

# Dinamika funkcionalnih skupina fitoplanktona rijeke Dunav

---

**Damjanović, Alojzija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:077267>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-15**



**ODJEL ZA  
BIOLOGIJU**  
Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski sveučilišni studij Biologija; smjer: znanstveni

Alojzija Damjanović

**Dinamika funkcionalnih skupina fitoplanktona rijeke Dunav**

Diplomski rad

Osijek, 2017

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Odjel za biologiju  
Diplomski sveučilišni studij Biologija; smjer: znanstveni  
Znanstveno područje: Prirodne znanosti  
Znanstveno polje: Biologija

Diplomski rad

### Dinamika funkcionalnih skupina fitoplanktona rijeke Dunav

Alojzija Damjanović

**Rad je izrađen:** Zavod za ekologiju voda, Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

**Mentor:** dr. sc. Melita Mihaljević, izvanredni profesor

**Komentor:** dr. sc. Dubravka Špoljarić Maronić, docent

#### Kratak sažetak diplomskog rada:

Istraživanja fitoplanktona rijeke Dunav na 1388 r. km (hrvatska dionica, područje Parka prirode Kopački rit) obavljena su u jednomjesečnim intervalima od siječnja do listopada 2012. godine. Ukupno je utvrđeno 170 fitoplanktonskih vrsta što ukazuje na veliku biološku raznolikost dunavskog fitoplanktona. Brojnošću vrsta te udjelom u ukupnom kvalitativnom sastavu i biomasi fitoplanktona tijekom cijelog razdoblja istraživanja dominirale su dijatomeje (vrste iz skupine Bacillariophyceae). Uz planktonske, vrste dijatomeja brojne su bile i bentoske vrste koje su turbulencijama vodenog toka podignute iz bentosa. Prema konceptu funkcionalnih skupina vrste su raspodijeljene u 22 funkcionalne skupine. Najbolje zastupljene tijekom cijelog istraživanog razdoblja bile su dijatomeje iz skupina **T<sub>B</sub>** i **D**, a svojom brojnošću i udjelom u ukupnoj biomasi fitoplanktona isticale su se vrste *Stephanodiscus hantzschii* i *Cyclotella meneghiniana*. Dopunu dijatomejskoj zajednici povremeno su činile i vrste iz skupina **C**, **MP** i **P**. Očekivani razvoj zelenih alga i cijanobakterija nije zabilježen. Dobiveni rezultati podloga su za ocjenu ekološkog stanja rijeke Dunav na predmetnoj dionici.

**Broj stranica:** 59

**Broj slika:** 17

**Broj tablica:** 1

**Broj literaturnih navoda:** 58

**Broj priloga:** 2

**Jezik izvornika:** hrvatski

Ključne riječi: fitoplankton, rijeka Dunav, funkcionalne skupine, biomasa, dijatomeje

Datum obrane: 21. prosinca 2017. godine

#### Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Dr. sc. *Janja Horvatić*, izvanredni profesor, predsjednik povjerenstva
2. Dr. sc. *Melita Mihaljević*, izvanredni profesor, mentor
3. Dr. sc. *Dubravka Špoljarić Maronić*, docent, komentor
4. Dr. sc. *Tanja Žuna Pfeiffer*, docent, zamjena člana

**Rad je pohranjen u:** U knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, u elektroničkom obliku te je objavljen na web stranici Odjela za biologiju.

BASIC DOCUMENTATION CARD

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Department of Biology**  
**Graduate university study programme in Biology**  
**Scientific Area:** Natural science  
**Scientific Field:** Biology

**Master's Thesis**

**Dynamics of phytoplankton functional groups in the Danube River**

Alojzija Damjanović

**Thesis performed at** Subdepartment of Water Ecology, Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

**Supervisor:** Melita Mihaljević, PhD, Associate Professor

**Co-supervisor:** Dubravka Špoljarić Maronić, PhD, Assistant Professor

**Short abstract:**

Phytoplankton research of the Danube River at 1388 r. km (Croatian section, the area of Kopački Rit Nature Park) was performed at monthly intervals during the period January-October 2012. A total number of 170 phytoplankton taxa were detected, indicating the high biodiversity of the phytoplankton in the Danube River. Throughout the studied period, diatoms (species from group Bacillariophyceae) had the highest abundance, contribution to total qualitative composition and total biomass of phytoplankton. In addition to the planktonic diatom species, benthic diatoms that were raised from benthos during the water turbulence, were also detected. According to the phytoplankton functional group classification, identified species were sorted into 22 functional groups. During the whole studied period, the most representative were diatoms from the group **T<sub>B</sub>** and **D**, with the highest abundance and contribution to total biomass of species *Stephanodiscus hantzschii* and *Cyclotella meneghiniana*. In addition to diatom community, species from group **C**, **MP** and **P** appeared occasionally. Expected development of green algae and cyanobacteria was not detected. Given results present the basis for ecological status evaluation of the Danube River at the studied section.

**Number of pages:** 59

**Number of figures:** 17

**Number of tables:** 1

**Number of references:** 58

**Number of appendices:** 2

**Original in:** Croatian

**Keywords:** phytoplankton, river Danube, functional groups, biomass, diatoms

**Date of the thesis defense:** 21<sup>th</sup> December 2017

**Reviewers:**

1. *Janja Horvatić*, PhD, Associate Professor, president
2. *Melita Mihaljević*, PhD, Associate Professor, supervisor
3. *Dubravka Špoljarić Maronić*, PhD, Assistant Professor, co-supervisor
4. *Tanja Žuna Pfeiffer*, PhD, Assistant Professor, substitute reviewer

Thesis deposited in: Library of the Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek and in the The National and University Library in Zagreb in electronic form. It is also disposable on the web site of the Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek.

*Najljepše se zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Meliti Mihaljević na mentorstvu, stručnim savjetima i vodstvu, prenesenom znanju te nesebično ukazanoj pomoći tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Također se zahvaljujem doc. dr. sc. Dubravki Špoljarić-Maronić na nesebičnoj pomoći u determinaciji fitoplanktonskih vrsta, a prvenstveno na susretljivosti i ljubaznosti.*

*Srdačno se zahvaljujem svojim roditeljima, braći i rodbini, a posebno mojoj majci na velikoj podršci i razumijevanju tijekom cijelog studija.*

*Zahvaljujem se prijateljima koji su uvijek bili uz mene kao podrška i oslonac tijekom studiranja.*

*Također se zahvaljujem Vedrani Aračić i Ivanu Pletikosić za najbolji rad u referadi.*

Ovaj diplomski rad posvećujem baki Veri.

## Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 1.1. Ekologija riječnih ekosustava .....                        | 1  |
| 1.2. Fitoplankton rijeka .....                                  | 3  |
| 1.3. Pregled istraživanja fitoplanktona rijeke Dunav .....      | 7  |
| 1.4. Cilj istraživanja .....                                    | 11 |
| 2. MATERIJALI I METODE .....                                    | 12 |
| 2.1. Područje istraživanja i uzorkovanje .....                  | 12 |
| 2.2. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode .....           | 14 |
| 2.3. Analiza fitoplanktona .....                                | 15 |
| 3. REZULTATI .....  | 16 |
| 3.1. Rezultati analize fizikalno-kemijskih svojstava vode ..... | 16 |
| 3.2. Kvalitativni sastav fitoplanktona .....                    | 20 |
| 3.3. Kvantitativni sastav fitoplanktona .....                   | 21 |
| 3.4. Funkcionalne skupine fitoplanktona .....                   | 24 |
| 4. RASPRAVA .....   | 33 |
| 5. ZAKLJUČAK .....  | 37 |
| 6. LITERATURA .....   | 38 |
| 7. PRILOZI .....  | 43 |

# 1. UVOD

## 1.1. Ekologija riječnih ekosustava

Rijeke pripadaju lotičkim ekosustavima (tekuće kopnene vode) u kojima je protok vode glavni ekološki čimbenik po kojem se tekućice razlikuju od stajaćica ili lentičkih ekosustava. Hidrologija rijeka ovisi o klimi, vegetaciji i nagibu terena kroz koji rijeka prolazi, pa tako snaga i brzina strujanja vode variraju tijekom godine, a također duž toka rijeke. Na protok vode mogu utjecati iznenadni unosi vode zbog pojave velikih kiša, snijega ili podizanja razine podzemnih voda te je vodeni stupac bolje izmiješan vertikalno nego bočno (Dodds, 1997). Protok vode je vrlo važan ekološki čimbenik kojem se vodeni organizmi moraju prilagoditi, tj. moraju izdržati silu vode i ostati pričvršćeni za podlogu te istodobno iskoristiti dovoljnu količinu hranjivih tvari iz vode. Ekstremno velika količina vode može mehanički poremetiti dno i uništiti staništa organizama. Strujanja vode u jednom smjeru posebno su kritična za male organizme koji bivaju transportirani nizvodno zbog nemogućnosti da se pričvrste na čvrstu podlogu (Lampert i Sommer, 2007).

Većini organizama u riječnim sustavima, tj. svim heterotrofnim organizmima, za preživljavanje je potreban kisik otopljen u vodi, a njegova topljivost iz zraka se smanjuje povećanjem temperature vode. Zbog toga brze turbulentne vode koja imaju nižu temperaturu vode imaju i više otopljenog kisika. Na količinu kisika utječu i primarni producenti, a u riječnim ekosustavima su najznačajnije perifitonske alge i ukorijenjene vodene biljke, koje tijekom dana u procesu fotosinteze proizvode kisik. U brzim rijekama smanjena je fotosinteza algi, dok se u usporenim dionicama riječnog toka planktonske alge mogu značajno razvijati što pridonosi obogaćivanju kisikom (Lampert i Sommer, 2007). Međutim, otopljeni kisik u vodi se troši u procesima disimilacije akvatičnih organizama te posebno u procesu razgradnje organske tvari. Sveukupno, količina otopljenog kisika opada od gornjeg prema donjem toku, dok suprotno tome količina ugljičnog dioksida raste prema donjem toku (Kerovec, 1988).

Bitan ekološki čimbenik u rijekama je i temperatura vode. Izvori imaju konstantnu temperaturu, a ona je određena prosječnom godišnjom temperaturom okolnog područja i relativno je niska (Kerovec, 1988). Zbog velike turbulencije i neprestanog miješanja vode, rijeke nemaju termičku stratifikaciju, iako razlike između temperature vode na površini i u pridnenim slojevima sporotekućih dionica mogu biti značajne. Umjesto toga rijeke imaju longitudinalni temperaturni gradijent od izvora do ušća. U ljetnim mjesecima temperatura

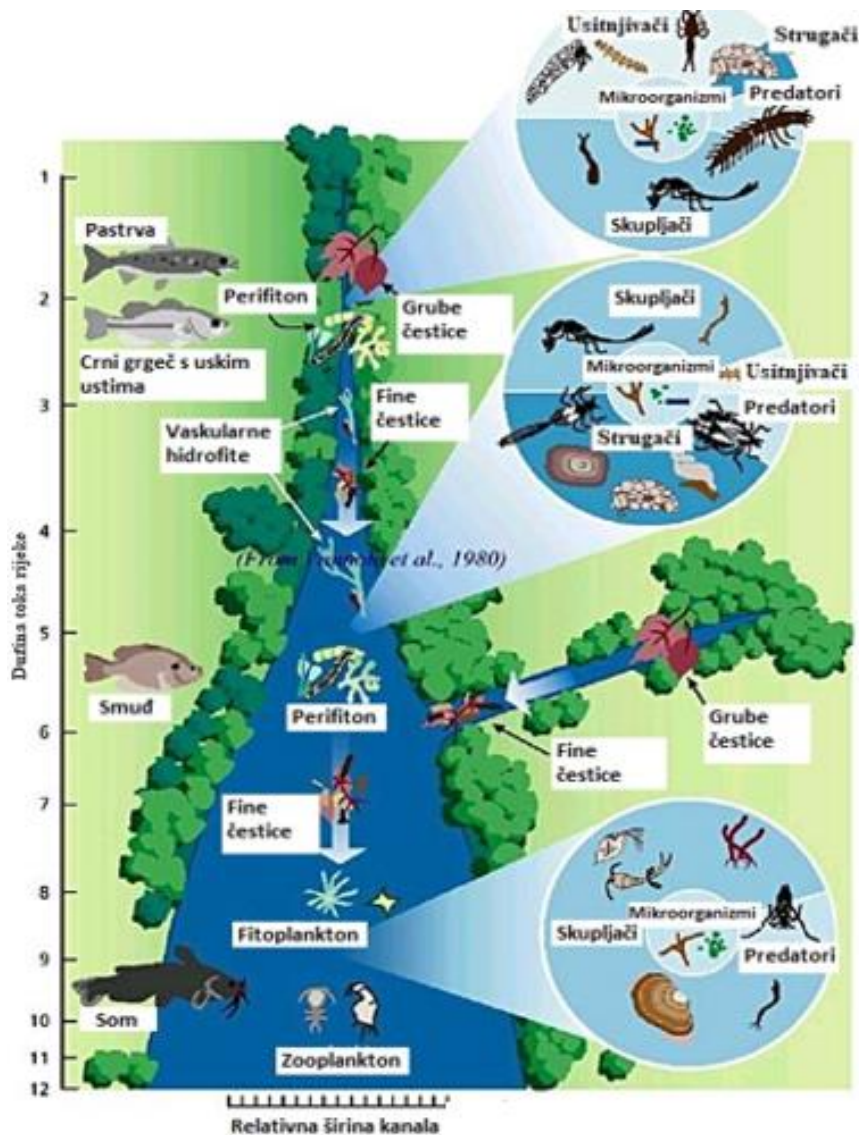
vode nizvodno postepeno raste ovisno o strujanju i količini vode. U dionicama rijeke gdje je slabo strujanje vode i mala količina vode, pod utjecajem povišenih temperatura zraka voda se može brzo zagrijavati (Lampert i Sommer, 2007).

Tok rijeke se može podijeliti na gornji, srednji i donji dio. Gornji tok karakteriziraju brzaci preko kojih rijeke teku uglavnom kamenitom podlogom. Nakon toga u svom srednjem toku rijeke obično prolaze kroz poplavnu ravnicu (riječnu dolinu), sediment postaje pretežak te se taloži se u riječnom koritu pa tako nastaju šljunčani, pješčani ili muljeviti sprudovi. Donji tok rijeka je obično u nizinama u kojima rijeke meandriraju, što uz riječne rukavce čini široki pojas aluvijalne ravnice. Na kraju svog toka rijeke formiraju ušće tako da se najčešće ulijevaju u druge rijeke ili more.

Biološki procesi i rasprostranjenost organizama mijenjaju se duž riječnog toka ovisno o brojnim ekološkim čimbenicima kao što to prikazuje tzv. Koncept riječnog kontinuuma kojeg su postavili Vannote i suradnici (1980). Zajednice producenata i potrošača uspostavljaju se sukladno promjenama fizikalnih i kemijskih promjena riječnog ekosustava (Slika 1). U riječnim su ekosustavima izuzetno značajne biološke zajednice koje se razvijaju na dnu, odnosno bentoske zajednice. Tu su dominantne zajednice malih vodenih beskralješnjaka koji u bentosu nalaze dobru zaštitu od strujanja vode. Primjerice to su vodencvjetovi, tulari i obalčari koji su prilagođeni tako da se mogu pričvrstiti za kamenje i druge objekte. Bentoskim organizmima posebno pogoduju priobalna područja gdje je usporeno strujanje vode. U obalnoj vegetaciji ističu se zajednice vrba, topola ili joha kao i drugo močvarno bilje. Plankton se značajnije razvija u donjim, sporijim tokovima rijeka gdje nije velika brzina strujanja vode.

Na održavanje biotičkog i ekološkog integriteta riječnih ekosustava mogu utjecati brojni negativni čimbenici kao što su izgradnja hidroelektrana, modifikacije toka rijeke, irigacija, različita zagađenja ispuštanjem otpadnih voda i kemikalija, odlaganje otpada, unos stranih i invazivnih vrsta, izlov i uzgoj akvatičkih organizama. Takvi utjecaji mogu dovesti do uništavanja strukture dna te narušavanja fizikalno-kemijskih uvjeta vodenog medija što remeti prirodnu ravnotežu neophodnu za opstanak bioloških organizama.





Slika 1. Koncept riječnog kontinuuma prema Vannote i sur. (1980) (izvor slike: Web 1)

## 1.2. Fitoplankton rijeka

U primarnoj proizvodnji u rijekama sudjeluju bentički producenti, perifitonske alge i makrofiti te planktonske alge. Fitoplankton predstavljaju autotrofni organizmi, cijanobakterije te jednostanične i kolonijalne alge, koji su prilagođeni da dio svog životnog ciklusa ili cijeli životni ciklus provedu u otvorenoj vodi te nemaju značajne sposobnosti za kretanje pa lebde u vodi nošeni strujom (Reynolds, 2006). Ključni čimbenici koji određuju hoće li dominantni primarni tip proizvođača u riječnim dionicama biti bentoski ili planktonski su morfologija riječnog korita i zamućenost vode (Murdock i Dodds, 2006). Pored toga, na rasprostranjenost i razvoj riječnog planktona (potamoplanktona) utječu brojni čimbenici kao što su temperatura

vode, količina nutrijenata, svjetlost i brzina strujanja vode, a potamoplankton će se razviti ako brzina vode nije veća od 1 m/s (Wetzel, 2001).

U strukturi potamoplanktona značajne su vrste koje dospijevaju u rijeke iz okolnog područja, jezera, močvara, bara, kanala i rukavaca koji se nalaze u poplavnoj dolini (Matoničkin i Pavletić, 1972). U riječnom fitoplanktonu mogu se pronaći i meroplanktonske vrste, tj. vrste koje su pričvršćene za supstrat, a turbulencijama vode bivaju odvojene od supstrata i suspendirane u vodeni stupac. Općenito, riječni fitoplankton karakteriziraju vrste koje imaju brzi razvoj, brži od vremena premještanja nizvodno. Za razvoj potamoplanktona osobito su važne "mrtve zone" gdje je smanjena brzina strujanja vode, a to su obalna područja i poplavne ravnice (Reynolds, 2006).

Fitoplanktonske vrste različito reagiraju na stres u okolišu što objašnjava tzv. „C-R-S koncept“, a napravljen je prema razvojnim strategijama biljnih vrsta te se razlikuju kompetitivne vrste (C-stratezi), ruderalne vrste (R-stratezi) i stres-tolerantne vrste (S-stratezi). C-stratezi odnosno kompetitivne vrste dominiraju u uvjetima s niskim intenzitetom stresa i disturbancije. Karakterizira ih spor rast i razvijaju se u uvjetima gdje ima dovoljno nutrijenata i svjetlosti. Imaju velike stanice i veliku biomasu te ih karakterizira sporo naseljavanje određenog područja. R-stratezi odnosno ruderalne vrste dominiraju kada je intenzitet stresa nizak, a intenzitet disturbancije visok. Ove vrste karakteriziraju male stanice, brzi rast i mala biomasa. S-stratezi su stres-tolerantne vrste i razvijaju se pri niskom intenzitetu disturbancija, a visokom intenzitetu okolišnog stresa. Razvijaju se u stabilnim uvjetima, sporo rastu, stanice su im male do srednje veličine i imaju malu biomasu (Biggs i sur., 1998).

U riječnom fitoplanktonu najčešće su alge kremenjašice, tj. dijatomeje (Bacillariophyceae). Često su dominantne centrične dijatomeje, vrste rodova *Cyclotella* i *Stephanodiscus* te dijatomeje reda Pennales i to vrste rodova *Navicula*, *Nitzschia* i *Synedra*. Pored dijatomeja dobro razvijene mogu biti i klorokokalne zelene alge kao što su vrste rodova *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Crucigenia*, *Dactylococcus*, *Golenkinia*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Tetraëdron*. Povremeno se mogu dobro razviti i nitaste cijanobakterije (vrste rodova *Oscillatoria* i *Pseudanabaena*), a rjeđe kolonijalne cijanobakterije (vrste rodova *Aphanizomenon* i *Microcystis*).

Istraživanjem fitoplanktona utvrđena je velika osjetljivost vrsta na abiotičke i biotičke promjene u okolišu i zbog toga se u novije vrijeme definiraju klasifikacije vrsta prema njihovim sličnim morfološkim, fiziološkim i ekološkim obilježjima te na osnovu dimenzija jedinki, stanica ili kolonija. Reynolds i suradnici (2002) su definirali tzv. Koncept funkcionalnih skupina fitoplanktona po kojem su vrste svrstane u skupine s obzirom na

njihovu osjetljivost na promjene u okolišu, tj. osjetljivost pojedinih vrsta na ograničene resurse i stresne uvjete staništa (Slika 2). Funkcionalno dobro prilagođene vrste tolerantnije su na ograničavajuće čimbenike od onih koje su manje prilagođene. Tako će staništa koja su ograničena svjetlom ili pak koncentracijom fosfora, ugljika ili dušika naseljavati vrste koje imaju odgovarajuće adaptacije da bi mogle opstati i funkcionirati u takvim uvjetima. Primjena ovog modela ispitivana je u mnogim tipovima jezera, od jezera u umjerenim područjima do tropskih i subtropskih jezera te su ga Padisák i suradnici (2009) nadogradili tako da danas koncept obuhvaća 41 funkcionalnu skupinu.

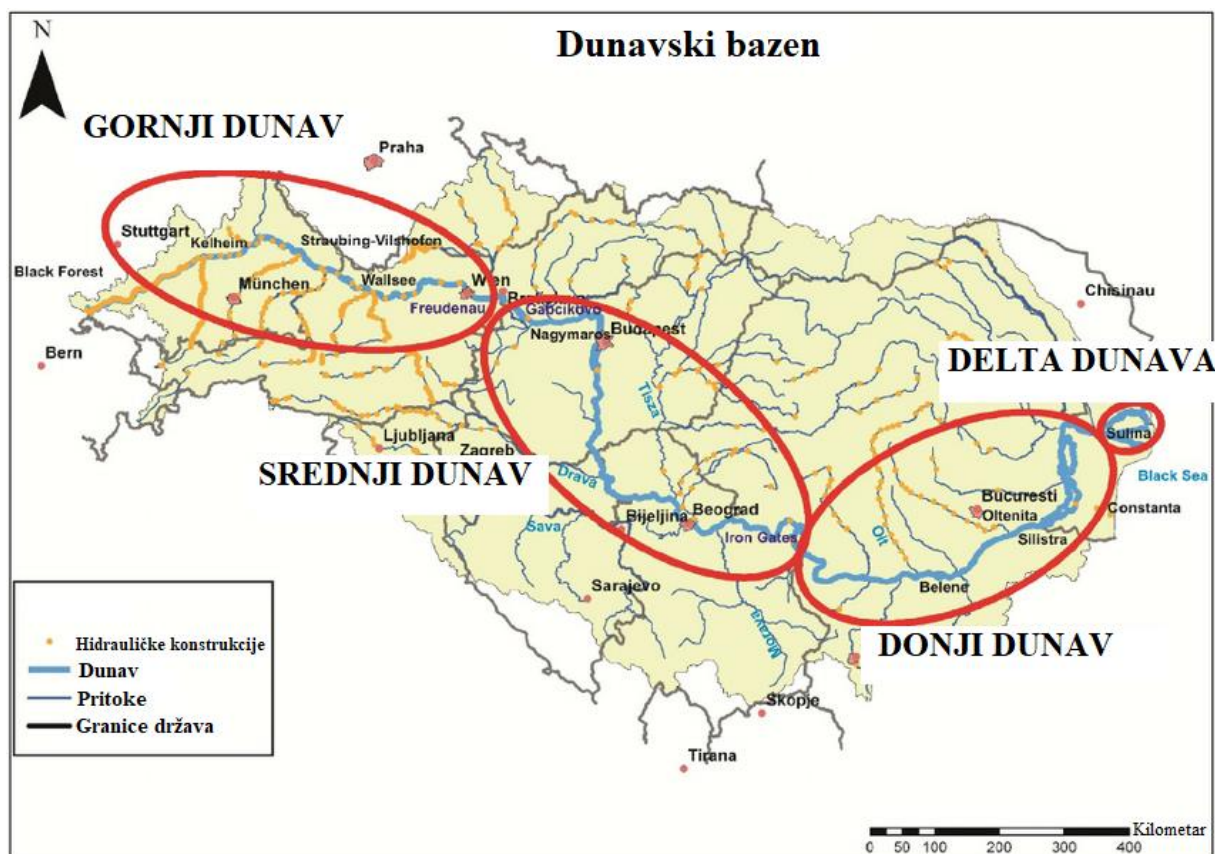
Koncept funkcionalnih skupina fitoplanktona testiran je i na rijekama te su Borics i suradnici (2007) definirali još nekoliko skupina koje su omogućile određivanje ekološkog stanja rijeka (Borics i sur., 2007). Suvremena istraživanja su potvrdila uspješnost ovog koncepta u procjeni ekološkog stanja lotičkih sustava (Devercelli, 2010; Abonyi i sur., 2012; Stanković i sur., 2012; Bovo-Scomparin i sur., 2013).

| Codon                | Habitat   | Typical representatives  | Tolerances                              | Sensitivities                              |
|----------------------|---|--|---|--|
| <b>A</b>             | Clear, often well-mixed, base poor, lakes                           | <i>Urosalpinx</i> ,<br><i>Cyclotella comansis</i>  | Nutrient deficiency                     | pH rise                                    |
| <b>B</b>             | Vertically mixed, mesotrophic small-medium lakes                    | <i>Aulacoseira subarctica</i><br><i>Aulacoseira islandica</i>  | Light deficiency                        | pH rise,<br>Si depletion<br>stratification |
| <b>C</b>             | Mixed, eutrophic small-medium lakes                                 | <i>Asterionella formosa</i><br><i>Aulacoseira ambigua</i><br><i>Stephanodiscus rotula</i>                              | Light, C deficiencies                   | Si exhaustion<br>stratification            |
| <b>D</b>             | Shallow, enriched turbid waters, including rivers                   | <i>Synedra acus</i><br><i>Nitzschia</i> spp<br><i>Stephanodiscus hantzschii</i>  | Flushing                                | nutrient depletion                         |
| <b>N</b>             | mesotrophic epilimnia   | <i>Taballaria</i><br><i>Coscinium</i><br><i>Stauroneis</i>   | Nutrient deficiency                     | stratification<br>pH rise                  |
| <b>P</b>             | eutrophic epilimnia   | <i>Fragilaria crotonensis</i><br><i>Aulacoseira granulata</i><br><i>Osterium aciculare</i><br><i>Saurostrum pingue</i> | Mild light and C deficiency             | stratification<br>Si depletion             |
| <b>T</b>             | deep, well-mixed epilimnia  | <i>Geminella</i><br><i>Mougeotii</i><br><i>Tribonema</i>   | Light deficiency                        | Nutrient deficiency                        |
| <b>S1</b>            | turbid mixed layers   | <i>Planktothrix agardhii</i><br><i>Limnathrix radakii</i><br><i>Pseudonitzschia</i>                                    | highly light deficient conditions       | flushing                                   |
| <b>S2</b>            | shallow, turbid mixed layers  | <i>Spirulina</i><br><i>Arthrospira</i><br><i>Raphidiopsis</i>  | light deficient conditions              | flushing                                   |
| <b>S<sub>M</sub></b> | warm mixed layers   | <i>Cylindrocapsa</i><br><i>Anabaena minutissima</i>  | light-, nitrogen-deficient conditions   | flushing                                   |
| <b>Z</b>             | clear, mixed layers   | <i>Synedra</i><br>prokaryotic picoplankton   | low nutrient                            | light deficiency<br>grazing                |
| <b>X3</b>            | shallow, clear, mixed layers  | <i>Kolbia</i><br><i>Chrysoococcus</i><br>eukaryotic picoplankton   | low base status                         | mixing,<br>grazing                         |
| <b>X2</b>            | shallow, clear mixed layers in meso-eutrophic lakes                 | <i>Flagellum</i><br><i>Chrysochromulina</i>  | stratification                          | mixing,<br>filter feeding                  |
| <b>X1</b>            | shallow mixed layers in enriched conditions                         | <i>Chlorella</i> , <i>Ankistrodesmus</i><br><i>Monoraphidium</i>   | stratification                          | nutrient deficiency<br>filter feeding      |
| <b>Y</b>             | usually, small, enriched lakes                                      | <i>Cryptomonas</i>   | low light                               | phagotrophs!                               |
| <b>E</b>             | usually small, oligotrophic, base poor lakes or heterotrophic ponds | <i>Dinobryon</i><br><i>Mallomonas</i><br>( <i>Synura</i> )   | low nutrients<br>Inesort to mixotrophy! | CO <sub>2</sub> deficiency                 |
| <b>F</b>             | Clear epilimnia   | colonial Chlorophytes<br>e.g. <i>Betryococcus</i><br><i>Pseudosphaerocystis</i><br><i>Coanochloris</i>                 | low nutrients<br>high turbidity         | ?CO <sub>2</sub> deficiency                |
| <b>G</b>             | Short, nutrient-rich water columns                                  | <i>Eudotina</i><br><i>Milvax</i>   | high light                              | nutrient deficiency                        |
| <b>J</b>             | shallow, enriched lakes ponds and rivers                            | <i>Pediastrum</i> , <i>Coelastrum</i><br><i>Saurodesmus</i>  |   | settling into low light                    |
| <b>K</b>             | short, nutrient-rich columns  | <i>Golenkinia</i><br><i>Aphanocapsa</i>  |   | deep mixing                                |
| <b>H1</b>            | dinitrogen-fixing Nostocales  | <i>Anabaena flos-aquae</i><br><i>Aphanizomenon</i>   | low nitrogen<br>low carbon,             | mixing, poor light,<br>low phosphorus      |
| <b>H2</b>            | dinitrogen-fixing Nostocales of larger mesotrophic lakes            | <i>Anabaena lemmermannii</i><br><i>Gibberichia echinulata</i>  | low nitrogen                            | mixing, poor light,                        |
| <b>U</b>             | summer epilimnia  | <i>Uroglena</i>  | low nutrients                           | CO <sub>2</sub> deficiency                 |
| <b>L<sub>0</sub></b> | summer epilimnia in mesotrophic lakes                               | <i>Pandrium</i><br><i>Woronichinia</i><br><i>Meresimoedus</i>  | segregated nutrients                    | prolonged or deep mixing                   |
| <b>L<sub>M</sub></b> | summer epilimnia in eutrophic lakes                                 | <i>Coelastrum</i><br><i>Microcystis</i>  | very low C,                             | mixing, poor<br>stratification             |
| <b>M</b>             | dielly mixed layers of small eutrophic, low latitude lakes          | <i>Microcystis</i><br><i>Sphaerocystum</i>   | high insolation                         | light<br>flushing, low total<br>light      |
| <b>R</b>             | metalimnia of mesotrophic stratified lakes                          | <i>P. rubescens</i><br><i>P. mougeotii</i>   | low light, strong segregation           | instability                                |
| <b>V</b>             | metalimnia of eutrophic stratified lakes                            | <i>Chromatium</i> ,<br><i>Chlorobium</i>   | very low light, strong segregation      | instability                                |
| <b>W1</b>            | small organic ponds   | Euglenoids, <i>Synura</i><br><i>Gonium</i>   | high BOD                                | grazing                                    |
| <b>W2</b>            | shallow mesotrophic lakes   | bottom-dwelling<br><i>Tachalomonas</i>   | ?                                       | ?  |
| <b>Q</b>             | small humic lakes   | <i>Gonyostomum</i>   | high colour                             | ?  |

Slika 2. Funkcionalne skupine fitoplanktona definirane prema Reynoldsu i suradnicima (2002)

### 1.3. Pregled istraživanja fitoplanktona rijeke Dunav

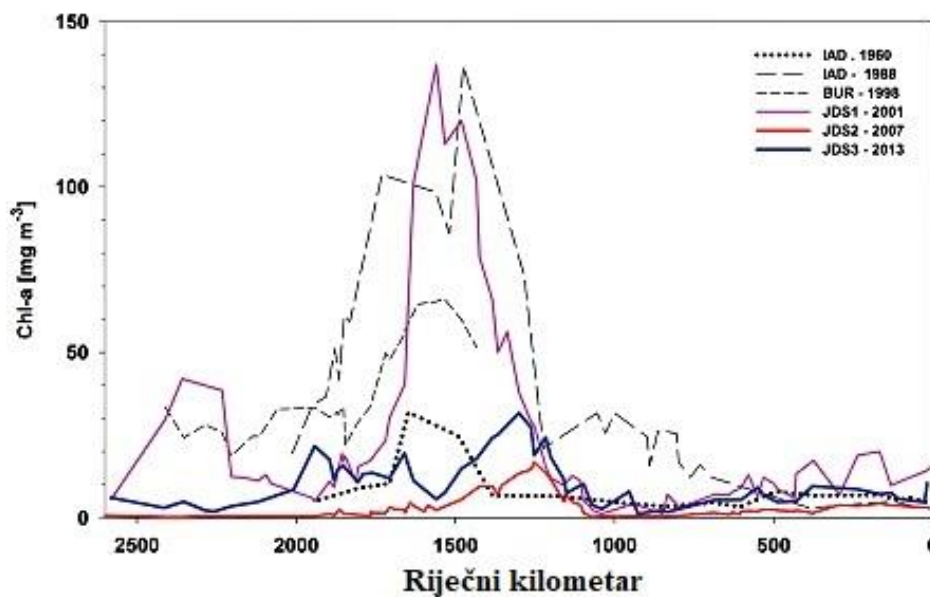
Rijeka Dunav je poslije Volge druga najdulja rijeka (2857 km riječnog toka) u Europi. Nastaje sutokom riječica Brege i Brigach na istočnim padinama Schwarzwalda (na 680 m nadmorske visine) kraj mjesta Donaueschingena i teče od zapada prema istoku, prolazeći područjem devet država (Njemačka, Austrija, Slovačka, Mađarska, Hrvatska, Srbija, Rumunjska, Bugarska i Ukrajina) do svog ušća u Crno more. Slijevno područje Dunava je ukupne površine od 817 000 km<sup>2</sup>, a tok rijeke se može podijeliti na četiri karakteristične riječne dionice - Gornji Dunav, Srednji Dunav, Donji Dunav te Delta Dunava (Slika 3). Gornji Dunav proteže se od izvora do ušća rijeke Morave (kod Bratislave). Na tom dijelu toka velik utjecaj imaju alpski pritoci, što dovodi do nivalnog hidrološkog režima s najvišim vodostajima u ljetnim mjesecima, a najnižim u zimskim. Rijeka na ovoj dionici ima alpski karakter s niskom temperaturom vode i bržim strujanjem vode te postepenim rastom dubine vode. Dionica poznata kao „Srednji Dunav“ proteže se od Bratislave do „Željeznih vrata“ na granici Rumunjske i Srbije. Tu Dunav prolazi kroz prostranu mađarsku nizinu, rijeka naglo usporava i gubi svoj transportni kapacitet, što dovodi do taloženja velikih količina šljunka i pijeska u koritu rijeke. Kada primi vodu Drave, Tise i Save vodni režim Dunava dobiva nove hidrološke značajke s najvišim vodostajima u travnju i svibnju, a najnižim u rujnu i listopadu. „Donji Dunav“ obuhvaća dionicu koja prolazi kroz nizinska područja Rumunjske i Bugarske. Rijeka postaje sve plića i šira, a strujanje vode se znatno usporava. Ekološki gledano Donji Dunav predstavlja vrijednu dionicu s brojnim otocima i prirodnim ostacima poplavnih područja (Schneider, 2002). Oko 80 km prije ušća u Crno more, blizu Tulcea u Rumunjskoj, Dunav se dijeli na tri glavne grane, formirajući deltu izuzetno velike površine koja sa susjednim jezerima i lagunama pokriva 5640 km<sup>2</sup>.



Slika 3. Rijeka Dunav – karakteristične riječne dionice (Izvor: Web 2)

Istraživanja fitoplanktona Dunava, koja su pregledno iznijeta u radu Dokulil i Donabaum (2014) imaju dugu tradiciju koja datira još od kraja 19. stoljeća. Tako je vidljivo da su rezultati prvih kvalitativnih istraživanja fitoplanktona Dunava iz 1898. godine (Brunnthaler 1990, citirano u radu Dokulil i Donabaum, 2014) slični današnjim, prema kojima dijatomeje (Bacillariophyceae), posebno *Aulacoseira granulata*, čine okosnicu dunavskog fitoplanktona. S obzirom na vrlo promjenljivu i malu količinu fitoplanktona u Dunavu, u narednim su se godinama istraživači orijentirali na istraživanja fitoplanktona u dunavskim rukavcima. Kasnije su nastavljena istraživanja Dunava te je Schallgruber (1943, rad citiran u Dokulil i Donabaum, 2014) na temelju godišnjih promjena kvantitativnog sastava utvrdio dominaciju centričnih dijatomeja u austrijskoj dionici Dunava. Štoviše, autor je zaključio da se dunavski fitoplankton može nazvati „*Cyclotella* plankton“. Istraživanja Stundla (1951, rad citiran u Dokulil i Donabaum, 2014) pokazala su da u uvjetima manjeg protoka vode, a također i u dionicama rijeke gdje je povećana eutrofizacija, zelene alge i cijanobakterije postaju značajnije u riječnom fitoplanktonu od dijatomeja. U monografiji „Limnologie der Donau“ koju je pripremio Liepolt (1967, djelo citirano u radu Dokulil i Donabaum, 2014) po prvi su put objedinjeni rezultati dotadašnjih istraživanja fitoplanktona Dunava te je objavljena

sistematska lista dunavske flore. Kasnije se, pa sve do današnjih dana provode istraživanja fitoplanktona Dunava duž cijele riječne dionice, a u okviru znanstvene organizacije „International Association for Danube Research“ (IAD) te u organizaciji Međunarodne komisije za zaštitu Dunava (International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR) osnovane 1998. godine. Na temelju tih istraživanja može se zaključiti da su u sastavu vrsta fitoplanktona Dunava tijekom ljeta uvijek dominantne dijatomeje, a kodominantne zelene alge (uglavnom klorokokalne vrste). Tijekom zimskih mjeseci najveću zastupljenost imaju centrične dijatomeje rodova *Aulacoseira*, *Stephanodiscus* ili *Cyclotella*. Međutim, razni antropogeni pritisci na rijeku Dunav, kao što su kanalizacija rijeke, izgradnja akumulacija i brana za hidroelektrane te ispuštanje otpadnih voda, značajno su utjecali na eutrofizaciju voda. Posljedično, imali su utjecaj i na dunavski fitoplankton, što je vidljivo iz promjena količine klorofila-a tijekom posljednjih desetljeća (Slika 4).



Slika 4. Promjene koncentracije klorofila-a duž riječnog toka Dunava na temelju rezultata pet međunarodnih istraživanja iz 1960, 1988, 1993, 2001, 2007 i 2013 (Izvor slike: Dokulil i Donabaum, 2014).

Prva istraživanja fitoplanktona Dunava na dionici kroz Hrvatsku obavljena su u razdoblju 1984./1985. (Gucunski, 1987). Ukupno je utvrđeno 136 fitoplanktonskih vrsta, a okosnicu fitoplanktonske zajednice činili su predstavnici skupine Bacillariophyceae u hladnijim mjesecima, a vrste iz skupine Chlorophyta u toplijim mjesecima. Usporedbom sastava vrsta s popisom vrsta Dunava kojeg su napravili Uherkovich (1969) i Schmidt i Vörös (1981) za

mađarski tok Dunava utvrđena je velika sličnost u kvalitativnom sastavu vrsta iz skupina Chrysophyta i Chlorophyta.

Istraživanja fitoplanktona Dunava u razdoblju 2008./2009. (Mihaljević i sur., 2013) pokazala su da je fitoplankton najbolje razvijen u uvjetima niskih vodostaja i smanjenog protoka vode na predmetnoj dionici. Također je utvrđeno da u zimskom i ranoproljetnom razdoblju u fitoplanktonu dominiraju centrične dijatomeje malih dimenzija, posebno vrste roda *Stephanodiscus*, dok centrice većih dimenzija kao i velike penatne dijatomeje mogu biti zastupljene tijekom cijele godine.



#### **1.4. Cilj istraživanja**

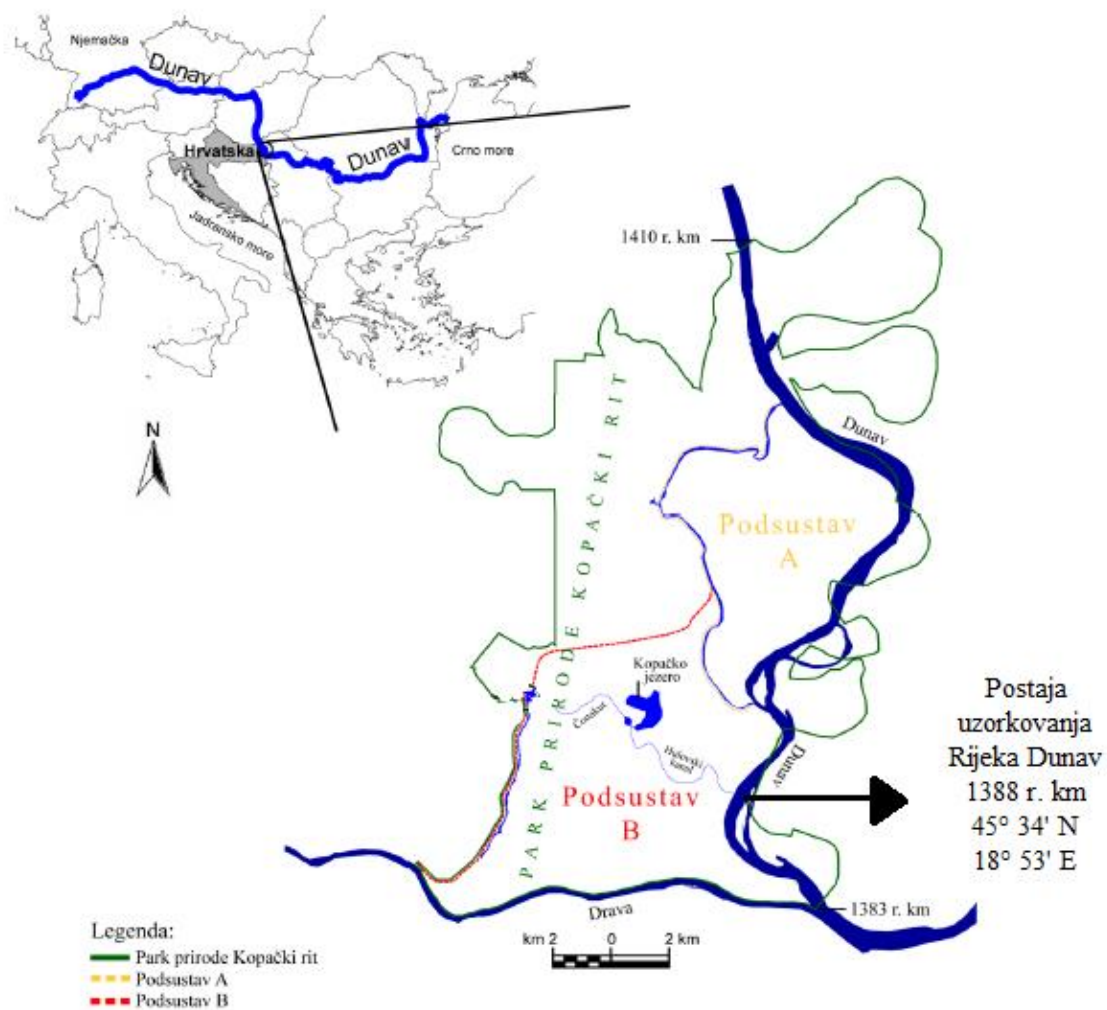
Cilj ovog rada je utvrditi dinamiku fitoplanktona u rijeci Dunav na lokaciji Dunav-Hulovo (1388 r. km) tijekom 2012. godine. Posebni naglasak je na utvrđivanju karakterističnih funkcionalnih skupina fitoplanktona što je preduvjet za ocjenu ekološkog statusa rijeke na predmetnoj dionici.

## **2. MATERIJALI I METODE**

### **2.1. Područje istraživanja i uzorkovanje**

Dunav kroz Hrvatsku protječe dužinom od 137,5 r. km, a to je riječna dionica između 1433,00 r. km i 1295,50 r. km. Istraživanja fitoplanktona obavljena su na 1388 r. km Dunava. Na toj se dunavskoj dionici ističe očuvano prirodno poplavno područje poznato kao Park prirode Kopački rit (Slika 5). U razdobljima visokih vodostaja Dunava, što se obično događa u proljeće i rano ljeto kao posljedica topljenja snijega u Alpama, dolazi do ulaska dunavske vode u poplavnu dolinu Kopačkog rita, dok u uvjetima niskih vodostaja Dunava, obično krajem ljeta i tijekom jeseni, vodeni biotopi bivaju izolirani od matične rijeke (Mihaljević i sur., 1999). U hidrološkom smislu ističe se Hulovski kanal, prirodna depresija kojom se poplavne vode Dunava ulijevaju u prostor poplavne doline. Postaja uzorkovanja Dunava odabrana je 50 metara nizvodno od ušća Hulovskog kanala.

Uzorci vode za analizu fitoplanktona uzimani su od siječnja do listopada 2012. godine, dok su uzorci za fizikalno-kemijske analize vode uzimani od travnja do listopada 2012. godine. Uzorkovanje je obavljeno iz čamca na sredini riječnog korita Dunava na 1388 r. km (Slika 6). Zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta i leda, uzorkovanje u veljači nije bilo moguće.



Slika 5. Postaja uzorkovanja na rijeci Dunav (Zemljovid Parka Prirode Kopački rit, izradio F. Stević)



Slika 6. Postaja istraživanja na rijeci Dunav (1388 r. km) (Fotografije: Hidroing d.o.o.)

## 2.2. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode

Prilikom uzorkovanja *in situ* su mjereni sljedeći parametri: temperatura vode i zraka, dubina i prozirnost vode, električna provodljivost, pH vode, koncentracija otopljenog kisika i zasićenje vode kisikom. Temperatura vode i zraka mjerena je živinim termometrom s podjelom ljestvice 10/1 °C. Prozirnost je mjerena Secchi pločom promjera 30 cm, a dubina baždarenim konopcem s utegom. Električna provodljivost, pH, koncentracija otopljenog kisika i zasićenje vode kisikom mjereni su pomoću minilaboratorija WTW Multi 340i (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten, Njemačka).

Analize koncentracija amonijevih-iona (NH<sub>4</sub>), organskog dušika po Kjeldahlu (orgN), nitrata (NO<sub>3</sub>), nitrita (NO<sub>2</sub>), ukupnog dušika (TN) i ukupnog fosfora (TP) su obavljene standardnim metodama (APHA, 1985) u Eko-laboratoriju Vodovoda d.d. Osijek.

Za određivanje koncentracije klorofila, kroz filter papir Whatman GF/C promjera 55 mm, filtrirana je 1 L vode. Filteri su homogenizirani u tarioniku u 90%-tnom acetonu te su pigmenti ekstrahirani tijekom 24 sata u hladnjaku na 4 °C u mraku. Zatim su ekstrakti centrifugirani na 3000 okr/min; 10 min. Nakon centrifugiranja, spektrofotometrom DR/2010 (Hach Company, SAD) su izmjerene apsorbancije ekstrakta na 630, 645, 663 i 750 nm. Koncentracija klorofila je izračunata prema SCOR-UNESCO (1966) te Strickland i Parsons (1972) korištenjem sljedećih jednadžbi:

$$\text{Chl-a } (\mu\text{g/L}) = (11,64 \times A_{663} - 2,16 \times A_{645} + 0,10 \times A_{630}) \times v/V \times d$$

$$\text{Chl-b } (\mu\text{g/L}) = (20,97 \times A_{645} - 3,94 \times A_{663} - 3,66 \times A_{630}) \times v/V \times d$$

$$\text{Chl-c } (\mu\text{g/L}) = (54,22 \times A_{630} - 5,53 \times A_{663} - 14,81 \times A_{645}) \times v/V \times d$$

Gdje je:

A<sub>630</sub> - apsorbancija ekstrakta izmjerena na 630 nm i umanjena za vrijednost apsorbancije na 750 nm

A<sub>645</sub> - apsorbancija ekstrakta izmjerena na 645 nm i umanjena za vrijednost apsorbancije na 750 nm

A<sub>663</sub> - apsorbancija ekstrakta izmjerena na 663 nm i umanjena za vrijednost apsorbancije na 750 nm

v = volumen ekstrakta (mL)

V = volumen filtriranog uzorka vode (L)

d = duljina kivete (cm)

Vrijednosti vodostaja Dunava su preuzete s hidrološke mjerne postaje smještene na 1401,4 r.km (kod Apatina).

### **2.3. Analiza fitoplanktona**

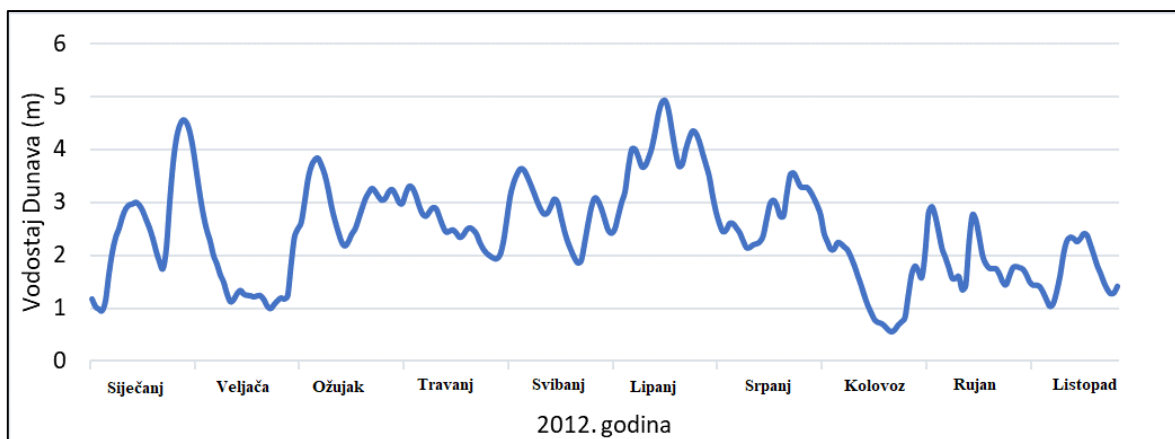
Uzorci za analizu fitoplanktona uzeti su iz površinskog sloja vode (cca 20 cm ispod površine). Za kvalitativnu analizu fitoplanktona procijeđeno je 10 L vode kroz fitoplanktonsku mrežicu promjera pora 20  $\mu\text{m}$ , a uzorci su fiksirani u 4%-tnoj otopini formaldehida. Kvalitativni sastav fitoplanktona je određen pomoću svjetlosnog mikroskopa (Carl Zeiss, Njemačka) i objektivna povećanja 12,5x, 25x i 40x te pomoću digitalne kamere Moticam 2300 i računalnog programa Motic Images Plus. Za determinaciju vrsta korišteni su sljedeći priručnici: Hindak i sur., 1975; Hindak, 1977-1990; Hindak i sur., 1978; Krammer i Lange-Bertalot, 1986 i 1991; Komárek, 1973 i Starmach, 1966. Nomenklatura fitoplanktonskih vrsta je usklađena prema bazi podataka AlgaeBase (Guiry i Guiry 2017). Svaki uzorak pretraživan je nekoliko puta, a pregledavanje je završeno kada se više nisu mogle pronaći nove vrste. Kvalitativnom analizom utvrđena je učestalost pojedinih vrsta u uzorku. Brojkom 1 označene su pojedinačno zastupljene vrste, brojkom 3 dobro zastupljene vrste, a brojkom 5 masovno zastupljene vrste (Pantle i Buck, 1955).

Za kvantitativnu analizu fitoplanktona uzeto je 100 ml neprofiltrirane dunavske vode te je uzorak fiksiran Lugolovom otopinom. Brojanje je vršeno u sedimentacijskim komoricama (Hydro-Bios, Njemačka) pomoću inverznog mikroskopa (Axiovert 25, Carl Zeiss® Inc, Njemačka) pod povećanjem od 600x metodom prema Utermöhlju (1958). Brojano je najmanje 30 mikroskopskih polja i/ili 200 jedinki. Brojnost svake vrste je prikazana kao broj jedinki po litri (ind./L). Volumeni alga i cijanobakterija aproksimirani su prema volumenima pripadajućih geometrijskih tijela (Rott, 1981). Iz volumena jedinki izračunata je biomasa fitoplanktona tako da je za 1  $\text{cm}^3$  volumena uzet ekvivalent biomase od 1 mg (Javornický i Komárková, 1973; Sournia, 1978). Vrste su grupirane u funkcionalne skupine koje su predložili Reynolds i sur. (2002) te revidirali Padisák i sur. (2009).

### 3. REZULTATI

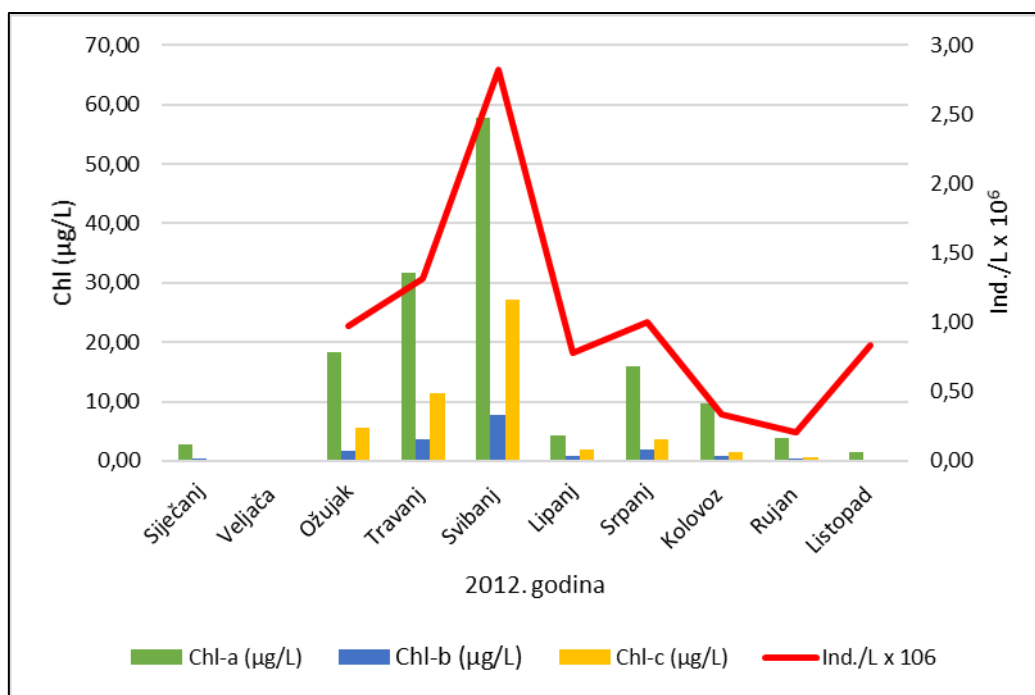
#### 3.1. Rezultati analize fizikalno-kemijskih svojstava vode

Iz promjena vodostaja Dunava (cca 1 m – 5 m) na predmetnoj dionici vidljivo je da su se viši vodostaji (više od 3 m) u kojima je došlo do plavljenja područja Kopačkog rita, pojavljivali vrlo često, gotovo na mjesečnoj razini, u zimskom, proljetnom i ljetnom razdoblju. Značajno je da su pojave visokih voda trajale kratko te da je nakon toga vodostaj naglo padao, što znači da se poplavna voda velikom brzinom vraćala iz poplavljenog područja u korito rijeke. Kasno-ljetno i jesensko razdoblje obilježili su niži vodostaji te je u kolovozu utvrđen najniži vodostaj Dunava. Međutim, izuzetno niski vodostaji pojavljivali su se i tijekom zime (Slika 7).



Slika 7. Vrijednosti vodostaja rijeke Dunav na mjernejoj postaji Apatin (1404,4 r. km) tijekom 2012. godine

Koncentracija klorofila-a je bila najveća u svibnju (57,67  $\mu\text{g/L}$ ), a najmanja u listopadu (1,56  $\mu\text{g/L}$ ). Sličnu dinamiku pratile su i promjene koncentracije klorofila-b (7,80  $\mu\text{g/L}$  u svibnju do 0,23  $\mu\text{g/L}$  u listopadu). Koncentracija klorofila-c također je bila najviša u svibnju (27,16  $\mu\text{g/L}$ ), a najniža u listopadu (0,12  $\mu\text{g/L}$ ) (Slika 8).

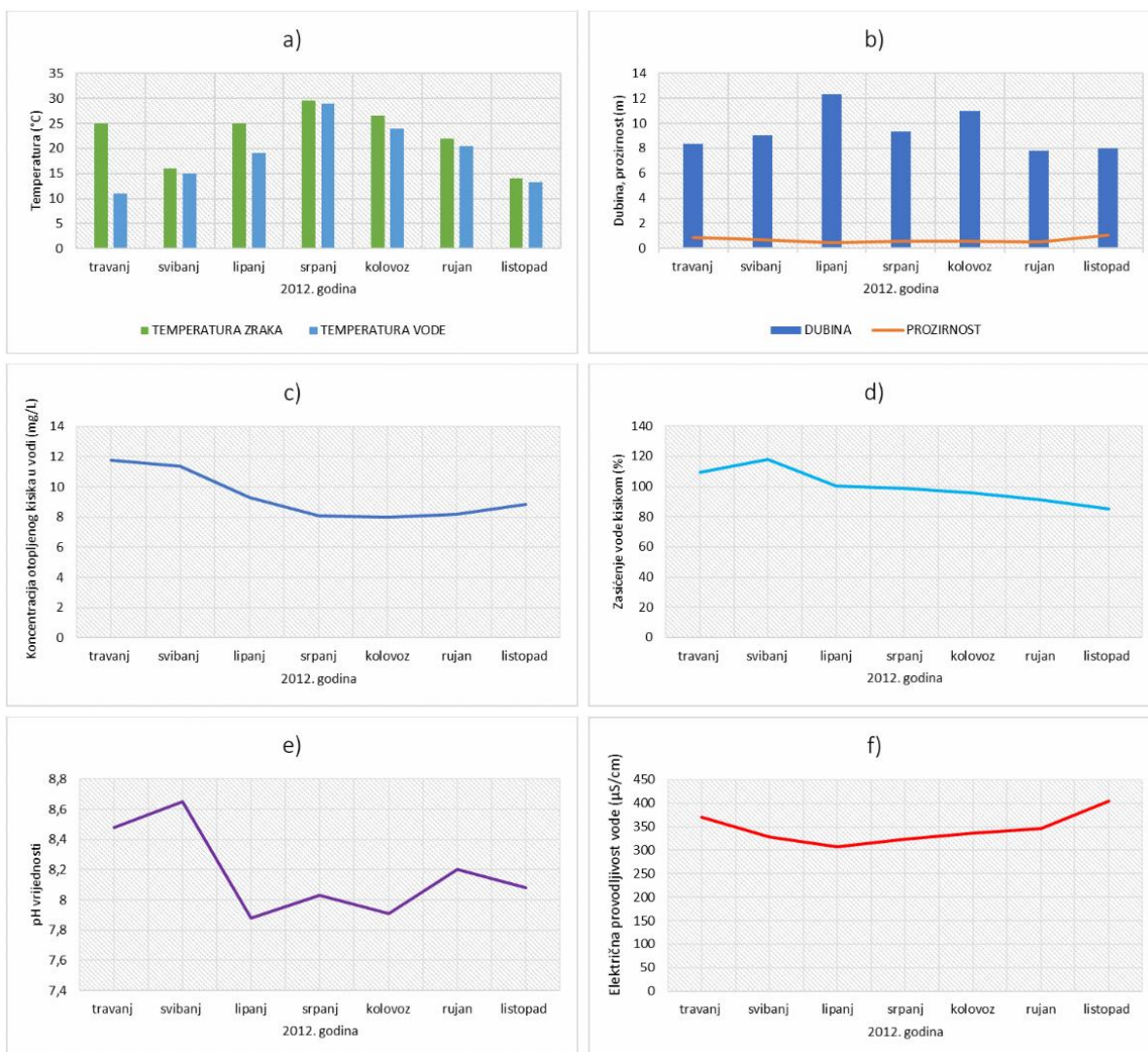


Slika 8. Koncentracije klorofila-a, -b i -c ( $\mu\text{g/L}$ ) i broj jedinki fitoplanktona ( $\text{ind./L} \times 10^6$ ) u rijeci Dunav (1388 r. km) tijekom 2012. godine

Temperatura zraka se mijenjala u granicama od  $14^\circ\text{C}$  u listopadu do  $29,6^\circ\text{C}$  u srpnju. Promjenom temperature zraka mijenjala se i temperatura vode koja je varirala u rasponu od  $11^\circ\text{C}$  u travnju do  $29^\circ\text{C}$  u srpnju. Najveća razlika između temperature zraka i vode zabilježena je u travnju i iznosila je  $14^\circ\text{C}$  (Slika 9 a).

Tijekom najviših vodostaja Dunava u lipnju zabilježena je i najveća (12.33 m) dubina vode na istraživanoj postaji, dok je najmanja (8.0 m) bila u listopadu. Promjene prozirnosti vode bile su obrnuto proporcionalne vodostaju tako da su u vrijeme najviših vodostaja u lipnju zabilježene i najniže vrijednosti prozirnosti vode (0,44 m), dok je u uvjetima niskog vodostaja u listopadu utvrđena najveća (1,08 m) prozirnost vode (Slika 9 b).

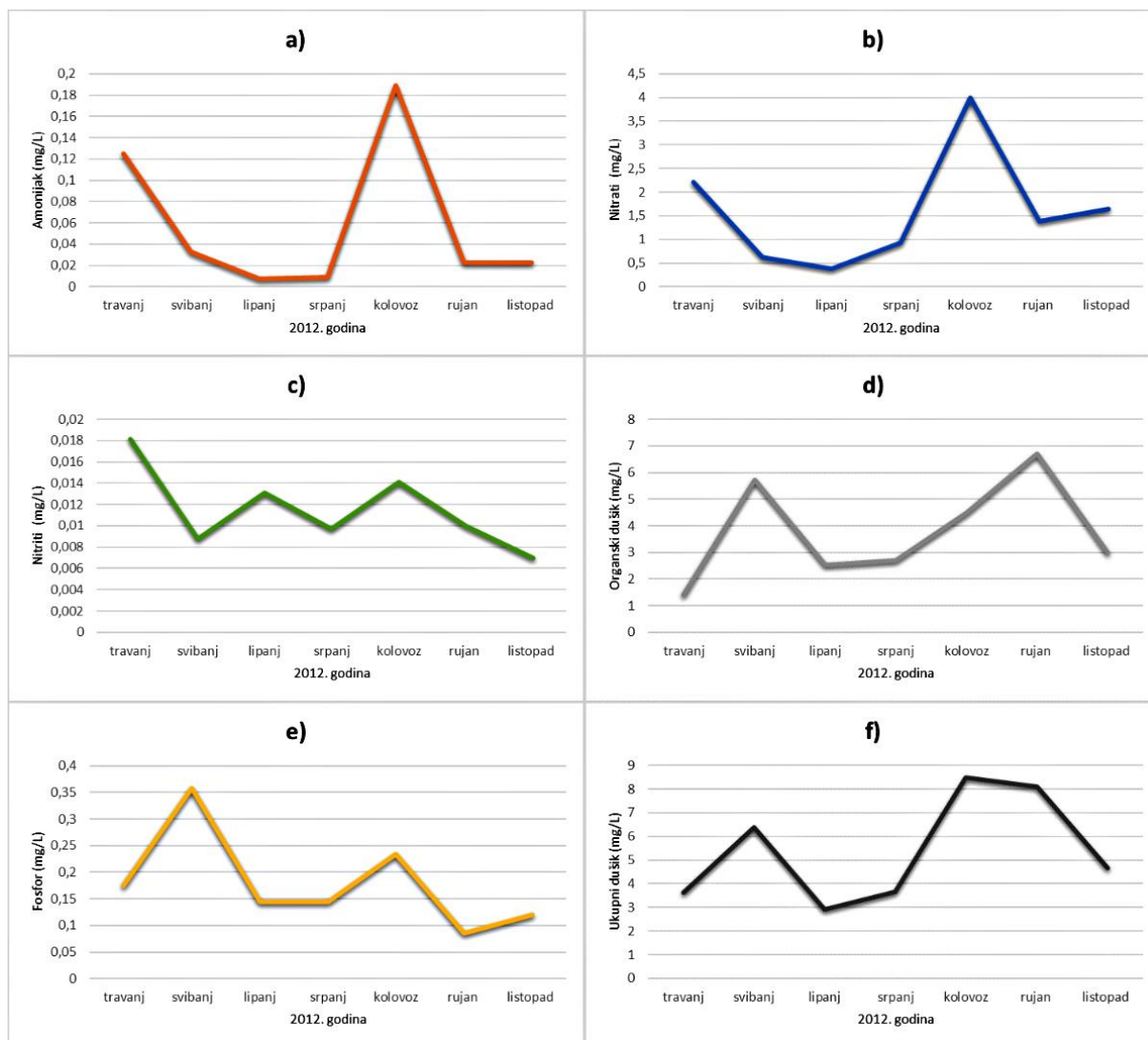
Koncentracija otopljenog kisika mijenjala se u granicama od  $7,99 \text{ mg/L}$  do  $11,79 \text{ mg/L}$ , a najveća je bila u travnju dok su tijekom ljetnih mjeseci vrijednosti bile niže (Slika 9 c). Koncentracija otopljenog kisika u vodi vezana je uz temperaturu te je zasićenost kisikom bila najmanja u listopadu (85%), a najveća u svibnju (117,9%) (Slika 9 d). Tijekom cijelog istraživanja, pH vode je bio veći od 7. Najniža pH vrijednost (7,88) je zabilježena u lipnju, a najviša (8,65) u svibnju (Slika 9 e). Električna provodljivost vode (konduktivitet) se mijenjala u granicama  $307 - 405 \mu\text{S/cm}$  (Slika 9 f).



Slika 9. Promjene fizikalno-kemijskih svojstava vode rijeke Dunav (1388 r. km) tijekom istraživanog razdoblja 2012. godine

Promjene koncentracije amonijaka (0,007 – 0,189 mg/L) i nitrata (0,374 - 3,990 mg/L) bile su vrlo slične te su nagli porast koncentracija i najviše vrijednosti zabilježene u kolovozu (Slika 10 a, b). Koncentracije nitrita bile su najviše u travnju (0,018 mg/L) te su opadale do najnižih vrijednosti zabilježenih u listopadu (0,007 mg/L) (Slika 10 c). U promjenama koncentracije organskog dušika ističu se povišene vrijednosti u svibnju (5,740 mg/L) i rujnu (6,720 mg/L) (Slika 10 d). Najveće vrijednosti ukupnog fosfora bile su u svibnju (0,358 mg/L) (Slika 10 e) dok je najviša koncentracija ukupnog dušika zabilježena u kolovozu i iznosila je 8,484 mg/L (Slika 10 f).

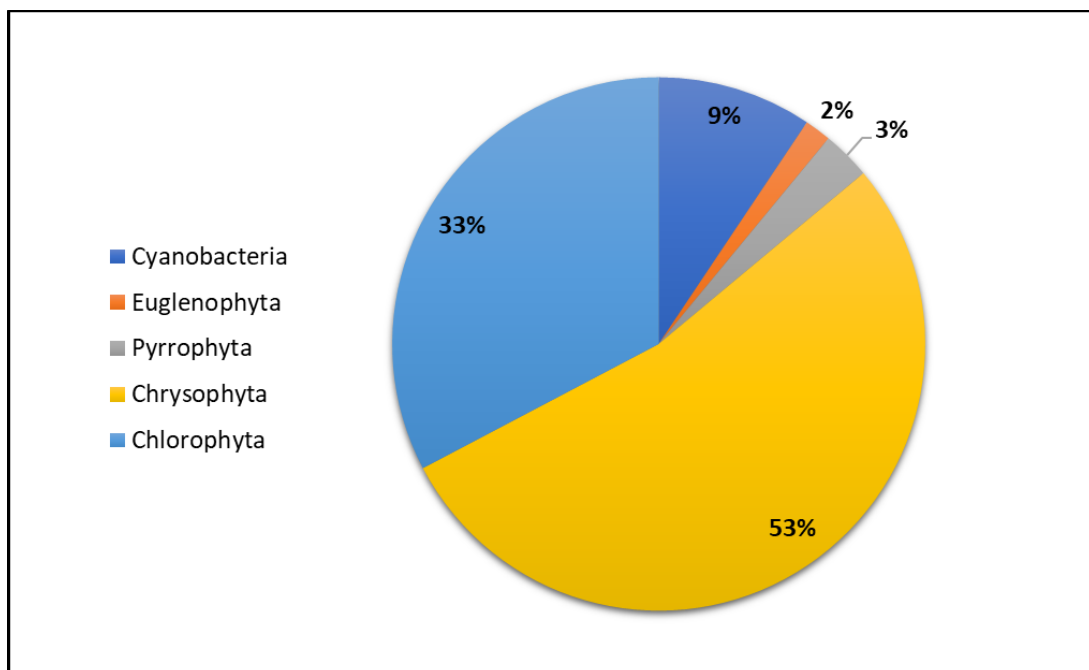




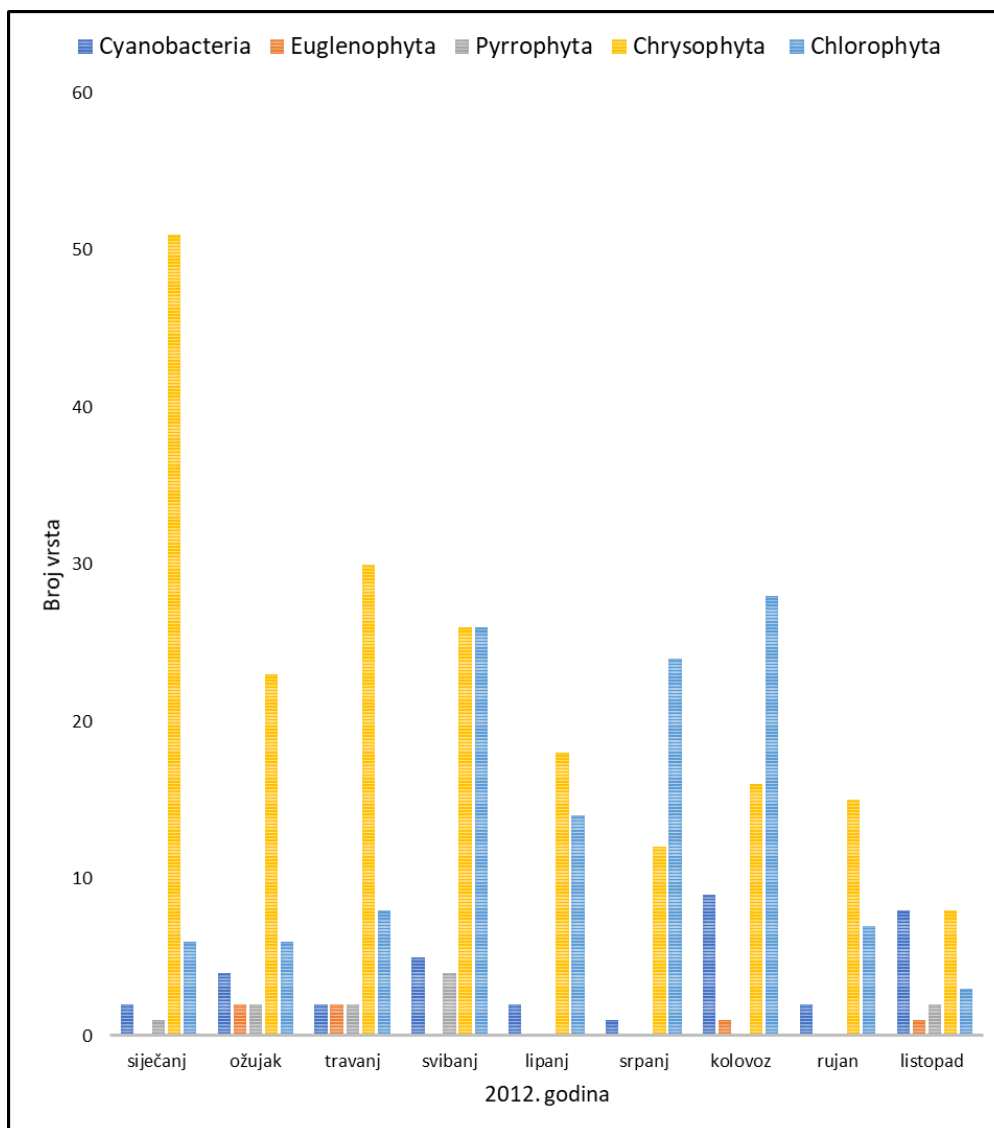
Slika 10. Koncentracije amonijaka (mg/L) (a), koncentracije nitrata (mg/L) (b), koncentracije nitrita (mg/L) (c), koncentracije organskog dušika (mg/L) (d), koncentracije ukupnog fosfora (mg/L) (e) i koncentracije ukupnog dušika (mg/L) (f) površinske vode rijeke Dunav (1388 r. km) tijekom istraživanog razdoblja 2012. godine

### 3.2. Kvalitativni sastav fitoplanktona

Kvalitativnom analizom fitoplanktona rijeke Dunav ukupno je utvrđeno 170 vrsta (Prilog 1). Najviše vrsta pripadalo je skupni Chrysophyta (53%), a najmanje skupini Euglenophyta (2%) (Slika 11). Broj vrsta utvrđen u jednom uzorku bio je najveći (61 vrsta) u svibnju, dok je najmanje vrsta (22) zabilježeno u listopadu. U siječnju je najviše vrsta pripadalo skupini skupini Chrysophyta, dok je za vrijeme srpnja i kolovoza utvrđeno najviše vrsta iz skupine Chlorophyta (Slika 12).



Slika 11. Postotna zastupljenost pojedinih sistematskih skupina u ukupnom sastavu fitoplanktona Dunava (1388 r. km) tijekom istraživanog razdoblja 2012. godine



Slika 12. Broj utvrđenih fitoplanktonskih vrsta (po sistematskim skupinama) u rijeci Dunav (1388 r. km) tijekom istraživanih razdoblja 2012. godine

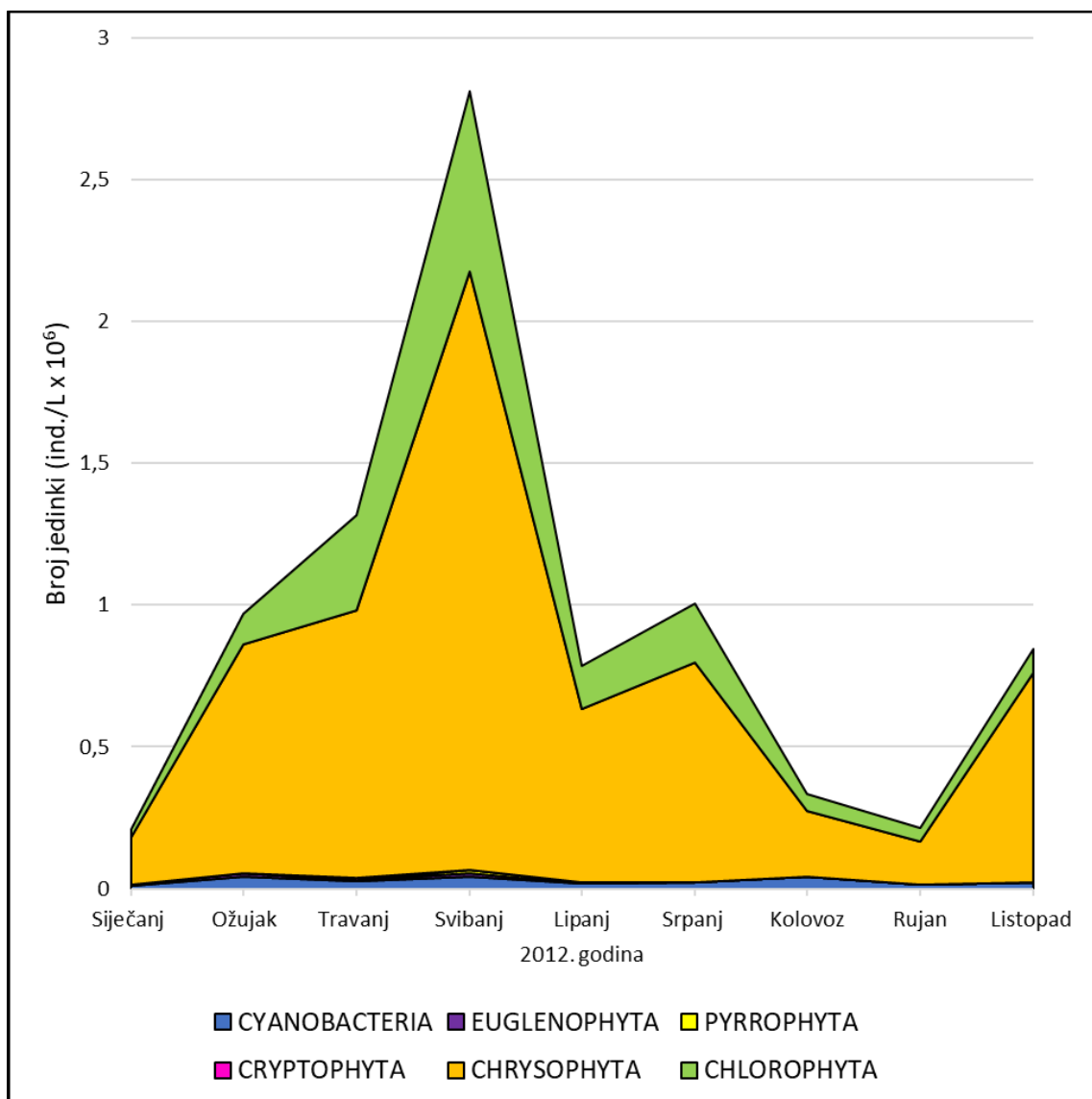
### 3.3. Kvantitativni sastav fitoplanktona

Brojnost fitoplanktona kontinuirano se povećavala od siječnja ( $0,21 \times 10^6$  ind./L) do najvećih vrijednosti utvrđenih u svibnju ( $2,81 \times 10^6$  ind./L) te se u lipnju, u vrijeme najviših vodostaja Dunava značajno smanjila ( $0,78 \times 10^6$  ind./L) i do kraja listopada ostala niska ( $1,00 \times 10^6$  ind./L u srpnju;  $0,33 \times 10^6$  ind./L u kolovozu;  $0,21 \times 10^6$  ind./L u rujnu). Srednja vrijednost broja jedinki je iznosila  $0,94 \times 10^6$  ind./L.

U ukupnom količinskom sastavu uvijek su najbrojnije bile vrste iz odjeljka Chrysophyta čija se brojnost kretala od  $0,15 \times 10^6$  ind./L u rujnu do  $2,11 \times 10^6$  ind./L u svibnju. Vrste iz odjeljka

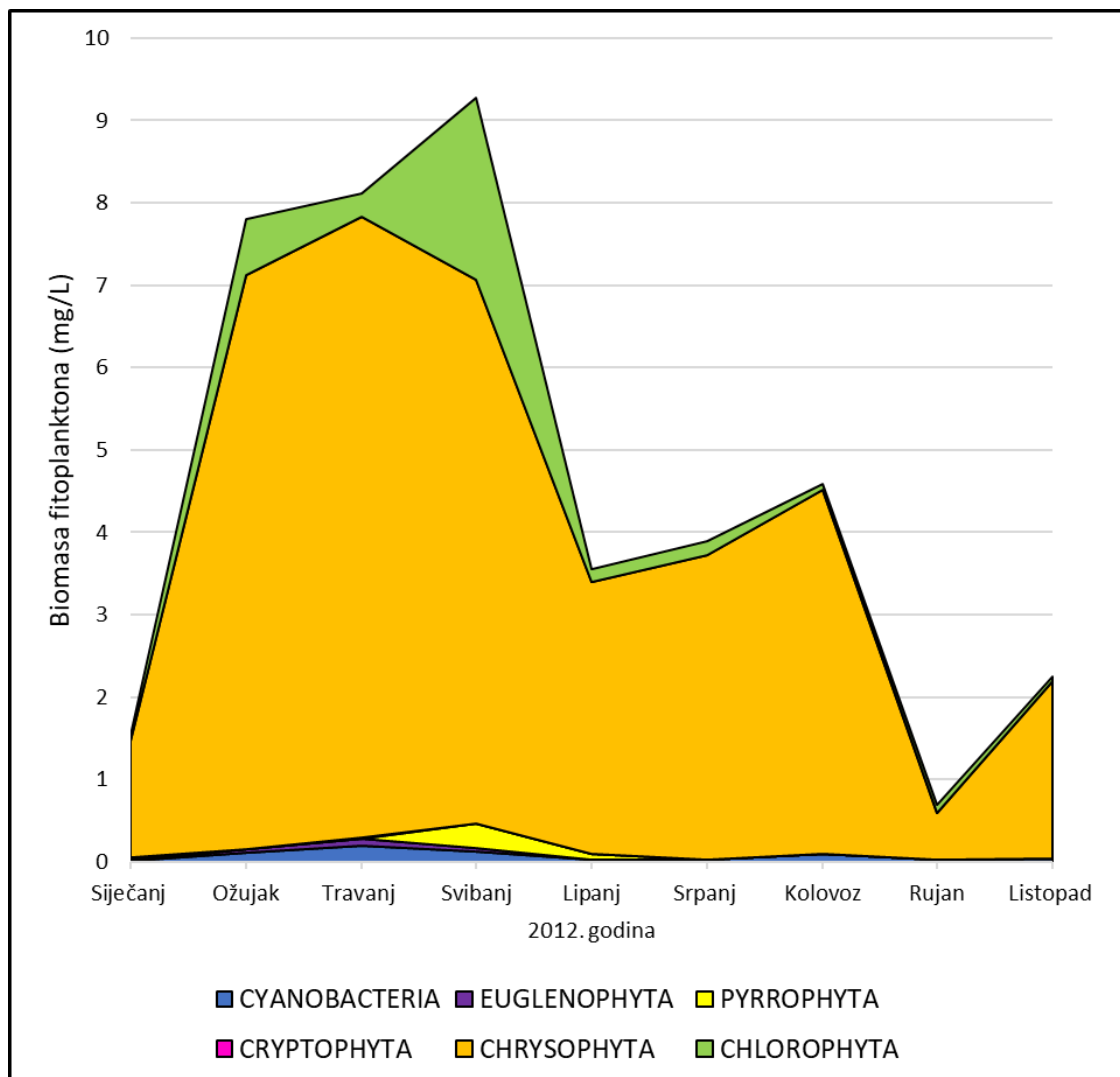
Chlorophyta bile su stalno prisutne u fitoplanktonskoj zajednici, ali ukupna brojnost jedinki ove skupine bila je uvijek puno manja od ukupne brojnosti Chrysophyta (Slika 13).

Vrste koje su bile zastupljene s najvećim brojem jedinki tijekom svih mjeseci bile su centrične dijatomeje *Stephanodiscus hantzschii* i *Cyclotella meneghiniana* (Prilog 2). Osim njih, brojnošću su se istaknule i penatne dijatomeje: *Ulnaria ulna* u siječnju, *Nitzschia acicularis* u ožujku te *Asterionella formosa* u listopadu. Od zelenih alga najveću brojnost imale su vrste *Closterium gracile* u travnju, *Scenedesmus quadricauda* u svibnju, srpnju i kolovozu, *Monoraphidium contortum* u lipnju te *Monoraphidium griffithii* u rujnu.



Slika 13. Broj jedinki fitoplanktona (ind./L) pojedinih sistematskih skupina u rijeci Dunav (1388 r. km) tijekom istraživanog razdoblja u 2012. godini

Ukupna biomasa fitoplanktona mijenjala se u granicama od 0,65 mg/L u rujnu do 9,28 mg/L u svibnju, a srednja vrijednost biomase iznosila je 4,63 mg/L. Promjena ukupne biomase uglavnom je bila sukladna s promjenama ukupnog količinskog sastava fitoplanktona. Taksonomske skupine koje su dominirale u ukupnom količinskom sastavu, a to su Chrysophyta i Chlorophyta, najviše su doprinijele i ukupnoj biomasi (Slika 14). Tijekom siječnja, ožujka, travnja i kolovoza biomasom se isticala vrsta *Melosira varians*, u svibnju, rujnu i listopadu *Stephanodiscus hantzschii*, u lipnju *Craticula cuspidata*, a u srpnju *Skeletonema potamos* (Prilog 2).



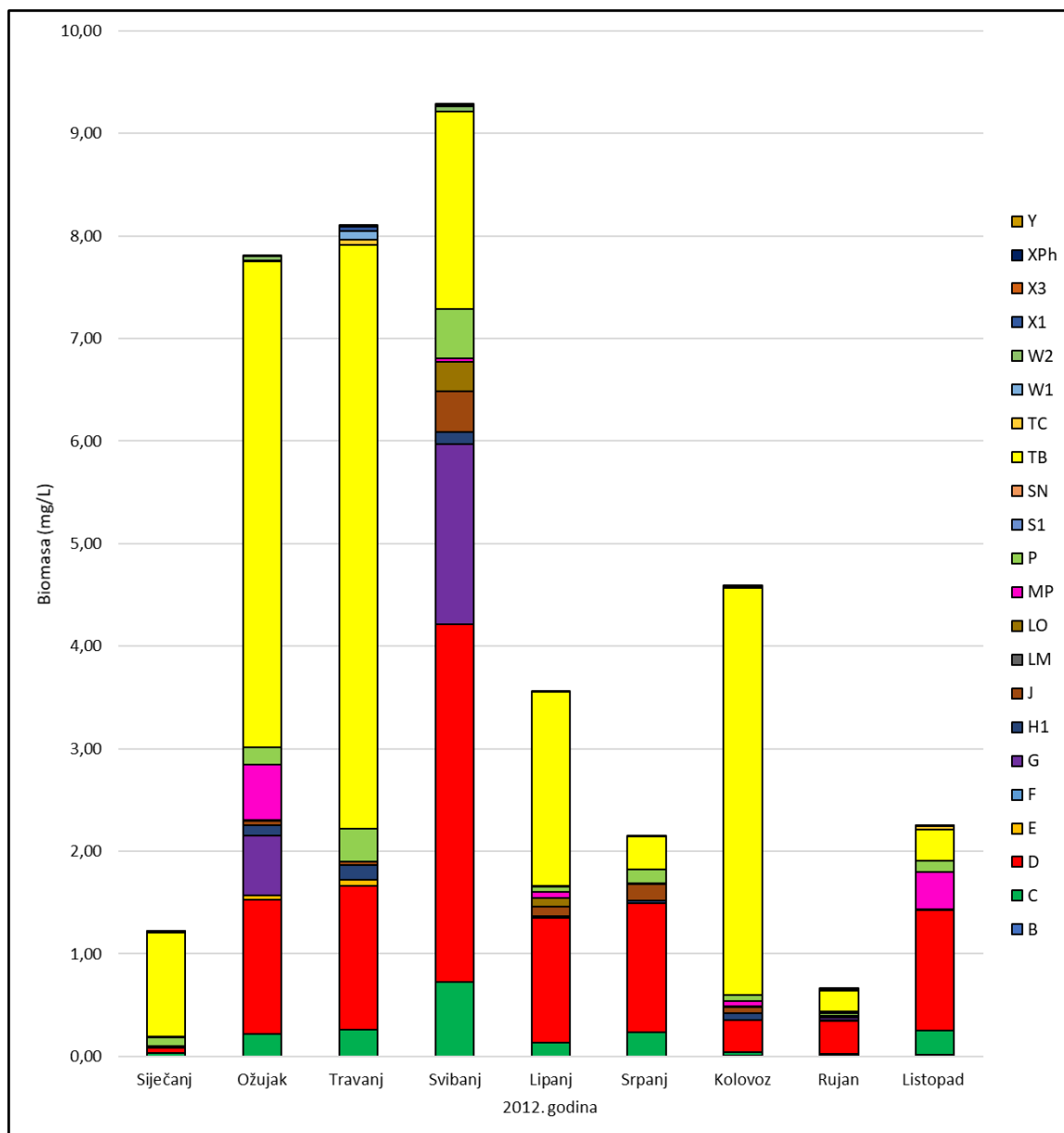
Slika 14. Promjene biomase fitoplanktona (po sistematskim skupinama) u rijeci Dunav (1388 r. km) tijekom istraživanog razdoblja 2012. godine

### 3.4. Funkcionalne skupine fitoplanktona

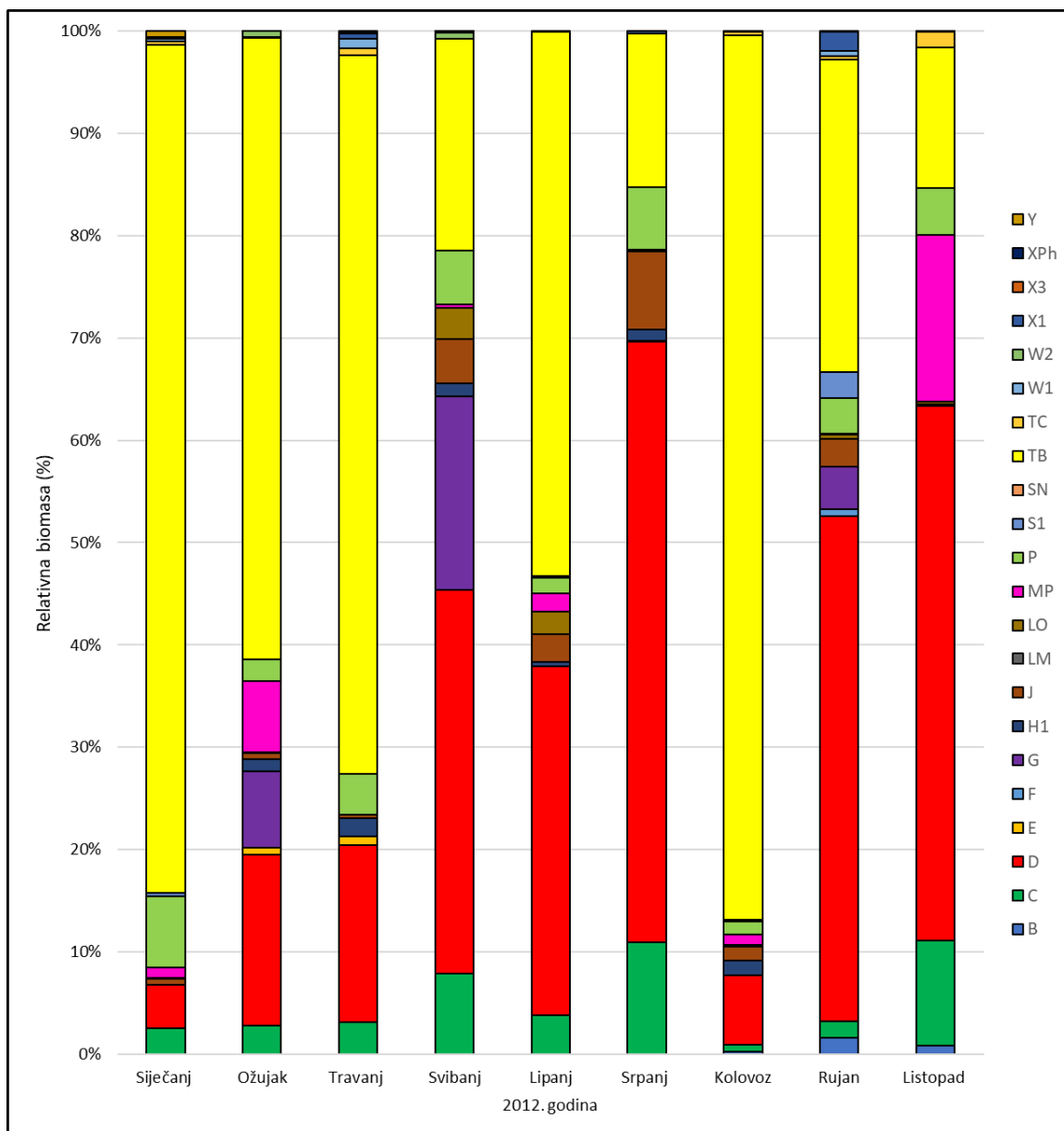
Fitoplanktonske vrste određene kvantitativnom analizom svrstane su u sljedeće 22 funkcionalne skupine: **B, C, D, E, F, G, H1, J, LM, LO, MP, P, S1, SN, TB, Tc, W1, W2, X1, X3, XPh** i **Y** (Slika 15; Tablica 1). Među njima je šest funkcionalnih skupina barem tijekom jednog mjeseca u vrijeme istraživanja bilo zastupljeno s više od 5% biomase, a to su skupine **C, D, G, MP, P** i **TB** koje se smatraju dominantnim skupinama.

U ukupnoj biomasi fitoplanktona u siječnju su dominantne skupine bile **TB**, (82,87%) i **P** (7,00%). U ožujku su dominirale skupine **TB** (60,72%), **D** (16,75%), **G** (7,48 %) i **MP** (7,01%). U travnju su dominirale skupine **TB** (70,19%) i **D** (17,32%). U svibnju su dominantne bile skupine **D** (37,53%), **TB** (20,7 %) i **G** (18,87%). U lipnju skupina **TB** (53,13 %) opet postaje zastupljenija u odnosu na skupinu **D** (34,15%). U srpnju dominiraju skupine **D** (58,67%) i **TB** (14,99%). Tijekom kolovoza skupina **TB** (86,46%) je bila najzastupljenija, dok skupina **D** opet dominira u rujnu (49,40%) i listopadu (52,28%) (Slika 16).

Unutar skupine **TB** najbolje je bila razvijena vrsta *Melosira varians* koja je u kolovozu činila 76,41% ukupne biomase, a sa više od 5% biomase pojavljivale su se i vrste *Craticula cuspidata*, *Pinnularia viridis* i *Diatoma vulgaris*. Iz skupine **D** vrsta *Stephanodiscus hantzschii* najviše je doprinijela ukupnoj biomasi u listopadu sa 30,68%, a bila je konstantno prisutna tijekom cijelog istraživanog razdoblja kao i vrsta *Ulnaria ulna*. Više od 5% biomase imala je i vrsta *Nitzschia sigmaidea* tijekom lipnja, srpnja i listopada. Iz skupine **C** dominirale su vrste *Cyclotella meneghiniana* s najvećom zastupljenošću u srpnju (10,98%) i *Asterionella formosa* u listopadu (6,49%). U skupini **P** nije bilo vrsta koje su bile zastupljene s više od 5% biomase. Za skupinu **MP** karakteristična je vrsta *Navicula cuspidata* koja je u ožujku i listopadu bila zastupljena s više od 5% biomase. Iz skupine **G** dominirala je vrsta *Eudorina elegans* s više od 5% biomase tijekom ožujka i svibnja (Slika 17).

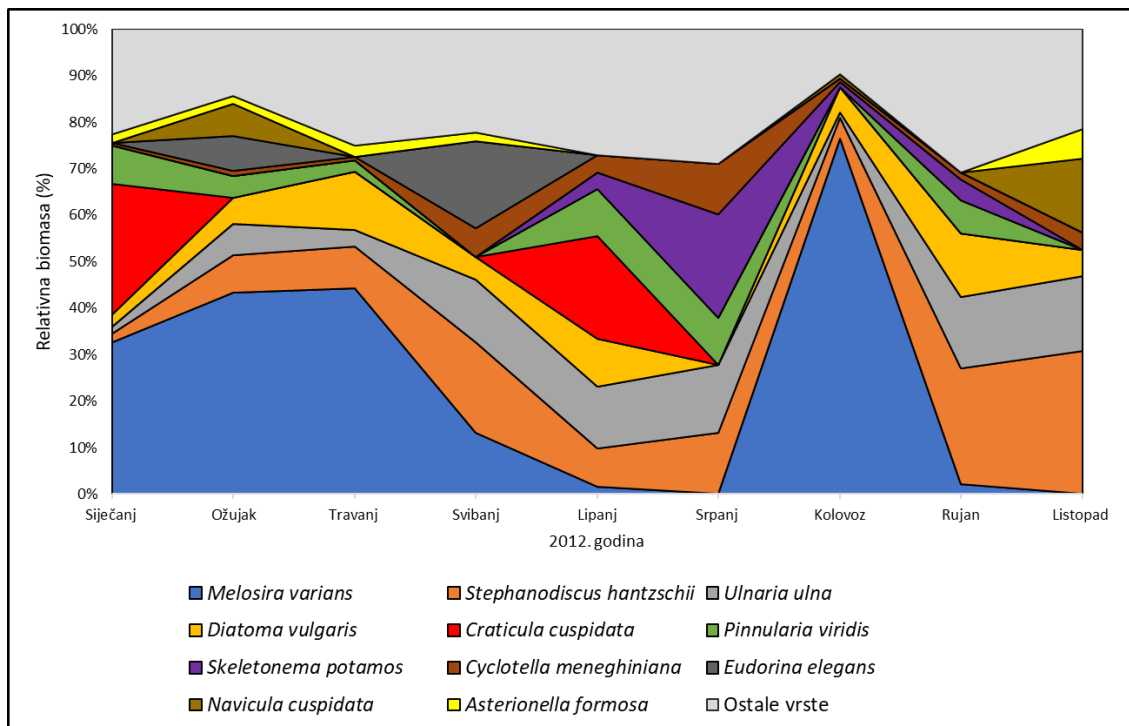


Slika 15. Promjene ukupne biomase fitoplanktona (mg/L) prema funkcionalnim skupinama u rijeci Dunav (1388 r. km) tijekom istraživanog razdoblja 2012. godine



Slika 16. Postotna zastupljenost funkcionalnih skupina fitoplanktona rijeke Dunav (1388. r. km) tijekom istraživanog razdoblja 2012. godine





Slika 17. Postotna zastupljenost dominantnih vrsta u ukupnoj biomasi fitoplanktona rijeke Dunav (1388 r. km) tijekom istraživanog razdoblja 2012. godine

Tablica 1. Funkcionalne skupine fitoplanktona rijeke Dunav (1388 r. km) tijekom istraživanog razdoblja 2012. godine

| FG | Vrste svrstane u funkcionalne skupine                                      | Biomasa fitoplanktona (%) |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|--|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |  | I.                        | III.  | IV.   | V.    | VI.   | VII.  | VIII. | IX.   | X.    |
| B  | <i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen                            | -                         | -     | -     | -     | -     | -     | 0,03  | -     | -     |
|    | <i>Lindavia comta</i> (Kützing) Nakov, Gullory, Julius, Theriot & Alverson | -                         | -     | -     | -     | -     | -     | 0,20  | 1,61  | 0,87  |
|    | <b>Ukupno:</b>   | -                         | -     | -     | -     | -     | -     | 0,23  | 1,61  | 0,87  |
| C  | <i>Asterionella formosa</i> Hassall  | 1,96                      | 1,75  | 2,48  | 1,70  | -     | -     | -     | -     | 6,49  |
|    | <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen                               | 0,02                      | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
|    | <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing                                     | 0,55                      | 1,05  | 0,69  | 6,15  | 3,80  | 10,98 | 0,69  | 1,61  | 3,72  |
|    | <b>Ukupno:</b>   | 2,53                      | 2,80  | 3,17  | 7,85  | 3,80  | 10,98 | 0,69  | 1,61  | 10,21 |
| D  | <i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F.Carlson                          | -                         | -     | -     | 0,05  | -     | -     | -     | -     | -     |
|    | <i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith                              | 0,84                      | 0,25  | 0,34  | 0,14  | -     | 0,25  | 0,02  | 0,24  | 0,29  |
|    | <i>Nitzschia fruticosa</i> Hustedt   | -                         | -     | -     | -     | -     | 0,23  | 0,02  | -     | 0,05  |
|    | <i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst                              | -                         | 0,06  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
|    | <i>Nitzschia sigmaidea</i> (Nitzsch) W.Smith                               | 0,17                      | 1,69  | 4,44  | 4,27  | 9,17  | 6,11  | -     | 4,26  | 5,09  |
|    | <i>Skeletonema potamos</i> (C.I.Weber) Hasle                               | -                         | -     | -     | -     | 3,46  | 22,22 | 1,07  | 4,30  | -     |
|    | <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow                                    | 1,86                      | 8,02  | 9,00  | 19,50 | 8,17  | 13,17 | 4,51  | 24,61 | 30,68 |
|    | <i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal  | -                         | -     | -     | -     | -     | 2,11  | -     | 0,74  | -     |
|    | <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère                                      | 1,35                      | 6,73  | 3,53  | 13,57 | 13,36 | 14,57 | 1,16  | 15,25 | 16,17 |
|    | <b>Ukupno:</b>   | 4,22                      | 16,75 | 17,32 | 37,53 | 34,15 | 58,67 | 6,77  | 49,40 | 52,28 |
| E  | <i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof                                       | -                         | 0,60  | 0,78  | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
|    | <b>Ukupno:</b>   | -                         | 0,60  | 0,78  | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| F  | <i>Monoraphidium mirabile</i> (West & G.S.West) Pankow                     | -                         | -     | -     | 0,02  | -     | 0,06  | -     | -     | -     |
|    | <i>Oocystis lacustris</i> Chodat   | -                         | -     | -     | -     | -     | -     | 0,01  | -     | -     |
|    | <i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann                                       | -                         | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,65  | -     |
|    | <b>Ukupno:</b>   | -                         | -     | -     | 0,02  | -     | 0,06  | 0,01  | 0,65  | -     |
| G  | <i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg  | -                         | 7,48  | -     | 18,87 | -     | -     | -     | -     | -     |
|    | <i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory                                   | -                         | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 4,13  | -     |
|    | <b>Ukupno:</b>   | -                         | 7,48  | -     | 18,87 | -     | -     | -     | 4,13  | -     |
| H1 | <i>Anabaena sphaerica</i> Bornet & Flahault                                | -                         | -     | -     | 0,50  | -     | -     | -     | -     | -     |
|    | <i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault                  | -                         | -     | -     | -     | 0,38  | -     | -     | -     | -     |
|    | <i>Aphanizomenon gracile</i> (Lemmerman) Lemmerman                         | -                         | 0,55  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
|    | <i>Dolichospermum solitarium</i> (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek   | -                         | 0,68  | 1,79  | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

|                | Vrste svrstane u funkcionalne skupine                                     | Biomasa fitoplanktona (%) |      |      |      |      |      |       |      |      |
|----------------|---|---------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
|                |   | I.                        | III. | IV.  | V.   | VI.  | VII. | VIII. | IX.  | X.   |
|                | <i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebhan) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek   | -                         | -    | -    | 0,79 | -    | 1,13 | 1,44  | -    | -    |
|                | <b>Ukupno :</b>   | -                         | 1,23 | 1,79 | 1,29 | 0,38 | 1,13 | 1,44  | -    | -    |
| <b>J</b>       | <i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim                                   | -                         | -    | 0,13 | 0,25 |      | 0,18 | 0,03  | 0,12 | -    |
|                | <i>Acutodesmus raciborskii</i> (Woloszynska) Tsarenko & D.M.John          | -                         | -    | 0,13 | -    | -    | -    | -     | -    | -    |
|                | <i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris                                   | -                         | 0,41 | -    | 0,51 | 0,37 | 1,47 | -     | -    | -    |
|                | <i>Coelastrum microporum</i> Nägeli                                       | -                         | -    | -    | -    | 0,09 | -    | 0,06  | 0,13 | 0,16 |
|                | <i>Crucigenia quadrata</i> Morren   | -                         | -    | 0,03 | -    | -    | -    | -     | 0,05 | 0,04 |
|                | <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze                            | -                         | -    | -    | -    | -    | -    | -     | 0,01 | -    |
|                | <i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>longispina</i> (Chodat) E.Hegewald     | -                         | -    | -    | 0,74 | 0,15 | -    | 0,02  | -    | -    |
|                | <i>Desmodesmus bicaudatus</i> (Dedusenko) P.M.Tsarenko                    | -                         | -    | -    | -    | -    | 0,21 | 0,02  | -    | -    |
|                | <i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) E.Hegewald                       | -                         | -    | -    | -    | 0,02 | -    | -     | -    | -    |
|                | <i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald | -                         | -    | -    | -    | 0,10 | -    | -     | -    | -    |
|                | <i>Desmodesmus magnus</i> (Meyen) Tsarenko                                | -                         | -    | -    | 0,42 | 0,60 | -    | -     | -    | -    |
|                | <i>Desmodesmus opoliensis</i> (P.G.Richter) E.Hegewald                    | -                         | -    | -    | -    | -    | 0,13 | -     | -    | -    |
|                | <i>Desmodesmus pannonicus</i> (Hortobágyi) E.Hegewald                     | -                         | -    | -    | -    | -    | 0,15 | 0,02  | -    | -    |
|                | <i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat                             | 0,02                      | -    | -    | 0,04 | -    | 0,02 | -     | -    | -    |
|                | <i>Micractinium pusillum</i> Fresenius                                    | -                         | -    | -    | -    | -    | 0,30 | -     | -    | -    |
|                | <i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda                                   | -                         | -    | -    | -    | -    | -    | 0,35  | -    | -    |
|                | <i>Pediastrum duplex</i> Meyen  | -                         | -    | -    | -    | 0,54 | 1,61 | 0,09  | -    | -    |
|                | <i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson                         | 0,66                      | 0,17 | 0,07 | 1,58 | 0,82 | 2,67 | 0,55  | 0,29 | -    |
|                | <i>Tetradesmus lagerheimii</i> M.J.Wynne & Guiry                          | -                         | -    | -    | 0,60 | -    | 0,86 | 0,21  | 2,11 | -    |
|                | <i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne                            | -                         | -    | -    | 0,15 | -    | -    | 0,03  | -    | -    |
| <b>Ukupno:</b> | 0,68  | 0,58                      | 0,36 | 4,30 | 2,70 | 7,59 | 1,38 | 2,72  | 0,20 |      |
| <b>LM</b>      | <i>Microcystis flos-aquae</i> (Wittr.) Kirchn                             | -                         | -    | -    | -    | -    | -    | 0,02  | -    | -    |
|                | <b>Ukupno:</b>  | -                         | -    | -    | -    | -    | -    | 0,02  | -    | -    |
| <b>Lo</b>      | <i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli                                 | -                         | -    | -    | -    | -    | 0,01 | 0,00  | 0,01 | -    |
|                | <i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli                               | 0,02                      | -    | -    | 0,03 | 0,04 | -    | -     | -    | -    |
|                | <i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli                              | -                         | 0,06 | -    | -    | -    | -    | -     | -    | 0,06 |
|                | <i>Merismopedia elegans</i> A.Braun ex Kützing                            | -                         | -    | -    | -    | -    | -    | 0,02  | -    | -    |

|    | Vrste svrstane u funkcionalne skupine                                      | Biomasa fitoplanktona (%) |      |      |      |       |      |       |      |       |
|----|--|---------------------------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|
|    |  | I.                        | III. | IV.  | V.   | VI.   | VII. | VIII. | IX.  | X.    |
|    | <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann                                  | -                         | -    | -    | -    | -     | 0,21 | 0,10  | 0,43 | 0,17  |
|    | <i>Peridinium volzii</i> Lemmermann  |                           | -    | -    | 3,07 | 2,20  | -    | -     | -    | -     |
|    | <b>Ukupno:</b>   | 0,02                      | 0,06 | -    | 3,10 | 2,24  | 0,02 | 0,12  | 0,44 | 0,23  |
| MP | <i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow                            | -                         | -    | -    | -    | -     | -    | -     | 0,12 | -     |
|    | <i>Navicula cuspidata</i> (Kützing) Kützing                                | -                         | 7,01 | -    | -    | -     | -    | 1,00  | -    | 15,80 |
|    | <i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot                      | 1,03                      | -    | -    | 0,36 | 0,25  | -    | -     | -    | 0,42  |
|    | <i>Ulothrix tenuissima</i> Kützing   | -                         | -    | -    | -    | 1,49  | -    | -     | -    | -     |
|    | <b>Ukupno:</b>   | 1,03                      | 7,01 | -    | 0,36 | 1,74  | 0,00 | 1,00  | 0,12 | 16,22 |
| P  | <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen                          | 1,43                      | 0,33 | 0,43 | 4,14 | 0,49  | 4,38 | 1,32  | 3,30 | 0,99  |
|    | <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Simonsen | -                         | 0,82 | -    | -    | -     | 1,48 | -     | -    | -     |
|    | <i>Centronella reicheltii</i> Max  | -                         | -    | 0,01 | 0,02 | -     | -    | 0,01  | -    | -     |
|    | <i>Closterium acerosum</i> Ehrenberg ex Ralfs                              | 4,56                      | -    | -    | -    | -     | -    | -     | -    | -     |
|    | <i>Closterium acutum</i> Brébisson   | -                         | -    | -    | -    | 0,38  | -    | -     | -    | -     |
|    | <i>Closterium gracile</i> Brébisson  | 0,9                       | 0,62 | 2,27 | 0,52 | 0,12  | 0,25 | -     | 0,17 | 1,87  |
|    | <i>Closterium macilentum</i> Brébisson                                     | -                         | -    | 0,28 | -    | -     | -    | -     | -    | -     |
|    | <i>Diatoma tenuis</i> C.Agardh   | -                         | -    | 0,03 | -    | -     | -    | -     | -    | 0,25  |
|    | <i>Fragilaria acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot                            | 0,11                      | 0,07 | 0,96 | 0,55 | 0,53  | -    | -     | -    | 1,54  |
|    | <i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton                                       | -                         | 0,24 | 0,02 | -    | -     | -    | -     | -    | -     |
|    | <b>Ukupno:</b>   | 7,00                      | 2,08 | 4,00 | 5,24 | 1,52  | 6,11 | 1,33  | 3,48 | 4,65  |
| S1 | <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anag. & Komar                        | 0,29                      | -    | -    | -    | -     | -    | 0,12  | 2,53 | -     |
|    | <b>Ukupno:</b>   | 0,29                      | -    | -    | -    | -     | -    | 0,12  | 2,53 | -     |
| SN | <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju  | -                         | -    | -    | -    | 0,21  | -    | -     | -    | -     |
|    | <b>Ukupno:</b>   | -                         | -    | -    | -    | 0,21  | -    | -     | -    | -     |
| TB | <i>Adlafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot                           | -                         | 0,01 | -    | -    | -     | -    | -     | -    | -     |
|    | <i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing                                    | 2,86                      | 0,20 | 1,03 | 0,99 | 2,13  | 3,55 |       |      | 1,18  |
|    | <i>Brebissonia lanceolata</i> (C.Agardh) R.K.Mahoney & Reimer              | -                         | -    | 0,80 | 1,53 | -     | -    | -     | -    | -     |
|    | <i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve                                   | 3,24                      | -    | -    | -    | -     | -    | -     | -    | 1,68  |
|    | <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg                                      | 0,30                      | 0,07 | 0,05 | -    | 0,19  | -    | 0,12  | 0,09 | 0,31  |
|    | <i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) D.G.Mann                              | 28,05                     | -    | -    | -    | 22,16 | -    | -     | -    | -     |
|    | <i>Cymatopleura elliptica</i> (Brébisson) W.Smith                          | -                         | -    | -    | -    | -     | -    | 2,68  | -    | -     |
|    | <i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W.Smith                              | 0,25                      | 3,31 | 1,74 | -    | 1,20  | -    | -     | -    | -     |

|    | Vrste svrstane u funkcionalne skupine  | Biomasa fitoplanktona (%) |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----|--|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|    |  | I.                        | III.         | IV.          | V.           | VI.          | VII.         | VIII.        | IX.          | X.           |
|    | <i>Cymbella lanceolata</i> (C.Agardh) Kirchner   | -                         | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 4,58         | -            |
|    | <i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck  | -                         | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 0,27         |
|    | <i>Diatoma vulgare</i> Bory  | 2,76                      | 5,69         | 12,44        | 4,78         | 10,27        | -            | 5,43         | 13,57        | 5,70         |
|    | <i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.J.Silva, R.Jahn, T.A.Veiga Ludwig & M.Menezes | 1,23                      | -            | 0,19         | -            | -            | -            | -            | -            | -            |
|    | <i>Encyonema ventricosum</i> (C.Agardh) Grunow   | -                         | -            | -            | -            | 0,41         | -            | 0,04         | -            | 0,45         |
|    | <i>Fragilaria capucina</i> Desmazières   | -                         | 1,74         | 0,91         | -            | -            | -            | -            | -            | -            |
|    | <i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg   | 0,17                      | -            | -            | -            | -            | -            | 0,13         | 0,29         | -            |
|    | <i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg  | -                         | -            | -            | -            | 0,21         | -            | -            | -            | -            |
|    | <i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson                                      | 0,02                      | -            | -            | -            | 0,06         | -            | 0,05         | 0,04         | 0,14         |
|    | <i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing   | 0,02                      | -            | 0,02         | -            | -            | -            | -            | -            | -            |
|    | <i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst                                       | 0,29                      | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 0,51         | -            |
|    | <i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst                                       | 1,00                      | 0,69         | 2,70         | -            | 1,24         | -            | -            | -            | -            |
|    | <i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov  | -                         | -            | 2,41         | -            | 1,66         | -            | 1,05         | -            | -            |
|    | <i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski           | 0,11                      | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            |
|    | <i>Melosira varians</i> C.Agardh   | 32,74                     | 43,28        | 44,31        | 13,10        | 1,56         | -            | 76,41        | 2,18         | -            |
|    | <i>Navicula cryptocephala</i> Kützing  | 0,62                      | 0,24         | 0,24         | 0,31         | 1,32         | 0,44         | -            | -            | 1,65         |
|    | <i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg   | -                         | -            | -            | -            | -            | -            | 0,06         | 0,54         | 1,62         |
|    | <i>Navicula oblonga</i> (Kützing) Kützing  | -                         | 0,59         | -            | -            | 0,42         | -            | -            | 0,59         | -            |
|    | <i>Navicula radiosa</i> Kützing  | -                         | -            | 0,75         | -            | -            | -            | 0,25         | -            | -            |
|    | <i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing   | 0,27                      | 0,12         | 0,16         | -            | -            | -            | 0,03         | -            | -            |
|    | <i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg   | 0,16                      | -            | -            | -            | -            | -            | 0,19         | -            | 0,68         |
|    | <i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch   | 0,17                      | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            |
|    | <i>Nitzschia linearis</i> W.Smith  | -                         | -            | -            | -            | 0,15         | 0,59         | -            | -            | -            |
|    | <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith   | 0,06                      | -            | -            | -            | 0,01         | 0,07         | -            | 0,19         | 0,04         |
|    | <i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg  | 8,18                      | 4,69         | 2,46         | -            | 10,16        | 10,16        | -            | 7,08         | -            |
|    | <i>Placoneis elginensis</i> (W.Gregory) E.J.Cox  | 0,15                      | 0,10         | -            | -            | -            | 0,18         | -            | 0,13         | -            |
|    | <i>Tryblionella angustata</i> W.Smith  | 0,22                      | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            |
|    | <b>Ukupno:</b>   | <b>82,87</b>              | <b>60,72</b> | <b>70,19</b> | <b>20,71</b> | <b>53,13</b> | <b>14,99</b> | <b>86,46</b> | <b>30,55</b> | <b>13,72</b> |
| TC | <i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont  | -                         | -            | 0,60         | -            | -            | -            | 0,26         | -            | 1,37         |
|    | <i>Planktolingbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg            | 0,04                      | 0,04         | 0,05         | -            | -            | -            | 0,03         | -            | -            |

|                | Vrste svrstane u funkcionalne skupine                          | Biomasa fitoplanktona (%) |            |            |            |            |            |            |            |            |
|----------------|--|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                |  | I.                        | III.       | IV.        | V.         | VI.        | VII.       | VIII.      | IX.        | X.         |
|                | <i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek            | 0,28                      | -          | -          | -          | -          | -          | 0,07       | 0,30       | 0,12       |
|                | <b>Ukupno:</b>   | 0,32                      | 0,04       | 0,65       | -          | -          | -          | 0,35       | 0,30       | 1,49       |
| W1             | <i>Phacus caudatus</i> Hübner                                  | 0,30                      | -          | -          | -          | -          | -          | -          | 0,51       | -          |
|                | <i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin                  | -                         | 0,06       | 0,96       | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
|                | <b>Ukupno:</b>   | 0,30                      | 0,06       | 0,96       | -          | -          | -          | -          | 0,51       | -          |
| W2             | <i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmermann                        | -                         | 0,10       | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
|                | <i>Trachelomonas planctonica</i> Svirenko                      | -                         | -          | -          | 0,56       | -          | -          | -          | -          | -          |
|                | <i>Trachelomonas similis</i> A.C.Stokes                        | 0,11                      | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
|                | <i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg           | -                         | 0,46       | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
|                | <b>Ukupno:</b>   | 0,11                      | 0,56       | -          | 0,56       | -          | -          | -          | -          | -          |
| X1             | <i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov                       | -                         | 0,00       | 0,01       | 0,03       | -          | -          | 0,00       | 0,02       | 0,01       |
|                | <i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs                   | -                         | -          | -          | -          | 0,01       | 0,01       | -          | 0,01       | 0,01       |
|                | <i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck [Beijerinck]               | -                         | -          | -          | 0,08       | -          | -          | -          | 0,15       | -          |
|                | <i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová    | 0,02                      | 0,01       | 0,02       | 0,04       | 0,12       | 0,09       | 0,00       | 0,01       | 0,02       |
|                | <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová | -                         | -          | 0,53       | -          | -          | 0,15       | 0,07       | 1,64       | -          |
|                | <i>Monoraphidium setiforme</i> (Nygaard) Komárková-Legnerová   | -                         | 0,01       | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
|                | <b>Ukupno:</b>   | 0,02                      | 0,03       | 0,56       | 0,15       | 0,12       | 0,25       | 0,07       | 1,84       | 0,04       |
| X3             | <i>Chrysococcus rufescens</i>                                  | -                         | -          | 0,02       | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
|                | <i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák                     | -                         | -          | 0,02       | 0,02       | -          | -          | -          | -          | 0,08       |
|                | <b>Ukupno:</b>   | -                         | -          | 0,04       | 0,02       | -          | -          | -          | -          | 0,08       |
| XPh            | <i>Phacotus lenticularis</i> (Ehrenberg) Deising               | -                         | -          | -          | -          | -          | -          | -          | 0,12       | -          |
|                | <b>Ukupno:</b>   | -                         | -          | -          | -          | -          | -          | -          | 0,12       | -          |
| Y              | <i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg                             | 0,62                      | -          | 0,19       | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
|                | <b>Ukupno:</b>   | 0,62                      | -          | 0,19       | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| <b>UKUPNO:</b> |  | <b>100</b>                | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |

#### 4. RASPRAVA

Rijeka Dunav pripada u kategoriju velikih tekućica nizinskog područja te se fitoplankton smatra kao relevantan element kakvoće površinske vode. Poznato je da velike rijeke umjerenih područja uglavnom imaju relativno dobro razvijene fitoplanktonske zajednice (Reynolds i Descy, 1996). Dobiveni rezultati pokazuju da je prosječna vrijednost ukupne biomase fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja u 2012. godini iznosila 4,63 mg/L. Uspoređujući to s do sada poznatim podacima o prosječnoj vrijednosti biomase fitoplanktona na predmetnoj dionici Dunava vidljivo je da su dobivene vrijednosti u granicama očekivanog. Tako je u 2009. godini prosječna vrijednost biomase fitoplanktona na istraživanoj dionici iznosila 4,52 mg/L (Mihaljević i sur., 2009), a rezultati istraživanja fitoplanktona na dionici kroz Hrvatsku pokazali su da se biomasa fitoplanktona u razdoblju od travnja do rujna u 2010. godini mijenjala u granicama od 0.21 do 20.94 mg/L (Stanković i sur., 2013).

Jedan od najznačajnijih čimbenika koji utječu na količinu fitoplanktona u Dunavu je brzina strujanja vode te je biomasa fitoplanktona obrnuto proporcionalna s protokom vode (Schmidt, 1994). U istraživanom razdoblju 2012. godine najviši vodostaji zabilježeni su sredinom siječnja i u lipnju. Poznato je (npr. Weithoff, 2003; Kiss i sur., 2000; i brojni drugi autori) da je za vrijeme visokih vodostaja protok vode brži i riječne struje su jače te se prenosi veća količina suspendiranih anorganskih tvari što smanjuje prozirnost vode. Posljedica toga je smanjenje osvijetljenosti vodenog stupca i nepovoljni uvjeti za rast i razvoj fitoplanktonskih zajednica. Međutim, za vrijeme nižih vodostaja uvjeti za razvoj fitoplanktona su povoljniji zbog toga što je brzina strujanja vode manja, čestice se brže talože na dno te je prozirnost vode povećana i svjetlost prodire do većih dubina. Dobiveni rezultati pokazali su da je biomasa fitoplanktona bila vrlo niska u uvjetima visokih vodostaja Dunava kao što je to bilo u siječnju (1,54 mg/L).

Pored protoka vode na razvoj fitoplanktonskih zajednica u riječnim ekosustavima utječu i brojni drugi ekološki čimbenici od kojih su vrlo značajni temperatura vode i koncentracija hranjivih tvari. Povećanjem insolacije povećava se i temperatura vode te je tijekom proljeća zabilježeno kontinuirano povećanje biomase fitoplanktona (8,11 mg/L u travnju i 9,28 mg/L u svibnju). Od hranjivih tvari pokazatelji kemijskog sastava su koncentracije fosfora i dušikovih spojeva od kojih su u Dunavu posebno značajne promjene dušikovih spojeva (Stanković i sur., 2013). Najveće koncentracije hranjivih tvari su zabilježene u kolovozu za vrijeme niskog vodostaja Dunava, dok je najniža vrijednost amonijaka zabilježena u lipnju za vrijeme najvećeg vodostaja. Sveukupno, tijekom ovog istraživanja srednje vrijednosti koncentracije

nitrata i ukupnog fosfora prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/2013) pokazuju da Dunav na predmetnoj dionici pripada kategoriji „dobro stanje“ što znači da pokazuje nisku razinu promjena uzrokovanu ljudskom djelatnošću. Također je i srednja vrijednost koncentracije klorofila-a, kao indirektnog pokazatelja količine fitoplanktona, potvrdila da se ekološko stanje Dunava može svrstati u kategoriju „dobro stanje“.

U kvalitativnom sastavu fitoplanktona utvrđeno je ukupno 170 vrsta što govori o relativno bogatoj fitoplanktonskoj zajednici u kojoj je brojem vrsta dominirala skupina Bacillariophyceae (dijatomeje). Osim u kvalitativnom sastavu dijatomeje su bile dominantne i u količinskom sastavu i biomasi fitoplanktona tijekom cijelog razdoblja istraživanja. Brojnošću su se isticalle vrste *Amphora ovalis*, *Asterionella formosa*, *Aulacoseira granulata*, *Cyclotella meneghiniana*, *Nitzschia acicularis*, *Skeletonema potamos* i *Stephanodiscus hantzschii*. Međutim, veliki broj utvrđenih dijatomeja nisu isključivo fitoplanktonske vrste već su u fitoplanktonskoj zajednici utvrđene i meroplanktonske vrste koje dio svog životnog ciklusa provode u bentosu, a onda strujanjima vode budu podignute u vodeni stupac. Meroplanktonske su na primjer mnoge vrste rodova *Stephanodiscus* i *Aulacoseira* (Aubrey I sur., 2010). Vrste rodova *Aulacoseira*, *Stephanodiscus* i *Cyclotella* mogu biti dobro razvijene tijekom cijele godine, što uključuje i njihov dobar razvoj i tijekom zime (Kiss i Genkal, 1993). Općenito, dijatomeje su dobro prilagođene za život u lotičkim sustavima jer imaju sposobnost preživljavanja i razmnožavanja u sporotekućim rijekama (Reynolds, 1984). Utvrđena velika zastupljenost dijatomeja u fitoplanktonu sukladna je s dosadašnjim istraživanjima fitoplanktona Dunava (Török, 2006). Tako se vrste *Stephanodiscus hantzschii* i *Cyclotella meneghiniana* smatraju karakterističnim dunavskim vrstama (Schmidt, 1992).

U sezonskoj dinamici fitoplanktona Dunava može se očekivati razvoj zelenih alga i cijanobakterija tijekom ljetnih mjeseci (Schmidt, 1994). Međutim, u sezonskoj dinamici fitoplanktona tijekom 2012. godine nije zabilježen značajniji razvoj zelenih alga, a vrste *Actinastrum hantzschii*, *Scenedesmus quadricauda* i *Tetradesmus lagerheimii* pojavile su se u srpnju i kolovozu tek s nešto većom zastupljenosti u ukupnom količinskom sastavu. Cijanobakterije su bile slabo razvijene, a od ukupno utvrđenih 15 vrsta ni jedna vrsta nije bila zastupljena s više od 5% ukupne biomase.

Utvrđene vrste svrstane su u 22 funkcionalne skupine, međutim samo je šest funkcionalnih skupina barem tijekom jednog mjeseca za vrijeme istraživanog razdoblja bilo zastupljeno s više od 5% biomase, a to su skupine **C**, **D**, **G**, **MP**, **P** i **T<sub>B</sub>**. Nabolje zastupljene tijekom cijelog istraživanog razdoblja bile su skupine **T<sub>B</sub>** i **D**. Skupina **T<sub>B</sub>** je karakteristična za lotičke sustave kao što su brze tekućice, a tipični predstavnici su vrste rodova *Navicula*, *Cymbella* te vrsta



*Melosira varians* (Padisák i sur., 2009; Abonyi i sur., 2012). U istraživanom razdoblju skupina **T<sub>B</sub>** bila je dominantna u ukupnoj biomasi u siječnju (82,87%) i kolovozu (86,46%). Iako je u ovoj skupini utvrđen najveći broj vrsta, svojim udjelom u ukupnoj biomasi ističe se vrsta *Melosira varians* koja je u kolovozu činila 76,41% ukupne biomase fitoplanktona.

Skupina **D** bila je dominantna u srpnju (58,67%) kada je najbolje bila razvijena vrsta *Skeletonema potamos* i u listopadu (52,28% ukupne biomase) kada je dominantna bila vrsta *Stephanodiscus hantzschii*. Skupina **D** karakteristična je za plitke, turbidne vode bogate nutrijentima, uključujući rijeke (Padisák i sur., 2009), a vrste ove skupine su osjetljive na nedostatak nutrijenata (Reynolds i sur., 2002). Poznato je da se za vrijeme ljetnih mjeseci i tijekom rane jeseni u Dunavu može dobro razviti vrsta *S. potamos*. Tako je masovni razvoj ove vrste prvi put zabilježen 1973. godine u mađarskoj dionici Dunava u ljetnom razdoblju za vrijeme niskih vodostaja (Schmidt i Vörös, 1981), a od tada su često zabilježene pojave njenog masovnog razvoja u Dunavu u uvjetima povećanih temperatura vode i niskog vodostaja (Kiss i sur., 1994). Tako su i prethodna istraživanja fitoplanktona na istraživanoj postaji pokazala dobru zastupljenost vrste *S. potamos* u ljeto 2008. godine (Mihaljević i sur., 2013). Međutim, vrste roda *Stephanodiscus* se uglavnom masovno razvijaju u hladnijim uvjetima krajem jeseni, zimi i s početkom proljeća, s obzirom da toleriraju manje osvjetljenje i niske temperature vode, a pogoduje im manja brzina strujanja vode i povećana prozirnost vode (Kiss i Genkal, 1993). Tako je zabilježeno da se ranoproljetni razvoj malih centričnih dijatomeja u vodama poplavnog područja Kopačkog rita poklapa s porastom brojnosti tih vrsta u Dunavu (Mihaljević i sur., 2013).

Dijatomeje iz skupine **C**, posebno vrste *Asterionella formosa* i *Cyclotella meneghiniana*, bile su razvijene u srpnju i listopadu. Skupina **C** je karakteristična za mala do srednje velika eutrofna jezera s izmiješanim stupcem vode, a vrste su tolerantne na slabo osvjetljenje i nedostatak ugljika, te osjetljive na nedostatak silicija i temperaturnu stratifikaciju (Reynolds i sur., 2002; Padisák i sur., 2009). Općenito, mnoge vrste dijatomeja funkcionalnih skupina **C** i **D** imaju morfološke adaptacije koje im omogućuju preživljavanje u rijekama, a to su veliki omjer površine i volumena zbog male veličine stanica (kao npr. kod vrsta roda *Cyclotella*) ili stanice raspoređene u jednu ravninu (kao npr. kod vrsta roda *Navicula*) što im daje prednost prilikom primanja svjetlosti te im olakšava prienos riječnim strujama (Reynolds i Descy, 1996).

Dijatomeje iz skupine **MP** u kojoj je najbolje bila razvijena vrsta *Navicula cuspidata* s 15,80% ukupne biomase u listopadu te vrste iz skupine **P** kojoj pripadaju limnofilne mezo-eutrofne penatne dijatomeje, kao što su vrste rodova *Aulacoseira* i *Fragilaria*, povremeno su

činile dopunu dijatomejskoj zajednici Dunavskog fitoplanktona. Poznato je da skupini **P** pripadaju vrste koje naseljavaju trajno ili djelomično izmiješane slojeve vode u epilimnionu, uglavnom jezera višeg trofičkog stupnja, a tolerantne su na smanjenu količinu svjetlosti i nedostatak ugljika, dok su osjetljive na termalnu stratifikaciju vodenog stupca i nedostatak silicija (Reynolds i sur., 2002).

Od zelenih alga u ukupnoj biomasi fitoplanktona istaknula se jedino skupina **G** i to u uvjetima povećane temperature vode i smanjenog protoka vode te je u svibnju njena biomasa činila 18,87% ukupne biomase fitoplanktona Dunava. Vrste iz ove skupine, alge iz reda Volvocales, osjetljive su na miješanje vodenog stupca i manju količinu hranjivih tvari (Reynolds i sur., 2002) te je njihovo pojavljivanje u fitoplanktonu rijeka uglavnom periodično (Abony i sur., 2012).

## 5. ZAKLJUČAK

Analizom fitoplanktona rijeke Dunav na postaji 1388 r. km tijekom 2012. godine ukupno je utvrđeno 170 fitoplanktonskih vrsta što ukazuje na relativno veliku biološku raznolikost. Najbolje zastupljene tijekom cijelog istraživnog razdoblja bile su dijatomeje iz skupina **T<sub>B</sub>** i **D**, a svojom brojnošću i udjelom u ukupnoj biomasi fitoplanktona isticale su se vrste *Stephanodiscus hantzschii* i *Cyclotella meneghiniana*. Dopunu dijatomejskoj zajednici povremeno su činile i vrste iz skupina **C**, **MP** i **P**. Očekivani razvoj zelenih alga i cijanobakterija nije zabilježen. Dobiveni rezultati podloga su za ocjenu ekološkog stanja rijeke Dunav na predmetnoj dionici.

## 6. LITERATURA

- Abonyi A, Leitão M, Lançon AM, Padisák J. 2012. Phytoplankton functional groups as indicators of human impacts along the River Loire (France). *Hydrobiologia* 698 (1):233-249.
- Biggs BJB, Stevenson RJ, Lowe RL. 1998. A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. *Arch Hydrobiol* 143:21-56.
- Borics G, Várбірó G, Grigorszky I, Krasznai E, Szabó S, Kiss KT. 2007. A new evaluation technique of potamoplankton for the assessment the ecological status of rivers. *Arch Hydrobiol - Supplement Large Rivers* 161:465-486.
- Bovo-Scomparin VM, Train S, Rodrigues LC. 2013. Influence of reservoirs on phytoplankton dispersion and functional traits: a case study in the Upper Paraná River, Brazil. *Hydrobiologia* 702:115-127.
- Brunnthaler J. 1900. Plankton Studien. I. Das Phytoplankton des Donaustromes bei Wien. *Verhandlungen Zoologisch Botanische Gesellschaft Wien* 50: 308-311.
- Devercelli M. 2010. Changes in phytoplankton morpho-functional groups induced by extreme hydroclimatic events in the Middle Paraná River (Argentina). *Hydrobiologia* 639:5-19.
- Dodds WK, 1997. Distribution of runoff and rivers related to vegetative characteristics, latitude, and slope: A global perspective. *J N Am Benthol Soc* 16:162-168.
- Dodds WK. 2006. Eutrophication and trophic state in rivers and streams. *Limnol Oceanogr* 51(1, part 2):671-680.
- Dokulil MT, Donabaum U. 2014. Phytoplankton of the Danube River: Composition and Long-Term Dynamics. *Acta zool bulg Suppl* 7:147-152.
- Gucunski D. 1987. Contribution to the Knowledge of Phytoplankton and Quality of the Water of Danube. *Working Papers* 1:39-58.
- Guiry, MD, Guiry GM. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 06 December 2017.
- Hindák F, Cyrus Z, Marvan P, Javornický P, Komárek J, Ettl H, Rosa K, Sladečková A, Popovsky J, Punčocharova M, Lhotsky O. 1978. *Slatkovodne riasy*. Slovenske pedagogicke nakladatelstvo, Bratislava.

Hindak F, Komarek J, Marvan P, Ružička J. 1975. Kluč na určovanie vytrusnych rastlin. I. diel: *Riasy*. Slovenske pedagogicke nakladelstvo, Bratislava.

Hindak F. 1977-1990. *Studies on the chlorococcales algae (Chlorophyceae) I-IV*. VEDA. Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava.

Javornický P, Komárková J. 1973. The changes in several parameters of plankton primary productivity in Slapy Reservoir 1960-1967, their mutual correlations and correlations with the main ecological factors. In *Hydrobiological studies*, Hrbáček J, Straškraba M (eds). Academia: Prague, 155-211 pp.

Kerovec M. 1988. *Ekologija kopnenih voda*. Hrvatsko ekološko društvo i dr. Ante Pelivan, Zagreb.

Kiss KT, Ács É, Kovács K. 1994. Ecological observations on *Skeletonema potamos* (Weber) Hasle in the River Danube, near Budapest (1991-92, daily investigations). *Hydrobiologia* 289:163-170.

Kiss KT, Genkal SI. 1993. Winter blooms of centric diatoms in the River Danube and in its side-arms near Budapest (Hungary). *Hydrobiologia* 269(270):317-325.

Kiss, Keve Tihamér and Pápista, É. and Ács, Éva and Makk, Judit (2000) Comparison of phytoplankton of 80s and late 90s in a large side arm of the Danube River (Soroksár-Danube/Hungary). In: *Limnological Reports*. Proceedings of the 33rd Conference of the IAD: The Danube and its Tributaries: Antropogenic Impacts and Revitalisation. Josip Juraj Strossmayer University, Faculty of Education, Osijek, pp. 103-110.

Komárek J. 1973. The communities of algae of Opatovický Fishpond (South Bohemia). In: Heiny S (ed): *Ecosystem on Wetland Biome in Czechoslovakia*. Czechoslovak National Committee for the International Biological Programme. Czechoslovak Academy of Sciences. Trebon 179-184. pp.

Krammer K, Lange-Bertalot H. 1986. *Bacillariophyceae I, Naviculaceae*, (in:) Süßwasserflora von Mitteleuropa 2, T1, Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D. Spektrum akademischer verlag, Stuttgart.

Lampert W, Sommer U. 1997 i 2007. *Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams*. Oxford Universita Press, Oxford, UK.

- Lashaway AR, Carrick HJ. 2010. Effects of light, temperature and habitat quality on meroplanktonic diatom rejuvenation in Lake Erie: implications for seasonal hypoxia. *Journal of Plankton Research* 32 (4):479-490.
- Liepolz R. (Ed.) 1967. *Limnologie der Donau*. Eine monographische Darstellung, Schweizerbart, Stuttgart.
- Matoničkin I, Pavletić Z. 1972. *Život naših rijeka – biologija tekućih voda*. Školska knjiga, Zagreb.
- Mihaljević M, Getz D, Tadić Z, Živanović B, Gucunski D, Topić J, Kalinović I, Mikuska J. 1999. *Kopački Rit-research survey and bibliography*. Croatian Academy of Arts and Sciences, Zagreb.
- Mihaljević M, Stević F, Horvatić J. 2009. Dual impact of the flood pulses on the phytoplankton assemblages in a Danubian floodplain lake (Kopački Rit Nature Park, Croatia). *Hydrobiologia* 618:77-88.
- Mihaljević M, Špoljarić D, Stević F, Žuna Pfeiffer 2013. Assessment of flood-induced changes of phytoplankton along a river-floodplain system using the morpho-functional approach. *Environ Monit Assess* 185:8601-8619. 185:8601-8619.
- Padisák J, Crossetti LO, Naselli-Flores L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: A critical review with updates. *Hydrobiologia* 621:1-19.
- Padisák J, Crossetti LO, Naselli-Flores L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: A critical review with updates. *Hydrobiologia* 621:1-19.
- Pantle R, Buck H. 1955. Die biologische überwachung der gewässer und die darstellung der ergebnisse. *Gas und Wasserfach* 96: 11-17.
- Reynolds CS, Descy JP. 1996. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Arch Hydrobiol – Supplement* 133, Large Rivers 10:187-198.
- Reynolds CS, Huszar V, Kruk C, Naselli-Flores L, Melo S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24 (5):417-428.

- Reynolds CS. 1984. Phytoplankton periodicity: The interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biol* 14:111-142.
- Reynolds CS. 2006. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, 535 pp.
- Rott E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibration. *Schweiz Z Hydrol* 43:34-62.
- Schallgruber F. 1943. Das Plankton des Donaustromes bei Wien in qualitativer und quantitativer Hinsicht. *Arch Hydrobiol* 39:665-689.
- Schmidt A, Vörös L. 1981. A Duna magyarországi alsó szakaszának fitoplanktonja az 1970-es években [Phytoplankton of the lower Hungarian section of the Danube in the 1970s]. *Hidrol Közl* 61:322–330.
- Schmidt A. 1992. Das Phytoplankton, das Phytobenthos und die Makrophyten der Donau. Wien. *Limnologische Berichte Donau* 77-101.
- Schmidt A. 1994. Main characteristics of phytoplankton of the Southern Hungarian section of the River Danube. *Hydrobiologia* 289:97-108.
- Schneider E. 2002. The ecological functions of the Danubian floodplains and their restoration with special regard to the Lower Danube. *Large Rivers* 13:129–149.
- Sournia A. 1978. *Phytoplankton Manual*. Monographs on Oceanographic Methodology. No. 6, Unesco, Paris, 337 pp.
- Stanković I, Vlahović T, Gligora Udovič M, Várbíró G, Borics G. 2012. Phytoplankton functional and morpho-functional approach in large floodplain rivers. *Hydrobiologia* 698:217-231.
- Stanković I, Vlahović T, Gligora Udovič M, Várbíró G, Borics G. 2012. Phytoplankton functional and morpho-functional approach in large floodplain rivers. *Hydrobiologia* 698:217-231.
- Stanković I. 2013. Fitoplankton kao pokazatelj ekološkog stanja velikih nizinskih rijeka Hrvatske. Doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, Zagreb.
- Starmach K. 1966. *Flora słodkowodna Polski. Tom 2: Cyanophyta-sinice Glaucophyta-Glaukofity*. Państwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa.

Strickland JDH, Parson TR. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin* 167:1-310.

Stundl K. 1951. Zur Hydrographie und Biologie der österreichischen Donau. *Schweiz Z Hydrol* 13:36-53.

Torgan LC, Becker V, Santos CB. 2009. *Skeletonema potamos* (Bacillariophyta) in Patos Lagoon, Southern Brazil: Taxonomy and distribution. *Rev Per Biol* 16:93-96.

Török L. 2006. Contribution to the knowledge on quantitative and qualitative status of diatoms population from plankton of some lakes of the Danube Delta at the end of second millennium (1995–2000). Ph.D. Thesis, Danube Delta National Institute, Tulcea.

UNESCO 1966. Determination of phytoplankton pigments in sea water. Report of SCOR-UNESCO Working Group 17. *Monographs on Oceanographic Methodology* 1, 69.

Uredba o standardu kakvoće voda. 2013. *Narodne novine* br. 73/2013.

Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitative Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen der international Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 9:1-38.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. *Can J Fish Aquat Sci* 37:130-7.

Weithoff G. 2003. The concepts of 'plant functional types' and 'functional diversity' in lake phytoplankton – a new understanding of phytoplankton ecology? *Freshwater Biol* 48: 1669-1675.

Wetzel RG. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Academic Press, San Diego, California.

### **Web izvori:**

1. <https://stroudcenter.org/continuum/>
2. [https://www.researchgate.net/figure/284137102\\_fig1\\_Fig-1-The-Danube-River-Basin-identifying-four-river-sections-the-Upper-Middle-and](https://www.researchgate.net/figure/284137102_fig1_Fig-1-The-Danube-River-Basin-identifying-four-river-sections-the-Upper-Middle-and)



## **7. PRILOZI**

Prilog 1. Kvalitativni sastav fitoplanktona i relativna brojnost pojedinih vrsta rijeke Dunav (1388 r. km) tijekom istraživanog razdoblja 2012. godine - 1 (pojedinačno zastupljene vrste), 3 (srednje zastupljene vrste) i 5 (masovno zastupljene vrste)

|   | 2012. godina |      |     |    |     |      |       |     |    |
|---|--------------|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|
|   | I.           | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. |
| <b>CYANOBACTERIA</b>  |              |      |     |    |     |      |       |     |    |
| <i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault                       | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann                              | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli                                       | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 3     | -   | 1  |
| <i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli                                     | -            | 1    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli                                    | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Dolichospermum solitarium</i> (Klebahn) Wacklin,<br>L.Hoffmann & Komárek     | -            | 1    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebahn) Wacklin,<br>L.Hoffmann & Komárek      | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 3     | -   | 1  |
| <i>Komvophoron minutum</i> (Skuja) Anagnostidis & Komárek                       | -            | 1    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-<br>Legnerová              | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont                                   | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | 3     | 1   | 1  |
| <i>Oscillatoria tenuis</i> C.Agardh ex Gomont                                   | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Planktolynghya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-<br>Legnerová & Cronberg | -            | 1    | -   | -  | 1   | 1    | 3     | 1   | 1  |

|  | 2012. godina |      |     |    |     |      |       |     |    |
|--|--------------|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|
|  | I.           | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. |
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher                          | -            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek          | 1            | -    | -   | 1  | -   | -    | 3     | -   | 1  |
| <i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek & Hindák          | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <b>EUGLENOPHYTA</b>  |              |      |     |    |     |      |       |     |    |
| <i>Lepocinclis acus</i> (O.F.Müller) B.Marin & Melkonian     | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin                | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Phacus orbicularis</i> K.Hübner                           | -            | 1    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg         | -            | 1    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <b>PYRROPHYTA</b>  |              |      |     |    |     |      |       |     |    |
| <i>Peridiniopsis cunningtonii</i> Lemmermann                 | -            | 1    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Peridiniopsis polonica</i> (Woloszynska) Bourrelly        | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Peridinium bipes</i> Stein                                | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Peridinium cinctum</i> (O.F.Müller) Ehrenberg             | 1            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Peridinium volzii</i> Lemmermann                          | -            | 1    | 1   | 1  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <b>CHRYSOPHYTA</b>   |              |      |     |    |     |      |       |     |    |
| <i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing                      | 3            | 1    | 3   | 3  | -   | 3    | -     | -   | -  |
| <i>Asterionella formosa</i> Hassall                          | 5            | -    | 3   | 3  | 1   | 1    | -     | -   | -  |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen              | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |

|  | 2012. godina |      |     |    |     |      |       |     |    |
|--|--------------|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|
|  | I.           | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen                            | 3            | 1    | 1   | 3  | 3   | 3    | -     | 3   | 3  |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Otto Müller) Simonsen | 1            | -    | -   | 1  | -   | 3    | -     | -   | -  |
| <i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen                              | -            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | 1   | -  |
| <i>Aulacoseira</i> sp.   | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F.Müller) T.Marsson                         | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Binuclearia lauterbornii</i> (Schmidle) Proschkina-Lavrenko               | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Brebissonia lanceolata</i> (C.Agardh) R.K.Mahoney & Reimer                | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve                                     | 3            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg  | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 3     | -   | -  |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing                                       | 5            | 5    | 5   | 5  | 5   | 5    |       | 5   | 5  |
| <i>Cymatopleura elliptica</i> (Brébisson) W.Smith                            | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W.Smith                                | 3            | 3    | 1   | 1  | 1   | -    | -     | 1   | -  |
| <i>Cymbella ehrenbergii</i> Kützing  | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Cymbella lanceolata</i> (C.Agardh) C.Agardh                               | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck                                | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Cymbella ventricosa</i> (C.Agardh) C.Agardh                               | -            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | 1   | -  |
| <i>Diatoma</i> sp.   | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |

|  | 2012. godina |      |     |    |     |      |       |     |    |
|--|--------------|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|
|  | I.           | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. |
| <i>Diatoma tenue</i> var. <i>elongatum</i>   | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Diatoma vulgare</i> Bory  | 3            | 3    | 3   | 1  | 3   | -    | -     | -   | 3  |
| <i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof   | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof   | 1            | 1    | 1   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Dolichospermum flosaquae</i> (Brébisson ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.J.Silva, R.Jahn, T.A.Veiga Ludwig & M.Menezes             | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt   | -            | -    | -   | 1  | -   | 1    | -     | -   | -  |
| <i>Fragilaria acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot  | -            | 1    | -   | 1  | 1   | -    | -     | 1   | -  |
| <i>Fragilaria capucina</i> Desmazières   | -            | 3    | -   | 1  | 1   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow  | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton   | -            | 1    | 1   | 1  | 1   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg   | 1            | -    | -   | -  | 1   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson  | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst   | 1            | 1    | 1   | -  | 1   | -    | -     | 1   | -  |
| <i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst   | 1            | -    | 1   | -  | 1   | -    | -     | 1   | 1  |
| <i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov  | -            | -    | -   | -  | 1   | -    | -     | -   | -  |
|  |              |      |     |    |     |      |       |     |    |

|   | 2012. godina |      |     |    |     |      |       |     |    |
|---|--------------|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|
|   | I.           | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. |
| <i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot,<br>Metzeltin & Witkowski | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Iconella tenera</i> (W.Gregory) Ruck & Nakov                                 | 1            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Melosira</i> sp.   | -            | -    | -   | 3  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Melosira varians</i> C.Agardh  | 1            | 3    | 3   | 3  | -   | 3    | -     | 3   | -  |
| <i>Navicula cryptocephala</i> Kützing   | 3            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | 1   | -  |
| <i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg  | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Navicula menisculus</i> Schumann   | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Navicula oblonga</i> (Kützing) Kützing                                       | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing  | -            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | 1   | -  |
| <i>Navicula</i> sp.   | 1            | 3    | 3   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory                                   | 3            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg                                    | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith                                   | 3            | 5    | 5   | 3  | 1   | 3    | -     | 3   | -  |
| <i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>closterioides</i> Grunow                    | -            | 1    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Nitzschia amphibia</i> Grunow  | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst  | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Nitzschia filiformis</i> (W.Smith) Van Heurck                                | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Nitzschia fruticosa</i> Hustedt  | -            | -    | 1   | 1  | 1   | 3    | -     | -   | -  |

|  | 2012. godina |      |     |    |     |      |       |     |    |
|--|--------------|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|
|  | I.           | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. |
| <i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch                           | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Nitzschia holsatica</i> Hustedt                           | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Nitzschia linearis</i> W.Smith                            | 1            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith                     | 3            | 1    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst                | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Smith                 | 3            | 1    | 3   | 2  | -   | -    | -     | 1   | -  |
| <i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>boryanum</i>              | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Pinnularia interrupta</i> W.Smith                         | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg                | 1            | -    | 3   | 1  | -   | 3    | -     | 1   | -  |
| <i>Placoneis elginensis</i> (W.Gregory) E.J.Cox              | -            | 1    | 1   | -  | 1   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D.G.Mann              | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Skeletonema potamos</i> (C.I.Weber) Hasle                 | -            | -    | -   | 1  | 3   | 5    | 3     | 3   | -  |
| <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow                      | 5            | 5    | 5   | 5  | 5   | 5    | -     | 5   | 5  |
| <i>Stephanodiscus</i> sp.                                    | 3            | 3    | 1   | 3  | 3   | 3    | 1     | 3   | 3  |
| <i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot        | 3            | 1    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Synedra fasciculata</i> var. <i>obtusa</i> Naded          | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Synedra</i> sp.   | 3            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing               | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |

|  | 2012. godina |      |     |    |     |      |       |     |    |
|--|--------------|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|
|  | I.           | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. |
| <i>Tryblionella angustata</i> W.Smith                            | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Tryblionella debilis</i> Arnott ex O'Meara                    | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli                | -            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Ulnaria danica</i> (Kützing) Compère & Bukhtiyarova           | -            | -    | -   | -  | 1   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère                            | 3            | 3    | 3   | 3  | 3   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Ulnaria ulna</i> var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot    | 3            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <b>CHLOROPHYTA</b>   |              |      |     |    |     |      |       |     |    |
| <i>Acanthosphaera zachariasii</i> Lemmermann                     | -            | 1    | 1   | -  | -   | 1    | -     | -   | -  |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim                          | -            | -    | 1   | 3  | 1   | 3    | 1     | -   | -  |
| <i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs                     | -            | -    | -   | -  | -   | 3    | -     | -   | -  |
| <i>Chlamydomonas pertusa</i> Chodat                              | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Chlorella</i> sp.   | -            | -    | -   | 3  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck [Beijerinck]                 | -            | -    | -   | 3  | 1   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Chlorella vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i> f. <i>viridis</i> | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Closterium aciculare</i> T.West                               | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Closterium gracile</i> Brébisson ex Ralfs                     | -            | -    | -   | -  | -   | 1    | 1     | 1   | -  |
| <i>Closterium limneticum</i> Lemmermann                          | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Closterium strigosum</i> Brébisson                            | -            | -    | -   | -  | -   | 1    | -     | -   | -  |
| <i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris                          | -            | -    | -   | -  | -   | 3    | 1     | -   | -  |



|   | 2012. godina |      |     |    |     |      |       |     |    |
|---|--------------|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|
|   | I.           | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. |
| <i>Coelastrum microporum</i> Nägeli   | -            | -    | -   | 1  | 1   | 1    | 3     | -   | -  |
| <i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle  | -            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle  | -            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze  | -            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze  | -            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | 1  |
| <i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>longispina</i> (Chodat)<br>E.Hegewald  | -            | -    | 1   | 3  | 1   | 1    | 1     | -   | -  |
| <i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald   | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Desmodesmus intermedius</i> (Chodat) E.Hegewald  | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Desmodesmus opoliensis</i> (P.G.Richter) E.Hegewald  | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>carinatus</i> (Lemmermann)<br>E.Hegewald                                  | -            | -    | -   | -  | -   | 1    | -     | -   | -  |
| <i>Desmodesmus pannonicus</i> (Hortobágyi) E.Hegewald   | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | 1   | -  |
| <i>Desmodesmus spinosus</i> (Chodat) E.Hegewald   | -            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | 1   | -  |
| <i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg   | -            | -    | -   | 1  | -   | 1    | 1     | 1   | -  |
| <i>Golenkinia radiata</i> Chodat  | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Graesiella emersonii</i> (Shihara & R.W.Krauss) H.Nozaki,<br>M.Katagiri, M.Nakagawa, K.Aizawa & M.M.Watanabe | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Lagerheimia ciliata</i> (Lagerheim) Chodat   | 1            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |

|   | 2012. godina |      |     |    |     |      |       |     |    |
|---|--------------|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|
|   | I.           | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. |
| <i>Micractinium bornhemiense</i> (W.Conrad) Korshikov                     | -            | -    | -   | -  | -   | 1    | -     | -   | -  |
| <i>Micractinium pusillum</i> Fresenius                                    | -            | -    | -   | -  | -   | 1    | 1     | -   | -  |
| <i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda                                   | 1            | -    | -   | -  | -   | 1    | 1     | -   | -  |
| <i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová               | -            | -    | -   | 3  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová            | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 3     | -   | -  |
| <i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard                                   | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Oocystis lacustris</i> Chodat  | -            | -    | -   | -  | 1   | 1    | -     | -   | -  |
| <i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory                                  | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Paramastix conifera</i> Skuja  | -            | 1    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>boryanum</i>                           | -            | 1    | -   | -  | 1   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>cornutum</i> (Raciborski) Sulek        | -            | -    | -   | 1  | 1   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Pediastrum duplex</i> Meyen  | -            | -    | -   | -  | -   | 3    | 3     | 1   | -  |
| <i>Pediastrum duplex</i> var. <i>duplex</i> Meyen                         | -            | -    | -   | 1  | -   | 1    | 1     | -   | -  |
| <i>Pediastrum duplex</i> var. <i>rugulosum</i> Raciborski                 | -            | -    | -   | -  | -   | 1    | -     | -   | -  |
| <i>Pediastrum duplex</i> var. <i>subgranulatum</i> Raciborski             | -            | -    | -   | -  | 1   | -    | -     | -   | -  |

|   | 2012. godina |      |     |    |     |      |       |     |    |
|---|--------------|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|
|   | I.           | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. |
| <i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald                          | 1            | -    | 1   | 1  | -   | -    | -     | 1   | -  |
| <i>Pseudopediastrum boryanum</i> var. <i>longicorne</i> (Reinsch)<br>Tsarenko | -            | -    | -   | -  | -   | 1    | 1     | -   | -  |
| <i>Scenedesmus armatus</i> (Chodat) Chodat                                    | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Scenedesmus obtusus</i> f. <i>disciformis</i> (Chodat) Compère             | -            | -    | -   | 1  | 1   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen  | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson                             | 3            | 3    | 3   | 3  | -   | 3    | 5     | 3   | 1  |
| <i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann                             | -            | -    | -   | -  | 5   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Staurastrum gracile</i> Ralfs ex Ralfs                                     | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Staurastrum polymorphum</i> Brébisso                                       | -            | -    | -   | -  | 1   | 1    | -     | -   | -  |
| <i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs   | -            | -    | -   | -  | -   | 1    | -     | -   | -  |
| <i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs ex Ralfs                                  | -            | -    | 1   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald                               | -            | -    | -   | 1  | -   | 1    | 1     | -   | -  |
| <i>Tetradesmus lagerheimii</i> M.J.Wynne & Guiry                              | -            | 1    | 1   | 3  | 1   | 3    | 3     | -   | -  |
| <i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne                                | -            | -    | 1   | 1  | 1   | 1    | 1     | -   | -  |
| <i>Tetraëdron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg                                  | -            | -    | -   | -  | -   | -    | 1     | -   | -  |
| <i>Tetrastrum constrictum</i>   | -            | 1    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Ulothrix</i> sp.   | 3            | -    | -   | -  | -   | -    | -     | -   | -  |
| <i>Verrucodesmus verrucosus</i> (Y.V.Roll) E.Hegewald                         | -            | -    | -   | 1  | -   | -    | -     | -   | -  |

Prilog 2. Kvantitativni sastav fitoplanktona rijeke Dunav (1388. r. km) tijekom istraživanog razdoblja 2012. godine

| 2012. godina                             |              |              |              |              |              |              |              |              |                              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Broj jedinki (ind./L x 10 <sup>6</sup> ) |              |              |              |              |              |              |              |              | Biomasa fitoplanktona (mg/L) |              |              |              |              |              |              |              |              |
| I.                                       | III.         | IV.          | V.           | VI.          | VII.         | VIII.        | IX.          | X.           | I.                           | III.         | IV.          | V.           | VI.          | VII.         | VIII.        | IX.          | X.           |
| <b>CYANOBACTERIA</b>                     |              |              |              |              |              |              |              |              | <b>CYANOBACTERIA</b>         |              |              |              |              |              |              |              |              |
| <i>Anabaena sphaerica</i>                | -            | -            | -            | 0,014        | -            | -            | -            | -            | -                            | -            | -            | -            | 0,046        | -            | -            | -            | -            |
| <i>Aphanizomenon flosaquae</i>           | -            | -            | -            | -            | 0,004        | -            | -            | -            | -                            | -            | -            | -            | 0,014        | -            | -            | -            | -            |
| <i>Aphanizomenon gacile</i>              | -            | 0,018        | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -                            | -            | 0,043        | -            | -            | -            | -            | -            | -            |
| <i>Chroococcus minor</i>                 | -            | -            | -            | -            | -            | 0,013        | 0,005        | 0,002        | -                            | -            | -            | -            | -            | -            | 0,000        | 0,000        | 0,000        |
| <i>Chroococcus minutus</i>               | 0,001        | -            | -            | 0,014        | 0,007        | -            | -            | -            | -                            | 0,000        | -            | -            | 0,003        | 0,001        | -            | -            | -            |
| <i>Chroococcus turgidus</i>              | -            | 0,014        | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 0,004                        | -            | 0,005        | -            | -            | -            | -            | -            | 0,001        |
| <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>    | -            | -            | -            | -            | 0,007        | -            | -            | -            | -                            | -            | -            | -            | 0,007        | -            | -            | -            | -            |
| <i>Dolichospermum solitarium</i>         | -            | 0,005        | 0,012        | -            | -            | -            | -            | -            | -                            | -            | 0,053        | 0,145        | -            | -            | -            | -            | -            |
| <i>Dolichospermum spiroides</i>          | -            | -            | -            | 0,014        | -            | 0,004        | 0,012        | -            | -                            | -            | -            | -            | 0,073        | -            | 0,024        | 0,066        | -            |
| <i>Merismopedia elegans</i>              | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 0,002        | -            | -                            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 0,001        | -            |
| <i>Merismopedia tenuissima</i>           | -            | -            | -            | -            | -            | 0,004        | 0,005        | 0,003        | 0,004                        | -            | -            | -            | -            | -            | 0,004        | 0,004        | 0,003        |
| <i>Microcystis flos-aquae</i>            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 0,003        | -            | -                            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 0,001        | -            |
| <i>Oscillatoria limosa</i>               | -            | -            | 0,006        | -            | -            | -            | 0,002        | -            | 0,004                        | -            | -            | 0,048        | -            | -            | -            | 0,012        | -            |
| <i>Planktolyngbya limnetica</i>          | 0,003        | -            | 0,006        | -            | -            | -            | 0,008        | -            | -                            | 0,000        | -            | 0,004        | -            | -            | -            | 0,001        | -            |
| <i>Planktothrix agardhii</i>             | 0,001        | -            | -            | -            | -            | -            | 0,002        | 0,005        | -                            | 0,004        | -            | -            | -            | -            | -            | 0,005        | 0,017        |
| <i>Pseudanabaena limnetica</i>           | 0,005        | 0,005        | -            | -            | -            | -            | 0,005        | 0,003        | 0,012                        | 0,003        | 0,003        | -            | -            | -            | -            | 0,003        | 0,002        |
| <b>Ukupno:</b>                           | <b>0,010</b> | <b>0,041</b> | <b>0,025</b> | <b>0,041</b> | <b>0,019</b> | <b>0,022</b> | <b>0,041</b> | <b>0,012</b> | <b>0,023</b>                 | <b>0,008</b> | <b>0,104</b> | <b>0,198</b> | <b>0,122</b> | <b>0,022</b> | <b>0,029</b> | <b>0,094</b> | <b>0,021</b> |
| <b>EUGLENOPHYTA</b>                      |              |              |              |              |              |              |              |              | <b>EUGLENOPHYTA</b>          |              |              |              |              |              |              |              |              |
| <i>Phacus caudatus</i>                   | 0,001        | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 0,001        | -                            | 0,004        | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 0,003        |

|  | 2012. godina                             |              |              |              |              |          |          |              |                    |                              |              |              |              |              |          |          |              |          |
|--|--|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|--------------|--------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|--------------|----------|
|  | Broj jedinki (ind./L x 10 <sup>6</sup> ) |              |              |              |              |          |          |              |                    | Biomasa fitoplanktona (mg/L) |              |              |              |              |          |          |              |          |
|  | I.                                       | III.         | IV.          | V.           | VI.          | VII.     | VIII.    | IX.          | X.                 | I.                           | III.         | IV.          | V.           | VI.          | VII.     | VIII.    | IX.          | X.       |
| <i>Phacus longicauda</i>                       | -  | 0,005        | 0,006        | -            | -            | -        | -        | -            | -                  | -                            | 0,004        | 0,077        | -            | -            | -        | -        | -            | -        |
| <i>Trachelomonas oblonga</i>                   | -  | 0,005        | -            | -            | -            | -        | -        | -            | -                  | -                            | 0,008        | -            | -            | -            | -        | -        | -            | -        |
| <i>Trachelomonas planctonica</i>               | -  | -            | -            | 0,014        | -            | -        | -        | -            | -                  | -                            | -            | -            | 0,052        | -            | -        | -        | -            | -        |
| <i>Trachelomonas similis</i>                   | 0,001                                    | -            | -            | -            | -            | -        | -        | -            | -                  | 0,001                        | -            | -            | -            | -            | -        | -        | -            | -        |
| <i>Trachelomonas volvocina</i>                 | -  | 0,005        | -            | -            | -            | -        | -        | -            | -                  | -                            | 0,036        | -            | -            | -            | -        | -        | -            | -        |
| <b>Ukupno:</b>                                 | <b>0,002</b>                             | <b>0,014</b> | <b>0,006</b> | <b>0,014</b> | <b>-</b>     | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0,001</b> | <b>-</b>           | <b>0,005</b>                 | <b>0,048</b> | <b>0,077</b> | <b>0,052</b> | <b>-</b>     | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0,003</b> | <b>-</b> |
| <b>PYRROPHYTA</b>                              |  |              |              |              |              |          |          |              | <b>PYRROPHYTA</b>  |                              |              |              |              |              |          |          |              |          |
| <i>Peridinium volzii</i>                       | -  | -            | -            | 0,014        | 0,004        | -        | -        | -            | -                  | -                            | -            | -            | 0,285        | 0,078        | -        | -        | -            | -        |
| <b>Ukupno:</b>                                 | <b>-</b>                                 | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>0,014</b> | <b>0,004</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b>     | <b>-</b>           | <b>-</b>                     | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>0,285</b> | <b>0,078</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b>     | <b>-</b> |
| <b>CRYPTOPHYTA</b>                             |  |              |              |              |              |          |          |              | <b>CRYPTOPHYTA</b> |                              |              |              |              |              |          |          |              |          |
| <i>Cryptomonas erosa</i>                       | 0,003                                    | -            | 0,006        | -            | -            | -        | -        | -            | -                  | 0,008                        | -            | 0,015        | -            | -            | -        | -        | -            | -        |
| <b>Ukupno:</b>                                 | <b>0,003</b>                             | <b>-</b>     | <b>0,006</b> | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b>     | <b>-</b>           | <b>0,008</b>                 | <b>-</b>     | <b>0,015</b> | <b>-</b>     | <b>-</b>     | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b>     | <b>-</b> |
| <b>CHRYSOPHYTA</b>                             |  |              |              |              |              |          |          |              | <b>CHRYSOPHYTA</b> |                              |              |              |              |              |          |          |              |          |
| <i>Adlafia minuscula</i>                       | -  | 0,005        | -            | -            | -            | -        | -        | -            | -                  | -                            | 0,001        | -            | -            | -            | -        | -        | -            | -        |
| <i>Amphora ovalis</i>                          | 0,010                                    | 0,005        | 0,025        | 0,027        | 0,022        | 0,022    | -        | -            | 0,008              | 0,035                        | 0,015        | 0,084        | 0,092        | 0,076        | 0,076    | -        | -            | 0,027    |
| <i>Asterionella formosa</i>                    | 0,010                                    | 0,059        | 0,086        | 0,068        | -            | -        | -        | -            | 0,063              | 0,024                        | 0,137        | 0,201        | 0,158        | -            | -        | -        | -            | 0,146    |
| <i>Aulacoseira ambigua</i>                     | 0,001                                    | -            | -            | -            | -            | -        | -        | -            | -                  | 0,000                        | -            | -            | -            | -            | -        | -        | -            | -        |
| <i>Aulacoseira granulata</i>                   | 0,003                                    | 0,005        | 0,006        | 0,068        | 0,007        | 0,040    | 0,011    | 0,004        | 0,004              | 0,017                        | 0,026        | 0,035        | 0,384        | 0,017        | 0,094    | 0,060    | 0,022        | 0,022    |
| <i>Aulacoseira granulata var. angustissima</i> | -  | 0,018        | -            | -            | -            | 0,009    | -        | -            | -                  | -                            | 0,064        | -            | -            | -            | 0,032    | -        | -            | -        |
| <i>Aulacoseira italica</i>                     | -  | -            | -            | -            | -            | -        | 0,002    | -            | -                  | -                            | -            | -            | -            | -            | -        | 0,001    | -            | -        |
| <i>Brebissonia lanceolata</i>                  | -  | -            | 0,006        | 0,014        | -            | -        | -        | -            | -                  | -                            | -            | 0,065        | 0,142        | -            | -        | -        | -            | -        |
| <i>Caloneis amphisbaena</i>                    | 0,004                                    | -            | -            | -            | -            | -        | -        | -            | 0,004              | 0,040                        | -            | -            | -            | -            | -        | -        | -            | 0,038    |
| <i>Centronella reicheltii</i>                  | -  | -            | 0,006        | 0,014        | -            | -        | 0,003    | -            | -                  | -                            | -            | 0,001        | 0,002        | -            | -        | 0,000    | -            | -        |

|                                | 2012. godina                             |       |       |       |       |       |       |       |       |                              |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | Broj jedinki (ind./L x 10 <sup>6</sup> ) |       |       |       |       |       |       |       |       | Biomasa fitoplanktona (mg/L) |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                | I.                                       | III.  | IV.   | V.    | VI.   | VII.  | VIII. | IX.   | X.    | I.                           | III.  | IV.   | V.    | VI.   | VII.  | VIII. | IX.   | X.    |
| <i>Chrysococcus rufescens</i>  | -  | -     | 0,006 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -     | 0,002 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Cocconeis placentula</i>    | 0,006                                    | 0,009 | 0,006 | -     | 0,011 | -     | 0,009 | 0,001 | 0,012 | 0,004                        | 0,005 | 0,004 | -     | 0,007 | -     | 0,005 | 0,001 | 0,007 |
| <i>Craticula cuspidata</i>     | 0,011                                    | -     | -     | -     | 0,026 | -     | -     | -     | -     | 0,342                        | -     | -     | -     | 0,789 | -     | -     | -     | -     |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> | 0,010                                    | 0,127 | 0,086 | 0,883 | 0,209 | 0,364 | 0,049 | 0,016 | 0,130 | 0,007                        | 0,082 | 0,056 | 0,571 | 0,135 | 0,236 | 0,032 | 0,011 | 0,084 |
| <i>Cymatopleura elliptica</i>  | -  | -     | -     | -     | -     | -     | 0,002 | -     | -     | -                            | -     | -     | -     | -     | -     | 0,123 | -     | -     |
| <i>Cymatopleura solea</i>      | 0,003                                    | 0,023 | 0,012 | -     | 0,004 | -     | -     | -     | -     | 0,035                        | 0,258 | 0,141 | -     | 0,043 | -     | -     | -     | -     |
| <i>Cymbella lanceolata</i>     | -  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,003 | -     | -                            | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,030 |
| <i>Cymbella tumida</i>         | -  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,004 | -                            | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,006 |
| <i>Diatoma tenuis</i>          | -  | -     | 0,006 | -     | -     | -     | -     | -     | 0,016 | -                            | -     | 0,002 | -     | -     | -     | -     | -     | 0,006 |
| <i>Diatoma vulgare</i>         | 0,001                                    | 0,014 | 0,031 | 0,014 | 0,011 | -     | 0,008 | 0,003 | 0,004 | 0,034                        | 0,444 | 1,008 | 0,444 | 0,366 | -     | 0,249 | 0,094 | 0,128 |
| <i>Dinobryon divergens</i>     | -  | 0,005 | 0,006 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | 0,047 | 0,064 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Encyonema leibleinii</i>    | 0,006                                    | -     | 0,006 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,015                        | -     | 0,015 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Encyonema ventricosum</i>   | -  | -     | -     | -     | 0,011 | -     | 0,002 | -     | 0,008 | -                            | -     | -     | -     | 0,015 | -     | 0,002 | -     | 0,010 |
| <i>Fragilaria acus</i>         | 0,001                                    | 0,005 | 0,062 | 0,041 | 0,015 | -     | -     | -     | 0,027 | 0,001                        | 0,006 | 0,078 | 0,051 | 0,019 | -     | -     | -     | 0,035 |
| <i>Fragilaria capucina</i>     | -  | 0,023 | 0,012 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | 0,136 | 0,074 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Fragilaria construens</i>   | -  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,001 | -     | -                            | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,001 | -     |
| <i>Fragilaria crotonensis</i>  | -  | 0,005 | 0,012 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | 0,019 | 0,001 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Fragilaria rumpens</i>      | -  | -     | -     | 0,014 | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -     | -     | 0,005 | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Gomphonema acuminatum</i>   | 0,001                                    | -     | -     | -     | -     | -     | 0,003 | 0,001 | -     | 0,002                        | -     | -     | -     | -     | -     | 0,006 | 0,002 | -     |
| <i>Gomphonema gracile</i>      | -  | -     | -     | -     | 0,004 | -     | -     | -     | -     | -                            | -     | -     | -     | 0,007 | -     | -     | -     | -     |
| <i>Gomphonema olivaceum</i>    | 0,001                                    | -     | -     | -     | 0,007 | -     | 0,009 | 0,001 | 0,012 | 0,000                        | -     | -     | -     | 0,002 | -     | 0,002 | 0,000 | 0,003 |
| <i>Gomphonema parvulum</i>     | 0,001                                    | -     | 0,006 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,000                        | -     | 0,002 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Gyrosigma acuminatum</i>    | 0,001                                    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,001 | -     | 0,004                        | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,003 | -     |
| <i>Gyrosigma attenuatum</i>    | 0,001                                    | 0,005 | 0,019 | -     | 0,004 | -     | -     | -     | -     | 0,012                        | 0,054 | 0,219 | -     | 0,044 | -     | -     | -     | -     |

|                                  | 2012. godina                             |       |       |       |       |       |       |       |       |                              |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                  | Broj jedinki (ind./L x 10 <sup>6</sup> ) |       |       |       |       |       |       |       |       | Biomasa fitoplanktona (mg/L) |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                  | I.                                       | III.  | IV.   | V.    | VI.   | VII.  | VIII. | IX.   | X.    | I.                           | III.  | IV.   | V.    | VI.   | VII.  | VIII. | IX.   | X.    |
| <i>Halamphora veneta</i>         | -  | -     | 0,012 | -     | 0,004 | -     | 0,003 | -     | -     | -                            | -     | 0,195 | -     | 0,059 | -     | 0,048 | -     | -     |
| <i>Hippodonta capitata</i>       | 0,005                                    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,001                        | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Lindavia comta</i>            | -  | -     | -     | -     | -     | -     | 0,009 | 0,011 | 0,020 | -                            | -     | -     | -     | -     | -     | 0,007 | 0,008 | 0,015 |
| <i>Melosira varians</i>          | 0,004                                    | 0,018 | 0,019 | 0,027 | 0,004 | 0,018 | 0,011 | 0,001 | -     | 0,399                        | 3,378 | 3,592 | 1,216 | 0,056 | 1,745 | 3,507 | 0,014 | -     |
| <i>Navicula cryptocephala</i>    | 0,007                                    | 0,018 | 0,019 | 0,027 | 0,045 | 0,009 | -     | -     | 0,035 | 0,008                        | 0,019 | 0,019 | 0,028 | 0,047 | 0,009 | -     | -     | 0,037 |
| <i>Navicula cuspidata</i>        | -  | 0,018 | -     | -     | -     | -     | 0,002 | -     | 0,012 | -                            | 0,547 | -     | -     | -     | -     | 0,046 | -     | 0,356 |
| <i>Navicula lanceolata</i>       | -  | -     | -     | -     | -     | -     | 0,002 | 0,002 | 0,020 | -                            | -     | -     | -     | -     | -     | 0,003 | 0,004 | 0,037 |
| <i>Navicula oblonga</i>          | -  | 0,023 | -     | -     | 0,007 | -     | -     | 0,002 | -     | -                            | 0,046 | -     | -     | 0,015 | -     | -     | 0,004 | -     |
| <i>Navicula radiosa</i>          | -  | -     | 0,025 | -     | -     | -     | 0,005 | -     | -     | -                            | -     | 0,061 | -     | -     | -     | 0,011 | -     | -     |
| <i>Navicula rhynchocephala</i>   | 0,003                                    | 0,009 | 0,012 | -     | -     | -     | 0,002 | -     | -     | 0,003                        | 0,009 | 0,013 | -     | -     | -     | 0,002 | -     | -     |
| <i>Navicula viridula</i>         | 0,001                                    | -     | -     | -     | -     | -     | 0,005 | -     | 0,008 | 0,002                        | -     | -     | -     | -     | -     | 0,009 | -     | 0,015 |
| <i>Nitzschia acicularis</i>      | 0,010                                    | 0,082 | 0,117 | 0,054 | -     | 0,022 | 0,003 | 0,007 | 0,027 | 0,002                        | 0,019 | 0,028 | 0,013 | -     | 0,005 | 0,001 | 0,002 | 0,007 |
| <i>Nitzschia fruticosa</i>       | -  | -     | -     | -     | -     | 0,018 | 0,003 | -     | 0,004 | -                            | -     | -     | -     | -     | 0,005 | 0,001 | -     | 0,001 |
| <i>Nitzschia gracilis</i>        | 0,002                                    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,002                        | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Nitzschia linearis</i>        | -  | -     | -     | -     | 0,004 | 0,009 | -     | -     | -     | -                            | -     | -     | -     | 0,005 | 0,013 | -     | -     | -     |
| <i>Nitzschia palea</i>           | 0,006                                    | -     | -     | -     | 0,004 | 0,013 | -     | 0,012 | 0,008 | 0,001                        | -     | -     | -     | 0,000 | 0,001 | -     | 0,001 | 0,001 |
| <i>Nitzschia recta</i>           | -  | 0,005 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | 0,004 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Nitzschia sigmaidea</i>       | 0,002                                    | 0,005 | 0,012 | 0,014 | 0,011 | 0,004 | -     | 0,001 | 0,004 | 0,060                        | 0,132 | 0,360 | 0,396 | 0,327 | 0,131 | -     | 0,028 | 0,115 |
| <i>Pinnularia viridis</i>        | 0,006                                    | 0,023 | 0,012 | -     | 0,022 | 0,013 | -     | 0,003 | -     | 0,100                        | 0,366 | 0,200 | -     | 0,362 | 0,218 | -     | 0,047 | -     |
| <i>Placoneis elginensis</i>      | 0,002                                    | 0,009 | -     | -     | -     | 0,004 | -     | 0,001 | -     | 0,002                        | 0,008 | -     | -     | -     | 0,004 | -     | 0,001 | -     |
| <i>Skeletonema potamos</i>       | -  | -     | -     | -     | 0,019 | 0,049 | 0,008 | 0,006 | -     | -                            | -     | -     | -     | 0,123 | 0,477 | 0,049 | 0,028 | -     |
| <i>Stephanodiscus hantzschii</i> | 0,023                                    | 0,249 | 0,290 | 0,720 | 0,116 | 0,112 | 0,082 | 0,064 | 0,275 | 0,057                        | 0,626 | 0,730 | 1,810 | 0,291 | 0,283 | 0,207 | 0,162 | 0,691 |
| <i>Surirella brebissonii</i>     | 0,005                                    | -     | -     | 0,014 | 0,004 | -     | -     | -     | 0,004 | 0,013                        | -     | -     | 0,033 | 0,009 | -     | -     | -     | 0,010 |
| <i>Tryblionella angustata</i>    | 0,001                                    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,003                        | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

| 2012. godina                               |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                              |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Broj jedinki (ind./L x 10 <sup>6</sup> )   |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Biomasa fitoplanktona (mg/L) |       |       |       |       |       |       |       |       |
| I.   | III.  | IV.   | V.    | VI.   | VII.  | VIII. | IX.   | X.    |       | I.                           | III.  | IV.   | V.    | VI.   | VII.  | VIII. | IX.   | X.    |
| <i>Ulnaria acus</i>                        | -     | -     | -     | -     | -     | 0,036 | -     | 0,004 | -     | -                            | -     | -     | -     | -     | 0,045 | --    | 0,005 |       |
| <i>Ulnaria ulna</i>                        | 0,016 | 0,045 | 0,025 | 0,109 | 0,041 | 0,027 | 0,005 | 0,009 | 0,031 | 0,191                        | 0,525 | 0,286 | 1,260 | 0,476 | 0,313 | 0,053 | 0,100 | 0,364 |
| <b>Ukupno:</b>                             | 0,168 | 0,806 | 0,945 | 2,106 | 0,612 | 0,774 | 0,234 | 0,152 | 0,738 | 1,415                        | 6,972 | 7,535 | 6,605 | 3,289 | 3,688 | 4,425 | 0,566 | 2,158 |
| <b>CHLOROPHYTA</b>                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       | <b>CHLOROPHYTA</b>           |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <i>Actinastrum hantzschii</i>              | -     | -     | 0,012 | 0,027 | -     | 0,004 | 0,002 | 0,001 | -     | -                            | -     | 0,010 | 0,023 | -     | 0,004 | 0,001 | 0,001 | -     |
| <i>Acutodesmus raciborskii</i>             | -     | -     | 0,006 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -     | 0,011 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Ankistrodesmus arcuatus</i>             | -     | 0,005 | 0,012 | 0,041 | -     | -     | 0,002 | 0,002 | 0,004 | -                            | 0,000 | 0,001 | 0,003 | -     | -     | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| <i>Ankistrodesmus falcatus</i>             | -     | -     | -     | -     | 0,007 | 0,009 | -     | 0,003 | 0,004 | -                            | -     | -     | -     | 0,000 | 0,000 | -     | 0,000 | 0,000 |
| <i>Chlorella vulgaris</i>                  | -     | -     | -     | 0,014 | -     | -     | -     | 0,002 | -     | -                            | -     | -     | 0,007 | -     | -     | -     | 0,001 | -     |
| <i>Closterium acerosum</i>                 | 0,001 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,056                        | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Closterium acutum</i>                   | -     | -     | -     | -     | 0,007 | -     | -     | -     | -     | -                            | -     | -     | -     | 0,013 | -     | -     | -     | -     |
| <i>Closterium gracile</i>                  | 0,009 | 0,041 | 0,154 | 0,041 | 0,004 | 0,004 | -     | 0,001 | 0,035 | 0,011                        | 0,049 | 0,184 | 0,049 | 0,004 | 0,005 | -     | 0,001 | 0,042 |
| <i>Closterium macilentum</i>               | -     | -     | 0,012 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -     | 0,023 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| <i>Coelastrum astroideum</i>               | -     | 0,009 | -     | 0,014 | 0,004 | 0,009 | -     | -     | -     | -                            | 0,032 | -     | 0,048 | 0,013 | 0,031 | -     | -     | -     |
| <i>Coelastrum microporum</i>               | -     | -     | -     | -     | 0,004 | -     | 0,003 | 0,001 | 0,004 | -                            | -     | -     | -     | 0,003 | -     | 0,003 | 0,001 | 0,004 |
| <i>Crucigenia quadrata</i>                 | -     | -     | 0,019 | -     | -     | -     | -     | 0,003 | 0,008 | -                            | -     | 0,002 | -     | -     | -     | -     | 0,000 | 0,001 |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i>               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,001 | -     | -                            | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,000 | -     |
| <i>Desmodesmus armatus var. longispina</i> | -     | -     | -     | 0,095 | 0,007 | -     | 0,002 | -     | -     | -                            | -     | -     | 0,068 | 0,005 | -     | 0,001 | -     | -     |
| <i>Desmodesmus bicaudatus</i>              | -     | -     | -     | -     | -     | 0,009 | 0,002 | -     | -     | -                            | -     | -     | -     | -     | 0,004 | 0,001 | -     | -     |
| <i>Desmodesmus brasiliensis</i>            | -     | -     | -     | -     | 0,004 | -     | -     | -     | -     | -                            | -     | -     | -     | 0,001 | -     | -     | -     | -     |
| <i>Desmodesmus denticulatus</i>            | -     | -     | -     | -     | 0,007 | -     | -     | -     | -     | -                            | -     | -     | -     | 0,004 | -     | -     | -     | -     |
| <i>Desmodesmus magnus</i>                  | -     | -     | -     | 0,014 | 0,007 | -     | -     | -     | -     | -                            | -     | -     | 0,039 | 0,021 | -     | -     | -     | -     |
| <i>Desmodesmus opoliensis</i>              | -     | -     | -     | -     | -     | 0,09  | -     | -     | -     | -                            | -     | -     | -     | -     | 0,003 | -     | -     | -     |



|                                 | 2012. godina                             |             |             |             |             |             |             |             |             |                              |             |             |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                 | Broj jedinki (ind./L x 10 <sup>6</sup> ) |             |             |             |             |             |             |             |             | Biomasa fitoplanktona (mg/L) |             |             |             |             |             |             |             |             |
|                                 | I.                                       | III.        | IV.         | V.          | VI.         | VII.        | VIII.       | IX.         | X.          | I.                           | III.        | IV.         | V.          | VI.         | VII.        | VIII.       | IX.         | X.          |
| <i>Desmodesmus pannonicus</i>   | -  | -           | -           | -           | -           | 0,004       | 0,002       | -           | -           | -                            | -           | -           | -           | -           | 0,003       | 0,001       | -           | -           |
| <i>Eudorina elegans</i>         | -  | 0,005       | -           | 0,014       | -           | -           | -           | -           | -           | -                            | 0,584       | -           | 1,751       | -           | -           | -           | -           | -           |
| <i>Koliella longiseta</i>       | -  | -           | 0,012       | 0,014       | -           | -           | -           | -           | 0,012       | -                            | -           | 0,002       | 0,002       | -           | -           | -           | -           | 0,002       |
| <i>Lagerheimia genevensis</i>   | 0,002                                    | -           | -           | 0,041       | -           | 0,004       | -           | -           | -           | 0,000                        | -           | -           | 0,004       | -           | 0,000       | -           | -           | -           |
| <i>Micractinium pusillum</i>    | -  | -           | -           | -           | -           | 0,004       | -           | -           | -           | -                            | -           | -           | -           | -           | 0,006       | -           | -           | -           |
| <i>Monactinus simplex</i>       | -  | -           | -           | -           | -           | -           | 0,003       | -           | -           | -                            | -           | -           | -           | -           | -           | 0,016       | -           | -           |
| <i>Monoraphidium contortum</i>  | 0,007                                    | 0,032       | 0,037       | 0,122       | 0,056       | 0,054       | 0,003       | 0,003       | 0,016       | 0,000                        | 0,001       | 0,001       | 0,004       | 0,002       | 0,002       | 0,000       | 0,000       | 0,001       |
| <i>Monoraphidium griffithii</i> | -  | -           | 0,062       | -           | -           | 0,004       | 0,005       | 0,015       | -           | -                            | -           | 0,043       | -           | -           | 0,003       | 0,003       | 0,011       | -           |
| <i>Monoraphidium mirabile</i>   | -  | -           | -           | 0,014       | -           | 0,009       | -           | -           | -           | -                            | -           | -           | 0,002       | -           | 0,001       | -           | -           | -           |
| <i>Monoraphidium setiforme</i>  | -  | 0,005       | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                            | 0,001       | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           |
| <i>Oocystis lacustris</i>       | -  | -           | -           | -           | -           | -           | 0,003       | -           | -           | -                            | -           | -           | -           | -           | -           | 0,001       | -           | -           |
| <i>Oocystis marssonii</i>       | -  | -           | -           | -           | -           | -           | -           | 0,003       | -           | -                            | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | 0,004       |
| <i>Pandorina morum</i>          | -  | -           | -           | -           | -           | -           | -           | 0,001       | -           | -                            | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | 0,027       |
| <i>Pediastrum duplex</i>        | -  | -           | -           | -           | 0,007       | 0,013       | 0,002       | -           | -           | -                            | -           | -           | -           | 0,019       | 0,035       | 0,004       | -           | -           |
| <i>Phacotus lenticularis</i>    | -  | -           | -           | -           | -           | -           | -           | 0,001       | -           | -                            | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | 0,001       |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i>  | 0,008                                    | 0,014       | 0,006       | 0,149       | 0,030       | 0,058       | 0,026       | 0,002       | -           | 0,008                        | 0,013       | 0,006       | 0,147       | 0,029       | 0,057       | 0,025       | 0,002       | -           |
| <i>Tetradesmus lagerheimii</i>  | -  | -           | -           | 0,027       | -           | 0,009       | 0,005       | 0,007       | -           | -                            | -           | -           | 0,056       | -           | 0,019       | 0,009       | 0,014       | -           |
| <i>Tetradesmus obliquus</i>     | -  | -           | -           | 0,014       | -           | -           | 0,002       | -           | -           | -                            | -           | -           | 0,014       | -           | -           | 0,002       | -           | -           |
| <i>Ulothrix tenuissima</i>      | -  | -           | -           | -           | 0,004       | -           | -           | -           | -           | -                            | -           | -           | -           | 0,053       | -           | -           | -           | -           |
| <b>Ukupno:</b>                  | 0,028                                    | 0,109       | 0,334       | 0,639       | 0,149       | 0,207       | 0,058       | 0,045       | 0,082       | 0,075                        | 0,679       | 0,284       | 2,217       | 0,169       | 0,175       | 0,068       | 0,063       | 0,049       |
| <b>UKUPNO:</b>                  | <b>0,21</b>                              | <b>0,97</b> | <b>1,32</b> | <b>2,81</b> | <b>0,78</b> | <b>1,00</b> | <b>0,33</b> | <b>0,21</b> | <b>0,84</b> | <b>1,54</b>                  | <b>7,80</b> | <b>8,11</b> | <b>9,28</b> | <b>3,56</b> | <b>3,89</b> | <b>4,59</b> | <b>0,65</b> | <b>2,25</b> |

