

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR ÓSLÉNYTANI TANSZÉK

AZ ELFELEDETT FELSŐ SZARMATA „ZALAI MÁRGA” MIKROFAUNA VIZSGÁLATA

TDK dolgozat

Készítette:

Magasi Anna



Témavezető:

Dr. Mohr Emőke
egyetemi adjunktus

Botka Dániel
anyagvizsgáló geológus munkatárs
Laboratóriumok MOL, MOL Nyrt., Szolnok

Budapest
2022

Tartalomjegyzék

Absztrakt	2
1. Bevezetés	3
2. A Zalai Márga általános jellemzése	5
3. Anyag és módszer	8
3.1. Lajoskomárom Lk-1. számú fúrás	9
3.2. Tengelice T-2. számú fúrás.....	12
3.3. Szombathely Szh-2. számú fúrás	13
3.4. Nagykozár Nk-2. számú fúrás.....	15
3.5. Paks PAET-35. számú fúrás	16
3.6. ZM-1. számú fúrás.....	17
3.7. ZM-2. számú fúrás.....	19
4. Eredmények	21
5. Diskusszió	32
5.1. Paleoökológia	32
5.2. Az elkülönített mikrofauna asszociációk kora	41
6. Összefoglalás.....	48
Köszönetnyilvánítás	49
Irodalomjegyzék.....	50

Absztrakt

A szarmata/pannóniai határon (11,6 millió év) következett be a Középső-Paratethys élővilágában a legnagyobb fordulat, melyet a földrajzi elszigetelődés kiváltotta tengeri-tavi környezetváltozás okozott. Kutatásom célja ennek az eseménynek a detektálása volt a mikrofauna segítségével.

A Pannon-medence területén kevés olyan rétegsort ismerünk, ahol a szarmata-pannóniai határ üledékhány nélkül megtalálható. Magyarországon a feltételezhetően folyamatos rétegsorokban a határ környékét az úgynevezett „Zalai Marga” jelzi. A Zalai Márgát harántoló fúrások (Szombathely Szh-2, Tengelic T-2, Nagykozár Nk-2, Lajoskomárom Lk-1, PAET-35, ZM-1, ZM-2) mikrofaunáját vizsgáltam vékonycsiszolatok és iszapolási maradékból kiválogatott izolált példányok alapján.

A foraminiferák alapján egy *Porosonion granosum* nagy gyakoriságával jellemzett, egy *Trochamminás* és egy *Milliamminás* agglutinált együttest különítettem el a Zalai Márgában. Továbbá megkülönböztethető egy *Amplocyprises-Herpetocypréllás* kagylósrák asszociáció is. Az egymást követő mikrofauna együttesek alapján a szarmata végén a Paratethys végleges izolációja és az éghajlat csapadékosabbá válása létrehozott egy hosszan fennálló stresszkörnyezetet, amely változásokat okozott a tengervíz alkalinitásában és sótartalmában, illetve dizoxikussá is válhattak időnként a nyíltvízi környezetek. Ezzel magyarázható a Zalai Márgán belüli fajszegénység, hiszen kevés faj tudott adaptálódni a szélsőséges környezeti viszonyokhoz.

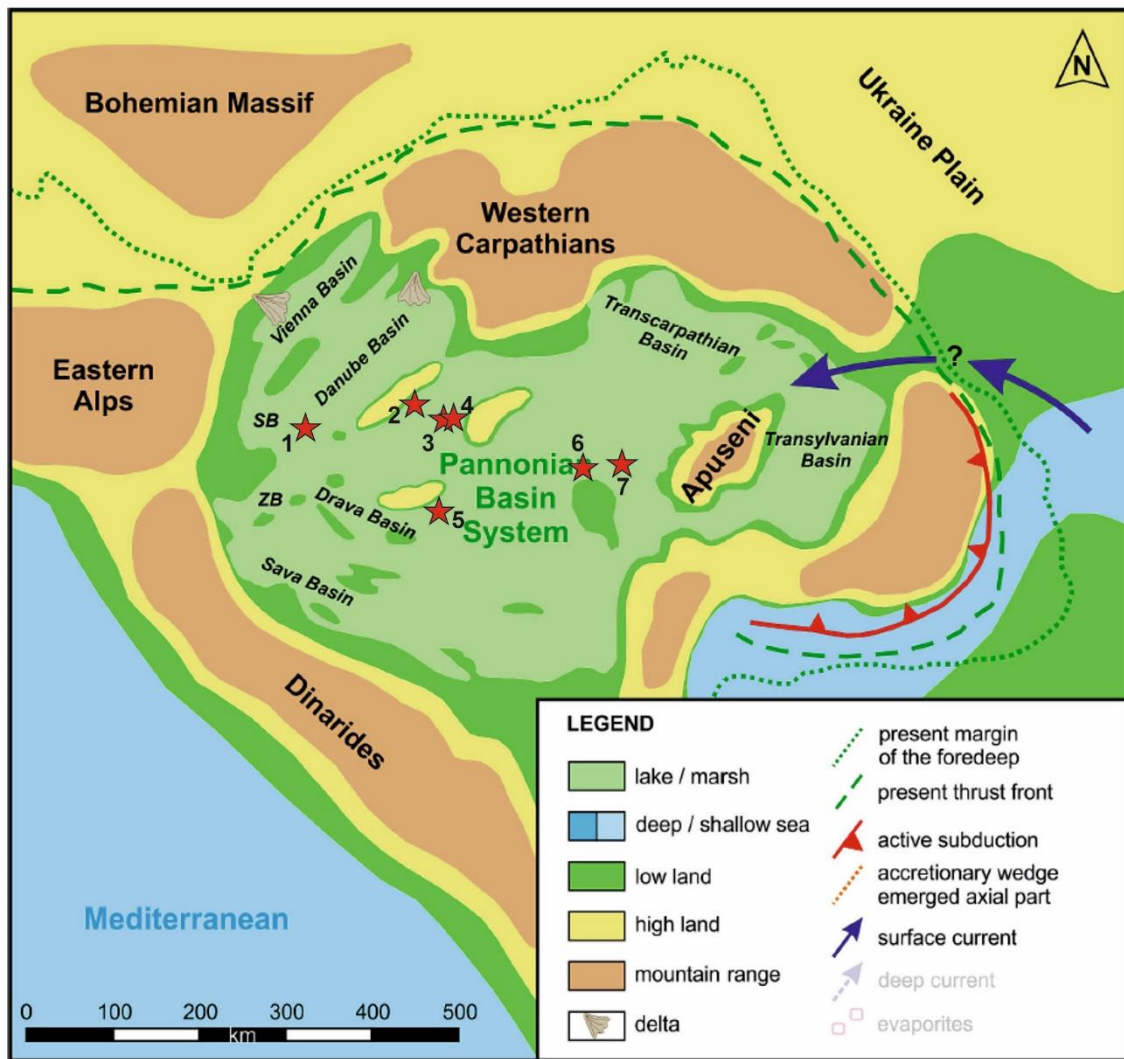
A Zalai Marga *Porosonion granosumos* asszociációval jellemzett rétegei szarmata korúak, míg az agglutinált *Milliamminák* és *Trochamminák* pannóniai korú üledékekből kerültek elő.

1. Bevezetés

Az oligocénben kezdődött meg a Paratethys lefüződése a világtengerről (Báldi 1973, Palcu et al. 2021). A végleges izoláció a középső miocénben a szarmata korszak végén (11,6 millió év) történt meg a Keleti-Kárpátok kiemelkedése miatt (Galović 2020, Magyar et al. 1999, Piller et al. 2007,). A szarmata és pannóniai határon történt ösföldrajzi és öskörnyezeti változások, hogy egy epikontinentális tengeri környezetből hogyan lépünk át a Pannon-tó elzárt rendszerébe izgalmas téma és ipari jelentőséggel bír, hiszen hazánk szénhidrogén készleteinek egy része „pannon-tavi” üledékekben rejtőzik. Kutatásom célja ennek a környezeti változásnak a nyomozása volt a mikrofauna változásai alapján. Olyan rétegsorokra fókuszáltam, melyek legteljesebben reprezentálják a szarmata/pannóniai átmenetet. A rétegsorok kiválasztásakor talákoztam egy ma formálisan már nem használt tagozat névvel a Zalai Márgával. Ráleltem a MRB Neogén-2 munkabizottság 2021. február 19-én készült jegyzőkönyvére (Microsoft Word - MRB Neogen-2 ules 20210218 emlekezteto melléklettel (foldtan.hu)), amelyben egy érdekes problémafelvetést olvashattam a Zalai Márgáról. Ennek végkonklúziója az volt, hogy leszavazták, hogy bekerüljön hivatalosan a litosztratigráfiai egységek közé. Az indoklás szerint a képződmény elterjedése nagyon korlátozott, kevés fúrásban található meg. Így jött az ötlet, hogy hosszútávú kutatásom első lépéseként egy TDK dolgozat keretében megvizsgáljam néhány olyan fúrásszakasz mikrofaunáját, amely potenciálisan harántolható folyamatos szarmata/pannóniai rétegsort. Ezzel hozzájárulhatnék annak eldöntéséhez, hogy a Zalai Márga lehet-e önálló litosztratigráfiai egység. A Zalai Márga kora is kérdéses, mert a korábbi irodalmakban, hol a szarmatába, hol a pannóniaiba, hol pedig mind a kettőbe sorolják. A következő kérdésekre kerestem a választ:

Mi a Zalai Márga mikrofaunája? Megkülönböztethető-e az idősebb szarmata faunától? Definiálható-e a pannóniai kezdete a mikrofauna változás alapján? Milyen volt a Zalai Márga üledékes környezete a mikrofauna adatok alapján? Milyen volt az elterjedése ennek a képződménynek?

Vizsgálataimhoz a MOL Nyrt. fúrásai közül a ZM-1-2. számú fúrások, a SZTFH Magyar Bányászati és Földtani Szolgálatának fúrásai közül a Lajoskomárom Lk-1, Tengelic T-2, Nagykozár Nk-2, Szombathely Szh-2 és a MVM Paks II. Zrt. megbízásából mélyített fúrások közül pedig a PAET-35 fúrás szarmata/pannóniai határrétegeit választottam (1. ábra).



1. ábra: A vizsgált fúrások elhelyezkedése a Pannon-tó pannóniai (~11,6 Ma) ősföldrajzi térképén (módosítva Kováč et al. 2017 után). 1- Szombathely Sz-II, 2 – Lajoskomárom Lk-1, 3 – Tengelic T-2, 4 – PAET-35, 5 – Nagykozár Nk-2, 6 – ZM-1, 7 – ZM-2.

2. A Zalai Márga általános jellemzése

A Zalai-medence különböző pontjairól jellegzetes szarmata-pannóniai korú közettípust említ Szalánczi (1948), Völgyi (1956) és Dank (1962), melynek eleinte a "lemezes márga" nevet adták. Mindhárman sűrűn váltakozó, eltérő színű csíkokkal jellemezhető "átmeneti rétegeket" írnak le a szarmata/pannóniai határ környékéről. Azonban hangsúlyozzák azt, hogy a határ megvonása nem feltétlen egyszerű, hiszen a szarmata rétegekre üledékfolytonossággal települnek a pannóniai rétegek. Dank (1962) kiemeli, hogy a határt a foraminiferák hiánya, illetve a pannóniai puhatestűek megjelenése jelzi. Völgyi (1956) pedig megemlíti, hogy a fúrások elektromos szelvényeiben is beazonosítható ez a kifejlődés. Jóval később 1980-ban Jámbor készít részletes leírást a képződményről és az „alsó pannóniai” Endrődi Formáció tagozataként különíti el Zalai Márga néven.

A szarmata/pannóniai határrétegek egymásra települése képződési környezettől függően kétféle. A „medence peremén” képződött rétegsorok nem folytonosak, hiszen a pannóniai rétegek diszkordánsan települnek az idősebb képződményekre. A „medence belsejében” található területekre a konkordáns település, a folytonos rétegsorok a jellemzőek. Ezt Jámbor (1980) is kihangsúlyozza munkájában. A szarmata/pannóniai határrétegeket magában foglaló Zalai Márga csak az utóbbi, „medence belseji” rétegsorokban azonosítható. Elképzelhető azonban, hogy ez csupán néhány, a medencében található süllyedékre igaz (Sztanó 2013).

A Zalai Márga legfontosabb jellemzői a következők. Kis vastagságú, összvastagsága a 10 métert ritkán haladja meg, legtöbbször csupán néhány méter. Fő jellegzetessége a vékony lemezesség, melyet eltérő színű, 1-5 mm-es lemezek alkotnak (Jámbor 1980). A lemezek nem csak színükben térnek el, hanem összetételükben is. A világosszürke, fehér rétegek magas mésztartalmúak, illetve ritkábban diatóma vázából állnak, míg a szürke-sötétszürke rétegekben leginkább agyagásványokat, szerves anyagot, illetve ezekhez szorosan kapcsolódó bakteropiritet találunk (Jámbor 1980 Jámbor et al. 1987). A különböző lemezek határán megfigyelhető vékony átmenet, de jellemzően a kétféle lemez határa éles (Jámbor 1980). Ezenkívül ismertetőjegyei még a gyakran előforduló növénymaradványok (Jámbor 1980, Halmai et al. 1982) (1.táblázat).

A Zalai Márga ősmaradványtartalma igen szegényes, a különböző csoportokat jórészt néhány jellegzetes faj képviseli. A puhatestű együttest kisméretű és vékonyhájú Cardium-félék alkotják. Korpásné Hódi (1987) ez alapján a jellegzetes kagyló együttes

alapján állította fel ezekben a rétegekben a *Lymnocardium praeponticum* zónát. A *Lymnocardium praeponticum* egy gyűjtőnév ezekre a nehezen elkülöníthető törpenövésű kagylókra, amelyek morfológiai diverzitása igen nagy és változatos, a jövőben valószínűleg több fajra is szét lehet bontani ezt a csoportot (Botka Dániel és Magyar Imre szóbeli közlése). A foraminiferákat tekintve a szarmatára jellemző üvegvázu és porcelánvázu formák mellett megjelennek agglutinált fajok is a határ környékén (Koreczné-Laky 1987). A szervesvázu mikroplanktonban a szarmatára és pannóniaira jellemző dinoflagelláták mellett megjelennek nagy egyedszámmal a Prasinophyták (pl. *Mecsekia*). Ez a csoport annyira egyedien jellemző ezekre a rétegekre, hogy közülük kerültek ki azok az indexfosszíliák is, amelyek alapján Sütőné Szentai (2012, 2022) három biozónát állapított meg, illetve a szarmata *Spiniferites bentorii budajenoensis-Mecsekia incrassata* zónába, a pannóniai *Spiniferites bentorii pannonicus* primary assemblage zónába és a szintén pannóniai *Mecsekia ultima* zónába sorolta a határrétegeket. A határrétegek kagylósrák faunáit kevésbé vizsgálták (pl. Széles 1982). Ahol nincs palinológiai vizsgálat ott az ostracoda fauna markáns változása is segíthet a szarmata/pannóniai határ meghúzásában, hiszen a nagyméretű *Amplocyprisek* és *Herpetocyprellák* (korábban *Hungarocyprisek*) megjelenése a rétegsorban egyértelműen idősebb pannóniai korra utal. Ezenkívül több fúrásból (például Csór-8. számú fúrás) leírtak a zöldalgákhoz tartozó "Aciculariák" maradványait a Zalai Márga idősebb rétegeiből, ezek egy része valószínűleg Mysidae rákok ballasztkövei (Magasi et al. 2022). Kőváry (1987) pedig Thaecamobákat talált az idősebb pannóniai rétegekben sok szénhidrogénkutató fúrásban.

A Bevezetés fejezetben említett Magyar Rétegtani Bizottság Neogén II. albizottságának jegyzőkönyve (2021. február 19.) tartalmazza a Zalai Márgát magába foglaló Endrődi Formáció új leírását is. Ebből kiderül, hogy ellentétben a formáció régi definíciójával a képződményt csak a pannóniaiba teszik. A legfelső szarmata rétegek kikerültek az Endrődi Formációból.

Zalai Márga feltételezett előfordulásai

Település	Rövidítés	Tető (MD m)	Talp (MD m)	Vastagság (m)	Terület	Fekü
Tengelic	T-2	663,9	680,4	16,5	Dél-Dunántúl	Tinnyei Formáció
Szirák	Szi-2	763,7	853,5	89,8	Észak-Magyarország.	Kozárdi Formáció
Lajoskomárom	Lk-1	665,2	671	5,8	Közép-Dunántúl	Szarmata agyagmárga
Nagykozár	Nk-2	290,5	293,8	3,3	Dél-Dunántúl	Tinnyei Formáció
Szombathely	Szh-2	1809,5	1833	23,5	Nyugat-Dunántúl	?
Herceghalom	Csv-20	70,4	70,9	0,5	Közép-Magyarország	?
Budajenő	Bő-2	198,0	216,0	18	Közép-Magyarország	Szarmata agyagmárga
Budajenő	Bő-3	190	199	9	Közép-Magyarország	Tinnyei Formáció
Perbál	P-5	43,4	58,2	14,8	Közép-Magyarország	Tinnyei Formáció
Etyek	Etyek-Csv-34	61,5	65,0	3,5	Közép-Dunántúl	Szarmata agyagmárga
Máriakéménd	Mk-3	70,3	73,8	3,5	Dél-Dunántúl	Tinnyei Formáció

1. táblázat Zalai Márga feltételezett előfordulásai magyarországi fúrásokban

3. Anyag és módszer

Kutatásom során összesen 7 fúrást vizsgáltam meg, ezek közül négyet a SZTFH Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (Lajoskomárom Lk-1, Tengelic T-2, Nagykozár Nk-2 és Szombathely Szh-2) dokumentált, kettőt a MOL Nyrt. (ZM-1 és ZM-2 kóddal) mélyített, illetve egy a MVM Paks II. Zrt. megbízásából készült (PAET-35) (1. ábra és 2. táblázat).

Fúrás neve	EOV X	EOV Y	EOV Z	Mélység
Lajoskomárom, Lk-1	168421.3	585888.73	107.59	1 393.7
Tengelic, T-2	134134.08	623331.11	105.15	1 183.9
Nagykozár, Nk-2	79982.03	592998.19	194.09	2 002
Szombathely, Szh-2	211059.69	464881.46	217.71	2 150

2. táblázat A vizsgált fúrások EOV koordinátái és talpmélysége

A 7 fúrásból összesen 7 vékonycsiszolatot néztem meg, melyek mindegyike a MOL Laboratóriumában készült. Ezenkívül átnéztem 33 darab cellát, melyben kiválogatott, izolált foraminiférák és ostracodák példányai voltak. A példányokat hidrogén-peroxidos feltárást követően vizes iszapolással nyerték ki, majd az iszapolási maradékból jórészt Szurominé Korecz Andrea és Koreczné Laky Ilona válogatta ki őket. Az izolált példányok közül 65 darabot választottam ki, melyekről pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) képeket készítettem a MOL Nyrt. szolnoki laboratóriumában. A képek készítése előtt sztereomikroszkóp segítségével ragasztottam fel a mintákat a vizsgálathoz szükséges mintatartóra. A tényleges vizsgálat előtt azonban még a Jeol JEC-530 Auto Carbon Coater műszer (3.ábra) segítségével bevontam szénnel a mintákat. A folyamat során háromszor forgattam a mintatartón és mindhárom állásban három szénréteggel vontam be a mintákat. Az előkészítés után Jeol JSM-IT100 típusú pásztázó elektronmikroszkóppal (4.ábra) készítettem el a képeket a példányokról. Sztereomikroszkóp, illetve a SEM képek segítségével meghatároztam a példányokat, melyek gyakoriságát félkvantitatív mennyiségi analízissel vizsgáltam. Az így kapott taxonlistákat úgy rendeztem, hogy az a taxon kerüljön legelőre, melyből

százalékosan a legtöbb volt a mintában. A SEM képek pontosabb meghatározást tettek lehetővé így több taxont újrateráztam.

A továbbiakban minden fúrást egy külön alfejezetben tárgyalok részletesebben.



3. ábra Jeol JEC-530 Auto Carbon Coater gép



4. ábra Jeol JSM-IT100 típusú pásztázó elektronmikroszkóppal

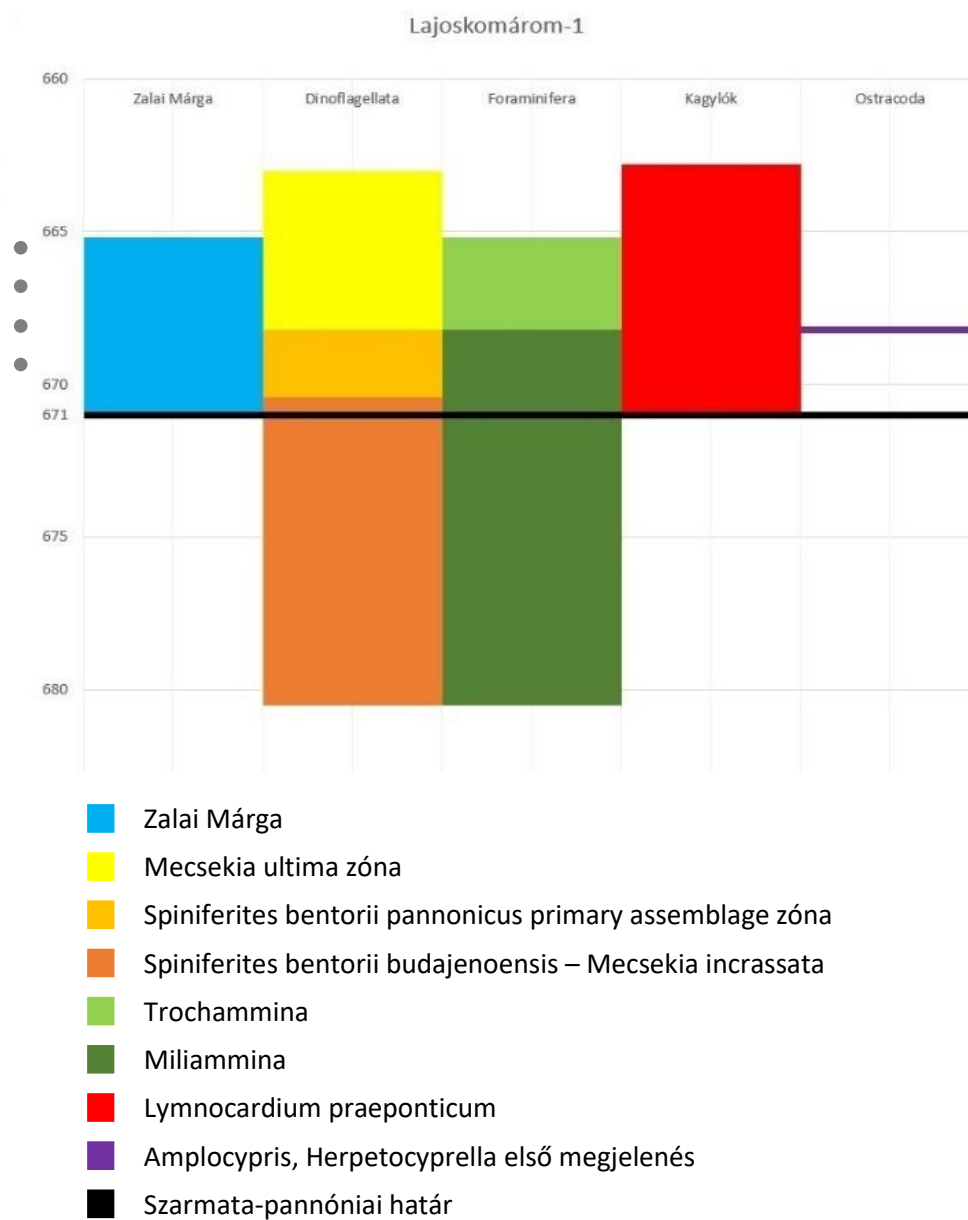
3.1. Lajoskomárom Lk-1. számú fúrás

A Lajoskomárom Lk-1. számú fúrás, ami a Mezőföldön Magyarország kelet-dunántúli tájegységén helyezkedik el, az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt megbízásából az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat 1968/69-ben mélyítette, részletes feldolgozását főként az SZTFH Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat jogelődje a Magyar Állami Földtani Intézet munkatársai végezték el (Jámbor et al. 1987) (1. ábra). A fúrásról nagyon részletes leírás és sokrétű vizsgálat készült annak központi helyzete és magfúrásos kivitelezési módja miatt. Jelentőségét tovább növeli, hogy a Lajoskomárom Lk-1. számú fúrásban egyaránt láthatóak a „medence peremi” és a „medence belseji” fáciesek jellegzetes vonásai is (Jámbor et al. 1987). Ebben a

fúrásban a Zalai Marga a 665,2-671 méterig terjedő intervallumot foglalja magába (5 ábra). Ezen a szakaszon a kőzet halványszürke márgás aleurolit, illetve aleurolitos mészmarga. Néhol találhatók benne "pirites szálak" (Jámbor et al. 1987).

A Zalai Marga fekvéséről, azaz a szarmata rétegek vizsgálatáról publikált adatot nem találtam. Fedője pedig a pannóniai Endrődi Formáció, mely világosszürke és halványbarna színű márgás aleurolit rétegekből áll gazdag ősmaradvány faunával (*Conger*ia kagylóteknők, ostracodák) (Jámbor et al 1987).

A Lajoskomárom Lk-1-es fúrás Zalai Marga szakaszából többféle ősmaradványcsoportot is vizsgáltak. Sütőné Szentai Mária végezte el a szerves mikrop plankton vizsgálatokat, melynek eredményeképpen a 670,4-680,5 közötti rétegek legalsó szakaszát a felső szarmata *Spiniferites bentorii budajenoensis-Mecsekia incrassata*, középső részét a *Spiniferites bentorii pannonicus* primary assemblage zónába, a legfelső szakaszt pedig a *Mecsekia ultima* zónába sorolta (Sütőné 1987, Sütőné 2012, Sütőné 2022). Korpásné Hódi Margit (1987) megállapította, hogy a Zalai Marga 669,5-671 méter közötti szakasza a benne található kagylók alapján a *Lymnocardium praeponticum* zónába sorolható. Koreczné Laky Ilona érdekes foraminifera társulásokot említ a 665,2-671 méter közötti szakaszból. Ennek az alsó részéből, 668,2-671 szakaszból *Miliammina* kerültek elő, míg fiatalabb intervallumból (665,2-668,2 méter közötti) *Trochammina*kat írt le (Jámbor et al 1987, Koreczné Laky 1987). A vizsgálatok során a már biztosan pannóniai korú *Amplocypr*isek 668,2 méternél jelentek meg először (Jámbor et al 1987). A kőzettani jellegek és az őslénytani vizsgálatok alapján Jámbor et al. (1987) a szarmata/pannóniai határt 671 méternél húzta meg. Az általam vizsgált intervallum a 665,2-669,4 méter közötti szakaszt fedi le, melyből 4 cella (668,2-669,4 m; 667,2-668,2 m; 666,2-667,2 m; 665,2-666,2 m) állt a rendelkezésemre.

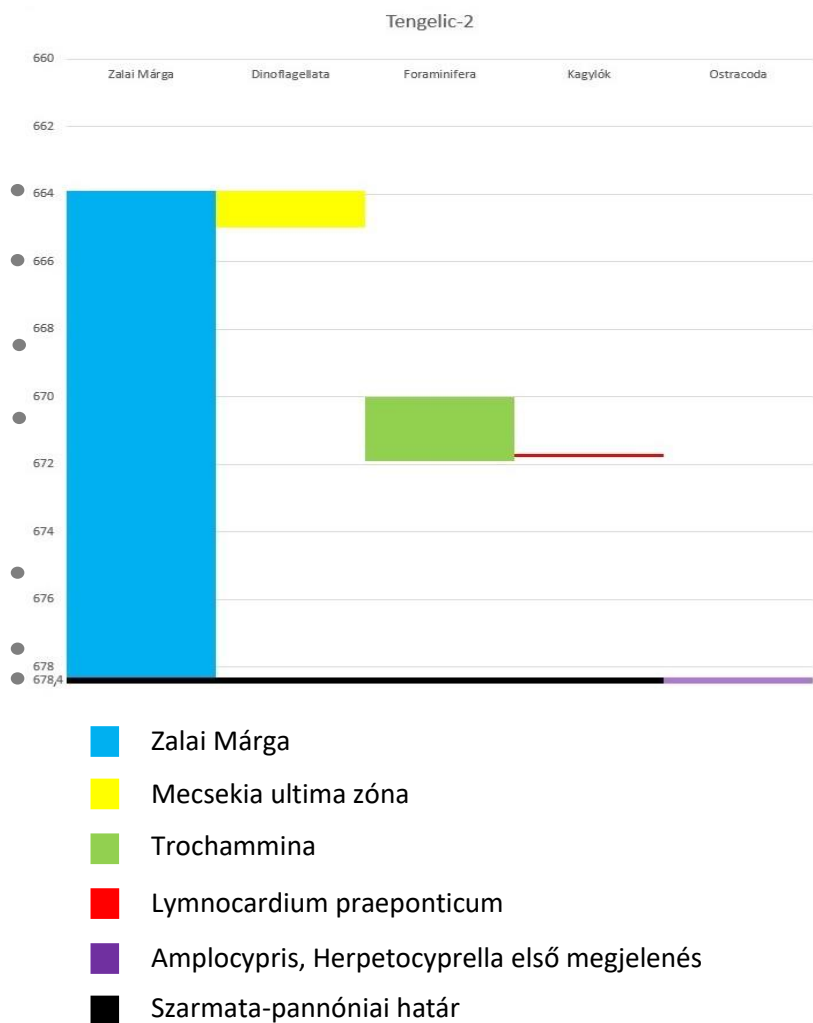


5. ábra A Lajoskomárom Lk-1 fúrás a mintavételi helyek feltüntetésével

3.2. Tengelic T-2. számú fúrás

A Tengelic T-2-es fúrás Magyarország Közép-Dunántúli tájegységén mélyült a SZTFH Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat megbízásából az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat (OFK FV) mélyítette 1978-ban (1. ábra).

A fúrásban 663,9-678,4 méter között található a Zalai Márga képződmény, mely ebben az esetben nagyrészt szürke színű aleuritós márga, márgás aleurit vagy aleurolitos mészmárga helyenként halványzöld árnyalattal (Halmai et al 1982) (6. ábra).



6. ábra Tengelic T-2 fúrás a mintavételi helyek feltüntetésével

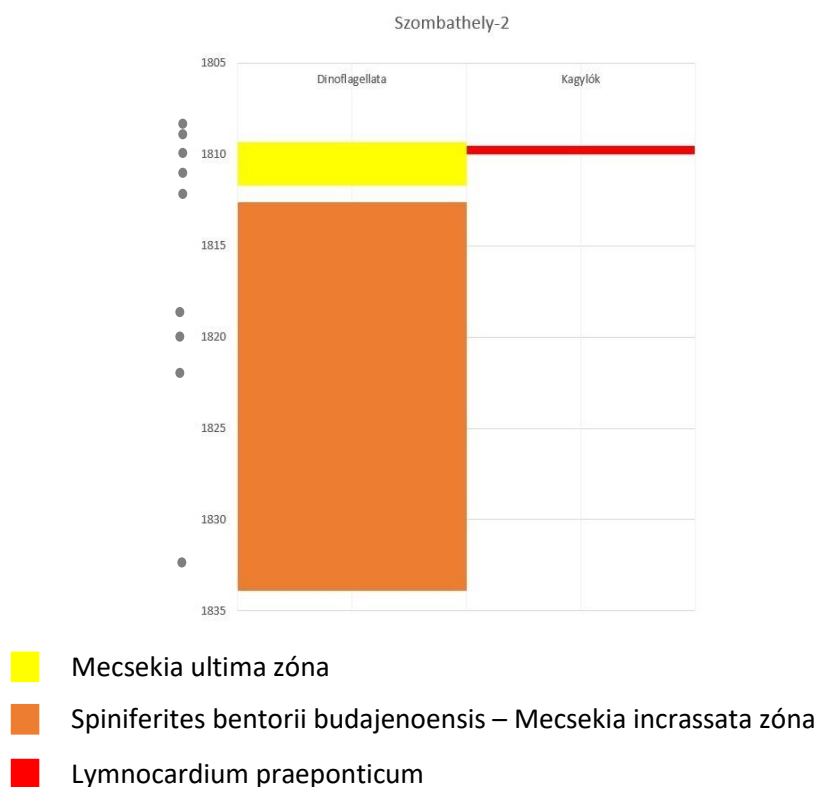
Feküje ebben az esetben is szarmata, melyben a *Macra-Tapes-Musculus* kagylótársulás dominál a főleg agyagmárga, aleurolitos kifejlődésben. Fedője pedig a pannóniai korú Szolnoki Homokkő Formáció, melynek kezdőrétege egy durva világos szürkészöld konglomerátum (Halmai et al. 1982).

Mivel a legfelső szarmata dinoflagellata együttese hiányzik a Zalai Márgába sorolt mintákból, így csak azt tudjuk, hogy a 663,9-665 méter közötti szakasz a *Mecsekia ultima* zónába sorolható (Sütőné 1982, Sütőné 2012, Sütőné 2022). Egy nagyon rövid, 10 cm-es (671,7-671,8 m) szakaszból leírásra került a *Lymnocardium praeponticum* zóna is (Korpásné Hódi 1982). A Lajoskomáromban már említett különös foraminifera társulás itt is megjelenik, azonban itt csak a *Trochammina* találhatóak meg a 670-671,9 méterközben (Koreczné 1982). Továbbá Széles Margit (1982) *Amplocypris*-t és *Hungarocypris*-t (= most *Herpetocyrella*) említ 678,4 méternél. Mindent összevetve a szarmata/pannóniai határt 678,4 méternél húzták meg (Halmai et al 1982).

Ebből a fúrásból 7 db cellát néztem át, melyek a 663,9-680,4-es méterközöt fedik le (678,4-680,4 m; 677-678,4 m; 675,6-676,4 m; 670,6-671,9 m; 667,8-670 m; 665-667,6 m és 663,9-665 m).

3.3. Szombathely Szh-2. számú fúrás

A Szombathely Szh-2 fúrás a Kisalföld peremén mélyült (1.ábra). Csupán feltételezzük a Zalai Marga meglétét a dinoflagellata és a kagyló fauna alapján, azonban publikált leírást magáról a kőzetről nem találtam.



7. **ábra** ASzombathely Szh-2 fúrás a mintavételi helyek feltüntetésével

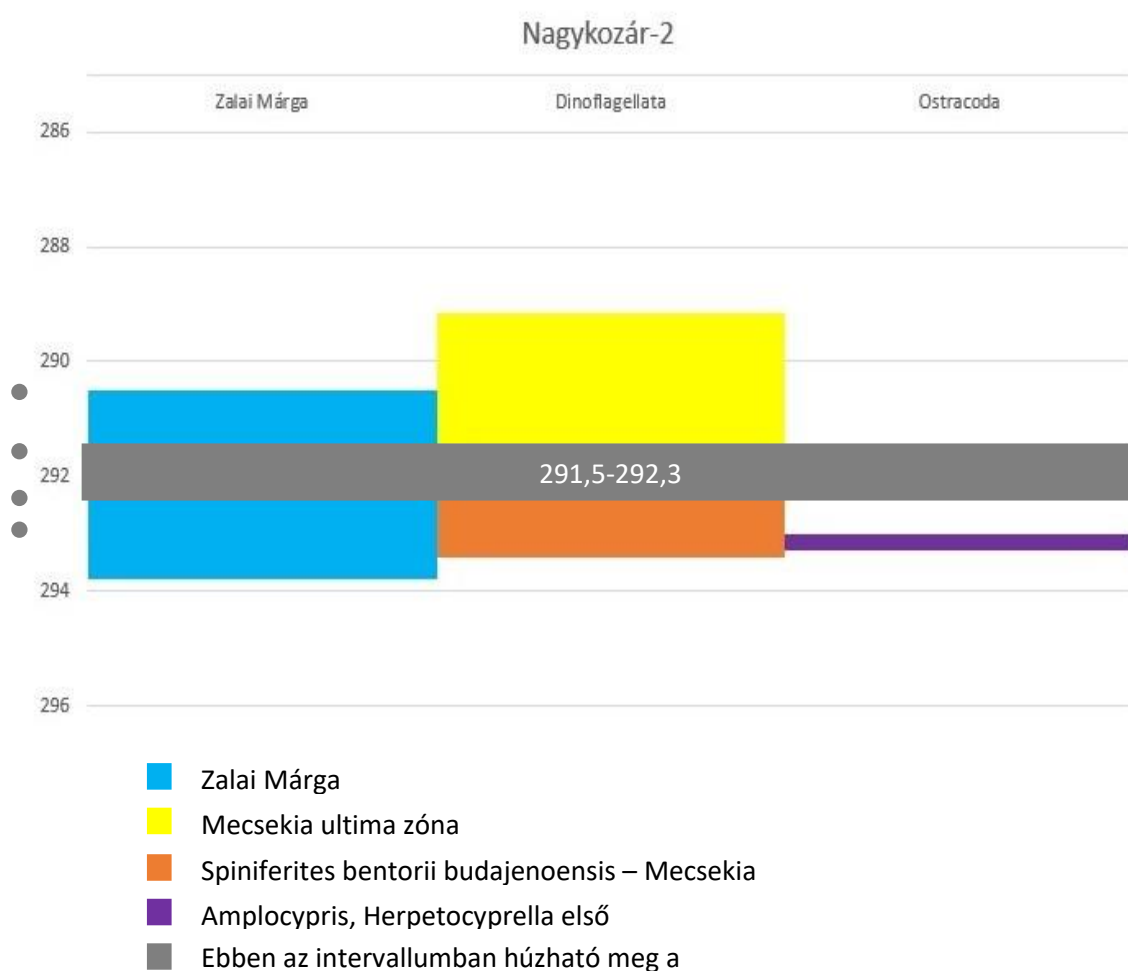
Sütőné Szentai Mária a felső szarmata *Spiniferites bentori budajenoensis-Mecsekia incrassata* zónába sorolta az 1812,6-1833,9 m közötti szakaszát a rétegsornak, illetve a pannóniai *Mecsekia ultima* zónába a 1809,3-1811,7 méter közötti szakaszát (Sütőné Szentai 2012, Sütőné Szentai 2022).

Korpásné Hódi Margit (1992) *Lymnocardium praeponticum* zónát említ az 1809,5-1810 méter közötti intervallumból.

Vizsgálataimhoz 9 darab cella állt rendelkezésre a 1809,3-1833,9 m közötti szakaszból (1833,2-1833,9 m; 1821,6-1823 m; 1820,7-1821,6 m; 1819,6-1820,7 m; 1811,4-1813,8 m; 1811,1-1811,3 m; 1809,8-1810 m; 1809,5-1810 m; 1809,3-1809,5 m) (7.ábra).

3.4. Nagykozár Nk-2. számú fúrás

Szurominé Korecz (1991) megemlíti a Zalai Márgát a Mecsektől délre mélyült Nagykozár Nk-2-es fúrásból (1.ábra), ahol megfigyelhető a lemezes kifejlődés, illetve a mészgazdag, pélites összetétel. A fúrás különlegessége, hogy itt mészkő alkotja a Zalai Márga, azaz a rétegsor 290,5-293,8 méterközének legnagyobb részét (8. ábra).



8. ábra Nagykozár Nk-2 fúrás a mintavételi helyek feltüntetésével

Feküje a szürkésfehér színű szarmata ooidos mészkő, mely kizárólag szarmata kagyló faunát tartalmaz. Fedője a Csákvári Agyagmárga Tagozat (Endrődi Formáció), mely halványszürke, kagylós elválású, gazdag puhatestű faunát rejtő mészmárga (Szurominé Korecz 1991).

A dinoflagellata vizsgálatokból kiderül, hogy a fúrás 292,3-293,4 méter közötti szakaszában elkülöníthető a felső szarmata *Spiniferites bentorii budajenoensis*-

Mecsekia incrassata zóna, a 289,15-291,5 méter közötti intervallum pedig besorolható a pannóniai *Mecsekia ultima* zónába (Sütőné Szentai 2012, Sütőné Szentai 2022).

Szurominé Korecz (1991) a 293-293,3-as méterközből a *Candona postsarmatica* és *Hemicytheria loerentheyi* fajokat írja le, melyek már egyértelműen pannóniai kort feltételeznek. Ezek alapján Szurominé Korecz (1991) a szarmata/pannóniai határt a 291,5-292,3 méter közötti intervallumban húzza meg.

A Nagykozár Nk-2 fúrás Zalai Márgába sorolt szakaszából 5 db cella mikrofaunáját vizsgáltam meg a 293,3 és 290,5 méter közötti szakaszból (293-293,3 m; 292,2-292,8 m; 290,9-292,2 m; 290,5-290,9 (talptól 10 cm-re) m; 290,5-290,9 (talptól 30 cm-re) m).

3.5. Paks PAET-35. számú fúrás

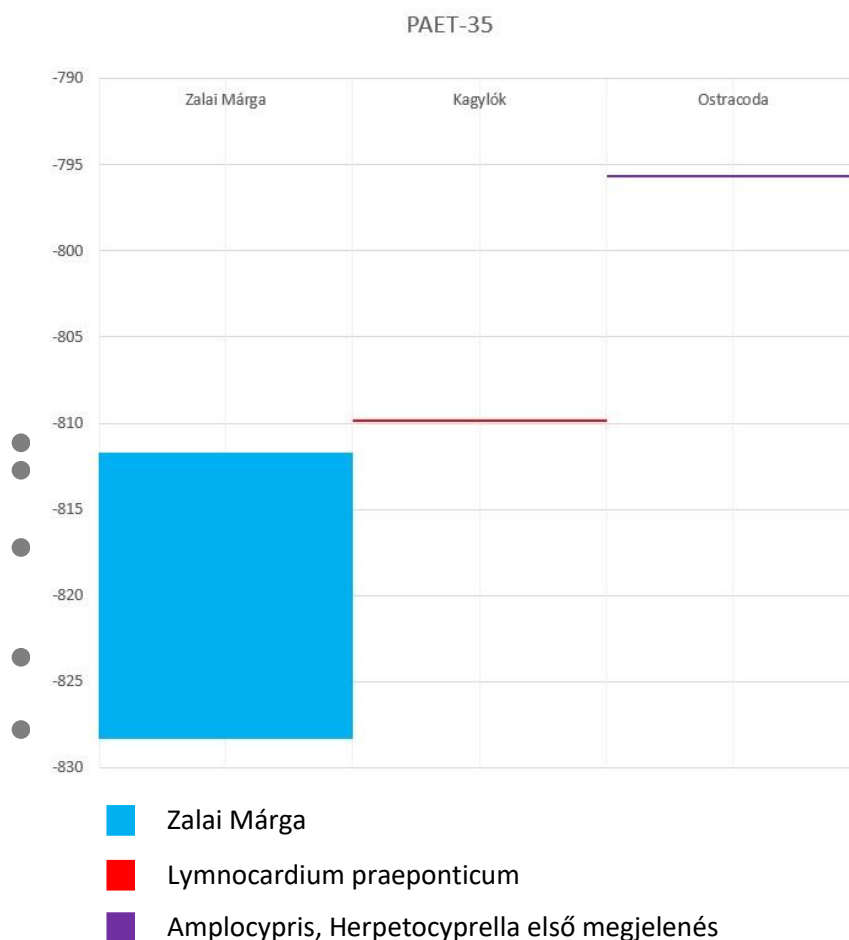
A PAET-35. számú fúrás a MVM Paks II. Zrt. megbízásából mélyült Paks környékének legnyugatibb részén, a Keceli-háton (1.ábra).

A szarmata üledékeket kavicsos márgák reprezentálják, az erre települő pannóniai fehér és világosszürke mészkő és mészmárga rétegek az Endrődi Formáció Tótkomlói Mészmárga Tagozatába tartoznak (Magyar et al 2019).

Magyar et al. (2019) ugyan nem írt le Zalai Márgát, azonban az őslénytani vizsgálatok alapján feltételezhető, hogy itt is megtalálhatók az ebbe a képződménybe sorolható szarmata/pannóniai határrétegek.

Spiniferites bentorii budajenoensis fajt említ Görög (2016) a fúrás 828,3-828,4 m, illetve a 823,3-823,4 méter közötti szakaszokból, ami a felső szarmata *Spiniferites bentorii budajenoensis-Mecsekia incrassata* zóna egyik indexfosszíliaja. Ezenkívül *Porosonion granosum* található a 823,3-823,4 szakaszban, valamint *Lymnocardina* sp. a 809,8-809,9 szakaszban (Görög 2016).

Továbbá a PAET-35-ös fúrás 823,3-824 méterközében leírásra került az *Aurila notata* faj, mely egyértelmű felső szarmata kort jelez, illetve 795,6-795,7 méterközénél pedig megjelennek az *Amplocypris* és a *Hungarocypris* (= most *Herpetocyrella*) kagylósrákok példányai, melyek már pannóniai kort jeleznek (Görög 2016) (9.ábra).



9. ábra Paks PAET-35 fúrás a mintavételi helyek feltüntetésével

Ezek alapján a Zalai Márga a fúrás 811,7-828,3 méterközében feltételezhető. Ebből a szakaszból végeztem én mikrofauna vizsgálatokat (828,3 m; 823,3-824,3 m; 816-818,5 m; 812,4-812,5 m; 811,7-811,8, m).

Szürke színű, rossz megtartású molluszka lenyomatokat és héjtöredékeket tartalmazó aleurolitos rétegek sorolhatók itt a Zalai Márgába. Alatta a Kozárdi Formáció található hasonló kifejlődéssel, azonban jobb megtartású Mollusca héjakkal. Fedője ebben az esetben az Endrődi Formáció, mely szintén szürke agyagmárgaként jelenik meg (Magyar et al. 2019).

3.6. ZM-1. számú fúrás

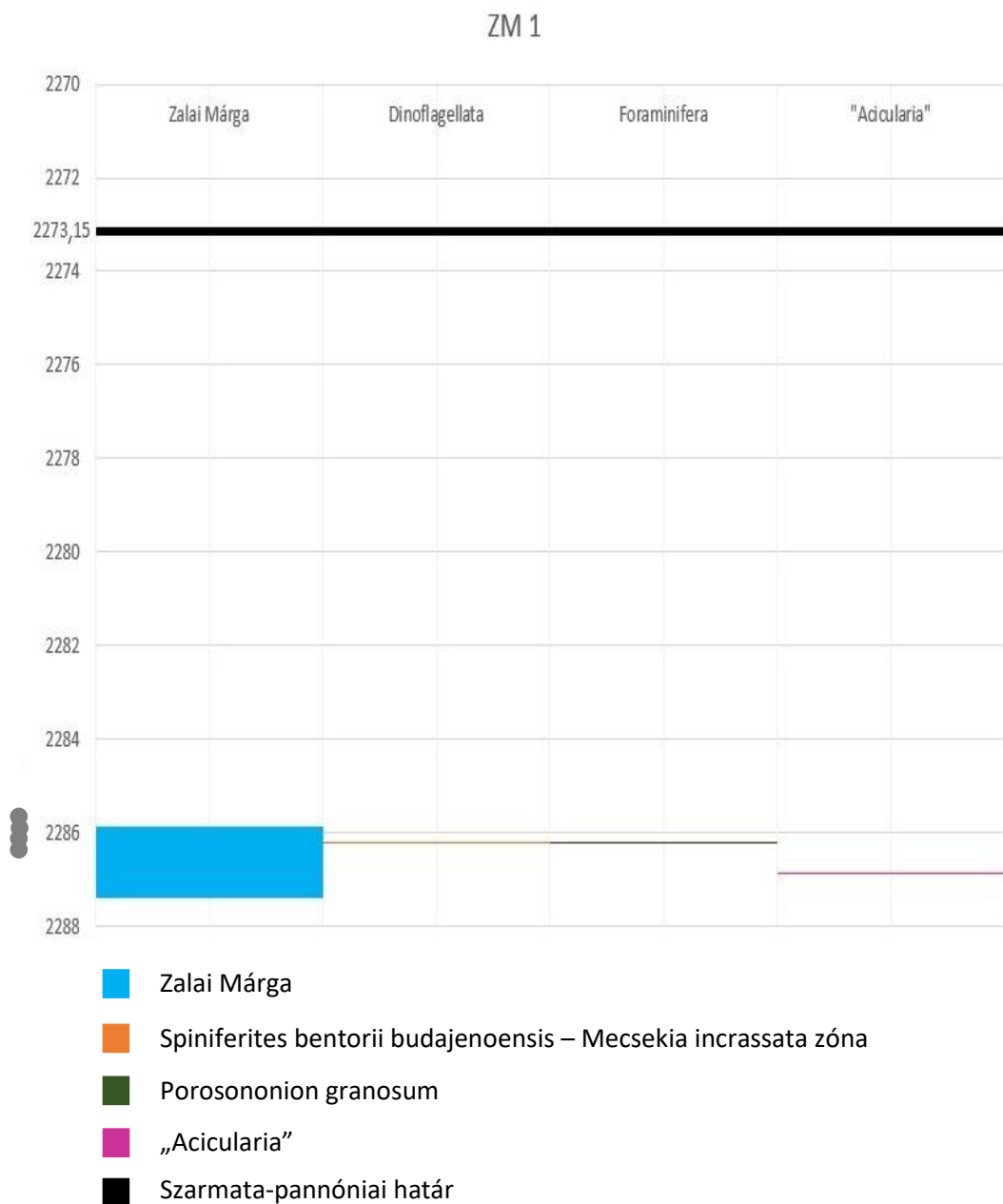
A MOL Nyrt. dél-alföldi ZM-1. számú fúrásában a Zalai Márgába a 2285,86-2287,41 méter közötti szakaszt sorolták (1.ábra). Sötétszürke, barnásszürke párhuzamosan lemezes agyagmárga és márgalemezek sűrű váltakozása jellemzi ezt a szakaszt. Fedője az Endrődi Formáció Tótkomlósi Mészmárga Tagozata, melyet

világosszürke-szürke mészmárga, agyagos mészkő, illetve mészkő alkot. Jellegzetessége még a párhuzamos lemezesség, illetve az elválási felületeken megjelenő növénymaradványok és néhány puhatestű vázlenyomat. Feküje pedig szarmata világos szürke-középszürke, sávosan barna agyagos mészkő, ami sötétszürke agyagmárgával és meszes agyagkövekkel váltakozik.

A fúrás 2286,19-2286,24 méter közötti szakaszában jellemző foraminifera a *Porosonion granosum* és a szerves vázú mikrop plankton formák közül a *Spiniferites bentorii budajenoensis*, ezenkívül pedig említésre kerül a 2286,85-2286,90 méter közben megjelenő "*Acicularia*"-nak gondolt fosszília is.

A szarmata/pannóniai határ a fúrás 2273,15 méterénél lett meghúzva.

Két furadék mintából (2286,19-2286,24 m; 2286-2286,15 m) izolált példányokat vizsgáltam, illetve 3 darab fúrómagból készült (2286,42-2286,47 m; 2286,19-2286,24 m; 2285,86-2285,91 m) csiszolat tanulmányozására került sor (10. ábra).



10. ábra ZM-1 fúrás a mintavételi helyek feltüntetésével

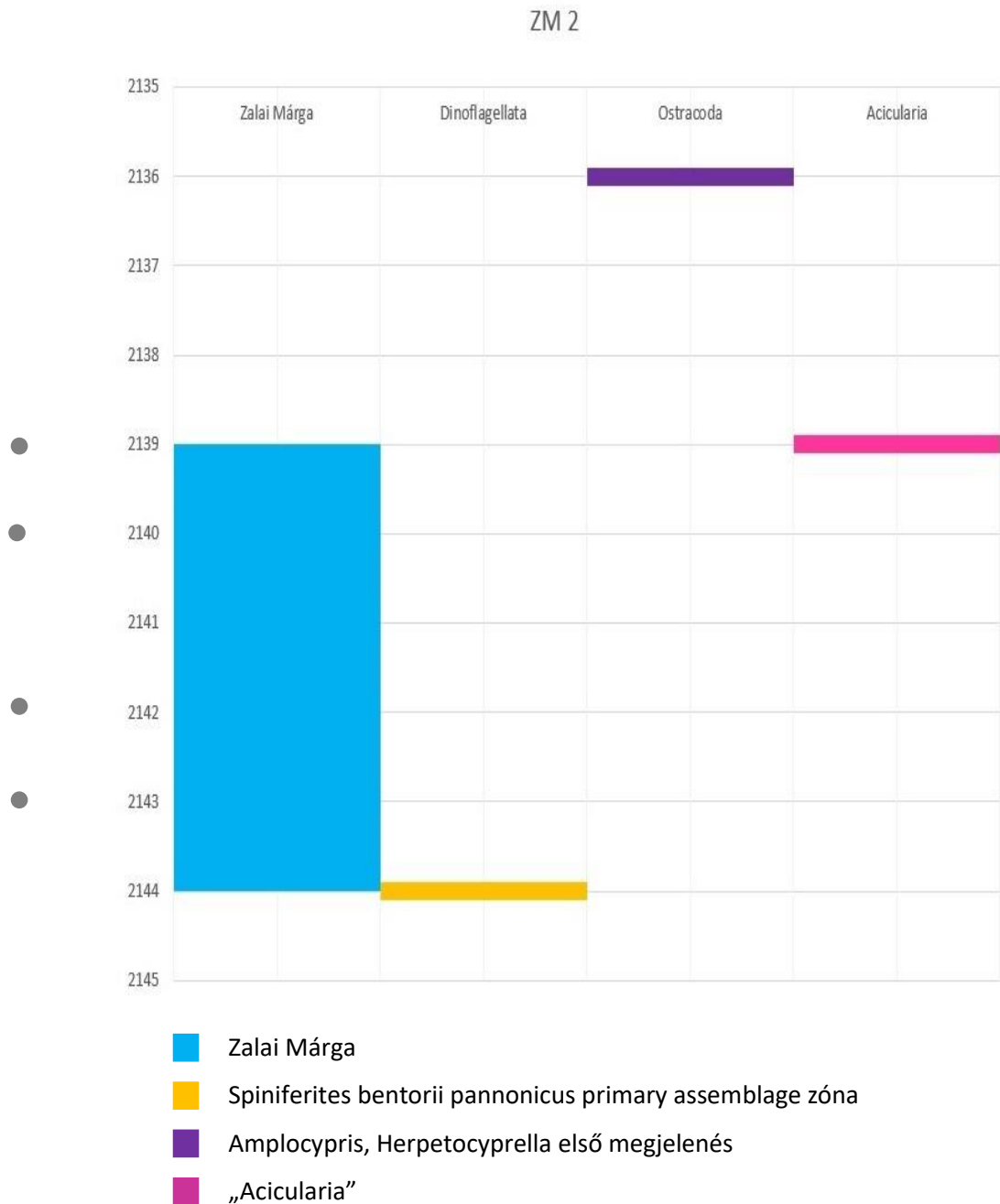
3.7. ZM-2. számú fúrás

A MOL Nyrt. által mélyített dél-alföldi ZM-2. számú fúrásban barnásszürke, sötétszürke-világosszürke foltos márga-mészmárgaként jelenik meg a Zalai Márga (1.ábra). Jellegzetessége még, hogy helyenként találhatóak benne pirit szálak.

Fedője az idősebb pannóniai Endrődi Formáció, mely megjelenése tulajdonképpen megegyezik a Zalai Márgáéval. Feküje pedig szarmata sötétszürke, sötét barnásszürke, helyenként világosszürke erősen közetlisztes, homokos, csillámos márga. A fúrasi rétegsor 2142 méternél Sütő Szentai (2012, 2022) leírja a a szarmata/pannóniai

határt jelző *Spiniferites bentorii pannonicus* primary assemblage zónát, ezenkívül pedig a 2136 méternél megjelenik a kagylósrákok közül az *Amplocypris*, ami már egyértelműen pannóniai kort jelöl. Az "*Acicularia*"-nak gondolt fosszília itt is megjelenik a 2139-es méternél.

A vizsgálataimat a fúrás 2139-2144-es méterköze között végeztem. Két furadékmintából vizsgáltam izolált példányokat (2142 m, 2140 m), illetve 4 darab (2143 m, 2142 m és 2139 m) csiszolatot néztem át (11. ábra).



11. ábra ZM-2 fúrás a mintavételi helyek feltüntetésével

4. Eredmények

A mikrofauna vizsgálat eredményeit fűrasonként taxonlistákkal adom meg. A taxonok sorrendje a mintában való gyakoriságot tükrözi. Az izolált példányokat jórészt korábban már Koreczné Laky Ilona és Szurominé Korecz Andrea vizsgálta, de az újvizsgálat során a SEM fotók sok esetben pontosabb határozást tettek lehetővé számomra, mint a korábbi csak fénymikroszkópos vizsgálatokon alapuló besorolás. Megadtam a későbbi, Diszkusszió fejezetben általam elkülönített paleoasszociációkat is.

PAET-35 (5 db minta 828,4 és 811,7 m közötti szakaszból)

828,3 – 828,4 m

Foraminifera (jó megtartású példányok)

Porosononion granosum (d'Orbigny) (gyakori, 90%)

Miliolidae indet.

Kagylósrák

Euxinocythere sp.

Aurila notata (Reuss) (összenyomott, piritesedett)

Egyéb: kagyló, csiga

→ ***Porosononionos* asszociáció**

823,3 - 824,3 m

Foraminifera (jó megtartású példányok)

Porosononion granosum (d'Orbigny) (gyakori, 90%)

Elphidium macellum (Fichtel & Moll)

Elphidium hauerinum (d'Orbigny)

Elphidium aculeatum (d'Orbigny)

Quinqueloculina akneriana d'Orbigny

Kagylósrák

Aurila notata (Reuss) (összenyomott, piritesedett)

Egyéb: otolith, féregcső

→ **Porosonionionos asszociáció**

818,5 - 818,6 m

Kagylósrák (közepes megtartású, kevés kettősteknő)

Candona postsarmatica Krstič (kevés)

Cyprideis sp. (törött)

812,4 - 812,5 m

Kagylósrák (átkristályosodott, törött kettősteknő és félteknő)

Cyprideis sp. (kevés)

811,7 - 811,8 m

Foraminifera

Néhány darab áthalmozott badeni foraminifera került elő a mintából.

Heterolepa dutemplei (d'Orbigny)

Pappina parkeri (Karrer)

Nonion sp.

Semivulvulina sp.

Kagylósrák

Cyprideis sp. (törött félteknő)

ZM-1 (2 db cella és 3 db csiszolat a 2286,47 és 2285,86 m közötti szakaszából)

2286,42 - 2286,47 m (csiszolat)

Ostracoda félteknő

planktonforaminifera (bemosott)

halcsont

2286,19 - 2286,24 m (cella és csiszolat)

Foraminifera

Bolivina sp.

Miliolidae sp.
planktonforaminifera (bemosott)

Elphidium sp.

Porosononion sp.

Kagylósrák (főként jó megtartású félteknők)

Amnocythere sp. (90% feletti gyakoriság)

Candona sp. (kisméretű *C. cf. postsarmatica*)

Egyéb: „*Acicularia*”

→ ***Porosononionos* asszociáció**

2286,0 - 2286,15 m

Foraminifera

Néhány, valószínűleg a felső-badeniből áthalmozott planktonforaminifera, melyek nagyon hasonlítanak a Filipescu és Silye (2008) által az Erdélyi-medencéből legfelső badeni rétegekből leírt leírt kisméretű *Tenuitellinata* példányokra)

Kagylósrák (általában közepes vagy jó megtartású kettősteknők)

Amnocythere sp. (gyakori, jó megtartású)

Euxinocythere sp. (gyakori, jó megtartású)

Candona postsarmatica Krstič

Amplocypris sp. (piritesedett kettősteknők is)

Candonidae indet.

2285,86-2285,91 m (csiszolat fúrómagból)

Ostracoda héjtöredék

Halcsont

Foraminifera indet.

„*Acicularia*”

Nagykozár Nk-2 (5 db cella 293, 3 és 290,5 m közötti szakaszból)

293,0 - 293,3 m (talptól 15 cm-re)

Foraminifera (jó megtartású vázak)

Miliammina subvelatina Venglinskij (90% feletti gyakoriság)

Porosononion granosum (d'Orbigny) (nagyon kisméretűek)

Ammonia beccarii (Linné)

Kagylósrák (jó megtartású félteknők)

Amnicythère tenuis (Reuss) (gyakori)

Candona postsarmatica Krstič

Euxinocythere sp.

Hemicytheria sp. (pirites teknő)

→ ***Milliaminás asszociáció***

292,2 - 292,8 m

Foraminifera (jó megtartású)

Trochammina kibleri Vengliskij (monospecifikus együttes)

Kagylósrák (jó megtartású félteknők)

Amnicythère sp. (monospecifikus együttes)

Egyéb: csiga kőbél

→ ***Trochamminás asszociáció***

290,9 - 292,2 (talptól 70 cm-re)

Foraminifera (jó megtartású)

Trochammina kibleri Vengliskij (monospecifikus együttes)

Kagylósrák

Amnicythère sp. (jó megtartású félteknők)

Amplocypris sp. (kettősteknők áthalmozva)

Cyprideis sp. (juvenilis példány)

→ ***Trochamminás asszociáció***

290,5 - 290,9 m (talptól 30 cm-re)

Kagylósrák (jó megtartású kettősteknők)

Amplocypris sp. (gyakori)

Herpetocyrella sp. (gyakor)

Candona sp.

Amnicythère monotuberculata Sokač

→ ***Amplocyprides-Herpetocyrellás asszociáció***

290,5 - 290,9 (talptól 10 cm-re)

Kagylósrák

Amplocypris sp. (piritesedett töredékek)

→ ***Amplocyprides-Herpetocyrellás asszociáció***

ZM-2 (2 db cella és 3 db csiszolat furadékmintákból a 2143 és 2139 m közötti szakaszból)

2143 m (csiszolat)

Foraminifera:

Elphidium sp.

Bolivina sp.

Miliolidae indet

2142 m (csiszolat és cella)

Foraminifera (átkristályosodott kisméretű példányok)

Elphidium sp.

Porosononion sp.

Bolivina sp.

Miliolidae indet.

Kagylósrák

Amplocypris sp. (törött)

Egyéb „*Acicularia*”

→ ***Porosononionos* asszociáció**

2140 m

Foraminifera (átkristályosodott kisméretű példányok)

Porosononion granosum (d'Orbigny)

Elphidium macellum (Fichtel & Moll)

Egyéb: halfog

→ ***Porosononionos* asszociáció**

2139 m (csiszolat)

Foraminifera indet.

„*Acicularia*”

Ostracoda héjtöredék

Lajoskomárom Lk-1 (4db minta a 669,4 és 665,2 m közötti szakaszból)

668,2 - 669,4 m

Foraminifera (jó megtartású példányok)

Trochammina kibleri Vengliskij (monospecifikus együttes)

Kagylósrák (jó megtartású kettősteknők)

Aurila sp. juv. (kisméretű kettősteknők)

Candona postsarmatica Krstič

→ ***Trochamminás* asszociáció**

667,2 - 668,2 m

Nincs ostracoda és foraminifera, csak halfog.

666,2 - 667,2 m

Foraminifera indet.

665,2 - 666,2

Foraminifera

Trochammina kibleri Vengliskij (néhány)

→ ***Trochammina* asszociáció**

Tengelic T-2 (7 db minta 680,4 és 663,9 m közötti szakaszból)

678,4 - 680,4 m

Foraminifera (jó megtartású kisméretű foraminiferák)

Porosononion granosum (d'Orbigny) (gyakori)

Bolivina sp. (*Bolivina moldavica* Didkowski) (gyakori)

Elphidium macellum (Fichtel & Moll)

Quinqueloculina sp.

Kagylósrák (jó megtartású félteknők)

Aurila sp. juv.

→ ***Porosononion* asszociáció**

677,0 - 678,4 m

Foraminifera

Trochammina sp. (kevés)

Kagylósrák (félteknők közepes és jó megtartásúak)

Candona postsarmatica Krstič (gyakori)

Amnocythere sp. (gyakori)

Loxoconcha sp.

→ ***Trochamminás asszociáció***

675,6 - 676,4 m

Kagylósrák (jó megtartású kettősteknők és félteknek)

Amplocypris sp. (gyakori)

Herpetocyrella auriculata (gyakori)

Candona postsarmatica Krstič

Candona sp.

Amnicyhere sp.

→ ***Amplocyprides-Herpetocyrellás asszociáció***

670,6 - 671,9 m

Foraminifera

Trochammina sp. (monospecifikus együttes)

→ ***Trochamminás asszociáció***

667,8 - 670,0

Kagylósrák (közepes megtartású sokszor nyomott kettősteknők

Amplocypris sp. (gyakori)

Herpetocyrella auriculata (gyakori)

→ ***Amplocyprides-Herpetocyrellás asszociáció***

665,0 - 667,6 m

Kagylósrák (jó megtartású kettősteknők és félteknek)

Amplocypris sp. (gyakori)

Herpetocyrella auriculata (gyakori)

Candona postsarmatica Krstič

Candona sp.

Amnicyhere sp.

→ ***Amplocyprides-Herpetocyrellás asszociáció***

663,9 – 665 m

Kagylósrák (jó megtartású kettősteknők és félteknek)

Amplocypris sp. (gyakori)

Herpetocyrella auriculata (gyakori)

Candona postsarmatica Krstič

Candona sp.

→ ***Amplocyprides-Herpetocyrellás asszociáció***

Szombathely SzH-2 (9 db minta 1933,9 és 1809,3 méter közötti szakaszból)

1833,2 - 1833,9 m

Kagylósrák

Aurila sp. juv. (egy darab törött)

1821,6 - 1823,0 m

Foraminifera (jó megtartású kisméretű foraminiferák)

Porosononion granosum (d'Orbigny) (gyakori)

Elphidium sp.

Kagylósrák

Aurila sp. juv (közepes és jó megtartású félteknek)

→ ***Porosononionos asszociáció***

1820,7 - 1821,6

Foraminifera (jó megtartású kisméretű foraminiferák)

Porosononion granosum (d'Orbigny) (gyakori)

Elphidium sp.

Trochammina sp.

Kagylósrák

Aurila sp. juv (közepes és jó megtartású félteknek)

→ ***Porosononionos asszociáció***

1819,6 - 1820,7 m

Kagylósrák

?*Amnicythere* sp.

1811,4 - 1813,8 m

Kagylósrák

Amplocypris sp. töredékek

Amnicythere sp.

→ ***Amplocyprises-Herpetocyprellás asszociáció***

1811,1 - 1811,3 m

Kagylósrák

Amplocypris sp. töredékek

→ ***Amplocyprises-Herpetocyprellás asszociáció***

1809,8 – 1810 m

Kagylósrák (rossz megtartású, sokszor törött féltekénők)

Amplocypris sp.

Candona sp.

→ ***Amplocyprises-Herpetocyprellás asszociáció***

1809,5 – 1810 m

Kagylósrák (rossz megtartású, sokszor nyomott féltekénők)

Amplocypris sp. (gyakori)

Herpetocyprella sp.

Candona sp.

→ ***Amplocyprises-Herpetocyprellás asszociáció***

1809,3 - 1809,5 m

Kagylósrák (rossz megtartású, sokszor törött féltekék)

Amplocypris sp.

Amnocythere sp.

Candona sp.

→ ***Amplocyprides-Herpetocyprrellás asszociáció***

5. Diszkusszió

5.1. Paleoökológia

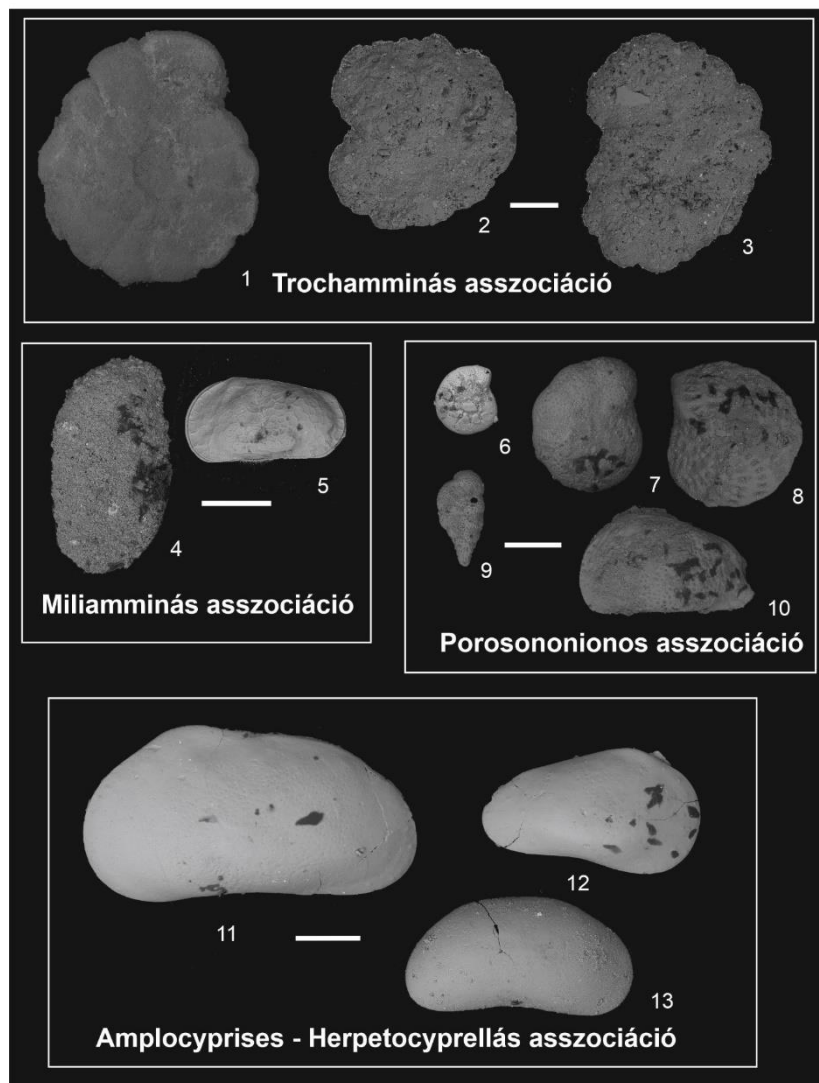
A középső-miocén végén a Középső-Paratethys medencéjében teljes mikrofaunaváltás következik be, ami a környezeti paraméterek radikális megváltozásával hozható összefüggésbe. Egy tengeri környezetből kialakul egy tavi környezet, a Pannon-tó. Kutatásomban arra a kérdésre kerestem a választ, hogyan változott a mikrofauna ennél az átmenetnél és milyen környezeti paraméterek (hőmérséklet, sótartalom, oxigénszint, vízmélység és vízmozgatottság) hatására. A publikált palinológiai és mikrofauna adatok alapján azt feltételezik, hogy a szarmata végén teljesen kisekélyedik a környezet, elzárt mocsaras oxigén szegény környezetek alakulnak ki (pl. Korecz Laky 1985, Sütőné Szentai&Szegő 2008, Sütőné Szentai 2012). A pannóniai elején a vízszintemelkedés hatására, melynek forrása az éghajlat csapadékosabbá válása, kialakul a Pannon-tó egységes vízfelülete (Erdei et al. 2007, Magyar et al. 1999, Palcu et al. 2021).

Vizsgálataim során olyan miocén rétegsorokat tanulmányoztam a Pannon-medencéből, amelyek legteljesebben reprezentálják a szarmata/pannóniai átmenetet, azaz ahol megjelenik az általam vizsgált képződmény, a Zalai Márga. Ezek a rétegsorok medencebelsőben rakódhattak le. A Zalai Márga foraminifera és kagylósrák faunájának paleoökológiai értékelését végeztem el, és összehasonlítottam az egyéb fauna és flóra elemek változásával az irodalmi adatok alapján.

A vizsgált ősmaradványvázak állapota a közepestől a jó megtartásig változik. A megtartás minősége nagyban függ attól, hogy milyen mélységből került elő az adott ősmaradvány, ugyanis nagy mélységből rendszerint átkristályosodott példányok kerültek elő, míg pár száz méteres mélységben jó megtartásúak a vázak. Fontos megemlíteni, hogy a vázak egy része piritesedett.

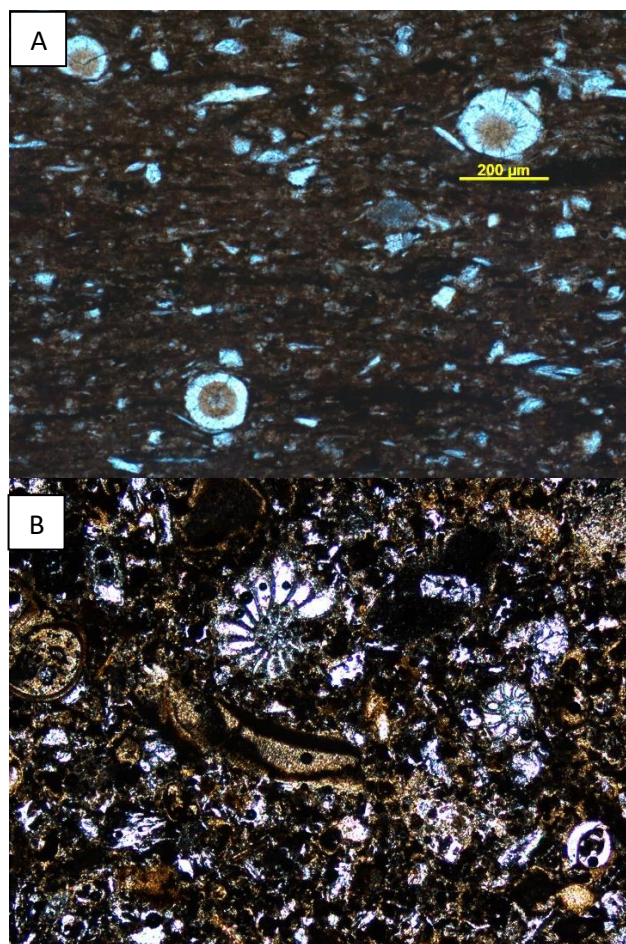
A vizsgált mintákban szinte csak bentosz formákat találtam mind a foraminifera mind a kagylósrák faunát tekintve, kivéve amely mintákban áthalmozott badeni planktonforaminiferák is előfordultak (pl. ZM-3, 2318,43 m). A foraminiferák közül előkerültek üvegvázu (Rotalida rend), agglutinált (Textularida rend), illetve porcelánvázu foraminiferák (Miliolida rend) is, melyek megoszlása a környezeti paraméterektől függ.

A vizsgált mikrofauna paleoökológiai értékelése alapján 4 asszociációt tudtam elkülöníteni foraminifera és ostracoda együttesek alapján, melyek eltérő környezetet jeleznek (12. ábra).



12. ábra A Zalai Márga ősmaradványai alapján elkülönített késő-szarmata és kora-pannóniai mikrofauna asszociációk jellemző taxonjai. *Trochammina kibleri* 1 - Tengelic T-2 fúrás 670,6-671,9 m, 2, 3 – Nagykozár Nk-2 292,2 -292,8 m, 4 - *Miliammina subvelatina* Nagykozár Nk-2 293-293,3 m, 5 – *Amnicythere* sp. Nagykozár Nk-2 293-293,3 m, 6 – *Porosonion granosum* Tengelic T-2 677-678,4 m, 7 - *Porosonion granosum* PAET-35 828,3 m, 8 – *Elphidium macellum* PAET-35 828,3 m, 9 – *Bolivina moldavica* Tengelic T-2 678,4-680,4 m, 10 – *Aurila* sp. juv. Lajoskomárom Lk-1 668,2 – 669,4 m, 11 – *Herpetocyprrella auriculata* Nagykozár Nk-2 296,5 – 296,9 m, 12 - *Herpetocyprrella auriculata* Nagykozár Nk-2 296,5 – 296,9 m, 13 – *Amplocypris recta* Nagykozár Nk-2 290,9-292,2 m

A legidősebb társulás, mely még biztosan szarmata korú a *Porosononionos* asszociáció. *Porosononionokkal* jellemzett együttes megjelenik az idősebb szarmata medencebelső üledékekben is (Kozárdi Formáció). Ezért fontosnak tartottam, hogy összehasonlítsam a Zalai Márga képződményét a Kozárdi Formációval, csak a fő különbségekre fókuszálva. A két kifejlődés makroszkóposan elkülöníthető egymástól, hiszen a Kozárdi Formáció egy jól rétegzett és inkább zöldes-sárgás, helyenként szürke színű képződmény, ami oxigéndús környezetben való lerakódásra utal (Budai et al 2015). A szervesanyagtartalom kisebb a Kozárdi Formáció képződményeiben. Az ősmaradványtartalmat megnézve a Zalai Márga szegényes és jellegzetes faunája alapján elkülöníthető a Kozárdi Formációtól, hiszen ez utóbbiban nagyon jellegzetes szarmata mikrofaunát találunk lényegesen nagyobb variabilitással, mint ahogy azt a Zalai Márgában láttuk (pl. Görög 1992, Tóth 2008, Tóth&Görög 2008) (13. ábra). Ennél sokkal fontosabb különbség a makroszkóposan is látható sokféle és nagy egyedszámmal előforduló vastaghéjú puhatestű együttes (pl. *Granulolabium*, *Ervilia*, *Mactra*) jelenléte a Kozárdi Formációban, szemben a csak bizonyos szintekben megjelenő kisméretű és vékonyhéjú *Cardium*-félékkel, amelyek a Zalai Márgát jellemzik.



13. ábra A - A Zalai Márga vékonycsiszolati képe a ZM-1. számú fúrás 2286,85 és 2286,90 méter közötti szakaszából. (A képen Mysidae rákok ballasztkövei láthatók) (Fotó: Magasi Anna). B – A Kozárdi Formáció vékonycsiszolati képe a kozárdi alapszelvényből. A képen miliolinák, elphidium-félék, csigák metszetei és kagyló töredékek láthatóak) (Fotó: Magasi Anna)

A Zalai Márga rétegeiben elkülönített társulásban legnagyobb számmal az él nélküli *Elphidium*-félékhez tartozó *Porosonion granosum* található meg. Mellette főleg egyéb él nélküli *Elphidium*ok találhatóak meg. Az ostracodák közül az *Aurila* kisméretű, valószínűleg juvenilis példányai jelennek meg az asszociációban. Az él nélküli *Elphidium*-félék és *Nonion*-félék ma 0-70‰ sótartalom mellett inbentosz vagy epibentosz életmódot folytatnak (Murray 1991, Murray 2006). Az *Aurilák* és *Porosonion*ok jóval kisebbek, mint a Kozárdi Formáció medence képződményeiben, ez stresszkörnyezetre, vagy nagyobb vízmélységre utal. A foraminifera együttes max. 80-100 m mély brakk vagy normálsós tengeri környezetet jelez (Murray 1991, Murray 2006). A szarmata végén az éghajlat csapadékosabbá válása kialakíthatott egy stagnáló

vízi stresszkörnyezetet a medencében, amire a Zalai Marga lemezessége és magasabb szervesanyag tartalma is utal. A Mecsekia fajok tömeges megjelenése oxigén szegény környezetet jelez, mely szintén a stresszkörnyezet kialakulását bizonyítja (Sütőné Szentai&Szegő 2008, Sütőné Szentai 2012).

Rétegsorban felfele haladva a következő együttes a *Miliamminás* asszociáció. Ebből a társulásból sajnos csak egy mintám volt, de ebben a *Milliammina* gyakorlatilag monospecifikus volt a foraminifera faunában. Mellettük csupán nagyon vékony héjú ostracodák, *Leptocythere*-félék (*Amnocythere*, *Euxinocythere*) találhatóak. A *Milliamminákat* eleinte az agglutinált foraminiferák közé sorolták a Textularida alrendbe, azonban nemrég átsorolták őket a Miliolidae családba (Habura et al. 2006). A cikkben arról írnak a szerzők, hogy ezek a foraminiferák sokkal közelebb állnak a *Miliolidea* csoporthoz, azonban eredetileg porcelánvázúak lehettek. Stresszkörnyezetben, ahol az alkalinitás megváltozik hajlamosak felszaporodni a Miliolinák rovására. Az ilyen környezeteket úgy képesek átvészelni, hogy jórészt elveszítik a kalcifikáló képességüket, helyette a környezetükből építenek be szemcséket a vázukba, amit a minimálisan kiválasztott mészsanyaggal cementálnak össze, emiatt tűnhet úgy, hogy agglutinált formák (Habura et al. 2006). A *Miliamminák* rendkívül tág tűrésű formák, elviselik a 0-50% sótartalmat, a 0-30°-os víz hőmérsékletet. Ezenkívül előfordulnak a lagúna környezettől egészen a batiális régió felső részéig (Murray 1991, Murray 2006).

A fiatalabb rétegekben még egy agglutinált foraminiferás asszociáció jelenik meg. Ebben a társulásban a *Trochamminák* az egyeduralkodóak a foraminiferák közül. A kagylósrákok közül megjelennek a *Leptocythere*-félék (*Amnocythere*) és a *Candona postsarmatica*. Ma ilyen *Trochamminás* együtteseket sós mocsári környezetekben találunk (pl. Kaminski et al 2021). A *Trochamminák* szintén rendkívül tág tűrésű formák, elviselik a 0-60% sótartalmat, a 0-30°-os víz hőmérsékletet. Az interditális régitől az abisszikus síkságig megtalálhatók (Murray 1991, Murray 2006).

A legfiatalabb, egyértelműen Pannon-tavi környezetet mutató együttesben már csak limnobrakk ostracodák találhatóak (Szurominé Korecz et al. 2021). Ezt *Amplocyprides-Herpetocyprid* asszociációnak neveztem el.

Lloyd és Evans (2002) Skócia tengerparti régiójában egy sekély, kis izolált medence foraminifera együttesét vizsgálta, mely egy sziklával van elválasztva egy nagyobb víztesttől. Megfigyelték, hogy 1 év alatt négyszer cserélődik ki a medence

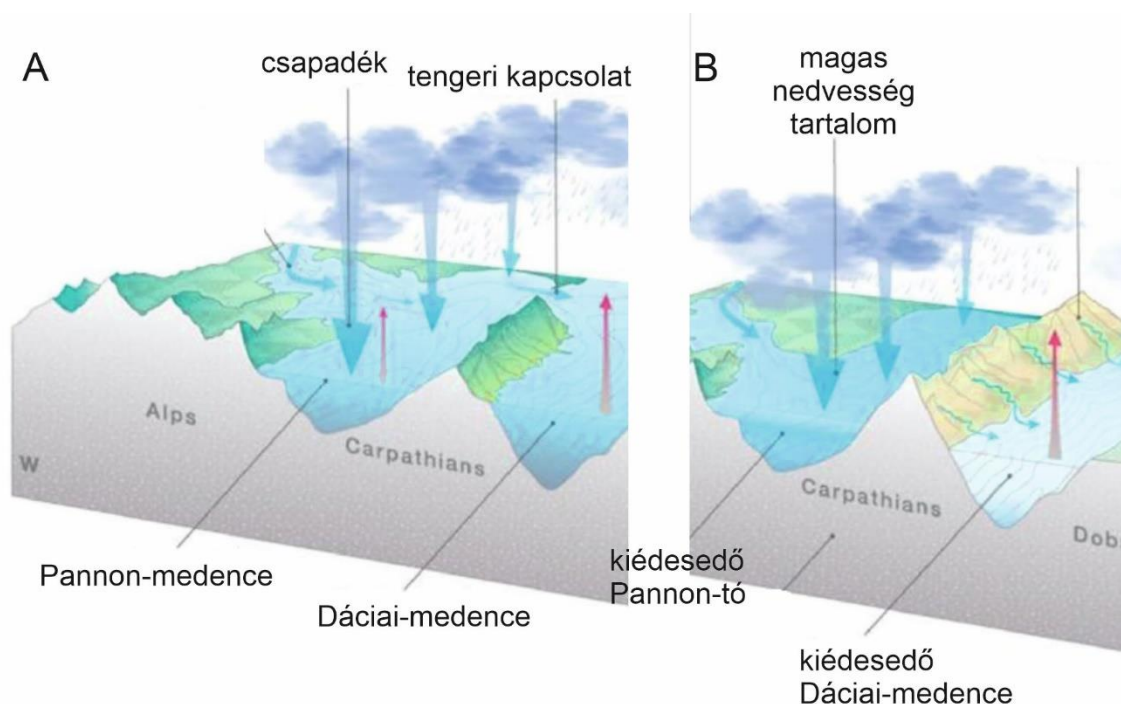
faunája, attól függően, hogy az apály-dagály okozta vízszintváltozások következtében mennyi kapcsolata van a nagyobb víztesttel.

Az ábrán (14. ábra) jól látható, hogy milyen módon változnak a fauna együttesek attól függően, hogy mennyi víz tud bejutni az izolált medencébe. Amikor még van összeköttetés a nagyobb víztesttel, akkor a *Porosononionos* asszociáció van jelen, mely egy stabil szublitorális környezetet jelez. A következő szakasz, amikor már némileg elzáródik a medence, de még van tengeri befolyás. Itt már elkezdődik az oxigénszint és a sótartalom változása, vagyis ez már stresszkörnyezet. Erre a szakaszra jellemző a *Miliamminás* asszociáció. Ahogy tovább csökken a tengeri befolyás, egyre inkább kiédesedik az izolált medence. A sótartalom és az oxigénszint állapota tovább romlik, úgy a *Miliamminákat* felváltja a *Trochamminás* asszociáció. Majd az utolsó stádiumként teljesen megszűnik a tengeri kapcsolat és egy abszolút tavi környezet marad. Ebben a szakaszban már csak ostracodák képviselőit (*Amplocypris*, *Herpetocyrella*) találjuk meg.



14. ábra Sematikus ábra a szarmata/pannóniai határon lezajlott környezetváltozásról a vizsgált képződményekből kimutatott foraminifera és ostracoda asszociációk feltüntetésével (Lloyd & Evans 2002 felhasználásával)

Ez a folyamat kiterjeszthető a Pannon-medence egész területére is. Ebben az esetben az izolált medence a Pannon-tó medencéje, a nagyobb víztest a Keleti-Paratethys, a közöttük lévő szikla pedig a Kárpátok. Ebben az esetben nem az apálydagály okozta vízszintváltozások fogják eredményezni az összeköttetés mértékét, hanem a Kárpátok egyre magasabb vonulatai fogják megakadályozni, hogy a Keleti-Paratethys vére a Pannon-tóba jusson (15. ábra).

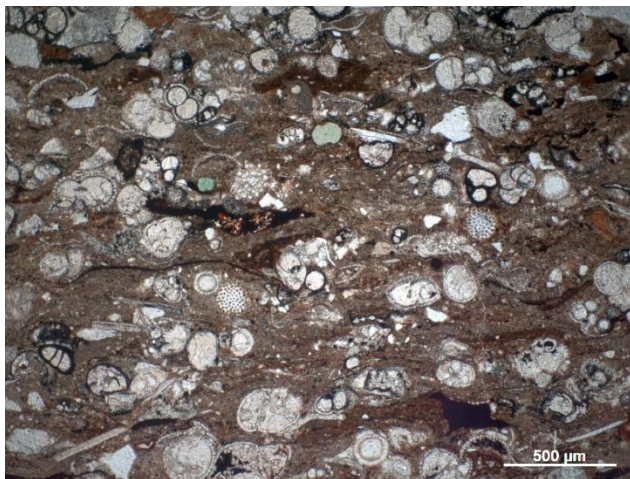


15. ábra A Középső-Paratethys végleges izolációja a szarmata/pannóniai határon.

A – Ösföldrajzi rekonstrukció a késő-szarmatában. B - Ösföldrajzi rekonstrukció a kora-pannóniaiban (Palcu et al. 2021).

Ami a skótoknál egy éves ciklusként ismétlődik, az a Pannon-tó, illetve Keleti-Paratethys kapcsolatában csupán egyszer ment végbe, azonban az egész folyamat nagyon lassú lefolyású volt. Mivel az általunk vizsgált rétegsorokban egy rétegben csupán egyféle asszociáció található meg, ami hosszú időn keresztül fennálló stabil környezetre utal, így feltételezhető, hogy a vizsgált rétegek üledései környezete inkább nyíltvízi (80-100 méter mély) lehetett. Ha éves ciklicitásban váltanak egymást a fauna együttesek, azt egy rétegből kiiszapolva keverve találnánk meg. Olyan gyorsnak meg nehéz elképzelni az üledékképződést (mivel a szedimentológiai jellegzetességek sem utalnak erre), hogy egy réteg pár hónapot reprezentálna. A Zalai-medencében a Zalai

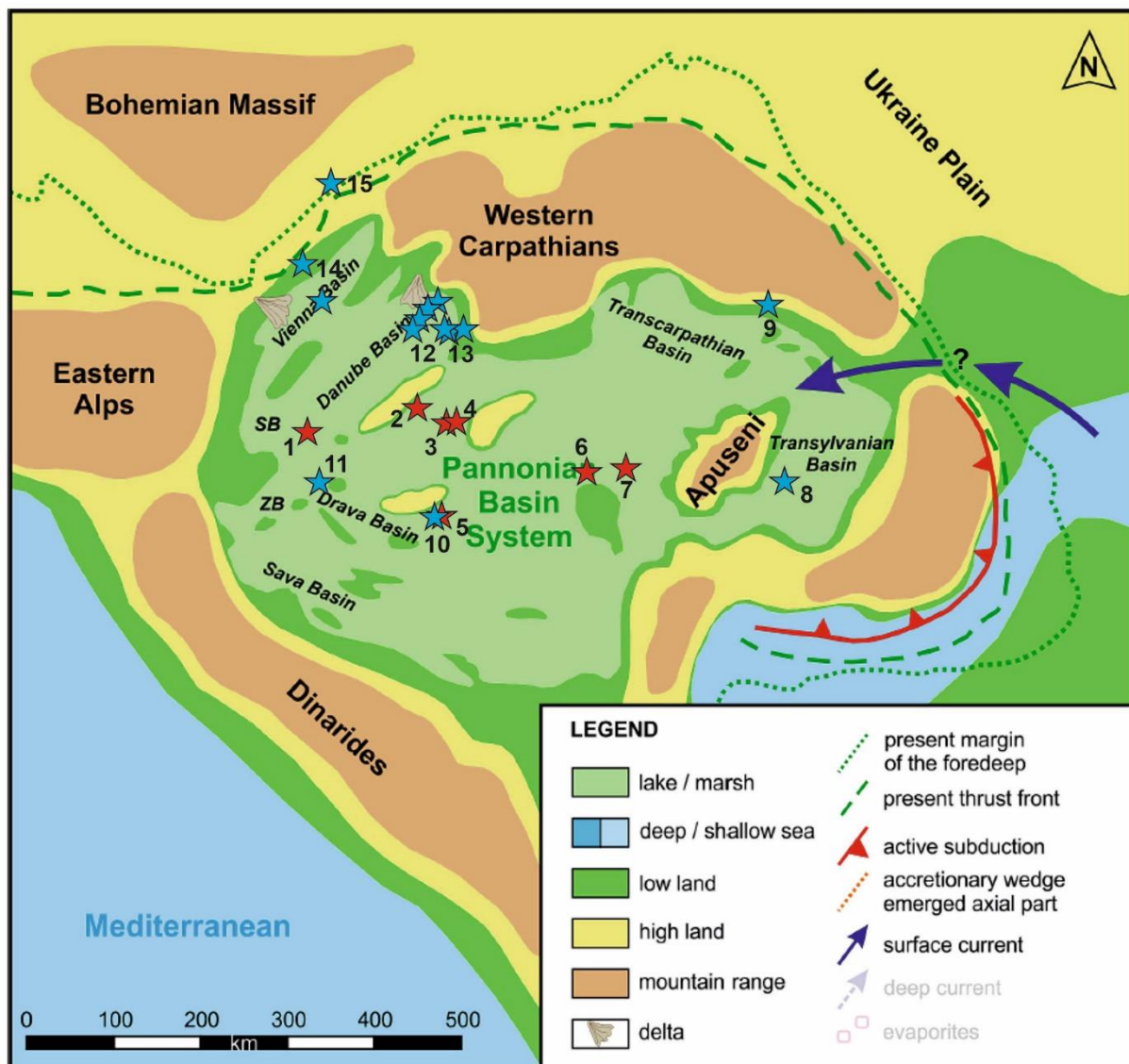
Márga határrétegek turbiditesek, melyeket a szedimentológiai jellegzetességek és az ősmaradványegyüttesben megjelenő nagymennyiségű badeni üledékekből bemosott fosszília is alátámaszt (**16. ábra**).



16. ábra Vékonycsiszolati kép a MOL Nyrt. által a Zalai-medencében mélyített ZM-3. sz. fúrás Zalai Márgába sorolt rétegéből 2318,43 m-es mélységből. A képen bemosott badeni plankton és bentoszforaminiférák, vörösalga és bryozoa töredékek láthatók. Fotó: Botka Dániel

A turbidites rétegsorokat mutató fúrások (pl. ZM-3, Lajoskomárom Lk-1) szintén a mélyebb vízi környezetet támasztják alá, hiszen sekély környezetben nem alakulnak ki ilyen üledékmozgások.

Hudácková et al. (2018) kitűnő összefoglalást ad a szarmata/pannóniai határrétegekre jellemző *Miliamminás* és *Trochamminás* együttesek elterjedéséről a Pannon-medencében. Ők az együttesek megjelenését savas pH-jú mocsári környezetek kialakulásával magyarázzák. Az általuk összegyűjtött előfordulásokat kiegészítettem az általam vizsgált fúrásokkal és az olyan irodalmi adatokkal, melyek legteljesebben reprezentálják a szarmata/pannóniai határrétegeket. (**17. ábra**).



17. ábra A Pannon-medence ösföldrajzi térképe a *Miliamminás* és *Trochamminás* együttesek előfordulásával kiegészítve olyan fúrásokkal, ahol folyamatos a szarmata/pannóniai átmenet az irodalmi adatok alapján (kék csillag), illetve az általam vizsgált fúrások feltüntetésével (piros csillag). 1- Szombathely Szh-2, 2 – Lajoskomárom Lk-1, 3 – Tengelic T-2, 4 – PAET-35, 5 – Nagykozár Nk-2, 6 – ZM-1, 7 – ZM-2, 8 Marosorbó (Oarba de Mureș) – (Filipescu et al. 2011), 9 – Velijatin és Vyškovo (Hudácková et al. 2018), 10 – Danitzpuszta 11 – ZM-3 fúrás, 12 – Duna-medence (Hudácková et al. 2018), 13 – Budajenő Bő-2 és Bő-3 fúrás, Perbál P-5 fúrás, 14 - Bécsi-medence (Hudácková et al. 2018 után módosítva).

A térképen elhelyezve az előfordulásokat szembetűnik, hogy a mikrofauna együttesekben bekövetkező változás nem lokális jelenség, hanem az egész medence területén megtalálhatóak ezek az asszociációk. Hudáckova et al (2018) álláspontjával ellentétben az agglutinált foraminiferás asszociációk nem partközeli sós mocsaras környezetet, hanem mélyebb vízi ülepedési környezetre utalnak.

Kutatási témám következő lépése lesz, hogy részletesen összehasonlítsam a határainkon kívüli szelvények mikrofauna változásait az általam kimutatottakkal, arra a kérdésre keresve a választ, hogy a kimutatott mikrofauna asszociációk ezeken a lelőhelyeken is megvannak-e, illetve, hogy milyen sorrendben jelennek meg.

5.2. Az elkülönített mikrofauna asszociációk kora

A vizsgált Zalai Marga rétegeit a korábbi irodalmakban (Anyag és módszer) vagy a szarmatába vagy a pannóniaiba vagy mindkettőbe sorolták. Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy a mikrofauna alapján definiálható-e a panóniai kezdete. Ehhez összehasonlítottam a saját eredményeimet a fúrásokban korábban vizsgált palinológiai, ostracoda, foraminifera és puhatestű adatokkal.

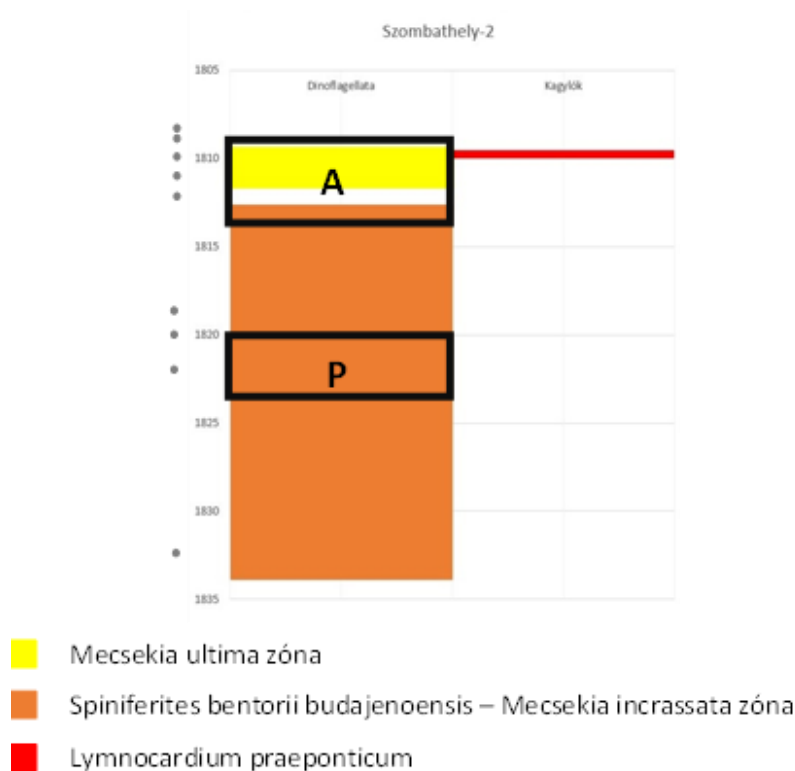
A palinológiai vizsgálatokat Sütőné Szentai Mária végezte (Sütőné Szentai 1982, Sütőné Szentai 1987, Sütőné Szentai 2012, Sütőné Szentai 2022). A Zalai Marga 3 palinozónába sorolható, ebből a *Spiniferites bentorii budajenoensis-Mecsekia incrassata* zóna szarmata korú, a *Spiniferites bentorii pannonicus* primary assemblage zóna és a *Mecsekia ultima* zóna pannóniai korú. Korpásné Hódi Margit a határrétegekből leírta a *Lymnocardium praeponticum* zónát (Korpásné Hódi 1982, Korpásné Hódi 1987, Korpásné Hódi 1992). Az ostracodákat Széles Margit és Szurominé Korecz Andrea, a foraminiferákat Koreczné Laky Ilona vizsgálta (Koreczné Laky 1982, Koreczné Laky 1985, Koreczné Laky 1987, Széles 1982, Szurominé Korecz 1991), konkrét zónákat nem különítettek el.

A Zalai Marga legidősebb rétegeiből a Porosonion granosumos asszociácót lehetett elkülöníteni. Leírásra került ez az együttes a PAET-35 828,3-828,4 m és a 823,3-824,3 m intervallumából. Ezenkívül megtalálható még a ZM-1 2286,19-2286,24 m szakaszában, a ZM-2 2142 m és 2140 m mintáiban, valamint a Tengelic T-2 678,4-680,4 m között. Ez az asszociáció található még a Szombathely Szh-2 fúrás 1821,6-1823,0 m és a 1820,7-1821,6 méterközeiben is. Megfigyelhető, hogy minden esetben

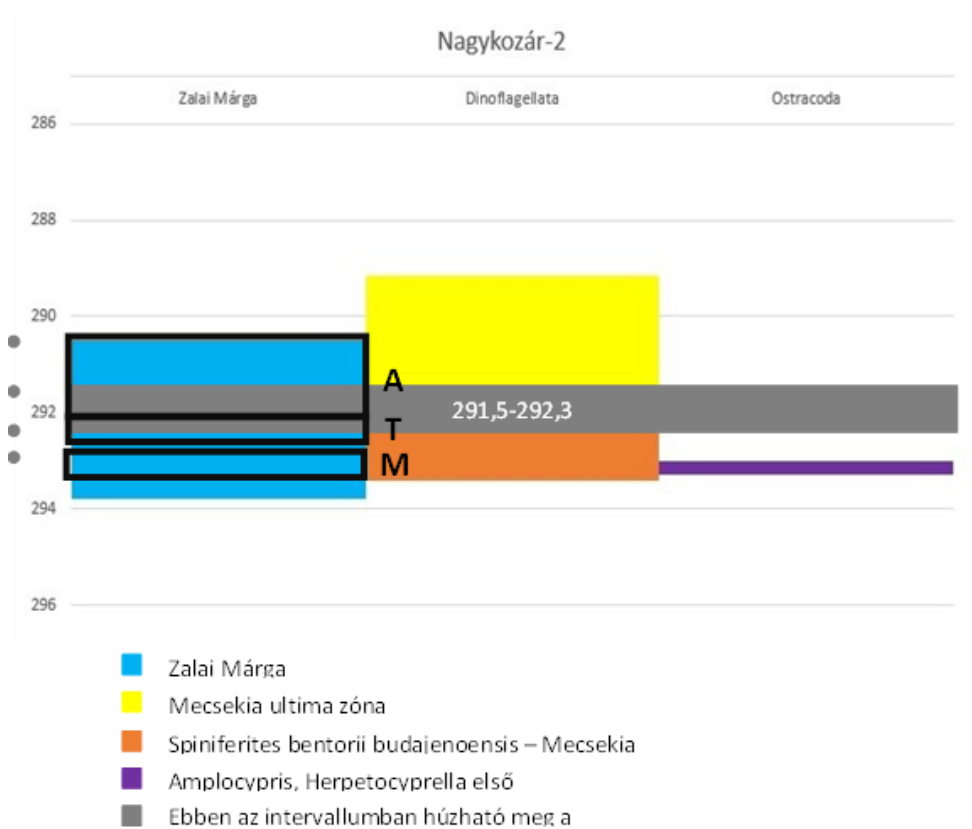
ez az együttes hamarabb megjelenik meg, mint a biztosan pannóniai kort jelző kagylósrákok () és puhatestűek (*Lymnocardium praeponticum*) zóna. és az Amplocyprises-Herpetocyprellás asszociáció alatt található meg.

A Milliamminás asszociáció megjelenik a Budajenő Bő-3 fúrásban egybeesik a *Lymnocardium praeponticum* zónával, valamint az Amplocyprisek megjelenése is ebben az intervallumban figyelhető meg (Szurominé Korecz 1981). Az általam vizsgált mintákból csupán egy, a Nagykozár Nk-2 293,0-293,3 m szakasza volt az, amely ehhez az együtteshez tartozott. Ilyen együttesel jellemzett asszociációk már pannóniai korúak.

A Trochamminás asszociáció szintén pannóniai korú üledékekből került elő, hiszen megjelennek mellette a biztos pannóniai kort jelölő Amplocyprisek. Ez az együttes található meg a ZM-1 fúrás 292,2-292,8 és a 290,9-292,2 méterközeiben. Emellett leírásra került a Lajoskomárom Lk-1 fúrás 668,2-669,4 m és 665,2-666,2 intervallumaiból, illetve a Tengelic T-2 fúrás 677,0-678,4 m és a 670,6-671,9 m szakaszaiból. Szintén a pannóniai kort bizonyítja az is, hogy a Tengelic T-2 fúrásban a Trochamminás asszociáció váltakozva jelenik meg az Amplocyprises-Herpetocyprellás együttesel. (18.ábra)



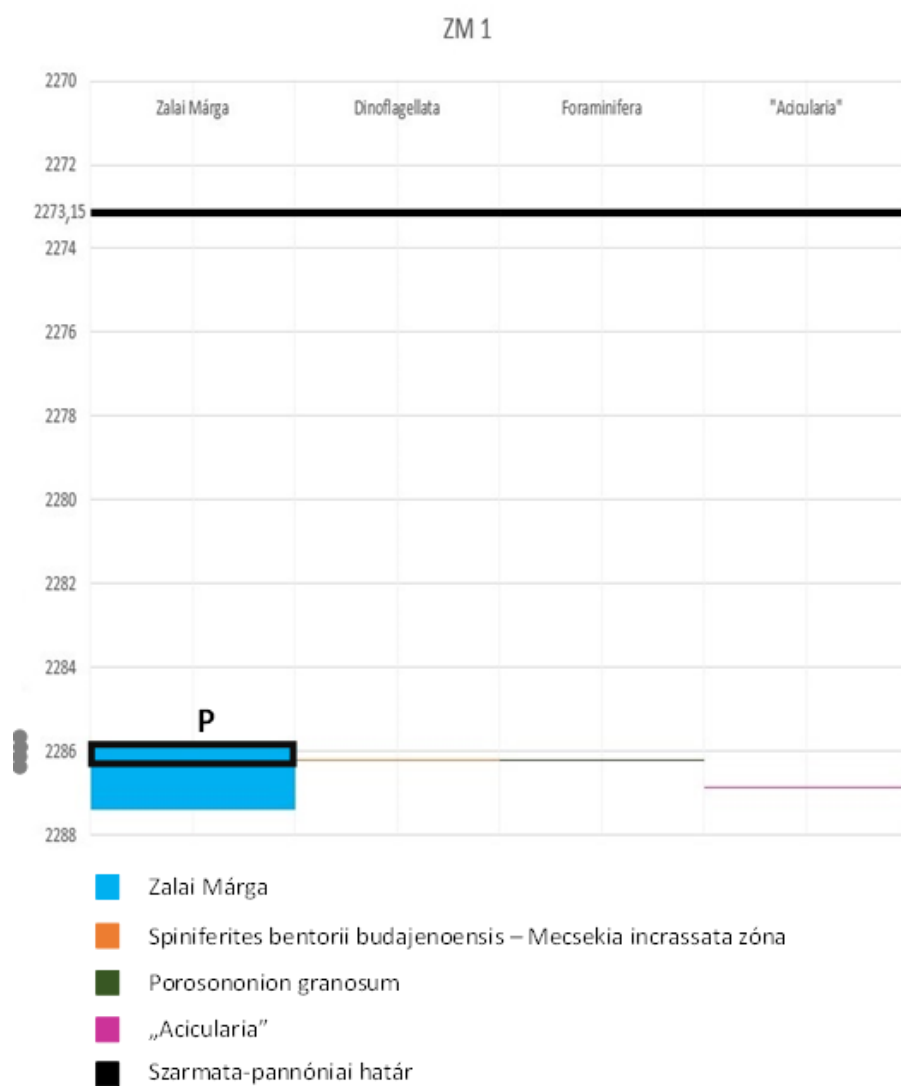
18/a ábra



18/b ábra

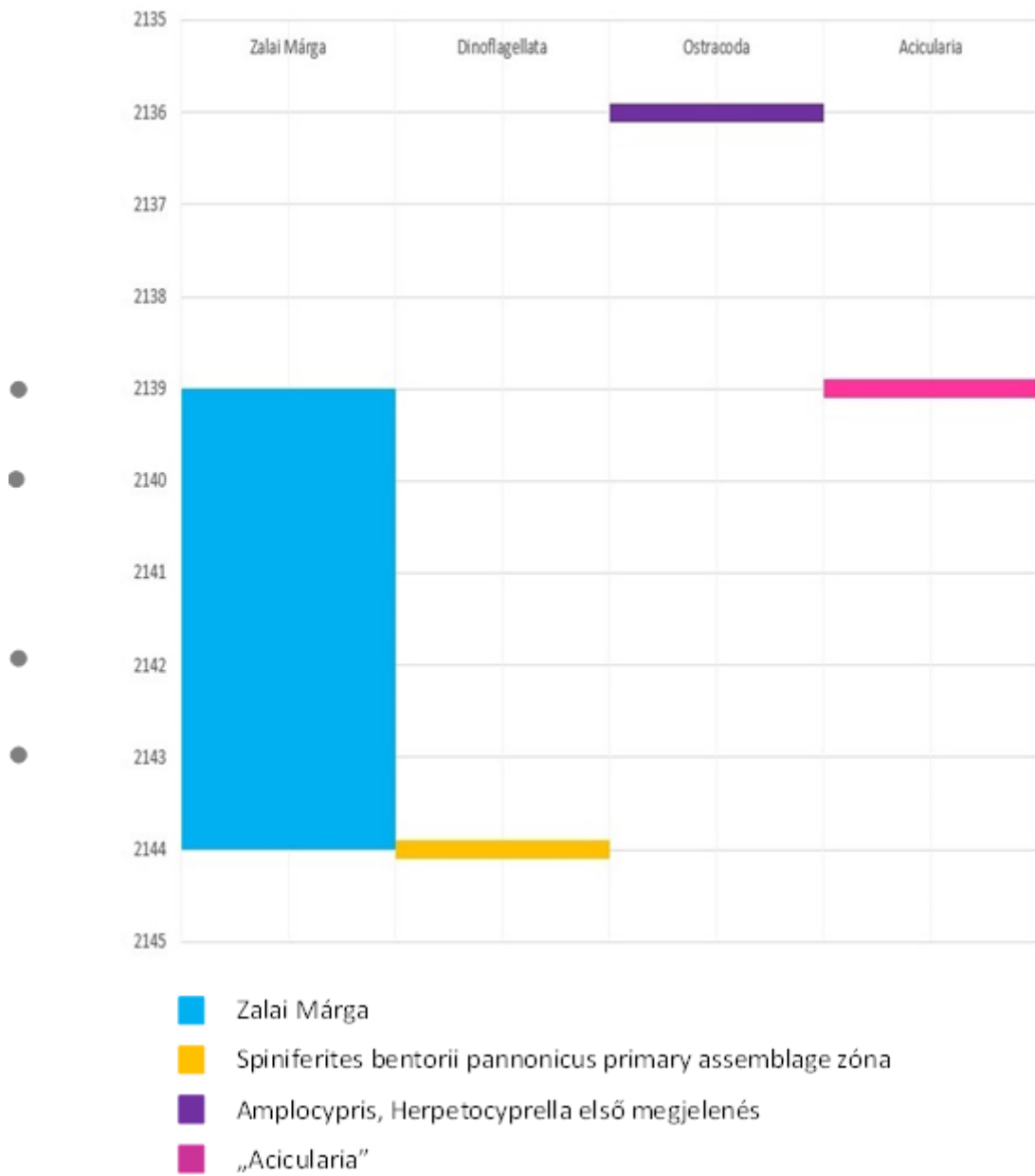


18/c ábra

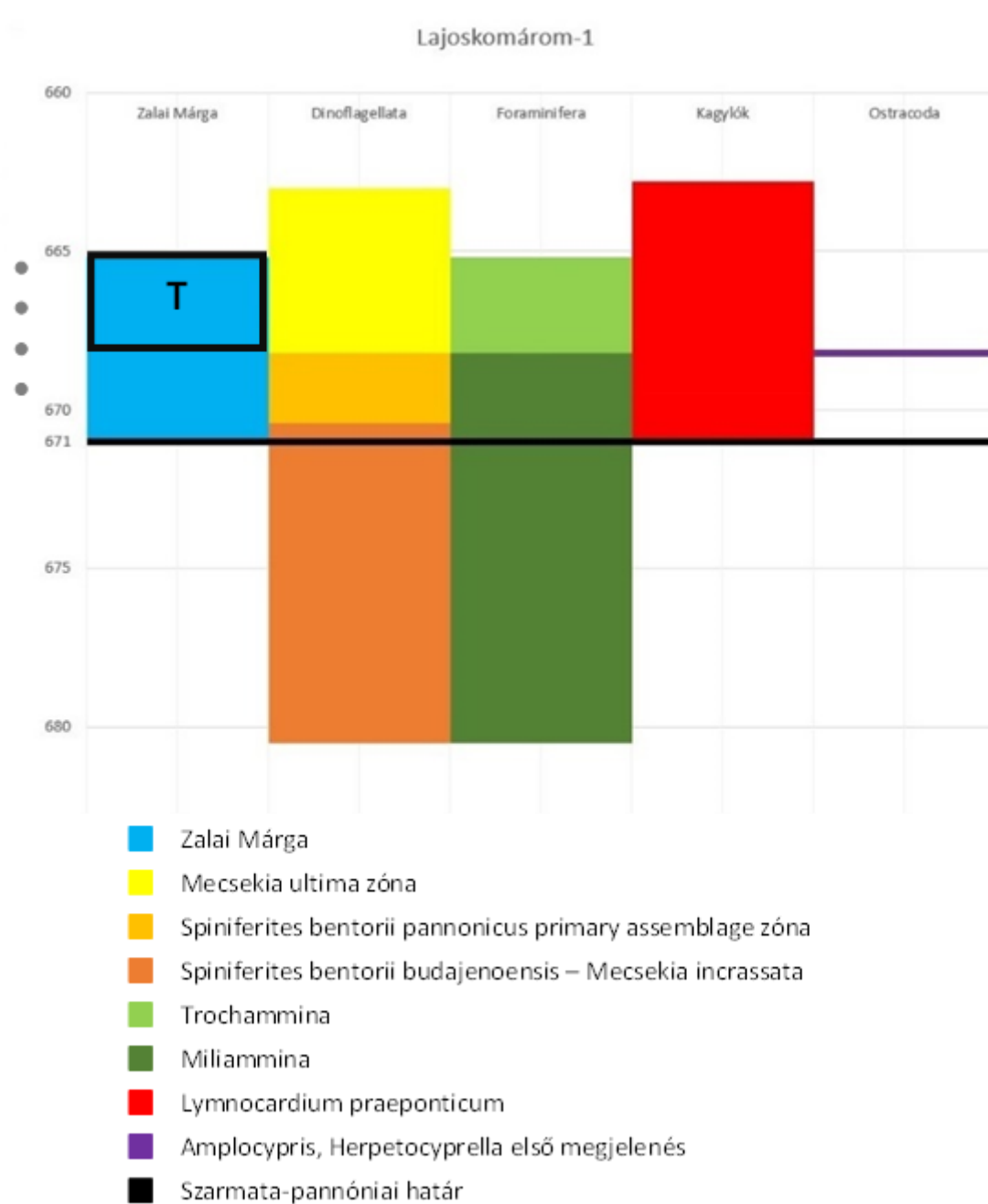


18/d ábra

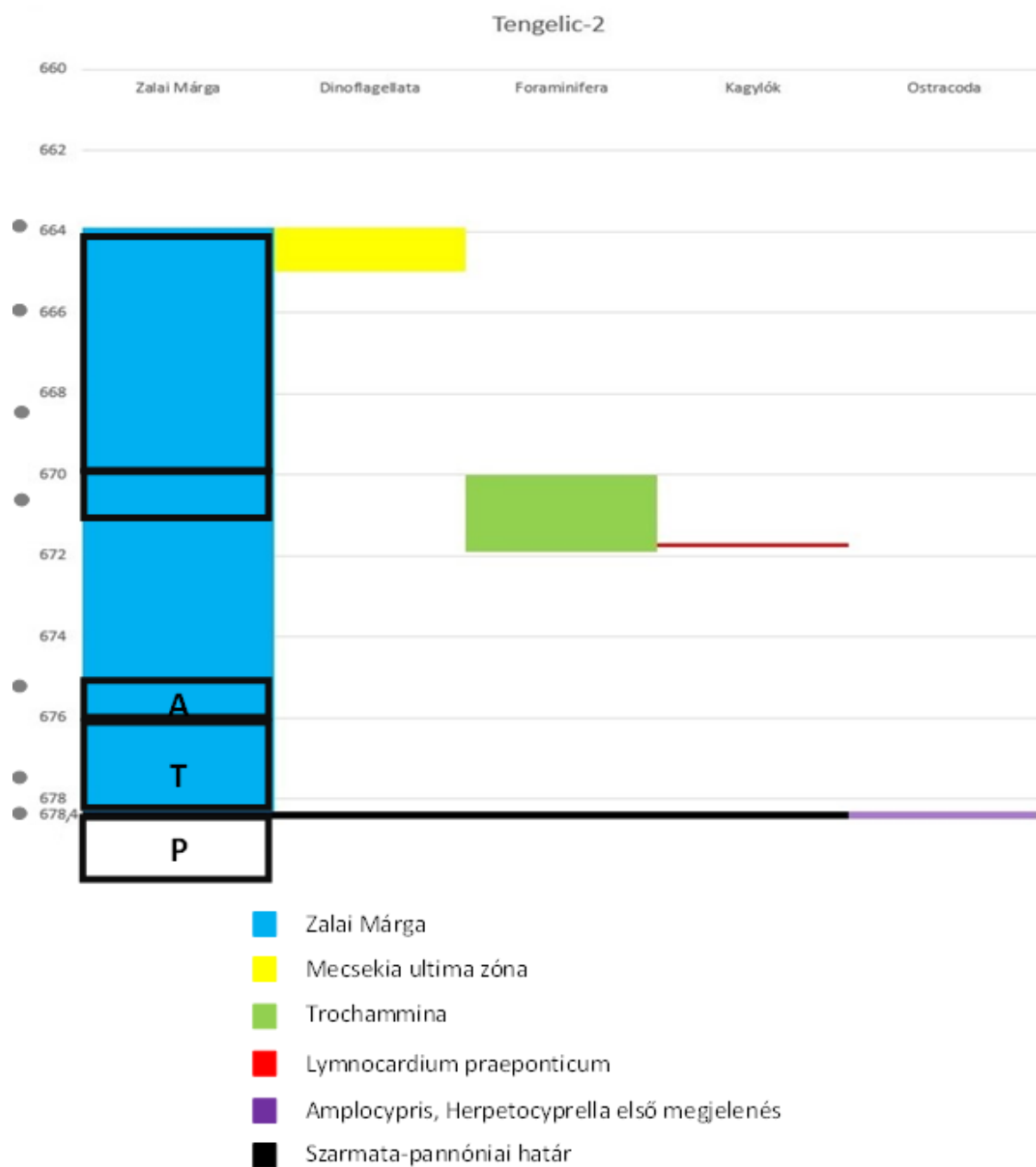
ZM 2



18/e ábra



18/f ábra



18/g ábra

18.ábra Az általam elkülönített asszociációk ábrázolása az általam vizsgált fúrások esetében

A: Amplocyprides-Herpetocyprilla asszociáció

T: Trochammina asszociáció

M: Milliammina asszociáció

6. Összefoglalás

Kutatásomban a Zalai Marga foraminifera és kagylósrák faunáját vizsgáltam, melynek rétegei a szarmata/pannóniai határon rakódtak le. Hét fúrás (Lajoskomárom Lk-1, Tengelic T-2, Paks PAET-35, Szombathely Szh-2, Nagykozár Nk-2, ZM-1 és ZM-2) mintái álltak a rendelkezésemre a vizsgálataimhoz. Az ősmaradványok meghatározása csiszolatokból, illetve kiiszapolt és kiválogatott izolált példányok segítségével történt. A szarmata/pannóniai határrétegekből négy teljesen eltérő vízi környezetet jelölő együttest különítettem el a foraminiferák és kagylósrákok alapján. A *Porosonionionos* asszociáció stabil normálsós vagy kissé csökkentsós tengeri környezetet jelez. A vizsgált rétegek üledése maximum 100 méteres vízmélységnél lehetett. Itt a Középső- és Keleti-Paratethys közötti kapcsolat stabilan fennállhatott a késő szarmatában. A fentiekben tárgyalt együttest a *Miliamminás* asszociáció követi időben előre haladva, mely már az idősebb pannóniaiban jellemezhetette a mikrofaunát. Az agglutinált vázú *Miliamminák* dominanciája már stresszkörnyezetet jelez, instabillá válhattak a környezeti paraméterek (pl. sótartalom) illetve csökkenhetett a tengervíz pH-ja, ami a tengeri befolyás csökkenésével hozható összefüggésbe. A Zalai Marga legfiatalabb rétegeiben megjelenő *Trochamminás* asszociáció pannóniai korú. Az együttes névadó fajának példányai monospecifikusan nagy egyedszámmal fordulnak elő. Itt már a Keleti-Paratethysszel való kapcsolat véglegesen megszűnhetett, ami egy stagnáló vízü elzárt medence környezetet hozott létre. Ezt követően a klíma csapadékosabbá válása miatt kialakul a stabil tavi környezet, ahol már csak kagylósrákok vannak, és a foraminiferák végleg eltűnnek. Az itt előforduló ostracoda együttest *Amplocyprides-Herpetocyprellás* asszociációnak neveztem el, a faunában nagy egyedszámmal dominánsan előforduló névadó taxonok alapján.

A kimutatott faunaváltozások az egész medencére kiterjednek, nagy valószínűséggel mélyebbvízi környezetben mentek végbe, és a Kárpátok kiemelkedése okozta tengeri kapcsolatok végleges megszakadásával hozható összefüggésbe.

A szarmata/pannóniai határon történt események pontosabb megértése érdekében a jövőben szeretnék még több olyan fúrást megvizsgálni, melyben a Zalai Marga megtalálható. Ezenkívül a medence különböző pontjain található tufaszintek segíthetnek a faunaváltások bekorolásában, ezzel meg lehetne állapítani, hogy a szarmata/pannóniai határ mindenhol ugyanakkor történt-e, azaz pillanatszerű volt a

környezeti paraméterek változása vagy pedig ez időben eltér egymástól a medence különböző pontjaitól.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni a témavezetést Dr. Tóth Emőkének és Botka Dánielnek, akik szakmai tudásukkal és támogatásukkal segítettek a tudományos diákköri munkám elkészítésében.

Köszönettel tartozom Dr. Szurominé Korecz Andreának és Dr. Magyar Imrének a segítségükért és észrevételeikért.

Köszönettel tartozom még édesapámnak az ábrák elkészítésében nyújtott segítségéért, a szövegszerkesztés menedzseléséért, illetve az éjszakázásért.

Köszönet illeti Szatai Lúciát, amiért segítőkészségével elősegítette a TDK munkám elkészülését.

Irodalomjegyzék

- BÁLDI, T. (1973): Mollusc fauna of the Hungarian Upper Oligocene (Egerian): Studies in stratigraphy, palaeoecology, palaeogeography and systematics (p. 511). Budapest: Akadémiai Kiadó
- BUDAI, T., CSILLAG, G., KERCSMÁR, ZS., SELMECI, I., SZTANÓ, O. (2015): Magyarország felszíni képződményeinek földtana: Magyarázó Magyarország földtani térképéhez (1:500 000)
- DANK, V. (1962): A Dél-Zalai medence mélyföldtani vázlata. Földtani Közöny 92: 150-159
- ERDEI, B., HABLY, L., KÁZMÉR, M., UTESCHER, T., & BRUCH, A. A. (2007): Neogene flora and vegetation development of the Pannonian domain in relation to palaeoclimate and palaeogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253(1-2), 115-140.
- FILIPESCU, S., WANEK, F., MICLEA, A., DELEEUEW, A., & VASILIEV, I. (2011): Micropaleontological response to the changing paleoenvironment across the Sarmatian-Pannonian boundary in the Transylvanian Basin (Miocene, Oarba de Mures section, Romania). *Geologica Carpathica*, 62(1), 91.
- GALOVIĆ, I. (2020): Sarmatian biostratigraphy of a marginal sea in northern Croatia based on calcareous nannofossils. – *Marine Micropaleontology* 161/October, 101928.
- GÖRÖG Á. (1992): Sarmatian foraminifera of the Zsámbék Basin, Hungary. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominata, Sectio Geologica* 29, 31–153.
- GÖRÖG, Á. (szerk) (2016b): A PAET-35 fúrás 770,7-919,15 méter közötti szakaszának őslénytani vizsgálata: molluszka, palinológia, foraminifera és egyéb mikrofosszília. Laboratóriumi jegyzőkönyv. MVM Paks II. Zrt., Adattár, Paks.
- HABURA, A., GOLDSTEIN, S. T., PARFREY, L. W., & BOWSER, S. S. 2006: Phylogeny and ultrastructure of *Miliammina fusca*: Evidence for secondary loss of calcification in a miliolid foraminifer. – *Journal of Eukaryotic Microbiology* 53/3, 204–210.
- HALMAI, J., JÁMBOR, Á., RAVASZNÉ BARANYAI, L., VETŐ, I. (1982): A Tengelic 2. Sz. Fúrás földtani eredményei. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 65: 1-113 (33-34)
- HUDÁČKOVÁ, N., SOTÁK, J., RUMAN, A., RYBÁR, S., & MILOVSKÝ, R. (2018): Marsh-type agglutinated foraminifera from Upper Miocene sediments of the Danube Basi. *Micropaleontology*, 64(5/6), 481-492.

- JÁMBOR, Á (1980): A Dunántúli-középhegység pannóniai képződményei. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 62:1-259 (63-66)
- JÁMBOR, Á., KÖRÖSNÉ HÓDI, M., SZÉLES, M., SÜTŐNÉ SZENTAI, M. (1987): A kunsági (pannóniai s.str) emelet magyarországi fáciessztratotípusának jellemzése. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 69: 37-94
- KAMINSKI, M. A., AMAO, A. O., GARRISON, T. F., FIORINI, F., MAGLIVERAS, S., TAWABINI, B. S., & WĄSKOWSKA, A. (2021). An Entzia-dominated marsh-type agglutinated foraminiferal assemblage from a salt marsh in Tubli Bay, Bahrain. *Geology, Geophysics and Environment*, 46(3), 189-204.
- KÖRÖSNÉ LAKY, I. (1982): A Tengelic 2. sz. fúrás miocén Foraminifera faunája. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 65: 151-188
- KÖRÖSNÉ LAKY, I., (1985): Foraminiferen im Pannon Ungarns. - In: Papp, A. et al. (eds.), M, Pannonien (Slavonien und Serbien) Chronostratigraphie und Neostatypen 7, pp. 265-269, Budapest.
- KÖRÖSNÉ LAKY, I. (1987): Foraminiferák Magyarország kunsági (pannóniai s.str) emeletbeli képződményeiben. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 69: 363-368
- KÖRÖSNÉ HÓDI, M. (1982): A Tengelic 2. sz. fúrás pannóniai Mollusca faunája. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 65: 291-306
- KÖRÖSNÉ HÓDI, M. (1987): Magyarországi hegységperemi kunsági (pannóniai s.str) emeletbeli Mollusca fauna. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 69: 375-382
- KÖRÖSNÉ HÓDI, M. (1992): A Szombathely II. sz. fúrás pannóniai (s.l.) Mollusca faunája. A Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése az 1990. évről: 505-526
- KÖVÁRY, J. (1987): A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt magyarországi alsó-pannóniai üledékek Thécamoeba (Testacea) faunája. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 69: 355-362
- LLOYD, J. M., & EVANS, J. R. (2002): Contemporary and fossil foraminifera from isolation basins in northwest Scotland. *Journal of Quaternary Science*, 17(5-6):431-443.
- MAGASI et al. (2022): Rejtélyes gömböcskék, avagy zöldalga tiszták és Mysidae statolithok a szarmata/pannóniai határ környékéről, In: Bosnakoff, M. (szerk.) 25. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés: Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető Tótvázsony, Magyarország: Magyarhoni Földtani Társulat: 22-23

- MAGYAR, I., GEARY, D. H., & MÜLLER, P. (1999): Paleogeographic evolution of the late miocene Lake Pannon in Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 147(3-4), 151-167.
- MAGYAR, I., SZTANÓ, O., SEBE, K., KATONA, L., CSOMA, V., GÖRÖG, Á., TÓTH, E., SZUROMINÉ KORECZ, A., ŠUJAN, M., RUSZKICZAY-RÜDIGER, Zs., KOROKNAI, B., WÓRUM, G., SANT, K., KELDER, N. & KRIJGSMAN, W. (2019): Towards a High-Resolution Chronostratigraphy and Geochronology for the Pannonian Stage: Significance of the Paks Cores (Central Pannonian Basin) A paksi fúrómagok szerepe a pannóniai emelet nagy felbontású időrétegtanának és geokronológiájának kifejlesztésében. *Földtani Közlöny*, 149(3-4), 351-369.
- MAGYAR, I., GEARY, D. H., & MÜLLER, P. (1999): Paleogeographic evolution of the late miocene Lake Pannon in Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 147(3-4), 151-167.
- MURRAY, J. W. (1991): Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera. – Longman Scientific & Technical, Essex, England, 397 p.
- MURRAY, J. W. (2006): Ecology and applications of benthic foraminifera. – Cambridge: Cambridge University Press, 318 p.
- PALCU, D. V., PATINA, I. S., ȘANDRIC, I., LAZAREV, S., VASILIEV, I., STOICA, M., & KRIJGSMAN, W. (2021): Late Miocene megalake regressions in Eurasia. – *Scientific Reports* 11/1, 1–12.
- PILLER, W. E., HARZHAUSER, M., & MANDIC, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy - Current status and future directions. – *Stratigraphy* 4/2–3, 151–168
- SÜTÖNÉ SZENTAI, M. (1982): A Tengelic 2. sz. fúrás pannóniai képződményeinek szerves vázú mikrop plankton és sporomorpha maradványai. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 65: 205-234
- SÜTÖNÉ SZENTAI, M. (1987): Szervesvázú mikrop plankton együttesek elterjedése a magyarországi kunsági (pannóniai s.srt) emeletbeli és fiatalabb képződményeiben. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 69: 307-324
- SÜTÖNÉ SZENTAI, M., & SZEGŐ, É. (2008): Szervesvázú mikrop plankton-vizsgálatok az erdélyi-medencei marosorbói (Oarba de Mures) szarmata és pannóniai emelet határsztratotípus rétegeiből. *Földtani Közlöny*, 138(3), 279-296.
- SÜTÖNÉ SZENTAI, M. (2012): Szervesvázú mikrop plankton zónák a szarmata és a pannóniai emeletek határán Magyarországról. *E-Akta Naturalia Pannonica* 4. 5-34.

- SÜTŐNÉ SZENTAI, M. (2022): A szervesvázú mikroplankton zónák adatbázisa Magyarországon. E-Akta Naturalia Pannonica 23
- SZALÁNCZY, Gy. (1948): Földtani adatok Somogyból. (Az igali mélyfúrások.) Földtani Közlöny 78: 80-94
- SZÉLES, M. (1982): A Tengelic 2. sz. fúrás pannóniai Ostracoda faunája. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 65: 235-290
- SZUROMINÉ KORECZ, A. (1981): A Zsámbéki-medence neogén képződményeinek biosztratigráfiai vizsgálata. szakdolgozat, ELTE Őslénytani Tanszék, Budapest, 76. p.
- SZUROMINÉ KORECZ, A. (1991): DK-Dunántúl pannóniai s. l. Ostracoda fauna vizsgálatának eredményei. PhD értekezés, ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Budapest, 245. p.
- SZUROMINÉ KORECZ, A., MAGYAR, I., SZTANÓ, O., CSOMA, V., BOTKA, D., SEBE, K., & MOHR, E. (2021): Various marginal marine environments in the Central Paratethys: Late Badenian and Sarmatian (middle Miocene) marine and non-marine microfossils from Pécs-Danitzpuszta, southern Hungary. Földtani Közlöny, 151(3, 4), 275-275.
- SZTANÓ, O., SZAFIÁN, P., MAGYAR, I., HORÁNYI, A., BADA, G., HUGHES, D. W., HOYER, D. L. & WALLIS, R. J. (2013): Aggradation and progradation controlled clinothems and deep-water sand delivery model in the Neogene Lake Pannon, Makó Trough, Pannonian Basin, SE Hungary. Global and Planetary Change, 103, 149-167.
- TÓTH, E. (2008): Sarmatian (Middle Miocene) ostracod fauna from the Zsámbék Basin, Hungary. –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* 6/6, 187–217.
- VÖLGYI, L. (1956): Miocén üledékek kifejlődése a lovászi mélyfúrásokban. Földtani Közlöny 95: 140-163

