

ANTROPOGÉN HATÁSOK A DUNA BIOLÓGIAI ÁLLAPOTVÁLTOZÁSAIBAN

TÓTH JÁNOS

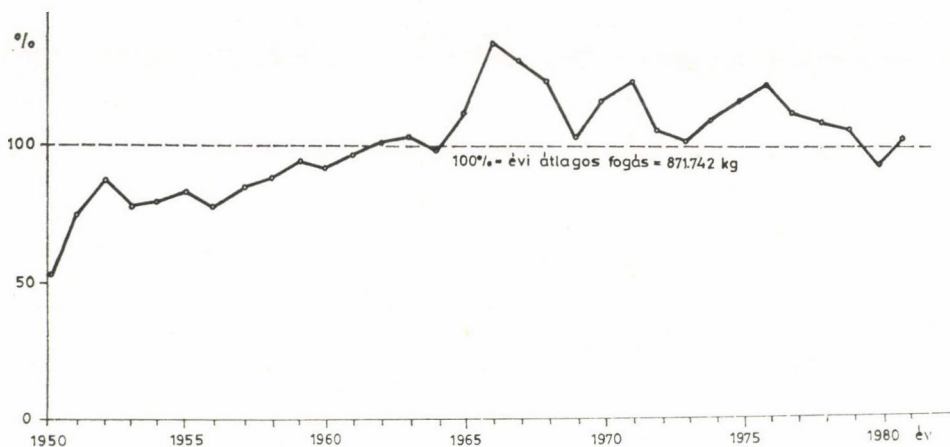
MTA Dunakutató Állomása, Göd

A Nemzetközi Limnológiai Társaság 1956-ban rendezett kongresszusa azért javasolta az érdekelt államok hidrobiológusainak a Duna részletes vizsgálatát, mert úgy ítélte meg, hogy egyrészt a folyamatkutatás a hidrobiológia többi területéhez képest elmaradt, másrészt, hogy Európában a Duna az a folyó, amelyet az antropogén hatások akkor még viszonylag kevésbé befolyásoltak. Az azóta elvégzett munkánkról, annak néhány eredményéről azonban most már az antropogén hatások bemutatása alapján kell beszámolnunk.

Sok tekintetben egyszerűbb lenne ez a feladat, ha az antropogén hatásokat röviden és tételesen sorolhatnánk fel. Ezek a hatások azonban megnyilatkozásuk összességében komplex jelenséggé válnak, külön-külön való tárgyalásuk túlságosan leegyszerűsíti és arányaiban mesterségesen torzítja a következményeik hatásaként kialakult képet. Ezért inkább a biológiai jelenségek egyes elemeinek alakulásával összefüggésben induktíve vázoljuk fel azt a folyamatot, amelyet az előadás címében meghatároztunk.

Az a jelenség, amelyet egy élőhely biológiai vagy ökológiai állapotának nevezünk, sok tekintetben az anyag- és energiaforgalom jellemzőivel fejthető ki legegyszerűbben. Mivel vízi környezetben a tápláléklánc, ill. -hálózat végén a halak állnak, és a közfigyelem is a halállomány létén és annak mennyiségi alakulásán keresztül ítéli meg — nem is teljesen alaptalanul — egy-egy vízterület biológiai állapotát, először röviden erre térjünk ki.

A Dunán folytatott halászat eredményei szoros összefüggésben állnak a halállomány alakulásával. Vessünk egy pillantást az 1. ábrára. Ez a magyar dunai halászat fogási eredményeit mutatja be 1950-től napjainkig. Az évi átlagos fogás, (amelyet itt 100%-nak vettünk) 872 tonna, a maximális érték pedig — amelyet az 1965-ös év rendkívüli magasságú és tartósságú dunai vízállásai után az ezt követő esztendőben értünk el — megközelítően 1200 tonna volt. Az ingadozás az egyes évek értékei között nem nagy, és a trend emelkedő. Az összkép tehát nem látszik kedvezőtlennek. Ha azonban a részletekre is figyelemmel vagyunk, akkor a következő megállapítást kell tennünk. A tárgyalt időszakban csökkent a nagyobb testméretű halfajok előfordulása és növekedett a gazdaságilag alacsonyabb értékű, kisebb testméretű fajok



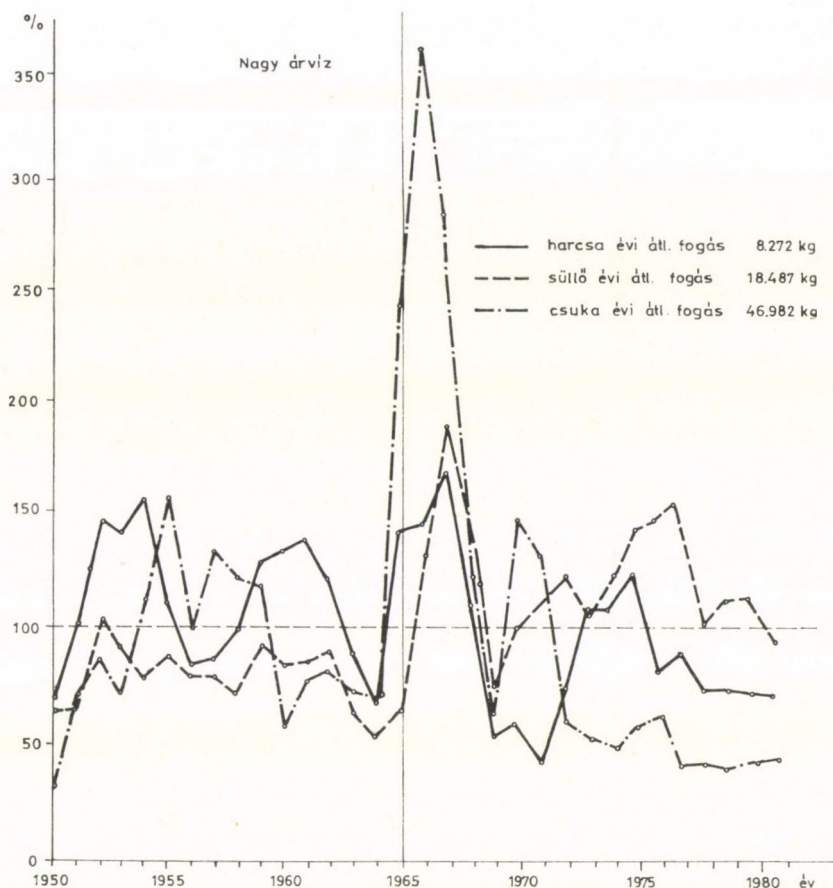
1. ábra. Az évi halfogási adatok alakulása a magyar Dunán

egyedsűrűsége. Ha ennek a jelenségnek okát keressük, akkor röviden két tényezőt kell figyelembe vennünk. Az egyik az, hogy — a későbbiekben még részletesebben demonstrált eutrofizáció következtében — viszonylag bő táplálékbázis áll rendelkezésre a halállománynak, a másik pedig az, hogy ezt azonban csak a szaporodási igényüket tekintve szerényebb, kisebb testméretű halfajok hasznosítják. A folyam magyar szakaszán végrehajtott szabályozási és vízépítési munkák következtében ugyanis romlottak azok a környezeti feltételek, amelyek a nagyobb testméretű halfajok szaporodásához szükségesek, csökkent a főággal folyamatosan kapcsolatban álló nagyobb kiterjedésű és mélységű mellékvizek területe. — Azokban az esztendőben, amikor a tartósan magas vízállás a korábbi természetes állapotnak megfelelő nagyobb mértékű vízborítottságot biztosítja, lehetővé teszi a nagyobb testű — közöttük a ragadozó — halfajok eredményes szaporodását is. Ilyenkor, mint ahogy ezt a 2. ábra szemléletesen bemutatja, az apró testű cyprinidák biomasszájában, az eutrofizáció következményeként rendelkezésre álló nagyobb táplálékbázis a ragadozó halfajok egyedsűrűségét és halfogási eredményeit is jelentősen megemeli.

Az életközösség tevékenységének és állapotának értékelésében a halászat érdekes is, fontos is, de nem a legfontosabb. A folyó élővilága ugyanis természetes vagy természetközeli állapotában — normális tevékenysége során — a víz természetes tisztulását is biztosítja, ennek pedig a halászatnál kétségtelenül nagyobb gazdasági jelentősége van. A köznyelvi szóhasználatban öntisztulásként megfogalmazott értékelés azonban antropocentrikus. Az ökológiai anyag- és energiaáramlás folyóvízi processzusa sokoldalúságában, sebességében és teljesítményében kétségtelenül olyan állapotokat idéz elő, amely normális esetben a víz minőségét számunkra is kedvezően befolyásolja, de

ez csak velejáró jelensége magának a biológiai produkciónak, amelynek menete és állapota az élővilág teljes közösségének megfigyeléséből ismerhető meg.

Ebből a közösségből — úgy is mint a vízi anyagforgalomban kiemelkedő szerepet betöltő élőlénycsoport, és úgy is, mint haltáplálék szervezet — kiemelkednek a Crustaceák. Velük kapcsolatban elsősorban azt említjük meg, hogy az elmúlt évtizedben a dunai plankton Crustacea együtteseinek faji összetételében bekövetkezett változások, valamint a 70-es évek elejétől mutató jelenség, hogy ti. a nyári egyedszám -maximumok idején a korábbiakhoz képest számottevő egyedszám növekedés mutatkozik, egyértelműen a Duna növekvő eutrofizációjára utal. — Ennél az élőlénycsoportnál mutatható be igen szemléletesen az a jelenség is, amely a Duna magyar szakaszán szinte az összes többi típusos vízi szervezet esetében is észlelhető. Az áramlás — mint ökológiai tényező — olyan faktor, amely többnyire korlátozó hatású. Ezért a folyamnak azok a szakaszai, amelyek öblözetek, mellékágak, ártéri vízállá-



2. ábra. A csúcsragadozók állományának alakulása a Duna magyar szakaszán

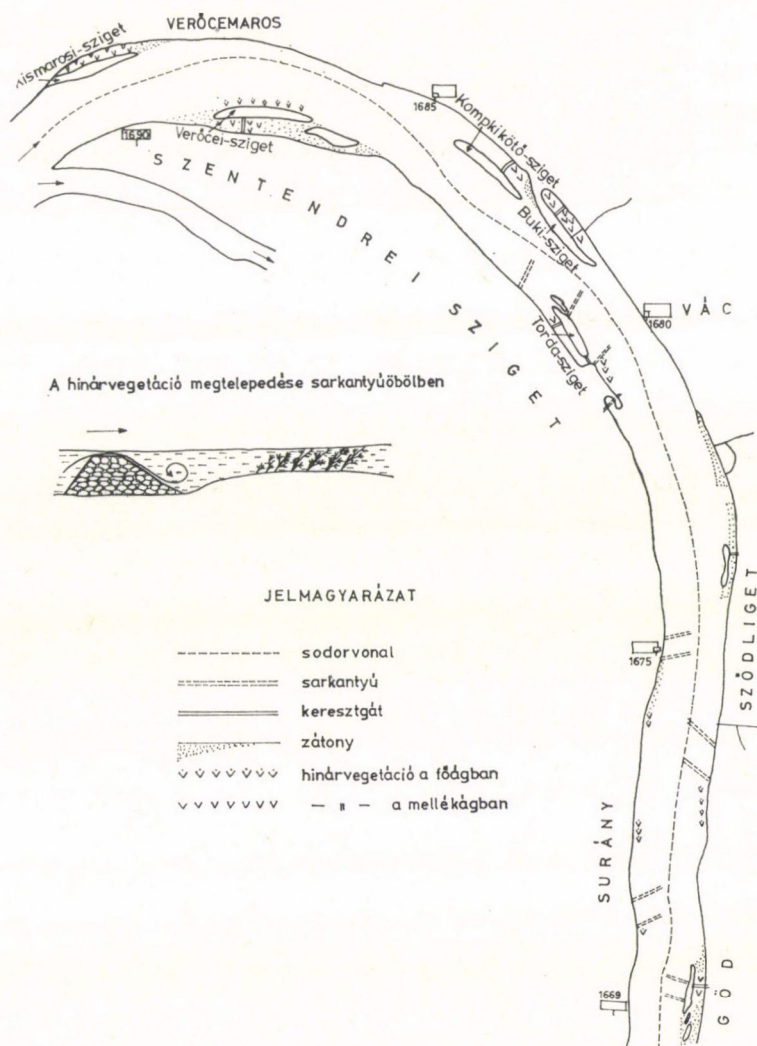
sok révén lenitikus vizekben gazdagabbak, a folyam főágának élőlény-populációira is kedvezően hatnak, például az áttelelés és a szaporodás ökológiai viszonyait illetően. Így van ez a Crustaceák esetében is, és érdekes képet kapunk, ha egy, a Dunával közvetlenül kapcsolatban álló mellékág és az áramlóvizű főág mintáit hasonlítjuk össze. A mellékág Crustacea faunája általában gazdagabb, de a helyzet bonyolultságát, másképp megfogalmazva, a Crustaceák ökológiai igényeinek problémáit súlyosbítja az a körülmény, hogy a mellékágak egy része a vízállásváltozás során áramlóvizű élőhelyé válik, sőt a folyamszabályozás műtárgyai révén a legtöbb, ma még létező mellékágban ez a változás igen gyorsan megy végbe. Minél dinamikusabb változások következnek be a nyíltvízi környezetben, annál kevésbé tudják azt követni a Crustacea együttesek.

Az aljzat szerepének fontosságát jelzik a Chironomidák is, amelyek a felszíni vizek sokféleségének, az élőhely típusok különböző jellegének régen ismert indikátorai. Az emberi beavatkozások hatásait is jól jelzik. A Duna magyar szakaszán például a természetes, homokos, agyagos, laposkifutású vagy szakadós parti sávokat a folyamszabályozás során több helyütt kőszórásos partvédő művek váltották fel, amelyekhez szükség szerint még kereszt- és párhuzamművek is csatlakoznak. Ez a mesterséges partalakulás a természetestől sokban eltérő biotopot biztosít egyéb élőlénycsoportok mellett a Chironomida lárvák számára is. A Rajka és Mohács között 45 helyen végzett vizsgálatok alapján megállapíthattuk, hogy a kőszórásos parti sáv 1 m^2 -én 2800, a terméskőből betonozással egybeépített részsűn pedig 700 Chironomida lárvá élt. A természetes állapotú partszakaszokon ez az érték 0–40 egyed/ m^2 . A Chironomida lárvák számával és az állomány faji összetételével kifejezésre jut a mesterségesen kialakított parti sávnak a természetestől sokkal eltérőbb felületi hatása.

A Dunában jelentős szerep jut a polifág egysejtűeknek. Ezek még a bakteriális lebontás előtt elfogyasztják a folyó által mechanikusan feldarabolt szerves törmelék egy részét. Ezáltal elősegítik, jelentősen felgyorsíthatják a természetes tisztulási folyamatot. A Duna magyarországi szakaszából napjainkig 471 Ciliata faj vált ismeretessé. Mind egyed-, mind fajsám tekintetében a Holotricha rend képviselői dominálnak. Míg azonban korábban a rabló, dögevő fajok domináltak, napjainkra megemelkedett a baktérium- és algaevő fajok egyedszáma. Ez a jelenség szintén a folyó fokozódó eutrofizációjával van kapcsolatban. A holt- és mellékágakból áradások alkalmával a Ciliatakból is nagyobb mennyiség kerül a folyam vizébe és időlegesen faj- és egyedszámban is gazdagítja a főág állományát. Amikor az apadás során a vízállás értéke a budapesti vízmérce 300–350 cm-es szintjére, tehát közép-vízszintre süllyed, akkor a többségükben erre a magasságra kiépített folyamszabályozási művek a mellékágak, ill. árterek vízátfolyásait megállítják, visszaáll az évszakra és a biológiai állapotra ma jellemző Ciliata fauna kép. A folyóba

beépített műtárgyak (sarkantyúk, párhuzamművek stb.) alacsony vízállás idején mozaikos jelleggel módosítják a planktonikus Ciliaták előfordulásának viszonyait. A továbbiakban áttérünk az életközösség autotrof szervezeteire, amelyek más oldalról, de épp oly figyelemreméltóan egészítik ki az előbbiekben felvázolt képet.

A szubmersz makrovegetációt illetően néhány évtizeddel ezelőtt valószínűleg jelentéktelennek tartottunk volna minden olyan információt, amely

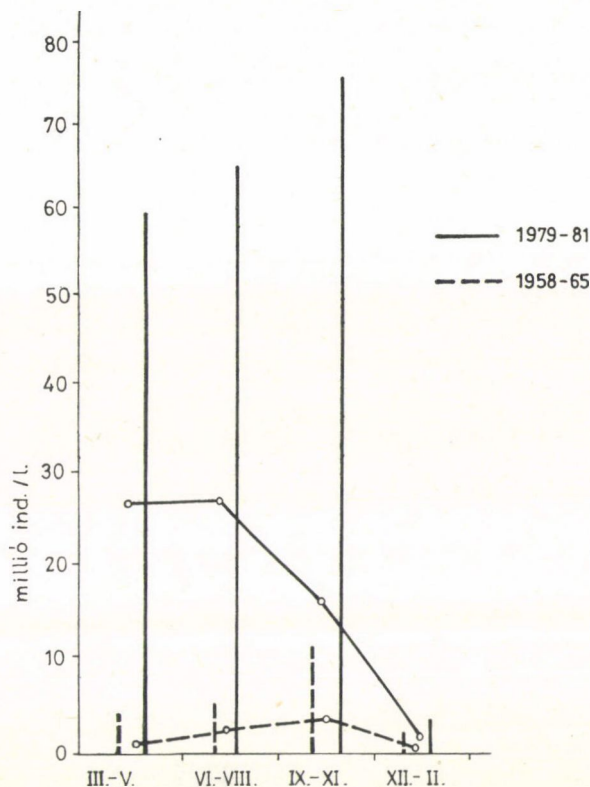


3. ábra. A sarkantyúk és keresztgátak nagymértékű feliszapolódást eredményeztek. A feliszapolódott területeken a 70-es évek elején megjelentek a vízi növények. A főág parti zónájában a *Potamogeton pectinatus* képez nagyobb állományokat. A mellékágak jelentősebb társulásai a *Myriophyllo-Potametum*, a *Ceratophylletum submersi* és a *Trapaetum natantis*

ezt a csoportot a Duna főágával kapcsolatban mutatja be. Az azóta bekövetkezett — és kétségtől antropogén hatásra bekövetkezett — változás azonban igen demonstratívva teszi annak a munkának eredményeit, amelyet 1974-től kezdve a váci Duna-ágban és mellékvizein e tárgykörben végeztünk (3. ábra). Az irodalmi adatok szerint, korábban vízínövényzet ezen a területen csak a magas ártér horpaszaiban fordult elő jelentéktelen mennyiségben. A néhány évtizede megépült műtárgyak (tehát a sarkantyúk és a keresztgátak) azonban olyan hidrológiai változásokat idéztek elő — lassú vízáramlás, feliszapolódás — amelyek számos helyen lehetővé tették a hínárfélék megtelepedését. Így a főág sarkantyúöbleiben a *Potamogeton pectinatus* képez évről évre nagyobb állományokat, a mellékágak nyílt vizét pedig különféle hínártársulások növik be. A hínárvegetáció terjeszkedésének kedvez a vízszennyezés-okozta tápanyagdúsulás. A bőséges tápanyag-kínálatból a növények jelentős mennyiségű nitrogént és foszfort halmoznak fel szervezetükben. Bár a folyam vizében oldott állapotban levonuló nitrát és foszfát tömeghez képest az így kivont mennyiség elenyésző, mégis az a tény, hogy a folyó középszakaszaán ilyen vegetációtípus ebben a mértékben előfordulhat, az azt kiváltó antropogén hatás jelentős mértékarányára vet fényt. A mellék- és főleg az időszakos holt- és mellékágak szukcesszióviszonyai felgyorsultak és csak rövid idő kérdése, hogy a Duna ökológiai habitusát e szakaszon gazdagító mellékvizek a folyam életteréből eltűnjenek.

Korábbiakban már volt szó az aljzat szerepéről. Fontos, egyes esetekben különleges helyet és súlyt kap az azon kialakuló élővilág közössége és tömege. Érdekes és perspektíváját illetően fontos az az Állomásunkon nem régen megindult munka, amely mesterségesen kihelyezett felületek bevonatképződésének folyamatával kapcsolatos. Úgy tűnik, hogy a folyó ökológiai állapotváltozásait egy adott ponton több tekintetben is jól jelző módszerhez, és a természetes aljzat vizsgálatához képest egzaktabban kiértékelhető eredményekhez jutunk.

A természetes és mesterséges aljzatokon bevonatot képező algák oxigén és szervesanyag termelő tevékenységük mellett fontos ökológiai szerepet töltenek be abban is, hogy élőhelyet biztosítanak alsóbbrendű állati szervezetek számára is, amelyek nélkülük áramlóvízű életterben létfeltételeiket nem találnák meg. A bevonatképző algák biomaszájuk nagyságát tekintve és produktíójuk mértékét is figyelembe véve azonban jelentőségükben messze elmaradnak a planktonalgák mögött. A Duna élővilágának ez az a csoportja, amely az elsődleges produkció és az eutrofizáció alakulásában a legfontosabb szerepet játssza. Állomásunk, működésünk kezdete óta rendszeresen dolgozott fel dunai algamintákat. Az algák mennyiségi viszonyait és a Duna mindenkor aktuális vízállása között összefüggést állapítottunk meg. Munkánk első időszakában 1958—65 között megállapítást nyert, hogy az algaegyüttesek faj- és egyedszámukat tekintve az őszi időszakban voltak a leggazdagabbak. Az akkor



4. ábra. Az algaszám átlagértékei és maximumai a gödi Duna-szakaszon. Az 1979–81 évek átlagai 3–5-ször, a maximumok 7–10-szer nagyobbak, mint az 1958–65 években észlelt értékek

kapott mennyiségi adatok alapján a relatíve még tiszta folyam algaállományait írtuk le. Az 1979 óta vett minták adatai viszont azt mutatják, hogy az algaszám többszörösére emelkedett, vagyis az eutrofizáció jelentősen fokozódott, noha a növényi tápanyagkínálat nem növekedett ugyanolyan mértékben. Szemben a korábbi vizsgálatoknak azzal a megállapításával, hogy az alga egyedszám az őszi hónapokban a legmagasabb, a mai vizsgálatokban a maximális egyedszámok a tavaszi, korányári hónapok időszakára tevődtek át. Megjegyezzük azonban, hogy a fajszámot tekintve, ma is a nyárvégi–ősz elejei alga-együttesek a leggazdagabbak. Viszont az egész vegetációs időszakban az eutrof vizekre jellemző fajok dominálnak (pl. *Stephanodiscus* és *Cryptomonas* fajok). Mai vizsgálataink alapján az egyedszám/lit. értékek átlagosan 3–5-ször nagyobbak, mint az 1960–65. évek hasonló adatai voltak (4. ábra). Tekintetbe véve, hogy a növényi tápanyagok mennyisége nem azonos mértékben növekedett, a jelenség magyarázatát a Duna fényklímájának megváltozásában kell keresnünk. Az ezzel kapcsolatban végzett optikai vizsgálatok adatai ezt

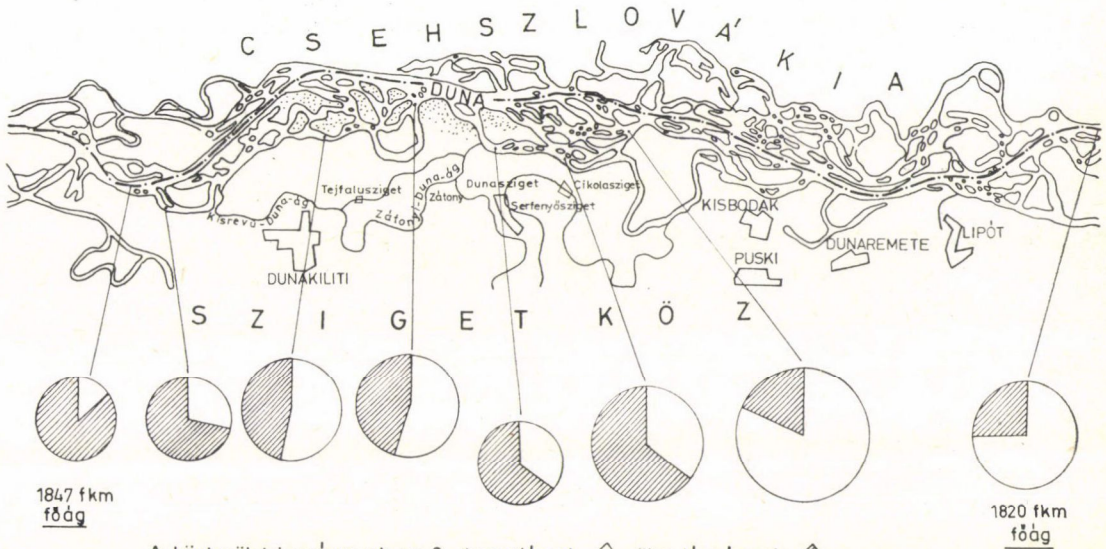
jelzik is. 1975–76-tól kezdődően lényeges változást figyeltünk meg a víz zavarosságában. Ez a jelenség minden valószínűség szerint a Duna német és osztrák szakaszán megépült erőművek szedimentáló hatásának tulajdonítható. Tartósan alacsony vízállások idején a Duna átlátszósága sokkal nagyobb mértékű, mint a korábbi időszakokban volt. Optikai méréseink szerint, az újabban előállott viszonyok között az algák számára kedvezőbb spektrális összetételű fény jut le mélyebb rétegekbe.

Az algák szerepének fontosságát jelzi többek között az a tény, hogy a dunavíz oxigén-készletének 26%-át — évi átlagban — ők termelik. A főágban az általuk termelt oxigén mennyiségének túlnyomó részét (80%) a felszín átvilágított rétegében termelik meg. A Duna vizében oldott állapotban rendelkezésre álló oxigén mennyiség alapvetően fontos és determináns azokban a lebontási folyamatokban, amelyeket praktikusán a természetes tisztulás megnyilvánulásaként fogunk fel. Hosszú időn keresztül végzett mérések alapján állapítottuk meg, hogy a Duna gödi szelvényében évszaktól és vízállástól függően naponta 1000–3000 tonna oldott oxigén vonul le. Az algák-termelte oxigén mennyiség és a biológiai úton elfogyasztott — elélegzett — oxigén mennyiség aránya a folyó különböző szakaszain egy időpontban is jelentősen különbözik. Kialakulásában meghatározó szerepe van annak is, hogy az adott szakasz fölött van-e és milyen kiterjedésben található a folyam főágával kapcsolatban levő mellékág. Az 5. ábrán pl. igen szemléletesen látszik, hogyan alakul ez az arány a Duna főágának rajkai szelvényében, hogyan változik ez meg, ugyancsak a főágban Bősnél, és hogyan követhető ez a folyamat a kettő között elhelyezkedő mellékágakban. A mintegy 3 év időtartamban csehszlovák szakintézménnyel közösen végzett vizsgálatok átlagértékei egyértelműen bizonyítják azt a tényt, hogy a fő vegetációs periódusban a mellékágak algáinak oxigéntermelése a víz oldott oxigéntartalmának 80%-ban is eredetét biztosítja.

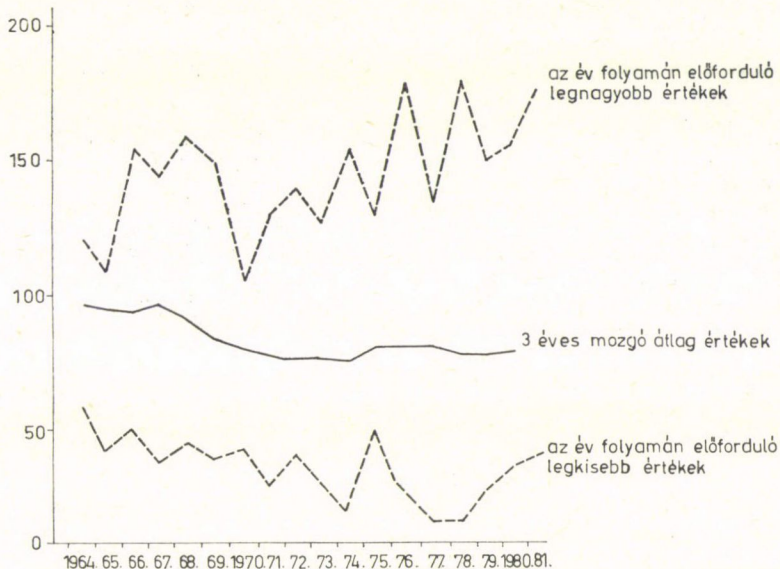
A vízállás csökkenése során a főágtól elszakadó mellékágak — jellegüknek megfelelően — egyes esetekben erősebben eutrofizálódnak, sőt a szaprobitás magasabb foka is kialakulhat. Magában áramlóvízű főágban azonban oxigén-hiányos helyzetet eddig még nem észleltünk, de az 1958 óta folyamatosan végzett vizsgálataink szerint Gödnél a Duna oxigén-telítettségében egyértelműen csökkenő tendenciát állapítottunk meg. Ezek a vizsgálatok emellett arra is figyelmeztetnek, hogy az utolsó 10 év során a mérhető maximum- és minimum-értékek a korábbi években nem tapasztalt mértékben eltérnek az évi átlagos középértékektől (6. ábra). A maximum-értékek növekedése egyértelműen az eutrofizáció következménye. A minimum-értékek pedig — amelyek mindig a késő őszi-téli időszakban mérhetők — a szaprobitás fokának növekedésével hozhatók kapcsolatba.

Összefoglalva a Duna középső medencéjében, ill. az itt elhelyezkedő — nagyrészt magyar fennhatóság alá tartozó — folyamszakaszon a bioló-

giai folyamatok alakulása olyan állapothoz vezetett, amelynek egyik súlyos következménye az, amit röviden megfogalmazva eutrofizálódásnak nevezünk. Ezt a heterotrof szervezetek előfordulásának alakulása mellett a jelenséggel szorosabban kapcsolatban álló algológiai és kémiai vizsgálatok is bizonyítják.



5. ábra. A főágban és a mellékágakban mért biológiai oxigéntermelés és -fogyasztás viszonyai a szigetközi Duna-szakaszon az 1978–81 években végzett vizsgálatok szerint



6. ábra. Az O_2 telítettségi % alakulása a magyar Dunán (1669 km-fél mért adatok szerint)

Az utóbbiak alapján az is egyértelműen bizonyított, hogy a mintegy 417 km hosszúságú magyar Duna-szakaszon Rajkától Mohácsig az eutrofizáció 2–3-szorosára nő.

A folyam élővilága, amely a szakaszjellegnek és számos korlátozó tényező hatásának megfelelően alakul ki, természetes funkciójának menetében, biológiai állapotában és abból következően akár a tisztulás, akár a halászat eredményeiben még ma is többet teljesít, mint amit a társadalom tőle tudatosan elvár, vagy egyáltalán tudomásul vesz.

Az ökológiai állapot további romlásának és rontásának következményei azonban már nagyobb súllyal jelentkeznek, és gazdasági megnyilvánulásainak valószínűleg tudatformáló szerepe is lesz. Nekünk — akik a fenti munkákban érdekelték voltunk, és tevékenységünknek itt csak részleteiről adhattunk számot — az a meggyőződésünk, hogy a társadalom a tudomány eddigi ismeretanyagának birtokában ezt már nem kellene, hogy megvárja.

IRODALOM

- BERCZIK, Á.: Über die Chironomiden im Benthos des ungarischen Donauabschnittes. Danub. Hung. XLIX. — Acta Zool. Hung. 5, 277–285 (1969).
- BERCZIK, Á.: Über das Donauebenthos und seine Veränderungen durch menschliche Eingriffe. — 18. Arbeitstagung der IAD. 47–61. Regensburg (1978).
- BOTHÁR, A.: A Közép-Duna Crustaceáinak vizsgálata. — Kandidátusi értekezés tézisei pp. 12 (1980).
- BERECZKY, M. Cs.: Gestaltung der Ciliata- und Testacea populationen der Donau unter der Erwirkung des Flussregimes und der Wasserkunstabauten zwischen Vác und Göd. Danub. Hung. LXXXIX. Ann. Univ. Sci. Budapest. Sect. Biol. 20–21, 205–227 (1978–1979).
- DVIHALLY, Zs. T.: Zum Sauerstoffhaushalt und zur Primärproduktion in der Donau. — Arch. f. Hydrobiol. Suppl. 52. Donauforschung 4, 350–370 (1981).
- KISS, K. T.: Die Eutrophisation des Donauabschnittes bei Göd. 22. Arbeitstagung der IAD Basel. Manuscript (1981).
- KOZMA, E.: Über die organischen Stoffgehaltsveränderungen des Donauwassers beim Stromkm. 1669. Danub. Hung. LXXIX. — Ann. Univ. Sci. Budapest. Sect. Biol. 18/19, 39–46 (1977).
- NOSEK, J.—ÖERTEL, N.: Zoológiai vizsgálatok dunai bevonatokban Rajka és Budapest között. (Danub. Hung. C.) Ann. Univ. Sci. Budapest. Sect. Biol. 22, Manuscript (1980).
- RÁTH, B.: Untersuchung der Laichkrautvegetation im Donauarm bei Vác und in ihren Nebengewässern. Ann. Univ. Sci. Budapest. Manuscript (1980).
- SZEMES, G.: Zusammenhänge zwischen den Schwankungen der Wasserhöhe der Donau und der periodisch auftretenden Algenproduktion, mit besonderer Berücksichtigung der Beschaffenheit des aus dem Oberflächenwasser gewonnenen Trinkwassers. — 10. Arbeitstagung der IAD. 529–535 Sofia (1968).
- TÓTH, J.: A brief report on the species of fish of the Hungarian section of the Danube damaged by anthropogeneous effects. — Ann. Univ. Sci. Budapest. Sect. Biol. 14, 237–239 (1973).