

Szent István Egyetem
Állatorvos-tudományi Doktori Iskola

**A malakofauna tér- és időbeli mintázata a magyarországi
Duna-szakasz egy vízrendszerében**

PhD értekezés tézisei

Bódis Erika

2012

Témavezető és témabizottsági tagok:

.....
Dr. habil Hornung Erzsébet
Szent István Egyetem
Állatorvos-tudományi Kar, Ökológiai Tanszék
témavezető

Dr. Nosek János
témavezető

Dr. Majoros Gábor
témabizottság tagja

Dr. Sólymos Péter
témabizottság tagja

Készült 8 példányban Ez a Sz. példány.

Bódis Erika

Bevezetés és célkitűzés

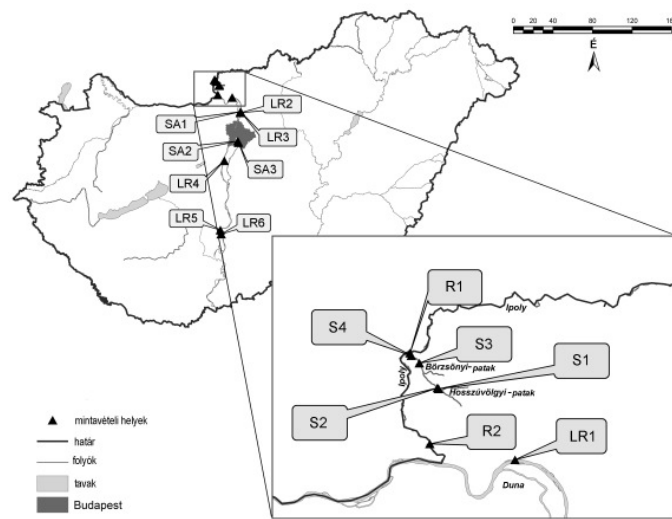
A Föld növekvő népessége egyre jobban igénybe veszi a természeti erőforrásokat, az élőhelyek soha nem látott mértékű pusztulását és a természeti rendszerek nagymértékű változását előidézve (MEA 2005). Általánosságban globális homogenizáció figyelhető meg a közösségek összetételében az endemikus és őshonos fajok eltűnésének, és a generalista és inváziós fajok előretörésének köszönhetően (McKinney és Lockwood 1999, Mace et al. 2005). A globális édesvízi biodiverzitás nagyobb ütemben változik, mint a hatásoknak leginkább kitett szárazföldi ökoszisztémák, az édesvízi élőhelyek és fajok átlagosan jóval veszélyeztetettebb helyzetűek, mint a szárazföldiek (McAllister et al. 1997). Az édesvízi fajok kihalási rátáját ötször nagyobb mértékűre becsülik, mint bármely más fajcsoportét (Ricciardi és Rasumussen 1999). Ez az arány a valóságban feltételezhetően jóval nagyobb, mint amit a becslések mutatnak, mert a legtöbb fajról csak részleges adataink vannak, az édesvízi közösségekről és a teljes ökoszisztémáról pedig még ennél is kevesebb információ áll rendelkezésünkre. A vizek malakofaunáját alkotó aktív szűrő táplálkozású kagylók és a detrituszevő, valamint legelésző táplálkozást folytató vízi csigák fontos szerepet töltenek be a vizek anyag- és energiaforgalmában (Vaughn és Hakenkamp 2001). A szűrő táplálkozású kagylóknak nagy jelentőségük van a primer produkció és a detrituszlánc összekapcsolásában, valamint a lebegő és az üledékben található szerves anyagok átszűrésében, amiket táplálékként feldolgozva hozzájárulnak a vizek öntisztulási folyamataihoz (Strayer et al. 2004). A legelésző csigáknak pedig a bevonatképző algaközösségek mennyiségének és összetételének szabályozásában van lényeges szerepe (Swamikannu és Hoagland 2011). Mindkét bentikus élőlénycsoport a vízi táplálékhálózatok fontos láncszemét képezi a halak, a vízimadarak és a vízirovarok táplálékának alkotóelemeiként. Annak ellenére, hogy ez a bentikus csoport központi szerepet tölt be a vízi ökoszisztémákban, a térbeli és időbeli mintázataik, abundancia viszonyaik és élőhely igényeik kutatása folyóvízi rendszerekben, különösen nagy folyókban, hiányos. Főként az egészen kistermetű, de nagy mennyiségben előforduló kagylók (Sphaeriidae kagylócsalád) szerepéről tudunk keveset, mivel apró méretük és egyszerű alkotású héjuk következtében határozásuk bonyolult, és így kevesen foglalkoztak velük. A malakofauna kutatása időszerű és kiemelten jelentős a konzervációbiológia és az inváziós fajok biológiája szempontjából is. Az édesvízi kagylók és egyes csigafajok igen érzékenyen reagálnak az antropogén zavarásokra (szennyezés, élőhely degradáció, idegenhonos fajok behurcolása), minek következtében az elmúlt évtizedekben faji sokféleségük, biodiverzitásuk rohamosan csökkent és jelenleg az édesvízi kagylókat az állatvilág egyik legveszélyeztetettebb csoportjaként tartják számon. A szennyezésre különösen érzékeny nagytestű kagylófajok populációinak száma folyamatosan csökken mind globális mind regionális skálán nézve

(Bogan 1993, Lydeard et al. 2004). Mivel a kagylók és a vízi csigafajok az anyag- és energiaforgalomban, valamint a kedvező vízminőség megteremtésében alapvető szerepet játszanak, pusztulásuk az egészséges vízi ökoszisztéma fennmaradását veszélyeztetheti. Az inváziós fajok vizsgálatának aktualitást ad a közelmúltban egységesített európai víziút hálózat. A Rajna-Majna-Duna vízrendszerben mindkét irányból terjedő fajok (a pontokaspikus területekről a *Dreissena polymorpha* és a nemrég megjelent *Dreissena rostriformis bugensis*, a Rajna vízrendszere felől a *Corbicula fluminea*) jelentős hatással lehetnek az őshonos faunaelemekre, és az egész vízi ökoszisztéma anyagforgalmi folyamataira. A *C. fluminea* a magyar Duna-szakaszon 1999-ben jelent meg először (Csányi 1998-99), és az elmúlt évtizedben a Duna főága mellett a mellékágakat is meghódította, egyes élőhelyeken a bentikus élőlényközösség domináns tagjává vált. A *C. fluminea* kagylófajt az egyik legjelentősebb vízi inváziós fajként tartják számon, amely a vízi ökoszisztéma számos elemét befolyásolja, az őshonos fajoktól kezdve a különböző ökoszisztéma funkciókig. A *Corbicula* kagylónem taxonómiai és filogenetikai szempontból is érdekes problémákat vet fel. Az Európában található morfortípusok besorolása még megoldatlan. A jelen dolgozatban a malakofauna térbeli és időbeli mintázatát, diverzitását és denzitását vizsgáltuk egy másodrendű patak-folyam kontinuum mentén 2007 és 2008 során, szezonális minták alapján. Vizsgáltuk továbbá az inváziós *C. fluminea* kagylófajnak, mint a malakofauna lényeges új elemének biomassza dinamikáját, populációs struktúráját és a kagylónem taxonómiai és filogenetikai problémáira is megoldást próbáltunk találni. A vizsgálatok során a következő kérdésekre kerestük a választ:

1. Hogyan változik a malakofauna diverzitása és denzitása térben és időben a vizsgált vízrendszerben?
 - a) Hogyan változik a malakofauna térbeli mintázata egy másodrendű patak-folyam kontinuum mentén?
 - b) Hogyan változik a malakofauna időbeli mintázata szezonálisan és az évek során?
2. Mely környezeti változók befolyásolhatják leginkább a malakoközösségek diverzitását, denzitását, valamint térbeli és időbeli mintázatát?
3. Milyen természetes és antropogén eredetű stressz hatások befolyásolhatják leginkább a malakofauna közösségszerkezetét?
4. A védett és inváziós fajok milyen előfordulási gyakorisággal és abundanciával jelennek meg a vizsgált területen?
5. Hogyan jellemezhető a *Corbicula fluminea* inváziós kagylófaj biomassza dinamikája és populációs struktúrája, valamint mely környezeti tényezők befolyásolják ezek alakulását?
6. A *Corbicula* kagylónem képviselői a hazai Duna-szakaszon két fajhoz vagy két morfortípushoz tartoznak?

Anyag és módszer

A malakofauna vizsgálatát egy másod- és harmadrendű patak-folyó-folyam kontinuum mentén végeztük a magyarországi Duna-szakasz vízrendszerében (1. ábra). A malakofauna vizsgálatához a mederanyagból 2007-ben négy alkalommal (április, június, augusztus és október) és 2008-ban három alkalommal (május, július, október) vettünk mennyiségi mintákat. Minden egyes mintavételi helyen 4 párhuzamos mintát vettünk 0.5 m²-es területről véletlenszerűen, 25 cm-es élhosszúságú és 500 µm lyukbőségű vízháló alkalmazásával a hossz-szelvény mentén, 10-15 m-es körzetben.



1. ábra: A 15 mintavételi hely elrendezése (Hosszúvölgyi-patak: S1, S2; Börzsönyi-patak: S3, S4; Ipoly: R1, R2; Duna főága: LR1, LR2, LR3, LR4, LR5, LR6; Duna mellékágai: SA1, SA2, SA3).

A standard fizikai-kémiai paramétereket a helyszínen mértük (hőmérséklet, vízáramlás, vezetőképesség, zavarosság, redox-potenciál, oldott oxigén és pH). Az oldott oxigén mérése laborban a Winkler módszer segítségével történt (Felföldy 1987). A klorofill-a tartalom koncentrációjának meghatározásához metanolos extrakciós módszert használtunk (Goodwin 1976), a kivonat abszorbanciáját 653, 666 és 747 nm-en mértük. A mederanyag frakcióinak, valamint szervesanyag-tartalmának meghatározásához 4 cm-es átmérőjű csőmintavevővel, a mederanyag 5 cm-es felső rétegéből vettünk mintát, majd a 63 cm³-es térfogatú mintát négy frakcióra választottuk szét szitasorozat alkalmazásával: durva (C: 2360-710 µm), finom (F: 710-250 µm), nagyon finom (V: 250-63 µm) és ultra finom (U: < 63 µm). A mederanyag teljes szervesanyag-tartalmát (TBOM) és a négy frakció szervesanyag-tartalmát (CBOM, FBOM, VBOM, UBOM) külön-külön határoztuk meg az izzítási veszteség módszerével (550 °C, 4 óra) (Heiri et al. 2001). A mederanyag textúrájának felméréséhez az előforduló aljzattípusokat (kő, kavics, homok, iszap, detritusz és vegetáció: partmenti vegetáció, makrofiták, gyökérzet) minden mintavételi helyen feljegyeztük.

A *Corbicula* kagylónem populációs struktúrájának elemzéséhez a lehetséges legtöbb egyed megpróbáltuk összegyűjteni 15 perces időtartam alatt, 2006 és 2007 októbere

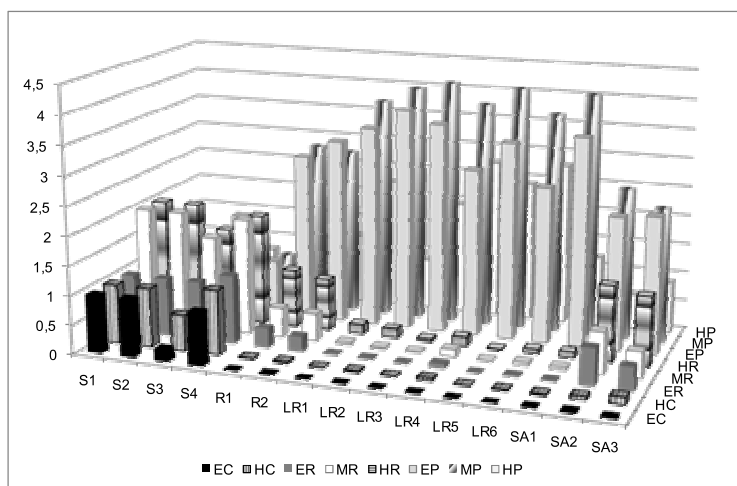
között 8 alkalommal. A *Corbicula* mintákat Paksnál (LR6) gyűjtöttük, ahol mindkét morfortípus előfordult. A *Corbicula* kagylónem gyűjtött 728 egyedén morfometriai vizsgálatokat végeztünk. A testmagasság/testhosszúság és testszélesség/testhosszúság arányok megállapításához az egyedeket 3 méretkategóriába csoportosítottuk, hogy az allometrikus növekedés okozta különbségeket kiküszöböljük (1. 6 mm-nél kisebb juvenilis egyedek; 2. 6-20 mm közötti adult egyedek; 3. 20 mm-nél nagyobb adult egyedek). A gravid egyedek százalékos előfordulásának és a szaporodási periódusnak a meghatározásához időpontként mindkét morfortípusból random kiválasztottunk 10-10 adult egyedeket, és vizsgáltuk az embriók jelenlétét avagy hiányát a belső kopoltyúlemezekben. A *C. fluminea* biomasszájának kiszámításához 14 méretkategóriába sorolható 216 egyed adatait elemeztük. Az egyedeket 60 °C-on 48 órán át szárítottuk és testhosszúságuk (2 és 22 mm között) alapján különböző méretkategóriákba soroltuk. Egy méretkategória általában 10 egyedeket tartalmazott. A juvenilis (2-10 mm) és adult (11-22 mm) egyedekre külön modell készült, hogy az allometrikus növekedésből származó különbségeket kiküszöböljük.

Annak érdekében, hogy a *Corbicula* kagylónem Magyarországon előforduló két morfortípusának filogenetikai származását megállapítsuk, a gyűjtött egyedekben a mitokondriális citokróm c oxidáz I-es alegység (COI) génjét vizsgáltuk. Mivel ez a vizsgálat inkább egy elsődleges azonosítást szolgált, és nem egy populációgenetikai felmérést, így csak populációnként és morfortípusonként egy-egy egyed feldolgozására került sor [morfortípus-1: Göd (LR3, 1 egyed), Paks (LR6, 1 egyed); morfortípus-2: Paks (LR6, 1 egyed)]. A genomális DNS kinyerése, felszaporítása és szekvenálása Glaubrecht et al. (2003) által leírt módszerek alapján történt. A kapott szekvencia-adatokat összevetettük a GenBank adatbázisban korábban közzétett *Corbicula* szekvenciákkal. Az illesztést MEGA 3.1 (Kumar et al. 2004) szoftver segítségével végeztük. Összesen 94 haplotípust analizáltunk, melyek közül 63 a kagylónem natív elterjedési területéről származik. A filogenetikai mintázat leírásához median network készült a median-joining módszer segítségével (Bandelt et al., 1999) a NETWORK verzió 4.2.0.1 (Röhl, 1997) alkalmazásával. A mintavételi helyek környezeti jellemzéséhez főkomponens analízist (PCA) használtunk a PAST programcsomag (Hammer et al. 2001) alkalmazásával. Az egyes mintavételi helyekhez tartozó kagyló- és csiga-fajgyűttesek, valamint a teljes malakofauna denzitását, fajszámát, Shannon diverzitását, és Pielou-féle egyenletességét a PAST programcsomaggal értékeltük (Hammer et al. 2001). A kagyló és csiga-fajgyűttesek térbeli mintázatának vizsgálatához CLUSTER analízist készítettünk a PRIMER programcsomag (Clarke és Warwick 2001) segítségével. A CLUSTER analízis során a helyek közötti hasonlósági mátrix számításához Bray–Curtis koefficienszt használtunk, és az elemzéshez a csoportátlag osztályozó módszert választottuk. A denzitási adatokat negyedik gyökfüggvénnyel transzformáltuk. A kétutas keresztezett ANOSIM2 (ANalysis Of SIMilarity) tesztet használtuk

ahhoz, hogy a mintavételi helyek és időpontok szerinti különbségeket megtaláljuk. A SIMPER tesztet (SIMilarity PERcentages procedure) alkalmaztuk annak megállapításához, hogy a CLUSTER által képzett csoportokon belüli hasonlósághoz mely fajok, milyen százalékban járulnak hozzá. Többszörös lineáris regressziót alkalmaztunk a kagyló- és csiga-fajegyüttesek diverzitása és a környezeti paraméterek közötti összefüggések felderítésére. Poisson regresszió segítségével vizsgáltuk, hogy az inváziós fajok és a ritka fajok gyakoriság eloszlása között milyen kapcsolat figyelhető meg. Mindkét analízis az R programcsomag használatával történt (R Development Core Team 2007). A kagyló- és csigaállományok összetétele valamint a környezeti paraméterek kapcsolatának elemzéséhez kanonikus korrespondencia analízist (CCA) használtunk (CANOCO programcsomag 4.5-ös verzió) (Ter Braak és Smilauer 2002). A *Corbicula* nem morfológiai adatainak elemzéséhez kéttényezős ANOVA-t használtunk ugyancsak az R programcsomag segítségével. Amikor a kéttényezős ANOVA szignifikáns különbséget talált a középértékek között, Tukey tesztet alkalmaztunk a középértékek összehasonlításra. A *C. fluminea* biomasszájának számításához a szárazanyag-tartalom (SZT) és testhosszúság (H) közötti összefüggést nem-lineáris regressziós modellel határoztuk meg. A vizsgált függvények közül a determinációs együttható (r^2) alapján a Past programcsomag 1.36-os verziójának segítségével (Hammer et al. 2001) a hatványfüggvény ($SZT = a * H^b$) bizonyult a legjobbnak, ahol SZT a teljes szárazanyag-tartalom (g) és H a teljes testhosszúság (mm), a és b pedig konstans paraméterek. ANOVA-t alkalmaztunk annak érdekében, hogy a *C. fluminea* biomasszájában, denzitásában és átlagos testhosszúságában a helyek, víztípusok, hónapok és évek közötti különbségeket kimutassuk. Többszörös lineáris regressziót alkalmaztunk a *C. fluminea* biomasszája és a környezeti paraméterek közötti összefüggések felderítésére. A variancia homogenizálása érdekében a biomassza értékeket logaritmikusan transzformáltuk. A mintavételi helyek szakaszjelleg elemzése Mouthon (1999) munkája alapján, valamint a Fauna Aquatica Austriaca (Moog 2002) fajokra kidolgozott szakaszjelleg-indikációs értékei szerint történt.

Eredmények

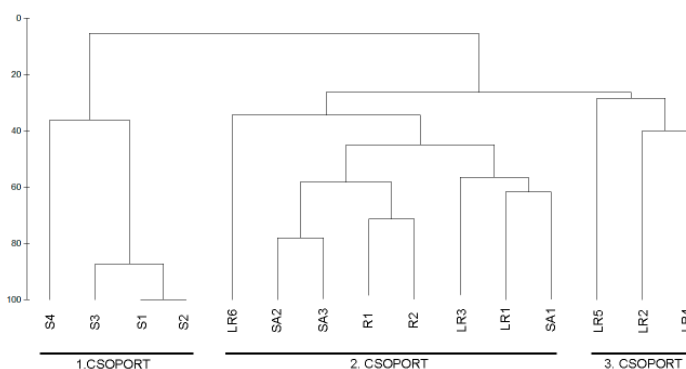
Egyes kagyló- és csigafajok az áramló vizek bizonyos szakaszaihoz kötődnek környezeti igényüknek megfelelően. A szakaszjelleg-indikáció elve szerint a kagyló- és csigafajok által preferált szakaszjelleg és a vizsgált mintavételi hely fajkészletének ismeretében megállapítható, hogy a vizsgált mintavételi hely milyen szakaszjellegbe sorolható (2. ábra).



2. ábra: A mintavételi helyek szakaszjelleg értékei a Moog-féle kategorizálás alapján. Jelmagyarázat: EC – eucrenon, HC – hypocrenon, ER – epirhitron, MR – metarhitron, HR – hyporhitron, EP – epipotamon, MP – metapotamon, HP – hypopotamon.

A 2007-es és 2008-as év során a mintavételek időszakában a vízállás és a vízhozam eltérően alakult, és ennek hatása az adott területen élő kagyló- és csigaállományok szerkezetében kimutatható. A kagyló- és csigafauna adatsorának elemzése (ANOSIM2) során kiderült, hogy mind a helyek, mind a két év faunájának összetétele között szignifikáns a különbség. A kagylófauna esetében azonban szezonális különbségek nem mutathatóak ki, míg a csigafauna 2007-es adatsora szezonális eltéréseket is mutatott.

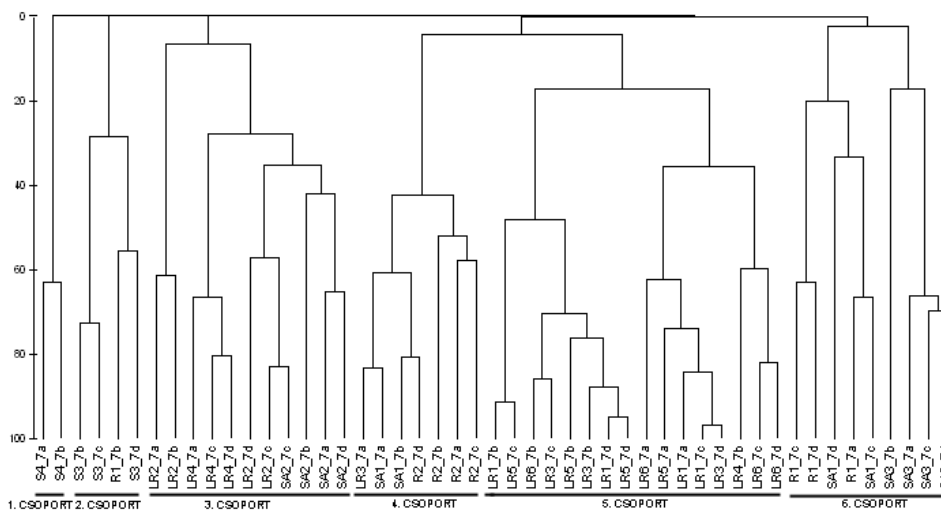
A vizsgált vízrendszerben a kagylófauna alapján a mintavételi helyek három csoportját különíthetjük el (3. ábra). Az első csoportba sorolt helyek (S1, S2, S3 és S4) a patakokhoz tartoznak, melyek alacsonyabb vízhőmérséklettel, pH-val, valamint magasabb teljes szervesanyag-tartalommal, és durva mederanyag frakcióval jellemezhetőek. A denzitás és a fajgazdagság ezeken a helyeken nagyon alacsony volt (átlagos denzitás, Shannon diverzitás és Pielou-féle egyenletesség: 5.1 egyed m^{-2} , 0.004 és 0.006), és csak 2 faj volt jelen. A csoportban a *Pisidium casertanum* volt a jellemző faj. A *P. personatum* csak a Börzsönyi-patak második mintavételi helyén (S4) került elő, közel a Börzsönyi-patak ipolyi torkolatához.



3. ábra: A mintavételi helyek hierarchikus osztályozása a kagylófauna alapján (Bray–Curtis koefficiens, csoportátlag osztályozó algoritmus).

A második csoportba sorolt helyek (LR6, SA2, SA3, R1, R2, LR3, LR1 és SA1) az Ipolyhoz, a Duna mellékágaihoz és az iszapos, homokos aljzatstruktúrával rendelkező főági élőhelyekhez tartoznak. Ebben a csoportban volt a legmagasabb a denzitás és a diverzitás (átlagos denzitás, Shannon diverzitás és Pielou-féle egyenletesség: 109.6 egyed m⁻², 1.425 és 0.674). Összesen 14 faj fordult elő ezeken a helyeken és a domináns fajok a következők voltak: *P. subtruncatum*, *P. henslowanum*, *P. supinum*, *Corbicula fluminea*, *P. amnicum*, *Sphaerium solidum*, *S. corneum*, és a *P. moitessierianum* szintén megfelelő életkörülményeket talált az említett élőhelyeken. A „*C. fluminalis*” (morfortípus-2, Bódis et al. 2011) csak az LR6-os mintavételi helyen jelent meg (Paks), az *Anodonta woodiana* pedig csak az LR6-os mintavételi helyen (Paks), valamint a Ráckevei-(Soroksári)-Duna-ágban fordult elő. A csoporton belül három alcsoportot lehetett megkülönböztetni: az LR6-os mintavételi helyet, ahol különösen magas volt a víz hőmérséklet a Paksi Atomerőmű hűtővizének hatása miatt; az Ipoly és Ráckevei-(Soroksári)-Duna-ág mintavételi helyeit, melyek hasonló vízhozammal rendelkeznek; és a Duna főágának iszapos, homokos aljzatstruktúrával rendelkező élőhelyeit. A harmadik csoportba sorolt helyek (LR5, LR2 és LR4) azokhoz a Duna főágában található élőhelyekhez tartoznak, melyeket kavicsos, köves aljzattípus és erős vízáramlás jellemez. A denzitás és a fajgazdagság magasabb volt, mint az első csoportban, de alacsonyabb, mint a másodikban (átlagos denzitás, Shannon diverzitás és Pielou-féle egyenletesség: 16.5 egyed m⁻², 0.651 és 0.443), és összesen 8 faj került elő. A csoportban a *C. fluminea* és a *S. rivicola* volt a domináns faj.

A vizsgált vízrendszerben a csigafauna alapján a mintavételi helyek hat csoportját különítettük el (4. ábra). Az első csoportba sorolt hely (S4) a Börzsönyi-patak második mintavételi helyéhez tartozik, mely alacsonyabb víz hőmérséklettel, pH-val, valamint magasabb teljes szervesanyag-tartalommal, és durva mederanyag frakcióval jellemezhető. A denzitás és a fajgazdagság nagyon alacsony volt ezen a helyen (átlagos denzitás, Shannon diverzitás és Pielou-féle egyenletesség: 4.8 egyed m⁻², 0.5 és 0.4), és csak 3 faj volt jelen. A csoportban a jellegzetes faj a *Radix labiata* volt. A második csoportba sorolt helyek (S3, R1b) a Börzsönyi-patak első mintavételi helyéhez tartoznak, valamint az Ipoly első mintavételi helyének áprilisi csiga-fajegyűttese is ebbe a csoportba sorolható. A denzitás és a fajgazdagság (átlagos denzitás, Shannon diverzitás és Pielou-féle egyenletesség: 3.3 egyed m⁻², 0.7 és 0.8) nagyon alacsony volt ebben a csoportban is, és szintén csak 3 faj volt jelen. A csoportban a *Haitia acuta* és az *Ancylus fluviatilis* volt a domináns faj. A harmadik csoportba sorolt helyek (LR2, LR4acd, SA2) a Ráckevei-(Soroksári)-Duna-ághoz, és a Duna főágának kavicsos aljzatú helyeihez tartoznak. Ebben a csoportban már magasabb volt a denzitás és fajgazdagság (átlagos denzitás, Shannon diverzitás és Pielou-féle egyenletesség: 26.7 egyed m⁻², 1.0 és 0.6), és összesen 16 faj volt jelen. A csoportban a *Theodoxus fluviatilis* és *Lithoglyphus naticoides* volt a domináns faj.



4. ábra: A mintavételi helyek hierarchikus osztályozása a csigafauna alapján (Bray–Curtis koefficiens, csoportátlag osztályozó algoritmus). Jelölések: a-április, b-június, c-augusztus, d-október.

A negyedik csoportba sorolt helyek (R2, SA1ab, LR3a) az Ipoly második mintavételi helyéhez tartoznak, valamint a Gödi-mellékág áprilisi, és júniusi csiga-fajegyüttese, és a Duna főágának homokos aljzattal jellemezhető mintavételi helyén az áprilisi csigafaj-együttes is ide sorolható. Ebben a csoportban magas volt a denzitás (átlagos denzitás, Shannon diverzitás és Pielou-féle egyenletesség: 64.1 egyed m^{-2} , 0.8 és 0.5), és összesen 13 faj volt jelen. A csoportban a *L. naticoides* és a *Borysthenia naticina* volt a domináns faj. Az ötödik csoportba sorolt helyek (LR1, LR3bcd, LR4b, LR5, LR6) többségében iszapos, vagy homokos aljzatösszetétellel rendelkeznek, a denzitás különösen magas volt ebben a csoportban (átlagos denzitás, Shannon diverzitás és Pielou-féle egyenletesség: 583.2 egyed m^{-2} , 0.6 és 0.3), és összesen 19 faj volt jelen. A csoportban a *L. naticoides* és a *B. naticina* volt a domináns faj. A hatodik csoportba sorolt helyek (R1acd, SA1cd, SA3) főleg abban hasonlítanak, hogy a vizsgálati időben mindenhol jelen volt a vízínövényzet, ami a csigafajoknak kedvező életteret biztosított, így ebben a csoportban magasabb volt a fajgazdagság (átlagos denzitás, Shannon diverzitás és Pielou-féle egyenletesség: 45.2 egyed m^{-2} , 0.9 és 0.6), és összesen 17 faj volt jelen. A csoportban a *L. naticoides*, *Valvata piscinalis*, *Bithynia tentaculata*, *H. acuta*, és *Potamopyrgus antipodarum* volt a domináns faj. A kagyló-fajegyüttesek eloszlását legerősebben magyarázó környezeti tényezők közé az aljzat típusa, az áramlási sebesség, a mederanyag frakciók aránya, a mederanyag szervesanyag-tartalma, a turbiditás, a vezetőképesség, a hőmérséklet és a klorofill-a tartalom sorolható. A kagylófauna diverzitása nagyon alacsony volt a patakokban, a Börzsönyi-pataokban a kagylóközösség diverzitása szignifikánsan eltért a többi víztípustól. A finom és ultra finom mederanyag frakciókat tartalmazó aljzattípusok és a víztest vezetőképessége statisztikailag szignifikáns hatást gyakoroltak a kagylóközösség diverzitására. A csiga-fajegyüttesek eloszlását legerősebben magyarázó környezeti tényezők közé az aljzat típusa, a mederanyag frakciók aránya, a mederanyag szervesanyag-tartalma,

és a vezetőképesség sorolható. A csiga-fajegyüttesek főleg a Duna gyenge vízáramlással jellemezhető mellékágaiban értek el magas diverzitást, amit a statisztikailag szignifikáns eltérés is bizonyít. A finom, nagyon finom és ultra finom mederanyag frakciók, a durva mederanyag frakció szervesanyag-tartalma, valamint a turbiditás statisztikailag szignifikánsan hatott a csigaközösségek diverzitására.

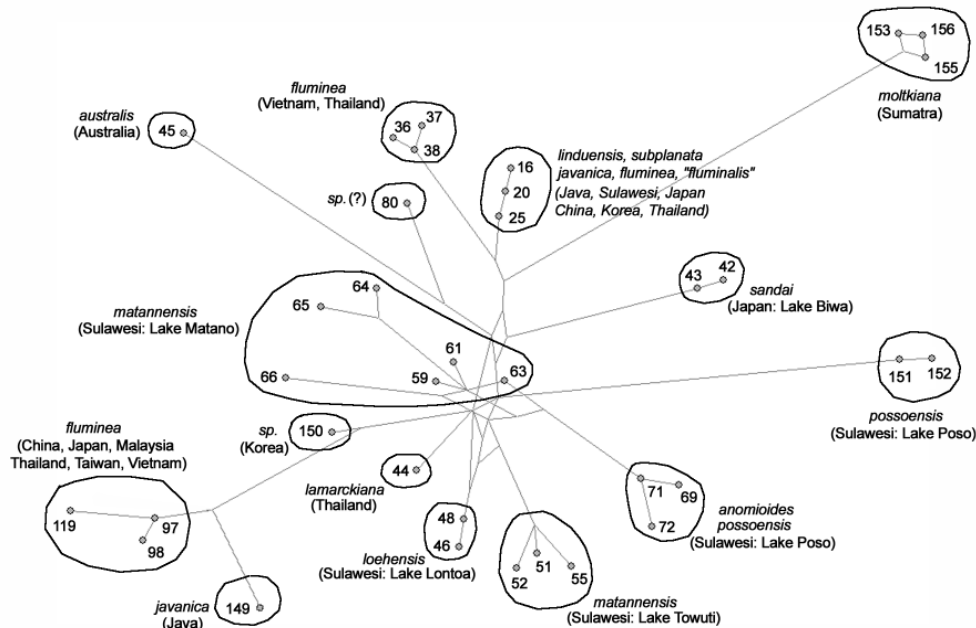
A *C. fluminea* biomassa, denzitás és átlagos testhosszúság adataiban szignifikáns térbeli különbségeket találtunk. Az évek között azonban szignifikáns időbeli különbség nem található, de szezonális variáció megfigyelhető. A legmagasabb denzitás adatot (2007 augusztus: 178 egyed m⁻²) a Duna főágában, az LR3-as mintavételi helyen mértük. A legmagasabb biomassa érték (2007 október: 24.9697 g SZT m⁻²) szintén az LR3-as mintavételi helyen figyelhető meg. A magas biomassa értékek a mederanyag frakciók arányaival (durva és nagyon finom mederanyag frakció) és a hőmérsékleti viszonyokkal hozhatóak összefüggésbe. Az alacsony biomassa értékek pedig a nagyon finom mederanyag frakció szerves anyag tartalmával korreláltak.



A morfometriai adatok elemzése során statisztikailag szignifikáns különbségeket találtunk a morfortípusok között a testmagasság/testhosszúság arányokban ($p < 0.001$), és a testszélesség/testhosszúság arányokban ($p < 0.001$), valamint a méretkategóriák között a testmagasság/testhosszúság arányokban ($p < 0.001$), és a testszélesség/testhosszúság arányokban ($p < 0.001$). Továbbá megvizsgáltuk a két tényező (morfotípusok és méretkategóriák) közötti interakciót, ami mindkét arány esetén szignifikánsnak bizonyult (testmagasság/testhosszúság arány: $p < 0.05$; testszélesség/testhosszúság arány: $p < 0.001$).

A méretkategóriákon belül a morfortípusok összehasonlítása Tukey-féle teszttel történt. Szignifikáns különbségeket találtunk mind a három korcsoporton belül, mindkét aránypár esetén (testmagasság/testhosszúság arány: $p < 0.001$, testszélesség/testhosszúság arány: $p < 0.05$). A konvencionális morfometriai mérések eredményeként elmondható, hogy a két morfortípus a testmagasság/testhosszúság, valamint a testszélesség/testhosszúság arányok alapján egyértelműen elkülöníthető. A dunai *Corbicula* minták három különböző haplotípusát azonosítottuk, melyek közül a "97"-es és "98"-as haplotípus (morfotípus-1) 14, valamint 15 bázispárban különbözik a "80"-as (morfotípus-2) haplotípustól. A két morfortípus eltérő kládokhoz tartozik, a "97"-es haplotípus megegyezik azokkal a haplotípusokkal, melyek őshonosak Thaiföldön (*C. fluminea/javanica*), Japánban (*C. leana*), valamint Európa és Amerika inváziós populációiban is megjelennek *C. fluminea*, illetve "New World form A" néven. A dunai morfortípus-2 a "80"-as haplotípushoz tartozik, amit eddig Németország, Franciaország és Argentína területéről írtak le, "kriptikus *Corbicula* faj", illetve "New World

form C” néven. A kapott COI génhálózat kládjai nem feleltethetők meg egyértelműen fajokkal, mivel néhány klád több, mint egy előre meghatározott fajt foglal magába, míg ugyanakkor egy előre azonosított faj több kládroz is társítható (5. ábra). A testhosszúság- gyakoriság eloszlás és a graviditás megjelenése alapján a morfotípus-1-nek egy szaporodási periódusa van, a tavasz kezdetétől (valószínűleg márciusra tehető) októberig egy júniusi intenzitási csúccsal. A morfotípus-2-nél viszont két szaporodási periódus azonosítható: az egyik tél elején figyelhető meg (valószínűleg decemberre-januárra tehető), a másik pedig júniustól októberig terjed, egy augusztusi intenzitási csúccsal.



5. ábra: *Corbicula* COI haplotípusok kapcsolatának elemzése median joining network módszerrel. A dunai haplotípusok a 97-es, 98-as (morfotípus-1) és 80-as (morfotípus-2) sorszám alatt szerepelnek.

Megbeszélés, következtetések

A jelen dolgozatban egy másod- és harmadrendű patak-folyó-folyam kontinuum mentén a teljes malakofauna (11 csiga- és 4 kagylócsalád) tér- és időbeli mintázatát, diverzitását és denzitását vizsgáltuk 2007 és 2008 során, szezonális minták alapján. Feltártuk az inváziós *Corbicula fluminea* kagylófajnak, mint a hazai malakofauna tömegesen megjelenő –így funkcionálisan és természetvédelmi szempontból is jelentős- új elemének biomassa dinamikáját és populációs struktúráját, és a kagylónem taxonómiai és filogenetikai problémáira is kerestük a választ. A két éves vizsgálat során összesen 22 kagylófajt és 27 csigafajt sikerült kimutatni. A vizsgált fajok közül 7 védett Magyarországon, 11 pedig idegenhonosnak tekinthető. A *Pisidium subtruncatum*, *Corbicula fluminea* kagylófajok és a *Lithoglyphus naticoides* csigafaj magas denzitás adatai arra engednek következtetni, hogy ezeknek a fajoknak kulcsfontosságú ökológiai szerepe van a vizsgált vízrendszerben. A folyóvízi folytonossági elv (River Continuum Concept, Vannote et al. 1980) szerint a

makrogerinctelen közösségek fajszáma és diverzitása folyási irányban növekszik a források szinttájától a közepes méretű folyószakaszokig az élővilág környezeti specializációjának eredményeként. Az általunk másod- és harmadrendű patak-folyó-folyam kontinuum mentén vizsgált malakofauna térbeli elrendeződése is hasonló tendenciát mutat. A legalacsonyabb fajgazdagság a patakokban mutatható ki, míg a legmagasabb fajszám és diverzitás értékeket a közepes méretű Ipolyban és a Duna mellékágaiban találtunk. A vizsgált kontinuum mentén három kagyló-fajegyüttest és hat csiga-fajegyüttest különíthetünk el. A legalacsonyabb diverzitással és abundanciával rendelkező malakoegyüttesek a patakokra jellemzőek. Ezekben a helyeken domináns fajként a *Pisidium casertanum*, *Pisidium personatum*, *Radix labiata*, *Haitia acuta* és *Ancylus fluviatilis* fajok jelentek meg. A legnagyobb diverzitással és abundanciával jellemezhető együttesek az Ipolyban, a Duna mellékágaiban, valamint a Duna főágának iszapos és homokos aljzattípusú élőhelyein fordultak elő. Ezekben a csoportokban a *Pisidium subtruncatum*, *Pisidium henslowanum*, *Pisidium supinum* kagylófaj, és a *Lithoglyphus naticoides*, *Borysthenia naticina*, *Valvata piscinalis*, *Bithynia tentaculata*, *Haitia acuta*, és *Potamopyrgus antipodarum* csigafaj volt a domináns. A közepes mértékű fajgazdagsággal és abundanciával jellemezhető együttesek a Duna főágának kavicsos és köves aljzattípusú élőhelyein voltak jelen, és domináns fajként a *Corbicula fluminea*, *Sphaerium rivicola*, *Pisidium supinum* kagylófaj, valamint a *Theodoxus fluviatilis*, *Lithoglyphus naticoides* csigafaj jelent meg. A patakok kevésbé kedvező élőhelyet nyújtanak a kagylók többségének, ugyanakkor a finom és ultra finom mederanyag frakciókat tartalmazó aljzattípusok és a víztest magas vezetőképessége mellett statisztikailag szignifikánsan magas a kagyló-fajegyüttesek diverzitása. A csiga-fajegyüttesek főleg a Duna gyenge vízáramlással jellemezhető mellékágaiban értek el magas diverzitást, ahol a vegetáció is gazdagabb volt a többi élőhelyhez viszonyítva. A finom, nagyon finom és ultra finom mederanyag frakcióknak, és a durva mederanyag frakció szerves anyag tartalmának pozitív, a turbiditásnak pedig statisztikailag szignifikánsan negatív hatása volt a csigaközösségek diverzitására. Ez arra utal, hogy a finom, nagyon finom és ultra finom mederanyag frakciókat tartalmazó aljzattípusok a csigák többsége számára kedvező élőhelyet biztosítanak, és a durva mederanyag frakció szervesanyag-tartalma valószínűleg ideális táplálékforrást jelent a detritusz-evő csigafajok számára. A magas turbiditás kapcsolatban állhat az erősebb vízáramlással, ami nem kedvez a csiga-együttesek fajgazdagságának, mivel csak egyes csigafajok képesek megélni az erősebb áramlás viszonyok mellett. Összeségében elmondható, hogy a malakofauna fajegyütteseinek térbeli mintázata lokális és tájleptékű skálán is értelmezhető. A jelen vizsgálatok során a tájleptékű hatások a folyóvízi rendszer hosszanti gradiense, egy másodrendű patak-folyam kontinuum mentén, valamint az eltérő víztípusok mentén érvényesülnek. Az eredmények azt mutatják, hogy mind a tájleptékű, mind a lokális hatások befolyásolják a kagyló- és a csiga-

fajgyűttesek térbeli elrendeződését, azonban a lokális hatásoknak (aljzattípusok, vízáramlás, és szedimentológiai tulajdonságoknak (mederanyag frakciók aránya), szervesanyag-tartalom, vezetőképesség) erősebb a magyarázó erejük. A kapott eredmények összhangban állnak korábbi tanulmányokkal (Pardo and Armitage 1997, Beisel et al. 1998, Brown 2003, Heino et al. 2004, Jurkiewicz-Karnkowska and Zbikowski 2004, Brooks et al. 2005, Beaty et al. 2006, Sousa et al. 2007b, 2008a, Miserendino 2009), melyek szerint az aljzat típusa, a vízáramlás és a mederanyag tulajdonságai játsszák a döntő fontosságú szerepet a bentikus fajok, főleg a puhatestűek térbeli eloszlásában.

A *Corbicula fluminea* inváziós kagylófaj az elmúlt évtizedben a Duna bentikus életközösségének domináns tagjává vált, és egyes helyeken magas biomassa értékeket ér el. A vizsgált vízrendszerben a biomassa, denzitás és átlagos testhosszúság adatok szignifikáns térbeli különbséget mutattak a mintavételi helyek és a víztípusok között. A legmagasabb értékek a Duna főágában, és a Gödi-mellékágban figyelhetők meg, ahol magas volt a klorofill-a tartalom, valamint Paksnál, ahol a víz hőmérséklet állandóan magas volt a Paksi Atomerőmű hűtővizének hatására. Ez utóbbi élőhely a *C. fluminea* számára a hőmérséklet szempontjából menedékhelyként is tekinthető, ahol az optimális hőmérsékleti körülmények következtében az egyedek a 40 mm-es testhosszúságot is elérhetik. Az elemzések szerint a biomasszában megmutatkozó különbségek főként a mederanyag frakciók arányával, a víz hőmérséklettel és a bentikus szervesanyag-tartalommal hozhatóak összefüggésbe. A *Corbicula* kagylónem esetén, a héj morfológiai tulajdonságai különösen magas plaszticitást mutatnak, és a kagylónemen belül a fajok megkülönböztetése még mindig megoldásra váró feladat. Annak érdekében, hogy a magyarországi Duna-szakaszon előforduló két morfortípus esetén tisztázhassuk, hogy az egy, vagy két fajt takar, az egy helyen élő két morfortípus mitokondriális COI gén (citokróm c oxidáz I-es alegység) szekvenciáját, morfológiai tulajdonságait, populációinak struktúráját és szaporodásbiológiáját vetettük össze. A két morfortípus filogenetikai kapcsolatainak vizsgálatához a vizsgált minták génszekvenciáit és a már Génbankban létező publikált génszekvenciák adathalmazát elemeztük. A COI génszekvencia elemzése nem mutatott egyértelmű illeszkedést a morfológia alapján meghatározott taxonómiai kategóriákkal. Ezért kimondhatjuk, a COI génen alapuló kódolás nem alkalmas a két dunai morfortípus különböző taxonhoz tartozásának eldöntésére. Mindazonáltal a két morfortípus különböző kládokhoz sorolható: a morfortípus-1 a *C. fluminea* kagylófajjal került egy csoportba, míg a morfortípus-2 egy külön kládba sorolódott, ami eddig még csak nem-natív populációkból került elő, natív elterjedési területe ezideig ismeretlen. A szaporodásbiológiát tekintve egyértelmű különbségeket lehet felfedezni a két morfortípus között. A morfortípus-1 csak egy szaporodási periódussal rendelkezik az év során, míg a morfortípus-2-nek két szaporodási periódusa van, mindkettő a téli évszakhoz köthető. Összességében a héjmorfológiában, mitokondriális DNS

szekvenciában, és szaporodásbiológiában megfigyelt különbségek jelzik, hogy a két morfortípus két különálló taxonként való kezelése valószínűleg helyes. Mindazonáltal, a morfortípus-2 esetén a „*C. fluminalis*” fajnév használata még korai, mivel a filogenetikai kapcsolata a natív *C. fluminalis* fajjal még nem bizonyított. Amíg a *Corbicula* kagylónem részletes genetikai vizsgálata a *C. fluminalis* eredeti, afrikai és nyugat-ázsiai elterjedési területén nem történik meg, a morfortípus-2 eredete és taxonómiai pozíciója megoldatlan marad. Az édesvízi inkubáló *Corbicula* kagylónemhez tartozó nagy klád mind szexuális, mind klonális, egymással kérdéses kapcsolatban álló evolúciós vonalakat tartalmaz (Glaubrecht et al. 2003). Az édesvízi inkubáló *Corbicula* vonalak további molekuláris vizsgálatai szükségesek, hogy a szisztematikai és taxonómiai komplexitásra a csoporton belül megoldást találjunk. Továbbá, meggyőző meiotikus szülői fajok felfedezésére lenne szükség, hogy a klonalitás evolúciós keletkezését rekonstruálni tudjuk, és az inváziós fajok eredetét tisztázhassuk.

Új tudományos eredmények

1. A két éves vizsgálat alatt feltártuk egy másodrendű patak-Duna kontinuum mentén a malakofauna fajgazdagságát. Ennek során összesen **22 kagylófajt és 27 csigafajt sikerült azonosítani**. A vizsgált fajok közül 2 kagylófaj (*Pseudanodonta complanata* és *Unio crassus*) és 5 csigafaj (*Borysthenia naticina*, *Esperiana esperi*, *Esperiana daudebartii*, *Theodoxus danubialis*, *Theodoxus transversalis*) védett Magyarországon. A talált **11 inváziós fajból 7 sikeresen elterjedt** és nagy egyedszámban fordult elő (*Anodonta woodiana*, *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha*, *Haitia acuta*, *Lithoglyphus naticoides*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Theodoxus fluviatilis*), míg 4 faj („*Corbicula fluminalis*”, *Dreissena rostriformis bugensis*, *Ferrissia fragilis*, *Melanoides tuberculatus*) csak kis előfordulási gyakorisággal és abundanciával jelent meg.
2. A legelterjedtebb kagylófaj 2007-ben a kozmopolita *Pisidium casertanum* volt, 2008-ban a *Corbicula fluminea*. A *Corbicula fluminea* rövid idő alatt az egyik legtömegesebben előforduló fajjává vált a magyarországi Duna-szakaszon, azonban a kisebb folyókat és patakokat még nem hódította meg. Az Ipolyban, a Duna torkolatához közeli mintavételi helyen megtaláltuk, de a Duna torkolatától távolabbi helyen még nem került elő. A legnagyobb relatív abundancia 2007-ben a *Pisidium subtruncatum* kagylófajnál volt megfigyelhető, 2008-ban a *Corbicula fluminea* jelent meg a legnagyobb mennyiségben. A csigafajokat tekintve mindkét évben a *Lithoglyphus naticoides* jelent meg a legnagyobb előfordulási gyakorisággal és a legnagyobb relatív abundanciával. **A *Pisidium subtruncatum*, *Corbicula fluminea* kagylófajok és a *Lithoglyphus naticoides***

csigafaj magas denzitás adatai arra engednek következtetni, hogy ezeknek a fajoknak **kulcsfontosságú szerep** jut a vizsgált vízrendszer ökoszisztémájának alakításában.

3. A 2007-es és 2008-as év során a mintavételek időszakában **a vízállás és a vízhozam** eltérően alakult, és ennek hatása az adott területen élő **kagyló- és csigaállományok szerkezetében kimutatható**. A kagyló- és csigafauna adatsorának elemzése során kiderült, hogy a helyek között és a két év között is szignifikáns a különbség. A kagylófauna esetében azonban **szezonális különbségek** nem mutathatóak ki, **csak a csigafauna 2007-es adatsora** mutatott szezonális eltérést.
4. A legalacsonyabb fajgazdagság a patakokban mutatható ki, míg **a legmagasabb fajszám és diverzitás értékeket a malakoközösségek a közepes méretű Ipolyban és a Duna mellékágaiban** érték el.
5. A vizsgált vízrendszerben **a kagylófauna három fajegyüttesét különíthetjük el**. A legalacsonyabb abundanciával és diverzitással rendelkező csoport (*Pisidium casertanum* és *Pisidium personatum*) a patakokra jellemző. A legnagyobb abundanciával és legnagyobb diverzitással jellemezhető csoport (*Pisidium subtruncatum*, *Pisidium henslowanum* és *Pisidium supinum*) az Ipolyban, a Duna mellékágaiban, és a Duna főágának iszapos és homokos aljzattípusú élőhelyein fordult elő. A közepes mértékű abundanciával és fajgazdagsággal jellemezhető csoport (*Corbicula fluminea*, *Sphaerium rivicola* és *Pisidium supinum*) a kavicsos és köves aljzattípushoz alkalmazkodott. **A kagyló-fajegyüttesek térbeli eloszlását leginkább befolyásoló környezeti tényezők:** az aljzat típusa, az áramlási sebesség, a mederanyag frakciók aránya, a mederanyag szervesanyag-tartalma, a turbiditás, a vezetőképesség, a hőmérséklet és a klorofill-a tartalom. **A finom és ultra finom mederanyag frakciókat** tartalmazó aljzattípusok és a víztest **magas vezetőképessége** mellett statisztikailag szignifikánsan magas volt a kagyló-fajegyüttesek diverzitása.
6. A vizsgált vízrendszerben **a csigafauna hat fajegyüttesét különíthetjük el**. A legalacsonyabb abundanciával és diverzitással rendelkező két csoport (*Radix labiata*, valamint *Haitia acuta* és *Ancylus fluviatilis*) a harmadrendű Börzsönyi-patakra, és az Ipoly felső szakaszára volt jellemző. A közepes mértékű abundanciával és fajgazdagsággal jellemezhető csoport (*Theodoxus fluviatilis* és *Lithoglyphus naticoides*) a kavicsos és köves aljzattípushoz alkalmazkodott. A magas abundanciával és diverzitással leírható csoport (*Lithoglyphus naticoides* és *Borysthenia naticina*) az Ipolyban, a Gödi-mellékágban és a Duna főágának homokos aljzattal jellemezhető mintavételi helyein volt megfigyelhető. A különösen magas abundanciával és magas fajszámmal rendelkező csoport (*Lithoglyphus naticoides* és *Borysthenia naticina*) többségében a Duna főágának iszapos, vagy homokos aljzatösszetételű helyein jelent meg. A magas abundanciával, és a legmagasabb fajgazdagsággal bíró csoport (*Lithoglyphus naticoides*, *Valvata piscinalis*,

Bithynia tentaculata, *Haitia acuta*, és *Potamopyrgus antipodarum*) az Ipolyra és a Duna mellékágaira volt jellemző, amikor mindenhol jelen volt a vízinvázió. **A csiga-fajegyüttesek térbeli eloszlását leginkább befolyásoló környezeti tényezők:** az aljzat típusa, a mederanyag frakciók aránya, a mederanyag szervesanyag-tartalma, és a vezetőképesség. **A csiga-fajegyüttesek főleg a Duna gyenge vízáramlással jellemezhető mellékágaiban értek el magas diverzitást.** A **finom, nagyon finom és ultra finom mederanyag frakcióknak, a durva mederanyag frakció szerves anyag tartalmának,** valamint a **turbiditásnak** statisztikailag szignifikáns hatása volt a csigaközösségek diverzitására.

7. Összeségében elmondható, hogy **a malakofauna fajegyütteseinek térbeli mintázata lokális és tájleptékű skálán is értelmezhető.** Az eredményeink azt mutatják, hogy a tájleptéket is figyelembe véve a vizsgált másod- és harmadrendű patak-folyó-folyam kontinuum két szakaszra bontható. A másod- és harmadrendű patak-folyó-folyam (S1-LR1) szakaszon kimutatható a kontinuitás jelensége, míg a folyam további szakaszán a lokális természetes (áramlás, aljzat összetétel) és az antropogén hatások idézik elő vagy erősítik a folyó mozaikos térbeli mintázatát.
8. **A *C. fluminea* az egyik legsikeresebb inváziós kagylófaj,** és az elmúlt évtizedben a Duna bentikus életközösségének domináns tagjává vált. A ritka *S. rivicola* és *P. amnicum* kagylófajjal osztozik közös élettéren, és a *C. fluminea* statisztikailag szignifikáns hatást gyakorol a két ritka kagylófajra. Azokon a helyeken (R2, LR1, LR5), ahol a *C. fluminea* egyedszáma alacsonyabb volt, a *S. rivicola* és *P. amnicum* is nagyobb abundancia értékeket ért el. **A biomassa, denzitás és átlagos testhosszúság adatok szignifikáns térbeli különbséget mutattak** a mintavételi helyek és a víztípusok között. A legmagasabb értékek a Duna főágában, és a Gödi-mellékágban figyelhetők meg, ahol a klorofill-a tartalom magas volt, és az LR6-os helyen, ahol a víz hőmérséklet állandóan magas volt a Paksi Atomerőmű hűtővizének hatására. Ez utóbbi élőhely a *C. fluminea* számára a hőmérséklet szempontjából menedékhelyként is tekinthető, ahol az optimális hőmérsékleti körülmények következtében az egyedek a 40 mm-es testhosszúságot is elérhetik. **A biomasszában megmutatkozó különbségek főként a mederanyag frakciók arányával, a víz hőmérséklettel és a bentikus szervesanyag-tartalommal hozhatóak összefüggésbe.**
9. A *Corbicula* kagylónemen belül a vizsgált vízrendszerben előforduló két morfortípus COI génszekvencia elemzése nem mutatott egyértelmű illeszkedést a morfológia alapján meghatározott taxonómiai kategóriákkal. Mindazonáltal **a két morfortípus különböző kládokhoz tartozott, a morfortípus-1 a *C. fluminea* kagylófajjal került egy csoportba, míg a morfortípus-2 egy külön kládba lett sorolva.** A *Corbicula* kagylónem szaporodásbiológiáját tekintve egyértelmű különbségeket lehet felfedezni a két

morfortípus között. Összességében a héjmorfológiában, mitokondriális DNS szekvenciában, és szaporodásbiológiában megfigyelt különbségek jelzik, hogy a két morfortípus két különálló taxonként való kezelése valószínűleg helyes. Mindazonáltal, a morfortípus-2 esetén a “*C. fluminalis*” fajnév használata még korai, mivel a filogenetikai kapcsolata a natív *C. fluminalis* fajjal még nem bizonyított.

A doktori kutatás eredményeinek közlései

Lektorált, impakt faktorraal bíró tudományos folyóiratban megjelent/elfogadott publikációk

Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B., Hornung E., Sousa R.: **Spatial distribution of bivalves in relation to environmental conditions (Middle Danube catchment, Hungary)**. Community Ecology, 12(2). 210-219, 2011. IF: 0,974

Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B., Fehér Z.: **A Comparative Study of Two *Corbicula* Morphs (Bivalvia, Corbiculidae) Inhabiting River Danube**. Internat. Rev. Hydrobiol., 96(3). 257-273, 2011. IF: 1,48

Lektorált, impakt faktorraal nem bíró tudományos folyóiratban megjelent/elfogadott publikációk

Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **A bentál strukturális és funkcionális elemei a Duna vízrendszerében 3. A kagylófauna térbeli mintázata a környezeti változók függvényében**. Hidrológiai Közlöny, 29-32, 2011.

Oertel N., Nosek J., Bódis E., Borza P., Tóth B.: **A bentál strukturális és funkcionális elemei a Duna vízrendszerében 2. A meio- és makrogerinctelen társulások**. Hidrológiai Közlöny, 65-68, 2011.

Oertel N., Nosek J., Bódis E., Borza P., Tóth B.: **Dunai makrogerinctelen-mintavételek tanulságai a Gödi-sziget térségében**. Acta Biol. Debr. Oecol. Hung., 21. 139-153, 2010.

Nosek J., Oertel N., Bódis E., Tóth B.: **A bentikus szervesanyag és a makrogerinctelen társulások tér- és időbeli változása a Duna Kismaros (1688 fkm) és Göd (1668 fkm) közötti szakaszán**. Acta Biol. Debr. Oecol. Hung., 20. 165-179, 2009.

Bódis E., Nosek J., Oertel N.: **Spatio-temporal pattern of mussels (Corbiculidae, Dreissenidae, Sphaeriidae) in the water-system of the Hungarian Danube**. Arch. Hydrobiol. Suppl. Large Rivers, 18(1-2). 293-308, 2008.

- Bódis E.: **Contribution to the macroinvertebrate fauna of the Hungarian Danube IV. Mussels (Bivalvia: Corbiculidae, Dreissenidae, Sphaeriidae, Unionidae).** Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 32. 57-68, 2008.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **A kagylófauna longitudinális eloszlása a Duna vízrendszerében.** Acta Biol. Debr. Oecol. Hung., 18. 09-20, 2008.
- Bódis E.: **Spatio-temporal pattern of the small-sized mussel fauna in the Danube above Budapest.** Acta Biol. Debr. Oecol. Hung., 16. 21-32, 2007.
- Bódis E.: **The biomass dynamics of *Corbicula fluminea* invasive mussel.** Acta Biol. Debr. Oecol. Hung., 16. 9-20, 2007.

Könyvfejezet

- Puky M., Ács É., Bódis E., Borza P., Kiss K.T., Tóth A.: **Biológiai inváziók a magyarországi Duna-szakaszon.** Válogatás az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet kutatási eredményeiből, 2009. ÖBKI Műhelyfüzetek 2. pp. 99-103, 2010. ISBN: 978-963-8391-47-6.

Konferencia kiadvány

- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **Longitudinal dispersion of mussel fauna in a second order stream - Danube continuum in North Hungary.** In: Proceedings of the 37th International Conference of IAD, Chisinau, Moldova, pp. 97-102, 2008. ISBN 978-86-911997-0-8.
- Puky M., Ács É., Bódis E., Borza P., Kiss K. T., Tóth A.: **Invasive algae, plant, bivalve and crustacean species along the Hungarian Danube section: arrival time, colonisation characteristics, relative importance.** In: Proceedings of the 37th International Conference of IAD, Chisinau, Moldovapp. 76-81, 2008. , ISBN 978-86-911997-0-8.

Konferencia prezentációk

- Bódis E., Pohner Zs., Tóth B., Oertel N., Ács É., Bíró P.: **Két veszélyeztetett kagylófaj intraspecifikus diverzitásának vizsgálata.** LIII Hidrobiológus napok, Tihany, 2011.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **Effects of environmental variables on mussel assemblages along a second order stream – large river continuum in North Hungary.** 38th International Conference of IAD, Dresden, Germany, 2010.

- Oertel N., Nosek J., Bódis E., Borza P., Tóth B.: **Spatio-temporal changes of benthic organic matter and macroinvertebrate communities in the Danube Bend (Hungary).** 38th International Conference of IAD, Dresden, Germany, 2010.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **A bentál strukturális és funkcionális elemei a Duna vízrendszerében 3. A kagylófauna térbeli mintázata a környezeti változók függvényében.** LII. Hidrobiológus napok, Tihany, 2010.
- Oertel N., Nosek J., Bódis E., Borza P., Tóth B.: **A bentál strukturális és funkcionális elemei a Duna vízrendszerében 2. A meio- és makrogerinctelen társulások.** LII. Hidrobiológus napok, Tihany, 2010.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **A kagylóegyüttesek térbeli mintázatát befolyásoló környezeti változók vizsgálata egy másodrendű patak-folyam kontinuum mentén.** VII. „MaViGe” Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Sümeg, 2010.
- Oertel N., Nosek J., Bódis E., Borza P., Tóth B.: **Dunai makrogerinctelen mintavételek tanulságai a Gödi-sziget térségében.** VII. „MaViGe” Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Sümeg, 2010.
- Puky M., Ács É., Bódis E., Borza P., Erős T., Kiss K., Tóth A.: **Aquatic invasions along the Danube accelerated around the millenium in Hungary: colonisation characteristics, taxonomical differences, relative importance.** World Conference on Biological Invasions and Ecosystem Functioning, Porto, Portugal, 2009.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **Spatio-temporal dynamics of malacofauna along a second order stream - large river continuum.** 2nd European Congress of Conservation Biology, Prague, Czech Republic, 2009.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth A., Tóth B.: **Investigation of longitudinal pattern of malacofauna and sediment characteristics with ArcInfo 9.3.** GISDATA Users Conference 2009, Opatija, 2009.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **A malakofauna tér-időbeli dinamikája egy kontinuum rendszer mentén.** VI. „MaViGe” Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Villány, 2009.
- Nosek J., Oertel N., Bódis E., Tóth B.: **A bentikus szervesanyag és a makrogerinctelen társulások tér- és időbeli változása a Duna Kismaros (1688 fkm) és Göd (1668 fkm) közötti szakaszán.** VI. „MaViGe” Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Villány, 2009.
- Puky M., Ács É., Bódis E., Borza P., Kiss K., Tóth, A.: **Invázív fajok a Duna magyarországi szakaszán.** 8. Magyar Ökológus Kongresszus, Szeged, 2009.
- Bódis E., Hornung E.: **A malakofauna longitudinális eloszlása egy patak-folyam kontinuum mentén.** MTA ÁTB és az ÁODI közös januári éves konferenciája, Budapest, 2009.

- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B. **Longitudinal distribution of malacofauna in the water system of River Danube.** Molluscan Forum, Natural History Museum, London, 2008.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **Longitudinal dispersion of mussel fauna in a second order stream - Danube continuum in North Hungary.** 37th International Conference of IAD, Chisinau, Moldova. 2008.
- Puky M., Ács É., Bódis E., Borza P., Kiss K. T., Tóth A.: **Invasive algae, plant, bivalve and crustacean species along the Hungarian Danube section: arrival time, colonisation characteristics, relative importance.** 37th International Conference of IAD, Chisinau, Moldova, 2008.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **Biomass and population dynamics in genus *Corbicula* in the Hungarian Danube section.** Neobiota: 5th European Conference on Biological Invasions, Prague, Czech Republic, 2008.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N., Tóth B.: **A kagylófauna longitudinális eloszlása a Duna vízrendszerében.** V. „MaViGe” Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Nyíregyháza, 2008.
- Bódis E., Hornung E.: **A *Corbicula fluminea* invazív kagylófaj tér-időbeli és biomassza dinamikája a magyar Duna-szakaszon.** MTA ÁTB és az ÁODI közös januári éves konferenciája, Budapest, 2008.
- Bódis E., Hornung E., Nosek J., Oertel N.: **Spatio-temporal and biomass dynamics of *Corbicula fluminea*, an invasive mussel in the Hungarian Danube section.** World Congress of Malacology, Antwerp, 2007.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N.: **A magyarországi Duna-szakasz kagyló faunájának vizsgálata az elmúlt évtizedben.** XLIX. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2007.
- Bódis E.: **A *Corbicula fluminea* invazív kagylófaj biomassza dinamikája.** IV. „MaViGe” Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Tihany, 2007.
- Bódis E.: **A kistestű kagylófauna tér- és időbeli mintázata a Budapest feletti Duna-szakaszon.** IV. „MaViGe” Makroszkopikus Vízi Gerinctelenek Kutatási Konferencia, Tihany, 2007.
- Bódis E., Hornung E.: **Az invazív kagylófajok életmenet jellemzői.** III. Szünzoológiai Szimpózium, Budapest, 2007.
- Bódis E., Nosek J., Oertel N.: **Mussel fauna (*Corbiculidae*, *Dreissenidae*, *Sphaeriidae*) in the water-system of the Hungarian Danube.** 36th International Conference of the International Association for Danube Research (IAD), Klosterneuburg & Vienna, 2006.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet témavezetőimnek, Dr. habil Hornung Erzsébetnek, valamint Dr. Nosek Jánosnak a doktori munka során nyújtott emberi és szakmai támogatásukért.

Köszönet illeti a PhD tanulmányok elvégzésének lehetőségéért a SZIE Állatorvos-tudományi Doktori Iskolát, támogatásukért annak volt és jelenlegi vezetőit, Dr. Huszenicza Gyulát és Dr. Rusvai Miklóst.

Köszönettel tartozom támogatásukért a Magyar Dunakutató Állomás volt osztályvezetőinek, Dr. Oertel Nándornak és Dr. Kiss Keve Tihamérnek, valamint a Duna-kutató Intézet igazgatójának, Dr. Gutti Gábornak, hogy a kutatómunkámat az intézet keretein belül végezhettem.

Segítségükért és értékes tanácsaikért ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Oertel Nándornak, Dr. Fehér Zoltánnak, Dr. Ronaldo Gomes de Sousanak, Dr. Majoros Gábornak, és Dr. Sólymos Péternek.

Köszönöm Dr. Thomas von Rintelennek, a berlini Humboldt Egyetem Természettudományi Múzeum tudományos főmunkatársának a *Corbicula* minták genetikai elemzését, és Tóth Bencének a mederanyag szervesanyag-tartalmának és frakciók szerinti megoszlásának analizálását.

Továbbá a terepi és a labormunka során nyújtott segítségükért köszönetemet fejezem ki Bodrogi Bertának, Borza Péternek, Pohner Zsuzsannának, Sipkay Csabának, Tóth Adriennek, Tóth Bencének, Tóth Baláznak és Tumbász Anettnek.

A kutatómunka anyagi háttérét az OTKA T 046180 számú pályázata biztosította.