

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Kémia Doktori Iskola

**Pliocén–kora-pleisztocén környezeti és klíma rekonstrukció nagyemlős fogak
stabilizotóp mérései alapján (Közép- és Dél-Európában)**

PhD értekezés

Szabó Péter

Témavezető:
Dr. Kovács János
(egyetemi docens)

PÉCS, 2018

1. Bevezetés és célkitűzések

A paleoklimára vonatkozó információk napjainkban a klímamodellek fejlesztéséhez, pontosságának javításához elengedhetetlen jelentőségűek, a múltbeli klíma-, környezeti és ökológiai változások nyomon követése ezért is fontos feladat. A pliocén és kora-pleisztocén időszakokban fontos klímaváltozások történtek, a pliocén egyes szakaszainak klímája analógiaként szolgálhat a következő évtizedek klímaváltozásához is, ezért ezen időszakok kutatására kiemelkedő figyelem irányult az utóbbi években, évtizedekben. A múltbeli klíma rekonstruálása úgynevezett proxy adatokon alapul. Ezek olyan adatok, melyek közvetett klimatikus információkat hordoznak, az ezek alapján számolt klimatikus paraméterek építhetők be a klímamodellekbe (Báldi, 2006). A számos proxy adat közül a geokémiai proxy-k leggyakrabban tengeri üledékekből, növényi és állati maradványokból, cseppkövekből, travertínokból, tufákból, biogén karbonátokból és foszfátokból származnak. Míg a tengeri üledékek vizsgálata általában folyamatos idősorokat eredményez, a szárazföldi klíma rekonstruálásához gyakran nehezebb térben és időben megfelelő eloszlású adatokat találni. Az állati csontok és fogak geokémiai és izotóp-geokémiai vizsgálata ezért különösen értékes információkat nyújthat a szárazföldi paleoklimáról, a témakörrel foglalkozó kutatások száma az utóbbi évtizedekben gyors ütemben nő. Jelen munkában célul tűztem ki nagyemlős fogzománc minták szén- és oxigénizotóp-összetételének vizsgálatát, ezzel információkat gyűjtve a pliocén és pleisztocén paleoklimára és környezetre tér és időbeli változásairól Európában. A főbb célkitűzéseimet a következő pontokban foglaltam össze.

- 1) A fogzománc-apatit foszfát csoportjának oxigénizotóp értékei ($\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$) alapján következtetni a környezeti vizek, a csapadékvíz oxigénizotóp-összetételére és ebből közvetve az éves középhőmérsékletek változásaira és térbeli eloszlására.
- 2) A fogzománc-apatit karbonát csoportjának szénizotóp értékei ($\delta^{13}\text{C}$) alapján következtetni a vizsgált állatfajok táplálkozására, a vegetáció típusának és a klíma humiditásának változásaira és térbeli eloszlására.
- 3) A stabilizotópos vizsgálatok eredményeit összevetni irodalmi paleobotanikai, paleontológiai és egyéb paleokörnyezeti adatokkal. Ezzel egyrészt pontosítani a klímáról és környezetről alkotott képet, másrészt tesztelni a stabilizotópos módszer megbízhatóságát.

4) Megvizsgálni, hogy milyen plusz információkat lehet kinyerni, ha átlagminta vétele helyett fagon belüli szekvenciális mintavételt alkalmazok.

3. Vizsgálati anyagok és módszerek

A mintavételeket Dremel® 3000 típusú gyémánt hegyű csiszoló és fúró szerszámmal végeztem. Ahol lehetséges volt, a mintavétel a fogkoronától a gyökérig a fog teljes hosszában egy vonal mentén történt, hogy az izotóp arányokból egy megfelelően hosszú időbeli átlagot kapjak. A két szekvenciálisan mintázott fog esetén a fogzománcot gyantában rögzítettem, majd a fog a növekedési tengelyével merőlegesen 1 mm vastag szeletekre vágtam egy precíziós gyémánt huzalfűrészsel, majd az így nyert fogzománc szeleteket achát mozsárban porítottam. A minta-előkészítést Koch et al. (1997) és Kocsis, (2011) által leírt módszerrel végeztem. A ~10 mg mennyiségű mintákat 2–2,5%-os NaOCl oldatban áztattam 24 órán keresztül, majd 1 M-os ecetsav-acetát pufferral kezeltem újabb 6–12 órán át. A lépések között a mintákat többször centrifugáltam, az oldószerek maradákeit desztillált vízzel mostam ki. A foszfát csoportból történő $^{16/18}\text{O}$ izotóparány méréséhez a foszfát csoportot izolálni kell, további előkészítési lépések szükségesek. Ebben Dettman et al. (2001) és Kocsis (2011) munkáit követtem. A foszfát-oxigén mérésre elkülönített 4–5 mg almintákat 800 μl , 2 mol/dm³ HF-ban oldottam fel. Az oldatot a kivált CaF₂-tól elkülönítettem, semlegesítettem, majd AgNO₃ oldatot adtunk hozzá. A kivált Ag₃PO₄-t szárítószekrényben szárítottam, majd 500–700 μg mennyiségeket ezüst kapszulákba (d: 3,3/15 mm, saentis) mértem.

A mérések izotóp-arány mérő (IR) tömegspektrométerrel (Delta Plus XL, Finnigan MAT) történtek. A foszfát-oxigén mérés során az ezüst kapszulák egy magas hőmérsékletű elem-analizátorral (TC/EA, Finnigan MAT) kapcsolt automata mintaadagoló egységbe (Carlo Erba, AS128) kerülnek. A TC/EA egységben 1450 °C-on az ezüst-foszfát redukálódik, miközben CO szabadul fel. A mintaadagolót és a reaktort He gáz folyamatos árama mossa át, és a keletkező CO is a He árammal jut el a gázkromatográfhoz (molecular sieve 5A, 70 °C), majd a Conflo interface-en (Thermo Finnigan) keresztül a tömegspektrométerbe. A mérés során a CO csúcsok relatív izotóp összetételét a mérésen belüli referencia gáz csúcsokhoz való viszonyítással kaptuk meg. Mivel a tömegspektrométeres mérések során napon és

szekvencián belüli ingadozások is történnek, ezek korrigálására 3–4 mintánként két különböző ^{18}O összetételű (LK-2L, $\delta^{18}\text{O} = 12,1\%$, SMOW és LK-3L $\delta^{18}\text{O} = 17,9\%$, SMOW) belső sztenderdet mértem. A belső sztenderdek mért és valós értéi közti regressziós egyenes meredeksége és tengelymetszete alapján ki lehet számolni a minták valós izotóp értékeit. A mérés ismételhetősége jobb, mint $\pm 0,3\%$ (1σ). Az LK2 és LK3 belső sztenderdek TU-1 ($\delta^{18}\text{O} = 21,11\%$, SMOW) és TU-2 ($\delta^{18}\text{O} = 5,45\%$, SMOW) sztenderdekhez lettek kalibrálva, melyek értékei a hagyományos fluorozásos technikával (CF) lettek meghatározva és lézer-fluorozásos módszerrel történő mérésük szintén azonos eredményeket adott.

A karbonát csoportból történő szén és oxigénizotóp-arány méréseket egy Gasbench II előkészítési modulal felszerelt Finnigan MAT Delta Plus XL tömegspektrométerrel végeztem Spötl és Vennemann (2003) által kidolgozott módszer alapján. A Gasbench II modulban az 1,8–2 mg előkészített minta karbonát tartalma a mérés során 99%-os ortofoszforsavval reagál, miközben CO_2 keletkezik. Ez folyamatos He áramban egy gázkromatogáfiás oszlopon (Poraplot Q, 25 m, 0,32 mm, Varian) keresztül kerül a tömegspektrométerbe. A tömegspektrométer a mérésen belüli referenciagáz csúcsokhoz való viszonyítással adja meg a relatív izotóp összetételt, az eredmények korrekciójához carrara márvány belső sztenderdeket ($\delta^{18}\text{O} = -1,70\%$, VPDB; $\delta^{13}\text{C} = 2,05\%$, VPDB) használtam a mintákkal azonos szekvenciában futtatva. A belső sztenderd mérésének reprodukálhatósága mind oxigén- mind szénizotóp mérés esetén jobb, mint $0,1\%$ (1σ).

4. Eredmények

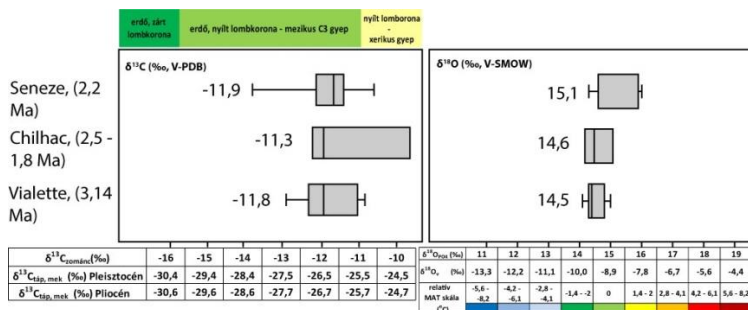
A számos európai lelőhelyről, a kora-pliocéntól a kora-pleisztócén végéig terjedő időszakból származó összesen 120db zománc minta $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ és $\delta^{13}\text{C}$ eredményei új információkat szolgáltatnak ezen korszakok és területek klímájáról és környezetéről. A főbb eredményeket a következő pontokban foglaltam össze.

1) A $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ értékek alapján az irodalomban fellelhető egyenleteket összegezve a lehetséges MAT változások mértékét becsültem meg, a különböző régiókban számos klímaváltozást mutattam ki (**1-4. ábrák**). A $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ eredmények Közép-Olaszország

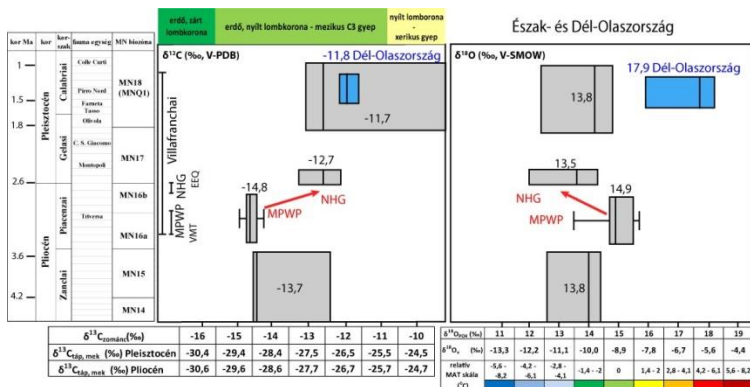
területén a kora-pliocéntól a kora-pleisztocénig egy hosszú távú lehülési trendet mutatnak. A kora- és késő-pliocén közötti, 1,4‰ csökkenés az $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ értékekben számításaim alapján 1,5–1,8‰ csökkenést jelent a környezeti vizek izotóp összetételében ($\delta^{18}\text{O}_v$) és 2,2–3,1 °C-os csökkenést az éves átlagos középhőmérsékletekben (MAT). Hasonló mértékű csökkenést mutattam ki a kora- és késő-pliocén korú minták $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ értékei között a Kárpát-medencei régióban is (2–3,5 °C számolt csökkenés). Az észak-olaszországi régió esetén a $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ értékekre ható regionális hatásokat feltételeztem (Alpokból származó olvadékvizek alacsony $\delta^{18}\text{O}$ értékei), ezért ebben a régióban a hőmérsékletváltozások mértékét sem becsültem. Viszont mivel a $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ értékek csökkenése az MN16 és MN17 biozónák között időben egybeesik az északi félteke eljegesedésével, az értékek csökkenése utalhat a lehülésre. Ugyanakkor sem a délkelet-franciaországi, sem a kárpát-medencei régióban nem volt kimutatható változás az MN16 és az MN17-es biozónák értékei között. Ez utalhat arra, hogy az északi félteke eljegesedéséhez (NHG) kapcsolódó lehülés a különböző régiókban eltérő erősséggel és eltérő időszakokban kezdődhetett. A térbeli összehasonlítások eredményei alapján a három vizsgált régió (Délkelet-Franciaország, Közép-Olaszország, Kárpát-medence) számolt $\delta^{18}\text{O}_v$ eloszlása az MN14-15 és az MN16-17 során a jelenkori értékekhez hasonlóak voltak, ami a jelenlegihez hasonló hőmérsékleti eloszlásra is utal a vizsgált régiókban.

2) A $\delta^{13}\text{C}$ eredmények értelmezése során a megállapítottam, hogy az összes általam vizsgált állat C_3 -as növényzettel táplálkozott. Az adataim megerősítik, hogy Európa területéről hiányoztak a C_4 -es növények a pliocén és kora-pleisztocén korszakok során. Az adatokat térben és időben vizsgálva számos szignifikáns különbséget találtam, míg a különböző fajok átlagértékei egymáshoz nagyon hasonlóak, ami megerősíti a főleg paleontológiai megfigyeléseken alapuló irodalmi adatokat, hogy az általam vizsgált növényevő fajok egyaránt lehettek lombbevők, kevert táplálkozásúak és a táplálkozásuk adaptívan követhette a környezet változásait. Eredményeim alapján a legtöbb időszakban és régióban az uralkodó növényzet a nyílt lombkoronájú erdő / mezikus gyepek kategóriába tartozik, a növényzet zártsága viszont ezen a kategórián belül is változott időben és térben (**1-3. ábrák**). A kora-pliocén esetén Észak- és Közép-Olaszországból zártabb, a Kárpát-medence területéről nyíltabb erdőket, szárazabb környezetet mutattam ki. Az MN16 és MN17 biozónák között jelentős

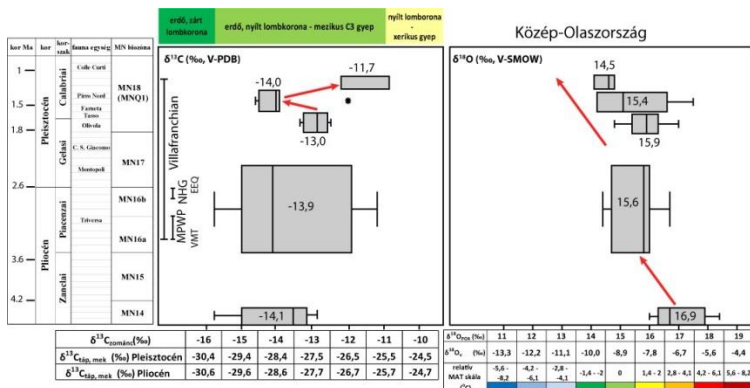
emelkedést mutattam ki a $\delta^{13}\text{C}$ értékekben az észak-olaszországi régióban, ami az északi félteke eljegesedéséhez kapcsolódó erőteljes szárazodást indikálhatja, más régiókból viszont nem tudtam változást kimutatni a két biozóna között. Arra következtettem, hogy a szárazodás a különböző régiókban eltérő időszakokban és eltérő intenzitással mehetett végbe. A közép-olaszországi régióban az MN18-as biozónán belül a különböző faunaegységekből több jelentős változást mutattam ki a $\delta^{13}\text{C}$ értékekben. Az Olivola-Tasso és később a Colle Curti faunaegységeken a pliocénnél szárazabb klímára / nyíltabb növényzetre következtettem a magasabb $\delta^{13}\text{C}$ értékekből, míg az időben ezek közé eső Farneta és Pirro Nord faunaegységeken a pliocénhez hasonló növényzetet és hasonlóan nedves klímát mutattam ki. Ezek a jelentős és ellentétes irányú változások nagy valószínűséggel a kora-pleisztocén során egyre erősödő glaciális–interglaciális ciklusok különböző szakaszainak eltérő klímáit tükrözik.



1. ábra. $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ eredmények a Francia-középhegység területén feltüntetve az átlagértékeket, a növényzeti kategóriákat a környezeti víz és relatív MAT skálákat.

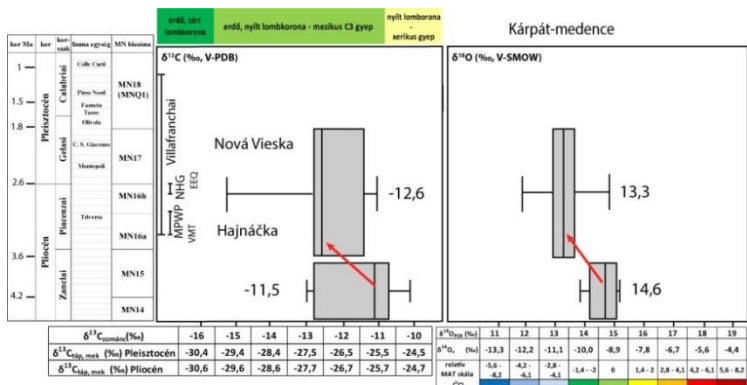


2. ábra $\delta^{13}C$ és $\delta^{18}O_{PO_4}$ eredmények Észak-Olaszország területén feltüntetve az átlagértékeket, a növényzeti kategóriákat, a környezeti víz és relatív MAT skálákat. NHG: északi féltéke eljegesedése (Northern Hemisphere Glaciation), MPWP: közép-piacenzai melegperiódus (Mid-Piacenzian Warm Period), VMT: villafranchiai emlős kicserélődés (Villafranchian mammal turnover), EEQ: elefánt-ló esemény, (Elephant-Equus event)



3. ábra $\delta^{13}C$ és $\delta^{18}O_{PO_4}$ eredmények Közép-Olaszország területén feltüntetve az átlagértékeket, a növényzeti kategóriákat, a környezeti víz és relatív MAT skálákat. NHG: északi féltéke eljegesedése (Northern Hemisphere Glaciation), MPWP: közép-piacenzai melegperiódus (Mid-Piacenzian Warm Period), VMT: villafranchiai emlős

kicserélődés (Villafranchian mammal turnover), EEQ: elefánt-ló esemény, (Elephant-Equus event)



4. ábra $\delta^{13}C$ és $\delta^{18}O_{PO4}$ eredmények a Kárpát-medencében feltüntetve az átlagértékeket, a növényzeti kategóriákat, a környezeti víz és relatív MAT skálákat. NHG: északi féltéke eljegesedése (Northern Hemisphere Glaciation), MPWP: közép-piacenzai melegperiódus (Mid-Piacenzian Warm Period), VMT: villafranchiai emlős kicserélődés (Villafranchian mammal turnover), EEQ: elefánt-ló esemény, (Elephant-Equus event)

3) A $\delta^{13}C$ értékek alapján kapott eredményeimet összevettem a növényzetre és csapadékmennyiségekre vonatkozó irodalmi adatokkal. Eredményeim szinte minden esetben jó egyezést mutatnak a növényi pollenanalízisek eredményein alapuló növényzeti becslésekkel. A pollenanalízisek eredményei az általam kimutatotthoz hasonló mértékű és időbeli lefolyású növényzeti változásokat jeleznek például a közép-olaszországi régió esetén az MN18 biozónán belül. Az Olivola és Tasso és később a Colle Curti faunaegység során megnőtt a fűfélék pollenjeinek aránya a nyílt területek jelentősebb arányára utalva, míg ezek között a Farneta-Pirro Nord faunaegységek esetén zártabb, fás vegetációra utalnak a pollenek. A paleontológiai megfigyelésekkel, pl. a legelő és erdőkhöz nem kötődő állatok elterjedésével, vagy a fogkorona-magasság értékek változásával kimutatott trendek szintén több esetben jó egyezést mutatnak a $\delta^{13}C$ értékek változásaival, bár vannak kivételek is, például a

kelet-franciaországi régió esetén nem változnak a $\delta^{13}\text{C}$ értékeim az MN16 és MN17 biozónák között. A független irodalmi adatok és $\delta^{13}\text{C}$ érték alapján történő rekonstrukciók általános jó egyezése azt is megerősíti, hogy az általam alkalmazott stabilizotópos módszer megbízhatóan alkalmazható a múltbeli növényzeti változások vizsgálatára.

A növényzeti változások mellett megvizsgáltam a Kohn (2010) által alkotott, éves csapadékmennyiségekre vonatkozó egyenlet alkalmazhatóságát is. Előzetes megfontolásaim alapján az egyenlet a nagyon magas és nagyon alacsony $\delta^{13}\text{C}$ értékeknél nincs összhangban a növényzeti kategóriákkal és eredményeim is azt mutatták, hogy az egyenlet ilyen esetekben irreális értékeket adhat. A -30% és -25% közötti számolt $\delta^{13}\text{C}_{\text{táp.mek}}$ értékek esetén viszont a számolt csapadéértékek több esetben jó egyezést mutattak más klímára utaló adatok, például növényi pollenek, paleotalajok kémiai elemzése, fogkorona magasságindexek alapján számolt csapadéértékekkel.

4) A $^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ érték alapján becslült $^{18}\text{O}_v$ és MAT változásokat is összevettem különböző irodalmi adatokkal. Bár az összehasonlításhoz csak kevés régióban és korszakban állnak rendelkezésre független irodalmi adatok, egyes régiókban paleotalajok kémiai és paleotalajvizek izotópos elemzésén, állati és növényi fossziliák vizsgálatán alapuló paleohőmérséklet becslések is rendelkezésre állnak. Mivel minden hőmérséklet-becslésnek vannak hibái és több esetben ezek a hőmérsékletbecslések sincsenek egymással összhangban, az összehasonlítás során kevesebb konklúziót tudtam levonni. Az általam rekonstruált hőmérsékletváltozások iránya és arányai több esetben jó egyezést mutatnak az irodalomban fellelhető hőmérsékletbecslésekkel, ugyanakkor vannak ezekkel nem egyező eredményeim is. Egyes esetekben a vártnál valamivel alacsonyabb rekonstruált hőmérsékleteket kaptam. Erre az észak-olaszországi régió esetén találtam valószínű magyarázatot, az olvadékvizek regionális izotóp-módosító hatását feltételezve, egyes esetekben viszont nem találtam meggyőző magyarázatot. Eredményeim alapján azt állapítottam meg, hogy a $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ értékek változásai a legtöbb esetben jól jelzik a klimatikus változások irányát és nagyságrendjét, viszont a $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ értékeken alapuló abszolút hőmérsékletbecslések megbízhatósága nem minden esetben megfelelő a számos befolyásoló tényező miatt.

5) A fogból átlagolva vett minták mellett Pula és Seneze lelőhelyek klímáját két szekvenciálisan mintázott *Stephanorhinus* sp. fog alapján elemeztem részletesebben. Mindkét fog esetén szinuszgörbe-szerű időbeli lefutás tapasztalható az $\delta^{18}\text{O}$ értékekben. A görbék lefutása alapján a fogak keletkezése és mineralizációja egy másfél éves időszakot foghat át, az $\delta^{18}\text{O}$ értékek változásai a nyári és téli időszakok során beépült eltérő izotóp összetételű vizekre utalnak. Bár ez alapján a $\delta^{18}\text{O}$ értékek egyértelműen tükrözik a csapadékvíz izotóp-összetételének évszakos változásait, kvantitatív becsléseket nem tudtam tenni ezek mértékére, mivel a fogzománc értékeiben a környezeti változások erősen tompítva, átlagolva jelennek meg és az átlagolás mértéke nem ismert. A $\delta^{13}\text{C}$ értékeket vizsgálva a pulai fagon belül valamivel nagyobb azok varianciája és az $\delta^{18}\text{O}$ értékekhez hasonló éves menete van. Ez a seneze-i lelőhelynél erősebb szezonálisra, vagy esetlegesen az állat évszakos vándorlására, mikrokörnyezet-váltására utalhat.

5. irodalom

Dettman, D.L., Kohn, M.J., Quade, J., Ryerson, F.J., Ojha, T.P., Hamidullah, S., 2001. Seasonal stable isotope evidence for a strong Asian monsoon throughout the past 10.7 m.y. *Geology* 29, 31-34. [http://dx.doi.org/10.1130/0091-7613\(2001\)029<0031:ssiefa>2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1130/0091-7613(2001)029<0031:ssiefa>2.0.co;2)

Koch, P.L., Tuross, N., Fogel, M.L., 1997. The effects of sample treatment and diagenesis on the isotopic integrity of carbonate in biogenic hydroxylapatite. *J. Archaeol. Sci.* 24, 417-429. <http://dx.doi.org/10.1006/jasc.1996.0126>

Kocsis, L., 2011. Geochemical Compositions of Marine Fossils as Proxies for Reconstructing Ancient Environmental Conditions. *Chimia* 65, 787-791. <http://dx.doi.org/10.2533/chimia.2011.787>

Kohn MJ. 2010. Carbon isotope compositions of terrestrial C_3 plants as indicators of (paleo)ecology and (paleo)climate. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 107, 19691-19695. DOI: 10.1073/pnas.1004933107

Vennemann, T.W., Fricke, H.C., Blake, R.E., O'Neil, J.R., Colman, A., 2002. Oxygen isotope analysis of phosphates: a comparison of techniques for analysis of Ag_3PO_4 . *Chem. Geol.* 185, 321-336. [http://dx.doi.org/10.1016/S0009-2541\(01\)00413-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0009-2541(01)00413-2)

6. Megjelent közlemények

Az értekezés alapjául szolgáló tudományos közlemények

1. Kovács J, Szabó P, Kocsis L, Vennemann T, Sabol M, Gasparik M, Virág A: Pliocene and Early Pleistocene paleoenvironmental conditions in the Pannonian Basin (Hungary, Slovakia): Stable isotope analyses of fossil proboscidean and perissodactyl teeth, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 440: pp. 455-466. (2015) (IF: 2,525, D1)

2. Szabó P, Kocsis L, Vennemann T, Pandolfi L, Kovács J, Martinetto E, Demény A: Pliocene–Early Pleistocene climatic trends in the Italian Peninsula based on stable oxygen and carbon isotope compositions of rhinoceros and gomphothere tooth enamel, *Quaternary Science Reviews*, 157: pp. 52-65. (2017) (IF: 4,334; D1)

3. Pandolfi L., Fiore, I. Gatea, M. Szabó P., Vennemann T., Tagliacozzo A: Rhinocerotidae (Mammalia, Perissodactyla) from the middle Pleistocene levels of Grotta Romanelli (Lecce, southern Italy), *Geobios*, 51: pp. 453-468 (IF: 1,205; Q2)

Az eljárás témakörében készült referált konferencia absztraktok:

Szabó P, Kovács J, Kocsis L, Gasparik M, Vennemann T, Demény A, Virág A. Late Pliocene - Early Pleistocene paleoenvironmental reconstruction based on stable isotope compositions of *Stephanorhinus* sp. and *Mammot* sp. teeth. *Geophysical Research Abstracts* 16: Paper EGU2014-8514. 1 p. (2014)

Szabó P, Kovács J, Kocsis L, Vennemann T Pliocene paleoenvironmental reconstruction in Carpathian–Balkan region based on stable isotope compositions of mammal teeth *Geologica Balcanica* 47:(2) p. 38. (2018)

Az értekezés témakörében készült nem referált konferencia absztraktok:

1. Szabó P, Kovács J, Kocsis L: Preliminary results for the stable isotope composition of Late Pliocene environment in fossil *Stephanorhinus* sp. and *Mammot* sp., *CECE 2013 10th International Interdisciplinary Meeting on Bioanalysis*, Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2013.04.25 - 2013.04.27.

2. Szabó P, Kovács J, Kocsis L, Gasparik M, Vennemann T, Demény A, Virág A, Codrea V, Sabol M: Plio-pleisztocén környezetrekonstrukció rinocérosz és ormányos fogak stabilizotóp adatai alapján, *17. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés*, Konferencia helye, ideje: Győr, Magyarország, 2014.05.29 - 2014.05.31.

3. Szabó P, Kovács J, Kocsis L, Vennemann T: Reconstruction of terrestrial paleoenvironment in the Pliocene based on stable isotope composition of Proboscideans and Rhinocerotidae teeth, *Multiproxy approach to the reconstruction of the Pliocene climate: ICREA Workshop on Pliocene climate and its implications for the Earth's future*, Konferencia helye, ideje: Barcelona, Spanyolország, 2014.09.17 - 2014.09.19.

4. Szabó P, Kovács J, Kocsis L, Vennemann T, Pandolfi L, Sabol M: Plio-pleisztocén klíma- és környezetrekonstrukció nagyemlős fogakban mért stabilizotóp arányok alapján, *IDK 2015 - IV. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia*, Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2015.05.14 - 2015.05.15.

5. Szabó P, Kocsis L, Vennemann T, Pandolfi L, Kovács J, Martinetto E, Demény A: Pliocene and Early Pleistocene climatic trends in Italy inferred from tooth enamel compositions of rhinoceroses and gomphotheres, *XIV Annual Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists*, Konferencia helye, ideje: Haarlem, Hollandia, 2016.07.06 - 2016.07.10.

Kovács J, Szabó P: Milyen információkat rejt a fosszilis csont geokémiája, *20. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés*, Konferencia helye, ideje: Tata, Magyarország, 2017.05.25-2017.05.27.

Az értekezés témakörén kívül készült, nem referált konferencia absztraktok:

1. Kovács J, Újvári G, Varga Gy, Sebe K, Szabó P: Airborne fissure fillings of karstified limestones in the Carpathian Basin, *International Symposium on eolian Dynamics, Paleosols and Environmental Change in Drylands*, Konferencia helye, ideje: Canary Islands, Spanyolország, 2017.03.13 - 2017.03.16.