

**A VÁNDORKAGYLÓ (*DREISSENA POLYMORPHA*)
MEGTELEPEDÉSE, MENNYISÉGI VISZONYAI,
ANYAGFORGALOMBAN BETÖLTÖTT SZEREPE,
FILTRÁCIÓJA, VALAMINT BAKTÉRIUMKÖZÖSSÉGRE
GYAKOROLT HATÁSA**

Doktori értekezés tézisei

**Készítette:
Balogh Csilla**

**Témavezetők:
Dr. Padisák Judit
Dr. B. Muskó Ilona**

**Pannon Egyetem
Környezettudományi Doktori Iskola
Veszprém**

**Készült: MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézet,
Tihany**

2008

1. Tudományos előzmények

A Káspi-tó és a Fekete-tenger vidékéről származó vándorkagylót (*Dreissena polymorpha*) az 1930-as évek elején véletlenszerűen egy, a Dunáról a Sió csatornán keresztül közlekedő hajó fenékdeszkájára erősödve hurcolták be a Balatonba (Grossinger, 1791; Sebestyén, 1934a, 1938), az ugyancsak pontokáspi inváziós tegzes bolharákkal (*Celicornophium curvispinum*) együtt (Sars, 1895).

A Balatonban a tömeges kezdeti inváziót követően a kagyló gyorsan elterjedt és 2-3 éven belül már az egész tóban előfordult (Sebestyén, 1934a; 1934b; Sebestyén, 1937; Entz és Sebestyén, 1942). A Balatonban a vándorkagyló mennyisége azóta fluktuál (Sebestyén, 1935, 1937, 1938; Entz és Sebestyén, 1946; Sebestyén és mts., 1951; Bíró és Gulyás, 1974; Entz, 1981; Ponyi, 1981) és napjainkban nagy mennyiségben van jelen a Balaton egyes szilárd felületein (Lakatos és mts., 2001; Muskó és Bakó, 2002, 2005).

A mederfenék iszapos (Lóczy, 1894; Miller és Wagner, 1978), homokos üledék, így a partot megerősítő, 105 km hosszan elnyúló mesterséges kőszórások, a nagy kiterjedésű nádasok és a szigetszerűen elterülő hínárosok felülete mint szilárd, megtelepedésre alkalmas szubsztrátum jelent elsősorban élőhelyet a vándorkagylónak, melynek veligera lárvája a nyíltvízben szabadon úszik és nagy intenzitással képes kolonizálni az egyes felületeket.

A kagyló gyors reprodukciója és nagy mennyisége révén jelentős hatást gyakorolhat az ökoszisztémára. Hatékony szűrő és fűves pszeudofűves kibocsátása révén megváltoztatja a planktonikus baktériumok (Cotner és mts., 1995; Silverman és mts., 1996), a fito- és zooplankton (Shevtsova és mts., 1986; Reeders és Bij de Vaate, 1990; MacIsaac és mts., 1991, 1995; Lavrentyev és mts., 1995; Baker és mts., 1998; Bastviken és mts., 1998; Vanderploeg és mts., 2001; Naddafi és mts., 2007) relatív abundanciáját és lebegő szerves anyagok koncentrációját (Reeders és Bij de Vaate, 1990; Bunt és mts., 1993; Horgan és Mills, 1997; G.-Tóth, 1999). Intenzív szűrő révén nő a víz átlátszósága, így a fény mélyebbre hatol le, mely előnyös lehet a bentikus életközösségnek, hozzájárulhat a hínár előretöréséhez, valamint az algaösszetételt is jelentősen módosíthatja (Griffits, 1993; Dermott és Munawar, 1993; Lowe és Pillsbury, 1995; Skubinna és mts., 1995; Horgan és Mills, 1997; Mayer és mts., 2002; Pillsbury és mts., 2002).

A kagyló a halak (*Blicca bjoerkna*, *Rutilus rutilus*, *Cyprinus carpio*) valamint a bukó vízimadarak (*Fuligula ferina*, *Bucephala clangula*, *Fulica atra*, *Aythya fuligula* és *Anas platyrhynchos*) számára szolgál jelentős táplálékforrássul (Entz és Sebestyén, 1946; Bíró, 1974; Bozzay és Hegedűs, 1978; Ponyi, 1994; Custer, 1996; Speciár és mts., 1997; Werner és mts., 2005).

2. Célkitűzés

Munkám célja a vándorkagyló ökoszisztémában betöltött szerepének megismerése és megértése.

Az alábbi kérdések megválaszolását tűztem ki célul:

1. Hogyan alakul a vándorkagyló térbeli és időbeli megtelepedése, mely tényezők befolyásolják ezt?
2. Hogyan alakul mennyisége a balatoni hínárosban (2001-2002), a Balaton köves parti zónájában (2003-2005) és a Balatont szegélyező nádasban (2006);
3. Hatással van-e a kagyló mennyiségének alakulására a vízszintváltozás?
4. Milyen hatékonysággal képes eltávolítani az algákat a víztestből, mely paraméterek befolyásolják ezt, mekkora a víztisztító potenciálja a Balatonban?
5. Milyen szerepet tölt be az üledék anyagforgalmában, mennyiben módosítja az alga összetételét?
6. Milyen hatással van a mikrobiális összetételre, a közösség szerkezetének alakulására, a baktériumok aktivitására, anyagcsere mintázatára néhány észak-amerikai tóban?

3. Anyag és módszer

Kétféle természetes alzatot (kő, falap), három mélységben (alul, középen és felül) vas állványra erősítettek, majd 1999 júliusában helyeztek ki a Balatonba, Tihanynál a parttól 100 m-re és a partközelen. A mintavételre (három párhuzam) kéthetente, négy alkalommal került sor.

A Balaton északi partján négy ponton történt (Keszthely, Szigliget, Tihany, Balatonalmádi) mintavétel (május, július, szeptember és október) a balatoni hínárosban (2001-2002), a Balaton köves parti zónájában, két mélységben (mederfenék és vízfelszín közelében) (2003-2005) és a Balatont szegélyező nádasban (2006) három párhuzamban.

A fenti terepi mintavételek során, mértük a környezeti paramétereket (Secchi átlátszóság, vízmélység, vezetőképesség, pH-t és hőmérséklet), az állatokat 300 μm átmérőjű szitán tömörítettük, 70%-os alkoholban rögzítettük, sztereo mikroszkóp segítségével a tegzes bolharákat és a vándorkagylót megszámloltuk, mértük a kagylók hosszát, majd denzitást és biomasszát kalkuláltam.

Tihanyban, a parti kőszórás mentén begyűjtött eltérő mérettartományba tartozó vándorkagylókat (1,7 cm, 1,3 cm, 0,7 cm és 0,3 cm) termosztátban adaptáltam. A kagylókat (3-30 ind l^{-1}) az adaptációs hőmérséklettel megegyező (5 C°, 10 C°, 15C°), friss, sejtmentesre szűrt balatonvízből készített, meghatározott (4-60 x 10⁶ sejt l^{-1}) töménységű (200

ml térfogatú), saját tenyésztésű algakultúra (*Chlamydomonas* spp. és *Selenastrum capricornutum*) szuszpenzióba helyeztem. Nyomon követtem az egységnyi idő (1 óra) alatt kiszűrt és felvett algák mennyiségét (ülepítő kamrában történő algadenzitás számolással, Counter szoftverrel) és tisztítási rátát kalkuláltam Gifford (1993) képlete alapján.

Az előzőekben leírt köves parti felméréssel párhuzamosan a 2005-ös évben minden mintavételi helyről mind a négy alkalommal három párhuzamos mintát vettünk a parti kőszórás lábánál a fenéküledék felső 2-4 centiméteres rétegéből, valamint üledéket mintáztunk a kagylókolóniák közeléből a kövekről és kagylókat gyűjtöttünk. Analizáltuk az egyes területeken gyűjtött kagylószövet, a kagylókolóniák közeléből származó üledék és a kagylómentes fenéküledék szén, nitrogén és kéntartalmát. A gyűjtött kagylók (15 állat; 1,2-1,5 cm hosszú; 250 ml szűrt vízbe) által átszűrt vízben megvizsgáltuk az alga denzitást és az alga biomasszát, valamint vizsgáltuk a fitoplankton összetételét, melyet összehasonlítottunk a Balatonból (adott mintavételi helyről) származó víz azonos paramétereivel. Néhány alkalommal vizsgáltuk laboratóriumban a kagyló fécesz- és pszeudofécesz kibocsátásának, a kagylószövetének és a héjának szén-, nitrogén- és kéntartalmát.

Az Erie-tó két mintavételi pontján (Maumee öböl, Erie, PA), az Ontario-, az Oneida- az Onondoga- és az Owasco-tóból minden tó 3-5 különböző pontjáról vettünk általában 3, vagy több párhuzamos mintát. A kagyló kolóniákat tartalmazó köveket és az üledéket a felső 2-4 cm rétegből légpipás merüléssel gyűjtöttük. A vándorkagylót speciális pengével eltávolítottuk a kövekről, lágyszövetét aseptikus körülmények között tubusba különítettük el. A kagylókolóniák közeléből, a kövekről lemosott üledéket és a gyűjtött fenéküledék mintákat centrifugáltuk. Mikrobiológiai vizsgálatokat végeztünk a baktériumok CFU (kolónia képző egység) számának meghatározásához (táptalajra szélesztés) és a baktériumközösségek anyagcsere-mintázatának jellemzésére (BIOLOG gyors identifikációs teszt). A baktériumtörzsek diverzitásának megismeréséhez molekuláris biológiai technikát alkalmaztunk. A DNS kinyerésére fenol-kloroformos módszert használtuk, a 16 rDNS szakasz amplifikálását (két primer: 968f és az 1401r) követően a PCR terméket poliakrilamid gélen detektáltuk, majd a DGGE elektroforézist követően a gélben lévő DNS-t ethidium-bromiddal festettük. Az üledék szén, nitrogén és kéntartalmát is analizáltuk.

4. Tézisek

1. A vándorkagyló a Balatonban sikeresen telepedik meg a vízbe bekerült különféle tárgyakon, a megtelepedés dinamikája függ az alzat minőségétől, a vízmélységtől és a parttól való távolságtól. A kolonizációs kísérletben általában a kagyló dominanciája a kezdeti inváziót követően fokozatosan csökkent, ezzel párhuzamosan a tegzes bolharáké növekedett, mely a kísérlet végére dominánssá vált. A két pontokáspi inváziós faj közt leírt szoros negatív korrelációk is alátámasztják, hogy más tavakhoz hasonlóan a Balatonban is kompetíció állhat fenn a két faj között a megtelepedési felületért és a táplálékért. A vándorkagyló napi denzitás növekedés megközelítőleg $18.643 \text{ ind m}^{-2}$ volt. A kagyló denzitások a parttól 100 méterre és általában a kihelyezett köveken voltak nagyobbak, éppúgy, mint a növekedés üteme és a kísérlet végén a biomassa, valamint az állatok hossza is. A nyíltvízben jelen lévő nagyobb veligera mennyiség, és az ott jellemző homokos, iszapos fenéküledék következtében a kolonizálható felületek limitáltsága, valamint a mérsékeltebb hullámozás révén a parttól 100 méterre lévő alzatok kedvezőbbek a vándorkagylónak, mint a partközeli, amely közelében, a parti kőszórásban lévő nagy denzitású kagylópopuláció predációja (veligera lárva kiszűrése) is jelentősen megnyilvánulhatott.
2. Ellentétben a Rajnában és a tihanyi kolonizációs kísérletben tapasztaltakkal, a vándorkagyló a Balaton legjelentősebb kolonizálható felületein (nád, kő) 75 évvel a kezdeti invázió után is domináns, elsősorban a júliusi tenyészidőszakban. A hínáron, mint átmeneti jellegű élőhelyen, a vándorkagyló csak a júliusi tenyészidőszakban dominál. A legnagyobb vándorkagyló denzitást a kövezésen tapasztaltuk, a maximális denzitás elérte akár a $353.000 \text{ ind m}^{-2}$ (tófelület egység), míg nádon 283.000 , hínáron pedig $141.000 \text{ ind m}^{-2}$ (tófelület egység) volt.
3. A 2000-2004-es aszályos periódus végére a köves parti zónában a vándorkagyló a tegzes bolharákhoz viszonyítva visszaszorult, majd a vízszintemelkedéssel párhuzamosan, az ismételten vízzel borított új felületeken a kagyló jelentősen előretört. 2005-ben a magas vízállás mellett az új felületek a kagyló számára sikeresebben kolonizálhatónak bizonyultak, mint a tegzes bolharák vagy egyéb állat számára. A vándorkagyló a frissen bekerülő csupasz felületeknek kezdetben jobb kompetítora, amint azt a kolonizációs kísérletek is alátámasztják. Mindezek mellett 2005-ben a vízszintingadozás elhanyagolható volt a korábbi évekhez képest és a

kagylóval táplálkozó madarak mennyisége is visszaszorult mellyel párhuzamosan a vándorkagyló intenzív térhódítását figyeltük meg.

4. A vándorkagyló tisztítási rátája $6-72 \text{ ml kagyló}^{-1} \text{ óra}^{-1}$ között változott. Ennek alapján egy nagy méretű balatoni vándorkagyló naponta akár 1-1,5 liter vízből is képes kiszűrni az algát. A tisztítási ráta azonban jelentősen függ számos paramétertől, úgymint a víz hőmérsékletétől, a kagyló méretétől, a kagylókolónia méretétől, az algák állapotától, valamint kezdeti koncentrációjától is. A tisztítási ráta a hőmérséklet növekedésével nőtt és $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -on bizonyult a legnagyobbnak. A fitoplankton alakja, morfológiája azonban a kísérleteim során nem befolyásolta jelentősen a filtrációs rátát. A Balatonban megtelepedett kagylóállomány, mely elérheti akár a 88 tonnát is, naponta $1,7 \text{ millió m}^3$ vízből is eltávolíthatja az algákat, ami a Balaton teljes víztömegének megközelítőleg $0,1 \%$ -át teszi ki. A kagyló tisztítási kapacitása a Balatonban rendelkezésre álló kisebb felület (a mozgékony üledék nem alkalmas megtelepedésre) révén csekélyebb, mint, ahogy azt más tavakban tapasztalták.
5. A vándorkagyló populáció a Balaton elsősorban köves és náddal szegélyezett litorális zónájában horizontális és vertikális irányban elterülő természetes szűrő rendszerként működik. A kagyló intenzív filtrációja révén a Balatonban a partmenti litorális zónában nagy mennyiségű algát távolít el a víztestből, melyek egy részét fécesz és pszeudofécesz formában visszabocsátja a kiszűrt és tömörített detritusszal együtt, mely többek közt szénnel és nitrogénnel terheli az üledéket és módosítja az algaösszetételt. Kísérleteink alapján a kagyló által kibocsátott anyagon többségében a kis méretű Chrysoflagellata és Centrales fajok valamint a *Rhodomonas minuta* és a *Chrysochromulina parva* - többségében r-stratégista fajok szaporodtak el. Az üledék széntartalmának alakulása szempontjából meghatározó a kagyló mennyisége, százalékos aránya, a legnagyobb szénkoncentráció dúsulást ugyanis a megtelepedésből adódó nagy denzitással és a jelentős júliusi alga denzitással egy időben tapasztaltuk. A kagyló méretével nőtt a kagyló filtrációs rátája és egyúttal a kibocsátott anyagcseretermék mennyisége, valamint a kagyló lágyszövetét alkotó szén, nitrogén és kén tartalom is.
6. A Nagy Tavak egyes tőegységeinek mikrobiális közösségét elsősorban a vizsgált helyek földrajzi sajátosságai határozták meg, azonban a *Dreissena* jelenléte minden tóban tényleges hatással volt a közelében lévő üledék mikrobiális közösségének

szerkezetére, mivel a kagyló módosította a környékét, lehetővé téve bizonyos baktériumpopulációk dominanciáját. A *Dreissena* befolyásolta a közelében végbemenő folyamatokat elsősorban fécesz és pszeudofécesz kibocsátása révén, mely során módosította a mikrobiális közösség szerkezetét, aktivitását és anyagcsere diverzitását, mialatt a felvett tápanyag formája változatlan maradt. Mindebből adódóan a vándorkagyló fontos táplálékforrást jelent a lebontó szervezeteknek és egyúttal módosítja a tápanyagforgalmat.

Irodalomjegyzék

- Baker S. M., Levinton J. S., Kurdziel J. P., and Shumway S. E. (1998): Selective feeding and biodeposition by zebra mussels and their relation to changes in phytoplankton composition and seston load. – *Journal of Shellfish Research*, 17: 1207-13.
- Bastviken D. T. E., Caraco N. F. and Cole J. J. (1998): Experimental measurements of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) impacts on phytoplankton community composition. – *Freshwater Biology* 39: 375-86.
- Bíró K. and Gulyás P. (1974): Zoological investigations in the open water *Potamogeton perfoliatus* stands of Lake Balaton. – *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academiae Scientiarum* 41: 181-203.
- Bíró, P., (1974): Observations on the food of eel (*Anguilla anguilla* L.) in Lake Balaton – *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academiae Scientiarum* 41: 133-151.
- Bozzay J.-né and Hegedűs J. (1978): Vizsgálatok *Dreissena polymorpha* Pallas vándorkagylóval ipari vízellátásban okozott károsodás leküzdése érdekében. – *Hidrológiai Közlöny* 58: 209-218.
- Bunt C. M., MacIsaac H. J. and Sprules W. G. (1993): Pumping rates and projected filtering, impacts of juvenile zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie. – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 1017-1025.
- Cotner J. B., Gardner W. S., Johnson J. R., Sada R. H., Cavaletto J. F. and Heath R. T. (1995): Effects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on bacterioplankton: Evidence for both size-selective consumption and growth stimulation. – *Journal of Great Lakes Research* 21: 517-528.
- Custer T. W., 1996. Food habits of diving ducks the in the Great Lakes after the zebra mussel invasion. - *Journal of Field Ornithology* 67: 86-99.
- Dermott R. and Munawar M. (1993): Invasion of Lake Erie offshore sediments by *Dreissena* and its ecological implications. – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 2298-2304.
- Entz B. (1981): A Balaton parti övében és a vízfenék élővilágában az utóbbi évtizedekben bekövetkezett változások állattani és az ezzel kapcsolatos fizikai és kémiai vizsgálatok a Balatonban. A Balaton kutatás újabb eredményei II. VEAB Monográfia 16 sz. 1981, Veszprém, 143-188.
- Entz G. and Sebestyén O. (1942): A Balaton élete. – *Magy. Term. tud. Társ., Budapest*, pp. 366.
- Entz G. and Sebestyén O. (1946): Das Leben des Balaton-Sees. – *A Magyar Biológiai Kutatóintézet Munkái* 16: 179-411.
- Felske A., Engelen B., Nubel U. and Backhaus H. (1996): Direct ribosome isolation from soil to extract bacterial rRNA for community analysis. – *Applied Environmental Microbiology* 62: 4162-4167.
- G.-Tóth L. (1999): A rákközösség szerepe a fitoplankton eliminációjában és a halak ellátásában. – *Zárójelentés a Miniszterelnöki hivatal és a Magyar Tudományos Akadémia megbízásából 1999-ben végzett kutatásról. Tihany, 1999.* p. 1-86.
- Griffiths R. W. (1993): Effects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on the benthic fauna of Lake St. Clair. In: T. F. Nalepa and D. W. Schloesser (eds.) *Zebra mussels: Biology, Impacts, Control*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 415-437.
- Grossinger J. (1791): *Universa Historia physica regni Hungariae etc. Pars III.*
- Horgan M. J. and Mills E. L. (1997): Clearance rates and filtering activity of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*): Implications for freshwater lakes. – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 249-255.
- Lakatos Gy., Kozák L. and Bíró P. (2001): Structure of epiphyton and epilithon in the littoral of Lake Balaton. – *Verhandlungen der internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 27: 3893-3897.

- Lavrentyev P. J., Gardner W. S., Cavaletto J. F and Beaver J. R. (1995): Effects of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha* Pallas) on protozoa and phytoplankton from Saginaw Bay, Lake Huron. – Journal of Great Lakes Research 21: 545-557.
- Lóczy L. (1894): A Balaton környékének geológiai történetéről és jelenlegi geológiai jelentőségéről. – Földrajzi Közöny 22: 1-62.
- Lowe R. L., Pillsbury R. W. (1995): Shifts in benthic algal community structure and function following the appearance of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in Saginaw Bay, Lake Huron. – Journal of Great Lakes Research 21: 558-566
- MacIsaac H. J., Sprules W. G. and Leach J. H. (1991): Ingestion of small-bodied zooplankton by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): Can cannibalism on larvae influence population dynamics. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 48: 2051-2060.
- MacIsaac H. J., Lonnee C. J. and Leach J. H. (1995): Suppression of microzooplankton by zebra mussel: importance of mussel size. – Freshwater Biology 34: 379-387.
- Mayer C. M., Keats R. A., Rudstam L. G., Mills E. L. (2002): Scale-dependent effects of zebra mussels on benthic invertebrates in a large eutrophic lake. – Journal of North American Benthological Society 21: 616-633
- Miller G. and Wagner F. (1978): Holocene carbonate evolution in Lake Balaton (Hungary) a response to climate and impact of man. – Spec. Publs. Int. Ass. Sediments 2: 57-81.
- Muskó I. B. és Bakó B. (2002): A vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) denzitása, biomassája és légzési szénvesztése balatoni hínárosban. – Hidrológiai Közöny 82: 13-14.
- Muskó I. B. and Bakó B. (2005): The density and biomass of *Dreissena polymorpha* living on submerged macrophytes in Lake Balaton (Hungary). – Archiv für Hydrobiologie 162: 229-251.
- Naddafi R., Pettersson K. and Eklöv P. (2007): The effect of seasonal variation in selective feeding by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on phytoplankton community composition. – Freshwater Biology 52: 823-842.
- Pillsbury, RW, Lowe, RL, Dong Pan, Y, Greenwood, JL (2002) Changes in the benthic algal community and nutrient limitation in Saginaw Bay, Lake Huron, during the invasion of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). - Journal of North American Benthological Society 21:235-252
- Ponyi J. (1981): A makrobentosz mennyiségi vizsgálata a Balatonon. A Balaton kutatás újabb eredményei II. VEAB Monográfia 16 sz. 1981, Veszprém, pp. 221-237.
- Ponyi J. (1994): Abundance and feeding of wintering and migrating aquatic birds in two sampling areas of Lake Balaton in 1983-85. – Hydrobiologia 279/280: 63-69.
- Reeders H. H. and Bij de Vaate A. (1990): Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): A new perspective for water quality management. – Hydrobiologia 200/201: 437-450.
- Sars G. O. (1895): *Corophium curvispinum*. – Bull. Ac. Imp. Sci. St. Petresb. Ser. S. III., 302-304.
- Sebestyén O. (1934a): Appearance and rapid increase of *Dreissensia polymorpha* Pall. And *Corophium curvispinum* G. O. Sars forma *devium* Wundsch in Lake Balaton. – A Magyar Biológiai Kutatóintézet Munkái 7: 190-204.
- Sebestyén O. (1934b): A vándorkagyló (*Dreissensia polymorpha* Pall.) és a szövőbolharák (*Corophium curvispinum* G. O. Sars forma *devium* Wundsch) megjelenése és rohamos térfoglalása a Balatonban. – A Magyar Biológiai Kutatóintézet Munkái 7: 190-204.
- Sebestyén O. 1935. A *Dreissena polymorpha* elszaporodása a Balatonban. (*Dreissena polymorpha* Pall. in Lake Balaton) Állattani Közlemények 32: 123-126.
- Sebestyén O. (1937): A Balaton régi lakóinak küzdelme a vándorkagylóval. – Állattani Közlemények 34: 157-164.
- Sebestyén O. (1938): Colonization of two new fauna-elements of Pontus-origin (*Dreissensia polymorpha* Pall. and *Corophium curvispinum* G. O. Sars forma *devium* Wundsch) in

- Lake Balaton. – Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 8: 169-181.
- Sebestyén O., Entz B. and Felföldy L. 1951. A study on biological phenomena occurring at low water on the shore of Lake Balaton in 1949. - Annales Instituti Biologici (Tihany). Hungaricae Academiae Scientiarum 20: 127-160.
- Shevtsova L. V., Zhdanova G. A., Movchan V.A. and Primak A. B. (1986): Experimental interrelationship between *Dreissena* and planctonic invertebrates. – Hydrobiological Journal 22: 36-39.
- Sigler W. V., Zeyer J. (2002): Microbial diversity and activity along the forefields of two receding glaciers. – Microbial Ecology 43: 397-407.
- Silverman H., Lynn J. W., Achberger E. C. and Dietz T. H. (1996) Gill structure in zebra mussels: Bacterial-sized particle filtration. – American Zoologist 36: 373-384.
- Skubinna J. P., Coon T. G. and Batterson T. R. (1995): Increased abundance and depth of submersed macrophytes in response to decreased turbidity in Saginaw Bay, Lake Huron. – Journal of Great Lakes Research 21: 476-488.
- Specziár A., Tölg L. and Bíró P. (1997): Feeding strategy and growth of cyprinds in the littoral zone of Lake Balaton. – Journal of Fish Biology 51: 1109-1124.
- Werner S., Mörtl M., Bauer H., Rothhaupt K.-O. (2005): Strong impact of wintering waterbirds on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) populations at Lake Constance, Germany. – Freshwater Biology 50: 1412-1426.

5. A doktori tanulmányok során elfogadott, megjelent közlemények

1. Balogh Cs., Muskó I. B., G.-Tóth L. and Nagy L. (elfogadott dolgozat): The effect of water level fluctuation on zebra mussels in Lake Balaton (Hungary). – *Hydrobiologia*, **IF: 1,049**.
2. Muskó I. B., Bence M. and Balogh Cs. (2008) Occurrence of a new Ponto-Caspian species, *Cordylophora caspia* (Pallas, 1771) (Hydrozoa: Clavidae) in Lake Balaton (Hungary). *Acta Zool. Acad. Sci. Hung.*, 54(2):169-179. **IF: 0,511**.
3. Lohner R. N., Sigler W. V., Mayer C. M. and Balogh Cs. (2007): A comparison of the benthic microbial community within and surrounding *Dreissena* clusters in lakes – *Microbial Ecology*, 54: 469-477. **IF: 2,332**
4. Muskó I. B., Balogh Cs., Tóth Á. P., Varga É. and Lakatos Gy. (2007): Differential response of invasive malacostracan species to lake level fluctuations. – *Hydrobiologia*. 590: 65-74. **IF: 1,049**.
5. Balogh Cs., Muskó I. B., Zámbóné Doma Zs. és Padisák J. (2007): A vándorkagyló mennyiségének alakulása (2005) valamint a szén- és a nitrogén anyagforgalomban betöltött szerepe. – *Hidrológiai Közlöny* 87: 11-13.
6. Muskó I. B. és Balogh Cs. (2007) A Balaton bevonatlakó gerinctelen állatvilága vizsgálata a 2006. évben. *In: A Balaton kutatásának 2006. évi eredményei.* (Eds.: Mahunka Sándor és Banczerowski Januszné) MTA Budapest. 66-75.
7. Muskó I. B., Balogh Cs. és G.-Tóth L. (2007): A halak rendelkezésére álló gerinctelen táplálékbázis a Balaton parti övében. – *Hidrológiai Közlöny* 87: 5-7.
8. Muskó I. B., Balogh Cs. és Kiszely P. (2006): A Balaton bevonatlakó gerinctelen állatvilága és a tízlábú rákok kutatása. *In: A Balaton kutatásának 2005. évi eredményei.* (Eds.: Mahunka Sándor és Banczerowski Januszné) MTA Budapest. 57-65.
9. Balogh Cs. és Muskó I. B. (2006): A vándorkagyló filtrációja és környezetre gyakorolt hatása – *Hidrológiai Közlöny* 86: 10-12.
10. Muskó I. B., Balogh Cs., Tóth Á. P., Varga É. és Lakatos Gy. (2006): A Balaton köves partján élő felsőrendű rákok (Malacostraca) mennyiségi változása a vízszintingadozás hatására (2003-2004) – *Hidrológiai Közlöny* 86: 7-9.
11. Muskó I. B., Balogh Cs., Varga É. és Tóth Á. P. (2005): Gerinctelen állatok szezonális dinamikája a Balaton köves parti zónájában, különös tekintettel néhány pontokáspi inváziós fajra. – *Hidrológiai Közlöny*, 85: 7-9.
12. G.-Tóth L., Muskó I. B., Balogh Cs., Németh P., Homonnay Z. és Kiszely P. (2005): A nyíltvíz és a parti öv gerinctelen állatvilágának kutatása. – *A Balaton kutatásának 2004. évi eredményei.* (Eds.: Mahunka Sándor és Banczerowski Januszné) MTA Budapest, p. 75-83.
13. G.-Tóth L., Muskó I. B., Balogh Cs., Németh P., Homonnay Z. és Kiszely P. (2004): A nyíltvíz és a parti öv gerinctelen állatvilágának kutatása. – *A Balaton kutatásának 2003. évi eredményei.* (Eds.: Mahunka Sándor és Banczerowski Januszné) MTA Budapest 2004, p. 73-81.
14. Balogh Cs. és Muskó I. B. (2004): A vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) populációdinamikája balatoni hínárosban. – *Hidrol Közlöny* 84: 14-16.
15. Muskó I. B., Balogh Cs., Bakó B., Leitold H. és Tóth Á. (2004): Gerinctelen állatok szezonális dinamikája balatoni hínárosban, különös tekintettel néhány pontokáspi inváziós fajra. – *Hidrológiai Közlöny* 84: 12-13.
16. Balogh Cs., Mayer C. M. és Von Siegler W. V. (2005): A vándorkagyló bakteriális közösségre gyakorolt hatása néhány Észak-Amerikai tóban. – *Hidrológiai Közlöny* 85: 12-15.
17. Muskó I. B., Balogh Cs., Görög Sz. és Bence M. (2003): A vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) megtelepedési stratégiája Balatonba helyezett természetes aljzatokon. – *Hidrológiai Közlöny* 83: 17-19.

5.1. Egyéb kiadványfűzetben megjelent, elektronikusan is hozzáférhető közlemény

18. Balogh Cs., Christine M. Mayer és W. Von Siegler (2005): A vándorkagyló hatása a bakteriumközösségre. – Tavaszi Szél Konferencia kiadványfűzet, 2005, p 436.
19. Balogh Cs. and Muskó I. B. (2006): The population dynamics of zebra mussels on different substrata in Lake Balaton (Hungary). – The Malacologist 46: 10. , abstract

5.2. Benyújtott közlemények

20. Muskó I. B., Balogh Cs., Tóth Á. P., Varga É. and Lakatos Gy. (benyújtott dolgozat): Reaction of the littoral macroinvertebrates to the water level fluctuation of Lake Balaton (Hungary). – Hydrobiologia, IF: 1,049.
21. Muskó I. B., Balogh Cs., Bakó B., Leitold H. and Tóth Á. P. (benyújtott dolgozat): Ponto-Csapien invasive species are dominant invertebrates on submerged macrophytes in Lake Balaton, Hungary. – Hydrobiologia, IF: 1,049.
22. Balogh Cs., Muskó I. B. és G.-Tóth L. (benyújtott dolgozat): A vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) szerepe a Balatonban mennyiségének és filtrációjának tükrében. – Hidrológiai Közlöny
23. Muskó I. B., Balogh Cs., Tóth Á. P., Varga É. and Lakatos Gy. (benyújtott dolgozat): Reaction of the littoral macroinvertebrates to the water level fluctuation of Lake Balaton (Hungary). – Hydrobiologia, IF: 1,049.
24. Muskó I. B., Balogh Cs., Bakó B., Leitold H. and Tóth Á. P. (benyújtott dolgozat): Ponto-Csapien invasive species are dominant invertebrates on submerged macrophytes in Lake Balaton, Hungary. – Hydrobiologia, IF: 1,049.

6. A PhD értekezés témájában megtartott előadások listája

1. Balogh Cs., B. Muskó I., Görög Sz. és Bence M. (2002): A vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) megtelepedési stratégiája Balatonba helyezett természetes alzatokon. – XLIV. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2002. okt. 2-4. Abstract p. 12-13. Poszter.
2. Balogh Cs., B. Muskó I., G.-Tóth L. és Görög Sz. (2003): Természetes alzatokon megtelepedett vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) ökológiai jelentősége a Balatonban, közel 70 évvel az invázió után. – 6. Magyar Ökológus Kongresszus, Gödöllő, 2003. aug. 27-29. Előadás
3. Balogh Cs. és B. Muskó I. (2003): A vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) populációdinamikája balatoni hínárosban. – XLV. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2003. okt. 1-3. Abstract p. 12-13. Poszter.
4. B. Muskó I., Balogh Cs., Bakó B., Leitold H. és Tóth Á. (2003): Gerinctelen állatok szezonális dinamikája balatoni hínárosban, különös tekintettel néhány pontokáspi inváziós fajra. – XLV. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2003. okt. 1-3. Abstract p. 13-14. Előadás.
5. Balogh Cs., B. Muskó I. and Görög Sz. (2004): Settling of *Dreissena polymorpha* on natural substrata implanted into Lake Balaton. – International Congress of Limnology (SIL) XXIX, Lahti (Finnország), 8-14 August 2004. Előadás.
6. B. Muskó, I., Balogh Cs., Bakó B., Leitold H. and Tóth Á. (2004): Ponto-Caspian invasive species ebrates on submerged macrophytes in Lake Balaton, Hungary. – International Congress of Limnology (SIL) XXIX Congress, Lahti (Finnország), 8-14 August 2004. Előadás.
7. Balogh Cs., Christine M. Mayer és W. Von Siegler (2004): A vándorkagyló bakteriális közösségre gyakorolt hatása néhány Észak-Amerikai tóban. – XLIV. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2004. okt. 6-8. Abstract p. 10. Előadás.
8. B. Muskó I., Balogh Cs., Varga É. és Tóth Á. P. (2004): Gerinctelen állatok szezonális dinamikája a Balaton köves parti zónájában, különös tekintettel néhány pontokáspi inváziós fajra. – XLIV. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2004. okt. 6-8. Abstract p. 13. Előadás.
9. Balogh Cs. és Muskó, I. B. (2005): A vándorkagyló mennyiségi viszonyai a Balaton litorális zónájában a 2003-as aszályos és a 2004 regenerálódási periódusban. – II. Makroszkópikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Pécs, április 14-15. Abstract p. 11. Előadás.
10. Muskó, I. B. és Balogh Cs. (2005): Gerinctelen állatok szezonális változása a Balaton köves parti zónájában a 2003-as aszályos és a 2004 regenerálódási periódusban. – II. Makroszkópikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Pécs, április 14-15. Abstract p. 10. Előadás.
11. Balogh Cs., Christine M. Mayer és W. Von Siegler (2005): A vándorkagyló hatása a bakteriumközösségre. – Tavaszi Szél Konferencia, Debrecen, 2005. máj. 5-8. p. 6. Poszter.
12. Balogh Cs. and B. Muskó I. (2005): Zebra mussels in the stony littoral zone of Lake Balaton (Hungary) in the droughty 2003 year and the recovery period of 2004. – V International Symposium on Shallow Lakes, Dalfsen (Hollandia), 2005. jún. 5-9. Előadás.
13. Lohner R. N., Balogh Cs., Sigler V. and Mayer C. M. (2005): Effects of *Dreissena* clusters on the benthic microbial community of lakes, – 48th International Association for Great Lakes Research (IAGLR), Ann Arbor, Michigan, (USA), 2005. máj. 23-27. Előadás.
14. B. Muskó I., Balogh Cs., Tóth Á. P., Varga É. and Lakatos Gy. (2005): Seasonal changes of Malacostraca in the stony littoral zone of Lake Balaton (Hungary) in a

- droughty and the next regeneration period – XII. International Colloquium on Amphipoda Glasgow (Anglia), 2005 júl. 18-22., 197. Előadás.
15. Balogh Cs. and B. Muskó I. (2005): Quantitative trend of zebra mussel in Lake Balaton in 2001 and 2002. – Symposium for European Freshwater Sciences (SEFS) 4, Krakko (Lengyelország), 2005 aug. 22-26. Előadás.
 16. B. Muskó I. and Balogh Cs. (2005) Drought and regeneration in Lake Balaton (Hungary): Seasonal changes of invertebrates in the stony littoral zone. – Symposium for European Freshwater Sciences (SEFS) 4, Krakko (Lengyelország), 2005 aug. 22-26. Előadás.
 17. Balogh Cs. és B. Muskó I. (2005): A vándorkagyló filtrációja és alga kibocsátása laboratóriumban XLV. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2004. okt. 5-7. Abstract p. 2. – Előadás.
 18. B. Muskó I., Balogh Cs., Tóth Á. P., Varga É. és Lakatos Gy. (2005): A Balaton köves partján élő felsőrendű rákok mennyiségi változása az aszályos 2003. évben és az azt követő regenerálódási periódusban – XLV. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2004. okt. 5-7. Abstract p. 5. Poszter.
 19. Balogh Cs. and B. Muskó I. (2005): The population dynamics of zebra mussels on different substrata in Lake Balaton. Molluszka Forum, a „Malacological Society of London” szervezésével, Természettörténeti Múzeum, London (Anglia), 2005 nov. 3., Poszter.
 20. Balogh Cs., B. Muskó I., G-Tóth L. and Bakó B. (2005): Effect of water level fluctuation on zebra mussels in Lake Balaton (Hungary) in a period of 2000-2004. International Workshop: "Water level fluctuations in lacustrine systems – ecological impacts and prospects of future climate change", Konstanz (Németország), 11-13 dec. 2005. Előadás.
 21. B. Muskó I., Balogh Cs., Bakó B., Leitold H., Tóth P. Á., Varga É. and Lakatos Gy. (2005): Reaction of macroinvertebrates upon the water level fluctuation in the littoral zone of Lake Balaton (Hungary) in a period of 2000-2004. International Workshop: "Water level fluctuations in lacustrine systems – ecological impacts and prospects of future climate change", Konstanz (Németország), 11-13 dec. 2005. Előadás.
 22. Balogh Cs. és B. Muskó I., G-Tóth L. és Bakó B. (2006): A vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) mennyiségének alakulása a Balaton vízszintingadozásával összefüggésben (2000-2004). – III. Makroszkópikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Budapest, április 13-14. Abstract p. 12. Előadás.
 23. B. Muskó I., Balogh Cs., Bakó B., Leitold H., Tóth Á. P., Varga É. és Lakatos Gy. (2006): A parti öv gerinctelen állatainak reakciója a Balaton vízszint változásaira – III. Makroszkópikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Budapest, április 13-14. Abstract p. 12. Előadás.
 24. B. Muskó I. and Balogh Cs. (2006): Dominance of the invasive invertebrates in the littoral zone of Lake Balaton (Hungary). – 14th International Conference on Aquatic Invasive Species, May 14-19, Key Biscayne, Florida, USA. Abstract p. 135.
 25. Balogh Cs. and B. Muskó I. (2006): Filtration of zebra mussels and their effect on the environment in Lake Balaton (Hungary) – European Large Lakes Symposium 2006 - Ecosystem changes and their ecological and socioeconomic impacts, Tartu (Észtország), szept. 11-15. abstract p. 86. Poszter.
 26. B. Muskó I., Balogh Cs., Bakó B., Leitold H., Tóth Á. P., Varga É. and Lakatos Gy. (2006): The reaction of Ponto-Caspic invaders to the dry period and the next regeneration in Lake Balaton (Hungary), Tartu (Észtország), szept. 11-15. Abstract p. 35. Előadás.
 27. Balogh Cs., B. Muskó I., Padisák J. és Zámbóné Doma Zs.: A vándorkagyló mennyiségének alakulása (2005) valamint a szén- és a nitrogén anyagforgalomban

- betöltött szerepe, XLVIII. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2006. okt. 4-6. Abstract p. 8. – Poszter.
28. B. Muskó I., Balogh Cs. és G.Tóth L.: A halak rendelkezésére álló gerinctelen táplálékbázis a Balaton parti övében, XLVIII. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2006. okt. 4-6. Abstract p. 25. – Poszter.
 29. B. Muskó I., Wattier, R., Rigaud, T., Balogh Cs. és Tóth Á. P. (2007): A Balaton köves partján élő pontokáspi inváziós *Dikerogammarus* (Crustacea: Amphipoda) fajok térbeli megoszlása, valamint morfológiai és genetikai elemzése. – IV. Makroszkópikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Tihany, április 12. Abstract p. 8. Poszter.
 30. Balogh Cs., B. Muskó I., G.-Tóth L. és Nagy L. (2007): A vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) mennyiségének alakulása (2005) a Balatonban a vízszint emelkedését követően – IV. Makroszkópikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Tihany, április 12. Abstract p. 8-9. Előadás.
 31. Muskó I. B., Wattier R., Rigaud T., Balogh Cs. and Tóth Á. P. (2007): Spatial distribution, morphometric and genetic analysis of the invasive *Dikerogammarus* (Crustacea: Amphipoda) species of Lake Balaton – XIII. International Colloquia on Amphipoda, Tihany, május 20-25. Abstract p. 30. Poszter.
 32. Balogh Cs., Muskó I. B. (2007): The effect of water level changes on the quantitative trend and distribution of the amphipod *Chelicorophium curvispinum* and the zebra mussel – XIII. International Colloquia on Amphipoda, Tihany, május 20-25. Abstract p. 15. Poszter.
 33. Balogh Cs., Muskó I. B., G.-Tóth L. and Baranyai E. (2007): Zebra mussel in Lake Balaton, Konstanz (Németország), június 27., Meghívásos előadás.
 34. Balogh Cs, Muskó I. B. and G.-Tóth L. (2007): The quantitative trend, distribution and filtration of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in lake Balaton (Hungary) – 30th Congress of the International Association of the Theoretical and Applied Limnology, Montreal (Kanada), augusztus 12-19. Abstract p. kieg. füzet. Előadás
 35. B. Muskó I., Balogh Cs. (2007): Balatoni nádasok gerinctelen állatai 2006-ban – XLIX. Hidrobiológus Napok, Tihany, október 3-5. Abstract p. 34. Poszter.
 36. Balogh Cs., B. Muskó I., G.-Tóth L. (2007): A vándorkagyló szerepe a Balatonban, mennyiségének és filtrációjának tükrében –XLIX. Hidrobiológus Napok, Tihany, október 3-5. Abstract p. 9. Előadás.
 37. Balogh Cs. és B. Muskó I. (2008): Két pontokáspi inváziós faj kompetíciója a Balatonban. – V. Makroszkópikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Tihany, április 12. Abstract p. 11-12. Előadás.