

A Balaton negyedkori üledékeinek sporomorpha és ostracoda eredményei

Results of sporomorph and ostracod studies of Quaternary sediments of Lake Balaton

NAGYNÉ BODOR Elvira¹ – SZUROMINÉ KORECZ Andrea²

(3 ábra)

Tárgyszavak: Balaton, negyedidőszak, sporomorpha, ostracoda, paleoökológia
Keywords: Balaton, Quaternary, sporomorphs, Ostracoda, palaeoecology

Abstract

This paper gives a survey of the results of earlier studies made on sporomorphs and ostracods from shallow drillings in the bed of Lake Balaton, as well as some new results of recent research. Our studies suggest that water depth and water quality conditions are primarily dependent on temperature and precipitation. The studied sequence included Upper Pannonian/Lower, Middle Pleistocene(?), Upper Pleistocene, and Holocene formations, respectively.

The Upper Pannonian/Lower Pleistocene(?) beds contained some taxa that had survived until the Middle Pleistocene and indicate a shallow lacustrine or perhaps fluvial environment. After the cooling off which followed a warm period, the area became exposed to erosion. A new sedimentation process started only at the end of the Late Pleistocene (Dryas I, 15 000 years BP).

According to paleontological evidence, during the Late Pleistocene (including Dryas I–III, 15 000 to 10 000 years BP), the water covering was very shallow, mostly mesotrophic. In the subbasins of Balaton, extremely shallow bogs formed and these may have dried up from time to time. The age of peat layers was corroborated by radiocarbon age determination (CSERNY et al. 1995).

In the Keszthely subbasin, the formation of the slightly acidic (pH 5–6) peat-bog started in Dryas II, and it dried up probably in the Alleröd (¹⁴C: 12 490–12 100 years BP).

In the Szigliget subbasin, neutral peat-bog formation began also in Dryas II and came to an end at the beginning of Dryas III (¹⁴C: 12 490–10 960 years BP).

In the Szemes subbasin, formation of a slightly basic (pH 7–8) peat-bog started in Dryas II and continued in the Alleröd phase (¹⁴C: 12 060–11 800 years BP).

A similar age (Dryas II to Alleröd, ¹⁴C: 12 080–11 250 years BP) and pH (7–8) was obtained for the peat-bog that developed on the northern shore of the Siófok subbasin.

At the beginning of the Holocene (pre-Boreal), it can be demonstrated that there was a deepening of the lake. The most significant appearance of trophic conditions in the history of the lake was observed to have occurred in the Boreal period of the Keszthely subbasin.

In spite of an increase in precipitation during the Atlantic period, the water level fell in the Keszthely subbasin due to its drainage by Nagyberek, leading to swamp formation in the Keszthely subbasin. At the same time, however, the water deepened in the Szemes subbasin. At the end of the Atlantic period, or the beginning of the sub-Boreal period (ca 5000 years BP), the subbasins merged, forming a uniform open water surface.

Lake Balaton reached its greatest water depth in the first phase of the sub-Atlantic period (Fagus 1., about 2500 years BP).

¹ Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

² MOL RT. KTD. Bányászati Laboratóriumok, 1039 Batthyány u. 45.

Összefoglalás

Dolgozatunkban a Balaton medrében mélyült sekélyfúrások sporomorpha és ostracoda vizsgálatainak néhány újabb eredményét tekintettük át.

Vizsgálatainkban figyelemmel kísértük az ökológiai (relatív vízmélység és vízminőség-trofitás) változásokat is, melyek alakulása leginkább a hőmérséklet és csapadék függvénye volt.

Az általunk vizsgált rétegsorok ún. idősebb, felső-pannoniai, kora-, középső-pleisztocén (?), felső-pleisztocén és holocén képződményeket harántoltak.

Az ún. idősebb, felső-pannoniai, alsó-pleisztocén (?) képződményekben olyan taxonok is előfordultak, melyek a középső-pleisztocén végéig éltek és sekélyebb vízi, esetleg folyóvízi környezetre utaltak. Valószínűsíthető, hogy a kora-, középső-pleisztocén (?) egy lehűlési szakasza után a területen lepusztulás történetet. Újabb, őslénytaniul is igazolható üledékképződés ezután csak a késő-pleisztocén végén (dryas I. ca. 15 000 év BP) következett be.

A késő-pleisztocénben (dryas I–III. 10 000–15 000 év BP) az őslénytani vizsgálatok nagyon sekély, főként mezotróf vízminőségről tanúskodtak. Ebben az időben a Balaton részmedencéiben rendkívül sekélyvízű síklápok alakultak ki, melyek időnként be is száradhattak.

A tőzegrétegek korát az őslénytani vizsgálatok mellett a radiokarbon kormeghatározás (CSERNY et al. 1995) is alátámasztotta.

A Keszthelyi-medencében a gyengén savanyú kémhatású (pH 5–6) tőzegláp kialakulásának kezdete a dryas II-re tehető. Ez a tőzegláp valószínűleg az allerődben beszáradt (¹⁴C: 12 490–12 100 év BP). A Szigligeti-medencében a semleges kémhatású tőzegláp létrejötté ugyancsak a dryas II.-ben kezdődött és a dryas III. elején fejeződött be (¹⁴C: 12 490–10 960 év BP). A Szemesi-medencében gyengén lúgos kémhatású tőzegláp (pH-ja 7–8) képződése szintén a dryas II.-ben kezdődött és belenyúlt az allerőd időszakába is (12 060–11 800 év BP). A Siófoki-medence északi partszegélyén a Szemesi-részmedence tőzegéhez hasonló minőségű tőzégképződés zajlott le, amely szintén a dryas II.-ben kezdődött és az allerődben is folytatódott (¹⁴C: 12 080–11 250 év BP).

A holocén kezdetén (preboreális/boreális) a Balaton részmedencéiben mélyülés és eutrofizálódás kezdődött. A legnagyobb mértékű eutrofizálódást a boreális fázisban a Keszthelyi-medencében lehetett kimutatni.

Az atlantikus fázisban bekövetkezett csapadéknövekedés ellenére a Keszthelyi-öböl vízszintje süllyedt, oka valószínűleg az, hogy vize a Nagyberek felé lecsapolódott, amely a részmedence elmcsoarasodását okozta. A Szemesi-medencében viszont ebben az időben mélyülés következett be. Az atlantikus fázis végén vagy a szubboreális fázis elején (cca. 5000 év BP) a Balaton részmedencéi egyesültek és egységes nyílt víztükör alakult ki.

A Balaton legnagyobb vízmélységét a szubatantikus nyitó szakaszában (Bükk 1 (F1), körülbelül 2500 év BP) idején érte el.

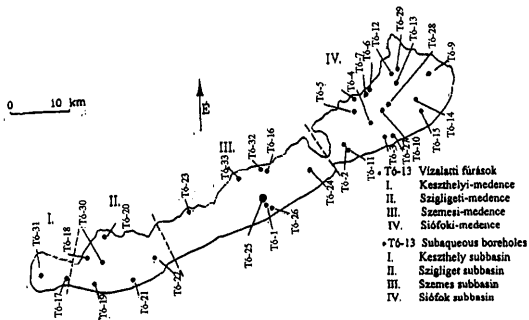
Bevezetés

A Balatonon végzett aktuálgeológiai kutatások 1981-ben kezdődtek a Magyar Állami Földtani Intézetben CSERNY T. vezetésével. Ennek során, 33 darab, átlagosan 10–12 m talpmélységű mederfúrás (1. ábra) mélyült le, melyekből komplex földtani vizsgálatok készültek, így őslénytani vizsgálatok (HAJÓS M. – diatoma, MIHÁLTZNÉ FARAGÓ M., NAGY E., NAGYNÉ BODOR, E. – sporomorpha, KROLOPP E. mollusca, SZUROMINÉ KORECZ A. – ostracoda) is.

A paleontológiai kutatások célja az volt, hogy újabb adatokat nyerjen a Balaton fejlődéstörténetére, különös tekintettel a vízminőség változásaira vonatkozóan.

Jelen dolgozatban a rétegtani, a relatív vízmélység- és vízminőség-változásokat, valamint a harántolt tőzegrétegekkel kapcsolatos eredményeket foglaltuk össze.

A sporomorpha és ostracoda vizsgálatok néhány eredményét a Tó–25 fúrás összefoglaló ábráin mutatjuk be (2–3. ábra).



1. ábra. A balatoni fúrások helyszínrajza és a Balaton morfológiai egységei

Fig. 1 Layout of boreholes and subbasins of Lake Balaton

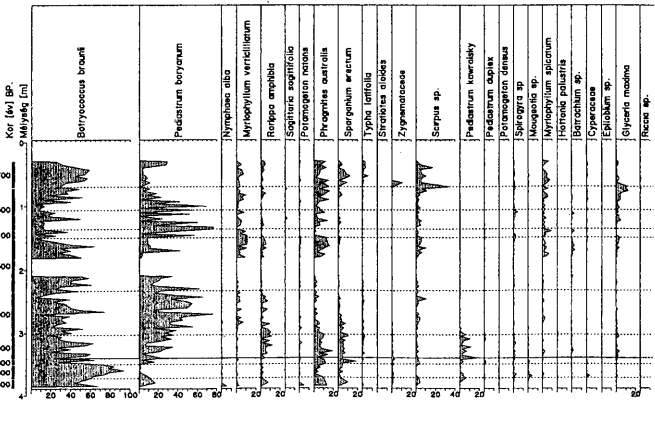
Kutatástörténeti áttekintés

A Balaton tavi kutatások úttörője id. LÓCZY L. volt, aki az általa telepített fúrások földtani értékelését monográfiában foglalta össze (id. LÓCZY 1913). A fúrásokból előkerült mollusca faunát először WEISS (1911) határozta meg, és arra a következtetésre jutott, hogy az előforduló puhatestűek „inkább folyóvízi mintsem tavi alakok, amelyek a kvartertől napjainkig élnek”. Később WEISS meghatározásait KORMOS (1911) egészítette ki a Siófoktól keletre emelkedő magaspart rétegeinek vizsgálatával. Itt a 9. rétegben talált sárréti tóiszapra emlékeztető faunát a Balaton egykori, – pleisztocén korú – magas, de rövid ideig tartó vízállásával magyarázta. A holocén korú diatomákat PANTOCSEK (1902) tanulmányozta, és megállapította, hogy 5–7 méternyire a mai vízszint alatt van a holocén korú lerakódások kezdete. A Balaton fosszilis fáit TUZSON (1911) vizsgálta. Ezen kívül más fosszilis növényvizsgálat nem készült, noha ez időben Európa híró kutatók (BORBÁS és LOVASSY – recens növények, ISTVÁNFY – recens moszat) tevékenykedtek hazánkban. LÓCZY fúrásainak pontusi/pannoniai korú rétegeiben már említ ostracodákat is, pontos feldolgozásuk azonban nem történt meg.

Később, 1948-ban a Vízgazdálkodási Hivatal Balatonakali és Keszthely között 7 darab 10–16 m talpmélységű fúrást telepített. Ezek sporomorpha együtteseit, elsőként Magyarországon ZÓLYOMI (1936, 1952) értékelte.

Az 1960-as évek elején indultak el az újabb kutatások a VITUKI vezetésével és 22 intézmény részvételével. Ennek során a tó medrébe 14 fúrás mélyült, amelyek pleisztocén és holocén sporomorpha vizsgálatát szintén ZÓLYOMI (1963, 1987, 1995) készítette el, míg a fúrások idősebbnek tartott rétegeit NAGY (in: ZÓLYOMI & NAGY 1992) vizsgálta.

ZÓLYOMI Balatonnal kapcsolatos leglényegesebb eredményeit JÁRAINÉ KOMLÓDI (1999) foglalta össze:



2. ábra ↑, → A Tó-25 fúrás %-osan értékelhető vízkörnyezet adatai

Fig 2 Water- and swamp-plant data of Borehole Tó-25 (Lake Balaton)

– hazánkban először ismertette pollenanalitikai vizsgálatai alapján a Balaton fejlődéstörténetét, a késő- és posztglaciális erdők történetét (AP), a lágyszárú növények (NAP) összevont diagramjával is kiegészítve,

– három allerdő korú tőzegréteget különített el a Keszthelyi-öböl üledékeiben, valamint a tőzeg felett 1000 év hiátust mutatott ki,

– felismerte, hogy a fúrások idősebb rétegei (pannóniai s.l.) és pleisztocén üledékei között hiátus van,

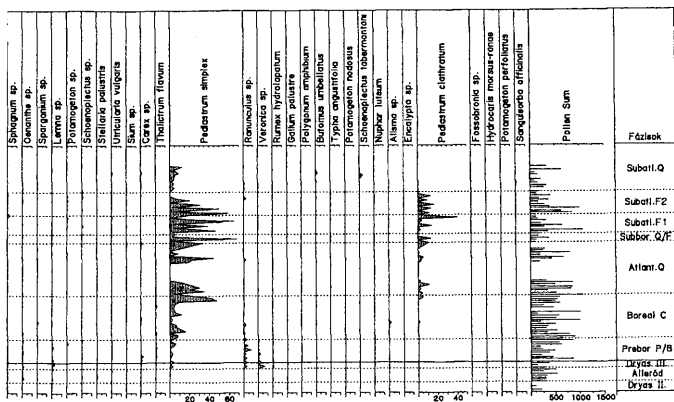
– megbecsülte a tó feliszapolódásának ütemét és megállapította, hogy annak mértéke a Keszthelyi-öbölben a legnagyobb,

– felismerte a pollenanalízisben a kultúrnövények jelentőségét, így a holocén pollenfázisokon belül abszolút kort tudott megadni (például a kukorica pollen megjelenését a 1650. évhez kötötte), továbbá a kultúrnövények megjelenését összefüggésbe hozta az erdősrűség csökkenésével,

– először alkalmazta a pollenanalízisben a modern, statisztikai módszereket.

SEBESTYÉN O. recens biológiai kutatásai mellett a Balaton fosszilis üledékeit is vizsgálta, melynek során felismerte a *Pedicularis* fajok ökológiai jelentőségét (SEBESTYÉN 1968a, b).

MIHÁLTZÉ FARAGÓ (1983) a Szigligeti-öbölben mélyült néhány fúrás pollenanalitikai vizsgálatát készítette el. A maximum 6 m talpmélységű fúrásokban felső-pannóniai, felső-pleisztocén (dryas I, allerdő, dryas III.) és holocén (preboreális, boreális, atlanti (A), atlanti (B), szubboreális és szubatlati) szakaszokat mutatott ki. Munkájában a fás szárúak és szárazföldi lágyszárú növények mellett elsőként már vízi növényeket is meghatározott.



Módszerek

A vizsgált fúrások ún. idősebb (késő-pannóniai, kora-, középső-pleisztocén?) korú rétegeiből átlagosan 20–50 cm-ként állt minta a rendelkezésünkre. A fiatalabb üledékekből (késő-pleisztocén, holocén) átlagosan 2–5 cm-ként történt mintavétel.

A pollenfeltárás a hagyományos, ZÓLYOMI-ERDTMAN-féle 2,2 fs. $ZnCl_2$ eljárással (ZÓLYOMI 1953), a kötőanyag feloldása 10%-os HCl-dal történt, majd a feltárt anyagot glicerines zselatinban tároltuk. A fúrások felső-pannóniai, alsó-, középső-pleisztocén (?) szakaszaiban előforduló taxonokat néhányszor nem lehetett azonosítani a ma élővel, ebben az esetben a világirodalomban használatos mesterséges nevezéktant (POTONIÉ 1956, THOMSON & PFLUG 1953), a holocén korban pedig a természetes nevezéktant (SOÓ 1963, SIMON 1992) használtuk.

Kiértékelésnél a vízi vegetációban elkülönítettük a litorális zónában élő, a mocsári-partmenti növényeket, a zöldalgákat, a járommoszatokat, a vízben lebegő, valamint a sekélyvízi és mélyebb vízben élő növényeket. Sekélyvízieknek az 1–3 m vízmélységben, mélyebb vízieknek a 3–6 m mélységben gyökerezőket vettük (GLÜCK 1936).

A szárazföldi vegetációban túlevelűeket, egyes lombos erdőket, hidrofil és xerofil lágyszárú aljnövényeket, valamint kultúrnövényeket különböztettünk meg.

A vegetáció kvantitatív és kvalitatív változásaiból (JÁRAINÉ-KOMLÓDI 1966, 1968, 1969; KORDOS & JÁRAINÉ KOMLÓDI 1988), valamint a klímaindikátor növényekből (IVERSEN 1944) következtettünk a klímaváltozásokra. A vegetáció változásaiból nyomon követhettük a környezetre gyakorolt antropogén hatásokat is (DIGERFELDT 1972, SÜMEGI 1998, WILLIS 1997).

A sporomorpha együttes kiértékelésénél az egyedszámot is figyelembe véve nagyobb hangsúlyt kaptak a kisebb pollenprodukciójú, rovarporozta, illetve a klímaindikátor növények.

A sporomorpha együttes százalékosan értékelhető taxonjait a „Tilia” számítógépes program szerint, a megjelenés sorrendjében ábrázoltuk. A kiértékelésnél a vízi és a szárazföldi növényeket külön tárgyaltuk, így részletesebben tudtuk értékelni a szárazföldi mellett a vízi környezetben bekövetkezett változásokat is. A fás (Arbor Pollen: AP) és a szárazföldi lágyszárú (Non Arbor Pollen: NAP) növények pollen előfordulásait együttesen 100%-nak vettük, és ezt alapul véve a diagrammokon egymásra vonatkoztatva külön tüntettük fel az AP és a NAP %-adatait.

A vízben bekövetkezett trofitásváltozásokat (relatív trofitás értékeket) GULYÁS (1983) trofitás indikátor növény taxonjaira- és fajaira, továbbá VAN GEEL (1978) és VAN GEEL & VAN DER HAMMEN (1978) munkáira alapoztuk. A különböző trofitás igényű (oligotrófikus, mezotrófikus, eutrófikus) növényeket csoportosítottuk és egyedszámuk alapján százalékosan diagrammon ábrázoltuk (NAGYNÉ BODOR & CSERNY 1998b; CSERNY & NAGY BODOR 2000). A hidrobiológiai szakkifejezéseket FELFÖLDY (1984) értelmező szótárából vettük át.

A kőzetanyagból az ostracoda fauna feltárása vagy a hagyományos hidrogén-peroxidos (H_2O_2) iszapolással történt, vagy a laza, fiatal üledék esetén elegendő volt a vízzel való átmosás is.

Az iszapolási maradékból kiválogattuk illetve megszámláltuk a kagylósrákok féltreknőit. A taxonok meghatározása a féltreknőkből történt. Az ostracodák többször vedlenek, ezért a mintákban nagyszámú juvenilis teknő is előfordult, melyek meghatározása az esetek többségében csak genus szintig volt lehetséges.

Az iszapolási maradékban az ostracodák mellett találtunk *Chara* oogoniumokat, miocén korú bemosott foraminiferákat és halmaradványokat is.

Dolgozatunkban LANG (1994) kronológiai besorolását vettük figyelembe.

Rétegtani eredmények

Pannóniai korú rétegek

Az 1981 után mélyített balatoni sekélyfúrások (1. ábra) közel fele átlagosan 4–5 m vastagságú laza tavi üledéket harántolt. Alatta, a Balaton aljzatát alkotó idősebb, agyagos, aleuritós és finomhomokos képződmények találhatóak (CSERNY 1987, 1999). A lemélyített fúrások közül számos elérte ezeket az ún. idősebb, (felső-pannóniai, alsó-, középső-pleisztocén?) rétegeket, amelyeket a korábbi földtani és őslénytani vizsgálatok (MIHÁLTZSNÉ FARAGÓ 1983; CSERNY & CORRADA 1990; ZÓLYOMI & NAGY 1992, NAGYNÉ BODOR & CSERNY 1997, 1998a, b) kizárólagosan csak pannóniai korúnak tartottak.

A pannóniai korra utalt ugyanis a sporomorpha együttes kevés egyed- és magas taxonszáma, továbbá nagy számban találtunk olyan szubtrópusi klímaigényű taxonokat (*Tsuga igniculus*, *T. spinolosus*, *T. diversifolia*), amelyek már a miocénben megjelentek, virágkoruk a pannóniai idejére tehető, de még éltek a kora-

pleisztocénben is, sőt néhány példányuk még a középső-pleisztocénben is előfordult (MIHÁLTZNE FARAGÓ 1983).

Pannóniai korra utalt az is, hogy a fentiekben említett fajok mellett még számos jómegtartású, csak a pannóniai korra korlátozódó, még csökkentsősvízi környezetet jelző planktonszervezet (*Impagidinium* sp., *Paleoperidinium* sp., *Gonylaucysta* sp.) is megjelent.

A faj- és egyedszámban egyaránt szegényes ostracoda fauna nagyrészt édesvízi taxonokból állt, melyek döntő hányada ma is él. Mellettük jó megtartású, pannóniaira korlátozódó, csökkentsősvízi taxonokat (*Amplocypris* sp., *Loxoconcha* sp.) is meghatároztunk.

Ugyanakkor ezek az ún. idősebb rétegek, (felső-pannóniai, alsó-, középső-pleisztocén) kőzetanyagának újraértékelése során néhány fúrásban olyan fajok (*Verrucatisporites tekerensis* – spóra, *Cytherissa lacustris*, *Metacypris cordata* – ostracoda) kerültek elő, amelyek csak a pleisztocénben lépnek fel (NAGY 1985, DANIELOPOL et al. 1990, GRIFFITHS 1995).

Eddigi vizsgálataink alapján, továbbra is pannóniai korúnak tartjuk azokat a rétegeket, ahonnan az említett fajok egyike sem került elő.

Ezeknek az ún. pannóniai rétegeknek pontos korbesorolását csak sokkal részletesebben begyűjtött rétegsorok vizsgálata tisztázhatja.

Alsó-, középső-pleisztocén korú rétegek

A tárgyalt rétegek alsó-, középső-pleisztocén (?) korát támasztotta alá az, hogy az itt előforduló asszociáció bár még nagyon emlékeztetett a pannóniai korban élt vegetációra, de a fentiekben említett pleisztocénben fellépő taxonok valamelyike ezekben a rétegekben már előfordult.

A kora-, középső-pleisztocén korúnak tartott rétegek sporomorpha állományában már nagyobb arányban szerepeltek a hideg- és meleg-mérsékelt klímaigényű (*Pinus*, *Betula*, *Alnus*, *Carpinus*, *Corylus*) taxonok, mint a pannóniaira jellemző szubtrópusi klímaigényűek. Ezen túlmenően ezekben a rétegekben több fúrásban is sikerült elkülöníteni felmelegedési és lehülési szakaszokat. A felmelegedési szakaszokban még előfordultak szubtrópusi klímaigényű taxonok, míg a lehülési szakaszokban már csak meleg-mérsékelt és hideg-mérsékelt klímaigényű taxonokat találtunk.

A legtöbb fúrásban ezeket az alsó-, középső-pleisztocén (?) rétegeket lehülési szakasz zárta. Ezt követően újabb üledéklerakódás ¹⁴C-es adatokkal (CSERNY et al. 1995) is alátámasztottan, csak a késő-pleisztocén legvégén, a dryas I-ben (cca. 15 000 év BP) történt.

A fentieket figyelemben véve ezekben a kora-, középső-pleisztocén(?) korúnak tartott rétegekben előforduló pannóniai csökkentsősvízi taxonokat bemosottnak véljük.

Meg kell jegyezni, ezen rétegsorok nagyon ritkán, sok esetben csak fél méterenként kerültek begyűjtésre és a bennük található flóra és fauna is rendkívül szegényesnek bizonyult.

A ritka mintavétel miatt, ezért csak felmelegedési és lehülési szakaszokat és nem glaciálisokat, interglaciálisokat, illetve stadiálisokat és interstadiálisokat tudtunk elkülöníteni.

A továbbiakban ezért az ún. idősebb rétegeket késő-pannóniai, kora-, középső-pleisztocén (?) korú rétegeknek jelöljük.

A késő-pannóniai, kora-, középső-pleisztocén (?) korúnak tartott rétegekben a Balaton jelenlegi nyílt vízborítására jellemző vízinövények (*Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*, *Potamogeton perfoliatus*) még nem fordultak elő, csak néhány, mocsári és vízpartra utaló növény (*Sparganium*, *Nymphaea* sp.) pollenszemcséjét találtuk meg.

Kora-, középső-pleisztocén – késő-pleisztocén közötti rétegek:

Az ún. idősebb, késő-pannóniai, kora-, középső-pleisztocén (?) rétegekre, őslénytanilag igazolhatóan, üledékhézaggal a késő-pleisztocén (dryas I cca. 15 000 év BP) korú rétegek települtek. A kora-, középső-, illetve a késő-pleisztocén közötti időszak említett üledékei lepusztultak vagy nem is képződtek. Előbbi esetben nem zárható ki, de őslénytanilag (sporomorpha, ostracoda) nem is igazolható, hogy ebben az időben (a kora-pleisztocén–késő-pleisztocén vége közötti időszak) a „pleisztocén kori Balaton” vízmélysége elérhette azt a mértéket, amit sok neves geográfus (CHOLNOKY 1918, KORMOS 1911, id. LÓCZY 1913; MAROS & SZILÁRD 1971, 1981) állít.

Késő-pleisztocén korú rétegek

Őslénytani vizsgálataink során arra a következtetésre jutottunk, hogy a kora-, középső-pleisztocént követő lepusztulás után elsőnek (dryas I ca. 15 000 év BP) a Keszthelyi-, majd a Szigligeti-, a Szemesi- és végül a Siófoki-medence került vízborítás alá. Az őslénytani adatok ¹⁴C-es adatokkal is alátámasztottan azt igazolják, hogy a Keszthelyi- és a Siófoki-medence késő-pleisztocénben bekövetkezett vízborítása, nyugatról kelet felé, cc. 5000 év különbséggel következett be (CSERNY & NAGYNÉ BODOR 1996, 2000; CSERNYI et al. 1996; NAGYNÉ BODOR & CSERNY 1998b, SZUROMINÉ KORECZ & NAGYNÉ BODOR 1999a, NAGYNÉ BODOR et al. 2000).

A késő-pleisztocénben, a dryas I–III (10 000–15 000 év BP) terjedő időszakban az őslénytani vizsgálatok nagyon sekély, mocsaras vízborításról tanúskodnak, (2, 3. ábra).

Holocén korú rétegek

A holocén kezdetén (preboreális 10 000 év BP) a késő-pleisztocénhez viszonyítva nagymértékű mélyülést mutattunk ki, majd az atlantikus fázisban (7000 év BP) további vízszintnövekedés következett be. Az atlantikus fázis végére és a szubboreális fázis elejére (cca. 5000 év BP) tehető a részmedencék egyesülése és az egységes nyílt víztükör kialakulása.

A Balaton legnagyobb vízmélységét a szubatlantikus kezdetén [Bükk 1 (F1) folyamán és a Bükk 2 (F2) elején, cca. 2500 év BP] érte el. Ezt követően (Bükk 2 (F2) végén cca. 700–800 év BP) ismét kisebb mértékű vízmélység csökkenés következett be.

Az őslénytani vizsgálatok (diatoma, sporomorpha, ostracoda) azt bizonyítják, hogy a vízmélység alakulását a hőmérséklet mértéke és a csapadék mennyisége befolyásolta leginkább. Egyes kutatók feltételezése szerint, kivételesen paleohidrogeográfiai okok is megváltoztathatták a vízmélységet (sensu CSERNY, MEDVE In: CSERNY et al. 1996). Ez történhetett például az atlantikus fázisban a Keszthelyi- és Szigligeti-medencében (NAGYNÉ BODOR & CSERNY 1997, 1998a), ahol a Nagyberek felé történő elfolyás jelentős vízszintcsökkenést, sőt az őslénytani adatok (sporomorpha, diatoma) alapján elmoscsarodást is eredményezhetett, amit az izotópos adatok is alátámasztottak.

Vízminőségváltozások

Jelen dolgozatunkban csak a részletesen vizsgált késő-pleisztocén és holocén korú képződmények leülepedési körülményeit, elsősorban a víz trofitás változásait mutatjuk be.

A vizsgálataink során kiderült, hogy az emberi tevékenységtől függetlenül, már az elsődleges szervesanyag-termelés, azaz az elsődleges trofitás eredményeként, a Balatonban, illetve elődjében eutrofizálódási folyamatok játszódtak le.

Késő-pleisztocén

A késő-pleisztocénben bekövetkezett vízminőség-változások jellemzését GULYÁS (1983) indikátor fajai mellett, főként két faj (*Pediastrum kawraisky* – plankton zöldalga, *Cytherissa lacustris* – bentosz ostracoda) előfordulására alapoztuk.

Felismertük, hogy ez a két eltérő életmódú faj közel azonos ökológiai tűrőképességű. A *Cytherissa lacustris* az ún. idősebb rétegek alsó-, középső-pleisztocén (?) szakaszától vált ismertté néhány példányban. A faj több szempontból is rendkívül jó környezetjelző: szaporodásához igényli a 18 °C-nál hűvösebb évi középhőmérsékletű, jól szellőzött vizet (DANIELOPOL et al. 1990).

A *Pediastrum kawraisky* oligo-mezotróf vizekben fordul elő. Legnagyobb előfordulása az interglaciálisokra, valamint a késő-pleisztocén/holocén határára tehető, a skandináv tavakban ma is megtalálható (SEBESTYÉN 1968a, b)

A balatoni sekélyfúrásokban a legnagyobb számú előfordulásukat mi is a késő-pleisztocén interglaciális szakaszaiban és a holocén legelején (preboreális) figyeltük meg (2, 3. ábra).

A két faj együttes előfordulása igazolta, hogy a késő-pleisztocén idején a víz még nem vált eutrofikussá. Ebben az időben a víz minősége főként a mezotrofikus állapotban belül csak kisebb mértékben ingadozott. Kisebb vízminőségromlás a felmelegedések időszakában (bölling, alleröd) történt (SZUROMINÉ KORECZ & NAGYNÉ BODOR 1998, 1999b).

Holocén

A preboreális fázisban a Keszthelyi- és Szigliget-medence még nem került vízborítás alá, míg a Szemesi- és a Siófoki-medence vize mezo-eutróf minőség között ingadozott.

A boreális fázisban hirtelen nagyfokú változás következett be. A Keszthelyi- és Szigligeti-medence vízborítás alá került, és a hosszantartó felmelegedés hatására a víz minősége eutrofikussá vált. Ezt az előbbieken említett két faj (*Pediastrum kawraisky*, *Cytherissa lacustris*) kihalása, a *Pediastrum simplex* tömeges megjelenése (2, 3. ábra), illetve a magasabbrendű vízinövények között a trofitást jobban elviselő fajok (például *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton perfoliatus*) felszaporodása igazolta. Ez lehetett az első vízvirágzások időszaka, ami helyenként az atlantikus fázis elejéig tartott.

A Szemesi-medencében az előbb említett két medencénél kevésbé eutrofikus, míg a Siófoki-medencében mezo-eutróf állapot között váltakozó minőségű víz lehetett.

Az atlantikus fázisban a Keszthelyi- és Szigligeti-medence vize továbbra is eutrofikus maradt. Ugyanakkor a Szemesi-medencében a csapadéknövekedés következtében a vízminőség javult, és többnyire mezotrofikus állapotok lehettek (NAGYNÉ BODOR & CSERNY 1998b, CSERNY & NAGY-BODOR 2000). A Siófoki-medencében, a Keszthelyi- és Szigligeti-medencéhez hasonlóan, szintén vízszint-süllyedést tapasztaltunk. Ezt támasztotta alá az erőteljes vízmozgatottságra és a vízalatti üledékmosásra utaló megfigyelések (üledékhiány, sérült ostracoda és diatoma héjak). Ekkor a Siófoki-medence vízminősége a Szemesi-medence vizénél trofikusabb volt. Mindezek a tények alátámasztják, hogy a részmedencék ekkor még egymástól elkülönültek.

Az atlantikus fázis végén csapadéknövekedés következtében a részmedencék egyesültek. A nyílt vízfelület kialakulásával felszaporodtak a nyíltvízi hínárok és a víz az előző fázisokhoz képest, mozgatottabbá vált.

Az egységes, nyílt vízfelület kialakulása a nyugati medencékben (Keszthely, Szigliget) is a vízminőség javulását eredményezte. Az 1960-as évekig nincs számottevő különbség a tihanyi és keszthelyi tóterület között, a tó vize mezotrofikus vízminőségű volt (SZÁRAZ 1987).

Tőzegesedési folyamatok

A tőzeges rétegek megjelenése előtt a nyíltabb vizet kedvelő növények és az ostracoda fauna egyedszámának lecsökkenése sekélyesedést, majd elmocsarasodást jelzett. A tőzegláp kialakulását az ősmaradványok (sporumorpha, ostracoda) számának drasztikus lecsökkenése, a preperátumban, illetve az iszapolási maradványokban a növényi szervesmaradványok tömeges felhalmozódása jelezte. A flóra- és faunaképből arra következtethetünk, hogy a Balaton részmedencéiben rendkívül sekély síklápok alakultak ki, melyek időnként be is száradhattak.

A tőzegrétegek pontos korát az őslénytani vizsgálatok mellett a tőzeges rétegekből vett ¹⁴C radiokarbon kormeghatározás (CSERNY et al. 1995) is alátámasztotta.

A Keszthelyi-medencében a láposodás kezdete a dryas II-re tehető, majd a lép az allerődben valószínűleg beszáradt (^{14}C :12 490–12 100 év BP). A tőzegláp enyhén savanyú kémhatású (pH-ja 5–6) lehetett, amit a járommoszatok (*Mougeotia*, *Zygnemataceae*) és a *Sphagnum* felszaporodása (VAN GEEL 1978) valamint a *Spirogyra* jelenléte igazolt (SIMONS & BEEM 1990). A diatomák kihalása összefügghet a tőzeg enyhén savas kémhatásával. Az ostracodák hiánya egyrészt a kedvezőtlen élettér elhagyásával, másrészt a teknők utólagos feloldódásával magyarázható. Az allerődben az esetenként beszáradó tőzeglápot a *Potamogeton natans* eltűnése jelezte.

A Szigligeti-medencében a tőzegláp kialakulása ugyancsak a dryas II-ben kezdődött meg és a dryas III elején fejeződött be (^{14}C :12 490–10 960 év BP). Itt semleges (pH-ja 7) tőzegláp alakulhatott ki, amit csak néhány planktonszervezet (*Zygnemataceae*, *Botryococcus braunii*, *Pediastrum boryanum*) megmaradása, valamint a gazdag ostracoda fauna (például: *Metacypris cordata*, *Candona/Pseudocandona/compressa*) léte támasztott alá. Ugyancsak ezt erősítette meg a 7–8 pH értéket jelző *Melosira arenaria* (diatoma) jelenléte is (HAJÓS 1996, illetve szóbeli közlés).

Meg kell jegyezni, hogy a Tó–22 fúrásban a tőzegesedés folyamata fokozatosan történt és hosszabb időt (dryas II–allerőd) fogott át. Itt a tőzegréteg előtt és után is találtunk gazdag flórát valamint ostracoda faunát tartalmazó tőzegcsíkos aleuritot. A Tó–30 fúrás környékén ez a folyamat lényegesen gyorsabban zajlott le (dryas III), az agyagos aleurit képződményekre átmenet nélkül települtek a tőzegrétegek és a tőzegképződés után sem fordultak elő tőzegcsíkos rétegek (1. ábra).

A Szemesi-medencében a tőzeg képződése szintén a dryas II-ben kezdődött és belenyúlt az allerőd időszakába is (^{14}C :12 060–11 800 év BP). Itt is semleges kémhatású tőzegláp (pH-ja 7–8) képződött, amire a tőzegben megmaradt sporomorpha (*Botryococcus braunii*, *Spirogyra*, *Zygnemataceae*) jelenléte utalt. Ezt támasztotta alá a diatoma flórában a *Navicula radiosa* és a *Gomphonema constrictum* jelenléte (HAJÓS M. szóbeli közlés, illetve HAJÓS 1996).

A Siófoki-medence északi partszegélyén mélyített több, átlagosan 2 m talpmélységű fúrásban (Tó–5, Tó–7, Tó–8) a tőzegesedés ugyancsak a dryas II-ben kezdődött el és az allerődben is folytatódott (^{14}C : 12 080–11 250 év BP). Ebben a medencében a tőzegláp 7–8 pH-jú kémhatású lehetett, amit *Botryococcus braunii*, *Spirogyra*, *Pediastrum kawraiskyi* és *Zygnemataceae* jelenléte bizonyította. A többi pleisztocén korú balatoni tőzegrétegekkel összevetve itt gazdag flórát és faunát találtunk.

Következtetések

A Balaton tavi sekélyfúrások őslénytani vizsgálata bebizonyította, hogy a Balaton négy részmedencéjének (Keszthelyi-, Szigligeti-, Szemesi-, Siófoki-) fejlődéstörténete különbözött egymástól.

A kora-, közéső-pleisztocént követő lepusztulás után késő-glaciális üledékek mutathatók ki. A vízborítás Ny-ról K-felé „haladt”: legkorábban a Keszthelyi-majd legkésőbb (közel 5000 évvel később) a Siófoki-részmedence területén indult el újabb üledékképződés.

A flóra, valamint a fauna értékelése alapján ekkor a Balaton medencéjében rendkívül sekélyvízi lápok, állandó vagy időszakos mocsári vízborítások alakultak ki. A tó vize oligo–mezotróf értékű vízminőség között ingadozott.

A holocén kezdetén az elsődleges szervesanyag-termelés (elsődleges trofitás) eredményeként, tehát az emberi tevékenységtől függetlenül eutrofizálódás kezdődött. A bekövetkezett vízminőség változások alakulását leginkább a hőmérséklet és a csapadék befolyásolta.

Az egységes nyílt víztükör kialakulása a szubboreális (5000–2500 év BP) idejére tehető. A Balaton legnagyobb vízmélységét a szubatantikus nyitó szakaszában (Bükk 1 körülbelül 2500 év BP) érte el.

Irodalom – References

- CHOLNOKY J. 1918: A Balaton hidrográfiája. – A Balaton Tudományos. Tanulmányozásnak Eredményei. I. köt. II. rész, Budapest, 316 p.
- CSERNY, T. 1987: Results of recent investigations of the Lake Balaton deposits. – In: PÉCSI, M. & KORDOS, L. (Eds): *Holocene environment in Hungary*. Geographical Research Institute Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 67–76.
- CSERNY T. 1999: Limnogeológia. – In : BUDAI T. & CSILLAG G. (eds): *A Balaton-felvidék földtana*. – Magyarazó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50 000, Budapest, 162–165.
- CSERNY T. & CORRADA, R. 1990: A Balaton aljzatának szedimentológiai térképe. – *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1988-ról* 169–176.
- CSERNY, T. & NAGY-BODOR, E. 1996: The Pre-Quaternary Morphology and Quaternary Geohistory of Lake Balaton. – IAG European Regional Geomorphological Conference, Hungary, April 9–12, 1996. – In: JUHÁSZ A. & PÉCSI, M. (Eds): *Geomorphological studies on the Transdanubian Mountains*, Abstract, 70–73.
- CSERNY, T. & NAGY-BODOR, E. 2000: Limnogeology of Lake Balaton. – In: GIERLOWSKI E. H., KORDESCH E. & KELTS K. (eds): *Lake basins through space and time, AAPG, Studies in Geology* 46, 605–618.
- 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* 38/4, 355–376.
- CSERNY, T., NAGY-BODOR, E. & HAJÓS, M. 1991: Contributions to the Sedimentology and Evolution History of Lake Balaton. – In: PÉCSI, M. & SCHWEITZER, F. (eds): *Quaternary environment in Hungary Studies in Geography in Hungary*, 26. Akadémiai Kiadó, Budapest, 75–84.
- CSERNY T., NAGY-BODOR E. & MEDVE A. 1996: Limnogeológiai kutatások a Magyar Állami Földtani Intézetben. – *MGSZ 1996. évi beszámolója*, 31–34.
- DANIELOPOL, D., CARBONEL, P. & COLIN, J. 1990: Cytherissa, the Drosophyla of Paleolimnology. – *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine* 47–48, 1–310.
- DIGERFELDT, G. 1972: The Post-Glacial development of lake Trummen, Regional vegetation history, water level changes and palaeolimnology – *Folia Limnological Scandinavica* 16, 1–96.
- FELFÖLDY, L. 1984: Hidrobiológia – szavakban. – *Hydrobiológiai Értelmező Szótár*. – *Vízügyi Hidrobiológia*, Budapest 13, 1–252.
- FELFÖLDY, L. 1990: Hínár határozó – *AQUA kiadó Vízügyi Hidrobiológia* 18, 1–144.
- GLÜCK, H. 1936: Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas Pteridophyten und Phanerogamen. – Fischer Verl. Jena, 15 p.
- GRIFFITHS, H. 1995: European Quaternary Freshwater Ostracoda: a Biostratigraphic and Paleobiogeographic. – *Primer. Scopolia* 34, 168 p.
- GULYÁS, P. 1983: KGST Biológiai Módszerek. – *Vízügyi Hidrobiológia* 12, 141–145.
- HAJÓS, M. 1996: Balatoni fúrások (Tó-9., 22., 25., 28. és 31. sz.) rétegsora és paleontológiai kiértékelése – *Kézirat, Magyar Állami Földtani Intézet*, 25 p.
- IVERSEN, J. 1944: *Viscum, Hedera, Ilex* as climate indicators. – *Geologiska Föreningens Förhänlingar* 66, 463–483.

- JÁRAI-KOMLÓDI M. 1966: Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez. I. A vegetáció változása a Würm Glaciális és a Holocén folyamán palinológiai vizsgálatok alapján. – *Botanikai Közlemények* 53, 191–201.
- JÁRAI-KOMLÓDI, M. 1968: The Late Glacial and Holocene flora of the Hungarian Great Plain. – *Annales Universitatis Scientiarum Section Biologica*, Budapest 9–10, 199–225.
- JÁRAI-KOMLÓDI, M. 1969: Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez II. A klíma változása a Würm glaciális és a Holocén folyamán palinológiai vizsgálatok alapján (Quaternary climatic changes and vegetational history of the Great Plain Climatic changes during the Würm glaciation and Holocene as evidenced by palynological investigations). – *Botanikai Közlemények* 56, 43–55.
- JÁRAINÉ-KOMLÓDI M. 1999: A magyar palinológiai kutatás atyja – ZÓLYOMI Bálint (1908–1997). – In: GLATZ F. (Ed.): Emlékbeszédek az MTA elhunyt tagjai felett. – MTA kiadvány, 11–21.
- KORDOS L. & JÁRAINÉ KOMLÓDI M. 1988: Az elmúlt tízezer év klímaváltozásai Közép-Európában. – *Időjárás* 92, 96–100.
- KORMOS T. 1911: Új adatok a balatonmelléki alsópleisztocén rétegek geológiájához. – A Balaton Tudományos Tanulmányozásának Eredményei, Első köt. Első rész. Függelék. A Balatonmelléki paleontológiája, IV. kötet 1–50.
- LANG, G. 1994: Quartäre Vegetationgeschichte Europas – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 462 p.
- LÓCZY L. id. 1913: A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei I. – A Balaton környékének geológiai képződményei és ezek vidékek szerinti telepedése. – A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei I. kötet. I. rész. 1–185.
- MAROS S. & SZILÁRD J. 1971: Újabb adatok a Balaton koráról. – *Földrajzi Értesítő* 23/3, 333–346.
- MAROS S. & SZILÁRD J. 1981: A Balaton kialakulása. – *Földrajzi Közlemények* 29/105, 1–30.
- MIHÁLTZNÉ-FARAGÓ M. 1983: Palynológiai vizsgálatok a Balaton fenékmintáin. – *MÁFI Évi Jelentése* 1981, 439–448.
- Nagy, E. 1985: Sporomorphs of the Neogene in Hungary. – *Geologica Hungarica series Palaeontologica* 47, 1–235.
- NAGYNÉ-BODOR E. & CSERNY T. 1997: A Keszthelyi-öböl vízzel-borítottságának fejlődéstörténete. – *Hidrológiai Közöny* 77/1–2, 98–100.
- NAGYNÉ-BODOR E. & CSERNY T. 1998a: A Szigligeti-öböl vízzel-borítottságának fejlődéstörténete a palinológiai vizsgálatok eredményei alapján. – *Hidrológiai Közöny* 78/5–6, 364–366.
- NAGYNÉ-BODOR E. & CSERNY T. 1998b: A balatoni öblök vízborítottságának összehasonlító fejlődéstörténete. – *Hidrológiai Közöny* 78/5–6, 360–363.
- NAGYNÉ-BODOR E., SZUROMINÉ-KOPECZ, A. & CSERNY T. 2000: A Siófoki-medence vízborításának fejlődéstörténete palinológiai és ostracoda vizsgálatok alapján. – *Hidrológiai Közöny* 80/5–6, 329–332.
- PANTOCSEK J 1902: A Balaton kovamoszatai. – A Balaton Tudományos Tanulmányozásának Eredményei – A Balaton tónak és partjainak biológiája II. kötet, II. rész II. szakasz Függelék 1–142.
- POTONIE, R. 1956: Die Behandlung der Sporae dispersae und der fossilen Pflanzen überhaupt nach dem Internationalen Code der Botanischen Nomenklatur. – *Paläontologische Zeitschrift* 30/1–2, 69–87.
- SEBESTYÉN O. 1968a: *Pediastrum kawraisky* Schmidle maradványok balatoni üledékekben. Történeti tanulmány. – *Hidrológiai Közöny* 1, 1–6.
- SEBESTYÉN, O. 1968b: Remains of *Pediastrum kawraisky* Schmidle (Chlorophyta, Protococcales) in the sediments of Lake Balaton. – *Annales Biol.Tihany* 35, 203–226.
- SOÓ R. 1963: Fejlődéstörténeti növényrendszertan – Budapest (II. kiadás), 1–560.
- SIMON T. 1992: A magyarországi edényes flóra határozója. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1–885.
- SIMONS, J. & BEEM, A. P. 1990: *Spirogyra* species and accompanying algae from polls and ditches in the Netherlands. – *AQUAT Botanic* 37/3, 247–269.
- SÜMEGI, P. 1998: Reconstruction of floras, soil and landscape evolution and human impact on the Berek Plain from late-glacial up to the present, based on palaeoecological analysis. – In: Upper Tisza Valley, Tisza Monograf series Szeged 173–204.
- SZÁRAZ P. 1987: Ökológiai zsebkönyv. – AQUA kiadó, 128 p.

- SZUROMINÉ KORECZ, A. & NAGYNÉ BODOR, E. 1998: A *Pediastrum kawraisky* (SCHMIDLE) és a *Cytherissa lacustris* (G.O. SARS) együttes előfordulása és ökológiai jelentősége néhány balatoni sekélyfúrásban. – *Hidrológiai Közlöny* 78/5–6, 367–368.
- SZUROMINÉ KORECZ A. & NAGYNÉ-BODOR E. 1999a: A Szemesi-medence fejlődés-története a T6-25. számú mederfúrás ostracoda és sporomorpha vizsgálata alapján. – *Hidrológiai Közlöny* 79/6, 383–385.
- SZUROMI-KORECZ, A. & NAGY-BODOR, E. 1999b: Late Glacial and Post Glacial Sporomorph and Ostracod records and inferred cyclic climatic changes from Lake Balaton (Hungary). – European Palaeontological Association, Lisboa, Portugal, Abstract, 126–129.
- THOMSON, P. W. & PFLUG, H. 1953: Pollen und Sporen des Mitteleuropäischen Tertiärs. I. – *Palaeontographica* 94, (B): 138 p.
- TUZZON J. 1911: A balatoni fosszilis fák monográfiája. – A Balaton Tudományos Tanulmányozásnak Eredményei, A Balatonmellék paleonológiája, függelék IV. Kötet, Budapest 1–56.
- VAN GEEL, B. 1978: A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. – *Review of Palaeobotany and Palynology* 25/1, 1–120.
- VAN GEEL, B. & VAN DER HAMMEN, T. 1978: Zygnemataceae in Quarternary Colombian sediments. – *Review of Palaeobotany and Palynology* 25/5, 377–392.
- WEISS, A. 1911: a Balaton vidékének pleisztocén korú csiga- és kagylófaunája. – A Balaton Tudományos Tanulmányozásnak Eredményei A balatonmellék paleonológiája, Függelék IV. kötet 1–36.
- WILLIS, K. J. 1997: The impact of Early Agriculture upon the Hungarian Landscape. – In: CHAPMAN & POLUKHANOV, P. (eds): *Landscapes in Flux Central and Eastern Europe in Antiquity Oxbow*. Books Oxford. 193–207.
- ZÓLYOMI B. 1936: Tízezer év története virágporaszemekben. – *Természettudományi Közlöny* 68, 504–516.
- ZÓLYOMI B. 1952: Magyarország növénytakarójának fejlődéstörténete az utolsó jég-korszaktól. – *MTA Biológiai Oszt. Közl.* 1, 491–544.
- ZÓLYOMI B. 1963: A Balaton iszaprétegének kormeghatározó pollenstatisztikai vizsgálata. – *Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Budapest*, 29–30.
- ZÓLYOMI, B. 1987: Degree and rate of sedimentation in Lake Balaton. – In: PÉCSI, M. (Ed): *Pleistocene environment in Hungary*. Geographical Research. (Contribution of the INQUA Hungarian National Committee to the XIIth. 27. INQUA Congress Ottawa, Canada 1987), 57–59.
- ZÓLYOMI, B. 1995: Opportunities for Pollen Stratigraphic Analysis of Shallow Lake sediments: the Example of Lake Balaton. – *Geojournal* 36/2–3, 237–241.
- ZÓLYOMI B. & NAGY E. 1992: A Balaton múltja a pollensztratigráfiai vizsgálatok tükrében. – 100 éves a Balaton kutatás. Tihany, 33. Hidrobiológus Napok, 25–29.