

**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM  
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA**

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**Kagyló- és csigahéjak stabilizotóp-vizsgálata:  
Környezet- és klímarekonstrukció a Balaton vízgyűjtőjében**

**Schöll-Barna Gabriella**

TÉMAVEZETŐK:

**Dr. Demény Attila**

*az MTA levelező tagja, intézetigazgató*

**Dr. Sümegi Pál**

*az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár*

**MTA-CSFK-FGI-SZTE-TTIK**

**SZEGED**

**2013**

## Bevezetés és célkitűzés

A Balaton Közép-Európa legnagyobb kiterjedésű tava. Jelenkori vízfelülete 596 km<sup>2</sup>, átlagos mélysége 3,2 m. Sekélysége miatt hatványozottan érzékeny az éghajlati változásokra, egy intenzív párolgással vagy csapadékkal jellemezhető időszak következtében vízszintje jelentősen megváltozhat. A Balaton kialakulásával és klímátörténetével kapcsolatban számos értékes kutatás zajlott. A ma leginkább elfogadott nézet szerint a tó kisebb tavacskák összefűződésével alakult ki, majd a vízszintingadozások következtében többször kisebb-nagyobb mértékben elsekélyesedett, elmocsarasodott (Cserny et al., 1995; Cserny, 2002; Nagyné Bodor és Cserny, 1998). A Balaton területét érő éghajlati hatások elemzését komplex földtani vizsgálat alapozta meg. A tó klímátörténete számos módszer eredményeként az elmúlt évtizedekben kezdett körvonalazódni. A Balaton üledékeinek geokémiai és ásványtani vizsgálata (Sümegei, 2007), tavi autochton karbonátok Ca/Mg arányának (Tullner és Cserny, 2003) és az üledékből származó pollenek illetve makrofossziliák elemzése (Jakab et al., 2005; Sümegei et al., 2008) mind hozzájárult a tó éghajlattörténetéhez viszonylag nagyléptékű (több száz-ezer éves) változások kimutatásával.

Vízi környezetek klímarekonstrukciójának egyik ígéretes és széles körben alkalmazott eszköze a biogén karbonátok stabil oxigén- és szénizotóp-összetételének vizsgálata (Schöne et al. 2004, Jones et al., 1989). A módszer alapja, hogy a puhatestű élőlények mészhéjuk felépítéséhez a környezetüket alkotó vízből veszik fel a szükséges anyagokat, így héjuk izotópösszetétele tükrözi a víz összetételét (Grossman és Ku, 1986, Dettman et al., 1999). Mivel a víz összetétele a fennálló éghajlati paraméterek (csapadék, párolgás, hozzáfolyás) mennyiségének változásától függ, a kagylóban megőrződött izotóp-összetétel segítségével ezen környezeti paraméterek változékonyságára következtethetünk.

Disszertációmban a Balaton területén korábban végzett paleoklíma-rekonstrukciókat a kagyló- és csigahéjak stabilizotóp-összetételének vizsgálatával, mint új aspektussal egészítem ki. Ez a hazánkban még kevésbé elterjedt módszer abból a szempontból egyedülálló, hogy nagyléptékű rekonstrukció mellett, kellő felbontású mintavétellel éven belüli (szezónális) változások kimutatására is alkalmas.

A disszertációban bemutatott vizsgálatok célkitűzései a következők voltak:

- Az Unionidae családba tartozó *Unio pictorum* héjak növekedésének vizsgálata, melynek célja a héjakban megőrződött geokémiai információ időszakhoz rendelése.

- A módszer hazai, a Balaton területére történő alkalmazásaként balatoni, ma élő (recens) kagylók héjának stabilizotóp-összetélteli vizsgálata
- A tóvíz és kagylóhéjak stabilizotóp-összetételében megjelenő változékonyság értelmezése a héj képződése során fennálló környezeti paraméterek függvényében. Gat és Levy (1978) által felállított izotóp-tömeg egyensúlyi modell alkalmazása a Balaton Siófoki-medencéjére.
- Szélsőséges, aszályos illetve csapadékos éghajlat hatásának vizsgálata a víz és a kagylóhéjak stabilizotóp-összetételére.
- A módszer alkalmazása régészeti feltárásokból származó *Unio* héjakon. Rézkori (Balatonkeresztúr-Réti-dűlő és Balatonöszöd-Temetői-dűlő) és bronzkori (Ordacsehi Bugaszeg és Kistöltés lelőhelyek) klímaváltozások vizsgálata.
- Tavi fúrásból (Balatonederics I.) származó *Pisidium* és *Valvata* héjak stabilizotóp-összetételének elemzése, ezáltal egy közel 10 ezer évet lefedő klímarekonstrukció létrehozása és az eredmények összevetése a területre vonatkozó egyéb módszerek (szedimentológia, makrofosszília vizsgálatok) eredményeivel.
- A Sárkeszi I. fúrás *Valvata* csigahéjainak stabilizotóp-összetételének elemzése, éghajlati és a Sümegi P. (2007) által - szedimentológiai vizsgálatok alapján - bizonyított geomorfológiai hatások vizsgálata.

### **A vizsgált minták és alkalmazott módszerek**

A módszer Balatonra történő kidolgozását célzó recens vizsgálat során használt *Unio pictorum* (festőkagyló) héjak a Siófoki-medencéből származnak (Siófok, Balatonszéplak és Tihany). A vizsgálat keretén belül 6 kagylóhéjból 279 karbonátminta stabilizotóp-összetételét mértem. A recens héjak vizsgálata során a tóvíz stabil oxigénizotóp-összetétele mellett a Balaton két fő hozzáfolyásának (Zala és Nyugati-övcatorna) illetve a területére hullott csapadék oxigénizotóp-összetételét is mértem kiegészítve a már létező adatsort (1998-2004 közötti adatok dr. Cserny Tibortól) a 2006-2010 közötti időszakra.

Az alkalmazott izotóp-egyensúlyi (keveredési) modell fontos bemenő adata a hozzáfolyás és csapadék mellett a pára oxigénizotóp-összetétele, melynek mérése nem lehetséges. A modellhez szükséges havi  $\delta^{18}\text{O}$  értékeket a Gordon-Craig összefüggések (1965) segítségével határoztam meg a vizsgált 1999 és 2008 közötti időszakra.

A régészeti korú *Unio* héjak a Balaton környéki M7-es autópálya építéséhez kapcsolódó feltárásokból származnak. A lelőhelyek kagylóanyagai két rézkori (Balatonkeresztúr-Réti-dűlő és Balatonőszöd-Temetői-dűlő) és egy bronzkori (Ordacsehi-Bugaszeg illetve Ordacsehi-Kis-töltés) időszak éghajlati rekonstrukcióját tették lehetővé. A régészeti objektumokból származó 32 *Unio* héjból 693 karbonátmintát fúrtam ki további stabilizotóp elemzés céljából.

A Balatonederics I. és Sárkeszi I. fúrásokból származó *Pisidium* kagyló- illetve *Valvata* csigahéjakból származó 142 karbonátminta stabilizotóp-elemzését végeztem el.

A vizsgált héjak aragonit vázúak. Ez a karbonátmódosulat azonban megváltozott körülmények hatására (pl. diagenézis) kalcitá alakulhat (Pingitore, 1982). Az utólagos átalakulás kimutatása alapvető jelentőségű az izotóp-geokémiai vizsgálatokban, hiszen az megváltoztathatja az izotópösszetételt, ami hibás következtetések levonásához vezetne. A fenti okokból a szubrecens héjakat a mérést megelőzően katódlumineszcens mikroszkóppal (Nikon Eclipse E600 mikroszkópra szerelt Reliotron típusú, ún. hidegkatódos berendezés, MTA CSFK, Földtani és Geokémiai Intézet) vizsgáltam. További mintavételezés és izotóparányok mérése csak átalakulásmentes tiszta aragonit héjakból történt.

Az oxigén- és szénizotóp-elemzéshez szükséges karbonátminták kifúrását a héjak tisztítása (mechanikus úton és ultrahangos fürdő) és a szerves anyag eltávolítására szolgáló kezelése (5%-os NaOCl-oldattal) előzi meg. A recens és a régészeti feltárásokból származó kagylóhéjak esetében alkalmazott mintavételezést a tisztított, kezelt héjfelületről kézfúróval (0,6 mm átmérőjű fúrószárral) végeztem. A mintavétel a növekedési vonalakra merőlegesen, a növekedést követve történt. A Balaton környéki fúrásokból származó tisztított és kezelt *Pisidium* és *Valvata* héjakat kiszárítottam és achátmozsárban porítottam.

A kifúrt és porított karbonátmintákból az oxigén- és szénizotóp-összetételek illetve a Balaton víz, csapadék és hozzáfolyás (Zala és Nyugati-övcatorna) vízmintáinak oxigénizotóp-összetételi elemzése Thermo Finnigan delta plus XP vivőgázás tömegspektrométerrel (MTA CSFK, Földtani és Geokémiai Intézet) történt. A mérések pontossága az oxigén- és szénizotóp-összetétel (víz és karbonát) mérésekor jobb, mint  $\pm 0,2\%$ . A stabilizotóp-összetételt nemzetközi sztenderdhez (V-SMOW vízmérések, V-PDB karbonátmérések esetében, Coplen, 1996). A C és O elemek izotóparányainak referenciától való eltérését hagyományosan elfogadott  $\delta$  jelöléssel adtam meg az alábbi összefüggés alapján:

$$\delta = \frac{R_{minta} - R_{sztenderd}}{R_{sztenderd}} \cdot 1000 ,$$

ahol R a vizsgált  $^{13}\text{C}$  és  $^{12}\text{C}$ , illetve  $^{18}\text{O}$  és  $^{16}\text{O}$  arányok (McKinney et al., 1950)

A stabilizotóp mérések az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA-68343) támogatásával történtek.

## **Az eredmények összefoglalása**

1. A Balatonban élő *Unio pictorum* kagylók növekedésvizsgálatának eredményei alapján a kagyló éves növekedésének leállása, feltételezhetően 12,7-13 °C hőmérséklet alatt történik. Nyáron a megemelkedett vízhőmérséklet (26-28 °C) a kagyló növekedésének átmeneti szünetét okozhatja, ami a víz  $\delta^{18}\text{O}$ -értékek és a hőmérséklet alapján becsült és mért kagyló  $\delta^{18}\text{O}$ -értékek összehasonlításakor a hőmérséklet növekedését jelző negatív  $\delta^{18}\text{O}$ -értékek hiányával, illetve az intraannuális (évközi) növekedési vonalak beazonosításával bizonyítható (Schöll-Barna et al., 2012).

2. A Balaton Siófoki-medencéjére alkalmazott izotóp-egyensúlyi modell segítségével a fennálló klimatikus paraméterek (csapadék, párolgás és hozzáfolyások) hatása a víz oxigénizotóp-összetételére számszerűsíthető. Első lépéseként az izotóp-egyensúlyi modell alkalmazhatóságát vizsgáltam a Balaton Siófoki medencéjére, a 1998–2008 időszakra. A teljes víztestre modellezett  $\delta^{18}\text{O}$  adatsort összevettem felszíni mért víz  $\delta^{18}\text{O}$ -értékekkel. A teljes víztestre modellezett és felszíni mért víz  $\delta^{18}\text{O}$ -értékek különbsége alapján a Balaton vizének kora tavaszi és őszi rétegződése feltételezhető (Schöll-Barna, 2011).

3. Az izotóp-egyensúlyi modell segítségével a csapadékos és aszályos időszakok hatását modelleztem a tóvíz és kagyló oxigénizotóp-összetételére. A vizsgálat eredményeképpen a Balatonba hulló csapadék és a meleg, aszályos időszakot jelző párolgás hatása számszerűsíthetővé vált.

4. A disszertációban vizsgált időszak két szélsőségesnek mondható periódust fed le (2002–2003-as aszályos és a 2010-es csapadékos évek). A szélsőséges időjárású évek kagylóhéjainak oxigénizotóp-összetétele és a klimatikus paraméterek hatását jelző meteorológiai mérőszámok (csapadékmennyiség, természetes vízkészletváltozás etc.) között erős kapcsolatot mutattam ki.

A recens héjak elemzése alapján megállapítottam, hogy a kagylóhéjak stabilizotóp-összetételének változása tükrözi az éghajlati viszonyokban bekövetkező változásokat (Barna et al., 2007; Schöll-Barna, 2011; Schöll-Barna et al., 2012).

5. A Balatonkeresztúr–Réti-dűlő régészeti feltárásból származó kagylóhéjanyag stabilizotóp-vizsgálata alapján a késő rézkor kiegyensúlyozott klímáját megszakító rövid, de erőteljesen csapadékos időszakot mutattam ki a badeni kultúra boherázi alfázis (4870-5310 cal BP) és klasszikus alfázis időszakának határán, (~5310 cal. BP) (Schöll-Barna et al., 2010, 2011).

6. A bronzkori klímaváltozások kimutatása az Ordacsehi–Bugaszeg és Kis-töltés feltárásokból származó kagylóhéjak alapján történt. A kora középső bronzkori kultúrákhoz kapcsolódóan csapadékszegény klíma és ennek következményeként alacsony vízállás feltételezhető. Az eredmények a középső bronzkori Mészbetétes kultúra időszakára ( $3668 \pm 72$  cal BP) erőteljes változást jeleznek. A nagymértékű izotópösszetétel-beli eltolódás felveti annak a lehetőségét, hogy a helyi gyűjtőmeder összetétele a csapadékos éghajlat következtében eltolódott, ugyanakkor az eltérő gyűjtési terület sem zárható ki.

7. A Balatonederics I. tavi fúrás kagyló- és csigahéj stabilizotóp-összetétel klimatikus változások kimutatására volt alkalmas. Az adatsor alapján akár 100-200 éves felbontású, de ugyanakkor szélesebb időskálán (15 000–5000 cal BP-ig) történő klímarekonstrukció történt csapadékos és aszályos időszakok azonosításával.

8. A Balatonederics I. fúrásból származó héjak stabilizotóp-összetételi változékonyságán túl az adatok zoológiai megközelítésű vizsgálata és a  $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$  korreláció elemzése újabb megvilágítást adott az eredményeknek. A két faj (*Pisidium* kagyló és *Valvata* csiga) eltérő élőhely és táplálkozási preferenciájának köszönhető izotópösszetétel-beli eltérések alapján a feltételezhetően sekély vizű, megnövekedett szervesanyag-bontással jellemezhető időszakok is kimutathatóak. A héjak  $\delta^{18}\text{O}$  és  $\delta^{13}\text{C}$ -értékei közt fennálló összefüggés elemzése a tó hidrológiai karakterisztikájáról adott kiegészítő információt (pl. teresztris tápanyag-behordódás a pleisztocén végén illetve hidrológiailag zárt rendszer kimutatása a holocén első felére).

9. A Sárkeszi I. fúrásból származó *Valvata* csigahéjak stabilizotóp-összetételének változása alátámasztja a szedimentológiai vizsgálatok alapján kimutatott folyóvízi-tavi hidrológiai

változást. A tavi környezet kialakulását követően rekonstruálható környezetet elsősorban a klíma határozta meg. Ezt bizonyítja a Balatonederics I. és Sárkeszi I. fúrásokból származó héjak izotópprofilja alapján feltételezhető klímaváltozások jó egyezése erre az időszakra.

A disszertációban a régészeti feltárások és fúrások héjainak stabilizotóp-összetételének eredményeit összevettem más klímarekonstrukciós módszerek eredményeivel is. Az összehasonlítás során kimutatható, hogy a héjak összetétele alapján történt rekonstrukció nagyon jól illeszkedik más, a területen történt rekonstrukciók eredményeihez, ugyanakkor nagyobb felbontása révén sok esetben kiegészíti azokat.

### Felhasznált irodalom

- Coplen, T.B. (1996): New guidelines for reporting stable hydrogen, carbon and oxygen isotope ratio data. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60: 3359-3360.
- Craig, H., Gordon, L.I. (1965): Deuterium and oxygen-18 variations in the ocean and the marine atmosphere. In E. Tongiorgi (szerk.): *Stable Isotopes in Oceanographic Studies and Paleotemperatures*. Lab. Geol. Nucl., Pisa pp. 1-122.
- Cserny, T. (2002): A balatoni negyedidőszaki üledékek kutatási eredményei. *Földtani Közlöny* 132 különszám: 193-213.
- Cserny, T., Hertelendi, E., Tarján, S. (1995): Results of isotope-geochemical studies in the sedimentological and environmental geologic investigations of Lake Balaton. *Acta Geologica Hungarica* 38: 355-376.
- Dettman, D. L., Reische, A. K., Lohmann, K. C. (1999): Controls on the stable isotope composition of seasonal growthbands in aragonitic fresh-water bivalves (Unionidae). *Geochimica et Cosmochimica Acta* 63: 1049-1057.
- Gat, J.R., Levy, Y. (1978): Isotope hydrology of inland sabkhas in the Bardawil area. *Sinai. Limnology and Oceanography* 23: 841-850.
- Grossman, E.L., Ku, T.L. (1986): Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: temperature effects. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)* 59: 59-74.
- Jakab, G., Sümegi, P., Szántó, Zs. (2005): Késő-glaciális és holocén vízszintingadozások a Szigligeti öbölben (Balaton) makrofosszília vizsgálatok eredményei alapján. *Földtani Közlöny* 135(3): 405-431.
- Jones, D.S., Arthur, M.A., Allard, D.J. (1989): Sclerochronological record of temperature and growth from shells of *Mercenaria mercenaria* from Narragansett Bay, Rhode Island. *Marine Biology* 102: 225-234.
- McKinney, C.R., McCrea, J.M., Epstein, S., Allen, H.A., Urey, H.C. (1950): Improvements in Mass Spectrometers for the Measurement of small differences in isotope abundance ratios. *Review of Scientific Instruments* 21: 724-730.
- Nagyné Bodor, E., Cserny, T. (1998): A balatoni öblök vízborítottságának összehasonlító fejlődéstörténete a palynológiai vizsgálatok eredményei alapján. *Hidrológiai Közlöny* 78(5-6): 360-363.
- Pingitore, N.E. (1982): The role of diffusion during carbonate diagenesis. *Journal of Sedimentary Petrology* 52:27-39.
- Schöne, B.R., Dunca, E., Mutvei, H., Norlund, U. (2004): A 217-year record of summer air temperature reconstructed from freshwater pearl mussels (*M. margaritifera*, Sweden). *Quaternary Science Reviews* 23(16-17): 1803-1816.

- Sümegei, P. (2007): Üledékgyűjtő medencék környezettörténeti vizsgálata. In: Magyarország negyedidőszak végi környezettörténete. MTA doktori értekezés. Szeged-Budapest, pp. 373-389.
- Sümegei, P., Gulyás, S., Jakab, G. (2008): Holocene Paleoclimatic and paleohydrological changes in Lake Balaton as inferred from a complex quantitative environmental historical study of a lacustrine sequence of the Szigliget embayment. *Documenta Praehistorica* 35: 33-43.
- Tullner, T., Cserny, T. (2003): New aspects of lake-level changes, Lake Balaton, Hungary. *Acta Geologica Hungarica* 46(2): 215-238.

### A dolgozat témájához kapcsolódó publikációk

**Schöll-Barna, G.**, Demény, A., Serlegi, G., Fábrián, Sz., Sümegei, P., Fórizs, I., Bajnóczi, B. (2012): Climatic variability in the Late Copper Age: Stable isotope fluctuation of prehistoric *Unio pictorum* (Unionidae) shells from Lake Balaton (Hungary). *Journal of Paleolimnology* 47: 87-100.

IF<sub>(2012)</sub>: 1,898

**Schöll-Barna, G.** (2011): An isotope mass balance model for the correlation of freshwater bivalve shell (*Unio pictorum*) carbonate  $\delta^{18}\text{O}$  to climatic conditions and water  $\delta^{18}\text{O}$  Lake Balaton (Hungary). *Journal of Limnology*. 70(2): 272-282. DOI: 10.3274/JL11-70-2-15.

IF<sub>(2011)</sub>: 1,207

**Schöll-Barna G.** (2012): A lelőhely kagylóhéjainak stabilizotóp-geokémiai elemzése In: Horváth T (szerk.) Balatonöszöd–Temetői dűlő őskori településrészei: a középső rézkori, késő rézkori és kora bronzkori települések Budapest: MTA BTK Régészeti Intézete, 2012. pp. 365-370. (ISBN:978-615-5254-00-0)

**Schöll-Barna, G.**, Demény, A., Serlegi, G., Fábrián, Sz., Sümegei, P., Fórizs, I., Cserny, T. (2010): Seasonal fluctuations in the Copper Age: stable isotope record of molluscan shells (Balaton region, Hungary). In: André L, Dehairs F, Mas R, Planchon F, Versteegh E (szerk.): *Bivalves Biomineralisation Archival Potential and Proxy Incorporation*. The Royal Flemish Academy of Belgium for Science and the Arts. pp. 59-63.

**Barna G.**, Fórizs I. (2007): A Balaton stabil-izotóp-hidrológiai karakterisztikája. Térbeli eloszlás és a párolgási izotóp-effektus. *Hidrológiai Közlöny*. 87. 2. pp 35-51.

**Barna G.**, Cserny T., Fórizs I. (2007): Balatoni kagylóhéjak (*Unio pictorum* Linné) stabilizotópos vizsgálata. *Hidrológiai Közlöny*. 87. 6. pp 17-19.

Demény, A., **Schöll-Barna, G.**, Sümegei, P., Sipos, P., Balázs, B.R. (2011): Sedimentary change vs. climate signals in bivalve shell and bulk rock compositions in a Late Pleistocene to Early Holocene fluvial section at Körösladány, SE-Hungary. *Central European Geology* 54(1-2): 167-173.

Bajnóczi, B., **Schöll-Barna, G.**, Kalicz, N., Siklósi, Zs., Hourmouziadis, G., Ifantidis, F., Kyparissi-Apostolika, A., Pappa, M., Veropoulidou, R., Ziota, C. (2013): Tracing the source of Late Neolithic *Spondylus* shell ornaments by stable isotope geochemistry and cathodoluminescence microscopy. *Journal of Archaeological Science* 40:(2) pp. 874-882. (2013)

IF<sub>(2012)</sub>: 1,914

Demény, A., **Schöll-Barna, G.**, Siklósy, Z., Bondár, M., Sümegi, P., Serlegi, G., Fábíán, Sz., Fórizs, I. (2010): Az elmúlt ötezer év éghajlatváltozási eseményei a Kárpát medencében és társadalmi hatásai. Klíma-21 Füzetek. 59. pp. 82-95.

Demény, A., **Schöll-Barna, G.**, Sümegi, P., Sipos, P., Fórizs, I., Balázs, B.R., Bajnóczi, B., Cook, G. Stable isotope composition of bivalve shells and bulk sediments in a 5-20 ky fluvial section at Körösladány, SE-Hungary: Sedimentary changes vs. climate signals. Central European Geology. In press

Kalicz, N., Siklósi, Zs., **Schöll-Barna, G.**, Bajnóczi, B. (2010): Aszódi-Papi-földek késő neolitik leőhelyen feltárt kagylóékszerek származási helyének meghatározása stabilizotóp-geokémiai módszerrel In: Kreiter Attila, Pető Ákos, Tugya Beáta (szerk.) Környezet – Ember – Kultúra: Az alkalmazott természettudományok és a régészet párbeszéde [Environment – Human – Culture: Dialogue between applied sciences and archaeology] Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ, 2010. p. 45. (ISBN:978-963-88584-8-1)

Serlegi G, Fábíán Sz, Daróczi-Szabó M, **Schöll-Barna G.**, Demény, A. (2012): Éghajlati és környezeti változások a késő rézkor folyamán a Dunántúlon In: Kreiter Attila, Pető Ákos, Tugya Beáta (szerk.) Környezet – Ember – Kultúra: Az alkalmazott természettudományok és a régészet párbeszéde [Environment – Human – Culture: Dialogue between applied sciences and archaeology] Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ, 2012. pp. 139-150. (ISBN:978-963-88584-8-1)

Demény, A., Bajnóczi, B., Kele, S., Fórizs, I., **Barna, G.**, Siklósy, Z. (2009): Stable isotope analysis of carbonatic ornaments from the Late Copper age cemetery at Budakalász In: Bondár M, Raczky P (szerk.) The Copper Age cemetery of Budakalász Budapest: Pytheas, 2009. pp. 437-447. (ISBN:978-963-9746-72-5)

Demény, A., **Schöll-Barna, G.**, Fórizs, I., Osán, J., Sümegi, P., Bajnóczi, B. Stable isotope composition and trace element concentrations in freshwater bivalve shells (*Unio* sp.) as indicators of environmental changes at Tiszapüspöki, Eastern-Hungary. Under review.

Továbbá ismertetjlesztő cikk és 15 konferencia absztrakt.