83**, 65-85.
- KAIHO, K., 1999. Effect of organic carbon flux and dissolved oxygen on the benthic foraminiferal oxygen index (BFOI). *Marine Micropaleontology* **37**, 67-76.

- KAMIYA, T., 1988. Contrasting population ecology of two species of *Loxococoncha* (Ostracoda, Crustacea) in Recent *Zostera* (eelgrass) beds: adaptive differences between phytal and bottom-dwelling species. *Micropaleontology* **34(4)**, 316-331.
- KEATINGS, K. W., HEATON, T. H. E. & HOLMES, J. A., 2002. Carbon and oxygen isotope fractionation in non-marine ostracods: Results from a 'natural culture' environment. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **66(10)**, 1701-1711.
- KIM, J. M. & KENNETT, J. P., 1998. Paleoenvironmental changes associated with the Holocene marine transgression, Yellow Sea (Hwanghae). *Marine Micropaleontology* **34**, 71-89.
- KLEIN, R. T., LOHMANN, K. C. & THAYER, C. W., 1996. Sr/Ca and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios in skeletal calcite of *Mytilus trossulus*: Covariation with metabolic rate, salinity and carbon isotopic composition of seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **60**, 4207-4221.
- KOCSIS, L., VENNEMANN, T.W., HEGNER, E., FONTIGNE, D. & TÜTKEN, T., 2009. Constraints on the paleoceanography and paleoclimate of the Miocene north Alpine Molasse, Vienna and Pannonian Basins: records of the O-, Sr-, and Nd-isotope composition of marine fish and mammal remains. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **271**, 117-129.
- KOLLMANN, K., 1958. Cytherideinae und Schulerideinae n. subfam. (Ostracoda) aus dem Neogen des östlichen Österreich. *Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien* **51(1958)**, 28-195.
- KORECZ-LAKY, I., 1964. Magyarországi szarmata foraminiferák. (Sarmatische Foraminiferen Ungarns). *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1964. évről*, 475-493.
- KORECZ-LAKY, I., 1965. A telkibányai szarmata üledékek foraminifera faunája. (Foraminiferen-fauna der Sarmatischen Ablagerungen von Telkibánya.). *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1965. évről*, 351-365.
- KORECZ-LAKY, I., 1968. A keleti Mecsek miocén Foraminiferái. (Miozäne Foraminiferen des Östlichen Mecsek-Gebirges). *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **52(1)**, 1-200.
- KORECZ-LAKY, I., 1973. Foraminifera vizsgálatok a Tokaji- hegység miocén képződményeiből. (Examination of the Foraminifera in Miocene rocks of the Tokaj Mountains.) *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1973. évről*, 83-119.
- KORECZ-LAKY, I., 1982. Miocene Foraminifera Fauna from the borehole Tengelic-2. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **65**, 151-187.
- KOVÁCS, Z., 2001. A Kolozsvár környéki bádeni és szarmata üledékek biosztratigráfiája. (Stratigraphic al depozitelor sarmatiene din împrejuriile Clujului). *Collegium Geologicum* **2**, 67-97.
- KOVÁČ, M., BARÁTH, I., HARZHAUSER, M., HLAVATÝ, I. & HUDÁČKOVÁ, N., 2004. Miocene depositional systems and sequence stratigraphy of the Vienna Basin. *Courier Forschungs - Institut Senckenberg* **246**, 187-212.
- KRÉZSEK, CS. & FILIPESCU, S., 2005. Middle to late Miocene sequence stratigraphy of the Transylvanian Basin (Romania). *Tectonophysics* **410**, 437-463.

- KRSTIĆ, N., 1959. Zur Kenntniss der Sarmatischen Ostracoda Serbiens. *Annales Gèologique de la Péninsule Balkanique* **26**, 203-204.
- KRSTIĆ, N., 1972. Ostrakodi kongeriskih slojeva: 10. Loxoconcha. *Bulletin of the Natural History Museum, Belgrade, ser. A* **27**, 243-275.
- KRSTIĆ, N., 1980. Some Miocene ostracods Aleksinac's Pomoravlje. *Radovi Geoinstituta* **14**, 116-124.
- KRSTIĆ, N., 1985. Ostracoden im Pannonien der Umgebung von Belgrad. In *Chronostratigraphie und Neostratotypen Miozän der Zentralen Paratethys*, **7** (ed. A. Papp), pp. 103-143, Budapest: Akadémiai Kiadó.
- LACHENAL, A.M., 1989. Écologie des ostracodes méditerranéen: application au Golfe de Gabes (Tunisie orientale). Les variations du niveau marin depuis 30 000 ans. *Documents des Laboratoires de Géologie Lyon* **108**, 239p.
- LANGER, M.R., 1993. Epiphytic foraminifera. *Marine Micropaleontology* **20**, 235-265.
- LANGER, M.R., 1995. Oxygen and carbon isotopic composition of recent larger and smaller foraminifera from the Madang Lagoon (Papua New Guinea). *Marine Micropaleontology* **26**, 215-221.
- LATAL, C., PILLER, W.E. & HARZHAUSER, M., 2004. Palaeoenvironmental reconstructions by stable isotopes of Middle Miocene gastropods of the Central Paratethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **211**, 157-169.
- LEA, D.W. & BOYLE, E.A., 1989. Barium content of benthic foraminifera controlled by bottom-water composition. *Nature* **338**, 751-753.
- LEA, D.W. & BOYLE, E.A., 1990a. A 210,000-year record of barium variability in the deep northwest Atlantic Ocean. *Nature* **347**, 269-272.
- LEA, D.W. & BOYLE, E.A., 1990b. Foraminiferal reconstruction of barium distributions in water masses of the glacial oceans. *Paleoceanography* **5**, 719-742.
- LEA, D.W. & BOYLE, E.A., 1991. Barium in planktonic foraminifera. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **55**, 3321-3331.
- LEA, D.W. & SPERO, H.J., 1994. Assessing the reliability of paleochemical tracers: Barium uptake in the shells of planktonic foraminifera. *Paleoceanography* **9**(3), 445-452.
- LÉCUYER, C., GRANDJEAN, P., O'NEIL, J.R., CAPPETTA, H. & MARTINEAU, F., 1993. Thermal excursions in the ocean at the Cretaceous-Tertiary boundary (northern Morocco): the  $\delta^{18}\text{O}$  record of phosphatic fish debris. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **105**, 235-243.
- LÉCUYER, C., GRANDJEAN, P., BARRAT, J.-A., NOLVAK, J., EMIG, C., PARIS, F. & ROBARDET, M., 1998.  $\delta^{18}\text{O}$  and REE contents of phosphatic brachiopods: a comparison between modern and lower Paleozoic populations. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **62**, 2429-2436.
- LÉCUYER, C., REYNARD, B. & MARTINEAU, F., 2004. Stable isotope fractionation between mollusk shells and marine waters from Martinique Island. *Chemical Geology* **213**, 293-305.

- LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H., 1992. Present Status of Foraminiferal Classification. In *Studies in benthic foraminifera, Benthos '90, Sendai, 1990*, (eds Y. Takayanagi & T. Saito), pp. 93-102.
- LUBINSKI, D.J., POLYAK, L. & FORMAN, S.L., 2001. Freshwater and Atlantic water inflows to the deep northern Barents and Kara seas since ca 13 <sup>14</sup>C ka: foraminifera and stable isotopes. *Quaternary Science Reviews* **20**, 1851-1879.
- LUCZKOWSKA, E., 1974. Miliolidae (Foraminiferida) from Miocene of Poland, part II. Biostratigraphy, Palaeoecology and Systematics. *Acta Palaeontologica Polonica* **19(1)**, 1-176.
- LUCZKOWSKA E., 1998. Marine Miocene deposits of the Paratethys in Poland. In *Oligocene – Miocene foraminifera of the Central Paratethys* (eds F. Rögl, C. Rupp & J. Ctyroka), pp. 28-34, Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft no. 549, Frankfurt am Main: Verlag Waldemar Kramer.
- MAGYAR, I., GEARY, D.H. & MÜLLER, P., 1999. Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **147**, 151-167.
- MAJZON, L., 1939. Fúrólaboratóriumi Foraminifera-vizsgálatok. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1933-35. évekről* **II**, 1023-1045.
- MAJZON, L., 1945. Foraminifera-vizsgálatok a mélyfúrési laboratóriumban. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1936-38. évekről*, 1587-1622.
- MAJZON, L., 1966. Foraminifera-vizsgálatok, Budapest: Akadémiai Kiadó, 940p.
- MÁTYÁS, J., BURNS, S. J., MÜLLER, P. & MAGYAR, I., 1996. What can stable isotopes say about salinity? An example from the late Miocene Pannonian Lake. *Palaios* **11**, 31-39.
- MCCREA, J. M., 1950. On the isotopic chemistry of carbonates and apaleotemperature scale. *Journal of Chemical Physics* **18**, 849-857.
- MCCONNAGHEY, T. A., 1989. <sup>13</sup>C and <sup>18</sup>O isotopic disequilibria in biological carbonates: I. Patterns. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **53**, 151-162.
- MCCONNAGHEY, T.A., BURDETT, J., WHELAN, J. & PAULL, C.K., 1997. Carbon isotopes in biological carbonates: Respiration and photosynthesis. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **61(3)**, 611-622.
- MÉHES, GY., 1908. Adatok Magyarország pliocén Ostracodáinak ismeretéhez II. Az alsópannóniai emelet Darwinulidae-i és Cytheridae-i. *Földtani Közöny* **38**, 61-65.
- MÉHES, GY., 1941. Upper Oligocene Ostracods from the Budapest region. *Geologica Hungarica ser. Paleontologica* **16**, 1-95.
- MITROVIĆ, S. & RUNDIĆ, L., 1991. A contribution to the study of the Sarmatian in Belgrade area. *Annales Géologiques de la Péninsule Balkanique* **55(2)**, 59-73.
- MORKHOVEN, F.P.C.M., 1962. Post- Palaeozoic Ostracoda, Vol. I. Amsterdam, London, New York: Elsevier Publishing Company, 204p.
- MORKHOVEN, F.P.C.M., 1963. Post- Palaeozoic Ostracoda, Vol. II. Amsterdam, London, New York: Elsevier Publishing Company, 478p.

- MURRAY, J.W., 1991. Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera. Essex: Longman Scientific & Technical, 397p.
- NAVARRO, N., LÉCUYER, C., MONTUIRE, S., LANGLOIS, C. & MARTINEAU, F., 2004. Oxygen isotope compositions of phosphate from arvicoline teeth and Quaternary climatic changes, Gigny, French Jura. *Quaternary Research* **62**, 172-182.
- OBLAK, K. 2007. Most abundant Middle Miocene rotaliinas (suborder Rotaliina, Foraminifera) of Kozjansko (Eastern Slovenia). *Geologija* **50(2)**, 293-322.
- OERTLI, H.J., 1971. The aspect of ostracode faunas - A possible new tool in petroleum sedimentology. *Bulletin du Centre de Recherche de Pau-SNPA* **5**, 137-151.
- O'NEIL, J.R., CLAYTON, R.N. & MAYEDA, T. K., 1969. Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates. *Journal of Chemical Physics* **51**, 5547-5558.
- O'NEIL, J.R., ROE, L.J., REINHARD, E. & BLAKE, R.E., 1994. A rapid and precise method of oxygen isotope analysis of biogenic phosphates. *Israel Journal of Earth Sciences* **43**, 203-212.
- D'ORBIGNY, A., 1846. Foraminifères fossiles du bassin Tertiaire de Vienne (Autriche), Paris: Gide et Comp., 302p.
- PAPP, A., 1956. Fazies und Gliederung des Sarmats im Wiener Becken. *Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien* **47**, 35-98.
- PAPP, A., 1974. Die Entwicklung des Sarmats in Österreich. In *Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys*, **4** (ed. E. Brestenská), pp. 75-77. Bratislava: VEDA, Verlag der Slowakischen Akademie der Wissenschaften.
- PARAMONOVA, N. P., SHCHERBA, I. G. & KHONDKARIAN, S. O., 2004. Map 7: late Middle miocene (Late Serravallian, Sarmatian s. str., Middle Sarmatian s. I. In *Lithological-Paleogeographic maps of Paratethys* (eds Popov, S.V, Rögl, R, Rozanov, A.Y, Steininger, F.R, Shcherba, I.G, Kovac, M.), pp. 27-29. Frankfurt am Main: Courier Forschungsinstitut Senckenberg no. 250
- PEROS, M.C., REINHARDT, E.G., SCHWARCZ, H.P. & DAVIS, A.M., 2007. High-resolution paleosalinity reconstruction from Laguna la Leche, north coastal Cuba, using Sr, O and C isotopes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **245**, 535-550.
- PIETRZENIUK, E. (1973): Neue *Callistocythere*-Arten (Ostracoda) aus dem Unteren Sarmat des Tokajer Gebirges (Nördliche Ungarische VR). *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften* **1**, 703-733.
- PILLER, W.E. & HARZHAUSER, M., 2005. The myth of the brackish Sarmatian Sea. *Terra Nova* **17**, 450-455.
- PISERA, A., 1996. Miocene reefs of the Paratethys; a review. In *Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions* (eds E. K. Franseen, M. Esteban, W. C. Ward, J. M. Rouchy), pp. 97-104. SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology no. 5.
- POKORNY, V., 1945. La microstratigraphie de Pannonien entre Hodonin et Mikulice. *Buletin de l'Academie des Sciences Mathematiques et Naturelles* **45**, 291-313.

- POPESCU, G., 1995. Contribution to the knowledge of the Sarmatian foraminifera of Romania. *Romanian Journal of Paleontology* **76**, 85-98.
- PURI, H.S., BONADUCE, G. & GERVASIO, A.M., 1969. Distribution of Ostracoda in the Mediterranean. In *The Taxonomy, Morphology and Ecology of Recent Ostracoda* (ed. J. W. Neale), pp. 356-412. Edinburgh: Oliver & Boyd.
- RAVASZ, CS. & SOLTÍ, G., 1978. A Zsámbéki-medence neogén kén és gipsz előfordulás földtani viszonyai. *MÁFI Adattár*
- REUSS, A. E., 1850. Die fossilen Entomostraceen des österreichischen Tertiärbeckens. *Haidinger's Naturwissenschaftliche Abhandlungen* **31**, 1-92.
- RICKETTS, R.D., JOHNSON, T.C., BROWN, E.T., RASMUSSEN, K.A. & ROMANOVSKY, V.V., 2001. The Holocene paleolimnology of Lake Issyk-Kul, Kyrgyzstan: trace element and stable isotope composition of ostracodes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **176**, 207-227.
- RÖGL, F., STEININGER, F.F. & MÜLLER, C., 1978. Middle Miocene salinity crisis and paleogeography of the Paratethys (Middle and Eastern Europe). *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* **42(1)**, 985-990.
- RÖGL, F. & STEININGER, F.F., 1983. Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys. Die neogene Paläogeographie und Palinspastik des zirkum-mediterranen Raumes. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* **85A**, 135-163.
- RÖGL, F., 1998a. The Styrian Basin. In *Oligocene – Miocene foraminifera of the Central Paratethys*, (eds. I. Cicha, F. Rögl, C. Rupp, J. Ctyroka), pp. 49-50, *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft* no. 549, Frankfurt am Main: Verlag Waldemar Kramer.
- RÖGL, F., 1998b. Palaeogeographic Considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* **99(A)**, 279-310.
- RÖGL, F., 1999. Mediterranean and Paratethys. Facts and hypotheses of an Oligocene to Miocene paleogeography (short overview). *Geologica Carpathica* **50 (4)**, 339-349.
- RUBAN, D.A. & TYSZKA, J., 2005. Diversity dynamics and mass extinctions of the Early-Middle Jurassic foraminifera: A record from the Northwestern Caucasus. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **222**, 329-343.
- SAINT MARTIN, S. & SAINT MARTIN, J.P., 2005. Enregistrement par les diatomées des variations paléoenvironnementales durant le Sarmatien dans l'aire paratéthysienne (Roumanie). *Compte Rendus Palevol* **4**, 191-201.
- SAS, E., 1977. A Mányi kutatási terület összefoglaló földtani zárójelentés. Várpalota. *MÁFI Adattár*
- SCHACKLETON, N. J. & KENNETT, J. P., 1975. Paleotemperature history of the Cenozoic and the initiation of Antarctic glaciation: oxygen and carbon isotope analyses in DSDP sites 277, 279, and 281. *Initial Report on the Deep Sea Drillings Project* **29**, 743-755.

- SCHMIEDL, G., PFEILSTICKER, M., HEMLEBEN, C. & MACKENSEN, A., 2004. Environmental and biological effects on the stable isotope composition of recent deep-sea benthic foraminifera from the western Mediterranean Sea. *Marine Micropaleontology* **51**, 129-152.
- SCHNEIDER, G. F., 1953. Fauna ostracod iz Miotsenovih otlozeni zapadnoi Chasti Ukrainy. *Geologia Sbornik VNIGRI II(V.)*, 108-109.
- SCHREILECHNER, M. G. & SACHSENHOFER, R. F., 2007. High resolution sequence stratigraphy in the Eastern Styrian Basin (Miocene, Austria). *Austrian Journal Earth Science* **100**, 164-184.
- SCHÜTZ, K., HARZHAUSER, M., RÖGL, F., CORIC, S. & GALOVIC, I., 2007. Foraminiferen und Phytoplankton aus dem unteren Sarmatium des südlichen Wiener Beckens (Petronell, Niederösterreich). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* **147**, 449-488.
- SCHWALB, A., BURNS, S.J. & KELTS, K., 1999. Holocene environments from stable isotope stratigraphy of ostracods and authigenic carbonate in Chilean Altiplano Lakes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **148**, 153-168.
- SOKAČ, A., 1967. Pannonische und Pontische Ostracoden fauna des südwestlichen Teiles des Pannonischen Becken. *Carpatho-Balkan Geological Association, 8th Congress, Belgrade, Rep. Stratigrafia*, 445-453.
- SOKAČ, A., 1972. Pannonian and Pontian Ostracoda Fauna of Mt. Medvednica. *Palaentologia Jugoslavica* **11**, 73.
- SOSDIAN, S., GENTRY, D.K., LEAR, C.H., GROSSMAN, E.L., HICKS, D. & ROSENTHAL, Y., 2006. Strontium to calcium ratios in the marine gastropod *Conus ermineus*: Growth rate effects and temperature calibration. *Geochemistry Geophysics Geosystems* **7**, Q11023, doi:10.1029/2005GC001233.
- STANCHEVA, M., 1963. Ostracodna fauna ot neogena v severozapadna Bulgariia. II: sarmatskii ostracodi. *Travaux sur la Géologie de Bulgaria, ser. Paléontologie* **5**, 1-75.
- STANCHEVA, M., 1972. Sarmatian ostracods from north-eastern Bulgaria. *Bulletin of the Geological Institute, ser. Paleontology* **21**, 103-128.
- STANCHEVA, M., 1990. Upper Miocene ostracods from northern Bulgaria. *Geologica Balcanica series operum singulorum* **5**, 7-102.
- STEININGER, F. F. & WESSELY, G., 2000. From the Tethyan Ocean to the Paratethys Sea: Oligocene to Neogene Stratigraphy, Paleogeography and Paleobiogeography of the circum-Mediterranean region and the Oligocene to Neogene Basin evolution in Austria. *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft* **92**, 95-116.
- SUCIU, A.-A., 2005. Preliminary data on the Sarmatian deposits from Lombi Hill (Popești locality) Northwest from Cluj-Napoca. *Analele Științifice ale Universității "al. I. Cuza" Iași, Geologie* **51**, 121-130.

- SUESS, E., 1866. Untersuchungen über den Charakter der österreichischen Tertiärlagerungen, II. Über die Bedeutung der sogenannten "brackischen Stufe" oder der "Cerithienschichten". *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften* **54**, 1-40.
- SUZIN, A. V., 1956. Ostracodi tretchnih otlozhenii Severnava Predkavkazia. Groznemsk. ordena Krasnaveznamenai neft. Inst., Gostoptechnizdat, 1-184.
- SZCZECHURA, J., 2000. Age and evolution of depositional environments of the supra-evaporitic deposits in the northern, marginal part of the Carpathian Foredeep: micropaleontological evidence. *Geological Quarterly* **44(1)**, 81-100.
- SZCZECHURA, J., 2006. Middle Miocene (Badenian) ostracods and green algae (Chlorophyta) from Kamienica Nawojowska, Nowy Sacz Basin (Western Carpathians, Poland). *Geologica Carpathica* **57(2)**, 103-122.
- SZÉLES, M., 1963. Szarmáciai és pannóniai korú kagylósrákfauna a Duna-Tisza közti sekély- és mélyfűrásokból. *Földtani Közöny* **93(1)**, 108-116.
- SZENTGYÖRGYI, K. & HÁMOR, G., 1997. Hajdúszoboszlói Formáció (Hajdúszoboszló Formation). In *Magyarország Litosztratigráfiai Alapegységei (Basic Lithostratigraphic units of Hungary)* (ed. G. Császár), p. 76. Budapest: Geological Institute of Hungary.
- SZUROMI-KORECZ, A. & SZEGŐ, É., 2001. Data for knowledge of foraminifera and ostracoda microfauna of Kovácsszénája (SW-Hungary). *Folia Somloensis* **10**, 51-74.
- TAKESUE, R. K. & VAN GEEN, A., 2004. Mg/Ca, Sr/Ca, and stable isotopes in modern and Holocene *Protothaca staminea* shells from a northern California coastal upwelling region. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **68(19)**, 3845-3861.
- TAKESUE, R. K., BACON, C. R. & THOMPSON, J. K., 2008. Influences of organic matter and calcification rate on trace elements in aragonitic estuarine bivalve shells. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **72**, 5431-5445.
- TARUTANI, T., CLAYTON, R. N. & MAYEDA, T. K., 1969. The effect of polymorphism and magnesium substitution on oxygen isotope fractionation between calcium carbonate and water. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **33(1)**, 987-996.
- TÓTH, E., 2004. Sarmatian ostracods from Budapest (Hungary). *Hantkeniana* **4**, *Shallow Tethys 6 Symposium proceedings, 25-29 August 2003*, 129-159.
- TÓTH, E., 2005. A magyarországi kagylósrák fauna biosztratigráfiai, ösföldrajzi és öskörnyezeti vizsgálata. *Diplomadolgozat*
- TÓTH, E., 2008. Sarmatian (Middle Miocene) ostracod fauna from the Zsámbék Basin, Hungary. *Geologica Pannonica* **36**, 101-151.
- TÓTH, E. & GÖRÖG, Á., 2008. Sarmatian foraminifera fauna from Budapest (Hungary). *Hantkeniana* **6**, *125<sup>th</sup> Anniversary of the Department of Palaeontology at Budapest University – A Jubilee Volume*, 187-217.

- TRELEA-PAGHIDA, N., SIMIONESCU, T. & COSTESCHI, G., 1970. Ostracodele miocene din podişul Moldovenesc. *Analele ştiinţifice Universităţii „Al. I. Cuza” din Iaşi, sect. 2b* **16**, 107-120.
- TUNOĞLU, C., 2002. Pontian Leptocytheridae and Cytherideidae (Ostracoda) species from the Eastern Black Sea region of Turkey. *Geologica Carpathica* **53(5)**, 333-346.
- TÜTKEN, T., VENNEMANN, T. W., JANZ, H. & HEIZMANN, H. E. P., 2006. Palaeoenvironment and palaeoclimate of the Middle Miocene lake in the Steinheim basin, SW Germany, a reconstruction from C, O, and Sr isotopes of fossil remains. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **241**, 457-491.
- ÜLLMANN, T., 1973. É-D-i metró. Nagyvárad tér talajmechanikai szakvéleménye. *MÁFI adattár*
- ÜREY, H. C., LOWENSTAM, H. A., EPSTEIN, S., MCKINNEY, C. R., 1951. Measurement of paleotemperatures and temperatures of the Upper Cretaceous of England, Denmark and the Southeastern United States. *Geological Society of America Bulletin* **62**, 299.
- VANDER PUTTEN, E., DEHAIRS, F., KEPPENS, E. & BAEYENS, W., 2000. High resolution distribution of trace elements in the calcite shell layer of modern *Mytilus edulis*: Environmental and biological controls. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **64(6)**, 997-1011.
- VENGLINSKI, I. V., 1958. Foraminifery miocenu Zakarpatja, Kiev, 168p.
- VOLOSHINOVA, N. A., 1952. Nonionidae. In *Noniony, Cassidulinidy i Hilostomellidy*. Trudy VNIGRI **63**, (eds N. A. Voloshinova, L. G. Dain), pp. 13-75.
- VRŠALJKO, D., PAVELIĆ, D., MIKNIĆ, M., BRKIĆ, M., KOVÁČIĆ, M., HEĆIMOVIĆ, I., HAJEK-TADESSE, V., AVANIĆ, R. & KURTANJEK, N., 2006. Middle Miocene (Upper Badenian/Sarmatian) palaeoecology and evolution of the environments in the area of Medvednica Mt. (North Croatia). *Geologia Croatica* **59(1)**, 51-63.
- WOLF-GLADROW, D. A., BIJMA, J. & ZEEBE, R. E., 1998. Model simulation of the carbonate chemistry in the microenvironment of symbiont bearing foraminifera. *Marine Chemistry* **64**, 181-198.
- XIA, J., ITO, E. & ENGSTROM, D.R., 1997. Geochemistry of ostracode calcite: Part 1. An experimental determination of oxygen isotope fractionation. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **61(2)**, 377-382.
- ZACHOS, J., PAGANI, M., SLOAN, L., THOMAS, E. & BILLUPS, K., 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* **292**, 686-693.
- ZALÁNYI, B., 1913. Magyarországi miocén ostracodák. *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **21(4)**, 75-133.
- ZALÁNYI, B., 1929. Morpho-systematische Studien über fossilen Muschelkrebse. *Geologica Hungarica, ser. Palaeontologica* **5(18)**, 1-152.
- ZALÁNYI, B., 1956. Magyarországi kagylósrák-(Ostracoda)-faunák rétegtani értékelése. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1954. évről*, 187-215.
- ZALÁNYI, B., 1959. Magyarországi kagylósrák-(Ostracoda)-faunák rétegtani értékelése. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1955-56. évről*, 425-444.

- ZEEBE, R. E., BLIMA, J. & WOLF-GLADROW, D. A., 1999. A diffusion-reaction model of carbon isotope fractionation in foraminifera. *Marine Chemistry* **64**, 199-227.
- ZELEŇKA, J., 1989. Význam B. Zálányiho pro výzkum neogenních ostrakodů a taxonomická revize jeho učení. *Miscellanea Micropalaeontologica IV, Knihovička Zemního plynu a nafty* **9**, 149-159.
- ZELEŇKA, J., 1990. A review of the Sarmatian Ostracoda of the Vienna Basin. In *Ostracoda and Global Events* (eds R. Whatley, C. Maybury), pp. 263-270. London: British Micropalaeontological Society Publication, Chapman & Hall.
- ZLINSKÁ, A. & FORDINÁL, K., 1995. A Spodnosarmatská fauna zo stretavského súvrstvia z okolia Slanskej Huty (východoslovenská panva). *Práce Państwowege Instytutu Geologicznego* **100**, 71-75.
- ZLINSKÁ, A., 1997. Biostratigraphy of Sarmatian sediments from the Kosická kotlina depression on the basis of Foraminifers. *Slovak Geological Magazine* **3-4**, 285-298.

## Kivonat

Doktori kutatásom fő célja a Középső-Paratethys központi medencéjében szarmatában bekövetkezett környezeti változások rekonstruálása volt főként öslénytani vizsgálatok (kagylósrák és foraminifera fauna) alapján, kiegészítve ezt karbonát- és foszfátgeokémiai (nyomelem és stabilizotópos), illetve szedimentológiai módszerekkel. A vizsgált 43 magyarországi lelőhely közül komplex elemzés a legteljesebb szarmata rétegsorokat feltáró zsámbéki fúrásokból készült nemzetközi tekintetben is úttörő munkaként. Összesen 36 kagylósrák és 28 foraminifera taxon rendszertani leírását adtam meg. Megállapítottam, hogy a kagylósrák fauna alapján a szarmata *s. str.* emelet biosztratigráfiával megbízhatóan két részre osztható, és a fiatalabb szarmata rétegek további tagolása csak ökosztratigráfiával lehetséges. A mikrofauna összetétele a Mediterráneum és a Paratethys közötti tengeri átjáró nagyfokú leszűkülésére utal a bádeni/szarmata határon, viszont a Keleti-Paratethys felé a kapcsolat továbbra is fennállt. Vizsgálataim alapján a kora-szarmatában (*Elphidium reginum* foraminifera zóna) sekély, meleg-mérsékelt, többé-kevésbé állandó hőmérsékletű (~15°C), jól szellőző, littorális (<80 m mély), főként brakkvízi környezet uralkodhatott, gazdag vegetációval az aljzaton és időszakos diatóma felvirágzásokkal. A mikrofauna és az izotópgörbék változásai alapján relatív tengerszint-emelkedés mutatható ki, mely transzgresszív esemény a TB 2.6 globális harmadrendű ciklus részének feleltethető meg. Az *Elphidium hauerinum* Zónában a mikrofauna összetételének megváltozása mélyebb, kevésbé oxigéndús környezetet jelez, ami egy transzgressziót követő magasvíz állapottal magyarázható. Ezt relatív vízszintcsökkenés követte, 50 m-nél sekélyebb, jól-szellőző, meleg-mérsékelt, erősebben csökkentsős (17-23%) környezeti feltételekkel. Az előbbieknél változó tengerszint-változások jól korrelálnak a Középső-Paratethys peremi medencéiben kimutatott vízszint-ingadozásokkal. A *Spirolina austriaca* Zónában a mikrofauna összetételének megváltozása egy tengeri átjáró kinyílására utal, mely a Keleti-Paratethys és Kelet-Mediterráneum között állhatott fenn a szarmata végén. A mikrofauna meleg (15-21°C), jól szellőző, közel normálsós, de erősen ingadozó sótartalmú, időnként hiperszalín (15-43%), sekély lagunáris környezetet feltételez. A legfiatalabb szarmata képződmények erősen brakkvízi kagylósrák együttese a Középső-Paratethys végleges izolációjára utal a korszak végén. Összefoglalva eredményeimet, a Paratethys folyamatos kiédesedést feltételező korábbi elképzeléssel szemben az elzáródási folyamatot újabb és újabb tengerelöntések szakíthatták meg a szarmata folyamán, amit a közel normál tengeri környezeti feltételek jeleznek.

# Changements paléoenvironnementaux dans la Paratéthys Centrale pendant le Sarmatien (Miocène moyen): étude des faunes d'ostracodes et de foraminifères

## Résumé

Comme la Méditerranée, la Paratéthys est un vestige de l'ancien océan mondial, la Téthys. Cette mer intracontinentale conserve des relations avec la Méditerranée jusqu'à la fin du Miocène moyen ou Badénien (de -16,4 à -12,8 Ma), puis en est isolée à partir du Sarmatien (de -12,8 à -11,5 Ma) (RÖGL, 1998b; HARZHAUSER & PILLER, 2004a) (Fig. 1). Le Sarmatien est l'étage régional correspondant au Serravallien supérieur (Fig. 2). Un changement faunistique majeur se produit au passage Badénien/Sarmatien dans la Paratéthys Centrale où se situe le territoire étudié, le bassin Pannonien. Les organismes aquatiques vont enregistrer plus ou moins fidèlement ces changements: disparition des principaux groupes sténohalins, prolifération d'autres groupes, développement de l'endémisme, etc. La modification de la faune est expliquée traditionnellement par la réduction progressive de la salinité de la mer sarmatienne (i.e. PAPP, 1956; BODA, 1959; FORDINÁL *et al.*, 2006; VRSALJKO *et al.*, 2006). Par contre, les résultats de recherches récentes impliquent des conditions presque marines, éventuellement hypersalines (i.e. PISERA, 1996; FILIPESCU *et al.*, 1999; HARZHAUSER & KOWALKE, 2002; PILLER & HARZHAUSER, 2005; HARZHAUSER *et al.*, 2007).

L'objectif majeur de ma recherche a été de déterminer les changements des principaux paramètres paléoenvironnementaux sur la base d'analyses paléontologiques, géochimiques et dans une moindre mesure sédimentologiques. Pour ces études, deux carottes de forages (Mány-17 et Mány-22) ont été choisies dans le bassin de Zsámbék, près de Budapest, au milieu de la Paratéthys Centrale (Fig. 4). Ces carottes ont pénétré une succession sarmatienne continue et presque complète (Fig. 5). L'analyse d'une telle séquence sarmatienne continue n'avait jamais réalisée auparavant dans la Paratéthys. Les analyses paléontologiques sont basées sur des études taxonomiques détaillées, ainsi que sur la stratigraphie et la paléoécologie de la faune d'ostracodes. Ces travaux ont été complétés par l'interprétation de la faune de foraminifères benthiques à partir de mes propres études et de données bibliographiques. L'analyse paléoécologique des microfaunes a été réalisée de manière qualitative et quantitative. Deux méthodes ont été utilisées pour l'analyse quantitative: l'indice de similarité de Jaccard et la diversité spécifique totale, qui représentent bien la variabilité de la faune (Fig. 6). Les analyses paléontologiques ont été complétées par l'étude des faunes

sarmatiennes d'ostracodes d'autres carottes de forages et des affleurements du bassin de Zsámbék, ainsi que de puits et sondages d'autres régions de la Paratéthis Centrale (Mány, Budajenő, Csákvár, Polgárdi, Budapest, Mont Tokaj, Duna-Tisza köze, Monts Mecsek et Dráva) (Figs 7-12). J'ai examiné la faune d'ostracodes de 363 échantillons. Les faunes de foraminifères sarmatiens de la majorité des territoires considérés ayant déjà été étudiées (KORECZ-LAKY, 1964, 1965, 1973, 1982; GÖRÖG, 1992), seuls les peuplements de Budapest ont été analysés en détail des points de vue taxonomique, stratigraphique et paléocologique (Tabl. 1). Des analyses géochimiques (isotopes stables de l'oxygène et du carbone, éléments-traces) ont été réalisées sur des valves calcitiques d'ostracodes, des tests calcitiques de foraminifères benthiques et des coquilles aragonitiques de gastéropodes (Figs 13-15). Pour les éléments-traces (Mg/Ca, Sr/Ca et Ba/Ca), seuls 27 échantillons de foraminifères et de gastéropodes ont été analysés, alors que pour les isotopes stables des mesures ont été réalisées sur 107 échantillons de foraminifères, d'ostracodes et de gastéropodes (Annexe électronique). La composition isotopique de l'oxygène de dents phosphatiques de rongeurs provenant de sédiments terrestres sarmatiens (Felsőtárkány et Tășad) a été en outre utilisée pour estimer les températures annuelles de l'air et la composition isotopique de l'eau météorique locale (Tabl. 2).

La zonation biostratigraphique basée sur les foraminifères benthiques du Sarmatien de Hongrie (GÖRÖG, 1992) a été utilisée dans ce travail parce que les principaux changements paléoenvironnementaux correspondent essentiellement aux passages des zones. On distingue ainsi trois zones successives: Zone à *Elphidium reginum*, Zone à *E. Hauerinum* et Zone à *Spirolina austriaca* (Fig. 2).

L'étude taxonomique des ostracodes du Sarmatien de Hongrie a permis l'identification de 36 taxons (Tabl. 8). Cette faune est caractérisée par une faible diversité, l'abondance des taxons euryhalins et la dominance des espèces endémiques. Les faunes d'ostracodes des différentes régions étudiées restent homogènes au cours du Sarmatien inférieur (Zone à *Elphidium reginum*) dans cette partie de la Paratéthis Centrale. Les faunes du Sarmatien supérieur n'ont pu être étudiées du fait du petit nombre d'échantillons disponibles. Parmi les bassins périphériques de la Paratéthis Centrale, la faune d'ostracodes de Hongrie est très proche de celle du bassin de Vienne (Annexe). De plus, les comparaisons entre la faune étudiée et celles de la Méditerranée et de la Paratéthis orientale, permettent d'établir que la connection entre la Méditerranée et la Paratéthis est devenue très limitée ou a été interrompue au passage Badénien/Sarmatien, mais que la relation avec la Paratéthis orientale a existé jusqu'à la fin du Sarmatien.

Vingt-huit taxons de foraminifères ont été déterminés dans les séries sarmatiennes de Budapest (Tabl. 5). Du point de vue biostratigraphique, cette faune fait partie de la Zone à *Elphidium reginum*. La Zone à *Anomalinoidea dividens* (Sarmatien basal), présente dans les bassins périphériques, manque dans les séries étudiées et dans les autres régions de Hongrie. La faune de foraminifères du bassin de Zsámbék montre une grande similarité avec celles de la Hongrie. L'association de foraminifères de Budapest est par contre beaucoup plus proche de la faune de la Paratéthys orientale que de celles des autres sous-bassins de la Paratéthys Centrale (Tabl. 7).

L'analyse stratigraphique des faunes d'ostracodes de Hongrie indique que la zonation établie par ZELEŇKA (1990) pour le bassin de Vienne est mieux adaptée aux séries étudiées que celle de JIŘIČEK (1983) (Fig. 3). La Zone à *Cytheridea hungarica-Aurila mehesi* inférieure et la Zone à *Aurila notata* supérieure sont clairement mises en évidence dans les séquences de Hongrie et leurs limites coïncident bien avec la limite des sous-étages Kozardien et Tinnyeien mise en évidence par la faune de mollusques (BODA, 1967; GÖRÖG, 1992). L'adaptation de la sous-zone d'abondance à *Aurila notata-Cyamocytheridea leptostigma leptostigma* aux successions sarmatiennes de Hongrie et plus généralement à la Paratéthys Centrale est difficile du fait de la grande variation géographique des abondances d'*Aurila notata* et *Cyamocytheridea leptostigma leptostigma*. La sous-zone à *Hemicytheria hungarica-Leptocythere cejcensis* peut être facilement identifiée dans les couches les plus supérieures du Sarmatien. Les résultats de l'analyse biostratigraphique de la faune d'ostracodes de Hongrie, ainsi que la comparaison des zonations d'ostracodes, de foraminifères et de mollusques indiquent que l'étage Sarmatien *s. str.* peut être clairement subdivisé en deux parties et que, de plus, les couches sarmatiennes supérieures ne peuvent être séparées que par l'écostratigraphie.

Après la richesse faunistique du Badénien, la zone basale de la série sarmatienne (Zone à *Elphidium reginum*) est marquée par une forte diminution de la diversité de la microfaune et par l'abondance des taxons euryhalins. La microfaune indique des eaux marines tempérées chaudes, peu profondes (moins de 80 m) et bien ventilées avec des périodes de floraison de phytoplancton. Le profil Mg/Ca des coquilles de gastéropodes suggère des conditions de température de fond plus ou moins stables et constantes (Fig. 17). Les compositions isotopiques de l'oxygène des dents de rongeurs et des coquilles de gastéropodes indiquent une température d'environ 15 °C pour l'eau de fond (Tabl. 2). Les changements des faunes de foraminifères suggèrent une augmentation du niveau marin relatif et des modifications de la végétation (remplacement de la dominance des algues par celle des

zostères marines) (Figs 25, 30). Ce phénomène et les analyses quantitatives de la microfaune (indice de similarité de Jaccard et diversité spécifique totale) témoignent d'une augmentation de la stabilité de cet environnement (Fig. 6). La composition de la microfaune et les résultats de la géochimie suggèrent des conditions saumâtres (20-32‰) dans le bassin central de la Paratéthys Centrale pendant la Zone à *Elphidium reginum* (Tabl. 4). La lagune de Budajenő, isolée et hypersaline, constitue une exception. L'augmentation de la salinité à la fin de cette zone correspond probablement à une invasion d'eau de mer dans le système du bassin semi-ouvert de la Paratéthys Centrale, ce qui est indiqué par l'augmentation des valeurs des profils de  $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta^{13}\text{C}$  (Fig. 19). Ce phénomène est à relier à un événement transgressif correspondant au cycle global TB 2.6 de HAQ et al. (1988).

À la limite des zones à *Elphidium reginum* et *E. hauerinum*, la diversité de la microfaune baisse fortement. Les couches inférieures de la zone à *E. hauerinum* sont caractérisées par la dominance d'ostracodes de petite taille à valves lisses et fines et des foraminifères endobenthiques. Ceci indique des eaux plus profondes et plus pauvres en oxygène que dans la zone inférieure. Ce dernier paramètre est confirmé par les profils des isotopes du carbone qui suggèrent des sédiments riches en matière organique provenant du milieu continental (Fig. 19). Ce changement environnemental peut être expliqué par l'augmentation du niveau marin relatif. On peut considérer ce fait comme un événement HST. La partie supérieure de la zone à *E. hauerinum* est caractérisée par des ostracodes de plus grande taille et plus ornés. La faune de foraminifères est dominée par l'endofaune avec des genres euryhalins comme *Ammonia* et *Nonion*. La microfaune indique une eau tempérée chaude, peu profonde (moins de 50 m) et bien ventilée avec une forte diminution de la salinité confirmée par les mesures géochimiques (17-23‰) (Tabl. 4). L'analyse quantitative de la microfaune, notamment la tendance décroissante de la diversité spécifique totale et de l'indice de similarité de Jaccard, indique une instabilité plus importante de l'environnement (Fig. 6). La microfaune de la partie supérieure de cette zone suggère une baisse du niveau marin relatif (LST). Ces changements observés dans le sous-bassin étudié sont corrélés de manière satisfaisante avec ceux des bassins de Vienne, de Styrie, de Transylvanie et de Croatie (bassin de Vienne: HARZHAUSER & PILLER, 2004b; KOVÁČ *et al.*, 2004; bassin de Styrie: SCHREILECHNER & SACHSENHOFER, 2007; bassin de Transylvanie: KRÉZSEK & FILIPESCU, 2005; FILIPESCU *et al.*, 2005; Croatie: VRSALJKO *et al.*, 2006).

Dans la zone supérieure à *Spirulina austriaca*, la microfaune est plus diversifiée que dans la zone précédente. Plusieurs espèces badéniennes de foraminifères et d'ostracodes qui avaient disparues au Sarmatien inférieur réapparaissent ici (Tabl. 6). Un phénomène similaire

a été mis en évidence par l'étude des mollusques du bassin de Vienne (HARZHAUSER & KOWALKE, 2002). Ces faits montrent qu'une connection est rétablie entre l'est de la Méditerranée et la Paratéthys orientale, elle-même reliée à la Paratéthys Centrale. La microfaune suggère un environnement chaud, bien ventilé, peu profond, et des conditions presque marines (mais parfois hypersalines). L'interprétation écologique des faunes d'ostracodes et surtout de foraminifères indique l'existence d'un environnement marécageux ou de lagon. Les données géochimiques confirment la grande variabilité de la salinité (15-43‰) et de la température (15-21°C) (Fig. 19). Les successions similaires, caractérisées par des sédiments marins peu profonds au milieu du bassin de Zsámbék et dans les affleurements marginaux, peuvent être interprétées comme des systèmes de dunes progradant vers la partie centrale du bassin. L'étude micropaléontologique et sédimentologique des séquences sarmatiennes de ces affleurements indique des environnements différents (rampe interne, barre interne et lagon côtier) où la production carbonatée était intense (CORNÉE *et al.*, 2009) (Figs 20-24). Les surfaces d'érosion observées dans les affleurements et qui indiquent une baisse du niveau marin relatif pendant la Zone à *S. austriaca*, n'ont pu être identifiées sur la base des changements de microfaunes dans les carottes de forages du milieu du bassin. La composition des faunes d'ostracodes dans les couches sarmatiennes les plus supérieures (sous-zone à *Hemicytheria hungarica*-*Leptocythere cejcensis*) de Csákvár et Polgárdi indique une forte réduction de la salinité. Ce phénomène indique l'isolement définitif de la Paratéthys Centrale à la fin du Sarmatien.

Les grandes similarités observées dans les changements de la microfaune de Hongrie et les modifications du niveau de la mer et des faunes dans les différentes régions de la Paratéthys indiquent que les successions sarmatiennes du Bassin de Zsámbék sont représentatives des principaux changements environnementaux intervenus dans la Paratéthys Centrale.

En conclusion, l'appauvrissement important des microfaunes au passage Badénien/Sarmatien est à relier essentiellement à la réduction de la salinité et confirme les interprétations traditionnelles des faunes sarmatiennes. L'isolement de la Paratéthys pendant le Sarmatien est cependant interrompu épisodiquement par des incursions marines indiquant le rétablissement de connections avec la Méditerranée. Au Sarmatien supérieur, et bien que des conditions marines presque normales soient rétablies, les faunes aquatiques subissent les conséquences d'un refroidissement climatique global et des fluctuations de la salinité, gênant la réapparition de la plupart des organismes marins francs. Les changements du chimisme des eaux ont eu d'autres effets sur les faunes sarmatiennes: les périodes de floraisons

phytoplanctoniques du Sarmatien inférieur sont ainsi relayées par une forte production carbonatée au Sarmatien supérieur.

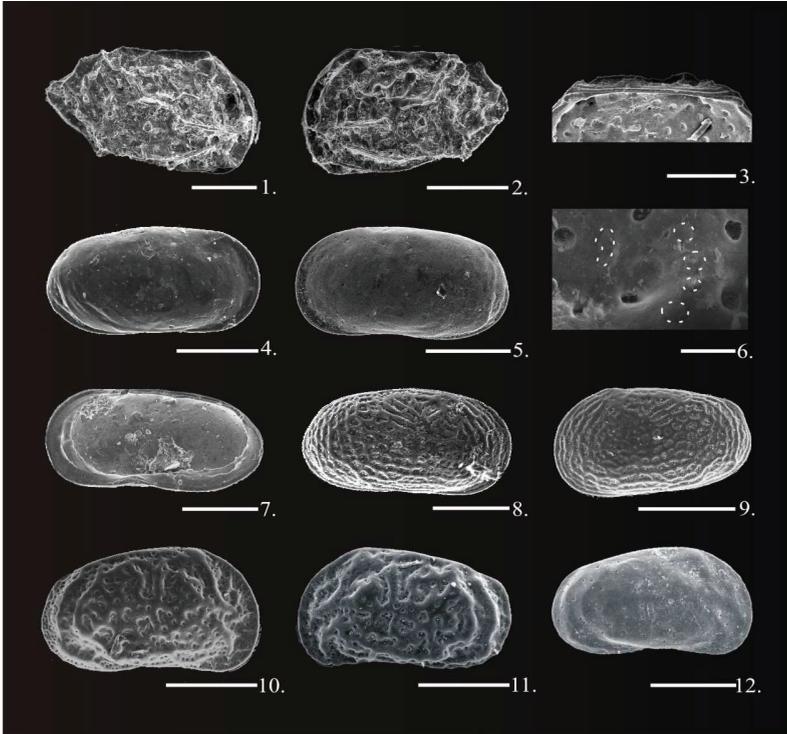
## Abstract

Palaeoenvironmental changes in the Sarmatian Central Paratethys were reconstructed by using qualitative and quantitative palaeontological analyses of foraminifers and ostracods coupled with trace elemental and stable isotope analyses of their calcite skeletons and of aragonite gastropod shells and phosphate rodent teeth, coupled with sedimentological data. Among the forty-three studied Sarmatian successions from Hungary, exhaustive analyses were made from two boreholes in the Zsámbék Basin. Detailed systematic descriptions of 36 ostracod and 28 foraminifer taxa are provided. In the studied Sarmatian series two biozones could be distinguished based on the ostracod fauna, but the Upper Sarmatian beds could only be divided ecostratigraphically. The taxonomic composition of the microfauna suggests that the connection between the Central Paratethys and the Mediterranean was interrupted or limited at the Badenian/Sarmatian boundary, but that a seaway between the Eastern and Central Paratethys existed until the end of the Sarmatian. During the Early Sarmatian (*Elphidium reginum* Zone) the microfauna and the geochemical results suggest shallow, stable warm-temperate bottom water temperatures ( $\sim 15^{\circ}\text{C}$ ), well ventilated, mainly brackish seawater (littoral zone, maximum 80 m deep) with rich algae and/or seagrass vegetation on the bottom and periodic phytoplankton blooms. In this zone a transgressive event can be observed as part of a 3<sup>rd</sup> order transgressive systems tract (TST) corresponding roughly to the TB 2.6 global cycle based on microfaunal changes and stable isotope curves. The faunal changes occurring at the boundary between the lower and the middle zone (*Elphidium hauerinum* Zone) can be explained by a sea-level highstand with dysoxic conditions. A relative sea-level fall with a maximum depth of about 50 m, and well ventilated, warm-temperate and more brackish (17-23‰) conditions is documented at the end of this middle zone. Similar sea-level changes were demonstrated in the peripheral basins of the Central Paratethys. After a short regressive event, a marine connection between the Paratethys and the Mediterranean was established at the beginning of the upper zone (*Spirolina austriaca* Zone) based on the changes of microfaunal composition. During the upper zone, the microfauna indicates warm (15-21°C), well-ventilated, close to normal marine shallow lagoon and marsh environments with high fluctuations in salinity (15-43 ‰). The uppermost Sarmatian more brackish ostracod assemblages indicate that a final isolation of the Central Paratethys occurred at the end of the Sarmatian. Summarizing, the isolation of the Paratethys was periodically interrupted by seawater incursions caused by renewals of the marine connections despite the traditional interpretation of a progressive salinity decrease during the Sarmatian.



## **TÁBLÁK/PLANCHES/PLATES**

Tábla 1/Planche 1/Plate 1



Figs 1-3, 6. *Cnestocythere* aff. *truncata* (REUSS, 1850).

Fig. 1. JT (=jobb teknő)/VD (=valve droite)/RV (=right valve). Mány-17: 104,5-106 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 2. BT (=bal teknő)/VG (=valve gauche)/LV (=left valve). Mány-17: 104,5-106 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 3. A bal teknő zárszerkezete/Charnière gauche/Hinge of LV. Mány-17: 104,5-106 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 6. Központi izomhegek a jobb teknőben/Empreintes musculaires centrales droites/Central muscle scars of RV. Mány-17: 104,5-106 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 50  $\mu$ m.

Figs 4-5, 7-8. *Annicythere tenuis* (REUSS, 1850).

Fig. 4. JT/VD/RV. Mány-22: 134,6-139,2 m. Méretarány/ Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 5. BT/VG/LV. Perbál-5: 104,8-105,8 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 7. A jobb teknő belülről/Vue interne de la VD/RV from inside. Mány-17: 136,7-140,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 8. JT/VD/RV. Mány-17: 81,5-85,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 9. *Annicythere* sp. BT/VG/LV. Mány-22: 74-80,2 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

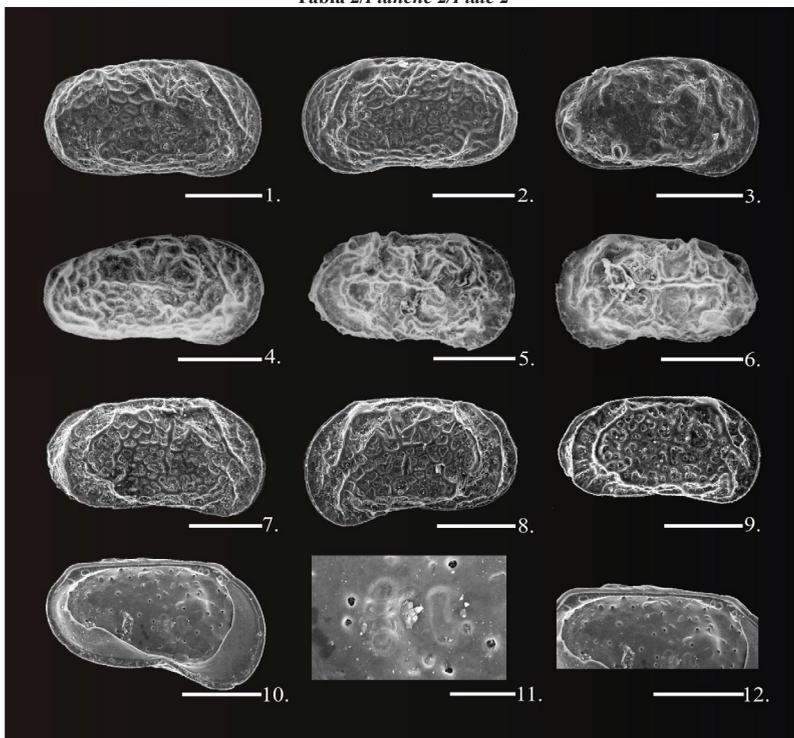
Fig 10-12. *Callistocythere egregia* (MÉHES, 1908).

Fig 10. JT/VD/RV. 596 (Budapest): 12,6-15,9 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig 11. BT/VG/LV. 596 (Budapest): 12,6-15,9 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig 12. JT/VD/RV. Ökológiai variáció/Variation écologique/Ecological variation. 596 (Budapest): 12,6-15,9 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Tábla 2/Planche 2/Plate 2



Figs 1-2. *Callistocythere incostata* PIETRZENIUK, 1973.

Fig. 1 JT/VD/RV. Mány-22: 170,6-173 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 2 BT/VG/LV. Mány-17: 170,6-173 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 3. *Callistocythere postvallata* PIETRZENIUK, 1973. JT/VD/RV. Mány-22: 139,2-141,4 m.  
Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m

Fig. 4. *Callistocythere maculata* PIETRZENIUK, 1973. JT/VD/RV. 616 (Budapest): 11 m.  
Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m

Figs 5-6. *Callistocythere tokajensis* PIETRZENIUK, 1973.

Fig. 5. JT/VD/RV. 596 (Budapest): 12,6-15,9 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 6. BT/VG/LV. 596 (Budapest): 12,6-15,9 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 7-12. *Euxinocythere (Euxinocythere) praebosqueti* (SUZIN, 1956).

Fig. 7. JT/VD/RV. Mány-22: 74-80,2 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 8. BT/VG/LV. Mány-22: 74-80,2 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

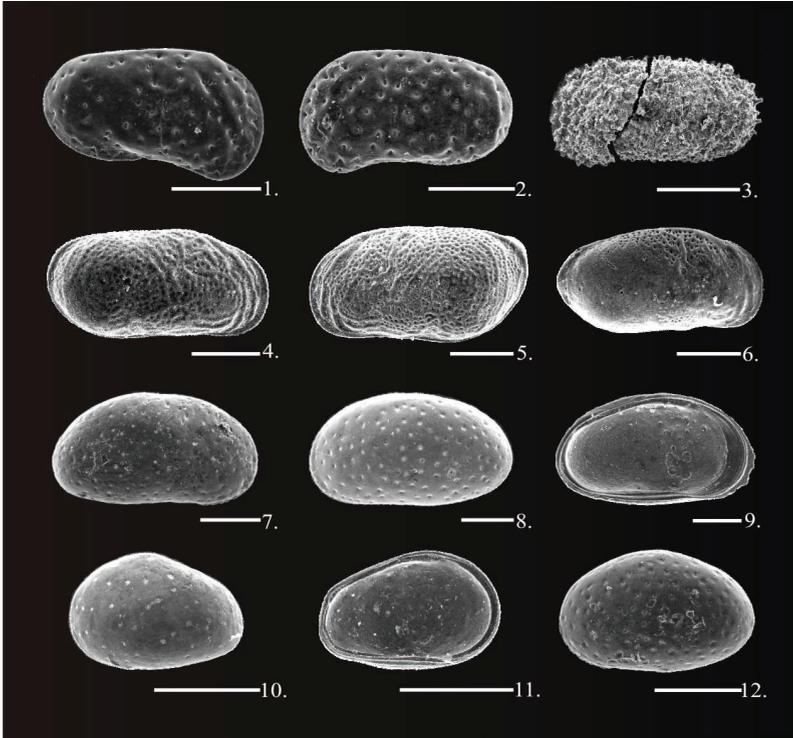
Fig. 9. JT/VD/RV. Mány-17: 81,5-85,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 10. A bal teknő belülről/View lateral interne de la VG/LV from inside. Mány-17: 81,5-85,3 m.  
Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 11. Központi izomhegek a bal teknőben/Empreintes musculaires centrales gauches/Central muscle scars of LV. Mány-17: 81,5-85,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 50  $\mu$ m.

Fig. 12. A bal teknő zárzerkezete/Charnière gauche/Hinge of LV. Mány-17: 81,5-85,3 m.  
Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m

Tábla 3/Planche 3/Plate 3



Figs 1-2. *Euxinocythere (Euxinocythere) diafana* (STANCHEVA, 1963).

Fig. 1. JT/VD/RV. Mány-22: 139,2-141,4 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 2. BT/VG/LV. Mány-17: 133-134,2 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 3. *Euxinocythere (Euxinocythere) naca* (MÉHES, 1908). BT/LV/VG. Mány-22: 84,8-85,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m

Figs 4-6. *Leptocythere cejcensis* (ZELENKA, 1990).

Fig. 4. JT/VD/RV. Csákvár-9: 179-179,8 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 5. BT/VG/LV. Csákvár-9: 195,4-196,4 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 6. JT/VD/RV. Ökológiai variáció/Variation écologique/Ecological variation. Csákvár-11: 202-203 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 7-11. *Cyamocytheridea leptostigma leptostigma* (REUSS, 1850).

Fig. 7. JT/VD/RV. Mány-22: 62,5-66,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 8. BT/VG/LV. Mány-22: 45-52,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

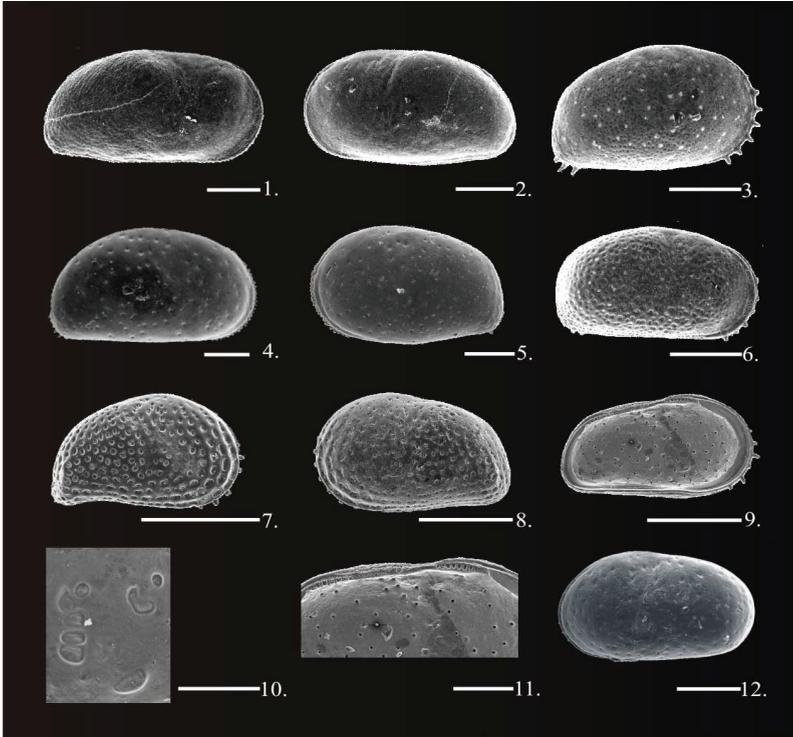
Fig. 9. A bal teknő belülről/Vue interne de la VG/LV from inside. Mány-22: 45-52,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 10. BT/VG/LV. Juvenilis példány/Spécimen juvénile/Juvenile specimen. Mány-22: 45-52,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 11. BT/VG/LV. Juvenilis példány belülről/Vue interne d'un spécimen juvénile/Juvenile from inside. Perbál-5: 73,5-74,4 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 12. *Cyamocytheridea dérii* (ZALÁNYI, 1913). JT/VD/RV. Mány-22: 67-70 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Tábla 4/Planche 4/Plate 4



Figs 1-2. *Cyprideis pannonica* (MÉHES, 1908).

Fig. 1. JT/VD/RV. Csákvár-11: 169,5-170,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 2. BT/VG/LV. Csákvár-11: 169,5-170,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 3, 6. *Cyprideis pokorny* JIRÍČEK, 1974.

Fig. 3. JT/VD/RV♀. Csákvár-11: 169,5-170,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 6. JT/VD/RV♂. Csákvár-11: 169,5-170,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 4-5. *Hemicyprideis dacica dacica* (HÉJAS, 1895).

Fig. 4. JT/VD/RV♀. 618 (Budapest): 5,8 m.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 5. BT/VG/LV♀. 618 (Budapest): 5,8 m.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 7-11. *Cytheridea hungarica* ZALÁNYI, 1913.

Fig. 7. JT/VD/RV. Mány-22: 145,2-145,4 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 8. BT/VG/LV. Perbál-5: 147-149,7 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 9. A bal teknő belülről/Vue interne de la VG/LV from inside.

Perbál-5: 149,9-150,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 10. Központi izomhegek a bal teknőben/Empreintes musculaires centrales gauches/Central muscle scars of LV.

Perbál-5: 149,9-150,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

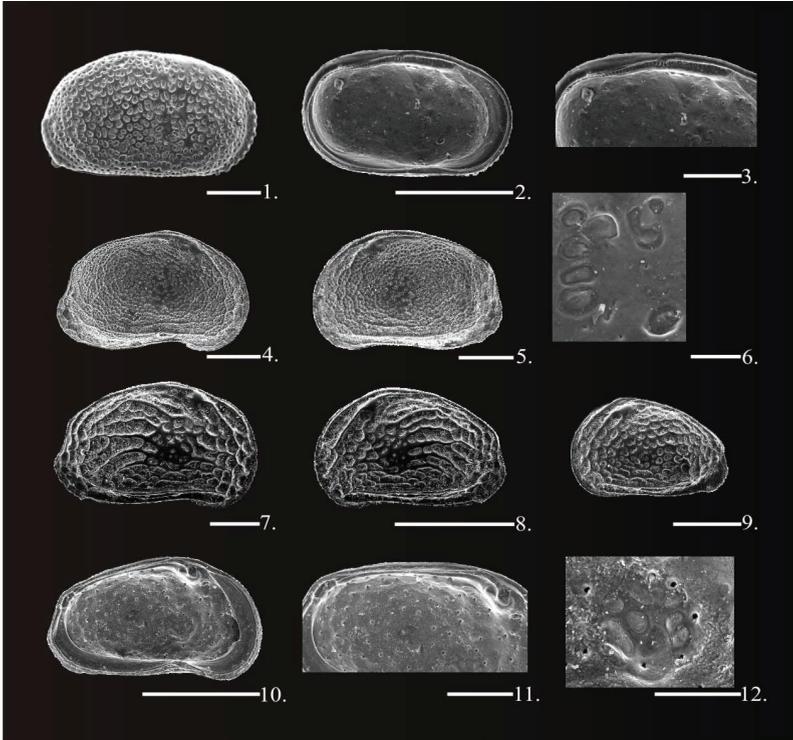
Fig. 11. A bal teknő zár szerkezete/Charnière gauche/Hinge of LV. Mány-22: 39,8-41,1 m.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 12. *Micyprideis sarmatica* (ZALÁNYI, 1913). BT/VG/LV. 596 (Budapest): 10,3-13,6 m.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Tábla 5/Planche 5/Plate 5



Figs 1-3. *Miocyprideis janoscheki* KOLLMANN, 1958.

Fig. 1. JT/VD/RV. Mány-22: 45-52,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 2. A bal teknő belülről/Vue interne de la VG/LV from inside. Mány-22 borehole, depth 39,8-41,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 3. A bal teknő zár szerkezete/Charnière gauche/Hinge of LV. Mány-22: 39,8-41,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 6. Központi izomhegek a bal teknőben/Empreintes musculaires centrales gauches/Central muscle scars of LV. Mány-22: 39,8-41,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 50  $\mu$ m.

Figs 4-5. *Hemicytheria hungarica* (MÉHES, 1908).

Fig. 4. JT/VD/RV. Polgárdi-2: 308,6 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 5. BT/VG/LV. Polgárdi-2: 308,6 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 7-12. *Hemicytheria omphalodes* (REUSS, 1850).

Fig. 7. JT/VD/RV. Perbál-5: 118,3-119,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 8. BT/VG/LV. Perbál-5: 118,3-119,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 9. BT/VG/LV. Juvenilis példány/Spécimen juvénile/Juvenile specimen. Perbál-5: 118,3-119,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 10. A bal teknő belülről/Vue interne de la VG/LV from inside.

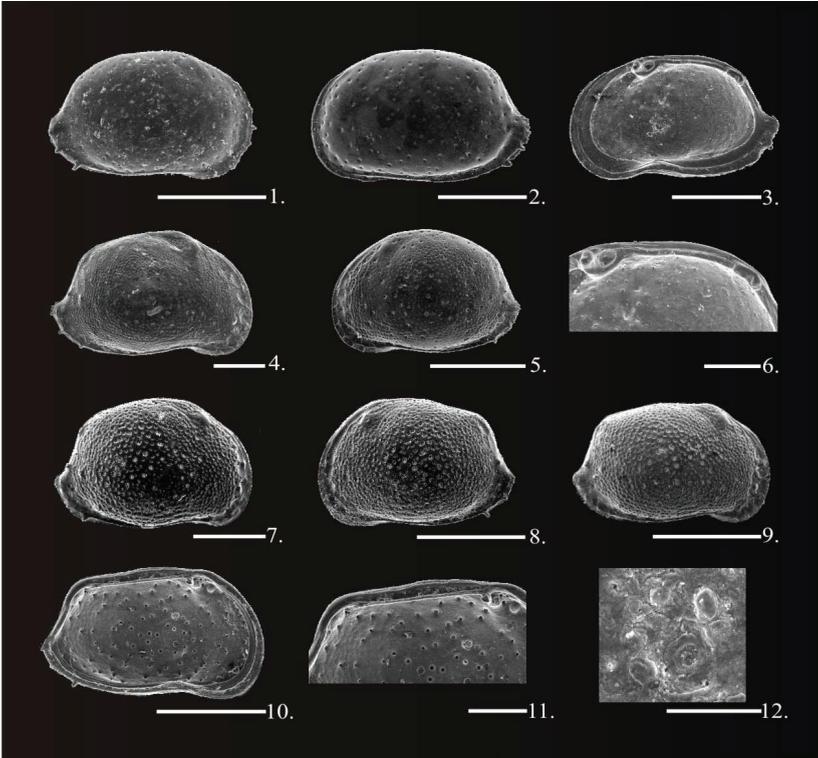
Perbál-5: 118,3-119,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 11. A bal teknő zár szerkezete/Charnière gauche/Hinge of LV. Perbál-5: 118,3-119,1 m.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 12. Központi izomhegek a bal teknőben/Empreintes musculaires centrales gauches/Central muscle scars of LV. Perbál-5: 118,3-119,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Tábla 6/Planche 6/Plate 6



Figs 1-3, 6. *Aurila mehesi* (ZALÁNYI, 1913).

Fig. 1. JT/VD/RV. Mány-17: 150,8-151,8 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 2. BT/VG/LV. Mány-22: 143,1-145,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 3. A jobb teknő belülről/Vue interne de la VD/RV from inside. Mány-17: 147,6-150,4 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 6. A jobb teknő zárszerkezete/Charnière droite/Hinge of RV. Mány-17: 147,6-150,4 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 4-5. *Aurila merita* (ZALÁNYI, 1913).

Fig. 4. JT/VD/RV. Mány-17: 147,1-147,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 5. BT/VG/LV. Mány-22: 165,5-167,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Figs 7-12. *Aurila notata* (REUSS, 1850).

Fig. 7. JT/VD/RV ♀. Mány-22: 45-52,5 m.. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 8. BT/VG/LV ♀. Mány-22: 70-72 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

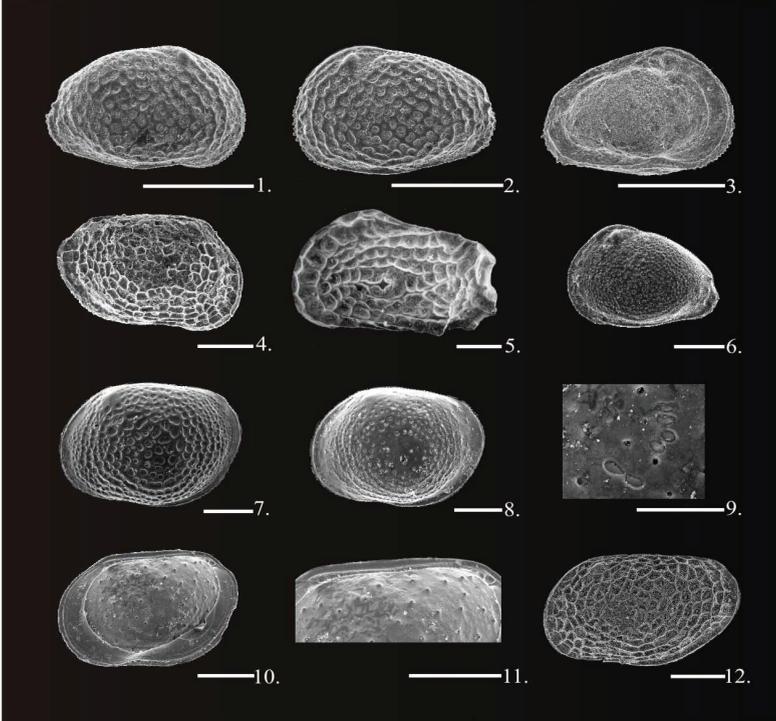
Fig. 9. JT/VD/RV ♂. Mány-22: 45-52,5 m.. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 10. A bal teknő belülről/Vue interne de la VG/LV ♂ from inside. Mány-22: 66,5-67 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 11. A bal teknő zárszerkezete/Charnière gauche/Hinge of LV ♂. Mány-22: 66,5-67 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 12. Központi izomhegek a bal teknőben/Empreintes musculaires centrales gauches/Central muscle scars of LV. Mány-17: 130-134,2 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Tábla 7/Planche 7/Plate 7



Figs 1-3. 6. *Senesia vadaszi* (ZALÁNYI, 1913).

Fig. 1. JT/VD/RV. Mány-22: 162-163 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 2. BT/VG/LV. Perbál-5: 169,3-172,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 3. A bal teknő belülről/Vue interne de la VG/LV from inside. Mány-22: 155-157,9 m.  
Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 6. BT/VG/LV. Juvenilis példány/Spécimen juvénile/Juvenile specimen. Mány-22: 162-163 m.  
Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 4. *Loxoconcha kochi* MÉHES, 1908. JT/VD/RV. Mány-22: 45-52,5 m.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 5. *Tenedocythere cruciata* BONADUCE, RUGGERI & RUSSO, 1986. BT/VG/LV. 617 (Budapest): 4,8 m.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 7-11. *Loxoconcha porosa* MÉHES, 1908.

Fig. 7. BT/VG/LV. Mány-22: 45-52,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 8. BT/VG/LV. Ökológiai variáció/Variation écologique/Ecological variation. Mány-22: 70-72 m.  
Méretarány/Echelle/Scale bar: 500  $\mu$ m.

Fig. 9. Központi izomhegek a jobb teknőben/Empreintes musculaires centrales droites/Central muscle scars of RV.  
Mány-17: 104,5-106 m. 100  $\mu$ m

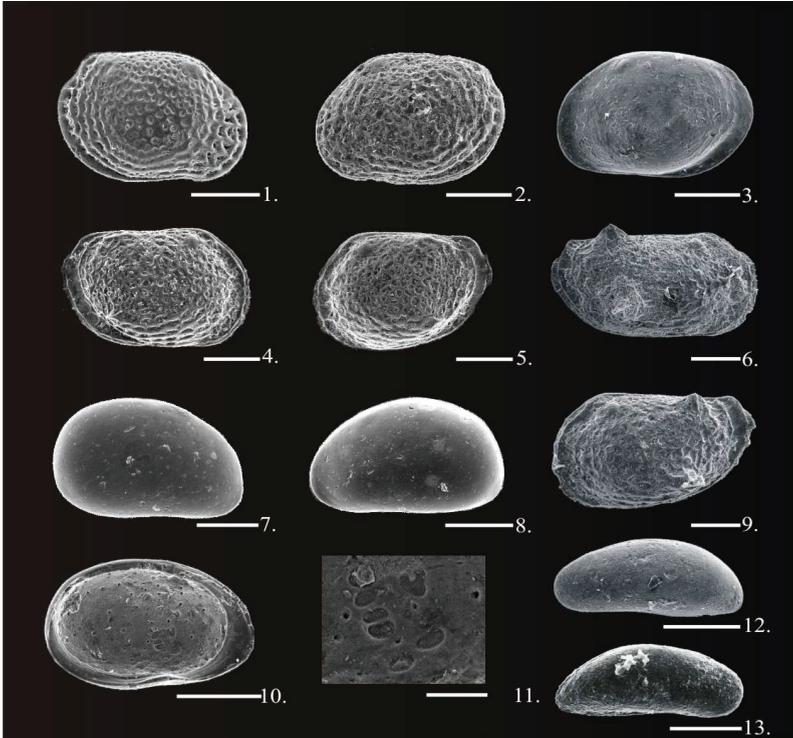
Fig. 10. A jobb teknő belülről/Vue interne de la VD/RV from inside. Mány-17: 104,5-106 m.  
Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 11. A jobb teknő zárszerkezete/Charnière droite/Hinge of RV. Mány-17: 104,5-106 m.  
Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 12. *Loxoconcha laeta* STANCHEVA, 1963. JT/VD/RV. Zsámbék-18.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Tábla 8/Planche 8/Plate 8



Figs 1-2. *Loxoconcha ex gr. punctatella* (REUSS, 1850).

Fig. 1. JT/VD/RV. Mány-22: 173-175,9 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 2. BT/VG/LV. Mány-17: 173,1-173,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 3. *Loxoconcha subcrassula* SUZIN, 1956. BT/VG/LV. 596 (Budapest): 10-12,7 m.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 4-5. *Loxocorniculum hastatum* (REUSS, 1850).

Fig. 4. JT/VD/RV ♀. Perbál-5: 177,2-178,2 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 5. BT/VG/LV ♀. Perbál-5: 177,2-178,2 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 6, 9. *Loxocorniculum schmidi* (CERNAJSEK, 1974).

Fig. 6. JT/VD/RV. 596 (Budapest): 10-12,7 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 9. BT/VG/LV. 596 (Budapest): 10-12,7 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Figs 7-8, 10-11. *Xestoleberis fuscata* SCHNEIDER, 1953.

Fig. 7. JT/VD/RV. Mány-22: 170,6-173 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 8. BT/VG/LV. Mány-22: 134,6-139,1 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 10. A bal teknő belülről/Vue interne de la VG/LV from inside. Mány-22: 170,6-173 m.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 11. Központi izomhegek a bal teknőben/Empreintes musculaires centrales gauches/Central muscle scars of LV. Mány-22: 170,6-173 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 50  $\mu$ m.

Figs 12-13. *Cytherois sarmatica* JIŘIČEK, 1974).

Fig. 4. JT/VD/RV. 615 (Budapest): 16,7 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Fig. 5. BT/VG/LV. 615 (Budapest): 16,7 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 200  $\mu$ m.

Tábla 9/Planche 9/Plate 9



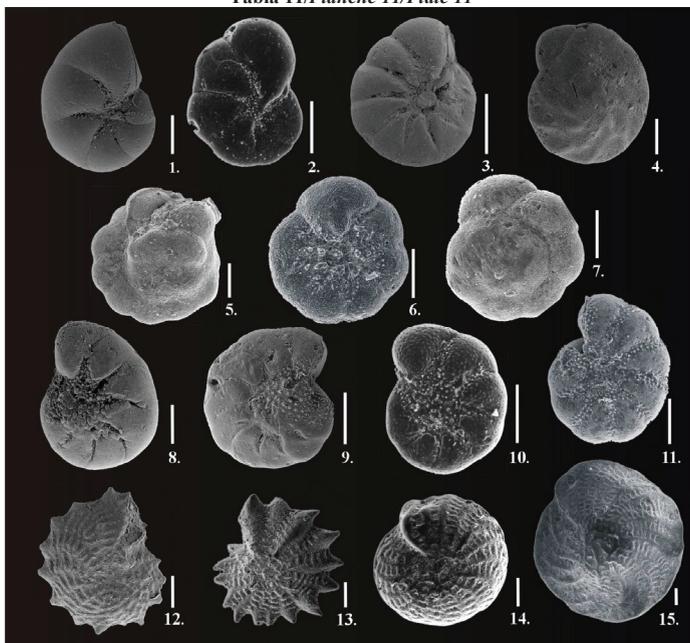
- Figs 1. *Cycloforina contorta* (D'ORBIGNY, 1846). Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 618 (Budapest): 5,6 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 2. *Triloculina intermedia* KARRER, 1868. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 618 (Budapest): 7,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 3. *Varidentella pseudocostata* (VENGLINSKI, 1958). Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 618 (Budapest): 7,5 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 4. *Articulina* sp. indet. Törött példány/Spécimen endommagé/Initial part broken. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 1,8-3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Figs 5, 5a. *Miliolidea* sp. Kőbél rendellenes kinövésekkel/Spécimen couvert de fosses d'origine tératogène/Specimen covered by pits with teratogenic origin. 618 (Budapest): 5,3 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 6. *Miliolidea* sp. Szabálytalan kamra elrendezései példány/Spécimen à arrangement irrégulier des loges/Specimen with irregular chamber arrangement. 618 (Budapest): 7 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Figs 7-8. *Bolivina antiqua* D'ORBIGNY, 1846. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. Szellőzőakna (3. métró)/Tube de ventilation du métró ligne #3/Ventilation tube of the Subway (line #3). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Figs 9, 11. *Bolivina moldavica* DIDKOWSKI, 1959. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. Szellőzőakna (3. métró)/Tube de ventilation du métró ligne #3/Ventilation tube of the Subway (line #3). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 10. *Caucasina schichkinskye* (SAMOYLOVA, 1947). Gömbölyded példány/Spécimen globulaire, vue orale/Globular specimen, apertural view. 596 (Budapest): 10,6-11,6 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 12. *Bolivina sarmatica* DIDKOWSKI, 1959. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. Szellőzőakna (3. métró)/Tube de ventilation du métró ligne #3/Ventilation tube of the Subway (line #3). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Tábla 10/Planche 10/Plate 10



- Fig. 1. *Fursenkoina sarmatica* (VENGLINSKI, 1958). Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 596: 10,6-11,6 m.
- Figs 2-4. *Buliminella elegantissima* (D'ORBIGNY, 1839). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100 µm.
- Figs 2-3. Szájadéki oldal/Vue orale/Apertural side. Szellőzőakna (3. metró)/Ventilation tube of the Subway (line #3)/Tûbe de ventilation du métro #3.
- Fig. 4. Oldalnézet, szájadékkal ellentétes oldal/Vue latérale, à l'opposé de l'aperture/Side view, opposite to the aperture.
- Szellőzőakna (3. metró)/Tûbe de ventilation du métro ligne #3/Ventilation tube of the Subway (line #3).
- Figs 5, 13. *Bolivina moravica* CICHA et ZAPLETALOVÁ, 1961. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100 µm.
- Fig. 5. Oldalnézet/Face laterale/Side view. 596: 10,6-11,6 m.
- Fig. 13. Oldalnézet/Face laterale/Side view. 598: 13,2-14,5 m.
- Fig. 6. *Fursenkoina acuta* (D'ORBIGNY, 1846). Oldalnézet, szájadékkal ellentétes oldal/Vue latérale, à l'opposé de l'aperture/Side view, opposite to the aperture. 596: 10,6-11,6 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100 µm.
- Fig. 7. *Schackoinella imperatoria* (D'ORBIGNY, 1846). Tekerőoldal/Face spirale/Spiral side. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 3-9 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100 µm.
- Figs 8-9, 11-12. *Lobatula lobatula* (WALKER et JACOB, 1798). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100 µm.
- Figs 9, 11. Köldökoldal/Face ombilicale/Umbilical side. 598: 8,9-10,3 m.
- Figs 8, 12. Tekerőoldal/Face spirale/Spiral side. 598: 8,9-10,3 m.
- Fig. 10. *Nonion commune*(?) (D'ORBIGNY, 1825). Oldalnézet/Vue latérale, à l'opposé de l'aperture/Side view. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100 µm.

Tábla 11/Planche 11/Plate 11



Figs 1-2. *Nonion bogdanowiczi* VOLOSHINOVA, 1952. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Fig. 1. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 596 (Budapest): 14,5-17 m.

Fig. 2. Oldalnézet, példány felüfújt kamrákkal/Vue latérale avec des chambres plus enflées /Side view of a specimen with more inflated chambers. 596 (Budapest): 8-10,6 m.

Figs 3-4. *Ammonia beccarii* (LINNÉ, 1758) forma parkinsoniana (D'ORBIGNY, 1839).

Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Fig. 3. Köldökoldal/Face ombilicale/Umbilical side. 618 (Budapest): 8,5 m.

Fig. 4. Tekercsoldal/Face spirale/Spiral side. 618 (Budapest): 8,5 m.

Fig. 5. *Ammonia beccarii* (LINNÉ, 1758). Szabálytalan kamra elrendezésű példány/Spécimen à arrangement irrégulier des loges/ Specimen with irregular chamber arrangement. 598 (Budapest): 8,9-10,3 m.

Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Figs 6-7. *Ammonia beccarii* (LINNÉ, 1758). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Fig. 6. Köldökoldal/Face ombilicale/Umbilical side. 598 (Budapest): 8,9-10,3 m.

Fig. 7. Tekercsoldal/Face spirale/Spiral side. 598 (Budapest): 8,9-10,3 m.

Figs 8-9. *Elphidiella* aff. *serena* (VENGLINSKI, 1958). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Fig. 8. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 596 (Budapest): 14,5-17 m.

Fig. 9. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 618 (Budapest): 8,5 m.

Figs 10-11. *Criboelphidium* ex. gr. *granosum* (D'ORBIGNY, 1846). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Fig. 10. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 618 (Budapest): 7 m.

Fig. 11. Oldalnézet, gyöngyös díszítés a kamraválaszfalaknál/Face laterale avec nombreuses pustules dans la région suturale/Side view with numerous pustules in the sutural region. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m.

Figs 12-13. *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY, 1846). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Fig. 12. Oldalnézet, felnőtt példány/Vue latérale d'un spécimen adulte/Side view of an adult specimen.

598 (Budapest): 3-6 m.

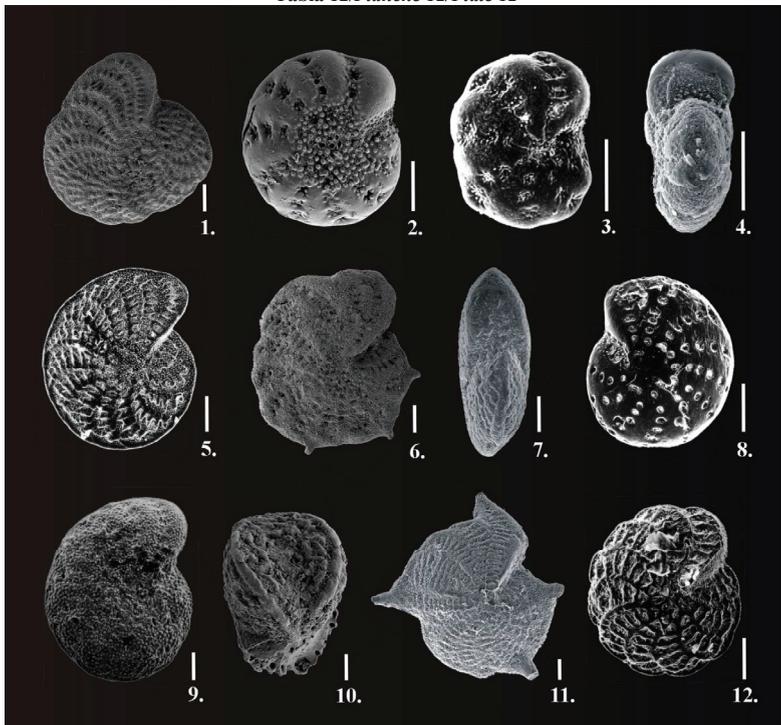
Fig. 13. Oldalnézet, juvenilis példány/ Vue latérale d'un spécimen juvenile/Side view of an juvenile specimen („*E. josephinum* (D'ORBIGNY, 1846)”). 598 (Budapest): 19,7-22,6 m.

Figs 14-15. *Elphidium crispum* (LINNÉ, 1758). Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

Fig. 14. Oldalnézet/Vue latérale/Side view.

Fig. 15. Oldalnézet, nagyméretű példány/Vue latérale d'un grand spécimen/Side view of a large specimen.

Tábla 12/Planche 12/Plate 12



- Fig. 1. *Elphidium fichtelianum* (D'ORBIGNY, 1846). Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 598 (Budapest): 10,3-13,6 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Figs 2-4. *Elphidium hauerinum* (D'ORBIGNY, 1846). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 2. Oldalnézet, gyöngyös köldök/ Vue latérale avec nombreuses pustules dans la région ombilicale/Side view with numerous pustules in the umbilical region. 598 (Budapest): 26,7-30 m.
- Fig. 3. Oldalnézet, enyhén négyzetes körvonalú példány/ Vue latérale d'un spécimen à contour légèrement anguleux/Side view of a slightly angular specimen. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m.
- Fig. 4. Szájadéki oldal/Vue orale/Apertural view. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m.
- Figs 5-7, 10. *Elphidium macellum* (FICHTEL & MOLL, 1798). Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 5. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m.
- Fig. 6. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 618 (Budapest): 10,8 m.
- Fig. 7. Szájadéki oldal/Vue orale/Apertural view. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m.
- Fig. 10. Oldalnézet, szíami iker példány/Vue latérale d'un spécimen de forme jumelle siamoise/Side view of a "Siamese" twin specimen. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m.
- Fig. 8. *Elphidium obtusum* (D'ORBIGNY, 1846). Oldalnézet/Vue latérale/Side view. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 9. *Elphidium* aff. *pulverum* TODD, 1958. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. 596 (Budapest): 8-10,6 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 11. *Elphidium reginum* (D'ORBIGNY, 1846). Oldalnézet/Vue latérale/Side view. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.
- Fig. 12. *Elphidium* ex. gr. *pucharovskii* SEROVA, 1955. Oldalnézet/Vue latérale/Side view. Munkagödör, Ludovika tér/Puits, place de Ludovika/Working pit, Ludovika square: 9-10,8 m. Méretarány/Echelle/Scale bar: 100  $\mu$ m.

## **MELLÉKLET/ANNEXE/APPENDIX**