

# Alga-gátló hajófestékek bevonatképződés gátló hatásának vizsgálata a Balatonon

Éliás Tamás<sup>1</sup>, Padisák Judit<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Növényrendszertan és Ökológia Tanszék

<sup>2</sup>Pannon Egyetem, Limnológia Tanszék, 8201. Veszprém, Pf. 158.

**Kivonat:** 2003 és 2004 nyarán fa, műanyag, és kétféle alga-gátló festékekkel kezelt műanyag lapokat helyeztünk ki Balatonkenesén a Középdunántúli Regionális Vízművek és a Balatonfői Yacht Club közös kikötőmedencéjének területén. Hetente kivettünk a vízből egy sorozat alzatot és fénymikroszkóppal, valamint klorofill-a meghatározással vizsgáltuk a bevonat minőségi és mennyiségi jellemzőit. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az alga-gátló festékek nem kizárólag a kialakuló bevonat mennyiségét csökkentik, hanem annak más tulajdonságait is befolyásolják. Azzal hogy megakadályozzák a domináns, nagy méretű taxonok túlzott elszaporodását, nagyobb diverzitást eredményeznek, mint amekkorát kezeletlen alzatokon találunk. Folyamatos kopásukkal megakadályozzák a szukcesszió előrehaladását; a lekopott területeken mindig újbóli kolonizáció megkezdődését teszik lehetővé (léc-dinamika). Ennek következtében fajkészletük is eltér a kezeletlen alzatokétól, mert míg ott a szukcesszió korai stádiumát képviselő, elsősorban planktonikus életmódú taxonokat, folyamatosan felváltják a nagyobb kompetíciós képességű perifitikus taxonok, addig az alga-gátlóval kezelt alzatokon ezek egymás mellett fordulnak elő. Alga-gátlóval kezelt alzatokon könnyen elszaporodhatnak olyan fajok, melyek szeszónálisan jellemzőek, de kezeletlen alzatokon, a nagy biomassájú, „beállt” közösségekben nem tudnak tömegesen megjelenni.

**Kulcsszavak:** algagátló, bevonat, hajófenék, szukcesszió

## Bevezetés és célkitűzés

A hajók és más vízbe merülő tárgyak felületét különféle festékekkel kezelik, hogy megakadályozzák a bevonat képződését. A vízbe és az üledékbe kerülő festék hatásait számos helyen vizsgálják (An és Kampbell 2003, Haynes és Loong 2002, Balogh 1986), de az algagátlóval kezelt felületeken, mint alzaton, kialakuló bevonat tulajdonságairól nem találtunk adatokat. A Balatonon, és más, vízi sport üzésére alkalmas tavakon, a hajók fenekére jelentős méretű élőhelyet képvisel: A Kaposvári Hajózási Hivatal, nem hivatalos adatai szerint a Balatonon jelenleg 5000-re tehető a nyilvántartásba vett kishajók száma. Ennek az 5000 kishajónak a vízbe merülő felülete mintegy 10 ha lehet. Ha hozzászámoljuk, a csónakokat, a kis vitorlásokat, valamint a nagyhajókat, megállapíthatjuk, hogy a Balatonba merülő hajófenék jóval több, mint 10 ha-t tesz ki.

Az alga-gátló festékek tekintetében Magyarországon az IMO (International Maritime Organization) rendelkezései érvényesek (IMO 2002), használatuk nincs külön törvényben szabályozva. A legelterjedtebben használt alga-gátló sokáig a Dunalakk Kft. által gyártott Cuproline antifouling Vörös 800 volt. A kilencvenes években szinte minden hajót ezzel kezelték. Néhány éve nem gyártják, de még sok van belőle, és annak ellenére, hogy 2004-ben az utolsóknak is lejárt a szavatossága, még ma is sokan használják. A másik leggyakoribb festék a francia Nautix S.A. terméke a Nautix antifouling Autopolissant kék színű változata. 2002-2004-ben ezt a két festéket használták, megfigyeléseink szerint a balatoni hajók több mint nyolcvan százalékán. Mindkét alga-gátló rézvegyületeket tartalmaz, és a vízmozgás hatására folyamatosan kopik.

Vizsgálataink célja az volt, hogy megtudjuk, miképpen befolyásolja e két alga-gátló festék a bevonat néhány alapvető tulajdonságát:

1. Milyen mértékben csökkentik a kialakuló bevonat mennyiségét?
2. Van-e különbség az egyes alzatokon kialakuló bevonat fajkészletében, valamint a fajok dominancia-abundancia viszonyaiban?
3. Van-e különbség az egyes alzatokon a szukcesszió menetében?

## Anyag és módszer

A kísérleteket Balatonkenesén, a Középdunántúli Regionális Vízművek és a Balatonfői Yacht Club közös kikötőmedencéjében kihelyezett alzatokon végeztük 2003. július 12. és szeptember 1., valamint 2004. június 20. és október 6. között. Fából, valamint a hajók anyagával azonos műanyagból 10x10 cm-es lapokat vágunk, melyeket négyesével

csoportosítva, tartólécra rögzítve, 45 cm mélyre merítettünk a kikötő vízébe. Mindegyik négyes csoport a következő lapokból állott:

- i) műanyag lap, algicides kezelés nélkül (mesterséges alzat, kontroll; továbbiakban kezeletlen műanyag);
- ii) Cuproline antifouling Vörös 800 alga-gátló hajófestékekkel (DUNALAKK KFT. 1116. Budapest, Fehérvári út 211-213; továbbiakban vörös alzat) kezelt műanyag lap;
- iii) Nautix antifouling Autopolissant (önfényező) kék színű festékekkel (NAUTIX S.A. Z.I. des 5 Chemins 56520 GUIDEL FRANCE; továbbiakban kék alzat) kezelt műanyag lap;

iv) természetes anyagú, kezeletlen falap (természetes anyag, kontroll; továbbiakban fa alzat).

A két év között néhány különbség volt az alzatok kihelyezésében:

- 2003-ban a lapokat fix, 2004-ben úszó keretre rögzítettük. Így azok 2003-ban a vízszint csökkenésével egyre kisebb mélységbe kerültek, míg 2004-ben mindvégig ugyanabban a mélységben maradtak.

- A 2004-ben kihelyezett műanyag lapok a 2003-as lapokkal egy időben készültek. Ez látszólag nem különbség, valójában igen; a frissen készült műanyagból ugyanis kisebb mennyiségben szabadulhatnak fel mügyanta komponensek (ezt érezzük mint „hajószag”).

- 2003-ban a lapok nem vizsgált oldalukkal a kikötő bevonattal benőtt falának támaszkodtak, míg 2004-ben attól legalább 50 cm-re helyezkedtek el.

A kihelyezést követően heti gyakorisággal kivettünk a vízből egy sorozat alzatot, majd az egyes lapok felén, azaz 5 x 10 cm-es felületen, kemény gumi, illetve szükség esetén fém kaparó segítségével fellazítottuk a bevonatot, és ~23 cm<sup>3</sup> Balaton-vízbe mostuk be (a mintát nem tartósítottuk). A lapok azonos területű, másik feléről a bevonatot hasonlóképp távolítottuk el, egy másik gyűjtőedénybe helyeztük és Lugol oldattal (Németh, 1998) azonnal tartósítottuk.

A nem tartósított mintából 3 órán belül klorofill-a meghatározást végeztünk metanolos extrakcióval, spektrofotometriás módszerrel (Németh 1998). A fotometriás méréseket az MTA Tihanyi Limnológiai Kutatóintézetében Shimadzu típusú UV-VIS spektrofotométeren végeztük. A tartósított mintából Axiovert100 típusú fordított mikroszkóppal sejtszámlálást végeztünk (Ultermöhl 1958). Mintánként legalább 400 egyedet számoltunk le így a számolás hibája ± 10 %-nál kisebb volt (Lund et al. 1958).

A talált egyedeket számos határozó és kézikönyv segítségével (Ács és Kiss 2004; Kecskés et al. 1991; Kiss 1998; Krammer és Lange-Bertalot 1986-1991; Topacsevskij és

Okszijuk 1960; Schmidt és Fehér 1998-1999; Mrozinska 1985) lehetőség szerint faji szinten határoztuk meg, ahol ez az alkalmazott módszerrel nem volt lehetséges, ott nagyobb taxonokba sorolva jelöltük őket. A sejtszámoláshoz, valamint az egyes taxonok biomasszájának kiszámolásához a Algamica programot használtuk (Gosselain & Hamilton 2000). Az adatok további kezeléséhez, grafikonok rajzoláshoz, a Microsoft Excel for Windows, a diverzitás kiszámolásához a Past (Hammer et al. 2004), a cluster-analízishez pedig a Syntax programot (Podani 1995) alkalmaztuk.

### Eredmények és értékelés

A bevonatokban összesen 65 taxont azonosítottunk, melyek közül 30 perifitikus, a többi planktonikus életmódú volt. Perifitikus taxonok tették ki kezeletlen alzatokon a biomassza 99, alga-gátlóval kezelt alzatokon 90 %-át. A planktonikus taxonok nagy száma a bevonatban nem meglepő, hiszen általános, hogy újonnan kihelyezett alzatokon, először planktonikus taxonok találhatóak meg, majd később váltják fel őket a kifejezetten perifitikus életmódúak (Ács et al. 2000, Jöbgen et al. 2004). Az algagátló alzatokon folyamatosan keletkeztek bevonatmentes foltok, így ott különösen nem meglepő a planktonikus taxonok magas aránya.

Mind 2003-ban, mind 2004-ben - a korai mintáktól eltekintve - alga-gátlóval kezelt alzatokon nagyobb diverzitást figyeltünk meg, mint kezeletlen alzatokon. Emellett a két év között némi eltérést is tapasztaltunk:

a.) Fa alzat, 2003-ban a diverzitás az első mintában volt a legnagyobb, majd folyamatosan csökkent, ezzel szemben 2004-ben nem következett be jelentős csökkenés.

b.) Algagátlóval kezelt alzatokon 2003-ban a diverzitás nem változott trendszerűen, ezzel szemben 2004-ben határozottan emelkedett.

2003-ban az általam kihelyezett alzatok, a kikötő bevonattal gazdagon benőtt falához nagyon közel voltak. Diszperzál-limitáltság nem állhatott fenn, így az összes faj megjelenhetett már az első mintában is. Később a gyorsan növekvő fajok, a diverzitás csökkenését váltották ki. Hasonló esetekben mások is megfigyeltek a szukcesszió során monoton csökkenő diverzitást (Gergely et al. 2001). Alga-gátlóval kezelt alzatokon ez nem következett be, hiszen a festékek gátolták a domináns fajok túlzott elszaporodását. Emellett alga-gátlóval kezelt felületeken éppen az alga-gátló kopásának köszönhetően - mely a vízmozgás hatására mindig a szukcesszióban leginkább előrehaladt (legnagyobb biomasszát eltartó), területen következik be - egy lék-dinamikára emlékeztető folyamat játszódik le, ami a magas diverzitás fennmaradását eredményezi (Wilson 1994, Roxburgh et al. 2004).

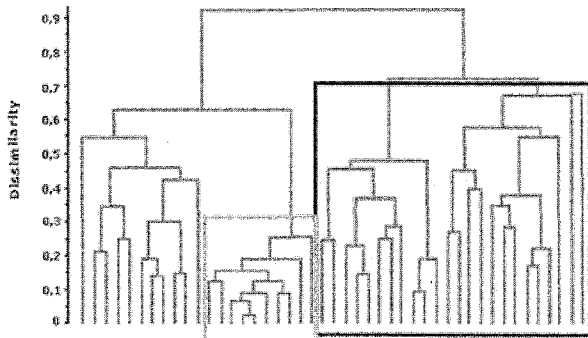
2004-ben az alzatokat a kikötő falától jóval messzebbre függesztettük, így a ritka bevonatlakó taxonok esetében valószínűleg propagulum limitáltság állhatott fenn. Tehát kezeletlen alzatokon először a planktonikus és a domináns bevonatképző fajok fordultak elő, majd mire az utóbbiak valóban dominánssá válna a diverzitás csökkenését vonták volna maguk után, megjelentek a ritka perifitikus taxonok is, megakadályozva a diverzitás csökkenését. Alga-gátlóval kezelt alzatokon természetesen 2004-ben sem következett be a késői szukcessziós taxonok elszaporodása, így mindig maradt hely a pionír stádiumot képviselő taxonoknak.

A Bray-Curtis disszimilaritás alapján végzett cluster-analízis (1. ábra), a fajkompozíció, valamint az alzatokon talált biomassza és klorofill-a tartalom (2. ábra) alapján a következő három alzatcsoport látszik elkülöníthetőnek:

1. Kései kezeletlen alzatok: Nagy biomasszával, és jól definiált fajkompozícióval rendelkeznek. A *Cladophora* vagy *Cymbella* fajok dominanciája, valamint számos ritkább, perifitikus életmódú faj jelenléte jellemző. Nagy számban fordulnak elő jó kompetíciós képességű, de kisebb méretű bevonatlakó fajok, mint a *Cocconeis placentula*, az *Achnanthes minutissima*, és a *Gomphonema* sp. (Ács és Kiss 1993, Ács és Buczkó 1994). Planktonikus fajok csak elvétve fordulnak elő.

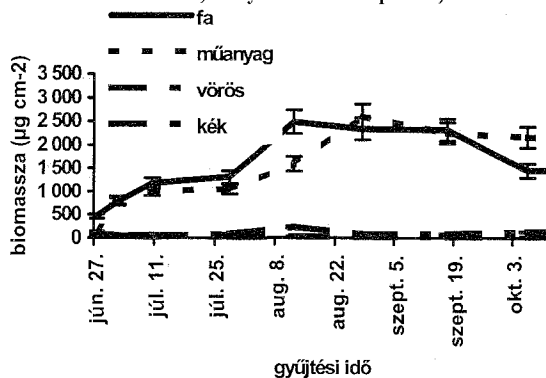
2. Korai kezeletlen alzatok: Nagy biomasszával, de jellegtelen fajösszetétellel rendelkeznek. A nagy méretű és gyakori, bevonatképző fajokon kívül számos planktonikus életmódú faj jelenléte jellemző. Hasonló eredményekről számol be: Ács et al. (2000) és Jöbgen et al. (2004). A fajkompozíciót valószínűleg elsősorban a betelepülés véletlen eseményei, és nem a kompetíció befolyásolják.

3. Algagátló festékekkel kezelt alzatok: Alacsony biomasszával és változatos fajösszetétellel rendelkeznek. Magas a fajszám, a planktonikus és perifitikus életmódú fajok együttes jelenléte jellemző. Gyakran tömegessé válnak olyan fajok, melyek kezeletlen alzatokon alig, vagy jóval kisebb arányban fordulnak elő, mint: *Aulacoseira granulata*, *Melosira varians*, *Cryptomonas* spp., *Planktolyngbya limnetica*.



1. ábra: 2004-es biomassza adatok alapján végzett cluster-analízis eredménye. (Algagátlóval kezelt alzatok: fekete keret, kései kezeletlen alzatok: szürke keret, korai kezeletlen alzatok: nincs keret.)

Fig. 1: Results of cluster-analysis based on biomass data from 2004 (Black frame: substrata treated with algaicids; Grey frame: No algaicid treatment, late successional phases; No frame: No algaicid treatment, early successional phases)



2. ábra: A perifiton biomassza ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) mennyisége a különböző, Balatonba helyezett alzatokon 2004. június 27. és október 6. között.

Fig. 2: Biomass of periphyton ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) on different (fa: wood; műanyag: untreated glass-fiber plastic (GFP); vörös: GFP treated with red antifouling; kék: GFP treated with blue antifouling) in Lake Balaton between 27 June and 6 October, 2004.

## Megbeszélés

A kísérletben használt két algagátló, egyaránt a következő módokon igyekszik csökkenteni a hajókon kialakuló bevonat mennyiségét:

A benne lévő nehézfémek (elsősorban réz) gátló hatást fejtenek ki az arra érzékeny taxonok megtelepedésére, illetve növekedésére.

A festék könnyen kopik, így a nagyobb tömegben megtelepedő algák a vízmozgás hatására a festékekkel együtt leessenek. Mozgó hajókon, ez a hatás természetesen jóval erősebb mint a kísérletben szereplő alzatokon.

A hajófenékről a vízbe kerülő nehézfémek az üledékben felhalmozódnak. Kikötőkben ez már jelentős réz felhalmozódáshoz vezetett (An és Kampbell 2003; Haynes és Loong 2002). A Balatonfüredi Hajógyár kikötőjében magas réz koncentráció mérhető a kikötőkben élő kagylókban (Balogh 1988) valamint időszakosan a kikötő vizéből gyűjtött zooplanktonban (Balogh 1986). Az utóbbi évtizedekben, a Balatonon közlekedő hajók száma sokszorosára emelkedett; így a jelenség hamarosan a nyílt víz üledékét is érintheti. A kikötőkben felhalmozódó réz, ugyanis kikerülhet a kikötőmedencékből, a Balatonra jellemző erős fenékfeletti áramlások következtében. További probléma, hogy kikötők kotrása során az iszapot gyakran a tó mélyebb részeire szállítják, így a réz átkerülése a tó más részeire sokkal gyorsabbá válik (Reynolds és mtsi. 1993).

Meg kell jegyezni, hogy mintavétel során, a bevonat lekaparásakor távozó festék mennyisége meglepő volt. Az eljárás teljesen általános: a hajók fenekét rendszeres időközönként eltávolítják. Olyan területeken, ahol a kaparást rendszeresen, nagy hajókon végzik, a nehézfémek felhalmozódása már kimutatható hatással van az élőlényekre (Tewari et al. 2001). Számos országban az alga-gátlók használata, és a hajók kaparása szigorúan szabályozott (Scammell és Baker), Magyarországon azonban semmiféle szabályozásról nincs ismeretünk.

Az üledékből táplálkozó állatok (pl. számos árvaszúnyog-faj lárvája) révén a réz a táplálékláncba kerülhet, és ott felhalmozódhat (Haas et al. 2004). 1976 és 1996 között, a réz koncentrációja, balatoni dévérkeszegek májában majdnem a kétszeresére emelkedett (Farkas et al. 1999).

Úgy gondoljuk kiemelt figyelmet kellene fordítani néhány vizsgálat mielőbbi elvégzésére:

Meghatározni a réz koncentrációit a Balaton nyílt vízi, valamint a kikötők üledékében és néhány indikátor szervezetben.

Vizsgálni a réz körforgását esetleg eltávolításának lehetséges módjait.

Megfigyelni, hogy a hajók karbantartása során mikor, és hol áll fenn a legnagyobb szennyezés veszélye.

Az eredmények alapján, több más országhoz hasonlóan, de tekintettel a speciális balatoni viszonyokra, törvényben kellene szabályozni az algagátlók használatát, és a karbantartási munkák körülményeit. Így elkerülhetők lesznek azok a káros következmények, melyeket az algagátlók felelőtlen használata okozhat.

## Köszönetnyilvánítás

A munkát az NKFP BALÖKO (3B/022/2004) programja támogatta.

### The effects of antifouling paints on the characteristics of attached algal communities in Lake Balaton, Hungary

**Abstract:** Sets of wooden, plastic, and antifouling coated plastic plates were submerged into the water of the Eastern Basin of Lake Balaton, Hungary in summers of 2003 and 2004 in order to study the effect of the different substrata on qualitative and quantitative characteristics of attached algal communities. A set of plates was removed every week and the fouling was observed with light microscopy. The Chlorophyll-a content of the fouling was also determined. According to the results, the antifouling paints influence not only the biomass but also some other characteristics of the fouling. Since these paints inhibit the growth of the dominant species, higher diversity can be observed on coated than on uncoated substrates. The self polishing of the paint results in the permanent presence of uncovered surface (gaps) allowing the occurrence of several planktonic and less competitive periphytic species that are otherwise excluded from uncoated substrates during the succession. The occurrence of some seasonal species is also typical. These species cannot establish in the stable communities of uncoated substrates but can easily invade the disturbed communities of antifouling coated ones.

**Keywords:** antifouling paint, biofouling, hull, succession

## Irodalom:

- Ács, É., Buczkó, K. (1994) Daily changes of reed periphyton composition in a shallow Hungarian lake (Lake Velence). 13th Intern. Diatom Sympos. 1994.
- Ács, É., és Kiss, K. T. (2004) Algológiai praktikum. ELTE. Eötvös Kiadó, Bpest.
- Ács, É., Kiss, K. T. (1993) Colonization processes of diatoms on artificial substrates in the River Danube near Budapest. *Hydrobiologia* 269/270:307-315.
- Ács, É., Kiss, K. T., Szabó, K., Makk, J. (2000) Short-term colonization sequence of periphyton on glass slides in a large river (River Danube, near Budapest). *Algological Studies* 100:135-156.
- An, Y.-J., Kampbell, D. H. (2003) Total, dissolved, and bioavailable metals at Lake Texoma marinas. *Environmental Pollution* 122:253-259.
- Balogh, V. K. (1986) Szennyvíztisztító és vitorlástelep nehézfém-szennyezése Balatonfüred térségében. *Hidrológiai Közlöny* 6/6:360-365.
- Balogh, V. K. (1988) Heavy metal pollution from a point source demonstrated by mussel (*Unio pictorum* L.) at Lake Balaton Hungary. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 41:910-914.
- Farkas, A., Salánki, J., Varanka, I. (1999) Toxikus nehézfémek balatoni halakban - angolna, dévérkeszeg, fogassüllő - *Hidrológiai Közlöny* 1999/6:311-313.
- Gergely, A., Hahn, I., Mészáros-Draskovits, R.; Simon, T.; Szabó, M. & Barabás, S. 2001. Vegetation succession in a newly exposed Danube riverbed. *Applied Vegetation Science* 4: 35-40.
- Gosselain, V., Hamilton, P. B. (2000) Algamica: revisions to a key-based computerized counting program for free-living, attached, and benthic algae. Submitted to *Hydrobiologia* 438: 139-142.
- Haas, E. M., Paumena, M. L., Koelmans, A. A., Kraaka, M. H. S. (2004) Combined effects of copper and food on the midge Chironomus riparius in whole-sediment bioassays. *Environmental Pollution* 127:99-107.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2004) PAST - Paleontological Statistics, Ver. 1.32. <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
- Haynes, D., Loong, D. (2002) Antifoulant (butyltin and copper) concentrations in sediments from the Great Barrier Reef World Heritage Area, Australia. *Environmental Pollution* 120:391-396.
- IMO. (International Maritime Organisation) (2002) International Convention on the control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships. <http://www.imo.org>
- Jöbgen, A. M., Palm, A., Michael, M. (2004) Phosphorus removal from eutrophic lakes using periphyton on submerged artificial substrata. *Hydrobiologia* 528: 123-142.
- Kecksés, M., Hortobágyi, T., Padisák, J., Tóth, S., Babos, L., Verseghy, K., Orbán, S. (1991) Bakterium, alga, gomba, zuzmó és moha határozó. Tankönyvkiadó Budapest pp. 293.
- Kiss, K. T. (1998) Bevezetés az algológiába. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot (1986-1991): Bacillariophyceae. In Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1-4.
- Lund, J. W. G., Kipling, C., LeCren, E. D. (1958) The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of enumeration by counting. *Hydrobiologia* 11:143-170.
- Mrozinska, T. (1985) Subwasserflora von Mitteleuropa. Chlorophyta VI. (Oedogoniophyceae: Oedogoniales.). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. New York.
- Németh, J. (1998) A biológiai vízminősítés módszerei. Víz természet- és környezetvédelem, 7. kötet KGI, 251. p.
- Podani, J. (1995) SYN-TAX 5.0: Computer programs for multivariate analysis in ecology and systematics. In: G. Guariso & A. Rizzoli (eds.), Software per l'Ambiente. Patron, Bologna. pp. 37-43.
- Reynolds, C. S., Padisák, J. & Kóbor, I. (1993) A localized bloom of *Dinobryon sociale* in Lake Balaton: Some implications for the perception of patchiness and the maintenance of species richness. *Abstracta Botanica* 17: 251-260.
- Roxburgh, S. H., Shea, K., Wilson, J. B. (2004) The intermediate disturbance hypothesis: patch dynamics and mechanisms of species coexistence. *Ecology* 85(2):359-371.
- Scammell, M. S., Baker, R.: Code Of Practice for Antifouling and In-water Hull Cleaning and Maintenance. In: Kathy Burton et al, Hyder Consulting Pty Ltd. ANZECC Maritime Accidents and Pollution Implementation Group
- Schmidt, A., Fehér, G. (1998) A zöldalgák Chlorococcales rendjének kishatározója 1. Víz természet és környezetvédelem 5. kötet.
- Schmidt, A., Fehér, G. (1999) A zöldalgák Chlorococcales rendjének kishatározója 2. Víz természet és környezetvédelem 10. kötet.
- Tewari, A., Joshi, H. V., Trivedi, R. H., Sravankumar, V. G., Raghunathan, C., Khambhaty, Y., Kotiwar, O. S., Mandal, S. K. (2001) The Effect of Ship Scrapping Industry and its Associated Wastes on the Biomass Production and Biodiversity of Biota in situ Condition at Alang. *Marine Pollution Bulletin* 42/6:462-469.
- Topacevszkij, O. V., Okszyuk, O. P. (1960) Viznacsnyik prisznovodnyih vodorosztej Ukrainszkjoj RCR. Bacillariophyta (Diatomeae). Vidavinstvo Akademij Nauk Ukrainszkjoj RCR.
- Utermöhl, H. (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. - Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol. 5:567-596.
- Wilson, J. B. (1994) The intermediate disturbance hypothesis of species coexistence is based on patch dynamics. *New Zealand Jour. of Ecology* 18:176-181