

## Válasz Dr. Kázmér Miklós

Magyari Enikő „A Kárpát-medence és DK-Európa későglaciális és holocén vegetációfejlődése, különös tekintettel a gyors felmelegedési és lehülési hullámokra mutatott vegetációs válaszokra” című, a MTA doktora cím elnyeréséért benyújtott értekezésének  
bírálata

Mindenekelőtt szeretném megköszönni opponensem alapos munkáját, támogató megjegyzéseit, észrevételeit és elismerő szavait. Az alábbiakban a bírálatában feltett kérdéseire és észrevételeire válaszolok (az opponens kérdéseit *dőlt* betűvel jelöltem).

*„Pollenhatározás: a jelölt saját bevallása szerint a virágporszemcsék meghatározását egy angol, egy német és egy francia határozókulcs alapján végezte. Ezek voluminózus munkák, nyilván koruk legszélesebb kitekintésű szerzői készítették őket. Ami hiányérzetet hagy az olvasóban: sem a disszertációban, sem a szerző általam áttekintett publikációiban nem találtam ősmaradvány-ábrázolást. Tudom, a nevezéktan a vizsgált kort tekintve már letisztult, a maradványok pedig legfeljebb néhány ezer évesek. Mégis... a határozás szubjektív tudomány, különösen a paleontológiában. Jó lenne, ha az olvasó megbizonyosodhatna róla, hogy Magyari és tanítványai az adott nemzetséget és fajt milyen módon értelmezik. Így esetleg az is kiderülhetne, hogy mi a különbség a nyugat-európai, a mediterrán és a kelet-európai virágporszemcsék morfológiája között egy adott időszakban. Sőt, kiderülhetne, hogy előfordulnak-e máshonnan nem ismert, kihalt fajok - végül is a munka jelentős része a földtörténeti múlt refúgiumairól szól!”*

Köszönöm a felvetést, egyetértek vele. A pollenanalitikával foglalkozó korábbi magyar kutatások, különösen a harmadidőszaki munkák (lásd Nagy Eszter), sok esetben tartalmaznak pollenfotókat. A negyedidőszaki munkák esetében ezek ugyanakkor sosem teljesekek, a kiragadott, fontosnak vagy éppen leglátványosabbnak tartott taxonokat mutatják csupán. Mivel munkám döntően az utolsó eljegesedésre, és annak is a legvégső kb. 30000 évére koncentrálok, ezért a kárpát-medencei edényes flóra esetében olyan fajokkal kell számoljunk, melyek ha nálunk nem is, de a szomszédos országokban vagy Eurázsia tundra és sztyep régióiban ma is fellelhetők, kihalt edényes flóraelemek eddig nem kerültek elő sem a makro- sem mikroflórában ebből az időszakból. Ezek a recens taxonok viszont a francia (Reille, 1992, 1995, 1998), az angol (Moore et al., 1992) és német (Beug, 2004) határozókönyvekben nagyon jól illusztráltak. Ezért nem éreztem feladatomban, hogy hasonló minőségű fotókat készítsék fosszilis példányokról.

A refúgiumok kapcsán munkámban a mérsékeltövi lombhullató erdőtársulások, glaciális refúgiumaival foglalkoztam. Ezek elemei ma benépesítik a Kárpát-medencét. Az utolsó 30000 év pollenösszleteiben nem találok kihalt fajokkal, ezek a kora és közép pleisztocén üledékeket jellemzik, fás taxonok, pl. *Zelkova*, *Carya* és *Pterocarya* fajok. Következésképpen illusztrálásuk sem volt számomra indokolt. A refúgiumkérdés nyomatékosítása esetén ugyanakkor egyetértek a bírálóval, hogy volna értelme pontos lelőhely és réteg megjelöléssel ábrázolni pollenfotókon ezeket a taxonokat (pl. bükk, tölgyek, szilek, juharok).

Reille M. (1992) Pollen et spore D'Europe et D'Afrique du Nord. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie Marseille, France.

Reille M. (1995) Pollen et spore D'Europe et D'Afrique du Nord. Supplement 1. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie Marseille, France.

Reille M. (1998) Pollen et spore D'Europe et D'Afrique du Nord. Supplement 2. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie Marseille, France.

Moore P.D., Webb J.A. & Collinson M.E. (1992) Pollen analysis. Second edition. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

Beug, H. J. (2004) Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.

*Sztómahatározás: vajon mennyire használható Sweeney (2003) skandináv határozókönyve a déli-kárpáti fenyőtűk gázcserenyílásainak azonosítására? Nem lenne érdemes egy recens vizsgálattal bizonyítani a kulcs validitását Dél-Európában?*

Sweeney 2003-as munkája természetesen ÉNy-Európai nyitvatermő tülevelek határozására koncentrálok. A Déli-Kárpátokban két olyan fenyőfaj fordul elő, melyet Sweeney munkája nem tárgyal. Ezek a

törpefenyő (*Pinus mugo*) és a cirbolyafenyő (*Pinus cembra*). Ugyanakkor a Sweney által tárgyalt hat fajból mind előfordul a Déli-Kárpátokban. Természetesen végeztünk recens összehasonlító tanulmányokat az összes érintett faj esetében, és a Magyarai et al. 2012-es cikk appendixében részletesen bemutattuk az ÉNy-Európában elő nem forduló fajok morfológiai bélyegeit, továbbá képekkel illusztrált határozókulcsot is megadtunk. Megállapítottuk, hogy a törpefenyő gázcserenyílása biztonságosan elkülöníthető a cirbolyafenyő gázcserenyílásától a hosszúság-szélesség arány számításával. A Retyezát-hegységben a felső erdő és fáhatáron e-két *Pinus* nemzetségbe sorolt faj fordul elő, ezért a recens összehasonlító munkánk alapján, a disszertációban is szereplő sztóma határozásokat megalapozottnak tarjuk.

Sweeney, C. A. (2003) A key for the identification of stomata of the native conifers of Scandinavia, *Review of Palaeobotany and Palynology* 128: 281-290.

Magyarai, E. K., Jakab, G., Bálint, M., Kern, Z., Buczkó, K. & Braun M. (2012) Rapid vegetation response to lateglacial and early Holocene climatic fluctuation in the South Carpathian Mountains (Romania). *Quaternary Science Reviews* 35:116–130.

*Pollenakkumulációs ráta (virágpor-felhalmozódási sebesség). Ez az 1 cm<sup>2</sup>-re évente hulló pollenszemek száma. A mérési módszert most átugorva: itt lenne nagy fontossága annak, hogy tisztában legyünk azzal, mennyire volt folyamatos az üledékképződés a vizsgált szelvényben. Ennek a kíváncsiságnak az az oka, hogy a valóban folytonos rétegsorok rendkívül ritkák; az általános az, hogy - ezernyi ok miatt - az ülepedés megszakad, leáll, vagy éppen erősen, nagyságrendekkel gyorsul. Ha ilyen esetben egyetlen üledékképződési sebességgel számolunk, akkor a felhalmozódási sebességbe artefaktokat (általunk mesterségesen előállított értékeket) juttatunk.*

Nagyon fontosnak tartom a pollen akkumulációs rátákra (PAR) vonatkozó észrevételét a bírálónak. A nagydoktori értekezésben a pollen analitikai kutatások alap módszertani kérdéseire nem tértem ki, mivel a munka nem módszertani jellegű, a DK- és Közép-európai régióra vonatkozóan új eredmények közzétételére és biogeográfiai következtetések levonására koncentrálok. Ezek alappillére a pollen százalékokon felül, az egykori populáció méretek becslését jobban lehetővé tévő PAR mérőszám. A módszer legjobban kismértékű üledék akkumulációs ráta változást mutató tavi rendszerekben működik, széles körben alkalmazott napjainkban (lásd Seppä, 2007). A Retyezát hegyi tavai térségünkben a legideálisabb üledégyűjtőknek tekinthetők. A magas éves csapadék folyamatos vízbefolyást, és így a tavak központi régióiból származó üledékfuratok esetében várhatóan folyamatos üledékképződést eredményez, mely ha meg is szakad akár 1-2 évre, egy 11-15 ezer éves üledékoszlopban nem okoz pollenanalitikai módszerekkel mérhető számolási és így értelmezési hibát! Vizsgálataink során nem tapasztaltunk üledékképződési hiátust (az elmúlt 11000 évben a mély tavak még a vízszint-ingadozásokat is figyelembe véve folyamatosan vízzel borítottak voltak), ugyanakkor az ülepedési rátában változást mértünk mind a 4 vizsgált tóban. A kormodellből származó üledékképződési idő (pl. 15 év/cm) minden esetben a PAR számolás egyik sarokpillére. Ez a Brazi-tó esetében a holocén időszakban 16-35 év /cm közt váltakozott, ami elenyésző ingadozásnak tekinthető, és a vizsgált 4 tóból ez a tó mutatta 22 db radiokarbon mérés alapján a legkisebb ülepedési ráta ingadozást. Természetesen nem zárhatjuk ki a hibákat a PAR diagramokban, ugyanakkor a vegetáció dinamika értelmezése nem csak erre a mérőszámra, hanem a pollenszázalékokra is támaszkodik, tehát a téves értelmezés valószínűsége kicsi. Tapasztalt pollen analitikus továbbá észreveszi, ha a PAR értékek pl. együttesen minden taxonnál emelkedést vagy csökkenést mutatnak, és ilyenkor az ülepedési rátában bekövetkezett változásra, és nem egyidejű populáció méret növekedésekre vagy csökkenésre következtet. Ha ezt nem teszi, a bírálati folyamatban ezt a kritikát egészen biztosan megkapja. Mindezek tükrében a PAR változásokra alapozott erdőszűltség mértékére vonatkozó következtéseinket megalapozottnak tartom, a dolgozatban is említett bizonytalansági tényezőket maximálisan figyelembe vettem a következtetések levonása során.

Seppä, H. (2007) Principles of Pollen Analysis. In: Elias, S. (ed) *Encyclopedia of Quaternary Science*, Vol. 3, pp. 2487-2497, Elsevier Academic, Amsterdam, The Netherlands.

*Nem értem viszont, hogy hogyan mutatják ki a proxik a januári középhőmérsékletben keleten mutatkozó erőteljesebb lehűlést!*

A disszertációban bemutatott őshajlati rekonstrukciók pollen alapúak és a modern analóg módszert alkalmazzák, melyek lényege, hogy felszíni pollenminták mellé rendelt meteorológiai adatokat vetünk össze fosszilis pollenegyüttesekkel, és a 8-10 legközelebbi analóg pollen együttes klímáparamétereinek súlyozott átlagát vesszük. Ellentétben az árszásúnyog lárva alapú hőmérsékleti rekonstrukciókkal, melyek a legmelegebb hónap középhőmérsékletének rekonstrukcióját teszik lehetővé, a növényzet, és ezáltal a pollen együttesek, az éghajlat több elemére reagálnak elterjedésükkel (Prentice, 1992), és így alkalmasak több klímáparaméter rekonstrukciójára. Ezek döntően bioklimatikus paraméterek (pl. GDD<sub>0</sub>, GDD<sub>5</sub>), de jellemezhetőek az alap klíma paraméterekkel is. Így rekonstruálhattuk mi is a januári középhőmérséklet változásait a későglaciális időszakban. Ezeket a rekonstruált értékeket összevetve a Ny- és ÉNy-Európában hasonló módszerekkel rekonstruált, azonos időszakra vonatkozó értékekkel, vontuk le azt a következtetést, hogy térségünkben a januári középhőmérséklet magasabb volt a későglaciálisban, a ma mért értékekhez képest kisebb volt a lehülés mértéke.

Prentice I.C., Cramer W., Harrison S.P., Leemans R., Monserud R.A., Solomon A.M. (1992a) A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography*, 19, 117-134.

### *A folyamatosság kérdése és a szedimentológiai vizsgálatok szerepe*

A bíráló által részletesen kifejtett üledékképződési hiátusok lehetőségének pontosabb vizsgálatára vonatkozó észrevételével egyetértek. Valóban napjainkban tendencia a nemzetközi irodalomban, hogy a holocén tavi üledékképződéseket folyamatosnak veszik a kutatók abban az esetben, ha a radiokarbon kronológia és az alkalmazott proxim nem utalnak hiátusra. Ez vezethet a minuciózus munka ellenére túlzó következtetésekhez, ám én ezt a problémát nem látom olyan súlyosnak az általam vizsgált üledékgyűjtőkben, mint ahogyan azt a bíráló leírta. Alábbiakban részletezem, hogy miért:

1. A módszerek fejlődésével az abiotikus proxim közt a LOI, XRF, lézeres szemcsevizsgálat és mágneses szuszceptibilitás mérések a teljes üledékoszlopon megtörténnek (LOI: 1 cm, XRF: 1-2 mm, mágneses szuszceptibilitás: 1 mm felbontásban). Ezek a módszerek az általam bemutatott üledéksorok többségén is elkészültek. Bár a disszertáció ezen eredményeket nem tárgyalja részletesen, ám a kollegákkal közösen készített vagy éppen előkészületben lévő publikációk egy része igen. Ezek a módszerek véleményem szerint alkalmasak az üledékhiátusra utaló hirtelen változások kimutatására. Ha ilyen tapasztalunk, akkor azon nyomban görcső alá vesszük a pollendiagramot is, és vizsgáljuk, hogy történik-e hirtelen pollen összetételbeli változás az adott rétegben. Amennyiben igen, akkor hiátusra gyanakszunk. Ilyen igazolódott be például a keleméri Nagymohos és a bulgár Ezero-láp üledékszervényeiben. Ekkor célzott radiokarbon mérésekkel is sikerült a hiátus meglétét bizonyítanunk. Kelemér esetében továbbá antropogén és tektonikus eredetű üledékhiányt is kimutattunk (részletesen lásd Magyarai et al., 1999, 2000).
2. A vegetációtörténeti interpretációk pontossága eleve nem több mint 50 év. Ennél nagyobb felbontású következtetéseket a kutatók csak nagyon fiatal vagy éves laminációval rendelkező üledékek esetén tesznek. Ha apró hiátusok vannak az üledékben, akkor ezek hossza meg kellene haladja az 50 évet, hogy hatással legyen a pollenösszetételre.
3. A turbiditek valóban vezethetnek utólagos üledékfelkeveredéshez, jelenlétük szedimentológiai módszerekkel kimutatható. Mi a Szent Anna-tó glaciális üledékrétegeiben tapasztaltuk a turbidyszerű üledékrétegek megjelenését, ezeket a rétegtani leírásokban közzétettük (Magyarai et al., 2014). A Szent Anna-tó glaciális ülepedése rendkívül gyors volt. 1 cm üledék 10-20 évet reprezentál csupán, ezért ebben a rendszerben a turbiditek üledékfelszint összekeverő hatása nagy valószínűséggel kisebb zavarokat (elsősorban homogenizációt) eredményezhetett a pollen összetetekben. A pollenszervény értelmezése során ezt figyelembe vettük! A Szent Anna-tó üledékén pontosan a turbiditek képződésének körülményeit feltárni célzó vizsgálat sor indult nemrégiben, mely műgyantába ágyazott vékonycsiszolatok elemzésével próbálja felismerni a bíráló által is megfogalmazott eróziós, bioturbációs, keveredési és esetleges áthalmozási jelenségeket.

Magyarai, E., Jakab, G., Rudner, E. & Sümegi, P. (1999) Palynological and plant macrofossil data on Late Pleistocene short-term climatic oscillations in NE-Hungary. *Acta Palaeobotanica*, Supplement 2, 491-502.

Magyarai, E., Jakab, G., Sümegi, P., Rudner, E. & Molnár, M. (2000) Paleoökológiai vizsgálatok a keleméri Mohos-tavakon (Palaeoecological examinations at Kelemér Mohos lakes). In: Szurdoki, E. (ed) Tőzegmohás élőhelyek Magyarországon: kutatás,

kezelés, védelem, (Peat bog habitats in Hungary: research, conservation, management) CEEWEB Munkacsoport (workshop), Miskolc, pp. 101–131.

Magyari, E. K., Veres, D., Wennrich, V., Wagner, B., Braun, M., Karátson, D., Pál, Z., Ferenczy, Gy., St-Onge, G., Rethmayer, J., Francois, J-P. & Schäbitz, F. (2014b) Vegetation and environmental responses to climate forcing during the last glacial maximum and deglaciation in the East Carpathians: attenuated response to maximum cooling and increased biomass burning. *Quaternary Science Reviews* 106: 278-298.

*A mintavétel helyszínénél szolgáló sekély tavak a vizsgált időszakban akár többször is kiszáradhattak. A Brazi-tó max. 1,1 m mély. A Szent Anna-tó legfeljebb 3 méteres.... Még ha nem is tart egy kiszáradási esemény évtizedekig, évszázadokig, bizonyára roncsolja az üledéket, csökkenti a mintamegőrző képességét.*

Az észrevételt elfogadom, ugyanakkor a megadott vízmélységeken szeretnék pontosítani. A Brazi-tó ma 1,1 méter mély, kora- és középholocén vízmélysége 2-5 m közötti lehetett. A tó környezetében az éves csapadék mennyisége meghaladja az 1400 mm-t (Magyari et al., 2013), míg ez az érték a Fertő-tónál 650 mm (Pannonhalmi & Sütő, 2007). A Brazi-tó tengerszint feletti magassága 1740 m, ami 11,2 °C fokos júliusi középhőmérsékletet eredményez, szemben a Fertő-tó környezetére jellemző 20-21 °C-al.

A Szent Anna-tó ma 6 m mély, a kora holocénben ez az üledékgyűjtő egy tőzegláp volt, kritikusan alacsony üledékképződési sebességgel (Magyari et al., 2006, 2009), majd vízmélysége 6000 évtől nőtt, 2800 év körül érte el maximumát (Magyari et al., 2006, 2009). A holocénben ez a tó időszakosan valóban közel kerülhetett a szezonális kiszáradáshoz (600 m t.sz.f.m., 15-16 °C nyári középhőmérséklet), ennek nyomát is találtuk az üledékben. Fontos látnunk ugyanakkor a klimatikus különbségeket e tavak közt, és a tavak vízgyűjtő területének méretei közt. Ezek meghatározzák, hogy milyen eséllyel száradhat ki egy tó. A Szent Anna e tekintetben kis mélysége és kis vízgyűjtője miatt érintett lehet. A tavat csak a kráterperemről lefolyó víz táplálja.

Magyari, E. K., Demény, A., Buczkó, K., Kern, Z., Vennemann, T., Fórizs, I., Vincze, I., Braun, M., Kovács, J. I., Udvardi, B. & Veres, D. (2013) A 13,600-year diatom oxygen isotope record from the South Carpathians (Romania): reflection of winter conditions and possible links with North Atlantic circulation changes. *Quaternary International* 293: 136–149.

Pannonhalmi, M., Sütő, L. (2007) A Fertő tó múltja, jelene és jövője. *ÉDUKÖVIZIG*, Győr, 53 p.

Magyari, E. K., Buczkó, K., Jakab, G., Braun, M., Pál, Z. & Karátson, D. (2009a) Palaeolimnology of the last crater lake in the Eastern Carpathian Mountains - a multiproxy study of Holocene hydrological changes. *Hydrobiologia* 631: 29-63.

Magyari, E. K., Buczkó, K., Jakab, G., Braun, M., Szántó, Zs., Molnár, M., Pál, Z. & Karátson, D. (2006) Holocene palaeohydrology and environmental history in the South Harghita Mountains, Romania. *Földtani Közlemények* 136: 249-284.

*Az áthalmazás jelensége valószínűleg gyakori mindegyik vizsgált szelvényben, de csak a Szent Anna-tó kapcsán részeseülünk erre vonatkozó megjegyzésekben. (p. 44: "pollenek esetében állandó problémát jelent... az áthalmazás olyan időszakokban, melyek saját szerves produkciója rendkívül alacsony.)"*

Az áthalmazás jelensége valóban a Szent Anna-tó glaciális üledékeiben volt a legkritikusabb kérdés, ezért tárgyaltuk. Tapasztalataim szerint az áthalmazott pollenek ebben a tavi üledéksorban korrodált felszínűek, exinájuk (külső burkuk) gyakran eltérő színűre festődött, ami megkönnyítette detektálásukat. Munkám során pontosan az áthalmazás lehetősége miatt nem tekintettem bizonyító értékűnek 1% alatti előfordulást pl. a lombhullató taxonok esetében, csupán ha ép pollenek 3-5%-os gyakorisággal jelen voltak egymást követően több rétegben.

A holocén üledékek esetében a nagy pollenprodukciónak jelentősen csökkenti az esetlegesen áthalmazott pollenek jelenlétéből adódó problémákat. Itt ha áthalmazott pollenek jelen voltak, és azokat morfológiai bélyegeik alapján felismertem, akkor a degradált kategóriába kerültek, ezt a kategóriát a pollen százalékos számítás során nem vettem figyelembe, és az ábrázolás során mint degradált kategória jelenik meg. Amennyiben az áthalmazott pollenek morfológiai bélyegeik alapján nem különülnek el, a holocén üledékek esetében arányuk akkor sem lehet jelentős, mivel az 1 cm<sup>2</sup>-re évente hulló pollenek száma ebben az időszakban százezres nagyságrendű.

*A gradált homokréteg alatti "sötét színű, 1-2 mm-es alap" még nem a turbiditáshoz tartozik, hanem a megelőző nyugodt, mélytavi üledéksor utolsó tagja. Ebből szívesen vennék pollenmintát. A rákövetkező durvaszemcsés homokból és a finomodó üledéksorból azonban nem, mert ez valószínűleg tartalmaz áthalmazott anyagot, ismeretlen korból.*

Köszönöm az észrevételt. Bár még csak egy turbidit-szerű réteg esetében, de kísérleteztünk a különböző szemcseösszetételű rétegek célzott pollenmintavételével a Szent Anna-tóban. Eddigi tapasztalataink szerint nem igazolható pollenösszetételbeli eltérés a különböző szemcseösszetételű rétegek közt. A homokos összetételű pollen koncentrációja alacsonyabb, de százalékos eloszlása nem mutat jelentős kilengést a környező rétegekhez képest a Szent Anna-tóban. Ez arra utal, hogy valószínűleg belső felkeveredés történhetett, mely a felszíni üledékrétegeket érintette.

*Úgyszintén tárgyalható lenne a szedimentológia fejezetében a rétegek tömörödése. Felteszem, a furatok teteje híg leveles sűrűségű volt, mely a furat alján, néhány méternyi mélységben - jelentős vízvesztés hatására, a pórusok méretcsökkenésével térszakonvizsziójú anyaggá tömörödött. Hogyan kezelne a kompaktációt? Szükség van-e korrekciókra a megbízható kormodell előállításához, a pollen-lerakódási sebesség korrekt számításához?*

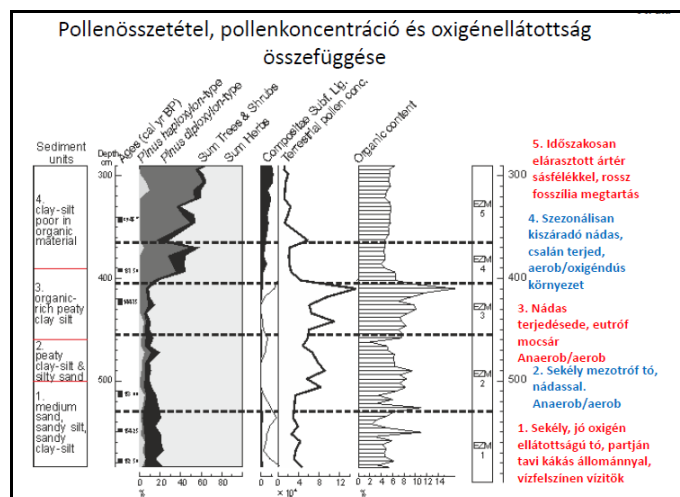
A felszíni üledékek magas szerves anyag felhalmozású rendszerekben általában zselészerűek változó vastagságban, míg a holtág üledékekben a magasabb kőzetliszt tartalom miatt szilárdabb konzisztenciájúak. A felszíni rétegek pontos mintázása felszíni üledékmitavevőt igényel, és általában az utolsó néhány évet, esetleg 1 évtizedet képviselik. A disszertációban tárgyalt üledékek esetében a Brazító felső rétegeiben történhetett keveredés az üledék szállítása során, ezt a mért radiokarbon korok is megerősítették, és ezt több publikációban részleteztük (Magyari et al., 2009, 2011), az utolsó 100-200 év történéseit pedig nagy óvatossággal kezeltük minden vizsgált szelvényben. A kompaktáció valóban jelen van, természetes folyamat, a 20-50 cm-ként végzett radiokarbon kormeghatározás ugyanakkor lehetővé teszi az ülepedési ráták korrekt számítását.

Magyari, E. K., Braun, M., Buczkó, K., Hubay, K. & Bálint, M. (2009b) Radiocarbon chronology and basic characteristics of glacial lake sediments in the Retezat Mts (S Carpathians, Romania): a window to Lateglacial and Holocene climatic and palaeoenvironmental changes. *Central European Geology* 52: 225–248.

Magyari, E. K. (2011a) Late quaternary vegetation history in the Hortobágy steppe and Middle Tisza floodplain, NE Hungary. *Studia Botanica Hungarica* 42: 185-203.

*Kérem, ismertesse valamely, az Ön által vizsgált fúrási szelvényben a vízoszlop, ill. az üledék oxidációs állapotának, a vízrétegzésnek esetleges befolyását a kinyerhető ősmaradvány-tartalomra, annak megtartási állapotára! Feltételezem, az anoxikus tófenék jobb megtartást kínál a szervesvázú maradványoknak, mint a jól szellőzőt víz. Nem volt semmi különbség a pollenek megtartásában?*

A disszertációban részletesen bemutatott üledékszelvények (Szent Anna, Brazító, Gales-tó, Sarló-hát, Ezero-láp) közül a lápi-tavi környezetváltozást mutató Ezero-lápot választottam az oxikus-anoxikus állapotok változásából eredő pollenmegtartás változás bemutatására. Itt a későglaciális rétegekre települő talajosodott koraholocén ártéri üledéksorok pollent nem tartalmaztak. A mellékelt ábra szemlélteti e szelvény rétegtanát, az üledék típus és a lápi/vízi makroflóra alapján levont oxigéntelítettségre vonatkozó következtetéseket és a pollenmegtartást.



Az ábrán leírt összefüggések elsősorban arra engednek következtetni, hogy utólagos kiszáradás (azaz erős víz nélküli oxigén telítettség) esetén bomlott az üledék pollentartalma.

Ugyanakkor a Retyezát-hegység tavaiban az üledékfelszín közeli vízrétegek oxigéntelítettsége magas (mohák nőnek az üledékfelszínen, melyek O<sub>2</sub>-t termelnek és fogyasztanak is), ennek ellenére a pollenmegtartás kiváló. Ennek oka az alacsony üledékhőmérséklet, és az üledék vízhez képest alacsonyabb O<sub>2</sub> tartalma lehet. A Szent Anna-tó esetében oxikus-anoxikus üledék fenék állapotok váltakoztak a holocénben (glaciálisban oxikus, holocénben kb. 3000 évtől a rétegzettség kialakulásával szezonálisan anoxikus), ezek ugyanakkor nem voltak hatással a pollenmegtartásra. Megjegyzendő, hogy a víz pH-ja 4 körüli, mely eleve gátolja a bakteriális és gombás bomló folyamatokat.

*A drága radiokarbon kormeghatározások viszonylagos gyakorisága a jó menedzsert, a jó forrásteremtőt sejteti. Mégis: a Trák-alföld Ezero szelvényében 6 méterben 'mindössze' 11 C-14 adatot sikerült mérni, közülük az egyik 'rendellenes' kort adott. Kérdésem: A statisztikai outlier kiszűrésén kívül milyen módon lehetne megállapítani, hogy a rétegsor nem keveredett, bioturbált-e, nem tartalmaz-e áthalmazást, akár az üledékgyűjtőn kívülről?*

A kérdés megválaszolásához szintén a fentebbi ábrából és a dolgozat 3.1.1.6. ábrájából szeretnék kiindulni. Ha alaposan végigtekintjük az Ezero-láp vízi/lápi makroflóra változásait, akkor azt látjuk, hogy a változások egy látványos szukcessziósort rajzolnak ki, míg keveredés esetén össze-nem illő elemek megjelenése volna várható. Sekély lápi/tavi rendszerről van szó, melyben nagy energiájú vízáramlásokra utaló jelet a későglaciálisban nem tapasztaltunk. Ezek mind a keveredés ellen szólnak.

Kérdésre miszerint miért volt relatíve kevés radiokarbon mérés ebben a szelvényben, azt kell válaszoljam, hogy a vizsgálatok idején 2005-2008 közt 6 méterben 11 mérés nem számított kevésnek, a mérések akkoriban drágábbak voltak. Az elvárt <sup>14</sup>C mérések robbanásszerű növekedése az elmúlt évtizedben következett be, és összefügg az ár csökkenésével, magyarországi viszonylatban pedig különösen összefügg a debreceni ATOMKI-ban 2011-től elérhetővé vált AMS mérési elérhetőséggel.

*....a sokféle számítás eredményeképpen kapott számértékek jelentéséről..... Bátran hagyjunk el tizedesjegyeket, és ne használjunk teljesen megalapozatlanul értékesnek látszó számjegyeket a tízes helyiértéken!*

Köszönöm opponensem észrevételét, egyetértek vele. Valóban származhatnak problémák abból, hogy a társtudományok kutatói nincsenek tisztában a közölt adatok lehetséges hiba tartalmával. A vizsgálatokat végző és cikket író kutató azt írja le amit mért, és természetesen törekszik a pontosságra. Valóban félrevezetőek lehetnek akár az évtizedes pontossággal megadott tól-ig intervallumok, mint pl. '11.240 és 10.830 év között' (p. 36), és fontos annak jobb bemutatása, hogy mi a kormodell alapján kapott koradat mérési, majd pedig modellezési hibája. Ugyanakkor az elmúlt években ezen a téren is jelentős előrelépés tapasztalható a nemzetközi irodalomban, és saját kutatási eredményeink bemutatásában is (lásd BACON, CLAM kormodellező software-ek, fuzzy diagramok). Az általam bemutatott kormodellek egy része már tartalmazza a korbecslés valószínűségi tartományt, nem csak a modellezett értéket (lásd 3.1.3.2. ábra (a) része vagy és 3.2.1.3. ábra). Ezen kívül a kvantitatív hőmérsékleti rekonstrukciók is tartalmazzák a 3.1.5.3 és 3.1.5.4. ábrákon a rekonstrukciók hibáját. Ezen kívül nem tekintettük a hőmérsékletek esetében szignifikánsnak azt az emelkedést vagy csökkenést, ami a rekonstruált terjedelmen belüli fluktuációt eredményezett csupán. A hőmérsékletek esetében a holocénben ugyanakkor fontosnak tartom megadni a tizedeseket, mert a teljes fluktuáció mértéke ebben az időszakban kicsi (1-2-3 °C).

*Problémásnak érzem, amikor pollenből téli hőmérsékletet rekonstruálnak. Tudom, hogy létezik erre általánosan elfogadott számítási módszer, de nem értem, honnan tudná egy hónapokig nyugalmi állapotát töltő növény, hogy milyen hőmérsékletet él éppen túl, mondjuk éppen januárban? Kaphatnék erre valamilyen racionális magyarázatot? .... Ehelyütt kérdezem, mert itt vetődött fel: hogyan és miért befolyásolja a növényzet összetételének változását a nyugalmi időszak, vagyis a tél középhőmérséklete?*

A bírálatban több ponton is felmerülő kérdésre két megközelítést alkalmazva próbálok meg válaszolni. Elsőként a szakirodalomban fellelhető adatokból indulok ki. A növények elterjedése és a tél leghidegebb hónapjának középhőmérséklete közti összefüggés (MTCO = tél leghidegebb hónapjának

középhőmérséklete) kulcsfogalma a hidegtűrés (Woodward, 1987). Mivel a pollen alapú hőmérsékleti rekonstrukciók elsősorban a fás komponenseken alapulnak, ezért kulcsfontosságú, hogy a fafajok milyen mértékben képesek tolerálni a téli mínuszokat, milyen védekező mechanizmus van jelen a sejteikben a sejtfagyás megakadályozására.

Ezt a kérdést többek közt Woodward (1987, 1988), valamint Sakai & Weiser (1973) járták körbe, és arra a következtetésre jutottak, hogy a fáknak az alábbi védőmechanizmusai vannak:

1. levelek téli elhullatása
2. alvó rügyekben a hőmérséklet csökkentése (supercooling in the dormant buds, spontaneous ice nucleation at  $-40^{\circ}\text{C}$ )
3. rügyek fagyasztva szárítással történő rezisztenssé tétele a jégkristályok sejtromboló hatásával szemben

Woodward 1988-as tanulmányában jó összefüggést mutatott ki Európában a fafajok északi elterjedési határa és a januári abszolút minimum hőmérsékletek közt.

Prentice és mtsai (1992) pedig az abszolút minimum hőmérséklet és az MTCO közti összefüggést

$$T_{\min} = 0.006 T_c^2 + 1.316 T_c - 21.9$$

vizsgálva az alábbi regressziós egyenletet kapták:

$$R^2=0,938$$

$T_{\min}$ : abszolút minimum hőmérséklete

$T_c$ : a leghidegebb hónap átlaghőmérséklete

Kérdésre tehát az a válaszom, hogy a téli hőmérsékletek és a növényzet elterjedése közti kapcsolat bizonyított, jól leírt, és így az általam alkalmazott modern analóg módszerrel kapott múltbéli januári középhőmérsékleteknek legalább a tendenciája megbízható.

Opponensem kérdésre adandó válaszonak van egy statisztikai módszerekkel körüljárható oldala is. A transzfer függvények alkalmazása során lehetőségünk van arra, hogy megvizsgáljuk a felszíni pollenminták és a modern klímaváltozók közti összefüggések megbízhatóságát. Az erre leggyakrabban alkalmazott statisztikai eljárás a 'leave-one-out' módszer (Birks et al., 2015). Ez esetben a felszíni pollen minta halmaz egy tagját kihagyjuk, és a pollenösszetétele alapján mint ismeretlen klímaparaméterű mintát kezeljük, majd esetünkben modern analóg módszerrel meghatározzuk a januári középhőmérsékletet. Ezt számtalan ismétlésben megteszük, és azt vizsgáljuk hogyan tér el a rekonstruált érték a mért értéktől. A módszer további részleteit nem részletezve, ezzel tesztelhetjük, hogy egy adott felszíni pollenminta együttes milyen mértékben alkalmas egy klímaparaméter becslésére. Ezt a vizsgálatot pollen alapú klímarekonstrukciók felszíni mintahalmazainak klímafüggését vizsgáló publikációkban szokták megadni, esetünkben az idevonatkozó tanulmány Peyron et al. 2011-es műve.

Woodward, F.I. (1987) Climate and plant distribution. Cambridge University Press, Cambridge.

Woodward, F.I. (1988) Temperature and the distribution of plant species. In: Plants and temperature (ed. by S.P. Long and F.I. Woodward). Symposia of the Society for Experimental Biology 42, pp. 59-75.

Sakai, A. & Weiser, C.J. (1973) Freezing resistance of trees in North America with reference to tree regions. Ecology, 54, 118-126.

Prentice I.C., Cramer W., Harrison S.P., Leemans R., Monserud R.A., Solomon A.M. (1992a) A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. Journal of Biogeography, 19, 117-134.

Birks, H.J.B., Lotter. A.F., Juggins, S., Smol, J.P. (2015) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments 5.: Data Handling and Numerical Techniques.

Peyron, O., Goring, S., Dormoy, I., Kotthoff, U., Pross, J., de Beaulieu, J.-L., Drescher-Schneider, R., Vannièrè, B. & Magny, M. (2011) Holocene seasonality changes in the central Mediterranean region reconstructed from the pollen sequences of Lake Accesa (Italy) and Tenaghi Philippon (Greece). The Holocene 21: 131-146.

*A rengeteg adatgazdag tanulmány után jól esett volna egy olyan, akár esszé-szerű értekezést olvasni, mely a késő-kvarter palinológia területén eltöltött évtizednyi idő tapasztalatain megsűrve azt mutatja be, hogy mire is jó ez a vizsgálat-fajta és mire nem. Melyek a terület fő eredményei, és merre fog vezetni a további út, legalábbis a közeli jövőben? A jelölt tekintheti ezt a felvetésemet akár kérdésnek is.*

Köszönöm opponensem észrevételét, egyetértek vele. A nagydoktori értekezésben a kutatói tevékenységem során elért új eredményeket igyekeztem bemutatni. A hiányolt esszé-szerű részek főként

a bevezetésben és a nagyobb témaköröket lezáró összegző fejezetekben jelennek meg, de valóban igaz, hogy csak röviden.

A kárpát-medencei holocén vegetációdinamikára vonatkozóan a 126-127. oldalakon például számos, az elmúlt évtizedek palinológiai vizsgálatainak alapul új következtetést mutatnak be a Dunántúl és a keleti országrész holocén vegetációdinamikájában mutatkozó különbségekről és hasonlóságokról. Ezek összegezve ebben a műben jelennek meg először, a kutatási terület főbb eredményeit összegzik (3.2.3.). A „merre tovább?“, „mire is jó?“ kérdésekre az összegzés tér ki, leginkább annak is a bevezetés része.

Néhány példa:

127. oldal

„Több tanulmány is hangsúlyozta az elmúlt években, a tankönyvekben még mindig előforduló (pl. Hortobágyi & Simon, 1991, 119. oldal) boreális sztyepekorszak toposzának (Zólyomi, 1952) valótlanságát (Juhász & Szegvári, 2007; Magyarai et al., 2008b, 2010). A fejezetben felsorakoztatott ábrák ezt szintén alátámasztják, ezek alapján fontos lenne ennek az eredménynek az átvétele a közoktatásban/felsőoktatásban is.”

129. oldal

„Ha végigtekintünk a pollen analitikai kutatások közelmúltbeli történetén, akkor azt láthatjuk, hogy a kutatások az elmúlt évtizedekben három jelentős irányvonal mentén rendeződtek.

1. Hosszú távú ökológiai irányú vizsgálatok....
2. Pollen alapú kvantitatív klímarekonstrukciók....
3. Kvantitatív tájrekonstrukciók...”

A merre tovább kérdésre valóban nem igazán tértem ki. Véleményem az, hogy az összegzés bevezetőjében megjelölt 3 irány mindegyike sok újat nyújthat a kvarter pollen analitikai kutatások terén a Kárpát-medencében, mindhárom kutatási irány művelésére szükség van!

*A sarlóhátú két fúrás igen ritkán előforduló, ha nem egyedülálló lehetőséget kínál a multiproxi módszer kalibrációjára. Kalibrációra oly módon, hogy azonos időt reprezentáló, hasonló üledékképződési helyről vett két fúrás miben egyezik meg és miben különbözik. Melyik változás a törvényszerű bennük, és melyik az esetleges? Milyen, mitől függ az érzékenységük erre vagy arra a lerakódás közbeni vagy diagenetikus folyamatra? Ha erről hallanánk valami bővebbet... a teremben sok az örök kételkedésre hajlamos geológus :-)*

A két fúrás rétegtanának összevetése nagyon szemléletesen jelenik meg a 3.21.3. ábrán. Alapvető különbség a két fúrás hosszában volt: a mederközépi SH-II fúrás közel 8 méteres, az agyagos kőzetliszt dominancia ebben a fúrásban 7 méter fölött jellemző, helyzetéhez illeszkedően áradásra utaló apró vagy durvaszemű homokrétegeket 7 méter fölött csupán 2 ponton észleltünk benne. Az SH-WOOD jelű partközeli fúrás (20 méterre mélyült a parttól) ezzel szemben rövidebb, a meder alját már 7,23 m-es mélységben elértük, a holocén agyagos kőzetliszt dominanciájú tavi kitöltés is kisebb ebben a fúrásban, a vártnak megfelelően (kb. 5,4 m-től fölfele). A szerves anyag tartalom mérés eredményeit összevetve azt mondhatjuk, hogy a felső 100 cm szerves anyag dúsulása mindkét szelvényben hasonlóan jelentkezik; a parti fúrásban 50 cm-nél tapasztalt hirtelen csökkenés ugyanakkor hiányzik a meder központi fúrásban. Az SH-II fúrás néhány kiugróan magas szerves anyag tartalom értéke pedig valószínűleg fúrástechnikai eredetű, és szennyezésre utal az adott rétegben. Ez a fúrás  $\frac{3}{4}$  részben zárt, 2 cm átmérőjű fúrófejjel mélyült, szemben az SH-WOOD fúrással, mely Livingstone típusú zárt mintavevővel történt. Radiokarbon kormeghatározás csak az SH-WOOD fúrásban történt, ennek legfőbb oka az volt, hogy makroszkópikus növényi maradvány csak a partközeli fúrásban fordult elő. Összességében a két fúrás mag a rétegtan és szerves anyag tartalom mérés alapján is szépen illeszthető.

A pollendiagramokat a dolgozat 3.2.1.4. ábrája mutatja.

A vártnak megfelelően a fő különbség a két diagramban a lágyszárú pollenek százalékos eloszlásában mutatkozik:

1. Az ernyősvirágzatúak (Umbelliferae) össz-pollenszázaléka számos csúcsot mutat a partközeli fúrásban, mely nem mutatkozik a meder közepén. Ez a különbség segítette az értelmezést: lokális, parti vegetációelemekre utal az ernyősvirágzatúak tekintetében, és ennek megfelelően mi vízszint-ingadozásokkal magyaráztuk a csúcsokat.
2. Az ürnök (*Artemisia*) pollenszázalékos görbéje eltérő lefutású a két szelvényben. A partközeli fúrásban magasabb százalékokat ér el 3000 évtől kezdődően, mely jobban jelzi a meder partján intenzívvé váló legeltetést/taposást, összességben emberi hatást. Hasonló jelenség figyelhető meg a fűfélék (Poaceae) esetében is.



*A szerző a disszertáció több fejezetét angolból fordította, emiatt sok anglicizmus került a szövegbe. Közvetlen magyar fogalmazás esetén ezeket aligha vetette volna papírra.*

*Tiszteletteljes javaslataim:*

*pollen akkumulációs ráta - pollen felhalmozódási sebesség*

*klíma predikció - éghajlat-előrejelzés*

*rarefakció analízis - ritkításos elemzés*

*proxi, multi-proxi - erre is jó lenne valami magyar kifejezés*

*analógok - analógiák*

*paleo-asszociációk rezilienciája - hmm?*

Észrevételét a szöveg néhol erősen érzékelhető magyartalanságával kapcsolatban elfogadom. Valóban több fejezet angolból fordítódott magyarra. Törekedtem a magyarosításra, ez azonban nem mindenütt sikerült. Javaslatait a tudományos kifejezések magyar megfelelőire vonatkozóan elfogadom. A pollen akkumulációs ráta esetében szeretném csupán azt megjegyezni, hogy a pollen felhalmozódási sebesség félrevezető értelmezésre adhat okot. Ez a mérőszám nem a pollenek felhalmozódásának sebességét méri, hanem az *egységnyi idő alatt felhalmozódott pollenek mennyiségét*.

A magyar nyelvű helynévhasználatra vonatkozó javaslatait szintén elfogadom, a jövőben törekedni fogok a magyar nyelvű helységnevek feltüntetésére.

Végezetül szeretném megköszönni opponensemnek, hogy elvállalta értekezésem bírálatát és hasznos tanácsaival segítette munkámat.

Tisztelettel:



---

Dr. Magyari Enikő  
tudományos főmunkatárs  
MTA-MTM-ELTE Paleontológiai Kutatócsoport

Budapest, 2016.04.05.