

Lengyel Edina

tudományos segédmunkatárs, MTA-PE, Limnoökológiai Kutatócsoport

Mikroszkopikus algáink jelentősége és lehetséges alkalmazása a környezetpedagógiában

Mikroszkopikus méretű algáink számtalan jelentőséggel bírnak. Nekik köszönhetően nyomon tudjuk követni vizeink ökológiai állapotát, így teljes figyelmet és védelmet biztosítva legértékesebb kincsünknek, a víznek. Jelen cikk célja, hogy a limnológiai és hidrobiológiai témakörökre felhívja a figyelmet és népszerűsítse azok használatát a közoktatásban.

A mikroszkopikus algák jelentősége

Az algák mindenhol megtalálhatók a Földön: mindenféle vizekben, hőforrásokban, a sarkvidékek jegében, a talajban, növényeken, barlangokban stb. (Kiss, 1998; Ács és Kiss, 2004). A mikroszkopikus algáknak nagy jelentőségük van a vízi ökoszisztémákban (Ács és Kiss, 2004): elsődleges termelő szervezetek (producensek), fotoszintetizáló élőlények, jó indikátorfajok, illetve tápanyagforrások. Elsődleges termelőként fontos feladatuk, hogy szerves anyagból bomlékony szerves vegyületeket állítsanak elő a napfény energiájának segítségével, miközben oxigént szabadítanak fel. Mindezek által nagy szerepük van a vizek öntisztulásában (Vymazal, 1988), valamint fontos energiaforrások a magasabb szerveződési szintek számára (Minshall, 1978). További nagy jelentőségük, hogy biológiai indikátorokként használhatjuk őket, mivel érzékenységük alkalmassá teszik őket, hogy jelezzék a környezet megváltozását.

Miért kell vizeinket minősíteni?

A víz szerepét a közoktatás minden területén hangsúlyozzák, hiszen fontossága és védelme megkérdőjelezhetetlen: a víz az élőlények számára alapvető életfeltétel. A víz védelmét nem csak lokális vagy regionális feladatnak kell tekinteni, hanem globálisnak. A Víz Keretirányelv (VKI) az Európai Unió egyik jogszabálya (EC Parliament and Council, 2000), amely a fenntartható vízgazdálkodásra vonatkozik, és amelyet 2000-ben fogadtak el. Ennek célja, hogy az Európai Unió tagállamainak, így hazánkban is el kell érnie a felszíni vizek jó ökológiai állapotát 2015-ig.

Vizeink állapotát természetes és antropogén folyamatok is befolyásolhatják. Például a klímaváltozásnak számos hatása lehet a felszíni vizeinkre (Jones és Jarman, 1982; Gyllström és mtsai, 2005; Wilhelm és mtsai, 2006; Dokulil, 2013):

- megváltozik a jég és a hó minősége és mennyisége;
- megváltozik a víz minősége (algavirágzás);

- tavak dinamikája módosul (például rétegzettség kialakulása, tartama, a keveredés mélysége);
- a napi hőingás mértéke nőni fog;
- a vízszint csökkenése várható, amelynek hatásaként megváltoznak a víz kémiai és fizikai jellemzői (például a sótartalom megnövekedik);
- a kiszáradásos időszakok száma növekedni fog (némely tó teljesen el is tűnhet);
- florisztikai és faunisztikai változások következnek be, melyek által a táplálékhálózat is módosulni fog.

A természetes folyamatok mellett nem elhanyagolható az egyéb antropogén tevékenységek hatása (mezőgazdaság, lecsapolások, szennyvíz-bevezetés, stb.) sem. Vizeink jó állapotának megőrzése a jövő generáció számára nélkülözhetetlen, ezért a felesleges emberi hatásokat le kell csökkenteni, vagy ha lehetséges, meg kell szüntetni. Ehhez pedig elengedhetetlen a folyamatos monitoring, a vízminőség és az ökológiai állapot felmérése.

Hogyan történik vizeink minősítése?

A biológiai vízminőség a víz azon tulajdonságainak összessége, amelyek a vízi ökoszisztémák életében fontosak, létrehozzák és fenntartják azokat. A biológiai vízminőség jelenségei, változásai és mutatószámai négy tulajdonságcsoporthoz sorolhatók (*Felföldy, 1974*):

1. A halobitás a víz biológiai szempontból fontos szerves kémiai tulajdonságának (például: összes sótartalom, ionösszetétel) összessége. Egyszerű és egzakt módon mérhető.
2. A trofitás a szervesanyagból szerves anyagot létrehozó és ezzel a víz minőségét befolyásoló adottságok és jelenségek gyűjtőfogalma. Jellemzésére a klorofill-tartalom, az összes algaszám, a foszfor- és nitrogénformák, valamint a fotoszintézis intenzitásának mérése alkalmas.
3. A szaprobitás a vízi ökoszisztéma szervesanyag-bontó képességére vonatkozik. Meghatározására több kémiai paraméter (nitrogénformák, kémiai, biokémiai oxigénigény, stb.) mérése, valamint az élőlények szaprobiológiai indikációs elemzése ajánlott. A szaprobitás fokának növekedésével általában a fajok száma csökken, de az egyedszám növekszik.
4. A toxicitás a víz mérgezőképessége. Olyan mérgek jelenlétére vonatkozik, amelyek nemcsak a vízi élőlények életműködését zavarják, azok életét veszélyeztetik és az öntisztuló képességet csökkentik, hanem az ivóvízként való felhasználást is megnehezítik. Meghatározása különböző biológiai tesztekkel (baktérium-, alga-, Daphnia-, hal-, csíranövény-teszt) történik (*Kiss, 1997*).

A vízi ökoszisztémák állapotfelmérése fizikai és kémiai tulajdonságok alapján történt ezidáig, napjainkban pedig a biológiai indikátor szervezetek szerepe egyre fontosabbá válik. A minősítés során azt kell vizsgálni, hogy a biológiai alapon történt besorolást a fizikai-kémiai állapot alátámasztja-e vagy sem. A VKI a víz fizikai és kémiai paramétereinek alapján történő vízminősítést, valamint öt élőlénycsoporton alapuló ökológiai állapotbecslést (*VGT, 2009*) is előírja:

- A fitoplankton esetén mennyiségi és minőségi viszonyokat jellemző index kidolgozására került sor. A fitoplankton taxonómiai összetételét jellemző indexben a fitoplankton egyes funkcionális csoportjait értékelték. A metrika másik eleme a fitoplankton mennyiségét az a-klorofill tartalommal jellemzi. A fitoplankton társulásokat betűkódokkal (kodonokkal) látjuk el, amelyeknek ökológiai háttérmentázata

kidolgozott (Reynolds, 2002). Például az A-D csoportok a tavaszi algaövekedés funkcionális csoportjait, az E-H a nyári rétegződés jellemző fajait foglalja magába.

- A fitobentosz elemzésével is történhet ökológiai állapotbecslés, melynek 2 lehetséges módja van. Az egyik koncepció, hogy olyan indexeket alkalmazunk, amelyek a szennyezés szintjét a fajok optimuma és toleranciája alapján határozzák meg (Kolkwitz és Marsson, 1908). A másik koncepció (Patrick, 1949) szerint a diverzitást kell alapul venni. Fitobentosz esetében a vízfolyásokra és tavakra többféle metrikus indexet dolgoztak ki (például: TDI, GENRE, CEE, IPS, IBD, EPI-D; Kelly, 1998; Rumeau és Coste, 1988; Descy és Coste, 1991; Cemagref, 1982; Lenoir és Coste, 1996; Prygel és Coste, 2000; Dell’Uomo, 1996), amelyek jelzik a szerves- és tápanyagterhelés hatását. Ezek a hidromorfológiai hatásokra kevésbé érzékenyek, alapvetően a szennyezést jelzik.
- Makrofitákon alapuló vizsgálatokkal.
- Makroszkopikus vízi gerinctelenek által.
- Halközösség felmérésével.

A bentonikus algák életük nagy részében valamilyen aljzathoz rögzülten fordulnak elő (homok, kavics, makrofiton), míg a fitoplankton a horizontális áramlásokkal sodródik, s alkalmazkodott a nyíltvízben való élethez.



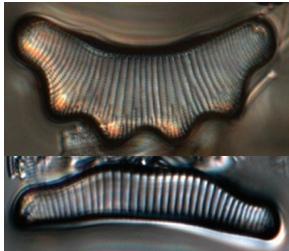
A környezeti tényezők az élőlények számára lehetnek kedvezőek vagy kedvezőtlenek, s a változásokat csak bizonyos határértékek között képesek elviselni. Az indikátor szervezetek között ez a két csoport rendelkezik a legrövidebb generációs idővel (24 órától néhány hétig) (Rott, 1991). Ez az oka, hogy gyorsan reagálnak a környezetük megváltozására.

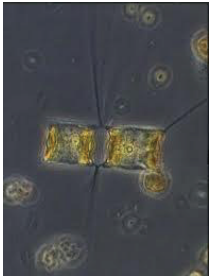
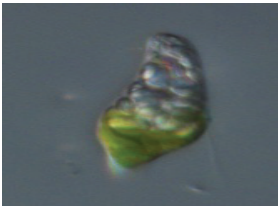
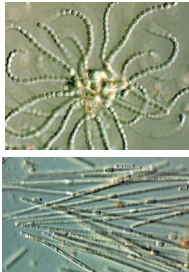
Mit jelezhetnek algáink?


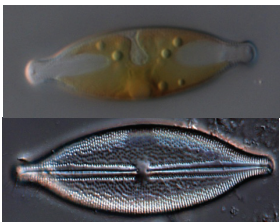
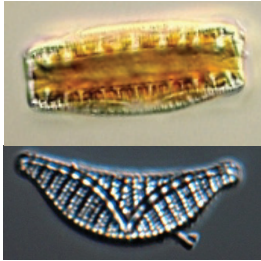
Mind a növény-, mind pedig az állatvilágban szép számmal vannak jelen biológiai indikátorként alkalmazható fajok, amelyek lehetnek pozitív indikátorok (előfordulásukkal vagy tömeges elterjedésükkel jelzik a környezetszennyezést) vagy negatív indikátorok (szervezete károsodik az adott szennyeződés vagy szennyeződések hatására, és egyedszáma megritkul a szennyezett területen, szélsőséges esetben el is tűnik). Ezeknek az indikátorfajoknak a felszaporodása, vagy teljes hiánya önmagában olyan információt hordozhat, mely elegendő lehet néhány, a vízminőséget illető megállapítás tételéhez. Ilyen fajok lehetnek az 1. táblázatban felsorolt mikroszkopikus algák (Kreiser és mtsai, 1990; Krammer és Lange-Bertalot, 1991, 1999a, 1997, 1999b; Peterson és Grimm, 1992; Padisák és Dokulil, 1994; Kiss, 1998; Ács és Kiss, 2004; Komarek, 2013).

Mind a növény-, mind pedig az állatvilágban szép számmal vannak jelen biológiai indikátorként alkalmazható fajok, amelyek lehetnek pozitív indikátorok (előfordulásukkal vagy tömeges elterjedésükkel jelzik a környezetszennyezést) vagy negatív indikátorok (szervezete károsodik az adott szennyeződések hatására, és egyedszáma megritkul a szennyezett területen, szélsőséges esetben el is tűnik). Ezeknek az indikátorfajoknak a felszaporodása, vagy teljes hiánya önmagában olyan információt hordozhat, mely elegendő lehet néhány, a vízminőséget illető megállapítás tételéhez.

1. táblázat. Indikátorként alkalmazható mikroszkopikus algák

Fotó	Forrás	Fajnév	Morfológiai leírás	Autökológia
	Lengyel Edina (Legény-tó)	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	A sejtek rövidek, hordó alakúak, általában magányosak. Szemből nézve a valvák kör alakúak, hullámosak. A váz középső részéről az areolák hiányoznak, de gyakran tüskékkel (1–4) díszített. Átmérője 6–43 µm.	Tipikusan késő nyári, őszi planktonikus faj, egyaránt megtalálható olyan átkevert kis és közepes méretű tavakban és folyókban, amik tápanyagban (P) és Ca-ban gazdagok, alkalikusak és a vezetőképességük magas.
	http://www.keweenawalgae.mtu.edu/gallery_pages/synurophytes.htm	<i>Synura</i> sp.	Szabadon úszó kolóniát alkotnak, melyben a sejtek a kaudális végén kapcsolódnak a kolónia központjában. Két ostonnal rendelkeznek, melyek egyforma hosszúságúak. A sejteket szilícium pikkelyek borítják, melyek fajra jellemzőek.	Fitoplankton egyik tagja. Kis, oligotróf, bázisszegény vagy tiszta, oldott szerves anyagban viszonylag gazdag tavakban fordulnak elő. Nagymértékű elszaporodásukkor a víz szaga hal-, uborkaszagra hasonlít.
	Lengyel Edina	<i>Eunotia bidens</i> ; <i>Eunotia tetraodon</i>	A háti oldal íves, a hasi lehet egyenes, de leggyöbbször az is íves. A sejtvégék lekerekítettek. A stráfok a sejt teljes felületén jól láthatóak, párhuzamosak. A rafé csökevényes.	A nemzetség legtöbb faja a tápanyagban szegény, oligotróf vizek fitobentoszármak lakója. Kloridban, mészbén, huminanyagokban és ásványi sókban szegény vizekben gyakoriak. Az Eunotia fajok a savas vizekben fordulnak elő. Megjelenésükkel és elszaporodásukkal a vizek savasodását indikálják.

Fotó	Forrás	Fajnév	Morfológiai leírás	Autökológia
	<p>http://algae.ihb.ac.cn/english/algaeDetail.aspx?id=467</p>	<p><i>Chaetoceros muelleri</i></p>	<p>A sejtek többnyire mindig oldalánézetben láthatóak, amelyek henger alakúak. A peremükön 2–2 rendkívül hosszú tüske található, amelyek 3–5-ször hosszabbak a sejt átmérőjénél.</p>	<p>Előfordulásából a víz halobitása becsülhető. Brakkvizek fitoplankton-mintájában gyakori fajnak számít. 2420µS cm⁻¹-nél nagyobb vezetőképességű vizekben jelenik meg.</p>
	<p>Lengyel Edina (Nyéki-szállás, Sós-ért)</p>	<p><i>Euglena sp</i></p>	<p>Szabadon úszó sejtek. Az Euglena fajok alakja lehet hengeres, orsó, lekerekített formájú. A periplasztisz lehet merev és díszített (spirálisan futó pontok). A szintest és paramilon jellemzője határozóbélyegnek számít.</p>	<p>Szervesanyagban gazdag, fényben szegény kisméretű vizeket kedvelő fajok. Nitrogén dús, eutróf, nyári fitoplankton minták jellemző fajtái. Elviselik a magas BOI-t (biológiai oxigén igény).</p>
	<p>http://www.itameriporttaali.fi/en/gallery/galleryakuvat/en_GB/algae/</p>	<p><i>Aphanizomenon flos-aquae</i>, <i>Anabaena sp.</i></p>	<p>Fonalas szervezetek, melyek heterocitákat tartalmazhatnak. Jó lebegésreguláció jellemzi őket, felszíni vízvirágzást formálhatnak.</p>	<p>A fitoplankton tagjaként jelzik a vizek eutrofizálódását. Tolerálják az alacsony N- és C-tartalmat. Érzékenyek a fény mennyiségére és a foszfortartalmára.</p>

Fotó	Forrás	Fajnév	Morfológiai leírás	Autökológia
	Lengyel Edina (Borsodi-dűlő)	<i>Hantzschia amphioxys</i>	A magányos sejteknek jellegzetes formájuk van: a rövidebb tengelyre szimmetrikusak a hosszabbal ellentétben. A hasi oldal álltalában konkáv, vagy enyhén konvex, míg a háti oldal konvex. A sejtvégek fejceskések.	A fitobentosz jellemző fajaként a vizektől távol, szárazföldi körülmények között találkozhatunk vele. Nedves élőhelyeken (nedves talajon, „toesogókbán”) gyakori és tömeges.
	Lengyel Edina (Bogáztó)	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	A kovaalga vázai megnyúltak, elliptikusak és a végükön lekerekített fejceskék láthatóak. A stráfok, melyek különálló pontokból állnak, a fénymikroszkópban is jól láthatók. A központi részen ezek gyakran hiányoznak. Az ún. centrális área lehet szimmetrikus és aszimmetrikus is, ami az egyik oldalon egészen a valva széléig kiterjedhet.	Epipelikus (iszapon élő) faj, mely kedveli a vizek magas sótartalmát. Sekély, gyakran felkeveredő vizek esetében a fitoplanktonmintában is megtalálható.
	Lengyel Edina	<i>Epithemia sorex</i>	Magányosan élő diatómák, ritkán rövid láncokat alkotnak. Felülnevezetben kifli formájúak. A rafé jellemzően többnyire a héj hasi oldalán fut, de a középső részen kissé elávolodik, amelynek mértéke határozóbeli.	Fitobentosz tagja. Elviselik a mérsékelt szervesanyag-szennyezést és a víz magas hőmérsékletét. Általában lúgos pH-környezetben, enyhén sós vizekben gyakori fajok.

A közoktatásban való alkalmazás

Annak ellenére, hogy egyes tanulmányok szerint (Havas, 2001) a környezetpedagógia és a fenntarthatóság-pedagógia elemeinek beépítése nehézkes a tantervbe, tananyagba, már az általános iskolákban központi témaként jelennek meg a „víz” és a „vizes élőhely” témakörök, amelyek több tanóra keretén belül kerülnek megvitatásra, legyen szó például természetismeretről vagy akár kémia óráról. A víz transz- és interdiszciplinaritása vitathatatlan, mivel alapvető életfeltételként a biológiához, földrajzhoz, oldószerként a kémiához, közegeként a fizikához köthető, de nem elhanyagolható a társadalomtudományok vonatkozásában sem. A közoktatás minden szintjén és minden tematikai vonatkozásában foglalkoznak és foglalkozni is kell a vizeink védelmével, akár tanórai kereteken belül, akár csak tantárgyközi említésekkel.

A vizeink mikroszkopikus élőlényeivel kapcsolatos feladatok összetettségüknek köszönhetően kiválóan alkalmazható konstruktív pedagógiai módszert jelentenek a közoktatás minden szintjén tanórai és tanórán kívüli oktatási tevékenységek során is. Komplexitásukat tekintve kiválóan megteremtik a gyerekek konceptuális váltásához szükséges feltételeket. A témakör feladataival fejleszthető a tanulók kombinációs és integrációs készsége, rendszerszemlélete vagy akár kreativitása. Továbbá a hagyományos tanulás-tanítási módszerek (például frontális) mellett támogatja a környezeti nevelés sajátos módszereit, mint a projektmódszert, esettanulmányok készítését, csoportmunkát, szimulációs játékokat és az egyéb kooperációs tanulási módokat.

Az alább bemutatott, csoportmunkához javasolt környezettani téma bármilyen korosztály számára adható, azzal a kitételrel, hogy életkornak megfelelően kell nehezíteni (például mennyiségi vizsgálattal, biomassza meghatározásával vagy mélyebb taxonómiai szintű elemzéssel történő kiegészítéssel) vagy könnyíteni. A feladatok összefoglalásának elkészítése után az értékelés, javaslatok megvalósíthatók szimulációs játékokon keresztül is.

Kérdés: Mérjük fel a környezetünkben megtalálható felszíni vizeink állapotát a fitoplankton elemzése alapján!

Szükséges eszközök: mikroszkóp, tárgylemez, fedőlemez, mintavevő üveg, esetleg néhány ml etil-alkohol/lugol

Feladat:

1. Terepi megfigyeléseinket jegyezzük fel: dátum, időjárás (adott pillanatban és néhány nappal korábbi általános időjárás), helyszín, a mintavétel környezete (például erdős terület, mezőgazdasági tevékenység jelenléte, ipar és egyéb más lehetséges szennyező forrás megnevezése), a tó vagy patak medrének jellemzése (természetes, mesterséges), part menti növényzetre utaló megjegyzések, vízmélység, vízsodrás mértéke esetleg vízsebesség mérése (aminek nagyságrendbeli megméréseire használhatunk kisebb faágat vagy levelet), víz színe, zavarossága, milyen az aljzat (például finom mederanyag, kavicsos, törmelékes), stb.
2. Ha van lehetőség rá, mérjük meg néhány fizikai-kémiai paraméterét is: hőmérséklet, zavarosság (Secchi-koronggal), pH (pH-papírral), stb.
3. Vegyünk mintát az adott víztestből (merítsük meg az edényünket; max. 100ml). Ha nem azonnal kerül feldolgozásra a mintánk, akkor tartósításként adjunk hozzá egy kevés alkoholt vagy lugolt.
4. Rázzuk össze a mintánkat, majd vegyünk ki belőle néhány cseppet az elemzéshez, cseppentsük rá a tárgylemezre és fedjük le fedőlemezzel.
5. Fénymikroszkópban, minimum 40x nagyítású tárgylencsével vizsgáljuk meg (például rajzoljuk le) a jellemző algafajokat.

6. Nézzünk utána a fentebb említett és a Linne von Berg és Melkonian (2004) határozókönyvek segítségével, hogy a domináns fajok milyen tulajdonságait jelzik a víznek.
7. Hasonlítsuk össze a terepen tapasztaltakat az elemzés eredményeivel és készítsünk egy összefoglalót a vizsgált víztestünk állapotáról.
8. Milyen következtetéseket tudunk levonni az eredményinkből? Hogyan tudnánk megóvni vagy javítani ezt az állapotot? Fogalmazzunk meg javaslatokat.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani Dr. Stenger-Kovács Csillának a szakmai segítségért. A kutatást az OTKA K81599 és a TÁMOP (4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064, 1.1 *Szélsőséges időjárási események hatása felszíni vizekre* almodul) támogatta.

Fogalomjegyzék

Brakkvíz: A tengervíz és az édesvíz összefolyásának határán alakul ki.

Eutrofizálódás: A vizek növényi tápanyagokban – elsősorban foszforban és nitrogénben – való gazdagodásának eredményeképpen fokozott növényesedés következik be, vízvírágzás jelentkezik.

Heterocita: Egyes fonalas kéalgák rendelkeznek heterocitákkal, melyeknek az alakja és színe eltérő a fonal többi sejtjétől. A heterocitának vastag a fala van, hogy a vízben oldott oxigén ne tudjon bediffundálni.

Limnológia: Az a tudomány, amely édesvizekkel mint komplex – fizikai, kémiai és biológiai komponensek kölcsönhatása által létrejövő – rendszerekkel foglalkozik.

Makrofita: Szabad szemmel látható vízi növényfajok.

Paramilon: Az Euglena fajoknál fordul elő. Változatos alakú, poliszacharid anyagú asszimilációs termék, melynek alakja határozóképes.

Rafé: A kovaalgák héján egy központi hasíték, részese-rű nyílás.

Secchi-korong: Fehérre festett, körülbelül 20 cm átmérőjű, zsinórra függesztett fémkorong, amit a vízbe kell eresztetni (a csónak árnyékos oldalán, a nap folyamán 10 és 14 óra közötti időszakban), s figyelni kell, hogy lefelé eresztve mikor tűnik el, illetve felfelé húzva mikor jelenik meg a mintavételt végző szemelőtt. A két mérés átlaga a Secchi-átlátszóság, aminek mértékegysége a méter.

Irodalomjegyzék

Ács É. és Kiss K. T. (2004): *Algológiai praktikum*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.

Cemagref (1982): *Etude des méthodes biologiques quantitative d'appréciation de la qualité des eaux*. Rapport Q.E. Lyon-A.F. Bassin Rhone-Méditerranée-Corse, Lyon.

Dell'Uomo, A., (1996): *L'indice diatomico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti*. Linee guida.

Descy, J.-P., Coste, M. (1991): A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verhandlungen der internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, **24**. 2112–2116.

Dokulil, M. T. (2013): Impact of climate warming on European inland waters. *Inland Waters*, 4. sz. 27–40.

EC Parliament and Council (2000): *Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy*. European Commission PE-CONS 3639/1/100 Rev 1, Luxemburg.

Felföldy L. (1974): Biológiai vízminősítés. *VHB*, 3. sz. 1–242.

Gyllström, M., Hannson, L.-A., Jeppesen, E., García-Criado, F., Gross, E., Irvine, K., Kairesalo, T., Kornijow, R., Miracle, M. R., Nykanen, M., Noges, T., Romo, S., Stephen, D., Van Donk, E. és Moss, B. (2005): *The role of climate in shaping zooplankton communities of shallow lakes*. *Limnology Oceanography*, **50**. 615-640.

Havas Péter (2001): A fenntarthatóság pedagógiai elemei. *Új Pedagógiai Szemle*, szeptember.

- Jones, E. D. és Jarman, A. O. H. (1982): *Llyfr Du Caerfyrddin*. University of Wales Press, Cardiff.
- Kelly, M. G. (1998): Use of trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Water Research*, **36**. 236–242.
- Kiss I. (1997): *Toxikológia*. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém.
- Kiss K. T. (1998): *Bevezetés az algológiába*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Kolkwitz, R. és Marsson, M. (1908): Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Ber. dr. bot. Ges.*, **26**. 505–519.
- Krammer, K. és Lange-Bertalot, H. (1991): *Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. In: Pascher, A.: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 2/3. Gustav Fischer Verlag, Heidelberg–Berlin.
- Krammer, K. és Lange-Bertalot, H. (1997): *Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. In: Pascher, A.: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 2/2. Gustav Fischer Verlag, Heidelberg–Berlin.
- Krammer, K. és Lange-Bertalot, H. (1999a): *Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae*. In: Pascher, A.: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 2/1. Gustav Fischer Verlag, Heidelberg–Berlin.
- Krammer, K. és Lange-Bertalot, H. (1999b): *Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula und Gomphonema*. In: Pascher, A.: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 2/4. Gustav Fischer Verlag, Heidelberg–Berlin.
- Komarek, J. (2013): *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota. Band 19/3. 3. Teil: Nostocales, Stigonematales*. Gustav Fischer Verlag, Heidelberg–Berlin.
- Kreiser, A. M. Appleby, P. G., Natkanski, J., Rippey, B. és Batterbee, R.W. (1990): Afforestation and lake acidification: A comparison of four sites in Scotland. *Philos. Trans. R. S. London*, **327B**. 377–383.
- Lenoir, A. és Coste, M. (1996): Development of a practical diatomic index of overall water quality applicable to the French National Water Board Network. In: Rott, E. (szerk.): *2nd Workshop on Algae for Monitoring Rivers*. Innsbruck 18–19 Sept. 95. Studia Student G.m.b.H., Innsbruck.
- Linne von Berg, K. H. és Melkonian, M. (2004): *Der Kosmos Algenführer: Die wichtigsten Süßwasser-algen im Mikroskop*. Kosmos Verlags, Stuttgart.
- Minshall, G. W. (1978): Autotrophy in stream ecosystem. *BioScience*, **28**. 767–771.
- Padisák J. (2005): *Általános Limnológia*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Padisák, J. és Dokulil, M. (1994): *Meroplankton dynamics in a saline, turbulent, turbid shallow lake (Neusiedlersee, Austria and Hungary)*. *Hydrobiologia*, **100**. 23–42.
- Patrick, R. (1949): A proposed biological measure of stream conditions based on a survey of Conestoga Basin, Lancaster Co. *Pa. Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.*, **101**. 277–341.
- Peterson, C. G. és Grimm, N. B. (1992): Temporal variation in enrichment effects during periphyton succession in a nitrogen-limited desert stream ecosystem. *Journal of the North American Benthological Society*, **11**. 20–36.
- Prygiel, J. és Coste, M. (2000): *Guide Méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées*. NF T 90-354. Etude Agences de l'Eau-Cemagref Bordeaux, March 2000, Agences de l'Eau.
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. és Melo, S. (2002): *Towards functional classification of freshwater phytoplankton*. *Journal of Plankton Research*, **24**. 417–428.
- Rott, E. (1991): Methodological aspects and perspectives in the use of periphyton for monitoring and protecting rivers. In: Whitton, B. A., Rott, E. és Friedrich, G. (szerk.): *Use of algae for monitoring rivers*. Institute für Botanik, Universität Innsbruck, Innsbruck. 9–16.
- Rumeau, A. és Coste, M. (1988): Initiation a la systematique des Diatomees d'eau douce pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique generique. *Bulletin Francais de la peche et de la Pisciculture*, **309**. sz. 1–69.
- Vízgyűjtő-gazdálkodási terv (2009): *A Duna-vízgyűjtő Magyarországi része*. Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság, Budapest.
- Vymazal, J. (1988): *The use of periphyton communities for nutrient removal from polluted streams*. *Hydrobiologia*, **166**. 225–237.
- Wilhelm, S., Hintze, T., Livingstone, D. M. és Adrian, R. (2006): Long-term response of daily epilimnetic temperature extrema to climate forcing. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **63**. 2467–2477.