

Szárazföldi környezeti rekonstrukció, ökoszisztéma dinamika és klímaváltozás az oligocén folyamán a Belső Kárpáti Térségben.

Taxonómiai és florisztikai kutatások eredményei:

Részben új gyűjtések anyagát vizsgáltuk (Eger-Kiseged), részben múzeumi gyűjteményekben elhelyezett, eddig feldolgozatlan anyagot határoztunk meg, ill. revideáltunk régi feldolgozásokat így összességében több ezer ősnövénykövületet tanulmányoztunk. A magyarországi anyagon kívül a Belső Kárpáti Térség „terrén kollázsához” tartozó szlovéniai (Sotzka, Rovte) flórák részbeni revízióját is elvégeztük, ill. a terrén kollázst körülvevő Alp-Kárpáti-Dinári térség azonos korú ősnövényeit is áttekintettük, részben revideáltuk (ausztriai (Häring, Bulgária, Szerbia korai oligocén flórája). A térség nyugati határán elhelyezkedő Észak-olaszországi lelőhelyeket (Chiavon, Santa Giustina) feldolgoztuk ill. revideáltuk.

Vizsgált flórák és gyűjtemények:

Häring (Tirol, Ausztria), Naturhistorisches Museum, Bécs

Sotzka (Szlovénia), Naturhistorisches Museum, Bécs, Landesmuseum Joanneum, Graz

Zagorje (Sagor, (Szlovénia), Naturhistorisches Museum, Bécs, Landesmuseum Joanneum, Graz

Rovte (Szlovénia), Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest

Budapest - Óbuda, Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest

Eger-Kiseged, Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, Mátra Múzeum, Gyöngyös,

Eger-Vécsey völgy, Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest,

Divljana, Pcinja –medence, Kelet-Szerbia, Beograd

Rhodope, (Bulgária), Szófia

Santa Giustina (Olaszország), DIP.TE.RIS, Genova

Chiavon (Olaszország), Museum di Storia Naturell, Firenze és Museum of Natural History, London

Cerdanya (Spanyolország), Geológiai Múzeum, Barcelona

A taxonómiai feldolgozás eredményeként ezidáig legteljesebb flóralistát a magyarországi lelőhelyek korai oligocénjéről flórájáról az OTKA project során kaptuk:

Osmunda lignitum

Pronophrium stiriaca

Acrostichum aureum = *Acrostichum lanzaeanum*

Asplenium egedense

Anthrophytes egedensis

Pteris budensis

Blechnum dentatum

Polypodiales gen. et sp.

Ceratozamia floersheimensis

Doliosstrobos taxiformis

Chamaecyparites hardtii

Tetraclinis salicornioides

Tetraclinis brachyodon

Calocedrus suleticensis

Pinus palaeostrobos

Pinus sp. div.

"Sequoia langsdorfii"

Laurophyllum medimontanum

Laurophyllum acutumontanum

Laurophyllum kvačeki

Laurophyllum hradekense

Laurophyllum markvarticense

Daphnogene cinnamomifolia

Sassafras tenuilobatum

Platanus neptuni

Platanus schimperii

Matudaea menzeli

Eotrigonobalanus furcinervis

Eotrigonobalanus andreanszkyi

Quercus lonchitis

Comptonia schrankii

Comptonia cf. difformis

Comptonia sp.

Engelhardia orsbergensis

Engelhardia macroptera
Hooleya hermis
Alnus sp.
Cedrelospermum aquense
Cedrelospermum flichei
Craigia bronni
Byttneria apiculata
Ailanthus tardiensis
Sloanea elliptica
Sloanea eocenica
Rosa lignitum
Dalbergia bella
Mimosites haeringianus
Leguminocarpum sp. div.
Phaseolites glycinoides
Cercis hungarica

cf. Gordonia=Saportaspermum
Acer sp.
Zizyphus zizyphoides
Tetrapteris harpyiarum
Hydrangea microcalyx
Raskya vetusta
Tarrietia hungarica=Machaerites hungaricus
Maoutia (cf. Populus sensu Saporta Grewia
Petrescu et al.)
Kydia sp.
Apocynospermum/Cypselites
Dicotylophyllum deichmuelleri
Sabal major
Smilax weberi
Dioscoreites giganteus
Dioscoreaeacarpum marginatum

Több új európai előfordulását mutattuk ki a *Sloanea* nemzetségnek, aminek azért kiemelt a jelentősége, mert mind klimatológiai, mind paleogeográfiai szempontból fontos következtetés vonható le belőle. A nemzetség két új előfordulását találtuk meg az olaszországi korai oligocénben, Chiavon és Santa Giustina lelőhelyeken. Chiavon lelőhelyéről egy új *Sloanea* fajt, a *Sloanea peolai* (Principi) Hably, Tamás & Cioppi-t írtuk le levélmaradványok alapján, amely makromorfológiai bélyegeiben szignifikánsan különbözik az eddig leírt *Sloanea* fajoktól, amit a morfometriai mérések is megerősítenek. A Chiavonból előkerült példányok jól mutatják a *Sloanea* nemzetség jellemző bélyegeit, továbbá annak ellenére, hogy mind ép-, mind fogazott szélű példányok, ill. kisebb és nagyobb levelek is előfordulnak, egyetlen faj jelenlétében lehetünk bizonyosak.

Ugyanakkor Santa Giustina flórájában egy másik *Sloanea* faj, a *S. elliptica* (Andreánszky) Z. Kvaček & Hably uralkodó mennyiségben volt kimutatható, amelyet korábban számos néven publikáltak erről a lelőhelyről. A *S. elliptica* eddig csak a Belső Kárpáti Térségből, Magyarország (Budapest, Eger-Kiseged) és Szlovénia (Rovte) oligocénjéből volt ismert. A magyarországi korai oligocén flóra és Santa Giustina flórája 36-40%-ban tartalmaz azonos fajokat. Közös taxonok a *Sloanea elliptica*-n kívül pl. *Pinus sp.*, *Daphnogene sp.*, *Comptonia acutiloba* Brongniart, *Comptonia schrankii* (Sternberg) Berry, *Zizyphus zizyphoides* (Unger) Weyland, *Eotrigonobalanus furcinervis* (Rossmäslér) Walther & Kvaček, *Dalbergia bella* Heer, *Smilax sp.*, *Sabal major* (Unger) Heer.

Európában Santa Giustina ezidáig az egyetlen olyan lelőhely, ahol két *Sloanea* faj ténylegesen együtt fordulhatott elő a flórában, mivel a budapesti lelőhelyen található *Sloanea elliptica* és *S. eocenica* nagy valószínűséggel azonos természetes fajhoz tartozó levél- és termésmaradvány. Santa Giustináról előkerült *S. elliptica* levélmaradványai mind makromorfológiai bélyegeikben, mind kutikulájuk szerkezetében teljes mértékben megegyeznek a szlovéniai ill. magyarországi (Budapest és Eger-Kiseged) példányokkal. Häring (Ausztria) és Sotzka (Szlovénia) flórájának revíziója során szintén kimutattuk a *Sloanea elliptica* előfordulását. Mivel ezeknek a lelőhelyeknek kora azonos, joggal feltételezhetjük, hogy a *Sloanea elliptica*-nak kiterjedt áréája volt az oligocén folyamán Európa középső - déli területein, ahol klímaoptimumán élt. A trópusi nemzetség újabb lelőhelyének kimutatása nemcsak palaeoklimatológiai, hanem palaeogeográfiai szempontból is igen jelentős.

Jelentős új taxonómiai eredmény a *Ceratozamia floersheimensis* (Zamiaceae, cycas-féle, amely a paleogénben reliktum, de mindenképpen ősi flóraelem) Eger-kisegedi jelenlétének kimutatása, valamint az *Artocarpidium olmediaefolium* Unger (1851), *Quercus goepperti* Ettingshausen (1853), *Ficus hydrarchos* Unger (1851), *Acherniaephyllum kräuseli* Rásky (1960) taxonómiai revíziója. A gyűjtemények revíziója során kiemelkedő új eredmény, hogy

az Ibériai félszigetről elsőként mutattam ki a *Ginkgo* nemzetség jelenlétét, sőt kutikulavizsgálattal erősítettem meg.

A Tardi Agyag korai oligocén flórájának több, mint hatvan százaléka nem lépi át a Kiscellien/Egerien határt, tehát nagy részük a Centrális Paratethys felső oligocénjében már nem jelenik meg, ilyen a *Doliosstrobilus taxiformis* var. *hungaricus*, *Chamaecyparites hardtii*, *Quercus lonchitis*, *Zizyphus zizyphoides*, *Sloanea elliptica*, *S. eocenica*, *Hooleya hermis*, *Ailanthus tardensis*, *Raskya vetusta*, *Tetrapteris harpyiarum*, *Matudaea menzeli*, *Hydrangaea microcalyx*, *Dioscoreites giganteus*, *Dioscorea carpum marginatum*, etc. Florisztikai szempontból kielemezhető egyes fajok ill. nemzetségek areájának bővülését eredményező kutatásaink.

Morfometria vizsgálatok eredményei:

Morfometriai vizsgálataink fő célja két azonos korú lelőhelyről (Budapest és Eger-Kiseged) származó levélfossziliák összehasonlítása volt, a lehetséges méretbeli eltérések statisztikai értékelésének igényével. Előzetes megfigyelések szerint az azonos fajhoz tartozó Eger-kisegedi levelek kisebbek és keskenyebbek a budapestiekénél. Vizsgálatunkhoz a következő fajokat választottuk:

- *Sloanea elliptica* (Andreánszky) Z. Kvaček & Hably ; Elaeocarpaceae,
- *Engelhardia orsbergensis* (Wessel & Weber) Jähnichen, Mai & Walther; Juglandaceae; itt a párosan szárnyasan összetett levél egyes levélkéi fosszilizálódtak,
- *Zizyphus zizyphoides* (Unger) Weyland; Rhamnaceae,
- *Eotrigonobalanus furcinervis* (Rossmässler) Walther & Kvaček; Fagaceae.

Terveztük továbbá a *Platanus neptuni* (Ettingshausen) Buzek, Holy & Kvaček (Platanaceae) vizsgálatát is, de ebből Budapest lelőhelyéről nem volt mérésre alkalmas anyag.

Szintén morfometriai módszerrel vizsgáltuk meg az olaszországi Chiavon lelőhelyről előkerült *Sloanea* leveleket. Itt az volt a kérdés, vajon az olaszországi levelek azonos fajhoz tartoznak-e a magyarországi leletekkel.

A morfometriai vizsgálatok megkezdése előtt alkalmas mérési eljárást kellett keresni, ami a speciális céloknak megfelelt. Napjainkra a morfometriai vizsgálatokat végző kutatók számos automatizált összehasonlító módszer közül választhatnak (Rohlf & Marcus 1993, Rohlf 1999, 2000, Iwata & Ukai 2002). Ezek a módszerek a digitálisan feldolgozott kép kontúrvonalát képezik le különféle matematikai eljárásokkal. A récents levélalak kutatásakor ezeket a módszereket széles körben alkalmazzák, töredékes minták esetén azonban a kontúrvonalak leképezésén alapuló vizsgálatok csak korlátozottan használhatók. Olyan eljárást kellett választanunk, amellyel a hiányos levélfossziliák korrekt összehasonlítása is elvégezhető.

A levélfossziliák alakját és méretét Hill (1980) rácshálójának segítségével hasonlítottuk össze. Ez a háló 36 sugárból áll, amelyek rendre 0°, 5°, 10°, 15°, 25°, 35°, 45°, 60°, 75°, 90°, 105°, 120°, 135°, 145°, 155°, 165°, 170°, 175°, 180°, 185°, 190°, 195°, 205°, 215°, 225°, 240°, 255°, 270°, 285°, 300°, 315°, 325°, 335°, 345°, 350°, 355° szögek alatt állnak. Ezt a rácst úgy kell a levélre fektetni, hogy a 0-180°-os egyenes a főerre essen, a 0°-os sugár a levél csúcsa felé mutasson, és a 90-270°-os egyenes a levél legszélesebb pontjára kerüljön. Minden sugár mentén feljegyezzük a levélszél és az origó közötti távolságot, így levelenként 36 értékhez juthatunk, ha a levél nem hiányos. A rácsháló sugarainak szögét úgy határozták meg, hogy a lehető legtöbb féle levélalak esetében a mérőpontok a levél területén nagyjából egyenlő közönként helyezkedjenek el. A módszer előnye, hogy mivel a mérések kezdőpontja a levél legszélesebb pontjához igazodik, ezért a töredékes levelek mérése is lehetséges, mert a fosszilis levelek többnyire az alapi, illetve csúcsi régiójukban hiányosak. A mérést digitális

tolómérővel végeztük (TIME 110-15 DAB), és a lehető legtöbb fosszilis levél mérésére törekedtünk.

Hill rácshálójával felvett adatok szolgálták a további számítások alapjául.

1) A két lelőhelyről származó levelek méretbeli eltéréseinek vizsgálatakor az egy levélhez tartozó, a főértől azonos szögben álló jobb- és baloldali sugár menti hosszértékeket átlagoltuk. Ez a töredékes leveleknél az adathiány csökkenését eredményezte. A sugármenti hosszértékekből és a sugarak által közrezárt szögekből kiszámítható a háromszögek területe: a féllelél összterületét 18 háromszög területével közelítettük. A két lelőhely összehasonlítását az analóg háromszögek területének összehasonlításával végeztük.

2) A levelek aszimmetrikusságát is vizsgáltuk: kiszámítottuk a százalékos eltérést az azonos szögben álló jobb- és baloldali sugarakra. Hipotézisünk az volt, hogy a rosszabb termőhelyi adottságok fokozzák az aszimmetriát.

A mérési eljárás kidolgozását a *Sloanea elliptica* fajon végeztük, amelynél további két jellemzőt mértünk: 3) a másodrendű erek kilépésének távolságát és 4) a másodrendű erek kilépési szögét. Ezeket a méréseket a többi fajnál nem lehetett elvégezni.

Statisztikai értékelésként a kapott értékeket *t*-próbaival vetettük össze; azokban az esetekben, ahol a két adathalmaz szórása eltérő volt, Welch korrekciót végeztünk, ahol a normalitás feltétele nem teljesült, ott Mann-Whitney tesztet használtunk (InStat 1998).

Eredmények

Mérési eredményeinkről és a megmért levelek számáról az 1. táblázat tájékoztat.

Egy-egy fajból lelőhelyenként többnyire 16-28 példányt mértünk, kivétel volt az *Eotrigonobalanus furcinervis*, amiből mindössze 9 budapesti levél állt rendelkezésre. A biztonságos értékeléshez túlságosan kevés 9 levél; további probléma, hogy ezek közül egynek sem volt ép a csúcsa, ezért az 1. sugár menti értékeket ennél a fajnál az egri példányoknál is el kellett hagyni a számítások során.

A levél hossza tekintetében két fajnál (*Sloanea elliptica*, *Zizyphus zizyphoides*) találunk nagyobb értéket Budapesten, a másik kettőnél a lelőhelyek között jelentéktelen különbség van az egriek javára. A levél szélessége minden esetben Budapesten nagyobb. A levél alakját jellemző hosszúság/szélesség hányados három fajnál utal megnyúltabb levélre Eger-Kiseged lelőhelyen.

A mérősugarak mentén felvett hosszértékek közötti eltéréseket az 1. ábra szemlélteti. A 19 sugár átlagértékét jelző pont minden esetben a budapesti levelek nagyobb méretére utal. Az eltérés mértéke a *Sloanea* (34,4%), *Zizyphus* (27,4%), *Engelhardia* (18,1%), *Eotrigonobalanus* (2,4%) sorrendben csökken, utóbbinál már egészen jelentéktelenné válik. A görbék lefutása jellegzetes különbségeket mutat. A *Sloanea* esetében "maximumgörbe" jellegű, ami azt jelzi, hogy a két lelőhely között a legnagyobb eltérés a levél középső régiójában van, tehát a budapesti levelek elsősorban szélességükben különböznek az egriektől. A *Zizyphus* és az *Engelhardia* esetében a mérőpontokat összekötő vonal hosszú szakaszon lényegileg egyenes lefutású. Az *Eotrigonobalanus* görbéje a 3-4., illetve a 6-7. mérőpont között élesen megtörik - ez nyilvánvalóan az adathiány jele.

A mérősugarak mentén felvett hosszértékekből 18 analóg háromszög területét számítottuk ki, amelyeket a két lelőhely összehasonlításában *t*-próbaival értékeltünk. A 18 összehasonlításból a *Sloanea*-nál 15, a *Zizyphus*-nál 17, az *Engelhardia*-nál 14 esetben találtunk különböző szintű szignifikáns különbségeket, míg az *Eotrigonobalanus*-nál az eltérések nem voltak szignifikánsak. Az első három fajnál a levél csúcsi, illetve alapi régiójában nem volt szignifikáns különbség az analóg háromszögek területe között. A levelek töredékessége ezeket a részeket érintette, így ennek részben adathiány is lehet az oka.

A teljes levélfelületre számolt Budapest/Eger hányados minden vizsgált fajnál 1-nél nagyobb; a fajok csökkenő sorrendben: *Sloanea* (2,3), *Zizyphus* (1,9), *Engelhardia* (1,4), *Eotrigonobalanus* (1,1).

A levelek aszimmetrikussága tekintetében vizsgálataink arra mutatnak, hogy ez a sajátosság inkább fajra jellemző bélyeg, a termőhelyi viszonyokra kevésbé utal. Egyetlen fajnál (*Sloanea elliptica*) találtunk szignifikánsan aszimmetrikusabb leveleket Eger-Kiseged lelőhelyen.

A fentebb ismertetett jellemzőkön kívül a *Sloanea elliptica* fajnál további két tulajdonságot vizsgáltunk. A másodrendű erek kilépési távolsága tekintetében szignifikáns különbség mutatható ki: az egri leveleken a levélalap felőli erek közötti távolság kisebb, vagyis ezek a levelek sűrűbben erezettek. A másodrendű erek kilépési szöge vonatkozásában a két lelőhely statisztikailag nem különbözött.

A morfometriai módszereket taxonómiai céllal alkalmaztuk a olaszországi *Sloanea* leletek vizsgálatakor. Ezeket a fossziliákat korábban számos néven leírták, a *Sloanea* nemzetséghez való tartozásukat a korábbi szerzők nem ismerték fel. Munkánk eredményeképpen új kombinációként *Sloanea peolai* néven kerültek leírásra.

A Hill-féle rácsháló sugarai mentén felvett hosszértékek elemzése segítségével hasonlítottuk össze a magyar (Budapest, Eger-Kiseged) lelőhelyek *Sloanea elliptica* leveleit az olaszországi Chiavon fossziliáival. A variancia-analízis szerint az olasz levelek kisebbek mindkét magyar lelőhely fossziliáinál. A különbség az alapi és csúcsi részeknél szignifikáns mind az egri, mind a budapesti értékekkel összevetve, a levél középső régiójában (5-14. sugár mentén) az egri és a chiavoni értékek statisztikailag nem különböznek. A levélterületek között jelentős különbséget találtunk, az olasz levelek a legkisebbek (2. táblázat).

Az olaszországi levelek aszimmetrikusabbak: 11,01% az eltérés a levél két oldala között, míg a *S. elliptica*-nál átlagosan csak 7,56%.

Többváltozós elemzések szerint az olasz levelek alakjukban inkább a budapesti *Sloanea elliptica* levelekhez hasonlítanak, bár azoktól jól megkülönböztethetők kisebb méretük alapján.

Összességében tehát az olasz *Sloanea* levelek kisebb levélfelületűek, kerekdedebbek és aszimmetrikusabbak a magyarországiaknál. A méretkülönbségek okaként nem feltételezhetünk termőhelyi különbségeket, mivel ha egy faj valamely populációja xeromorf jellegeket mutat, akkor a kisebb levélfelület keskenyebb levélalakkal párosul - esetünkben viszont a kis levelű olasz levelek kerekdedek. Az eltérések jelentősek, az olasz lelőhely *Sloanea* leveleit indokolt külön fajként kezelni.

Összegezve a morfometriai eredményeket, elmondható, hogy ezek a módszerek mind taxonómiai, mind termőhelyi különbségek elemzésére jól alkalmazhatók.

Budapest és Eger-Kiseged lelőhely között statisztikailag jelentős különbség mutatható ki a levelek mérete és megnyúltsága tekintetében. A levél aszimmetrikusságra való hajlama az adott fajra jellemző, termőhelyi különbségekre kevésbé érzékeny bélyeg. A *Sloanea elliptica* esetében megvizsgáltuk a másodrendű ereket - ezek tulajdonságai a termőhelyre vonatkozóan nem bizonyultak igazán informatívnak, illetve más fajok fossziliáin ezek a mérések többnyire nem végezhetőek el.

A két magyarországi lelőhely összehasonlításában mind a négy megvizsgált faj azonos jellegzetességet mutatott: az egri levelek kisebb levélfelületűek és keskenyebbek a budapestieknél. Az egybehangzó eredmények erős hatásra utalnak, hiszen a vizsgált fajok egymástól rendszertanilag távol állnak, ráadásul egyikük (*Engelhardia orsbergensis*) esetében összetett levél egyes levélkéit mértük, amelyeknek levélen belüli helyzetéről nem volt információnk, s ez a szórást feltehetőleg megnövelte. Az *Eotrigonobalanus furcinervis* mutatta a legkisebb eltérést a két lelőhely között, de ennél a fajnál volt a legkisebb a minta

elemszáma is. Récens fajok ökológiai vizsgálatát tárgyaló publikációkkal összevetve, az eredményeink arra utalnak, hogy az egri lelőhely egykori vegetációja xeromorf jellegeket mutatott. Ilyen különbségek szárazabb, melegebb klímára, illetve nagyobb besugárzásra utalhatnak.

Irodalom:

Hill, R. S. 1980: A numerical taxonomic approach to the study of angiosperm leaves. *Botanical Gazette* 141(2): 213-229.

InStat 1998: GraphPad InStat, version 3.06 for Win95. GraphPad Software, San Diego, www.graphpad.com

Iwata, H. & Ukai, Y. 2002: SHAPE: a computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *The Journal of Heredity* 93(5): 384-385.

Rohlf, F. J. & Marcus, L. F. 1993: A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution* 8(4): 129-132.

Rohlf, F. J. 1999: Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *Journal of Classification* 16: 197-223.

1. táblázat. Budapest és Eger-Kiseged lelőhely négy fajának morfometriai összehasonlítása. Az *Eotrigonobalanus furcinervis* esetén az 1. sugár menti értékek nem voltak mérhetőek, ami a *-gal jelölt tulajdonságokat befolyásolja.

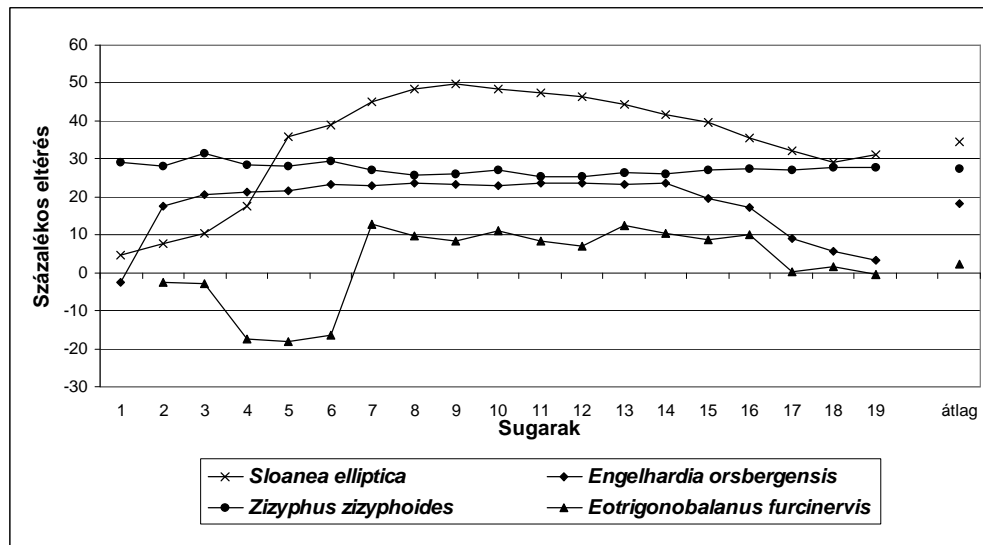
	<i>Sloanea elliptica</i>		<i>Engelhardia orsbergensis</i>		<i>Zizyphus zizyphoides</i>		<i>Eotrigonobalanus furcinervis</i>	
	Bp.	Eger	Bp.	Eger	Bp.	Eger	Bp.	Eger
Mért levelek száma	16	19	21	21	28	23	9	18
Hosszúság (mm)	121,5	98,7	45,7	45,9	65,9	47,0	127,8*	129,3*
Szélesség (mm)	30,8	15,9	5,2	4,0	10,8	7,9	10,4	9,2
Hosszúság/szélesség	3,9	6,2	8,7	11,4	6,1	5,9	12,3*	14,1*
felület (mm ²)	4974,1	2156,1	348,2	242,7	504,2	265,0	823,8*	740,6*
Bp./Eger felület hányados	2,3		1,4		1,9		1,1	
aszimmetrikusság (%)	5,3	9,2	17,9	17,0	12,5	14,2	9,8	8,8

2. táblázat. Az olaszországi *Sloanea peolai* és két magyar lelőhely *Sloanea elliptica* levéllenyomatainak méretadatai.

	<i>Sloanea peolai</i> Chiavon, Olaszó.	<i>Sloanea elliptica</i> Budapest	<i>Sloanea elliptica</i> Eger-Kiseged
levél hossz, átlag (min.-max.), mm	61,11 (30,20 – 87,50)	121,50 (97,19 – 154,36)	98,70 (62,90 – 143,99)
levél szélesség, átlag (min.-max.), mm	28,64 (16,40 – 44,0)	61,57 (36,38 – 89,68)	31,83 (20,05 – 71,76)
átlagos levélterület,	1217,02	4974,07	2156,14

mm ²			
-----------------	--	--	--

1. ábra. Levélméret különbség a két lelőhely között. Az adott sugárhoz tartozó pozitív érték esetén a budapesti, negatív érték esetén az Eger-kisegedi levél sugármenti hossza a nagyobb.



Paleoökológiai- és paleoklimatológiai kutatások eredményei:

A helyes paleoklimatológiai következtetéseknek alapvető feltétele a megalapozott taxonómia. A kimutatott fajok csaknem teljes egészében paleotrópusi elemek. Vannak kimondottan trópusi családokba (pl. Elaeocarpaceae, Malpighiaceae) tartozó fajok, amelyeknek nemcsak újabb lelőhelyeit mutattuk ki, hanem a korábban ismert lelőhelyeken kimutattuk, hogy uralkodók voltak (pl. *Sloanea elliptica*). Azon nemzetségek, amelyeknek túlnyomóan arktotercier fajait ismerjük a kainozoikumban, itt palaeotrópusi fajokkal jelentkeznek (pl. *Platanus* nemzetség *P. neptuni* fajjal). A taxonok klímaigénye alapján meleg, szubtrópusi klíma valószínűsíthető. Ugyanakkor egyes subxerophyl taxonok jelenléte, mint például az uralkodó mennyiségben jelenlévő *Zizyphus zizyphoides*-é arra utal, hogy a csapadék eloszlása nem volt egyenletes, s legalább periódikusan alacsony lehetett. Erre utal a szárnyas termések dominanciája, amely felveti a „halb immergrün” jelleget, ami szintén az egyenlőtlen csapadékeloszlásból, az időszakos szárazságból adódik.

Alapvetően új eredmény, hogy az egyes tektonikai egységek között, a florisztikai azonosság ill. nagyfokú hasonlóság mellett is klimatológiai különbségeket tudtunk kimutatni.

A morfometriai vizsgálatok valóban igazolták, hogy budapesti és az Eger-kisegedi lelőhely példányai statisztikai mennyiségben is szignifikánsan elkülönülnek egymástól, vagyis az eltérés oka nem tafonómiai eredetű, hanem a két terület klímája között – az egyidejűség ellenére – jelentős eltérés volt. Ez az eredmény összhangban áll a tektonikai következtetésekkel, miszerint a Budai-hegység és a Bükk más-más tektonikai egységhez tartoztak, és a Post-Oligocénben a Bükk-egység jelentős észak-keleti feltolódás (kilökődés) után került jelenlegi helyére. A tektonikai egységek ismeretében joggal feltételezhetjük, hogy a szárazföldi flóra, habár egységes volt, hiszen azonos fajokat tartalmaz, eltérő klimatikus viszonyok között élt a budai- és a bükki tektonikai egységben. Az eredendően nem xerofil növények is xerofil jelleget mutatnak a Bükk-egységen, vagyis az Eger-kisegedi lelőhelyen. A vizsgálatok tanúsága szerint az itt található példányok szárazabb klimatikus viszonyok között éltek, mint a Budai-egységen előfordulók.

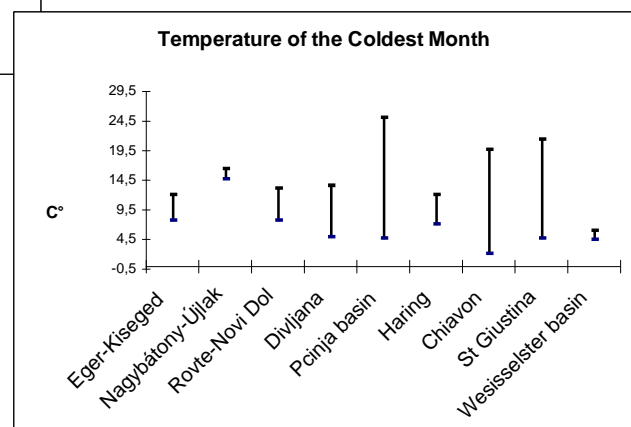
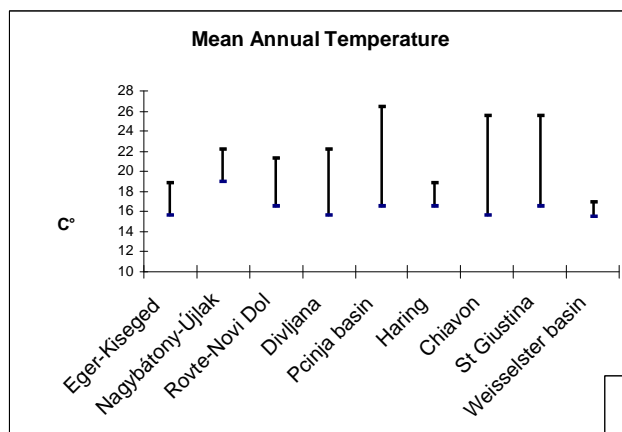
A paleoklimatológiai vizsgálatok alkalmasak paleogeográfiai következtetések megerősítésére is. A bükki, budai tektonai egységek és Szlovénia kora oligocénjének feltűnő florisztikai hasonlósága alátámasztja az egységes paleogén medence létét. Hasonló összetételű flóra az Alp-Kárpát-Dinári térségen kívüli területeken (egykori stabil Európa) nem ismeretes.

Tehát kora oligocén flóráink feltehetően a mainál délebbi szélességen élhettek, amit a kvantitatív klímaelemzés eredményei méginkább megerősítenek.

A klímaelemzést a Coexistence Approach (CA, Mosbrugger & Utescher 1997) módszerével végeztük el több, az Alp-Kárpát-Dinári térségbe eső flóra esetében, majd a kapott eredményt összehasonlítottuk a stabil Európából származó adatokkal. A „CA” módszer a fosszilis flóralisták alapján feltételezett legközelebbi rokon modern taxonok (nearest living relative) klímaigényét összesíti, és ez alapján adja meg több klíma változóra azt az intervallumot (coexistence interval), amely minden érintett taxon számára megfelelő. Két alapvető klímaváltozót vizsgáltunk, az évi átlaghőmérsékletet (MAT) és a leghidegebb hónap középhőmérsékletét (CMT). Az elemzés feltételeinek (minimális taxonszám, rendszertani kategóriák megfelelő szintje, ismert recens taxon, stb.) megfelelő következő flórákat vontuk be a vizsgálatba: Rovte-Noví Dol (Szlovénia), Divljana (Szerbia), Pcinja Basin (Szerbia), Häring (Ausztria), Chiavon (Olaszország), Santa Giustina (Olaszország) és két hazai flórát - Eger-Kiseged, Budapest Nagybátony-Újlak.

Az összes flórát figyelembevéve a következő értékintervallumokat kaptuk: MAT 15,6-26,4°C; CMT 5-25,2°C. Összehasonlításképpen a Weisselster Basin (Németország) hasonló korú flóráira kapott intervallum: MAT 15,5-17°C; CMT 4,5-6°C.

Bár jelentős különbségek adódtak az egyes eredmények között (ezt jelentősen befolyásolhatja pl. a taxonszám) a hasonló korú Weisselster Basin (stabil Európa) MAT és CMT intervallumai valamivel alacsonyabb értékeket mutatnak, elsősorban a hőmérsékleti intervallumok felső értékei különböznek jelentősen az összes vizsgált Alp-Kárpát-Dinári térség flóráinak megfelelő értékeitől.



Paleogeográfiai eredmények összefoglalása

A paleogén Tardi Agyag Formáció jó megtartású, gazdag flórát tartalmaz, mind termés-, mind kutikulás levélmaradványokat. A formációhoz tartozó rétegek megtalálhatóak Magyarországon a Bükki Tektonikai Egységben és a Budai Tektonikai egységben egyaránt, és mindkét helyen gazdagok növénymaradványokban. Koruk jól datált, a Kiscellien emeletbe, az NP23-as nannoplankton zónába tartoznak. Mindkét tektonikai egység a korai oligocén folyamán egy egységes paleogén medence része volt, amelybe a szlovéniai paleogén is beletartozott. A tektonikai vizsgálatok, paleomágneses mérések és egyéb földtani eredmények mellett a rendkívül hasonló flóra is megerősíti ezeknek a területeknek közeli kapcsolatát az alsó oligocénben. Vannak olyan fajok, pl. *Tetrapterys harpyiarum*, *Ailanthus tardensis*, amelyek kizárólag innen ismertek. A Bükki és Budai tektonikai egység flórája csaknem teljes megegyezést mutat, és a szlovéniai oligocén flórával is igen magas a közös fajok száma.

Több páfrány (*Acrostichum*, *Blechnum*, *Osmunda*, *Pteris*) és nyitvatermő (*Tetraclinis salicornioides*, *T. brachiodon*, *Calocedrus suleticensis*, *Doliosobus taxiformis* var. *hungaricus*, *Chamaecyparites hardtii*, Taxodiaceae) mellett a zárvatermők uralkodóak: *Laurophyllum* div. sp., *Daphnogene* sp., *Eotriginobalanus furcinervis*, *E. andreanszkyi*, *Quercus lonchitis*, *Zizyphus zizyphoides*, *Engelhardia orsbergensis*, *E. macroptera*, *Sloanea elliptica*, *S. eocenica*, *Hooleya hermis*, *Ailanthus tardensis*, *Raskya vetusta*, *Tetrapteris harpyiarum*, *Cedrelospermum flichei*, *C. aquense*, *Platanus neptuni*, *Matudaea menzeli*, *Hydrangaea microcalyx*, *Dioscoreites giganteus*, *Dioscoreaecarpum marginatum* etc.

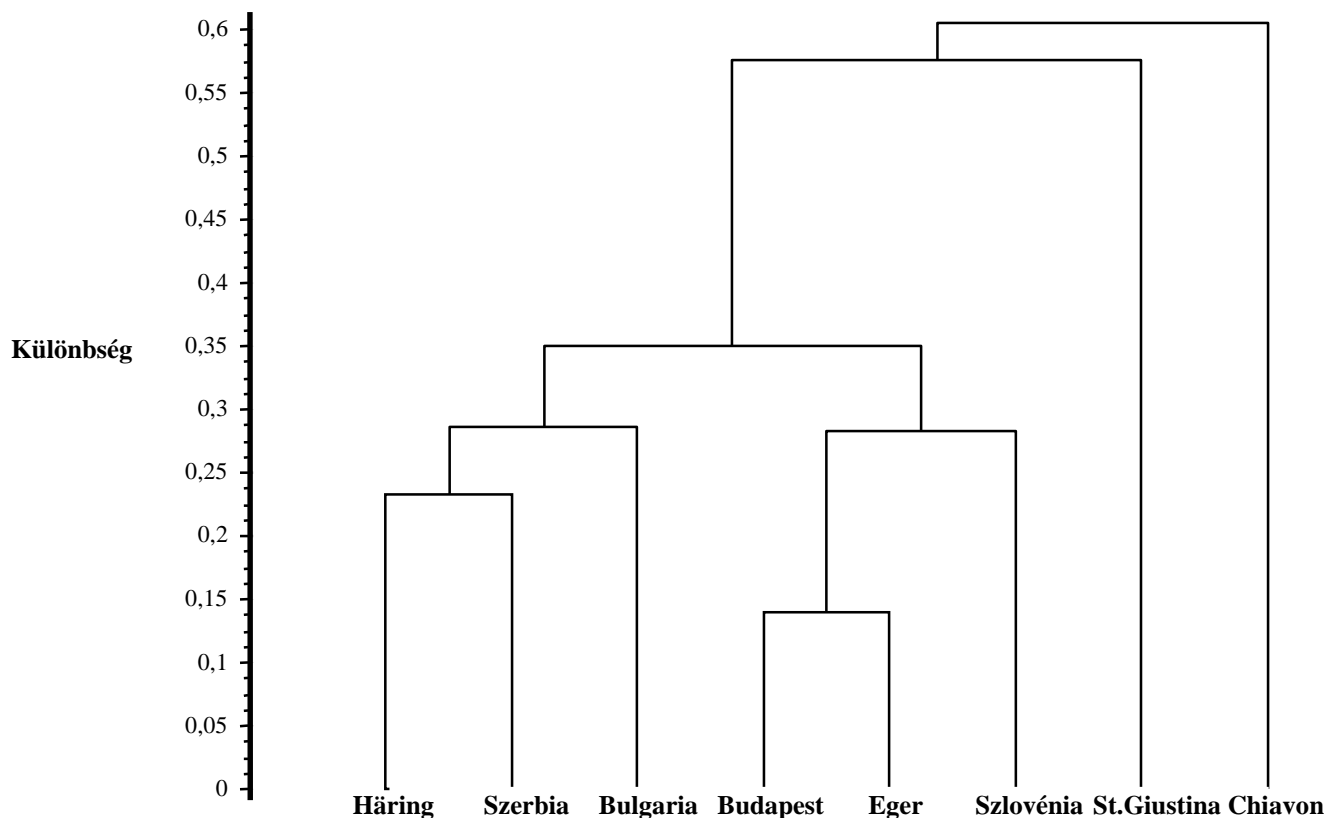
A flóra kizárólag paleotrópusi elemeket tartalmaz, itt nem jelennek meg ekkor az Európa északabbi területein tömegesen előforduló, mérsékelt klímaigényű elemek. Több esetben kimondottan trópusiak, mint pl. a *Sloanea* (Elaeocarpaceae), *Tetrapterys* (Malpighiaceae). Ez összhangban van azzal az ösföldrajzi helyzettel, amely szerint ezek a területek az alsó oligocénben az Alcaipa térségben helyezkedtek el, és nemcsak a mainál voltak lényegesen délebbi szélességen, hanem az akkori stabil Európához viszonyítva is. Helyzetüknél fogva abba a déli, melegigényes paleogén övbe tartoztak, amelyet gyakran „paleogén sclerophyll övként” említenek.

Ez a rendkívül karakteres, speciális flóra ugyanakkor megjelenik az Alp-Kárpát-Dinári térség azonos, vagy közel azonos korú rétegeiben, mint pl. a szlovéniai Sotzka rétegek, az ausztriai Häring lelőhelye, Erdély (Méra Rétegek, Nagyilondai-Búzási Rétegek), Szerbia, Bulgária azonos korú rétegei. Ugyanakkor ezen a területen kívül nem ismeretes ilyen, vagy ehhez közel azonos összetételű flóra. Ezért ezeket a flórákat Tardi típusú flóráknak nevezzük. Vizsgálataink során számos taxonómiai revíziót végeztünk a fent említett flórákkal kapcsolatosan, amely további közös taxonok kimutatását eredményezte. Arra a kérdésre is választ kerestünk, hogy a fenti lelőhelyek közül melyek állnak a legközelebb egymáshoz, ill. milyen fokú ez a hasonlóság. Ennek eldöntésére 64 faj figyelembe vételével, Sorensen indexen alapuló cluster-analízist végeztünk Häring, Budapest, Eger-Kiseged, Szlovénia, Szerbia, Bulgária korai oligocén lelőhelyein, amelyek mellé Chiavon és Santa Giustina Észak-olaszországi lelőhelyeket is bevontuk a vizsgálatba, amelyek a térség nyugati peremén helyezkednek el, és néhány flóraelem vonatkozásában Tardi-flóra jelleget mutatnak.

A cluster-analízis alapján a flórák jelentős hasonlóságot mutatnak a két Észak-olaszországi lelőhely kivételével, vagyis az Alp-Kárpát-Dinári térség területén található korai oligocén flórák mindegyike a Tardi típusú flórák közé sorolható. Budapest és Eger-Kiseged mutatja a legnagyobb hasonlóságot (86%), amelyekhez azonban szorosan kapcsolódik Szlovénia flórája (72%-os hasonlósággal), összhangban azzal a megállapítással, hogy ezek

egykoron egy egységes paleogén medence részei voltak. A dendrogram egy másik ágán Häring, Szerbia és Bulgária mutat közelebbi kapcsolatot egymással: a három lelőhely fajkészlete 71-77%-os egyezést mutat egymással. A szerbiai és bulgáriai flórák hasonlósága nem meglepő, hiszen egymáshoz közeli területek, közel azonos geológiai képződményeiben találhatóak, ellenben Häring flórája jelentős földrajzi távolságra esik ezektől. Úgy tűnik tehát, hogy a peremi területek flórái a nagy távolság ellenére is nagyobb rokonságot mutatnak egymással, mint a Paleogén medence (Szlovénia, Magyarország) flóráival, bár hangsúlyoznunk kell, hogy ezekkel is szignifikáns a hasonlóság, a fajkészlet kétharmada még azonos. Ugyanakkor nem zárhatjuk ki azt a lehetőséget sem, hogy a Häring-i flóra rossz megtartása, ill. a szerbiai és bulgáriai flórák alacsonyabb feldolgozottsági foka okozzák ezt az eredményt.

Az Észak-olaszországi lelőhelyek flórái egymástól is körülbelül ugyanannyira elkülönülnek, mint a többi elemzett lelőhelytől: a fajok 34-53%-a közös. A kisebb hasonlósági fok arra utal, hogy ezeknek a területeknek a flórája ugyan kapcsolatban állhatott a Tardi flórákkal, de már más flóra-hatások is erősen érvényesültek. Ez a jelenség összhangban van azzal, hogy az Alp-Kárpát-Dinári térség térség kollázsa nyugat felől nem határolódott le éles határvonallal, szemben az északi, keleti és déli irányokkal.



A vizsgált Tardi típusú flórák hasonlósága csoportátlag módszerrel