

A Dráva durvaszemcsés folyóvízi üledékéből előkerült szubfosszilis uszadékfák dendrokronológiai és faanatómiai vizsgálata

ÁRVAI MÁTYÁS¹, ANTALFI ESZTER², SEBE KRISZTINA³, MIHÁLY ENIKŐ⁴,
FEHÉR SÁNDOR² és KERN ZOLTÁN⁵

¹ MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet H-1022 Budapest Herman Ottó út 15.

² SOE SKK Faanyagtudományi Intézet H-9400 Sopron Bajcsy-Zsilinszky utca 4.

³ PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, Földtani és Meteorológiai Tanszék H-7624 Pécs Ifjúság útja 6.

⁴ ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Természetföldrajzi Tanszék H-1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/c.

⁵ MTA CsFK Földtani és Geokémiai Intézet H-1112 Budapest Budaörsi út 45.

E-mail: arvai.matyas@agrar.mta.hu, kern@geochem.hu

ÁRVAI, M., ANTALFI, E., SEBE, K., MIHÁLY, E., FEHÉR, S. & KERN, Z.: Wood anatomy and dendrochronology of subfossil driftwood in alluvial deposit of the Drava river.

Abstract: This paper presents preliminary results of dendrochronological analyses of the first occurrence of subfossil tree trunks from Drava alluvial sediments. Driftwood logs were found at an outer bend of the Drava river near the village of Babócsa. The site is covered by >6 m fluvial sand and gravel. Trunks are arranged horizontally, roughly in the same bed, between massive gravel and sand layers. Fourteen samples had been collected within a hundred metre long outcrop, arranged in three distinct sets. Half of the samples are oak (*Quercus robur* L., n=7), fewer samples belonged to beech (*Fagus sylvatica*, n=2), wych elm (*Ulmus scabra*, n=1), european white elm (*Ulmus laevis*, n=2) and finally there are one sample each of poplar (*Populus* spp.) and larch (*Larix decidua*). The samples were processed following the standard dendrochronological protocol. Ring width was measured to the nearest 0.01mm. Despite the most likely origin of the samples is the riverbank; the oak trunks had narrow tree-ring sequences. An oak trunk of a diameter not more 20 cm contains more than 240 rings and two other oak samples have about 200 rings. These three long series could be crossdated, forming a 249 year long chronology. The chronology built from the three synchronized records (sample codes BAB002, BAB003, BAB007) was tested with surrounding oak master chronologies, without success. The first subfossil wood remains from the Drava river and their loating chronology will be of help to understand changes in river dynamics and the former composition of the tree species on the floodplain.

Keywords: wood anatomy, dendrochronology, subfossil, driftwood, oak

Bevezetés

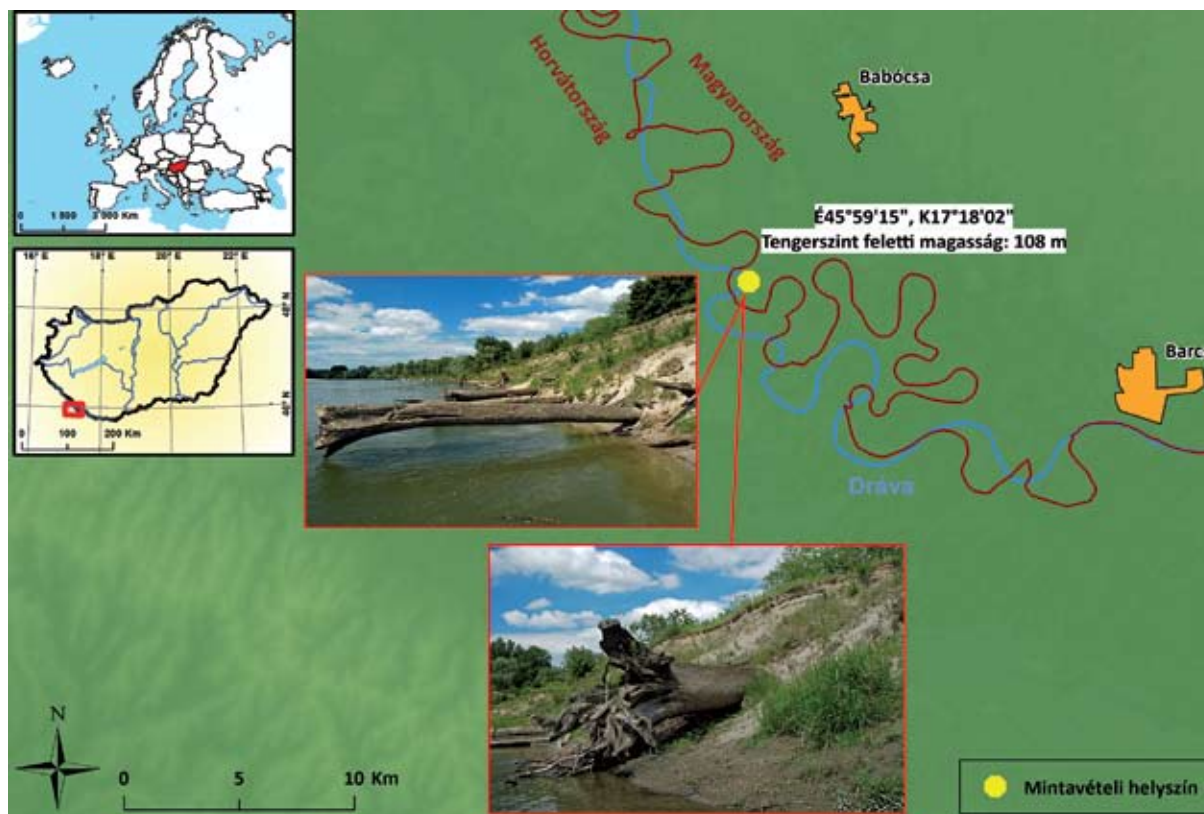
Magyarországon a 20. század második felében kezdődtek meg a tudományos igényű faévgűrű vizsgálatok, azonban csupán egy-egy minta elemzésére korlátozódtak (pl. HORVÁTH 1974). A század végére a szisztematikusabb gyűjtésnek köszönhetően már statisztikailag kiértékelhető mintamennyiségek mellett indultak el az elemzések (GRYNAEUS 1995, 1996). A cél mindvégig a létrehozott kronológiákat felépítő minták mennyiségének a növelése mellett az idősorok hosszának a múltbéli kiterjesztése volt. Az élőfák alkotta kezdeti kronológiaszakszt épületfákkal lehet időben növelni azonban a limitált rendelkezésre állásuk miatt nem lehetséges, hogy több ezer évre növeljük a gyűrűadatsort (GRYNAEUS

2015). A megfelelő konzerváló területek által megőrzött, ún. szubfosszilis, faminták nyújtják a lehetőségét az ezer évet meghaladó folytonos kronológiák létrehozására (pl. KRAPIEC 2001, FRIEDRICH 2004). Ezért a dendrokronológiai kutatásokban régióinkban is növekvő figyelem irányul a szubfosszilis leletanyag felé (ÁRVAI et al., 2016, KERN és POPA 2016, PEARSON et al. 2014).

A nagyrészt tavi üledékekben, lápokban, folyóteraszokban-, partfalokban fennmaradt minták egyrészt koruknál fogva az adatsorok kiterjesztésére alkalmasak, másrészt az egykori természetes vegetáció hírmondóiként reprezentálják a letűnt korok természeti viszonyait.

Magyarországon az elmúlt mintegy másfél évtizedben folytatott szisztematikus mintagyűjtési munkálatok eredményeképpen három folyó (Sajó, Hernád, Mura), hét szakaszáról mintegy 200 minta került begyűjtésre (ÁRVAI ET AL., 2017). Az uszadékfák folyómenti holocén alluviális üledékből kerülnek elő. Legtöbb minta kavicsból került elő. A leggyakoribb a tölgy (*Quercus* sp.) és a szil (*Ulmus* sp.) nemzetség. Észak-magyarországi mintaterületekről elvéve fenyő maradványok is előkerültek (HORSKY és REINPRECHT 1985, ÁRVAI ET AL. 2017). A minták átlagosan mintegy 60 évgűrűt tartalmaznak, csupán kis arányban fordulnak elő 150 vagy annál több évgűrűt tartalmazó faminták. A famaradványok közötti szinkronizációt nehezíti az maradványok beágyazódásának epizodikus jellege valamint a változatos származási területek. A Kárpát-medence, és tágabb környezetéből ismert tölgykronológiák (ÁRVAI et al. 2018, GRYNAEUS 2011, KERN et al. 2013, KOLÁR et al. 2012, PROKOP et al. 2016, TÓTH et al. 2015) valamint a kocsányos tölgyek hosszú élettartama is azt mutatja, a tölgyfaminták nagyobb eséllyel átlapolhatók és ezáltal alkalmasabbak kronológiák készítésére.

A Dráva folyóból régészeti faletek előkerülését több alkalommal is dokumentálták pl.: Barcsnál bődönhajó (MAGYAR 1973) vagy a Drávatamásinál a közelmúltban feltárt 29 török kori hajó. Utóbbiakon dendrokronológiai elemzések is készültek (GRYNAEUS 2015), de szubfosszilis uszadékanyagról és annak faanatómiai és dendrokronológiai vizsgálatáról ez az első tanulmány.



1. ábra. A mintavételi helyszín közel a horvát-magyar államhatárhoz, valamint a partfalból kiálló szubfosszilis fatörzsek. (Fotók: Csór Sándor)

A mintaterület és a mintavétel

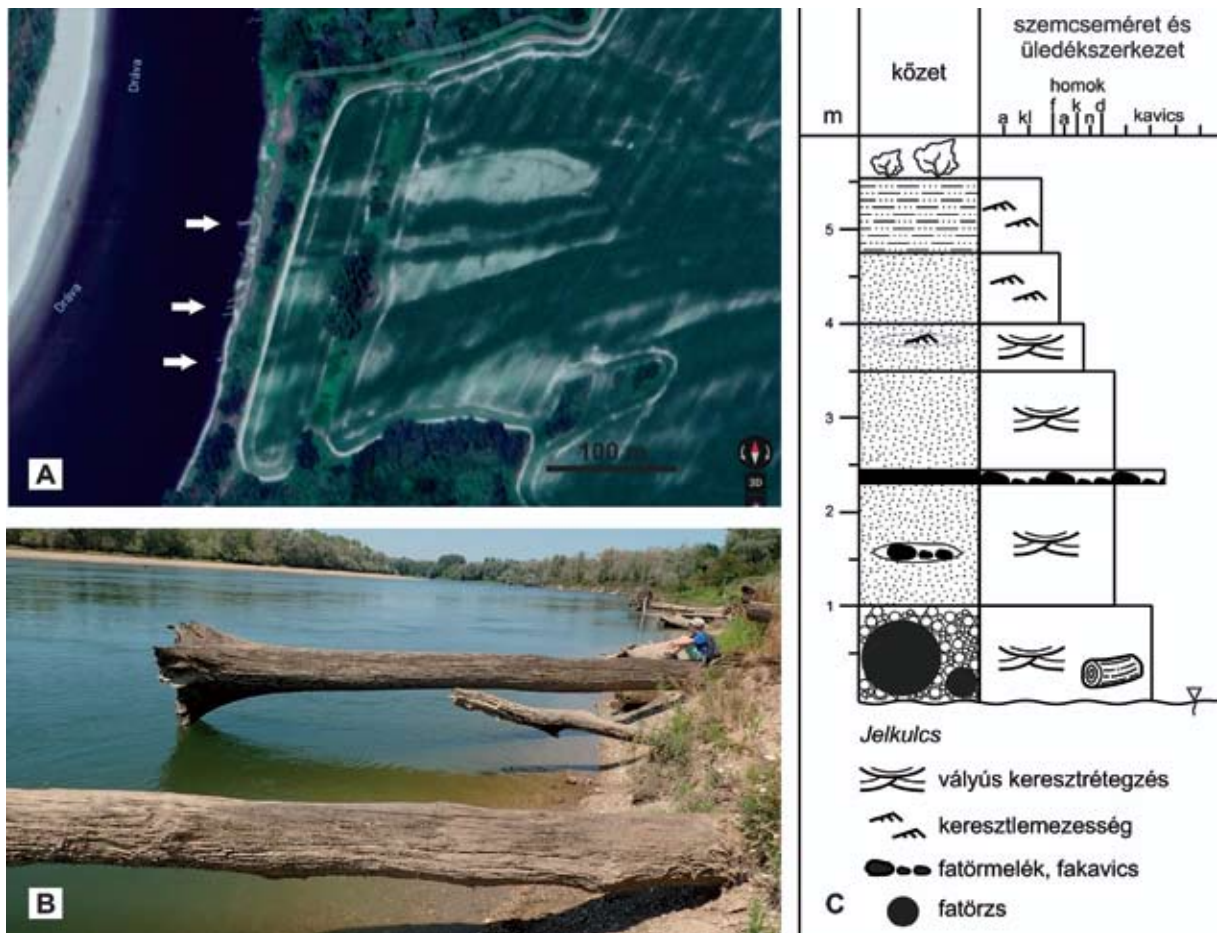
A minták származási területe egy Babócsa melletti drávai folyókanyarulat magaspartja, a horvátországi határvidéken (é.sz. 45°59'15", k.h. 17°18'02"), tengerszint feletti magassága 108 méter (1. ábra). A 2017 nyár közepi alacsony vízállás lehetőséget nyújtott egy Babócsa közelében elhelyezkedő folyókanyarulat külső, meredek partfalában a kiálló farönkök megközelítésére, amelyekből 14 darab volt hozzáférhető mintavételre. Egy minta esetében (BAB011), kis méretéből kifolyólag, nem volt szükséges helyszíni mintavétel, minden más esetben motorfűrész használatával 5–10 cm vastagságú korongmintákat vettünk.

A famaradványok üledékföldtani környezete

A fatörzsek egy kb. 100 m hosszú, É–D-i irányú folyószakaszon találhatóak (2. ábra), csak alacsony vízálaskor láthatóak. A Dráva keleti partfalából állnak ki megközelítőleg egy szintben. A mintázás idején a vízszint fölött 0,5–1 méterrel helyezkedtek el. Ugyanekkor a víz alatt is láthatóak voltak további fatörzsek. Egy folyókanyarulatban kerültek felszínre, a meander külső ívének oldalazó eróziója miatt szabadult ki egy részük az üledékből. A folyóvízi üledékben KÉK–NyDNY-i irányítottsággal fekszenek. Gyökérzetük jellemzően NyDNY felé áll, bár néhány törzs csúcsával mutat NyDNY felé.

A feltárt üledéksor felfelé finomodó szemcseméretű trendet mutat (2. ábra C). A kőzetanyag oldalirányban gyorsan változik, az egyes rétegek gyakran lencsések, kiemelkedők. A rétegsor alsó 2–2,5 m-ét vályúsán keresztarétegzett kavicsos homok és homokos kavics váltakozása alkotja, ahol a homok nagy-durvaszemű, a kavics mérete jellemzően 0,5–1 cm, de mindig 2 cm alatti. A keresztarétegzett kötegek vastagsága legfeljebb 20 cm. A vizsgált fatörzsek ebben a szakaszban helyezkednek el. A törzsek befolyásolták a hordaléklerakódást, két oldalukon nem ritkán eltérő kőzet (homok, illetve kavics) rakódott le. Egyes helyeken homokkal és kavicssal kevert, felszakított agyagklastokból álló lencsék fordulnak elő. Ennek a homok-kavics üledékszakasznak a felsőbb részében több lencse található fatörmelékből, valamint koptatott fakavicsokból.

A következő 1,5–2 m üledéket vályúsán keresztarétegzett kavicsos homok és homok alkotja. Felső részében megjelennek néhány cm vastag, keresztlemez finomhomok-lencsék. A rétegsor felső 1,5 m-ének szerkezete keresztlemez, lent finom-apróhomok, fent finomhomokos kőzetliszt alkotja. A keresztlemez irányítottsága ÉK-ies szállításra utal.



2. ábra. Famaradványok Dráva-üledékben. A) A fák (fehér nyíllal jelölve) helyzete 2017. augusztusi GoogleEarth műholdképen; B) látkép észak felé az A ábra középső nyilánál; C) a fákat befoglaló üledék rétegsora.

Módszerek

Faanatómiai vizsgálatok

A begyűjtött 14 minta közül makroszkópos jellemzőik alapján különböző fajokhoz tartozónak feltételezett 5 famintán végeztünk faanatómiai vizsgálatokat a Soproni Egyetem Faanyagtudományi Intézetében.

A mikroszkópos fajazonosításhoz az 5–20 µm vastagságú metszetek Thermo Scientific Microm HM 430 típusú, szánkós mikrotóm segítségével készültek sztenderd protokollt követve (MIHALIK et al., 1999, ANTALFI 2012, 2015) mindhárom anatómiai irányban (kereszt-, húr- és sugármetszet). A könnyebb metszet készítés elősegítéséért, vízben, kevés glicerinnel hozzáadásával Bunsen égőn főzőpohárban főztük a mintát. A glicerinnel puhábbá teszi a faanyagot, így könnyebben metszi a kés (MIHALIK et al., 1999). A főzés ideje a fa keménységétől, és a minta nagyságától függött. A metszetek fixálása kanadabalzssammal történt. A lefedett metszetek egy napig szobahőmérsékleten, majd egy-két héten keresztül 35–40 °C körül, szárító szekrényben száradtak, annak érdekében, hogy a ragasztás kikeményedjen.

A fajazonosításhoz szükséges elővizsgálatokhoz egy Nikon SMZ-2T típusú sztereo-mikroszkópot, a metszetek nagy nagyítású vizsgálatához és a faanatómiai azonosító jegyek megfigyeléséhez pedig egy Zeiss fénymikroszkópot használtunk. A felismert faanatómiai jellegzetességek alapján a fajazonosítás referenciadatazsisokkal összehasonlítva történt (HOLLENDONNER 1913, GREGUSS 1945, SCHWEINGRUBER 1990, BUTTERFIELD et al., 1997).

Dendrokronológiai vizsgálatok

A megfelelően becsomagolt mintákat az ELTE Őslénytan Tanszékén működő Budapest Évgyűri Laboratórium (KÁZMÉR ÉS GRYNÆUS 2003) előkészítő helyiségébe szállítottuk, ahol a későbbiekben a légszárított minták csiszolásával folytatódott a mérés előkészítése. A minták évgyűri szélességi mérését két sugármérővel, 0,01 mm pontossággal, Lintab mérőasztalon végeztük, amely közvetlen számítógép kapcsolata révén az évgyűrűgörbék rögtön a TSAP 4.70 szoftverkörnyezetbe (RINN 2005) tárolódnak. A TSAP program segítségével végeztük el a minták szinkronizációját is. A szinkronhelyzeteket értékelésére a grafikus össze-

vetés mellet a dendrokronológiai vizsgálatoknál általánosan alkalmazott statisztikai módszereket, úgymint együttfutási százalék (GLK%, ECKSTEIN és BAUCH, 1967) és módosított t-érték (BAILLE és PILCHER 1973), alkalmaztuk.

Eredmények

Faanatómiai eredmények

A makroszkópos megfigyelések alapján felállított csoportok, és a faanatómiai alapú vizsgálatok eredményei alapján hét minta kocsányos tölgy, két minta vénic szil illetve bükk. Hegyi szil és vörösfenyő egy-egy példánnyal képviseltette magát a begyűjtött minták között. Egy esetben (BAB012: nyár (*Populus sp.*)) pedig csak nemzetség szintű besorolásra adott lehetőséget a faanatómiai vizsgálat. A szórlikacsú minták közül kettő évgyűrűszáma meghaladta a 100-at, valamint a nyár esetében kéreg is megfigyelhető a törzsön. A faminta teljességét mutató bél valamint kéreg meglétét és az egyes mintákhoz tartozó évgyűrű darabszámokat az 1. táblázat foglalja össze.

A BAB 002-es minta gyűrűs likacsú fa (3–1. ábra). Keresztmetszetén jól látható, hogy korai pásztaiban nagy üregű edények vannak, tíliszekkel részlegesen telítettek. A korai pászta edényei 1–2 sejtsorosak. A húr és a sugármetszeten, a korai pászta nagy edényei árokszerű mélyedéseként láthatók. Az edények áttörése teljes. Bélsugarai homogének, néha az egy sejtsoros bélsugarakat köbös sejtek alkotják. A sugármetszeten a széles bélsugártükrök jellegzetesek (3–2. ábra). A fatest szilárdító alapállományát vastag falú farostok (libriform rostok) és rosttracheidák alkotják (3–3. ábra).

A faanatómiai vizsgálatok alapján a BAB002-es faj kocsányos tölgy (*Quercus robur*).

A BAB 004-es minta gyűrűs likacsú faja (4–1. ábra). Keresztmetszetén jól látható, hogy korai pásztaiban nagy üregű edények vannak, leginkább egy, ritkábban két sejtsor szélesen. A bélsugarak homogén felépítésűek, parenchima sejtekből áll, rajtuk egyszerű gödörkék találhatóak (4–3. ábra). A tracheida sejtek átmérője hasonlít a kései pászta edényeihez. Az edények körül és a rostok között egyaránt faparenchima sejteket találunk. A fatest szilárdító alapállományát vastag falú farostok (libriform rostok) és rosttracheidák alkotják.

A faanatómiai vizsgálatok alapján (4. ábra) a BAB004-es faj heggyi szil (*Ulmus scabra*).

A BAB 011-es minta keresztmetszetén a hossztracheidák teljesen szabályos elrendeződést mutatnak, ami egyértelműen a fenyők csoportjára irányítja a figyelmet. A korai és a kései pászta határa viszonylag éles (5–1. ábra, 5–2. ábra). Faparenchimák ritkán fordulnak elő az évgyűrűhatáron.

A bélsugár heterogén felépítésű, így a bélsugár parenchimán kívül, bélsugár tracheidát is tartalmaz. A bélsugártracheidák fala sima, rajtuk kicsi udvaros gödörkés sejt-fal-vastagodások láthatóak. A húrmetszeten jól látható, hogy a bélsugarak kizárólag csak egy sejtsor szélesek, gyantajárat esetén kiszélesedhetnek 2 sejtsor szélesre is (5–1. ábra, 5–5. ábra).

A faanatómiai vizsgálatok alapján (5. ábra) a BAB011-es faj vörösfenyő (*Larix decidua*).

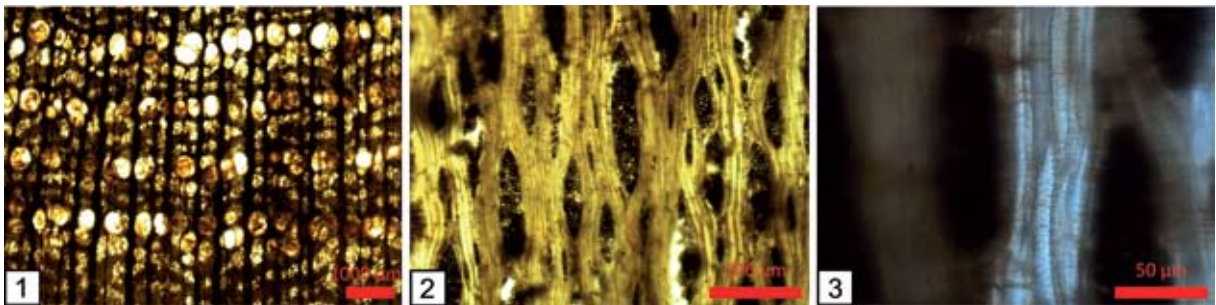
A BAB 012-es minta keresztmetszetén (6–1. ábra) egyértelműen látható, hogy a korai és a késői pásztaiban az edények hasonló méretűek, aprók (szabad szemmel nem láthatóak), így ez egy szórt likacsú faj. A korai pásztaiban az edények átmérője csak kissé nagyobb, mint a későbbi és a teljes évgyűrűben egyenletesen elszórva helyezkednek el. Az edények

1. táblázat. A babócsai uszadékfák faja és évgyűrűszáma

Mintakód	Faj	Évgyűrűszám	Bél	Kéreg
BAB001	Kocsányos tölgy (<i>Quercus robur</i>)	46	-	-
BAB002	Kocsányos tölgy (<i>Quercus robur</i>)	245	+	-
BAB003	Kocsányos tölgy (<i>Quercus robur</i>)	236	+	-
BAB004	Heggyi szil (<i>Ulmus scabra</i>)	77	+	-
BAB005	Közönséges bükk (<i>Fagus sylvatica</i>)	50	-	-
BAB006	Vénic szil (<i>Ulmus laevis</i>)	62	+	-
BAB007	Kocsányos tölgy (<i>Quercus robur</i>)	198	+	-
BAB008	Kocsányos tölgy (<i>Quercus robur</i>)	37	+	-
BAB009	Kocsányos tölgy (<i>Quercus robur</i>)	171	+	+
BAB010	Kocsányos tölgy (<i>Quercus robur</i>)	87	-	-
BAB011	Vörös fenyő (<i>Larix decidua</i>)	51	-	-
BAB012	Nyárfa (<i>Populus sp.</i>)	101	-	+
BAB013	Közönséges bükk (<i>Fagus sylvatica</i>)	103	-	-
BAB014	Vénic szil (<i>Ulmus laevis</i>)	131	+	-



3. ábra. A BAB002-es minta mikroszkópos felvételei. A késői pásztaban, az edények sugárirányban rendeződnek. Villás elágazódás nem látható, vagy nagyon ritka. Ezek az edények, a késői pásztaban aprók, kisebb méretűek (1). Az egy sejt soros bélsugarak mellett, 20-40 sejt sor széles bélsugarakkal is rendelkezik a minta. (Ezek a széles bélsugarak, a fatesten szabad szemmel is könnyen láthatóak) (2), a késői pászta kis edényei mellett bő üregű rosttracheidák és faparenchimák találhatóak (3).



4. ábra. A BAB004-es minta mikroszkópos felvételei. A késői pásztaban a parenchima sejtek, az edényekkel együtt alkotnak húr irányú sávokat. A minta nagyon sűrű sejtszerkezettel rendelkezik. (1). A hosszmetzeti képen látható, hogy a bélsugarak keskenyek, 1-4 (esetleg 5) sejt sor szélesek, alacsonyok, rövidek és tömzsi (2), a szűkebb edények falán jellemző a spirális sejt falvastagodás, ami a húrmetszeten és a sugármetszeten is egyaránt megtalálható (3).

a keresztmetszet 40–50%-át teszik ki. Ritkán állnak egyedül, többnyire 2–4 tagú likacsugarat alkotnak. A húrmetszeti képen nem láthatunk sem spirális sejt falvastagodást, sem létrás edényáttörést (6–2. ábra). Edényáttörésük teljes. A mintának csupán 1 sejt soros bélsugara van, ami parenchima sejtekből áll, így homogén felépítésű. Faparenchimát a minta nem tartalmaz, vagy nagyon ritka. A vékony falú, bő üregű farostok alkotják az alapállományt. A faanatómiai vizsgálatok alapján a BAB012-es mintánál csak nemzetség szintű meghatározást lehetett végezni: nyár (*Populus* sp.)

A BAB 014-es minta gyűrűs likacsú fafaj. Keresztmetszetén jól látható, hogy a korai pásztaban nagy üregű edények vannak, 3 akár 4 sejt sor magasak is lehetnek (7–1. ábra). A késői pászta edényei kisebb méretűek, hullámokat alkotva sávokba rendeződnek. Általában 4–5-ször is magasabbak lehetnek, mint szélesek.

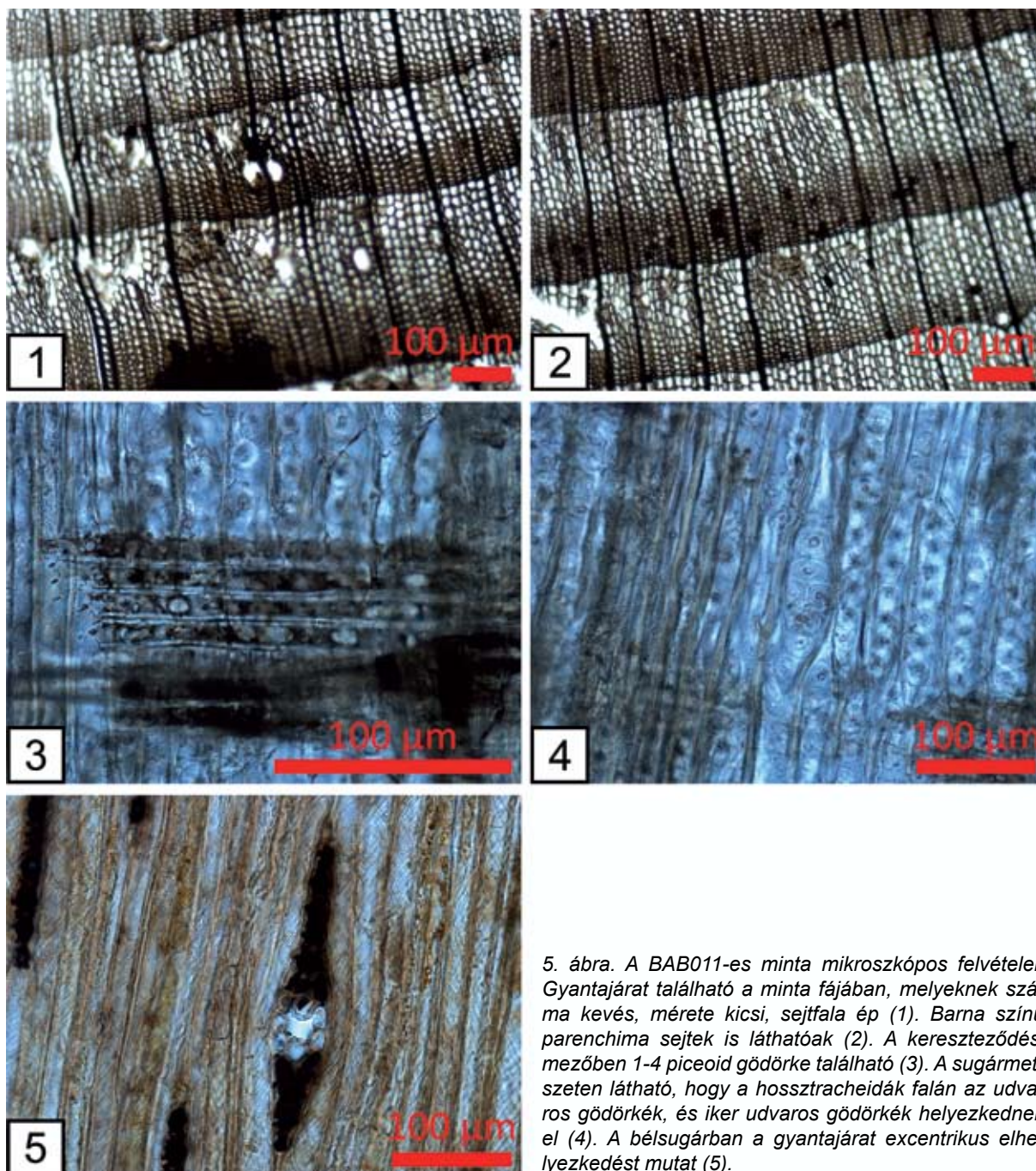
A bélsugarak parenchima sejtekből állnak, ez mutatja, hogy homogén felépítésűek (7–2. ábra). Az edények körül és a rostok között egyaránt faparenchima sejteket találunk. A fatest szilárdító alapállományát vastag falú, hosszúra nyúlt farostok (melyek részben elhegyesedve, részben lekerekítve végződnek) és rosttracheidák alkotják. A faanatómiai vizsgálatok alapján a BAB014-es fafaj vénic szil (*Ulmus laevis*).

Két minta esetében a dendrokronológiai vizsgálathoz előkészített polírozott keresztmetszeten felismerhető szőtt likacsú szövet és a jellegzetes bélsugarak jelentette karakteres jegyek elegendőek voltak a bükk (*Fagus sylvatica*) azonosításához.

Dendrokronológiai eredmények

A legtöbb évgyűrűt (n=245) a BAB002 jelű tölgy-mintában, míg a legkevesebb mérhető évgyűrűt (n=37) a BAB008 jelű, ugyancsak kocsányos tölgy azonosított, mintában találtuk. A minták átlagos évgyűrűszáma 114, ami előre vetítené a sikeres szinkronizációt, azonban a minták fajszintű heterogenitása valamint a négy példány esetében csekélynek mondható (≤ 51) évgyűrűszámok a minták többségénél mégis a sikertelen átlapolás felé billentik a szinkronizációs elemzéseket. A tapasztalat mellett számos kutatás alapján is várható volt, hogy a tölgymintákat lehet a legnagyobb sikerrel keresztmegfeleltetni.

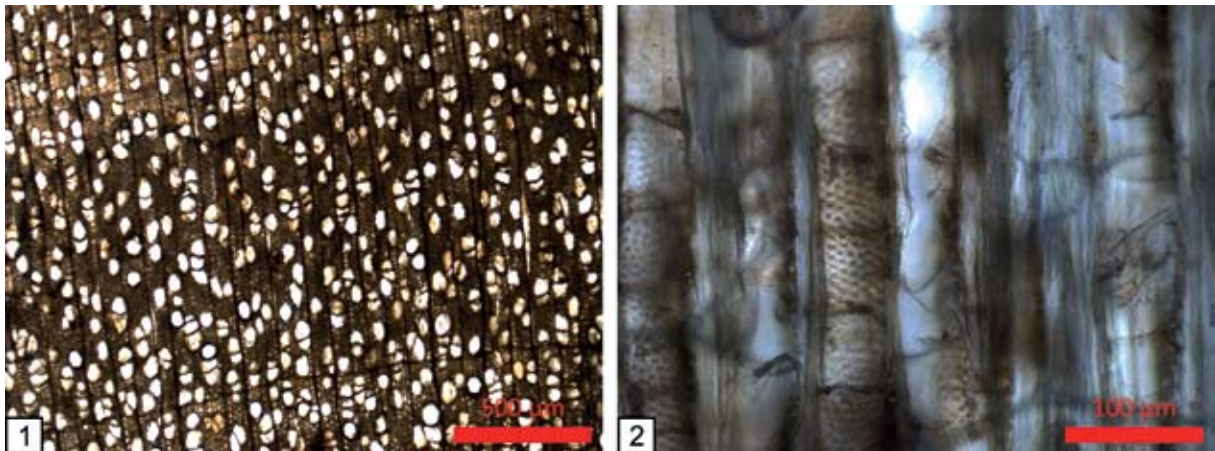
A tölgyminták vizsgálatokor a három leghosszabb minta esetében sikerült találni olyan pozíciót amelyben az minden párosításban kitűnő dendro-statisztikai eredmények kaptunk. A BAB003 minta adatsorának 4-ik helyéhez illetve a BAB002 minta első mért évgyűrűjét, és a 7-ik helyéhez illetve a BAB007 minta első mért évgyűrűjét t_{BP} -re 5,2 és 7,4 közötti értékeket;



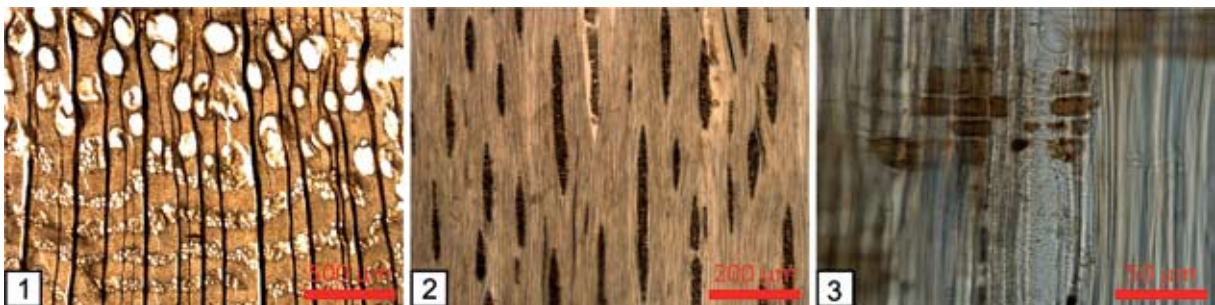
5. ábra. A BAB011-es minta mikroszkópos felvételei. Gyantajárat található a minta fájában, melyeknek száma kevés, mérete kicsi, sejtfa ép (1). Barna színű parenchima sejtek is láthatóak (2). A keresztteződési mezőben 1-4 piceoid gödörke található (3). A sugármetszeten látható, hogy a hossztracheidák falán az udvaros gödörkék, és iker udvaros gödörkék helyezkednek el (4). A bélsugárban a gyantajárat excentrikus elhelyezkedést mutat (5).

a GLK%-ra 60 ($p < 0.05$) és 67 ($p < 0.01$) közötti értékeket kaptunk (7. ábra). A BAB007-es tölgy minta mind a 198 gyűrűje átfed mind a BAB002-es mint pedig a BAB003-as minta adatsorával, ugyanazt a növekedési periódust reprezentálva. A két hosszabb minta esetében is igen kiterjedt az átfedés, hiszen 4 gyűrű kivételével a BAB003 össze gyűrűje átfed a leghosszabb tölgy minta évgyűrűadatsorával. A 8. ábrán megfigyelhető ezenkívül az egyes negatív és pozitív csúcsok nagyszámú egyezése valamint a jellegzetes növekedési mintázatok (pl. vékony évgyűrűscsoportok) egybeesése is.

A három leghosszabb tölgyfamina sikeres szinkronizációja alapján felállított első drávai lebegő tölgykronológia (BABsf01CHR) 249 év hosszú (8. ábra). A negyedik jelentősebb számú évgyűrűt tartalmazó tölgy minta (BAB09), melyen kéregmaradványt is megfigyeltünk nem volt szinkronizálható ezzel a csoporttal. A keltezési kísérlethez három környékbeli tölgy referencia kronológiát hívtunk segítségül: Mecsek-Tolna (időszak: 1650–2014, KERN-HORVÁTH-MORGÓS publikálatlan); kelet-szlovéniai (időszak: 1456-2003 ČUFAR et al., 2008), és kelet-ausztriai (időszak: 931-2011, GEIHOFFER et al., 2005). A környékbeli



6. ábra. A BAB0012-es minta mikroszkópos felvételei: A minta edényátmérői húr irányba 40-90 µm nagyságúak, míg ez az érték egy fűzfa esetében 60-120 µm között mozog (1). Az edény falán sok egyszerű gödörke helyezkedik el (2)



7. ábra. A BAB0014-es minta mikroszkópos felvételei: Az évgyűrű határ egyenletes. A bélsugarak szélessége változó (1), a húrmetszeti kép mutatja, hogy a bélsugarak magasak és keskenyek, csupán 1-3 (ritkán 4) sejt sor szélesek (2), a sugármetszeten látható, hogy az edényáttörés teljes, valamint spirális vastagodás van az edények belsejében (3)

mesterekronológiákkal végrehajtott keltezési kísérletek azonban sajnálatos módon nem hoztak statisztikailag megbízható eredményt.

Két-két minta képviselte a bükk és vénic szil fajokat, de ezek esetében nem sikerült megbízható szinkronizálást találni a mintapárok között.

Az eredmények értelmezése

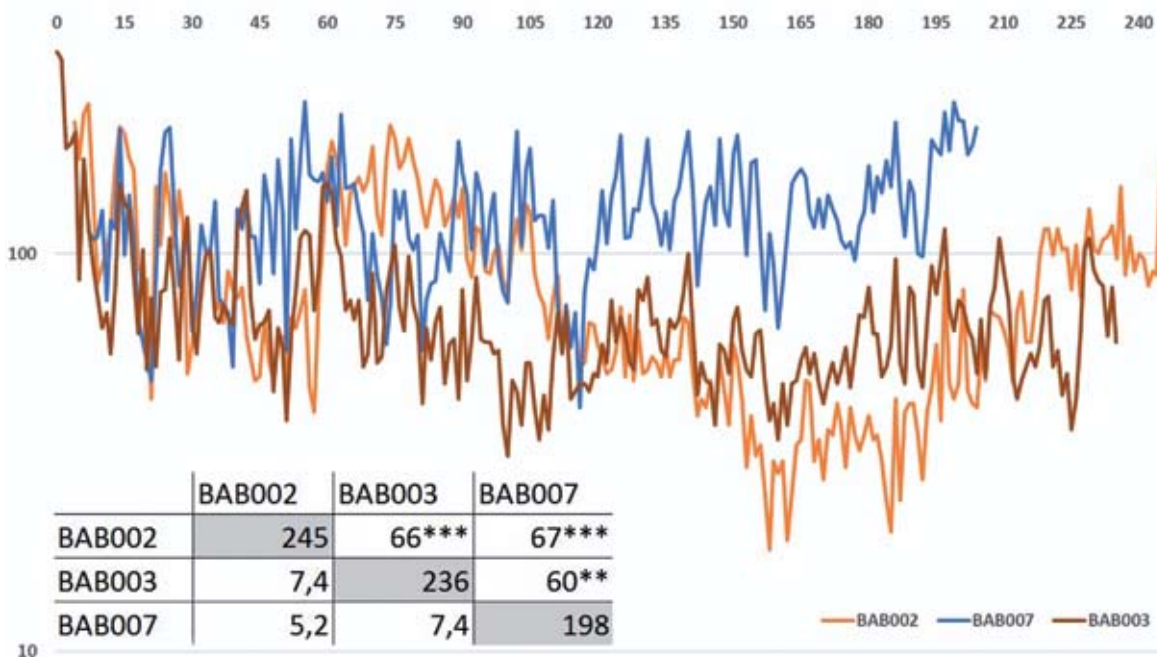
A fajajösszetétel kivételesen változatosnak mondható. Az azonosított fajok között megjelennek a helyben növő egykori ártéri erdők fajai (pl. tölgy és szil) amelyek a leggyakrabban fordulnak elő a hasonló jellegű alluviális üledékösszetétel szubfosszilis uszadékanyagában (CHIRILOAEI et al., 2012, CAROZZA et al., 2014, KERN és POPA 2016) másrészt a messzebbi területekről, folyóvíz által szállított faminták (vörösfenyő).

Az eredményes dendrokronológiai szinkronizálás alapján a BAB002, BAAB003 és BAB007 kocsányos tölgy minták azonos időben és termőhelyen növekedtek, következésképpen egy uszadékfa-felhalmozódási generációt képviselnek. A szomszédos Száva vízgyűjtőről származó több száz szubfosszilis faanyag-

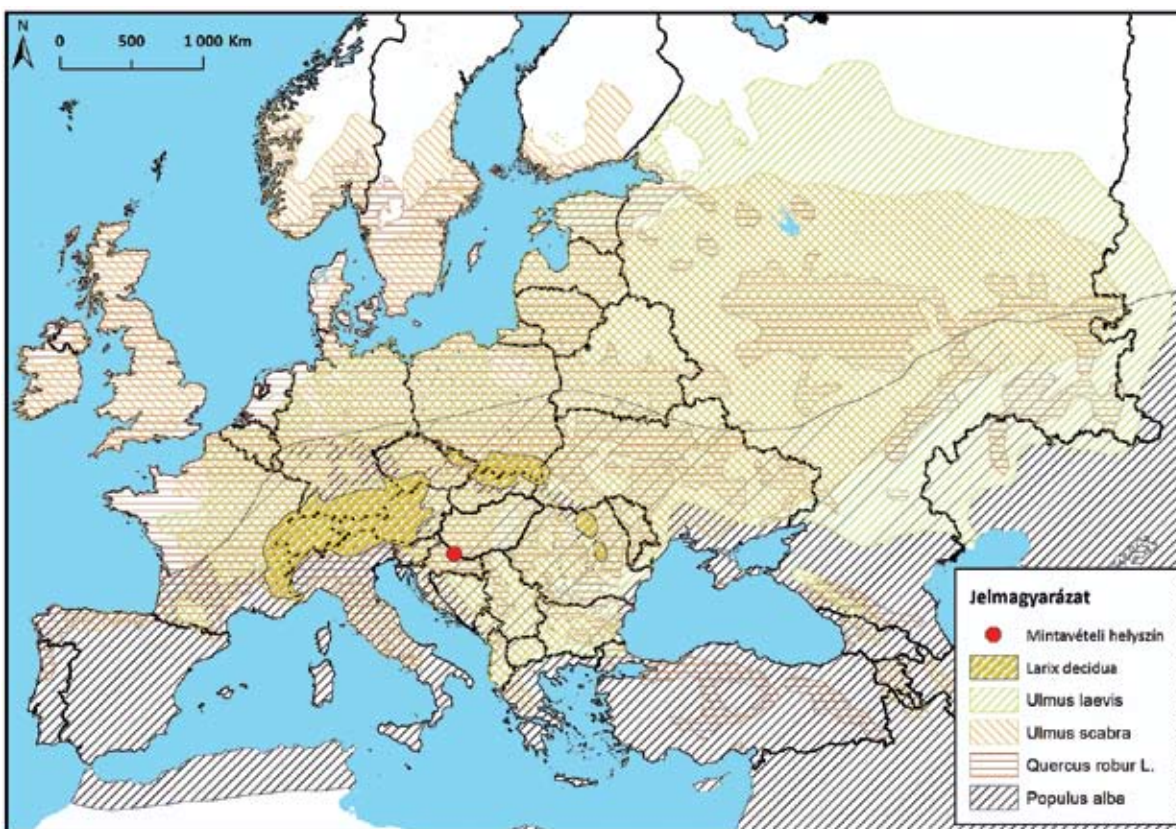
ok radiokarbonos kormeghatározásai alapján 8000 évnél idősebb famaradványt nem találtak, (PEARSON et al. 2014) így feltételezhető, hogy a vizsgált drávai uszadékanyag se idősebb ennél. Mivel a fás vegetáció elterjedésében a nagy átrendeződések 8000 évet megelőzően zajlottak, így természetesen fenntartásokkal, de az jelenlegi elterjedési viszonyok irányadóak lehetnek a drávai szubfosszilis minteredtének nyomozásában is. A vörösfenyő jelenlegi elterjedése főleg az Alpok és a Kárpátok magashegységi régiójára korlátozódik, hazánk területén nem található meg (9. ábra). Az elterjedési térképek alapján kijelenthető, hogy legközelebb 250 km-ről származhatott a fenyőminta. A BAB011 minta tehát mindenképp más termőhelyről származik, bár lehet, hogy az előbbi tölgyekkel azonos időben csapdázódott az üledékbe.

A megőrződött kéreg, valamint szíjács farész azt sugallja, hogy a kocsányos tölgy fajhoz tartozó BAB009 és BAB012 nyár minták közelebről szállítottak.

Az üledékfeldolgtató környezet vizsgálata alapján a felfelé finomodó üledéksor egyetlen folyóvízi ciklusként értelmezhető, azaz egy meder kitöltőanyagát képviseli. Valószínűleg meanderező típusú folyó rakta le. A ré-



8. ábra. A három szinkronizálható tölgyeminta évgűrűszélességi görbéje a legjobb egyezést adó pozícióban. A felső táblázat a keresztgyezések alapstatisztikáit mutatja. A minták évgűrűszámát az átlós, szürke háttérű cellákban tüntettük fel. Az átló alatti cellák a tBP (Baile & Pilcher, 1973) értékeit, az átló feletti cellák pedig az egyezés GLK% értékeit (Eckstein & Bauch 1969) mutatják. (**: $p < 0.05$; ***: $p < 0.01$)



9. ábra. A vizsgált fafajok európai elterjedési területe
(forrás: EUFORGEN.ORG)

tegsor a mai felszínig tart, így növényzettel nem vagy időszakosan fedett helyeken, pl. szántóterületeken az egykori üledékek felülnézetben is tanulmányozhatók. A friss műholdképeken megfigyelhető, hogy az ártér ezen részét egykor feltöltő folyószakasz irányítottága meg- egyezik a fákéval (2. ábra A), azaz a fák hosszirányban rakódtak le a mederben. Valószínűsíthető, hogy a nagy folyókban a fák jellemzően úgy feneklenek meg, hogy gyökérzetük a folyásiránnyal szemben mutat. Ez össz- hangban van azzal, hogy a befoglaló üledéksor felső, finomszemű részén a keresztlemezesség északkeleties vízáramlásra utal. Ezen adatok alapján a fatörzsek lera- kódásakor az egykori Dráva itt ÉÉK felé folyt.

Bár a Dráva felszíne alatt nem látjuk az üledéksort, a vízszint mederében feltáruló fatörzsek valószínűleg az egykori meder mély részén rakódtak le. Erre utal a feltárt rétegsor famaradványokat is befoglaló alsó részének durva szemcsemérete. Az, hogy a törzsek a meder mély részén halmozódtak fel, rendszerint az áthalmazott famaradványok esetén jellemző (KALICKI és KRAPIEC 1995), azaz összhangban van azzal, hogy vegyes fajú és korú törzsek együttesen fordulnak elő. Emellett ismert, hogy a Dráva mai medre a vizsgált terü- leten alacsonyabban van, mint akár néhány száz évvel ezelőtt: a szabályozások, elsősorban a horvát oldalon épített vízerőművek hatására a meder mélyül és bevá- gódik, a jellemző vízszintek egyre alacsonyodnak (KISS ET AL. 2011). A bevágódás miatt a korábbi medrek mé- lyebb részei is feltárodnak akár a mai vízszint fölött is.

Az alluviális üledékösszlet keletkezése szempont- jából a BAB009 (*Quercus robur*) és BAB012 (*Populus* sp.) minták reprezentálta legfiatalabb uszadékfa gene- ráció kora lehet mérvadó, azaz milyen (maximum) kort is jelent ez konkrétan?

Következtetések

A 14 darab faminta anatómiai és dendrokronológiai vizsgálatai alapján kijelenthető, hogy nagy valószí- nőség szerint összehalmozott fatörzsekről van szó, amelyek különböző területről származnak. A nem fel- tétlenül egy korban élt fák szinkronizálása csak rész- ben sikerült. A három leghosszabb évgűrű adatsor- ral bíró kocsányos tölgy mintát sikerült szinkronizálni, így létrehozva egy 249 év hosszú lebegő kronológiát. A környékbeli elérhető naptári dátumhoz kötött ún. mesterkronológiák legrégebbre visszanyúló szakasza a kelet-ausztriai területekről származó adatsor, amely a 10. századig nyúlik vissza. A drávai lebegő tölgykro- nológia datálásának sikertelensége alapján feltételez- hető, hogy ennél régebbiek lehetnek a faminták, azaz azok legkorábban a 8. század elején dőltek ki. A fa- törzseket befoglaló üledékréteg korára egyelőre nem tudunk keletkezési időt mondani, azonban a későbbi- ekben a famaradványok radiokarbon kormeghatározá- sának segítségével kerülhet megvilágításba az üledék kora.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az OTKA K119309 pályázat támogatta. Hálával tartozunk a Duna-Dráva Nemzeti Park munka- társának, Csór Sándornak, a terepi mintavétel során nyújtott segítségért. Köszönettel tartozunk Grynaeus Andrásnak és Kázmér Miklósnak a szakmai bírálatért és a hasznos észrevételekért. Ez a közlemény a 2ka Palæoclimatology Kutatócsoport 63. számú publiká- ciója és a Budapest Tree-Ring Laboratory 31. számú publikációja.

Irodalom

- ANTALFI E. 2012: A fajfaj-meghatározás modern lehetőségei. Magyar Asztalos- és Faipar 2012/1: p. 66-67.
- ANTALFI E. 2015: Bükkábrányi fosszilis leletek fajfaj azonosítása és a Cupressaceae család egyes fajainak dendroklímológiai vizsgálata. Doktori Értekezés, Sopron, 125 p.
- ÁRVAI M., POPA, I., MINDRESCU, M., NAGY B. & KERN Z. 2016: Dendro- chronology And Radiocarbon Dating Of Subfossil Conifer Logs Excavated From A Peat Bog, Maramures Mts, Romania. Qua- ternary International 415: pp. 6-14.
- ÁRVAI M., GRYNÆUS A., KÁZMÉR M. ÉS KERN Z. 2017: Uszadékfák dendrokronológiai vizsgálata – lehetséges források az ártéri er- dők kor-, és fajösszetételének rekonstruálására a történelmi és az azt megelőző időkre. In: Jerem E., Laszlovszky J., Pinke Zs. Drosztmér Á, Renner Zs. (szerk.): Történelmi tájak – vizes élőhe- lyek: Régészet, környezettörténet, tájvédelem. Archaeolingua kiadó, Budapest, pp. 85-88.
- ÁRVAI M., MORGÓS A. & KERN Z. 2018: Growth-climate relations and the enhancement of drought signals in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) tree-ring chronology in Eastern Hungary. iForest 11(2): pp. 267-274.
- BAILLIE, M. G. L. & PILCHER, J. R. 1973: A simple cross-dating programme for tree-ring research. Tree-Ring Bulletin 33: pp. 7–14.
- BUTTERFIELD, B. G., MEYLAN, B. A. & PESZLEN, I. M. 1997: A fatest háromdimenziós szerkezete (three dimensional structure of wood), Faiparos tudományos alapítvány, Budapest.
- CAROZZA, J.M., CAROZZA, L., VALETTE, P., LLUBES M, PY V., GALOP, D., DANU, M., FERDINAND, L., DAVID, M., SÉVÈGNES, L., BRUXELLES, L., JARRY, M. & DURANTHON, F. 2014. The subfossil tree deposits from the Garonne Valley and their implications on Holocene alluvial plain dynamics. Comptes Rendus Géoscience 346(1): pp. 20-27.
- CHIRILOAEI F, RĂDOANE M, PERȘOIU I & POPA I, 2012. Late Holocene history of the Moldova River Valley, Romania. Catena 93: pp. 64-77.
- ČUFAR, K., DE LUIS, M., ZUPANČIČ, M. & ECKSTEIN, D. 2008: A 548-year tree-ring chronology of oak (*Quercus* spp.) for southeast Slovenia and its significance as a dating tool and climate archive. Tree-Ring Research 64: pp. 3-15.

- ECKSTEIN, D. & BAUCH, J. 1969: Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. Forstwissenschaftliches Centralblatt 88(4): pp. 230–250.
- EUFORGEN 2009, Species distribution maps. www.euforgen.org.
- GEIHOFFER, D., GRABNER, M., GELHART, J., WIMMER, R. & FUCHSBERGER, H. 2005: New master chronologies from historical and archaeological timber in Eastern Austria. In: Sarlatto, M., Di Filippo, A., Piovesan, G., Romagnoli, M. (Eds.), EuroDendro 2005. Proceedings of the EuroDendro 2005. Viterbo, Italy, 50–51.
- GREGUSS P. 1945: A közép európai lomblevelű fák és cserjék meghatározása szövettani alapon. Országos Magyar Természettudományi Múzeum Kiadó, Budapest.
- GRYNAEUS A. 1995: Dendrochronological research in Hungary (Present status as of May 1995 and future development). Dendrochronologia 13: pp. 135–138.
- GRYNAEUS A. 1996: Progress of dendrochronological research in Hungary. Dendrochronologia 14: pp. 223–226.
- GRYNAEUS A. 2011: Dendroclimatologiam facere, necesse est! Dendrokronológia és/vagy dendroklimatológia? In: Kázmér M. (szerk.): Környezettörténet II. Környezeti események a honfoglalástól napjainkig történeti és természettudományi források tükrében. Hantken Kiadó, Budapest, 185–193
- GRYNAEUS A. 2015: Miről mesélnek a régi fák évgyűrűi? (Régészet, dendrokronológia, klímátörténet). Archaeolingua kiadó, Budapest, 244 p.
- HOLLENDONNER F. 1913: A fenyőfélék fájának összehasonlító szövettana, „Patria”, Budapest.
- HORSKY, D. & REINPRECHT, L. 1985: Vlastnosti fosilneho dubového dreva. Drevo 40: pp. 283–285.
- KALICKI, T., & KRĄPIEC, M. 1995: Problems of dating alluvium using buried subfossil tree trunks: lessons from the 'black oaks' of the Vistula Valley, Central Europe. The Holocene, 5(2): pp. 243–250.
- KÁZMÉR M. & GRYNAEUS A. 2003: The Budapest Tree-Ring Laboratory. Association for Tree-Ring Research, Newsletter 1: pp. 5–6.
- KERN Z., PATKÓ M., KÁZMÉR M., FEKETE J., KELE S. & PÁLYI Z. 2013: Multiple tree-ring proxies (earlywood width, latewood width and $\delta^{13}\text{C}$) from pedunculate oak (*Quercus robur* L.), Hungary. Quaternary International 239: pp. 257–267.
- KERN, Z. & POPA, I. 2016: Dendrochronological and radiocarbon analyses of subfossil oaks from the foothills of the Romanian Carpathians. Geochronometria 43: pp. 113–120.
- KISS T., ANDRÁSI G. & HERNESZ P. 2011: Morphological alteration of the Dráva as the result of human impact. AGD Landscape & Environment 5(2): pp. 58–75.
- KOLÁŘ, T., KYNCL, T. & RYBNÍČEK, M. 2012: Oak chronology development in the Czech Republic and its teleconnection on a European scale. Dendrochronologia 30: pp. 243–248.
- KRĄPIEC, M. 2001: Holocene dendrochronological standards for subfossil oaks from the area of Southern Poland. Studia Quaternaria 18: pp. 7–63.
- MAGYAR K. 1973: Előzetes jelentés a barcsi bődönhajó feltárájáról. Somogyi Múzeumok Közleményei 1: pp. 357–362.
- MIHALIK E., NYAKAS A., KÁLMÁN K. ÉS NAGY E. 1999: Növényanatómiai praktikum, JATE Pess, Szeged pp. 137–158.
- NECHITA, C., RADOANE, M. CHIRILOAEI, F., RADOANE, N., POPA, I., ROIBU, C. & ROBU, D. 2014: Subfossil oaks from alluvial deposits and their role in past fluvial activities analysis: case study East Carpathian rivers, Romania. In: Mindrescu M. (Ed.) Late Pleistocene and Holocene climatic variability in the Carpathian-Balkan Region 2014, Georeview Abstracts volume, Stefan cel Mare University Press, Suceava, pp. 107–110.
- PEARSON, C. L., WAZNY, T., KUNIHOLM, P. I., BOTIC, K., DURMAN A. & SEUFER, K. 2014: Potential for a New Multimillennial Tree-Ring Chronology from Subfossil Balkan River Oaks. Radiocarbon, 56(4): pp. 51–59.
- PROKOP, O., KOLÁŘ, T., BÜNTGEN, U., KYNCL, J., KYNCL, T., BOŠEĽA, M., CHOMA, M., BARTA, P. & RYBNÍČEK, M. 2016: On the palaeoclimatic potential of a millennium-long oak ring width chronology from Slovakia. Dendrochronologia 40: pp. 93–101.
- RINN, F. 2005: TSAP Reference manual, Heidelberg, Germany, 262 p.
- SCHWEINGRUBER, F. H. 1990: Anatomy of European Woods. Haupt, Berne.
- TÓTH B., SÓFALVI A., BOTÁR I., GRYNAEUS A. 2015: Udvarhelyszéki templomtornyok és történeti faszerkezetek dendrokronológiai keltezése. Az „udvarhelyi tölgykronológia” (1.). LUSTRA 2/1: pp. 4–13.
- VIRÁG M. 2016: Magyarországi árterek természetes és aktuális vegetációjának összehasonlítása. Erdészeti Lapok 151(3): pp. 94–96.
- WAZNY, T., LORENTZEN, B., KÖSE, N., AKKEMIK, Ü., BOLTRYK, Y., GÜNER, T., KYNCL, J., KYNCL, T., NECHITA, C., SAGAYDAK, S. & VASILEVA, J. K. 2014: Bridging the Gaps in Tree-Ring Records: Creating a High-Resolution Dendrochronological Network for Southeastern Europe. Radiocarbon, 56(4): pp. 39–50.