

### **3. A kavicsbányatavak ökológiai sajátosságai** (*Horváth Benő*)

#### **3.1. A bányatavak kialakulása, szukcessziós folyamatai**

##### **Előzetes**

A teresztris ökoszisztémák egyik meghatározó rendezési alapját a vízfolyások és a hozzájuk kapcsolódó vízrendszerek: tavak, holtágak, medermaradványok, mocsarak, lápok stb. képezik. Ez így természetes. Mert azt a közeget, melyben az élet folyamatai zajlanak - a sejt szerveződésétől az összetett szervezetekig - a víz képezi. Víz nélkül nincs élet. Az élet pedig a víz mentén szerveződik. Az evolúció a hidroszféra meghódításának története. Ezért játszanak olyan fontos szerepet a vizek a szárazföldön.

Az életnek és a víznek egy másik fontos, szupraindividuális szintű kapcsolata a vízre szerveződő ökoszisztémáknál jelentkezik. Funkciói pedig az életközösségek anyag- és energia-folyamatainak vezérlésében mutatkoznak meg, amit az ökoszisztéma sokszorosán visszacsatolt rendszeren keresztül koordinál és szabályoz. Ezzel az élő rendszerek erősen fékezik a nem élő környezetben zajló változásokat. Konzervativizmusuknak köszönhetően a nem élő környezetükkel szemben, az élők ökoszisztémát képező szövetsége környezetében jelentős, dinamikus stabilitást tartanak fenn.

Hogy ennek méreteiről némi fogalmat kapjunk, említsük itt meg, hogy többek között az Alpok, a Pireneusok, az Andok vagy a Himalája hegységek tömegét a valamikori élővilág (kambrium) héjaiból épült mészkő képezi, de úgyszintén az atmoszféra levegő-összetétele is az élők anyagcsere-folyamatainak eredménye. Mindezek a folyamatok valamilyen formában a vízhez kötődnek.

Bolygónkon a víz mindhárom halmazállapota megtalálható, ezeket a víz körforgása kapcsolja össze. Folyamatos átalakulásuk szabályozza a föld hőháztartását, klimatikus viszonyait, és ezáltal jelentős hatással van az élővilág rendszerére is. A jégkorszak nagy lehűléseinek idején a víz szilárd állapotú felhalmozódása zajlott, a felmelegedések idején pedig a vizes fázis óceáni felhalmozódása zajlik. A köztes fázisban, elsősorban a jég leolvadását követően, a vizes fázis tengerbe szállítása idején a szárazföldön megnövekszik a folyók aktivitása, mélyedéseket töltenek föl, tavakat képeznek, eróziós tevékenységük következtében medrüket feltöltik, áthelyezik, eközben nagy kavicsmezőket, hordalékkúpokat képeznek. Ez a szárazföld vizekben leggazdagabb periódusa, ökológiai szempontból ezt a fázist a nagykiterjedésű túlevelű erdők jellemzik.

Jelen pillanatban ilyen állapotokat találunk az Euro-Ázsiai kontinens ÉK-i részein, az Ural vidékén, a Volga és a nagy Szibériai folyók közötti térségben, Észak-Amerikában, Kanadában és peremvidékein (a Nagy-tavak, Alaszka D-i részei). A déli féltekén ilyen területek csupán nyomokban találhatóak, Chilében a Tűzföldön és

Új-Zélandon. Ez utóbbiakat inkább jellemzik a magashegyi gleccserek olvadákvizéből keletkező tavak, vízfolyások.

Amint látjuk, a Kárpát-medence hiányzik e felsorolásból, hiszen már túljutott ezen a fázison. Térségünkben a nagy vizek már levonultak. Nyomukban megindult a kontinentális vízkészletek csökkenése. Évszázadok óta folyamatos talajvízsüllyedésnek lehetünk tanúi. Hogy erről megbizonyosodjunk, csak a váraink körüli kiszáradt vizes árkokra kell tekintenünk, Sárvártól Diósgyőrig. Nyugat-Európában a talajvízszint átlagos süllyedését 3-5 méterre becsülik.

Vízkészleteink apadásával állóvizeink állapota is romlik. A tápanyagdús talaj és a hőmérsékleti viszonyok a vizek gazdag élővilág-együttesének kialakulását eredményezik. Ezt a klimatikus zónát a hidrobiológiában eutróf (bőven termő) zónának nevezik. A Kárpát-medence ebbe a zónába tartozik. Térségünkben a bőven termő, eutróf vizek a természetes állapotot képviselik. Köztudott, hogy ezek a folyamatok tovább gyorsítják vizeink feltöltődését. Tekintettel vizeink hidrológiai helyzetére, vízháztartásunkat vízkészleteink megőrzésére és növelésére kell összpontosítanunk. Vízkészleteink jelentős hányada pleisztocén/óholocén kavicsrétegekben tárolódik. Felszíni és felszín alatti vízkészleteink csökkenése megköveteli a velük való felelősségteljes gazdálkodást. Megőrzésük, a készletekkel történő felelős gazdálkodás nemzeti érdek. Ezért bányászásuk, a helyükön létrejött vízterek megfelelő rekultiválása, kezelése fontos stratégiai feladat.

A bányászás során már létrejött kavicsbányatavak ökológiai jelentősége a folyamatos vízkészletcsökkenés következtében kiemelten fontos. Több szempontból is. Egyfelől, mint a fogyatkozó vizes élőhelyek megújulási lehetősége, másfelől, mert a középhegységet és az alföldi vizes élőhelyeket összekapcsoló láncszemek. Ezért természetvédelmi szerepük is különösen hangsúlyos. Itt meg kell jegyeznünk, hogy rendkívül fontos, természetvédelmi szerepük a rehabilitációs tervekben nem jelenik meg.

### **3.2. A kavicsbányatavak jellemzői**

Tavakban, különösen a kisebb tavakban, ahol az arányok azt lehetővé teszik, és a bennük található élővilág már kifejlődött, a víz minőségét legtöbbször az élő rendszerek anyagcserefolyamatai határozzák meg. Így a kavicsbányák többségében is az ökológiai folyamatok azok, amelyek döntő hatással vannak a víz minőségére. A következő részben a bányatavak vízminőségére ható legfontosabb tényezőket tekintjük át.

A szárazföldön található vizeket élőhelyük alapján két nagy csoportba osztjuk, ezek a felszíni és felszín alatti vizek. A kavicsbányatavak, keletkezésük alapján mindkét víztípussal kapcsolatban vannak. Mint valamikori folyóágy, maga a kavicsréteg, a felszín alatt jelentős mennyiségű talajvizet tárol, mely a bányászás során kerül ismét a felszínre. Ez vízutánpótlásának fő forrása is, melynek a kavicsréteggel való kapcsolata egyik meghatározó tulajdonsága.

A felszíni vizek között megkülönböztetünk álló- és folyóvizeket. A folyóvizek állandó víz- és tápanyag-utánpótlás következtében fennálló nyílt rendszerével szemben, az állóvizek többé-kevésbé zárt rendszert képeznek. Természetesen ez a zártág viszonylagos, hiszen egy tavat sem lehet függetleníteni a környezetétől. Mégis, a folyóvíz dinamikájához képest itt merőben más jellegű ökoszisztémák alakulnak ki. Ez már olyan esetekben is szembetűnő, ahol egy folyóvíz lefolyását természetes - suvadás, hódgát stb.-, vagy mesterséges – duzzasztások, völgyzárógátak- úton elzárják és ezáltal egy víztározót hoznak létre. Minden ilyen esetben megfigyelhető, hogy a duzzasztás fölötti szakaszon (tározó) a termelési és a lebontási folyamatok felgyorsulnak, egységnyi területre nagyobb élőtömeg (biomassza) jut. Vagyis az ökológiai folyamatok szerepe felerősödik. Némileg hasonló helyzetet találunk a kavicsbányatavaknál is, azzal a kiegészítéssel, hogy itt bizonyos időeltolódás-kompenzációval is számolni kell. Mivel a kavicsbányákat legtöbbször a felszín közelében fekvő kavicsrétegekre telepítik, érthető, hogy kőzetüket geológiai szempontból a glaciális, illetve a holocén-kezdeti folyómedrek hordalékai képezik. A kavicsbányatavakat legtöbbször ilyen, elhagyott folyómedrek mentén találjuk, melyek a középhegység törmelékletéről érkező, felszín alatti vizeket továbbvezetik az Alföld irányába.

Térségünkben a legfontosabb kavicslelőhelyek a középhegységből lefolyó patakok (Szinva, Hór, Csincse, Latorca, Laskó stb.) mentén, a hegylábak alatti peremterületeken húzódnak. Nagyobb, összefüggő hordalékkúpok a Sajó és a Hernád völgyében alakultak ki, ősi medrük valahol Tiszacsege vonalán a Tiszántúlra is áthúzódott. E nagyobb folyók kavicsréteg-vastagsága jelentős, ezért kitermelésük is nagyobb mértékben folyik.

Mivel a kavicsréteg kialakulásának idején az élet igencsak takarékon volt, e kavicsrétegek szervesanyagtartalma alacsony, ami építkezési szempontból előnyös, az élővilág számára viszont tápanyag híján kevésbé kedvező. Ezért a bányászás során keletkező vízterek, születésük idején szegényesen termő, oligotróf tavaknak minősülnek, mintha még „emlékeznének” a jégkorszakot követő időkre.

### **3.3. A folyómedrek alakulása a Kárpát-medencében**

A kavicsbányatavak szempontjából fontos tudni, hogy a Pannon-medencét a holocén elején, amikor a folyók a kavicssteraszokat építették, kisebb tektonikus mozgások érték. Ennek kiváltó okát a kontinentális, összefüggő jégtábla leolvadása okozhatta. Amikor is, a könnyebbé vált euro-ázsiai tábla alá benyomult az afrikai tábla. Ehhez a mozgáshoz köthető a Boszporusz átszakadása, és az addigi olvadákvizeket gyűjtő Fekete-tenger medencéjének feltöltődése a Földközi-tenger betörésével. E változások mellékhatásai közé sorolhatjuk a Pannon-tábla addigi É-D irányú lejtésének NY-i irányba történő billenését is. Minthogy a folyóvizek nagyon érzékenyek a tektonikai változásokra, és mindig a lejtést követve, az adott terület legmélyebb pontjait kötik össze, ezért az említett hatások következtében

jelentős mértékben átrajzolták a Pannon-medence addigi vízrajzát. A Tisza elhagyta az Érmelléket és Debrecentől keletre kanyargó medrét, és a Nyírség megkerülésével elfoglalta mai medrét, az Alföld nyugati peremén kialakult (Bereg, Bodrogköz, Taktaköz, Hevesi) depressziós medencék mentén. Ennek során „lefejezte” a Kárpátok felől délnek tartó folyókat (Talabor, Latorca, Ung, Bodrog, Hernád, Sajó stb.), a tőle keletre eredő Körösök és a Maros pedig, nyugati irányba továbbfolyva, keresztezték a régebben délnek tartó folyók medreit. Ennek hatására az Alföld talajvízmozgása is átalakult. Kétségtelenül ezek a változások kihatottak a kavicsrétegek vízellátására is. Legyen itt elég megemlíteni azokat a változásokat, amelyeket a Tisza a Sajó kavicsterasának átvágásával, a vízmozgás, vízszint, vízminőség, valamint a hordalékterítés esetében okozott.

A síkságon meanderező folyók, a part eróziója és a csapadékkal bemosódott talaj miatt jelentős mennyiségű humuszt szállítottak. Áradáskor az ebből kioldott tápanyag egy része a talajvízzel a kavicsrétegekbe is bekerült. Ez a kavicsrétegek másodlagos tápanyag-feldúsulásához vezetett.

Az eddigiekből érthető, hogy a folyó- és a talajvizek kavicsrétegeken keresztüli kapcsolatai, és azok ismerete rendkívül fontos a kavicsbányatavak vízminőségének és változásainak megértéséhez.

A vizeket általában a környezetükben található kőzetekből kioldott ásványok jellemzik. Ezek a kémiai jellemzők éppen úgy érvényesek az állóvizekre, mint a folyókra és a talajvizekre.

Mivel a felszín alatt felhalmozódott kavicsréteg általában a valamikori folyó medrében alakult ki, ezért a kitermelést követően azt várnánk, hogy az adott geológiai korhoz kötődő réteg helyén kialakult víztér is annak a kornak a jellegeit hordozza.

Ez a kavicsrétegek egy részére igaz is lenne (hegylábak alatti patakok elhagyott medrei), ha az emberi beavatkozások nem hatottak volna ki a felszíni és a felszín alatti vizek minőségére. Ugyanis a vízszennyezés már régen elérte a talajvizet és ezen keresztül a kavicsrétegekben tárolt vízkészleteket is. Ezért amikor a sóderkitermelés során a kavicságyban tárolt felszín alatti víz felszínre kerül, produktivitás szempontjából még oligotrófnak minősíthető, de a benne levő tápanyagkészlet alapján, potenciálisan már tartalmazza a termelés gyors növekedésének lehetőségét. Hogy ezekben az újonnan alakult tavakban a termelés az első időszakban nem tud az adottságainak megfelelő szinten kibontakozni, azt az élőlények alacsony számának és szervezettségük hiányának lehet tulajdonítani. Meg kell még jegyeznünk, hogy ez a termelési potenciál nem csak a szennyezés következménye, benne ketyeg a geológiai idő órája is.

### **3.4. A bányatavak élővilága**

#### **3.4.1. A bányatavak „szukcessziós nyomása”**

Térségünk klímája a holocéni interglaciális felmelegedése során, a periglaciális peremövet követő, évi  $-3-4,5\text{C}^\circ$  átlaghőmérsékletű hideg sztyepleklímából, a mérsékelt meleg,  $+10-10,5\text{C}^\circ$  kontinentális klímazónába jutott, ami az évi átlaghőmérséklet  $6,5\text{C}^\circ$ -os növekedését jelenti.

Mint ahogy az ökoszisztémák rendszerének zonalitását (biomok) elsősorban a klimatikus viszonyok határozzák meg, a fölmelegedés hatására az élővilág jelentős átalakuláson ment keresztül. A folyamatos felmelegedés nedvesebb fázisaiban (Atlanti fázis) jelentős mennyiségű tápanyagban gazdag humusz képződött.

Ez a tápanyagfeldúsulás a  $10,5\text{C}^\circ$  évi átlaghőmérséklettel párosulva, felszíni vizeink termelési szintjét a „bőven termő”, eutróf szintre emelte. Ez pedig azt jelenti, hogy felszíni vizeink eutróf állapotát térségünkben természetesnek kellene tekinteni.

Környezetünkben minden felszínre került kavicsbányató ökoszisztémája ezt az oligotróf állapottól induló, és eutróf (esetleg politróf) állapotba vezető utat járja be. E több oldalról is támogatott produktivitás-gyorsulási folyamat nem egységesen jelentkezik a bányatavakban. Elsősorban ott jellemző, ahol az élővilág számára adottak a megfelelő feltételek.

#### **3.4.2. A felgyorsult szukcesszió sajátosságai**

Az állóvizekre jellemző kinetikus energia hiánya a kavicsbányatavak eltérő jellegű élettereiben (biotop), igen eltérő élővilág-együttes (biocönózis) kialakulását eredményezi. A kotrást követően, miután a termelés befejeződött, még kristálytiszta víz van előttünk, majd néhány év múlva átlátszósága csökken, a víz egyre zöldebbé válik, a parti zóna, különösen a csendesebb, szélmentes öblökben elhínarasodik, a partot elfoglalják a mocsári (heliofiton) növények. (30. kép) Ha a tó nem túl mély, fenekét egykettőre elborítják a kéalgák (elsősorban *Microcystis* fajok) kolóniái. Felszakadó lepleik légnomáscsökkenés esetén (eső előtt) felszakadoznak, és elborítják a felszínt. A csendesebb, kisebb méretű, tiszta vizű tavak fenekét nemegyszer a süllőhínár-mezők 5-6 m hosszú füzéreinek „erdei” lepik el.

A mély kavicsbányatavakban, amelyekben a vízáramlás gyenge, és ennek következményeként hőrétegződés alakul ki, váltózóna jöhet létre. Ezekben a tavakban a vízfelszín turbulens erői nem képesek áttörni a hőmérséklet következtében beállt rétegződéseket. Ezért a váltóréteg alatt a különböző hőfokú vízrétegek már nem keverednek. Ezek a rétegek a tápanyag számára is akadályt jelentenek, aminek következtében az alsó rétegekben jelentős mennyiségű tápanyag és egyéb metabolikum halmozódik fel. Ezek a vízrétegek csak tavasszal

és ősszel - a tó víz hőmérsékletének kiegyenlítésekor elegyednek össze. Tavasszal ez jelentős lökést adhat a termelés beindulásához, ősszel pedig az alsó rétegeket is jól átszellőzteti - ellátja oxigénnel, segítve ezzel a halak elvermelését és a bentosz áttelelését.

### **3.4.3. Kolonizáció**

Az élet rendelkezésére bocsátott víztér kolonizálása már a bányászat kezdetén megindul, azonban csak később, a bányászás befejeztével bontakozik ki igazán. Ennek egyik fő oka, hogy ekkor kezdenek stabilizálódni a tavak jellemző életterei. A víztérből kiülepszik a kitermelés folyamán folyton megújuló, a vizet beárnyékoló és mindent beborító finom iszapfelhő, amely a kavics átmosásából keletkezik. Ez az iszap tápanyagban aránylag gazdag, és nagymértékben hozzájárul a planktonikus élővilág gyors terjedéséhez, a parton kiüledve pedig segíti a makrofitonok meglepedését.

A hullámozás viszont a laza sódert és a közte levő homokot könnyen mozgatja, ami kedvezőtlenül hat a makrofitonok meggyökeresedésére.

Így a bányászás megszűnését követően lassan stabilizálódnak a bányatavak sajátos életterei - kialakul a nagy átlátszóságú, nyílt víztér, a parti sáv és a fenéki régió. (31. kép) Majd az életnek ezek a szinterei, az adottságoktól függően tovább differenciálódnak. A part mentén, az anyagszerkezetnek megfelelően beáll a természetes rézsű. Később a tó jellegének és a klimatikus sajátosságoknak megfelelően, a szél és a hullámok által gerjesztett áramlások a parti sávban kialakítják az iszapos és iszapmentes területeket. Ahol a kiüledés jelentősebb, ott iszapos élőhelyek alakulnak ki. A tavaknak ezekben a jellegzetes életterekben (biotop) sajátos életközösségek, cönózisok szerveződnek.

## **3.5. A bányatavak életterei**

Állóvizeinkben négy élettájék különíthető el: a nyílt vízi táj (*pelagiális régió*), a parti táj (*litorális régió*), a mélységi táj (*profundális régió*) és a föld alatti, a kőzet kavicslikaiban, a talajszemcsék között jelen lévő felszíni, víztér (*freatikus régió*), mely a meder alatt 1-4 m mélységig, a parttól 40-50 m távolságra terjed.

### **3.5.1. A nyílt víztér (pelagiális régió)**

Ez az aljzat nélküli szabad víztér a lebegő és aktívan úszó szervezetek tere. A kevésbé aktív, kisebb méretű része a plankton (*fito-, és zooplankton*), a másik részét a nagyobb testű, általában aktívan úszó *nekton* képezi. A víztér átvilágított zónájában az úgynevezett *fototrofikus*, vagy termelési terében, ahol az elsődleges termelés folyik, kialakul egy planktonokból szervezett cönózis, melynek alapját az elsődleges termelők (*producensek*), az algák hordozzák. Ezekre épül a nyílt víztér

fogyasztókból álló közössége (*konzumensek*). Ha elég mély a tó, akkor a *fortotrofikus* tér alatt a lebontók tere következik, ahol a felső rétegekben keletkezett anyag egy részét a *heterotróf* szervezetek lebontják. A fenéken pedig kialakul a *bentonikus* tér. Azokon a részeken, ahol a fény nem hatol a fenéig, elsősorban a szervesanyag lebontása folyik, ez jellemzően a lebontók (*destruensek*) tere. Ezeket az élettereket népesíti be az élővilág, hogy az ott talált tápanyag feldolgozásával elindítsa az életközösségekre jellemző energia- és anyag-áramoltatási folyamatokat.

A kolonizáció első, úgynevezett iniciális stádiumában még nem alakulnak ki az életközösségek tartós rendszerei, itt a gyorsan szaporodó, könnyen alkalmazkodó pionír fajok (*r-stratégia fajok*) térhódítását figyelhetjük meg. Az iniciális fázisban a planktonikus betelepedés nagyobbik hányada a légkörben lebegő csírák által történik. Minthogy a tó legnagyobb felülettel a felszínen érintkezik, ezért ebben a fázisban a legintenzívebb betelepedés a nyílt víztérben zajlik. Így először a vízben lebegő planktonikus közösségek alakulnak ki. Az általuk termelt szervesanyag fenékre hullásával (plankton-eső), megfelelő hőmérséklet esetén fejlődésnek indulnak a szervesanyagot lebontó *destruensek* (baktériumok, fonalas gombák, ostorosok stb.). A nyílt víztér elsődleges planktonjai nagyobb részt kovamoszatokból (a *Pennales csoporttal* szemben a *Centrales csoport* jelentkezik nagyobb arányban), és kisebb mértékben kéalgákból állnak. Később a zöldalgák is egyre nagyobb szerephez jutnak.

### 3.5.2. A parti öv (litorális régió)

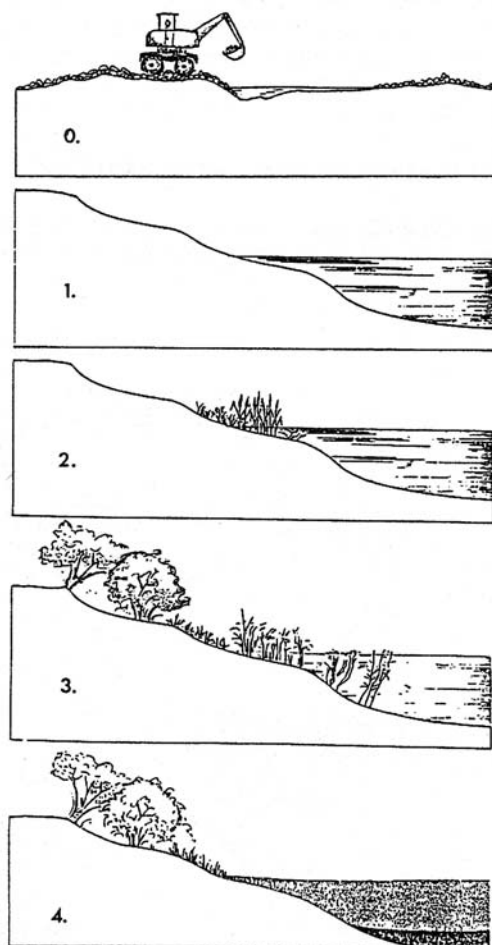
A szárazföld és a víztér érintkezési zónája a feltöltő szukcesszió színhelye. Jellege elsősorban a part meredekségétől és anyagszerkezetétől függ. Minthogy a víz állandó mozgásban van (hullámszik, árad, apad), a part meredekségétől függ, hogy ez az öv meddig terjed. Kavicsbányatavaknál a kotrást követően, a meredek partfalak mentén beáll egy kb. 45-50 fokos\* természetes rézsú. Emellett vannak laposabb és meredekebb, meddő szakaszok is.

Amikor beáll a part kontúrvonala, rézsúje, megindul a parti zóna kolonizációja. Itt egy rendkívül összetett folyamat zajlik, melyben már a felsőbbrendű, edényes növények is megjelennek (vidrakeserűfűvek, hínárfélék, gyékény, nád). Az anyagcserefolyamat minden szinten zajlik. Ez az átmeneti tér, amely egyfelől a vízzel, másfelől a szárazulattal is kapcsolatban áll, Földünk egyik legintenzívebben termő területe. Életközösségének kialakulását részben a nyílt víztér felől kisodródott és megtelepedett fajok, másfelől a partról bemosódott egyedek, fajcsoportok képezik.

A betelepédési fázisban a parti sáv már változatosabb a tó többi életterénél, de egyelőre még itt is a pionír fajok dominanciája jellemző. Ökológiai szempontból a tó parti sávjának kialakulására a differenciálódás növekedése a legjellemzőbb. Ez még akkor is igaz, ha tudjuk, hogy az edényes növények térhódításával monokultúrák alakulnak ki (nádasok, gyékényesek). Mivel ők is a parti szukcesszió

dinamikus változási folyamatának részei, ezért mindössze a változások időléptékét képesek módosítani, de maga a folyamat, a változás és dinamizmusa megmarad.

*A parti sáv puffer szerepe:* Mindezek mellett a parti sávnak megvan a maga sajátos élővilága is (parti növényzet, csigák, kételtűek, madarak, emlősök). Ennél fogva a parti zóna számos funkciója mellett, élettereinek nagy változatosságával, sajátos dinamizmusával, vizes/száraz fázisainak váltakozásaival, rengeteg élőlénynek nyújt menedéket, táplálkozási teret. Ezért a parti régióban összetett, sokszor nehezen kibogozható élőlénytársulások (cönózisok) alakulnak ki.



**3.5.2-1 ábra: A parti sáv és a tavi élettér betelepülési fázisai  
(Rahman H.-Hollnaicher M. nyomán 1990)**

**0. kitermelési szakasz; 1. Az élőhely-kialakulást megelőző állapot; 2. az élőhely-kialakulás kezdeti szakasza (pionír fajok dominanciája); 3. féltermészetes élőhely; 4. a tavi és tóköznyéki vizes élőhelynek megfelelő, természetszerű biotóp**



Nagy diverzitásukra, sokoldalúságukra jellemző, hogy a zavaró hatásokkal szemben is legnagyobb az ökológiai tűrőképességük. Leginkább a parti sáv felelős a tó anyagcsere-folyamatainak stabilitásáért. Ha a vízteret valamilyen károsodás, szennyezés éri, akkor a parti zóna, faji diverzitásának köszönhetően, legtöbbször képes olyan fajok mobilizálására, amelyek a tavi ökoszisztémát ért zavaró hatást semlegesíteni tudják. Ez a faji diverzitás azonban nagyon relatív és bányatavakban lassan alakul ki.

### **3.5.3. A tófenék (profundális régió)**

Úgy mondjuk, hogy ott kezdődik, ahol a parti zóna abbamarad. Tehát, ahol a gyökerező hínárok már nem képesek megtelepedni. Hogy ezt a határt hol lehet meghúzni egy tóban, azt már nehezebb meghatározni. Különösen a bányatavak esetében nehéz. Mert nagy átlátszóságuk miatt a bányatavakban a hínár akár 5-6m mélyen is meggyökerezhet (délegyházi, budakalászi kavicsbányatavak).

Különösen érdekes a váltórétegű, mély tavak profundális régiója, ahol a felső régióktól való - az alsó vízréteg által jelentkező – elszigeteltség, számos esetben anaerob feltételeket eredményezhet. Ilyenkor az őszi, teljes hőkiegyenlítés idején az anaerob állapotok termékei (metán, kénhidrogén) a felszínre kerülnek és igen kellemetlen szaggal árasztják el a tó környékét.

A kavicsbányatavak tápanyag-terheltségének egyik jó mutatója, hogy sokszor még a kitermelés ideje alatt, a tófenéken, helyenként nagy mennyiségben jelennek meg a kagylók (pl. sajópetri bányató - *Dressena polymorpha*, *Unio crassus*, *U. tumidus*, *Anodonta cygnea*).

### **3.6. Morfometria - a tavak alaklata**

A kis tavaknak, így a bányatavaknak is, egyik meghatározó jellemzőjük a kinetikus energia hiánya. Annak az energiának a hiánya, amely a víztestet átmozgatná. Egyszerűen nincs meg a kellő hosszúságú vízfelület, amely a szélenergia kihasználását lehetővé tenné. Ezért ezeknél a tavaknál az egyik legfontosabb feladat a kinetikus energia minél nagyobb mértékű érvényesítése.

Mivel a tavak anyag-, energia-áramlása és eloszlása a víztest mozgásától függ, ezért a kistavak morfometriai alakzata, a part jellege (meredek, lapos, hirtelen mélyülő stb.), a víz mélysége (sekély, mély, a víztér a fototrofikus réteg alá ér, van váltó réteg, esetleg összetett) és maga a tó alakja, jelentősen befolyásolja a tó élettartamát és a benne levő víz minőségét. Állóvizek esetén a besugárzás és a környezet hőenergiája mellett az egyik legfontosabb energiaátadó jelenséget a szelek képezik. Kis tavaknál legtöbbször a szél gerjeszti a legfontosabb áramlásokat, melyek révén a tápanyag és a lebegő szervezetek keveredhetnek. Ezért fontos meghatározni a tó tájolási indexét. Ez a vízfelszín legnagyobb hosszának és az uralkodó szél által képezett vízfelület hosszának a hányadosa, az

uralkodó szél gyakoriságának százalékában kifejezve. A hullámok által gerjesztett áramlások meghatározóak, mert egyes partszakaszokat állandóan átmosnak (éles szögben, majdnem érintőlegesen érkező hullámok), vagy bontanak (hosszú nekifutású vízfelület végén, közel merőlegesen érkező hullámok).

Ezek tanulmányozására az egyik legjobb példát a Csorba-telep tavai nyújtják. A tó Miskolcon található, a Sajó-folyó bal partján. A tó hossz tengelye mentén É-D irányban, egy 1,2 km hosszú, a végén kiszélesedő félsziget nyúlik be. Ezzel a tavat három, elkülönített víztérre osztja: kétoldalt egy-egy É-D irányú, 1,5 km hosszú vízfelületű tórészre, és az ezeket összekötő, az előbbiekre merőleges K-Ny irányú medencére. Az egésznek az érdekessége a vízterek jellege. Amíg a két párhuzamos tó relatíve mély (4-6m), addig a keresztben álló tórész rendkívül sekély, emellett zátonyokkal is tele van tűzdelve. Ezért akárhonnan jön is a szél, előbb-utóbb eléri a zátonyos részt, ahol az „*atollok*” közötti, hínárral körbevett (érdes tócsagaz, süllőhínár) mélyedésekben a vizet a hínár megsűri, a hordalék kiülepszik, (iszapcsapdák); így, miután a víz ezen a területen áthalad, jelentős mértékben megtisztul.

A part felől kotort kavicsbányák esetén az ilyen benyúló félszigetek legtöbbször megvannak, a csorba-telepi tavaknál külön szerencsés helyzetet jelent, hogy a félsziget egyben az uralkodó széliránnyal is párhuzamos. Mindezek mellett a tó tájolása még a Sajó folyásának irányát is követi, aminek köszönhetően a kavicsrétegekből érkező vízutánpótlás sem gátolt. Ezek az együttesen érvényesülő hatások teszik lehetővé, hogy a városban levő, rendkívül leterhelt víztér, a mai napig képes megőrizni vízminőségét.

### **3.7. A bányatavak ökológiai sajátosságai**

*„Az élet olyan, mint a mosoly, nem létezik arc nélkül”*

*Szentgyörgyi Albert*

#### ***Előzetes (Bevezető helyett)***

Ami ugyan valamiféle bevezető, de amint azt az idézet sejteni engedi, itt most többről, és egy kicsit másról lesz szó. A kiválasztott idézet a téma alaphangját hivatott megadni, a betű mérete pedig azt az alázatot, amely e nagy ember minden gondolatát jellemezte. Az idézet e végsőkig (Borghesien) tömör mondata, lírai hangja nem mond kevesebbet, mint azt, hogy az élet teátrumának káprázatos sokszínűsége, e tobzódó karnevál előtt a tudományt képviselő ember, az analitikus ráció meghajlik és egyetlen megmaradt eszközhöz, a hasonlathoz, a metaforához fordul. Azt szeretné érzékeltetni, hogy itt olyan dolgokról lesz szó, amelyeket a kutató általában csak magával oszt meg. Most mégis reménykedem, hogy az összegyűlt tapasztalatok, eddig el nem mondott élmények segíthetik az olvasót, hogy e szövevényes témakörben eligazodhasson.

Az élet vízhez kötődő jelenség, ez éppen úgy igaz a sejteken belüli, mint a sejteken kívüli rendszereire. A földtörténet folyamán kontinensek, óceánok, hegyvonulatok keletkeztek és tűntek el, az élet pedig él és virul.

Nincs a földön még egy ilyen stabilan fennálló jelenség. Ezt a közel 4 milliárd éves fennmaradását elsősorban hallatlan konzervatívizmusának köszönheti. Minden sejtünk a mai napig azt a sókoncentrációt hordozza magában, amely azt az óceánt jellemezte, melyben az élet 4 milliárd évvel ezelőtt keletkezett. Mi, élők, ennek a 4 milliárd évvel ezelőtti ósóceánnak a szerteفرöccsent cseppjei vagyunk. Az élet máig kialakult káprázatos sokszínűsége egyetlen egy dolog – a sejten belüli ósóceán sókoncentrációjának megőrzése, a sejt működésének fenntartása érdekében alakult ki. A teremtés egyetlen teremtő kéz által vezérelt folyamat, ezért egységes. Ettől képes sejteket, szervezeteket, a Földet és világmindenséget átfogó, összetett rendszerek, szinte végtelen kombinációit felépíteni és működésben tartani. E folyamat során az élet a környezet hatásaira reagál - a változásokra változással válaszol. Ezért az életjelenség csak környezetével együtt értelmezhető. Az élet folyamata, az evolúció működése a szimmetria elvén alapul, története pedig a hidroszféra meghódításáról szól.

Víz nélkül nincs élet. Az élet sejtmedvek oldatában zajlik. Az életjelenség csak vizes oldatban létezik. Egy tóban, ebben a víztérrel lehatárolt térben az élet folyamatai hasonló alapokon működnek. Először a tó megszületik, hosszabb-rövidebb ideig fenntartja magát, majd megszűnik. Emellett, környezetétől jól elhatároltan anyagcserét folytat, anyagot vesz fel és anyagot ad le a környezetébe. E megközelítés egyes módszertani elemeit a tó tudomány - a *limnológia* használja is. Így például, a tavak állapotvizsgálata esetén, egyre elterjedtebb az élettanban használatos diagnosztikai eszköz, amely az élőlények víztérben oldott hormonkoncentráció-szintjének mérésén alapszik. Ezért nagyon nagy vonalakban közelítve, egy tavat akár egy erősen felhígított szervezetnek is tekinthetünk. Hiszen energiát és különböző tápanyagokat vesz fel a környezetéből, szerves anyagot termel, és felépült rendszerét igyekszik fenntartani, reagál a környezet által őt ért hatásokra. Produktumai élő szervezetek, rovarok, kagylók, csigák, algák, planktonok, halak, melyek összességükben a rendszer energia- és anyagforgalmát irányítják.

Egy egyensúlyban levő tóban, a tavat ért hatások, a benne kialakult élővilág-együttes (ökoszisztéma), összetett kölcsönhatásain, visszacsatolási rendszerein keresztül olyan változásokat eredményez, amely a rendszer stabilitását képes helyreállítani. Sajnos a bányatavakban és a kis tavakban általában éppen a kinetikus energia hiánya következtében kialakult „lokális mozaikosság” (elszigetelt élővilág-együttesek konglomerátuma, szemben egy jól működő tó összefüggő élővilágrendszerével) jellemző, a vízteret ért hatásokra nehezen kiszámítható reakciósorozat indul el. Ma már egész sor kísérlet áll rendelkezésünkre, ahol a kis tavak rehabilitációját igyekeztek megvalósítani. Legtöbbször igen kétes kimenettel. (Lásd még K. Zintz: *Ökologie und Management kleinerer Stehgewasser*)

Egy tó ennél jóval összetettebb jelenség. Mint egy önmagát megsemmisítő, *szuicid* képlet, időben zajló folyamat, amely a tó keletkezésétől a feltöltődésig tart. Vagyis a tavaknál az idő kiemelten fontos szerepet tölt be.

### **3.7.1. Az idő**

A bennünket körülvevő élet, a térségünkre jellemző élővilág a jégkorszakot követően alakult ki, nagyobb részt délről érkező fajokkal töltve fel a dermedéséből ébredező tájat. Égővünkben a természet minden évben megemlékezik erről. Az energia, amely a hó, a jég olvadásához vezet, a vízterekben két folyamatot indít el: egyfelől lehetővé teszi a vízben oldott anyagok áramlását és ezzel az életet jelentő anyagcsere-folyamatok elindulását, ugyanakkor a víz folyékony állapotba kerülve bekapcsolódik a hidroszféra körforgásába. Ez az energia hozza létre az élet színterét, teszi lehetővé az élet felvonulását. A jeget olvasztó kikelet, ez a nagy geológiai korszakok kicsiben történő újrajátszása – a víz felszabadulása; az élet-misztérium játéka. Az olvadást követően az állóvizekben az élet átveszi a víztér anyag- és energia-áramlás motorjának szerepét. Az életnek és az életterekben kialakuló életközösségeknek sajátos ritmusuk és jellemző tulajdonságaik vannak. Így van ez a bányatavak esetében is.

### **3.7.2. Az anyag és energia áramoltatása**

A jól belakott tavakban az élővilág szervezettsége nagyon összetett, sok jellemzője alapján közel áll az egyedi szervezetek működéséhez.

Az élet működéséhez a víz mellett energiára, valamint élőket közvetítő fajokra van szükség. Az előbbit a nap, az utóbbit, eredetileg a meglévő ökológiai folyosók biztosították. Az anyagcsere-folyamat során az élő szervezet anyagokat vesz fel, illetve ad le, amivel változásokat okoz a környezetében. Minél intenzívebb az anyagcsere-folyamat, annál jelentősebbek a környezet változásai. Ezek az élet jelenségeinek tekinthető változások erősen függenek a környezeti feltételektől.

A felmelegedéssel a víztérben az élet felpézsdül, az anyagcsere-folyamatok felgyorsulnak, és egy idő után az elsődleges termelők (*producensek*) folyamatai megélénkülhetnek, a termelés túlsúlyba kerül a fogyasztókkal szemben, tápanyagfelesleg keletkezik és beindul a termelésintenzitás növekedése - az „*eutrofizáció*”. A termelőket (algákat, növényeket) kivéve az élet összes többi résztvevője – fogyasztó (*konzumens*) –, amelyek a termelők által előállított, szerves anyagot fogyasztják. Az élet körforgásának harmadik láncszemét, a szerves anyagot (az elpusztult élők maradványait) a termelők számára ismét felvehető, szerves anyagot ásványosító *szaprób* szervezetek, lebontók (*destruensek*) képezik. E folyamatok jelentősége egyáltalán nem lebecsülendő. Többek között az élők rendszere alakította ki a mai légkört, anyagcsere-folyamataival (az ember globális beavatkozásának pillanatáig) a légkör legfontosabb komponensei /oxigén

(O<sub>2</sub>), szén-dioxid (CO<sub>2</sub>), nitrogén (N<sub>2</sub>)/ és azok aránya az élők anyagcsere-folyamatainak eredményeként alakult ki, összetétele ma is az élő szervezetek által szabályozott. Jelenlétük jelentős mértékben befolyásolja Földünk éghajlatának és felszínének alakulását. A földi ökoszisztéma a növénytakaró kialakításával az eróziós folyamatok alakulását, a vizek lefolyását, párologtatással a víz minőségét, körforgását globális szinten képes szabályozni. (Csak egy példa: Ott, ahol az esőerdők megfelelően nagy kiterjedésűek, rendkívüli mértékű párologtatásukkal minden nap párával telítik a felettük levő légteret, amíg az délutánonként eső formájában vissza nem zúdul. Az esőerdő így optimális állapotot teremt maga számára). Hasonló módon befolyásolta a Tisza kiterjedt ártereivel, ártéri vegetációjával az Alföld sztyeppjellegű klímáját.

Amíg az anyag körforgása az így visszacsatolt rendszeren belül egyensúlyban van, nagyobb gond nem mutatkozik. A bajt a dinamikus egyensúly megbomlása, valamely tényező túlsúlya vagy hiánya idézi elő. Minél több komponensű, sokszínűbb egy élő rendszer, annál stabilabb, és minél sivárabb, annál sérülékenyebb. Kevesebb lehetősége van az őt ért hatások mérséklésére. Az ökológiai rendszereket vezérlő élőlények sokszínűsége, fajgazdagsága fennmaradásunk záloga. Az emberi tevékenység egysíkúsága ez ellen hat. Egy faj dominanciája, mértéktelen elszaporodása, a monokultúra, a természetben legtöbbször torz jelenség, mely súlyos rendellenességre utal. Ez a helyzet a jellegtelen, generalista fajoknak kedvez (gyomok, verebek, varjak, egerek, patkányok stb.).

### ***3.7.3. Az eutróf zóna***

A jégkorszak utáni felmelegedés energiaszintje és az emberi tényezők (talajvizek nitrát-, foszfát- és egyéb szennyezései), a térségünk síkságain található víztereket, tavainkat is beleértve, hidrobiológiai szempontból eutróf, bőven termő zónává alakították. Más szóval, a bő termés a Kárpát-medence sík- és dombvidéki tavainak természetes állapota. Az ebbe az övezetbe tartozó tavakban, a jelentős energia- és tápanyag-jelenlét következtében, anyag és energia áramoltatására jelentős ökoszisztéma szerveződik; az anyagforgalom egyes szakaszainak kiesése esetén jelentős anyagtorlódások léphetnek fel, és az egész rendszer elveszítheti stabilitását. Ilyenkor egyes fajok uralják a víztér nagyobb részét. Ez az állapot sok bányatóra jellemző. Más esetben maga a biomassza jelenthet komoly problémát (algavirágzás, hínárborítottság stb.).

Mínt hogy a potenciális energiaszint adott, a rehabilitáció során eleve reménytelen volna egy hegyvidéki (északi) oligotróf víztér kialakításának kísérlete (rehabilitáció esetén általában ezt a vízminőséget szokás megcélozni), mert az amúgy könnyen kiszámítható, ráfordítandó energia minden pillanatban meg kellene, hogy haladja az eutróf és az oligotróf energiaszint közötti energia-különbséget (/eutróf környezet + élővilág energiája/ – /oligotróf környezet + élővilág energiája/). A kettő közötti energiakülönbséget kellene kivenni a rendszerből (csökkenteni a víz-

hőmérséklet átlagát, a tápanyagforrást és a biomasszát). Egy ilyen feltételek mellett működtetett rendszer fenntartási költségei folyamatosan növekednének. Nem nehéz megjósolni, hogy ilyen helyzetben a licitet a természet előbb vagy utóbb megnyerné, rendszerünk összeomlana, és az egész kezdődhetne előlről. Ezért rehabilitáció esetén csak olyan ésszerű célokat szabad megfogalmaznunk, amelyeket az ökoszisztémák fenn is tudnak tartani. Rehabilitáció esetén, célkitűzésnek a tóban működő ökoszisztéma, az „élő motor” állapotát (diagnózis) és szabályozhatóvá tételének feltételeit kell meghatározni.

### **3.8. Új utakon - a szakterület gondjai**

*„Az élet kutatása folyamán egyre mélyebb rétegekbe jutunk, míg végül eljutunk az elektronokig, és meg kell állapítanunk, hogy az elektronok élettelenek.”*

*Szentgyörgyi Albert*

A honi limnológia széles kutatási és szakmai köreivel szemben, a tavak rehabilitációjával csupán egy szűk kör foglalkozik. Ezzel szemben más szakterületek - a vízügyi, és a bányamérnököktől kezdve a haltenyészők, agronómusok, kert- és tájtervezők, a biológusok, hidrobiológusok és ökológusok - szinte minden, víztereket érintő szakma foglalkozik a tavak rehabilitációjával. A szakágak mindegyike a maga sajátos módszereivel közelíti meg egy-egy tó problematikáját, és a maga szemszögéből, sajátos eszközeivel nyomja rá bélyegét az általa készített tanulmányra, rehabilitációs javaslatra. Nem csoda, hogy így kevés életképes, jól használható anyag készül.

Ebben a nehezen áttekinthető helyzetben sokszor nem könnyű eligazodni. Az egyik ilyen tipikus jelenség, ha az adott feladatot, a víztér rehabilitációját, valamelyik „technikai” szaktárgy felől közelítik meg. Az ilyen jellegű tanulmányok legjellegzetesebb ismérve az „ÖKO-” előtag sűrű használata. Az embernek mármár az az érzete támad, hogy e szócskának valamiféle varázsszó jelleget tulajdonítanak. Mintha önmagában feltérképezné mindazt az összetett, nehezen kikövetkeztethető összefüggést, pontosabban; összefüggésrendszert, melynek vizsgálata magának a problémának a megoldásához vezethetne. Ugyanakkor a probléma ökológiai összetevőit meg sem kísérlik feltárni, ilyen irányú vizsgálatokat, értékeléseket nem végeznek. Ehelyett a limnológia labirintusába tévedve, a törvényben meghatározott, a MSZ által előírt vízminősítési lista, „protokoll” szerinti, kvantitatív részek kipipálásával, a vízminőséget érintő vizsgálatokat letudottnak tekintik. A feladat minőségi részénél pedig az „öko”-varázsszó sűrű használatával vágnak át a problémahalmaz bizonytalan ingoványain. Holott a feladat igazán ezzel kellene, hogy kezdődjön. (A félreértés elkerülése végett meg kell jegyezni, hogy nem szándékom az egyes szakterületek értékeinek becsmérlése, ezen a szinten még a vizsgálandó „tárgy” rendszereinek szabályozásában – energia- és anyagáramlás, vagy ökoszisztémák szintjén sem

szeretnék állást foglalni. A problémák kiemelésével mindössze az a célom, hogy rámutassak jellegük összetettségére, és a megoldásuk irányába mutató lehetőségekre).

Nem csak az említett szakágakkal van baj, sokszor a klasszikus tótan, a *limnológia*, a maga módszereivel sem nyújt megfelelő megoldásokat arra a specifikus területre, amely a *limnikus entitások* (állóvizek – tavak, holtágak, holt medrek, kopolyák, morotvák, fertők, telmák, lápok stb.) rehabilitációjával foglalkozik. Egy limnológiai vizsgálat eleve a különböző szakágak és specialisták kutatóinak egész sorát tételezi fel (*geológus, hidrológus, hidrobiológus, algológus, malakológus, herpetológus, ichtiológus, botanikus* stb.), de még ezek a szakágak, ágazatok, szakterületek is tovább szakosodnak! Nem csoda, hogy a közös ügy, a tó ökoszisztémájának egésze, a „*páciens egészségi állapota*” elhanyagolódik. Arról már nem is beszélve, hogy a rehabilitációhoz nemcsak a víztér, hanem annak környezete is hozzátartozik, mi több, a víztérrel szemben is elvárásokat támasztanak (partvonal vezetése, lejtése, hal- és növénytelepítés stb.), így a célokhoz igazodó vizsgálatoknak is a vizsgálandó rendszerhez kellene tartozniuk.

Már ebből is látszik, hogy e diszciplína számos tudományos terület kutatásának mezsgyéjén található. Mégis, a tavi ökoszisztéma sajátosságai következtében, az e tárgykörön belül jelentkező problémák feltárásában a legjobb eredményeket - a legösszetettebb rendszereket és kölcsönhatásait vizsgáló és szintetizáló limnológia, ezen belül is ökológiai alapokon nyugvó szakágai adják. Ami e tudományos diszciplína eredeti (ökológiai) tárgykörének meghatározásából is következik. Kissé tömörítve az ökológia fogalmának meghatározását, miszerint - az élő és a nem élő rendszerek közötti anyag- és energia-folyamatok, élő (információs) rendszerek által történő szabályozásának és kölcsönhatásainak törvényszerűségeit vizsgálja. Vagyis, esetünkben az a szakterület, amely az élő és a nem élő rendszerek anyag- és energiaáramlás szabályozását, kölcsönhatásait és törvényszerűségeit kutatja állóvizekben - a szabályzó rendszer (élők) oldaláról szemlélve a folyamatot!

Állóvizekben ezek a folyamatok egy viszonylag zárt rendszerben zajlanak. Hogy az így szabályozott rendszernek mekkora a hordereje, erre talán a legmeggyőzőbb példa, hogy földünk tájait is alapvetően az ökoszisztémák alakítják. A már említett globális szerepkörük mellett fontos feladatuk, hogy katasztrófákat, katalizmákat követően ismét stabilizálják a földön zajló folyamatokat. Puffer szerepük meghatározó a földi élet fenntartásában. Sérülésük, lerombolásuk globális és lokális szinten egyaránt nehezen helyrehozható károkkal jár.

Bányatavak esetében is elsősorban az élő rendszerek által irányított energia- és anyagáramlás vezérléséről, egyféle dinamikus alakuló stabilitásának fenntartásáról van szó, ahol a fizikai és kémiai elemek variációival bizonyos eredményeket el lehet érni, de mint számos eset is bizonyítja, a problémák ezen a szinten nem oldhatók meg. (Mivel a bevezetőben még nincs értelme kitérni a problémák boncolására, itt csak alapkérdésként említem meg az általában magas nitrogén-terhelést (N-származékok), a kéalgák túlszaporodását, a nem megfelelő

haltelepítési arányt és összetételt. Itt mindössze a problémakör ökológiai túlsúlyára szeretném felhívni a figyelmet). Mindezek mellett, még e terület szűkebb horizontját képező ökológiai, hidrobiológiai és limnológiai módszerek, mint a vizsgált tárgy megismerését segítő eszközök sem elégségesek. Ez elsősorban abból adódik, hogy itt nem csupán egy tárgy megismerésével van dolgunk, hanem a meglévő ismeretek és tapasztalatok alapján, jellemző típusokat kellene meghatározni, és jellegzetes kórképeket kellene leírni, ezekhez megfelelő terápiát hozzárendelni.

Mindezt olyan körülmények között szükséges megtenni, amikor a szakmán belül nem hogy a tünettípusok (kórképek) és kezelésük nincs rendszerezve, és az egyes tótípusokhoz hozzárendelve, de még a tavak típus szerinti meghatározása sincs megnyugtató módon rendezve (kavicsbányató, holt meder, morotva, kis, sekély, illetve mély, rétegzett típusú tó stb.). Holott csak „szabályosan működő - etalon”-t jellemző tótípus működési rendszereitől eltérő jelenségek (kórkép) alapján lehet következtetni a rendellenességek jellegére. A hazai szakma, egyelőre sem ilyen etalonokat feldolgozó gyűjteményes katalógussal, sem kórképgyűjteménnyel nem rendelkezik. Az ezt követő problémafelvetés (vizsgálat), problémafeltárás (diagnózis), és a probléma kezelésének (terápia, rehabilitáció) hármasan már általában megtörik a klasszikus limnológia és ökológia, egy adott tárgy mérési vizsgálatokra alapozott módszertana. Tavak kór- és gyógytana, mint diszciplína, honunkban még nem létezik.

Nemzetközi vizeken a tavak rehabilitációja, a limnológia e sajátos területén, a módszer terapeutikus mivoltából adódóan, a szakma már évtizedek óta (a hetvenes évektől), az analógia vonzódásától vezérelve, egy sor fogást a medicina területéről emelt át. A külföldi, szakmai berkekben már régóta tapasztalható a tavak rehabilitációja esetén is az orvostudományban általánosan használt hippokratészi hármas: a „kórkép”(vizsgálat), „diagnózis” és „terápia” - kifejezések használata és módszereinek alkalmazása (Zintz, 1986). Hogy a honi „vizsgálat” a limnológián belül, mikor lép túl az eddig szinte egyeduralgkódó „eutrofizáció” kifejezésen, és jut el a kórtan módszereihez, az már csak idő kérdése.

Azokban az országokban, ahol a tavak rehabilitációja már régóta összehangolva, rendezett körülmények között folyik, mint például Németországban, Svédországban, a tavak rehabilitációjával foglalkozó limnológusokat, hidrobiológusokat egyre többször a „lódoktor”-ra rímelő „Seedoctor” (Zintz 1986), azaz „tódoktor”-nak nevezik. Mindez abból a párhuzamból adódik, hogy egy tó, mint ökoszisztéma, a maga jól lehatároltságával (víztér) és a benne zajló folyamatok összefüggésével, igen közel áll egy élő szervezethez, egyesek szerint annak is kell tekinteni (Thienemann, Hutchinson). Tehát egy olyan, élő egyedek társulásainak összetett rendszere, amely egy adott víztérben, mint közvetítő közegben egységes, élő szervezetként viselkedik. Vagyis az őt ért hatásokra bizonyos korlátozások mellett, egységes élő módján válaszol. Amint ezt már feljebb említettük, az egyes szervezetek által, a víztérbe bocsátott



hormonkoncentráció mérései szolgálhatják ehhez a legfrappánsabb bizonyítékot. Talán még ennél is fontosabb, hogy az élő szervezetekhez hasonlóan - működésük is megfelelő beavatkozások által szabályozható. Még hozzá annál inkább, minél jobban elkülöníthetők az egyes funkcionális egységek. Az elmondottak alapján talán már jobban érthető, miért hangsúlyozzuk, hogy egy ilyen terület vizsgálatában az ökoszisztémák és azokon belül a kölcsönhatásokat vizsgáló összetett ökológiai módszerek érik el a legjobb eredményeket.

A tétel, mely szerint a rehabilitációs eljárásban a gyógyító tudományok módszertanát kell követni, azért fontos, mert ebben az esetben, az alapvizsgálatokat követően, a további vizsgálatokat már eleve a diagnózis felállítása és a terápia levezetése irányába lehet felépíteni. Elkerülve ezzel az amúgy hihetetlenül összetett társulások és egyéb kölcsönhatások interakcióiból adódó, szinte végtelen vizsgálati lehetőségek csapdáját, amelybe minden szakág könnyen belebonyolódik. Csak reménykedhetünk, hogy hosszabb távon honunkban is kialakul az az átfogó rendszer, és olyan szakosodott csoportok, amelyek már a tótipusokhoz rendelt és rendszerezett tünetek alapján tudják majd előírni egy-egy víztér esetében a jellemző kórképet, és hozzárendelik az elvárásokat leginkább kielégítő terápiát. Addig is, még sok úttörő munkát kell elvégeznünk. Mindenesetre szeretnénk, ha ez a tanulmány is az eredményt hozó, fent említett munkákhoz tartozna.

Ezen, a szakma és a téma gondjait felvázoló bevezetés egyetlen célja, a kavicsbányatavak és rehabilitációjukkal kapcsolatos teendők, és vizsgálati módszereink érthetőbbé tétele volt. De nézzük most már esetünket közvetlen közletről, mindjárt a probléma közepébe vágva:

### **3.9. Egy konkrét példa: A váci Ligeti-tó vizsgálata és rehabilitációs javaslata**

#### ***3.9.1. Az előzmények és a környezet vizsgálata***

A Ligeti-tó vizének értékelésére számos adatsor áll rendelkezésünkre. A mérések zöme a vizek komponenseinek mennyiségi mutatóira vonatkozik. Értékelésük is legfeljebb a víz MSZ szerinti minősítését tartalmazza, a víztér ökológiai kölcsönhatásaira már nem tér ki. Ennek ellenére részletességük következtében bizonyos információt nyújtanak a víztér állapotáról a mérés időpontjában. A nagyobbik gond, hogy a mintavételek a vegetációs perióduson kívüli időszakra esnek, amikor az élővilág aktivitása már lecsendesedett. Ennél fogva az élő rendszerek erőteljes kölcsönhatásaira már nem lehet következtetni. Mindezek ellenére, mint mérési eredmények, fontos adalékot jelentenek, amelyek alapján már fel lehet állítani a diagnózist szolgáló, célirányos vizsgálatok egyes részeit (Mondjuk a N-anyagcsere folyamataira vonatkozó vizsgálatokat a forrástól a Ligeti-tóig, vagy a kékalgá anyagcsere-folyamatainak kihatását a tó vízterére.).

A N-komponensek esetében elsősorban a nitrogén-származékok (mindenek előtt a nitrát /NO<sub>3</sub>/)\* szokatlanul magas szintjére gondoltunk, amely már a forrásvizekben az erősen szennyezett szint többszöröse, és a továbbiakban a vízrendszeren keresztül a mocsarat kivéve, az egész tóban magas koncentrációban jellemző. Koncentrációs szintjének végigkövetése nem is annyira a környezetvédelmi szempontból jelentkező, nagyon magas szennyezési szintjük, hanem a tavi ökoszisztémákban, a cönózisokban, a tápláléklánc mentén jelentkező, igen durva átszerveződések miatt fontos. Például a tóban immár több éve tartó, akut kékalgavirágzás problémájának egyik valószínűsíthető okozója lehet.

3.9.1-1. táblázat: Talajvizsgálati eredmények (Mintavétel: 1993. november)

	Minta jele					
	21	22	23	24	25	27
Al mg/l sz.a.	39,4	33,8	35,6	41,2	24,6	23,6
F mg/g	8,0	8,0	3,6	1,2	4,0	3,2
Fe mg/g	13,3	12,4	15,8	15,6	7,9	7,4
Cd µg/g	0,4	0,2	0,6	0,7	0,8	0,8
Co µg/g	8,8	7,2	9,7	9,1	6,3	6,7
Cr µg/g	10,5	8,5	9,6	10,3	5,9	5,2
Cu µg/g	27,7	24,6	22,3	19,1	17,3	12,5
Hg µg/g	0,3	1	0,2	1,1	0,4	0,2
Ni µg/g	18,5	14,2	23,1	21,7	11,2	8,8
Pb µg/g	22,9	45,4	11,1	16,5	21,5	18,1
Zn µg/g	101,7	104,0	51,2	65,1	43,5	38,4
Össz.olaj mg/kg	244	196	92	26	156	150
PH	7,5	7,5	7,7	7,7	7,7	7,4
Nedvesség g%	16,3	13,5	16,0	19,8	14,7	12,6
Toxicitás	Nt	nt	Nt	nt	nt	nt
Össz.csíra 20 C i/g	4 779 000	2 890 000	1 785 000	2 119 000	2 930 000	3 545 000
Össz.csíra 37 C i/g	1 195 000	925 000	440 000	561 000	1 289 000	2 630 000
Coliform i/g	20,3	1,6	9,4	4,1	9,3	1,9
Fekál Coliform i/g	1,55	1,4	0,24	4,1	0	0
Fekál Streptoc.i/g	0,54	0	0	1,16	0,91	0,23
Clostridium i/g	4 780	5 200	8 330	9 720	4 920	2 520

A talajvizsgálatok (3.9.1-1. táblázat) igen fontos eredménye, hogy általuk betekintést nyerünk a források és a vízrendszer környezetének szennyezettségi állapotába, amelynek jelentős hatása van a környező vizek vízminőségére. Ezek közül nagyobb jelentőséget a nehézfémeknek, olajszármazékoknak, fenoloknak tulajdonítunk. Különös figyelmet a nehézfémek érdemelnek, hiszen köztudott, hogy bekerülve a táplálékkörforgásba, a csúcsfogyasztóknál a vízben található koncentráció százszorosát is elérhetik. Az összehasonlítási nehézséget, mely a talajvizsgálat és a vizek vizsgálata között fennáll, úgy próbáltuk áthidalni, hogy a talajminták szokásos /g mértéket /kg-ra számoltuk át (3.9.1-2. táblázat). Így már a talajminták eredményei a vízminták értékeivel - térfogatarányuknál fogva -

összehasonlíthatókká váltak. Magától értetődik, hogy a két hordozó között csak korrelációt állíthatunk fel, hiszen a két közeg eltérése következtében egyéb összehasonlításra nincs módunk.

Mindenesetre megállapítható, hogy a higany és az olajszármazékok, valamint a fluor helyenként magas koncentrációja kihathat a tó vízminőségére is. Nem elhanyagolható a talaj bakteriális szennyezettsége, amely a forrásokban is megjelenik. Minthogy ezek a szennyező források diffúz jellegűek, hatásukkal még sokáig számolni kell. Ezért a rehabilitáció esetén a következőt javasoljuk:

Fontos lenne minden évben elvégezni a párhuzamos vizsgálatokat - nehézfémekre, olajszármazékokra és a bakteriális szennyezésekre - a forrástól, a mocsáron keresztül a Ligeti-tóig.

**3.9.1-2. táblázat A Ligeti-tó vízkémiai elemzése és a talajminták egyes komponensei mg/kg-ban kifejezve**

Komponensek	Mintavétel 1993.10.01	Mintavétel 1994.02.01	talajminták nehézfém mg/kg
Fajlagos vez.képesség $\mu\text{S/cm}$	1110	1120	
Össz.oldott anyag mg/l	1025	940	
Ph	8,11	8,03	
Oldott oxigén mg/l	9,0	13,6	
KOI <sub>k</sub> mg/l	13,5	10	
KOI <sub>ps</sub> mg/l	3,5	1,65	
BOI <sub>5</sub> mg/l	0,0	0,8	
Össz.keménység CaO mg/l	261	292	
Lúgosság mmol/l	4,4	4,7	
Magnéziumion mg/l	54,4	58,1	
Kalciumion mg/l	97,0	113,0	
Ammoniumion mg/l	0,1	0,02	
Nitrition mg/l	0,11	0,15	
Nitrátion mg/l	22,5	66	
Ortofoszfátion mg/l	0,00	0,02	
Kloridion mg/l	142,5	113,8	
Szulfátion mg/l	400	230	
Ásványolaj (UV) mg/l	0,79	<0,02	
Fenolok mg/l	<0,004	<0,004	
ANA detergens mg/l	0,053	0,07	
Nátriumion mg/l	24,5	28,3	
Káliumion mg/l	13,6	12,4	
Nátrium %	9,9	10,2	
Mangán mg/l	0,04	0,04	
Vas (összes) mg/l	<0,009	<0,23	12 g/kg
Arzén mg/l	0,05	0,05	-
Cink mg/l	<0,072	<0,9	67,3 g/kg
Ezüst mg/l	<0,005	<0,005	-
Higany mg/l	<0,0005	<0,0005	0,53 g/kg
Kadmium mg/l	<0,003	<0,003	0,58 g/kg

*A kavicsbányatavak ökológiai sajátosságai*

Króm (összes) mg/l	<0,02	<0,02	8,3 g/kg
Nikkel mg/l	<0,02	0,02	16,25g/kg
Ólom mg/l	<0,01	<0,049	22,6 g/kg
Réz mg/l	<0,2	<0,2	20,6 g/kg
Bór mg/l	<0,5	<0,5	-
Komponensek	Mintavétel 1993.10.01	Mintavétel 1994.02.01	talajminták nehézfém mg/kg
Kobalt mg/l	<0,01	<0,01	8 g/kg
Szelén mg/l	<0,001	<0,001	
Össz.nitrogén mg/l	5,3	14,9	
Össz.foszfor mg/l	0,468	<0,10	
Össz.lebegőanyag mg/l	0,4	24	
Cianid mg/l	<0,001	<0,001	
Fluorid mg/l	<0,2	<0,2	
Klorofil-a µg/l	0	<5	
Szulfidion mg/l	0	<0,02	
Szabad klór mg/l	0	<0,1	
Tox.algateszt	0	0	
Tox.halteszt	0	0	
Tox.Daphniateszt	0	0	
Algaszám egyed/ml	2300	4900	
Pantle-Buck index	2,32	2,25	

### *Összegzés*

A két mérés eredményeit összehasonlítva a vízben jelentkező szennyezések szempontjából, megállapíthatjuk, hogy egyes nehézfémek koncentrációja miatt a Ligeti-tó vize a III. osztályba sorolt, éppen még tűrhető szintet éri el (higany, arzén); viszont az erősen rákkeltő hatású kadmium (Cd) koncentrációja miatt már a szennyezett szintet jelző IV. osztályba sorolandó. Kérdés, hogy az anyagcsere-folyamatok során a tápanyaglánc egyes szintjein, milyen koncentrációkat érnek el. Ezeket az értékeket fontos lenne meghatározni. Érdekes megfigyelni a biológiai mutatók (3.9.1-3. táblázat) ellentmondásos jellegét. Amíg a termelési szintet jelző a-klorofil és algaszám I osztályú, oligotróf szintet jelez, addig az összesített Pantel-Buck index már csak a III osztályú, tűrhető, alfa, beta mezoszaprób\* szintet mutatja.

Látni fogjuk később, hogy végül is miképpen alakult ki a tóban a feltételeknek az a sajátos sorozata, amely a kéalgák számára szinte ideális feltételeket biztosított, amelynek feltárása a megoldás felé vezető lehetőségeket is magában hordozza.

3.9.1-3. táblázat A Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség 1996. Szeptember 05-i mérése

Komponens	Tó		Mocsár		Források	
	1	2	1	2	1	2
Oldott O <sub>2</sub> mg/l	13,5	14,0	7,7	1,2	0	0
BOI5 mg/l	5,4	5,6	5,3	16,5	0	0
KOI <sub>Cr</sub> mg/l	35	33	46	83	33	35
Ammónium mg/l	0,31	0,38	0,30	4,75	0,22	0,18
Nitrit mg/l	0,212	0,216	0,16	0,0	0,01	0,01
Nitrát mg/l	80	69	61	2	226	268
Ortofoszfát mg/l	0,26	0,06	0,04	1,9	0,14	0,08
a-klorofill mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Össz.algaszám i/l	2,2x10 <sup>4</sup>	1,5x10 <sup>4</sup>	0,5x10 <sup>3</sup>	0,2x10 <sup>3</sup>	0	0
PH	8,0	8,0	7,8	7,8	7,6	7,6
Elektromos vez.kép.µs	1170	1160	1210	1440	1540	1760

### 3.9.2. Az eredmények értékelése

Az ortofoszfát (PO<sub>4</sub>-P) esetében a forrásoknál még tűrhető III. o.-tól, a mocsárnál (I.-V. o. kiváló és erősen szennyezett szint) rendkívül nagy ingadozásokat mutat, ami a víz lassú mozgását és az anyagcsere-folyamatok nagy intenzitását tekintve, természetes állapotot jelent. A Ligeti-tó értékei a még jó és a tűrhető szint között mozognak.

A nitrogén-származékok sajátos vegyi tulajdonságaik és a fehérje felépítésében betöltött szerepük következtében, a vizes rendszerekben a szerves terhelést és annak alakulását legjobban jelző vegyületeknek számítanak. Különösen azért, mert más vegyületet alkotnak oxigén jelenlétében (nitráttá alakulnak), oxigén hiányában redukálódnak, vagy csak részben oxidálódnak, és egy átmeneti szinten (NO<sub>2</sub>-N)\* nitritet, vagy anaerob körülmények között teljesen redukálódott ammóniumot (NH<sub>4</sub>-H) képeznek. Szépen nyomon követhető ez a folyamat a nitrit esetében: a forrásoknál a biológiai aktivitás hiányában a többi nitrogén-származékokhoz képest alacsony koncentrációt mutat (kiváló I. osztályú); a mocsárnak a már említett nagy aktivitása következtében (I-V o.) kiváló és erősen szennyezett szint között mozog; a Ligeti-tóban a magas nitrogén-koncentráció következtében a víztérben zajló szaprób folyamatok stabilan a IV. o., szennyezett szintet tartják.

Az ammónium esetében (NH<sub>4</sub>-N) a víz a forrásnál még I.-II. o. kiváló és jó minősítés között van, a mocsárban ismét szinte a teljes skála szélességén mozog, a tóban már a II. o., azaz jó minősítési osztály szintet stabilan tartja. Ez a víztér nagy aktivitását jelzi, hiszen csak mint közbelső termék van jelen, a sejtfaon keresztül ugyanis könnyen diffundál, és gyorsan lebomlik stabil komponenseire.

Nitrit (NO<sub>2</sub>-N). Közbülső származék, oxigénelégtelenség esetén jelentkezik, amikor a denitrifikáció során oxigénhiány lép fel.

A nitrát (NO<sub>3</sub>-N) esetében a helyzet annyiban különbözik, hogy a forrásnál jelentkező, erőteljes szennyezés (V. osztályú, azaz erősen szennyezett) a mocsárnál egy tizede alá csökken, és a tóban ismét meghaladja az erősen szennyezett szintet. Az egész folyamatból ki kell emelni a mocsár rendkívül erős szűrő hatását. Másfelől elgondolkodtató a tó stabilitása ezen terhelésekkel szemben, ami a tavi ökoszisztéma denitrifikáló szegmensének, az adott terhelési szintre való jó beállítását mutatja. Ez többek között azt jelenti, hogy az ökoszisztéma átállítása hosszadalmas folyamatot fog igényelni. A már jól beállt rendszer „szétverése” és egy új táplálékközösség kialakítása közben, az előző rendszer elemei „emlékeznek” a régi struktúrára és azt igyekeznek felépíteni. E folyamatot a víztér, az iszap és az eddig beépült tápanyag is támogatja.

### **3.10. Rehabilitáció**

#### **3.10.1. A Ligeti-tó ökológiai rendszerének működési alapjai**

E fejezet célja, hogy rámutasson azokra a folyamatokra, amelyek a Ligeti-tóban és vízrendszerében zajló anyagcsere alapján, egy konkrét eseten keresztül világítják meg a rehabilitációs lehetőségeket. Elsősorban azokat az összefüggéseket keressük, amelyek lehetővé teszik az ökológiai rendszerekben jelentkező problémák és összefüggéseik feltárását és ezáltal a diagnózis felállítását. Ennek célja, hogy az ökológiai rendszerek feltételeinek változtatásával, az általunk igényelt funkciók erősítésével, illetve a számunkra nem megfelelő működések gátlásával - életterek és egyes életfeltételek megszüntetésével, bővítésével és kiiktatásával -, illetve rehabilitációjával az ökoszisztéma működését olyan új irányba tereljük, amely hosszabb távon az általunk kívánt szinten stabilizálódik.

#### **3.10.2. A bányatavak vízminőségét befolyásoló tényezők**

##### **3.10.2.1. A tórendszer vízmérlege**

E fejezetben azokról a fizikai tényezőkről beszélünk, amelyek meghatározó hatással vannak a vízrendszer működésére. Legyen szó a bő vízutánpótlásról vagy éppen igen lassúról, tiszta vagy szennyezett vízutánpótlásról, a vízhozam alapvető hatással van az adott tórendszer vízminőségének alakulására. Általában véve, a bő vízutánpótlás, a víz kicserélődésének sebessége egyszerűbbé teszi a vízminőség szintjének megőrzését. Sajnos, egyre több példa van az ellenkezőjére is, amikor a vízrendszert olyan vizek táplálják, amelyek már eleve szennyezettek. Az ilyen esetekben jelentkező kérdések – beengedni a vizet vagy ne, nehezen dönthetők el. Legtöbbször nincs is reális alternatíva. Hiszen más vízutánpótlásra sem pénz, sem lehetőség nincs. Ilyenkor a rendszert vagy magára hagyják, vagy igyekeznek olyan rendszert kidolgozni, amely képes a szennyezések folyamatos kiszűrésére. Mielőtt

a kavicsrétegből származó vízpótlások által okozott szennyezések következményeire kitérnénk, tekintsük át a vízrendszer vízforgalmát.

Egy bányató alapvetően két forrásból táplálkozik: az egyik a vízgyűjtő területéről beszivárgó és a rendszer felületére hulló csapadék, a másik pedig a kavicsrétegből érkező víz. Az egyszerűség kedvéért induljunk ki egy létező bányatóból.

### **3.10.2.2. Vízhozam**

A Ligeti-tóba jutó vizek a vízgyűjtőre jutó csapadék ( $Q_{cs}$ ) és a forrásvizek hozamából ( $Q_f$ ), (vagy a kavicsréteg hozama  $Q/m^2$  kavicsfelület) tevődnek össze. Vác térségére a csapadék évi átlagának 600 mm-t vettünk számítási alapnak. Mennyiségét a Ligeti-tó „közvetlen” vízgyűjtőterületére számítva adtuk meg (A tó, a mocsár és környezete- 56 400  $m^2$ ).

Qcs – csapadékból adódó évi vízhozam -	33840 $m^3/év$
Qf - a forrásokból adódó évi vízhozam (100l/p)	52560 $m^3/év$

<i>Qcs+Qf - Vízhozam összesen</i>	<i>86400 <math>m^3/év</math></i>
-----------------------------------	----------------------------------

A vízhozamból kitűnik, hogy a tórendszerbe érkező vízmennyiség a tározó tér több mint kétszerese (2,26X). vízminőség szempontjából a nagymértékben szennyezett forrásvizek vízhozamai fontosak, hiszen ezek igen jelentős mértékben terhelik a tórendszert.

### **3.10.2.3. Vízleadás**

A vízvesztés is több tényezőtől tevődik össze. A legfontosabbak – a párolgás (P) által történő vízleadás és a párologtatás - (szabad vízfelszínről – 800 mm/év és a növényekkel borított vízfelszínről – 1200 mm/év). A másik jelentős tényező az elfolyás, amely a felszíni vizek elfolyásából ( $Q_e$ ) és a felszín alatti ( $Q_a$ ) elfolyásokból tevődik össze. A párologástól eltekintve, melynek értéke többé-kevésbé jól becsülhető, a rendszerből elfolyó víz alapvetően a vízhozam függvényében változik. Ezért a vízmérleg készítésekor értékeire a vízhozam alapján következtetünk (a párologással és az összes víztérfogattal csökkentett hozamérték). A talajon keresztüli vízvesztés nagyobb része a tó körüli növényzet gyökéraktivitásából adódik, és az elfolyás értékének mintegy 10 %-ára becsülhető. A vízleadást a vízhozam, vízrendszer össztérfogatával csökkentett értéke képezi (48.278  $m^3/év$ ). A rendszerből való távozási (output) módzatoknak a víz terhelése és anyagcsere-folyamatainak kiszámítása esetén van nagy jelentősége. Hiszen csak így lehet meghatározni a rendszerben maradt anyagmennyiségeket.

A Ligeti-tó vízrendszeréből a víz a következő módon hagyhatja el a rendszert:

Pv Szabad vízfelszín (800mm/év)	2.544 $m^3/év$
Pn Növényvel borított vízfelület	11.904 $m^3/év$
<i>QP párologás összesen</i>	<i>14.448 <math>m^3/év</math></i>
Elfolyás                      összesen	33.830 $m^3/év$
A rendszerből távozó víz összesen	48.278 $m^3/év$

A vízmérleg mellett igen fontos az egyes anyagok tartózkodási ideje (a víz kicserélődési ideje) - ( t ).

$$t = \frac{V \text{ (m}^3\text{)}}{Q_{f+cs} \text{ (m}^3\text{/d)}} = \frac{38122}{236,7} = 142,9 \text{ nap.}$$

### 3.10.3. Az anyagcsere-folyamatokat befolyásoló rendszerek

#### 3.10.3.1. A tavak energiarendszere

A termikus energia és az energiát közvetítő rendszerek (közegek) jelentős mértékben befolyásolják a vizek minőségét. Ez elsősorban az anyagcsere-folyamatok intenzitására gyakorolt hatásukban nyilvánul meg. Klimatikus viszonyaink között, a vízi ökoszisztémákban a hőmérséklet kiemelt szerepet játszik. Nem csupán azért, mert meghatározza az élővilág nagyobb részének életritmusát, hanem azért is, mert - mint a bevezetőben már elmondtuk -, a víz körforgását és minőségét is döntő módon befolyásolja.

Besugárzás: A sarki övet követő tundrában végzett mérések állapították meg, hogy a besugárzási energia képes az olvadáskor keletkező pocsolyákat 20-22°C-ra felmelegíteni, még hozzá olyan körülmények között, amikor környezetük nagyobb része és az aljzata meg van fagyva. (Thienemann, 1956). Vagyis a besugárzás energiája ezen az örökös fagy állapotában levő vidéken elégséges az élet fenntartására. A nap sugárzása olyan mértékű, hogy a kutatók a Kárpát-medence síkvidékeinek állóvízeit a fény, a hőmérséklet és a rendelkezésre álló tápanyag alapján a bőven termő, eutróf zónába sorolják. Ennek legkézenfekvőbb bizonyítéka a forrásvizek 14°C-os átlaghőmérséklete, amely vízgyűjtő területének több éves átlagát mutatja, és a hőszállítás mellett jelentős mennyiségű tápanyagot (elsősorban N-származékokat) is juttat a tó vízterébe. Ha egy tó rétegvíz-utánpótlása jelentős, akkor annak alacsonyabb hőmérséklete kihatással van a tó vízminőségére, hiszen alacsonyabb hőmérsékleten alacsonyabb a termelés, kisebb a szervesanyag-terhelés, általa pedig jobb a vízminőség is.

Hogy egy ilyen hőmérséklet-csökkentés, anyagi és energetikai szempontból mennyit jelent, nézzük meg egy egyszerű számítással. 1 m<sup>3</sup>\* víz 1°C-kal való felmelegítéséhez vagy lehűtéséhez átlagosan 1000 kcal szükséges - ez egy kg gázolaj hőértéke. Ehhez még hozzá kell adni a nap besugárzását kompenzáló energiát is. Ha a kapott értéket kWórába átszámoljuk, 1 m<sup>3</sup> víz 1°C-kal alacsonyabb szinten tartása közel 700 Ft/nap. Tehát, ha egy környezetünkben levő tavat hőmérséklet szempontjából szeretnénk a számunkra kívánatos oligotróf szintre csökkenteni, ennek az energiaértéknek a többszörösét kellene befektetnünk. Ez az összehasonítás csak az energiaszintek léptékét szeretne volna érzékeltetni. A példa arra minden esetre jó, hogy rámutasson, mennyire értelmetlen dolog szembefordulni a természetes folyamatokkal. Nemcsak azért, mert rendkívül költséges, hanem elsősorban azért, mert hosszabb távon nem lehet fenntartani.



A természetben a hőhatás következményei másként jelentkeznek. A vizek felmelegedése (bizonyos korlátokon belül) felgyorsítja, és fordítva, lehülése pedig lelassítja a víztérben zajló anyagcsere-folyamatokat. A termikus energia a környezet hőátadásával, a napsugárzás elnyelésével, valamint a befolyó vizek (források) által jut a víztérbe. Minthogy célunk a tó termelésének csökkentése, ezért azokat a folyamatokat, amelyek a termelést serkentik, igyekeznünk kell visszafogni. Ehhez a stratégiához kézenfekvőnek mutatkozik a források többé-kevésbé stabilan tartott, 14 C° átlaghőmérséklete. Hiszen a vegetációs periódus nagyobb része alatt, ez jóval alacsonyabb hőmérsékletet jelent, mint a környezeté. Sajnos, magas szennyezettsége legalább akkora gondot okoz, mint amennyi pozitívummal kedvező hőtulajdonsága szolgál.

Szerencsés egybeesés következtében a tápanyag megszűrésére a közbeiktatott mocsári „ökoszisztéma” szolgál. Ennek a különben, globális léptékben is rendkívül intenzív anyagcsere-folyamatokkal jellemezhető rendszernek hatására a nitrát szinte teljes mértékben elhasználódik. Gondot okoz viszont, hogy az így megtisztított víz felmelegszik és szervesanyag-tartalma is jelentős lesz. Tehát úgy a hőenergiájával, mint vizének szervesanyag-tartalmával újabb terhelést jelent a tó vízminőségére.

#### ***Javaslatok:***

A tó vízminőségének megőrzése érdekében meg kell őrizni az alacsony hőmérsékletet, és úgy kell a rendszerből a tápanyagot kivonni, hogy közben minél kevesebb szervesanyag kerüljön a víztérbe. Vagyis a rehabilitáció első lépésében, a megfelelő mennyiségű és minőségű víz biztosítása érdekében, egy olyan rendszerre van szükségünk, amely a tóba érkező vizet alacsony hőmérsékleten tartva, a vízből elvonja a tápanyagokat. Ez az első hallásra képtelennek tűnő feltételeknek eleget tevő rendszer természetes körülmények között létezik. Mi több, vizekkel borított honi térségeinkre valamikor igen jellemző volt. Ezek az úszólápok.

Az úszólápok leárnýekolják a vízteret, meggátolják a fény bejutását, kiterjedt gyökérrendszerükkel megszűrik a vizet, a felette levő asszimilációs felülettel intenzív tápanyagfelvételre képesek, más vízinövényekkel szemben azokat nem juttatják vissza a víztérbe (Ld. dr. Balogh Márton témára vonatkozó tanulmányait!); ugyanakkor nem gátolják a víz áramlását és a fenéken zajló mineralizációs folyamatokat. Az úszólápok alkalmazására a Ligeti-tó feletti mocsár-öv ideális lehetőséget nyújthat.

#### ***3.10.3.2. A vízmozgások***

Az állóvizek esetében a vízmozgás (áramlások, konvekció) igen fontos tényező. A vízmozgás leállása, az anyagcsere-folyamatok elszigetelődéséhez, a pangó vizek, mocsarak kialakulásához vezet (a mocsarak egyik legfontosabb tulajdonsága a vízmozgás minimalizálása). A víztér mozgásának megszüntetésével, a vízfenéken zajló, intenzív szervesanyag-lebontási folyamatok következtében az oxigén gyorsan elhasználódik, és megteremtődnek az elmocsarasodás feltételei. Ezzel

szemben a jól átmozgatott vízterek oxigénellátottsága az egész víztestben jó, nem alakulnak ki anaerob állapotok. Ezért arra kell törekedni, hogy a víz kinetikus mozgását elősegítő folyamatokat erősítsük. Alapvetően három mozgástípust figyelhetünk meg egy álló víztestben. A hő hatására kialakuló konvekciós mozgásokat (ezeknek a tápanyagcsere-folyamatokban van nagyobb szerepük), a be- és elfolyó vizek hatására keletkező áramlásokat, és a szél által keltett periodikus mozgásokat (hullámozgás, seiche). Az előbbi kettő hatása csekély, a hőretegződés és a vele jelentkező konvekciós áramlások a tó kis mélysége következtében csak átmenetileg jelentkeznek, ezért hatása sem jelentős, másfelől szabályozása szinte lehetetlen. A mocsár felől érkező vizek - a nagy áteresztésként - szinte észrevétlenül jutnak a tóba, a túlfolyás, mértékénél fogva csak a közvetlen környezeti vízfelszínre van némi hatással.

*A szélenergia:* Sekély állóvizek esetében a szélenergia az az energiahordozó, amely meghatározó hatással van az egész tó anyagcsere-folyamataira és ezen keresztül a vízminőségre. Például a Balaton esetében a tó egész jellege és működése a szélenergia befolyása alatt áll. Kisebb tavaknál ez a hatás már kevésbé jelentős, de nem elhanyagolható. A Ligeti-tó esetében a szélenergia hatása nem számottevő. A szél tevékenységét elsősorban a tavat szegélyező fák korlátozzák a legnagyobb mértékben. Általában egy fa szélárnyéka, magasságának a tízszeresével egyenértékű. A Ligeti-tavat szegélyező fák átlagmagassága meghaladja a 15 m-t, ezért felszínén még az erős szél is csak mérsékelt hullámozgásokat gerjeszthet. Ennek ellenére az így gerjesztett vízmozgások igen fontosak. Nemcsak azért, mert a felszínen úszó kékalgá-telepeket és az uszadékot a tó végeibe sodorják, hanem át is keverik a vízteret, elősegítik a vízterben levő anyagok egyenletesebb elosztását, gyorsabb feldolgozását. Összefoglalva: A víz átmozgatása stabilizálja a rendszert, a vízmozgás fékezése, lelassulása a stagnofill (csendes állóvizet kedvelő, mocsári élővilág) fajoknak kedvez és az elmocsarasodást eredményezheti.

*Javaslatok:*

Rehabilitáció esetén törekedni kell a szélenergia minél nagyobb érvényesítésére. A park tervezése során az uralkodó szélirányokra célszerű „szélcsatornákat” képezni, s ezzel jelentősen hozzá lehet járulni a Ligeti-tó vízminőségének megőrzéséhez.

**3.10.3.3. A víztér ökológiai folyamatai**

Mielőtt az élet jelenségeinek egyes elemeinek boncolásához kezdünk, meg kell határoznunk az általunk leggyakrabban használt fogalmak jelentését. A világban meglévő, eltérő és félreérthető értelmezések következtében úgy gondoltuk, az egyértelműsítés érdekében definiáljuk őket.

Tisztán gyakorlati elhatárolás miatt (anyagcsere-folyamatok, biomassa stb.) kvantitatív számításoknál fontos lehatárolni a vizsgált területet. (Annak ellenére, hogy tudjuk, ebben bizonyos önkényesség is van). Viszont az is köztudott, hogy nincs még egy olyan jól lehatárolt, bizonyos törvényszerűségek alapján működő

életjelenség-együttes, mint a víztérrel egyértelműen lehatárolt tavi ökoszisztéma. A tavakban zajló életfolyamatok vizsgálatai alapozták meg az ökológia legjelentősebb eredményeit. Mindezek következtében kimondjuk, hogy a Ligeti-tó vízrendszere (a forrás-öv, a mocsár-öv és maga a tó), egy ökoszisztémát alkot, amelynek részegységeit a zárójelben felsorolt területek képezik.

#### *Az anyagcsere-folyamatok*

A víz és az energia környezeti feltételei mellett, magát az élet jelenségét alapvetően az anyagcsere-folyamatok, és a tápanyagforrásokhoz kapcsolódó életstratégiák jellemzik. A hozzáférhető szervetlen és szerves anyag fontos feltétel egy tó biocönózisának kialakulása szempontjából.

A szerves anyag építésénél megkülönböztetjük a szerves anyag alapjait képező anyagokat, amelyek aránya és összetétele minden szerves molekulát jellemez, és emellett számos, szintén nélkülözhetetlen, de csak ritkábban jelentkező elemet. Az élő rendszerek anyagcsere-folyamatait meghatározó elemek közül a C, H, O, P, N, S a legfontosabbak.

Jelen tanulmányunkban csak azokra az elemekre fogunk kitérni, amelyek valamilyen oknál fogva eltérnek a szokásostól.

Az első két elem, a szén és a hidrogén (C, H) minden víztérben megfelelő mennyiségben, hozzáférhető alakban van jelen. A szénatom a légköri CO<sub>2</sub> víztérbe diffundálása által, a hidrogén pedig magának a vízmolekulának a részeként van jelen. Problémát csak kivételes esetekben, nagy koncentrációk esetén jelentenek.

Az oxigén az élet anyagcsere-folyamatainak egyik meghatározó eleme. Kémiai aktivitása nagy. A víz alkotóeleme, de molekulái gázállapotúak is lehetnek (pl. O<sub>2</sub>, valamint CO<sub>2</sub>). Az életjelenségek egyik meghatározó megnyilvánulásának tekinthetjük, amely többek között a mai atmoszféra kialakulásáért és fenntartásáért felelős. Ennek következtében a víztérben is az életjelenségek kimutatására szolgál. Az eddigi vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy a Ligeti-tó oxigénellátása megfelelő.

A soron következő három elem (P, N, S) már jóval kisebb mértékben épül be az életet képező szerves anyagba, de jelenlétük nélkülözhetetlen. Mi több, az állóvízi ökoszisztémák anyagcsere-folyamatainak egyik legfontosabb mutatója a nitrogén származékok (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) arányainak változása.

#### *A tápláléklánc*

Egy tavi ökoszisztéma tevékenységét, a víz jellegét, végső soron a víz minőségét is a tápláléklánc, a rendszerben résztvevő élő szervezetek és anyagcsere-folyamataik (tápláléklánc) által áramoltatott anyag képezi. E bonyolult ökológiai folyamat működésének három fő csoportját a termelők (*producensek*), a fogyasztók (konzumensek) és a lebontók destruensek (*reducensek*) alkotják. (A limnológusok nem szeretik a „reducens” kifejezést, mert a reduktivitással hozzák összefüggésbe, mi viszont azon a véleményen vagyunk, hogy a fogalmak logikai szerkezetének a Thienemann által is képviselt - *producens*, *konzumens*, és a *reducens* helyett a

*destruens* hármas felel meg. Tehát a *reducens* helyébe lépő *destruens* fogalom alatt a lebontó, a *szaprob* szervezeteket értjük.)

Egy víztérben a termelés, a produkció mértékét a trofitás szintjével szokás meghatározni, és az *oligo-*, *mezo-*, *eu-*, *poli-*, és *hipertróf* fogalmakkal fejezzük ki. A fogyasztás, konzumencia mértékének meghatározása összetettebb, hiszen a fogyasztók, a lebontók és a termelők között a szabályozó szerepét töltik be. Összetétele, anyagcsere-folyamatainak iránya e rendszeren belül is összetett, de a termelők és a lebontók irányában is rendkívül szövevényes visszacsatolási rendszert alakítanak ki. Legjellemzőbb mozzanata a légzési folyamat - oxigén-fogyasztás. (Ma a limnológusok az anyagcsere-folyamatok meghatározására szívesebben használják a konstruktivitás és *destruktivitás* kifejezéseket, amelyek pontosabban fedezik a termelés két eltérő fázisát.)

A lebontás az építkezéssel szemben működő folyamat (*szaprobia*), a szerves anyag lebontása szervesetlenre, visszaásványosítás. Ha a folyamat oxigén jelenlétében történik, oxidatív lebontásról, ha oxigénhiányos vízben zajlik, redukzív lebontásról beszélünk. A lebontás oxigénigényes folyamat, ezért a *szaprob* folyamatokat az oxigénfogyasztás mértékével szokás kifejezni (kémiai, biológiai oxigénigény).

A tavi ökoszisztéma stabilitásának feltétele az anyagcsere-folyamat dinamikai stabilitásának fenntartása. Általánosan elfogadott szabály, hogy egy jól beállt vízi ökoszisztéma stabilitását akkor tudja megőrizni, ha a termelés szintje nem éri el a lebontását.

E folyamatok stabilitásának legmegbízhatóbb jellemzője a bennük résztvevő fajok minél nagyobb változatossága, a rendszer diverzitásának foka.

Ezzel kapcsolatban megállapíthatjuk, hogy a Ligeti-tó diverzitása szimptomatikusan alacsony. Egyfelől a kékalgá dominanciája oly mértékű, hogy a lebontók fő színterét, a tófeneket, összefüggő lepedéke borítja. Felszakadozó telepei általában a tó vízfelületének 15-20 %-át, időváltozás, légnyomáscsökkenés esetén pedig a tó vízfelületének 90 %-át is képesek lefedni. Ennek következtében azt mondhatjuk, hogy e fenékig átvilágított, „mélység nélküli” tónak, (F.A. Forel), amelynek e megállapítás szerint csak litorális régiója kellene, hogy legyen, funkcionális szempontból litorális régióval nem rendelkezik. A bentosz kiiktatása következtében a lebontás minimális szintre csökkent, és a tó esetében ökológiai stabilitásról nem beszélhetünk. Az ökoszisztéma ilyen mértékű torzítása következtében számos rendellenességet figyelhetünk meg:

Annak ellenére, hogy az általánosan elfogadott, a vízminőség meghatározására alkalmazott a-klorofill-szint a Ligeti-tó esetében igen alacsony (a mutatók termelés-szegénységre – oligotróf állapotokra utalnak!), a tó a rendelkezésünkre álló régebbi eredményeket beleértve, folyamatosan eutróf jelleget mutat, több olyan jellemzővel, amelyek ezt a minősítést még inkább lerontják. Ennek további okai a már többször hangsúlyozott, elképesztően magas nitrát-terhelés, a magas szervesanyag-szint és a kékalgá-dominancia mellett, a teljesen téves összetételű és nagyságrendű haltelepítés.

*A vízrendszer terheltsége, különös tekintettel az N- (nitrogén) származékokra*

A Ligeti-tó vízutánpótlását biztosító források szennyezettsége igen magas. Különösen a salétrom (nitrogén)-származékokat tekintve. Ilyen esetekben a kérdés úgy tehető fel, hogy milyen mértékig terhelhető a vízrendszer ökoszisztémája jelentősebb károsodás nélkül. Sarkalatosabban megfogalmazva a kérdést – szabad-e a nemzeti park területén található vízteret szennyvízzel táplálni. Természetesen nem szabad. Kivétel azonban az a helyzet, amikor maguk a természetes források a szennyezés okozói. A magyar természetvédelmi törvény alapján minden forrás a természetvédelem oltalma alá esik. Viszont a Liget környéki források vize olyan mértékben szennyezett, hogy inkább szennyvízforrásról beszélhetünk.

Anyagi források híján, a rendszerben található élővilág-együttesek (*biocönózisok*) egészére kiterjedő anyagcsere-vizsgálatokat nincs módunkban elvégezni. Viszont a hazai és nemzetközi kutatások lehetővé teszik, hogy a nitrogén anyagcsere-folyamatainak ismeretében, és a rendszerben közreműködő *cönózisok* produktivitásának (*az alrendszerek input / outputjának*) ismeretében, a célunk szempontjából elfogadható eredményekhez juthatunk.

#### **3.10.4. Rekultiváció - jogi és gazdasági háttér**

A természetes folyamatok mellett ugyanolyan fontosságúak a bányatavakkal kapcsolatos jogi és gazdasági szabályok, és a velük járó lehetőségek és korlátok.

Nézzük végig a bányatavak keletkezésének folyamatát:

A piac törvényszerűségeinek megfelelően, először a nyersanyag iránti igény jelentkezik.

A vállalkozó megtalálja a bányaművelésre alkalmas területet, amely közigazgatási szempontból valamely községhez tartozik.

Ugyanakkor ez a terület, természeti adottságaiból fakadóan, egy tájegység része, ahol ennek megfelelő szerepet tölt be.

Miután a vállalkozó elkészítette az előírt bányászati ütemtervet és a rekultivációs tervet, és beszerezte a megfelelő engedélyeket, hozzá is kezdhet a termeléshez.

Amint látjuk, az előírások szándékuk szerint jók, tartalmazzák a bányászati, rekultivációs, környezet- és természetvédelmi előírások betartását, a végeredmény mégsem felel meg az elvárásoknak. Miért?

Tekintsük át a kérdést még egyszer. De most, az összes érdekelt szereplő és igényeik szempontjából, méghozzá a megváltozott feltételeket figyelembe véve. Hiszen a bányászás megkezdése előtti kiinduló állapot, és a bányászat befejezését követő állapot merőben eltér egymástól. Más értékelést, más hozzáállást követel. Annál is inkább, mert maga a bányászás csupán egy rövid ideig tartó, átmeneti állapot. A végeredmény a bányászat levonulása után ottmaradt terület, vízzel teli bányagödör. Holott a rekultiváció célja minimum egy táj-funkciókat is tartalmazó, rekreációs igényeket kielégítő üdülőtérület kialakítása volna. De nézzük a szereplőket!

1. A vállalkozó. Tevékenységének végeredményeként jelenik meg a bányató.
  - abban érdekelt, hogy minél olcsóbban, minél nagyobb haszonra tegyen szert.
2. Önkormányzat. A területileg illetékes község önkormányzata, melynek területén a bányatelek található.
  - A bányászás ideje alatt, az adóból származó bevételek szempontjából érdekelt.
  - A bányászt követően, a lakosság üdülési igényeinek kielégítése által, továbbra is elsősorban a bevétel szempontjából érdekelt.
3. Üdülők. Az a csoport, mely a bányató megjelenését követően, rekreációs szempontból érdekelt.
  - Ők a bányászás befejezését követően, elsősorban fürdés és horgászat szempontjából érdekeltek.
4. Környezet- és természetvédők. E csoport elsődleges szempontnak a környezeti állapot és a természeti funkciók megőrzését szeretné tekinteni.

A felsoroltakból látszik, hogy a vállalkozó, aki vállalkozása által további érdekeket gerjeszt, csupán átmeneti ideig szerepel. Szerepe mégis meghatározó. Ugyanis a haszon legnagyobb része nála jelentkezik. Az elmondottakból látni, hogy a súlypontok eloszlási aránya rendkívül asszimmetrikus – a rövid ideig a területet bérlő viszi el a nagy hasznot, a hosszú távú helyi használókra pedig legtöbbször egy rosszul használható, problémás területet hagy örökségül.

Vagyis ebben az esetben a nagy hasznot hozó, rövid távú, természetromboló stratégia érvényesül.

Ezzel szemben utána egy olyan végterméknek kellene maradnia, amely kielégíti a többiek által támasztott igényeket.

Az alapvető problémát az igények megfelelő szinten történő megfogalmazásának hiánya jelenti.

A bányászási engedély megadásában szereplő „rekultivációs terv” ilyen igényekre nem hivatkozik.

Sem a területileg illetékes Önkormányzat, sem a Környezetvédelmi Felügyelőség, sem a Természetvédelmi Hivatal ilyen irányú követeléssel nem lép fel. Példának okáért – hiába áll a bükkábrányi felszíni bánya rendelkezésére egy olyan rekultivációs tájhasználat terve, amely a táj jellegéből adódó ökológiai és rekreációs igényeket is figyelembe vette, rekultiváció címen nem ez valósul meg. Hiába van a tervben rögzítve, hogy az erdősítésre kerülő területeken, a heglábakra jellemző erdőket a kerecsendi tatárjuharos-lösztölgyes mintájára kell rekultiválni, a területen „erdősítés” címen akácokat ültetnek. A kisebb beruházásoknál a helyzet még nehezebb.

Például a nyolcvanas években, az akkor már tekintélyes méretű nyékládházi kavicsbányatavak elmaradt rekultivációjára, egy cég a part menti meddők vízbe robbantásos megoldása mellett foglalt állást. Ehhez képest az, ami „rekultiváció” címen napjainkban történik, mindössze annyival különb, hogy most a part mentén felhalmozott meddőt dózerral tolják a vízbe. *Ennek következtében a végeredmény*

ugyanaz. Elzárjuk a tó kavicsrétegen keresztül érkező vízutánpótlását. Vagyis a vízminőség javítása érdekében (rekultiváció), a vízminőség megőrzésének, és a tó hosszú távú életfeltételének a legfontosabbikát, a tó megfelelő mértékű vízutánpótlását szüntetjük meg. De térjünk vissza a szereplőkhöz és érdekeikhez.

A vállalkozó által hátrahagyott végeredmény állapotaért (minőség, használhatóság), az illetékes önkormányzat és az illetékes területi szervek felelősek. Sajnos, ők a kivitelezés folyamataiba (bányászási technológia) már nem tudnak beavatkozni.

Marad a rekultivációs terv, és az ebben való részvételi lehetőség – 2001-től egy újabb törvényi kiegészítéssel - a (Környezetvédelmi törvény 20/2001. Kormányrendeletben megfogalmazott - környezeti hatásvizsgálat lehetőségével).

A legfontosabb kérdés ezzel kapcsolatban, hogy mit kellene feltételül szabni egy hatásvizsgálatban egy bányató engedélyeztetési eljárása során? A baj az, hogy pontosan ez az, amit nem tudunk. Ennél már csak az a nagyobb baj, hogy ezt nem valljuk be.

Nem alakult még ki az országban egy olyan csoport (team), horribile dictu iskola, amely, amint már a bevezetőben megemlítettük, a tavak, mi több, kavicsbányatavak rehabilitációjának módszertanával (terápiájával) foglalkozna. Egy víztér állapotát, úgy-ahogy még fel tudjuk mérni (léteznek törvény által előírt mérési szabványok), de mindez kevés a rekultiváció irányának kijelölése szempontjából. Itt sokkal szélesebb összefüggéseket kell szem előtt tartanunk. Ilyen az adott térség, a táj ökológiai, természetvédelmi, gazdasági igényeinek a figyelembevétele. Vagyis a térség jövőképe és megvalósítási stratégiájának ismerete. Ami témánk tárgyalása szempontjából azért is jelentős, mert az Északi-középhegység lábai mentén végig, a termőtalaj alatt kavicsrétegek húzódnak, kavicsbányák sorjázna. Ezért a társadalom számára nem lehet mindegy, hogy ebben a térségben mi történik a bányászat által hátrahagyott területekkel. Tehát a kérdésben, országos és helyi szinten is, minél előbb meg kell fogalmazni a megfelelő gazdasági, idegenforgalmi, környezet- és természetvédelmi stratégiát. Csak ennek ismeretében várható, hogy a kavicsbányákkal kapcsolatos problémák megfelelő módon rendeződjenek. Mindaddig a bányászatot végző vállalkozón kívül, a többi érdekelt igényeit nem lehet kielégíteni.

### **Irodalom:**

- 1981 The Biota and Limnology of Lake Skadar, Univ. of Michigan, Ann Arbor/Titograd  
1990 The Ecology and Management of Aquatic-terrestrial ecotones, Man and the Biosphere UNESCO  
1994 Deutsche Gesellschaft für Limnologie e. V. Jahrestagung Band I. II.  
**Antalfi-Tölg** Növényevő halak, Mezőgazdasági Kiadó Bp. 1972  
**August Friedrich Thienemann** Lebens und Umwelt. Taschenbuch Verlag, GmbH Hamburg, 1956  
**Bartha Dénes szerk.** Növényársulástani és ökológiai tanulmányok, TILIA Vol.1. Sopron, 1995  
**Bél Mátyás:** Magyarország halairól és azok halászatáról (1700 táján) VIZDOK Bp.1984.  
**Besch/ Hamm** Limnologie für die Praxis, ECOMED, 1992

- Borhidi A-Sánta A.:** Vörös Könyv I-II. Magyarország Növénytakarsulásairól KöM TV Hivatala Bp. 1999
- Botta István** A hazai halakról, Mezőgazdasági Kiadó, 1985
- Dr. Fritz Terofal** Édesvízi halak, Természetkalauz, 1997
- Eckhard Jedicke** Biotopverbund, E. Ulmer Verlag Stuttgart, 1994
- Edward O. Wilson** Bevezetés a populációbiológiába, Gondolat Kiadó Bp. 1981
- Fekete Endre et all.:** A vízszennyezés ökológiája, Pro Natura Kiadó Bp. 1991
- Fekete G. Molnár Zs.:** Magyarországi Élőhelyek leírása, MTA-ÖBKI MTTM Bp. 1997
- Felföldy Lajos** Kékalgák (Cyanophyta) kishatározója VHB. 1972
- Felföldy Lajos** A vizek környezettana, Mezőgazdasági kiadó Bp. 1981
- Felföldy Lajos** Hidrobiológia- szavakban VHB. 1984
- Felföldy Lajos** A biológiai vízminősítés, Vízügyi hidrobiológia, 1987
- Festetics-Hoffmann** Entstehung und Ziele der "Pannonischen Arbeitsgemeinschaft des International Research Bureau" (mit einem Fragebogen und Praktischen Vorschlägen für das Neusiedlersee-Gebiet) 1970
- Gulyás P.:** 1974 Az Ágcsápú rákok (Cladocera) kishatározója VHB.
- H. Grosina et all.:** Forschungsbericht Neusiedler See, Ilmic, 1981-84
- Harka Ákos** Édesvízi halaink, TKTE Bp. 1997
- Helmut Schwab** Süßwassertiere, Ernst Klett Verl. Stuttgart, 1996
- Horváth László szerk.:** Halbiológia és haltenyésztés, Mezőgazda Kiadó, Bp. 2000
- Horváth László-Pékh Gyula** Haltenyésztés, Mezőgazdasági Kiadó. Bp. 1984
- Horváth/Tölg** Tógazdasági tenyésztésanyag-termelés, Mezőgazdasági Kiadó Bp. 1981
- Juhász-Nagy Pál** Beszélgetések az Ökológiáról, Mezőgazdasági Kiadó Bp. 1984
- Klaus Zintz** Fischerliche Nutzung von Stillgewässern in Naturschutzgebieten, J. Margraf, 1986
- Klaus Zintz** Ökologie und Management Kleiner Stehgewässer, Margraf Scientific Publishers 1990
- Lajkó István** Halászati alapismeretek, Agroiform Bp. 1999
- Pálfai Imre szerk.:** Tiszavölgyi Holtágak, KHVM Bp. 1995
- Péterfi István** Az algák biológiája és gyakorlati jelentősége Ceres Könyvkiadó, Bukarest, 1977
- Pintér Károly** Magyarország halai Akadémia Kiadó Bp. 1992
- Simon T.:** A magyarországi edényes flóra határozója Tankönyvkiadó, Bp. 1992
- T. R. E. Southwood** Ökológiai módszerek, Mezőgazdasági Kiadó Bp. 1984
- Tasnádi Róbert** Haltakarmányozás, Mezőgazdasági Kiadó Bp. 1983
- Udvardi Miklós** Dinamikus Állatföldrajz, Tankönyvkiadó Bp. 1983
- Wilhelm Sándor** Halak a természet háztartásában Tisza Klub füzetek 9. Kriterion Kolozsvár
- Wolfgang Tischler** Einführung in die Ökologie. Gustav Fischer Ver. Stuttgart, 1984