

SZIG

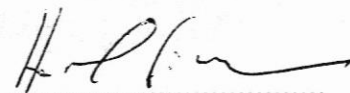
0633

A FELSŐ-DUNA VÍZIKÖRNYEZET
ÁLLAPOTÉRTÉKELÉSE
(ÉLŐVILÁG)

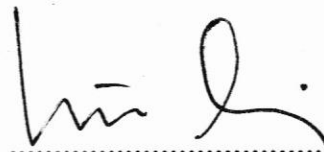
amely készült a
KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS TERÜLETFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM
megbízásából

az
MTA BALATONI LIMNOLÓGIAI KUTATÓINTÉZETÉBEN

Tihany
1997



HERODEK SÁNDOR
intézet igazgató



VÖRÖS LAJOS
témavezető



TARTALOM

Előzmények.....	1
Bevezetés.....	2
Összegző értékelés.....	3
A Duna fitoplanktonja.....	5
A Duna zooplanktonja.....	14
A Duna makrozoobentonja.....	18
A Szigetköz halai.....	24
A Szigetköz felszíni vizeinek higiénés bakteriológiai vízminősége.....	37
A Szigetközi vizek vízi makrovegetációja.....	45
Alga és mohamonitoring a Szigetközben.....	48
A Szigetköz átfogó botanikai monitoringja.....	50
Erdészeti monitoring.....	59
A Szigetköz zoológiai monitoringja.....	71

Előzmények

A Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, mint a szigetközi monitoring működtetéséért felelős minisztérium szükségesnek tartotta a Felső-Duna vízi környezetállapotának átfogó értékelését, különös tekintettel a Duna elterelésének és a vízpótlás hatásainak elemzésére. A program első fázisában az értékelő munkát három témakörben három intézménynél rendelte meg.

- A vízgazdálkodással kapcsolatos kérdéskör elemzésével a vízminőség vizsgálata nélkül a Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztériumhoz tartozó Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóságot bízta meg.
- A felszíni és felszín alatti vízminőség hosszútávú alakulásának elemzését az Észak-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség koordinációjával vizsgálhatta.
- Az élővilággal kapcsolatos kérdéskör elemzésének koordinálásával az MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézetét bízta meg.

Ez a három összefoglaló értékelés képezi majd az alapját a témacsoportok közötti összefüggések feltárását is tartalmazó szintézisnek.

A jelen dokumentáció az MTA BLKI koordinációjával készült tematikus egységek összefoglalója. Ebben a kötetben nem törekedtünk az egyes megállapítások illetve következtetések részletes dokumentálására, ezeket a melléklet tanulmánykötetei tartalmazzák. Az egyes résztémák témafelelősei által készített, illetve koordinált önálló tanulmányok tartalmazzák a vizsgálati módszereket, megadják a vizsgálati területek pontos koordinátáit és adatokkal dokumentálva bemutatják és összefoglalják a kutatások legfontosabb eredményeit. A résztémák eredményeit összefoglaló és szemléltető tanulmány az MTA BLKI-ban készült. E tanulmányban a fejezetek mellett lévő szögletes zárójelbe írt szám(ok) utal(nak) azokra az összefoglaló alaptanulmányokra, amelyekből a megállapítások származnak:

- [1] A Duna szigetközi szakaszán 1992 és 1996 között végzett hidrobiológiai kutatások legfontosabb megállapításai. (KISS KEVE TIHAMÉR, RÁTH TAMÁSNÉ, GUTI GÁBOR, ABAFFYÉ BOTHÁR ANNA, NOSEK JÁNOS, PUKY MIKLÓS. Szerkesztő: BERCIK ÁRPÁD és NOSEK JÁNOS)
- [2] Hidrobiológiai állapotváltozások a Szigetközben és a Duna felső szakaszán. Fitoplankton. (NÉMETH JÓZSEF)
- [3] A Duna Bratislava-Budapest közötti szakasza és a szigetközi vízterek hidrobiológiai vizsgálata. A zooplankton vizsgálatok eredményei. (GULYÁS PÁL)
- [4] Hidrobiológiai állapotváltozások a Szigetközben és a Duna felső szakaszán. Makrozoobenton együttes. (CSÁNYI BÉLA)
- [5] A szigetközi halmonitoring összefoglaló tanulmánya (1986-1996). (BERTALAN OTTÓ)
- [6] A Szigetköz felszíni vizeinek higiénés bakteriológiai vízminősége. (KÁDÁR MIHÁLY)
- [7] A szigetközi 1987-1996 közötti botanikai monitoring vizsgálatok összefoglaló értékelése (SZABÓ MÁRIA, HAHN ISTVÁN, SIMON TIBOR, DRASKOVITS RÓZSA és GERGELY ATTILA).
- [8] Erdészeti vizsgálatok a Bős/Gabcikovoi Erőmű hatásterületén kialakított megfigyelőrendszerben. Az erdészeti monitoring összefoglalása 1986-1996 között. (SOMOGYI ZOLTÁN, SZABADOS ILDIKÓ, VEPERDI GÁBOR, HALUPA LAJOS. Szerkesztő: SOMOGYI ZOLTÁN)
- [9] A Szigetköz zoológiai kutatásának eredményei. (AMBRUS ANDRÁS, BÁLDI ANDRÁS, BÁNKÚTI KÁROLY, FORRÓ LÁSZLÓ, GUBÁNYI ANDRÁS, KISBENEDEK TIBOR, KOVÁCS TIBOR, MÉSZÁROS FERENC, MAHUNKA SÁNDOR, MAJOROS GÁBOR, MERKL OTTÓ, MOSKÁT CSABA, NÓGRÁDI SÁRA, RONKAY LÁSZLÓ, SZÉL GYÖZŐ, SZIRÁKI GYÖRGY, UHERKOVICH ÁKOS, VIDA ANTAL. Szerkesztette: MÉSZÁROS FERENC)

- [10] A Felső-Szigetközben lezajló változások monitorozása a vízi-vízparti mohaflóra segítségével, 1994, 1995. (PAPP BEÁTA és RAJ CZY MIKLÓS)
- [11] Algamonitoring a Szigetközben, 1994. (ÁCS ÉVA és BUCZKÓ KRISZTINA)
- [12] Fenékküszöb hatásának monitorozása kriptogám növények segítségével, 1995. (ÁCS ÉVA, BUCZKÓ KRISZTINA, PAPP BEÁTA és RAJ CZY MIKLÓS témafelelős)
- [13] Alga és mohamonitoring a Szigetközben, 1996. (BUCZKÓ KRISZTINA és RAJ CZY MIKLÓS)

Az [1-9] sorszámot viselő tanulmányok a jelen összefoglaló részét képezik, a [10-13] sorszámúak a KTM archívumában találhatóak.

Bevezetés

A Szigetköz közel 400 km²-es területe kiemelkedő jelentőségű nedves élőhely, amelyen az egyedülálló geomorfológiai, klimatikus, vízháztartási és talajtani adottságok következtében különösen változatos élőhelyek alakultak ki. Ezeken a sokarcú élőhelyeken gazdag és változatos élővilág telepedett meg. Ennek a kivételes gazdagságnak az illusztrálására a tanulmány legtöbb fejezetében kitérünk. A bevezetésben példaként elég annyit megemlíteni, hogy az ország területének 0.4%-át kitevő Szigetköz területén több mint 1000 edényes növény él, azaz a teljes hazai flóra 47%-a. Nemcsak növényvilága egyedülállóan gazdag, hanem állatvilága is. A terület változatos vízi élőhelyein a hazai halfajok 80%-a megtalálható. A Szigetköz otthont ad számos különösen ritka állat és növényfajnak, amelyek hazánkban másutt nem fordulnak elő és európai viszonylatban is ritkaságnak számítanak. Mindezek alapján nem lehet kétséges, hogy a Szigetköznek, ennek az unikális képződménynek a sorsáért fokozott felelősséggel tartozunk az elkövetkező nemzedékek számára is. Az élővilág sokfélesége (diverzitása) tudniillik nem csupán egyetlen jelenség, vagy állapot a sok közül, hanem ennél jóval több: **kiemelt érték kategória** (JUHÁSZ-NAGY PÁL).

A Szigetközi-Duna-szakasz jelentősebb szabályozási munkái a dunai gőzhajózás megindulásával egyidősek. A Szigetköz újabkori (1992-előtti) állapotát a természet és az emberi tevékenység (folyószabályozás) kölcsönhatása alakította ki, amely ebben a megváltozott formájában is biztosította az élővilág számára a természetközeli állapotokat. Az állapot fennmaradásának kereteit biztosítaná a Szigetközi Tájvédelmi Körzet, illetve az új 1996-évi Természetvédelmi Törvény, de kérdéses, hogy az Öreg-Duna drasztikusan lecsökkent vízhozama, valamint a vízpótlás jelenlegi rendszere megfelel-e ennek az elvárásnak. A jelen összefoglaló egyik központi célkitűzése éppen ezért annak vizsgálata volt, hogy milyen gazdag a Szigetköz élővilága, és az milyen mértékben változott meg a Duna 1992 őszén történt elterelésének, illetve 1995-évből a fenékküszöb megépítésének hatására.

A Duna magyarországi szakaszának eutrofizálódása az osztrák szakaszon az 50-es években megkezdett erőműépítkezések következménye. A nyolcvanas években már ötször-tízszer több lebegő (planktonikus) alga volt a magyar Duna-szakaszon mint harminc évvel korábban. Az Duna időszakosan igen nagyfokú algásodási (trofitási) szintje napjainkban a folyó vízminőségi karakterét alapvetően meghatározó tényezővé vált, és a legtöbb emberi vízhasználat szempontjából kifogásolható. Annak ismeretében, hogy minden olyan beavatkozás, amely a víz tartózkodási idejét növeli a mederben, kedvező feltételeket teremt az algák fokozott elszaporodásához, különös figyelmet szenteltünk annak a kérdésnek a megválaszolására, hogy miképpen befolyásolta a magyar Duna-szakasz algásodását a Dunacsúnyi-tározó üzembehelyezése.

Összegző értékelés

A Duna magyarországi szakaszának algásodása (eutrofizálódása) az ausztriai Duna-szakaszon az 50-es években megindult vízierőmű építések következménye. A nyolcvanas években már ötször-tízszer több alga volt a Dunában, mint az ötvenes években. A folyó algásodása ma már olyan mértékű (a Balaton Keszthelyi-medencéjével azonos, esetenként azt meghaladó), hogy alapvetően megszabja a folyó vízminőségi karakterét.

A hosszútávú kvantitatív adatsorok és a Szigetközi mellékágakban folytatott kísérletes munkák egyértelműen bizonyították, hogy a folyó algásodását nem a növényi tápanyagkinálat limitálja, ellenben minden olyan beavatkozás amely növeli a víz tartózkodási idejét és csökkenti a lebegtetett hordalék koncentrációját, előmozdítja az algák szaporodását a Dunában. Mindezen feltételeket a Dunacsúnyi-tározó kielégíti, és annak algásodást növelő hatása a Duna medvei szelvényében rendszeresen az alsóbb szakaszokon esetenként kimutatható.

Az emberi vízhasználatok szempontjából nem csak a lebegő mikroszkópikus algák mennyisége, hanem azok minősége (faji hovatartozása) is meghatározó tényező. Az utóbbi néhány évben a folyóban megjelentek a legsúlyosabb vízminőségi problémákat okozó, toxintermelésre képes kékmoszatok. Napjainkig azonban a Pozsony-Budapest szakaszon megfelelő gyakorisággal végzett mennyiségi és minőségi fitoplankton elemzések (monitoring) hiányában nem ismeretes, hogy szaporodásukat mennyiben segíti elő a vízlépcső jelenlegi formája (ugyanis a rendszeres vizsgálatok során csak az algák össz mennyiségét határozzák meg).

A Duna elterelésének hatására a Szigetközben bekövetkezett nagyarányú vízszintcsökkenés ökológia katasztrófahelyzetet idézett elő. 1992 októberében a vízi élőlények egy jelentős része hirtelen szárazra került, majd elpusztult. Erre a sorsra jutott többek között 200 tonna hal, ami több mint az azt megelőző év teljes halzsákmanya. A gazdasági kárnál jelentősen nagyobb az ökológia kár, nemcsak a pillanatnyi veszteség, hanem a mindmáig ható káros következmények. A hullámtér és a mentett terület megmaradt vizeiben jelentősen csökkent a vízi növény- és állategyüttesek diverzitása és faji összetétele, jónéhány ritka és védett faj végérvényesen eltűnt a Szigetközből. A vízpótlás hatására megindult a regenerálódás, de a vízpótlás jelenlegi rendszerével az eredeti állapot nem állítható helyre.

A jelenleg alkalmazott folyamatos vízpótlás (annak szükségességét nem vitatva) két szempontból is kifogásolható: a mentett oldali állóvízjellegű vízterek egy részét folyóvízivé változtatta, a hullámtéren pedig az eddigi időszakos elárasztás helyett folyamatosan áramló vizek alakultak ki. Mindkét változásnak mélyreható ökológiai következményei vannak.

A mentett oldali változásokat legjobban a Lipóti-morotva esete példázza. Annak eredeti (a Duna elterelése előtti), különleges, egyedi és ritka fajokat tartalmazó állóvízi jellegű flórája és faunája megváltozott és folyóvízre jellemző fajok térhódítása következett be.

A hullámtér aktív mellékág-rendszerében a Duna elterelése előtt az időszakos elárasztások és azokat követő állóvízi időszakok váltakozása alakított ki sajátos faji összetételű és nagy diverzitású élőlényegyütteseket. Napjainkban a folyamatos vízpótlásba bekapcsolt, korábban térbelileg elkülönülő mellékágak ma egyetlen összefüggő kanalizált rendszert képeznek. Élőviláguk értelemszerűen egyformává

változott szinte minden szakaszon. Eutróf, lassan áramló vizeket kedvelő, faunisztikai és florisztikai ritkaságokat csupán elvértve tartalmazó, nem túl változatos élőlényegyüttesekkel jellemezhető vizekké alakultak.

A vízvesztés nemcsak a kifejezett vízi élőlényegyütteseket károsította. A talajvízszint süllyedését megsínylette a terület teresztris növényvilága is. A vízvesztésre a növények korai lombhullással, csökkent növekedéssel stb azonnal reagáltak. A kár ebben az esetben is részben gazdasági, részben ökológiai. A Duna elterelése utáni három évben pl. a nemesített szaporítóanyaggal ültetett fehérfüzekben mintegy 30-55% növedékkiesés következett be. A gazdasági szempontból legfontosabb nemesnyárasok növekedése is jelentős mértékben csökkent az elterelés után, és egyes területeken javuló tendencia még 1996-ban sem jelelt meg. A kisebb vízigényű keményfás fafajok kevésbé károsodtak. A füzesek és nyárasok faállományának egészségi állapota az elterelés hatására romlott, ez a vízigényesebb füzesek esetén kifejezettebb. A faállomány károsodása számszerűsíthető, de nem számszerűsíthető a bekövetkezett ökológiai, tájésztétikai kár.

A Duna elterelése nemcsak az erdők faállományára volt befolyással, hanem a növényközösségek szintjén is éreztette hatását. A botanikai monitoring tartósan megfigyelt mintaterületein változott a növényegyüttesek faji összetétele. Az elmozdulás iránya egyértelmű: megfigyelhető a nedvességigényes fajok visszaszorulása és a szárazságtűrők térnyerése. Növekszik a leromlást (degradációt) indikáló fajok aránya is. Amíg a vízi fauna azonnal és kényszerűen reagált a Duna elterelésére illetve a vízpótlásra, a teresztris fauna reakciója áttételesebb, késleltetett. Emiatt ilyen viszonylag rövid időtartamon belül egyértelmű állásfoglalás a változások irányáról nem alakítható ki, erre a kérdésre a monitoring rendszer folyamatos működtetése tud majd válaszolni.

A Duna Rajka-Komárom szakaszán a Bösi-Vízlépcső üzembehelyeséséhez kapcsolódó jelentős hidrológiai-környezeti változások a higiénés bakteriológiai vízminőségben nem, vagy csak csekély mértékben hagytak nyomot. A Rajka-Győrzámoly szelvényben nem volt bakteriológiai vízminőségromlás. Komáromnál egyértelműen romlott a bakteriális vízminőség, ez azonban nincs kapcsolatban a Duna elterelésével. A változás oka a Mosoni-Duna Véneki szelvényében észlelhető, Győr város szennyvizeinek hatására bekövetkezett drasztikus vízminőségromlása. A szigetközi mellékágakban a bakteriológiai vízminőségét a Duna elterelése nem befolyásolta.

A DUNA FITOPLANKTONJA [1,2]

A Duna főág (Öreg-Duna) trofitási viszonyai

A vízjárás hatása a Duna trofitására

Az Öreg Duna számos hidrobiológiai jellemvonását a Bósi Vizlépcső létesítése előtti időszakból jónéhány tanulmányban leírták már. Ezek közül kiemelendő a folyó eutrofizálódásának (algásodásának) kérdése, alapvetően a dunai erőművekkel összefüggésben. E probléma az utóbbi években mind többször előtérbe került, de ennek ellenére nem kezelték megfelelő hangsúllyal. Egy folyóvíz trofitási szintjét (algásodottságának mértékét) elsősorban a növényi tápanyag-ellátottság, a vízsebesség, a hőmérséklet és fényviszonyok határozzák meg.

- A Duna növényi tápanyag-ellátottsága (oldott ásványi N és P) már a rajkai szelvényben kb. tízszerese annak, ami az algák gyors szaporodásának gátló küszöbértéke (VARGA *et al.*, 1989).

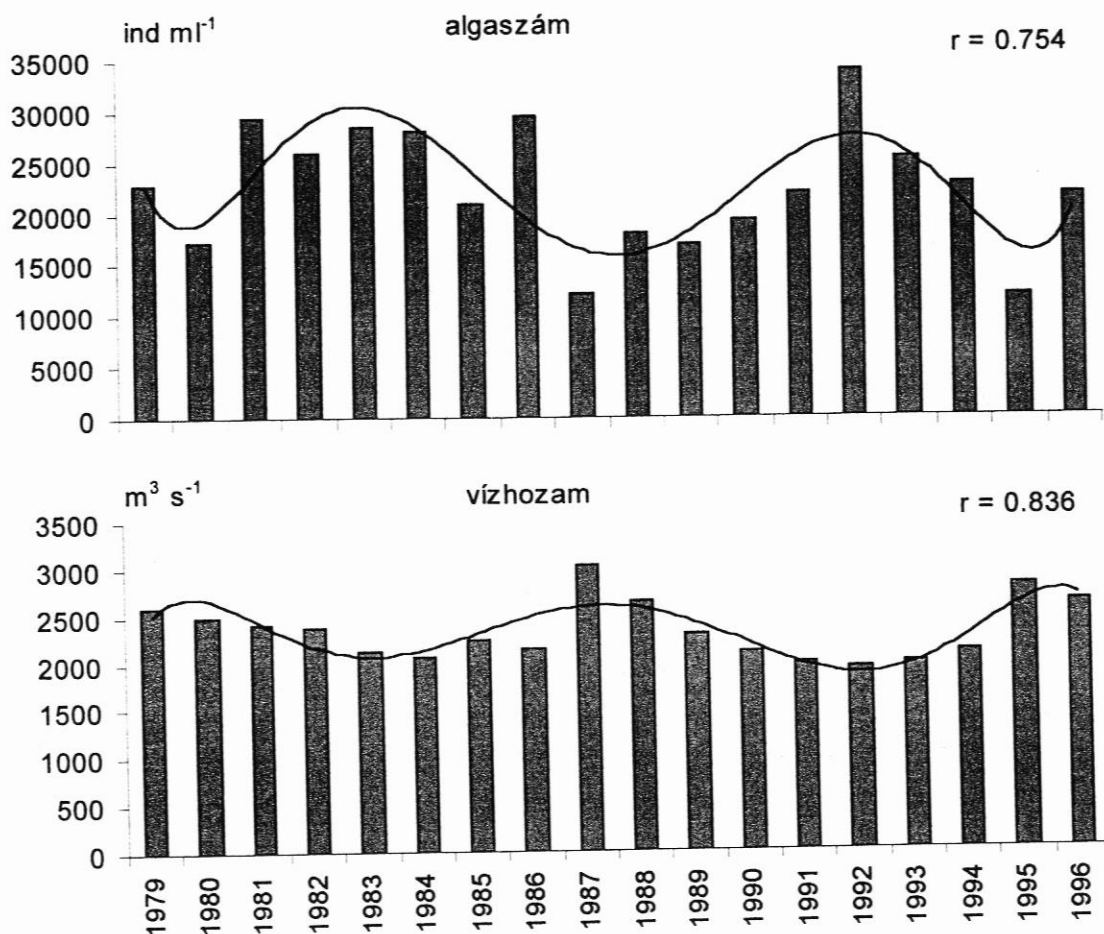
- A vízsebesség a magyar szakaszon 1 m s^{-1} , vagy annál kisebb, ami az algaszaporodást már nem gátolja.

- A hőmérséklet csak kivételesen gátló tényező, mivel a folyóvizek fitoplanktonjának számos uralkodó faja (pl. *Stephanodiscus* kovaalga fajok) már $1-2 \text{ C}^{\circ}$ -os vízben is intenzíven szaporodik.

- A fényklímát elsősorban a lebegtetett hordalék mennyisége befolyásolja. Az 50-es években (a német és osztrák szakasz erőműveinek építése előtt) a Duna lebegtetett hordalékszállítása 2-3-szor nagyobb volt, mint a nyolcvanas években (az erőművek megépítése után - RÁKÓCZI, 1989). Az erőművek tározóiban a vízsebesség csökken, a lebegtetett hordalék leülepszik. Az egymást követő tározókban az üledés eredményeképp a lebegőanyag koncentrációja fokozatosan csökken, a víz átlátszósága nő. Jelenleg a gödi szakaszon (1669 fkm) kisvízes időszakban a teljes víztömeg 80-90 %-ában elegendő fény van az algák fotoszintetikus szervesanyagtermeléséhez. Ezért a lebegő mikroszkópikus algák (fitoplankton) tömege nagy, a víz trofitási szintje az áradásokat leszámítva magas. A fitoplankton mennyisége a Dunában ma 5-10-szer nagyobb, mint az ötvenes években. A növekedést elsősorban az erőművek tározóinak fentebb említett hatása okozta (KISS 1985, 1994). Emlékeztetnünk kell arra, hogy az erőművek ilyen hatását elsősorban a folyó magyarországi szakaszán (pl. Budapest fölött Gödnél) észlelték, de hasonló növekedést tapasztaltak az osztrák és szlovák szakaszon is a két időszakot összehasonlítva (WAWRIK, 1962, 1968; HANZLIKOVA, 1973; DOKULIL, 1991; KISS & GENKAL, 1996). Ez az oka annak, hogy a Dunacsúnyi-tározó megépítése előtti és utáni helyzet összehasonlítása során gödi adatok is szerepelnek.

1992-höz képest Gödnél a dunai algák populációsűrűségének éves átlagértéke csökkent. Ez 1995-ben volt különösen szembetűnő. Egyesek ebből azt a következtetést vonták le, hogy az algák mennyiségének „megjósolt” növekedése nem következett be a Dunacsúnyi-tározó hatására, az erre vonatkozó előrejelzések alaptalannak bizonyultak.

Ezek a vélekedések azonban nem számolnak azzal az ismert ténnyel, hogy a lebegő algák (fitoplankton) mennyisége és a folyó vízjárása, vízhozama között szoros az összefüggés. Áradás, nagy vízhozam mellett kicsi az algasűrűség és fordítva. Ez az átlagos vízhozam és algaszám értékek összehasonlítása esetén is igaz. A 1. ábrán jól látható, hogy a Duna vízhozama kb. 10 éves időszakonként periódikusan változik és ennek tükörképeként az algák mennyisége hasonló változást mutat. A Dunacsúnyi-tározó üzembe helyezése éppen egy növekvő vízhozamú periódusra esett. Természetes tehát, hogy a fitoplankton átlagos tömege csökkent. Másszóval, ha a fitoplankton tömege szempontjából csökkenő periódusban mégis nagy algaszámokat regisztrálunk, az joggal hozható összefüggésbe a tározó hatásával is.



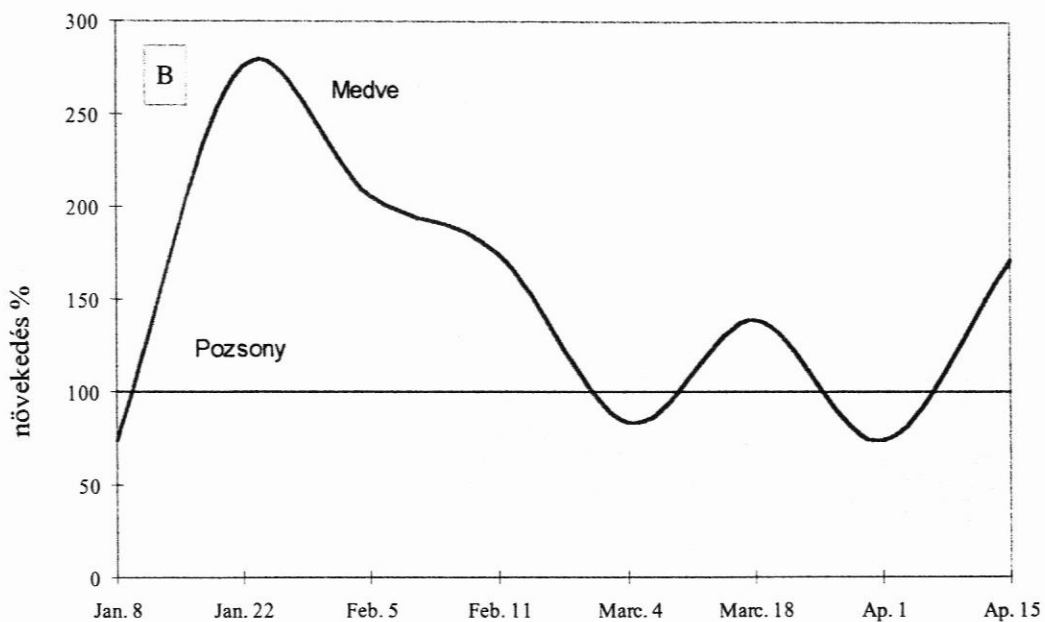
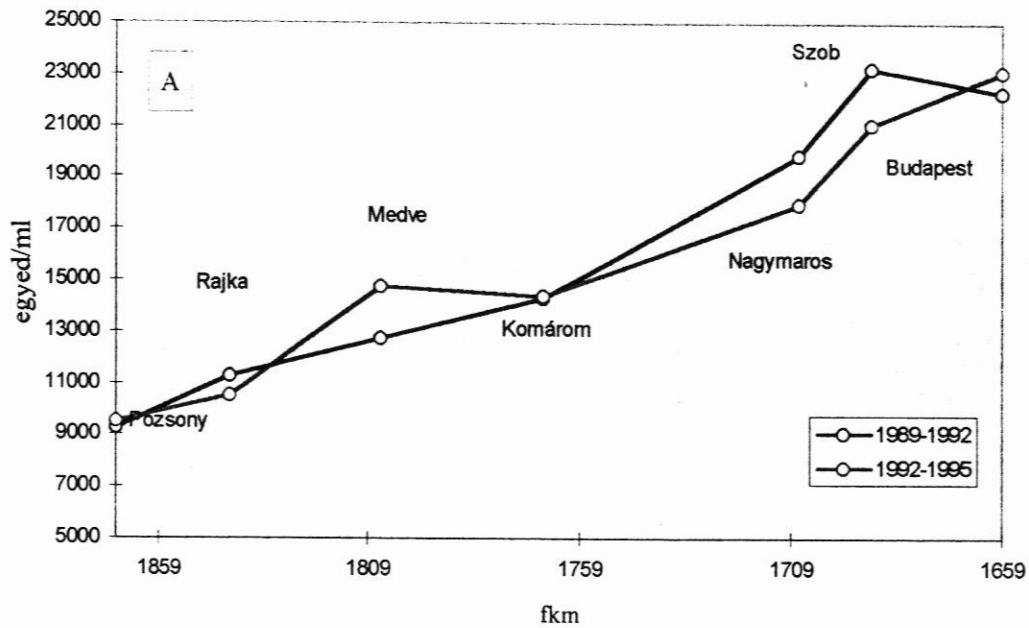
1. ábra. Az éves átlagos algasűrűség (Göd - hetenkénti adatok) és átlagos vízhozam (Budapest naponkénti adatok) alakulása (február-november közötti adatok alapján) valamint az adatokra illesztett polinomiális függvény és korrelációs koefficiens ($P < 0.1\%$).

A fitoplankton mennyiségi változásai a magyar Duna-szakaszon

A Duna magyarországi szakaszán a fitoplankton hossz-szelvény menti változásait először 1971-ben vizsgálták. Ez a vizsgálat rámutatott a folyó azon másik karakterisztikumára, hogy az algásodottság (trofitás) mértéke Rajka és Mohács között számottevően megnő. A növekedés mértéke 1971 őszen a Rajka-Budapest szakaszon 2.5- szeres, a teljes magyar szakaszon pedig 4-szeres volt. Ez a hossz-szelvény menti algaszaporodás természetesen szintén vízjárásfüggő. Az 1987 és 1991 közötti időszak hossz-szelvény vizsgálatai alapján a lebegő algák mennyiségi és strukturális változásait tekintve két folyószakasz volt megkülönböztethető, amelynek határa Komárom és Nagymaros között a vízjárástól függően változott. A fitoplankton állománysűrűsége e határ alatt általában ugrásszerűen megnőtt.

Az 1989-ben megkezdett magyar-szlovák határvízi Duna-hosszszelvény vizsgálatok eredményei lehetővé teszik az elterelés előtti és utáni helyzet összehasonlítását. Az 1992 október 23 előtti és utáni időszak fitoplankton sűrűségének, átlagos, valamint 90%-os tartósságú értékeit összevetve megállapítható, hogy a "C-variáns" üzembhelyezésének hatására Medvénél a folyó trofitása (algásodottságának mértéke) az átlagértékek tekintetében 16%-kal, a 90%-os tartósságú értékek tekintetében 36%-kal megnőtt (2. ábra). Ez a trofitásnövekedés azonban az alsóbb szakaszokon, így Komáromnál sem mutatható ki. A hossz-szelvény menti változásokat is figyelembe véve az állapítható meg, hogy az elterelés előtt az egyes mintavételi helyek és a pozsonyi szelvényben megállapított átlagértékek különbsége csak Komáromtól lefelé vált szignifikánssá, míg az elterelés után már a pozsonyi és a medvei szelvények közötti különbség is szignifikáns volt.

A Duna elterelését megelőző időszakban a Pozsony-Medve közötti szakaszon a fitoplankton egyedszáma átlagosan 137%-os növekedést mutatott, ezzel szemben az elterelés után ez a növekedés jelentősen nagyobb mértékű, 155%-os, ami egyértelműen jelzi a Dunacsúnyi-tározó trofitásnövelő hatását. A hidrometeorológiai viszonyoknak az algák szaporodása szempontjából kedvező összejárása esetén időszakosan ez a trofitásnövelő hatás az átlagosnál jelentősebb mértékű lehet. Ilyen jelenség volt megfigyelhető 1996 télvégén-tavasán, amikor az év ilyen korai szakában még soha nem észlelt mértékű algásodás következett be a tározás folyamán, a Pozsony-Medve közötti szakaszon az algák mennyiségének növekedése időszakosan a 200%-ot is meghaladta (3. ábra). Ez a változás az alsóbb szakaszokon is éreztette hatását (lásd később).



1996

2. *ábra* A Dunacsúnyi-tározó hatására a Medvei-szelvényben az átlagos algasűrűség 16 %-kal megnőtt (A).
3. *ábra* A Dunacsúnyi-tározóban időszakosan 100-200 %-os algaszaporodás is bekövetkezhet (B).

A tározás hatásának vizsgálata

A VITUKI munkatársai kísérletesen vizsgálták vizeket izoláló kísérleti berendezésekben 1988 és 1992 között azokat a kis időléptékű hidrobiológiai folyamatokat, amelyek a tározás hatására következnek be. A kísérletek egyértelműen megmutatták, hogy az áramlási sebesség csökkenésének hatására csökken a víz lebegőanyagtartalma, aminek következtében nő a víz átlátszósága, az eufotikus vízréteg vastagsága, az a tér, amelyben a fotoszintézis számára megfelelő fényenergia jut. Ez a planktonikus algák szaporodásának gyorsulását, a fitoplankton állománysűrűségének és tömegének növekedését eredményezi. Ennek hatására nő a tápláléklánc következő szintjén lévő alga fogyasztó szervezetek (zooplankton) állománysűrűsége és biomasszája is. A kísérletek azt is egyértelműen igazolták, hogy nemcsak a fitoplankton tömege, hanem a faji összetétele is megváltozik.

Ezek a kísérleti eredmények, a napi gyakoriságú vizsgálatok, valamint a gödi szelvényben végzett hosszútávú adatsorok elemzéséből kapott eredmények azt igazolták, hogy minden olyan hatás (tározás!), ami a duna-víz áramlási sebességét csökkenti, a felvehető növényi tápelemek (N,P) mennyiségének növelése nélkül is algaszaporodáshoz (eutrofizálódáshoz) vezet, továbbá a planktonikus élőlényegyüttesek összetételének gyors és kiszámíthatatlan változását eredményezi. Mindezek alapján jogos volt azt feltételezni, hogy a Dunacsúnyi-tározó megépültével a trofitási szint emelkedni fog, megváltozik a fitoplankton évszakos dinamikája és változik a faji összetétel is. A rendszeresen végzett hossz-szelvény menti mennyiségi algavizsgálatok alapján kirajzolódó átlagos kép nem utal számottevő változásra (a medvei-szelvény kivételével) a Duna algásodottságában a "C-variáns" megépülését követő időszakban (2. ábra). Ennek ellenére (azzal nem feltétlenül ellentmondásban) több, eddig nem észlelt jelenség arra utal, hogy a Dunacsúnyi-tározó hatására időszakosan illetve lokálisan jelentős vízminőségromlás következhet be:

- 1996 februárjában a fitoplankton mennyisége gyorsan növekedni kezdett az 1 C^o -os Dunában, és Gödnél március 18-án elérte maximális értékét (111 000 ind ml⁻¹, biomassza 49 mg l⁻¹, a-klorofill 90 µg l⁻¹). Hasonló növekedés volt Dunakilitinél. Soha eddig ilyen nagyfokú és ilyen korai alga-csúcsot nem észleltek még a Dunán (KISS & GENKAL, in press.). Ez a jelenség egyértelműen a Komárom-Medve közötti szakaszon a tározóban bekövetkezett algaszaporodás következménye (3. ábra).

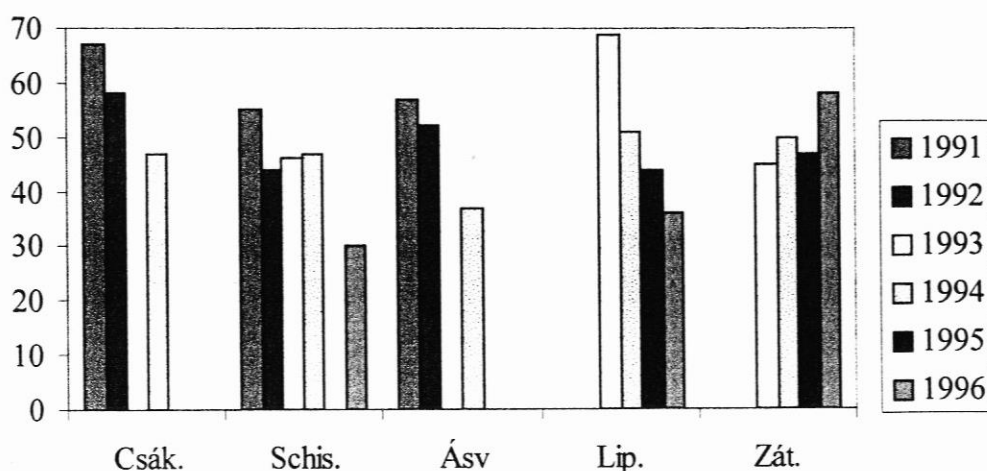
- 1994 július-augusztusában a Duna fitoplanktonjának mennyisége Dunakilitinél és Gödön nagy volt (a-klorofill koncentráció: 100 - 125 µg l⁻¹). Egy melegigényes kovamoszat faj a *Skeletonema potamos* mennyisége 80 000 - 100 000 sejt ml⁻¹-t ért el (ez 2-szer annyi volt mint az eddig regisztrált legnagyobb érték - BOTHÁR & KISS, 1995).

- Kedvezőtlen jelenség, hogy ugyanebben az időszakban egy potenciálisan mérgező kékalgafaj (*Microcystis flos-aquae*) mennyisége is jelentős volt (20 000 - 25 000 sejt ml⁻¹) Dunakilitinél és Gödön. Ez az érték közel 10-szerese volt az eddig észlelt maximumnak (BOTHÁR & KISS, 1995). A tényekhez az is hozzátartozik, hogy ez a szervezet 1994 és 1995 évben a pozsonyi szakaszon is kimutatható volt, bár ottani előfordulásának mennyiségi adatai nem ismertek. Fontos hangsúlyozni azt, hogy a fitoplankton és ezen belül egyes potenciálisan toxikus vagy íz és szagrontó alga fajok mennyiségének további növekedése a vízellátás, ivóvíztisztítás szempontjából mindenképp kedvezőtlen.

A mellékágrendszerek fitoplanktonja

A mellékágrendszerek hidrológiai állapota alapvetően más volt a Bósi-Vizlépcső megépítése előtt, mint utána. A Dunához közel lévő mellékágakat (Cikolai-ágrendszer: Csákányi-Duna; Ásványi-ágrendszer: Ásványi-Duna) -a vízhozamtól függően- a folyó egy évben többször is elöntötte. Az áradások után a Duna fitoplanktonja megváltozott a mellékágakban, és tavakra jellemző, más fajösszetételű, gyakran fajokban gazdagabb algavilág alakult ki. Egyes mellékágakat -mint a Schisler-holtágat- csak ritkán, a mentett oldaliakat -mint a Lipóti-morotvát- soha nem öntötte el a folyó. Ezekben általában gazdag fitoplankton alakult ki. A Duna elterelése, majd a vízpótló rendszer ill. a fenékküszöb megépítését követően a mellékágak, holtágak hidrológiai állapota alapvetően megváltozott.

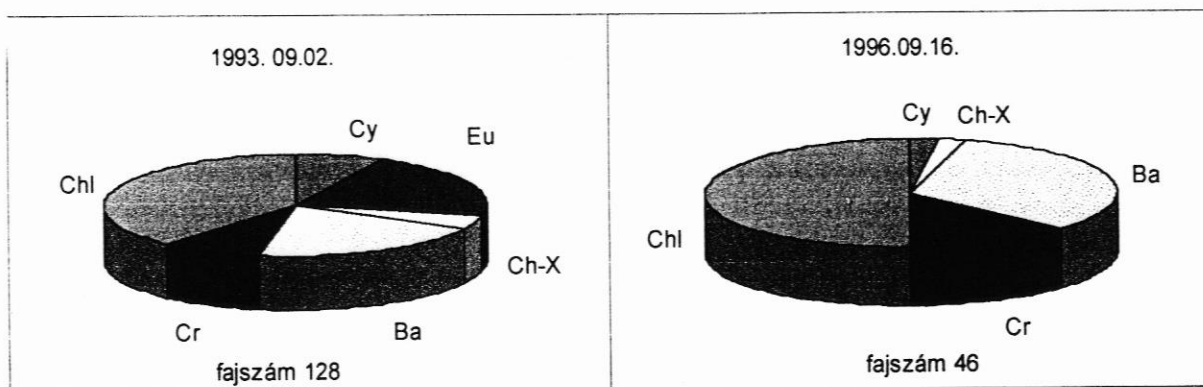
Jelenleg a mellékágak jelentős részében folyamatos az áramlás, fitoplanktonjuk közvetve a Dunából származik. Jóval kisebb a lehetőség a fitoplankton átalakulására, a fajszám növekedésére, mint a korábbi időszakban. Például 1991-94 között a Csákányi-Dunában 30 %-kal, az Ásványi-Dunában 35 %-kal, 1991-96 között a Schisler- holtágban 45 %-kal csökkent a fitoplankton fajszáma (4 ábra).



4. ábra. A fitoplankton átlagos, mintánkénti fajszámának alakulása a Csákányi-Dunában (Csák.), a Schisler-holtágban (Schis.), az Ásványi-Dunában (Ásv.), a Lipóti-morotvában (Lip.) és a Zátonyi-Dunában (Zát.).

A vízpótlás megkezdése előtt a hullámtéren, a Cikolai-ágrendszerben több olyan mellékág létezett (pl. a gyakran erősen algásodott Disznós-ág, vagy az unikális, kristálytisztá-vízű, algában szegény Forrásos-ág), melyeket nagy diverzitású, "értékes" fajokból álló fitoplankton együttesek jellemeztek. Ezek egyediségüket, változatos planktonikus, valamint rögzült algtársulásait elvesztették. A folyamatos vízfolyás és megemelt vízszintek következtében hasonlónak váltak a Csákányi-Dunához.

A vízpótlás jelenlegi rendszere, a folyamatos áramlás, a mentett oldali Lipóti-morotvában is drasztikus változásokat okozott. A morotva fitoplanktonja 1993 szeptemberében nagyon fajgazdag volt. Amikor a vízpótlás elkezdődött, a gazdag, unikális fitoplankton eltűnt és helyét egy "jellegtelen" folyóvízi algaegyüttes váltotta föl, ami a Dunából származik. A gazdag eredeti algaflóra soha nem jelent meg újra. 1993-96 között az egy mintára számolt átlagos fajszám közel 50 %-al csökkent (69-ről 36-ra) (5. ábra).



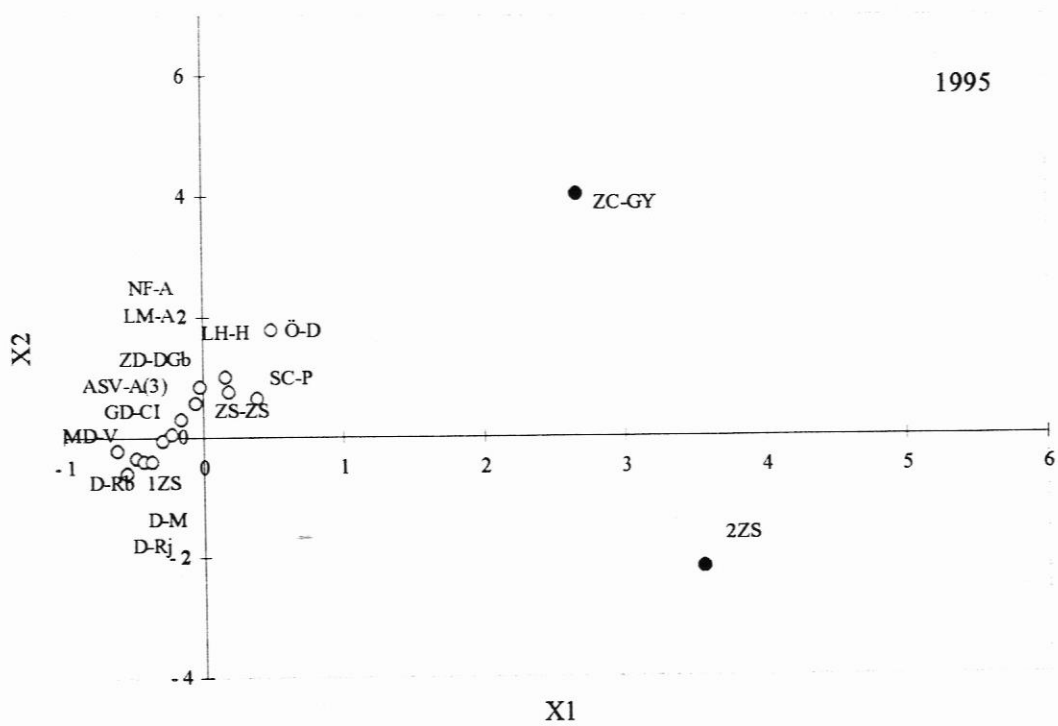
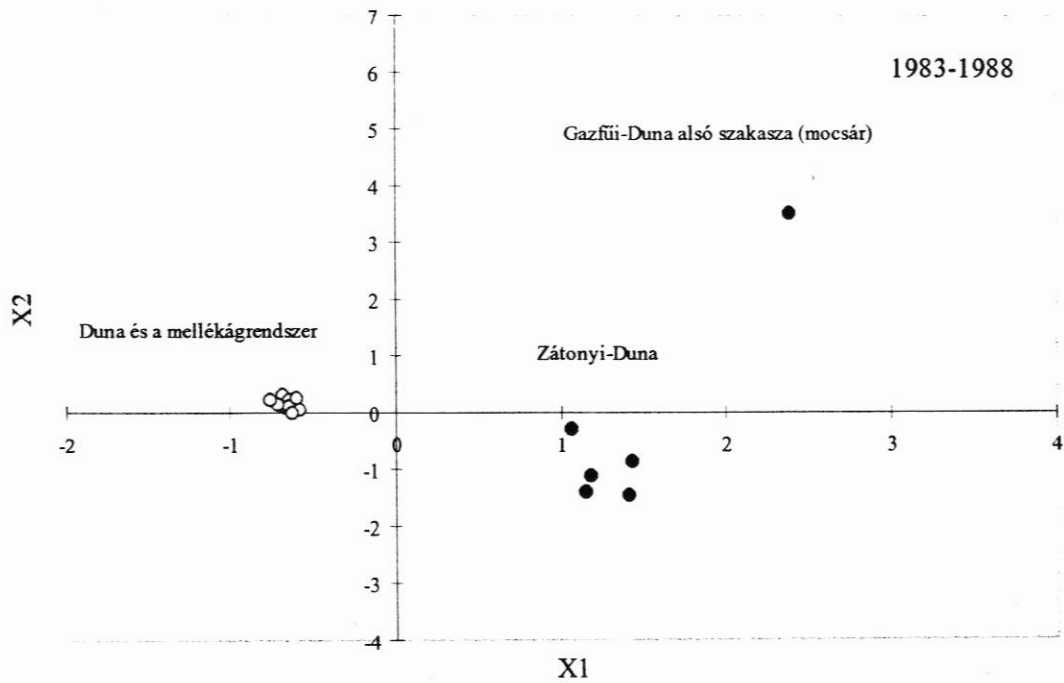
5. ábra A fitoplankton főbb rendszertani csoportjainak %-os megoszlása a Lipóti-morotvában a vízpótlás megkezdése előtt és után (Cy - *Cyanophyta*, Eu - *Euglenophyta*, Ch-X - *Chrysophyceae-Xanthophyceae*, Ba - *Bacillariophyceae*, Cr - *Cryptophyta*, Chl - *Chlorophyta*).

Az "eredeti" gazdag algaflóra kialakulásának okát a víz viszonylag nagy sókoncentrációjában kereshetjük (1993 szeptemberében a vezetőképesség 1300-1600 $\mu\text{S cm}^{-1}$ volt). A fentebb említett fajok a magyarországi szikes vizekben találhatóak meg, ahol a nagy sókoncentrációhoz alkalmazkodtak. A Lipóti-morotva "eredeti" vizét a vízpótlás során duna-vízzel hígították, s a vezetőképesség 300-350 $\mu\text{S cm}^{-1}$ lett. Ez volt a fő oka, hogy a fitoplankton fajösszetétele jelentősen változott és a fajszám csökkent.

Nagy időléptékű algaflorisztikai változások a Szigetközben

A Szigetköz kvalitatív algológiai vizsgálatának 1983-1988 közötti eredményei alapján többváltozós matematikai módszerek alkalmazásával elhatárolták és osztályozták az egyes szigetközi vízterek algaegyütteseinek jellegzetes típusait. Az algaegyüttesek ilymódon való elemzésének célja a Dunával való közvetlen vízcsere megszűnésének és a tartósan állóvízi állapot kialakulásának hatására bekövetkező változások feltárása volt. 1995-ben ismét vizsgálták a vízterek kvalitatív algológiai viszonyait. Az eredmények azonos módszerek szerinti többváltozós elemzése lehetővé tette egyes vízterek esetében a Duna szlovák-oldali elterelése és a vízpótló rendszer üzembehelyezése hatására történt algaflorisztikai változások feltárását. A két időszakot a kvalitatív adatokat tartalmazó alapadatmátrixok korrespondencia elemzésének eredményei alapján hasonlították össze.

Az 1983-1988 közötti eredmények alapján a mintavételek három jól elkülönülő csoportot képeztek. A Duna és az azzal kapcsolatban lévő (aktív) mellékágrendszer algaflórája lényegében megegyező volt. Alapvető különbség volt az aktív mellékágrendszer és a tartósan állóvízzé vált szigetközi vízterek (Zátonyi-Duna (Dunakiliti és Doborgasziget) és a Gazfüi-Duna algaflórájának összetételében. Azaz a szigetközi mellékágrendszerben a fitoplankton faji összetételét a víz áramlási sebessége és a Dunával való kapcsolat határozta meg (6. ábra).



6. ábra A Vízpótlás hatására 1995-ben a szigetközi Duna-szakasz (D-), a Mosoni-Duna (MD-), az ártéri mellékágak és a mentett oldai vízterek egy része (ZD-, LM-, NF-, SC-) algaflorisztikailag homogén területté vált.

A korábbi évekre jellemző állapotok a vízpótló rendszer üzembehelyezése után alapvetően megváltoztak. A szigetközi Duna-szakasz, a Mosoni-Duna, a mellékágrendszer és a Zátonyi-Duna, valamint a vízpótlásba bekapcsolt Lipóti-mocsár algaflorisztikailag homogén területté vált. Ettől a csoporttól és egymástól is alapvetően különböző viszonyok jellemezték a tározó szivárgó csatornáját (2. sz. zsilip), a dunaszegi Öreg-tavat és a Zámolyi-csatorna győrzámolyi szelvényét (6. ábra).

AZ EREDMÉNYEKET ÖSSZEFOGLALVA MEGÁLLAPÍTHATÓ, HOGY:

- A rendszeres hossz-szelvény vizsgálatok kimutatták, hogy a Dunacsúnyi-tározó hatására a Medvei szelvényben a trofitás (algásodás) mértéke megnőtt. Ez a trofitásnövekedés időszakosan nagyon jelentős mértékű lehet és az alsóbb szakaszokon is érezteti hatását.
- A hullámtéri és mentett oldali vízterekben a Duna elterelését követő katasztrófális vízszint csökkenés -számos helyen teljes kiszáradás után kialakított vízpótlás (és fenékküszöb- hatására csak részlegesen regenerálódott a megelőző időszak flórája.
- Számos területen jelentős fajszám és diverzitás csökkenés következett be a korábbi nyíltvízi flóra tekintetében. Jónéhány „értékes” (ritka vagy vörös könyves) faj visszaszorult, vagy teljesen eltűnt.
- A vízpótlás jelenlegi folyamatos módja hidrobiológiai szempontból hozzájárul az építés, elterelés miatt már amúgy is jelentős diverzitás csökkenéshez. Ez a változatos, sokarcú vízi életterek visszaszorulását, egyesek eltűnését, jelenleg pedig uniformizálódását eredményezte. Mindezek a táj eredeti arculatának megváltozásához, értékcsökkenéséhez vezettek.

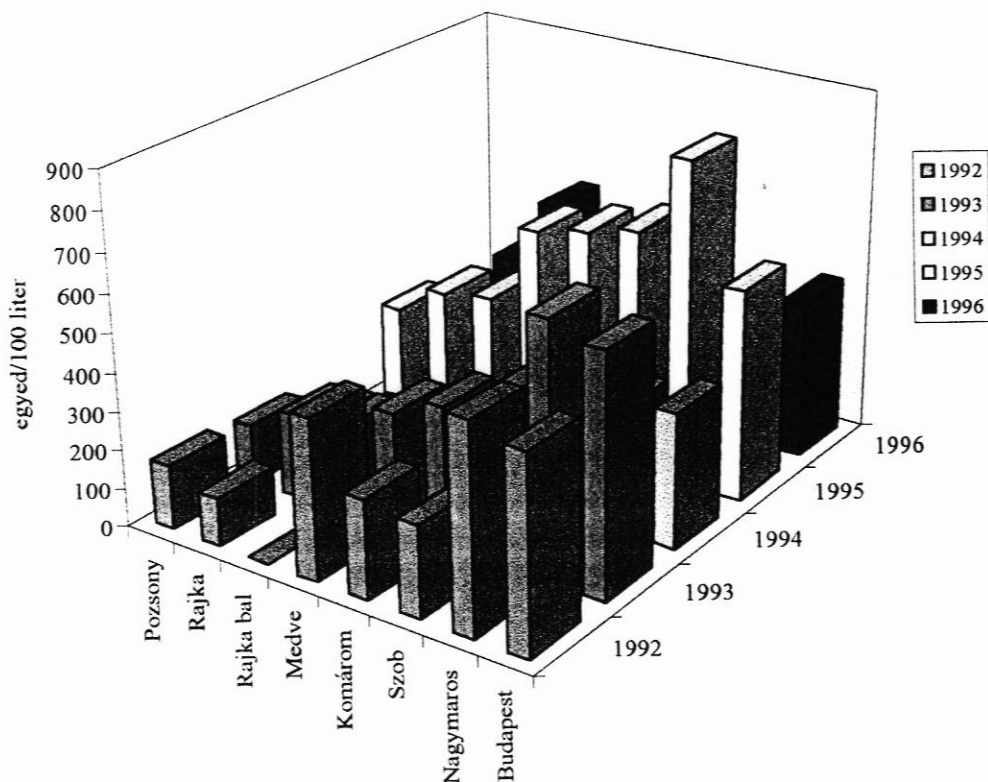
A DUNA ZOOPLANKTONJA [3]

A terület különböző vizein 1992-ben kezdődtek meg azok a rendszeres vizsgálatok, amelyek keretében tanulmányozták a Duna kerekeshéreg- (*Rotatoria*) és rákplanktonjának (*Crustacea*) faji összetételét és populációsűrűségét. A kerekeshéregből valamint az ágascsapú (*Cladocera*) és evezőlábú (*Copepoda*) rákokból álló zooplanktonnak jelentős szerepe van az álló vagy lassan folyó vizekben a vízben lebegő algák által kémiai energiává alakított napenergia további felhasználásában. Ezeknek az élőlényeknek a szaporodása lényegesen lassúbb, mint a táplálékul szolgáló apró mikroszkópikus növényeké, az algáké. Ez a fő oka annak, hogy a Duna főágában még a budapesti szelvényben is lényegesen, több nagyságrenddel kisebb a zooplankton populációsűrűsége, mint hasonló algásodottságú tavakban. Más szavakkal a zooplanktonnak a Dunában nincs számottevő szerepe a vízi anyagforgalomban. Ugyanakkor a zooplanktonra is érvényes az a fitoplankton esetében már ismertett megállapítás, hogy minden olyan beavatkozás, amely a víz áramlási sebességét csökkenti (tartózkodási idejét növeli), a szervezetek fokozott elszaporodását eredményezi. Ezért a Dunában a zooplankton szaporodása nem a rendelkezésre álló táplálék, hanem az áramlási viszonyok függvénye. A zooplankton mennyisége (populációsűrűsége) emiatt érzékeny indikátora lehet a hidrológiai viszonyokat megváltoztató beavatkozásoknak.

A Duna Pozsony-Budapest közötti szakaszának zooplanktonja

1992 és 1996 között az Öreg-Dunának ezen szakaszán összesen 96 faj előfordulását regisztrálták, amelyből a kerekeshéregket 66 faj, a rákokat 30 faj képviselte. Az egyes évek során az előkerült taxonok száma 81 és 96 között változott, de a fajszámok az eltelt időszakban nem változtak tendenciózusan. Ami a hossz-szelvény menti változásokat illeti, legkevesebb fajt Pozsonynál találtak, és a folyásirány mentén azok fokozatos növekedése volt megfigyelhető. A Duna elterelését követően a rajkai szelvényben átmenetileg erőteljesen csökkent a zooplankton fajgazdagsága. Ez az állapot azonban csak 1993 tavaszáig maradt fenn, és ezt követően az eredeti állapot helyreállt. Más kimutatható változást a Pozsony-Budapest szakaszon a zooplankton fajgazdagságában nem okozott a Duna elterelése.

A zooplankton mennyiségi változásairól általánosságban elmondható, hogy a populációsűrűség a vizsgált szakaszon 12 és 6648 egyed/100 liter között változott és a hossz-szelvény mentén határozott növekedést mutatott. A hossz-szelvény menti növekedés mértéke 1992-ben még mérsékelt volt, 1993-ban, 1994-ben és 1995-ben azonban már sokkal szembetűnőbb. Különösen a Medve alatti folyószakaszon Szob és Nagymaros térségében volt nagy az állatok egyedsűrűsége az egyes évszakokban. A Medve alatt bekövetkezett áramlási sebesség csökkenés ugyanis kedvező életfeltételeket nyújt a nagyobb egyedsűrűségű, az eutróf vizekre jellemző fajokból álló állományok kialakulásához.

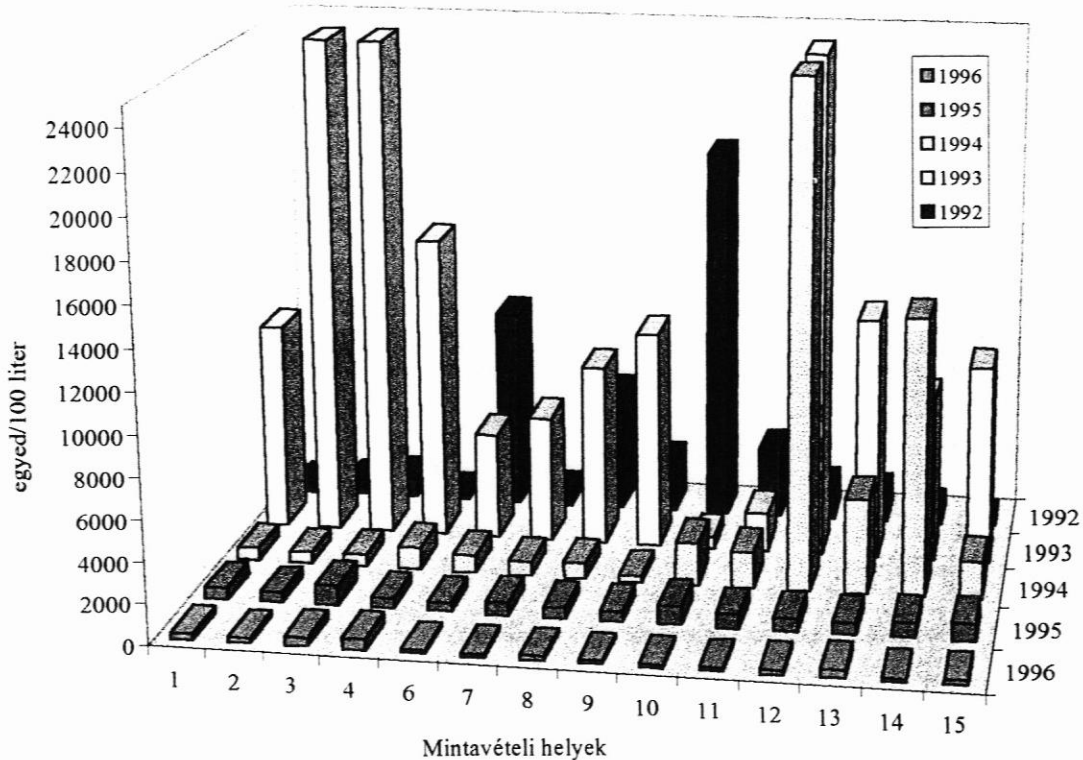


7. ábra. A zooplankton (kerekesférgek + planktonrákok) egyedsűrűsége a Pozsony-Budapest közötti Duna-szakaszon jelentősen megnövekszik.

A legnagyobb egyedsűrűségű állományok Szob, Nagymaros és Budapest térségében alakultak ki. Az adatsorokból az is kitűnik, hogy a legnagyobb értékeket az említett szelvényekben 1992 májusában és szeptemberében, 1993 májusában és júniusában, 1994 júniusában és júliusában, továbbá 1995 augusztusában mérték. Az állatok egyedsűrűsége 1994-ben észrevehetően kisebb volt, mint az azt megelőző és követő két évben. A Duna vizének 1992 őszi történő elterelését erőteljes egyedszám csökkenés is kísérte a Rajka-Medve közötti szakaszon, amely állapot 1993 tavaszán megszűnt (7. ábra).

A hullámtéri mellékágak zooplanktonja

1992 és 1996 között a hullámtéri mellékágak 16 szelvényét vizsgálták rendszeresen, ahol összesen 114 taxon előfordulását regisztrálták. Az állományok egyedsűrűségének részletes elemzése azt mutatja, hogy esetenként jelentős különbségek alakulnak ki az egyes mellékágak között. Az intenzív áramlás (vízpótlás) hiányának eredményeként már az eltereléshez közeli szelvényekben is nagy egyedsűrűségű zooplankton állományok alakultak ki. A vízpótlás hatására ezeken a helyeken az egyedszámok erőteljesen csökkentek. Az eltereléstől távolabb eső területeken, az Ásványi-ágrendszerben és a Bagoméri-ág vizében, amelyekbe a fenékküszöb üzembehelyezése előtt a vízpótlásból már nem, vagy csak nagyon kevés víz jutott, a legtöbb esetben egy, sőt két nagyságrenddel több állat élt, mint azokban, amelyekben vízcsere volt.



8. ábra A vízpótlásba bekapcsolt mellékágakban 1995 évtől kezdődően nem alakulnak ki jelentős zooplankton állományok az intenzív vízcsere következtében.

A fenékküszöb üzembehelyezése után a helyzet gyökeresen megváltozott, a vízpótlás, a folyamatos áramlás hatására a zooplankton még időlegesen sem tud tömegesen elszaporodni, egyedsűrűségük közelít a Duna főágához. A mellékágakban az új keresztgátak megépítése, illetve a régi gátkorona magasságának megváltoztatása után azok felvizeiben ill. alvizében külön vizsgálták a zooplankton állományokat. Az esetek többségében a két szelvény között egy kivétellel (Ásványi-ágrendszer, Gombócosi-zárás) nem volt számottevő különbség az állományok faji összetétele és egyedsűrűsége között. (Világosan kimutatható a vízpótlás drasztikus csökkentő hatása a zooplankton állománysűrűségére a hullámtéri mellékágakban (8. ábra). Egyértelműen megállapítható, hogy a fenékküszöb megépítése előtt a mellékágrendszer szinte teljes területén ki tudtak alakulni - jelentős tér- és időbeli változatosságot mutatva - nagyon gazdag zooplankton állományok, amelyet a vízpótlás nem tesz lehetővé. Ma már időlegesen sem alakulhatnak ki zooplankton tömegprodukciók a fenti területen, amire egyébként a Duna elterelése előtt volt lehetőség. Mindamelllett a zooplankton tekintetében a vízpótlás hatása kettős, egyrészt kedvező az a tény, hogy szélsőségesen nagytömegű elszaporodásukkal nem kell számolni, másrészt hátrányos az, hogy csökkent a terület élővilágának sokfélesége, azaz a zooplankton esetében is bekövetkezett a fitoplanktonnál már bemutatott uniformizálódás az intenzív és folyamatos vízcsere következtében.

A mentett oldali vizek zooplanktonja

A mentett oldali vizekben összesen 123 zooplankton fajt találtak. A legtöbb vízfolyásra az ágascsápú és az evezőlábú rákok nagy fajszáma volt jellemző. Ezek többsége nem planktonikus életmódú, hanem élőhelye a parti tájék növényzete közötti víztér, ill. a fenékküledék felszíne. A kerekeshéjúak között is, és a rákok között is számos ritka faj élt. A fenékküszöb üzembehelyezését követő időszakban a mentett oldali vizek csatornáiba bekerülő nagyobb mennyiségű víztömeg intenzívebb vízmozgást, gyorsabb folyási sebességet és magasabb vízszintet hozott létre. Ez az állapot azonban sem a kerekeshéjúak, sem pedig a planktonrákok állományainak faji összetételében és egyedsűrűségében nem idézett elő lényeges változásokat.

Duna vízének elterelése után a Lipóti-morotva vízében észlelték a legnagyobb változásokat. Vízszintje ekkor erősen lecsökkent, egyes részei teljesen kiszáradtak. 1993 nyarán ezért mindössze 6 kerekeshéjú, 4 evezőlábú és 4 ágascsápú rákfaj előfordulását sikerült feljegyezni. Sok olyan faj nem került ekkor elő, amelyek korábban a morotva jellegzetes élőlényei voltak és hazánk faunájában ritka az előfordulásuk. Fontos feladat volt a kedvezőtlen állapot megszüntetése. A tartós kiszáradás ugyanis komolyan veszélyezteti a terület faunájának regenerálódását. Az időközben megindított mesterséges vízpótlásnak már néhány hónap elteltével jelentkezett a kedvező hatása, mert szemben a nyári 12-vel, ekkor már 22 faj került elő a mintákból. A későbbi vizsgálatok eredményei is igazolták a kerekeshéjúak és az alsórendű rákok állományainak a regenerálódását.

A gondosan megtervezett vízpótlás szükségességét a morotva zooplankton állományokban bekövetkező újabb változások is indokolják. Az intenzív vízcsere segítségével létrehozott tartósan magas vízszint eredményeként ugyanis eltűntek a korábban itt élő hínarasok és a Bodaki- ill. a Dunaremetei-ágakban, elsősorban planktonikus életmódú zooplankton állományokat találtak. A korábban itt élő, elsősorban a vízi növényzet közötti vízteret kedvelő fajok közül ekkor csak néhány került elő.

A fenti vizsgálati eredmények is indokolják azt, hogy a morotva vízpótlását a jövőben módosítani kell, üzemelését szakaszossá téve. Csak akkor lenne szükség a vízpótlás beindítására, amikor annak vízszintje a korábban (a Duna elterelése előtti évek) megállapított átlagos szint alá süllyed és csak addig folytatni, ameddig újból el nem éri azt. A jelenleg tavasztól őszi tartó folyamatos intenzív vízpótlás félő, hogy átalakítja a teljesen más vízjárású, tulajdonképpen állóvízű víztér élővilágát. Ez pedig egy természetvédelmi terület esetében nem kívánatos. A betáplálásra kerülő víz mennyisége a Duna gátjánál levő műtárgy segítségével könnyen szabályozható lenne.

A DUNA MAKROZOOBENTONJA [4]

A Szigetköz különböző vizeitereiben valamint a magyarországi Felső-Dunán 1987 óta helyszíni vizsgálatok keretében vizsgálták a vízi makroszkópikus gerinctelen élőlényegyüttesek (makrozoobenton) összetételét, tér- és időbeli változásait. Ebbe az élőlénycsoportba a pióca-félék, a puhatestűek -tehát a vízcsigák és a kagylók-, a magasabbrendű rákok és azok a rovarok tartoznak, amelyek lárva- vagy kifejlett stádiumú egyedei vízhez kötötten fordulnak elő. A vizsgált terület víztípusai egymástól igen eltérőek, azok jól meghatározható módon élőviláguk alapján is különböznek egymástól, és bennük a megváltozott hidrológiai feltételeknek megfelelően folyamatos faunisztikai változások is történnek.

A terület fontosabb víztípusainak hidrológiai és a faunisztikai jellemzői a Duna elterelése előtt

A Duna és a mellékágrendszerek vízjárását a vízlépcső megépítését megelőző időszakban (1992 október végéig) a szélsőséges viszonyok jellemezték. A nyári árvizek vízhozam-értékei és az ősz végén jelenkező évi legkisebb vízállású időszak vízhozam-értékei között több mint tízszeres különbségek is rendszeresen előfordultak. Ez azt jelentette, hogy a Duna főágában a mederprofil mentén tekintélyes kiterjedésű szegélyzóna hol szárazra, hol pedig elöntésre került. A stabil makrozoobenton élőlényegyüttes benépesülésére tehát csupán a mindenkor víz alatt maradó mederrészek álltak rendelkezésre, az évi legkisebb vízállás szintje felett csak időlegesen alakulhattak ki a különböző, korlátozott mobilitású, és eltérő megtelepedési képességgel rendelkező élőlényközösségek. A Duna vizsgálatára ezért mindig a kisvízű időszakok bizonyultak eredményesnek, közepes vagy áradó vízben csupán néhány szervezetet lehetett megtalálni.

A folyó főágára az áramlásokkedvelő élőlény-közösségek jellemzők, a mellékágrendszer mentén azonban ezek mellett olyan állatok is megtelepedhettek, amelyek alkalmazkodtak a pangó vízi körülményekhez is. A kis- és nagyvízi időszakok tehát egyaránt korlátozó tényezőt jelentettek az itteni élővilág számára. Az árvizek jelentős mértékű elragadó ereje, az erős áramlás következtében lehetőség nyílt a dunai fajok alkalmoszerű megjelenésére, de az időben viszonylag gyorsan változó áramlási feltételek miatt - a pangóvízű időszakok és az erős áramlású periódusok gyakori változása következtében - ez az élőlényegyüttes mindig vegyes összetételű maradt. Általánosságban az állapítható meg, hogy a mellékágrendszerekben jóval változatosabb viszonyok uralkodtak, mint a főmederben.

A Szigetköz mentett területén, az alluviális hordalékkúpon található korábban aktív, majd holtágakká, mocsarakká illetve egyéb nedves területekké váló vízterek vízpótlását általában mindenütt a szivárgó vizek biztosították. Ezek mennyisége alkalmanként olyan tekintélyes volt, hogy nagyobb dunai vízállások esetén a szivárgó vizek mennyisége önmagában elegendő volt arra, hogy a holtágak medrét teljesen feltöltse, s azokban vízáramlás is fellépjen. Ezek a holtágak és csatornák egyrészt a belvíz elvezetésére szolgáltak, másrészt szárazság idején vizüket öntözésre is használták. Élőviláguk egyrészt jelentős mennyiségű magasabbrendű vizinövényzetből, hínárból, part menti, víz fölé emelkedő (emerz) növényfajból állt, másrészt pedig - kevés kivételtől eltekintve - az

állóvízi fauna elemei domináltak, amelyek között a legnagyobb számban puhatestűek (vízicsigák és kagylók), valamint vízi rovarok (elsősorban a bogarak) és ezek lárvái fordultak elő. Ezeknek az élőlényegyütteseknek a fajszáma kimagasló volt az összes egyéb víztérhez hasonlítva.

A Duna szigetközi árterületét délnyugat felől határoló Mosoni-Duna medre kanyargós, meanderező mederben folyik. Ez egy, a Kárpát-medencében mára már szinte egyedülálló medertípust reprezentál, hozzá némiképpen csak a Hortobágy-Berettyó egyetlen, közel eredeti állapotában meghagyott szakasza hasonlítható, amely Mezőtúr és Bucsa között kanyarog, mint a régi Sárrét ma már szárazzá változtatott területén található, szintén meanderező folyószakasz. A Mosoni-Dunának jellegzetes makrozoobenton együttese van, amelynek alapján a Mosoni-Duna a többi víztértől elkülönülő típust képvisel. Részletes tanulmányozására csak a legutóbbi időszakban, a rendszeres vízpótlás hatásainak ellenőrzése kapcsán került sor.

A mentett területen található vizekben soha nem voltak az aktív mellékágakhoz és a Dunához hasonló szélsőséges hidrológiai feltételek a maximális vízszintet illetően. Az élőlényegyüttes tehát a teljes vegetációs időszakban eredményesen tanulmányozható volt. Az élővilág szempontjából itt elsősorban a minimális vízállás és a vízutánpótlás korlátozó szerepét kell hangsúlyozni. Ez azt jelenti, hogy az adott hidrológiai állapot a mentett terület vizeiben egyes szakaszokon néha a teljes kiszáradással volt jellemezhető, különösen 1992-ben, közvetlenül a szlovákiai Duna-elterelést megelőző nyár végi, őszi aszályos időszakban.

Víztérpolitológiai vizsgálatok a makrozoobenton alapján a Szigetközben és a Felső-Dunán a Duna elterelése előtt

A Szigetközi vizeket a faunisztikai vizsgálatok eredményei alapján többváltozós matematikai statisztikai módszerek segítségével tipizálták (CSÁNYI, 1989). A hierarchikus osztályozás (cluster-analízis) alapján a következő víztípusok jól elkülönültek egymástól:

- A Duna, az aktív mellékágak csoportja, és a Mosoni-Duna mintavételi pontjai;
- A mentett területen fekvő holtágak, csatornák és belvizet lecsapoló árkok csoportja;
- A halakkal intenzíven betelepített, mezőgazdasági terület mentén fekvő vagy egyéb antropogén hatások alatt álló (strand) holtágak csoportja;
- A minden egyéb csoporttól különálló, egyedi jellegzetességekkel rendelkező vizek csoportja.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a makrozoobenton együttes taxonösszetétele megfelelően jellemzi az egymástól hidrológiai szempontból is eltérő víztípusokat, s ezek szerint ki lehet jelölni az adott víztípust megfelelőképpen reprezentáló mintavételi helyeket a kérdéses vízterület mentén, biológiai állapotváltozások monitoring célból történő megfigyelésére.

Hasonló osztályozási módszer segítségével, szintén a vízi makroszkópikus gerinctelen állatok csoportjai alapján a Duna jellegzetesen eltérő szakaszait különítették el Rajka és Budapest között. A cluster-elemzés során összesen kilenc szelvényt vizsgáltak, s ezek taxonjai alapján a Felső-Duna szigetközi szakaszának mintavételi helyei kerültek

ugyanazon alcsoportba. Dunaremete és Medve fajösszetétele volt a leghasonlóbb egymáshoz, melyekhez Ásványráró és Rajka csatlakozott. Gönyűtől lefelé az ú.n. "lánc-hatás" volt megfigyelhető, ami azt jelenti, hogy a hossz-szelvény mentén, folyás-irányban Komárom, Esztergom és Szob mintavételi helyein egyenletesen gazdagodott a kimutatott áramláskedvelő dunai élőlényegyüttes egészen Budapest északi határáig. Érdekes módon a Budapest feletti szelvényben tapasztalták a legváltozatosabb makrozoobenton társulás-struktúrát (már 1987-ben is), amely 1996-ig ugyanígy igazolható volt.

AZ EDDIGI ELEMZÉSEK ALAPJÁN A KÖVETKEZŐK ÁLLAPÍTHATÓK MEG:

A szigetközi vízterek a hidrológiai viszonyok alapján négy jellegzetes csoportba voltak sorolhatók (a Duna főága, a Mosoni-Duna, az aktív mellékágrendszer, valamint a mentett terület holtágai, morotvái, csatornái). Ugyanezen csoportok a vízi makroszkópikus élőlényegyüttes kvalitatív társulásszerkezeti mutatói alapján is elkülönültek többváltozós matematikai statisztikai módszerek alkalmazásával.

A Duna hossz-szelvénye a makrozoobenton élővilág alapján határozottan elkülönül a felső, szigetközi szelvények által jellemzett, valamint a Szigetköz alatti folyamatosan változó szakaszra, amelyre az jellemző, hogy a vízfolyás mentén fokozatosan bővül a makrozoobenton állományok taxonszáma, fajgazdagsága.

A vízi makroszkópikus gerinctelen együttes átalakulása a Duna elterelése után

Az Öreg-Duna

A Duna fő medrének vízszintje 1992 október végén igen rövid idő (fél nap!) alatt néhány méterrel a korábbi minimális vízszint alá csökkent, s ennek következtében a vízi élőlények egy része hirtelen szárazra került, a vizparton rekedt, majd rövidesen el is pusztult. A leglátványosabb változást a hirtelen szárazra került partszakaszokon lehetett tapasztalni. A kőszórásos parti rézsú néhány helyen megrogyott, leomlott. A köveket benépesítő állat-telepek és különböző állatok elpusztultak és elbomlottak a még nedves parton. Még kint rekedt halakat is találtak a kövek között (pl. a védett botos kölönte), ahol számos kagyló-faj és félszegűszo rák tetemét is lehetett regisztrálni.

Mindemellett a vízelterelés óta napjainkig végzett rendszeres helyszíni vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a felső Duna-szakasz fő medrében jelenleg lényegében ugyanaz a makrozoobenton együttes található, mint korábban. A fenékküszöb megépítéséig a rajkai és a dunaremetei szelvényekben jellegzetes áramláskedvelő taxonok éltek (*Ancylus fluviatilis* vízcicsiga, *Sphaerium corneum* kagyló, *Corophium curvispinum* és *Dikerogammarus villosus* rákok, a *Hydropsyche* szövőtegzés nemzetség lárvái stb.), mint korábban. A Duna elterelése következtében előállt, a korábbi évi minimális vízálláshoz képest bekövetkezett mintegy 2-2,5 m vízszintcsökkenés tehát a szárazra került sávban élő, a korábban felsorolt fajok hirtelen lezajló, tömeges pusztulását okozta. Ezzel együtt azonban a Duna fő medrében található gerinctelen élőlényegyüttes összetétele a továbbra is vízzel borított mederrészekben nem változott meg.

Az elterelés előtti időszakban tehát a több méteres vízszint ingadozások voltak jellemzők, emiatt az állatok csak a tartós vízborítású szilárd aljzatot népesítették be, tehát csak a kisvízi körülmények között voltak kimutathatók a szelvényekben. Az elterelés után a kiegyenlített, tartósan kisvízi vízjárás következtében pedig ez a stabil módon benépesített zóna már néhány cm-rel a vízfelszín alatt kialakult, és a makrozoobenton szervezetek kimutathatók voltak a teljes Rajka-Ásványráró közti Duna-szakaszon.

A legújabb állapot Rajka térségében az említettektől eltérő. A fenékküszöb megépítését követően (1995 nyár közepétől) a rajkai szelvény élővilága a duzzasztott, pangó vízü felső-dunai (osztrák és német szakaszon tapasztalható) állapotnak megfelelően alakult át. Eltűntek az áramlásokkedvelő fajok (sapkacsiga, szövőtegzés-lárvák) és megjelentek a vízi kevésértéjű és sokértéjű férgek, amelyek óriási egyedszámban jellemzik a felvizet. A fenékküszöbnek tehát ezt az állományátalakító és növelő hatását feltétlenül ki kell emelni, mint az egyik legnyilvánvalóbb változást a Duna elterelését követő időszakban. A Duna fő medrének makrozoobenton együttesében tehát csak a Dunakiliti térségében megépített (1843 fkm) fenékküszöb felvízi szakaszán észlehető jelentős változás (9. ábra).

ÖSSZEFOGLALÓAN MEGÁLLAPÍTHATÓ TEHÁT, HOGY:

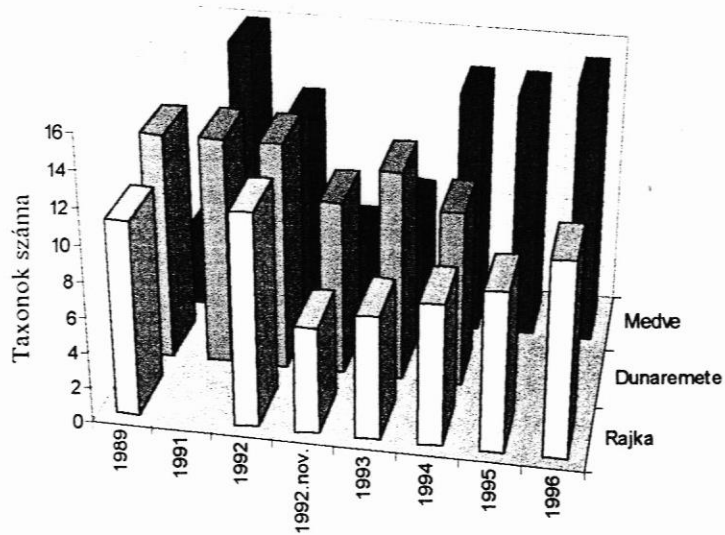
a Duna szigetközi szakaszának főmederében a vízállás jelentősen csökkent ugyan, de az áramlási sebesség-viszonyok - a rajkai szelvény utóbbi években tapasztalható állapotát kivéve - nem változtak meg lényegesen a korábbiakhoz képest. Arra vonatkozó felmérések pedig nem történtek, hogy meg lehessen állapítani a fő meder mentén esetlegesen lejátszódó feltöltődés-feliszapolódás jelenségét, ami pedig számos helyen szintén valószínűsíthető.

A mellékágrendszer és a mentett terület vizeit (a vízpótló rendszer)

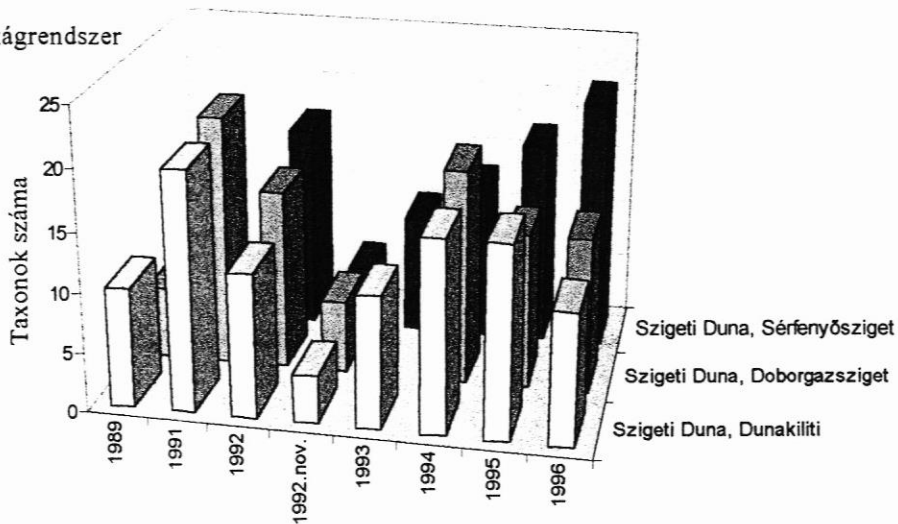
A mellékágrendszer és a mentett terület vizeit mentén előidézett állapotváltozások elemzését megelőzően ki kell térni az 1992 nyár végére kialakult, minden korábbi mértéket meghaladó aszályos időszak hatásainak ismertetésére. A Duna elterelését megelőzően ugyanis számos mellékág, valamint a jelentősen lesüllyedt talajvízszint miatt a holtágak is korábban soha nem tapasztalt mértékű vízhiánnyal küzdöttek. A pangóvízi vízfelület kiterjedése és a vízmélység egyaránt drasztikusan csökkent, némely szakaszokon a teljes kiszáradás volt látható. Szinte már "tragikomikusnak" tűnt ezek után az, hogy közvetlenül ebben az elképesztő környezeti állapotban történt meg a Duna vízének elterelése, s ezáltal a még meglévő, egymástól sokszor tetemes távolságban lévő, lefűződött pocsolyák is sok helyen egyik pillanatról a másikra teljes egészében eltűntek, kiszáradtak. A bennük tömegesen összezsúfolódott vízi állatok, csigák, kagylók, bogarak, halak mind egyszerre pusztultak el (9. ábra).

A vízpótlás hatására azután több-kevesebb sikerrel megindult a vízáramlás lefelé a korábban aktív mellékágrendszer és a holtágak egymással mesterségesen összekötött hálózatán keresztül. Ilyen körülmények mellett tehát a korábbi állapottól lényegesen eltérő, újabb hidrológiai feltételrendszer alakult ki a Szigetközben: többé-kevésbé konstans vízmennyiséget lehetett biztosítani a vízpótló rendszeren keresztül, ami alvízi irányban a mindenkori elszivárgás miatt jelentősen csökkenő mennyiségeket reprezentált.

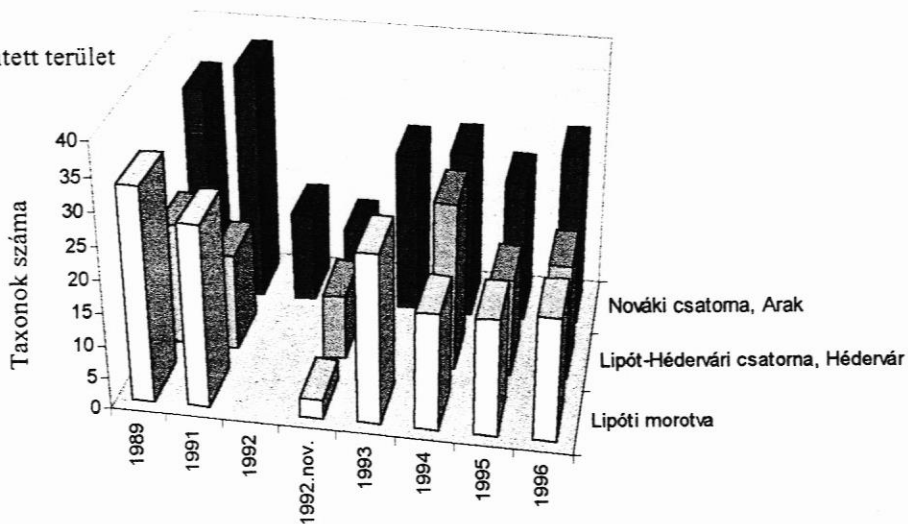
Duna



Mellékágrendszer



Mentett terület



9. ábra A Duna elterelése 1992-ben jelentősen károsította a makrozoobenton élőlénygyűtéseit. A vízpótlás hatására megindult a fauna regenerálódása.

A vízmennyiség szempontjából sikeres vízpótlás hidrobiológiai szempontból történő értékelése viszont különböző kérdéseket vet fel. A mellékágrendszer és a mentett terület újonnan vízforgalomba kapcsolt szakaszainak kialakult állapotát ezek alapján tehát közösen lehet tárgyalni, mivel az őket tápláló víz ugyanabból a forrásból származik. Mindkét, korábban egymástól alapvetően eltérő vízforgalmú területen egymáshoz nagymértékben hasonló jelenség játszódott le az eltelt időszakban. A valódi dunai fajok közül csak alkalomszerűen jelennek meg egyesek a vízpótló rendszer mentén. Így érdekes példaként említhető a természetvédelmi szempontból kiemelkedő Lipóti-morotva esete, amely korábban igen gazdag állóvízi élőlényegyüttesrel rendelkezett, s ma már a különféle víztípusokra jellemző fajok együtt mutathatók ki benne, a Dunából származó áramlásokkedvelő sapkacsiga (*Ancylus fluviatilis*) és a félszegűszo rák (*Dikerogammarus villosus*) az állóvízi, eutróf taxonokkal együtt jelenik meg. Ennek a területnek pedig tipikus módon nem lenne szüksége az állandó, nagymennyiségű vízpótlásra, hiszen az év eleji elárasztást követően csak időszakos vízpótlást kellene biztosítani, kizárólag jelentős vízhiány esetén (9. ábra).

Ugyanígy említhető a Zátonyi-Duna - Gazfői Holt-Duna gyönyörűen meanderező ágrendszere, valamint a Nováki-csatorna is, amelyekben 1993 óta egyfolytában olyan mértékű vízármlás történik a teljes vegetációs periódus során, hogy a kora tavasszal felnövekvő nád az áramló vízben vízszintesen elfekszik. Ezeknek a víztereknek így azután már nem sok közük van a korábbi holtágakat reprezentáló vizekhez, így faunájuk ennek megfelelően szintén alapvetően különbözik az eredeti faunától. Ezeket a különbségek a fajdiverzitás időbeni alakulása alapján csak megközelítőleg tükröződnek, mivel együtt játszódott le egyesek eltűnése és újabbak megjelenése.

A korábbi, egymástól térben elkülönülő mellékágak ma egyetlen összefüggő kanalizált rendszert képeznek. Élőviláguk emiatt értelemszerűen egyformává változott, szinte minden szakaszon az eutróf, lassan áramló vizeket kedvelő, faunisztikai ritkaságokat csupán elvéve tartalmazó, nem túl változatos élőlényegyüttesrel lehet őket jellemezni. A mellékágak sokfélesége, amely nemcsak a bennük előforduló élőlényegyüttesek alapján nyilvánult meg, hanem a hidrológiai jellemzőik eltéréseiben is, tulajdonképpen megszűnt. Például a Cikolai-ágrendszerben 1988 nyarán egy olyan kisebb mellékágot találtunk, amelynek hossz-szelvénye mentén kisvízi időszakban gyönyörű fenékforrásokat, homokos buzgárokat lehetett látni a kristálytisza, szivárgó vízből származó vízterben. Ennek alapján ezt a kis vízfolyást Forrásos-mellékágnak nevezték el, s a forrás közepén feltörő vízben, a mintegy fél méterre a vízfenék alatt mért oldott oxigén-koncentráció értékek jól mutatták a szivárgó vízre jellemző konstans viszonyokat (2-2,5 mg/l). Ennek a mellékágnak a üledéklakó élővilága egyébként nem volt különlegesen változatos, hiszen csupán hatféle árvaszúnyog-lárvát és három egyéb taxont mutattunk ki benne, de értékét az unikalitása, egyedisége jelentette.

A térségben bekövetkezett ökológiai változásokkal kapcsolatban tehát határozottan ki lehet jelteni, hogy a korábbi árvizek kiöblítő, átöblítő hatása, amely az ártér minden vízterületére kiterjedt, végérvényesen megszűnt. Nincs semmi remény tehát arra, hogy a mellékágrendszer korábbi sokszínűsége, a hozzáférhető diverz élőhelyek sokasága valaha is visszaállítható legyen a jelenleg érvényesülő hidrológiai feltételek mellett. A régi morotvák, holtágak, nedves területek speciális élőhelyei hasonlóképpen megszűntek, ezek visszaállításához részletesen átgondolt, célirányos kutatásokon alapuló vízkormányzással kapcsolatos megfontolásokra lenne szükség. A feladat nem túlságosan bonyolult, hiszen a terület méreténél fogva alkalmas lenne egymástól eltérő jellegű vízterek kialakítására, s az élővilág a megváltoztatott feltételekhez idővel jól alkalmazkodna is.

A SZIGETKÖZ HALAI [1, 5, 9]

A Szigetközi vízterek halfaunája

A Duna elterelése előtti állapot

A kutatások szerint az elterelés előtt a szigetközi hat fő víztípusban 65 halfaj fordult elő. Ez a fajszám nemcsak hazai, hanem európai szinten is kimagasló. A hasonló (tiszán édesvízi faunájú), európai vizek közül az itteni "hullámtér-főág rendszer" terület/faj aránya 6000 ha / 65 faj. A hazai halfajok mintegy 80 %-a (!) előfordul a Szigetközben.

Az európai szinten "veszélyeztetett*" fajok aránya 22% (n=14).

Az európai szinten "ritka*" fajok aránya 22% (n=14).

Az európai szinten "sebezhető*" fajok aránya 43% (n=22).

(*A fajokra megítélt kategóriák: LELEK (1987): Threatened Fishes Of Europe)

A fajokban is megmutatkozó gazdagság (nagy fajdiverzitás) magyarázata elsősorban a nagyszámú élőhely típus mozaikjainak kis területen való "összezsúfolódása".

A szigetközi főág a folyam hegy alatti (szubmontán) zónájába tartozik. Karakterfajai is így alakultak ki. Mivel hazai viszonylatban a szigetközi főág esése (40 cm/km), és sodrássebessége (2,5m/s) unikális, ezért több ritka, áramlásokvelő fajnak nyújtott életteret. Így a dunai galóca (*Hucho hucho*), a botos köllönte (*Cottus gobio*), gyöngyös koncér (*Pararutilus frissii meidigeri*), a kessler küllője (*Gobio kessleri*), a német bucó (*Zingel streber*), a selymes durbincs (*Gymnocephalus schreutzer*), stb. számára.

A hullámtéri ágrendszereket a nagyfokú élőhely-diverzitás jellemzi. Az ágrendszerek rendszeres ivóhelyei nemcsak az itt honos halfajoknak, hanem a főági, és a nagy távolságokból ideérkező vándorló fajoknak is, pl. szilvaorrú keszeg (*Vimba vimba*). A nagy élőhelydiverzitás következménye a nagy faji diverzitás (n=52).

A hullámtéri halak közül, mint jelentősebbeket, a következőket érdemes külön megemlíteni:

nyurga ponty (*Cyprinus carpio m. hungaricus*)

balkáni csík (*Cobitis aurata*)

garda (*Pelecus cultratus*)

balon durbincs (*Gymnocephalus baloni*)

A mentett oldal holtágai a régebbi vízrendezésekkor izolálódtak a hullámtértől. Halfaunájuk az elterelést megelőzőleg már kialakult és rögzült. Speciális fizikokémiai vízparaméterei csak néhány faj számára megfelelőek. Ezek a fajok, a hasonló víztípusok ritkulásának eredményeként nagyrészt veszélyeztetettek. E területek kiemelkedő faunaeleme a lápi póc (*Umbra krameri*), mely kárpát-medencei endemikus és hazai "vöröskönyves" faj. A világon a legjelentősebb állománya hazánkban található. A faj élőhelyeinek jellemző haltársulásában a réti csík (*Misgurnus fossilis*) és a széles kárász

(*Carassius carassius*) szerepel még domináns fajként. A társulás kiegészítő fajai a tarka géb (*Proterorhinus marmoratus*) és a compó (*Tinca tinca*). Ritka, védett faunaelem a Zátonyi-Dunában helyenként tömegesen előforduló kurta baing (*Leucaspius delineatus*). A mentett oldal holtágaiban az elterelés előtt során 23 fajt sikerült e víztípusban kimutatni.

A 1896-1900 közötti években belvízelvezető csatornahálózatot alakítottak ki a Szigetközben, mely a későbbi bővítésekkel mára közel 300 km-es rendszert alkot. Tervezésekor gyakran felhasználták az elhagyott Duna-medreket, mégis általánosságban elmondható róluk, hogy partjuk túlnyomó részben egyenes, szabályozott, ezért halfaunisztikailag értékes területek csak olyan szakaszokon található, ahol változatosabb (*diverzebb*) életterek kialakulására is van lehetőség (például hidak, bedőlt fák, kanyarulatok környéke, illetve az olyan szélesebb szakaszok, ahol jelentősebb vízi vegetáció található). A csatornák halfajai közül kiemelendő a halványfoltú küllő (*Gobio albipinnatus*), és az itt igen ritka lápi póc (*Umbra krameri*) mint védett, veszélyeztetett fajok. Az itt fellelhető fajok száma: 27.

A Mosoni-Duna is az ágrendszerhez hasonlóan öblítetett jellegű, ezért itt is előfordulnak gyorsfolyású és álló vizek is. A migráló halfajok a vízváltásokat követve vándorolnak. Halfaunisztikai szempontból e Duna-ág felső-, középső-, és alsó-szakaszra osztható.

A Mosoni-Duna felső-szakaszán, mely kizárólag a Nagy-Dunából nyíló zsilipen át kap vizet, található a legnagyobb hazai tuskés pikó (*Gasterosteus aculeatus*) populáció. A Halászi-híd környékén e faj tömegesnek mondható. Feltételezhető az Mosoni-Duna torkolatánál két ritka keszegféle, a gyöngyös koncér (*Pararutilus frisii meidingeri*) és a leánykoncér (*Rutilus pigus virgo*) előfordulása is.

A középső szakaszon érkező vízfolyások (Rába, Rábca, Lajta) jelentősen befolyásolják a Mosoni-Duna halfaunáját. A Rába hatásának eredményeként Győr magasságában egy nagy egyedszámú balkáni csik (*Cobitis aurata*) populáció található. E faj más szigetközi élőhelyekről csak egyetlen esetben került elő (Ásványi-ágrendszer, Árvai-zárás, 1991). A Lajta és a Rába beömlésének környékén regisztráltak a két ritka bucó fajt (*Zingel zingel*, *Z. streber*).

A Mosoni-Duna alsó szakaszának vízjárása és halfaunisztikai összetétele szintén kapcsolatot mutat az említett folyókéval, de itt már jelentős szerepet játszik a Nagy-Duna is. Példaként említhető a főág alsó szakaszán gyakoribb kecsege (*Acipenser ruthenus*), mely e szakaszon is megtalálható. A Mosoni-Duna élőhely-diverzitása alatta marad a "főág-hullámtéri" rendszernek, mégis az említett külső hatások miatt a fellelhető fajok száma közel azonos (n=54).

A Duna elterelésének közvetlen hatása a halfaunára

A Duna 1992 októberében történt elterelését követően legelőször a vízi élőhelyek és társulásaik károsodtak. Ezekben a társulásokban az elterelést követő napokban már igen jelentős leromlás (degradáció) volt megfigyelhető. Az 1992/1993-as tél beköszöntéig a vízterületek drasztikus csökkenésének következtében a fajok túlélésétől csak kis mértékben függött a populációk egyedszámának csökkenése. Ebben az időszakban elsősorban a csökkenő élettér okozta változások és a nagymértékű elvándorlás volt a társulás összetételét befolyásoló tényező. Hasonló folyamatok voltak megfigyelhetők az ezt

követő télen is, mikor elsősorban a rossz kondícióban lévő telelő egyedek pusztultak. Hasonló sorsra jutottak az izolálódott, és a tél folyamán mederfenéig befagyott vízterekben rekedt halak is. Azokon a nagyobb mélységű szakaszokon, ahol a jégtakaró alatt maradt elegendő vízmennyiség, a kondíció, az oxigénigény, és az adott fajra jellemző téli inaktivitás/aktivitás volt a szelektáló tényező.

A főág az elterelést követően elvesztette szubmontán-folyam jellegét. A csökkenő vízhozam hatására a víztest eltávolodott az őt terelő kőszórásos parti sávtól, melynek haltársulása ezeken a szakaszokon megsemmisült. Itt élt a fent említett botos kölönte, mely az egyik speciális montán eleme volt a főágnak. Az alvízcsatorna visszaérkezése feletti szakaszon duzzasztott víztér alakult ki, ahol a csökkenő vízmozgás következtében fokozott feliszapolódás figyelhető meg. Itt a *rheofil* fajok egyértelműen háttérbe szorultak. A főágban a küszöb felett kialakult duzzasztott szakasz is elvesztette folyamjellegét, így a haltársulás összetétele és arányai is megváltoztak. Ez elsősorban nem halászati, hanem természeti értékcsökkenést jelent. A küszöb alatti főágszakaszon, eltekintve az első néhány száz méteres sekély szakasztól nem regisztráltak jelentős hatást.

A főág leginkább védett szakaszán, az alvízcsatorna alatt, 1996-ra normalizálódó tendenciák kezdődtek meg. A szigetközi hullámtér vízfelülete az elterelést követő hónapokban mintegy 70 %-osan szárazra került. Halfaunája is ezzel arányosan semmisült meg. Az 1993-as téli időszakban az izolálódott maradványvizek több helyen fenéig befagytak, így az itt telelő egyedek elpusztultak. Így 1992 őszéhez képest szinte minden változás pozitívnak tekinthető.

A hullámtéri szakaszokon 1995-től jól látható a főági vízpótlás hatása. A hullámtérben olyan szakaszok alakultak ki, ahol az elterelés előtti időszak főági élőhelyeihez kezd hasonlatossá válni a társulás. Ezt a folyamatot halbiológiailag nem tekinthetjük egyértelműen negatív jelenségnek, ha belegondolunk abba, hogy milyen körülmények lehettek a szigetközi hullámtérben a mesterséges főág kialakítása előtt. A folyamat veszélye leginkább abban rejlik, hogy az ismételten gyors változáson áteső társulás fajai közül, újra a tág tűrésű, vándorló természetű fajok dominálnak (pl. *Barbus barbus*, *Chondrostoma nasus*, *Vimba vimba*) a természeti értéküket tekintve jelentősebb szűk tűrésű, helyhez kötöttebb életmódú fajokhoz (pl. *Cottus gobio*, *Zingel zingel*, *Gymnocephalus baloni*) képest.

A mentett oldal halfaunája az elterelést követően több területen megsemmisült. Az újonnan benépesülő területek halfaunája a felszíni vizekkel való élő kapcsolattól, és az esetleges telepítésekétől függ. Összességében kedvező változások kezdődtek meg a Lipóti Holt-Dunában, de az elterelés előtti haltársulás természeti értékéhez nem is hasonlítható a jelenlegi állapot. Az eredeti karakterfajok közül a legértékesebb, az *Umbra krameri* teljes állománya megsemmisült.

A telepítések több helyen természetvédelmi szempontból jelentős károkat okozhatnak. A gazdaságilag preferált halfajok populációinak állandó erősítése végképp háttérbe fogja szorítani az "eredeti" karakterfajokat. A viszonylag kis víztérrel rendelkező mentett oldali vízrendszerekbe telepített nagytestű ragadozó fajok, mint a csuka (*Esox lucius*) és a harcsa (*Silurus glanis*) az apró, gazdaságilag jelentéktelenebb, ám természeti értéküket tekintve jelentősebb és nem szaporítható (reprodukálható) fajokat (*Gobio gobio*, *Misgurnus fossilis*, *Cobitis taenia*, *Leucaspis delineatus* stb.) fogják fogyasztani. Általános tendenciának tekinthető a mentett oldalon két, természeti értékét tekintve jelentéktelen faj, a *Lepomis gibbosus* és a *Gasterosteus aculeatus* gyors előretörése is.

ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

Halfaunáját tekintve a Duna szigetközi szakasza az elterelés előtt egyedülálló természeti értékkel bírt. Az elterelést követően néhány víztér halfaunája megsemmisült, a többi vízterek halfaunája különböző mértékben leromlott (degradálódott). A fenékküszöb hatására a duzzasztott szakasz elvesztette eredeti karakterét. A jelenlegi tendenciák az elterelés utáni állapotokhoz képest nagyobb hányadban utalnak pozitív folyamatokra, de a térség eredeti értékei még nem álltak helyre.

Szigetközi vízterek halivadékállománya

A síkvidéki folyók biotópjainak legátfogóbb osztályozási rendszere (ROUX, 1982) a korábbiakkal ellentétben nemcsak hidrológiai, hanem geomorfológiai és ökológiai elemzésekre is épül. Eszerint a szigetközi vízterek négy csoportra voltak oszthatók a vízlépcsőépítés előtt: úgymint állandóan áramló folyóágra (*eupotamális* biotóp), a folyóval állandó kapcsolatban lévő mellékágra (*parapotamális* biotóp), időszakosan lefűződő mellékágakra (*plesiopotamális* biotóp) és tartósan elzáródott holtágakra (*paleopotamális* biotóp).

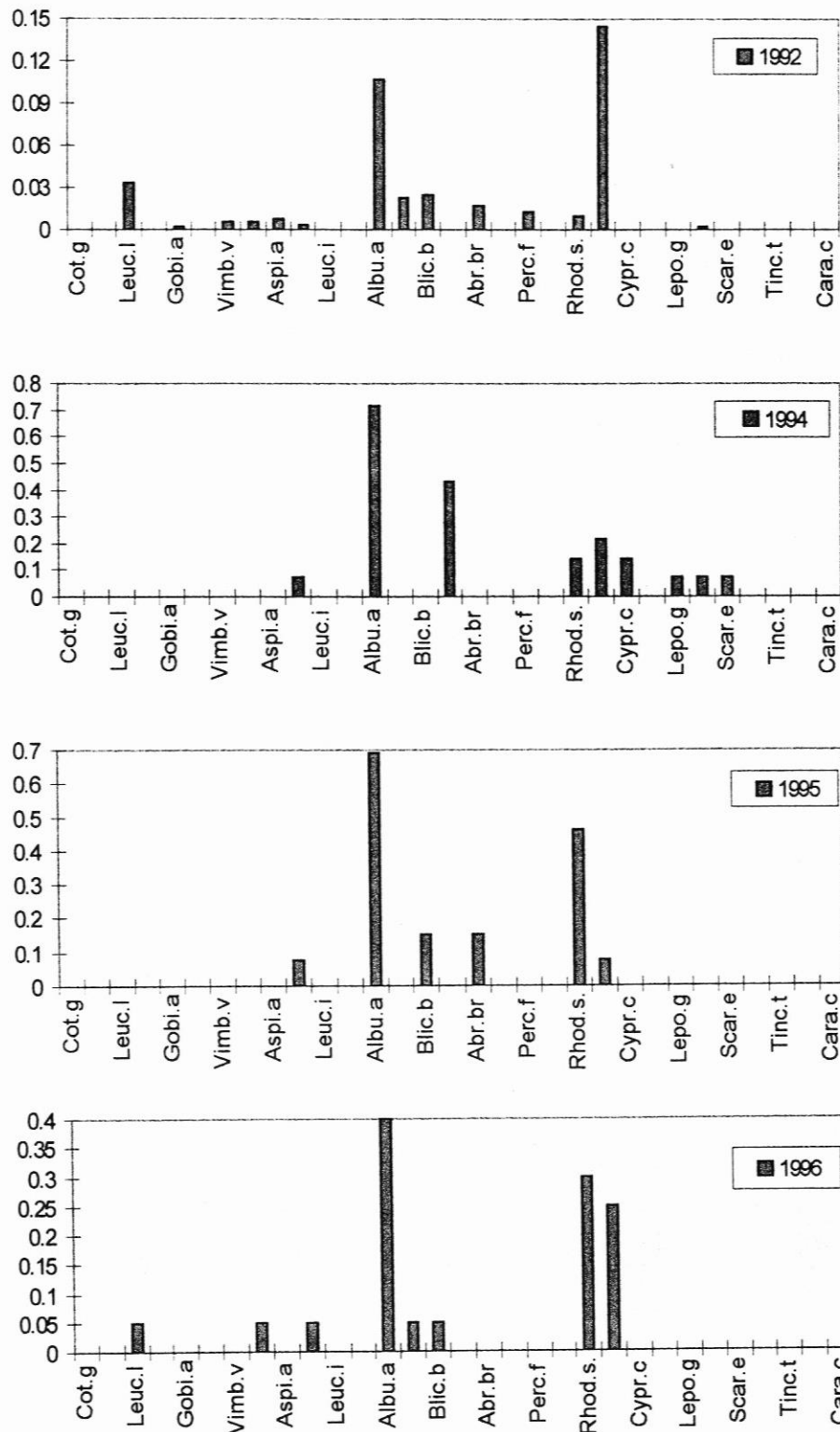
A Duna szigetközi hullámterén a Bósi-Vízlépcső üzembehelyezése előtt a folyóval állandó és az időszakos kapcsolatban lévő mellékágak voltak a meghatározó vízi biotópok. Az 1992-ben végzett vizsgálatok során 27 helyszínt mértek fel. Összesen 21 halfaj ivadékát (0+) mutatták ki, amelyek közül a bodorka (*Rutilus rutilus*) volt a leggyakoribb, azt követte a küsz (*Alburnus alburnus*), a karika keszeg (*Blicca bjoerkna*), és a szivárványos ökle (*Rhodeus sericeus amarus*).

A mintavételi helyszínek halivadék fajok szerinti PCA ordinációja a *parapotamális* és a *plesiopotamális* élőhelyeket jól elkülönítette. A *parapotamális* helyszíneken belül pedig elhatárolódtak a lassú áramlású, a kavicsos aljzatú és az iszapos aljzatú vízterületek ivadékállományai.

Az időszakosan izolálódott (*plesiopotamon* típusú) víztereket viszonylagos fajszegénység jellemezte. A vizsgálat sorozat eredményei azt igazolták, hogy a halivadék térbeli eloszlását az aktuális vízáramlási viszonyok mellett a mederüledék összetétele és a vízterek elszigetelődésének mértéke is alakította.

A halivadékállomány dinamikája

A hullámtéri vízterek hidrológiai viszonyait az ivadékállományok szerkezetének szezonális változása sajátos módon tükrözi. Még a Bósi-Vízlépcső üzembehelyezése előtt 1992 májusa és júliusa között a Cikolai-ágrendszer két eltérő vízterületén vizsgálták a halivadékállomány dinamikáját heti mintavételezéssel. Az egyik mintavételi helyszín a főághoz állandóan kapcsolódó (*parapotamális*) mellékág, a Csákányi-Duna öblözetében volt, amely közvetlen felszíni kapcsolatban állt a mellékágrendszerrel. A másik helyszín a tartósan lefűződött (*plesiopotamális*) Schiesler-holtág volt.



10. ábra A Duna elterelésének hatására 1994-ben és 1995-ben a mellékágakban az állóvízkedvelő fajok aránya megnőtt. A vízpótlás hatására visszatértek a folyóvízi fajok. (Az ábrán balra az áramláskedvelő, jobbra pedig az állóvízi fajok helyezkednek el.)

A *parapotamális* mellékágban 14, a *plesiopotamális* holtágban pedig 8 halfaj ivadékát találták meg a felmérés idején. Az előbbinél az ivadékállomány kezdetben (május) fajszerény volt, majd június elejétől két kisebb árhullám levonulását követően a fajszám hirtelen megnőtt. Az elszigetelt (*plesiopotamális*) holtágot mérsékelt fajgazdagság, az áramlásokkedvelő (*rheofil*) fajok teljes hiánya és viszonylagos szezonális kiegyenlítettség jellemezte. A vizsgálat eredményei a biotópok konnektivitásának (összekapcsolódásának) jelentőségére mutattak rá, azaz a *rheofil* halfajok ivadéka csak a mellékágakkal állandó összeköttetésben álló vízterületet népesítette be, ugyanakkor ezen az élőhelyen az ivadékállomány struktúrája a Duna vízjárásának függvényében jelentősen változott.

A hullámtéri vízterek és a Duna főága közötti kapcsolat jelentőségére, illetve a kapcsolat hiányának következményeire világított rá a szigetközi halivadékállományok összetételének változása a Bósi-Vízlépcső üzembehelyezését megelőző, és az azt követő évek során (10. ábra). A vízlépcső üzemelése előtt, 1992-ben gyűjtött mintákban azonosított halfajok gyakoriságeloszlását összehasonlítva az 1994 évvel, a fajszám 25 %-os csökkenése, az áramlásokkedvelő (*rheofil*) fajok többségének eltűnése, egyes közömbös (*neutrofil*) fajok dominanciája és az állóvízi (*limnofil*) fajok térhódítása figyelhető meg. A *rheofil* fajok általában a kavicsos aljzatú, áramló vízü élőhelyeken ívnek, de ivadékaik az egyedfejlődés kezdeti szakaszában részben a turbulens áramlások káros hatása, továbbá a megfelelő plankton táplálék előfordulása miatt a csendes vízü (*lenitikus*) élőhelyeket igényli. A *rheofil* fajok ivadékának csaknem teljes hiánya a Duna főága és a hullámtéri mellékágak közötti közvetlen kapcsolat megszűnését jelzi. A *limnofil* fajok térhódítását viszont a növényzettel dúsan benőtt, nem, vagy alig áramló sekély vízterek kialakulására vezethetjük vissza. Az ivadékállományok összetétele kevésbé változott 1995-ben az előző évhez képest. Az 1995 nyaratól üzemeltetett gravitációs vízpótlással megnőtt a mellékágakon átfolyó víz mennyisége, és feltehetően ezzel függött össze, hogy a *limnofil* fajok gyakorisága mérséklődött. 1996-tól a fajszám is emelkedett, újra megjelentek olyan *rheofil* fajok, amelyek a Duna felől jutottak a területre (pl. *L. leuciscus*, *Abramis ballerus*), tehát a fenékküszöb segítségével megvalósított vízbetáplálás lehetővé tette a főág halainak korlátozott beúszását a hullámtéri ágrendszerbe.

A biotóptípusok természetvédelmi jelentőségének értékelése

A Duna jelenlegi halállományának fennmaradásában a hullámterek vízi biotópjai meghatározó jelentőségűek. A hullámtéri biotópok természetes szukcessziójának integritását azonban számos antropogén folyamat károsította az utóbbi évtizedekben, amit a halállományok változása is tükrözött.

Az *eupotamális* biotópokon (pl. Öreg-Duna) 51 halfaj jelenléte volt igazolható az elmúlt évtizedben. A halfajok 61 %-a *rheofil*, 31 %-a *neutrofil* és 8 %-a *limnofil* volt. Az elmúlt évtizedben az *eupotamális* biotópokon természetvédelmi szempontból 1 faj eltűnő elem, 11 faj veszélyeztetett, 17 faj ritka és 14 faj tömeges előfordulású, valamint 1 faj bevándorló és 7 faj faunaidegen a Kárpát-medencében. A Duna vízgyűjtőjén endemikusnak tekinthető fajok száma 7. A halfauna abszolút és relatív természeti értéke: $T_A=92$, $T_R=1.84$.

A *parapotamális* biotópokon (pl. Csákányi-ág, Halrekesztő-ág) 48 halfaj volt kimutatható az elmúlt tíz évben. A halfajok 50 %-a *rheofil*, 33 %-a *neutrofil* és 17 %-a *limnofil* volt.

A halfauna elemeinek 88 %-a az eupotamonban is megtalálható. A *neutrofil* és a *limnofil* fajok viszonylag nagyobb gyakorisága, a *parapotamális* biotópok időszakosan áramló víztömegére utal. A megfigyelt halfaunában 8 faj veszélyeztetett, 19 faj ritka előfordulású és 14 faj tömeges, továbbá 1 faj bevándorló és 7 faj faunaidegen a Kárpát-medencében. A Duna vízgyűjtőjén endemikusnak tekinthető fajok száma 3. A halfauna abszolút és relatív természeti értéke: $T_A=79$, $T_R=1.65$, ami mérsékeltebb mint az eupotamikus faunáé.

A plesiopotamális biotópokon (pl. Schiesler-holtág, Öntési-tó) 31 halfaj jelenléte volt kimutatható az utóbbi évtizedben. A fajok 48 %-a *neutrofil*, 26 %-a *rheofil* és 26 %-a *limnofil* volt. A *rheofil* elemek többsége általában az árhullámok levonulását követően található meg a holtágakban, de állandó jelenlétük nem jellemző. A plesiopotamális halfauna eddig megismert valamennyi eleme a parapotamonban is előfordul, illetve a fajok 87 %-a az eupotamonban szintén megtalálható. A *neutrofil* és a *limnofil* fajok nagyobb gyakorisága a plesiopotamális biotópok többnyire pangó víztömegére utal. A szigetközi hullámtéren a plesiopotamikus halfauna 3 faja veszélyeztetett, 12 faja ritka és 13 faja tömeges, valamint 2 faja faunaidegen a Kárpát-medencében. A fauna abszolút és relatív természeti értéke $T_A=46$, $T_R=1.53$, mérsékeltebb mint a *parapotamális* állományé.

A *paleopotamális* biotópokon, amelyek Bósi-Vízlépcső üzembehelyezése előtti években szigetközi mentett oldali mocsarasodó vízterekre (pl. Gazfői-Duna, Lipóti- morotva) voltak jellemzőek, 23 halfaj jelenlétét mutatták ki. A fajok 52 %-a *neutrofil*, 39 %-a *limnofil* és 9 %-a *rheofil* volt. A *rheofil* elemek csak lokálisan fordultak elő a talajvízszivárgások közetkeztében áramló vízü mikroélőhelyeken. A *paleopotamális* halfauna 78 %-a az eupotamonban szintén megtalálható. A *neutrofil* és a *limnofil* fajok domináns gyakorisága a *paleopotamális* biotópok izoláltságára utal. A szigetközi paleopotamikus halfauna 2 faja veszélyeztetett, 7 faja ritka és 12 faja tömeges, valamint 1 faja faunaidegen a Kárpát-medencében. A fauna abszolút és relatív természeti értéke $T_A=33$, $T_R=1.43$. A *paleopotamális* biotóp szélsőségesen ingadozó, időszakosan kedvezőtlen környezeti viszonyainak megfelelően a halfauna viszonylag fajszegény.

A KUTATÁSI EREDMÉNYEK ALAPJÁN TEHETŐ FONTOSABB MEGÁLLAPÍTÁSOK

- A Bósi-Vízlépcső üzembehelyezésekor a szigetközi hullámtér mellékágait elzárták a Duna főágától, így a folyami halak elveszítették legfontosabb ívó-, ivadéknevelő és tápláléktermő élőhelyeiket, ami károsan érintette a közép-dunai halállomány természetes utánpótlását.
- A Bósi-Vízlépcső üzembehelyezését követő években a szigetközi hullámtér mellékágaiban viszonylag stabil vízállás váltotta fel a korábbi, gyorsfolyású időszakokkal jellemezhető vízdinamikát, ilymódon a korábbi halállomány szaporodási lehetőségei jelentősen korlátozódtak, mivel a folyami halak szaporulatának mennyisége általában az ívási időszakban elárasztott területek méretével arányos.
- A Bósi-Vízlépcső üzembehelyezését követő évben a szigetközi hullámtér mellékágaiban gyakorlatilag megszűnt a vízáramlás, csökkent a lebegtetett hordalék mennyisége és a vízi makrovegetáció rohamos terjedése, illetve sűrűsödése volt tapasztalható. Ez az időszak néhány igénytelen halfaj (naphal, ezüst kárász) szaporulatának kedvezett, amelyek tovább rontották a halászati erőforrások

minőségét. A hullámtér gravitációs vízpótlásának megvalósításával mérséklődött e fajok gyakorisága.

- A Duna főágában a halfauna számottevő átalakulását nem igazolták a felmérések a Bósi-Vízlepcső üzembehelyezését megelőző évekhez képest.
- A vizsgálatok alapján feltételezhető, hogy 1843 fkm-nél épített fenékküszöb nem jelent leküzdhetetlen akadályt a főág legtöbb halfaja számára.
- A fenékküszöb felszíne sajátos hidrológiai viszonyokkal jellemezhető mikroélőhely, ahol 1995-ben és 1996-ban legalább 20 halfaj előfordulása igazolódott. Jelentős hányaduk védett, veszélyeztetett.
- A Duna főága felől történő gravitációs hullámtéri vízbetáplálás lehetővé tette a főág halainak újbóli bejutását a hullámtéri ágrendszerbe. Főági faj alkalmi előfordulását a mentett oldali vízrendszerben is kimutatták.
- A Mosoni-Duna halfajai szintén megjelentek a hullámtéri ágrendszerben.
- A vízpótlórendszertől tartósan elszigetelt, kizárólag talajvízből táplálkozó hullámtéri vizeken a halállomány fokozatos degradációját állapítottuk meg.
- A mentett oldali mederhálózat természetes jellegű, szabályozott vízdinamikája kedvezően alakította a halászat által hasznosított halfajok szaporodását, ugyanakkor korlátozta a természetvédelmi szempontból értékes mocsári biotópokat, illetve azok sajátos halállományát.

A halfogás alakulása a szigetközi vízterekben

A halfaunában végbemenő változásokra az évenkénti halfogások összehasonlító elemzésével is lehet következtetni. Az erre vonatkozó információk forrását a Felső Duna-szakasz halfogásában érdekelt 60 Horgász Egyesület mintegy 17-20.000 horgászának feljegyzései (fogási naplók), továbbá 3 halászati vállalkozás nyilvántartásai (statisztikai jelentések) képezik. A szigetközi vizek halhozamairól 1968-tól, a Szigetköz alatti Dunarészekről 1976-tól állnak adatok rendelkezésre.

A halak életfeltételeinek jellemzése

A változások jelentőségének megítéléséhez nélkülözhetetlen a néhány évtizedes múltba tekintés, amikor is a szigetközi térségben még érintetlenek voltak azok a kivételes természeti adottságok, amelyeket a Duna folyam a (417 km-es) magyarországi szakaszán sehol máshol nem élvezhetett. A szárazfölddel érintkező ún. parti tájékát nagy kiterjedésű, mellékágakkal átszőtt (galéria erdős) ártér alkotta. Következésképp a folyóvölgy ökológiai károsodása kevésbé volt intenzív, mint ott, ahol a folyam (kulturális környezetben) töltések közé szorított.

A hidrográfiai viszonyok és egyéb környezeti tényezők a halak igényeit jól szolgálták. Egyidejűleg álltak rendelkezésre: a sebes folyású (magas oxigéntartalmú) vízrészek

éppúgy, mint a csendes áramlású vagy állóvíz jellegű területek. Ebben az időben a Szigetközre a kiemelkedően nagy benépesültség és magas halászati érték volt jellemző.

Különös jelentőséget kell tulajdonítani a mellékágrendszerek főággal való kapcsolatának. A - hajózás érdekében végzett - vízszabályozási munkák során a kiágazásokat (párhuzamművekkel) leválasztották ugyan a főmedertől, de az alsó végeken az összeköttetés megmaradt a folyammal. Áradások esetén a vízhozam nagy része átbukva a zárásokon az ágrendszereken áramlott keresztül.

Megfigyelések szerint a 70-es évek végéig a szigetközi 5 nagy mellékágrendszer a: Tejfalui, Cikolai, Bodaki, Remetei, Lipót-Ásványi (amelyek hossza 114 fkm-re tehető, medertérfogatuk mintegy $22,2 \times 10^6 \text{ m}^3$), évente 7-12 alkalommal kaptak átöblítést. Zárásokon átbukó vízfrissítéssel akkor lehetett számolni, ha a hazánkba érkező dunai vízhozam a $2500 \text{ m}^3/\text{sec}$ értéket megközelítette, illetve a vízszint Dunaremeténél a 460 cm-t meghaladta.

Az áradások zöme tavaszra (március-június hónapokra), az ívási időszakra esett. A zöldár első vonulataival a halak el tudták érni a faji igényüknek megfelelő ívóhelyeket (belső tavakat, kiöntéseket), majd újabb árhullámokkal ivadékaikkal együtt visszasodródtak a nagy ágakba, illetve a Duna főmedrébe. A Szigetköz rendkívül gazdag halállományából az 1970-es évek végén közel ötször annyit (200-220 tonna) lehetett fogni, mint a főág vízének elkormányozása utáni években (40-45 tonna).

Amint az köztudott, a Duna elterelését megelőző években a hidrológiai állapotok már korántsem voltak olyan ideálisak, mint 15-20 évvel korábban. A hazai ún. középvíz szabályozás, valamint az országhatár előtt létesített vízierőművek vízvisszatartó hatása (és feltételezhetően a szárazabb időjárási periódus) a halak életvitelét alapvetően meghatározó vízjárást fokozatosan átalakították. A 80-as évek közepétől: megkésve, kisebb vízhozamokkal, a szokásostól jóval kevesebb árhullám vonult le a Dunán. Az ívási szezonban mindössze 2-3 esetben történt meg az ágrendszerek átöblítődése. Ezeket is a gyors áradás és gyors apadás jellemezte. A vízjárás megváltozása kedvezőtlenül hatott a halak megszokott életritmusára és főként az ivartermék megmaradási esélyeit csökkentette. A természetes szaporodás zavarait: a gyérülő halállomány, a halfogási lehetőségek beszűkülése jelezte.

A Szigetközben rejlő ökológiai és termelő kapacitások kiaknázására irányuló koncepciók kimunkálása és azok megvalósítása helyett, sajnálatos módon, merőben más helyzet állt elő a Duna vízének elterelésével. Az eredeti vízlépcső-üzemelési terv szerint a "kilititározó" feltöltését fél éves időre irányozták elő. Ehelyett az Öreg-Duna vizét órák alatt kormányozták el a szlovákok a "C" vízlépcsőváltozatuk víztárolója felé. A Duna Pozsonynál mért vízhozamának ($1760 \text{ m}^3/\text{sec}$) mindössze 15%-a, ($260 \text{ m}^3/\text{sec}$) érkezett hozzánk Rajkánál. A Felső- és Közép-Szigetköz hullámtéri ágrendszereinek nagy részéből rövid időn belül kifolyt a víz a kiürült főmeder irányába. Néhány hét múlva, amikor már beláthatók voltak a beavatkozás következményei, szakértői felmérés azt állapította meg, hogy a korábban számbavett 3350 hektárnyi szigetközi élővizek területéből 1700 - 1750 ha (50 - 52%) megszűnt halélettér lenni. A természet rendjébe történt drasztikus beavatkozásnak a károsult területen a halfauna esett legelőször áldozatul. A halak a gyors apadásban - természetesen - nem kimenekültek, hanem igyekeztek visszaúszni, így tömegesen pusztultak el a szárazulatokon, az iszapban, medergödörökben rekedve. A közvetlen veszteséget reprezentatív mérés és számlálás alapján, 1993 tavaszáig mintegy 200 tonnára lehetett becsülni, ami több mint kétszerese a

megelőző időszak éves halfogásainak. A vízvesztéssel jelentősen beszűkült továbbá a haltartó kapacitás is.

Több éves kutató megfigyelés alapján 1986 táján felderítették és vízrajzi térképen rögzítették azokat a mederzónákat, ahol a fajukra jellemző időben megjelentek (bandázsoltak) az ívársra készülő halcsoportok, majd az ivartermékeik is észlelhetők voltak. Ilyen markáns szaporítóterep 53 adódott a főágban, a hullámtéri mellékágakban, mentett oldali vizekben és a Mosoni-Dunában.

A vízvesztés után a kárt szenvedett tájon a megmaradt vizek zárványokká váltak. A halak mozgása korlátokba ütközött, szokatlan szituációkba kerültek. A nyolc-tíz évvel ezelőtt regisztrált ivóhelyek közül, a Duna elterelése után nagy biztonsággal megállapítható volt, hogy 18 funkciója ellátása alkalmatlanná vált. A Felső- és Közép-Szigetköz 3 nagy ágrendszerének főmederközeli (volt!) ivóterepei vagy teljesen víz nélküliek lettek, vagy bizonytalan vízellátású, gyér halú bögékbe estek, vonuló halak megközelíteni azokat nem tudták (11. ábra). Az Alsó-Szigetközben sem zavartalanok (még ma sem) a szaporodási körülmények.

A károk mérséklése érdekében a magyar Fél azonnal nagy áldozatokkal járó katasztrófaelhárító intézkedéseket fogantatosított. Ezek a zömében vízépítési munkák, valamiféle formában mindig érintik a halak életterének alakulását (javulását). Műtárgyak építése, átvágások létesítése, zárások és bukók bontása-építése, szelvénybővítések, medertisztítások kedvezőbbé tették a halak helyzetét. A Mosoni-Duna vízellátása, részbeni megosztása, a Lipóti-Morotvató és egyes mentett oldali csatornák rehabilitálása, a mozgástér növelésén túlmenően természetes halszaporodásra alkalmas terepeket is teremtett.

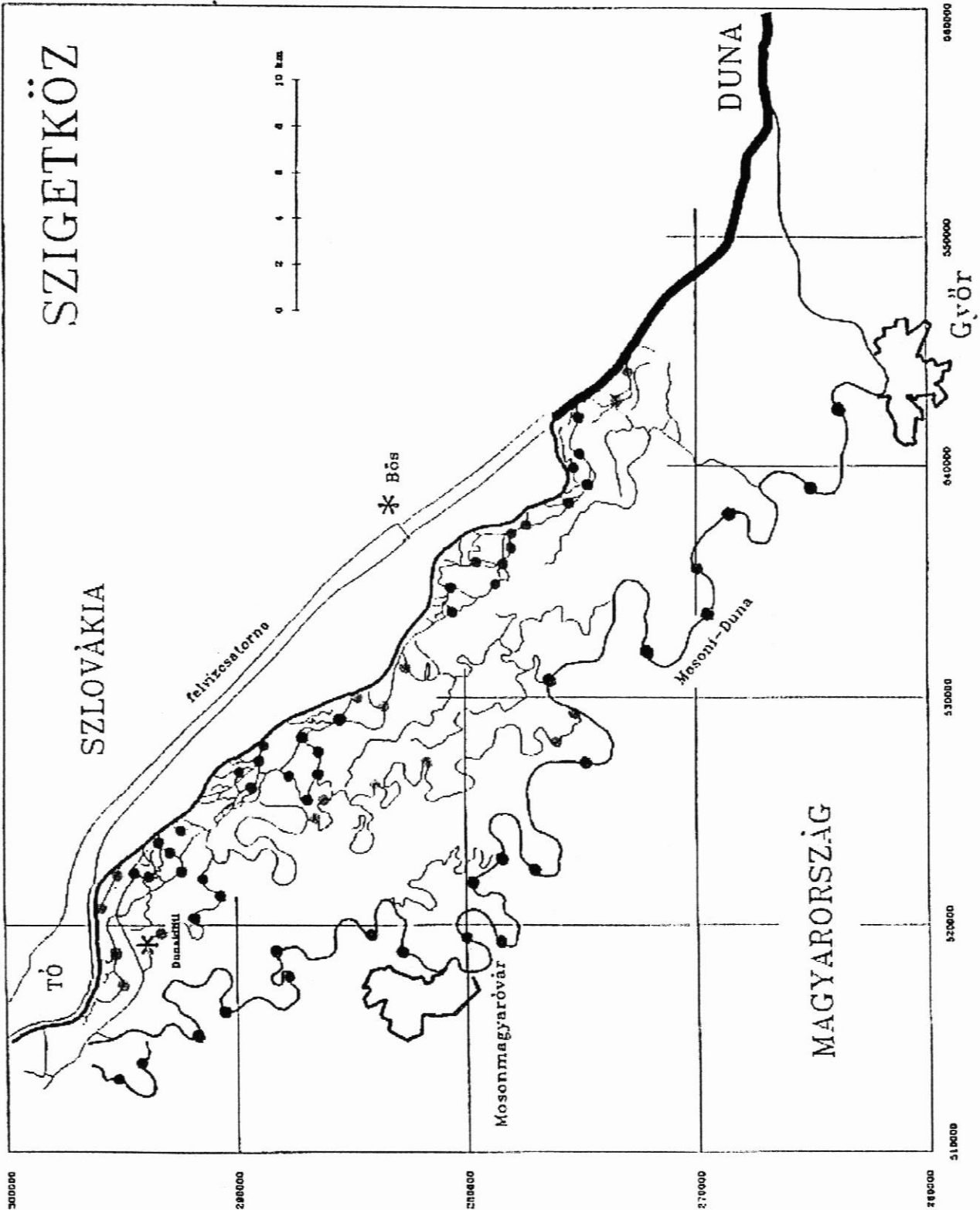
Az 1995-ben üzembe helyezett fenékgátas vízpótlás első éves tapasztalata az volt, hogy a vízüket vesztett ágrendszerek medreinek mintegy 90%-ába eljutott a víz. A halak mozgási lehetősége jelentősen kitágult. A Duna elterelés előtti haléletfeltételek azonban még megközelítően sem álltak helyre. A hullámtér 1995-ben egy esetben, 1996 évben egyszer sem kapott átöblítő árhullámot.

Kétségtelen tény, hogy a vízpótlás a halállomány életvitel igényének kielégítettségéhez hozzájárult. Az 1995-ös ívási szezonban még elérhetetlen klasszikus ivóhelyek mindegyike kapott vízborítást. 1996-ban már több esetben lehetett is látni a régebben volt ivóhelyeken halcsoportokat. Az ivarérett halállomány szaporodásának zavarai azonban nem oldódtak. Nagyrészt nem a hagyományos, hanem alkalmi helyeken ívnak, az ivartermék megmaradási biztonsága labilis (11. ábra). Ezért további folyamatos kutató megfigyelés kell ahhoz, hogy a műszaki megoldások, a vízhozamok és vízjárás változások hatása felmérhető legyen. A halfauna rehabilitációja érdekében további intézkedések szükségesek.

IVÓHELY TÉRKÉP

- nem károsodott
- megszűnt /1993-ban/
- jövőben lehetséges /1993 után/

11. ábra. A Szigetközben a Duna elterelése után 18 ivóhely megszűnt, nem károsodott 35 és 16 új létesült.



A halfogások alakulásának értékelése

A magyarországi Felső-Duna vízrendszeréből származó halhozamok több évtizedre visszatekintő felmérésével (általában a halfauna monitorizálással) olyan ismeretanyag áll rendelkezésre, amilyen hazánk más folyóvizeinek halfaunájára vonatkozóan nincsen. Így adódott lehetőség arra, hogy az "eredeti" környezeti állapotokhoz képest, a műszaki beavatkozások halállományra gyakorolt negatív és pozitív hatása felmérhető legyen.

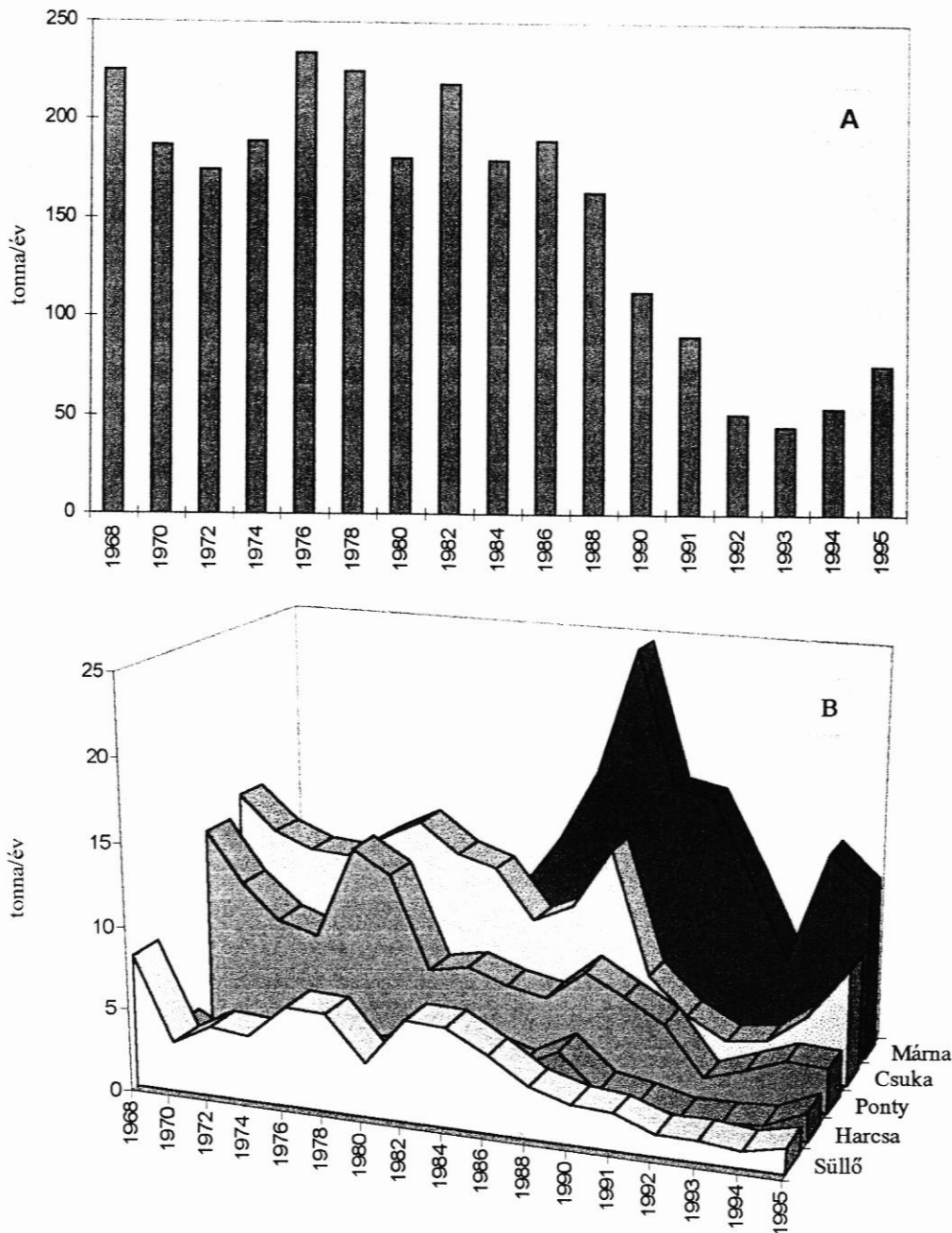
Összehasonlító elemzések azt mutatják, hogy a vízrendszeren a halhústermelés - 20 év alatt - nemcsak drámaian csökkent, de a visszaesés dinamizmusa fel is gyorsult. Az 1976-tól 1993-ig terjedő időszakot 6 éves periódusokra osztva, az egy évre eső átlagos eredményromlás: 1,0%, 6,3%, 9,5%-os értékeket mutat. Áttekintve azt, hogy a Duna melyik részén romlott a zsákmányszerzési lehetőség, az állapítható meg, hogy a Komárom alatti részeken a halfogás mennyisége több éve közel azonos értékeket mutat. A nagyarányú termelési visszaesés (a korábban kifejtett okok miatt) a Komárom feletti (szigetközi) vízterületen tapasztalható.

A Szigetköz vizeiből 1968-ban még 225 tonna halat fogtak, míg 1993-ban 45 tonnát (20%). Bebizonyosodott, hogy a Duna elterelése utáni év negatív rekordját később már nem lehetett alulmúlni. 1994-től valamelyest több volt a zsákmány, tehát gyarapodni kellett az állománynak is (12. ábra). Az eredményesebb halfogás azonban csak részben tekinthető az önmegújulás következményének. Megállapítható, hogy a hazánkba érkező kevés víz megosztásával mozgó vizek keletkeztek és több helyen is felélénkült a vízi élet. Alkalmos vízborítottságú helyeken eredményes ívások voltak megfigyelhetők. Állomány gyarapító volt továbbá a tervszerűen végrehajtott, és az a mesterséges ivadékkihelyezés, amire pályázat útján elnyert pénzek adtak lehetőséget. Az így létrejött fiatal generáció azonban még kevésbé járult hozzá a zsákmánytöbbletnek. A halszaporodás döntően azokból a "vendégahal"-akból adódott, amelyek akkor érkeztek, amikor a szlovákok a dunai árhullámot nem tudták az üzemvízcsatornán levezetni, hanem a régi dunamederbe kormányozták. Ilyenkor a mellékágak is átfolyó vizet kaptak és az áradással jött halak tetemes része ittrekedt. 1996-ban árhullám és vendégahal a felső ágakba nem jött.

A Rajka-Budapest közötti Duna-szakasz vízhasznosításában érdekelt két szervezet, a halászok és sporthorgászok, zsákmányból való részesedési aránya 20 év alatt megcserélődött. A halászok a halállomány ritkulás miatt fokozatosan csökkentették a termelő kapacitásukat, míg egyre több horgász igyekezett a Dunából zsákmányhoz jutni.

A Szigetközben különösen, de végeredményben a monitorizált Duna egész hosszában romlott a vízi élőlények helyzete. Amint az élő szervezetek különböző csoportjai eltérően reagálnak környezetük megváltozására, a halfauna egyes populációi is különbözően viselik el a stabilitásukat veszített életkörülményeket. Várható volt, hogy az élettér jellegének átalakulása miatt nem csak az állomány mennyiségében, hanem faji összetételében is szembetűnő változások fognak bekövetkezni. Tekintettel arra, hogy a legmarkánsabb hatások a Szigetközt érték, a faji struktúra átrendeződésének kezdete itt már szignifikánsan jelentkezik. Jelzés értékű lehet, hogy a nemeshalak közül, az "eredeti állapot"-hoz képest jelentősen csökken a ponty és süllő megjelenési gyakorisága (ivdékpótlások mellett is), valamint a balin megfoghatósága és a kecsege eltűnése a Szigetközből (12. ábra). Talán az alkalmazkodóképességükre vezethető vissza, hogy a gyér állományban több a süllő és harcsa. Tíz éve kezdett rohamosan szaporodni (döntően a halászok fogásaiban) a márna. Az egyéb fajok gyűjtőcsoportjában (reprezentatív

felmérések szerint) előretörnek a kűsz- és keszegfélék, valamint a nagy vitalitású ezüstkárász is. Egyre számottevőbbek a halfogásban a telepített (nem őshonos) busák.



12. ábra A halászok és horgászok együttes halfogása 1992-ben és 1993-ban érte el a mélypontot (A). Néhány nemes halfaj fogása jelentősen csökkent a Duna-elterelés után, de a vízpótlás hatására állományuk regenerálódása megindult (B).

VÉGEZETŰL MEGÁLLAPÍTHATÓ, hogy annak érdekében, hogy a Szigetközi vizekben a 10-15 évvel ezelőtti haltartóképesség megközelíthető legyen, alapvető beavatkozásoknak kell megtörténniök. A halfaunát illetően, legkedvezőbb megoldás az eredeti hidrológiai állapotok helyreállítása lenne, amikor a hullámtéri ágrendszerek állandó kapcsolatban vannak a főággal, és érvényesülhet a Duna természetes vízjárása. Amíg ez nem valósul meg, olyan vízkormányzás volna szükséges a mellékágak irányába, amely az eredeti vízszint mozgásokat szimulálja.

A SZIGETKÖZ FELSZÍNI VIZEINEK HIGIÉNÉS BAKTERIOLÓGIAI VÍZMINŐSÉGE [6]

Jelen tanulmány tárgya a Duna felső-magyarországi szakasza, a Mosoni-Duna-ág és a szigetközi felszíni vízterek bakteriológiai vízminőségének elemzése, különös tekintettel egyes hidrológiai szempontból kiemelt események - a Duna elterelése a szlovák fél által („C variáns”) és a fenékküszöb kialakítása - hatására. A felhasznált adatok forrásai: az ÁNTSZ Győr-Moson-Sopron megyei Intézete, A Felső-Dunavölgyi Környezetvédelmi Felügyelőség és az Országos Közegészségügyi Intézet Vízhigiénés Osztálya. A higiénés bakteriológiai vízminőségváltozások értékeléséhez az 1977-96 közti (20 éves) adatsorok szolgáltak, esetenként azonban ennél rövidebb időtartamra vonatkozó adatok voltak csak fellelhetőek. Jelen elemzés céljára a három legfontosabb ún. fekáliindikátor paraméter (coliformszám, fekális coliform szám, fekális enterococcusok) szolgált.

A vizsgálati eredmények értékelésének módszerei és a felszíni víz bakteriológiai minősítése

A vízi ökoszisztémában jelenlevő baktériumok száma a szaporodásukat és pusztulásukat irányító törvényszerűségek szerint alakul. A vizek higiénés bakteriológiai szempontból történő minősítésének alapjául hagyományosan a fekáliindikátorok - köztük is elsősorban a fentebb tárgyaltak - számértékei szolgálnak. Ennek oka az a - sokszorosan igazolt - feltevés, mely szerint a bakteriális indikátorok koncentrációja és a víz által terjedő - elsősorban enterális - betegségek kórokozóinak önkényesen választott térfogatra vonatkoztatott előfordulási valószínűsége - s így a vízzel kapcsolatba jutó ember megbetegedésének kockázata - között egyenes összefüggés áll fenn. A fekális szennyezésjelző coliform, fekál coliform és fekális *Enterococcus* baktériumok a vizek allochton flórájának azon tagjai, melyek számát legdöntőbb mértékben a külső eredetű, leggyakrabban antropogén szennyeződés és a pusztulás sebességének egyensúlya befolyásolja, mivel ezek a fentebb leírtak értelmében nem, vagy csak kivételes esetekben képesek szaporodásra. Olyan esetekben, amikor ezen baktériumok száma csökkenést mutat, bakteriológiai öntisztulásról lehet beszélni.

Mind a baktériumok számának alakulása a pontszerű és diffúz eredetű szennyezőforrásokban, mind pusztulásuk folyamata legpontosabban exponenciális összefüggéssel jellemezhető és számukat egy adott mintában a POISSON-eloszlás írja le közelítő pontossággal. Időbeli és térbeli koncentráció-eloszlásuk statisztikai leírására nem alkalmasak a normál eloszlásra érvényes technikák (pl. a számtani közép és a szórás).

Egy mintavételi helyen észlelt - adott paraméter számértékeivel illusztrált - szennyezettség időbeli eloszlásának jellemzésére a helyzeti középértéket (mediánt) és - bizonyos korlátokkal a mértani közeget, a minimum- és maximum értéket, valamint egyes kiemelt percentilis értékeket (10, 25, 75 és 90) használtak. Talán ezeknél is fontosabb azonban a vízminőségi osztálybasorolás és az ezzel történő jellemzés, amely szintén a baktériumszám-eloszlás exponenciális törvényszerűségeinek figyelembevételével történik. A jelenlegi munkában az MSZ 12749. sz. szabványban megadott ötosztályos kategorizálást használva a minősítés alapja az egyes minta, nem pedig az évi összes minta 90%-os tartóssági értéke.

A Duna higiénés mikrobiológiai vízminőségének alakulása az utolsó 20 évben

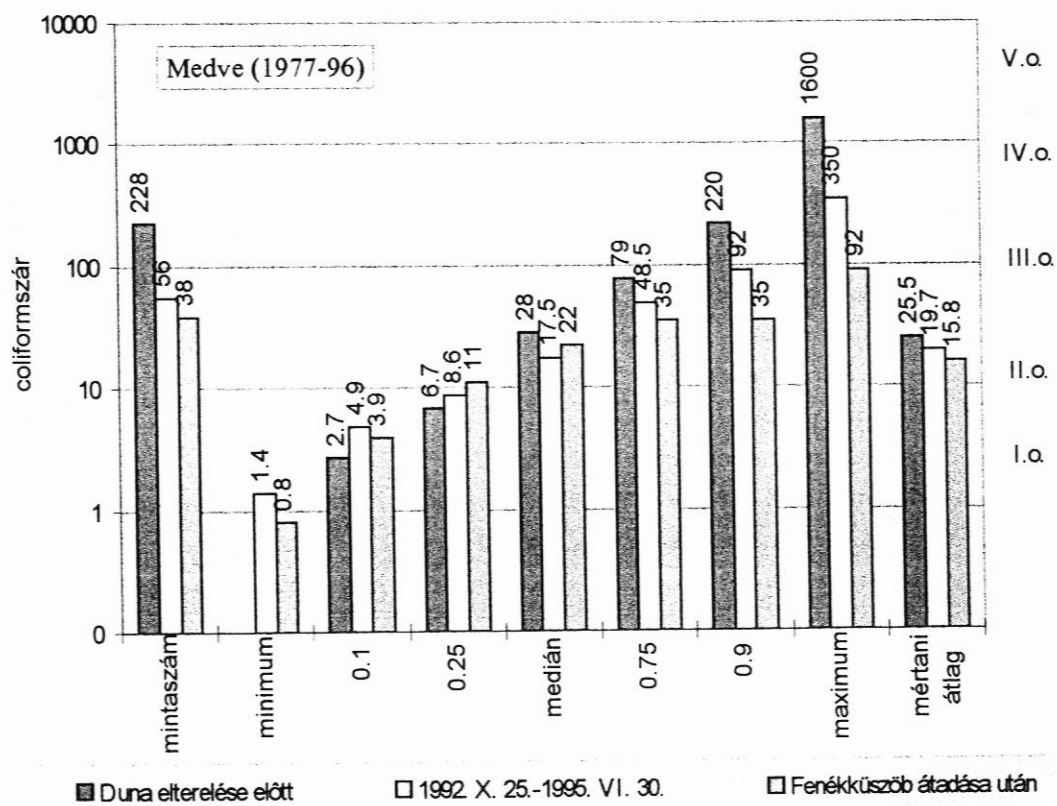
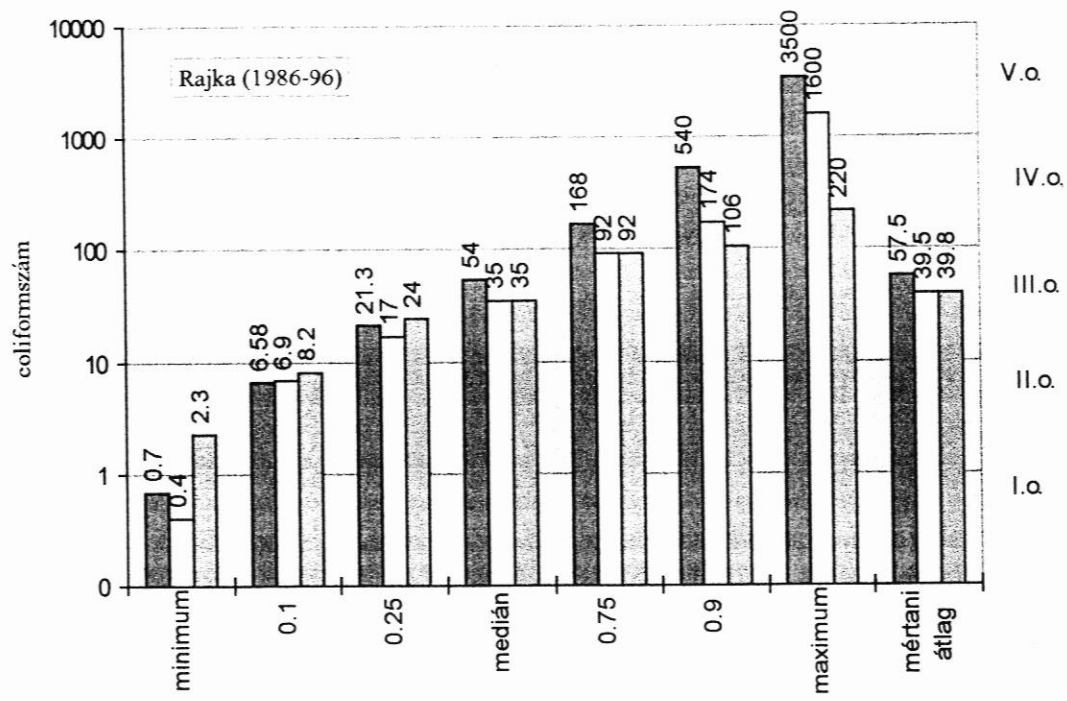
A vizsgálat három szelvényre terjedt ki, melyek közül az elsőnél (Rajka, 1848,4 fkm, sodorvonal) az ún. "C-változat" megvalósítását (1992 október 25.) követően a korábbi vízhozamnak csak 10-20%-a folyt keresztül (1996-ban átlagosan 400 m³/sec). 1986-tól kezdődően összesen 301 adatsor állt rendelkezésre. Közülük 193 származik a Duna elterelése előtt időszakból, 66 a "C-variáns" életbelépése és a fenékküszöb megépítése közti periódusból és 42 az azóta 1996 végéig eltelt másfél évből.

Megállapítható, hogy a *coliformszám* eloszlás centrális statisztikai mutatói (mértani közép, medián), valamint átlagos osztály-besorolása tükrében a vízminőség változása minimális: a Duna elterelése előtti időszakhoz képest kismértékű csökkenés regisztrálható. A fenékküszöb megépítése - érthetően - nem gyakorolt hatást a coliformszámban megnyilvánuló vízminőségre. A *fekális enterococcusok* száma esetében is hasonló irányú, azonban még kisebb mértékű változás fedezhető fel. A *fekál coliformszámok* esetében semmiféle különbség nem fedezhető fel a tárgyalt időszakok között.

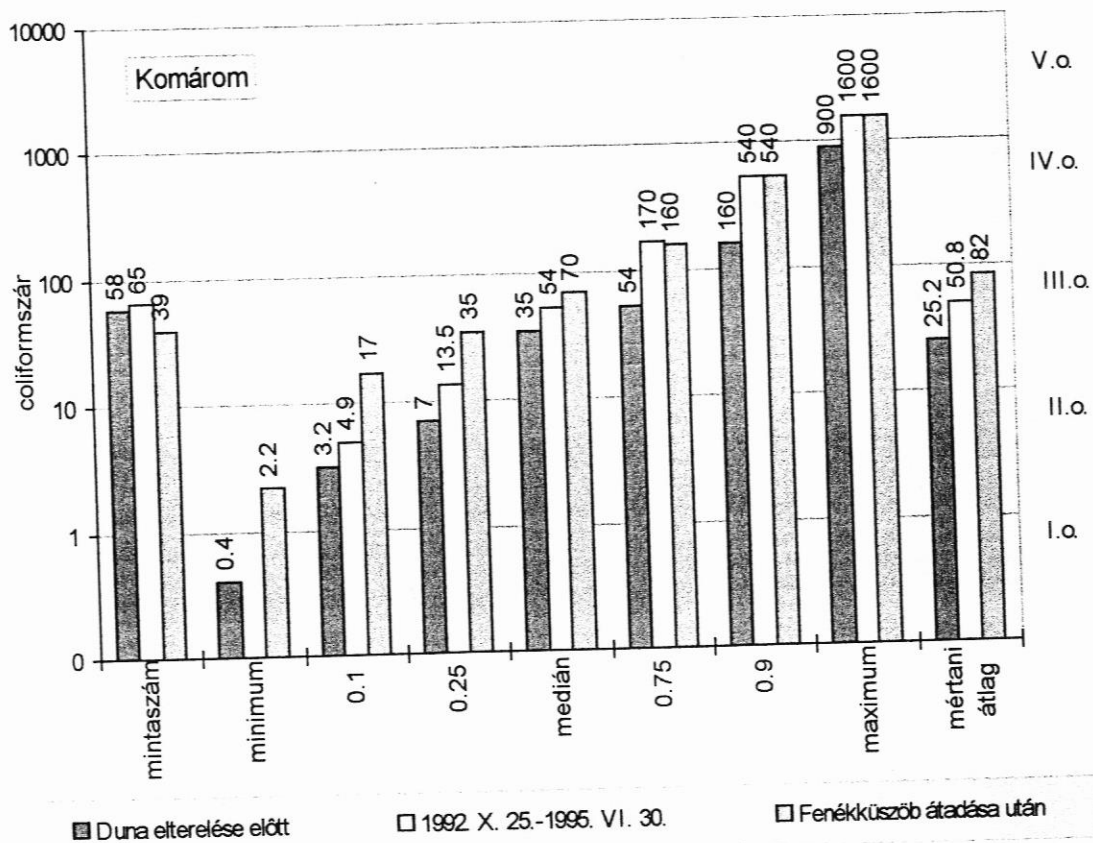
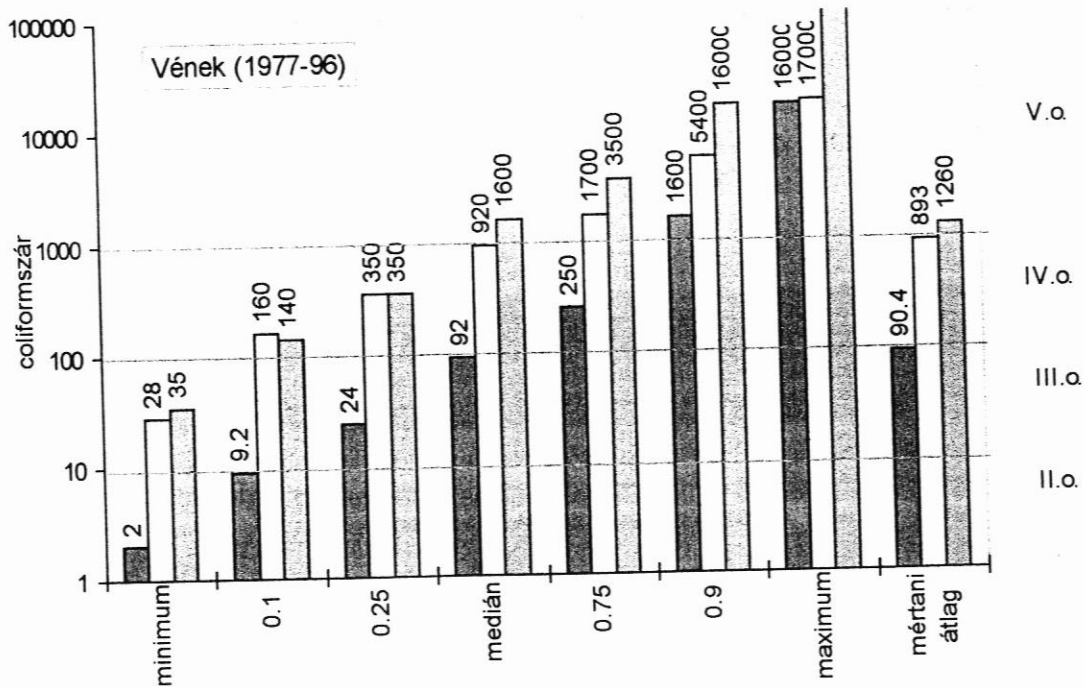
A második vizsgált szelvényben (Győrzámoly, Medvehíd, 1806,6 fkm) korábban is rendszeresen történt bakteriológiai vizsgálat, így lehetőség volt az utolsó 20 év adatainak elemzésére. Összesen 322 adatsor állt rendelkezésre, ezek közül 271 részletes vizsgálatból származott.

A coliformszámok osztályátlagai az 1997-80, 1981-84, 1985-88 és 1989-1992 közti 4 éves periódusokban (utóbbi csak a Duna eltereléséig terjed) 2,74-3,02 között ingadoztak, ugyanekkor a mértani átlagok 9,68-34,4 közti, meglehetősen változó értékeket vettek fel. A "C-variáns"-t megelőző teljes időszakra vonatkozóan a mikrobiológiai vízminőség a coliformszám 25,5/ml-es mértani középértékével és 2,89-es osztályátlagával jellemezhető. 1992 októberét követően mind a coliformszám mértani közép, mind az osztályátlag vonatkozásában a Rajka szelvényében kimutatotthoz hasonlóan nem volt tapasztalható érdemi változás (mértani közép: 19,7/ml, osztályátlag: 2,79 az 1992 okt. 25-1995 jun. 30 közti időszakban). Ugyanúgy elmarad a fekál coliform- és a fekális enterococcus-számok hasonló mutatóinak érdemi változása is.

A részletes vizsgálatba vont minták összevont osztályátlagai a Duna elterelését megelőző utolsó négyéves periódushoz képest ugyan minimális mértékben csökkentek az elterelést követően, azonban ez nem értékelhető vízminőségjavulás jeleként, különös tekintettel arra, hogy a két összehasonlított időszakban jelentős volt a mintaszámok eltérése. A "C-variáns"-fenékküszöb és a fenékküszöb megépítését követő időszakok között semmilyen tekintetben nem volt különbség.



13. ábra Az Öreg-Duna higiénés bakteriológiai vízminősége a Bósi-Vízlépcső üzembevezetésének hatására számottevően nem változott.



14. ábra A Mosoni-Duna bakteriális szennyezettsége Győr alatt 1992 óta drasztikusan megnőtt (felső ábra), amelynek hatására a komáromi Duna-szakaszon is jelentős vízminőségromlás következett be (alsó ábra). Ez a változás azonban nincs összefüggésben a Duna elterelésével.

A Komárom (1766,8 fkm) szelvény a Vág torkolat felett a tárgyalt Duna-szakasz utolsó mintavételi pontja. Itt 1981-től kezdődően voltak fellelhető adatok, azonban 1989-ig csak évi 1-2 adatsor. Az 1988, 1991 és 1992 évekből egyáltalán nem sikerült mérési adatot beszerezni. Az összesen 162 minta eredményeinek feldolgozása alapján e szelvényben mindhárom fekálindikátor paraméter statisztikai mutatói egyértelmű, bár nem kiugróan nagymértékű vízminőségromlást jeleznek a Duna elterelését követően. A coliformszám mediánja csaknem 20-szal, a mértani közepe több, mint 25-tel, az osztályátlagja 0,34-gyel nőtt a megelőző - összevont időszakhoz képest. Az eloszlási diagram minden ponton növekedést mutat. A tendencia a másik két fekálindikátor hasonló statisztikai mutatóiban is megmutatkozik. A fenékküszöb átadását követően már csak a coliformszám - kisebb mértékű - növekedése regisztrálható, a másik két paraméter ezt nem tükrözi. A részletes vizsgálatba vont minták összevont osztályátlagai is a fenti megállapításokat támasztják alá: míg az első időszak 3,40 értékéhez képest az elterelés utáni két és fél év 3,85-ös átlagértéke már szignifikáns fekális szennyezettség-növekedésként értékelhető, a fenékküszöb átadását követően nincs változás ezen paraméterben (3,78).

Külön említést érdemel a Rajka-Komárom szakaszon bekövetkező higiénés mikrobiológiai vízminőség változás időbeli alakulása két olyan időszakra (1986-92 okt. 25., ill. 1992 okt. 26-1996 vége) vetítve, amikor mindhárom vizsgált szelvény vizsgálati eredményei rendelkezésre álltak, így az összehasonlítás objektivitása biztosítható. Az adatok alapján megállapítható, hogy ezen a Duna-szakaszon az elterelést megelőzően értékelhető öntisztulás zajlott le higiénés bakteriológiai tekintetben: ezt minden mutató értékének egyértelmű - bár kismértékű - csökkenése mutatja. Az öntisztulás nagyrészt a Rajka-Medve szakaszra esik, ezután már csak minimális a változás. Ugyanakkor az elterelést követő időszakban a Rajka-Medve szakaszon továbbra is észlelhető, azonos nagyságrendű öntisztulást követően Komáromig ellenkező irányú változásról árulkodnak a statisztikai mutatók.

Noha ez a szennyezettség-fokozódás egyértelműen jellemző az elterelést követő időszakra, nem állítható azonban, hogy a Duna elterelésével ez ok-okozati összefüggésben van: ezen adatok alapján a véletlen egybeesés és más okok szerepe nem zárható ki.

A Mosoni-Duna vízminőségének alakulása az elmúlt 20 évben

Az első olyan szelvény, melyről értékelhető idősor áll rendelkezésre a Mosonmagyaróvár, Duna uti szabadstrand. Az adatsorokat négyéves csoportokba rendezve 1989 előtt nem fedezhető fel jelentős változás a vízminőség bakteriológiai paramétereiben. A legtöbb statisztikai mutató értékében fellelhető igen gyenge javuló tendencia az 1989-92 évi periódusban megfordult, és némi vízminőségromlás mutatkozott, mely elsősorban a coliform- és fekál coliformszámok kiemelt statisztikai paraméterein látható. Ugyanakkor a fekális enterococcus szám paraméterei és az összevont osztályátlagok értékének növekedése kisebb mértékű. A "C-variáns" elkészülte utáni időszakban - melyet ezen mintavételi pont esetében adathiány miatt tovább bontani nem lehetett - ez a tendencia megállt, sőt a legtöbb mutató alapján visszafordulni látszik. Kiemelendő, hogy míg a fekál coliform- és enterococcus számok mutatói általában a vízminőség javulás tendenciáját tükrözik, ez a coliformszámon nem látható. Mivel az ebben az időszakban vett minták többségében a coliformszám volt az összevont osztálybasorolásnál a meghatározó tényező, így ez utóbbi értékein sem mutatkozik a javulási tendencia. Mindenesetre a friss fekális szennyezettség indikátorainak relatív

számcsökkenése a coliformszámhoz képest az öntisztulás egyik jeleként értékelhető. Hasonló következtetésre jutunk, ha a Duna elterelése előtti teljes időszak adatait vetjük össze az utána mért adatokkal. Sajnálatosan, fenti következtetések súlyát nagyban csökkentti, hogy 1992 október 25-e után mindössze 10 minta vizsgálatára került sor.

A Mosonmagyaróvár és Győr közötti Mosoni-Duna szakasz törzshálózati mintavételi pontjáról (Mecsér, 45,0 fkm) 1980-tól kezdődően lehetett adatokhoz jutni. Összesen 190 adatsor állt rendelkezésre, melyek közül 132 részletes vizsgálatból származik. Az adatok értékelése alapján az vízminőség kismértékű ingadozása állapítható meg a vizsgált időszakokban. Az elterelést megelőző négyéves időszakban észlelhető minimális romlást javulás követte a fenékküszöb kialakításáig, majd ismételten - jelentősebb - vízminőségromlási tendenciát regisztrálhatak minden mutató alapján. Végülis megállapítható, hogy az 1989-92 okt. közti szennyezettség nem haladta meg a megelőző időszakokban is észlelhető mértéket, a Duna elterelését követően nagyobb volt a vízminőség ingadozása. Az azóta eltelt 4 év mutatóit összevontan kezelve azonban nem mutatható ki érdemi változás a Mosoni-Duna bakteriológiai vízminőségében ennél a szelvénynél.

A Mosoni-Dunán vizsgált legalsó szelvény a Győr alatti, a város tisztítatlan szennyvizével terhelt szakaszon fekvő Véneknél van. A Mosoni-Duna vize a győri szennyvízbevezetés hatására mindig is igen szennyezett (IV-V. o.) volt bakteriológiailag. Az 1977-88 közti időszakban az adatokból képzett négyéves ciklusokra épített értékelés alapján kis ingadozással stabil vízminőségi kép bontakozik ki. A következő, 1989-92 közti, a Duna elterelését közvetlenül megelőző időszakban a felvizi mintavételi pontokhoz hasonlóan itt is kimutatható a bakteriológiai szennyezettség - lényegesen nagyobb mértékű - fokozódása (14. ábra). A coliformszámok medián-értéke pl. közel kétszeresére, mértani átlaga több mint kétszeresére nőtt. A fekál coliformszámok hasonló mutatóiban a változás még jelentősebb: a medián ötszöröse, a mértani közép háromszorosa az előző periódus adataiból számítottak. Az egyes bakteriológiai paraméterek szerinti, valamint az összevont osztályátlagok tekintetében is kb. 0,5 egységnyi emelkedés számítható, ami már igen jelentős.

A bakteriológiai minőség romlása a következő vizsgálati ciklusban tovább folytatódott és mértéke még az eddigienél is jelentősebb: a szennyeződési tendencia jelentkezése előtti utolsó időszakokkal összehasonlítva ekkor a coliformszám és fekál coliformszám statisztikai mutatói alapján egy nagyságrendnyi növekedés regisztrálható, az enterococcus-szám emelkedése valamivel kisebb mértékű. Az összevont osztályátlag az 1985-88-as 3,79-ről 4,58-ra nőtt, ami példátlan romlás jele. Az 1995 júliusával kezdődő időszakban a vízminőségi helyzet az előző periódusban regisztrált szinten stabilizálódott. Ezzel a Mosoni-Duna Véneknél valószínűleg az egyik legszennyezettebb hazai élővízszakaszként tartható nyilván, ahol a "C-variáns" átadásával jellemezhető fordulópontot követő időszakban pl. még a coliformszámok mediánértéke is meghaladja az V. (legrosszabb) vízminőségi osztály határértékét, de ugyanez mondható el a fekál coliformszámok mértani középértékéről is. Kiemelendő azonban, hogy a szennyezettség-növekedési trend kezdete nem esett egybe a Duna elterelésével, hanem azt jóval megelőzte.

Megállapítható, hogy a Mosonmagyaróvár-Mecsér szakaszon a bakteriológiai vízminőség a vizsgált időszakokban nem változott jelentősen; általában minimális javulási tendencia tapasztalható, amely egyedül az 1992 október 25-e utáni periódusban tűnik szignifikánsnak. A Vének szelvényében regisztrálható jelentős vízminőségromlás a fentiek alapján nem meglepő, azonban ennek mértéke jelentősen változott: az 1980-84

évektől kezdődően folyamatosan nőtt, és az 1992 októbere óta eltelt időszakban olyan mértéket ért el, amely pl. a coliformszám mértani közép és medián 2 nagyságrendnyi változásával illusztrálható. Ennek megfelelően az egyes paraméterek osztályátlagainak növekedése is megközelíti - esetenként meg is haladja - a két egységet. A Mecsérmél és Véneknél vett mintákból számított összevont osztályátlag különbsége 1,62.

A Szigetköz felszíni vizeinek higiénés mikrobiológiai minősége a Duna elterelése után

A Mosoni-Duna vízminősége

A Mosoni-Duna 1992 októbere és 1996 közti bakteriológiai vizsgálati eredményeinek összefoglaló statisztikai adatai alapján a Duna-ág vize az első mintavételi ponton, Halászi, szabadstrandnál bakteriológiailag viszonylag tiszta volt a vizsgált időszakban - az egyes paraméterek osztályátlagai alapján a II. osztályba sorolható, és az összevont osztályátlag 2,50 értéke is megfelelő. A következő alvizi szelvényben (Mosonmagyaróvár Itató, szabadstrand) minden fekáliindikátor paraméter alapján további javulás következett be. Itt a minták többsége az I. osztályba sorolható és csak egy III. o. minta fordult elő, így az összevont osztályátlag értéke is kedvező (1,62). A fentebb már nagyobb időtávlatban tárgyalt Mosonmagyaróvár, Duna u. szabadstrand szelvényében jelentős szennyező hatás érzékelhető: a fekáliindikátorok medián-értékei egy nagyságrendnyit emelkednek és az osztályátlagok növekedése is jelentős. A 3,2 értékű összevont osztályátlag a fürdésre alkalmasság felső határát súrolja. Ezután ismét az öntisztulás hatása érvényesül egészen Győrig. Ez a folyamat Mecsérmél még csak kismértékben érezhető. A két győri szabadstrandon közel azonos a vízminőség, az Aranypart I. valamivel tisztábbnak tűnik mint az Aranypart II., bár ez a különbség ilyen kis mintaszámnál igen bizonytalan. Amint a fentebb írtak alapján várható, a Mosoni-Duna Véneknél egy erősen szennyezett felszíni víz, ahol az utolsó győri ponthoz képest többszázszoros a szennyezettség.

A mentett oldali szivárgórendszer mintavételi pontjainak vízminősége

A Szivárgó I. zsilip mintavételi ponton vett minták bakteriológiai minősége összevethető a Duna rajkai szelvényéből származókéval, mivel mindkét esetben azonos helyről, a szlovák előtározóból származó vizet tartalmaz. Mindkét helyen III., ritkábban IV. o. vízminőség jellemző a fekáliindikátorok számértékei alapján, azonban a Szivárgó I. zsilipnél vett minták azonos időszakra vetített osztálybesorolásai egy árnyalattal kedvezőbbek. Lényegesen tisztább a Szivárgó II. zsilipnél vett minták minősége, mivel ez ténylegesen talajszűrt, szivárgó víz. A coliformszámok és a fekáli coliformszámok kiemelt percentilis értékei és mediánjai, csakúgy, mint az osztályátlagok, egy egész nagyságrendnyi különbséget tükröznek az utóbbi pontban vett minták javára. Ugyanakkor az enterococcus számok statisztikai mutatói tekintetében a különbség kisebb, ami a Szivárgó I. minta viszonylag kis enterococcus számainak is betudható.

A Rajka szabadstrandról összesen 15 mintát vizsgáltak a tárgyalt időszakban. A szivárgórendszerben áramló víz az öntisztulás hatására itt már lényegesen tisztább, mint az I. zsilipnél és a II. zsilipnél mérttel hasonlítható össze. A következő mintavételi pont Dunakilitinél a Kiliti-Cikolai (egykori) Duna-mellékágon kialakult szabadstrand, amelynél a vízminőség a rajkai szabadstrandéval vethető össze. Egyedül a fekálicoliformszámok tükröznek valamivel még kedvezőbb bakteriológiai vízminőséget. A vizsgált vízpótlórendszeri szabadstrandok közül a legtisztább a Dunaszigeti vize, ahol

a minták többsége a fekáliindikátorok száma alapján minősítve I.- II. osztályú és III. o. minta csak elvétve fordult elő.

A hullámtéri vízpótlórendszer bakteriológiai vízminősége

A fekáliindikátorok medián-értékeinek és osztály-átlagainak térbeli alakulása szerint a hullámtéri vízpótlórendszer vízminősége a helenai betáplálástól távolodva fokozatosan javul. A hullámtéri mintavételi pontok esetében ténylegesen indokolt a fenékküszöb átadása (1995 június) előtti és az ezt követő időszak összehasonlítása, hiszen ennek fő célja éppen a hullámtéri vízpótlórendszer jobb vízellátásának biztosítása volt. Amint várható, az átöblítés fokozása a bakteriológiai öntisztulást némileg csökkentette, és minden ponton kimutatható a fekáliindikátorok számértékei, ill. az ezekből képzett statisztikai paraméterek növekedése a fenékküszöb átadásának hatására.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Duna Rajka-Komárom szakaszán a Bósi-Vízlépcső üzembehelyezéséhez kapcsolódó jelentős hidrológiai-környezeti változások a bakteriológiai vízminőségben nem, vagy csak csekély mértékben hagytak nyomot. Rajka és Győrzámoly (Medve híd) szelvényében nem lehet értékelhető vízminőségváltozást kimutatni a rendelkezésre álló adatok alapján, Komáromnál azonban egyértelműen tapasztalható a vízminőség romlása az elterelést követő két és fél éves periódusban. Más összefüggésben az is egyértelműen kimutatható, hogy az elterelés előtti időszakban az egész vizsgált hossz-szelvényben érvényesülő bakteriológiai öntisztulást a Medve-Komárom szakaszon a szennyezettség növekedése váltotta fel.

Hasonló szennyezettség fokozódás tapasztalható a Mosoni-Duna Győr alatti szakaszán, ahol a vízminőség már addig is erősen szennyezett volt. Ez azonban már a Duna elterelése előtti időszakban is jelentkezett és az elterelés után tovább fokozódott. Az 1989-92 közötti időszakban egyébként a Duna-ág mindhárom szelvényében kimutatható a vízminőség romlása, azonban a két felvizi szelvényben ez csak mérsékelt. Ez ebből következően nem hozható összefüggésbe a "C-változat" megvalósításához kapcsolódó környezeti változásokkal.

A Mosoni-Duna vízminőségben a Duna elterelését követő időszaktól származó adatok alapján először egy jelentős öntisztulás igazolható (a betáplálástól a Mosonmagyaróvár feletti szakaszig, majd Mosonmagyaróvárnál, a Duna úti szabadstrand szelvényében érezhetően nő a víz szennyezettsége. A Mosonmagyaróvár-Győr szakaszon ismét az öntisztulás dominál -eleinte (Mecsérig) kismértékben, majd jelentősen. Győr tisztítatlan szennyvizeinek hatására Vének szelvényében súlyosan szennyezett vízfolyássá válik a Duna-ág - az általa szállított szennyezettségnek a Duna komáromi szelvényében is érzékelhető a hatása.

A mentett oldali vízpótló rendszer azon szakaszán, melyről vizsgálati adatok állnak rendelkezésre, az öntisztulás hatására a betáplálástól távolodva egyértelműen egyre javuló vízminőség igazolható. Amíg a szívárgórendszer vize a fő betáplálási ponton, az I. zsilipnél a Dunáéval közel azonos, a legtávolabbi ponton a Dunaszigeti szabadstrandnál már bakteriológiai szempontból kifogástalan, fürdésre alkalmas tiszta a víz.

Ugyanez az öntisztulás mutatható ki a hullámtéri vízpótlórendszerben ahol a betáplálástól távolodva javul a bakteriológiai kép. A fenékküszöb kialakításának hatására itt az öntisztulás a fokozottabb átáramlás miatt csökken.

VÉGKONKLÚZIÓKÉNT MEGÁLLAPÍTHATÓ, hogy a Duna elterelése a Szigetköz vizeiben a bakteriológiai minőség alakulását kevésbé befolyásolta. A fenékküszöb kialakításának hatása egyedül a hullámtéri vízpótlórendszerben áramló víz bakteriológiai mutatókon mérhető öntisztulásának csökkenésében éreztette hatását.

A SZIGETKÖZI VÍZTEREK VÍZI MAKROVEGETÁCIÓJA [1]

A Duna vízi növényekben gazdag szigetközi árterületén a vízi makrofiton állományok vizsgálata a 80-as évek közepén kezdődött. A vizsgálatok célja a vízlépcső üzembe helyezése előtt az alapállapot (elterjedés, florisztikai összetétel, mennyiségi viszonyok) felmérése volt, a vízlépcső üzembe helyezése után pedig a kutatások a botanikai változások nyomonkövetésére irányultak.

Az alapállapot felmérések a hullámtéri mellékágrendszerekben (Dunaremetei, Ásványi, Cikolai) 9, a mentett oldali vizekben (Zátonyi Duna, Lipóti morotva) 10 mintavételi helyen történtek.

A Bósi-Vízlépcső üzembe helyezése után a jelentős környezeti változások (termőhelyek kiszáradása, majd helyenként nagy vízborítás) miatt, a vizsgálatok folytatására kevesebb mintavételi helyen nyílt lehetőség (hullámtéren: 4, mentett oldalon: 5). Ugyanakkor vizsgálatok indultak az elterelt főágban, ahol a vízi makrofitonok 1996-ban az 1843-1828 fkm-ek közötti szakaszon 7 mintavételi helyen jelentek meg.

A mintavételi helyeken a vegetációs periódus jellemző aspektusaiban (tavasz, nyár, ősz) az előforduló virágos (*Phanerogamae*) és nagytermetű virágtalan (*Chryptogamae*) növényekről összesített fajlista készült. A fajok tömegviszonyainak becslése a KOHLER (1978)-féle skála alapján történt.

Duna főág (Öreg-Duna)

Néhány évvel ezelőtt a vízi makrofitonok jelenléte a Duna főágában, annak felsőszakasz jellege miatt még elképzelhetetlennek tűnt. A megtelepedéshez szükséges feltételek (kisebb vízmélység, kisebb áramlási sebesség, a görgetett hordalékmozgás szinte teljes megszűnése, feliszapolódó mederfenék) a Duna elterelése után a parti sávban alakultak ki (sarkantyúöblökben, az Öreg-Dunától lefűződő nyíltvízű foltokban, mellékágak korábbi elrekesztett torkolatánál). Az állományokban közönséges, stressz-toleráns hínárfajok dominálnak (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton lucens*, *P. pectinatus*, *P. perfoliatus*), de megjelentek adventív növények is (*Elodea canadensis*, *E. nuttallii*), valamint egy uszólevelű makrofiton is (*Potamogeton nodosus*).

A fenékküszöb létrehozásával lehetőség nyílt az Öreg-Duna kedvezőbb vizellátására. A lefolyó vízmennyiségek azonban, különösen a nyári időszakban, nem emelkedtek olyan

mértékben, hogy a fenékküszöb alatti termőhelyeken az állományok kifejlődését megakadályozzák.

A legnagyobb fajszámot (16) és elterjedést 1996-ban, a fenékküszöb üzemelésének 2. évében regisztrálták. Az állományok fajgazdagsága és tömegértéke az Öreg-Dunától lefűződött, tavi jellegű mintavételi helyeken a legjelentősebb (1832,5 és 1828 fkm-nél).

1995-ben a fenékküszöb feletti duzzasztott vízterületről a parti sáv jelentős vízszintemelkedése miatt a vízi növényállományok eltűntek. Az intenzív vízmozgás következtében ugyancsak alkalmatlan élőhelynek bizonyult a fenékküszöb közvetlen hatásterülete is. A fenékküszöb alatt néhány km-rel (az 1839 fkm-től kezdődően) a létfeltételek továbbra is megfelelőek voltak, amit ezen a szakaszon a fajszám növekedése mutatott.

A fajszám növekedésének különösen az Öreg-Dunán lebocsátott kisebb vízhozamok kedveztek, amelynek időszakában (augusztus, szeptember eleje) a tartósan állóvízű körülmények hatására, a főágtól már lefűződött vízterületeken (pl. az 1828 fkm-nél), a feltöltődést gyorsító, lebegő és uszólevelű növények jelentek meg (*Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton nodosus*).

A vízhozam jelenlegi szintjén a parti sekélyebb vízű területek feltöltődése, ennek nyomán az Öreg-Duna nyílt vízfelületének további csökkenése várható. Ha a fenékküszöbön lebocsátott vízmennyiségek nem okoznak túl gyakori vízszintingadozást, a meder feltöltő szukcessziója viszonylag természetesen, a dunai árterületek alacsony szintjére jellemző módon (SIMON, 1978) fog végbemenni és pedig:

friss vizes mineralogén feltöltődésnél: ártéri gyomtársulás > bokorfüzes > fű-nyár ligeterdő,

pangó vizes feltöltődésnél: hinár > nádas > bokorfüzes > fű-nyár ligeterdő.

Hullámtér

A Bósi-Vízlépcső üzembehelyezése előtt a Duna szigetközi szakasza a természetes vízi növényzet legfontosabb előfordulási helye volt, ahol 29 faj előfordulását regisztrálták, közülük négy a védett (*Hippuris vulgaris*, *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata*, *Salvinia natans*), négy a ritka (*Callitriche cophocarpa*, *Ranunculus fluitans*, *R. petiveri*, *R. radicans*) fajok közé tartozott. A magyar flórára nézve egy új vízi makrofiton is előkerült (*Elodea nuttallii*). Mélyebb vízű, kavicsos aljzatu mellékágakban (pl. Cikolai- mellékágrendszer, Csákányi-Duna) vízi növények nem fordultak elő, a feltöltődés előrehaladottabb stádiumában (pl. Schisler-holtág) nagy fajgazdagság és tömegérték volt jellemző.

A Bősi-Vízlépcső üzembehelyezését követően a vízi növényállományok egy mintavételi hely kivételével (Schisler-holtág) eltűntek. Regenerálódásuk a hullámtéri vízpótlás megkezdésével sem történt meg. Pionír makrofiton állományok alakultak ki, ugyanakkor korábban vízi növényektől mentes területeken (Csákányi-Duna, mellékágrendszerek torkolatvidéke), amelyekben mindössze 13 közös faj (*Elodea canadensis*, *Najas marina*, *Potamogeton*-félék, stb.) szaporodott el.

Az utóbbi két évben (1995, 1996) a hullámtérre juttatott nagyobb vízhozamok az áramló vízü termőhelyeken mérsékelték a makrofitonok elterjedését. A közvetlen vizutánpótlástól elzárt területeken (pl. a Schisler-holtágban) ugyanakkor a csökkenő fajszám ellenére szinte eltűnt a nyílt vízfelület. A hatalmas növénytömeg, amelyben mindössze két faj dominált (*Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*), a friss vízcserre megszűnésének a következménye.

Mentett oldal

A Bősi-Vízlépcső üzembehelyezéséig a mélyebb fekvésű mentett oldali vízterületeken a hullámtérhez hasonló fajszámban (28) fennmaradt a védett és ritka fajokban gazdag vízi vegetáció. Megőrzésükre a Duna elterelését követő drasztikus talajvízszint csökkenés miatt kevés remény maradt. A mentett oldali vízpótlórendszer kiépítése a túlélés szempontjából megfelelő megoldásnak látszott, a hidrológiai változásokkal azonban (folyamatosan áramló víz, nagyobb vízmélység, hordalékosság, stb.) a természeti értékek veszélybe kerültek. Itt az állományok leromlása évről-évre nagyobb mértékű. Először a környezeti változásokra legérzékenyebb submerz (vízbemerült) fajok tűntek el, vagy huzódtak vissza (*Hippuris vulgaris*, *Myriophyllum verticillatum*, *Utricularia vulgaris*). 1995-ben a megnövelt vízpótlás hatására, a fajvesztés a mintavételi helyek többségén még jelentősebb volt (50-100 %). Csökkent a védett uszólevelű fajok (*Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata*) vitalitása (kevesebb virágzó példány) és tömegértéke is. 1996-ban a fajszámcsökkenés tovább folytatódott. Csaknem teljesen eltűnt a Lipóti-morotva természetvédelmi szempontból legértékesebb növénye, a vízi lófark (*Hippuris vulgaris*), amelynek tömeges előfordulása alapján 1987-ben e területet védetté nyilvánították. Némely mintavételi helyen a morotvában a legújabb kotrásokat követően az eredeti vegetációból hiányzó efemer növények jelentek meg (*Ranunculus trichophyllus*, *Zannichellia palustris*, stb.), amely a fajszám kisebb mértékű növekedését eredményezte.

ALGA ÉS MOHAMONITORING A SZIGETKÖZBEN

[10,11,12,13]

A Magyar Természettudományi Múzeum Növénytára rendszeresen vizsgálja 1994-óta a szigetközi kriptogám növények, a bevonatlakó (perifitikus) algák és a vízi, vízparti mohák mennyiségének és összetételének tér és időbeli változásait.

Algamonitoring

A szigetközi bevonatalga vizsgálatok előzményei csupán a 90-es évek elejére nyúlnak vissza (BUCZKÓ és ÁCS, 1992, 1994; ÁCS és BUCZKÓ, 1994) amikor az ásványi és a cikolaszigeti ágrendszer alámerült vízinnövényeinek algabevonatait tanulmányozták felmérő jelleggel. Az 1994 évben kezdett monitoring rendszerben egyrészt mesterséges aljzatokon vizsgálták az algabevonat kialakulását és változásait, másrészt vizsgálták a természetes szubsztrátumok algavilágát is. A vizsgálatok Cikolasziget, Kisbodak és Ásványráró térségének ágrendszerében folytak.

Az eredmények igazolták, hogy a terület bevonatlakó algaflórája is igen gazdag, 1994-ig 275 faj előfordulását regisztrálták ezen a viszonylag szűk területen. Az előkerült fajok száma később is igen magas volt, 1995-ben már 288 taxon előfordulása vált ismertté. A vizsgálatok során számos ritka és a hazai flórára nézve új faj előfordulását írták ki.

Az eredményeket összevetve a Duna elterelése előtti állapotfelmérés adataival a szigetközi aktív mellékágakban a bevonatlakó algák szerepe alárendelt volt a lebegő mikroszkópikus algákhoz (fitoplankton) képest. Kevés aljzatul szolgáló hínárnövény volt a vízben és azokon sem alakult ki dús élőbevonat. 1994-ben a szigetközi mellékágak pangó vizeitereiben elszaporodott hatalmas tömegű hínárnövényzetten gazdag algabevonat képződött. A vízhiány, az áramlás, a vízcseré hiánya tehát kedvező feltételeket teremt a bevonatlakó algák szaporodásához. A mesterséges aljzatokon végzett vizsgálatok is rámutattak a víz áramlási sebességének jelentőségére a bevonatok faji összetételének alakításában

A három ágrendszer algamonitorozási eredményeinek összevetése azt mutatta, hogy 1991-ben és 1992-ben a cikolaszigeti és az ásványrárói minták élesen elváltak egymástól. 1995-ben és 1996-ban florisztikai tekintetben összemosisodtak az ágak, csökkent ezáltal az ágrendszerek biotikus diverzitása.

1996-ban a monitoring bővült az összefüggő algagyepék vizsgálatával is, mivel a korábbi tapasztalatok azt mutatták, hogy egyre több helyen lepik el a vízfelszínt. A csendes nyári

napokon sokszor az ágak teljes felszínét piszkosbarna lepedék fedte, az ágak partjainál pedig összefüggő fonalas algaszövedék alakult ki. Ezekben a gyepekben sok olyan faj fordult elő amelyek a bevonatokban nem éltek.

Mohamonitoring

Az 1991-1992 évi állapotfelmérő vizsgálatokat alapul véve állandó mintavételi területeket (négyzeteket) jelöltek ki 1994 tavaszán a Cikolaszigeti- és az Ásványrári-ágrendszerben, valamint az Öreg-Duna partján. A mohafrekvencia vizsgálatokhoz a mintavételezés nem a viszonylag kisméretű állandó négyzetekben történt, hanem egy-egy ág teljes területén.

A Duna szigetközi szakaszának mohavilága korábban meglehetősen kevésbé volt ismert. A korábbi gyűjtések során az egész szigetközéből összesen három májmohafaj és 23 lombosmohafaj előfordulása vált ismertté. [Az 1991-1992-ben megkezdett vizsgálatsorozat ezért jelentős hiányt is pótol, ekkor 7 májmohát és 47 lombosmohát mutattak ki a a hullámtári ágrendszerekből, a dunaparti kőszórásokról pedig 29 lombosmohát. A legújabb kutatások eredményeképpen napjainkra 9 májmohafaj és 87 lombosmoha előfordulása vált ismertté a területről.

A Duna elterelése előtt a szigetközi ágrendszerek mohavegetációja dús volt, a Duna elterelése által okozott szárazodás azonban jelentősen meggyérítette az állományokat. A vízpótlás előrehaladtával újra megnőtt a mohaborítás. A mohák újbóli térhódítását lassította azonban, hogy a vízpartok elgyomosodtak és a virágos növények elfoglalták a mohák élőhelyeit. 1995-ben, annak ellenére, hogy több moha volt mint előtte, az összborítás távolról sem érte el az eredeti szintet.

1996-évre a mellékági parti élőhelyek fizikai állapotának megváltozása miatt a mintavételi négyzetekben csökkent a fajszám. A mohaborítás is csökkent a virágos növények térhódítása miatt. Az Öreg-Duna kőszórásának megváltozása és a bokorfüzesek elburjánzása következtében megváltozott, degradálódott a mohavegetáció, az eddig zárt algagyeppek kipusztultak, helyükre néhol új fajok települtek.

A vízpótlás hatására bekövetkező változásra az jellemző, hogy a Duna elterelése előtti időszakban a periódikusan ismétlődő elárasztás által szabályozott mohavegetáció most lecserélődik egy közepes, vagy annál egy kicsit nagyobb vízigenyű, bárhol fellelhető "közönséges" mohavilágra.

A SZIGETKÖZ ÁTFOGÓ BOTANIKAI MONITORINGJA [7]

A Szigetközben 1987-től nagyarányú komplex monitorozás indult a környezet állapotának felmérésére, a változások kimutatására. Ezen belül az ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszéke a flóra és vegetáció állapotváltozási tendenciáinak felmérését végezte, ill. ezek hosszú és rövid távú ökológiai viszonyainak alakulását tanulmányozta állandó mintaterületeken. A botanikai monitoring tényleges megkezdése előtt az 1986 évi részletes és többszöri terep bejárás eredményeként jelölték ki a monitorozásra alkalmas társulásokat (fitocönózisokat) és építették ki a botanikai monitoring rendszert (SZABÓ *et al.*, 1997).

Ismeretes, hogy a Szigetköz (a Csallóközzel együtt) ma a felső Duna-völgy egyetlen és legnagyobb kiterjedésű folyómenti ártéri területe, kiemelkedő jelentőségű nedves élőhely, 'wetland biotop' a természeteshez közelálló élővilággal. Különleges geológiai, geomorfológiai, klimatikus, vízháztartási és talajtani adottságai következtében változatos élőhelyek alakultak ki, s ez a nagy habitatdiverzitás biztosította a térség nagy biodiverzitását. A változatosságot a társulások sokfélesége biztosítja, amely elsősorban az itteni fosszilis delta-képződmény morfológiai sokféleségéből vezethető le. Az ártéri síkot egykori völgyek ágrendszere szabdalja, helyenként homokhátságokkal, buckasorokkal, amelyet előbbieik medréből épített az uralkodóan északnyugati irányú szél. E domborzat és ágrendszer pusztai, erdős-sztyep, erdei, vízi-mocsári, mocsárréti és réti növénytársulások és a hozzájuk kapcsolódó állatvilág számára nyújt termőhelyet.

E nagy biodiverzitás egyaránt vonatkozik a térség növénytársulásainak változatosságára a társulások nagy faj-egyed diverzitására és az egyedülállóan különleges fajkompozícióra is. Emellett, mint nedves élőhely megkülönböztetett figyelmet érdemel, hiszen világszerte kiemelten kezelik ezeket az élőhelyeket, jelentős szellemi-anyagi potenciált fordítanak a még meglévő vizes élőhelyek fenntartására, valamint a degradálódottak helyreállítására.

Az is tény, hogy az ártéri élővilág az elmúlt évtizedekben -a mező- és erdőgazdálkodás valamint a klimatikus szárazodás hatására- kedvezőtlenül változott, és részben degradálódott. De -különösen a gátak közötti területen, az ún. hullámtéren- számos termőhelyen természetközeli állapotban maradt fenn. Pl. sok hínár és mocsártársulás és parti füzes (utóbbi a medvei híd környékén) esetében ősi-eredeti állapotokról is lehet beszélni. E fajgazdag és változatos termőhelyeken meglévő élővilág természeti értéke annak nagy ökológiai potenciálja miatt az utóbbi évtizedben felértékelődött. A Szigetközi Tájvédelmi Körzet (1987) és az új Természetvédelmi Törvény (1996) biztosítaná fennmaradását, ha a Nagy-Duna vízhozama megfelelő lenne! Mindezt az 1987 óta végzett rendszeres évi cönológiai monitoring felvételezések és a hozzájuk kapcsolódó ökológiai vizsgálatok egyértelműen bizonyítják: a Szigetköz természetközeli élővilága a Duna fő víztömegének üzemvízcsatornába tereléséig megőrizte eredeti ökológiai potenciálja nagy részét.

A vizsgálatsorozat kimutatta, hogy a "C-variáns" megvalósítása gyors és drasztikus termőhelyleromlást eredményezett. A mintaterületek növényzetének faji összetételében visszaszorultak a nedvességigényes fajok, a szárazságtűrők borítása növekedett. *Az eredeti fitocönológiai, flóra és vegetáció szintű monitoring 1993-tól ökológiai monitoringgal is kiegészült, amelyben érzékeny indikátorfajok anatómiai és populációs szintű jelzéseit vizsgálták.* Ily módon a különböző biológiai organizációs szinteken eltérő

"sebességgel" jelentkező ökológiai változások hatásai 1993 óta folyamatosan nyomomonkövethetők. ✓

Vizsgálati helyek és módszerek

A botanikai mintaterületek kijelölése az eredetileg tervezett vízlépcsőrendszer mentén történt, Dunakilititől-Kisorosziig. A választott mintaterületek egy része a várható talajvízszint-változások miatt nedvesedő és szárazodó, valamint az előrejelzések szerint változással nem érintett, (kontroll) régiókban helyezkedett el. A mintaterületek kiválasztásánál szempont volt, hogy növényzetük a Felső-Duna-völgyre, ezen belül különösen a Szigetközre jellemző, és minél természetközeli, emberi behatásuktól mentes legyen.

1987-ben kezdődtek a növényteni vizsgálatok. A mintaterületeken belül 25x25 méteres négyzeteket jelöltek ki, ezek közül az erdőben elhelyezkedőket vadvédelmi kerítéssel védtek. A botanikai mintavétel során évenként közel azonos időpontokban végeztek cönológiai felvételezéseket, melynek során mintaterületenként felvették az aktuális fajlistát. Ebben a nyitva- és zárwatermők továbbá a harasztok szerepeltek, egyes helyeken néhány mohafaj is a mintába került, ha tömegességük ezt indokolta. A fajok mennyiségi viszonyait borításukkal becsülték a 25 x 25 m-es kvadrátokban.

A növénytársulások és a környező flóra csoportjait két irányból elemeztük. Egyik oldalról a ZÓLYOMI-PRÉCSÉNYI-féle vízháztartási W-érték, másoldalról pedig a fajok természetes vagy degradált állapotára utaló TV-érték spektruma szerint. A fajok ökológiai és természetvédelmi-érték karakterének kvantifikálása ELLENBERG (1950), majd ZÓLYOMI *et al.* (1964) és SIMON (1984, 1988) munkásságának eredménye. A módszer elvi alapját az képezi, hogy a társulásokat alkotó fajok a különböző tényezőkkel - vízellátottság, hőmérséklet, talajreakció, bolygatás stb.- különböző érzékenységet mutatnak. Ennek következtében előfordulásuk a környezeti tényezők meghatározott értéktartományához kapcsolódik, így azt indikálják is. Ezen alapul a fajok vízigényét és egyben vízindikációját jellemző W értékskála, valamint a bolygatással szembeni viselkedést jellemző természetvédelmi (TV) érték-skála.

A W érték skála 0-11-ig terjedő értékekkel jellemzett 11 kategóriába osztja a hazai edényes flóra fajait. A két szélsőséget az igen száraz, rossz vízellátottságú termőhelyeken gyakori fajok ill. a vízi növények képezik. *A vízindikáció jelentősége elsősorban a talajvízszint által meghatározott és szabályozott hidromorf talajok növényzete esetében kiemelt fontosságú.* A természetvédelmi érték besorolás empirikus kategóriái SIMON (1984) szerint a következők: unikális fajok (U), kiemelten ill. fokozottan védett fajok (KV); védett fajok (V); természetes állományalkotók (E=edifikátorok); természetes, eredeti fajok (K); természetes pionírok (TP). Ezek összességükben a természetes és eredeti fajállományt képviselik. A további csoportok az emberi behatást, bolygatást, szekunder jelleg, egyszóval a degradáltsági állapotot jelzik. Ezek a következők: természetes zavarástűrők (TZ); gyomnövények (Gy); gazdasági, ipari nem honos növények (G); mostanában terjedő, ugyancsak kultúrhatást jelző adventív fajok (A).

A biológiai (botanikai) indikáció

A környezet változásaira, az emberi beavatkozásra minden élőlény reagál valamilyen módon (általános indikátor elv). Az ökológiai változások kimutatására alkalmas ún. biológiai megfigyelő rendszerek - közismertebb nevén a biológiai -botanikai monitoring, csak közép- és hosszú távon működik megbízható módon. A környezeti hatás és a növényi válasz között eltelt idő alapvetően attól függ, hogy a biológiai szerveződés milyen szintjén végezzük a monitoring vizsgálatokat. Ugyanazon környezeti hatás előbb jelenik meg szöveti szinten, s csak később az indikátor populációk valamilyen növekedési mutatóiban. Még hosszab idő elteltével mutatkozik a társulásokban, a flórában és faunában, illetve a vegetációban.

Flóra és vegetáció

A szigetköz edényes flórája igen gazdag, melynek oka a termőhelyek és növénytársulások sokféleségében rejlik. A mintegy 37500 hektáron -és síkvidéken- egyedülállóan magasnak számít az eddig ismert 1010 edényes faj előfordulása. Ez a teljes hazai edényes flóra 47 %-a (a Szigetköz területe viszont hazánk területének csupán 0,4 %-a). Ezen belül jelentős a törvényes védelem alatt álló fajok száma.

A Szigetközben 85 törvényesen védett növényfaj él, ezek értékesek egyrészt tudományos szempontból, mivel reliktumok, bennszülött (endemikus) fajok, az eredeti flóra megmaradt képviselői, s mindemellett fontos indikátorok, mivel természetes vagy természetközeli termőhelyeket (habitatokat) jeleznek. A védett fajok közül kiemelendő: 24 faj a kosborfélék (*Orchiaceae*) családjából, 7 faj a liliomfélék (*Liliales*) rendjéből, 7 faj a fészkesek (*Compositae*), 6 faj a boglárkafélék (*Ranunculaceae*), 4 faj a tárnicsfélék (*Gentianaceae*) családjából és 8 faj a harasztok (*Pteridophyta*) törzséből.

A gazdag flóra változatos növénytársulások (fitocönózisok) alkotója. A Szigetközben összesen 60, az eredeti vegetációt képviselő társulás található: ebből 15 védett, 4 reliktum, 38 természetes illetve természetközeli és 3 a zavarástűrő. Emellett ismert még a területen mintegy 16 gyomjellegű társulás, amelyek ökológiai és természeti értékei kevésbé jelentősek. A társuláskataszter igazolja a kis térség nagy termőhely - társulás sokféleségét (nagy habitat - fitocönózis diverzitását).

Indikátor fajok (populációk) jelzései és értelmezésük

Ökoanatómiai vizsgálatok a vizitök (*Nuphar lutea*) levelén

A Duna elterelését követően drasztikus élőhelyi változások következtek be a Szigetközben. A Dunaremete mellett található morotva ennek következtében kiszáradt, azonban az itt kialakuló medergyomtársulásban a vizitök (*Nuphar lutea*) szárazföldi alakban tovább élt. Így lehetőség nyílt a vízhiány hatásainak vizsgálatára a növény levelének anatómiáján keresztül. Az ökoanatómiai vizsgálatok a kiszáradt morotvában túlélő vizitök levelének szöveti, morfológiai változásait követték nyomon, kontrollként

egy Győrzámoly melletti bővizű csatorna szolgált. 1995-ben a fenékküszöb megépítése után a dunaremetei kiszáradt morotva ismét víz alá került, melynek következtében az addig szárazon élő növényt elborította a víz. Az elöntés után két héttel megjelentek a víz színén úszó levelek.

A vizitök álló- és lassan folyó vizekben, akár 6 méter mélységig is előfordul, de az 1,8 - 2 m az optimális számára. Melegkedvelő, az eutrofizálódást jól tűri, vízmozgással és hullámmozgással szemben kevésbé érzékeny, mint a tündérrózsa (*Nymphaea alba*). Ismeretes a faj szárazföldi alakja (forma terrestris) is, amely ugyanezen a faj időlegesen szárazra került alakját jelenti. Ennek kisméretű levelei felállóak, virágai fele akkorák, mint a vízi típusé.

Nagymértékű változásokat regisztráltak a növény külső és belső morfológiájában is. A levelek asszimiláló felülete jelentősen lecsökkent, a levélnyelek és virágkocsányok megrövidültek. Módosult a levél szerkezete, a sejtek és szövetek morfológiája és arányai, nagymértékben változott a sztómák száma is. A kiszáradt morotvában vett levélminták belső morfológiai változásáról a következők mondhatók el: a levél szöveti felépítése nagymértékben leegyszerűsödött, a különböző sejtípusok jellegzetes alakja megváltozott a kontroll területen élőkhöz képest.

1995-ben Dunaremetén a morotva újra elárasztása után vett levélminták szövettani felépítése egy átmeneti (regenerálódó) állapotot mutatott a kontroll és kezelt növények leveleinek struktúrája között.

ÖSSZEFOGLALÁSKÉNT MEGÁLLAPÍTHATÓ, *hogy az élőhely kiszáradásának hatásaként egy sokkal egyszerűbb, kevésbé differenciálódott levélanatómiai struktúra képződött. Anatómiai szinten viszonylag rövid idő alatt jelentkeznek a környezeti változások hatásai.*

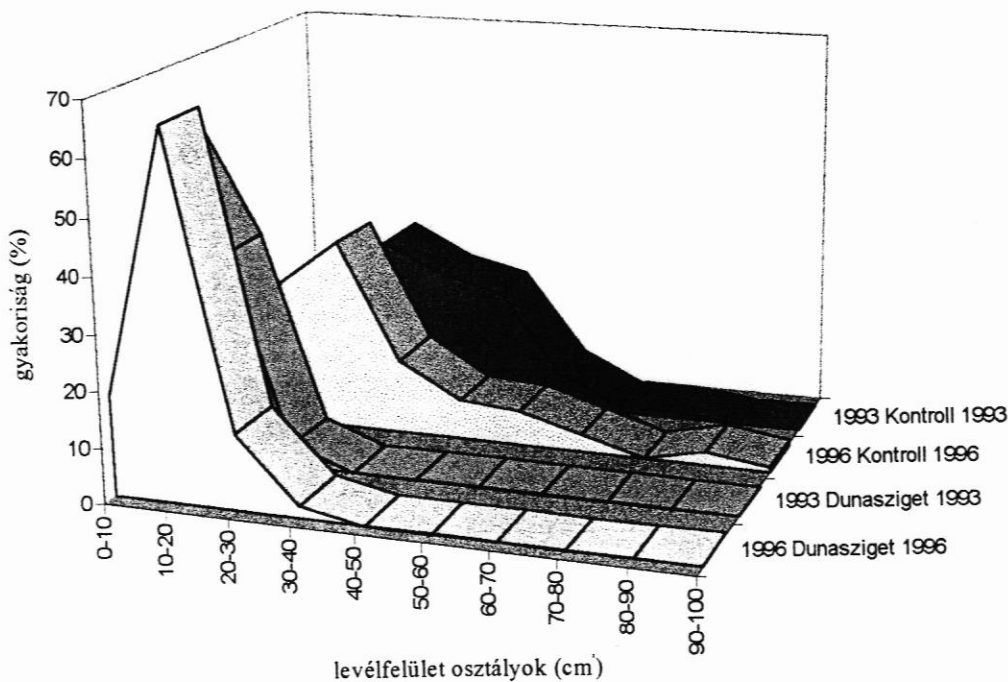
Az asszimiláló levélfelületek változásai

Érzékeny indikátora a temőhely vízellátottságának a vizes előhelyeken tenyésző erdők állományalkotó fájnak levélzete, azaz az asszimiláló levélfelület méretének alakulása. Elsősorban a vízhez kötött fajok levélfelülete jelentősen redukálódik akkor, ha a talajból felvehető nedvességtartalom lecsökken.

AZ EREDMÉNYEK SZERINT a fajok többsége érzékeny indikátornak bizonyult, elsősorban a fehér fűz (*Salix alba*). A kocsányos tölgy (*Quercus robur*) és a hamvas éger (*Alnus incana*) levelei az elterelést követő 2 éves időszakban 21-27 %-os felületcsökkenést mutattak az előző évek (1989-1992) átlagához képest. A *Fraxinus* átlaglevélfelülete kisebb mértékben (8-10%) csökkent. Kifejezők a *Salix alba* levélfelületi adatai: míg a kontroll terület átlaglevélmérete lényegében nem változott, addig az elterelés által erősen érintett minták mintegy közel 30%-os csökkenést mutattak. A fenékküszöb hatására a fák átlagos levélfelülete a fehér fűz (*Salix alba*) és a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) kivételével többé-kevésbé megközelíti az elterelés előtti időszak értékeit.

A magas utifű (*Plantago altissima*) növekedési mutatóinak elemzése

E jellegzetesen nedves réti növény 1993 óta vizsgált bélyegei a *levélfelület* és a *virágzati tengelyhosszak* voltak. A minták dunaszigeti és szőgyei rétekről származtak. A szőgyei, nem csökkent talajvízszintű mintaterület növényei szignifikánsan nagyobbak bizonyultak. A dunaszigeti mintaterületen, ahol a növényzet számára a légköri csapadék, mint vízforrás nagyobb jelentőségűvé vált, a növények mérete 1995-ben és 1996-ban, amikor a vegetációs periódusban az elmúlt évtized átlagánál több csapadék hullott, a növények levelei nagyobbra fejlődtek. Ennek ellenére a szőgyei kontroll területen a növények jelentősebb nagyobb méretűek voltak mint a dunaszigeti réten, még a rendkívül csapadékos 1996-os évben is (15. ábra).



15. ábra Egy jellegzetesen nedves réti növény a magas utifű levélfelülete a szőgyei kontroll területen szignifikánsan nagyobb volt, mint a csökkent talajvízszintű dunaszigeti mintaterületen.

Társulásszintű indikáció

(monitoring vizsgálatok permanens kvadrátokkal)

A Szigetközben működtetett monitoring rendszer a faji összetétel éves változása, ill. a populációk viselkedése (terjeszkedése-csökkenése) alapján értékeli a társulás jelzéseit. Emellett jól indikálnak a W-érték (vízháztartási szám)-csoportok szerinti, valamint a TV-érték (természetvédelmi kategóriák) szerinti eloszlás változása is. A vizsgálatok 7

mintaterületen indultak (Dunakiliti-erdő, Dunasziget-erdő, Dunasziget-rét, Dunaremete-botolófűzes, Gombócos-nemes nyáras és két másik, a Dunától távolabbi mintán: Derék-erdő, Hédervári-erdő) (sajnos előre nem látott beavatkozások miatt két mintaterületen (Dunakiliti-erdő Hédervári-erdő) a vizsgálatsorozat megszakadt).

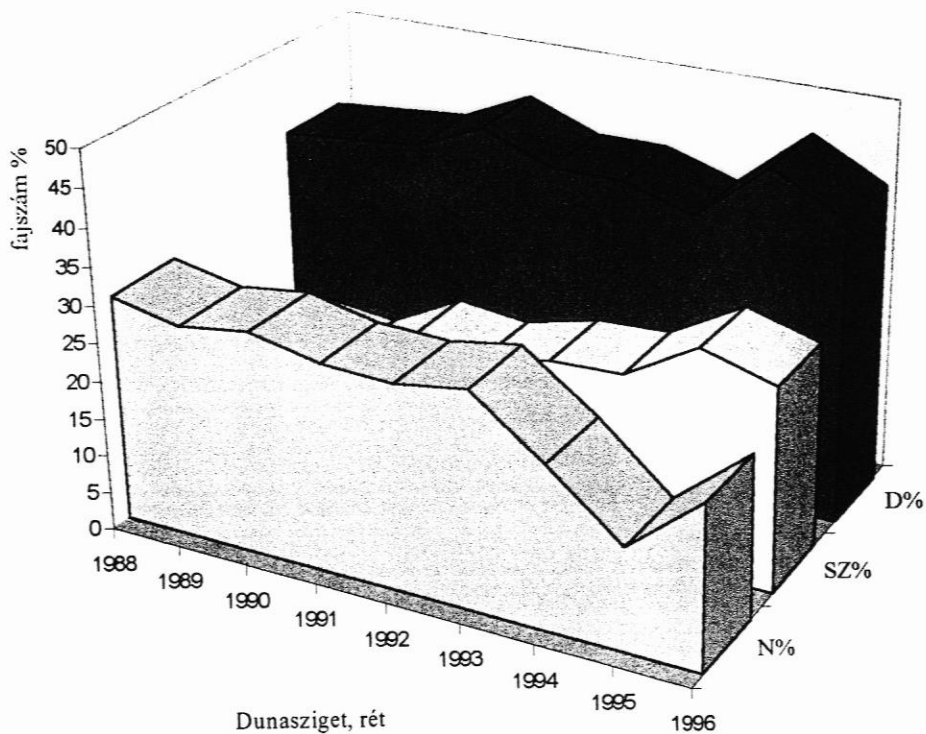
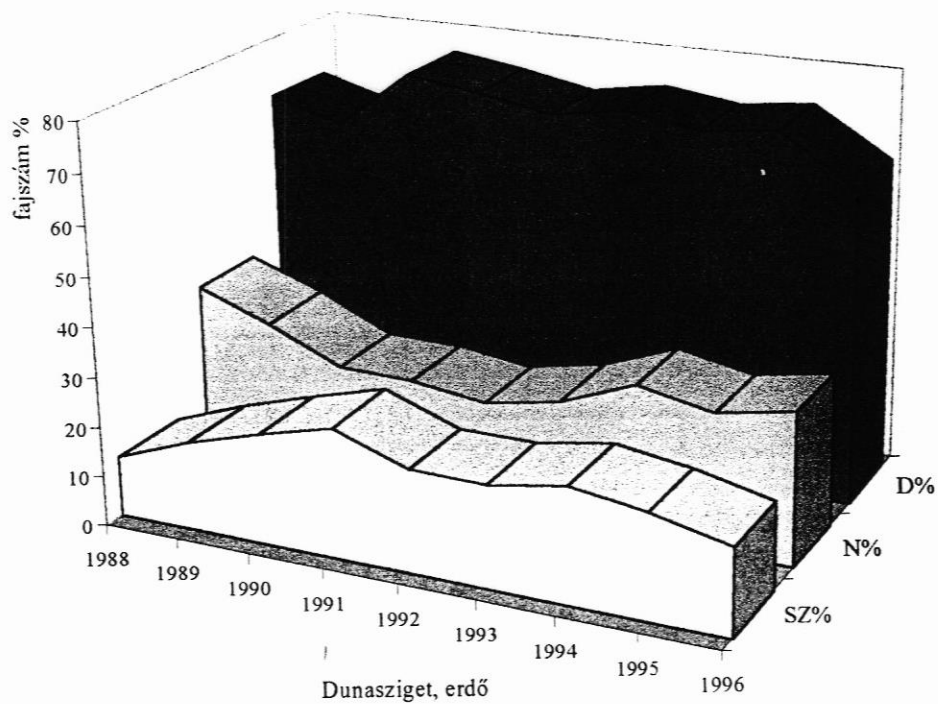
A Dunasziget-erdő

A felső-dunai tölgy-szil-kőris ligeterdő (*Scillo vindobonensi-Ulmetum*, régebben *Fraxino pannonicae-Ulmatum*) hamvas égeres mintaterület a hullámtéren, 1992 ősze előtt a Duna magas vízállásakor olykor 1 méteres vízborítás alatt is állt. A társulás természetes fajai ehhez alkalmazkodtak. A társulás szélsőséges viszonyokhoz való alkalmazkodását, illetve az erdei ökoszisztémák viszonylagos rezisztenciáját jelzi az a tény, hogy a fajkészletben nem nőtt meg a szárazságtűrő fajok számának részaránya, és nem növekedett a degradációt jelző fajok aránya (16. ábra).

Fontos ismételt hangsúlyozni azt a tényt, hogy a növénytársulások válasza a környezeti változásokra később jelentkezik, mint fiziológiai, egyedfejlődési, szöveti stb. szinten. A gyors fiziológiai reakció a Duna elterelésének hatására itt sem maradt el. Ezen a mintaterületen tapasztalták a hamvas éger (*Alnus glutinosa*) egyedeinek kiszáradását, majd pusztulását. 1993-ban gyérült a lombkorona, a gypszint, a lombohullás már a nyár végén megkezdődött. Az ok nyilvánvalóan a Duna elterelését követő termőhely szárazodással függ össze, mivel e mintaterület a hullámtéren belül van, a főmeder közvetlen közelében. A fajkészlet megoszlásának viszonylagos stabilitása megnyugtató abban a tekintetben, hogy a terület nem károsodott visszafordíthatatlanul.

A Dunasziget-rét

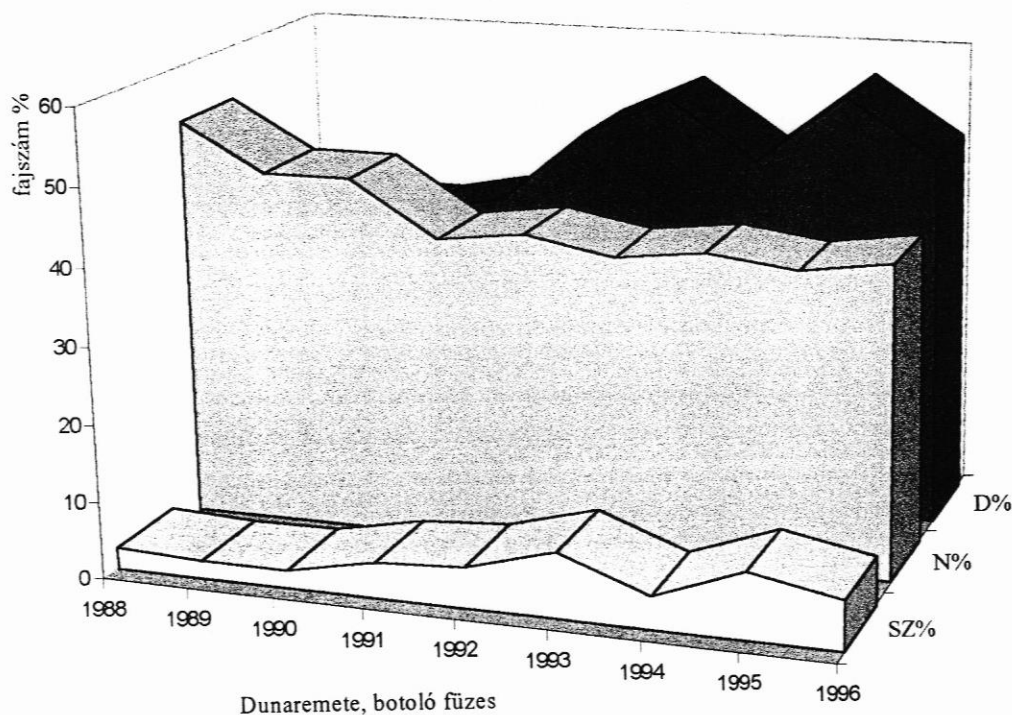
A réti csenkeszes nedves rét (*Cirsio cani-Festucetum pratensis*) mocsárrétből szárazabb kaszálórétté alakult. A hullámtéren fekvő rétet több-kevesebb rendszerességgel kaszálják. A kaszálások gyakorisága arányos a betakarítható széna mennyiségével ami viszont a talaj nedvességállapotának függvénye. Ezért a rét növényzetét a talajvízszint csökkenése közvetlenül, és a kaszálások számának csökkenésén keresztül közvetve is befolyásolja. A területen 1992-ig lényegesebb faji átrendeződés nem történt, utána viszont a szárazságtűrőbb gyomjellegű fajok aránya megnőtt, a 16. ábrán jól megfigyelhető a szárazságtűrő fajok arányának növekvő tendenciája és a nedvességigényesek csökkenése. A szárazodás és a kaszálás ritkulása miatt előretört a mezei aszat (*Cirsium vulgare*). Több nedvességigényes faj (pl. *Poa palustris*, *Lotus corniculatus*, *Chrysanthemum leucanthemum*) eltűnt, mások mennyisége (pl. *Plantago altissima*) csökkent. A kaszálórégi fajok (pl. *Plantago lanceolata*) mennyisége nőtt és fokozódott az elgyomosodás (pl. *Cirsium arvense*).



16. ábra A dunaszigeti rét mintaterületén 1992 után a nedvességigényes fajok (N) részesedése csökkent, a szárazságtűrő (SZ) és degradáltságot indikáló fajok (D) részesedési aránya pedig nőtt (alsó ábra). Ugyanott az erdei mintaterületen a fajok arányában tendenciózus változás nem volt kimutatható (felső ábra).

A Dunaremete-botolófüzes

A puhafa(fűz)liget (*Leucojo aestivo-Salicetum albae*, régebben *Salicetum albae-fragilis*) Dunaremete mellett, az öreg "botolófüzes" mintaterületen a vízháztartás még nagyobb szélsőségek között mozgott. A mintaterület vízellátottsága kétszer is jelentősen változott. A hullámtérben eredetileg vízparton fekvő, rendszeresen elárasztott terület lágyszáru szintjét iszapgyom társulás adta. 1992 után szárazságtűrő fajok jelentek meg, arányuk növekedett (17. ábra), míg a vízhez kötött növények, pl. mocsári nefelejcs, (*Myosotis palustris*), mocsári perje (*Poa palustris*) innen teljesen eltűntek. A fajcsere során erőteljesen növekedett a rendkívül aszályos 1992-évtől kezdve a zavarástűrő és a gyomjellegű fajok, pl. mezei aszat (*Cirsium arvense*), fehér tippán (*Agrostis stolonifera*) aránya. A területen megkezdődött egy bokorfűzekből álló cserjeszint kialakulása. A vízpótló rendszerek hatására a területet jelenleg évente többször elönti a víz, ami lehetőséget teremt a vízhez kötött fajok visszatelepedésére, és a szárazságtűrő fajok visszaszorítására. Ha az időszakonkénti elárasztás a jövőben is fennáll, az állományalkotó fehér fűz (*Salix alba*) fennmaradhat a területen, ugyanis ez a faj igényli az időnkénti vízborítást. A mintaterület 1992-ig rendszeresen több hónapon át vízben állt. Fajkészletében uralkodtak a mocsári fajok. A degradáltság értéke a Duna elterelése után lényegesen nagyobb, mint azt megelőzően. 1995-ben vízpótlás érkezett, valamivel javult az összetétel, de a korábbi állapot eddig még nem állt vissza (17. ábra).



17. ábra A dunaremete-i botoló füzesben lévő fajok (D) aránya jelentősen megnőtt. A szárazságtűrő fajok (SZ) részesedése is jelentősen megemelkedett.

A Lipót-Gombóc-os-nemesnyáras

A lombkoronaszintet ültetett olasznyár alkotja, melyen a vizsgálati időszakban száraló ritkítást végeztek. Ez megnövelte az aljnövényzet szintjére lejutó fény mennyiségét, ami a fajszám növekedését idézte elő. 1991-től jelentősen nőtt a gyomjellegű fajok aránya. A terület szárazodását jelzi, hogy az aljnövényzet döntő tömegét adó nagy csalán (*Urtica dioica*) és a bíbor nyúljhózzám (*Impatiens glandulifera*) átlagmagassága közel a felére csökkent. A mennyiségi arányok a szárazságtűrőbb csalán irányába tolódtak. Mindezek háttérben a szárazodás és a ritkító vágás áll.

Derék erdő-gyertyános-tölgyes

A Szigetköz eredeti vegetációját tükröző egykoron nagyobb kiterjedésű gyertyános-tölgyesek máig megmaradt, fokozottan védett állománya, kontroll területként szolgált. A vizsgált időszakban az adatsorok nem mutatnak jelentős eltérést sem a degradáció, sem a szárazodás vonatkozásában. A kismértékű ingadozást az magyarázza, hogy egyes (ritka) évelő fajok nem minden évben hajtanak ki (vagy nem a felvételezés időpontjában), míg más -elsősorban gyomjellegű- egyéves növények nem minden évben jelennek meg a permanens kvadrátban. A terület a Mosoni-Duna közelében fekszik, így annak a talajvízszint csökkenést pufferoló hatása az egyik lehetséges magyarázat a fent jellemzett "változatlanságra". A magasártéri erdőben azonban -amely a vízjárástól a legkevésbé függ- csak igen lassan (évtizedes léptékben) történik reagálás egy esetleges szárazodásra, amely *klimatikus* eredetű is lehet.

A KAPOTT EREDMÉNYEK ARRÁ UTALNAK, hogy *Duna-elterelése jelentős változást okozott a mintaterületek növényközösségeiben. Az erdők cönológiai mintázatában a "kvázi stabil állapot" nagyobb mértékben jellemző, mint a réjtjellegű mintaterületen.*

A szigetközi nádasok állapota és indikációja

Az álló- és folyóvizeket kísérő nádasok felértékelődtek az utóbbi évtizedekben, elsősorban azért, mert természetvédelmi értékük felfokozódott, mivel az egyre gyarapodó ökológiai ismeretek alapján ezeket a környezetileg érzékeny, sérülékeny területek közé sorolták. Hazai viszonylatban a szakirodalom tanúsága szerint viszonylag jobban tanulmányozottak az állóvizeket kísérő nádasok, - Balaton, Velencei-tó, Fertő-tó, vagy pl. Nemzeti Parkjaink szikeseit, kisebb tavait, lápjait övező nádasok, és kevésbé feldolgozottak a folyókat szegélyező nádas állományok.

A szigetközi Duna-szakaszon tenyésző nádasok a Duna 1992-ben történt elterelése óta nemcsak veszélyeztetettek, hanem a teljes eltűnés lehetőségével fenyegetettek. A folyóvíz menti nádasok cönológiai viszonyai eltérnek az állóvizek mellettiéktől. Itt kevésbé fajszegények az állományok, viszont nem fordulnak elő hínárfajok, és nem észlelhető a túlzott algásodás folyamata. Öt kiválasztott nádas állomány vizsgálata alapján a következőket állapíthatók meg. Három állományban, Dunakilitinél a Zátonyi-Dunánál, a Cvek-laposon és Lipóton erősen megváltozott a fajösszetétel, egyértelmű a nagymértékű elgyomosodás. Lipóton az elmúlt években kiszáradásnak indult nádas a vízpótlás folytán lassan kezd regenerálódni.

AZ EREDMÉNYEK SZERINT bár a nádasok pusztulása szinte világjelenség, a Szigetközben kétségtelenül a Duna elterelése következtében bekövetkezett vízszintcsökkenés és ennek további ökológiai hatása az oka a nádasok egyes helyeken tapasztalható lassú leromlásának, pusztulásának.

ERDÉSZETI MONITORING [8]

A Bős-Nagymaros Vízérintérendés hatásvizsgálatára 1986-ban egy több szakterületet magába foglaló megfigyelő rendszert alakítottak ki. Az Erdészeti Tudományos Intézet (ERTI) még abban az évben e rendszer részeként kezdte meg, és *azóta is folyamatosan végzi* a Szigetközben a dunamenti területek faállomány-viszonyainak és termőhelyi adottságainak vizsgálatát.

A Szigetközben természetesen korábban is folytak különböző hosszútávú, de más jellegű erdészeti kutatások is. Az ismertetendő megfigyelések elsődleges célja az erőműrendszer építése és működtetése következtében a térségben esetlegesen fellépő, *a fák számára fontos környezeti változások nyomon követése, valamint annak vizsgálata, hogy e változások milyen hatásokat gyakorolnak a fák növekedésére és egészségi állapotára.*

Az erdők a Szigetköz hullámterében több mint 8000 hektárt foglalnak el, s a táj legfontosabb ökológiai és tájképi elemei. Az ember számára - a helyszínen, ill. tágabb értelemben is - *sokféle "szolgáltatást" nyújtanak:* faanyagot adnak, javítják a mezoklimát, tisztítják a levegőt és a vizet, pihenési lehetőséget teremtenek, esztétikai élményt nyújtanak stb. Az erdők otthonai sokféle élőlény fajnak. Az emberi tevékenységnek a térségre, s az erdőre gyakorolt hatása során ezért egyáltalán nem elhanyagolható annak figyelemmel kísérése, hogy hogyan alakul az erdők sorsa.

Az erdészeti monitoringban mindenekelőtt a fák jellemzőivel és sorsával foglalkoznak. (Az erdő többi élőlényének (növény- és állatvilágának) monitorozását más, szakosodott intézmények végzik).

A vizsgálatok elméleti alapjai

A fák talán legszembeütőbb életjelensége *növekedésük*, amely viszonylag könnyen mérhető, és gazdasági szempontból is fontos. Egy másik, szintén jól érzékelhető, bár objektív módszerekkel kevésbé szabatosan leírható jellemzőjük az *egészségi állapot*. Mindkét jellemzővel kapcsolatban igaz, hogy azokat *a többé-kevésbé állandó környezeti tényezők jelentősen befolyásolhatják:* a fák növekedése és egészségi állapota, valamint környezetük között szoros összefüggés van. Ez olyan formán is megnyilvánul, hogy a fák viselkedése a környezet állapotát bizonyos mértékig jelzi, vagyis a fák jellemzőinek időbeli alakulása a környezet állapotában bekövetkező változásokra is utal.

Az említett összefüggések feltárásában az elmúlt 11 év alatt számottevő eredmények születtek. Az eredményesség azonban egyáltalán nem magától értetődő dolog. Az egészségi állapotnál pl. egyszerűnek tűnik az az összefüggés, hogy ha a fa beteg, akkor kedvezőtlenek a környezeti viszonyok. Az egészségi állapot azonban nehezen definiálható, ezen túlmenően ha a fa betegség jeleit mutatja, az többnyire azt jelenti, hogy a környezeti tényezők már jó ideje kedvezőtlenek. Ugyanígy, a monitoring eddigi időszaka alatt nem volt egyszerű a növekedést befolyásoló környezeti tényezők hatásának kimutatása sem, a legnehezebb pedig e tényezők *megváltozásának* hatásaként jelentkező fanövekedés-változások felderítése.

Ennek egyik fő oka az, hogy a megfigyelésekre a fák több tíz, esetenként száz éves életkorához képest viszonylag *rövid idő* (a monitoring kezdete óta mindössze 10 év) állt eddig rendelkezésre. Egy másik figyelemre méltó tény, hogy *a fák* - a talaj segítségével -

nagy víz- és tápanyag-*raktárakkal rendelkeznek*, és igyekeznek a környezeti tényezők változásait kiegyenlíteni. Azt is szükséges aláhúzni, hogy egy adott faállomány növekedését rövid távon az ökológiai viszonyok mellett az ismert és kontrollálható erdészeti beavatkozások is befolyásolják. Ezek miatt a növekedésvizsgálatokat több évig folyamatosan kell végezni, és *csak többéves mérési sor birtokában lehet az összefüggéseket megfelelően értékelni.*

További, nem kevésbé jelentős probléma, hogy a *nagy számú környezeti tényezőtől kell kiszűrni azokat, amelyeknek valóban döntő hatásuk lehet a faállomány életére.* Az egyes környezeti tényezők ugyanis nem azonos súlyúak. LIEBIG törvényének kiterjesztése értelmében mindig a leginkább pesszimumban - vagyis a fák számára legkedvezőtlenebb tartományban - lévő tényező korlátozza a növekedést.

Végül az is említésre méltó, hogy a fák növekedését az állományt alkotó fafajok genetikai adottságai is meghatározzák. Ez utóbbiak legegyszerűbben a különböző *növekedésmenetekkel* jellemezhetők. A növekedésmenet egy olyan függvény, amely egy faegyed vagy faállomány valamely mérhető értékének (pl. magasság, a törzs mellmagassági átmérője vagy kerülete, hektáronkénti körlapösszeg, fatérfogat, stb.) változását, pontosabban e változás tendenciáját az idő függvényében, kiegyenlített formában adja meg. A növekedésmenet az egyed hosszú távon érvényesülő belső tulajdonságainak és a környezet szintén hosszú távon érvényesülő hatásainak az eredőjét mutatja. Rövidebb időszak alatt a növekedésmenetet nemigen lehet jól meghatározni, viszont hosszú mérőssor esetén egy-egy év növekedésének a növekedésmenettől való eltérése a környezet rövid időléptékű változásainak jellegére és mértékére utal.

Mindezeket azért kell hangsúlyozni, mert a fák vizsgálatával kapcsolatos *monitoringot* - a mérések számát, időbeli gyakoriságát, a megfigyelt területek elhelyezkedését és méretét stb. - *ezeknek az elveknek a figyelembe vételével kellett kialakítani.* Alapvető elv volt, hogy a vizsgálatok igazodjanak a faállományok növekedésében megfigyelhető, rendkívül jelentős térbeli és időbeli változatossághoz. Mivel a vizsgált térségek faállományai nagyon sokfélék - éppen ez adja többek között a Szigetköz páratlan értékét -, nem elegendő csupán néhány helyen megfigyeléseket folytatni. *Fák és faállományok esetén sok helyen - a legjellemzőbb erdőtípusokban -, és folyamatosan szükséges megfigyeléseket végezni.*

Az erdészeti monitoringban végzett mérések és megfigyelések

Az ERTI a vizsgálatait elsősorban *a szigetközi hullámtéren belül* folytatta mivel *a Duna elterelése, valamint a különböző vízpótló rendszerek hatása a fák szempontjából döntően a hullámtéren érzékelhető.* Az ERTI által végzett erdészeti mérések és megfigyelések *a fák jellemző tulajdonságainak vizsgálatára* terjedtek ki, melyek a következők:

- meghatározott erdőrészekben a faállomány éves növekedésének (fatermésének) mérése,
- kijelölt fák heti kerületnövekedésének mérése,
- kijelölt fák egészségi állapotának megfigyelése,
- termőhelyi vizsgálatok,
- néhány helyen talajvízszint mérése,
- (biomassza-produkció mérések,
- meteorológiai és intercepciós mérések.)

A mérések állandósított kísérleti területeken (parcellákon) található sorszámozott fákon történtek. A parcellák többségén (84 %-ban) nemesnyár fajták találhatók, a többi parcella főfafaja fűz, kocsányos tölgy, ill. éger. A mintánkban a nemesnyárak részaránya meghaladta ugyan a szigetközi átlagos 65 %-os arányt, de ezek a fajták viszonylag érzékenyen, és jól mérhető módon reagálnak a környezeti változásokra.

A fák egészségi állapota

Az erdők, s ezen belül is a fák egészségi állapotát illetően a Szigetközben az utóbbi években aggasztó jelek mutatkoznak: a fák vizuálisan észlelhető egészségi állapota fokozatosan hanyatlásnak indult. Ezért a vizsgálatok többek között arra kerestek választ, hogy a szigetközi hullámtéri erdők egészségi állapotában bekövetkezett romlás milyen kiterjedésű, helyileg hol jelentkeznek komolyabb problémák, és hogy mennyiben lehet oka a pusztulásnak a vízhiány, valamint hogy a vízpótló rendszer mennyire kedvező hatású az egészségi állapotra nézve. Vizsgálták a lombzat mennyiségét és színét, a száraz ágak előfordulását, a lombkárosító rovarok jelenlétét és az általuk okozott kár becsült nagyságát, a levelek fejlődésmenetét a vegetációs időszak folyamán, a lombhullás kezdetét, valamint az erdősítésekben a csemeték fejlődését.

Termőhelyi vizsgálatok

A termőhelyi tényezők közül az állandó jellegűek (pl. a talaj) vizsgálatának módszerei az erdészeti kutatásban és gyakorlatban standarddá vált módszerekkel történtek. A fák szempontjából azonban nem közömbösek a változó termőhelyi tényezők, ezen belül is a hidrológiai és a meteorológiai tényezők. A Szigetköz részletes meteorológiai értékeléséhez az Országos Meteorológiai Szolgálat mosonmagyaróvári és győri állomásának közzétett csapadék- és hőmérséklet-adatait használták fel. A *talajvíz* mélységét a Vízügyi Szolgálat által korábban létesített 6 db kútban mérték.

A szigetközi hullámtér termőhelyi viszonyai erdészeti szempontból

A szigetközi hullámtér olyan ökológiai rendszer, amelyet védgáttal, vízszabályozásokkal az emberi tevékenység tart fenn, és a Duna vízjárásától való függése miatt - a fák szemszögéből nézve - rendkívül labilis. A hullámtér geomorfológiai felépítését, hidrológiai viszonyait, az erdőtársulások összetételét és fatermőképességét a Duna eltereléséig a folyamszabályozás keretei között döntően a Duna vízjárása határozta meg. Ebben az időszakban a középmedy fekvésű hullámterek aránya 71 %-volt. Ezek állandó vízhatású területek, ahol a vízborítás a tenyészidőszak hatodától harmadáig terjed; itt állnak a Szigetköz legnagyobb fatermőképességű nemesnyár faállományai. A mély és nagyon mély fekvésű területek kb. 7 %-ot tettek ki, vízzel borítottak, vagy felszínig nedves hidrológiai adottságúak ezek a fűzék számára kedvező termőhelyek.

A Kisalföld, s ezen belül a *Szigetköz makroklimáját tekintve az erdőkre nézve kedvezőtlen erdős-sztyep* (helyenként a száraz kocsányos tölgyes-cseres, illetve gyertyános-tölgyes) *erdészeti klímátípusba tartozik*. Az említett klímátípus elnevezésében

is jelzi, hogy *a Duna vize nélkül nem felel meg a hullámtéri vízigényes fajoknak: a fűzeknek, nyáaraknak, égernek stb.* Az ártéri fatenyészetet a Duna tápanyagban és oxigénben dús vize biztosította. *Az elöntések hordaléka az elterelés előtt állandó tápanyag-utánpótlást jelentett, évente átlagosan 2 cm lerakódás volt tapasztalható.* Ez az utánpótlás az elterelés után elmarad, ami hosszú távon a termőhely leromlásához vezet.

A szigetközi talajokra jellemző másik fontos jellemző a különböző mélységben megjelenő kavics vagy durva homokos kavicsréteg, amelynek előfordulása mozaikszerűen változik. *A területek legnagyobb részén a kavicsréteg a talajfelszínhez közel - 100-150 cm-en belül - fordul elő,* de egyes helyeken már 50 cm mélyen megtalálható. A Duna eredeti vízjárásánál ez a kavicsréteg nem volt hátrányos, sőt az árhullámok vízének gyors elvezetésében fontos szerepet játszott. Az árhullámoknak a Duna elterelése miatti elmaradásával azonban jelentős *“talajhibá”-vá vált,* ugyanis a vékony, homokos-iszapos talajréteg csak kevés víz rövid ideig történő tárolására képes.

A dunai hordalék mésztartalma az iszaptartalomtól függően változik, és elég nagyak mondható. Ez nem jelentett *“talajhibá”-t* mindaddig, míg az árhullámok rendszeresek voltak, és a talaj nedvesség-tartalma megfelelő volt. *Az árhullámok elmaradása következtében fellépő szárazság esetén azonban a nagy mésztartalom növeli az aszály mértékét.*

A vizsgált időszak főbb hidrológiai és meteorológiai jellemzői

A Duna elterelése előtt

A Szigetközben a fák gyors növekedését az erdős-sztyepp klímában a nagy mennyiségű friss víz és az általa szállított, az árvizek alkalmával lerakott tápanyag tette lehetővé. A talajban lévő víz két irányból és három forrásból kaphat utánpótlást: felülről a csapadékból és árvizekből, alulról pedig a Duna által mozgatott talajvízből, kapilláris úton. E vízmennyiség évenként jelentősen változott. *Az elterelés előtt rendszeresek voltak a megfelelő elöntések a Szigetközben, és biztosították a faállományok vízigényét.*

A talajvíz elhelyezkedésének éves menetét alapvetően a Duna vízjárása, kisebb mértékben a csapadék mennyisége határozza meg. A vizsgált talajvízkút-adatok alapján annyi állapítható meg, hogy a tavaszi időszakban a talajvíz 1992-ben volt a legmagasabban, 1991-ben pedig a legmélyebben. A júniusi talajvíz 1990-ben volt minimális, és ezt követően is az egész nyár folyamán nagyon alacsony volt, de legmélyebbre július-augusztus hónapokban 1992-ben került; ugyanezen időben maximális 1991-ben volt. Az éves átlagos talajvízszint 1989-ben érte el a legmagasabb szintet.

A Duna elterelése után

A Duna elterelése alapvetően megváltoztatta a hullámtér hidrológiai viszonyait. részben a Duna vízjárásával szoros kapcsolatban lévő talajvíz süllyedése, részben a rendszeres

előntések elmaradása útján. Ezáltal *megnövekedett a csapadék szerepe*, s a fák növekedésében a víz lett a legfőbb limitáló tényező, így jelentős növekedésbeni visszaesésekre lehetett számítani 1992-t követően.

Az erdők élete szempontjából a Duna elterelése szerencsére *nem jelentett közvetlen katasztrófát*, de a károk jelentkezését évről-évre regisztrálhatták. Az elterelés kizárólagos hatásának megállapítását megnehezíti, hogy évről évre új vízügyi beavatkozások történtek a térségben (szivattyús vízpótlás, a fenékküszöbös vízpótló rendszer beüzemelése), és az elmúlt három évben a korábbi évek átlagát meghaladó tavaszi csapadék is enyhítette a károkat.

A *talajvízkutak* adatai alapján a változások lokális ingadozásokat mutattak. A területek egy részén pl. (Lipót, Ásványráró) az elmúlt két év vízpótlása számottevően megemelte az 1993-94 évi időszakhoz képest a vegetációs időben mért talajvízszintet, és folyamatosan biztosította a víz kavicsréteg feletti elhelyezkedését. Ez a helyzet viszonylag még kedvező a nemesnyárák számára, a fűzeknek azonban önmagában nem elégséges, azoknak mindenképpen szükségük lenne az előntésre, amire az elterelés óta nem került sor.

Általánosságban megállapítható, hogy amíg 1991-1992-ben a talajvízszint a természetes vízjárást követve erősen ingadozott, addig 1993-1994-ben nagyon nagy, 300-500 cm-es mélységben helyezkedett el. 1995-1996-ban kiegyenlített volt a talajvízszint, az előző két évnél magasabb, de az elterelés előtti szintet általában nem érte el. A Duna közvetlen partmenti szakaszán a vízpótlás nem érzékeltette hatását.

A *hőmérsékleti értékeket* tekintve a 90-es években a hét évből 4 alkalommal haladta meg az évi átlaghőmérséklet a 25 éves átlagot, sőt 1994. egy rendkívül meleg és aszályos év volt. 1995 szintén meleg volt, de a nagy mennyiségű csapadék képes volt némileg kompenzálni a növényzet számára káros hatásokat.

A faállományok éves növekedése

A Duna elterelése előtt

Az egész hullámtérre vetítve megállapítható, hogy a szigetközi faállományok produkciója évente átlagosan 16-17 m³ volt hektáronként, ami jóval több, mint az országos átlagos érték (6-7 m³/hektár/év). Voltak azonban olyan helyek és évek, ahol az éves növekedés elérte a 60-70 m³ hektáronkénti értéket.

Az egyes évek tényleges növedékei nagyon sokat változtak az időjárás - és természetesen a hidrológiai viszonyok változásának - függvényében. Területenként felfedezhető egy trend, amely az elterelés előtti időszak viszonyait mutatja. Normális esetben ez a trend nagyon hasonló ahhoz, mint amit a növekedési modell (fatermési tábla) görbéi kijelölnek. Megállapítható, hogy a trendek a fatermési tábla-görbékkel szinte párhuzamosan húzódnak, vagyis az állományok normális növekedést mutattak és a

vizsgált szigetközi olasznyárasok összfatermésének növedéke általában meghaladta az országos átlagot.

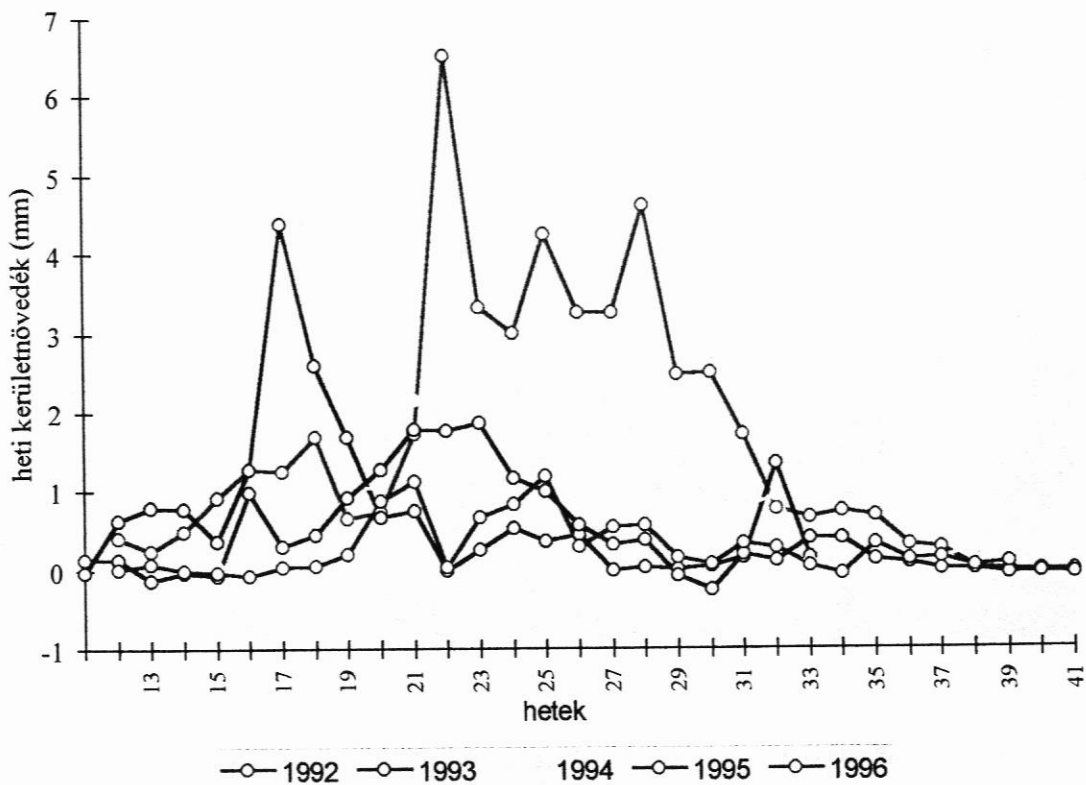
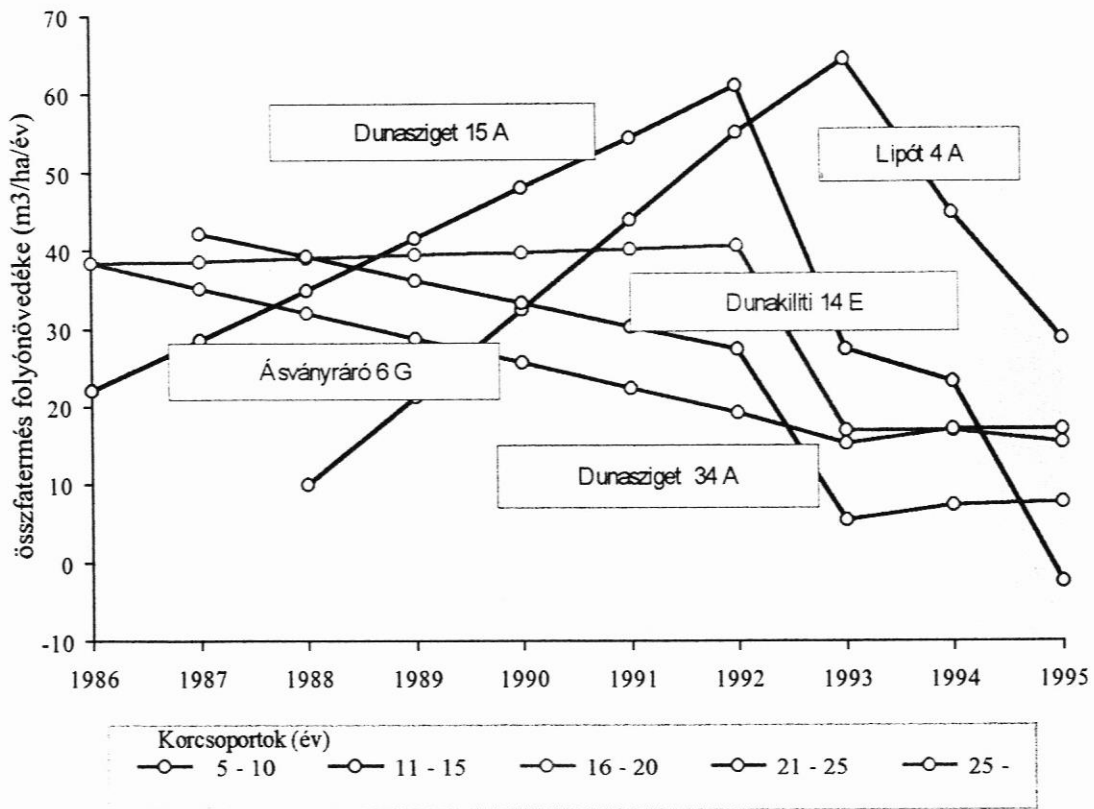
A Duna elterelése után

Az elterelés után érzékelhetően változott a fák növekedése. A kor ismeretében az adatok alapján megállapítható:

- az 1993-1995 időszakban a növedék szinte valamennyi parcella esetében a kor függvényében várható értéknél jelentősebb mértékben csökkent;
- e növedék-csökkenés sajnálatos módon az ígéretesen induló fiatal parcellákra (Lipót, Dunasziget, Dunakiliti) fokozott mértékben jellemző;
- két dunaszigeti parcella esetében a törzsek kiszáradása következtében a növekedés mértékénél nagyobb volt a fák elhalásának mértéke.

Az olasznyárasok összfatermés folyónövedéke 1992 év végéig minden korcsoport esetén növekvő tendenciát mutatott (figyelembe véve a fentebb említett életkori sajátosságokat, vagyis a fiatalkori intenzív növekedést), ám 1993 év tavaszától az összfatermés folyónövedékében jelentős csökkenést észlelhető. Az ábrán (18. ábra) még inkább szembe tűnik, hogy 1992 végéig a növedék egyenletesen alakult, *ezt követően viszont jelentős mértékben csökkent.* 1993-ban csupán az akkor 8 éves Lipót 4 A parcellán volt tapasztalható magas növedék-érték, ami részben életkori sajátosságokkal, részben pedig azzal magyarázható, hogy az adott körzet („gombócosi zárás”) víz-utánpótlása akkor viszonylag jónak volt mondható.

Megállapítható tehát, hogy a Duna elterelését követő három év során a térség jelenleg kiemelt gazdasági jelentőségű fafajtájának ('I-214' olasznyár) a vizsgálatok az összfatermés folyónövedékében jelentős, szignifikáns visszaesés következett be. Ugyancsak csökkent az egyéb nemesnyár klónok, valamint a fűz fatérfogat-növedéke is. Nem, vagy alig csökkent viszont a tölgyeké, feltehetően azért, mert a tölgyek növekedésében csak kis szerepet játszottak a korábbi árvizek és a magas talajvíz-szintek.



18. ábra A szigetközi olasznyárasokban a Duna elterelésének hatására az összfatermés folyónövedéke számottevően csökkent (felső ábra).

19. ábra A dunaszigeti 15A parcellán a heti kerületnövekedés a Duna elterelése után ugrásszerűen csökkent. Itt a vízpótlás nem érezte hatását, ezért a fák növekedése 1996-ra szinte teljesen leállt (alsó ábra).

A vegetációs időn belüli kerületnövekedés

A Duna elterelése előtt

A vegetációs időn belüli kerületnövekedés kezdete elsősorban a hőmérsékleti tényezőktől függően március végén vagy április hónapban volt, és a növekedés szeptemberben, de legkésőbb október közepén leállt. A legkisebb kerületnövedék minden vizsgálati területen az aszályos 1992-es évben volt, ami igazolja a víz fontosságát, a száraz aszályos időjárás kedvezőtlen hatását.

Az éves növekedést befejező szakasz általában augusztus végén - szeptember elején kezdődött meg. Ez a szakasz a növedék egyértelmű és erőteljes csökkenésével jelentkezik. A két aszályos év (1990 és 1992) a talajban olyan hidrológiai viszonyokat teremtett, hogy a talaj nedvességtartalma a holtvíz érték körül volt, a növények számára tehát nem volt felvehető víz, és nagyon korán - esetenként már július elején-közepén - megkezdődött a növekedés leállása. Emellett a levelek korán kezdtek sárgulni és hullani. Ez a külső jegek alapján az őszi lombhulláshoz hasonló jelenség az aszály kedvezőtlen hatásainak a csökkentését szolgálja.

A Duna elterelése után

Az elterelés az egyes fafajoknál más-más hatású volt. A *fűzek* esetében 1993-ban a növekedésmenet erős ingadozást mutatott, de közvetlen kapcsolatot nem sikerült kimutatni a növekedésmenet és a talajvíz között. Az összes kerületnövekedés meghaladja az 1992 évit, amelynek az az oka, hogy az 1993-as vegetációs időszak mintegy két héttel hosszabb volt, mint a korábbi években, és az augusztusi árvíz még jótékony hatással volt a növekedésre. *1994-ben a növekedés átlagos mértéke azonban törésszerűen lecsökkent.* Az 1993-as átlagos kerületnövekedéshez képest 1994 május végéig mintegy 20%, június végéig pedig már 50% volt az elmaradás. A vegetációs időszak végéig ez az arány továbbra is megmaradt. Ezévből az eddig legrosszabb 1992-es év növedékének is csak 70%-a képződött. (Mindehhez azonban a sűrű állás, a növtér hiánya is hozzájárult.) 1995-96-ban a növekedés az egész vegetációs időben rendkívül ingadozó volt. A hűvös tavaszt követően a fejlődés nagyon későn indult meg (május közepe), és év közben három olyan időpontot (június közepe, július vége és augusztus vége) is regisztráltak, amikor *a növekedés szinte le is állt.* Az egész éves növekedés hasonló volt a korábbi évhez, de jelentősen elmarad az elterelést megelőzőktől és az adott termőhelyen elvárható értéktől is.

ÖSSZEFOGLALVA MEGÁLLAPÍTHATÓ, hogy *a nemesített szaporítóanyaggal ültetett fehérfűzekben az elmúlt három évben mintegy 30 -55% vastagsági növedékkiesés valószínűsíthető.*

A *nemesnyárasokban* 1992-t követően a növedékek alakulását tekintve nem egységes a kép. A növekedés elmaradása attól függően alakult, hogy az adott erdőrész hidrológiai viszonyai milyen mértékben változtak meg, illetve milyen korú volt az állomány. Általánosan érvényesült azonban az a tendencia, hogy *az elterelést követően, vagy közvetlenül az első, vagy a második évben valamilyen mértékű visszaesés volt megfigyelhető*, és ez a jelenség valamennyi korosztálynál megmutatkozott.

Az elterelést követően vízrajzilag alapvetően *három térség* különíthető el: a Szigetköz felső része (a fenékküszöb hatáskörzete), középső (vízpótlással kevésbé érintett) és alsó (visszaduzzasztással érintett terület) szakasza. Ezen hármas felosztás szerint a nemesnyár parcellákon mért heti vastagsági növedékértékek a következőképpen változtak:

Felső szakasz - Dunakiliti

Az 'I-214' nyáras heti kerületnövekedése 1993-ban a tavasz folyamán érte el a legnagyobb növekedést. Ezt követően drasztikus visszaesés következett be, a mélypont június vége volt, amikor is a növedék szinte nullára tehető. A következő évben is hasonló jelenség volt megfigyelhető: egy kezdeti - kb. június végéig tartó -, viszonylag jó növekedés után a fejlődés erőteljesen lelassult, és nagyon korán befejeződött. Így az éves átlagos vastagodás mértéke a korábbiaknak csak a 80%-át érte el.

Középső szakasz - Dunasziget

A Dunasziget 15 A és B erdőrészlet közvetlenül az Öreg-Duna mellett található, ahol a legnagyobb mértékű a talajvíz lesüllyedése. Ugyanitt a kavicsréteg a felszínhez közel helyezkedik el, ezért a talaj víztároló képessége csekély, és a vízhiány gyorsan és erőteljesen jelentkezik. Határozottan érvényesül a Duna-meder talajvíz-elszívó hatása, ugyanakkor ez a terület kiesik a vízpótló rendszer hatáskörzete alól. Ezek a termőhelyi változások okozták, hogy mindkét faállományban már 1993-ban törésszerűen visszaesett a kerületnövekedés.

A Dunasziget 15A erdőrészletben lévő 'I-214' nyár parcellán a heti kerületnövekedés 1992-t követően - amikor még normálisnak nevezhető a változást leíró görbe alakulása - jelentősen megváltozott: az abszolút értékek mintegy 65 %-kal csökkentek, a korábban szimmetrikushoz közeli görbe asszimmetrikussá vált, az éves növedék nagy hányada a vegetációs ciklus első időszakában képződött, és utána jelentős visszaesés következett be, sőt a növekedés időnként szinte teljesen le is állt. Ebben nem kis szerepe volt a nagy hőségnek, de a későbbi csapadékos tenyészidőszak sem tudta kárpótolni az állományt a főmeder leszívó hatásának következményeiért. *1996-ra a görbe annyira torzul, hogy rajta tendencia már nem lelhető fel: kis növekedések és leállások váltogatják egymást (19. ábra).*

A Dunasziget 15B fehérenyár parcellán az 1993-as nagyon rossz növekedés (átlagosan 75%-os csökkenés az éves kerületnövedékben) után javuló tendencia figyelhető meg, de a növekedés 1996-ig még így is elmaradt az elterelés előtti évektől. A jobb növekedéshez hozzájárult, hogy 1994 tavaszán egy erőteljes tisztítással megnövelték a meghagyott fák

növőterét, és a kedvezőbb életfeltételek gyorsabb növekedést tettek lehetővé. A vastagsági növekedés mértéke ekkorra nagyságrendjében elérte az elterelés előtti szintet.

Alsó szakasz - Lipót

Az itt vizsgált hat parcella adatainak a részletesebb elemzése kiemelt jelentőségű mivel:

- az erdőrészletben a vízre növekedésükkel érzékenyen reagáló nemesnyárok tenyésznek;
- az állomány kor szempontjából a növekedés intenzív időszakában van;
- a terület egy fajtakísérlet része is egyben, ahol az országosan legjobb klónokból ültetett nyolc fajtából hatot vizsgáltak, és ezáltal elkerülhető, hogy a rossz növekedést genetikai hiba, vagyis rossz fajtakiválasztás okozza;
- a terület jó talajadottságokkal rendelkezik: jó a vízgazdálkodása, vastag a termőréteg, az erdőrészlet mellékág közelében helyezkedik el;
- a vízpótlást követően a talajvíz a vegetációs időszak folyamán végig a termőrétegben maradt.

A felsorolt tényezők azt feltételezik, hogy ezen a területen egy kifejezetten jó növekedésű nemesnyárasnak kell lennie, helyette azonban azt figyelhető meg, hogy a növekedésben jelentős, törésszerű visszaesés következett be, amit mással nem lehet magyarázni, mint azzal, hogy az elterelést követően bekövetkezett stresszt az állomány maradéktalanul nem tudta kiheverni. Akkor ugyan nem következett be katasztrófahelyzet a fák életében, azonban valószínűleg *egy hosszabban elhúzódó gyengülési folyamat vette kezdetét*. A folyamat kimenetele nem jósolható meg előre: előfordulhat, hogy kedvező körülmények mellett az állományok teljesen kiheverik a történeteket, de az is lehetséges, hogy egy visszafordíthatatlan leépülés következett be.

1993-ban a lipóti nyárfajták kerületnövedéke határozottan meghaladta az 1991 és 1992 évit, ami több tényező együttes hatásával magyarázható. Ezek közül a legfontosabb az 1993-ban elvégzett nevelővágás és a kor. A fák itt még fiatal korúak, az átmérő-növekedés legerőteljesebb szakaszában vannak, és a törzsszám csökkentésével a visszamaradó fák növőtere jelentős mértékben, átlagosan 40%-kal nőtt. A növekedés viszonylag nagyobb mértékét a vastag, kedvező adottságú termőréteg, és egy visszaduzzasztási jelenség tette lehetővé, amelyet a július második felében jelentkező zöldsár okozott.

1994-ben az éves összes kerületnövekedés mértéke 1993-hoz képest mind a hat klón esetében lényegesen romlott, az előző évi növedéknek csupán 61-87%-át érte el. 1995-96-ban továbbra is a korábbi évekhez viszonyítva 5-40%-os volt a növekedés-kiesés.

Az 'I-214' nemesnyár fajtaival ültetett erdőrészek összehasonlító vizsgálata

Ha a különböző nyárparcellák elterelés előtti növekedését azonos korban hasonlítjuk össze, akkor megállapíthatjuk, hogy valamennyi esetben 8-10 éves kor körül rendkívül erőteljes és hasonló nagyságrendű (50-60 mm éves kerületnövekedés) volt az éves növedék. Az elterelés előtt ez a növekedési erély az idős állományokban is hosszú ideig megmaradt. Az elterelés után alacsony növekedési erélyű, 1995-ben 15 éves Dunasziget 15 A nemesnyáras is tudta 11 éves korában az elterelés előtt azt az átmérőnövedéket produkálni, amit a most 11 éves lipóti nyáarak. Ezért a Dunasziget 15 A-ban tapasztalható növekedés-csökkenés okát szinte kizárólag a hidrológiai viszonyok megváltozásában kell keresni.

A keményfás (kocsányostölgy, kőris, egyéb kemény lombos) állományokban nem volt lényeges növekedésbeni eltérés a korábbi évekhez képest, ha a beteg és alászorult helyzetű fákat figyelmen kívül hagyjuk. Néhány egyeden a betegség jelei mutatkoztak, amely a kocsányostölgyek általános állapotleromlási folyamatához köthető, és nem feltétlenül kapcsolódik a szigetközi ökológiai változásokhoz. Ezek a megfigyelések egybevágóan a várakozással, amelyet a körülmények ismeretében meg lehetett fogalmazni. A keményfás fajok lassú növekedésűek, a fűzekhez és nyáarakhoz képest kevésbé vízigényesek, jelentős tartalékokkal - víz- és tápanyag-raktárakkal - rendelkeznek, továbbá olyan termőhelyen állnak, amelyek hidrológiai viszonyait a vízerőműrendszer kevésbé érintette.

A faállományok egészségi állapota

A Duna elterelése előtt

1988-tól 1992-ig az állományok lényegében egészségesek voltak, s egészségi állapotukban jelentős romlás nem következett be.

A szigetközi nemesnyárasokban az elterelés előtt is megfigyelhető volt helyenként egy-két helyen az átlagosnál gyengébb egészségi állapot. Ennek azonban semmi köze nem volt a vízlépcső építéséhez, illetve a termőhelyi viszonyokhoz. Ezekben az esetekben az egészségi állapot romlásának elsődleges oka és a leromlási folyamat elindítója az indokolt nevelővágások elmaradása, azaz az optimálisnál lényegesen nagyobb törzsszám volt, ritka esetekben pedig a helytelen fafajválasztás.

A Duna elterelése után

A megváltozott hidrológiai viszonyok a fákon - a növekedés csökkenése mellett - legközvetlenebbül az egészségi állapot változásában mutatkoztak. A *fűzállományok*

általános kondíciója az elmúlt évek során fokozatosan romlott. A fűzek a legvízigényesebb fafajaink, s ezek reagálnak a leghatározottabban és a leggyorsabban a hidrológiai változásokra. A törzseken nagyon sok járulékos rügy hajtott ki, a koronában sok volt a száraz ág, helyenként egész foltokban pusztultak a fák.

A Duna vízmozgásai a fűzekkel borított területekre voltak a legnagyobb hatással, amelyek az elterelés előtt hetekre is elárasztás alá kerültek mély fekvésük miatt. Az elterelést követően a rendszeres áradások eltűntek, és a vízpótló rendszer nem képes ezt szimulálni. Elsősorban közvetlenül az Öreg-Duna eltereléssel érintett, 100-300 méteres parti sávjában figyelhető meg az egészségi állapot drasztikus romlása. Itt jelentkezik ugyanis egy olyan jelentős leszívó hatás, amelynek során a tartósan alacsony Duna-vízszint megcsapolja és 2-3 méterrel is csökkenti a talajvíz szintjét. Az egyébként is - most még legalábbis - kérdéses hatékonyságú vízpótló rendszer ezt a talajvíz-szint csökkenést nem képes ellensúlyozni. Emiatt ezen a részen a későbbiekben feltehetőleg csak a víz nélkül fatenyészetre alig alkalmas termőhelyen is vegetálni képes, és semmiképpen nem ártéri erdő-, ill. faállomány-típusok fogják a valamikori buja ártéri fűz- és nyárligeteket helyét elfoglalni. A fűzek egyedenként, foltokban vagy fasorként sok más helyen is előfordultak, de a főleg az öreg fák szinte valamennyien elpusztultak. Ezek helyét is esztétikai és ökológiai szempontból más tulajdonságú - nem ártéri jellegű - vegetáció fogja elfoglalni.

Tekintettel arra, hogy a fűzesek az érintett területek 22%-át borítják állományszerűen, és itt elsősorban termelési célú erdőgazdálkodás folyik, a termőhely leromlása az erdőgazdálkodás számára jelentős problémát jelent. Nem számszerűsíthető azonban az az ökológiai és tájésztétikai kár, amelyet a fűznek az ártéren való lényeges visszaszorulása jelent.

A nyárák egészségi állapotát tekintve az elmúlt néhány év jellegzetessége volt a normálisnál korábbi lombhullás, amely főleg az eltereléssel érintett magasabban fekvő, vékony termőrétegű területeken jelentkezett. Ez egy kényszerű lombhullás volt, amellyel a fák a száraz - aszályos - körülmények káros következményei ellen védekeznek. A kedvező meteorológiai és javuló hidrológiai viszonyok együttes hatása eredményeképpen 1996-ban ez nem volt jellemző. Ugyancsak nem mutatkoztak egyelőre komoly problémák a hullámtérben szórványosan előforduló keményfás erdőtípusokban.

A SZIGETKÖZ ZOOLOGIAI MONITORINGJA [9]

(A Duna elterelésének és a vízpótlás hatásának értékelése)

Kutatási előzmények

A századfordulótól a '90-es évekig a Szigetközben - a Duna és a Mosoni-Duna által határolt területen - rendszeres, specialisták által folytatott zoológiai feltáró tevékenység nem volt. A korábbi szórványadatok felsorolásától ezért el lehet tekinteni, mivel érdemi információt nem tartalmaznak.

A természeti környezet és a természetvédelem iránti "mély elkötelezettség" hatja át a 1985-ben készült Környezeti Hatástanulmányt. A tanulmány 12 sora foglalkozik a védett természeti és különleges tájértékekkel, legfőbb megállapítása: "*A természeti értékek közül a GNV keveset érint.*"

Nem történt jelentős szemléletváltás 1987-ig, amikor létrehozták a Szigetközi Tájvédelmi Körzetet. Idézet a természetvédelmi alaptervből: "*A tájvédelmi körzet létrehozását egykor indokolta az is, hogy a Bős-Nagymarosi vízlépcső megépítése után a térség jelenlegi állapotában fennmaradó védelemre érdemes területeit ebben a formában őrizzük meg, valamint a részben módosuló területen a megváltozott erdőállomány is védelmet nyerjen.*"

Az első botanikai és zoológiai megfigyelés munkatervét 1986-ban! dolgozták ki. A zoológiát csupán a vízirovarok (kérészek, szitakötők, tegzesek) és madarak "képviselték".

A Szigetköz faunakutatásának újabb fejezete zajlott 1989-1992 között. Az elkészült állapotfelmérés adatai szerint a vizsgált állatcsoportok (puhatestűek, rákok, szitakötők, poloskák, recésszárnyúak, bogarak, tegzesek, lepkék, legyek, talajatkák, halak, kétéltűek, madarak, emlősök) több, mint 3000 faja vált ismertté, a védett fajszaám közel 300. Az állattani értékek közül külön is kiemelendő a fajokban megmutatkozó gazdagság, a különleges fajkompozíciók és a nagymértékű mozaikosság.

A Duna elterelésével (1992 október) gyökeresen megváltozott a táj arculata, az élővilág fennmaradásának esélyei alapvetően megváltoztak. Az állatvilág pusztulása leírhatatlan volt. Elsősorban a vízi szervezetek (kagylók, rákok, halak) óriási tömegei kerültek szárazra és pusztultak el. A Duna elterelése utáni állapotokról, az azóta bekövetkezett változásokról, a zoológiai monitorozás 1993-1996 évi eredményeiről - az állapotfelmérés ismereteire támaszkodva - a következők tájékoztatnak.

PUHATESTŰEK (Mollusca)

Faunaértékek

A Szigetköz két folyóág által határolt területén napjainkig 128 recens csiga- illetve kagylófaj élő példánya vagy üres héja került elő, ami az eddig ismert teljes magyar malakofauna 53%-a. A megtalált fajok közül 117 faj teljes bizonyossággal jelenleg is él a

vizsgált területen, s közülük 112 tekinthető őshonosnak. Ennek alapján az őshonos magyar puhatestű faunaelemeknek 55%-a él a Szigetközben!

Az adatok feldolgozása alapján átlagosan 20-21 faj él egy élőhelyen, a vízi és szárazföldi fajokat is figyelembe véve. Az előkerült fajok közül gyakorinak mondható 66, a többi csak alkalomszerűen kerül elő vagy ritka.

Az itt élő csigák közül 3 magyarországi endemizmus, azaz az országban kizárólag csak itt található. Ezek közül a szárazföldi *Aegopinella nitens* gyakori, az édesvízi *Gyraulus (Lamorbis) riparius* extrém ritka, a föld alatti vizekben élő, "barlanglakó" *Paladilhia (Paladilhiosis) oshanovae* pedig csak elpusztult egyedek formájában került elő eddig. E három fajon kívül öt olyan csigafaj van (*Fagotia acicularis*, *Planorbis carinatus*, *Bathyomphalus contortus*, *Ancylus fluviatilis*, *Trichia striolata*), amelyek legnagyobb magyarországi állományai teljes bizonyossággal itt élnek.

Hat szárazföldi csiga feltehetően a közelmúltban kihalt a Szigetközben: *Pomatias elegans*, *Vertigo pusilla*, *Ena montana*, *Macrogastrea ventricosa*, *Macrogastrea plicatula*, *Discus perspectivus*. Kihalt a *Discus rotundatus* őshonos állománya is, de ezt a csigafajt a lipóti üvegházás kertészetekbe újból behurcolták, ahol megtelepedett.

1991-től 1996-ig a Duna Ásványráró fölötti szakaszáról az alábbi folyami mollusca-fajok tűntek el, amelyek azelőtt ott - gyűjteményi példányokkal bizonyíthatóan - éltek:

Theodoxus (Theodoxus) transversalis
Theodoxus (Theodoxus) danubialis
Lithoglyphus naticoides
Fagotia (Microcolpia) acicularis
Fagotia (Fagotia) esperi
Unio tumidus

A fenti vízi fajok 1996 óta részben a Mosoni-Dunában, részben pedig a Duna elterelés utáni, főleg Gönyű alatti szakaszán élnek. Ezeken a fajokon kívül természetesen több más pangóvízi faj is élt a felső Duna-szakasz partjain, amely jelenleg ott nem található, de ezek számára a Duna korábban sem volt kizárólagos élőhely, és másutt most is megtalálhatók. Ezzel szemben jelenleg egyetlen olyan puhatestű faj sem él a Dunában, amely 1992 előtt ne élt volna, tehát új faj betelepülését egyelőre nem lehetett kimutatni.

Mennyiségi változások

- a.) 1992 októberében az eredeti Duna-meder Ásványráró feletti szakaszán a levonuló víz elsodorta a fenéken élő puhatestűeket, de ezt a durva változást teljesen felesleges lett volna populációsűrűség-elemzéssel vizsgálni. Két év múlva alakult ki új fauna ebben a folyószakaszban, aminek változási tendenciáit már mérni lehetett. 1992 és 1994 között a Dunában a tíz folyamkilométerenkénti átlagos fajszámot elemezve kiténik, hogy a folyóban gyűjthető fajok száma Kisbodaktól Rajka felé haladva fokozatosan csökken, és ez a viszonylagos fajszám-csökkenés állandósulni látszik.
- b.) A Szigetköz mentett oldali részein a 9 gyűjtőhelyen megtalált édesvízi és szárazföldi puhatestűek közül az édesvízi fajok elsősorban mocsári, láperdei puhatestűek voltak (Arak, Novákpusztá, Hédervár, Lipót), vagy lassúfolyású csatornák, kisebb állóvizek

állatai (Feketeerdő, Sérfenyősziget, Máriakálnok, Püski, Hédervár, Lipót). A szárazföldi csigák főleg erdei elemekből álltak, a réteken élők alig fordultak elő. Az eredmények szerint az élőhelyek többségén a populációk sűrűsége - az egyedek megtalálhatósága - kismértékben csökkent, Sérfenyősziget környékén stagnált, Arak környékén pedig igen kis mértékben emelkedett. Ha az 1994 évi összesített gyakoriságot 100%-nak vesszük, 1996-ra 90,7%-ra esett vissza ez a szám.

- c.) Az ártéri erdő két, tüzetesebben bejárt pontján talált szárazföldi csigafajok - mivel az erdőket a köztük lévő csatornák vízi faunája nélkül vizsgálták - viszonylagos gyakorisági előfordulása mindkét helyen mérsékelten emelkedett. Az 1994 évi összesített gyakoriságot 100%-nak véve az emelkedés 1996-ra 3,0%-os lett.
- d.) A gát és a Duna fő medre közötti mellékágakban 1994 óta határozottan növekedett a megfigyelhető fajok száma, a növekedés 10,4%. Az emelkedés elsősorban nem a régebben előfordult fajok gyakoriságának emelkedéséből adódott, hanem új fajok megjelenéséből.

ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

A Szigetköz puhatestű-fajainak felderítettségi aránya a földrajzilag lehetséges előfordulások figyelembevételével közel 100%-os. Mivel egy életmódjában és előfordulási körülményeiben is nagy diverzitású állattörzsről van szó, ez a kutatottsági állapot más, hasonló nagyságú taxonokhoz viszonyítva igen jó, s ezért a faunakutatásból levonható következtetések megalapozottnak tekinthetők.

Az ország egyéb területeihez viszonyítva a Szigetköz malakofaunisztikai benépesültsége igen jelentős: sok tekintetben meghaladja a legtöbb természetvédelmi területre vonatkozó zoológiai értékét, s csak középhegységeink egyes területein élő faunák (pl. Bükkben, Mátrában) mutatnak nagyobb fajsűrűséget.

Nagy a ritkább fajok aránya, ami az elszigetelt populációk meglétére utal. Az endemizmusok léte is elszigetelődést jelez, s ezek természeti értéke a szó betű szerinti értelmében felbecsülhetetlen.

Fajdiverzitás csökkenés a legszembeötlőbbben a Duna elterelt szakaszán mutatható ki. Bizonyítható, hogy ott olyan fajok pusztultak ki, amelyek korábban éltek. Igen nagy szerencse, hogy ezek a dunai fajok másutt még fellelhetők, bár a *Theodoxus transversalis* élő példánya a Dunából már hosszú évek óta nem került elő, így e csigának minden potenciális élőhelye értékes.

A mentett oldali területek - szárazulatok, mocsarak és kis csatornák - puhatestű fajainak változatossága csökkenni látszik. Ezzel szemben úgy tűnhet, hogy a Duna-mellékágak és az ártéri erdő faunája gazdagodott, az összehasonlítási évek adatainak pontos elemzése azonban azt mutatja, hogy a mellékágakból annyi faj tűnt el, mint amennyi megjelent ott.

A fauna tehát átrendeződés alatt van. Ez természetesen azt is jelenti, hogy az eltűnő fajokat még meg lehet találni, a helyükre lépők már ott vannak, s ebből a fauna gazdagodásának hamis képe rajzolódik ki. A Duna elterelésének és a vízpótlás különböző formáinak hatása a Szigetköz malakofaunájára tehát nem volt egyirányú, egyértelmű, hanem kaotikussá tette az egyes populációk sűrűségének változását.

Mivel a Szigetközben a szárazságtűrő és nedvességkedvelő, pangóvízi és folyóvízi fajok egyaránt szép számban megtalálhatók, és az egyes élőhelyek rendkívül széttagoltak, az átrendeződés egyértelmű irányát teljes szakmai biztonsággal felelőtlenség lenne megjósolni. Ennek szem előtt tartásával azonban jelenlegi adatok alapján úgy véljük, hogy távlatilag a Szigetközben a puhatestűek értékesebb fajait őrző refugiális területek a Mosoni-Duna közelében maradnak meg inkább, és ez a sáv lesz azoknak a biotópoknak a helye, ahonnan, mint rezervoárból, kedvező feltételek esetén elterjedhetnek a fajok kis populációi az alkalmi élőhelyekre. Az ártér szárazulatain és a Dunában nagyjából állandósulni fog a nem túl nagy fajszerű jelenlegi fauna, míg a Duna-ágak puhatestűinek sorsa azok vízellátottságától függ majd.

PLANKTONRÁKOK (Crustacea)

Az 1991-92-ben gyűjtött mintákból meglepően sok fajt sikerült kimutatni, 1991-ben 43, a következő évben pedig 39 faj került elő, a két év alatt megtalált fajok száma így 56 lett. Az első évben előkerült egy faunánkra új evezőlábú rákfaj, az *Eurytemora velox*, amely a következő, valamint a későbbi években is egyre többfelé fordult elő a területen. Néhány nyíltvízi szervezet mellett főleg a parti, dús növényzetű helyek jellegzetes fajai kerültek elő, legnagyobb fajszerűt a lipóti Holt-Dunában tapasztalták.

Az elterelés utáni első évben 73 fajt mutattak ki. A tavaszi mintákból kevés faj kevés egyede került elő, a nyári hónapokban aztán sok faj jelent meg. Az egyes gyűjtőhelyeken fogott fajok száma 1993-ban többnyire 20-30 között volt, harmincnál több faj csak két mentett oldali holtágban fordult elő. A lipóti Holt-Duna majdnem teljesen kiszáradt, csak kisebb tócsamaradványokat lehetett találni, ahonnan csak 22 faj került elő.

1994-ben 69 faj fordult elő a mintákban. Mindegyik mintavételi helyen csökkent a fajszerű, a csökkenés kisebb mértékű volt Ásványráró-Patkányos térségében, sokkal kevesebb fajt fogtak két mellékág mentén, ahol a vízpótló rendszer részeként zárásokat vágtak át, ezzel megszűnt az állóvíz ezeken a helyeken. Jelentős csökkenés volt a mentett oldali vizekben is, az egyedüli kivétel a lipóti Holt-Duna volt, ebben az évben itt 44 fajt fogtak. Ezzel kapcsolatban megjegyzendő, hogy a morotva vízszintje helyreállt, állandó a vízborítás és gazdag parti vegetáció alakult ki, innen a nagy fajszerű. A nyíltvízi részen azonban kimondottan alacsony a faj- és egyedszám, amit az okozhatott, hogy itt a víz állandóan áramlik, viszonylag gyorsan folyik át a holtágon és ez "elmosza" a nyíltvízi társulást.

1995-ben sokkal több faj került elő, mint a korábbi években. Az előző évvel megegyező helyeken vett mintákból 88 fajt mutattak ki, ismét fogtak egy, a magyar faunára új fajt. Mindegyik élőhelyen nőtt a fajszerű, különösen jelentős a növekedés a Szigetköz alsó részében és a mentett oldalon. Lényegében nem volt változás a lipóti Holt-Dunában, továbbra is ezen a helyen fordult elő a legtöbb rákfaj, ugyanakkor a nyíltvízben továbbra is gyorsan áramlott a víz, itt most sem alakulhatott ki az eredeti állapotra jellemző zooplankton. Két élőhelyen tapasztaltak a fajszerű csökkenését ebben az évben, ahol a nyár közepétől magas vízszint állandósult, nem fűződött le év közben a tavacska, hanem itt is viszonylag gyorsan áramlik a víz, ezek a változások valószínűleg a fenékküszöb működésével vannak kapcsolatban.

A fajszerű 1996-ban is nagy volt, ebben az évben is 88 faj került elő a mintákból. A Szigetköz alsó részén és a mentett oldalon nem változott, vagy kismértékben csökkent a

fajok száma, nőtt viszont azokon a helyeken, ahol az előző két évben jelentős változások voltak. Ezek a helyeken mindig a parti részről származtak a minták. 1996-ban már viszonylag dús parti vegetáció alakult itt is ki, a fajszám emelkedése részben ennek tulajdonítható. Valószínűleg ezzel kapcsolatos az is, hogy több mellékágban rendszeresen fogtak bolharákokat, amelyeknek a főági előfordulásáról vannak korábbi adatok.

A mennyiségi mintákban mindegyik évben azt tapasztalták, hogy a rákpopuláció egyedszáma csak az állóvizekben ért el jelentősebb értékeket, az egyedsűrűség sokkal nagyobb volt a holtágakban, tócsákban, mint a csatornáknál, mellékágakban.

ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

A Szigetközben sokféle víztípus létezik, ezekben a változatos vizekben változatos, fajgazdag mikrofauna található. Az eddigi kutatási eredmények szerint a Szigetközben található a legváltozatosabb vízi mikrofauna a Duna völgyében.

Az 1993 óta végzett rendszeres gyűjtések eredményeként már több mint 100 rákfaj előfordulása vált ismertté erről a területről. Két faunára új rák is előkerült. A kimutatott fajok zöme másutt is gyakori az országban, de a többéves vizsgálatok során számos ritkaságot is sikerült a Szigetközben megtalálni.

Az eddigi eredmények tehát arra engednek következtetni, hogy a Duna elterelése után is változatos, nagyon fajgazdag rákfauna található a szigetközi vizekben. A tapasztalt változások okait nehéz egyértelműen megállapítani. Az ártérre természetes állapotában is nagyon jellemző az állandó változás. Az anyagforgalmi fontosságán túl a különféle víztípusok kialakulásában és a nagy diverzitás fenntartásában az árvizeknek van nagy jelentősége. A természetes változások jeleként értékelhető a már említett új faj megjelenése, majd pedig térhódítása a Duna bal- és jobbparti árterében egyaránt.

Nagy változáson ment át az elterelés óta a lipóti Holt-Duna, 1993-ban történt kiszáradása óta ismét fajgazdag ráknépeség található a parti övben, de a nyíltvízi társulást elsodorja a vízpótlás áramló vize.

Korábbi zárások átvágása, valamint a fenékküszöb működése miatt számos hely nagymértékben megváltozott. A korábbi, némileg eltérő jellegű állóvizek helyett gyorsan áramló vizeket lehet találni, amelyekben egyrészt megszűnik, vagy átalakul a kisrákfauna, másrészt a parti vegetáció kifejlődésével megjelennek a bolharákok. Várható, hogy nagyon hasonló élőhelyek alakulnak majd ki.

Az elterelés óta egyre inkább elválik egymástól a Szigetköz alsó és felső része. Korábban a felső rész sokkal szárazabb volt, a vízpótlás majd a fenékküszöb hatására azután magas volt itt a víz. Úgy tűnik, a fenékküszöb működésével az érintett területen állandósul a vízszint, míg az alsó részen jobban érvényesül a természetes, évszakos ingadozás. Ha ezek a viszonyok állandósulnak, akkor várhatóan kevésbé lesz változatos a Szigetköz felső része, az alsó rész pedig talán továbbra is megőrzi korábbi változatosságát.

SZITAKÖTŐK (*Odonata*)

Az 1991-92-es években folyt rendszeres vizsgálatok eredményei alapján a Szigetközből 44 faj ismert.

A szigetközi biomonitring program további munkálatai során 50 faj került elő. Ezek közül 5 újnak bizonyult a terület faunájára. További 13 faj, melyeket korábban csak imágó alakban sikerült kimutatni, lárvaként is előkerült. Természetesen ezen fajok jelenléte nem az elterelés, hanem a vizsgálati időszak hosszának (4 év), a vizsgálatok intenzitásának és új élőhelyek bevonásának tudható be.

A különböző víztípusokat reprezentáló élőhelyekről a következő értékelés adható:

Mosoni-Duna

Az elterelés előtt 5 folyóvízi fajt tudtak innen kimutatni, köztük a hazai négy folyami szitakötő faj közül hármát, a Berni Konvenció fokozottan védett fajainak listáján szereplő *Stylurus flavipes*-t és *Ophiogomphus cecilia*-t, valamint a *Gomphus vulgatissimus*-t (IUCN sérülékeny). Az elterelés óta ezek a fajok folyamatosan jelen vannak, faunája nem változott.

A mentett oldali csatornák vízellátása általában túlzott mértékű, amit az alábbi tapasztalatok tanúsítanak:

Dunasziget, Gazfűi-Holt-Duna, Sérfenyő-Cikola közti híd

Az elterelés előtt lassú folyású, majd állóvíz-foltokra szakadozó víztest volt. Faunájában (11 faj) az állóvízi fajok domináltak (arányuk 82 %). Az elterelést követő évben a fajok száma drasztikusan lecsökkent (5 faj). A vízpótlásnak köszönhetően újra benépesült, azonban az egymást követő években a fauna váltakozó összetételű, a folyóvízi, illetve folyó- és állóvízi szitakötők fajszerkezetének növekedése irányába tart. Az élőhely két legértékesebb eleme, az *Aeshna grandis* és az *Epitheca bimaculata* (IUCN sérülékeny) folyamatosan jelen van.

Püski, Nováki-csatorna

Az előzőhöz hasonló élőhely volt az elterelés előtt (11 faj), az állóvízi fajok dominanciájával (73 %). A túlzott mértékű vízpótlásnak köszönhetően a túlnyomórészt állóvízi fauna helyett a folyóvízi és tág tűrűségű fajok megnövekedett aránya figyelhető meg erős fajszerkezetcsökkenéssel (1996-ban 3 faj) párhuzamosan. Eltűnt a faunából a Szigetközben csak innen ismert *Somatochlora flavomaculata* (IUCN sérülékeny) és *Libellula fulva* (Magyarországon védett).

Lipót, Zsejkei-csatorna

Az elterelés előtről nincsenek adataink, azonban a fajszerkezet az elmúlt 4 évben 12-ről 7-re csökkent. A Szigetközben csak e helyen tenyésző *Coenagrion ornatum* (IUCN sérülékeny) és *Orthetrum brunneum* (Magyarországon védett) az elmúlt 3 évben nem került elő, minden bizonnyal a csatorna többszöri durva kotrása valamint erősen megnövekedett vízhozama miatt.

Lipót, FVT, volt kolokános

Az elterelés előtt két, a Berni Konvenció által fokozottan védett faj tenyésztését tudták bizonyítani: *Aeshna viridis*, *Leucorrhinia pectoralis*. Az 1993-as túl késői vízpótlás miatt, a kolokán eltűnésével mindkettő kipusztult. Az állandó nagy vízmennyiség miatt eredeti, állóvíz jellege megszűnt. A fajok száma erősen lecsökkent.

Kavicsbányatavak

A Szigetköz területén már meglévő, régebben kialakított, mélyebb kavicsbányatavak faunája összességében nem változott.

Parti-erdő, láp I.

Vízszintje a Mosoni-Duna magas vízhozama miatt a korábnál magasabb szinten állandósult. Ennek következtében az itt élő fajok száma növekedett.

ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

A Mosoni-Duna, a kavicsbányatavak és a Parti-erdő lápja szitakötő faunájában az elterelés előtti időszakhoz képest minőségi és mennyiségi változás nem tapasztalható, sőt az utóbbi élőhelyen a fajszám nőtt.

A mentett oldali csatornák közül a legdrasztikusabb változás a Lipóti-csatorna kolokánállományának kipusztulása, s ennek következtében az itt tenyésző két Berni Konvenció által fokozottan védett faj (*Aeshna viridis*, *Leucorrhinia pectoralis*) eltűnése. Az elterelés közvetett hatása (túlzott vízpótlás) valamennyi csatorna esetében a fauna szembetűnő változását okozza: csökken a fajszám, folyóvízi, illetve tág tűrésű fajok veszik át az értékeesebb elemekből felépülő közösségek helyét.

EGYENESSZÁRNYÚAK (*Orthoptera*)

Az eddigi vizsgálatok során 21 egyenesszárnyú faj került elő.

A mezofil fajok - *Chortippus albomarginatus*, *Ch. parallelus* - mindenütt előfordulnak és az egyenesszárnyú közösségekben domináns szerepet játszanak, a rajkai mintavételi pont kivételével. A higrofil (nedvességkedvelő) fajok - *Tetrix sp.*, *Conocephalus sp.* - kis egyedszámban Rajka kivételével mindenütt megtalálhatók. A xerofil (szárazsággkedvelő) fajok Ásványrárónál és Nagybajcsnál egyáltalán nem találhatók meg, nagy egyedszámban pedig csak Rajkánál és Dunakilitinél fordulnak elő. Ez a helyzet jelentős mértékben nem változott a monitorozás három éve alatt. A fajgyűttesek közösségi paramétereiben sem voltak szignifikáns különbségek az eddigi vizsgálatok során.

A fajszám, a denzitás és a diverzitás értékekben enyhe csökkenés volt megfigyelhető 1994-től 1996-ig. Az *Orthoptera* közösségek dominancia szerkezete sajátos, Rajka kivételével - ahol három domináns faj található - minden területen egyetlen faj magas dominanciája jellemző. A domináns fajok mellett kisebb egyedszámban a *Conocephalus discolor*, *C. dorsalis*, *Metrioptera roeseliana* és a *Tetrix spp.* fajok együttes megjelenése figyelhető meg, amely arra utal, hogy a terület nedves, mocsár rét, láp rét jellege még megmaradt.

ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

A Szigetközben háborítatlan, természetes gyepeket nehéz találni. A legtöbb gyepeken valamilyen mértékben bolygatott, általában kaszálást, legeltetést végeznek. Ezek a munkálatok fontos részét képezik az egyenesszárnyú közösségeket kialakító környezeti tényezőknek. Például egy gyomtársulásból rendszeres kaszálással mezofil rétet

alakítottak ki Rajkánál, amely állandó fajösszetételű és dominancia szerkezetű közösséget tart fenn ezen a mintavételi ponton.

Az 1994-es év vizsgálatait után két csoportra lehetett osztani a vizsgálati terület egyenesszárnyú közösségeit. Az egyik csoport a Felső-Szigetköz - körülbelül Dunaszigetig tartó - területének egyenesszárnyú közösségeiből állt, míg a másik csoportot az Alsó-Szigetköz - Dunaremetétől Vámoszabadi-Nagybajcs vonaláig tartó területek - egyenesszárnyú közösségei alkották. A Felső-Szigetköz területein főleg Rajka, Dunakiliti gyepeiben a szárazság kedvelő egyenesszárnyú fajok jelentek meg. Rajkánál ez egyértelműen a terület teljes letarolásának köszönhető. Dunakilitinél a szárazság kedvelő fajok, illetve a szárazságtűrő fajok jelenléte azt mutatta, hogy a rét valószínűleg csak rövid ideig maradt üde az év során.

A nedvességkedvelő fajok állandó jelenlétét a növényzet között található páratartalom biztosítja. Ezt a mikroklimatikus páratartalmat pedig az esőzések és a talajból kipárolgó nedvesség tartja fenn. Azokon a területeken, ahol nics párolgást lassító vegetáció, és a talajvízszint is túl mélyen van száraz évben, a talaj felső rétege gyorsan kiszárad. Ezekről a területekről a nedvességkedvelő rovarok vagy elvándorolnak vagy kipusztulnak, és helyüket xerofil, termofil rovarok foglalhatják el. Bizonyos területeken ez a helyzet állandósult - Rajka - itt az esőzések ellenére is hiányoztak a nedvességkedvelő rovarok. A gyepek szerkezetében és fajösszetételében oly mértékű változás történt, ami lehetetlenné teszi a nedvességkedvelő rovarok megtelepedését. Egyéb területeken a szárazság kedvelő fajok nagy arányú megtelepedése csak időszakos - Dunakiliti - vagy állandó, de csak nagyon kis egyedszámban - Dunasziget, Dunaremete.

A szigetek pl.: Dunasziget, egyenesszárnyú közössége kissé eltér a többi vizsgált terület közösségétől. Itt a rendszeres, intenzív kaszálás drasztikusan lecsökkenti az egyedszámokat. Mivel a gáton kívüli gyepekről érkehetnek a kikelés után már csak új egyedek, ezért ezeken az elzárt területeken az egyedszám mindig kicsi volt.

AZ EREDMÉNYEK VALÓSZÍNŰSÍTIK AZT A FELTEVÉST, hogy ahol a talajvízszint csökkenés egybeesett egy összefüggő, nagy kiterjedésű felszíni átalakítással, ott a gyeptársulásokban uralkodóvá váltak a szárazság kedvelő ubikvista egyenesszárnyú fajok.

KÉRÉSZEK (Ephemeroptera)

Főági mintavételi pontok

Az elterelés által nem érintett főági mintavételi ponton (Nagybajcs) az utóbbi 3 évben évente 3-5 faj (összességében 8 kérészfaj) került elő. Közülük három fajt a három utolsó évből legalább kétfőben megtalálták. (Ezek a *Heptagenia flava*, *Heptagenia sulphurea* és a *Cloeon dipterum*).

Az elterelés és a fenékküszöb által is befolyásolt főági mintavételi ponton (Rajka) 1994-ben egyáltalán nem észleltek a folyóban kifejlődött kérész imágót, mivel a medernek az a sávja került szárazra, ahol korábban e fajok lárvái éltek. Viszont 1995-ben és 1996-ban 3, illetve 4 kérészfaj ismét előkerült itt. Közülük a nagyobb folyóinkra talán leginkább jellemző *Heptagenia sulphurea* 1996-ban vált ezen a helyen kimutathatóvá. Ugyanakkor a több oxigént igénylő másik *Heptagenia* faj, a Nagybajcsnál ismételtén regisztrált *H. flava*

az elterelést követően Rajkáról még nem került elő - a fenékküszöb hatására történt vízszintemelkedés ellenére sem.

Mellékági mintavételi pontok

A helyenként meredek partoktól kísért, gyakran iszapos, vagy homokos medrű, megfelelően gazdag partközeli hínárvegetációjú nagy-dunai mellékágak éppúgy, mint a Mosoni-Duna ideális élőhelyet jelentettek számos kérészfaj részére.

A Mosoni-Dunánál (Feketeerdőnél) lévő mintavételi ponton az 1994-1996-os években kimutatott fajok száma összesen 19, ami a kérész rovarrend esetében egyetlen mintavételi ponton kiemelkedően magas érték.

Az unikális, vagy igen ritka, és így jelentős természeti értéket képviselő szigetközi kérészfajok nagy része (*Baetis alpinus*, *Baetis muticus*, *Caenis luctuosa*, *Caenis pseudorivulorum* és *Ephemerella notata*) a Mosoni-Dunában előfordul.

Ehhez képest az elterelés során vizüket nagyrészt elvesztett nagy-dunai mellékágak kérész együttese elszegényedett. 1995-ig a Jakab-szigetnél, majd a fenékküszöbös vízpótlás zavaró hatása miatt Lipótnál az utóbbi 3 évben 9 faj került elő, amelyek - egy kivétellel - előfordultak a Mosoni-Dunában is. Ez utóbbi tény arra utal, hogy a két helyszín elterelés előtti kérész együttese hasonló lehetett.

RECÉSSZÁRNYÚAK (Megaloptera, Neuroptera)

A recésszárnyúak közül közvetlenül a vízhez kötődnek a vízfátyolkák (*Megaloptera: Sialidae*, három szigetközi faj), és a szivacsfátyolkák (*Neuroptera: Sisyridae*, három magyarországi - és egyben szigetközi - faj). Ez utóbbiak elsősorban édesvízi szivacsok parazitái.

Az egyes vízfátyolka (*Sialis*) fajok imágói az állapotfelmérés során mind a nagy-dunai ágrendszerek területén, mind pedig a Mosoni-Dunából előkerültek. Az elterelést követően az érintett ágak mellől csak egy példányt sikerült gyűjteni, míg Feketeerdőnél (a Mosoni-Duna mellett) összesen 27-et.

Az elsősorban édesvízi szivacsokat parazitáló szivacsfátyolka (*Sisyra*) fajok közül a *Sisyra fuscata* főleg az erősebben felmelegedő, igen sekély vízi élőhelyeket kedveli. Az elterelés után sekély vízüvé és lassú folyásúvá alakult nagy-dunai mellékágakban (Ásványráró, Lipót) a *Sisyra fuscata* jellemző fajjává vált.

A *Coniopteryx aspoeki* és *Coniopterix tjederi* lisztesfátyolka fajok a hullámtéri bokorfüzesek jellegzetes állatai a Duna kárpát-medencei szakaszán. E fajokat a (pusztuló) lipóti bokorfüzesben 1994 óta nem sikerült kimutatni.

Az elterelést követően nem-hullámtéri élőhelyekre jellemző fajok jelentek meg a nagy-dunai hullámtéri mintavételi pontokon. 1993 -1996 között 11 ilyen recésszárnyú előfordulása volt regisztrálható.

BOGARAK (Coleoptera)

A mederszukcesszió vizsgálatának eredményei

A Dunakilitinél három éven át végzett mintavételezés alapján egyértelmű, hogy a szárazra került mederben a "legértékesebb" (a legnagyobb fajszámú, a legnagyobb diverzitású, és a faunisztikai szempontból különösen érdekes fajokban leginkább bővelkedő) talajlakó bogárfauna az első évben (1994) volt tapasztalható. Ekkor a növényzet még csak pionír fajokból állt, illetve nagy területek teljesen növényzetmentesek voltak. Abban az időben egyszerre fordultak elő a vízparti nedvességkedvelő futrinkafajok (pl. *Nebria livida*) és a szélsőségesen száraz homokterületeken élő, szárazságkedvelő- és tűrő fajok (pl. *Amara fulva*). Bár a vízigénye a két csoportnak eltérő, abban közösek, hogy nagyrészt növényzetmentes területeket preferálnak.

A növényzet szukcessziójának előrehaladtával mindkét csoport visszaszorult (a *Nebria livida* pl. egyáltalán nem jelentkezett a talajcsapdáknál, és az *Amara fulva* is szinte eltűnt). Ez a tendencia már 1995-ben is látható volt, ám 1996-ra még nyilvánvalóbbá vált. A vízparthoz közel eső mederrészt már 2-3 méter magas füzes borítja, a meder többi részét gyomtenger fedi. A futrinkaközösséget ez oly módon érintette, hogy előretörték a közömbös fajok, és ezeken belül is az előkerült példányok túlnyomó többségét a *Calathus ambiguus*, a bolygatott, művelt és ruderalis területek uralkodó futóbogara tette ki. Ez azt jelenti, hogy a réti, majd erdei fauna kialakulása hosszabb időt vesz igénybe, és közbülső állomásokon megy keresztül.

A fajok nedvességigény szerinti megoszlása Ásványrárón és Kisbodakon

A két füzesben gyűjtött futóbogárfajok jelentős része az erdei, illetve a vízparti nedvességkedvelő kategóriába tartozik, összesen 1 közömbös, és 2 szárazságtűrő faj akadt közöttük. Az erdei nedvességkedvelő életmódot folytató futóbogarak dominanciája még egyértelműbbé válik akkor, ha a fajszámokat az egyedszámértékekkel súlyozzuk. Ilyen módon 1996-ban kb. 600 erdei nedvességkedvelő egyedre 6 szárazságtűrő, 27 közömbös, valamint 8 vízparti faj jutott. Ha ezeket az értékeket a korábbi évek hasonló adataival összevetjük, látható, hogy az egyéb kategóriák szinte eltűntek, hiszen ezek az erdei nedvességkedvelők egyedszámának az 1%-át (!) sem érik el.

1994-ben az erdei nedvességkedvelő-egyéb fajok aránya 162:103, 1995-ben 178:135, 1996-ban pedig 592:41. Ez az arány tulajdonképpen a vízellátottság mértékét is jellemzi: minél nagyobb a hányados értéke, annál jobb a vízellátottság. Pusztán a fajok számát tekintve 1994-től 1996-ig csökkenés volt tapasztalható, az egyedszámértékek ezzel szemben igen erőteljes növekedést mutattak. Ez azt jelenti, hogy a vízellátottság a három év folyamán az ásványrárói és a kisbodaki területeken nem csökkenhetett számottevően, sőt számos nedvességkedvelő faj számára a vízpótlás hatására a körülmények kedvezőbbé váltak.

Szárnyvizsgálatok

Az Ásványrárón, ill. Kisbodakon gyűjtött 20 futóbogárfaj közül 7 faj dimorf, közülük kettő, a *Carabus granulatus* és a *Pterostichus strenuus* volt alkalmas a szárnyvizsgálatokra. E vizsgálatokból kiderült, hogy Ásványrárón a csökevényes, Kisbodakon pedig a hosszúsárnyú egyedek vannak többségben. Ezen eredmények úgy magyarázhatók, hogy Ásványrárón az öreg fűzes stabilabb élőhely, mint a kisbodaki fiatal, csak néhány éves ültetvény.

Faunisztikai eredmények

A keményfaligetekben (mint pl. Feketeerdő: Házi-erdő, Mosonmagyaróvár: Lóvári-erdő, Halászi: Derék-erdő) a bogárfaunát illetően szignifikáns eltérés a korábbi állapotokhoz képest nem észlelhető.

A főág mentén, a Szigetköz felső részén (leginkább Dunakilitinél, de Dunaremete környékén is), a víztest összezsugorodása következtében nagy területű, hajdan vízzel borított kavicsos illetve homokos sáv került szárazra, ahol — korábban egyáltalán nem észlelt — szárazságkedvelő-szárazságtűrő bogárfajok jelentek meg, olykor nagy egyedszámban (pl. *Amara fulva*, *Coccinella undecimpunctata undecimpunctata*, *Colotes hampei*).

A főág mentén a vízparton (elsősorban Dunakiliti és Dunaremete térségében), durva kavicsos számos olyan hegyvidéki bogárfaj előfordulása volt kimutatható, melyek egyrészt hazánk más területein ritkaságnak számítanak (vagy egyáltalán nem fordulnak elő) és az Alpok hatását tükrözik, másrészt pedig korábban nem észlelték őket a Szigetköz területén illetve hazánkban (pl. *Bembidion fasciolatum*, *Bembidion decorum*, *Geodromicus suturalis*).

ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

Dunakilitin, a szárazra került mederben a talajlakó bogárfauna - elsősorban a futóbogarak (Carabidae) - fajösszetételében folytatódott az elszegényedés. A növényzetmentes nyílt területeket preferáló, egyrészt extrém nedvességkedvelő, másrészt extrém szárazságtűrő fajok visszaszorultak; előretörték a gyommal fedett területek jellemző fajai, illetve kisebb részben a réti fauna elemei.

Megállapítható, hogy a fenékküszöb létesítése a régi meder közelében nincs hatással a bogárfaunára. A fenékküszöb közvetlen környezetében új, növényzetmentes felszín alakult ki, ahol ugyanazok a fajok jelentek meg, amelyek a szárazra került meder faunáját 1993-ban jellemezték (pl. *Nebria livida*). A folyásirány szerint lejjebb, Ásványráró és Kisbodak körzetében azonban az egyenletesebbé váló vízjárás miatt a nedvességkedvelő futóbogárfajok életkörülményei kedvezőbbé váltak. A gyűjtések során 5 bogárfaj első alkalommal került elő Magyarországról.

TEGZESEK (*Trichoptera*)

Faunisztikai eredmények

A Szigetköz területéről 75 tegzes faj előfordulása ismert. (Magyarországról összesen 205 faj.)

Faunisztikai szempontból elsőként a *Ceraclea nigronervosa* emelendő ki. Ez a faj a jelen vizsgálatsorozat alkalmával került elő először Magyarországról, és mivel egész Európában a legnagyobb ritkaságok közé tartozik, az akkor éppen készülő védett fajok jegyzékébe is felkerült. Sajnos, egyik élőhelye, a Duna felső szigetközi szakasza tönkrement az elterelés következtében, ott nem került elő; és az utóbbi két évben (amióta a Mosoni-Duna vízellátása megváltozott) jelenlétét másutt sem sikerült kimutatni.

A Szigetközben a Mosoni-Dunában élt a *Halesus radiatus*, de az utóbbi két évben nem került elő.

Ugyancsak a legnagyobb ritkaságok közé tartozik a kipusztulás szélén álló és törvényes védelem alatt álló *Limnephilus elegans*. Az alsó Szigetközben (Patkányosi gátórház) néhány éve két példánya került elő. Mivel az alsó Szigetköz mocsarai még megvannak, lehetséges, hogy ez a faj is fenn tudott maradni. Sajnos, az újabb gyűjtések nem erősítették meg jelenlétét.

Számos egyéb faj országszerte nagyon szórványos előfordulású és ritka, a Szigetközben éltek vagy élnek populációik (*Agapetus laniger*, *Cheumatopsyche lepida*, *Phryganea bipunctata*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Polycentropus irroratus*, *Rhyacophila dorsalis*).

Az egyes víztípusok jellemzése

Az egyes víztípusok tegzes együttesei a Duna elterelése, a Mosoni-Duna és a Zátonyi-Duna jelentősen megnövekedett vízhozama, valamint az ártéri ágrendszer átalakulása következtében alapvetően megváltoztak az elmúlt években.

Öreg-Duna

Eredeti állapotában rendkívül faj- és egyedgazdag tegzes együttesei voltak számos ritka fajjal (*Ceraclea nigronervosa*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Rhyacophila dorsalis*, stb.). Az elterelés utáni vizsgálatok azt mutatták, hogy az eredeti tegzes-közösség értékes fajai mind eltűntek, csak kevés faj, alacsony példányszámban élte túl a beavatkozást.

Mosoni-Duna

A Mosoni-Duna állandó vízszintje, változatos mederalakulása és vizének jó minősége igen gazdag tegzes együtteseknek adott és ad otthont. A Duna ritkább fajai nagyobb részt megtalálhatók itt, ezen felül még számos egyéb ritka faj is. A Duna elterelése körüli időszakban vízjárása szeszélyes és kiszámíthatatlan volt egy ideig, majd a korábbinál jóval magasabb szintre állították be. Ezáltal a vízi biotópok átalakultak, az áramlás erőteljes felgyorsulása egyes fajok korábbinál nagyobb mérvű elszaporodását segítette

elő (*Goera pilosa*, *Hydropsyche angustipennis*, *Psychomyia pusilla*), ami a fajdiverzitás csökkenésével járt együtt.

Ártéri ágrendszer, ártéri vízpótló rendszer

A Duna elterelése előtt az ártéri ágrendszer vizsgálata nem volt rendszeres. Alkalmi vizsgálatok azt mutatták, hogy általában fajszegény, és ennek megfelelően meglehetősen érdektelen fajokból álló tegzes együtteseik voltak. Egyedül a *Cyrnus trimaculatus* előfordulása volt érdekes a cicolai-ágrendszerben. Az elterelést követően az ágrendszer kiszáradt, tegzes közösségei természetesen tönkrementek. Miután létrehozták az ártéri vízpótló rendszert, egy rohamos benépesülés kezdődött. A gyors (helyenként túl gyors!) folyású, tiszta, oxigéndús víz kedvez egy gazdag tegzesegyettes kialakulásának. Ez a vízpótlás évében már látszott, fajszáma egyelőre nem magas, azonban a betelepített (visszatelepített) fajok példányszáma helyenként rendkívül magas. A fent említett *C. trimaculatus* ismét megjelent.

Zátonyi-Duna

A Duna és a Mosoni-Duna közötti vízfolyás a vízpótlás megindulása előtt jelentéktelen volt. A mesterséges vízpótlás azonban vízhozamát sokszorosára növelte, sebessége, oxigéntartalma megnőtt. Rendkívül magas példány- és aránylag magas fajszámú tegzes közösség alakult ki benne. A Nováki-csatorna kifolyása körüli állóvízi részen a vízállás jelentősen megnőtt a vízpótlás során. Az utóbbi 3 évben itt beható vizsgálatokat végeztek és kitűnt, hogy a Szigetköz egyik legértékesebb víztestjéről van szó! Az országSZerte ritka *Phryganea bipunctata* és *Agrypnia pagetana* stabil élőhelye ez, és mint ilyen, védelemre érdemes.

ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

A szigetközi Duna-szakasznak és mellékvízeinek igen gazdag Trichoptera faunája volt, számos, országosan vagy európai tekintetben is igen ritka fajjal. A kavicsos mederben folyó, tiszta, oxigénben gazdag víz faunája csak más, nagyobb folyókéval volt összehasonlítható. A Duna elterelése során a kis vízhozam, lassú áramlás következtében eltűnt az eredetileg nagy diverzitású Trichoptera együttes. Ezzel egyidőben jelentős változások indultak meg a Mosoni-Duna, az ártéri ágrendszer és a Zátonyi-Duna faunájában, amelyek jelenleg is tartanak.

LEPKÉK (Lepidoptera)

A biomonitoring során meghatározott élőhelytípusok és az azokhoz kötődő lepkefajok, fajegyüttesek változását vizsgálták, kisszámú, előzetes felmérések alapján kiválasztott mintaterületeken. A fő élőhelytípusok a keményfaligetek, a bokorfüzes-nádas állományok és a száraz (többé-kevésbé természetes) gyepek voltak.

Az elterelés előtti állapot

A Szigetköz, a lepkefauna összképét tekintve egyedi. A nyugati határszélhez közeli (így némileg erősebben atlantikus, valamint az Alpok keleti lábaihoz is közeli) fekvés egy sajátos, "hegyvidékiek" jellegű kölcsönöz a terület faunájának. A fajok főbb rendszertani

csoportok szerinti megoszlása a középhegységi erdővidékeknek megfelelő, azaz nincs jelentős arányeltolódás a bagolylepkék és az araszolók között az előbbiekre javára (mint a kontinentális erdős-sztyep szárazabb vagy kifejezetten szemiárid területein).

A közép- és délkelet-európai ligeterdőről általánosságban elmondható az, hogy (lepke) fajösszetételük csak kismértékben függ a konkrét földrajzi elhelyezkedéstől és egyben eléggé fajszegények is. A fajösszetételben mutatkozó eltérések döntő mértékben nem a lombfogyasztó, hanem a lágyszárúszintben élő elemek változatosságának függvényei, azonban az intenzív erdőművelés - és bizonyos mértékben az áradások is - a lágyszárúszint erős destrukcióját és néhány gyomfaj (*Impatiens*, *Solidago*, stb.) egyeduralkodóvá válását eredményezi, mely a fauna diverzitáscsökkenését és homogenizálódását vonja maga után. Ez leginkább feltűnő a puhafaligetekben, de a változatosabb fajokösszetételű ártéri keményfaligetek lepkefaunájára is rányomja bélyegét az erősen homogenizálódott gypsint hatása. A beékelődő égeres foltok, illetve a különböző kis területű láperdődarabkák és egyéb lápoltok igen érdekesek és még őriznek valamit abból, ami a Szigetköz ebben az évezredben lehetett: ezeken a kis élőhelyfoltokon (és környékükön) az általános "háttérfauna" feldúsul az itt honos fajokkal. Ezek - a jellemző, főleg a nyugat-dunántúli égeresekben megtalálható éger-elemek mellett - "montán" illetve behatárolt elterjedésű lápréti-láperdei állatok.

Messze a legfajgazdagabb és az eredetihez legközelebb álló, egyben nagyobb kiterjedésű élőhelyek a magasabb térszíneken fekvő maradványerdők. Ezek eredetileg kőrisestölgyes keményfaerdők lehettek, amelyeknek fajösszetételét az erdőgazdasági kezelés több-kevesebb mértékben megváltoztatta, és egyben a nagyobb mérvű elgyomosodást is előmozdította. Ennek ellenére ez a faunaképpen csak kevésbé mutatkozik (legalábbis a vizsgált feketeerdei részen), illetve annyiban, hogy a korábban ott nem honos fák lombfogyasztói közül is több faj megtelepült.

A mentetoldali nedves rétek és kapcsolódó rekettyefüzes-turjános foltok faunája eléggé heterogén képet mutat. Az alsó-szigetközi nagy nádasok, továbbá az Ásványráró és Patkányos közötti, viszonylag nagy kiterjedésű nádas-bokorfüzes állományok a vizsgálatok kezdetekor a "legjobb" nádasoknak megfelelő faunaképet mutatták, számos faunisztikai szempontból is érdekes fajjal (pl. *Arenostola phragmitidis*, *Sedina buettneri*, etc.). A Duna elterelése utáni időszakban ez utóbbi terület feltűnő degradációja volt megfigyelhető. A Szigetköz belső területeinek, a mezőgazdasági területek közé beékelődött kis nedves rétekkel és a valamikori homoki gyepek még meglévő maradványai ugyanakkor már erősen leromlott állapotúak, jellegzetes fajaik egyikének-másikának létét részben távolabbi fénycsapdák által megfogott kisszámú példány alapján lehet konstatálni. Ezek a fajok jól illeszkednek a Kárpát-medencében a Kelet-Alföldről a Bécsi-medencéig húzódó sztyepsáv faunájába, némelyik faunisztikailag is érdekesnek mondható (pl. *Diastictis artesiaria*, *Simplicia rectalis*, *Conisania leineri*, stb.).

A monitorozás eredményei

Bokorfüzes-nádasok

Az Ásványráró és a Patkányosi-gátórház közötti bokorfüzes-nádasban végzett vizsgálatok szerint a nádaslakó (illetve nádon élő) lepkefajok száma és mennyisége folyamatosan csökken. Már 1994-ben feltűnően alacsony volt a nyári aszpektus nádi faunájának faj- és egyedszáma a korábbi felmérések adataihoz viszonyítva. Ez akkor még részben értelmezhető lehetett volna a hosszú aszályos időszak esetleges hatásával. Az 1995 évi

vizsgálatok - az időjárás nedvesebb, esősebb volta ellenére - a megelőző évben tapasztaltnál is alacsonyabb reprezentációt mutattak ki. 1996-ban az egyes mintavételek során csak néhány faj és azokból is kevés példány került elő. A nagybajcsi nádas mintái mind 1995-ben, mind 1996-ban a "normális" nádasra jellemző képet mutatták. Ez a változás kiegészülni látszik egy magassásos-magasfüves faunakép irányába történő eltolódással, melyet pl. a *Mythimna conigera* egyedszámnövekedése mutat.

A higrofil (lápréti-nedves réti) fauna megnövekedett "belső mozgása"

Bizonyos higrofil fajok, főként a láprétek több jellemző, kevésbé vagilis állata (pl. *Diachrysa zosimi*, *Orthonama vittata*, *Eustrotia uncula*, *Acosmetia caliginosa*, etc.) példányait sikerült jellemző élőhelyeiktől nagyobb távolságban megfigyelni. Ez a vagilitás-növekedés (főként a *Diachrysa zosimi* esetében), az utóbbi két évben is észlelhető volt, mindkét generáció esetében. Az erősen élőhelykötött nedvességigényes fajok feltűnő belső migrációja feltehetően (közvetve) a szigetközi nedves élőhelyek megváltozására utal. A tapasztalatok szerint az ilyen jellegű mozgásaktivitás-növekedés az adott élőhelyeken bekövetkező, a fajok számára kedvezőtlen változásokra, "zavartságra" utal, új, a korábbiakhoz hasonló élőhelyek "felfedezésére irányul". Nem lehet azonban határozottan körvonalazni, mennyiben kapcsolódik ez a jelenség a Szigetköz felső és középső részén mutatkozó általános szárazodáshoz (és mikor kezdődött), mennyiben függ össze a nagyobb léptékű klimatikus ingadozás fázisaival, és mennyiben az egyes évek fokozott nyári szárazságának következménye.

Pusztagyepék

A pusztagyepék vizsgálata az Alsó-Szigetközben továbbra is a homoki gyepek számos jellemző fajának jelenlétét mutatta. A jellemző kárpát-medencei homokpusztai fajok többsége megtalálható az Alsó-Szigetköz maradvány sztyeppfoltjain, ami bizonyos pozitív lehetőséget jelent. Pozitív jelenség lenne, ha ezek a fajok is részt vennének a szárazodás során egyre alkalmasabbá váló gyepterületek kolonizációjában, ennek azonban az eddigi, a Felső-Szigetközben végzett szórvány mintavételek alapján nincs jele.

Erdőterületek

Az erdőterületek vizsgálata messze a legidőigényesebb monitoring feladat: elvi megfontolások alapján igen könnyen belátható, hogy a növekvő komplexitás stabilitás- és pufferhatás-növekedéssel jár együtt. Következésképpen itt várható a leglassabb átrendeződés a megváltozott (és még jelenleg is változó) viszonyok megkövetelte irányban, azaz pár év monitoring eredményei keveset mondanak.

ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

Az Ásványráró és a Patkányosi-gátórház közötti bokorfüzes-nádas vizsgálata a Kárpát-medence belső területein megszokotthoz képest szokatlanul szegényes nádaslakó (illetve nádokon élő) lepkefauna jelenlétét mutatta. A referenciaként használható 1989. évi fénycsapda-adatsorok (Cikolasziget, Dunaremete, Ásványráró, Patkányos) még egységesen gazdagabb nádi-nádaslakó faunára utalnak. Ez a különbség a Duna elterelése előtti és utáni faunaképben a legjelentősebb változás, amit a lepke-monitoring során eddig tapasztalni lehetett.

Több higrofil faj (mindenekelőtt a *Diachrysa zosimi*) először 1994-ben megfigyelt vagilitásnövekedése 1996 évben is észlelhető volt. Az erősen élőhelykötött, nedvességigényes faj feltűnő belső migrációja feltehetően (közvetve) a szigetközi vérfüves láprétek megváltozására utal.

TALAJATKÁK (Oribatida)

Az alapfauna jellemzése és értékei

Az árterület faunája

A terület talajátka élőhelyei lényegében két típusba tartoznak: puhafaligetek és keményfaliget maradványok, valamint egy-két kisebb erdeifenyves állomány. Mindkét területre jellemző, hogy a magasabb szinteken nagyon kevés volt az avar (az évenkénti árvizek ezt rendszeresen elsodorták), talajmohaborítás vagy mohabevonat a fekvő fatörzseken alig volt. A mélyebb részeket, elsősorban a régi medermaradványok helyét állandóan víz borította. Ezek vízszintje ugyan erősen változott, de sohasem száradtak ki teljesen. A magasabb szintek faunája meglehetősen szegényes volt. Kivételt csak a mohalako (briofil) fajok jelentettek, amelyek között 2-3, eddig hazánkból máshonnan alig ismert fajt is találtak. A vizes élőhelyek faunája értékesebb, ezt egyrészt a kimondottan higrofil fajok (*Hydrozetes*, *Limnozetes*), másrészt a paludikol fajok (*Nothrus*, *Zetomius*) gazdagsága bizonyította.

A mentett oldal faunája

Ezen a területen négy fontosabb élőhelytípus különböztethető meg: keményfaligetek, üde ligeterdők, száraz erdők, nedves rétek, amelyek talajfaunájuk alapján jól jellemezhetők.

A keményfaligetek közül feltétlenül kiemelendő a feketeerdei Házi-erdő gyönyörű tölgyese és ennek két altípusa: a Mosoni-Duna menti medvehagymás, *Allium ursinum*-os rész és a falu felőli, magasabb, szárazabb tölgyes. E terület - faunáját tekintve - a térség legértékesebb részei közé tartozik, a különleges fajok jó része innen vált ismertté.

Az üde ligeterdők alaptípusát a Halászi község határához tartozó Derék-erdő, valamint a Hédervári-erdő testesíti meg. A Derék-erdő a térség legnagyobb fajdiverzitást mutató, különleges része.

A száraz erdők típusába többnyire néhány kőris-erdő és ültetett akácosok, valamint szintén ültetett fenyvesek tartoznak. Faunájuk szegényes, jórészt széles elterjedésű, közönséges fajokkal.

A nedves réteknek nevezhető mintavételi területek Halászi és Ásványráró körzetében voltak, sok higrofil fajjal (pl. *Oribatella reticulata*), amelyek sehol másutt nem fordulnak elő.

A területéről napjainkig összesen 184 fajt mutattak ki. Ez a fajszám rendkívül nagy, és a fauna rendkívüli diverzitását mutatja. A fajok közül a többség hazánk területének más pontjáról korábban már ismert volt. Feltűnően nagy azonban a ritka, eddig csak 1-2 élőhelyről kimutatott fajok száma (44), illetve aránya. Van 5 olyan faj is, amelynek egyedüli magyarországi élőhelye a Szigetközben található és 2 (esetleg a további vizsgálatoktól függően 4) olyan faj is él itt amely a tudományra nézve újnak bizonyult.

A Szigetköz faunája nagymértékben tartalmaz atlantikus, atlantikus-mediterrán elemeket, sőt boreo-alpin elemek jelenléte is bebizonyosodott. Ezek mind a magyar fauna, mind az általános elterjedési viszonyok tisztázása szempontjából nagy jelentőségűek, természetvédelmi szempontból pedig szigorú védelmet indokolnak.

A faunában 1993 óta bekövetkezett változások

Az árterület faunája

A legnagyobb változást ez a talajtakfauna itt szenvedte el. Az évenkénti áradások elmaradása olyan mértékű kiszáradást eredményezett, ami a fauna összetételét alapvetően megváltoztatta. A magasabb részeken, különösen a nyárasokban vagy a vegyes erdőrészekben az avar felhalmozódása megindult. Érdekes módon ez nem hozta magával a mentett oldali erdők faunájának megtelepedését. Ehelyett egy, már a hortobágyi ültetett erdők esetében megfigyelt jelenség lépett fel, azaz ezen a területen korábban elő nem fordult(!), vagy eddig csak 1-2 példányban talált, ivartalanul szaporodó(!) faj (pl. *Epilohmannia cylindrica*, *Rhysotritia ardua*, *Platynothrus targionii*) hirtelen gradációjával egy különleges sinuzium jött létre. Még rosszabb annak a faunának a helyzete, amely igazán higrofil fajokból tevődött össze. Így a mélyebb részéről teljesen eltűnt víz nyomán hiányoznak ezek a fajok (*Hydozetes*, *Limnozetes*), s ezen a vízpótlás sem segített. Helyüket a szárazon maradt részeken egy ubikvista fajokból összetevődő, szintén értéktelen sinuzium (*Tectocephus velatus*, *Scheloribates spp.*) foglalta el.

A mentett oldal faunája

A vízhiányos időszak kezdetén érezhető szárazodás állt be, érvényes ez különösen a halászi Derék-erdő és a Hédervári-erdő esetére. 1993-94-ben elsősorban az egyedszám csökkent. Később (1996) a Derék-erdőben a kiszáradás megállt, sőt a vízellátás nagymértékben javult. A fauna egyedül a Hédervári-erdő egyes habitatjaiban mutatott olyan mértékű változást, ami már karakterváltozást jelent, és megkérdőjelezi az erdő korábbi akarológiai értékének fennmaradását. Ez azért is számít különleges esetnek, mert Magyarországon másodszor (először Fényi-erdő) sikerült kimutatni egy kimondottan higrofil (*Nothrus palustris* - *Malaconothrus egregius* - *Nanhermannia elegantula*) oribatida sinuzium alapvető megváltozását silvikol (*Adoristes ovatus* - *Hemileius initialis* - *Galumna nervosa*) sinuziumra. Az viszont sajnos természetes, hogy a kétéves tarvágások helyén a higrofil sinuzium már teljesen eltűnt, helyette egy köztes sinuzium (*Epilohmannia cylindrica* - *Quadroppia sp.* - *Medioppia subpectinata*) jelent meg, ami emlékeztet a hortobágyi ültetett erdők Oribatida együtteseire.

ÁLTALÁNOSAN MEGÁLLAPÍTHATÓ, hogy az emberi beavatkozások (lásd a Hédervári-erdő és Dunakiliti környékén végzett erdőírtások) sokkal több azonnal felismerhető kárt okoztak, mint a lassú szárazodás.

Valamennyi vizsgált nagyobb egység megőrizte alapfaunáját. Azonban néhány egészen különleges faj mint pl. *Paratritia baloghi*, *Mesoplophora pulchra*, *Chamobates trifurcatus*, *Oribatella reticulata* az újabb gyűjtésekből nem kerültek elő. Az utóbbi két évben sikerült kimutatni olyan fajokat is, amelyek elsősorban a szárazabb gyepekre jellemzőek (pl. Püski környékén a *Scapheremaeus sculptus*, *Passalozetes africanus*, *Licneremaeus licnophorus*).

A vízpartok faunája rendkívül elszegényedett, minden valószínűség szerint a gyors áramlás és a gyakori, nagymértékű vízszintingadozás miatt. Különösen az előbbi rendkívül hátrányos a vízparti (higrofil) faunára nézve. Úgy tűnik a vízügyi beavatkozások legproblematikusabb kérdése ez.

KÉTÉLTŰEK (Amphibia)

Dunakiliti

Dunakiliti térségében a víztározóban található egyik mellékág vízibéka faunája érdekes képet mutatott. Egy *Rana ridibunda* (kecskebéka) - *Rana esculenta* (tavibéka) - *Rana lessonae* populációs rendszert lehetett azonosítani, amely a Szigetköz térségéből nem volt ismeretes. Az eddigi vizsgálatok alapján (1989-1994) csak egy olyan kevert *Rana lessonae* - *Rana esculenta* - *Rana ridibunda* populációs rendszert sikerült feltárni (Cikolaszigetnél 1989), amelyben a *Rana ridibunda* egyedek százalékos aránya alacsony volt. Ezzel szemben a tározói populációban csak hím *R. ridibunda* egyedek szerepeltek, nagy (54.5 %) százalékban. A *Rana esculenta* egyedek ivararánya közel egyenlő volt. A *Rana lessonae*-ből pedig csak 1 hím példány került elő.

Cikolasziget

A Cikolaszigetnél 1989-ben befogott állatok főleg *esculenta* és *lessonae* nőstények voltak. Az *esculenta* hímek aránya nagyon alacsony volt. A tavi béka is megjelent a mintaterületen, de előfordulása alacsony szintet ért el.

1991-ben az árvízvédelmi töltés közelében a populáció-szerkezet a következő képet mutatta. Az állatok nagyrészt nőstény *Rana esculenta*-k voltak. Ugyanakkor a *Rana lessonae*-nál mindkét nem megjelent. Az ártérből kifogott békák között hasonlóan magas volt a *R. esculenta*-k száma. A Sércenyősziget magasságában nagyjából nőstény *esculenta*-kat (55%) sikerült befogni. A *Rana lessonae* egyedek között (34 %) csak hímeket lehetett azonosítani. A 40000 fm-nél csak hím vízibékákat tartalmazott a minta és a *R. lessonae* egyedek túlsúlya jellemezte azt (*lessonae:esculenta* = 3:1).

1995-ben a cikolaszigeti minták alapján egy korábban már feltárt populáció-szerkezetet, a *Rana lessonae* - *Rana esculenta* - *Rana ridibunda* populációs rendszert lehetett leírni. Az 1989-es eredményekhez képest csökkent a *Rana lessonae* egyedek százalékos aránya a populációban, ill. hím *Rana lessonae* egyedeket nem sikerült azonosítani. A *Rana ridibunda* egyedek aránya mindkét ivarban emelkedést mutatott. A *Rana esculenta* nőstények aránya (68.7 %) is magasabb volt, mint az 1989-es mintában.

Dunaremete

1995-ben a dunaremetei populáció egy *Rana lessonae* - *Rana esculenta* populációs rendszerbe sorolható be. Mindkét faj közel egyenlő arányban volt jelen és az ivararányokban sem mutatkozott akkora eltérés mint a Dunakiliti és a Cikolasziget térségében vizsgált populációknál.

Lipót - Ásványráró

1991-ben Lipót magasságában a csatornaépítés közvetlen közelében csak nőstény *Rana esculenta* egyedek szerepeltek a gyűjtött állatok között. Ásványráró felé távolodva a *Rana lessonae* is megjelent (50%). Az ásványrárói árvízvédelmi töltés mellett befogott példányok nagyjából kecskebékák voltak és a minta csak nőstény egyedeket tartalmazott. Ezzel szemben ettől távolabb már nagyjából *Rana lessonae* egyedek jelentek (87.5%) nőstény túlsúllyal. A hím kecskebékák ezen mintaterületen sem fordultak elő. Az ártérben is a *Rana lessonae* egyedek domináltak a *Rana esculenta*-kkal szemben. A mentett területen a két vizsgált csatornában (Lipót-Hédervári csatorna, Bár-Duna ér) mind a *Rana lessonae*, mind a *Rana esculenta* jelen volt. Hím kecskebéka azonban csak a Bár-Duna érből kifogott állatok között fordult elő.

Patkányos - Nagybajcs

Patkányosnál 1989-ben a befogott a *Rana lessonae* egyedek dominanciája a jellemző. A nőstény túlsúly elsősorban a kereszt-szelvény két szélén jelentkezik, a *Rana lessonae* példányok ivararánya az ártér középső részén közel azonosnak mondható. A *Rana esculenta* egyedek közül csak nőstény állatokat sikerült azonosítani, hím egyedek nem kerültek a mintába. A főág (Duna part) közvetlen közelében csak nőstény egyedek tartózkodtak, melyek többsége *Rana lessonae* volt. Nagybajcs térségében az 1989-es eredmények alapján az ártérnek az árvízvédelmi töltés felé eső 2/3-ában az egyedsűrűség alacsony. A főág mellett nem, de attól a töltés irányába 270-360 m-re viszont megnövekszik a *Rana esculenta* nőstények száma, sőt hím *Rana esculenta* egyedeket is sikerült kimutatni. 1991-ben Patkányos térségében jellemző volt a *Rana lessonae* egyedek magas előfordulási aránya. Az ivararány megközelítőleg 1:1 körül alakult. Ez alól csak egy pont volt kivétel, ahol csak hím *Rana lessonae* példányok fordultak elő. Patkányosnál az 1993-ban gyűjtött minták a lelőhelyek és a gyűjtési időpontok alapján eltérő képet mutattak, de mindegyik mintában a *Rana esculenta* hímek tekintélyes aránynövekedése volt megfigyelhető.

A vízbékák populáció-szerkezete 1994-ben a következőképpen alakult. A területen a két faj aránya (*Rana lessonae* : *Rana esculenta*) közel egyenlő volt. A *Rana esculenta* egyedek csak 4 %-kal múlták felül a *Rana lessonae* példányok számát. A felvételezési időpontokban a patkányosi szelvény mintaterületein *Rana esculenta* hím példányokat nem sikerült befogni, szemben az 1993-as évvel, amikor az ártérben a *Rana esculenta* hímek aránya 12,5 % volt a mintákban. A hím egyedek csak Nagybajcs térségéből kerültek elő 1994-ben. Ez elsősorban a vízbékákra jellemző erős migrációval magyarázható.

1995-ben Patkányos térségében három nagyobb mintaterületen folytak a vizsgálatok. Mindhárom mintahelyen a *Rana esculenta* nőstények aránya magas volt. A *Rana esculenta* hímek aránya alacsony maradt. A *Rana lessonae* példányokat csak a "C" jelű mintahelyen sikerült nagyobb arányban befogni. A *Rana lessonae* hímek aránya mindhárom élőhelyen alacsonyabb volt mint a nőstényeké.

1996-ban csak Patkányos térségében történtek monitoring jellegű vizsgálatok. A korábbi évektől eltérően az adult *Rana esculenta* egyedek aránya nem haladta meg a *Rana lessonae* példányok számát. Az 1993 előtti adatokkal összevetve viszont a kecskebéka egyedek populáción belüli aránynövekedése figyelhető meg, bár az 1995-ös évhez képest az adult kecskebéka egyedek aránya csökkent. A fiatalabb korosztályokat is figyelembe véve 1996-ban is kecskebéka túlsúly volt a jellemző.

ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

A tavaszi vízviszonyok meghatározó szerepet töltenek be az Alsó-Szigetköz árterében található (*Rana lessonae* - *Rana esculenta*) populációs-rendszerek fennmaradásában ill szerkezeti állandóságában. A tavaszi (április-május) árhullámok elmaradása ill. a folyamatosan alacsony vízállás ebben az időszakban hosszútávon a vízbékák egyedszámának nagymértékű csökkenését és a populáció belül a *Rana esculenta* aránynövekedését eredményezi. Az árhullámok eltolódása vagy csak a zöldárnak a jelentkezése szintén a *Rana esculenta* példányok arányának a növekedéséhez vezethet a *Rana lessonae* példányok egyedszám és aránycsökkenése mellett. A Felső-Szigetköz térségében található rendszerekben a kecskebéka (*Rana esculenta*) és a tavi béka (*Rana ridibunda*) aránynövekedése figyelhető meg.

MADARAK (*Aves*)

Telelő vízimadarak

Fajszerint tekintetében nincs lényeges eltérés a három vizsgált tél adatai között, a megfigyelt fajok azonban nem ugyanazok. A dominancia tekintetében mindhárom télen a tőkés réce a leggyakoribb, azonban a szubdomináns fajok már mások, így 1993/94 telén a kerceréce és a bütykös hattyú, 1994/95 telén a szárcsa és a bütykös hattyú, 1995/96 telén pedig a csörgő réce és a szárcsa gyakori. Az első vizsgált tél faunája némileg szegényebbnek tűnik, mint a másik két tél. Ez ellentmond annak a megfigyelésnek, hogy a szlovák oldalon a hatalmas újonnan létrejött nyíltvíz-felületekre áthúzódnak a vízimadarak. Ennek több oka lehet: 1) a teljes régióban megnőtt a telelő vízimadarak száma, például a nagyságrendekkel nagyobb terület miatt (szigetbiogeográfia); 2) a magasabb vízállás miatt az áttelepülés kismértékű volt.

Nádi énekesmadarak

A monitorozás első három éve során semmi trend jellegű változás nem volt regisztrálható sem összabundancia, sem fajszerint, sem a nádi madárfajok egyedszámváltozásának tekintetében. Az eredményeket összegezve megállapítható, hogy a "nullhipotézis", miszerint a fészkelő nádi énekesmadárközösségek elszegényednek a kiszáradónak tartott Felső-Szigetközben, nem igazolható. Ennek oka részben a megjósolhatatlan vízszintingadozásokban keresendő. Ezek az eredmény - az egyébként jó indikációs tulajdonságú fészkelő nádi énekesmadárközösségeket illetően - nem teljesen váratlan, mivel: 1) rövid idő telt el a változások óta; 2) folyamatosan vannak mind természetes, mind mesterséges változások, gyakran a korábbi hatásokkal ellentétes irányban; 3) az évek között megfigyelt eltérések feltehetően a természetes fluktuáció határain belül történtek.

Erdei énekesmadarak

Az eredményekből kitűnik, hogy az erdei madárfauna alig reagált a szigetközi vízháztartásban bekövetkezett változásokra. Ennek valószínű oka, hogy az erdő „pufferel”, s a drasztikus változások is csak hosszabb távon lesznek érzékelhetők. A Szigetköz felső részén tapasztalható fajszámcsökkenés oka nem egyértelmű, lehet, hogy csak véletlenszerű. A szigetközi erdők madárközösségeinek fajösszetételére és denzitás-, diverzitás-viszonyaira úgy tűnik, hogy az erdészeti munkálatok vannak a legnagyobb hatással, ezek közül is a tarvágás említhető az első helyen. A tarvágás egyrészt megnöveli az erdőszegélyt, melyre az egyes fajok differenciáltan reagálnak, de új élőhelyet teremt a nyílt területeket preferáló fajoknak.

Madárfauna térképezés

A Duna főága menti ártéri madárfauna különböző típusú elterjedési mintázatot mutat. Biomonitoring számára igen fontosnak tűnnek a nedves réteken és nádasokban élő énekesmadárfajok, melyek viszonylag gyorsan tudnak reagálni a vízellátásban bekövetkező változásokra. A nagyobb nádasok közül a Felső- Szigetközben találhatóakon következett nagyobb vízvesztés, melyet számos madárfaj jelzett. Így pl. a nádi tücsökmadár (*Locustella luscinioides*) és a cserregő nádiposzáta (*Acrocephalus scirpaceus*) eltűnt a kiszáradt nádasokból, ill. csak egy jó vízellátottságú holtágnál maradt meg, ellenben a száraz nádaszt jobban elviselő foltos nádiposzáta (*Acrocephalus schoenobaenus*), az énekes nádiposzáta (*Acrocephalus palustris*) és a nádisármány (*Emberiza schoeniclus*) megmaradt.

Az 1996-os eredmények igazolták a feltevést, hogy a Felső-Szigetközben megemelkedett a vízszint, s egyes víz, ill. nádkedvelő fajok visszatértek, erre példa a cserregő nádiposzáta. A megemelkedett vízszint sok helyen elöntötte a kavicsos partokat, mely helyenként kiszorította a kis lile (*Charadrius dubius*) és a billegető cankó (*Tringa hypoleucos*) költőpárokat, melyek a Duna-meder elterelést követő kiszáradása következtében telepedtek meg.