

# A MAKRO- ÉS MEIOBENTOSZ STRUKTURÁLIS ÉS FUNKCIONÁLIS SZEREPE A DUNAI DETRITUSZLÁNCBAN

OTKA T 046180 – zárójelentés

A kutatás célkitűzése az volt, hogy a Duna litorális régiójában feltárjuk az üledék felszínén és az üledékben élő – a detrituszra épülő táplálékhálózatban résztvevő – társulások egyes strukturális és funkcionális jellemzőit. Mivel egy négyéves pályázat keretén belül illuzórikus a folyam „teljes” bentikus anyagforgalmi rendszerének kutatását felvállalni, a következő kapcsolódó részterületeken terveztük és folytattuk vizsgálatainkat: 1/a dunai mederanyagnak – a bentikus szervezetek rendelkezésére álló – szervesanyag tartalma; 2/ a detrituszláncban szerepet játszó makro- és meiobentosz szervezetek, funkcionális táplálkozási csoportok minőségi és mennyiségi összetétele; 3/ a makrogerinctelenek és halak béltartalom vizsgálatokon alapuló táplálkozási kapcsolata. Mindhárom kérdéskörben vizsgáltuk a tér- és időbeli változásokat.

Kezdetben terveztük vizsgálni a Dunakanyarban a folyam középszakaszaának tipikus, de hidrológiailag és anyagforgalmilag lokálisan eltérő – szedimentálódó, ill. eróziós – partszakaszait, feltételezve, hogy az anyag és energia hozzájárulásuk eltérő volta miatt a részjelenségek felfedezése szembeűnőbb. A térbeli jelenségek részletesebb feltárása végett vizsgálatainkat menetközben, térben több irányba is kiterjesztettük: vertikálisan a hiporheikus régió irányába (15 cm mélységig három rétegben); horizontálisan pedig a térléptéket szűkítettük is meg tágítottuk is. A vizsgált 20 km-es (Kismaros-Göd közötti) folyószakaszon belül egy kisebb (kb. 1 km hosszúságú) sziget térségében is vizsgáltuk a depozíció lokális eltéréseit, ill. a Dunakanyarban kapott eredmények nagyságrendi elhelyezése érdekében a Börzsöny hegység patakjaitól-Paksig, egy másodrendű patak-folyó-folyam „kontinuum”-ot is vizsgálatát is megkezdtük.

Időben – a vízjárás megszabta lehetőségeket is figyelembe véve – elsősorban az évszakosság szerint dolgoztunk és értékeltünk. Az összehasonlíthatóság és a megközelíthetőség szempontjait kombinálva a litorális régióban való gyűjtésekhez a budapesti vízmércén mért 250-200 cm alatti időszakokat vettük alapul. Minden mintát standard szűrőket használva négy frakcióra bontva vizsgáltunk: durva (C=2360-710  $\mu\text{m}$ ), finom (F=710-250  $\mu\text{m}$ ), nagyon finom (V=250-63  $\mu\text{m}$ ) és ultra finom (U=63-0,45  $\mu\text{m}$ ). Ezen mérettartományok alapján lehet értékelni a detrituszra épülő tápláléklánc szervezetei számára hozzáférhető táplálékot.

A kutatás eredményességéhez nagyban hozzájárultak, ill. megalapozták azok az eredmények, amelyek a Magyar Dunakutató Állomáson korábban – többek között OTKA pályázatok (025419, 037468) keretében – végzett vizsgálatok során születtek: a szervesanyag változásának a lebegőanyag vizsgálatával nyomon követhető több évtizedes tendenciája; a litorális régió makrogerinctelen szervezeteinek gyűjtésére kidolgozott módszerek, ill. az egész magyar Duna-szakaszra kiterjedő faunisztikai vizsgálatok.

## **Módszer**

Mivel Duna méretű folyam esetén jelenleg nem áll rendelkezésre minden tekintetben adekvát mintavételi eszköztár sehol a világon, a terepi munkák során kialakított vagy módosított módszertani eljárások is a pályázat során kapott eredményekhez sorolhatók. A mélységi mintavételekhez használt, általában 4-5 cm átmérőjű üledék (core) mintavető mellett kifejlesztettünk egy 20 cm átmérőjű mintavetőt is. Ennek a mederbe süllyesztett hengeréből először szivattyúval eltávolítottuk a vízoszlopot, ezután lehetett az üledékkémiai és zoológiai vizsgálatokhoz szükséges nagyobb mennyiségű mintát a mederanyag felső rétegeiből kinyerni. A makrogerinctelenek gyűjtésénél bevált „kick & sweep” vízihálós gyűjtési módszert sikeresen adaptáltuk a litorális régió természetes (kavicsos, homokos) partszakaszain a gébek gyűjtésére is.

## **Mederanyag-szervesanyag**

A folyómeder felszínén képződő üledék vastagsága, tér- és időbeli megjelenése különbözik az állóvízi üledékektől, nagymértékben függ az áramlástól, keveredik a meder anyagával. Jelenlegi vizsgálataink is igazolták, hogy e két komponens csak együttesen szabad kezelni (főleg a vertikális rétegek tekintetében) és ezért eredményeink a mindenkori mederanyagra vonatkoznak.

A mederanyag frakcióinak és e frakciók szervesanyagtartalmának eloszlása térben és időben – elsősorban az áramlásban bekövetkező változások miatt – jelentős heterogenitást mutat. Éppen ezért az egyes helyeket és időpontokat reprezentáló mintákat is e tér-időbeli kettőség együttes figyelembevételével lehetséges értelmezni.

A Dunakanyar vizsgált szakaszán a depozíciós és eróziós mintavételi helyek jól elkülöníthetők mederanyaguk jellemző szemösszetételi görbéje alapján. A cluster-analízis alapján évszakos bontásban a kismarosi depozíciós mintavételi hely teljesen elkülönül a két gödítől, de ez utóbbiak is szétválnak depozíciós és eróziós jellegük szerint.

A szedimentálódó zónák partélhez közeli, lassabb áramlású helyein (15 cm mélységig vertikálisan is) a mederanyag nagyon finom és az ultra finom frakciója dominál: vagy önmagában a nagyon finom, vagy a kettő egymással váltakozva. A parttól távolabbi, gyorsabb áramlású helyeken különböző arányban, de mind a négy frakció előfordul. Domináns a finom és nagyon finom frakció, de a durva frakció is 10 % körüli, ami a mélységgel növekszik. Nagyon hasonlóan alakul az eróziós partszakaszon is a finom és nagyon finom frakció (38, ill. 40 %), ill. a durva frakció (13%) aránya.

A lassabb áramlású helyek durva és finom frakciójának a szárazanyag százalékában kifejezett szervesanyagtartalma átlagosan 44 és 18% körüli, a felső 5 cm-es rétegben e két frakció mennyisége elérheti a 65, ill. 51 %-ot is, ami azután a mélységgel csökken. A gyorsabb áramlású helyeken ezek az értékek átlagban 22, ill. 3 % körüliek. Az áradás ez utóbbi helyeken jelentős (10 szeres) növekedést okozott a durva és finom frakció szervesanyagtartalmában, míg a hosszantartó vízállás csökkenés után késő ősszel 1,5 % alá csökkent a durva frakció szervesanyagtartalma.

A négy frakció százalékos szervesanyagtartalmának változásait térben és időben összehasonlítva, megállapítható, hogy a legkisebb változékonyságot az ultra finom frakció mutatja (10-15% közötti), míg a durva frakcióé a legnagyobb (1-84 % közötti).

Az egyes frakciók százalékos szervesanyag tartalmának időbeli változásában nehéz trendet megállapítani, mivel az jelentősen függ a vízjárástól, az áramlástól függően változó mederanyag frakciók arányától. Az egyes frakciók, ill. a teljes minta felületre vonatkoztatott hamumentes szárazanyagban (AFWD  $\text{g m}^{-2}$ ) kifejezett bentikus szervesanyag mennyisége (C-, F-, V-, U-, ill. TBOM) azonban jó összehasonlítást tesz lehetővé. A mederanyag összes szervesanyaga (TBOM) éves átlagban szignifikánsan csökken folyásirányban (Kismarostól Gödig). Hasonló csökkenési trendet mutat a domináns ultra finom frakció szerves anyaga. Időben – nyár elejétől késő őszig – minden helyen csökkenő tendenciát mutat az összes, ill. a nagyon finom és ultra finom bentikus szerves anyag mennyisége.

Az egyes frakciók szervesanyag tartalmának százalékos megoszlása térben hasonló, mint a frakcióké. A cluster-analízis szerint évszakos bontásban a minták két jól elváló csoportot alkotnak. A gödi minták közül az eróziós partszakasz mintái önálló alcsoportot képeznek, a depozíciós szakasz mintái zömében ide kapcsolódnak, kivéve a kora nyári mintát, mely a kismarosi minták csoportjában található.

A vizsgált Duna-szakaszra jellemző a nagyon finom és az ultrafinom (250-0,45  $\mu\text{m}$ ) tartomány közötti szervesanyag dominanciája mind a feltöltődő, mind az erodeálódó partszakaszokon. Ez a tulajdonság jellemző a nagy folyók középső és alsó szakaszára, ill. a tározók alatti térségekre.

A TBOM mennyisége évenként eltérő is lehet. 2006-ban egy a folyószakasznál kisebb térléptékű helyen, a Gödi-sziget depozíciós térségében vizsgáltuk a mederanyag összetételének és szervesanyagtartalmának heterogenitását. Itt a TBOM 120 és 610 AFWD  $\text{g m}^{-2}$  között változott a felső 5 cm-es rétegben a sziget partvonalán folyásirányban növekedve, ami elsősorban a fő tömeget adó nagyon finom és ultra finom frakció növekedéséből ered. A partikulált szervesanyagának az 1 km-nyi szakaszon elhelyezkedő „meso”-habitatokban tapasztalt heterogén mennyiségi és méretszerinti megoszlása a nagy folyókra jellemző diszkontinuitás, földdinamikák jelentőségére hívja fel a figyelmet.

A nagyobb térléptékben Börzsöny hegység patakjaitól-Paksig, egy másodrendű patak-folyó-folyam „kontinuum”-ban mért TBOM 300 és 3000 AFWD  $\text{g m}^{-2}$  között változott 2007-ben. Az összes bentikus szerves anyag döntő többségét az ultra finom hányad adta, melynek folyamatos, 10-szeres növekedését lehetett detektálni a folyam szakaszon folyásirányban (Gödtől Paksig). Szoros korrelációval járó csökkenő trendet tapasztaltunk a „kontinuum” teljes hosszában a durva és finom frakciók bentikus szervesanyaga esetében.

A vizsgált Duna-szakaszon a mederüledék felső 5 cm-ének százalékos szervesanyaga 0,5-14,0 % között változik (átlagban  $5,14 \pm 3,1$  %,  $n=80$ ). A bentikus szervesanyagnak a mederanyag tömegére számított százalékos értéke már jó összehasonlításra ad lehetőséget más szakaszokkal, más folyókkal. A Dunakanyarra kapott eredmény a kevésbé szennyezett angliai, hollandiai és tajvani síkvidéki folyókra jellemző tartományba (0.6-21 %) esik. A mederüledék felső 5 cm-ének százalékos szervesanyag tartalmának éves átlaga a kismarosi depozíciós szakaszon szignifikánsan ( $p < 5\%$ ) nagyobb, mint a két gödi mintavételi helyen. ahol gödi eróziós és depozíciós szakasz között nincs szignifikáns különbség. Időben minden helyen csökken a felső 5 cm-es réteg százalékos szervesanyag tartalma.

A meder területegységére számolt frakciónkénti és összes bentikus szerves anyag adatok és a % adatok kiemelkedő jelentőségűek, mert korábban a magyar Duna-szakaszra nem állt rendelkezésre ilyen, más folyókkal is összehasonlítható adat. Az ismert tömegű core mintákban százalékosan meghatározott összes szervesanyagból egy lineáris összefüggés segítségével kiszámítható a négyzetméterre vonatkoztatott mennyiség:  $TBOM (g AFDW m^{-2}) = 408,1 \times TBOM (\%), R^2 = 0.902$ .

## Makro- és meiofauna

A mederüledékben a bentikus szervezetek rendelkezésére álló szervesanyag vizsgálatával párhuzamosan történő makro- és meiofauna társulások vizsgálata során többféle – faunisztikai, mennyiségi, populációdinamikai, inváziós, haltáplálék – eredmény született.

A felszíni 5 cm-es rétegben a core mintavételek szervesanyag vizsgálatával párhuzamosan, Surber mintavevő segítségével (általában 5 ismétlésben) vett mennyiségi minták rendkívül részletes és időigényes feldolgozása (kb. 36000 egyed) a Dunakanyar vizsgált Kismaros-Göd szakaszára egy nagyon részletes faunisztikai felmérést és pontos felületre (négyzetméterre) vonatkoztatott egyedszám adatokat eredményezett. A feltárt 14 magasabb taxon és 45 faj négyzetméterenkénti egyedszáma 122 és 2860 között változott helytől és évszaktól függően.

A térben és időben legrészletesebb 2005-ös adatsor alapján sem a csoport-, sem a fajszámában nincs szignifikáns különbség a mintavételi helyek között. Az évszakos fajlisták alapján végzett cluster-analízis dendrogramján két különálló csoport jelenik meg, a nagyobbik egymással keveredve tartalmazza a két szedimentálódó partszakasz mintáit. A másik, kisebb csoportban van a gödi eróziós partszakasz összes mintája, és a kismarosi késő őszi minta. A kumulatív éves fajlisták alapján kapott kép hasonló, az eróziós partszakasz elválik az egymástól térben távoli, de fajösszetételében hasonló depozíciós partszakaszoktól.

Folyásirányban az éves átlag csökkenő tendenciát mutat, de a helyek közti különbség nem szignifikáns.

Az összegyedszám alakításában a következő 5 rendszertani csoport játszik szerepet, a felemáslábú rákok (Amphipoda), a kagylók (Lamellibranchiata), az árvaszúnyogok (Chironimidae), a kevésertéjű gyűrűsférgék (Oligochaeta) és a csigák (Gastropoda). Az egyes csoportok százalékos megoszlásából látszik, hogy a szedimentálódó szakaszokon a kagylók (41-39 %) és az árvaszúnyogok (24-34 %) dominálnak, a csigák pedig 9-10 %-ban vannak jelen. Ezekhez jönnek a szedimentálódó szakaszokon 16 %-ban a felemáslábú rákok, 11 %-ban pedig a kevésertéjű férgék. Az eróziós szakaszon 63 %-ban a felemáslábú rákok vannak, őket a kagylók követik 28 %-al, és 8-8 %-al a csigák és árvaszúnyogok. Időben az összegyedszámok minden mintavételi helyen kora nyártól kora őszig folyamatosan csökkennek, késő ősze azonban ugrásszerűen megnőnek.

A talált fajokat a következő 7 funkcionális táplálkozási csoportba lehetett sorolni: aprítók (SHR), legelészők (GRA), aktív filtrálók (AFIL), passzív filtrálók (PFIL), detrituszevők (DET), ragadozók (PRE) és egyéb táplálkozásúak (OTH). A funkcionális táplálkozási csoportok éves megoszlása hasonlóságot mutat a szedimentálódó szakaszok között, de eltérő az eróziós szakaszon. Az előbbi helyen az aktív filtrálók dominálnak (48-46 %), őket követik a detrituszevők (26-34 %) és a aprítók (10-11 %). Az eróziós szakaszon ugyan domináns az aktív filtráló csoport (30%), de a többi csoport is közel egyenlő – 10-17% közötti – arányban képviselve van.

A funkcionális táplálkozási csoportok évszakos spektrumai alapján végzett cluster-analízis dendrogramja igen hasonló az évszakos fajlisták alapján kapott képhez. A szedimentálódó partszakaszok mintáit a detrituszevő és a passzív szűrő, ill. aktív szűrő táplálkozású szervezetek arányában lévő különbségek osztják további két csoportra.

A bentikus szervesanyag csökkenése késő ősze magyarázható a nagyságrendileg megnövekvő összegyedszámú makroszkopikus gerinctelen szervezet által elfogyasztott mennyiséggel. A fennmaradó szervesanyag mennyiség is még jelenthet túlkínálatot. Ez utóbbit támaszthatja alá, hogy szoros korrelatív

összefüggés nem mutatható ki a bentikus szerves anyag összes, ill. frakcióinak mennyisége és a bentikus szervezetek (összegyedszám, funkcionális táplálkozási csoportok) között.

Ezek – a magyar Duna-szakaszon elsőként végzett, más nagy folyón elsősorban a mintavételi nehézségek miatt hiányzó – vizsgálati eredmények is igazolni látszanak azt, hogy a kontinuitás jelenségét nagy folyók rövidebb szakasz léptékű vizsgálata esetén nem tudjuk kimutatni, a folt mozaikok diszkontinuos hierarchiája érvényesül.

A nagy folyók, így a Duna esetében is, a kutatások előterében elsősorban az üledékfelszínén és az üledékében élő makrogerinctelen társulások strukturális és funkcionális – a detritusz alapú táplálékhálózat menti – kapcsolatainak feltárása áll. Az üledék felszíni szokásos vizsgálatok kiterjesztése mélységben és az üledékben zajló folyamatok, valamint az abban résztvevő szervezetek megismerése alapvetően fontos az egységben működő – de sokszor külön-külön vizsgált és értékelt – régiók szempontjából. A gyakorlat számára a hiporheikus régió szervezeteinek és funkciójának ismerete rendkívüli jelentőségű a folyót ért szennyezések kivédése (refugium) és a rehabilitáció szempontjából. E régióra vonatkozó minden újabb ismeret szinte közvetlenül is hasznosítható a folyóvizek biológiai indikációja, a biológiai vízminősítés gyakorlatában. A mederanyag szervesanyag készletének meghatározása mellett – az üledéklakó meiofauna közösségek és állományaik tér- és időbeli változásának feltárását is megkezdjük a Dunakanyar két jellegzetes depozíciós partszakaszán. A 11 magasabb rendszertani csoportból domináns volt a Nematoda és az Oligochaeta, a 17 faji szintig meghatározott taxonból pedig a *Limnocythere inopinata* (Baird) Ostarcode faj. A taxonok jelentős hányada az üledék felső 5 centiméteres rétegében fordult elő, 10-15 centiméter között számuk jelentősen csökkent, ill. sok esetben hiányoztak. Az egyedszám maximumok is (átlagosan a három rétegben talált egyedek 74 %-a) az üledék felső 5 centiméteres rétegében jelentkeztek. Az egyes csoportoknál – mint pl. a kistrákok esetében – rövidtávon megfigyelhetők bizonyos térbeli eltérések egy-egy faj jelenléte vagy hiánya alapján, de tendenciózus vagy szignifikáns különbséget, amely köthető lenne a lokálisan eltérő áramlási és alzatviszonyokhoz, nem támasztott alá az adatok matematikai-statisztikai elemzése sem.

### *Populációdinamika*

A makroszkopikus gerinctelenek egy csoportjának a kistestű kagylóknak részletes tér- és időbeli mintázatteltárására is sor került a pályázati munka során. A Dunakanyarból 14 kagylófaj került elő, ami a magyar Duna-szakasz kagylófaunájának 82,4%-t, az országosénak pedig 63,6%-t teszi ki. Köztük van két invazív (*Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha*) és 3 országosan ritka faj (*Pisidium amnicum*, *Sphaerium rivicola*, *Sphaerium solidum*). Az 5 leggyakoribb kagyló közül legmagasabb denzitással a *Pisidium supinum* (1088 ind. m<sup>2</sup>) és a *Corbicula fluminea* (736 ind. m<sup>2</sup>) fordult elő késő ősszel jelentős vízállás csökkenés után Kismarosnál. Az itt lévő iszapos-homokos alzat a legalkalmasabb élőhely a kagylófajok többsége számára, a legmagasabb összesített abundancia értékek itt figyelhetők meg. A gödi kavicsos-homokos alzat csak néhány kagylófaj számára alkalmas, amit a legalacsonyabb összesített fajszám is jelez. A vertikumban – 4 cm-es átmérőjű core mintavetővel – vett minták egyedszámait folyamatosan csökkennek a mélyebb rétegek irányába, ami azt mutatja, hogy a kagylók számára a legfelső 5 cm-es réteg az ideális élőhely.

### *Kagylófauna longitudinális eloszlása*

A kagylófauna térbeli mintázatát is vizsgáltuk a Duna vízrendszerében egy harmad (Hosszúvölgyi-patak)- és másodrendű patak (Börzsönyi-patak) – folyó (Ipoly) – folyam (Duna) kontinuum mentén. Az összesen vizsgált 1662 kagyló közül 21 faj került elő, melyből 1 védett, 3 országosan ritka és 4 idegenhonos volt. Az invazív *Corbicula fluminea* volt a legelterjedtebb kagylófaj az egész vízrendszerben. A fajösszetétel, valamint a kagylófajok mennyiségi összetétele alapján egyaránt el lehet különíteni egyes víztípusokat. A legnagyobb faj- és egyedszámokban a kagylók a közepes vízhozammal jellemezhető Ipolyban, valamint a Duna mellékágaiban találhatóak, a legkisebb faj- és egyedszám pedig a harmadrendű Hosszúvölgyi-pataknál figyelhető meg. A *Pisidium casertanum* hypocrenon-epirithron szakaszjelleghez kötődő faj a patakokban, a *P. subtruncatum*, *P. henslowanum*, *Sphaerium corneum* hyporithron-epipotamon szakaszjelleghez kötődő fajok az Ipolyban és a Duna mellékágaiban jelentek meg magas denzitás értékekkel.

## Invázió

A magyar Duna-szakaszon jelenleg 4 invazív kagylófaj található (*Corbicula fluminea*, *Corbicula fluminalis*, *Dreissena polymorpha*, *Sinanodonta woodiana*), melyek közül a *C. fluminea* sikeresen hódít az új területeken, ami a jellegzetes életmenet jellemzőivel (nagy ökológiai tolerancia, magas diszperziós ráta és fekunditás, gyors növekedési ütem, rövid élettartam (1-3 év), speciális szaporodási módok) és antropogén hatásokkal, főleg a nemzetközi kereskedelem fokozódó globalizációjával magyarázható. Az először 1999 júniusában Bajánál előkerült faj ma már az egész magyarországi Duna-szakaszon előfordul. A pályázati periódusban részletesen tanulmányoztuk a faj biomassa dinamikáját: denzitását, testhosszúság-testtömeg összefüggését és biomasszáját a folyó litorális régiójában. A *C. fluminea* relatív abundanciája 13,6% és 81,4% között ingadozott. A kagylófaj denzitása 9,6 ind. m<sup>-2</sup> és 736 ind. m<sup>-2</sup> között változott az üledék felső 5 cm-es rétegében. A dunai kagylók paraméterei (testmagasság 0,88-14,52 mm; testhosszúság: 0,95-16,24 mm; testtömeg: 0,1122-1,9274 g) irodalmi adatokkal összehasonlítva nagyon alacsonyok, mivel egy kifejlett *C. fluminea* a 5-6 cm-es testhosszúságot is elérheti. Az testhosszúság-gyakoriság elemzések alapján tisztán látható, hogy a *C. fluminea* jól elhatárolt szaporodási időszaka júniusra és novemberre tehető. A *C. fluminea* biomassa értékei 2,85 és 166,95 g között alakultak négyzetméterenként.

A dunai makrogerinctelen fauna feltárása során a tanúrákok (Mysididae) családjából is előkerültek újabban terjedő, inváziós fajok. A haltáplálék vizsgálatok alkalmával 2006-ban a ponto-kaszpikus hasadtlábú rákfaj, a *Hemimysis anomala*, a korábbi évek dunai makrogerinctelen mintáinak átvizsgálása során pedig egy másik faj – a *Katamysis warpachowskyi* – terjedéséhez nyertünk további adatokat.

## Haltáplálék vizsgálatok

A dunai litorális régió táplálékhálózat-szerveződésének megismerésében alapvető fontosságú a halegyüttesek térbeli és időbeli szerveződésének megismerése. A vizsgálatok során 500 m-es mintavételi szakaszokon vizsgáltuk a halállomány összetételét két mintavételi időszakban (tavasz-kora nyár; nyár-kora ősz), nappal és éjszaka végzett felmérésekkel. A mintavételi egységeket úgy jelöltük ki, hogy azok megfelelően reprezentálják a litorális régió élőhelyi sokféleségét. Minden egyes szakaszon jellemeztük az élőhely szerkezetét, fizikai változók segítségével: átlagos vízmélység, átlagos vízsebesség, aljzat összetétele, makrovegetáció borítása, uszadékfa borítása. Alapvető különbségeket találtunk a halegyüttesek szerkezetében a nappali és az éjszakai fogások alapján. Az éjszakai fogások mennyisége többszöröse volt a nappali fogások mennyiségének. Éjszaka jellemző volt a nagyobb halak partközelségbe húzódása. Egyes ritka és természetvédelmi szempontból kiemelten fontos halfajokat kizárólag éjszaka lehetett kimutatni a parti zónából. A terepi tapasztalatok alapján úgy tűnik, hogy nagyobb különbségek tapasztalhatók a napszakok szerinti fogások (halegyüttes szerkezet), mint az élőhely-típusok szerint elkülönített fogások között. Az invazív gébfajok valamennyi élőhelytípusban előfordulnak és mennyiségük igen jelentős: a halállomány összetételének mintegy 15 %-t képezik. Minden bizonnyal meghatározó szerepet töltenek be ezért a litorális régió táplálék-hálózatában és mint új elemek feltehetően módosítják annak korábbi szerkezetét. Fontosnak látszott ezért, hogy részletes táplálkozásbiológiai vizsgálatokat végezzünk ezekkel a fajokkal megismerendő a predátor-préda kölcsönhatásaikat, különös tekintettel a makrogerinctelen szervezetekkel várható biotikus kapcsolataikra.

A magyar Duna-szakaszon jelenleg a feketeszájú géb és a Kessler-géb a litorális régió leggyakoribb bentikus halfajainak számítanak. Táplálékhálózatban betöltött szerepüket, a két faj táplálék-összetételét hasonlítottuk össze évszakosan, jellegzetes dunai élőhelyeken (természetes partszakasz, partvédő kövezés). A parti sáv bentikus makrogerinctelen együttesének összetételét viszonylag kevés csoport nagy tömegszázalékos részesedése jellemezte mindkét élőhelyen. A természetes parton – az alkalmazott módszer szemikvantitatív jellege miatt – összehasonlíthatók a mennyiségi

adatok: a makrogerinctelenek biomasszája tavasszal volt a legkisebb ( $1,05 \pm 0,34 \text{ g m}^{-2}$ ), és az év során növekvő tendenciát mutatott (nyár:  $1,58 \pm 0,23 \text{ g m}^{-2}$ ; ősz:  $2,22 \pm 0,93 \text{ g m}^{-2}$ ).

A haltáplálék vizsgálatok megvilágították a két gébfaj táplálékhálózatban betöltött szerepének fontosabb jellemzőit: a feketeszájú géb rugalmasan követte a bentikus gerinctelen közösség összetételében mutatkozó szezonális különbözőségeket, a Kessler-géb táplálék-összetétele ezzel ellentétben viszonylag stabil volt minden élőhelyen és évszakban a *Dikerogammarus* fajokra épült. A két faj forrásfelosztásának mintázatát elsősorban a fajok eltérő morfológiájából következő táplálékpreferenciája határozta meg. A két gébfaj ökológiai kapcsolata komplex, amelyben több tényező is felfedezhető: kompetíció, versengés a szaporodóhelyekért, predáció. Az inváziós ponto-kaszpikus fajok számának és mennyiségének növekedésével a táplálékhálózatok szerkezete jelentős mértékben átalakul, a ponto-kaszpikus táplálékhálózatok mintegy újraképződnek, lemásolódnak a meghódított területeken. A Dunában ez a jelenség a gébfajok és a szintén ponto-kaszpikus bolharákok kapcsolatában jelentkezik.

### **Kitekintés**

A folyam középszakasznál folyásirányban váltakozó sorrendben a feltöltődő és eróziós partszakaszok szervesanyagának és társulásainak mennyiségét, összetételét elsősorban a lokális környezet hidrodinamikai és velük szoros összefüggésben az aljzat tulajdonságai alakítják. A mintavételi helyek a mederanyag texturális tulajdonságai alapján elsősorban térbeli elkülönülést mutatnak, ugyanakkor a szervesanyagtartalom, fajösszetétel, ill. funkcionális táplálkozási csoportok esetében a partszakasz depozíciós-eróziós jellege szabja meg a hasonlóságot.

Jelen vizsgálataink első megközelítésben adatokat szolgáltatottak a Duna – mint folyam – egyik, vagy éppen a legfontosabb táplálékhálózatának, a detrituszláncnak és a lánc mentén zajló folyamatoknak lényeges összetevőiről. E kutatási terület kezdeti eredményei azonban számos újabb kérdés felé mutatnak, melyek kidolgozás további vizsgálatokat igényel elsősorban a következő területeken: a folyami diszkontinuitás egyes – hidro-geomorfológiailag determinált – jellegzetes foltjaihoz kapcsolódó funkcionális folyamatok részletes feltárása; a litorális és profundális régió anyagforgalmi kapcsolata; az inváziós fajok táplálékhálózatot átalakító szerepének jelentősége, nagyságrendje. Számos kérdés megoldásához újabb módszertani fejlesztések is szükségesek, mint például az áramlási viszonyoktól függő szinte állandóan mozgásban lévő mederanyag és üledék reprezentatív mintavétellel való követése, vagy a mélységi régióból való mintavétel. Reméljük, hogy újabb anyagi források lehetővé teszik a jövőbeli kutatás folytatását a kezdeti eredményeink által kijelölt irányokban.

### **Záró gondolatok**

2005-ben Erős Tibor munkahely változtatása és hosszabb külföldi tanulmányútja miatt megszakadt halak táplálkozásbiológiai részfeladatot 2007-ben folytattuk Borza Péter IV. éves biológus hallgató bevonásával, akinek témavezetését Erős Tibor külföldről is segítette. Bódis Erika (PhD hallgató) bevonásával pedig már a mostani pályázat keretében lehetőség nyílt az egyik legjelentősebb makrogerinctelen csoport, a kagylók, részletes faunisztikai, populációdinamikai, ill. inváziós vizsgálatára. Így a tervezetthez képest lényegesen több feladat elvégzésére került sor, amit jól dokumentál a kutatásba utóbb bevont két személy publikációs tevékenysége is.

Ezúton is szeretnénk köszönetünket kifejezni az OTKA felé, hogy anyagi támogatásával lehetővé tette kutatásainkat. A kutatás során rendelkezésünkre álló összegből módunk volt finanszírozni a most befejezett munkákat, ill. korábbi két OTKA téma során keletkezett nagymennyiségű adat további részeinek értékelését és publikálását. A kutatás során keletkezett vizsgálati eredmények oly mértékben szolgálták az oktatást is, hogy egy diplomamunka teljes egészében elkészült, ill. két befejezéshez közeli PhD értekezés jelentős anyagú is szolgáltak.

Göd, 2009. február 16.

Dr. Oertel Nándor  
témavezető