

## A Kárpát-medence holocén vegetációtörténete: erdőtörténeti fázisok új köntösben

A Kárpát-medence történeti növényföldrajzi kutatásának egyik fontos eleme a holocén időszak (11700 évtől napjainkig), mely a mai vegetációs kép kialakulásában meghatározó felmelegedési fázis, azaz interglaciális időszak. Ebből az időszakból a Kárpát-medencében számos tavi, lápi, valamint alföldi környezetben morotva-tavi üledékszervényt ismerünk, melyek pollen és növényi makrofosszília vizsgálata a korszakra vonatkozó vegetációdinamikai kutatások fő pillére. A hazánk területén vizsgált holocén pollenszervények helyzetét az 1. ábra mutatja.

Végigtekintve a pollenanalitikai kutatások történetiségét, számos kutató munkásságát említhetjük az elmúlt közel 100 évből, mint pl. Gustav Kintzler, Zólyomi Bálint, Csinyády Gerő, Vozáry Elemér, Borsy Zoltánné, Félegyházi Enikő, Járainé Komlódi Magda, Miháltzné Faragó Mária, Nagyné Bodor Elvira, Siegl-Farkas Ágnes, és az elmúlt évtizedekben Juhász Imola, Medzihradzky Zsófia, Kathrine J. Willis, Adam Gardner és Magyar Enikő. A hazai botanikai kutatásokra legnagyobb hatást gyakorló személyiségek közülük az 1930-as évektől az 1980-as évek végéig Zólyomi Bálint és Járainé Komlódi Magda voltak.



**1. ábra** Az utolsó 30000 év vegetációváltozásait lefedő pollenszervények helyzete Magyarország területén különös tekintettel Kelet-Magyarországra. A piros körök radiokarbon kronológia nélküli, míg az sárga körök radiokarbonnal korolt pollenszervényeket jelölnek. A pollenszervények feldolgozottsága a 2002-es állapotot mutatja és az adatsor nem teljes.

1. Mezőberény; 2. Tiszafüred; 3. Szeged – Öthalom; 4. Kiskunfélegyháza; 5. Tímár; 6. Alpár, Tőserdő; 7. Kiskálló; 8. Nagykálló; 9. Döge; 10. Nagyrozvány; 11. Bodroghalom; 12. Isaszeg; 13. Sárrét, Nádasladány; 14. Vörös-mocsár, Császártöltés; 15. Zsombó-mocsár; 16. Kismohos; 17. Nagymohos; 18. Egerbakta; 19. Sirok, Nyírjes-tó; 20. Fekete-tó, Galya-tető; 21. Kőris-mocsár, Galya-tető; 22. Tólab, Visegrádi Monuntain; 23. H-8 meander Ercs és Gíbárt közt, Hernád-folyó; 24. H-10 meander Ercs és Gíbárt közt, Hernád-folyó; 25. H-5 meander Halmaj és Nagykinizs közt, Hernád-folyó; 26. H-14 meander, Göncruszka; 27. H-17 meander, Hidasnémeti és Gönc köt, Hernád-folyó; 28. Nyíres-tó; 29. Báb-tava; 30. Csaroda; 31. Vajai-tó; 32. Bátorliget; 33. Diószegi út, Debrecen; 34. P1 meander, Pocsaj; 35. P2 meander, Pocsaj; 36. P3 meander, Pocsaj; 37. P4 meander, Pocsaj; 38. P5 meander, Pocsaj; 39. Pocsaji láp, Tövises-ér; 40. KM-1 meander, Kismarja; 41. KM-2 meander, Kismarja; 42. KM-3 meander, Kismarja; 43. Tiszaigaz meander; 44. Kengyel-ér, Polgár; 45. Hódos-ér, Polgár; 46. Sarló-hát, Tiszagyulaháza; 47. Polgar 2a, Tiszadob; 48. Király-ér, Polgár; 49. Györgyartló, Vangel-dűlő; 50. Gávavencsellő, Malom-ér; 51. Kolon-tó; 52. Bócsai-tó; 53. Tarnabod; 54. Tiszacsermely meander; 55. Magasorom meander; 56. Vörös-tó, Aggtelek; 57. Kokadi-láp; 58. Súr; 59. Vindornya; 60. Lesenceistvánd; 61. Sávoly, Nagyberék; 62. Keszthely, Úsztató-majör; 63. Belső-tó, Külső-tó, Tihany; 64. Szőcei-láp, Kemeneshát; 65. Farkasfai úszóláp; 66. Tapolcai-medence, Badacsonytördemic; 67. Petényi barlang; 68. Velencei-tó; 69. Fehér-tó, Kardoskút; 70. P1 meander, Polgár; 71. Ócsai-láp; 72. Dunakeszi; 73. Hévízi-tó; 74. Kémence-patak, Zemplém-hg.; 75. Győr, Szabadrét-domb; 76. Rejteki kőfülke; 77. Szakáll-Testhalom Bronzkori tell; 78. Szeleta barlang; 79. Tököl meander; 80. Főnyed; 81. Fenékpusztá; 82. Zalavár; 83. Alsópáhok; 84. Pötréte; 85. Pölöske; 86. Szigliget; 87. Csögle; 88. Jankovich-barlang; 89. Kállósemjén, Nagymohos

Az 1960-as 70-es évek koncepcióját követve, Járai-Komlódi kutatásaiban arra törekedett, hogy belehelyezze a kárpát-medencei holocén vegetációváltozások dinamikáját a közép-európai általános trendbe, meghatározza a 20. század közepére jellemző kronosztratigráfiai egységek Kárpát-medencére vonatkozó általános vegetációtartalmát, elfogadva a Ny-Európában radiokarbon kormeghatározással megállapított kronozóna határokat, ugyanakkor nem törekedve ezeknek a kárpát-medencei szelvényekben történő verifikálására. Ez a szemlélet a holocént öt nagy vegetációtörténeti fázisra osztja:

1. preboreális
2. boreális
3. atlantikus
4. szubboreális
5. szubatlantikus

Az 1. táblázat részletezi ezeknek a kronosztratigráfiai egységeknek az időhatárait.

**1. táblázat** A holocén időszak kronosztratigráfiai tagolása ÉNy-európai pollenszelvények és tőzgepsztratigráfiai megfigyelések alapján. Járai-Komlódi (2006) lversen és Mangerud kronológiai határait fogadta el, melyeket a szerzők a kor tudományos szintjének megfelelően kalibrálatlan 14C BP adatok formájában adtak meg. Ezek kalibrációját a táblázat negyedik oszlopa tartalmazza az IntCal13 kalibrációs görbe alapján. A zárójelben feltüntetett értéktartományok a kalibrált korok 2 szigma intervallumai. A táblázat ötödik és hatodik oszlopai a preboreális és boreális kronozónák időhatárai esetén mutatnak eltérést, az INQUA ajánlása alapján.

Holocén kronozónák	Holocén erdő-történeti fázisok	Mangerud et al. (1974) szerint, kalibrálatlan BP évek	kalibrált BP intervallumok	INQUA* szerint kalibrálatlan BP évek	kalibrált BP intervallumok
Preboreális	fenyő-nyír	10000-9000	11500 (11270-11650) 10200 (10120-10245)	10300-9000	12100 (11940-12250) 10200 (10120-10245)
Boreális	mogyoró	9000-8000	10200 (10120-10245) 8850 (8700-9010)	9000-7500	10200 (10120-10245) 8300 (8200-8390)
Atlantikus	tölgy	8000-5000	8850 (8700-9010) 5700 (5640-5800)	7500-5000	8300 (8200-8390) 5700 (5640-5800)
Szubboreális	bükk 1	5000-2500	5700 (5640-5800) 2600 (2425-2740)	5000-2500	5700 (5640-5800) 2600 (2425-2740)
Szubatlantikus	bükk 2	2500-	2600 (2425-2740) - től napjainkig	2500-	2600 (2425-2740) -tól napjainkig

INQUA: International Union for Quaternary Science

Járai-Komlódi 2006-ban megjelent tanulmányában is konvencionális radiokarbon kronológia mentén jelentek meg mind a holocén vegetációfázisok, mind a régészeti korszakok. Ezek kalibrált, a valós naptári korokhoz közelebb álló az 1. táblázat negyedik és hatodik oszlopai tartalmazzák. Ezt a koncepciót Európa számos országában alkalmazták a 20. században, és egyszerűségük, elterjedtségük miatt ma is sok publikációban megjelenő fogalmak (pl. atlanti klíma optimum, szubatlanti nedvességnövekedés), és néhány vegetációtörténeti összefoglaló mű is alkalmazza. Ugyanakkor pontosan megtévesztő vegetációtartamuk miatt, és részben a kronológiai határok területenkénti eltérései miatt, ma már a legtöbb holocén vegetációdinamikával foglalkozó tanulmány kerüli ezeknek a kifejezéseknek az alkalmazását. Már a 20. század második felében kialakult, és hamar el-

terjedtté vált az a szemlélet, mely abszolút (főként radiokarbon kronológián alapuló) időskálák mentén vizsgálja a pollendiagramokat, a szárazföldi pollenösszletekben bekövetkező változásokat matematikai módszerekkel, varianciacsökkenési függvényekkel határozza meg (bináris osztás, optimális osztás, információtartalom alapján történő osztás), majd az így megállapított holocén lokális pollenzónákat növényföldrajzi egységenként veti össze, és határozza meg a holocén vegetációdinamika területre érvényes rendszerét radiokarbon időskála mentén. Ez a szemlélet a változásokat időhöz köti. Az alábbiakban ezt a megközelítést alkalmazzuk Kelet-Magyarország vonatkozásában, ahol növényföldrajzi értelemben több egymástól jelentősen eltérő karakterű tájat különíthetünk el (pl. Beregi-sík, Taktaköz, Hortobágy, Északi-középhegység), közülük is kiemelendők a középhegységi területek, melyek holocén vegetációdinamikája az eltérő makroklima, kitettség és alapkőzet miatt jelentősen eltérnek az alföldi tájaktól. A lokális pollenzónák többváltozós ana-

lízissel végzett összevetése alapján az alábbiakban a holocén időszak fő vegetációtörténeti egységeit ismertetjük az Észak- és Északkelet- Alföldön, valamint az Északi- Középhegységben.

### Térségi trendek az Észak-Alföld és Északi- Középhegység holocén vegetációdinamikájában

Kelet-Magyarország holocén vegetációdinamikájának térségi trendjeire a radiokarbon módszerrel datált pollenszelvények összehasonlításával tehetünk kísérletet. Ilyen szelvények a Polgár közelében található Saró-hát, a Beregi-síkon a Báb-tava és a Nyírestő, a Nyírségben a Bátorligeti-láp, az Északi- Középhegységben a Siroki-láp, a Nagymohos és a Kismohos (1. ábra). Ezen pollenszelvények közül a leghosszabbak és legpontosabban datáltak

holocén pollenzónáit a 2. ábra összegzi. Ezt egészítik ki a Báb-tava és Sarló-hát pollenzelvényeinek főkomponens analízis eredményei (3. ábra), melyeket összevetettünk a holocén inszoláció és déli-kárpátoki júliusi középhőmérséklet rekonstrukció görbéivel.

### Ezek alapján a kirajzolódó holocén vegetációtörténeti egységek Kelet-Magyarországon a következők:

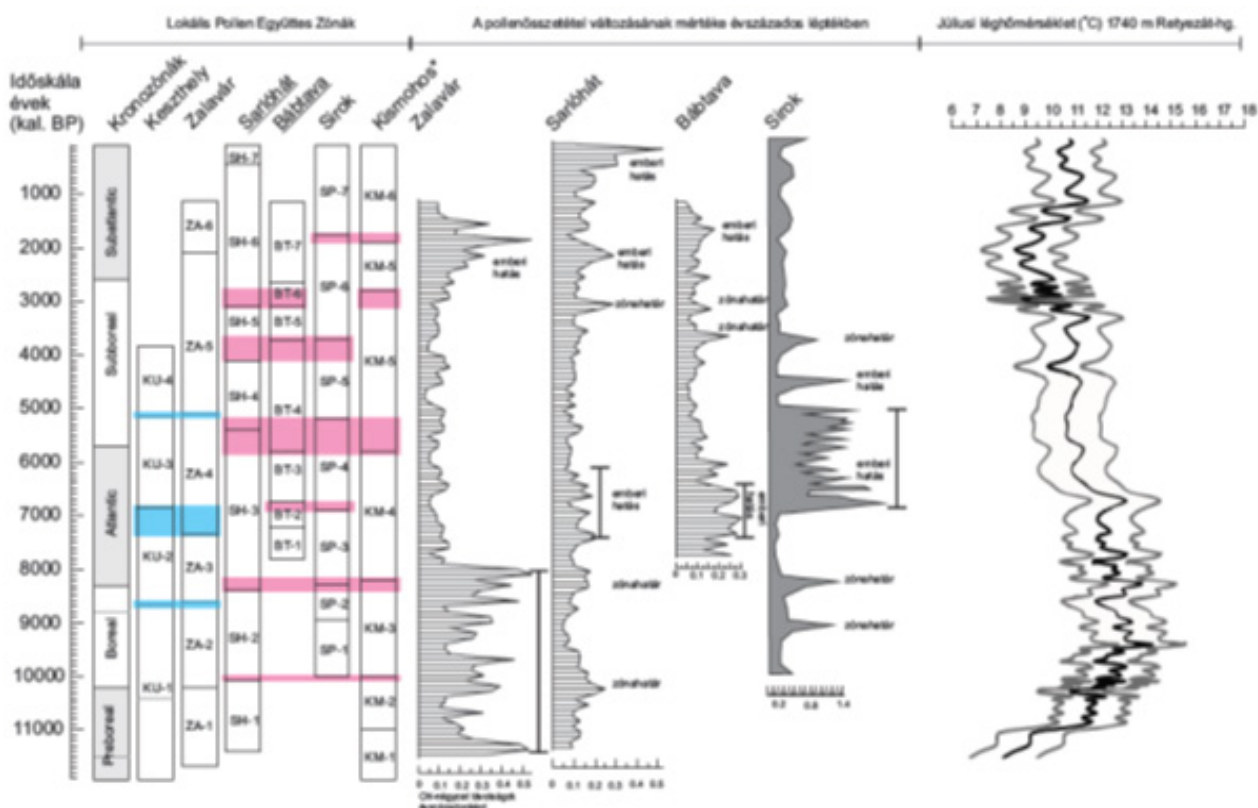
11700-10100 évek: Az Észak-Alföldön az eredi fenyő (*Pinus sylvestris*) és a nyírek (*Betula pubescens*, *B. pendula*) még jelentős erdőalkotók voltak a tájban ebben az időszakban. Jelen voltak az alluviális síkokon is. Alföldi környezetben ugyanakkor ez az időszak a szilék (*Ulmus*), a pannon valamint magyar kőris (*Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia* ssp. *pannonica*) terjedésével és dominanciájával jellemezhető. Emellett jelen voltak a tájban a közepes hőtűrűsű mérsékeltövi lombhullató fák és cserjék is, mint például a hárs (*Tilia*), juhar (*Acer*), galagonya (*Crataegus*) és mogyoró (*Corylus*). Az Észak-Alföldet kevertlombú erdős-sztyep táj jellemezte ebben az időszakban, jelentős, 30%-ot meghaladó füves sztyep területarányal. Az Északi-középhegység 300-400 méter körüli régiói abban tértek el az Észak-Alföldtől, hogy itt már ebben az időszakban zárt erdők alakultak ki, az er-

dőkben pedig jelentősebb szerepet töltöttek be a tölgyek (*Quercus*) a szilékkel (*Ulmus*) szemben.

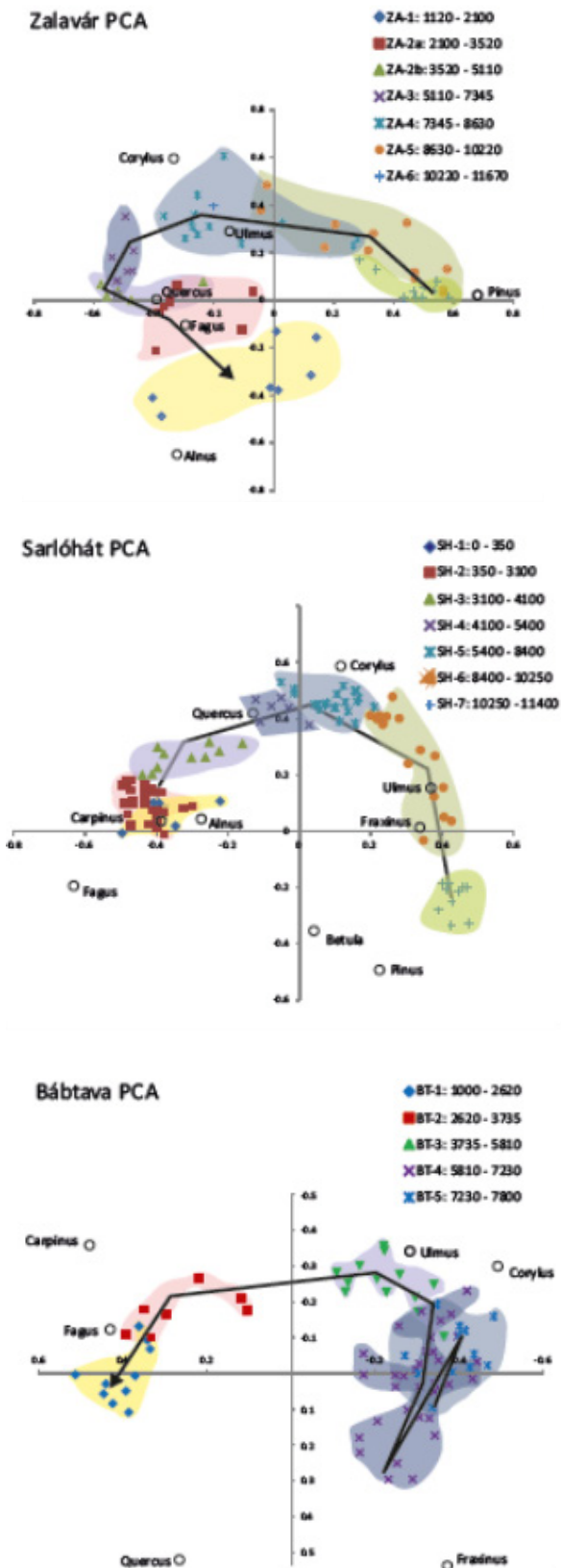
Helyenként a luc (*Picea abies*) jelentős erdőalkotó elem volt még a hegyvidéken és az Észak-Alföld egyes részein is.

10100-8300 évek: Az Észak-Alföldön a mogyoró (*Corylus avellana*) expanziójának és maximális kiterjedésének időszaka, a cserje terjedését a gyakran ismétlődő spontán erdőtűzek is elősegíthették. Jelentős volt a tájban a szilék (*Ulmus*), tölgyek (*Quercus*) és a kőrisek aránya (*Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia* ssp. *pannonica*). Az Észak-Alföld erdőborítása kissé emelkedett ebben az időszakban. Az Északi-középhegységben szintén jellemző volt a mogyoró (*Corylus avellana*) terjedése és dominanciája, de lokálisan hárs (*Tilia*), luc (*Picea abies*) és egyéb lombhullató fajok dominálta erdők is kialakultak. A mogyoró valószínűleg alacsony kevert tölgyes erőkben fordult elő. Fontos továbbá, hogy a bükk (*Fagus sylvatica*) és a gyertyán (*Carpinus betulus*) ebben az időszakban már biztosan jelen volt a dombsági/előhegységi tájban. A középhegységet zárt erdők uralták.

8300-5800 (5200) év: Az Észak-Alföldön a tölgy (*Quercus*) dominanciája jellemezte ezt az időszakot. A mérsékeltövi



2. ábra Statisztikai módszerekkel meghatározott lokális pollen együttes zónák néhány ÉK-magyarországi és dunántúli pollenzelvényben, valamint a pollenösszetétel változásának mértéke  $\chi^2$  statisztikával számolva. Sirok kivételével a pollenösszeteteket 100 éves időközökre átkalkuláltuk az analízis elvégzése előtt, így az eredmények számszerűleg összevethetők Zalavár, Sároshát és Báb-tava esetében. Az ábra jobb oldalán a Retyezát-hegységéből származó holocén júliusi középhőmérséklet rekonstrukció látható.



**3. ábra** Három magyarországi holocén pollenszelvény főkomponens analízisének eredményei az első két főkomponensre. A fászárú pollenösszetek százalékos eloszlását mindhárom szelvény esetében négyzetgyökös transzformációnak vetettük alá, majd kovariancia mátrixon határoztuk meg a diszsimilitásokat a hűrtávolság módszerével. A főkomponens értékeket időrendi sorrendben zónánként mutatjuk. A koordináta-rendszer a legfontosabb fás taxonok főkomponens súlyait is szemlélteti valamint az első 6 tengely főkomponens súlyain végzett klaszter analízis eredményeit.

lombhullató cserjék a mainál szélesebb fajspektrumban, és a maitól eltérő eloszlásban fordultak elő az Észak-Alföldön. Például a magyaI (*Ilex aquifolium*), a cserszömörce (*Cotynus coggyria*) és húsos som (*Cornus mas*) gyakoriak voltak és a szubmediterrán tölgyes erdős sztyeppek cserjeszintjében. A Beregi-sík hűvösebb mezoklimáját a mogoró (*Corylus avellana*), a szilek (*Ulmus sp.*) és kőrisek (*Fraxinus excelsior* és *Fraxinus angustifolia ssp. pannonica*) dominanciája jellemezte. Megjelenik a neolitikus emberi hatás a pollendiagramokban, mely sarjvágásra, epizodikus égetéses erdőirtásra és legeltetésre utal, különösen 7500 évtől. Az Északi-középhegységben szintén a tölgyek (*Quercus*) dominanciája jellemezte a zárt erdőket borított tájat, a gyertyán (*Carpinus betulus*) terjedése azonban lokálisan már 8300-6800 évek közt megindult. A következő időszak vegetációdinamikáját meghatározó gyertyán (*Carpinus betulus*) és bükk (*Fagus sylvatica*) terjedése eltérő időpontokban indult meg. Ez okozza az időszak végének kronológiai bizonytalanságát.

5800 (5200)-4100 (3700) év: A Beregi-síkon a gyertyán (*Carpinus betulus*), valamint az Északi-középhegység magasabban fekvő területein a bükk (*Fagus sylvatica*) terjedése 5800 évtől indult meg, mely a mogoró (*Corylus avellana*), szil (*Ulmus*) és kisebb részben a tölgy (*Quercus*) populációinak csökkenését vonta maga után. Az Észak-Alföld más tájain és a Bükkalján ezzel szemben a gyertyán (*Carpinus betulus*) terjedése csak 5200 évtől válik jelentőssé. Az Észak-Alföldön a középhegységgel szemben továbbra is jelentősek maradtak a kevert tölgyest alkotó fajok (*Quercus*, *Ulmus*, *Corylus*) ebben az időszakban. Az Alföldön az erdőborítás mértéke nőtt, de továbbra is részben erdőszűlt, erdősztyeppekkel borított a táj.

4100 (3700)-3100 év: Az Észak-Alföldön a gyertyán (*Carpinus betulus*) ekkor érte el legnagyobb részesedését az erdőben, nagy valószínűséggel jelentős szerepet játszott a magas ártéri alluviális erdőben. Bár a középhegység magasabb részein továbbra is a bükkösök domináltak, a gyertyán arányának regionális növekedése itt is érzékelhető a pollenszelvényekben, amiből önálló gyertyános-tölgyes öv kialakulására következtethetünk. A Siroki-láp ebben az erdőzónában helyezkedett el ekkor, és erdeiben ekkor indult meg a bükk (*Fagus sylvatica*) terjedése, aránya fokozatosan nőtt. A bükk terjedése az észak-alföldi pollendiagramokban is nyomon követhető volt már ebben az időszakban.

3100 évtől napjainkig: A bükk (*Fagus sylvatica*) ma-

ximális kiterjedésének és gyertyán (*Carpinus betulus*) visszaszorulásának időszaka. Az Észak-Alföld alluviális erdeiben, a mai gyertyános tölgyesekhez hasonló erdőkben, a bükk elegyféként lehetett jelen, míg az Északi-középhegységben a mainál alacsonyabb tengerszint feletti magasságokban is bükkös erdők domináltak. A gyertyán ezek alsó lombkoronájában tölthetett be fontos szerepet. Sok pollendiagram jelzi ebben az időszakban, különösen annak második felében a tölgy (*Quercus*) ismételen emelkedő pollenszázalékait, minden esetben erőteljes antropogén hatásokat követően. Nagy a valószínűsége, hogy az Északi-középhegység erdeiben a tölgyek aránya emberi hatásra emelkedett. Az Észak-Alföldön kb. 3100 évtől az erdőborítás mértéke jelentősen csökkent, nagy legelőterületeket alakítanak ki a bronzkor végétől / vas-  
kor elejétől kezdődően. Az Északi-középhegység Kismohos tavát kenderáztatóként hasznosítják ettől az időszaktól kezdődően.

A holocén kronosztratigráfiai egységeinek időhatárait összevetve a lokális pollen együttes zónák alapján kirajzolódó térségi trenddel azt mondhatjuk, hogy a preboreális és boreális időszakok időhatárai nagyon jó egyezést mutatnak az 1. és 2. regionális pollenzónák határaival (2. ábra, 1. táblázat), az atlantikum időszak kezdete is markánsan egybevághat a térségi vegetációváltozások alapján meghatározott időhatárral. Az első jelentősebb eltérés az atlantikum lezárásánál jelentkezik,

ahol a vegetációs válasz időben szór, attól függően hol vagyunk. Ez egyértelműen a nyári inszoláció fokozatos csökkenésével magyarázható. Ahogyan azt az árvaszűnyog lárva közösségek alapján végzett nyári középhőmérséklet rekonstrukció is jelzi (2. ábra), a nyári hőmérsékletek fokozatosan csökkentek ebben az időszakban, melyre a fás vegetáció válasza attól függött, hogy milyen klimatikus térségben helyezkedett el. Egyértelmű, hogy a hűvösebb mezoklimájú régiókban érik el hamarabb a limitáló tényezők a bükk és a gyertyán terjedését kiváltó értékeket 5800 éve. Az is jól látszik, hogy a szubboreális időszak vegetáció alapon a vizsgált térségben nem egységes. Két jelentősebb vegetáció-összetételbeli változás is zajlik, melyet a gyertyán és bükk eltérő időben történő terjedése okoz. Végezetül a szub-boreális kezdetét (2600

2. táblázat Az ÉK-magyarországi regionális pollenzónák alapján javasolt regionális holocén erdőtörténeti fázisok időhatárai és elnevezéseik

Holocén erdőtörténeti fázisok időhatárai ÉK- Magyarországon	Holocén erdő-történeti fázisok elnevezése	ekvivalens kronosztratigráfiai egységek
11700 – 10100	szil-fenyő-nyír kor	~Preboreális
10100 – 8300	mogyoró kor	~Boreális
8300 – 5800 (5200)	tölgy kor	~Atlantikus
5800 (5200) – 4100 (3700)	tölgy-gyertyán-bükk kor	~Szubboreális
4100 (3700) – 3100 év	gyertyán kor	~Szubboreális
3100 – napjainkig	bükk kor	~Szubatlantikus

év), mely általánosan hűvösebb nyarúnak tartott időszak, a növényzet változása megelőzi, a fokozódó emberi hatás ellenére is markánsan kivethető a bükk maximális dominanciájának, alföldi terjedésének megindulása már 3100 évtől.

Ez az összevetés jól példázza, milyen problémákhoz vezet a túlságosan generalizált kronozónák rendszere. Ha a kronozónáknak megfelelő holocén erdőtörténeti fázisok elnevezését nézzük, akkor hasonló következtetést vonhatunk le (1. táblázat). Az Észak-Alföld és Északi-középhegység tekintetében a fenyő-nyír kor ezen fajok dominanciájára utal a preboreálisban, ami a pollendiagramok és a főkomponens analízis által megjelenített erdő szukcessziók (3. ábra) tanulsága szerint erős túlzás. Helyesebb a kevertlombú erdők és kevertlombú erdős sztyep korszak elnevezés, vagy a szil-fenyő-nyír kor, jelezvén hogy ebben az időszakban, ebben a térségben már nem az erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) és a közönséges valamint molyhos nyír (*Betula pendula*, *B. pubescens*) dominál. Vitathatatlan, hogy a mogyorókor ebben a térségben is, pollenek szintjén legalábbis, ténylegesen a mogyoró dominanciájával jellemezhető, és a tölgy kor is találó elnevezés. A bükk 1 viszont inkább nevezhető gyertyán kornak, míg a bükk 2 korra találóbb a bükk kor elnevezés. Célravezetőbb ugyanakkor a fentebb vázolt abszolút kronológiát használni, és megjegyezni a térségre vonatkozó fontosabb erdőszukcessziós változások időpontjait, melyek kb. 10100, 8300, 5800 (5200), 4100 (3700) és 3100 évek.

Részben a holocénre jellemző magas erdősültség, részben a fák többségének szélmegporzása és ezáltal bőséges polentermelése miatt, a holocén vegetációdinamikáját (szekuláris szukcesszióját) még az alföldi erdős sztyep tájban is a fásszárúak pollenszázalékos változásai határozzák meg. Ezt tükrözi a csak fás taxonok bevonásával végzett főkomponens analízisek első két tengelyének időbeli lefutása (3. ábra). Ezek az ábrák jól tükrözik a holocén szekuláris szukcessziók egyirányúságát, és a kora holocén szil, mogyoró, tölgy vezérelte állapotok fokozatos átmenetét a gyertyán és bükk által meghatározott állapotokba.

A klímaváltozás növényzetre gyakorolt hatását elméletileg jól jellemezhetjük a növényzeti változás időbeli mér-

tékének becslésével. Ezt a pollen analízis a pollen együttesek változásának mértékére vonatkozó számítással közelíti, az alkalmazott módszer neve „rate-of-change” analízis. A módszer lényege, hogy azonos időegységekre átszámolt pollenösszetételek közt méri a disszimilaritást, esetünkben  $\chi^2$  távolságot alkalmazva. A 2. ábra jobb fele ezeket a disszimilaritásokat mutatja az idő függvényében a Sarló-hát és Báb-tava pollenszelvényeiben 100 éves léptékben. Mellette látjuk Siroki-láp pollenszelvényének Gardner (2002) tanulmányában közölt disszimilaritás értékeit is, ugyanakkor ez az adatsor nem lett egyenlő időközökre átszámolva, így a disszimilaritás abszolút értékei nem összevethetőek. Az ábra mindezen problémák ellenére azt tükrözi, hogy a pollenösszetétel változásának mértéke i) szelvényenként nagyon eltérő képet mutat; ii) a változás mértéke sok esetben erősebb epizodikus emberi hatások időszakában; iii) a vártnak megfelelően zónahatárok közelében magasabb disszimilaritás értékek adódnak. Összességében nem jelölhető ki az északkelet-magyarországi szelvények esetében olyan időszak a holocénen belül, ahol a változás mértéke általánosan magasabb. Az eredményekből ugyanakkor jól tükröződik, hogy a szárazföldi növényzet válaszképzése a fokozatos klímaváltozásra határérték jellegű volt: amikor az egyes fajok vagy fajegyüttesek elérték környezeti tűrőképességük határát, akkor az együttesek változása rövid időtartományon belül lezajlott. Ezek időpontjait pedig a zónahatárok jól közelítik. Ezt meghaladó mértékű pollen összetételbeli váltások történtek ugyanakkor epizodikus, vagy epizodikusan ismétlődő emberi hatások esetén, melyek helyzetét feltüntettük a 2. ábrán. A különbség ugyanakkor az, hogy ezeknél a növénytakaró váltásoknál szinte minden esetben visszatért a rendszer a bolygatást megelőző kiindulási állapotába, ami a pollendiagramokban követhető nyomon.

A beregi Báb-tava pollenszelvény érdekessége a 6400-7400 évek közti magas disszimilaritás értékek sorozata, mely a pollenszelvény alapján a neolitik sarjvágásos erdőkiézés ismétlődő bolygatásaihoz köthető és nem klimatikus eredetű. Ennek a neolitik emberi jelenlétnek az erdőszerkezetre gyakorolt erős hatását a főkomponens analízis is jól szemlélteti. A BT-2 pollenzóna erősen a koordinátatengely jobb alsó, magas és pannon kőris (*Fraxinus excelsior* - típus) valamint tölgy (*Quercus robur* - típus) által meghatározott irányába tolja el a mintákat a mogyoró (*Corylus avellana*) és szil (*Ulmus*) által meghatározott térből, jelezvén hogy a sarjvágásos erdőkiézés által érintett fa és cserjefajok kedveztek a kőris és tölgy időszakos terjedésének. Majd a behatás megszűnése után a rendszer visszaváltott a korábbi, az adott éghajlaton legkedvezőbb

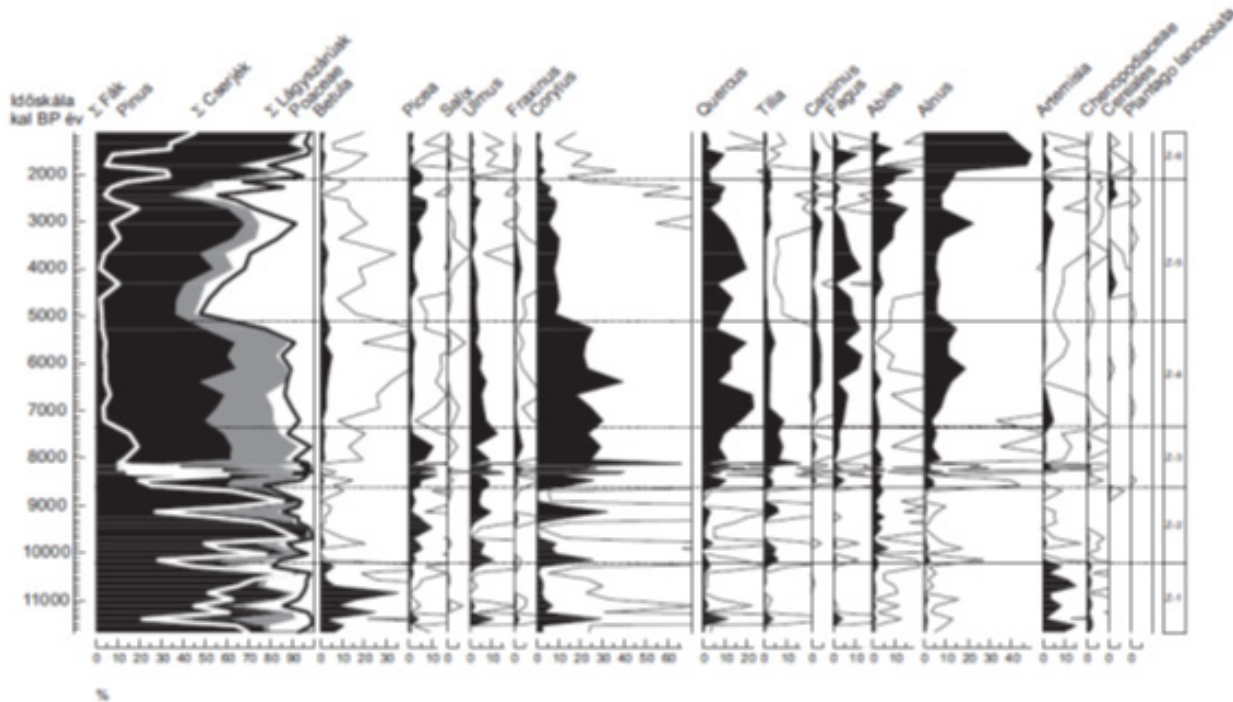
klimax erdőszerkezetbe.

### **Dunán innen Dunán túl: különbségek és hasonlóságok a két térség holocén vegetáció szukcessziójában**

A Dunántúlról az elmúlt évtizedekben számos új pollenszelvény került közlésre, melyek közül több lefedi a holocén nagy részét (pl. Zalavár, Keszthely-Úsztatómajor, Főnyed, Mezőlak-Szélmező). A balatoni és zalai térségek tekintetében Juhász (2007) összegzéseket is végzett, ám a szép számú, radiokarbonnal több ponton korolt pollenegyüttesek kvantitatív összevetése nem történt meg. A térség holocén vegetáció dinamikáját elsősorban a balatoni fúrások feldolgozásaiból ismerjük régóta, melyek hibája kezdetektől fogva az abszolút kronológia hiánya volt. Ez adódik a holocén balatoni üledékek alacsony szerves anyag és magas karbonát tartalmából, mely rezervoárhatast (ezáltal idősebb korokat) eredményez a radiokarbon kormeghatározások során.

Ezt a hiányt pótolták a térségből az elmúlt években közölt pollenszelvények, melyek közül kettő az Európai Pollen Adatbázisban elérhető (Pölske és Zalavár; Juhász, 2007). A 4. ábra a Zalavár pollenszelvény legfontosabb fás és fátlan taxonjait mutatja egy újrakalibrált radiokarbon adatokkal készült lineáris kormodell mentén, míg néhány dunántúli pollenszelvény zónahatárait a 2. ábra baloldali részén összegeztük. Ezeket összevetve az ÉK-magyarországi pollendiagramokkal, számos fontos megállapítást tehetünk a két terület holocén vegetációdinamikájának hasonlóságaira és különbözőségeire vonatkozóan.

A Dunántúlon a koraholocénben 11700 – 10400 évek közt rajzolódik ki a holocén első vegetációtörténeti egysége a vizsgált 3 pollenszelvény lokális pollenegyüttes zónái alapján (Keszthely-Úsztatómajor, Zalavár, Mezőlak-Szélmező). Ennek az időszaknak a jellemzője ÉK-Magyarországgal szemben, az erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) későglaciálisból továbbélő dominanciája a dunántúli pollenösszletekben. A faj erős pollentermelése és pollenjének gyakori túlreprezentációja miatt nehéz pontosan megítélni arányát a dunántúli erdők összetételében, annyi azonban bizonyos, hogy kevertlombú erdős sztyep rekonstruálható a pollenegyüttesek alapján, a túlevelűek mellett mogyoró (*Corylus* sp.), nyírek (*Betula* sp.), tölgyek (*Quercus* sp.), szilék (*Ulmus*) elegyedésével. Ez a vegetációkép nagyobb hasonlóságot mutat a német és osztrák területek koraholocén fenyő-nyírkorszakként leírt koraholocén vegetációtörténeti egységével, ugyanakkor a nyír (*Betula* sp.) szerepe több pollenszelvényben is alárendelt, a mogyoró korai terjedése ezzel szemben a Dunántúlról



**4. ábra** A dunántúli Zalavár pollenszelvény legfontosabb fás és fátlan taxonjai egy újrakalibrált radiokarbon adatokkal készült lineáris kormodell mentén. Az adatok az Európai Pollen Adatbázisból származnak (<http://www.europeanpollenatabase.net/>).

sajátosságaként írható le. A lokális pollenzónák alapján kirajzolódó felső időhatár, 10400 – 10200 évek, egyezése a preboreális kronozóna felső határával (10200 év) jónak mondható, de több szelvényben korábbra, 10400 (Keszthely) vagy akár 10600 évre is tehető (Mezőlak-Szelmező). Szintén jó egyezést mutatnak a pollenzónahatárok 8650 év körül mindhárom dunántúli szelvényben, és kijelölik a 2. holocén vegetációtörténeti egységet, kb. 10400 – 8650 évek közt. A zalavári pollenösszletek főkomponens analízise egyértelműen mutatja (3. ábra), hogy az időszak jellemzője a Dunántúlon továbbra is az erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) magas aránya, valamint a lombhullató fák és cserjék gyors expanziója (*Corylus*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Tilia*). Szintén fontos, és ÉK-Magyarországtól eltérő karakter, a jegenyefenyő (*Abies alba*) és lucfenyő (*Picea abies*) terjedése egyes dunántúli területeken ebben az időszakban (lásd Zalavár, 3.2.2.4. ábra). Ezt az időszakot, mely körülbelüli egyezést mutat a boreális kronozónával, a Nagyalföldhöz hasonlóan, az erdőborítás mértékének növekedése jellemzi, továbbra is kevertlombú erdők és erdős sztyep jellemzik a dunántúli tájat, egyes területeken gyakori bolygatással és a bolygatást követő erdő szukcessziós változásokkal, melyek a pollenösszetétel változásának mértékében is jól megnyilvánulnak Zalavár esetében (4. ábra). Tehát egy dinamikus, gyakori változásokkal terhelt időszak ez a Dunántúlon, mely valószínűleg jól magyarázza a pionír erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) továbbra is jelentős szerepét az erdők összetételében. Fontos kérdés, hogy a néhány

pollenszelvényben jellemző gyakori erdő-összetételbeli változások klimatikus vagy antropogén eredetűek-e ebben az időszakban. Juhász (2007) egyértelműen a mezolitikus népesség erdőégetéseivel magyarázza az erdőszerkezeti fluktuációkat, ugyanakkor a közép-kelet-európai térségre általánosan jellemző ebben az időszakban a klimatikus erdőtüzek napjainkat többszörösen meghaladó gyakorisága, mely jól magyarázható a koraholocén magas nyári inszolációjával, és a térség általánosan jellemző kontinentalitás klíma karakterével. A Dunántúl esetében az erdei fenyő jelentős erőalkotó szerepe miatt ez a hatás fokozottan jelentkezhetett. ÉK-Magyarországhoz hasonlóan, a Dunántúlon vizsgált holocén pollenszelvények egyike sem utal sztyeppesedésre a boreálisnak megfelelő koraholocén időszakban.

ÉK-Magyarországgal összevetve azt mondhatjuk, hogy eltérés mutatkozik a korszak felső időhatárának tekintetében. Míg a Dunán innen 8100-8200 év (és feltehetően az ekkor jelentkező gyors klíma oszcilláció) billenti át az erdei ökoszisztémákat egy következő állapotba, ez a változás a Dunántúlon pár száz évvel korábban következik be, kb. 8650 éve. A Dunántúlon ekkor, feltehetőleg a nyári felmelegedés hatására az erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) populációk lépésszerű és nagyarányú elhalása következik be (elképzeltető hogy erdőégések révén), és a pusztuló populációk helyén már lombos fák, elsősorban a tölgyek (*Quercus* sp.), a mogoró (*Corylus* sp.), szilek (*Ulmus* sp.), kőrisek (*Fraxinus excelsior* - típus) és hársak (*Tilia* sp.) magoncai nőnek fel, valamint a Balaton

környékén, feltehetőleg elsősorban a Dunántúli- Középhegységben, a bükk (*Fagus sylvatica*) terjedése indul meg. Helyenként jelentős állományai alakultak ki 8600 évet követően (Medzihradszky, 2005). Az erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) koraholocén dunántúli dominanciája mellett, ez a másik fő különbség a két tájegység holocén vegetációdinamikájában. A bükk (*Fagus sylvatica*) ÉK-Magyarországon szintén jelen van ekkor, de aránya nem emelkedik 8650 évtől. Az atlanti kronozónának megfelelő időszakon belül a dunántúli pollendiagramok 6900 – 7300 évek közt újabb zónahatárt mutatnak (3.2.2.1. ábra). Ekkor szerteágazó erdő-összetételi változások zajlanak, a legmarkánsabb közös vonása a dunántúli diagramoknak a füvek (*Poaceae*) arányának növekedése és a láposodásra utalóan az enyves éger (*Alnus glutinosa*) arányának növekedése. Minkét folyamat jelezhet az üledékgyűjtő medencék környezetében bekövetkező lokális, a vízi szukcesszióhoz köthető változást, illetve fokozódó emberi hatást (neolitikum). A bükk (*Fagus sylvatica*) aránya Keszthely-Úszatómajor és a Balaton diagramjaiban 6900 évtől csökken, más helyeken (pl. Zalavár) viszont nő. Az ÉK-magyarországi diagramok némelyikében (pl. Sirok, Báb-tava) ugyanekkor szintén zónahatár rajzolódik ki, ami ebben a térségben is neolit erdő-átalakító folyamatokhoz volt köthető. Összességében azt mondhatjuk, hogy a neolit „erdőkielés” képes volt olyan mértékűt öltetni, hogy 6900-7500 évek közt lokális pollenzónahatárok adódnak több magyarországi pollen szelvényben.

A Dunántúl vegetáció-összetételében a következő regionálisnak tekinthető változás egységesen 5100 és 5200 évek közt következik be. Ez a Balaton környékén a bükk (*Fagus sylvatica*) második expanziójának kezdeti időpontja, ugyanakkor sem Zalavár, sem Mezőlak térségében nem jelentkezik bükk expanzió, ezekben a diagramokban a mogyoró (*Corlyus sp.*) arányának csökkenése és a luc (*Picea abies*), majd a jegenyefenyő (*Abies alba*) terjedése érhető nyomon 5100-5200 évtől, és a füvek (*Poaceae*) arányának újbóli erőteljes emelkedése jellemző. ÉK-Magyarországon az erdei ökoszisztémák összetételének változása nem egységesen 5100-5200 évek közt zajlott, hanem egy tágabb időintervallumban 5800-5100 évek közt. Ahogyan

azt fentebb tárgyaltuk, ennek egyértelmű oka a gyertyán (*Carpinus betulus*) és a bükk (*Fagus sylvatica*) eltérő időpontokban meginduló expanziója a kevert lombdőkben (lásd 3. ábra). A Dunántúlról továbbá azt mondhatjuk, hogy az atlanti/szubbboreális kronozónák határát (5700 év) a vegetációváltozás nem követi, ami szintén azt erősíti, hogy a regionális, abszolút kronológiákra épülő vegetációtörténeti fázisok sokkal pontosabban jellemzik egy táj történetiségét.

A Dunántúl későholocén vegetációtörténetét, legfőképpen a lokális pollenzónák határait egységesen értékelni nehéz feladat, mivel a szelvények többsége vagy 2000 – 4000 év közt végződik (pl. Keszthely-Úszatómajor, Főnyed, Mezőlak-Szélmező), vagy ekkor indul (pl. Baláta-tó, Pölöske, Fekete-tó, Borzó-meder). Ami a diagramokból kirajzolódik, az a jegenye (*Abies alba*) és lucfenyő (*Picea abies*) helyenként jelentős aránya a tölgy (*Quercus sp.*), a bükk (*Fagus sylvatica*) és gyertyán (*Carpinus betulus*) mellett a későholocénben, különösen 3700-3000 évtől egészen az antropogén hatások következtében a vaskorban és népvándorlás korban felerősödő erdőirtásokig, melyek mára a potenciális növénytakaró képét teljesen átalakították a Dunántúlon is. Fontos az is, hogy az erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) 8650 évet követő drasztikus populációméret csökkenése ellenére jelen maradt az edafikusan számára kedvező erdőfoltokban.

#### Ajánlott irodalom

- Járai-Komlódi, M. (2006) Vegetációnk története az utolsó jégkorszaktól. In: Fekete, G. & Varga, Z. (eds) Magyarország tájainak növényzete és állatvilága, pp. 23-26, MTA Társadalomkutató Központ, Budapest.
- Juhász I. (2007) Comparison and correlation of four pollen sequences from the Little Balaton region (Alsópáhok, Főnyed, Keszthely, Zalavár). In: Zatykó, Cs., Juhász, I., Sümegi, P. (eds) Environmental Archaeology in Transdanubia pp. 36-51 Archaeological Institute of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary.
- Magyari, E. K., Chapman, J. C., Passmore, D. G., Allen, J. R. M., Huntley, J. P. & Huntley, B. (2010) Holocene persistence of wooded steppe in the Great Hungarian Plain. *Journal of Biogeography* 37: 915–935.