

TAVASZI KOVAALGA (CENTRALES) VÍZVIRÁGZÁS A DUNÁN GÖDNÉL

HIDAS ANDRÁS^{1,2}, DULEBA MÓNIKA¹, GRIGORSZKY ISTVÁN³ ÉS
KISS KEVE TIHAMÉR¹

1 – MTA ÖK Duna-kutató Intézet, Budapest

2 – ELTE TTK, Budapest

3 – Debreceni Egyetem TEK-TTK Hidrobiológiai Tanszék, Debrecen

Bevezetés és célkitűzések

A fitoplankton mennyiségi viszonyait és szezonális változását kevesen vizsgálják a téli és tavaszi folyóvizekben. Ennek egyik oka, hogy télen a fitoplankton mennyisége viszonylag alacsony, ezért alacsony szerepet játszik az elsődleges termelés során. Emellett technikai problémát is jelent a gyűjtés télen egy folyóvízen.

A téli vízvirágzásról manapság már több adatot is találunk az irodalomban, pl., tavakban leírták az *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Simonsen jég alatti vízvirágzását (Twiss, M.R. et al. 2012), tengerben (Lourey, M.J. et al. 2013), folyóvízben (Kiss & Genkal 1993).

A dunai vizsgálatok során bebizonyosodott az a megállapítás, hogy egy nagy eutrofikus folyóvíz fitoplanktonja egész évben változatos, és télen, kora tavasszal is nagy denzitást mutathat. Számos európai nagy folyóban találtak vízvirágzást, ahol nyáron ugyancsak a Centrales és Chlorococcales fajok dominálnak (Rojo et al. 1994, Reynolds & Descy 1996). A téli vízvirágzás ismert jelenség a Dunában, több közlést is találunk erre vonatkozóan (Kiss & Genkal 1993, Kiss 1997).

A vízvirágzás egyik kiváltó oka lehet a Duna német és osztrák szakaszán épült erőművek víztározóinak ülepítő hatása, amely visszatartja a vízben a lebegőanyagot, ezáltal nő a víz átlátszósága, ami az algák fotoszintéziséhez kedvező fényviszonyokat eredményez. (Kiss 1994, Kiss & Genkal 1996).

Az édesvizek pelágikus ökoszisztémájában a fitoplankton termelése jelenti a végső forrást a szerves anyag termelésében a planktonikus heterotrofikus baktériumok számára, amelyek funkcionális és strukturális részei a plankton közösségnek. (Vörös et al. 2000)

Ezen dolgozat célja, bemutatni a 2014-es kora tavaszi Centrales vízvirágzást a Dunán (a 2015-ös adatokkal kiegészítve) és a jelenségre magyarázatot adni.

Anyag és módszer

A fitoplankton mintákat 2014. február 5-től május 13-ig és 2015. január 26-tól május 15-ig nagyjából hetente gyűjtöttük a Duna sodorvonalában, a felszín közeli vízrétegből 1 literes palackokba a Budapest feletti Gödnél (1669 fkm, átlag vízhozam: 2300 m³/s, átlagsebesség: ~1 m/s, kisvízes időszakban: ~0,8; nagyvízes időszakban: az 1,5 m/s-ot is eléri). A mintákat Lugol-oldattal rögzítettük. A minőségi és mennyiségi vizsgálatot fordított mikroszkóppal Utermöhl (1958) módszerével végeztük. Az a-klorofill mennyiségét Felföldy (1987) szerint határoztuk meg.

A vízhozam adatokat az Országos Vízelző Szolgálat honlapjáról töltöttem le.

A rögzített mintákat feldolgozás előtt homogenizáltuk, majd egy 2,23 ml-es számlálókamrába töltöttük. A számolásnál 400 egyedig számolva meghatároztuk a fajokat. Az

egyedszám úgy állt elő, hogy a kamra térfogat (2,23 ml), az átszámolt sávszélesség, az átszámolt átmérők alapján számolható ki egy szorzó, amivel a megszámlált sejtszámot megszorozva kapjuk az egyedszám: ind/ml értéket. Ez utóbbit megszorozva az egyedi biomasszával, kapjuk a faj biomasszáját. Az alga nyers biomasszáját a víz sűrűségével azonosnak véve, annyi mg/l, amennyi μm^3 az alga térfogata 1 literben. A biomassa adja meg az algák valós mennyiségét (tömegét), ezért van több esetben különbség az egyedszám és a biomassa ábrákon.

A fajösszetételből állandóságot (konstanciát) számoltam, ami megadja, hogy az összes minta hány százalékában fordult elő az adott faj.

Néhány mintából elektronmikroszkópos vizsgálatot is végeztünk. Ehhez a forró hidrogén-peroxidos roncsolási módszert használtuk. A mintát alaposan homogenizáltuk, majd hőálló üvegedénybe ismert térfogatú mintát pipettáztunk. Ezután hozzáértünk 1/3-adnyi 1 mol/dm³-es sósavat és a minta térfogatának 3-szorosa mennyiségű tömény hidrogén-peroxidot adtunk hozzá, ezt követően kb. 90 °C-on addig „főztük”, amíg a kivett minta eredeti térfogatára párolódott be. Ezután 1 napig hagytuk ülepedni a vázakat, majd óvatosan dekantáltuk a mintát. A desztillált vizes mosást, dekantálást ötször megismételtük. A megfelelően hígított mintát közvetlenül az elektronmikroszkóp mintatartójára csöppentettük és lassan beszárítottuk, majd aranyozó készülék segítségével vékony aranyréteggel vontuk be, majd pásztázó elektronmikroszkóppal (Zeiss EVO MA10) vizsgáltuk (Ács és Kiss 2004).

A Centrales fajok, ill. általában a fitoplankton nagytömegű elszaporodásának jelenségére a vízvirágzás kifejezést használjuk.

Eredmények

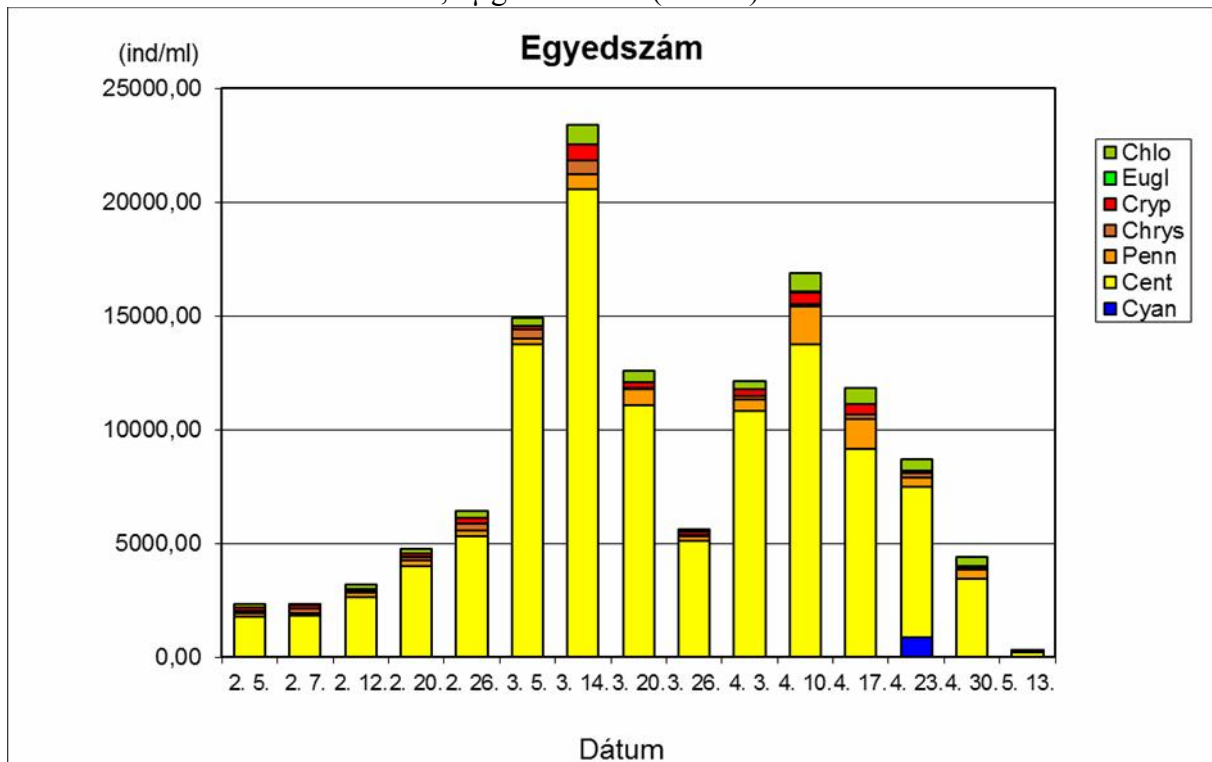
A fajösszetételt tekintve elmondható, hogy a legváltozatosabb csoportok a Chrysophyceae, Bacillariophyceae és a Chlorophyta voltak (1. táblázat). A megtalált taxonoknál állandóságot számoltunk annak függvényében, hogy hány mintában volt jelen az adott faj, így láthatóvá vált az egyes fajok tényleges gyakorisága. A legnagyobb állandóságot mutató, azaz a gyakori fajok a következők voltak: *Chrysococcus rufescens*, *Cyclostephanos dubius*, *Cyclotella atomus*, *C. meduanae*, *C. meneghiniana*, *Stephanodiscus hantzschii*, *S. invisitatus*, *S. minutulus*, *Thalassiosira weissflogii*, *Asterionella formosa*, *Nitzschia acicularis*, *Chroomonas acuta*, *Chlamydomonas globosa*, *C. reinhardtii*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Koliella longiseta* (2. és 3. táblázat). Ezen fajok gyakoriságának magyarázata az, hogy, jól tűrik a hideget és a viszonylag rövid megvilágítási periódust (Kiss 1998). A Cyanobacteria, Dinophyta, Euglenophyta törzsek nem mutattak nagy változatosságot és kevés fajuk került elő, ezek színezőelemnek tekinthetők.

A minták feldolgozása során felfigyeltünk arra, hogy március elején hirtelen megnövekedett a fitoplankton egyedszáma és tömege. A február eleji mintákban az egyedszám 2350 egyed/ml-es értéket mutatott (1. ábra). Március 5-én 15000 egyed/ml, március 14-én pedig már 23400 egyed/ml volt az egyedszám. Ez azt jelenti, hogy február elejéhez képest csaknem megítszereződött ez az érték.

A biomassa adatok is mutatják ezt a kiugró növekedést. Itt február elején 1 mg/l körül volt az érték, március közepére már 17 mg/l-re nőtt (2. ábra).

Március 14-e után a fitoplankton mennyisége csökkenni kezdett, egészen március 26-ig, amikor 2,23 mg/l-es volt a biomassa, az egyedszám pedig 5600 egyed/ml-es. Ezt követően április 10-ig ismét növekedni kezdett a fitoplankton mennyisége (egyedszám 16900 egyed/ml, biomassa 8,6 mg/l), majd ezután a vizsgált időszak végéig fokozatosan csökkent, és május 13-án az egyedszám csupán 300 egyed/ml, a biomassa pedig 0,2 mg/l volt.

Az a-klorofill értékek a biomassza változását követték. Február 5-én 2,5 µg/l-ről indult, a csúcstól március 14-én érte el 55,2 µg/l értékkel. (2. ábra)



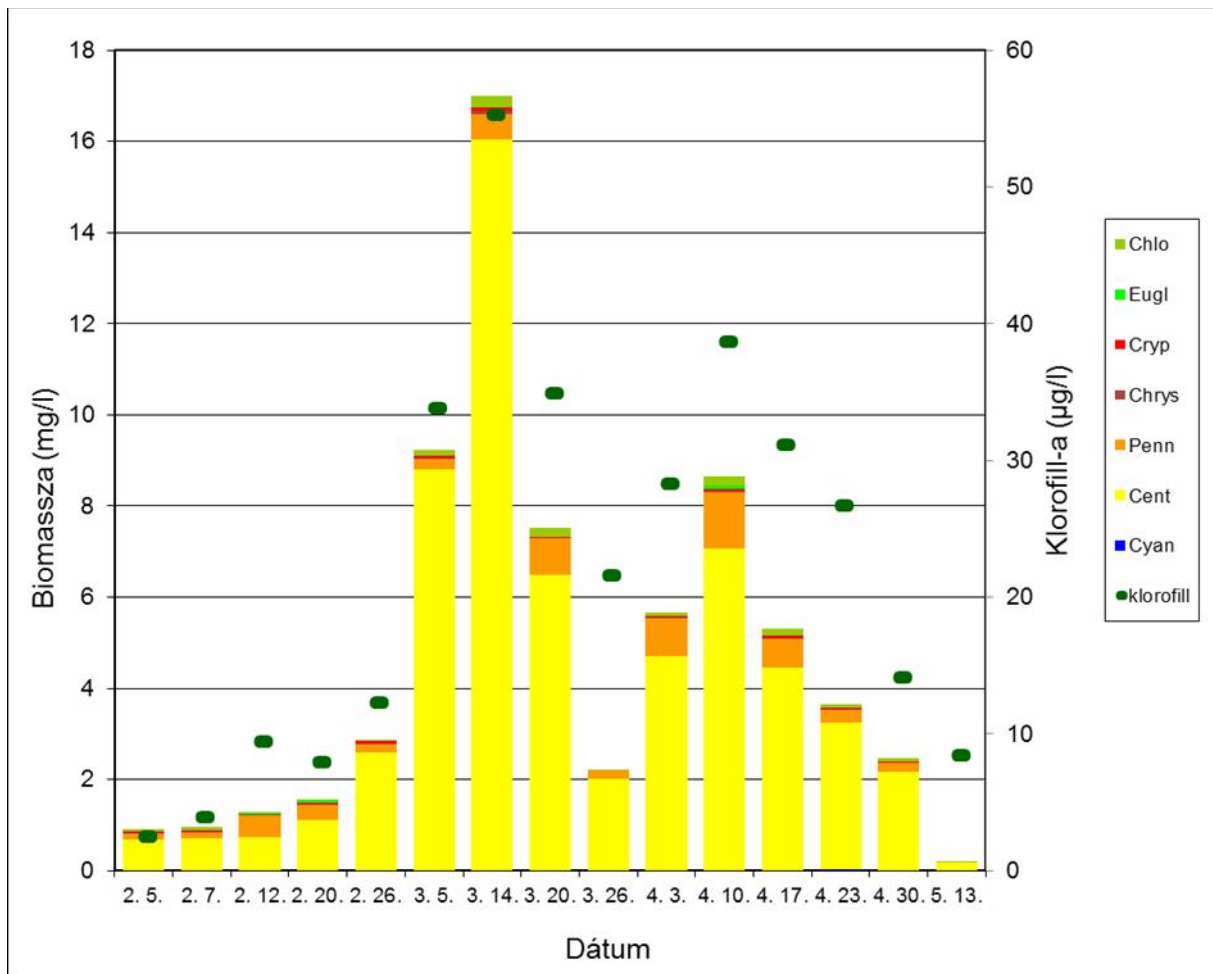
1. ábra: A fitoplankton egyedszámának változása 2014 tavaszán Gödnél. **Chlo:** Chlorophyta, **Eugl:** Euglenophyta, **Cryp:** Cryptophyta, **Chrys:** Chrysophyceae, **Penn:** Pennales, **Cent:** Centrales, **Cyan:** Cyanobacteria

Az egyedszám és biomassza értékek alakulását jelentősen befolyásolja az aktuális vízhozam (3. ábra). Február elején a vízhozam 1400 m³/s értéket mutatott, ez február közepéig 1700 m³/s-ra nőtt. Ezután március 12.-ig 1100 m³/s-ig csökkent, ezzel elérve a vizsgált időszak minimumát. Ez az alacsony vízállás kedvezett az algák gyors szaporodásának, így március közepére kialakult a vízvirágzás. A vízhozam március 28-ig csaknem 1600 m³/s-ig növekedett, azután március 24-én 1300 m³/s-os csökkenést mutatott. Március végére 1200 m³/s csökkent és ezt követően, néhány kisebb csökkenéssel, fokozatosan növekedni kezdett. Május közepére már 1800 m³/s-re nőtt és ezután hirtelen emelkedett egy nagy árhullám hatására, ami később is folytatódott. Ennek következtében már gátlódott az algák szaporodása (4, 5. ábra).

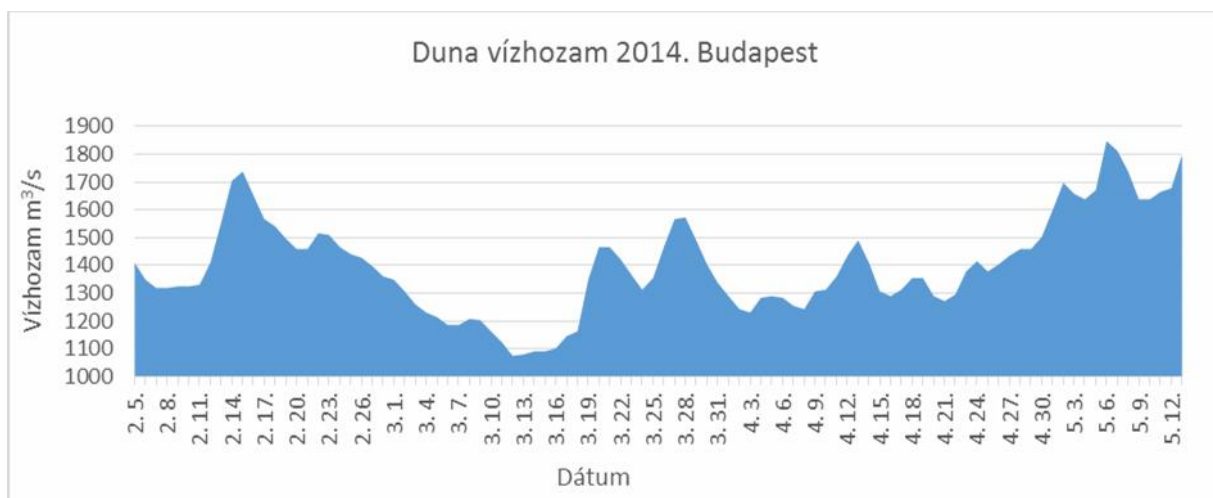
2015-ben ismét bekövetkezett a jelenség, habár kisebb mértékben (6, 7. ábra). Itt az egyedszám és a biomassza is többé kevésbé lineárisan emelkedett, szemben a 2014-es exponenciális növekedéssel. Február végén érkezett Gödhöz egy árhullám, ami korlátozta az algák szaporodását, ezért csak lineárisan nőttek az értékek. Február 13-án szembetűnő az egyedszám ábrán a cianobaktériumok aránya. Ezek többnyire Synechococcusok voltak, forrásuk ismeretlen eredetű, jelentőségük nem nagy, hiszen a biomasszában nagy változást nem okoznak.

A vízhozam 2014-hez képest nagyobb volt (2014: 1200-1800 m³/s; 2015: 1500-2500 m³/s), az egyedszám és a biomassza viszont jóval kisebb (egyedszám: 2014: 10000-20000 ind/ml, 2015: 3000-8000 ind/ml; biomassza maximum: 2014: 17 mg/l, 2015: 4,5 mg/l). A taxonok összetételének aránya hasonló a két évben.

2015. március 14-én Pozsonyban is gyűjtöttünk mintát, az eredményeken jól látszik, hogy a vízvirágzás már itt kialakult (8, 9. ábra). Az egyedszám és a biomassza is közel fele a gödi értékekhez képest, az árhullám körülbelül két nap alatt teszi meg ezt az utat, vagyis ennyi idő alatt megduplázódik a fitoplankton.



2. ábra A fitoplankton biomasszájának és az a-klorofill koncentrációjának alakulása 2014 tavaszán Gödnél. (rövidítések az 1. ábrán)



3. ábra A Duna vízhozamának alakulása 2014 tavaszán (budapesti vízhozam adatok)

Diszkusszió

A dunai vízvirágzás különböző feltételei között az alábbiakat kell megvizsgálnunk: víz alatti fényklíma, vízsebesség, vízhozam, tápanyagellátás, hőmérséklet, szaporodáshoz szükséges idő megléte.

A nagy vízhozam nem kedvez a fitoplankton fejlődésének, mert nő a víz sebessége is, ami magas lebegőanyag koncentrációt eredményez, így a víz átlátszósága csökken, és ennek következtében kevesebb fény jut a vízbe, ezzel gátolva a fotoszintézist. A március közepi alacsony vízállás éppen ezért nagyon kedvező fényklímát okozott, az algák gyakorlatilag képesek voltak a folyó teljes mélységében fotoszintetizálni, elősegítve így a vízvirágzást. Árvíz idején csupán 25-30% az eufotikus zóna aránya, kisvízes időszakban ez 80-90% (Kiss 1994). Áprilisban ugyan nem csökkent kiugróan a vízhozam, de a fitoplankton mennyisége mégis nagy volt. Ennek az a magyarázata, hogy nőtt a megvilágított órák hossza és ezzel együtt a víz hőmérséklet is, elősegítve az algák szaporodását.

A téli-koravavaszi hideg vízben elsősorban a Centrales fajok dominálnak. Közülük néhány faj (pl. *Stephanodiscus minutulus*) jól tűri a hideg vizet és az alacsony megvilágítást, így a többi algafajjal szemben kompetitív előnyre tesznek szert, ezért lehetséges, hogy ilyen nagy tömegben el tudnak szaporodni a hideg vízben, ezzel jelentősen növelve a fitoplankton biomasszáját. A hőmérséklet ebben az esetben tehát nem limitáló, hanem csak szelektáló tényező. A fénymikroszkópos vizsgálatok alapján, a vízvirágzás kezdeti szakaszában szinte egységesen kis átmérőjű (7-9 μm) kis sejttérfogatú (átlagosan 280-400 μm^3) Centrales fajok jelentek meg (pl. *Stephanodiscus minutulus*). Később egyre több nagyobb átmérőjű sejtet (10-15 μm) találtunk (pl. *S. hantzscii* f. *tenuis*, *S. neoastrea*).

Az eutrófikus nagy folyók fitoplanktonjára jellemző, hogy a nyári meleg időszakban a fitoplankton nagy tömegben jelenik meg, vízvirágzás alakul ki (Descy & Gosselain, 1994, Rojo et al. 1994, Reynolds & Descy 1996). Ilyenkor pl. az európai folyókban: Meuse (Descy & Gosselain, 1994.), Volga (Genkal 1992) nagy mennyiséget érnek el a Centrales és Chlorococcales fajok, akárcsak a Dunában (Kiss 1996, Dokulil & Donaubaum 2014).

A vízvirágzás kialakulását meghatározó környezeti tényezők közül talán a legfontosabb a bőséges tápanyagellátás (Déri 1991, Varga és mtsai. 1989, Istvánovics és Honti 2012). A tápanyagtartalom télen, koravasszal sem csökken annyira, hogy az korlátozná az algák szaporodását. Ehhez még hozzáadódik a kedvező víz alatti fényklíma is, ami a hidegtűrő fajok gyors reprodukcióját segíti elő, ezzel vízvirágzást okozva. Az utóbbi évek vizsgálatai alapján a Dunában az ásványi-N éves átlagos mennyisége 2,05 mg/l, a PO₄-P átlagos mennyisége pedig 0,054 mg/l. A N-, a P-, vagy a Si koncentrációja a vízvirágzás következtében sem csökken olyan mértékben, hogy bármelyikük limitálná a fitoplankton további szaporodását.

Meglepőnek tűnhet, hogy a vízvirágzás következtében a fitoplankton mennyisége tél végén-koravasszal egy hét alatt szinte megduplázódott, két heti viszonylatban pedig meghatszorozódott, azonban a kovaalgákra jellemző az effajta rendkívül gyors szaporodási képesség (Kiss 1996).

A vízvirágzás ilyen korai és nagymértékű kialakulását több tekintetben a Duna német, osztrák és szlovák szakaszán elhelyezkedő nagyszámú vízerőmű tározóinak hatásának tulajdoníthatjuk (Kiss 1998, Kiss 2000). Ezekben a tározókban ugyanis kedvezőek a feltételek az algák gyors elszaporodásához, mert nagy a felületük, kicsi a sebességük, és így nagy az ülepítő hatásuk. Ez pedig lehetővé teszi, hogy még a fagyponthoz közeli vízben is jelentősen elszaporodjanak az ehhez alkalmazkodott algák.

Limitáló tényezőként szóba jöhet még a zooplankton általi kifalás jelensége (top down kontroll), azonban koravasszal kicsi a zooplankton szervezetek fogyasztása (V.-Balogh et al. 1994, Kiss 2009). A fitoplankton termelte szerves szén mennyiségének mindössze 0,03%-a

jelenik meg a Crustacea biomasszában (Bothár & Kiss 1990), tehát nem jelentős limitáló tényező a zooplankton fogyasztása.

A 2015-ös adatok is megerősítik azt a feltételezést, miszerint a kora tavaszi vízvirágzás jelensége a Dunában éves ritmust mutat, minden évben bekövetkezik, amennyiben ezt lehetővé teszik a környezeti feltételek. A pozsonyi minta azt jelzi, hogy a már ott kialakult egy kisebb mértékű vízvirágzás és valószínűleg a Duna felsőbb szakaszain is.

A tél végi, koratavaszi dunai fitoplankton virágzás időpontjának korábbi időpontban való kialakulása, ami az utóbbi évtizedben egyértelművé vált, összefügghet a klímaváltozással is. A Duna átlaghőmérséklete az utóbbi négy évtizedben 2 C^o-kal emelkedett, ez is szerepet játszhat a vízvirágzás korábbi megjelenésének. Összességében azt lehet mondani, hogy a bőséges növényi tápanyag ellátás, a kis vízhozam (kis vízsebesség, kis lebegőanyag tartalom), kedvező fényklíma és számos algafaj hidegtűrése együttesen járul hozzá ehhez a hideg vízben kialakuló vízvirágzáshoz, ami világszerte is ritka jelenség.

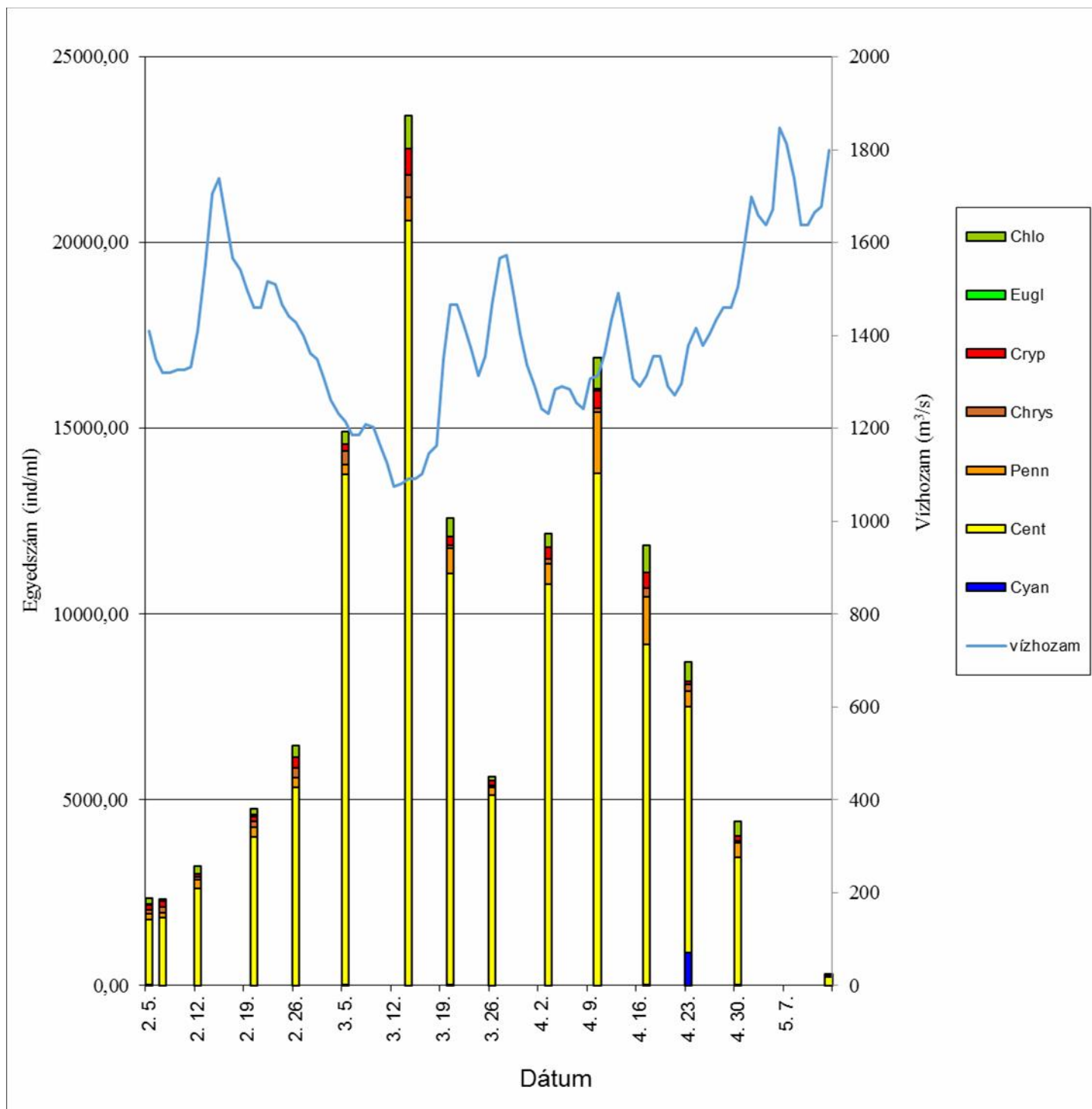
Összefoglaló

2014 február eleje - május közepe között, illetve 2015-ben ugyanebben az időszakban, heti rendszerességgel vizsgáltuk a fitoplankton tömegét és összetételét a Duna gödi szakaszán (1669 fkm). A nagy folyók téli-koratavaszi fitoplankton összetételét kevesen tanulmányozzák, mert a biomassza és az egyedszám a hideg vízben általában alacsony, így a vizsgálatok elsősorban a vegetációs periódusra koncentrálnak. A Duna gödi szakaszán a fitoplankton domináns komponensei a *Stephanodiscus* spp. kovaalgák voltak, ezek képezték a fitoplankton együttesek mintegy 80%-át. A vízvirágzást a 2014. május 12-én érkező relatívan nagy árhullám szakította meg.

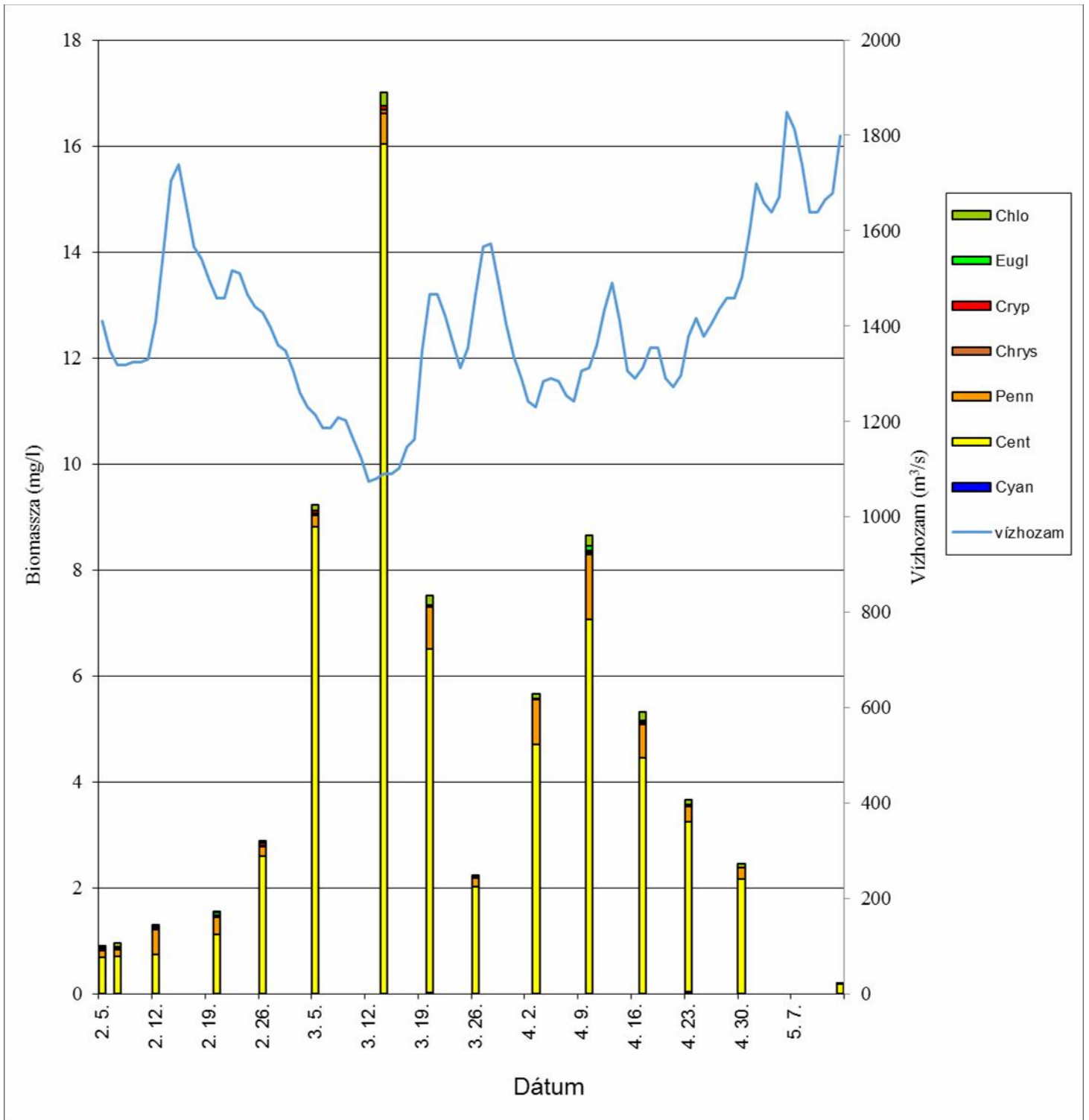
Az eredményeket korábbi tanulmányokkal összehasonlítva tudjuk, hogy többször előfordult már hasonló vízvirágzás a Duna főágában a vizsgált szakaszon. A késő téli-koratavaszi fitoplankton vízvirágzás jelenségét először a Duna gödi mellékágában és a Soroksári-Duna mellékágban regisztrálták az 1980-as évek végén. A jelenség okai az elegendő növényi tápanyag kínálat mellett kialakuló kis vízsebesség, az alacsony lebegőanyag tartalom és az ezzel járó nagy átlátszóság. Az egyedüli limitáló tényező az alacsony vízhőmérséklet és a rövid naphosszak.

Az irodalmi adatok azt mutatják, hogy a fitoplankton, különösen a Centrales kovaalga fajok tolerálni tudják az áramlást, a turbulenciát és a gyenge fényviszonyokat a legtöbb nagy folyóban. Azt feltételezzük, hogy a *Stephanodiscus* fajok jól alkalmazkodnak ezekhez a feltételekhez; alacsony hőmérsékleten a fotoszintézisük sokkal hatékonyabb, mint más fajoknak.

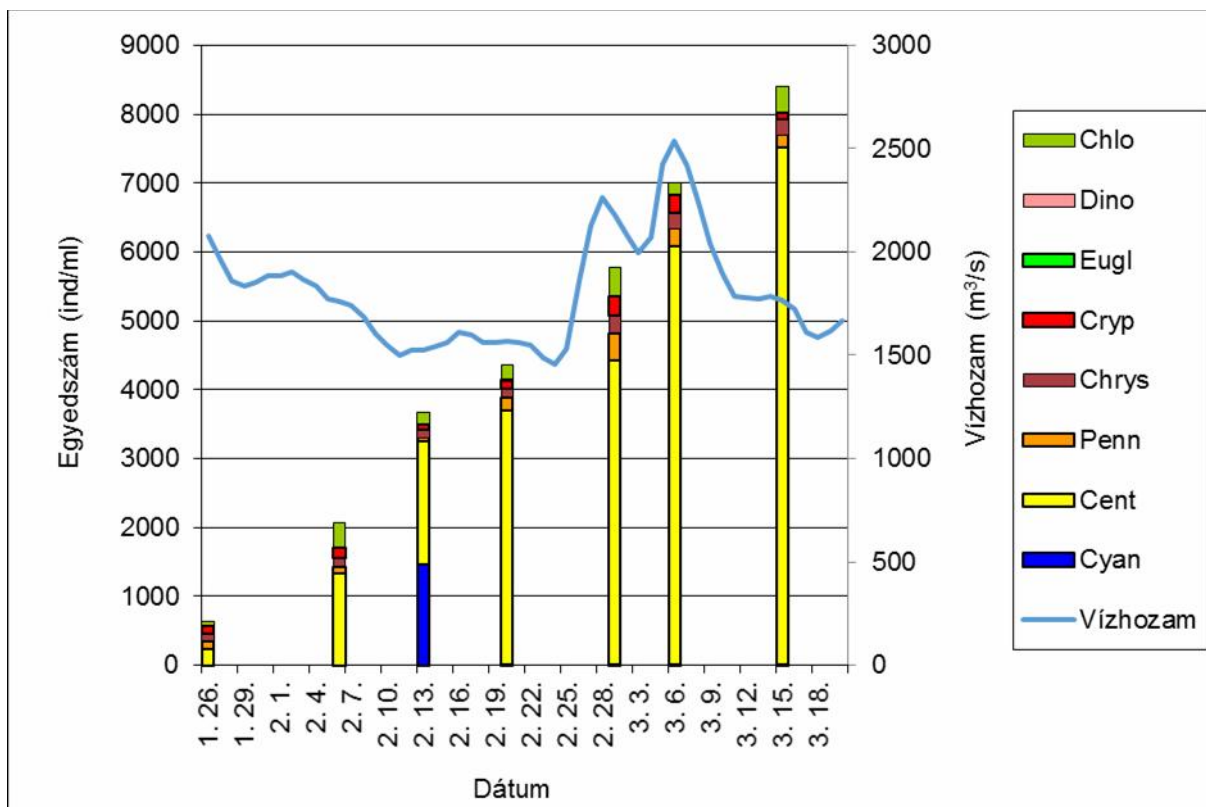
A 2015-ös adatok megerősítették a fentieket, a jelenség idén is bekövetkezett, habár kisebb mértékben. 2015. március 14-én a Duna pozsonyi szakaszán is vettünk mintát, ami alátámasztja azt a feltételezésünket, hogy a vízvirágzás már ott megjelenik és valószínűleg a Duna felsőbb részén is. A kora tavaszi vízvirágzás jelensége éves ritmust mutat, minden évben bekövetkezik, amennyiben kedvezőek a környezeti feltételek.



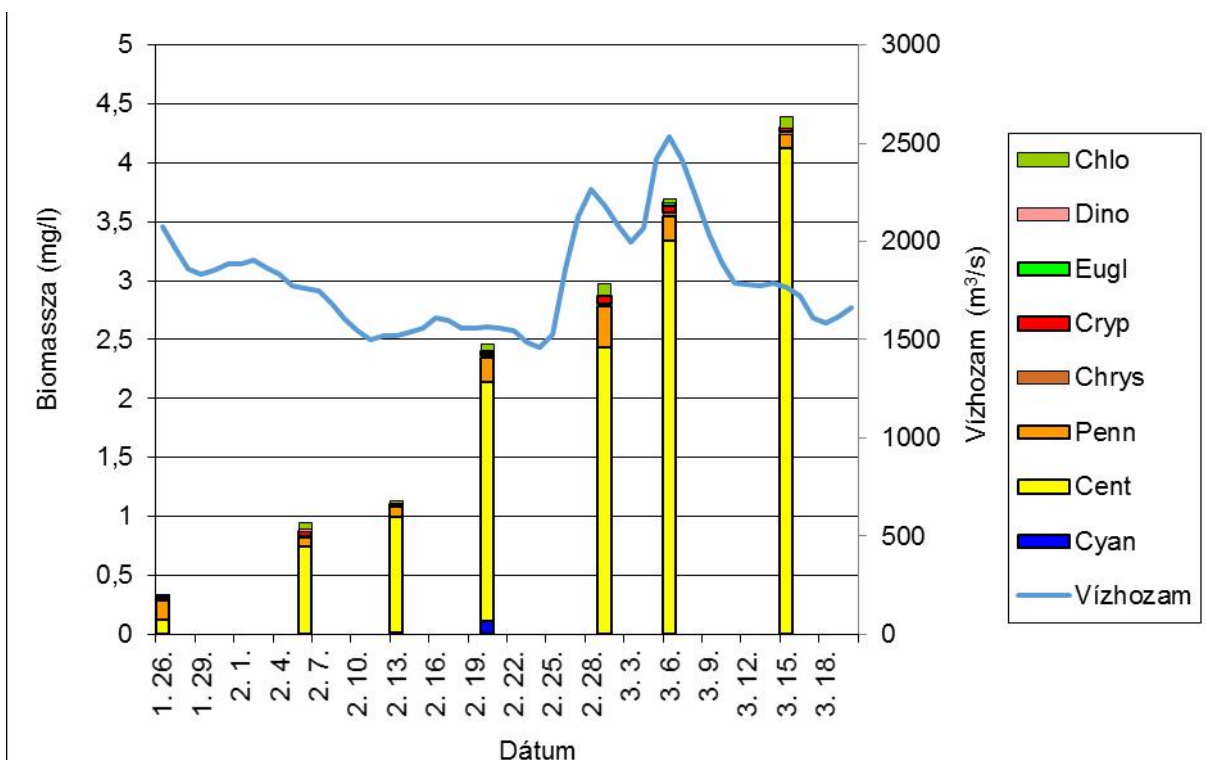
4. ábra A fitoplankton egyedszámának alakulása 2014 tavaszán Gödnél a vízhozammal összehasonlítva. (rövidítések az 1. ábrán)



5. ábra A fitoplankton biomassájának alakulása 2014 tavaszán Gödnél a vízhozammal összehasonlítva. (rövidítések az 1. ábrán)

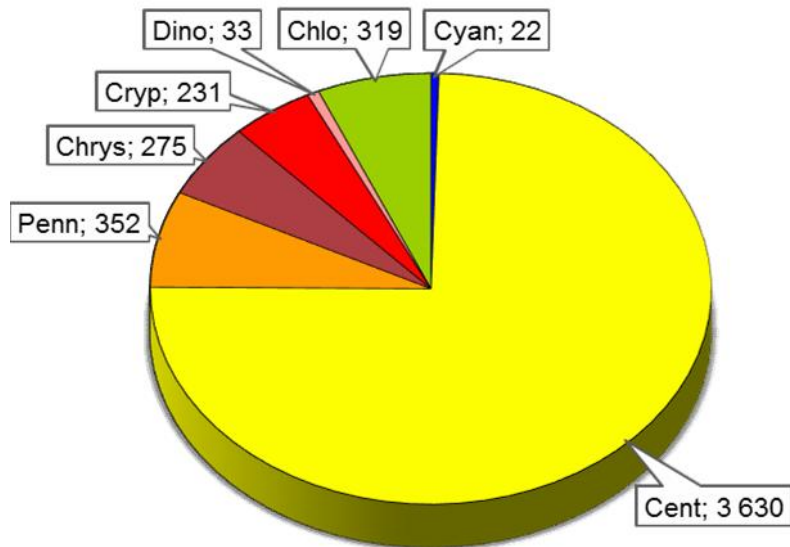


6. ábra A fitoplankton egysedszámának alakulása 2015 tavaszán Gödnél a vízhozammal összehasonlítva. (rövidítések az 1. ábrán)



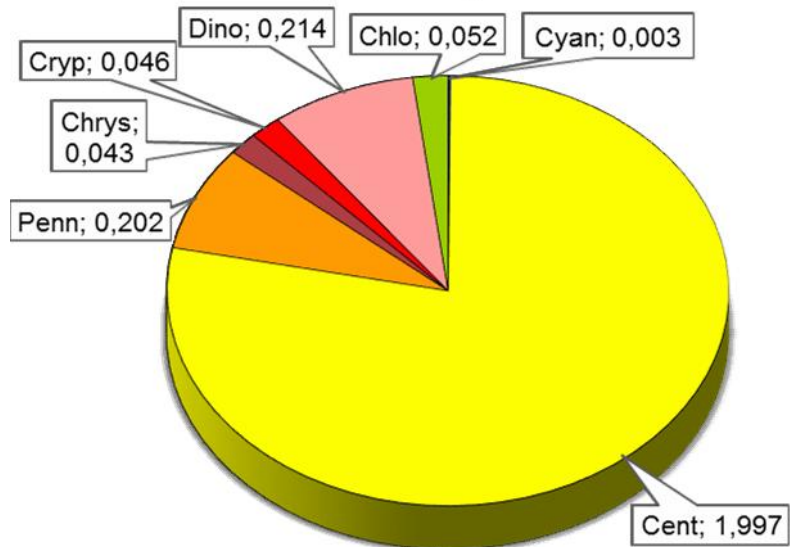
7. ábra A fitoplankton biomasszájának alakulása 2015 tavaszán Gödnél a vízhozammal összehasonlítva. (rövidítések az 1. ábrán)

Egyedszám, Pozsony 2015. 03. 14.



8. ábra A fitoplankton egyedszámának alakulása 2015. 03. 14-én Pozsonynál. (rövidítések az 1. ábrán)

Biomassza, Pozsony 2015. 03. 14.



9. ábra A fitoplankton biomasszájának alakulása 2015. 03. 14-én Pozsonynál. (rövidítések az 1. ábrán)

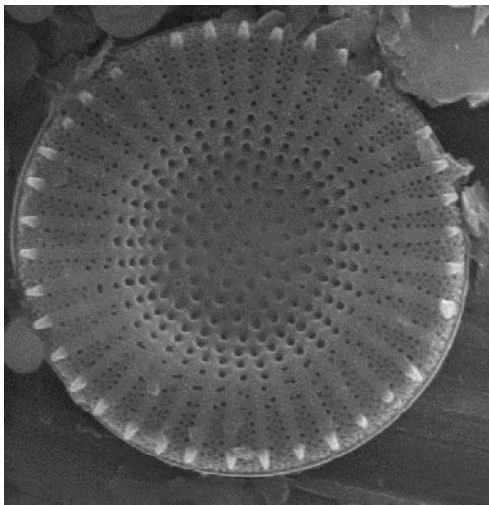
	áll.
CYANOBACTERIA	
<i>Lyngbya sp</i>	7%
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kg.	7%
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemm.) Anagn. et Kom.	13%
<i>Pseudanabaena sp.</i>	13%
CHRYSTOPHYCEAE	
<i>Chromulina sphaeridia</i> Schiller	20%
<i>Chrysochromulina parva</i> Lackey	13%
<i>Chrysococcus biporus</i> Skuja	20%
<i>C. rufescens</i> Klebs.	93%
<i>C. triporus</i> Matvienko	7%
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof	7%
<i>D. divergens</i> Imhof	47%
<i>D. sociale</i> Ehrbg.	7%
<i>Kephyrion inconstans</i> (Schmid) Bourr.	7%
<i>K. litorale</i> Lund	27%
<i>K. moniliferum</i> (Schmid) Bourr.	20%
<i>K. ovale</i> (Lackey) Huber-Pestalozzi	7%
<i>K. rubri-claustri</i> Conrad	20%
<i>K. spirale</i> (Lackey) Conrad	20%
<i>Mallomonas akrokomos</i> Ruttner	33%
<i>M. caudata</i> Ivanov em. Krieger	47%
<i>M. tonsurata</i> Teiling et Krieger	7%
<i>Synura petersenii</i> Korš.	27%
BACILLARIOPHYCEAE /CENTRALES/	
<i>Aulacoseira italica</i> var. <i>tenuissima</i> (Grun.) Sim.	13%
<i>Skeletonema potamos</i> (Weber) Hasle	27%
<i>Stephanodiscus neoastraea</i> Håkansson et Hickel	33%
<i>Stephanodiscus spp.</i>	100%
BACILLARIOPHYCEAE /PENNALES/	
<i>Amphora pediculus</i> Kütz.	13%
<i>Asterionella formosa</i> Hassal	80%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrbg.	27%
<i>Cymatopleura solea</i> (Breb.) W.Smith	7%
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrbg.) Kütz.	7%
<i>D. moniliformis</i> Kütz.	13%
<i>D. tenuis</i> Agardh	13%
<i>D. vulgaris</i> Bory	7%
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kütz.) Carlsson	7%
<i>F. tenera</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	67%
<i>F. ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bert.	27%

	áll.
<i>F. ulna</i> var. <i>acus</i> (Kütz.) Lange-Bert.	67%
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Horn.) Bréb.	13%
<i>N. cryptocephala</i> Kütz.	53%
<i>N. gregaria</i> Donkin	20%
<i>N. tripunctata</i>	7%
<i>Navicula sp. kicsi</i>	47%
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W.M.Smith	100%
<i>N. gracilis</i> Hantzsch	47%
<i>N. linearis</i> (Agardh) W.Smith	40%
<i>N. longissima</i>	20%
<i>N. palea</i> (Kütz.) W. Smith	13%
<i>N. reversa</i> W. Smith	7%
<i>N. sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith	27%
<i>N. vermicularis</i> (Kütz.) Hantzsch	7%
<i>Nitzschia sp.</i>	7%
<i>Nitzschia sp. kicsi</i>	27%
<i>Surirella brebissonii</i> Krammer Lange-Bert.	13%
CRYPTOPHYTA	
<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	100%
<i>C. coerulea</i> (Geitl.) Skuja	33%
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	13%
<i>C. ovata</i> Ehrbg.	67%
<i>C. phaseolus</i> Skuja	7%
<i>C. rosratiformis</i> Skuja	7%
<i>Rhodomonas lacustris</i> Pasch. et Rutt.	20%
<i>R. lens</i> Pasher & Ruttner	60%
DINOPHYTA	
<i>Gymnodinium fuscum</i> (Ehr.) Stein	7%
<i>Gymnodinium sp.</i>	7%
<i>Gymnodinium sp. pici, kerek</i>	20%
EUGLENOPHYTA	
<i>Euglena viridis</i> Ehrbg.	13%
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrbg.) Lemm.	7%
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrbg.	20%
CHLOROPHYTA /CHLOROPHYCEAE/	
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.	7%
<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagh.) Tsarenko	7%
<i>Chlamydomonas globosa</i> Snow	93%
<i>C. pertusa</i>	7%
<i>C. reinhardtii</i>	100%
<i>C. tetragama</i> (Bohl.) Ettl	7%

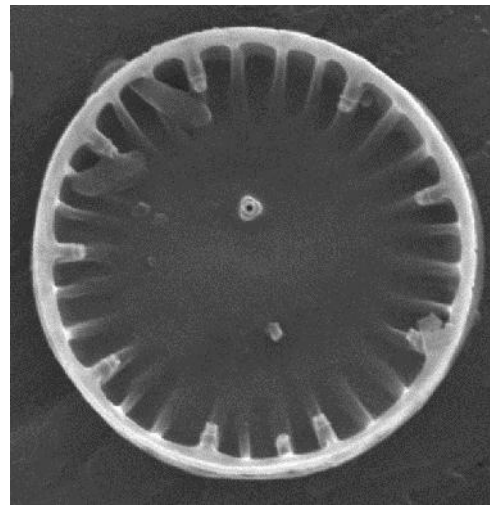
	áll.
<i>Chlamydomonas kicsi, kerek</i>	47%
<i>Chlamydomonas kicsi, ovális</i>	27%
<i>Chlamydonephris pomiformis (Pasch.) Ettl</i>	7%
<i>Coelastrum microporum Näg.in A.Br.</i>	20%
<i>Crucigenia tetrapedia (Kirch.) W.et G.S.West</i>	7%
<i>Desmodesmus armatus (Chod.) Hegewald</i>	20%
<i>D. communis (Hegewald) Hegewald</i>	13%
<i>D. costato-granulatus (Skuja) Hegewald</i>	7%
<i>D. opoliensis (P.Richt) Hegewald</i>	7%
<i>D. spinosus (Chod.) Hegewald</i>	20%
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum Näg.</i>	27%
<i>D. pulchellum Wood</i>	87%
<i>Didymogenes palatina Schmidle</i>	7%
<i>Kirchneriella contorta (Schmidle) Bohl.</i>	20%
<i>K. lunaris (Kirchner) Moet.</i>	13%
<i>K. obesa (W.West) Schmidle</i>	27%
<i>Koliella longiseta (Kirchner) Hindák</i>	87%
<i>Lagerheimia genevensis (Chod.) Chod.</i>	20%
<i>L. quadriseta (Lemm) G.M. Smith</i>	7%

	áll.
<i>Monoraphidium arcuatum (Korš.) Hind.</i>	53%
<i>M. contortum (Thur.) Kom. et Legn.</i>	60%
<i>M. griffithii (Berk.) Kom. et Legn.</i>	33%
<i>M. pusillum (Printz) Kom.-Legn.</i>	13%
<i>Micractinium pusillum Fres.</i>	27%
<i>Oocystis borgei Snow</i>	7%
<i>O. marssonii Lemm.</i>	7%
<i>Pandorina morum (O.F.Müller) Bory</i>	7%
<i>Planktosphaeria gelatinosa G. M. Smith</i>	7%
<i>Scenedesmus ecornis (Ehrbg.) Chod.</i>	7%
<i>Schroederia setigera (Schröd.) Lemm.</i>	40%
<i>Scourfieldia cordiformis Takeda</i>	7%
<i>Spermatozopsis exultans Korš.</i>	20%
<i>Sphaerocystis schroeteri Chod.</i>	13%
<i>Tetraselmis cordiformis (Carter) Stein</i>	7%
<i>Tetrastrum glabrum (Roll.) Ahlstr.et Tiff.</i>	20%
<i>T. staurogeniaeforme (Schröd.) Lemm.</i>	13%
<i>Treubaria triappendiculata Bern.</i>	7%

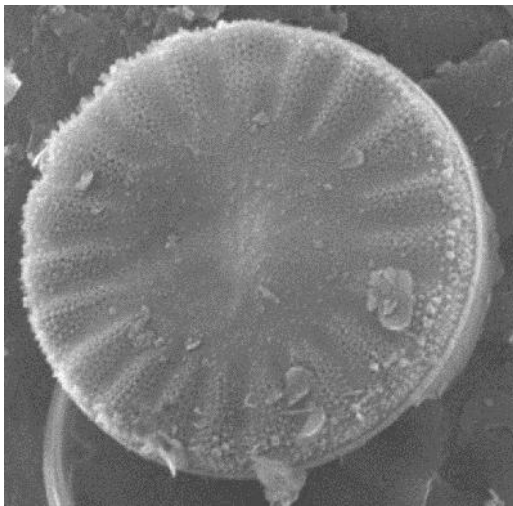
1. táblázat: A vizsgálatok során megtalált algafajok és %-os arányuk (állandóság – áll.) az összes mintára vonatkoztatva. A *Stephanodiscus* spp összefoglaló-név alatt az alábbi fajok értendők (relatív gyakoriság nélkül): *Cyclostephanos dubius*, *Cyclotella atomus*, *C. meduanae*, *C. meneghiniana*, *Stephanodiscus hantzschii*, *S. invisitatus*, *S. minutulus*, *Thalassiosira weissflogii*



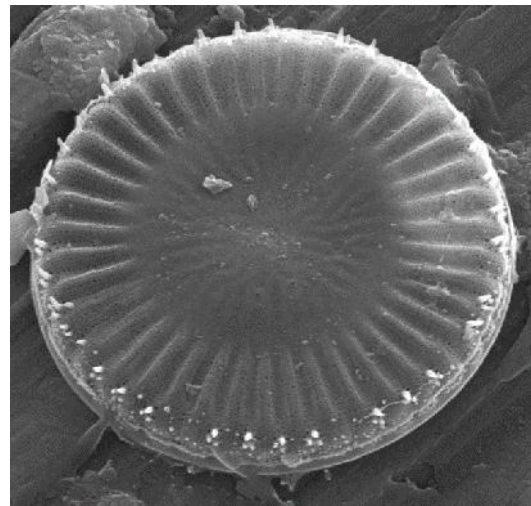
Cyclostephanos dubius



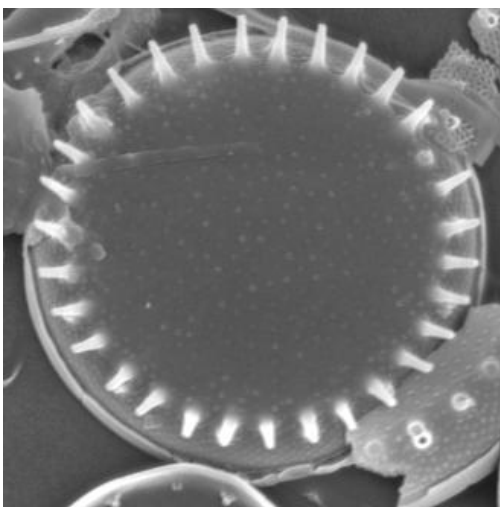
Cyclotella atomus var. *atomus*



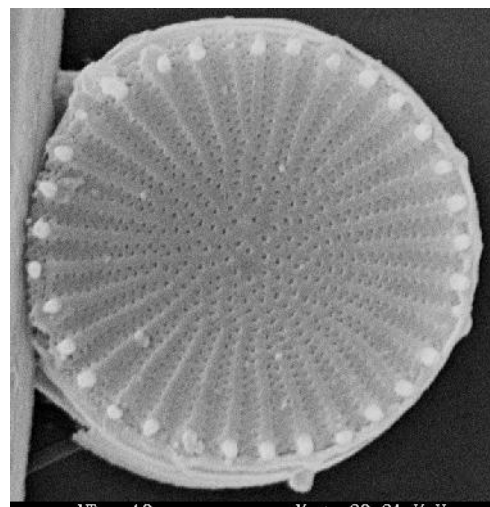
Cyclotella meduanae



Cyclotella meneghiniana



Stephanodiscus hantzschii f. *hantzschii*

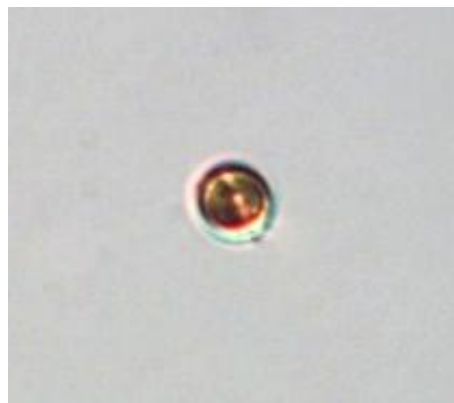


Stephanodiscus minutulus

2. táblázat: Az elektronmikroszkópos vizsgálat során megtalált taxonok



Chroomonas acuta



Chrysococcus rufescens



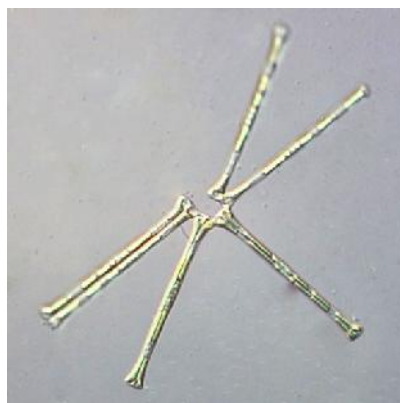
Chlamydomonas globosa



Chlamydomonas reinhardtii



Nitzschia acicularis



Asterionella formosa

3. táblázat: A fénymikroszkópos vizsgálatok gyakori fajai

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőmnek, Prof. Dr. Kiss Keve Tihamérnak a folyamatos szakmai iránymutatásáért és türelméért, a sok javaslatért és szakmai segítségért, valamint hogy kérdéseimmel mindig megkereshettem Őt. Szeretném továbbá megköszönni Prof. Dr. Ács Éva segítségét a minták elektronmikroszkópos feldolgozásáért. Továbbá köszönettel tartozom Tóth Bencének a kémiai vizsgálatokért.

Irodalomjegyzék

- Ács, É., Kiss, K. T. (szerk.) 2004. Algalógiai praktikum. - ELTE Eötvös Kiadó, pp. 361.
- Bothár, A., Kiss, K. T. 1990. Phytoplankton and zooplankton (Cladocera, Copepoda) relationship in the eutrophicated River Danube (Danubialia Hungarica, CXI). – *Hydrobiologia* 191: 165-171.
- Déri, A. 1991. The role of nitrification in the oxygen depletion of the River Danube. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 24: 1965-1968.
- Descy, J. P. & Gosselain, V., 1994. Development and ecological importance of phytoplankton in a large lowland river (River Meuse, Belgium). – *Hydrobiologia* 289: Issue 1-3, 139-155
- Dokulil, M. & Donaubaum, U. 2014. Phytoplankton of the Danube River: Composition and long-term dynamics. - *Acta zool. bulg.*, Suppl. 7, 2014: 147-152
- Felföldy, L., 1987. A biológiai vízminősítés. 4. Javított és bővített kiadás. - In: Felföldy (szerk.) *Vízügyi Hidrobiológia* 16. VGI, Budapest. pp. 258.
- Genkal, S. I., 1992: Atlas of planktonic diatoms from the River Volga (in Russian). *Gidrometeouzdut, Sankt-Peterburg.*
- Istvánovics, V. & Honti, M., 2012. Efficiency of nutrient management in controlling eutrophication of running waters in the Middle Danube Basin. – *Hydrobiologia*, 686:55–71.
- Kiss, Á. K. 2009. A Duna planktonjában található kisméretű protozoon közösségek mennyiségi és diverzitásviszonyai, kiemelve a heterotróf ostorosok szerepét. – Doktori értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Környezetbiológia program
- Kiss, K. T. 1994. Trophic level and eutrophication of the River Danube in Hungary. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 1688-1691.
- Kiss, K. T. 1996. Diurnal change of planktonic diatoms in the River Danube near Budapest (Hungary). - *Arch. Hydrobiol. Algol. Studies*, 80: 113-122.
- Kiss, K. T. 1998. Bevezetés az algológiába. Elméleti és gyakorlati ismeretek. – ELTE Eötvös Kiadó, pp. 283.
- Kiss, K.T. 1998. A 90-es évek szigetközi fitoplankton kutatásának néhány fontosabb eredménye. - *Hidrol. Közlöny*, 78: 263-265.
- Kiss, K. T. 2000. Növekedett-e a Duna trofitási szintje a Bösi-vízlépcső hatására?. – *Hidrológiai Közlöny*. 80: 316-318.
- Kiss, K.T. & S. I. Genkal, 1993. Winter blooms of centric diatoms in the River Danube and in its side arms near Budapest. In: H. van Dam, (ed) *Twelfth International Diatom Symposium*. Kluwer Academic publishers. *Hydrobiologia* 269/270:317-325.
- Kiss, K. T., Genkal, S. I., 1997. Télvégi - koratavaszi Centrales (Bacillariophyceae) vízvirágzás a Dunán (1996). - *Hidrol. Közlöny*, 77: 57-58.
- Lourey, M.J., Thompson, P.A., McLaughlin, M.J., Bonham, P., Feng, M. 2013. Primary production and phytoplankton community structure during a winter shelf-scale phytoplankton bloom off Western Australia. *Marine Biology* 160, Issue 2: 355-369.
- Reynolds, C.S. & Descy, J.-P., 1996. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. - *Archiv. für Hydrobiol., Beih.* 113, *Large Rivers* 10, 198-187.
- Rojo, C; Cobelas, Ma; Arauzo, M., 1994. An elementary, structural analysis of river phytoplankton. - *Hydrobiologia* 289: 43-55.

- Twiss, M.R., McKay, R.M.L., Bourbonniere, R.A., Bullerjahn, G.S., Carrick, H.J., Smith, R.E.H., Winter, J.G., D'souza, N.A., Furey, P.C., Lashaway, A.R., Saxton, M.A., Wilhelm, S.W. 2012. Diatoms abound in ice-covered Lake Erie: An investigation of offshore winter limnology in Lake Erie over the period 2007 to 2010. *Journal of Great Lakes Research* 38. Issue 1: 18-30.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. - *Mitt. Int. Vr. Limnol.*, 9: 1-38.
- V.-Balogh, K., A. Bothár, K.T. Kiss & L. Vörös, 1994. Bacterio-, phyto- and zooplankton of the River Danube (Hungary). – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 1692-1694.
- Varga, P., Ábrahám, M., Simor, J. 1989. A magyar Duna-szakasz vízminősége. - *Vízügyi közlemények* 71: 582-598.
- Vörös, L., V.-Balogh, K., Herodek, S., Kiss, K.T., 2000. Underwater light conditions, phytoplankton photosynthesis and bacterioplankton production in the Hungarian section of the River Danube. - *Arch. Hydrobiol., Large Rivers.* 11: 511-532