

Acta Biol. Debr. Oecol. Hung 14: 211–222, 2006

## SZEZONÁLIS DINAMIKAI FOLYAMATOK EGY BALATONI MAKRO-GERINCTELEN EGYÜTTESBEN

SIPKAY CSABA – HUFNAGEL LEVENTE

Budapesti Corvinus Egyetem, Matematikai és Informatikai Tanszék, 1117 Budapest, Villányi út 29-33.

## SEASONAL DYNAMIC PROCESSES IN AN AQUATIC MACRO-INVERTEBRATE ASSEMBLY ON LAKE BALATON

CS. SIPKAY – L. HUFNAGEL

Department of Mathematics and Informatics, Corvinus University of Budapest, H–1117 Budapest, Villányi út 29-33, Hungary

**KIVONAT:** A 2002, 2003. és 2004. évben a Balaton egy öblének náddal (*Phragmites australis*), keskenylevelű gyékénnyel (*Typha angustifolia*) és szabad vízfelülettel rendelkező (a 2003. és 2004. évben hínáros) területén összesen 36 alkalommal végeztünk vízi makrogerinctelen gyűjtéseket kézi merevháló segítségével, az iszapból és a víztestből egyaránt. Adatainkat mintegy 208 minta feldolgozásából nyertük. A kora tavasztól késő őszig terjedő időszakban igyekeztünk nagy gyakorisággal mintát venni, a szezonális dinamikai folyamatok részletesebb megértése céljából. Leírtuk a főbb időbeli mintázatokat és a diverzitás időbeli alakulását. Annak érdekében, hogy adatainkat a klímaváltozással kapcsolatos munkák számára is felhasználhatóvá tegyük, kísérletet tettünk az egyik meghatározó faj (*Limnomysis benedeni*) szezonális változásainak időjárásfüggő szimulációs modellezésére. A modell a napi középhőmérséklet és a vízállás, mint input adatsorok alapján generál a vizsgált faj testtérfogatban kifejezett tapasztalati adatsorához hasonló, szimulált adatsorokat.

**ABSTRACT:** In the years 2002, 2003 and 2004 we collected samples of macroinvertebrates on a total of 36 occasions in Badacsony bay, in areas of open water (in the years 2003 and 2004 reed-grassy) as well as populated by common reed (*Phragmites australis*) and narrow leaf cattail (*Typha angustifolia*). Samples were taken using a stiff hand net. Our data was gathered from processing 208 individual samples. We strove to take samples frequently during the period spanning from spring to autumn in order to explore thoroughly the seasonal dynamic. The main seasonal patterns and the change of diversity in time were described. In order to make our data usable for research of climate change, we attempted to model the seasonal changes of one of the definitive species (*Limnomysis benedeni*). The model generated simulated data based on the daily mean temperature and the water level as inputs. The generated data is similar to the empirical data expressed as biovolume of the studied species.

**Key words:** climate, diversity, macroinvertebrate, *Limnomysis benedeni*, simulation model

## Bevezetés

A Balaton Közép-Európa legnagyobb kiterjedésű sekély tavaként régóta a hidrobiológiai kutatások középpontjában áll. A több mint száz éve folyó természettudományos vizsgálatának következtében rengeteg ismeret gyűlt össze a tóról, így a világ egyik legalaposabban kutatott sekély tavának számít.

Az édesvízi makroszkopikus gerinctelen együttesek kutatása régóta folyik hazánkban. A Balaton gerinctelen faunájáról a XIX. század végén még meglehetősen hiányosak voltak az ismeretek, mindössze 207 faj volt ismert a tó gerinctelen állatai közül. 100 évvel később ez a szám már 1300-ra bővült, de az intenzíven folyó faunakutatás a jövőben nagy valószínűséggel 2000 fölé emelheti ezt a számot (PONYI 1991).

A tó parti öve változatos élőhelyekből tevődik össze. A partszakasz 58 %-a természetesnek tekintett, 12 %-a kőszórás, a maradék 30 % burkolattal ellátott. Az északi part természetes részét nádas sáv jellemzi, amelynek pusztulása napjainkban egyre nagyobb területekre kiterjed. Továbbá a keskenylevelű gyékény (*Typha angustifolia*) nád rovására való terjedése a Balatonon is megfigyelhető folyamat (KOVÁCS 1991).

A növényzettel benőtt vízterek makrogerinctelenjeinek kutatása talán leginkább hinarasok vonatkozásában történt a legalaposabban. Már az 1940-es években ENTZ (1947) végzett vizsgálatokat különböző hínárosok makrogerinctelen faunájáról. A korai munkákra általában jellemző, hogy még nem vették figyelembe a szezonális dinamikát, mint PONYI (1956) balatoni Crustacea vizsgálata sem. A *Potamogeton perfoliatus* hínár makrogerinctelen faunájának kvantitatív vizsgálatát BÍRÓ és GULYÁS (1974) végezte először a Balatonon. A szerzők csak két vagy három nyári hónap során vettek mintát, a szezonális változásokkal nem foglalkoztak. Az utóbbi években, BÍRÓ és Gulyás által leírt mintavételi eszközt és módszert alkalmazva MUSKÓ és munkatársai (2004) a Balaton északi partjának hínárosaiban végeztek kvantitatív makrogerinctelen mintavételezést három éven át. Ezen munka során a szezonális dinamika vizsgálata is sorra került. Egy év során összesen három, máskor négy alkalommal vettek mintát.

Az eddigi munkák elsősorban térbeli mintázatokkal foglalkoztak és döntően faunisztikai jellegűek. Az időbeli mintázatok tekintve tisztán leíró jellegű kutatások folytak, továbbá a rövidebb időbeli lépték során bekövetkező szezonális változások vizsgálatára nem fordítottak kellő mennyiségű figyelmet. Patakokban végzett vizsgálatok alapján a szezonális dinamika alaposabb megismeréséhez a heti rendszerességgel történő mintavétel tekinthető megfelelőnek (HUFNAGEL és GAÁL 2005). Ezért munkánk során a szokásosnál gyakoribb mintavételezések alapján próbáltuk a szezonális dinamikai folyamatokat vizsgálni.

Vizsgálódásaink helyszínül a Balaton északi oldalán elhelyezkedő Badacsonyi-öböl keskenylevelű gyékényes, nádas és szabad vízfelülettel rendelkező (hinarasodó) területét választottuk. A szűkebb mintavételi terület három, az említett vízi növényzet tekintetében eltérő mikrohabitatot foglal magába. A 2002, 2003. és 2004. év során összesen 36 alkalommal vettünk mintát, a tavasztól késő ősziig terjedő időszakban. Adatainkat mintegy 208 minta feldolgozásából nyertük. Az említett mikrohabitatok közötti, térbeli zoocönológiai mintázatokról korábbi

munkáinkban írtunk (SIPKAY 2005, SIPKAY et al. 2005, SIPKAY és HUFNAGEL 2006 in press).

Az ökológiai szakirodalomban a különböző módszertani iskolák mára jelentősen elkülönültek egymástól. A terepi vizsgálatokon alapuló mintázatléírások képezik az egyik fő csapásirányt, pl. (RÉDEI et al. 2003a, 2003b, RÉDEI és HUFNAGEL 2003). A modellező kutatások vagy erősen leegyszerűsített szituációkkal, vagy tisztán elméleti kérdésekkel foglalkoznak, pl. (JORDÁN 2003, LADÁNYI et al. 2003, FODOR és KOVÁCS 2003, MÁTÉ–GÁSPÁR és KOVÁCS 2003). A kísérleti kutatások pedig gyakran elhanyagolják az ökoszisztémák komplexitását, pl. (SINGH et al. 2004). Újabban a fenti problémák kiküszöbölésére újabb módszertani megközelítések születtek, amelyek a korábbi irányzatokat egyesíteni próbálják (GAÁL et al. 2004). A fentiek szellemében a Balatonon megkezdett, szezonális dinamikai folyamatok megismerésére irányuló vizsgálatainkkal alapot kívánunk teremteni későbbi ökológiai modellezési kutatásokhoz, manipulatív kísérleti beállítások tervezéséhez, valamint az éghajlatváltozás lehetséges kutatásai számára is. Mindezek szellemében az időbeli zoocönológiai mintázatok elemzése mellett kísérletet tettünk egy jelentős faj testtérfogatban kifejezett mennyiségének időjárásfüggő szimulációs modellezésére. A szimulációs modellek előnye, hogy olyan körülményekre is képesek predikciókat adni, amelyek tapasztalati vizsgálata egyelőre nem lehetséges. Így a modell ismert hibáit és érvényességi feltételeit figyelembe véve a jövőben megkísérélhető a klímaváltozás lehetséges forgatókönyveinek feltárása. Reális célként természetesen a jövő megjósolása nem tűzhető ki, csak az, hogy különböző valós, feltételezett, vagy más modellek által szimulált időjárási adatsorok esetére megvizsgáljuk a modell predikcióit. Ehhez nem valós, de realisztikus klímaszcenáriók felhasználására lesz szükség. A klímaszcenárió a lehetséges jövőbeli klímák egy készlete, amelyek tudományos elveket felhasználva készültek, mindegyik következetes, de egyiknek sincs egy meghatározott valószínűsége, amellyel bekövetkezik. A klímaszcenárió tehát csak egy a lehetséges klímák közül, nem előrejelzés. (BARROW 1993, HARNOS 2003)

Jelen munkánkban célkitűzéseink a következők voltak:

1. Szezonális zoocönológiai állapotváltozások feltárása, a jelentősebb taxon csoportok mennyiségi változásainak, valamint a diverzitás időbeli alakulásának megismerése.
2. A vizsgált makrogerinctelen közösség egyik domináns faja, a *Limnomysis benedeni* szezonális változásainak időjárásfüggő szimulációs modellezése.

## Anyag és Módszer

A mintavétel helyszínét a Badacsonyi-öbölben jelöltük ki, ahol a gyűjtéseket egymás közelségében három mintavételi ponton végeztük, amelyek egymástól a vízi növényzet alapján különböznek, ezáltal különböző mikrohabitatként értelmezhetők: 1. (közönséges nád alkotta) nádas, 2. (keskenylevelű) gyékényes és 3. nyílt víz. BORHIDI (2003) szerint a nádas társulások (*Phragmites australis* Koch 1926) csoportján belül a közönséges nád (*Phragmites australis* (Cav.) Trin.) alkot elkülönült társulást (*Phragmitetum communis* Soó 1927 em Schmal 1926), valamint a keskenylevelű gyékényes (*Typha angustifolia* L) alkotta állományok szintén külön társulásként (*Typhetum angustifoliae* Soó 1927, Pignatti 1953) nevezhetők meg. A nádas sáv előtti, nyílt vízként megnevezett területen különféle hínarasok jellemzőek, de a 2002. évben nem alkottak összefüggő állományt. A 2003. évben a nyár

közepén összefüggő, víz alatti foltokat alkotó *Najas marina* mezők nőttek fel, a 2004. évben pedig nyár elejétől ugyanitt a *Potamogeton perfoliatus* volt jelen.

Minden gyűjtés esetén mindhárom mikrohabitatból vettünk mintát, az iszapból és a víztestből egyaránt. Egy gyűjtés során így összesen hat mintát vettünk. Előzetes vizsgálataink alapján a merevhálóval történő szemikvantitatív mintavételezést tartottuk leginkább megfelelőnek. A merevháló felszíne kör alakú, alakja szabályos félgömb. Legnagyobb belső átmérője 14,8 cm, lyukbőssége megközelítőleg 0,8 mm. Mindhárom mikrohabitat esetén a víztestből 10 csapásnyi, az üledékből pedig 2 merítésnyi mintát vettünk ezzel az eszközzel.

A vizsgálat céljaira annak érdekében választottuk ki egy meghatározott élőhely három egymáshoz közeli mikrohabitatját, hogy a minták közötti különbségek kizárólag a mikrohabitat hatását fejezzék ki. Korábbi munkáinkban (SIPKAY 2005, SIPKAY et al. 2005, SIPKAY és HUFNAGEL 2006 in press) a mikrohabitatok közötti különbségek vizsgálatáról (és minden ezzel kapcsolatos elméleti problémáról) részletesen írtunk. Jelen munkánkban az időbeli változások vizsgálatára összpontosítunk, ezért az egy gyűjtési időpontban vett mintákat egyben vizsgáljuk, figyelmen kívül hagyva, hogy az egyedek melyik mikrohabitatból, valamint víztestből vagy iszapból származnak.

Mindhárom év egész vegetációs időszakában igyekeztünk viszonylag nagy gyakorisággal mintát venni. A terepi munka időszaka tavasztól késő őszig terjedt. 2002-ben összesen 16 mintát vettünk, április 29-től november 16-ig. Ebben az évben az időjárási körülmények (rendkívül felerősödő hullámváz) gyakran lehetetlenné tették a gyűjtést. Ennek következtében néhány alkalommal bizonyos mikrohabitatokból nem történt mintavétel, vagy a víztestből való gyűjtések maradtak el. 2003-ban, március 31. és november 9. közötti időszakban 13 alkalommal vettünk mintát. Július 13.-án lehetett először észlelni a *Najas marina* hínármezők jelenlétét helyenként, a víz alatt alig látható, kisebb-nagyobb sötétlő foltokat alkotva. Július 26.-án már helyenként elérte a vízfelszínt, a gyűjtés ekkor már hínárfoltok közötti szabad vízfelületekből történt, a növényzetet is érintve. Az augusztusi időpontok során egyre jobban besűrűsödött a tüskeshínár, még szeptemberben is hasonló képet mutatott, októberre pedig a víz fenekére süllyedt és a nádas-gyékényes határáig összetorlódott réteget alkotott a tófenéken. 2004-ben mindössze hét alkalommal történt gyűjtés április 17. és november 29. között. Júniusban már jelen volt a *Potamogeton perfoliatus* a nyílt víz mintavételi helyen, július és augusztus havában sűrű állományt alkotott, az októberi gyűjtéskor pedig jelentős mennyiségű hínárnövényzet volt betorlódva a nádas és gyékényes állományok elé.

Gyűjtéseinket egy rendkívül aszályos időszakban végeztük. A 2000. évtől kezdődő vízszint csökkenés 2003-ra érte el a mélypontot, majd 2004-ben már újból magasabb értékek voltak tapasztalhatók.

A mintákban lévő állatokat taxonómiai és testméret kategóriák (valamint fejlődési állapot, mint: lárva, imágó) szerinti csoportok szerint válogattuk szét (morfon). Az állatok méretkategóriákba sorolása elsősorban a testtérfogat becslése miatt fontos. Alapvetően öt testméret kategóriát alkalmaztunk. A testtérfogat értékét számítással érdemes közelíteni, ami azon alapul, hogy az állatok alakját mértani idomhoz hasonlítjuk, amelynek térfogata egyszerű képletek alapján kiszámítható.

A többváltozós matematikai elemzéshez a PALSTAT programot (RYAN et al. 1995) használtuk.

## Eredmények és értékelés

### 1. A makrogerinctelenek áttekintése, szezonális dinamikai mintázatai és diverzitási viszonyai a terepi adatok alapján

Legnagyobb mennyiségben Tubificidae került elő az iszapól, a *Limnomysis benedeni* pedig a víztestből. Továbbá a Chironomidae és az ágascsapú rákok jelentkeztek kiemelkedő egyedszámban. Az előkerült taxonok átlagos egyedszám értékei az 1. táblázatban tekinthetők meg.

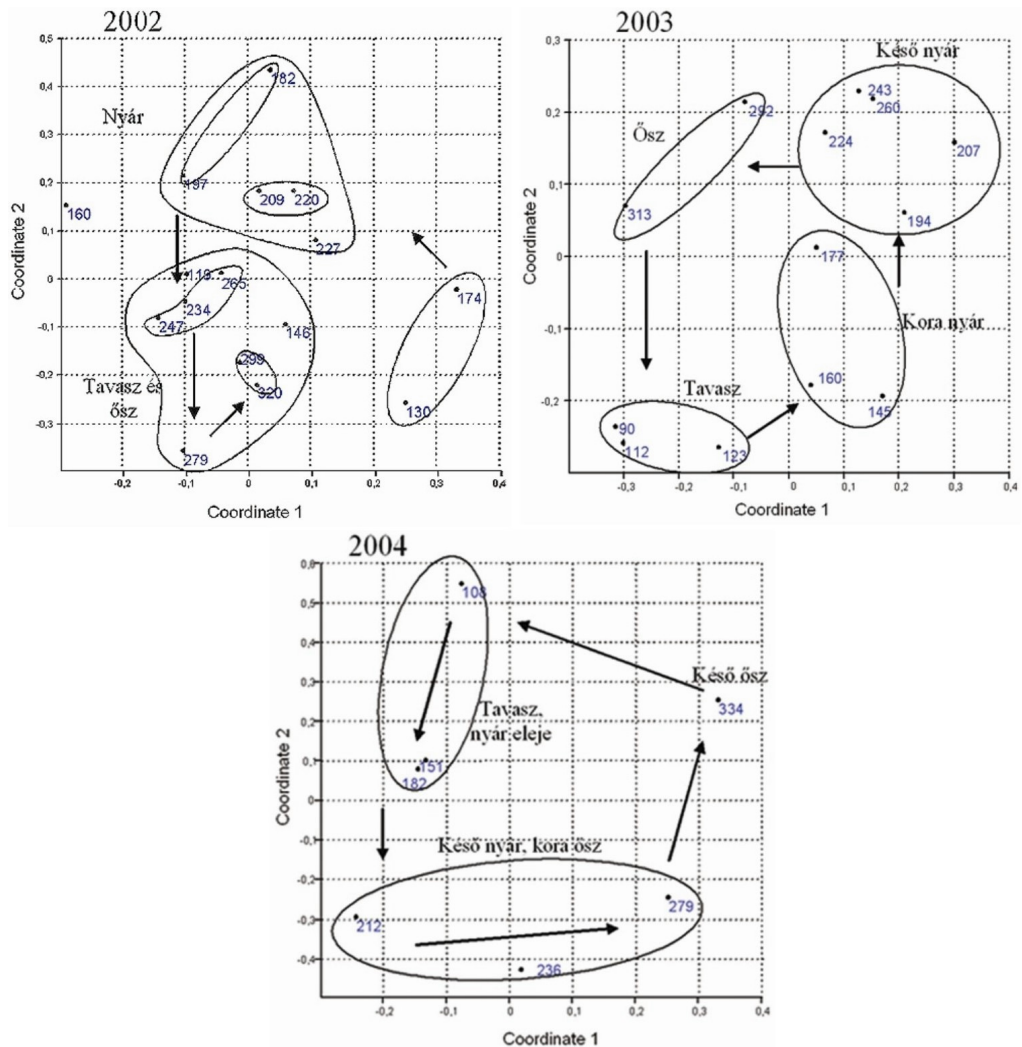
Számos csoport esetén a pontos faji identifikáció még nem történt meg. Tubificidae taxonon belül legtöbb esetben *Pothamotrix* sp, valamint *Branchiura sowerbyi* került elő. A halivadékok egyes lárvastádiumait meghatároztuk, faji identifikáció csak néhány esetben történt meg. Az esetek többségében három halfaj valószínűsíthető: *Rutilus rutilus* L., *Scardinius erythrophthalmus* L. vagy *Alburnus alburnus* L. (egy esetben még *Rhodeus sericeus amarus* Bloch. is lehet)

	2002	2003	2004		2002	2003	2004
HYDROZOA				ODONATA			
<i>Hydra circumcincta</i> Shulze	0,0	0,5	0,7	<i>Ischnura</i> sp.	0,1	5,2	6,1
OLIGOCHAETA				Anisoptera	0,0	0,0	0,1
Tubificidae	91,1	208,2	177,4	HETEROPTERA			
<i>Pristina</i> sp.	6,1	15,7	67,3	<i>Aquarius paludum paludum</i> Fab.	0,1	0,5	0,0
HIRUDINEA				Egyéb Gerridae	0,1	0,5	0,1
<i>Piscicola geometra</i> L.	1,3	0,8	4,3	<i>Micronecta meridionalis</i> Costa.	0,0	0,2	0,0
<i>Glossiphonia heteroclita</i> L.	0,0	0,2	4,1	<i>Sigara</i> sp.	0,0	1,6	0,0
<i>Erpobdella octoculata</i> L.	0,0	0,2	0,6	<i>Sigara striata</i> L.	0,0	0,3	0,4
<i>Helobdella stagnalis</i> L.	0,4	0,5	1,3	Egyéb Corixidae	0,0	0,3	0,0
BIVALVIA				<i>Microvelia</i> sp.	0,9	3,0	27,9
<i>Dreissena polymorpha</i> Pall.	2,7	1,5	3,9	<i>Microvelia reticulata</i> Scholtz.	0,0	1,0	0,0
<i>Pisidium</i> sp.	0,0	0,1	0,0	<i>Mesovelia furcata</i> Mulsant et Rey.	0,1	0,1	0,3
GASTROPODA				<i>Ranatra linearis</i> L.	0,0	0,0	0,1
<i>Acroloxus lacustris</i> L.	0,6	7,1	12,4	HOMOPTERA (Aphidinea)	0,0	2,0	1,1
Egyéb Gastropoda	0,1	0,1	0,7	COLEOPTERA	0,4	0,5	0,6
ARACHNOIDEA				TRICHOPTERA			
Hydrachnidae	0,0	0,8	0,7	Hydroptilidae	0,0	0,5	0,0
Araneidea	0,3	0,4	0,4	Polycentropodidae	0,1	0,0	0,0
CRUSTACEA				Limnephilidae	0,1	0,8	1,1
<i>Limnomysis benedeni</i> Czern.	112,3	34,8	186,9	Egyéb Trichoptera	0,0	0,0	0,1
<i>Dikrogammarus</i> sp.	4,2	2,2	3,9	DIPTERA			
<i>Corophium curvispinum</i> G.O.Sars	2,8	1,2	6,3	Chironomidae	42,8	35,8	33,9
<i>Argulus</i> sp.	1,5	0,5	0,3	Ceratopogonidae	0,8	2,5	0,6
<i>Leptodora kindtii</i> Focke	43,3	1,7	0,4	Tipulidae	0,0	0,2	0,1
Egyéb Cladocera	64,4	76,1	35,4	Tabanidae	0,0	0,0	0,3
<i>Asellus aquaticus</i> L.	0,0	0,2	0,7	Syrphidae	0,0	0,0	0,1
Copepoda	4,2	1,4	1,0	PISCES (Cyprinidae)	0,8	2,2	5,0
COLLEMBOLA	0,0	0,0	0,1				
EPHEMEROPTERA							
Caenidae	0,0	1,5	5,3				
Baetidae	0,3	11,9	24,3				

**1. táblázat.** Az előkerült taxonok átlagos egyedszáma (db) a vizsgált években. (adott évben gyűjtött összes egyedszám osztva az évhez tartozó gyűjtési időpontok számával)

Az időbeli mintázatok vizsgálatához ordinációs módszereket és cluster-analíziseket végeztünk, többféle módszerrel. Mindezek hasonló eredményekre vezettek. Eredményeinket legjobban NMDS segítségével, Jaccard távolságfüggvény alkalmazásával készült ordinációs ábrákon tudjuk bemutatni (1. ábra). Az ordinációs

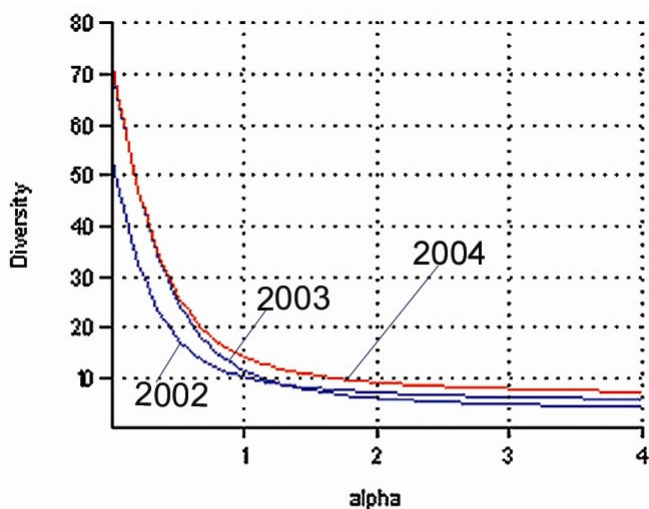
ábrákon jól látható, hogy a cönológiai állapotok a vegetációs időszak során egy szezonalitást kifejező állapotváltozási ciklust írnak le. A 2002. évben azonban nem figyelhető meg szabályos trajektória. A leginkább rendhagyóan viselkedő csoportok azon szezon eleji időpontokra esnek, amikor erősen hullámós körülmények között kellett a gyűjtéseket végezni. Előfordult, hogy emiatt csak az iszapból történt sikeres mintavétel (hibának is minősíthető, 138. nap). A további két évben ilyen probléma nem jelentkezett, szabályos trajektória és viszonylag jól elkülönült csoportosulások jellemzők. A 2003. évben részletesebben elkülöníthetők az év egyes szakaszaira jellemző csoportosulások a 2004. évhez képest, amelynek oka az előbbi év gyakoribb mintavételezéseiben keresendő.



**1. ábra.** A makrogerinctelen együttes cönológiai állapotváltozásai és az időpontok hasonlósági mintázata NMDS-el készült ordináción, Jaccard távolságfüggvény alkalmazásával. Az ábrán a mintavétel időpontjainak sorszámai vannak feltüntetve.

A gyakori és tömeges morfonok (az összes Tubificidae, a Chironomidae és a *Limnomysis benedeni* legtöbb mérettartománya, valamint a *Corophium curvispinum* és a *Dicerogammarus sp* közepes méretű példányai) az egész évben folyamatosan jelen voltak. Mindhárom évben a tavasz eleje bizonyult a legszegényebb időszakknak, ekkor általában a gyakori szervezetek (pl. árvaszúnyog lárvák és a pontusi tanúrák) nagyobb példányai jellemzők. 2002-ben kora tavaszi csoport nem különült el, amelynek egyik oka a mintavételek viszonylag késői kezdete (április 29) másrészt az említett időjárási szélsőségek zavaró hatása. A kora nyári csoportra leginkább a halivadékok és a *Leptodora kindtii* jellemző. Legtöbb morfon a késő nyári időszakban figyelhető meg (pl. számos poloska morfon, kérész, szitakötő és tegzes lárvák). Ősszel megint kevesebb morfon mutatkozik, főleg a vándorkagyló és a csigák legtöbb mérettartománya, *Sigara striata* imágó, késő ősszel pedig, a kora tavaszhoz hasonlóan, kevesebb élőlény nagyobb méretű példányai fordulnak elő (pl. *Piscicola geometra*).

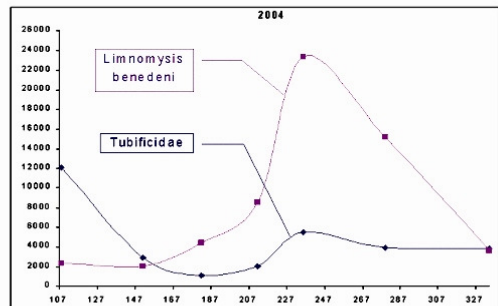
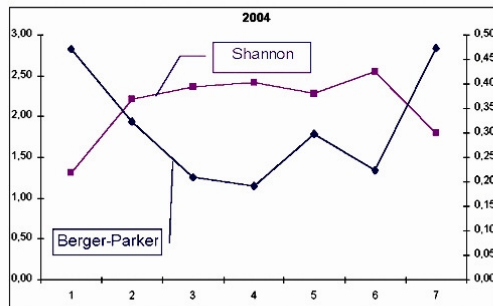
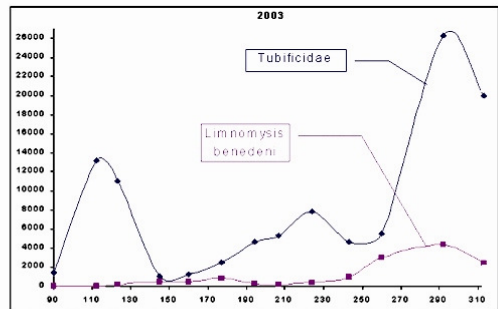
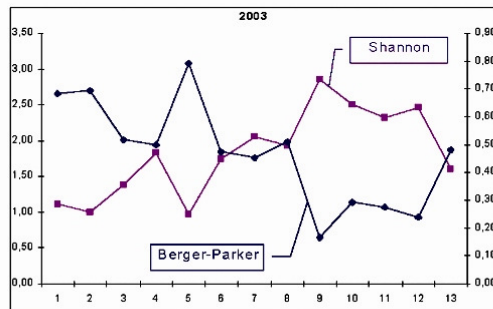
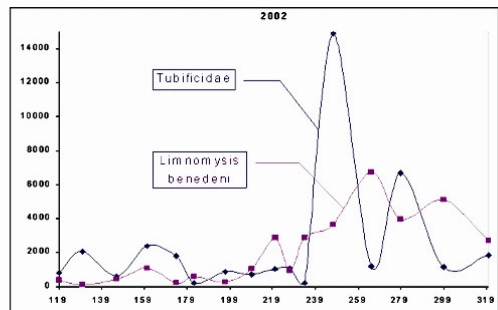
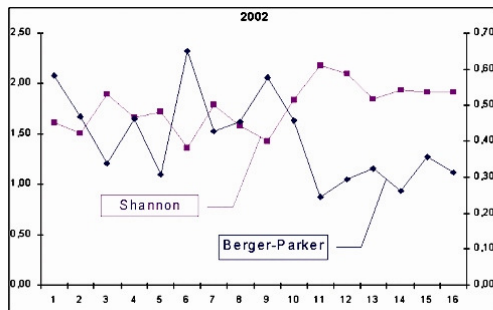
Az egyes évek diverzitási szempontból való összevetéséhez a Rényi-féle diverzitási rendezés módszerét választottuk (2. ábra). A diverzitási rendezések a morfonok alapján készültek. Legkevésbé diverznek a 2002. év mutatkozott, bár a 2003. évvel nem vethető össze, mert a görbék átkereszteződnek. A görbék lefutásából azonban arra következtethetünk, hogy a ritka morfonokban a 2003. év jelentősen gazdagabb, a domináns szervezetek esetén pedig a 2002. tekinthető kevésbé gazdagabbnak. Leginkább diverznek a 2004. év tekinthető, a skálaparaméter teljes tartományában, de ritka szervezetek tekintetében a 2003. év erősen megközelíti ezt az évet.



2. ábra. A vizsgált 3 év diverzitási profiljai (Rényi-féle diverzitási rendezés)

A diverzitási viszonyok éven belüli alakulásának szemléltetéséhez a Shannon indexet és a Berger–Parker dominanciaindexet ábrázoltuk (3. ábra). A 2002. és a 2003. év több ponton hasonlít egymáshoz: jelentős visszaesés tapasztalható júniusban (a dominancia értékek jelentős emelkedésével), valamint a legdiverzebb időpont valamelyik augusztusi napra esik. Azonban 2002-ben a diverzitás magas

marad ősz végéig, 2003-ban pedig drasztikus letörés tapasztalható (a dominanciaindex pedig növekszik). Ebben az aszályos évben a dominanciaindex feltűnően magas értékkel szerepel a többi évhez képest. 2003-ban a legdiverzebb időszak egybeesik *Najas marina* hínár jelenlétének idejével, továbbá magasabb maximális értéket ér el, mint a teljesen hínármentes 2002. évben. Ez a hínár jelentőségére hívja fel a figyelmet. Mindezt erősíti a 2004. évben megfigyelhető jelenségek is. Ekkor kora nyártól késő ősziig magas diverzitás értékek tapasztalhatók, a legmagasabb érték októberre esik. A *Potamogeton perfoliatus* ekkor az egész szezon során jelen volt, októberben pedig nagy mennyiségű hínárnövényzet halmozódott fel a gyűjtőhelyen. A szezon legelején és végén a domináns szervezetek uralma jellemző.



3. ábra. A Shannon diverzitás (bal tengely) és a Berger-Parker féle dominanciaindex (jobb tengely) értékeinek időbeli változása.

4. ábra. A *Limnomyxis benedeni* és *Tubificidae* testtérfogat (mm<sup>3</sup>) mennyiségének időbeli változásai a 3 év során (x tengelyen a napok sorszáma)



A két, mennyiségileg leginkább meghatározó szervezet szezonális dinamikája látható a 4. ábrán. 2002-ben változatos kép jellemző: június végéig inkább a Tubificidae dominál, augusztus végéig nagyjából egyforma a mennyiségük, majd a két szervezet egymást váltó csúcsai következnek. A rendkívül aszályos 2003. évben végig a Tubificidae volt nagyobb mennyiségben jelen, 2004-ben pedig nyár elejétől határozottan a pontusi tanúrák. Ezen jellegzetességek alapján feltételezhető, hogy az erősen alacsony vízszint inkább az iszaplakó, elsősorban detritivor csővájó férgeknek kedvez, míg a magasabb vízszint a növényes vizeket kedvelő, zoofág *Limnomysis benedeni* számára jelent előnyt. Mindezt tovább erősíti az a tény is, hogy messze a legmagasabb Tubificidae testtérfogat érték a legalacsonyabb vízszintű napon, 2003. októberében tapasztalható.

## 2. A *Limnomysis benedeni* testtérfogat szezonális változásainak időjárásfüggő szimulációs modellezése

A modell célja annak vizsgálata, hogy a napi középhőmérséklet és vízszint szezonális alakulása okozhat-e a terepi adatokhoz hasonló szezonális cönológiai állapotváltozási mintázatot. Modellünkben a vizsgált faj testtérfogat mennyisége az év első mintavételi napjától kezdve (ahonnan az első mennyiségi érték származik) egy vízállástól és napi középhőmérséklet értéktől függő szorzó szerint változik. Mindezt az alábbi képlettel lehet kifejezni:

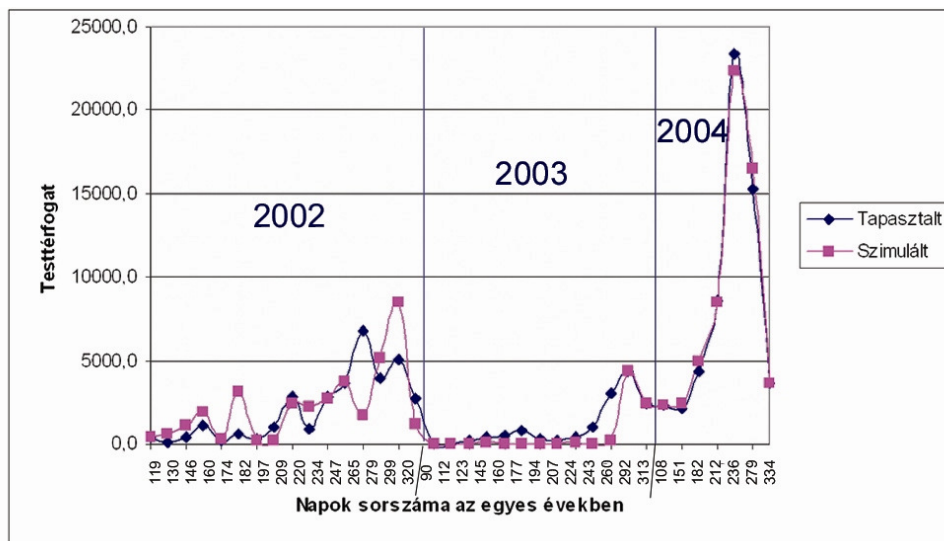
$B_t = R_{T,V} \cdot B_{t-1}$ ; ahol  $B_t$  a testtérfogat  $t$  időpontban,  $R_{T,V}$  a napi középhőmérséklet- és vízszint intervallumokhoz rendelt konstans, amely a modell paramétere.

Összesen tíz paraméterrel dolgoztunk (2. táblázat), amelyeket az MS Excel Solver segédprogramjával optimalizáltunk.

Az illeszkedés ellenőrzéséhez a három év mintavételi pontjaihoz tartozó értékeket egyetlen grafikonon mutatjuk be (5. ábra). Az ábrán látható, jól megválasztott paraméterekkel a modell jól illeszkedik a valós, tapasztalati értékekhez. A paraméterek nem követnek szabályos eloszlást, ami azzal magyarázható, hogy a modell pusztán a vízszinttől és a hőmérséklettől függő hatást fejezi ki. Ebben közvetetten jelennek meg további hatások (pl. a populációs interakcióké), amelyek a paraméterek eloszlásának szabálytalanságát okozzák. Ez az állapot a modellezés kezdeti fázisát jelenti, a későbbiekben szükséges újabb tagok beemelésével (pl. táplálékszervezetek mennyisége) fejlesztéseket végezni.

	<10	10<x<14	14<x<21	21<x<24	24<x
80<x<90	0,93	1,00	0,98	1,00	0,99
72<x<80	0,93	1,00	1,04	1,00	0,99
65<x<72	1,07	1,00	1,04	1,02	0,99
40<x<65	1,07	1,03	0,99	1,02	0,99
x<40	0,97	1,03	0,99	0,99	0,99

**2. táblázat.** A modell paramétereiként használt, napi középhőmérséklet- (oszlopok) és vízállás (sorok) kategóriák szerinti szorzók ( $R_{T,V}$ )



**5. ábra.** A *Limnomysis benedeni* tapasztalt és szimulált testtérfogat adatai a három év során

## Összefoglalás és kitekintés

A Balaton egy nádas és hínáros jellegű növényzettel benőtt mintavételi pontján végzett többéves vizsgálatsorozatunk alapján megkíséreltük finomabb felbontásban feltárni a szezonális mintázatokat. Eredményeink alapján is érdemesnek tekinthető gyakoribb mintavételezésre törekedni (és nem megelégedni egy év során négy alkalommal vett mintával, mint a bevezetésben említett korábbi munkák esetén), az év egyes szakaszaira jellemző csoportosulások részletesebb feltárása céljából. A 2002. évben jelentkező, feltehetően időjárási szélsőségek okozta eltérések későbbi kizárása miatt a későbbiek során jobban kell ügyelni arra, hogy a mintavételezések hasonló időjárási körülmények között történjenek. Mindezek figyelembevételével, a vizsgálatsorozat folytatásával a jövőben részleteiben leírható egy szezonális kifejező állapotváltozási ciklus, lehetővé válik az év egyes szakaszaira jellemző morfon csoportosulások, a cönológia hagyományos fogalmait használva (BALOGH 1953) akár aspektusoknak nevezhető csoportok elkülönítése is (HUFNAGEL és GAÁL 2005).

A vízszint változásai és a hínárnövényzet megjelenése nagy hatással volt a makrogerinctelen faunára. A hínárnövényzet hatása a diverzitás növelésében, a vízszintsökkenés pedig a Tubificidae erőteljesebb dominanciájában nyilvánult meg legszembetűnőbben.

A pontusi tanúrák mennyiségének szezonális változásait vízszinttől és hőmérséklettől függő modellel próbáltuk közelíteni. A modell jó közelítést adott a tapasztalati értékekre, azonban a paraméterek nehezen értelmezhető eloszlása miatt további fejlesztések szükségesek. A fejlesztések eredményeként kapott modellel (vagy modellekkel), klímaszcenáriók felhasználásával a jövőben lehetőség nyílik a klímaváltozás lehetséges forgatókönyveinek feltárására egy vízi makrogerinctelen közösségben.

## Irodalom

- BALOGH, J. (1953): A zoocönológia alapjai. [Grundzüge der zoözoologie] – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- BARROW, E.M. (1993): Scenarios of climate change for the European Community. – European Journal of Agronomy, 2(4): 247–260.
- BÍRÓ, K. – GULYÁS, P. (1974): Zoological investigations in the open water *Potamogeton perfoliatus* stands of Lake Balaton. – Annal. Biol. Tihany 41: 181–203.
- BORHIDI, A. (2003): Magyarország növénytársulásai. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- ENTZ, B. (1947): Qualitative and quantitative studies in the coatings of *Potamogeton perfoliatus* and *Myriophyllum spicatum* in Lake Balaton. – Magyar Biológiai Kutató Intézet Munkái 17: 17–37.
- FODOR, N. – KOVÁCS, G.J. (2003): Sensitivity of 4M maize model to the inaccuracy of weather and soil input data. – Applied Ecology and Environmental Research 1(1–2): 75–85.
- HUFNAGEL, L. – GAÁL, M. (2005): Seasonal dynamic pattern analysis service of climate change research. – Applied Ecology and Environmental Research 3(1): 79–132.
- GAÁL, M. – SCHMIDTKE, J. – RASCH, D. – SCHMIDT, K. – NEEMANN, G. – KARWASZ, M. (2004): Simulation experiments to evaluate the robustness of the construction of monitoring networks. – Applied Ecology and Environmental Research 2(2): 59–71.
- JORDÁN, F. (2003): Comparability: the key to the applicability of food web research. – Applied Ecology and Environmental Research 1(1–2): 1–18.
- KOVÁCS, M. (1991): A Balaton növényzetének vizsgálata 1900-tól napjainkig. In: BÍRÓ, P. (szerk) 100 éves a Balaton-Kutatás. – Tihany. 63–68.
- HARNOS, N. (2003): A klímaváltozás hatásának szimulációs vizsgálata őszi búza produkciójára. – „Agro-21” Füzetek 31: 56–33.
- LADÁNYI, M. – HORVÁTH, L. – GAÁL, M. – HUFNAGEL, L. (2003): An agro-ecological simulation model system. – Applied Ecology and Environmental Research 1(1–2): 47–74.
- MÁTÉ-GÁSPÁR, G. – KOVÁCS, G.J. (2003): Use of simulation technique to distinguish between the effect of soil and weather on crop development and growth. – Applied Ecology and Environmental Research 1(1–2): 87–92.
- MUSKÓ, I. B. – BALOGH, CS. – BAKÓ, B. – LEITOLD, H. – TÓTH, Á. (2004): Gerinctelen állatok szezonális dinamikája balatoni hínárosban, különös tekintettel néhány pontokáspi inváziós fajra. – Hidrológiai Közöny, 84: 12–13.
- PONYI, J. (1956): A balatoni hínárosok Crustaceáinak vizsgálata. – Állattani Közlemények 45: 107–121.
- PONYI, J. (1991): A Balaton gerinctelen kutatásának egy évszázada. In: BÍRÓ, P. (szerk.): 100 éves a Balaton-Kutatás. – Tihany. 77–84.
- RÉDEI, D. – GAÁL, M. – HUFNAGEL, L. (2003a): Spatial and temporal patterns of true bug assemblages extracted with Berlese funnels (Data to the knowledge on the ground-living Heteroptera of Hungary, № 2). – Applied Ecology and Environmental Research 1(1–2): 115–142.
- RÉDEI, D. – HARMAT, B. – HUFNAGEL, L. (2003b): Ecology of the Acalypta species occurring in Hungary (Insecta: Heteroptera: Tingidae). – Applied Ecology and Environmental Research 2(2): 73–90.
- RÉDEI, D. – HUFNAGEL, L. (2003): The species composition of true bug assemblages extracted with Berlese funnels (Data to the knowledge on the ground-living

- Heteroptera of Hungary, № 1). – Applied Ecology and Environmental Research 1(1–2): 93–113.
- RYAN, P.D. – HARPER, D.A.T. – WHALLEY, J.S. (1995): PALSTAT, Statistics for paleontologists. – Chapman & Hall (now Kluwer Academic Publishers).
- SINGH, N.B. – KHARE, A.K. – BHARGAVA, D.S. – BHATTACHARYA, S. (2004): Optimum moisture requirement during Vermicomposting using *Perionyx excavatus*. – Applied Ecology and Environmental Research 2(1): 53–62.
- SIPKAY, CS. (2005): Módszertani esettanulmány mikrohabitatok zoocönológiai mintázatfeltárásához egy vízi makrogerinctelen közösségben. – VII. Magyar Biometriai és Biomatematikai Konferencia, Abstract Kötet: 46–47.
- SIPKAY, CS. – HUFNAGEL, L. (0000): Makrogerinctelenek vizsgálata három jellegzetes balatoni mikrohabitatban. – Hidrológiai Közöny (in press)
- SIPKAY, CS. – HUFNAGEL, L. – GAÁL, M. (2005): Zoocoenological state of microhabitats and its seasonal dynamics in an aquatic macroinvertebrate assembly (Hydrobiological case studies on Lake Balaton, №.1) – Applied Ecology and Environmental Research 3(2): 107–137.