

A pályázati téma célja a mecseki kora jura paleoökológiája vizsgálata volt a makroflóra alapján. A kiindulópontként a 2011-ben publikált statisztikai elemzések szolgáltak, melyek alapján bebizonyosodott, hogy jura időszakban a növények a helyi környezeti viszonyoktól függő társulásokat képeztek.

Az eddigi kutatások során a mecseki szedimentációs medence határain belül a delta területén 5 féle nagyobb topográfiai egységet lehetett kimutatni, 5 növényi együttesel, valamint köztük az átmeneteket. Fontos megállapítás, hogy a taxonok lehetséges kombinációja jellemzi alkalmazkodásukat és tűrőképességüket. Mivel a növényi anyag a gyűjtőmedence különböző pontjairól került elő (gyakran meddőhányóról), érdekes volt a kutatás folytatása furásokból kapott adatokkal, amelyek a rendszerezettek, mélység szerint pontosan azonosíthatók és a szedimentológiai adatokkal összevethető alapot képeznek.

A jelen téma keretében a következő kérdésekre kerestem választ:

1. A helyi környezeti viszonyok mennyire hatottak a jurában a különböző lelőhelyeken kialakuló növényi együttesek összetételére?
2. Hogyan változott a mecseki környezet időben, és mennyire követhetők ezek a változások a növényi együttesek alapján? Milyen mértékben pontos a mecseki növényeken alapuló környezet rekonstrukció?
3. Mennyire alkalmazható más lelőhelyeken, más paleokörnyezetnél az általam használt módszer? Az összefüggések tesztelésére a kora-jura Anina (Románia) adatait használtam.

Ezen kérdések megválaszolására három irányban végeztünk kutatást:

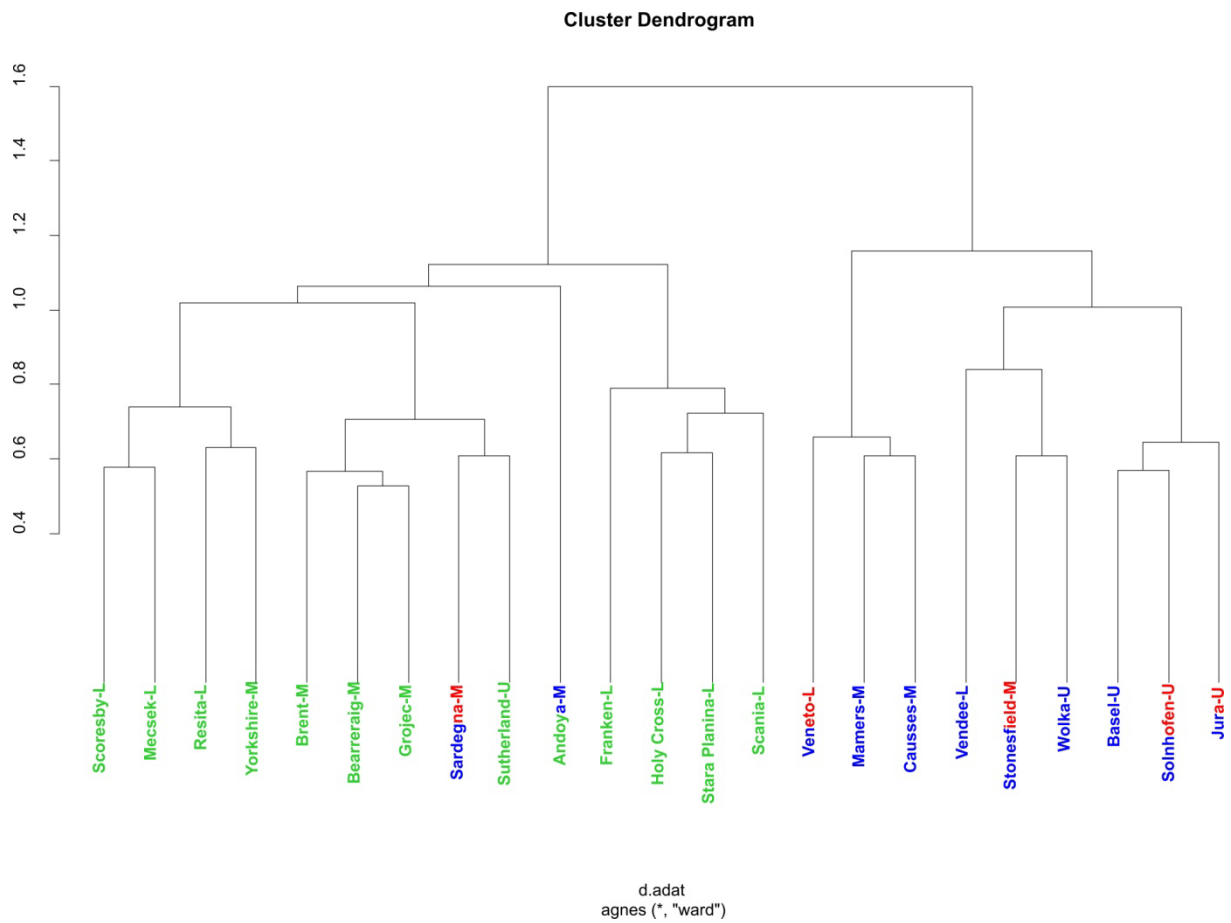
1. Európai jura flórák összehasonlítása.

A jura flórák összetételét befolyásoló fő tényezők megalapításához Európa összes jelentősebb (több mint 5 publikált faj) lelőhelyét figyelembe vettük a kora-, középső- és késő-jurából. Célunk volt értelmezni minél több, fontos paleoföldrajzi és időbeli tényezőt. Mivel a szárazföldi növényvilágot a klimatikus tényezők és a lokális környezeti hatások jelentősen befolyásolják, ezért a recens és kvarter ökológiában is használatos többváltozós elemzési eljárások adaptálása történt meg. Bodor Emese közreműködésével klaszter analízis (nemzetség –1. ábra, és faj szerint), valamint PCA és NMDS (2. ábra) elemzéseken alapult a flórák hasonlósága szerinti csoportosításuk. Az elemzéseket 46 lelőhelyről származó 770 taxonon végeztük.

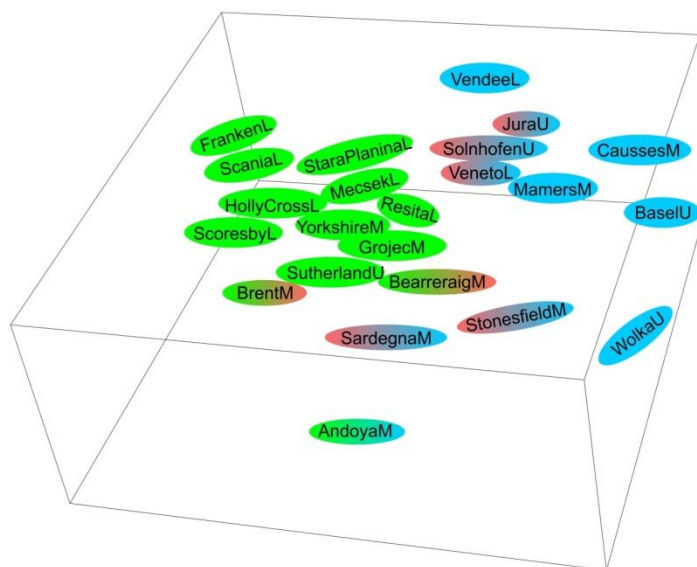
Az elért eredmények:

1. A jelentős időkülönbségek a jura különböző korai között (kb. 45-50 millió év) és nagy távolságok ellenére az időnek és paleoföldrajzi helyzetnek nem volt jelentős befolyása a flórák taxonómiai összetételére, viszont határozott környezethatás volt észlelhető. A nemzetségek szintjén végzett klaszter analízis kimutatta, hogy lelőhelyek három fő környezet típusba csoportosultak: delta, folyó parti-ártéri és lagúna, ami feltehetően e tengerparti vegetációt őrizte meg. (Száras környezetekben nem maradnak meg jól növényi fossziliák.) Azonban a delta és folyó-ártéri környezetnek lehetnek közös elemei. Ennek alapján a további kutatásban az idő és a geográfiai hely elhanyagolható volt, mivel az eredmények kimutatták, nincsenek jelentős korrelációban a növénytársulások összetételével.
2. A fajösszetétel fontosabb szerepet játszik az adott környezet niche-strukturájának finomabb meghatározásában.
3. A delta kedvez a nemzetségek variabilitásának, a folyó-ártéri a nagyobb fajgazdagságnak, míg a lagúna általában szegényes vegetációjú. A különböző környezetekre jellemző némely főbb taxonómiai csoportok dominanciája. Pl. a delta és folyó-ártéri környezetben a páfrányok általában elterjedtek és sokfélék, lagúna környezetben viszont a fenyő-félék dominálnak.
4. Mivel a lelőhelyek környezetek szerinti csoportosítása statisztikai módszerekkel pontosnak bizonyult, az elemzés járulékos eredménye, hogy ezek alapján az eddig ismeretlen igényű flórák környezeti eredetét is meg lehet határozni ilyen módszerekkel.
5. Az analízis kapcsán létrehoztunk egy online, mindenki számára elérhető, korszerű adatbázist, amely naprakész az európai jura taxonok szempontjából, és amely elektronikus mellékletként publikációnk részét képezi.

Genus



1.ábra. Nemzetség szerinti klaszter analízis. Zöld szín delta-folyami környezet, kék lagúna, piros-kék allochton lagúna jellegű, kék-zöld allochton delta jellegű. Sardegná itt a delta lelőhelyek közé került, mivel nem tipikus (páfrány dominancia van, ami inkább a delta-folyó környezetre jellemző).



2. ábra. 3D NMDS analízis a genusz szintén: zöld - delta és folyami környezet, kék tengerparti és lagúna, kék-zöld – tengerparti, folyami, kék-piros – allochton tengerparti-lagúna, zöld-piros – allochton delta és folyó.

A diverzitás folyamatos csökkenése a jurán belül valószínűleg tengerszint emelkedéssel magyarázható, ami főképp a középső-jurától jellemző. A tengerszint emelkedése lecsökkentette az európai szárazföldi területek kiterjedését, és így a vizsgált növények életterét is.

2. A mecseki flóra szukcessziós változásai.

A mecseki flóra időbeli változásainak vizsgálatához furásokból származó 439 példányt határoztam meg Rücker (Rü-29, 31, 32), valamint 60 példányt Máza-Dél környékéről (Máza 22, 25; Varalja 26, 32, 34). Máza-Dél, a Mecsek szén gyűjtőmedencének észak-keleti részben található és az egykori delta proximális peremét képviseli. Dr. Püspöki Zoltán közreműködésével a Máza-Dél környéki paleobotanikai adatokat összevetettük a területről származó szekvencia sztratigráfiai és geokémiai elemzések részben publikált, részben új eredményeivel. A Máza-Dél környéki, kb. 10 km² területen 60 teljes magfúrásból (1000-1500 m) 40 cm-ként vett minták alapján a hamu- és kéntartalom elemezve volt. Ezekből az adatokból topográfiai kontúr térképek készültek lineáris kriegeléssel Surfer programban. A hamutartalom forrása a sziliciclaszt bemosódása, mely az emelkedőkből (barrier rendszer) származik. Minél magasabb az emelkedő, annál magasabb a hamutartalom. A széntelepek vastagsága információt ad a növények sűrűségéről (növekedési intenzitásról).

A teljes kéntartalom és az organikus szulfid arányát főként az elsődleges felhalmozódási környezet határozza meg, mert a kéntartalom fontos forrása a tengervízben oldott szulfát. Magas kéntartalom a transzgresszív rendszeregységekben figyelhető meg. A transzgresszió kezdeti szakasza általában vékony széntelepekkel jellemezhető (előntés következtében csökkenő növényborítottság). Alacsony kéntartalom a vastag széntelepeknél fordul elő és késői transzgresszív rendszeregységekhez köthető (csökkenő tengerszint, növekvő növényborítottság).

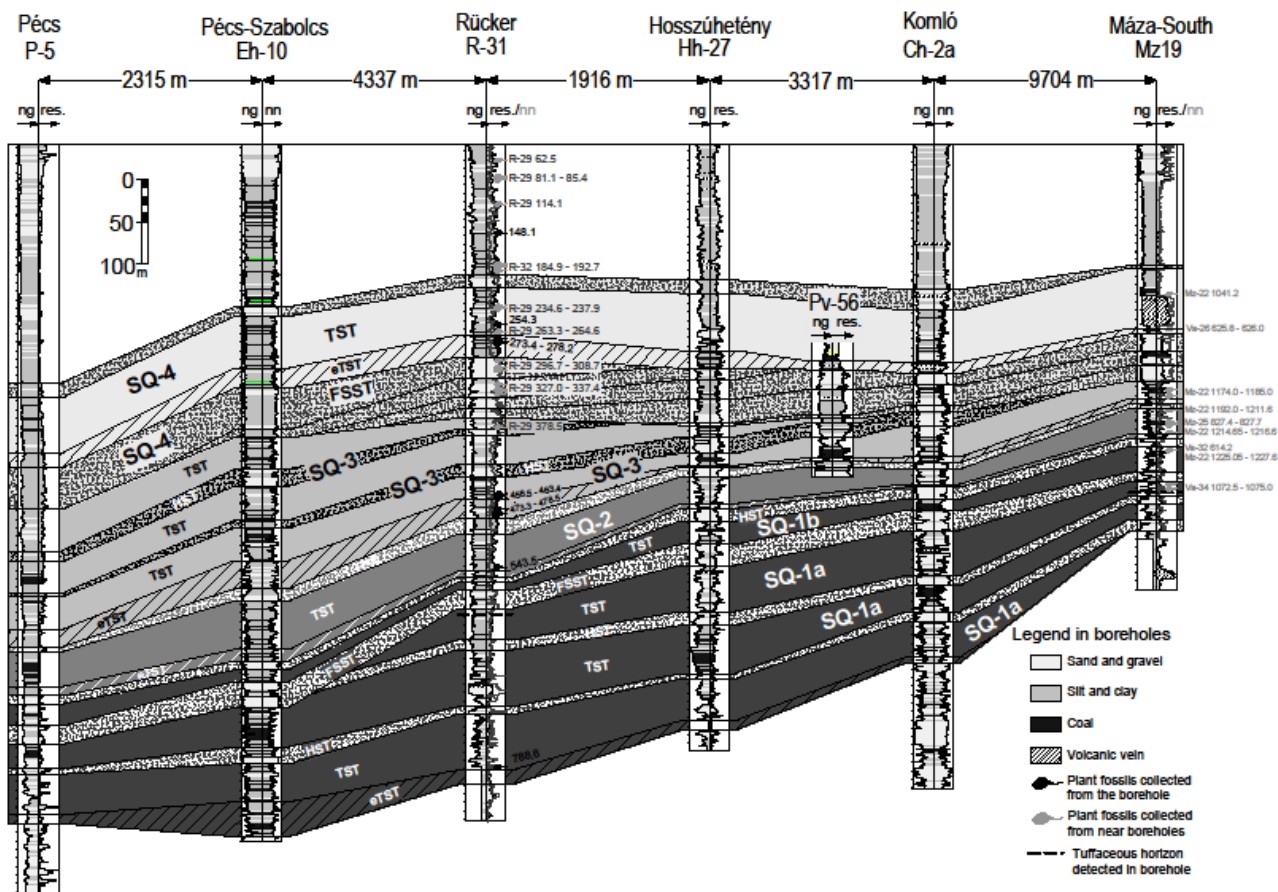
Az isopach térképek ezen alapján jelenítik meg a vizsgált terület paleotopográfiáját. A megfelelő megtartású növényi fossziliákat tartalmazó furások részben a mocsár-parti területeket, részben a barrierek oldalát vagy hátát érintették.

A Rücker területéről ilyen jellegű topográfiai környezet rekonstruálása nem történt meg. Figyelembe véve, hogy a Máza Dél területén a paleotopográfia és a környezet rekonstrukciók jól egyeztek a növények előfordulásával, a Rücker furásokból származó

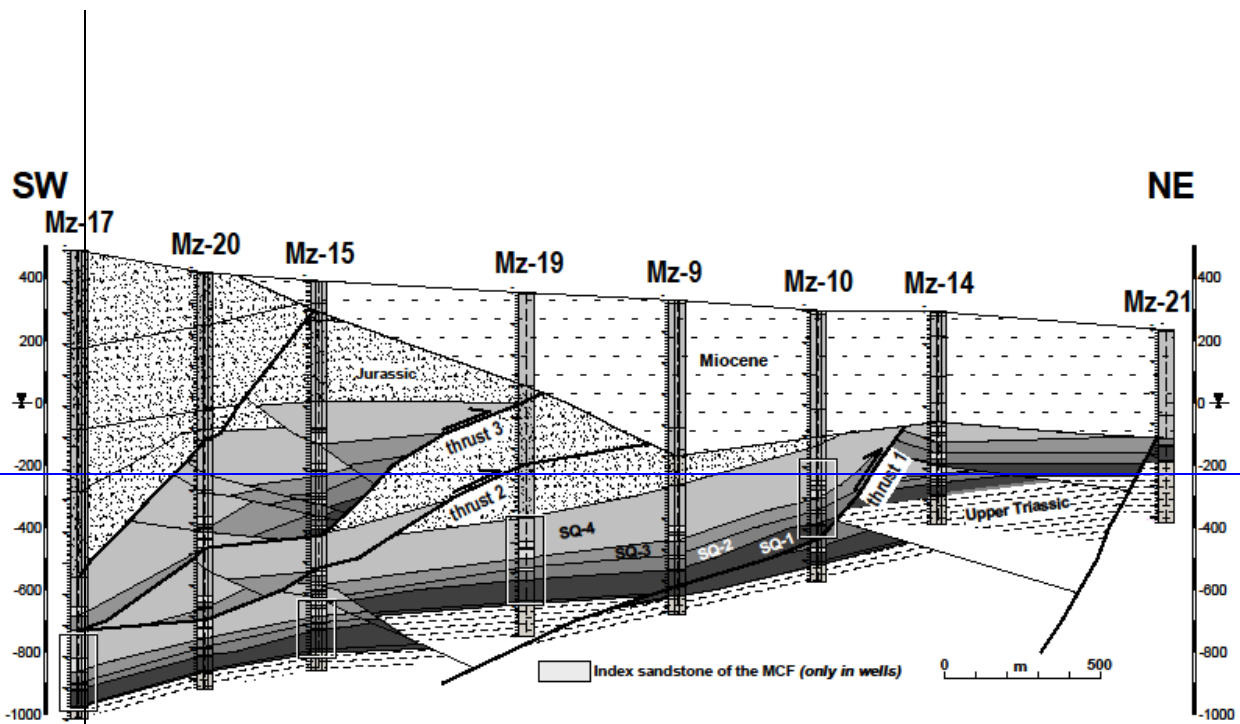
fajok alapján feltételezhető a környezet típusa. A hipotetikus ökoszisztéma jól illeszthető a furás helyzetével a mecseki deltán belül.

A téma feldolgozásához karotázskorrelációs szelvények készültek a szekvenciasztratigráfiai vezető szintek meghatározása céljából (3, 4, 5. ábra). A vizsgálatok a természetes gamma vagy a neutronporozitás karotázsgörbéken alapultak, melyek az aleurolitos és homokos szintek elkülönítését teszik lehetővé. A sűrűség-szelvények (gamma-gamma) tették lehetővé a kőszéntelepek pontos lehatárolását. A Mecseki kőszén Formációon belül a karotázsgörbék földtani szerkezettel kapcsolatos korrelációjának megbízhatóságát a tektonika jelentősen befolyásolja, ezért a legalsó, tektonikailag nem bolygatott, paraautochthon rétegek vizsgálatára került sor.

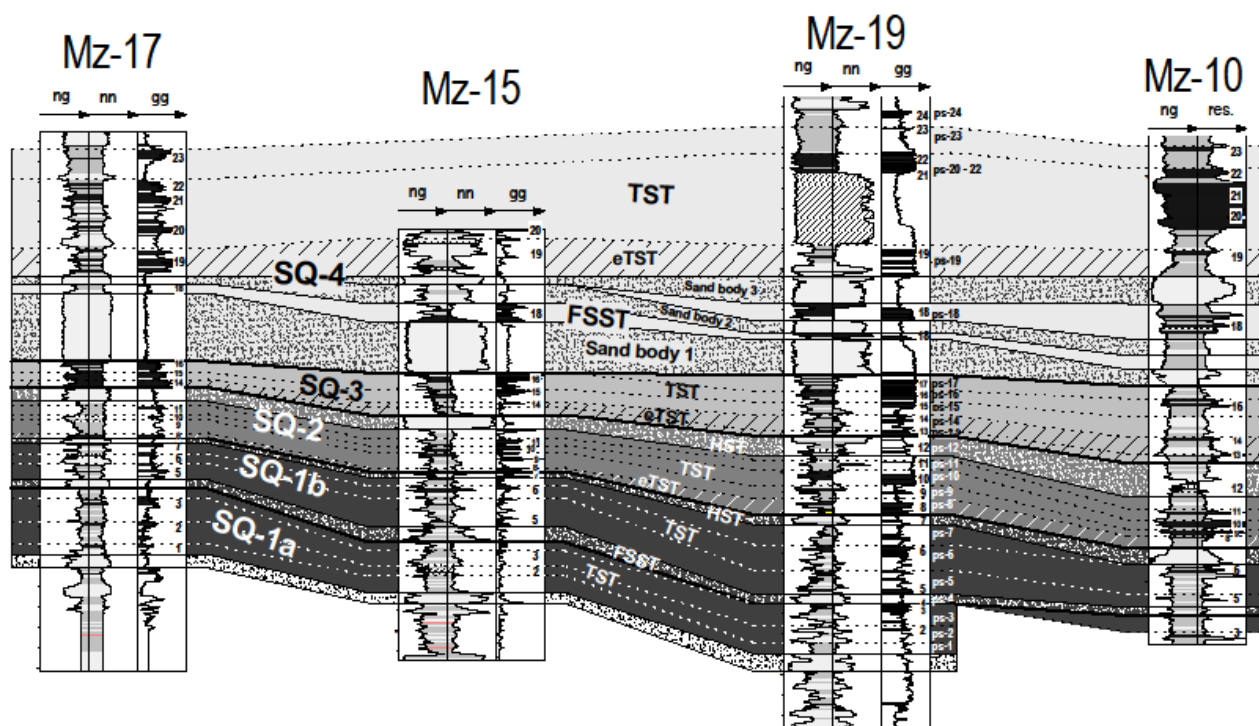
A mélyfúrásgeofizikai szelvények és a növény fosszíliák együttes vizsgálata új, komplex értékelési módszer. A két független adatrendszerből származó eredmények kiegészítik egymást.



3. ábra: A mecseki üledékgyűjtő keresztmetszete a feldolgozott fúrások alapján, a szekvenciák jelölésével.



4. ábra: A Máza-dél mintaterület keresztmetszéve a főbb szerkeszeti elemek jelölésével



5. ábra: A 4. ábrán jelölt fúrásrészletek alapján a Máza–dél mintaterület keresztmetszévé a szekvenciák feltüntetésével.

Elért eredmények

2.1. Máza-Dél területén a maradványok mennyisége és a taxonok száma inkább szegényes növényzetre, megtartásuk (nagy a töredezettség mértéke) a magas energiájú környezetre utal.

Négy üledékes szekvenciát különböztettünk meg a vizsgált területen, Máza Dél térségében:

SQ-1A transzgressziós lagúna. Növények a lagúna partján, a dűnén vagy lejtőn nőttek. Tipikus kolonizáló zsurló- páfrány együttest alkottak, ami az erősen zavart környezetre jellemző.

SQ-1B a transzgresszió későbbi stádiumát képezi, nyitott lagúnával. A növényzet a megmaradt dűnékre és lagúna partjára szorult. A parti részen zsurlók, a dűnén kis növésű cikászok voltak jelen.

SQ-2 jellemzője a csatornát kísérő folyóhátak jelenléte és a gátszakadások üledékei, az emelkedők között magas talajvízállású területekkel. Gazdagabb és diverzebb növényzet zsúrlókkal és páfrányokkal az öböl partján és kis növésű cikászokkal, bennettiteszekkel a magasabb helyeken. A fatermetű ginkó-félékhez tartozó fosszíliaák megjelenése kissé stabilabb környezetről tanúskodik.

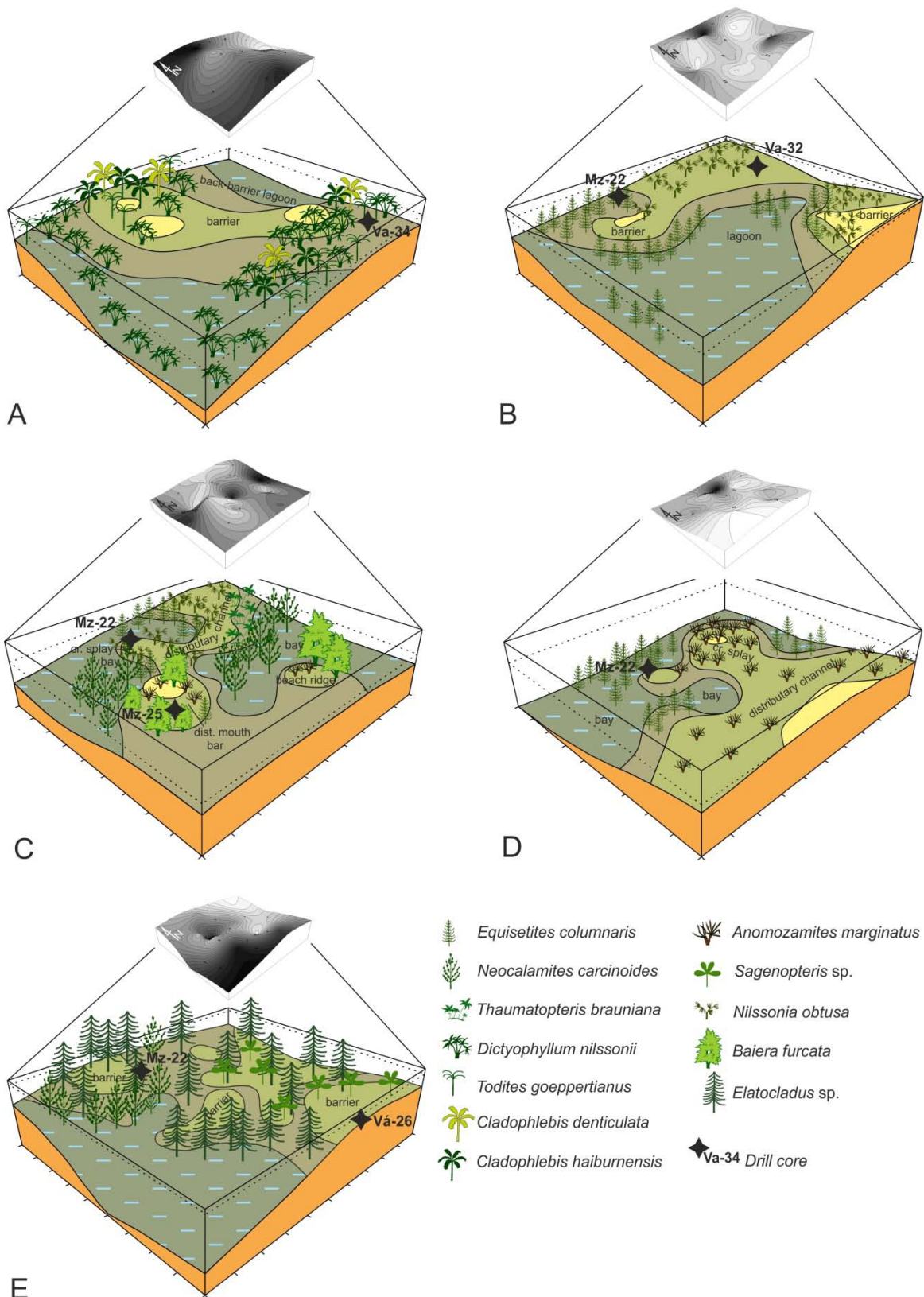
SQ-3 kissé eltérő topográfiát és növényzetet mutat, csatorna parti zsúrlókkal és szárazabb területekre jellemző bennettiteszekkel a gátszakadások üledékein. Számos gyökérlelet bizonyítja a sűrű növényzetet.

SQ-4 elmocsarasodást mutat, zsúrlókkal és mocsári fenyővel. A magasabb területeken fenyő és magvas páfrány vegetációval.

| Fúrás | Mélység (m) | Növénymaradványok | Szekvencia | Széntelep |
|------------|----------------|--|------------|-----------|
| Máza 22 | 1041,2 | <i>Neocalamites carcinoides</i> Harris <i>Elatocladus</i> sp. | SQ-4 | 20 |
| Máza-22 | 1174,0-1185,0 | <i>Anomozamites marginatus</i> (Unger) Nathorst <i>Equisetites</i> sp. | SQ-3 | 13-15 |
| Máza-22 | 1192,0-1211,6 | <i>Equisetites</i> sp. <i>Neocalamites carcinoides</i> Harris <i>Thaumatopteris brauniana</i> Popp | SQ-2 | 11-12 |
| Máza 22 | 1214,65-1216,6 | <i>Nilssonia obtusa</i> (Lindley & Hutton) Braun | SQ-2 | 9-10 |
| Máza-22 | 1225,05-1227,6 | <i>Nilssonia obtusa</i> (Nathorst) Harris <i>Equisetites columnaris</i> . (Brongniart) Phillips | SQ-1 | 7 |
| Máza 25 | 827,4-827,7 | <i>Anomozamites marginatus</i> (Unger) Nathorst <i>Baiera furcata</i> (Lindley & Hutton) Braun | SQ-2 | 10-11 |
| Váralja 26 | 625,8-626,0 | <i>Sagenopteris</i> sp. <i>Elatocladus</i> sp. | SQ-4 | 19-20 |
| Váralja-32 | 614,2 | <i>Nilssonia obtusa</i> (Nathorst) Harris <i>Equisetites columnaris</i> . (Brongniart) Phillips | SQ-1 | 7 |

| | | | | |
|------------|---------------|--|------|-----|
| Váralja-34 | 1072,5-1075,0 | <i>Todites goeppertianus</i> (Münster) Krasser <i>Cladophlebis denticulata</i> (Brongniart) Fontaine <i>Cladophlebis haiburnensis</i> (Lindley et Hutton) Brongniart <i>Dictyophyllum nilssonii</i> (Brongniart) Göppert | SQ-1 | 1-3 |
|------------|---------------|--|------|-----|

1. Tábla. A Máza-Dél terület növényfajai.



6. ábra. A Máza-Dél terület környezeti és növényi szukcessiójának rekonstrukciója.
a – SQ-1A, b – SQ-1B, c – SQ-2, d – SQ-3, e – SQ-4.

2.2. A második vizsgált terület, Rücker, a delta síkságról származik, alacsonyabb energiájú környezetből. Rückerben nem végeztek részletes geokémiai és geofizikai korrelációt, de a R-31 fúrás korrelációja alapján a fő horizontok itt is azonosíthatók voltak. Máza-Dél területén a nagymértékű egyezést mutatott a környezet és a fajok megjelenése.

A topográfiai változásokkal ezért összevethetőek voltak az elért adatok a rückeri faciesekkel (Fig. 3) így kimutathatók a környezet változásai.

Rücker környéke fajgazdagabb volt, a flóra faji összetétele a különböző szintekről az ökocsoportok periodikus váltakozását mutatja, amit egyértelműen a kismértékű környezeti ingadozások okoztak.

A Rücker fúrómagjai főleg szinemuri emeletről tartalmaztak növény maradványokat. Csak a legmélyebb szint hettangi korú. A hettangi faj együttes (788,6-788,9 m) tipikusan kolonista zsurlókból és páfrányokból áll. Az egész szinemuri szakaszban viszont a stabilabb mocsári társulások voltak jellemzők a köztük gyakran megjelenő időszakos dűnéket, szárazabb helyeket jelző fajokkal, ami a magaslatok állandó, dinamikus alakulását sugallja.

543,8-478,4 m: ugyanazok a fajok uralkodnak, mint Máza-Délnél a barrierek hátán, lejtőin és aljában.

478,5-273,4 m: mocsári növényzeti elemek (mocsári fenyő), fatermetű növényekben fokozatosan gazdagszik, mint például nagy növésű cikászok és magvas páfrányok. A környezet stabilitásából feltételezhető a gátszakadások üledékeihez kötődő, közepesen nedves élőhely, amelyet későbbi, újbóli elmocsarasodásakor tipikus mocsári elemek (mint zsurlók, mocsári fenyők és mocsári magvas páfrányok) foglalnak el.

264,6-192,7 m: megint barrier jellegű, kismövésű növényzet, amely átment egy fejlettebb stádiumba. Ez tipikus a stabil, nem zavart helyekre: fatermetű cikászok, Ginkgo-félék és bennettiteszek fordulnak itt elő. Időközti elmocsarasodások és emelkedők keletkezése tipikus a delta építő és pusztító működésére. Ez 81,1 m-ig tartott, amikor a növényegyüttes drasztikusan megváltozott, és 62,5 m-nél pionir fajok jelentek meg. A változást nagyobb erejű transzgresszió okozhatta vagy más olyan esemény, mely teljesen lepusztította az addigi növényzetet.

| Fúrás/mélység | Növény taxonok | Hipotetikus környezet típusa |
|---------------|----------------|------------------------------|
|---------------|----------------|------------------------------|

| (m) | | növénymaradványok alapján |
|--------------------|--|---|
| Rü-29; 62.5 | <i>Clathropteris meniscoides</i> Brongniart <i>Sagenopteris</i> sp. <i>Nilssonina obtusa</i> (Nathorst) Harris <i>Thaumatopteris brauniana</i> Popp <i>Equisetites</i> sp. <i>Dictyophyllum nilssonii</i> (Brongniart) Göppert | magaslat barrierek, folyóhátak, gátszakadások és könnyen erodálódó gyakran elöntött terület |
| Rü-29; 81.1-81.2 | <i>Sagenopteris</i> sp. <i>Equisetites</i> sp. <i>Elatocladus</i> sp. | mocsáros, magaslatokkal (barrierek, folyóhátak) |
| Rü-29; 82.3-83.4 | <i>Equisetites</i> sp. <i>Sagenopteris</i> sp. <i>Nilssonina obtusa</i> (Nathorst) Harris | magaslat (barrierek, folyóhátak, gátszakadás) |
| Rü-29; 85.4 | <i>Elatocladus</i> sp. <i>Equisetites</i> sp. <i>Sagenopteris</i> sp. | mocsáros, magaslatokkal (barrierek, folyóhátak) |
| Rü-29; 114.1-114.5 | <i>Elatocladus</i> sp. <i>Brachyphyllum</i> sp. | mocsaras |
| Rü-31; 148.1-148.2 | <i>Equisetites columnaris</i> (Brongniart) Phillips <i>Elatocladus</i> sp. | mocsaras |
| Rü-32; 184.9-185 | <i>Neocalamites carcinoides</i> Harris <i>Equisetites columnaris</i> (Brongniart) | |

| | | |
|--------------------|--|---|
| | Phillips | |
| Rü-32; 186.8-186.9 | <i>Elatocladus</i> sp. | |
| Rü-32; 187.2-187.3 | <i>Neocalamites carcinoides</i> Harris <i>Elatocladus</i> sp. <i>Brachyphyllum</i> sp. <i>Sagenopteris</i> sp. | mocsaras, magaslatokkal (barrierek, folyóhátak) |
| Rü-32; 192.7 | <i>Cladophlebis denticulata</i> (Brongniart) Fontaine <i>Dictyophyllum rugosum</i> Lindley et Hutton | magaslat (barrierek, folyóhátak, gátszakadás) |
| Rü-29; 234.6 | <i>Nilssonia obtusa</i> (Nathorst) Harris | magaslat (barrierek, folyóhátak, gátszakadás) |
| Rü-29; 237.6-237.9 | <i>Thaumatopteris brauniana</i> Popp <i>Ginkgoites marginatus</i> <i>Sagenopteris</i> sp. <i>Bjuvia simplex</i> Florin <i>Komlopteris nordenskiöldii</i> (Nathorst) Barbacka <i>Phlebopteris</i> sp. <i>Elatocladus</i> sp. <i>Cladophlebis denticulata</i> (Brongniart) Fontaine <i>Dictyophyllum rugosum</i> Lindley et Hutton | magaslat (barrierek, folyóhátak, gátszakadás) |

| | | |
|--------------------|---|--|
| | <p><i>Pterophyllum subaequale</i> Hartz</p> <p><i>Dictyophyllum nilssonii</i> (Brongniart)</p> <p>Göppert</p> | |
| Rü-31; 254.3-254.5 | <p><i>Equisetites</i> sp.</p> <p><i>Marattiopsis hoerensis</i> Schimper</p> <p><i>Sagenopteris</i> sp.</p> <p><i>Nilssonia obtusa</i> (Nathorst) Harris</p> | magaslat (barrierek, folyóhátak) |
| Rü-29; 263.3-263.5 | <p><i>Nilssonia obtusa</i> (Nathorst) Harris</p> <p><i>Sagenopteris</i> sp.</p> <p><i>Phlebopteris</i> sp.</p> | magaslat (barrierek, folyóhátak, gátszakadás) |
| Rü-29; 263.5-265.8 | <p><i>Sagenopteris</i> sp.</p> <p><i>Dictyophyllum rugosum</i> Lindley et Hutton</p> <p><i>Komlopteris nordenskiöldii</i> (Nathorst)</p> <p>Barbacka</p> | magaslat (barrierek, folyóhátak, gátszakadás), mocsaras területekkel |
| Rü-29; 264.6 | <p><i>Nilssonia obtusa</i> (Nathorst) Harris</p> <p><i>Equisetites</i> sp.</p> <p><i>Bjuvia simplex</i> Florin</p> | stabil magaslat (gátszakadás) |
| Rü-31; 273.4-273.6 | <p><i>Equisetites</i> sp.</p> <p><i>Komlopteris nordenskiöldii</i> (Nathorst)</p> <p>Barbacka</p> <p><i>Elatocladus</i> sp.</p> | mocsaras |

| | | |
|------------------------|--|--|
| Rü-31; 277.4- 277.6 | <i>Komlopteris nordeskoeldii</i> (Nathorst) Barbacka <i>Sagenopteris</i> sp. <i>Elatocladus</i> sp. | |
| Rü-31; 278.0- 278.2 | <i>Elatocladus</i> sp. | |
| Rü-29; 296.7- 297.0 | <i>Sagenopteris</i> sp. | magaslat (barrierék, folyóhátak) |
| Rü-29; 307.8- 307.9 | <i>Ptilozamites cycadea</i> (Berger) Schenk | stabil magaslat (gátszakadás) |
| Rü-29; 308.7- 308.9 | <i>Bjuvia simplex</i> Florin | |
| Rü-29; 327.0 | <i>Elatocladus</i> sp. | mocsaras, magaslatokkal (gátszakadás) |
| Rü-29; 332.4 | <i>Ptilozamites cycadea</i> (Berger) Schenk | |
| Rü-29; 334.0 | <i>Ptilozamites cycadea</i> (Berger) Schenk | |
| Rü-29; 337.4 | <i>Ptilozamites cycadea</i> (Berger) Schenk | |
| Rü-29; 378.5 | <i>Elatocladus</i> sp. | mocsaras |
| Rü-31; 456.5 | <i>Equisetites columnaris</i> (Brongniart) Phillips <i>Sagenopteris</i> sp. | magaslat (barrierék, folyóhátak) |
| Rü-31; 459.9- 460.0 | <i>Elatocladus</i> sp. | mocsaras |
| Rü-31; 462.3- 463.4 | <i>Desmiophyllum</i> sp. | stabil magaslat (gátszakadás) |
| Rü-31; 473.3.- | <i>Desmiophyllum</i> sp. | stabil magaslat (gátszakadás) |

| | | |
|--------------------|--|--|
| 473.4 | | |
| Rü-31; 478.1-478.2 | <i>Cladophlebis denticulata</i> (Brongniart) Fontaine <i>Phlebopteris</i> sp. <i>Nilssonia obtusa</i> (Nathorst) Harris | magaslat (barrierék, folyóhátak) |
| Rü-31; 478.4-478.5 | <i>Elatocladus</i> sp. | mocsaras |
| Rü-31; 543.5-543.8 | <i>Equisetites columnaris</i> (Brongniart) Phillips <i>Nilssonia obtusa</i> (Nathorst) Harris | magaslat (barrierék, folyóhátak) |
| Rü-31; 788.6-788.9 | <i>Neocalamites carcinoides</i> Harris <i>Equisetites columnaris</i> (Brongniart) Phillips <i>Dictyophyllum nilssonii</i> (Brongniart) Göppert <i>Clathropteris meniscoides</i> Brongniart <i>Phlebopteris</i> sp. | zavart (könnyen erodalódó rövid életű elöntött területek: homokos partok, barrierék) |

2.Táblázat. Növény taxonok a Rücker fúrásokból.

| | | |
|--|--|---|
| A megfelelő Máza Dél szekvenciája, Fig. 3. alapján | Máza-Dél, a paleokörnyezet típusa növénymaradványok alapján, a jellemző taxonokkal | Rücker, a paleokörnyezet típusa növénymaradványok alapján, jellemző taxonokkal |
| SQ-4 TST | mocsaras és zavartalan (barrierék); zsurlók, <i>Elatocladus</i> fenyő, magvaspáfrányok | zavartalan magaslat, (barrierék, folyóhátak); páfrányok, magvaspáfrányok, cikászok, |

| | | |
|------------|---|--|
| | | bennetiteszek, Ginkgo-félék |
| | | zavartalan magaslatok (barierek, folyóhátak); zsurlók, páfrányok és cikászok |
| SQ-4 eTST | | mocsár; zsulók, <i>Komlopteris</i> magvaspáfány, <i>Elatocladus</i> fenyő |
| SQ- 4 FSST | Erről a szintről hiányoznak meghatározható növénymaradványok | magaslat (barierek, folyóhátak); magvaspáfrányok |
| SQ- 4 FSST | | zavartalan magaslatok (folyóhátak); magvaspáfrányok és cikászok |
| SQ- 4 FSST | | mocsár magaslatokkal; <i>Elatocladus</i> fenyő és <i>Ptilozamites cycadea</i> magvaspáfrány |
| SQ-3 TST | delta síkság gátszakadással és mellékággal; zsurlók és benettiteszek | mocsaras, <i>Elatocladus</i> fenyő |
| SQ-3 eTST | | magaslatok (barierek, folyóhátak); zsurlók, magvaspáfrányok |
| | | mocsaras; <i>Elatocladus</i> fenyő |
| | | magaslatok (barierek, folyóhátak); <i>Desmiophyllum</i> |
| | | magaslatok (barierek, folyóhátak); páfrányok, kis növésű cikászok (<i>Nilssonia</i>) |
| | | mocsaras; <i>Elatocladus</i> fenyő |
| SQ-2 TST | channel-related folyóhátak and gátszakadások, öböllel a magaslatok között; fejlett növényegyüttes: zsurlók, páfrányok, cikászok, benettiteszek és Ginkgo-félék | magaslatok (barierek, folyóhátak); zsurlók, kis növésű cikászok - <i>Nilssonia</i> |
| SQ-1a TST | transgressios sánc mögötti | zavart (könnyen erodálódó – |

| | | |
|--|---|--|
| | lagúna; kolonista növényekkel (páfrányok) | előntések – homokos partok, barierék); kolonista növények (zsurlók, páfrányok) |
|--|---|--|

Táblázat. Máza-Dél és Rucker paleoökológiai összehasonlítása. TST : transzgresszív rendszeregység, eTST: korai transzgresszív rendszeregység, FSST: csökkenő vízi rendszeregység

2.3. Interpretáció

A mecseki lelőhely mindkét vizsgált pontján az észlelhető környezeti és növényzeti változások jól megfelelnek ösföldrajzi helyzetüknek. A delta síkság és a delta front közötti különbség jól kimutatható és értelmezhető. Máza-Dél sokkal szárazabb területet képezett. Ott csak az időszakos transzgressziókat követően jelent meg jelentősebb növényzet. A fossziliák jellege és mennyisége világosan csekély növényzetre utal, amit a szentelepek kis vastagsága tükröz is. Ruckerben a delta mocsaras részében sokkal dúsabb volt a növénytakaró, a példányok és taxonok számában egyaránt. Máza-Dél területén a vizsgált időszakaszban csak egyszer voltak jelen hasonló fajok, mint Ruckerben, éppen egy nagyobb transzgresszió után az egykori delta front elmocsarasodott és a delta síkságra jellemző növényzet meglepedett ott is.

3. A Mecsek és Anina (Románia) lelőhelyek összehasonlító vizsgálata.

A két lelőhely összehasonlítása nemcsak taxonómiai összetételében, de paleoökológiai tekintetben is érdekes. A két lelőhely különbözik a szedimentáció típusában: Mecsek területe delta jellegű volt, Anina folyami-ártéri környezetű, amely csak sokkal később ment át deltába. Mecsekben a hettangi-szinemuri határon nem volt jelentős klímaváltozás, míg Aninában felmelegedés jelentkezett ekkor.

3.1. Alfa diverzitás

Az aninai flóraelemzésnél az adatbázis ugyan ilyen módon készült, mint a mecseki (2011), azaz a fajok együttes előfordulása szerint ugyanazon kőpéldányon. E célból két látogatás keretében a Bukaresti Egyetem Geológiai és Geofizikai Tanszékén, az ottani kolléga, Dr. Mihai Popa, együttműködésével revideáltunk az összes aninai példányt (2730 db). Az adatbázisba 1384 példány került be (csak levél fajok; szaporító képleteket, szár fragmentumokat és gyökereket, nem vettünk figyelembe).

Az elemzést PCA és GLM (Generalized Linear Model), végeztük mindkét lelőhelyen, mert az aninai lelőhely anyag ezekhez volt megfelelő (nem DCA mint Mecsekben 2011). Ezzel egyben teszteltünk, hogy a három módszer azonos eredményt hoz-e a Mecsekben.

Elért eredmények

3.1.1. A két flóra csak látszólagosan hasonlít egymásra. Ez főleg a magasabb taxonómiai csoportokra és a nemzetségekre vonatkozik (ez az európai lelőhelyek elemzésében nemzetség szinten látható). Ennek ellenére, a 26 közös nemzetségben (89 faj összesen a két lelőhelyen) csak 8 faj közös.

3.1.2. A közös fajok között jelentős mennyiségi különbségek láthatók, kivéve 2 páfrány fajt, melyeknek hasonló példányszámban kerültek elő (de százalékos részesedésük teljes flórákhoz képest eltérő: 4,7% és 4,3% Aninában és mindkettőnél 1,7% a Mecsekben).

3.1.3. Az aninai flóra gazdagabb nemzetségekben és fajokban (48 nemzetség és 88 faj Anina, 29 nemzetség és 42 faj Mecsek).

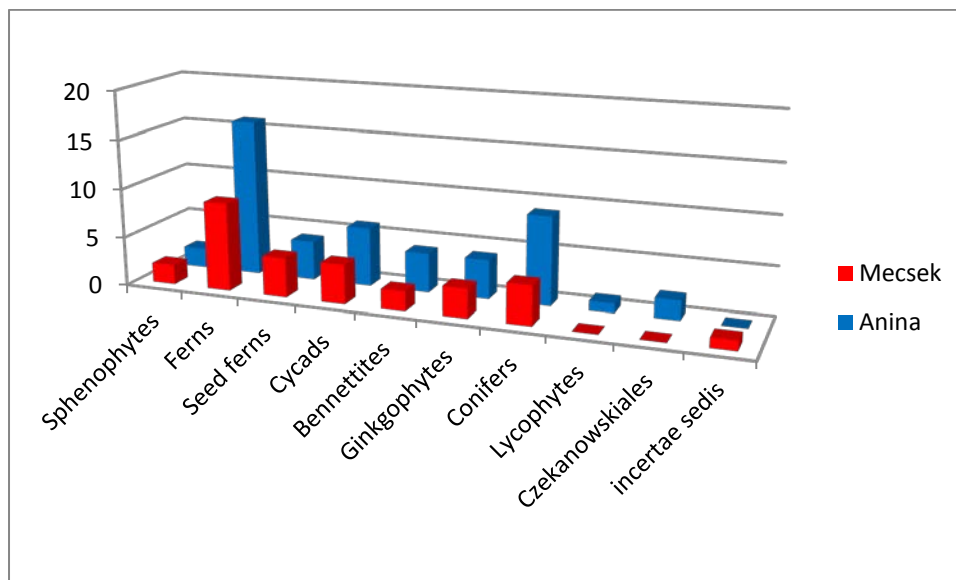
| | Anina (példány darab) | Mecsek (példány darab) |
|--|-----------------------------|------------------------------|
| <i>Aninopteris formosa</i> | 1 | |
| <i>Anomozamites marginatus</i> | | 31 |
| <i>Baiera furcata</i> | | 57 |
| <i>Baiera</i> sp. | 2 | |
| <i>Bjuvia simplex</i> | | 28 |
| <i>Bjuvia</i> sp. | 2 | |
| <i>Brachyphyllum</i> sp. 1 | | 18 |
| <i>Brachyphyllum</i> sp. 2 | 1 | |
| <i>Cladophlebis</i> cf. <i>aktashensis</i> | 2 | |
| <i>Cladophlebis denticulata</i> | 65 | 58 |
| <i>Cladophlebis haiburnensis</i> | 30 | |
| <i>Cladophlebis haiburnensis</i> | | 36 |
| <i>Cladophlebis nebbensis</i> | 58 | |
| <i>Cladophlebis roessertii</i> | | 17 |
| <i>Cladophlebis</i> sp. | 119 | |
| <i>Cladophlebis</i> sp. X | 6 | |
| <i>Clathropteris meniscoides</i> | 1 | 194 |
| <i>Coniopteris hymenophylloides</i> | | 2 |
| <i>Coniopteris murrayana</i> | 8 | |
| <i>Coniopteris</i> sp. | 52 | |
| <i>Coniopteris spiralis</i> | 1 | |
| <i>Ctenis</i> cf. <i>grandifolia</i> | 12 | |

| | | |
|---|-----|-----|
| <i>Ctenis</i> sp. | | 1 |
| <i>Cupressinocladus</i> sp. | 2 | |
| <i>Czekanowskia rigida</i> | 1 | |
| <i>Desmiophyllum</i> sp | | 76 |
| <i>Dicksonia</i> sp. | 6 | |
| <i>Dictyophyllum nervulosum</i> | 5 | |
| <i>Dictyophyllum nilssonii</i> | 60 | 56 |
| <i>Dictyophyllum rugosum</i> | | 48 |
| <i>Dictyophyllum</i> sp. | 2 | |
| <i>Eboracia losifolia</i> | 1 | |
| <i>Elatides</i> sp. | 6 | |
| <i>Elatocladus</i> sp. | 13 | 366 |
| <i>Equisetites columnaris</i> | | 53 |
| <i>Equisetites muensteri</i> | | 56 |
| <i>Equisetites</i> sp. 1 | | 24 |
| <i>Equisetites</i> sp. A | 12 | |
| <i>Geinitzia</i> sp. | 17 | |
| <i>Ginkgoites marginatus</i> | | 121 |
| <i>Ginkgoites minuta</i> | | 1 |
| <i>Ginkgoites</i> sp. 1 | | 93 |
| <i>Ginkgoites</i> sp. 2 | 41 | |
| <i>Hausmannia buchii</i> | 5 | |
| <i>Hausmannia cf. dentata</i> | 2 | |
| <i>Hausmannia</i> sp. | 1 | |
| <i>Isoetites</i> sp. | 1 | |
| <i>Komlopteris nordenskiöldii</i> | 2 | 552 |
| <i>Komlopteris</i> sp. | 1 | |
| <i>Kylikioteris arguta</i> | 20 | |
| <i>Kylikipteris</i> sp. | 1 | |
| <i>Marattia (Marattiopsis)</i> | 2 | |
| <i>Marattia (Marattiopsis) intermedia</i> | 4 | |
| <i>Marattia (Marattiopsis) sp.</i> | 1 | |
| <i>Marattiopsis hoerensis</i> | | 45 |
| <i>Matonia braunii</i> | 70 | |
| <i>Neocalamites (Schizoneura) carcinoides</i> | 142 | 46 |
| <i>Neocalamites</i> sp. A | 8 | |
| <i>Nilssonia obtusa</i> | | 181 |
| <i>Nilssonia polymorpha</i> | | 30 |
| <i>Nilssonia revoluta</i> | | 18 |
| <i>Nilssonia</i> sp. C | 26 | |
| <i>Nilssonia</i> sp. A | 78 | |
| <i>Nilssonia</i> sp. B | 9 | |
| <i>Nilssoniopteris</i> | 4 | |
| <i>Osmundopsis cf. sturii</i> | 2 | |
| <i>Otozamites</i> sp. A | 1 | |

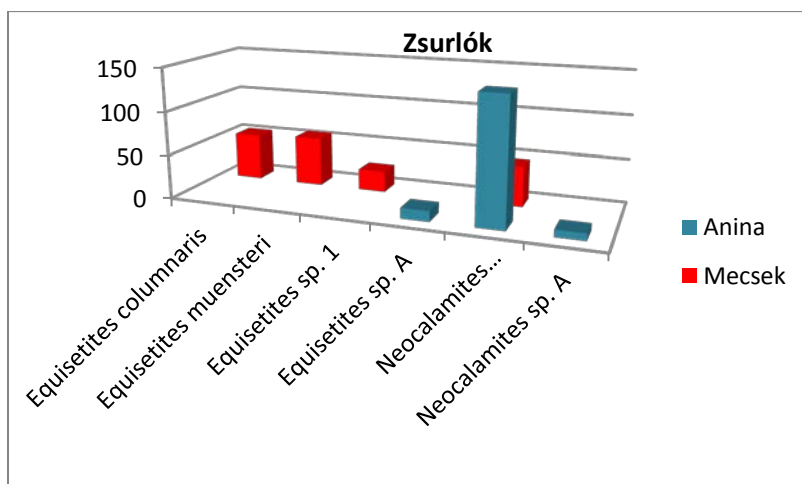
| | | |
|-----------------------------------|----|-----|
| <i>Otozamites</i> sp. <i>B</i> | 1 | |
| <i>Pachypteris banatica</i> | | 1 |
| <i>Pachypteris rhomboidalis</i> | 1 | |
| <i>Pachypteris</i> sp. | 2 | |
| <i>Pachyptersi speciosa</i> | 64 | |
| <i>Pagiophyllum</i> sp. 2 | 6 | |
| <i>Pagiophyllum</i> sp. 1 | | 127 |
| <i>Pagiophyllum</i> sp. A | 7 | |
| <i>Phlebopteris angustiloba</i> | 1 | 75 |
| <i>Phlebopteris formosa</i> | 9 | |
| <i>Phlebopteris polypodioides</i> | 1 | |
| <i>Phlebopteris</i> sp. 2 | 4 | |
| <i>Phlebopteris</i> sp. 1 | | 112 |
| <i>Phlebopteris</i> sp. A | 1 | |
| <i>Phlebopteris woodwardii</i> | 18 | |
| <i>Phoenicopsis angustifolia</i> | 7 | |
| <i>Phoenicopsis</i> sp. | 10 | |
| <i>Pinites</i> sp. | 37 | |
| <i>Podozamites distans</i> | 7 | |
| <i>Podozamites lanceolatus</i> | | 1 |
| <i>Podozamites paucinervis</i> | 43 | |
| <i>Podozamites</i> sp. 2 | 11 | |
| <i>Podozamites</i> sp. 1 | | 29 |
| <i>Pseudoctenis</i> sp. 1 | | 1 |
| <i>Pseudoctenis</i> sp. 2 | 1 | |
| <i>Pseudocycas</i> sp. | 2 | |
| <i>Pterophyllum brevipenne</i> | 6 | |
| <i>Pterophyllum longifolium</i> | 7 | |
| <i>Pterophyllum</i> sp. | 24 | |
| <i>Pterophyllum subaequale</i> | | 9 |
| <i>Ptilophyllum</i> sp. | 22 | |
| <i>Ptilozamites cycadea</i> | 2 | 140 |
| <i>Ptilozamites leckenbyi</i> | 1 | |
| <i>Raphaelia</i> sp. | 2 | |
| <i>Sagenopteris</i> sp. 2 | 13 | |
| <i>Sagenopteris</i> sp. 1 | | 312 |
| <i>Solenites</i> sp. | 5 | |
| <i>Sphenobaiera dragastanii</i> | 1 | |
| <i>Sphenobaiera grandis</i> | 3 | |
| <i>Sphenobaiera leptophylla</i> | | 21 |
| <i>Sphenobaiera longifolia</i> | | 31 |
| <i>Sphenobaiera</i> sp. | 54 | |
| <i>Sphenobaiera spectabilis</i> | 2 | |
| <i>Sphenopteris</i> sp. | | 2 |
| <i>Storgaardia johanna</i> | 1 | |

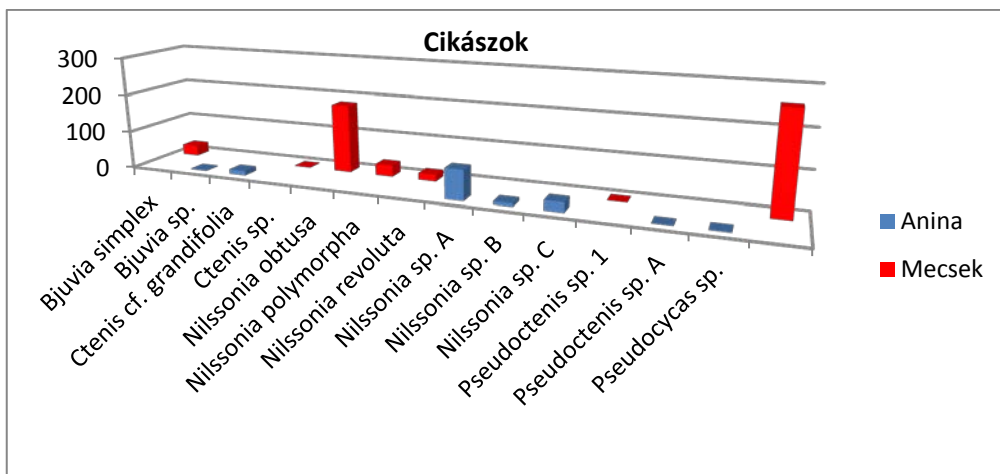
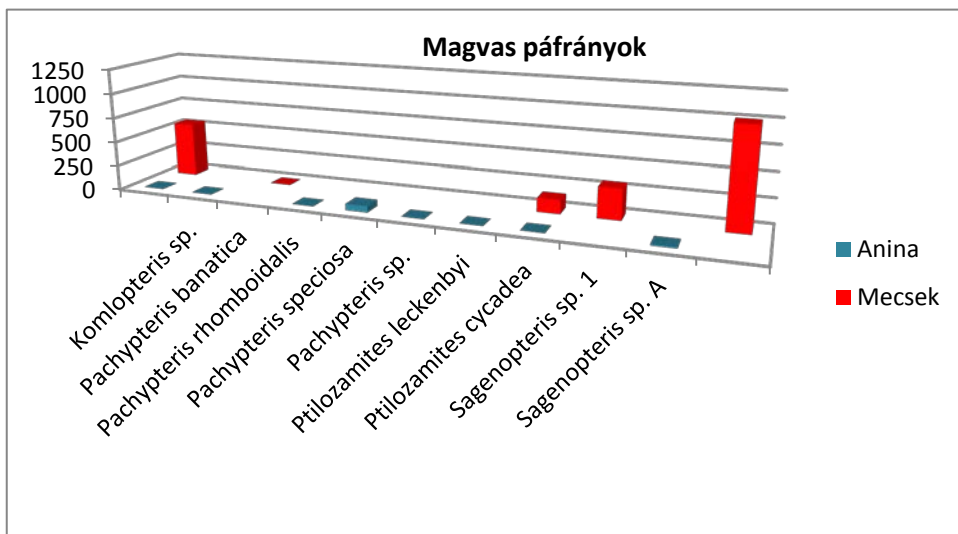
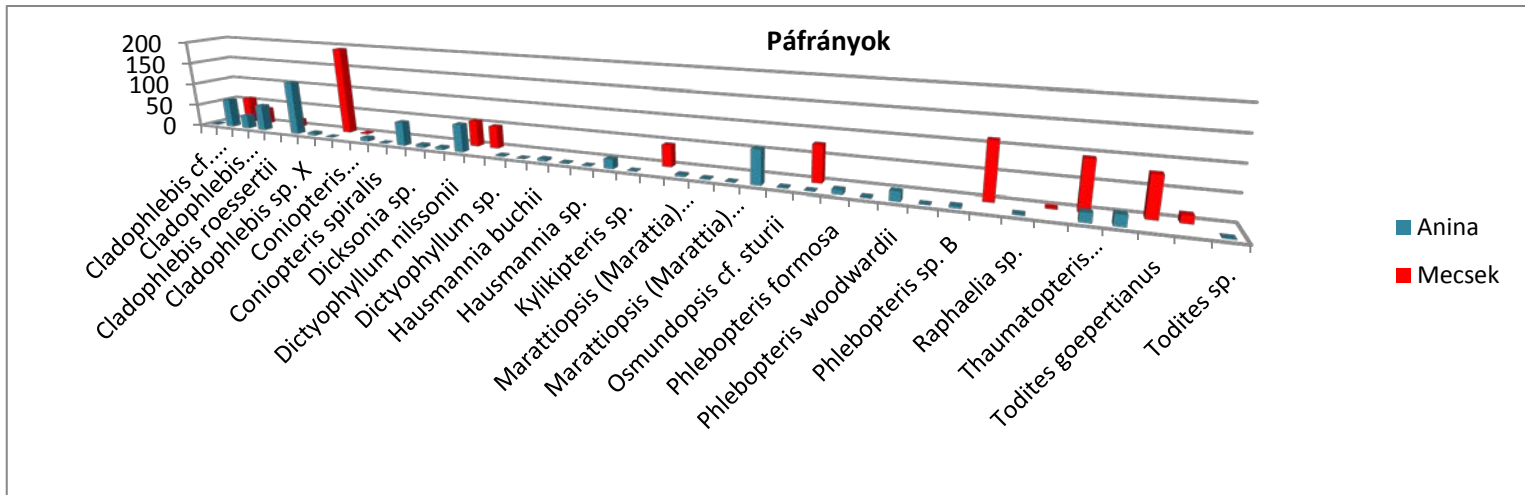
| | | |
|---------------------------------|------|------|
| <i>Storgardia soectabilis</i> | 3 | |
| <i>Storgardia</i> sp. | 8 | |
| <i>Thaumatopteris brauniana</i> | 18 | 94 |
| <i>Thaumatopteris</i> sp. | 21 | |
| <i>Todites goepertianus</i> | | 78 |
| <i>Todites princeps</i> | | 15 |
| <i>Todites</i> sp. | 1 | |
| <i>Zamites aninensis</i> | 3 | |
| <i>Zamites schmiedelii</i> | 34 | |
| <i>Zamites</i> sp. | 14 | |
| összes példányszám | 1384 | 3256 |

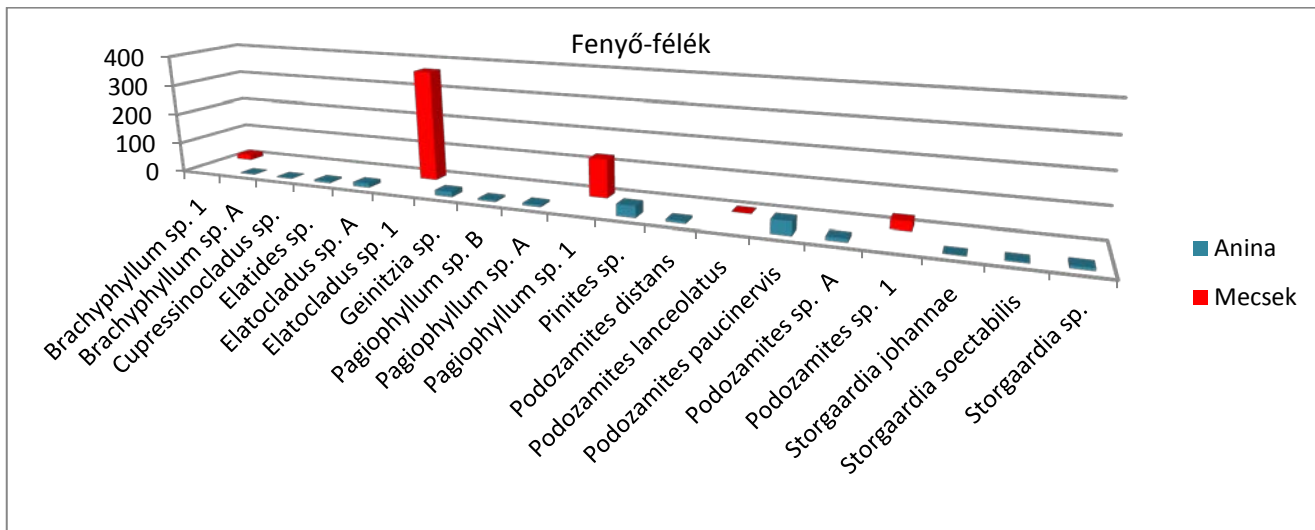
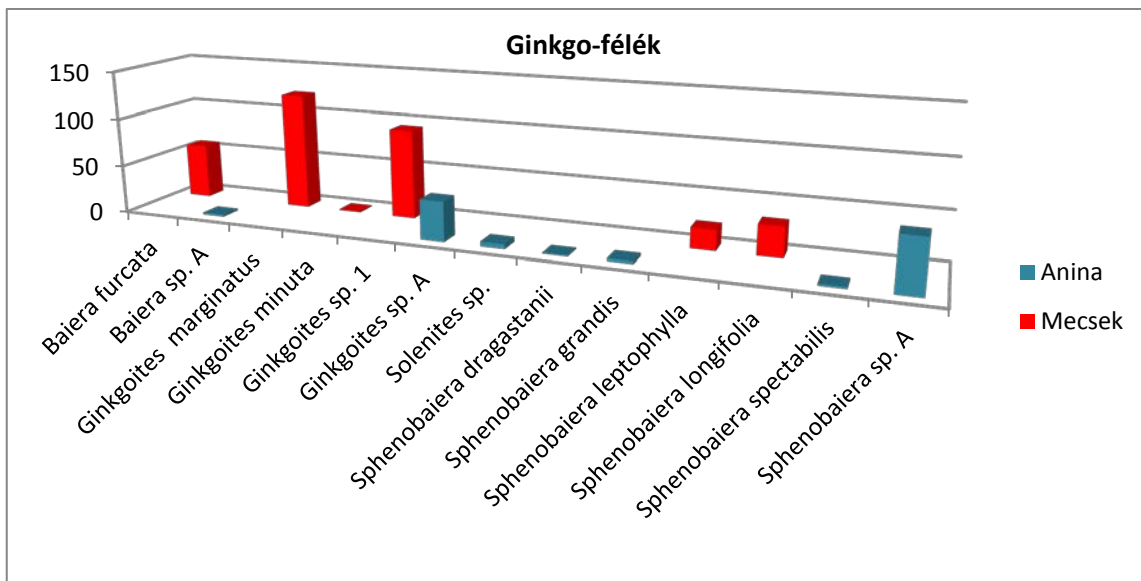
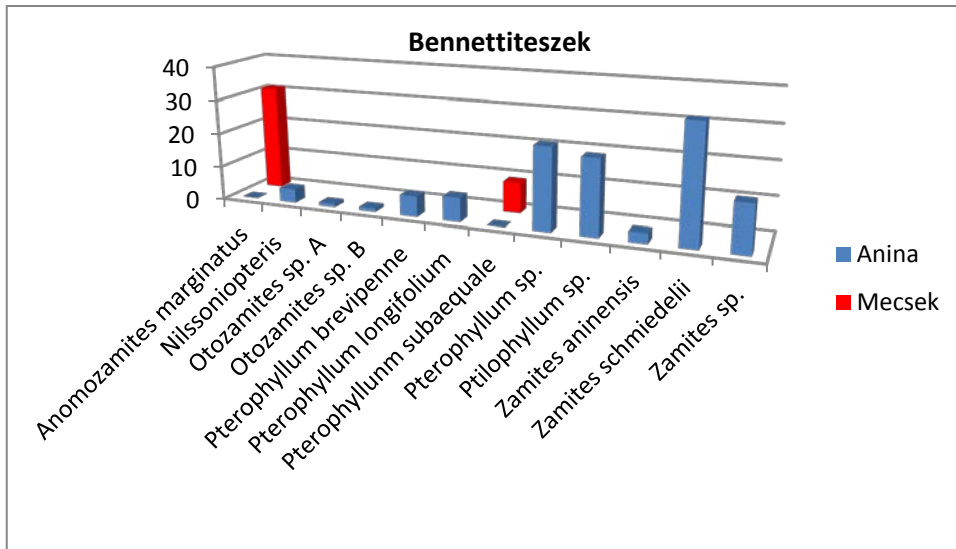
4. Táblázat. Fajösszetétel a mecseki- és aninai lelőhelyeken.



7. ábra. A főbb taxonómiai csoportokon belül a faji összetétel és a mennyiségi adatok ellenkező tendenciákat mutatnak a két lelőhelyen.

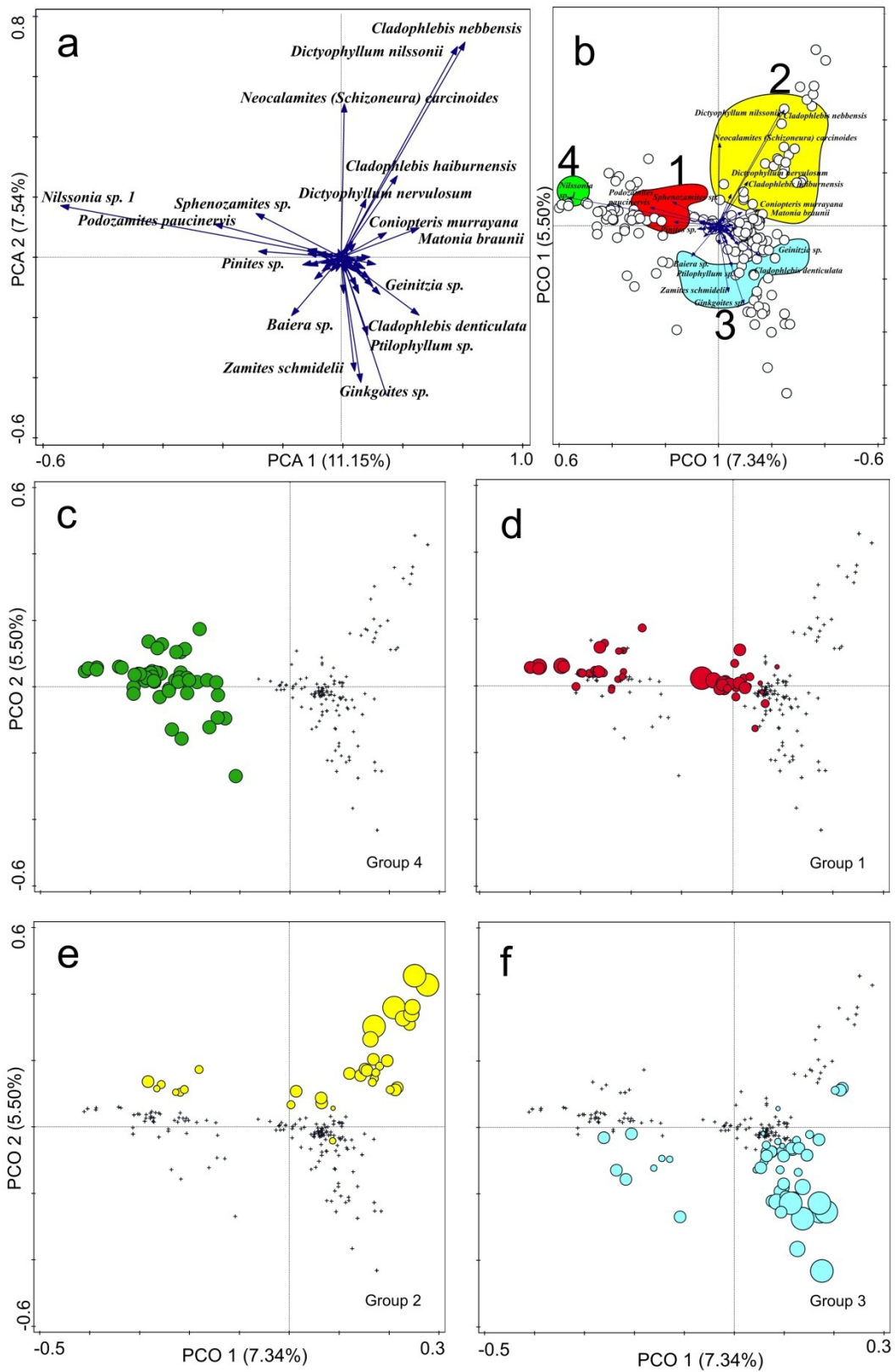






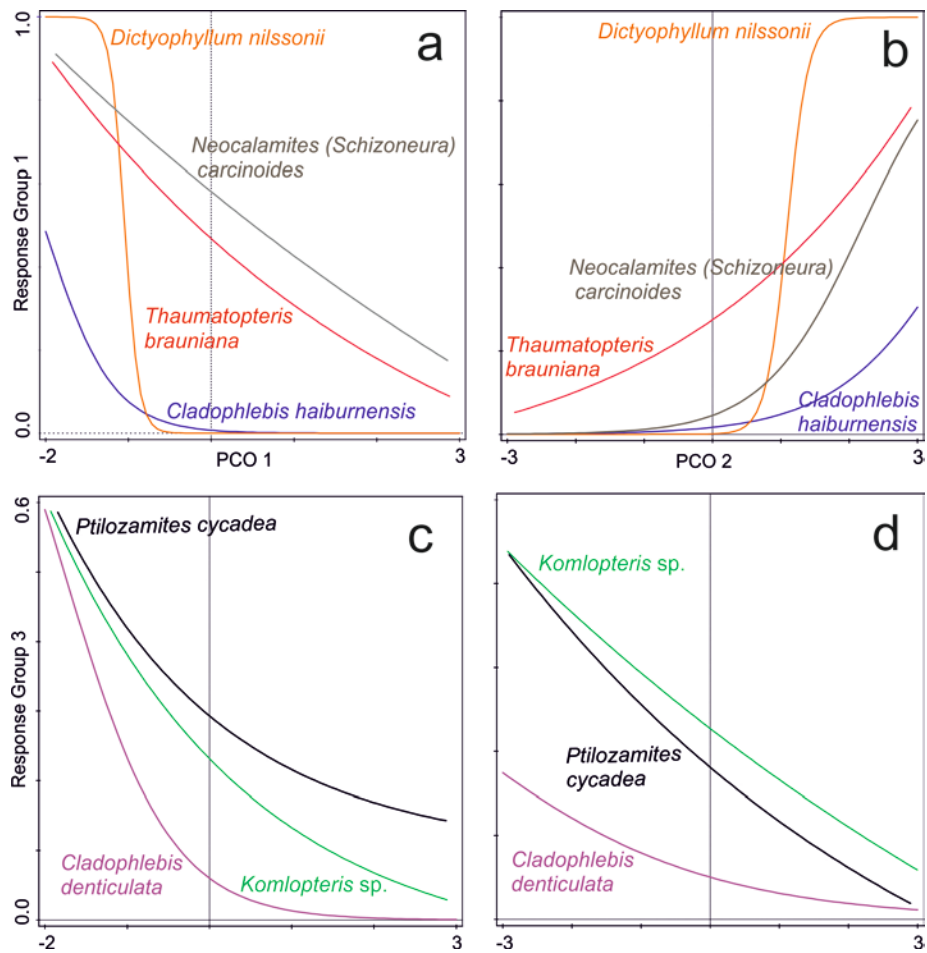
8. ábra. A taxonómiai csoportok szerinti faj összetétel összehasonlítása mecseki és aninai lelőhelyeken.

3.2. A PCA segítségével Aninában négy ökcsoportot különítettünk el (8. ábra). Az ökcsoportok összetétele és az ismert növények környezeti igénye alapján feltételezően a tengely 1 (PCO 1) a nedvesség és zavartság gradiensét-, tengely 2 (PCO 2) a hőmérséklet gradiensét mutatja. Ennek megfelelően az 1. ökcsoport, amelyet legkevésbé befolyásoltak a fenti tényezők által, a folyóhát növényzetének megfeleltethető (a legmagasabb emelkedők az aninai tájképen). Ez volt a legfejlettebb szukcessziós stádium (főleg fás növények). Ez a terület legkevésbé volt veszélyeztetett az árvíz által. A 2. ökcsoport kolonista jellegű, főleg zsurlókból és páfrányokból áll. Nedvesebb, zavartabb, és egyben hűvösebb környezetre jellemző. A 3. ökcsoportban ginkó-félék és benettiteszek domináltak, melyek magasabb hőmérsékletű és magasabb nedvességű körülményekben éltek. Összefüggésben volt a mocsaras környezettel, és magas volt a szénképzési potenciálja. Ez a csoport tipikus szinemuri elemeket mutat. Az analízis ezeket az elemeket világosan elkülönítette a többiektől. A 4. ökcsoportot csak egy cikász faj képezte, amely viszonylag száraz és zavartalan környezetet kedvelt.

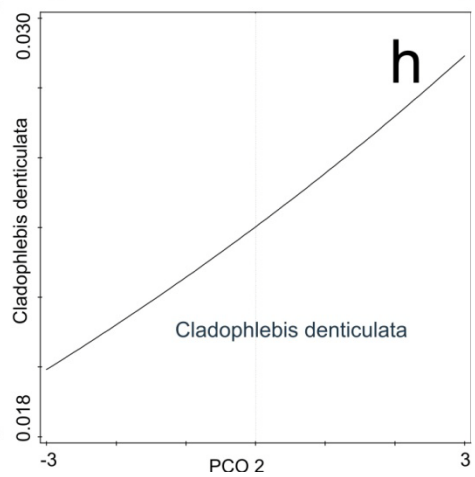
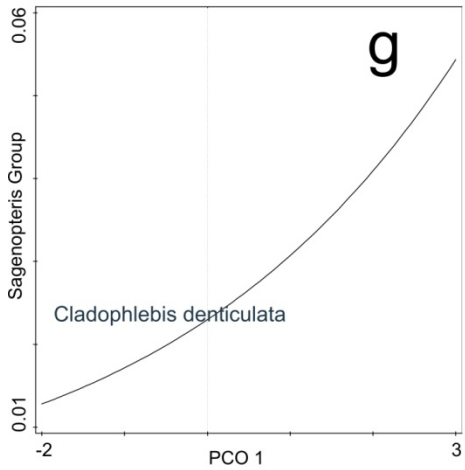
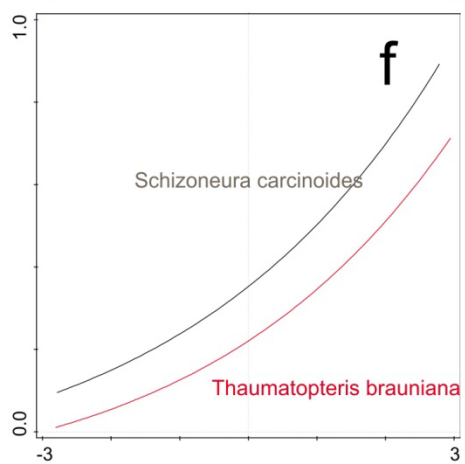
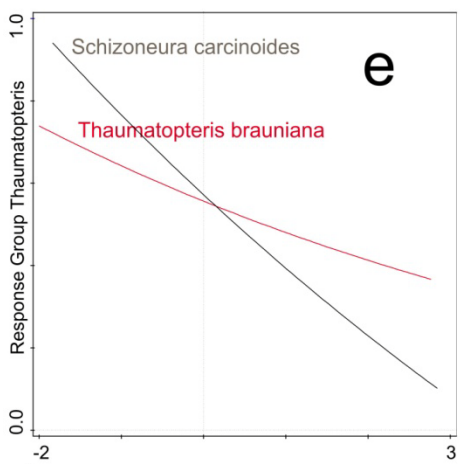
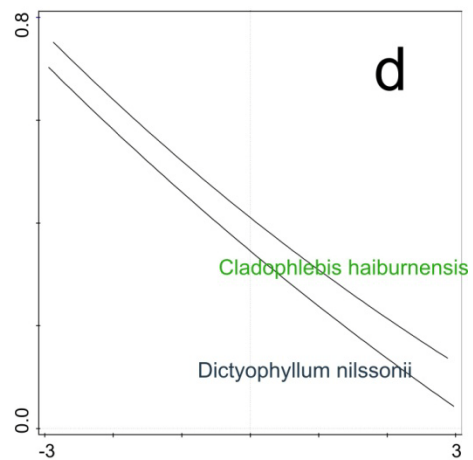
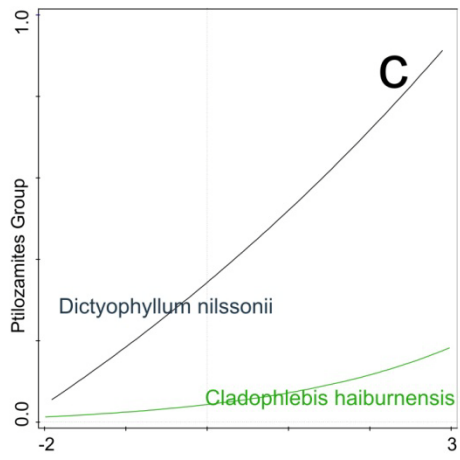
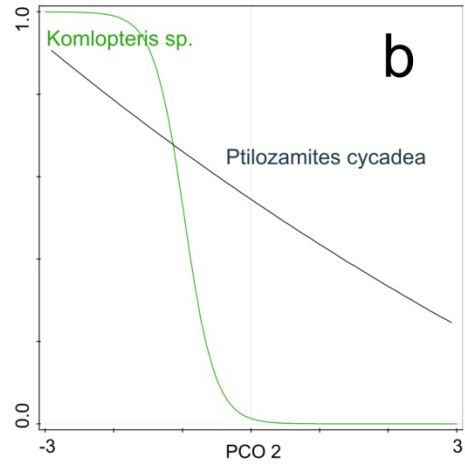
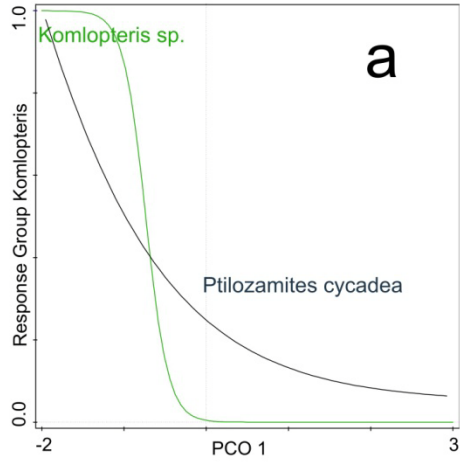


9. ábra. PCA – aninai ökokocportok és elterültségük. A tengely 1 – a zavartság és nedvesség gradiense, tengely 2 – a hőmérséklet gradiense.

3.3.A GML analízis vizuális megjelenítése az egyes fajok ökológiai igényeit külön ábrázolja a környezeti tényezők függvényében. A legjobban a PCA-val elkülönített ökocsoportok közös fajainak elemzése mutatta ki a környezeti különbségeket. Az egyforma vagy hasonló lefutású görbék a fajok hasonló ökológiai igényeire utalnak. A görbék különböző lefutása a fajok eloszlási intenzitását mutatják a hipotetikus gradiens mentén. A Mecsek és Anina 7 közös fajának analízisét is elvégeztünk. Az ökocsoportokat leginkább befolyásoló tényezők száma a Mecsekben kettő- (nedvesség és zavartság), Aninában három (a nedvesség és zavartság fokán kívül ahőmérséklet játszik fontos szerepet). Észrevehető, hogy a fajok környezeti preferenciák különböznek a két lelőhelyen. A Mecsekben a *Neocalamites (Schizoneura) carcinoides* és a *Thaumatopteris brauniana* másképpen reagáltak a környezeti tényezőkre, mint a *Dictyophyllum nilssonii* és a *Cladophlebis haiburnensis*, amíg Aninában hasonló preferenciákat mutatnak. Hasonló a *Cladophlebis denticulata* esete, mely a Mecsekben más preferenciát mutat mint a *Komlopteris nordenskiöldii* és a *Ptilozamites cycadea*, Aninában azonosan viszonyulnak a környezethez. Csak a *Komlopteris nordenskiöldii* és a *Ptilozamites cycadea* mutat hasonló trendeket mindkét lelőhelyen és mindkét esetben ellentétesek voltak a *Dictyophyllum nilssonii* és a *Cladophlebis haiburnensis* preferenciájához viszonyítva.



11. ábra. A közös fajok környezeti igényei Aninában (az aninai ökcsoportok szerint). PCO1 – a nedvesség és a zavartság gradiense, PCO2 – a hőmérséklet gradiense.



12. ábra. A közös fajok környezeti igényei Mecsekben (a mecseki ökcsoportok szerint). PCO1 – a nedvesség gradiense, PCO2 – a zavartság gradiense.

A kutatás fő teljesítései és hasznosulásuk:

1. Az európai jura flórák elemzése először történt meg, és a teljes publikált adatbázissal együtt értékes alapot biztosít a nemzetközi kutatások számára. Bemutattuk a módszert az allochton lelőhelyek paleokörnyezetének megállapítására (előadás nemzetközi konferencián, Leiden, megjelent publikáció Acta Palaeobotanica).
2. Különböző statisztikai módszerekkel bebizonyítottuk, hogy az ökcsoportok megállapítása stabil alapokon áll, és autochton valamint paraautochton lelőhelyeken használható. Ilyen típusú vizsgálatot elsőként kezdeményeztem és fejlesztettem. A használt PCA és GLM analízisek ebben az alkalmazásban először voltak használva. Publikálásra kerül, mint új vizsgálati módszer a fosszilis növények reakciójának megállapítására a környezeti hatásokra (publikáció elkészült, beküldve a Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology -be).
3. Pontosítottuk Forgács Zoltán doktori dolgozatához képest a Máza-dél mintaterületre eső fúrások geofizikai szelvényeinek feldolgozását, és ez alapján elkészült paleotopográfiai modellt (ez hozzávetőleg 350 km karotázsgörbét jelent).
4. Elkészítettük a Mecseki Kőszén Formációt harántoló 14 fúrás alapján a medence keresztshelvényét. Ez a szekvenciák azonosítását is tartalmazza, a fúrások részletes, multiproxi kiértékelésén alapul. Ez jelenleg a legátfogóbb, és legrészletesebb fúrásfeldolgozás, ami a Mecseki Kőszén Formáció teljes medencéjéről rendelkezésre áll.
5. Teljesen újdonságnak tekinthető a mezozoikumban a szedimentológiai és paleobotanikai adatokat integráló környezeti rekonstrukciós munka. Bebizonyítottunk, hogy a kapott terep finom topográfiája és a fosszilis növények előfordulása között szoros, jól kimutatható összefüggés van. Ez hasznosítható a környezetváltozások követésére a növények alapján az autochton és paraautochton lelőhelyeken az ökcsoportok kijelölése után. Az elért eredményeknek fontos szerepe lesz a további nemzetközi paleoökológiai kutatásokban (poszter nemzetközi konferencián, cikk PPP-be, bírálat után).

6. A jelen kutatás eredményeként számos fosszilis fajnak pontosítottunk a környezeti igényeit és alkalmazkodását. Ez képezi az alapját más kutatók számára a paleoökológiai következtetésekhez vezető munkának az allochton-, vagy statisztikai elemzésekre alkalmatlan flórák esetében.
7. Kimutattunk, hogy a látszólagosan hasonló (és addig hasonlóknak is tekintett), mecseki és aninai lelőhelynek, korban megfelelő és viszonylag egymáshoz közelálló flórája jelentősen különbözik a fajok taxonómiai és mennyiségi összetételében. Az eltérések különböző, de elvileg közelálló delta és folyami környezetek finom helyi topográfiai és mikroklíma jellegű változásaival magyarázhatóak. Elsőként végeztünk ilyen típusú, mélyebb összefüggéseket vizsgáló összehasonlítást két lelőhely között, és bebizonyítottunk az alkalmazott módszerek pontosságát és használhatóságát (a cikk megjelent).
8. Kimutattuk, hogy az idősebb flórák is a paleoökológiai elemzés megfelelő alapjául szolgálhatnak, és valós biotópok rekonstruálását teszik lehetővé. A fosszilis növények ebben kulcs szerepet töltenek be.