PROSTORNA I VREMENSKA RASPODJELA DINOFLAGELATNIH CISTA U RIJEČKOM ZALJEVU

Brajković, Alin

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:007945

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-21**

Repository / Repozitorij:

Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Sveučilišni Preddiplomski Studij Znanost o Moru

ALIN BRAJKOVIĆ

VREMENSKA I PROSTORNA RASPODJELA DINOFLAGELATNIH CISTA U RIJEČKOM ZALJEVU

Završni rad

Rovinj, lipanj, 2017. godine

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Sveučilišni Preddiplomski Studij Znanost o Moru

ALIN BRAJKOVIĆ

PROSTORNA I VREMENSKA RASPODJELA DINOFLAGELATNIH CISTA U RIJEČKOM ZALJEVU

Završni rad

JMBAG: 0303046507, redoviti student
Studijski smjer: Sveučilišni Preddiplomski Studij Znanost o Moru
Predmet: Algologija
Znanstveno područje: prirodne znanosti
Znanstveno polje: interdisciplinarne prirodne znanosti
Znanstvena grana: znanost o moru
Mentor: doc. dr. sc. Romina Kraus

Rovinj, lipanj, 2017. godine

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Alin Brajković, kandidat za prvostupnika Znanosti o moru ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

Alin Brajković

U Puli, 6. lipnja 2017. godine

IZJAVA

o korištenju autorskog djela

Ja, Alin Brajković dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom Vremenska i prostorna raspodjela dinoflagelatnih cista u Riječkom zaljevu koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama. Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 6. lipnja 2017. godine

Potpis

Alin Brajković

Zahvala

Zahvalila bi se djelatnicima Centra za istraživanje mora koji su nesebično podijelili svoje znanje samnom u svrhu što kvalitetnije napisanog završnog rada. Posebno bih se zahvalila prof. dr. sc. Nastjenjki Supić za konstruktivne savjete u cijelom završnom radu, a poglavito one vezane uz fiziku mora. Veoma sam zahvalna i mag. forenz. Nataši Kužat za neprocjenjivu pomoć pri laboratorijskoj obradi uzoraka i pri identifikaciji cista. Za veliku pomoć, strpljenje, volju, razumijevanje i veliki broj konstruktivnih savjeta zahvalila bi se mentorici doc. dr. sc. Romini Kraus. Na samome kraju, veliku zahvalu dugujem i mojim roditeljima koji su mi ovo omogućili.

Sadržaj

1. Uvod 8

2. Materijali i metode 17

2.1 Uzorkovanje……17

2.2 Priprema preparata cista za mikroskopiranje……19

2.3 Mikroskopiranje……..20

3. Rezultati i diskusija 21

3.1 Bioraznolikost u uzorcima 24

3.2 Odnos autotrofa i heterotrofa 26

3.3 Red Gonyaulacales 28

Rod Alexandrium 28

Rod Gonyaulax 30

Rod Lingulodinium 31

Rod Pyrodinium 32

Rod Pyrophacus 32

Rod Protoceratium 33

3.4 Red Gymnodiniales 35

Rod Gymnodinium 35

Rod Gyrodinium 36

Rod Pheopolykrikos 37

3.5 Red Peridiniales 38

Rod Scrippsiella 38

Rod Protoperidinium 38

Rod Zygabikodinium 40

3.6 Red Prorocentrales 42

Rod Prorocentrum 42

3.7 Red Suessiales 43

Rod Biecheleria 43

3.8 Neidentificirane ciste 45

3.9 Odnos vegetativnih oblika i cista 48

3.10 Bioraznolikost između postaja 49

4. Zaključak 52

5. Popis literature 53

6. Prilog 1 58

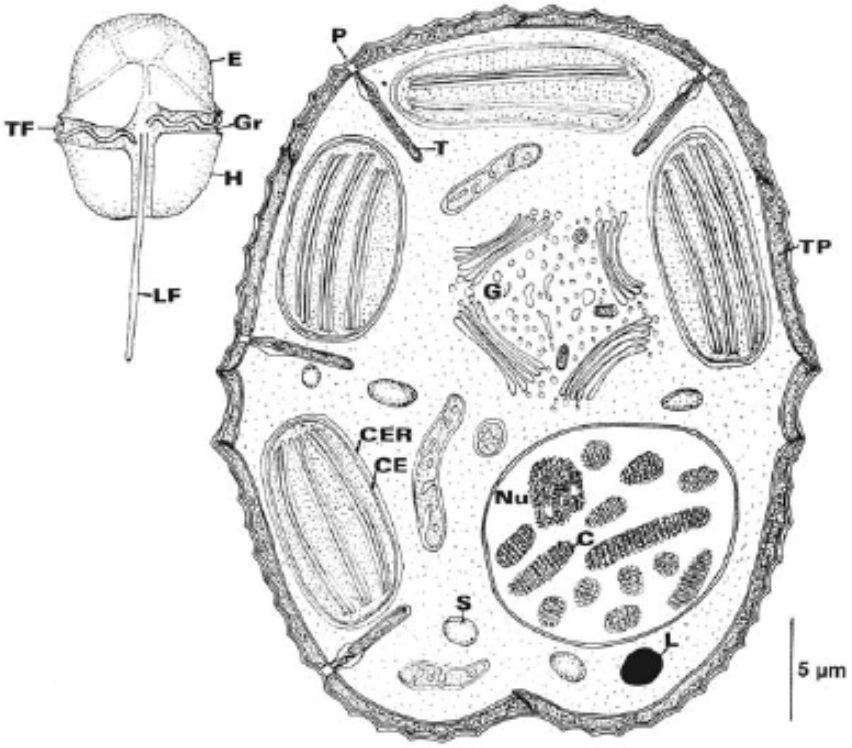
7. Prilog 2 66

8. Sažetak 69

9. Abstract 69

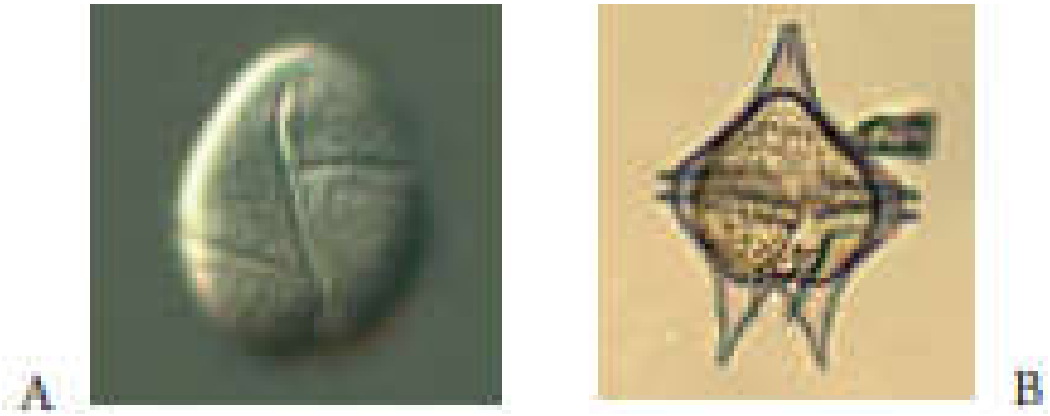
1. Uvod

Dinoflagelati su mikroskopski eukariotski organizmi prisutni u svim vodenim staništima, većinom su morski. Opisano je 3 448 vrsta dinoflagelata (Guiry, 2017) od kojih je slatkovodnih samo 240 vrsta (Gómez, 2005). U fitoplankton spadaju, osim dinoflagelata (slika 1), i cijanobakterije, proklorobakterije, glaukofita, zeleni bičaši, zelene alge, crvene alge i zlatno–žute alge. Veoma bitna skupina unutar odjela zlatno–žutih algi su dijatomeje koje su, uz dinoflagelate, skupina s najvećim brojem vrsta (Guiry, 2017). U oceanskoj provinciji rast makroalgi na velikim dubinama onemogućava nedostatak svjetlosti, te dinoflagelati, uz ostale skupine fitoplanktona, predstavljaju primarnu kariku u hranidbenom lancu što omogućava opstanak svih vrsta viših trofičkih razina. Osim u oceanskoj provinciji, fitoplankton se nalazi i u neritičkoj provinciji gdje su prisutne i makroalge.



Slika 1. Stanica dinoflagelata. C – kromosom, CE – membrana, CER – endoplazmatski retikul, E – epiconus, G – Golgijevo tijelo, Gr – brazda, H – hipoconus, L – lipidna kapljica, LF – longitudinalni bič, Nu – nucleolus, P – pore, S – škrob, T – trihocista, TF – transverzalni bič, TP – tekatna ploča (preuzeto iz Lee, 2008)

Površinski sloj stanice dinoflagelata sastoji se od plazmaleme ispod koje se nalaze spljoštene vezikule koje mogu biti prazne ili sadržavati celulozne ploče. Ovisno o sadržaju vezikula, dinoflagelati se dijele na tekatne i atekatne (slika 2). Vezikule tekatnih dinoflagelata sadrže celulozne ploče, dok su vezikule atekatnih dinoflagelata prazne (Viličić, 2002).

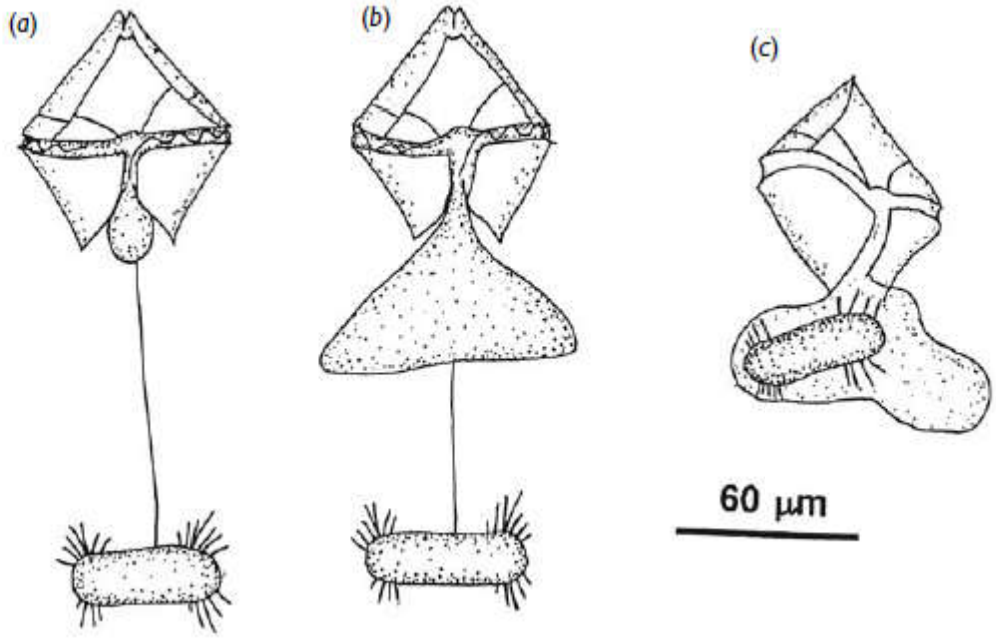


Slika 2 Stanice dinoflagelata. A- atekatni dinoflagelat, B- tekatni dinoflagelat (preuzeto iz Avacini *i sur.,* 2006).

Amfijezma je modifikacija periplasta i obuhvaća plazmalemu s vezikulama, tekatnim pločama i mikrotubulima (Lee, 2008). Ispod amfijezme nalazi se još jedan tip vezikula iz kojih najvjerojatnije nastaju trihociste. Trihociste su organeli koji nakon podražaja izbacuju proteinske niti kroz pore na površini stanice (Viličić, 2002). Gornji i donji dio stanice odijeljen je poprečnom brazdom koja se na ventralnoj strani siječe s uzdužnom brazdom. Iz sjecišta poprečne i uzdužne brazde izlaze longitudinalni i transverzalni bič (Viličić, 2002). U području gdje izlaze bičevi nalazi se otvor puzule (Lee, 2008). Puzule je sustav vakuola čija bi funkcija mogla biti osmoregulacija i ekskrecija (Viličić, 2002). U stanici su prisutne lipidne kapljice, škrobna zrnca, pirenoidi i kromatofori. Od klorofila kromatofori sadrže klorofil *a* i *c2*, kod nekih vrsta i klorofil *b* ;od karotenoida prisutni su peridinin, dinoksantin i diadinoksantin (Viličić,

2002). Specifičnost jezgre dinoflagelata je u tome što imaju permanentno kondenzirane kromosome te se naziva dinokarion (Viličić, 2002).

U pogledu ishrane, dinoflagelati mogu biti fotoautotrofni, heterotrofni i miksotrofni. Fotoautotrofnost organizama zahtjeva prisutnost sunčeve svjetlosti za proces fotosinteze. Prisutnost kloroplasta u stanici ne znači da je stanica isključivo fotoautotrofna. Naime, dio dinoflagelata ima sposobnost izbora između autotrofije i heterotrofije ovisno o uvjetima u okolišu, ponajprije koncentraciji nutrijenata, te se takve vrste nazivaju mikostrofima (Lee, 2008). Heterotrofni dinoflagelati nemaju mogućnost fotosinteze zbog nedostatka kloroplasta (slika 3) (Lee, 2008).



Slika 3. Proces hranjenja kod heterotrofnog dinoflagelata roda *Protoperidinium*. (a) dugi tanki filament prikači se za plijen potom se (b) pseudopodij se širi uz filament te (c) okružuje plijen koji biva probavljen (preuzeto iz Lee, 2008).

Kod određenih vrsta dinoflagelata primijećeno je lučenje toksina za koje se pretpostavlja da su nusprodukti metabolizma (Plumley, 1997). Lučenje toksina ima funkciju zaštite od predatora, kao što *Heterosigma carterae* lučenjem peroksida tjera zooplankton; izuzetak je *Pfiesteria piscicida* koja lučenjem toksina privlači hranu (Warrington, 2001). Toksine akumuliraju filtratori, pretežito školjkaši, te se

hranidbenom mrežom prenose na organizme na višoj trofičkoj razini te na čovjeka. Fitoplanktonskim toksinima otruje se prosječno 60 000 ljudi godišnje, te je smrtnost 1,5% (Van Dolah, 2000). Trovanje se može izbjeći kontrolom školjkaša i riba u uzgoju, budući da su svi navedeni toksini termostabilni, te ne postoji način uklanjanja toksina iz organizama prije konzumiranja. Fitoplanktonski toksini se prema utjecaju na čovjeka dijele u šest zasebnih skupina: amnezijsko trovanje školjkašima, ciguatera trovanje ribom, dijaretičko trovanje školjkašima, neurotoksično trovanje školjkašima, paralitičko trovanje školjkašima i sindrom estuarija (Van Dolah, 2000).

Amnezijsko trovanje školjkašima je trovanje domoičnom kiselinom koju luče dijatomeje roda *Pseudonitzschia*, koja kod čovjeka uzrokuje gastrointestinalne i neurološke tegobe (Warrington, 2001). Kod morskih organizama domoična kiselina nakuplja se većinom u utrobi, dok se kod nekih organizama nakuplja i u mišićima. Trovanje čovjeka primijećeno je već kod koncentracije 1 mg domoične kiseline po kilogramu mase čovjeka. U marikulturi se uzgoj školjkaša obustavlja pri koncentraciji domoične kiseline većoj od 20 μg po gramu školjkaša (Van Dolah, 2000).

Ciguatera trovanje ribom je trovanje ciguatoksinom koji luče dinoflagelati *Gambierdiscus toxicus*, *Prorocentrum* sp., *Ostreopsis* sp., *Coolia monotis*, *Theacadinium* sp. i *Amphidinium carterae* (Warrington, 2001). Toksin se nakuplja u utrobi, glavi te centralnom živčanom sustavu otrovane herbivorne ribe, uz manju vjerojatnost da će se toksin naći u karnivornoj ribi. Kod čovjeka ciguatoksin uzrokuje gastrointestinalne, neurološke i kardiovaskularne tegobe. Minimalna doza ciguatoksina za trovanje čovjeka je $5 \cdot 10^{-7}$ g po kilogramu težine. Trenutno ne postoji jednostavna rutinska kontrola količine ciguatoksina u ribi, te je bolje izbjegavati tropske ribe, buduće da postoji vjerojatnost da akumuliraju ciguatoksin (Van Dolah, 2000).

Dijaretičko trovanje školjkašima je trovanje okadaičnom kiselinom koju luče dinoflagelati *Dinophysis* spp. i *Prorocentrum lima*; te je u čovjeka trovanje blaže naravi, bez velikog mortaliteta. Postoji korelacija između esterificirane okadaične kiseline te raka u čovjeka, tako da se vjeruje da su upravo esteri okadaične kiseline promotori raka (Van Dolah, 2000).

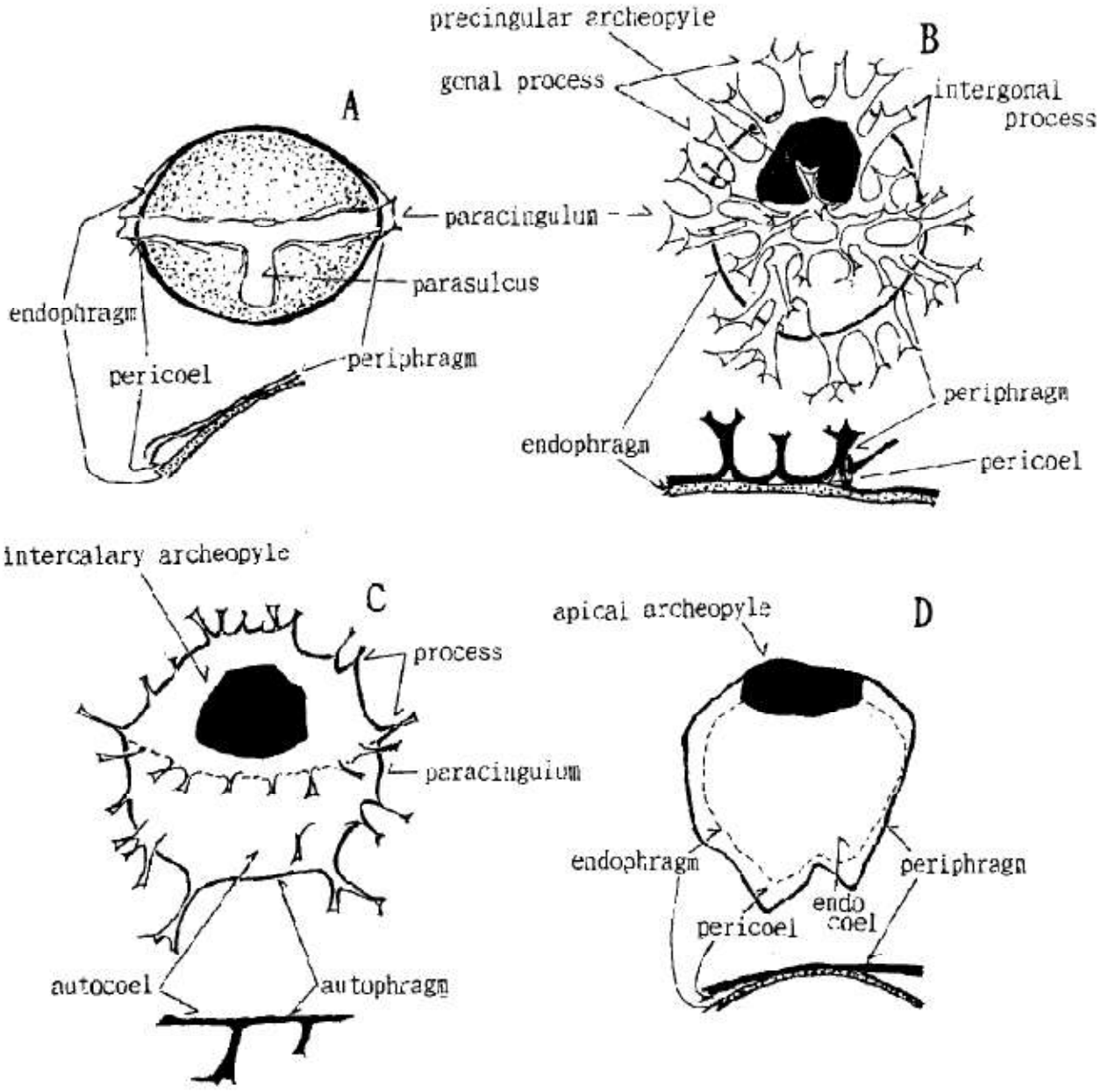
Neurotoksično trovanje školjkašima je trovanje brevetoksinom koji luči dinoflagelat *Gymnodinium breve* (Warrington, 2001). Trovanje brevetoksinom do danas nije zabilježeno kao letalno za čovjeka, ali je veoma letalno za ribe ukoliko se apsorbira putem škrga. *G. breve* je atekatni dinoflagelat, što znači da je laganiji od tekatnih vrsta, te se s lakoćom uz jači vjetar aerosolizira. Upravo veća izloženost čovjeka aerosolu koji sadržava brevetoksin može dovesti do intoksikacije (Van Dolah, 2000).

Paralitičko trovanje školjkašima je trovanje uzrokovano saksitoksinom koji luče dinoflagelat i*Alexandrium* spp., *Gymnodinium catenatum* i *Pyrodinium bahamense* (Warrington, 2001). Godišnje je zabilježeno oko 2 000 slučajeva trovanja saksitoksinom, uz smrtnost od 15%. Osim što uzrokuje relativno veliku smrtnost kod čovjeka, primijećena je i velika smrtnost grbavih kitova te ptica kojima su morski organizmi izvor hrane. Letalna doza kod čovjeka je već 1 mg po kilogramu mase čovjeka (Van Dolah, 2000). Saksitoksin se akumulira u utrobi i sifonima školjkaša; doduše, nije zabilježeno da su ribe i rakovi bili izvori trovanja saksitoksinom kod čovjeka.

Sindrom estuarija je trovanje toksinima vrste *Pfiesteria piscicida*, koja je heterotrofni dinoflagelat. Kod čovjeka uzrokuje umor, glavobolju i niz drugih tegoba, koje za čovjeka nisu letalne. U slučaju *P. piscicida* toksin nije definiran, te ne postoje dokazi da se trovanje dešava putem hrane, već gutanjem vode. *P. piscicida* ubija ribe tako da ih narkotizira toksinom te fagocitira odumrlo tkivo (Van Dolah, 2000).

Lučenje toksina interesna je tema znanstvene i šire javnosti što implicira potrebu za veoma detaljnim istraživanjima, uključujući ona vezana uz životni ciklus dinoflagelata.

Proučavanjem životnog ciklusa dinoflagelata primijećeno je da osim vegetativnog oblika (opisanog u prethodnom dijelu teksta) postoji životna faza u kojoj je organizam nepokretan (Slika 4) i nalazi se na morskome dnu (Dale, 1983). Dinoflagelati u nepokretnom obliku na morskome dnu nazivaju se ciste.

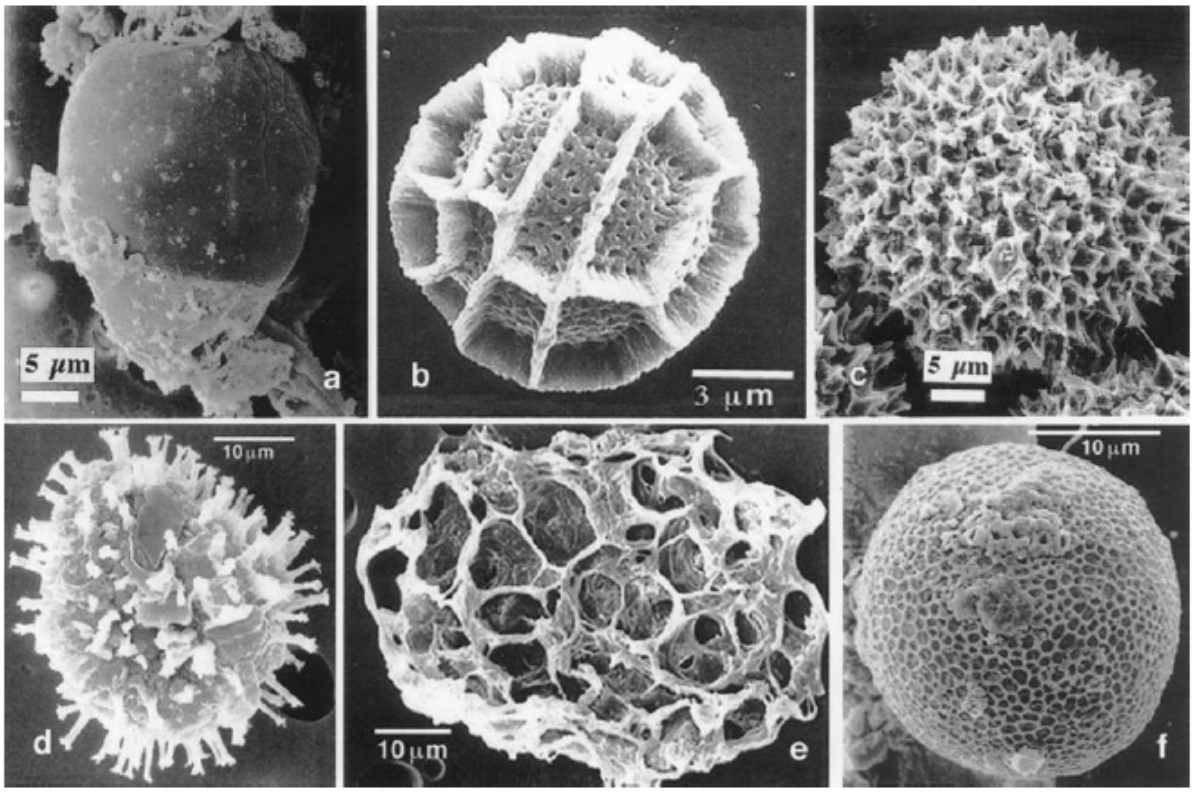


Slika 4. Struktura cista. (preuzeto iz Matsuoka i Fukuyo, 2000)

Od 13 do 16% od svih opisanih vrsta dinoflagelata tokom svog životnog ciklusa formiraju ciste (Head, 1996). Proces formiranja cista reguliran je kompleksim interakcijama koncentracije nutrijenata, temperature i duljine dana (Lee, 2008). Daljnjim istraživanjima primijećeno je induciranje procesa stvaranja cista u nepovoljnim okolišnim uvjetima (Bravo *isur*. 2010). Ciste su morfološki znatno drukčije od vegetativnog oblika dinoflagelata. Stanična stijenka cista sadrži dinosporin, što je ekvivalent sporopolenina kod biljaka i stoga je cista veoma rezistentna. U odnosu na vegetativni oblik, u stadiju ciste dinoflagelati imaju znatno više melatonina, čija je moguća funkcija sprječavanje oksidacije lipida, deset puta više ugljikohidrata te veoma nisku respiracijsku ratu u odnosu na vegetativni oblik (Lee, 2008).

Postoje dvije kategorije cista, temporalne i trajne. Po nastanku, trajne ciste moraju proći kroz fazu obveznog mirovanja čije se trajanje razlikuje od vrste do vrste. Po završetku faze mirovanja koja može potrajati čak i nekoliko desetljeća, uz povoljne ekološke uvjete, organizmi mogu prijeći u vegetativnu fazu (Bravo *i sur.* 2014). Temporalne ciste nemaju obveznu fazu mirovanja stoga mogu, u slučaju povoljnih uvjeta, odmah proklijati. Ciste dinoflagelata značajno se razlikuju od svojih vegetativnih oblika što potkrepljuje činjenica da prva promatranja cista potječu iz 19. stoljeća, te su smatrane fosilnim ostatcima dinoflagelata (Matthiessen *i sur.* 2005), no tek su Evitt i Davidson (1964) uspostavili poveznicu između cista i živućih dinoflagelata. Upravo jaz između prvih proučavanja cista i definiranja poveznice između cista i živućih dinoflagelata je izvor pomutnje pri identifikaciji cista. Naime, geolozi su koristili, a i danas koriste geološke nazive za ciste. Prema identičnom principu, biolozi koriste biološke nazive za ciste, odnosno naziv vrste dinoflagelata. Zbog intraspecijskih razlika u morfologiji cista (Raymont, 1980), veoma je često da vrsta ima više geoloških naziva (Head, 1996). Prema istom autoru, osim problematike većeg broja geoloških naziva postoje i slučajevi kada vrsta ima definirani biološki, ali ne i geološki naziv, te slučaj kada vrsta ima definirani geološki, ali ne i biološki naziv. Svi navedeni slučajevi znatno otežavaju proces identifikacije

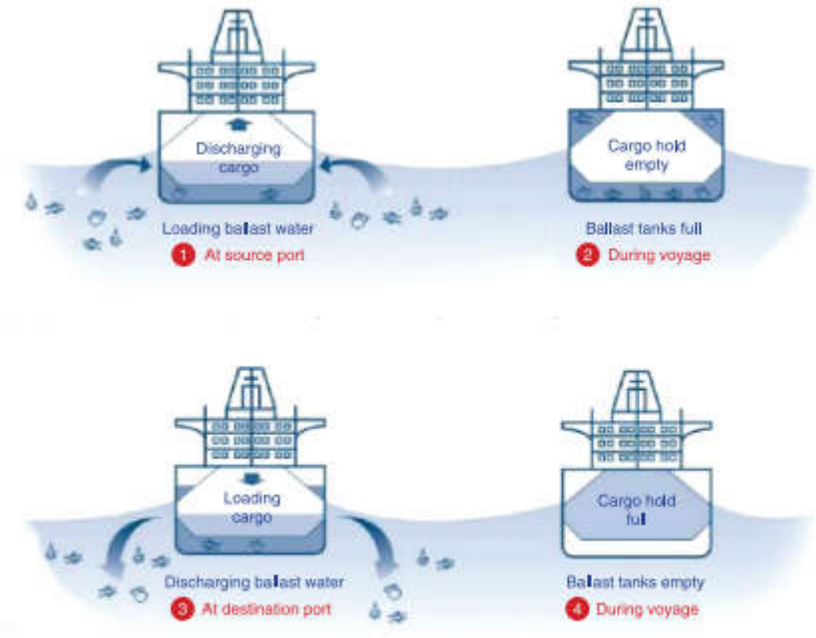
uzimajući u obzir činjenicu da ne postoji sporazum koji definira jedinstveno nazivlje za ciste. Zahvaljujući istraživanjima provedenim u zadnjih pedesetak godina, za većinu vrsta omogućeno je određivanje bez potrebe izvaljivanja cista (Bravo *i sur.* 2014). Uz boju, prisutnost, dužinu i oblik nastavaka, prisutnost i oblik pukotine veliku ulogu u identifikaciji cista ima i veličina (Bravo *i sur.* 2014) (slika 5). Promjer cista može biti u rasponu 15–100 µm prema de Vernal *i sur*. (2007) te 30–70 µm prema Lee (2008) .



Slika 5. Ciste dinoflagelata slikane elektronskim mikroskopom. (a) *Alexandrium catenella*, (b) *Calciodiellum operosum*, (c) *Scrippsiella trochoidea*, (d) *Gonyaulax grindleyi*, (e) *Polykrikos schwartzii*, (f) *Gymnodinium catenatum* (preuzeto iz Lee, 2008).

Jedan od najznačajnijih vektora prijenosa cista dinoflagelata su balastne vode (Hallegraeff *i sur.* 1991). Pri iskrcaju tereta, kako bi se održala stabilnost broda pri putovanju bez tereta, potrebno je u posebno dizajnirane tankove uzeti određenu

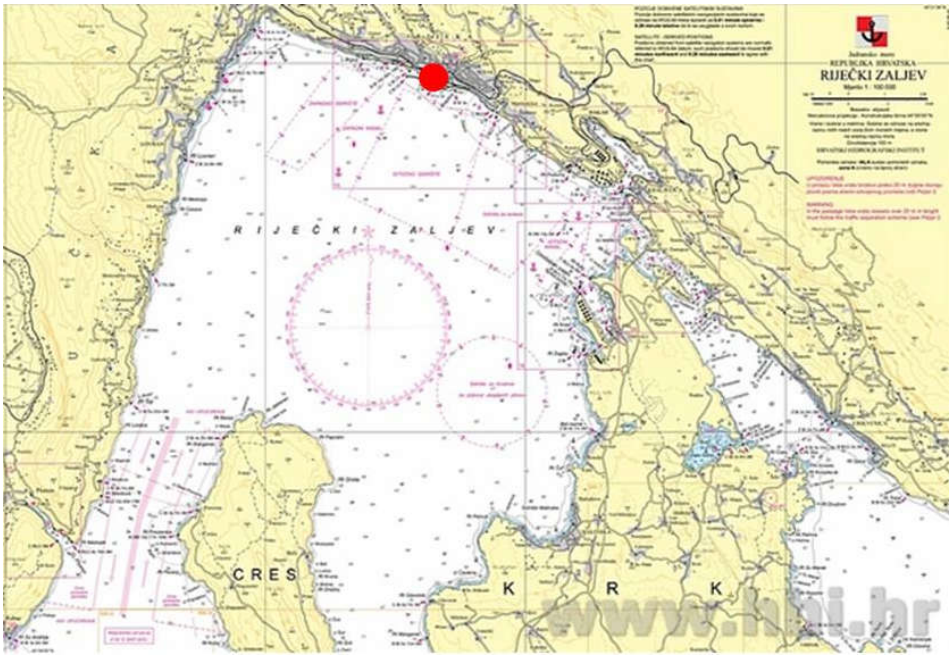
količinu okolne, odnosno morske vode. Voda u tankovima broda naziva se balastna voda. Uvjeti prisutni u tankovima su iako nepovoljni, dovoljno dobri za preživljavanje većine organizama koji se u njima nađu, što uključuje i dinoflagelate, koji u takvim uvjetima najčešće stvaraju ciste. Procjenjuje se da se balastnim vodama dnevno prenese oko 10 000 morskih organizama (NOAA). Pri dolasku broda u ukrcajnu luku potrebno je djelomično ili u cijelosti ispustiti balastnu vodu (slika 6). Ispuštanje balastne vode i organizama u njoj prisutnih mogu uzrokovati unošenje strane vrste u ekosustav ukrcajne luke, što može dovesti do promjena u sastavu zajednica. Strane, odnosno alohtone vrste po dolasku u novu zajednicu mogu se uklopiti u zajednicu bez većih posljedica po vrste u zajednici. Moguće je da stranim vrstama ne odgovaraju uvjeti u novoj zajednici te one neće opstati ili je moguće da su uvjeti za strane vrste izuzetno dobri u novoj zajednici, što će dovesti do nekontroliranog razmnožavanja te vrste u zajednici. Nekontroliranim razmnožavanjem vrsta će potisnuti lokalne, odnosno autohtone vrste. U tom slučaju, strana vrsta postaje invazivnom vrstom.



Slika 6. Proces uzimanja i ispuštanja balastne vode. 1. Uzimanje balastne vode u iskrcajnoj luci; 2. Putovanje bez tereta s punim balastnim tankovima; 3. Ispuštanje balastne vode u ukrcajnoj luci; 4. Putovanje s teretom bez balastnih voda (preuzeto iz Tamelander *i sur.,* 2010).

Najveća luka na istočnom dijelu Jadrana je Riječka luka, smještena u najsjevernijem dijelu Kvarnerskog zaljeva, koji se često naziva i Riječki zaljev (slika 7). Riječki zaljev obuhvaća 450 km^2 površine te ima maksimalnu dubinu 67 m (Hrvatska Enciklopedija).

Uz Riječki zaljev veoma se često asocira bura. Bura je vjetar koji puše prema moru iz širokog raspona smjerova, od sjevera do istok-sjeveroistoka (Poje, 1995). Najjače bure pušu u hladnom dijelu godine, dok su najveće vjerojatnosti za slabu buru tijekom toplijih mjeseci u godini (Lukšić, 1975).



Slika 7. Karta Riječkog zaljeva. Crvena točka označava Riječku luku. (izvor: www.hhi.hr)

2. Materijali i metode

2.1. Uzorkovanje

Uzorkovanje je provedeno na postajama RIbwB, RIbwS, RIchm, RIref i LRI03 (slika 8, tablica 1). U oznakama postaja bw označavaju postaje pod direktnim utjecajem balastne vode (eng. *ballast water*), dok oznake B i S označavaju pobliže lokaciju, B - Budimpeštansko pristanište, S - Sušački lukobran, chm označava

postaju *channel marker* za Riječki zaljev i ref - referentnu postaju. Na postaji LRI03 (Luka Rijeka, 50 m od RIbwB) uzorkovanje je provedeno 12. svibnja i 23. kolovoza 2011. godine. Na postaji RIbwS 12. svibnja 2011., 23. kolovoza 2011., 20. prosinca 2014., 13. veljače 2015., 24. travnja 2015., 17. srpnja 2015. i 10. i 11. studenog 2015. godine. Na postaji RIbwS 20. prosinca 2014., 13. veljače 2015., 24. travnja 2015., 17. srpnja 2015. i 10. i 11. studenog 2015. godine. Na postajama RIchm i RIref 10. i 11. rujna 2014., 20. prosinca 2014., 13. veljače 2015., 24. travnja 2015., 17. srpnja 2015. i 10. i 11. studenog 2015. godine.

Slika 8. Karta Riječke luke s označenim postajama uzorkovanja.

Tablica 1. Dubine i koordinate postaja uzorkovanja.

Postaja	Dubina (m)	Geografska širina	Geografska dužina
RIbwB	8,4	45°19'42,42000"	14°25'50,1600"
RIbwS	8,2	45°19'20,39988"	14°26'19,6800"
RIchm	57,1	45°19'30,29988"	14°23'45,3800"
RIref	31,0	45°18'51,05988"	14°28'8,82012"
LRI03	33,5	45°19'41,5200"	14°25'24,1200"

Procedura uzorkovanja i pripreme uzoraka za mikroskopiranje bazirana je na metodi prosijavanja po Matsuoka i Fukuyo (2000) i metodi korištenja Ludox-a za separaciju stanica po Blanco (1986).

Na postajama RIbwB i RIbwS uzorkovanje su obavili ronioci špricama s odrezanim vrhom promjera 2 cm. Na postajama RIchm i RIref sediment je uzorkovan grabilom iz kojeg se potom uzrokovalo špricama s odrezanim vrhom promjera 2 cm. U plastične bočice volumena 30 ml je uzet poduzorak od površinskih 6 ml sedimenta. Uzorci su fiksirani s 0,6 ml 36% formaldehida (stabiliziran s max. 10% metanola, Kemika) i pohranjeni na +4℃ u tami do daljnje obrade.

2.2. Priprema preparata cista za mikroskopiranje

Uzorci su iz bočica prebačeni u Falcon epruvete volumena 50 ml i suspendirani filtriranom morskom vodom do ukupnog volumena 25 ml. Uzorci su sonificirani (WVR Aquasonic model 750D) 10 minuta pri +25℃ i razini 4 (~150 W) i potom prosijavani laboratorijskom tresilicom Retsch AS200 na nizu Retsch sita promjera oka 250, 125, 38 i 20μm. Uzorci su ispirani običnom vodom dok voda koja je prolazila kroz uzorak nije bila bistra. Talog zaostao na istima promjera oka 38 i 20 μm na kojima zaostaju ciste objedinjen je u jednu epruvetu za centrifugiranje volumena 125 ml.

U uzorke je dodan Ludox® HS-40 (Aldrich) u omjeru ¼ uzorak i ¾ Ludox. Uzorci su centrifugirani (Hettich Universal 320) 10 minuta na 1400 g. Supernatant je dekantiran i profiltriran kroz sito promjera oka 20 μm te je potom tekuća faza supernatanta dodana talogu od prvog centrifugiranja. Kruta faza supernatanta zaostala na situ je ispirana običnom vodom i prebačena u Falcon epruvetu. Postupak centrifugiranja i ispiranja ponovljen je još 2 puta. Pri zadnjem filtriranju supernatanta, zadržana je samo kruta faza koja je dodana do tada prikupljenom uzorku u Falcon epruveti. Uzorak je centrifugiran 10 minuta na 1500 g pri sobnoj temperaturi (Eppendorf Centrifuge 5804R). Supernatant je pipetom odijeljen od taloga i prenesen u Falcon epruvetu te fiksiran s 100 μl 36% formaldehida (Kemika) što sačinjava primarni uzorak. Zbog mogućnosti zaostajanja određenog broja cista u talogu, isti je

predstavljao sekundarni uzorak, te je stoga razrijeđen do 50 ml običnom vodom i fiksiran s 500 µl 36% neutraliziranog formaldehida (Kemika).

Uzorci su homogenizirani blagim mućkanjem. U komorice za sedimentaciju volumena 10 ml dodano je 10 ml primarnog uzorka, a u komorice volumena 2 ml dodan je 1 ml sekundarnog uzorka te je komorica do vrha nadopunjena običnom vodom. Uzorci su sedimentirani 24 sata.

2.3. Mikroskopiranje

Uzorci u komoricama pregledavani su metodom po Utermohlu (1958) inverznim mikroskopom Zeiss Axiovert 200 na povećanju 100 i 200 puta. Na povećanju 200 puta brojane su i identificirane vrste na dva najduža transekta, a na povećanju od 100 puta pregledan je cijeli uzorak kako se ne bi propustile rjeđe zastupljene ciste. Slike uzoraka dobivene su kamerom Zeiss Axiocam MRc5 i DIC/Senarmont 1005-863 pri povećanju 400 puta.

Jedan replikat sa svake postaje izvađen je iz bočice te izvagan u petrijevim zdjelicama. Replikat je sušen te je potom izvagana suha masa sedimenta. Navedena mjerenja potrebna su za izražavanje broja cista u 1 g suhog sedimenta.

Identifikacija cista bazirana je na radovima Matsuoka i Fukuyo (2000), Bringué *i sur.* (2016), Kokoinos i Anderson (1995), Pitcher i Joyce (2009), Rochon *i sur.* (1999) i Wang *i sur*. (2007).

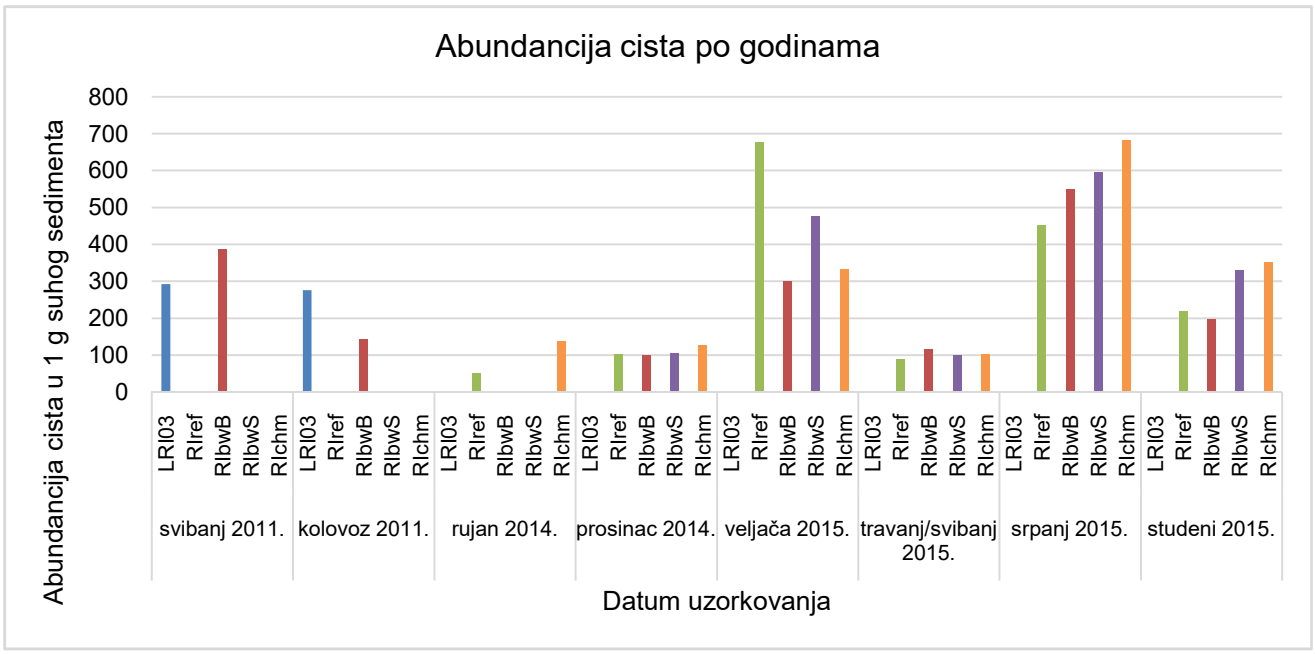
3. Rezultati i diskusija

U uzorcima su pronađene 32 vrste cista, od kojih je 21 određena do razine vrste, 6 do razine roda i 5 je neidentificiranih vrsta (tablica 2). Pronađene vrste svrstane su u redove Gonyaulacales, Gymnodiniales, Peridiniales, Prorocentrales i Suessiales. Detaljan prikaz pronađenih vrsta na pojedinim postajama tijekom istraživnog perioda naveden je u prilogu 1. Minimalan broj vrsta (4) u uzorku zabilježen je na postaji RIchm u travnju i svibnju 2015. godine, dok je najveći broj vrsta zabilježen na postaji LRI03 u rujnu 2014. godine i iznosi 15 vrsta. Medijan broja vrsta po uzorku iznosi 8. Minimalna abundancija vrsta je 49 i zabilježena je na postaji RIref u rujnu 2014. godine, dok je najveća abundancija zabilježena na postaji RIchm u srpnju 2015. godine i iznosi 682 jedinke u 1 g suhog sedimenta (slika 9).

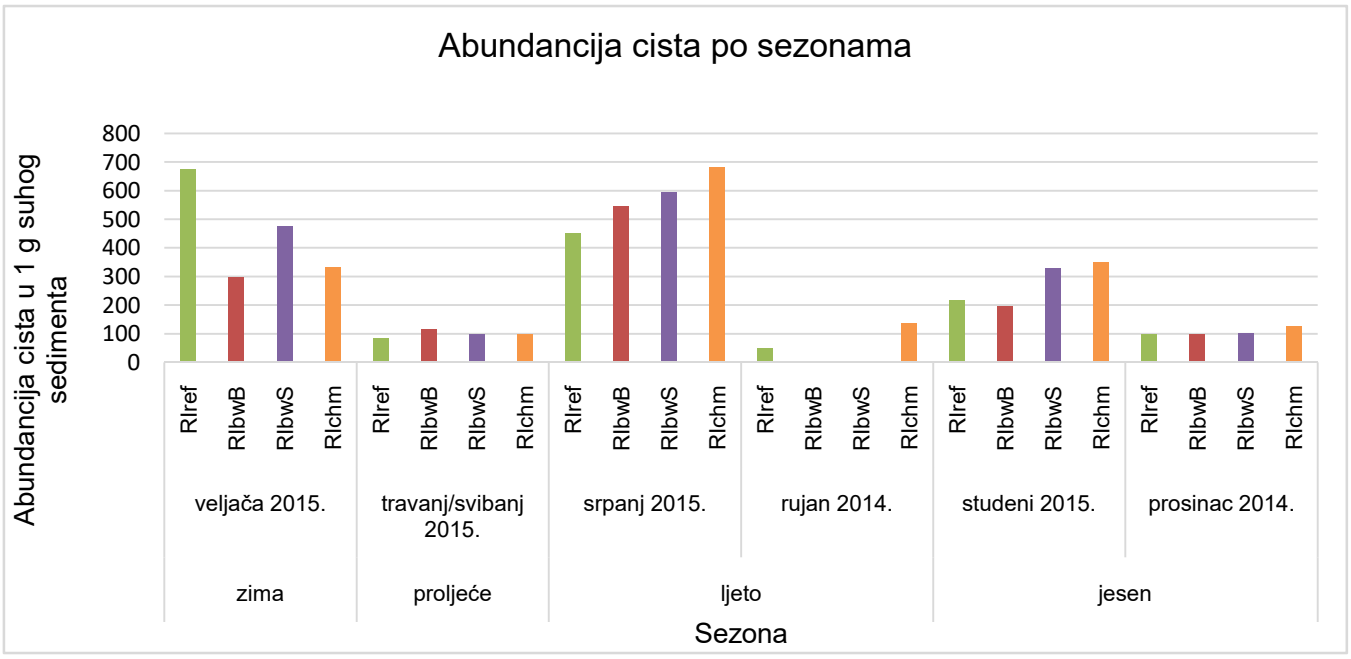
Analizirani uzorci ukazuju na sezonalnost u pogledu ukupne abundancije (slika 10) te su naznake sezonalnosti također prisutne kod pojedinih vrsta (slike13, 15, 17, 20, 21, 23 i 24). Na grafičkom prikazu abundancije cista po sezonama prikazani su podaci iz 2014. i 2015. godine. Podaci iz 2011. godine nisu uključeni zbog samo jedne zajedničke postaje (prilog 1). Nadalje, iz grafa 2 vidljiva je povećana abundancija cista tijekom veljače i srpnja te smanjena abundancija tijekom rujna, studenog i prosinca te travnja i svibnja. S obzirom na mnoštvo čimbenika koji utječu na stvaranje cista (Godhe i McQuoid, 2003) i dostupnih podataka nije moguće sa sigurnošću identificirati i kvantificirati utjecaj pojedinih čimbenika na stvaranje cista. Moguće objašnjenje za povećanu abundanciju cista u veljači i srpnju jest temperatura. Temperature u veljači nisu prelazile 12°C, dok u srpnju nisu bile niže od 22°C (Kraus*i sur.*, 2016). Prema Godhe i McQuoid (2003) najutjecajniji faktor za stvaranje cista je temperatura, dok je za koncentraciju nitrata u sedimentu, te ortofosfata u vodenom stupcu u prijašnjoj sezoni primijećen manji utjecaj. Nutrijenti, salinitet, koncentracija klorofila *a*, omjer dijatomeja i dinoflagelata te ukupna abundancija fitoplanktona zabilježeni u istraživanom periodu nisu pokazali podudaranje s ukupnom abundancijom cista (podaci nisu pokazani).

Tablica 2 Popis redova i vrsta cista identificiranih u uzorcima.

Red	Vrsta	Red	Vrsta
Gonyaulacales	*Alexandrium affine*	**Peridiniales**	*Scripsiella trochoidea*
	Alexandrium minutum/tamutum		*Scripsiella* sp.
	Alexandrium sp.		*Protoperidinium claudicans*
	Alexandrium tamarense		*Protoperidinium conicum*
	Alexandrium tamarense/catenella		*Protoperidinium* cfr. *conicum*
	Gonyaulax scrippsae		*Protoperidinium compressum*
	Gonyaulax spiniferites		*Protoperidinium minutum*
	Gonyaulax sp.		*Protoperidinium* sp.
	Lingulodinium polyedrum		*Zygabikodinium lenticulatum*
	Pyrodinium cfr. *bahamense*	**Prorocentrales**	*Prorocentrum minimum*
	cfr. *Pyrophacus steinii*	**Suessiales**	*Biecheleria* sp.
	Protoceratium reticulatum	**Neidentificirane ciste**	Smeđa okrugla cista 1
Gymnodiniales	*Gymnodinium catenatum*		Smeđa okrugla cista 2
	Gymnodinium sp.		Neidentificirana cista 1
	Gyrodinium impudicum		Neidentificirana cista 2
	Pheopolykrikos hartmanii		Neidentificirana cista 3



Slika 9. Vremenska raspodjela ukupne abundancije cista. Izostanak stupaca znači da uzorkovanje nije provedeno.

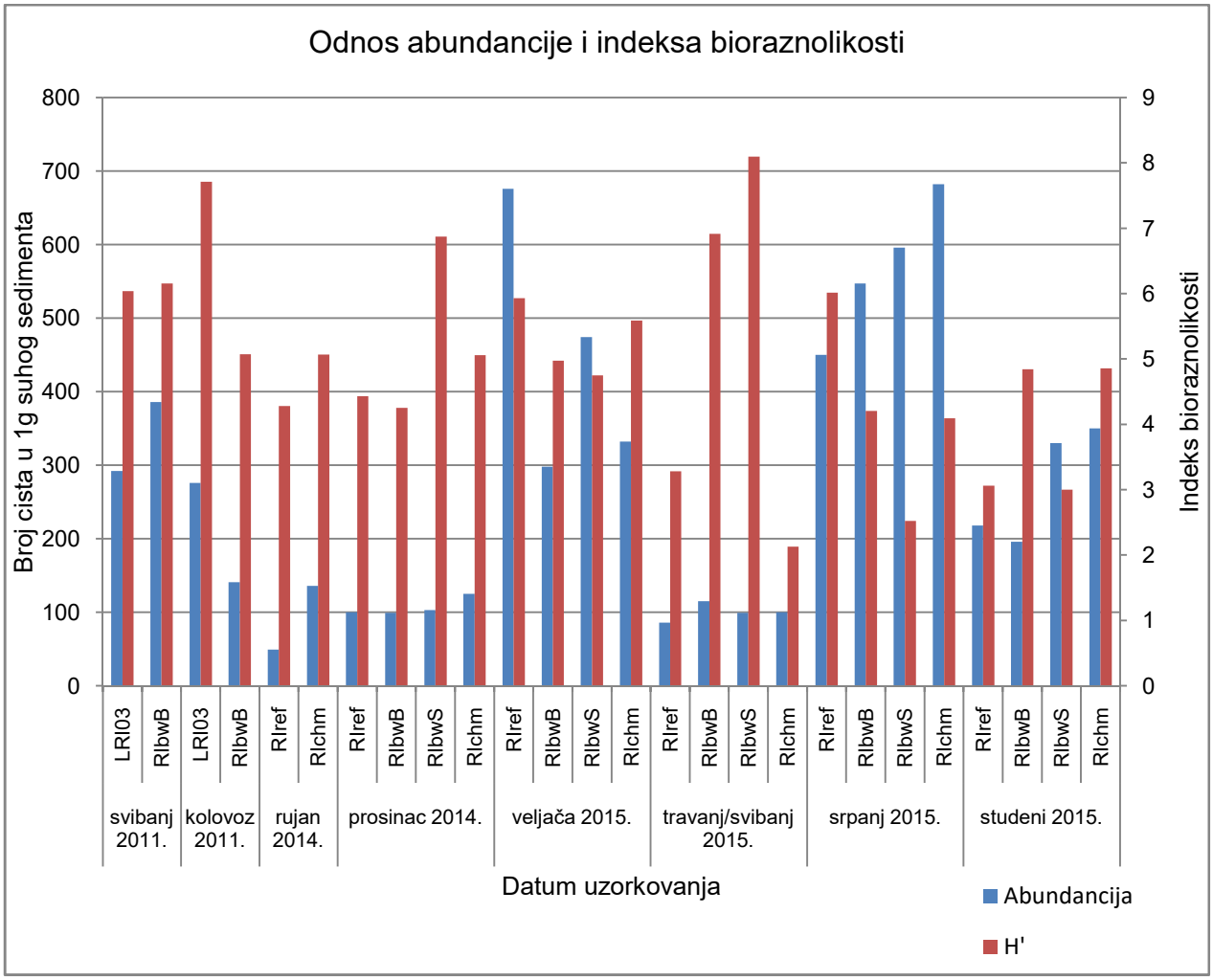


Slika 10. Sezonalna raspodjela ukupne abundancije cista. Izostanak stupaca znači da uzorkovanje nije provedeno.

3.1 Bioraznolikost u uzorcima

Za svaki uzorak izračunat je Shannon–Weaverov indeks bioraznolikosti. Usporedbom ukupne abundancije po postajama i Shannon–Weaverovog indeksa bioraznolikosti (slika 11) može se vidjeti da uzorci pokazuju veću ujednačenost kod nižih abundancija cista. Povećanje abundancije cista u pravilu prati povećana abundancija jedne, rjeđe dvije vrste. Ciste koje dominiraju u uzorcima su *Biecheleria* sp. u 53% uzoraka, *Lingulodinium polyedrum* u 31% uzoraka te neidentificirane ciste u 8% i *Gymnodinium* sp. u 8% uzoraka.

Na postaji LRI03 zamijećena je veća neujednačenost u kolovozu 2011. godine (prilog 2 slika p1). Na postajama RIbwB i RIbwS najveća neujednačenost abundancija cista zabilježena je u srpnju 2015. godine (prilog 2 slike p2 i p3), dok je na postajama RIref i RIchm ista uočena u travnju i svibnju 2015. godine (prilog 2 slike p4 i p5). Na postaji RIchm u travnju i svibnju 2015. godine najabundantnija je vrsta *Gymnodinium* sp. Ista vrsta je najabundantnija i na postaji RIbwB u srpnju 2015. godine. Vrsta *Lingulodinium polyedrum* najabundantnija je na postaji RIref u travnju i svibnju 2015. godine. Neidentificirane vrste roda *Biecheleria* najabundantnije su na postaji RIbwS u srpnju 2015. godine i na postaji LRI03 u kolovozu 2011. godine. Udio abundancije navedenih vrsta u uzorku kreće se između 41% na postaji LRI03 i 78% na postaji RIchm.



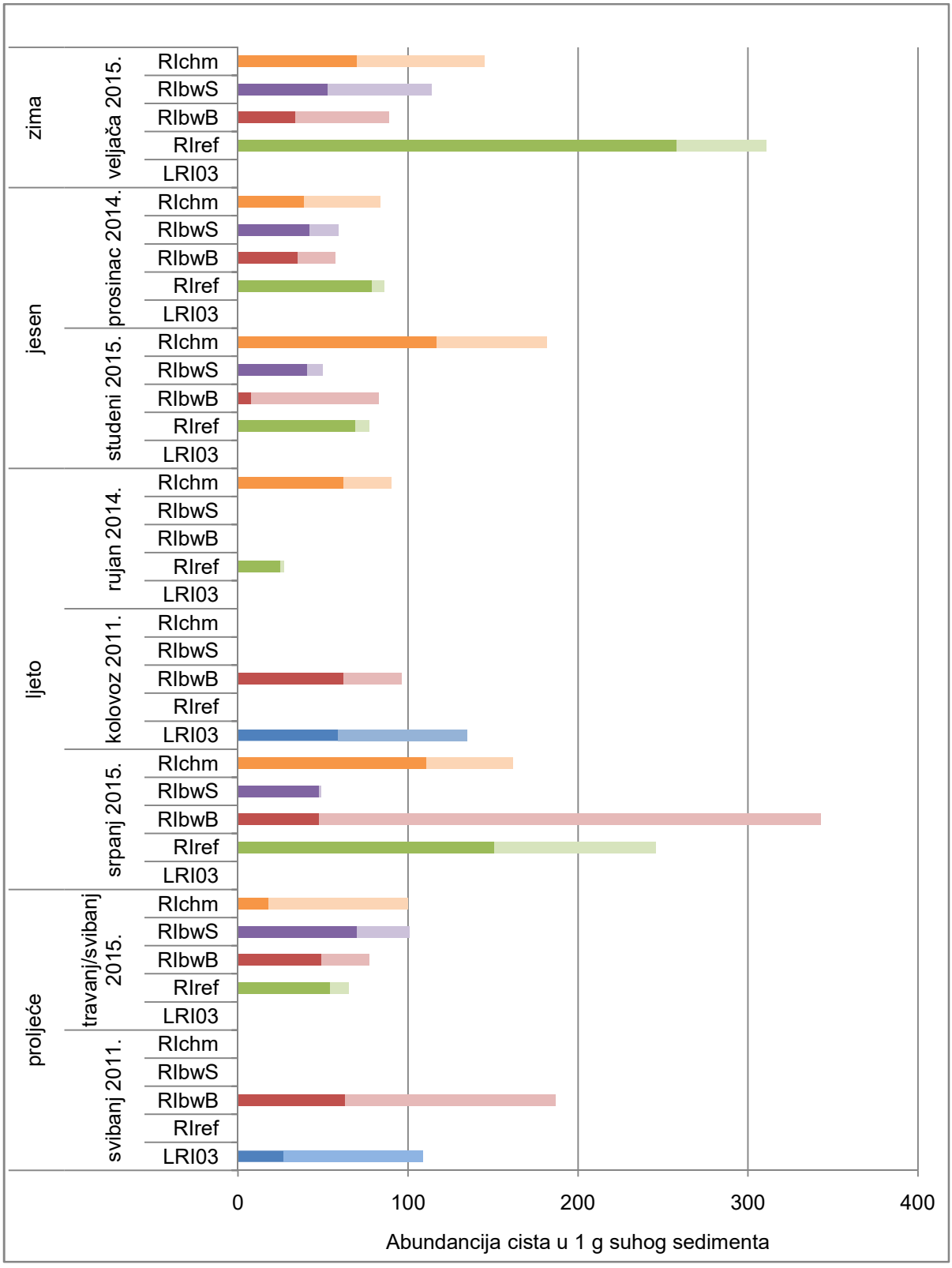
Slika 11. Odnos abundancije i Shannon–Weaverovog indeksa bioraznolikosti.

3.2 Odnos autotrofa i heterotrofa

Odnos cista autotrofnih i heterotrofnih dinoflagelata (slika 12) ne pokazuje sezonsku varijabilnost. Na postaji RIref u svim uzorcima je broj cista autotrofnih vrsta veći od broja cista heterotrofnih vrsta. Miksotrofne i neidentificirane vrste nisu uzimane u obzir.

Na postaji RIchm autotrofne vrste dominiraju u srpnju i studenom 2015. godine. Na postaji RIbwB autotrofi dominiraju u kolovozu 2011. i prosincu 2014. godine. Na postaji RIbwS heterotrofi dominiraju u veljači 2015. godine.

Godhe i McQuoid (2003) objašnjavaju povećan broj heterotrofnih dinoflagelata u područjima gdje su najpovoljniji uvjeti za njihov plijen, najčešće dijatomeje (Alves-de-Souza*i sur.*, 2008). Usporedbom omjera dijatomeja i dinoflagelata (Kraus *i sur.*, 2016) i omjera cista heterotrofnih i autotrofnih dinoflagelata nije primjećeno podudaranje povećanog broja dijatomeja s povećanim brojem cista heterotrofnih dinoflagelata. Neslaganje dobivenih podataka s navodima iz literature moguće je zbog postojanja neidentificiranih vrsta i neidentificirane vrste roda *Biecheleria*. Naime, neidentificirana vrsta 1, smeđa okrugla cista 1 i neidentificirane vrste roda *Biecheleria* čine veliki udio u abundanciji cista. Ukoliko bi ishrana kod gore navedenih vrsta bila poznata, moglo bi se konkretno definirati da li se podaci slažu s navodima u literaturi.



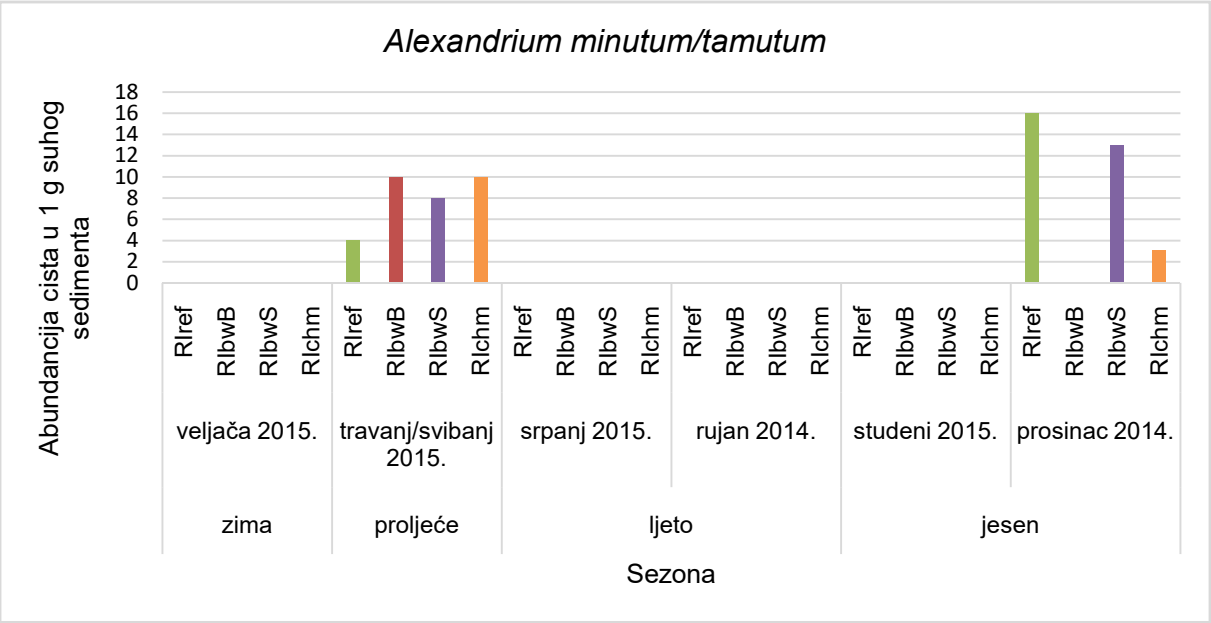
Slika 12. Odnos cista heterotrofnih i autotrofnih dinoflagelata po postajama. Zasićenije boje predstavljaju autotrofne dinoflagelate.

3.3 Red Gonyaulacales

Rod Alexandrium

Toksična vrsta *Alexandrium affine* (slika 14) opisana je 1985. godine. Vrsta je rasprostranjena u Francuskoj, Španjolskoj, Meksiku, Turskoj, Japanu, Koreji, Maleziji, Tajlandu, Vijetnamu, Australiji i Novom Zelandu (Guiry, 2017). Prema podacima iz Viličić *i sur.* (2002) te Avacini *i sur.* (2006) vrsta nije zabilježena u Jadranu. Ciste vrste *A. affine* zabilježene su u prosincu 2014. godine na postaji RIref u travnju i svibnju 2015. godine na postaji RIbwS u veoma niskim abundancijama (prilog 1). Stvaranje cista kod vrste zabilježeno je *in vitro* pri koncentraciji ortofosfata od 3,6 µmol/L (Anderson i Lindquist, 1985). Koncentracija ortofosfata na postajama u prosincu 2014. te travnju i svibnju 2015. godine nije prelazila 0,1 µmol/L (Kraus*i sur.*, 2016), što ukazuje na drugi uzrok njihovog formiranja. Istovremeno su u vodenom stupcu pronađene neidentificirane vrste roda *Alexandrium* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).

Zbog sličnosti, vrste *Alexandirum minutum* i *Alexandrium tamutum* (slika 14) obrađivane su zajedno. Vrsta *Alexandrium minutum* opisana je 1960. godine i prisutna je u Jadranu (Viličić*i sur.*, 2002; Avancini*i sur.*, 2006). *A. minutum* je toksična vrsta koja je široko rasprostranjena (Guiry, 2017). Vrsta *Alexandrium tamutum* opisana je 2004. godine, nije toksična, te je zabilježena na području Velike Britanije, Italije, Španjolske i Kine (Guiry, 2017). Stvaranje cista kod *A. minutum* zapaženo je kod izražene turbulencije, prolasku vegetativnog oblika stanice kroz probavni sustav kamenice i visoke gustoće populacije (Bravo*i sur.*, 2010). Ciste ovih vrsta zabilježene su u proljeće i jesen (slika 13). Opažanje cista u periodu miješanja vodenog stupca slaže se sa navodima u literaturi.



Slika 13. Sezonalna raspodjela abundancije cista vrsta *Alexandrium minutum/tamutum.*

Toksična vrsta *Alexandrium tamarense* (slika 14) otkrivena je 1925. godine te nije zabilježena u hrvatskom dijelu Jadrana (Viličić *i sur.*, 2002), no zabilježena je u talijanskim obalnim vodama (Avancini *i sur.*, 2006). Vrsta je prisutna u Velikoj Britaniji, Norveškoj, Španjolskoj, Portugalu, SAD-u, Kanadi, Japanu, Koreji i Argentini (Balech, 1995). Ciste ove vrste otporne su na klorovodičnu, fluorovodičnu i sumpornu kiselinu te bivaju uništene pri standardnoj palinološkoj obradi (Head, 1996). Stvaranje cista kod vrste zabilježeno je pri nedostatku nutrijenata i promjenama temperature (Bravo *i sur.*, 2010). Vrsta je zabilježena u prosincu 2014. godine na postaji RIbwS (prilog 1).

Toksična vrsta *Alexandrium catenella* (slika 14) otkrivena je 1936. godine (Guiry, 2017). Vrsta nije zabilježena u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.*, 2006). Široko je rasprostranjena u hladnim vodama i ne razmnožava se pri temperaturama iznad 16°C (Balech, 1995). Ciste ove vrste otporne su na dušičnu, klorovodičnu i fluorovodičnu kiselinu (Head, 1996). Stvaranje cista primjećeno je pri napadu parazita i nedostatku fosfora (Bravo*i sur.*, 2010). Vrsta je zabilježena u

veljači, travnju i svibnju 2015. godine na postaji RIbwS (prilog 1). Jedino za ovu vrstu je primjećeno opadanje broja cista s vremenom (prilog 1). Moguće objašnjenje za takvu raspodjelu cista je dolazak vrste balastnim vodama u veljači 2015. godine te postupno opadanje abundancije s vremenom, bilo radi klijanja, predacije, uništenja ili pomicanja cista zbog pridnenih struja. To objašnjenje vrijedi i za ciste koje su zabilježene isključivo u jednoj sezoni.

Osim navedenih vrsta pronađena je još jedna vrsta roda *Alexandrium* (slika 14) za koju identifikacija do razine vrste nije bila moguća. Vrsta se pojavila u kolovozu 2011. godine na postajama LRI03 i RIbwB te u travnju i svibnju 2015. godine na postajama RIbwB i RIbwS (prilog 1).

Rod Gonyaulax

Vrsta *Gonyaulax scrippsae* (slika 14) otkrivena je 1911. godine u Kaliforniji (Kofoid, 1911). Palinološki naziv vrste je *Spiniferites bulloideus* (Head, 1996). Nije zabilježena u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.*, 2006). Vrsta je zabilježena u Crnom moru, Velikoj Britaniji, Mediteranu, Nizozemskoj, Brazilu, Kolumbiji, Australiji i na Antarktiku (Guiry, 2017). Vrsta je zabilježena u veljači 2015. godine na postaji RIchm (prilog 1), te u travnju i svibnju 2015. godine na postaji RIbwS (prilog 1). Istovremeno su u vodenom stupcu pronađene neidentificirane vrste roda *Gonyaulax* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).

Kozmopolitska vrsta *Gonyaulax spiniferites* (slika 14) otkrivena je 1866. godine (Guiry, 2017). Novi naziv vrste je *Gonyaulax spinifera*, a neki od palinoloških naziva su *Ataxiodinium choane*, *Nematosphaeropsis lemniscata/labyrinthus, Spiniferites mirabilis, Spiniferites frigidus, Spiniferites ramosus* i *Tectatodinium pellitum* (Rochon *i sur.*, 2009). Vrsta je prisutna u hrvatskom dijelu Jadrana (Viličić *i sur.*, 2002) no nije zabilježena u talijanskim teritorijalnim vodama (Avancini *i sur.*, 2006). Rochon *i sur.* (2009) zabilježili su stvaranje cista pri limitaciji nitratima. Vrsta je u uzorcima zabilježena isključivo u kolovozu 2011. godine (prilog 1).

Vrsta roda *Gonyaulax* (slika 14) koju nije bilo moguće identificirati do razine vrste pojavila se u studenom 2015. godine na postaji RIchm (prilog 1).

Rod Lingulodinium

Toksična vrsta *Lingulodinium polyedrum* (slika 14), novog naziva *Lingulodinium polyedra*, otkrivena je 1883. godine (Guiry, 2017). Vrsta je kozmopolit i prisutna je u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.*, 2006). Kroz godine joj se, u Riječkom zaljevu, učestalost smanjuje, no abundancija ostaje ista (Jadranski Naftovod, 2005). Vrsta nije pronađena u vodenom stupcu u navedenim terminima (Kraus *i sur.,* 2016). Vrsta je prisutna u svim uzorcima u relativno visokim abundancijama.

Stvaranje cista kod ove vrste pripisuje se napetosti vjetra (Bravo *i sur.*, 2010). Juhl *i sur.* (2002) izlagali su kulture vrste *Lingulodinium polyedra* simuliranim uvjetima vjetra i ustanovili stvaranje cista. Uvjeti korišteni u eksperimentu odgovaraju brzini vjetra od 2 – 3 m/s na površini mora.

Preliminarna analiza pokazuje da većim abundancijama *Lingulodinium polyedra* na postaji RIref prethodi jači vjetar, što nije utvrđeno na ostalim postajama. Za preliminarnu analizu korišteni su podaci iz Meteoroloških i hidroloških biltena (DHMZ) za godine 2014. i 2015. Korelacija između abundancije cista vrste *Lingulodinium polyedra* na postaji RIref i vjetra iznosi 0,81 ($p<0,05$).

Prisutnost cista na ostalim postajama može biti objašnjena donosom pridnenim strujama. Druga mogućnost je nastanak u vodenom stupcu uz istovremeni horizontalni transport što podržava izmjerena brzina tonjenja cista između 0,008 i 0,013 m/s (Anderson *i sur.*, 1985). Vrijeme potrebno da ciste potonu na postaji RIref, čija dubina iznosi 31 m, iznosi od 40 minuta do 1 sat.

Kod cista ove vrste zamijećena je inhibicija proklijavanja cista kod temperatura nižih od 15°C (Blanco, 1990) što je moguće objašnjenje za postojanje cista i u uvjetima bez bure. Hipotetski, moguće je da u uvjetima izrazito olujne i orkanske bure dolazi do stvaranja cista i na ostalim postajama. Uz niske pridnene temperature ne može doći do klijanja cista, već ostaju u sedimentu. Te ciste bivaju zabilježene u slijedećem uzorkovanju. Postaja RIchm, bez obzira što se nalazi izvan luke, veoma je duboka pa je moguće da se većina cista strujama odnosi na druga područja prije

nego potonu na dno postaje. Na postaji RIref resuspenzija cista i sedimenta može biti brža nego na postaji RIchm zbog manje dubine. Resuspenzija sedimenta dovodi ciste u više slojeve vodenog stupca, koji su, ukoliko je površina mora toplija, pogodniji za vrstu. Pogodniji uvjeti za vrstu izazivaju klijanje vrste. Za postaje RIbwB i RIbwS, budući da se nalaze unutar lukobrana, može se pretpostaviti da su pod manjim utjecajem vjetra. Pri izrazito jakom vjetru moguće je da dolazi do većeg utjecaja na vodenu masu na tim postajama što može uzrokovati stvaranje cista. Temperature na tim postajama neznatno su više nego na postajama izvan luke, što implicira da ne postoje bolji uvjeti za klijanje vrsta unutar luke u odnosu na postaje izvan luke.

Rod Pyrodinium

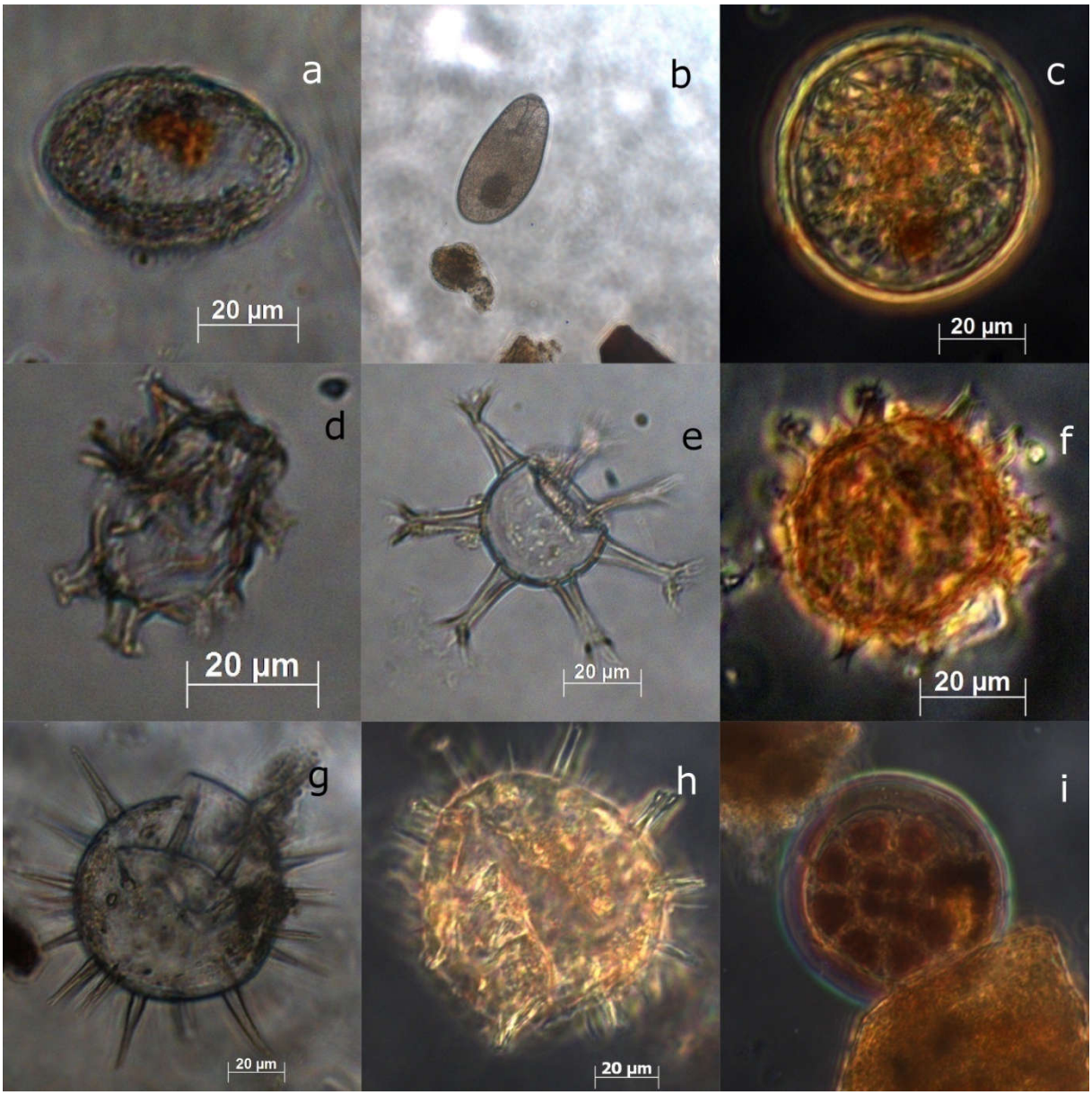
Vrsta *Pyrodinium bahamense* (slika 14) otkrivena je 1906. godine i nije zabilježena u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.*, 2006). Vrsta je široko rasprostranjena, a palinološki naziv joj je *Polysphaeridium zoharyi* (Head, 1996). Vrsta je zabilježena ukolovozu 2011. godine na postaji LRI03i u travnju i svibnju 2015. godine na postaji RIbwS (prilog 1). Istovremeno u vodenom stupcu nije pronađena vrsta *Pyrodinium bahamense* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).

Rod Pyrophacus

Vrsta *Pyrophacus steinii* (slika 14) otkrivena je 1883. godine, prisutna je samo u hrvatskom dijelu Jadrana (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.* 2006) te joj je distribucija ograničena na topla umjerena i tropska mora (Head, 1996). Palinološko ime vrste je *Tuberculodinium vancampoae* (Head, 1996). Vrsta je zabilježena u veljači 2015. godine na postajama RIref i RIbwS (prilog 1). Istovremeno u vodenom stupcu nije pronađena vrsta *Pyrophacus steinii* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).

Rod Protoceratium

Kozmopolitska toksična vrsta *Protoceratium reticulatum* otkrivena je 1885. Godine (Head, 1996) i u hrvatskom dijelu Jadrana prisutna je pod sinonimom *Gonyaulax grindleyi* (Viličić *i sur.*, 2002). U talijanskim teritorijalnim vodama također je prisutna (Avancini *i sur.*, 2006). Palinološki nazivi vrste su *Operculodinium centrocarpum, O. israelianum i O. psilatum* (Head, 1996). Vrsta je zabilježena na postaji RIbwB u kolovozu 2011. godine (prilog 1). Istovremeno u vodenom stupcu nije pronađena vrsta *Protoceratium reticulatum* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).



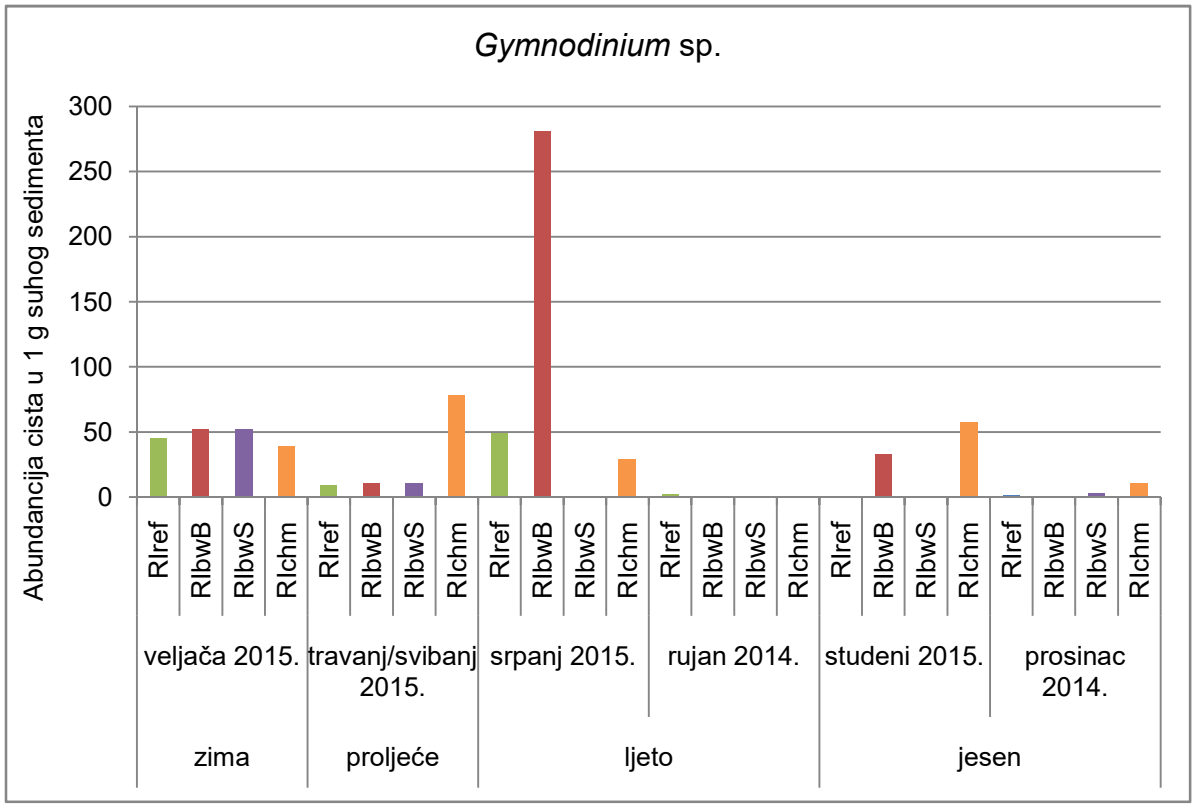
Slika 14. Ciste reda Gonyaulacales iz Riječke luke. (a) *Alexandrium minutum/tamutum,* (b) *Alexandrium tamarense/catenella,* (c) *Alexandrium* sp., (d) *Gonyaulax scrippsae,* (e) *Gonyaulax* sp., (f) *Gonyaulax* sp., (g) *Lingulodinium polyedrum,* (h) *Pyrodinium bahamense,* (i) *Pyrophacus steinii.*

3.4 Red Gymnodiniales

Rod Gymnodinium

Toksični dinoflagelat *Gymnodinium catenatum* opisan je 1943. godine u Kalifornijskom zaljevu i kozmopolitska je vrsta (Guiry, 2017). *G. catenatum*, čija je distribucija do 1999. godine u Europi bila ograničena na Alboransko more, počela se širiti Sredozemnim morem te je uzrokovala promjene u strukturi prehrambenih mreža u Sredozemnom moru (Gómez, 2003). Vrsta u vegetativnoj fazi nije zabilježena u hrvatskom dijelu Jadrana (Viličić *i sur.* 2002) dok u Avancini *i sur.* (2006) nisu navedene pojedine vrste ovog roda. *G. catenatum* u stadiju ciste otporan je na acetolizu, standardnu palinološku obradu, klorovodičnu i fluorovodičnu kiselinu (Head, 1996). Ciste *G. catenatum* identificirane su na postajama RIbwB i RIbwS u travnju i svibnju 2015. godine u izrazito malim abundancijama. Istovremeno su u vodenom stupcu pronađene neidentificirane vrste roda *Gymnodinium* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).

Veoma su često u uzorcima bili prisutni predstavnici roda *Gymnodinium* za koje identifikacija nije bila moguća (slika 16). Abundancija *Gymnodinium* sp. ima naznake sezonalnosti, uz izraženi pik u abundanciji u srpnju 2015. godine na postaji RIbwB (slika 15).



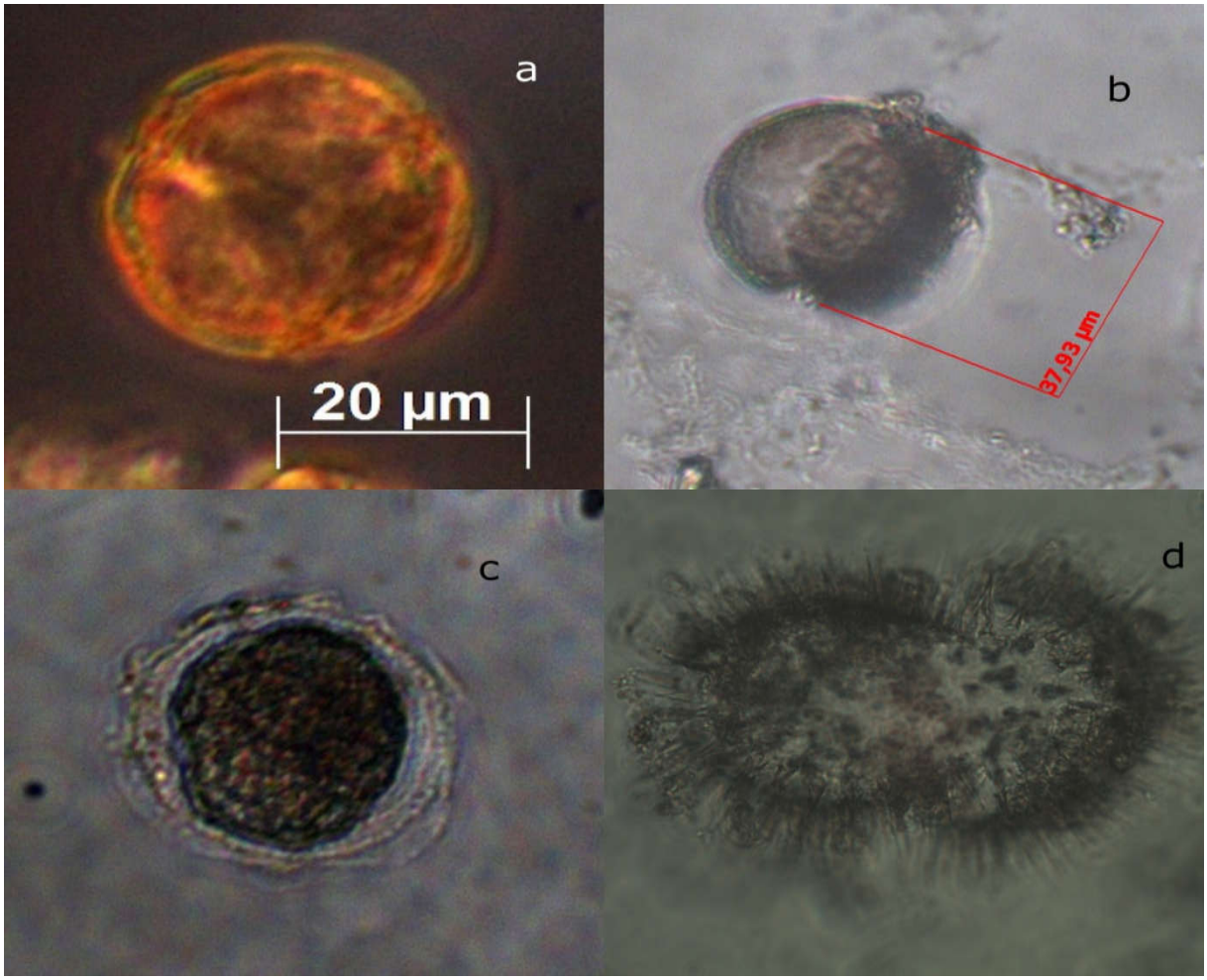
Slika 15. Sezonalna raspodjela abundancije cista neidentificirane vrste roda *Gymnodinium*.

Rod Gyrodinium

Vrsta *Gyrodinium impudicum* (slika 16), novoga naziva *Gymnodinium impudicum* otkrivena je 1995. godine (Guiry, 2017). Vrsta nije prisutna u hrvatskom dijelu Jadrana (Viličić *i sur.*, 2002) no Avancini *i sur.* (2006) navode da je vrsta rijetko zabilježena u talijanskim teritorijalnim vodama. Vrsta je zabilježena u Crnome Moru, Mediteranu, Australiji i Novom Zelandu (Guiry, 2017). Ciste ove vrste zabilježene su u veljači, travnju i svibnju te studenom 2015. godine (prilog 1) u niskim abundancijama. Istovremeno u vodenom stupcu nije pronađena vrsta *Gyrodinium impudicum* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).

Rod Pheopolykrikos

Vrsta *Pheopolykrikos hartmanii* (slika 16), novoga naziva *Polykrikos hartmannii* otkrivena je 1930. godine (Guiry, 2017). Vrsta nije zabilježena u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002, Avancini *i sur.*, 2006), a rasprostranjena je u SAD-u, Indiji, Koreji, Nizozemskoj, Crnom Moru i Mediteranu (Guiry, 2017). Cista je rezistentna na dušičnu, klorovodičnu i fluorovodičnu kiselinu (Head, 1996). Vrsta nije zabilježena u veljači 2015. godine, dok je u ostalim sezonama prisutna u niskim abundancijama (prilog 1). Istovremeno u vodenom stupcu nije pronađena vrsta *Pheopolykrikos hartmanii* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).



Slika 16. Ciste reda Gymnodiniales iz Riječke luke. (a) *Gymnodinium* sp., (b) *Gymnodinium* sp., (c) *Gyrodinium impudicum,* (d) *Pheopolykrikos hartmanii.*

3.5 Red Peridiniales

Rod Scrippsiella

Vrsta *Scrippsiella trochoidea* (slika 18), novoga naziva *Scrippsiella acuminata,* otkrivena je 1836. godine (Guiry, 2017), kozmopolit je i prisutna u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.*, 2006) te su zabilježeni proljetni i ljetni cvatovi vrste u talijanskom dijelu sjevernog i srednjeg Jadrana. Palinološki naziv vrste je *Rhabdothorax* sp. i rezistentna je na sumpornu kiselinu (Head, 1996). Stvaranje cista kod ove vrste uzrokuje alelopatska kompeticija s vrstama roda *Alexandrium* (Bravo *i sur.*, 2010). Pronađena je u kolovozu 2011. godine na postaji LRI03 (prilog 1). U istom periodu pronađene su i jedinke roda *Alexandrium.* Stoga se može pretpostaviti da je prisutstvo vrsta roda *Alexandrium* utjecalo na nastanak cista. Istovremeno su u vodenom stupcu pronađene neidentificirane vrste roda *Scrippsiella* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).

Neidentificirana vrsta roda *Scrippsiella* (slika 18) češće je prisutna u uzorcima. *Scrippsiella* sp. pronađena je u veljači 2015. godine na postajama RIref i RIbwS, u travnju i svibnju 2015. godine na postaji RIbwS te u srpnju 2015. godine na postajama RIref i RIchm (prilog 1).

Rod Protoperidinium

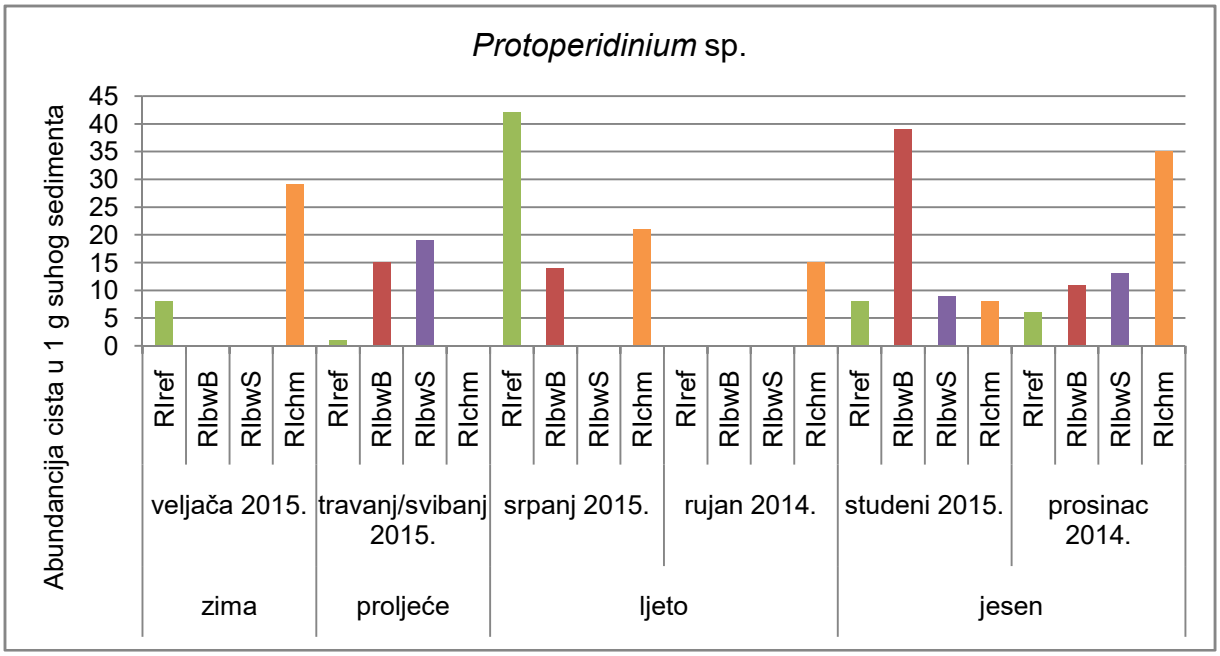
Vrsta *Protoperidinium claudicans* (slika 18) otkrivena je 1907. godine, nije prisutna u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.*, 2006) iako je široko rasprostranjena (Guiry, 2017). Palinološki naziv vrste je *Votadinium spinosum* (Head, 1996). Vrsta je zabilježena u kolovozu 2011. godine na postaji LRI03 te u travnju i svibnju 2015. godine na postaji RIref (prilog 1). Istovremeno su u vodenom stupcu pronađene neidentificirane vrste roda *Protoperidinium* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).

Vrsta *Protoperidinium conicum* (slika 18)otkrivena je 1900. godine, kozmopolitski je rasprostranjena (Guiry, 2017) i prisutna u hrvatskom dijelu Jadrana (Viličić *i sur.*, 2002) no nije zabilježena u talijanskom dijelu Jadrana (Avancini *i sur.*, 2006). Palinološki nazivi vrste je *Selenopemphix quanta* (Head, 1996). Vrsta je zabilježena u rujnu 2014. godine na postaji RIchm (prilog 1). Vrsta koja liči na *P. conicum* zabilježena je u travnju i svibnju 2015. godine na postaji RIchm (prilog 1).

Vrsta *Protoperidinium compressum* (slika 18) otkrivena je 1927. godine, nije pronađena u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.*, 2006) te je rasprostranjena u Turskoj, Kini i Australiji (Guiry, 2017). Palinološki nazivi vrste su *Stelladinium reidii* i *Stelladinium stellatum* (Head, 1996). Vrsta je pronađena u prosincu 2014. godine na postaji RIbwS i u srpnju 2015. godine na postaji RIchm (prilog 1).

Vrsta *Protoperidinium minutum* (slika 18)*,* novoga naziva *Archaeperidinium minutum*, otkrivena je 1907. godine, široko je rasprostranjena (Guiry, 2017), ali nije pronađena u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.*, 2006). Vrsta je zabilježena u kolovozu 2011. godine na postaji LRI03 (prilog 1). Istovremeno je u vodenom stupcu pronađena vrsta *Protoperidinium minutum* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.*, 2016).

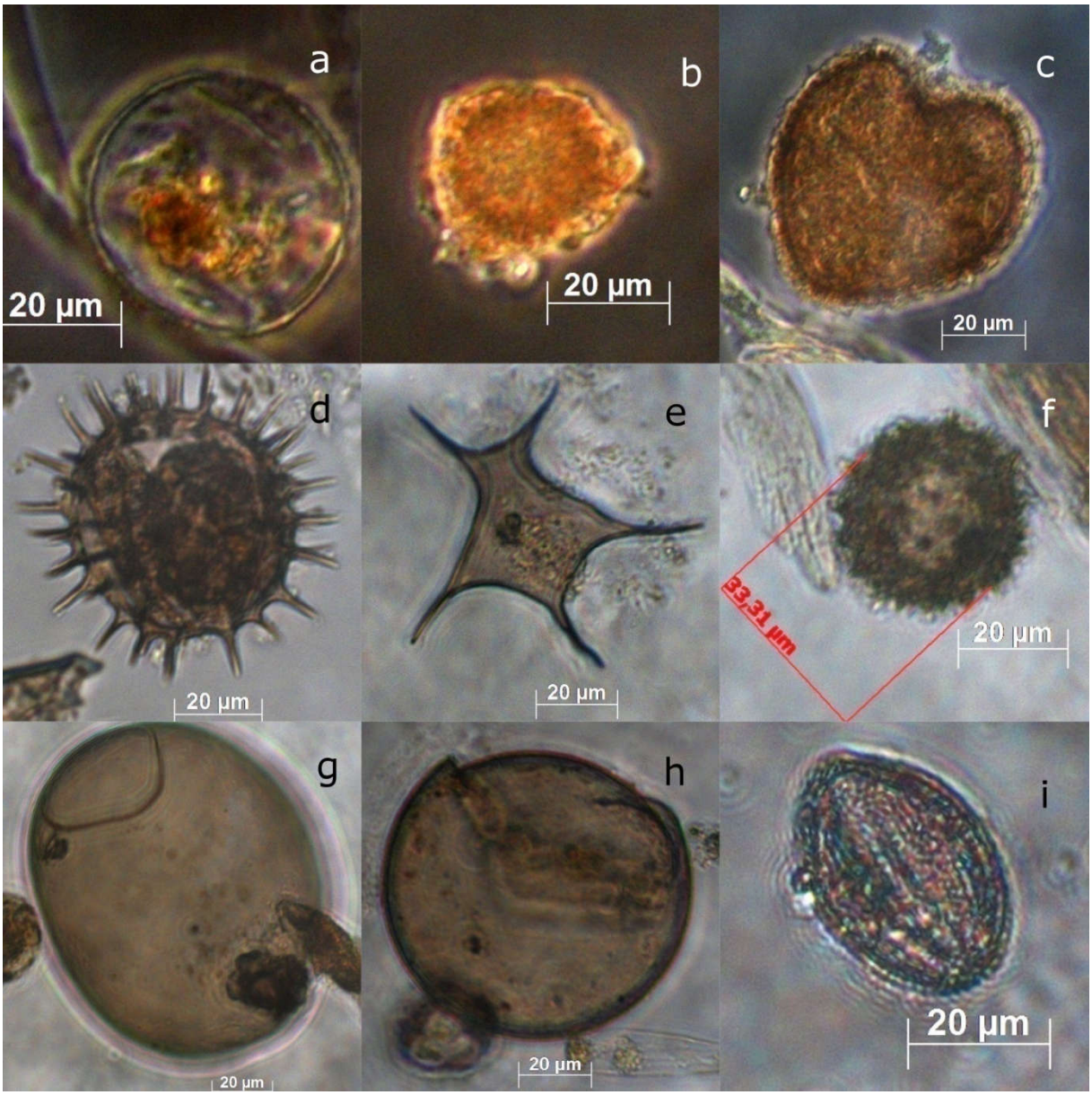
Neidentificirane vrste roda *Protoperidinium* (slika 18) značajno su zastupljenije od prije navedenih vrsta. Sezonalnost kod neidentificiranih vrsta ovoga roda vidljiva je na određenim postajama, no prisutne su i velike razlike između postaja u istoj sezoni (slika 17).



Slika 17. Sezonalna raspodjela abundancije cistaneidentificirane vrste roda *Protoperidinium*.

Rod Zygabikodinium

Vrsta *Zygabikodinium lenticulatum* (slika 18), novoga naziva *Preperidinium meunieri*, otkrivena je 1970. godine, široko je rasprostranjena (Guiry, 2017) te je u hrvatskom dijelu Jadrana zabilježena pod sinonimom *Protoperidinium paulseni* (Viličić *i sur.*, 2002). Kod Avancini *i sur.* (2006) nije određena do vrste, već je svrstana u grupu *Diplopsalis* pa nije moguće definirati da li je prisutna u talijanskom dijelu Jadrana. Palinološki naziv vrste je *Dubridinium carperatum* (Head, 1996). Vrsta je prisutna u prosincu 2014. godine na postaji RIbwB (prilog 1). Istovremeno u vodenom stupcu nije pronađena vrsta *Zygabikodinium lenticulatum* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).

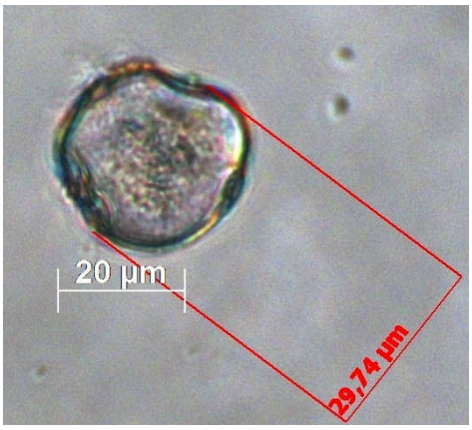


Slika 18. Ciste reda Peridiniales iz Riječke luke. (a) *Scrippsiella trochoidea,* (b) *Scrippsiella* sp., (c) *Protoperidinium claudicans,* (d) *Protoperidnium conicum,* (e) *Protoperidinium compressum,* (f) *Protoperidinium minutum,* (g) *Protoperidinium* sp., (h) *Protoperidinium* sp., (i) *Zygabikodinium lenticulatum.*

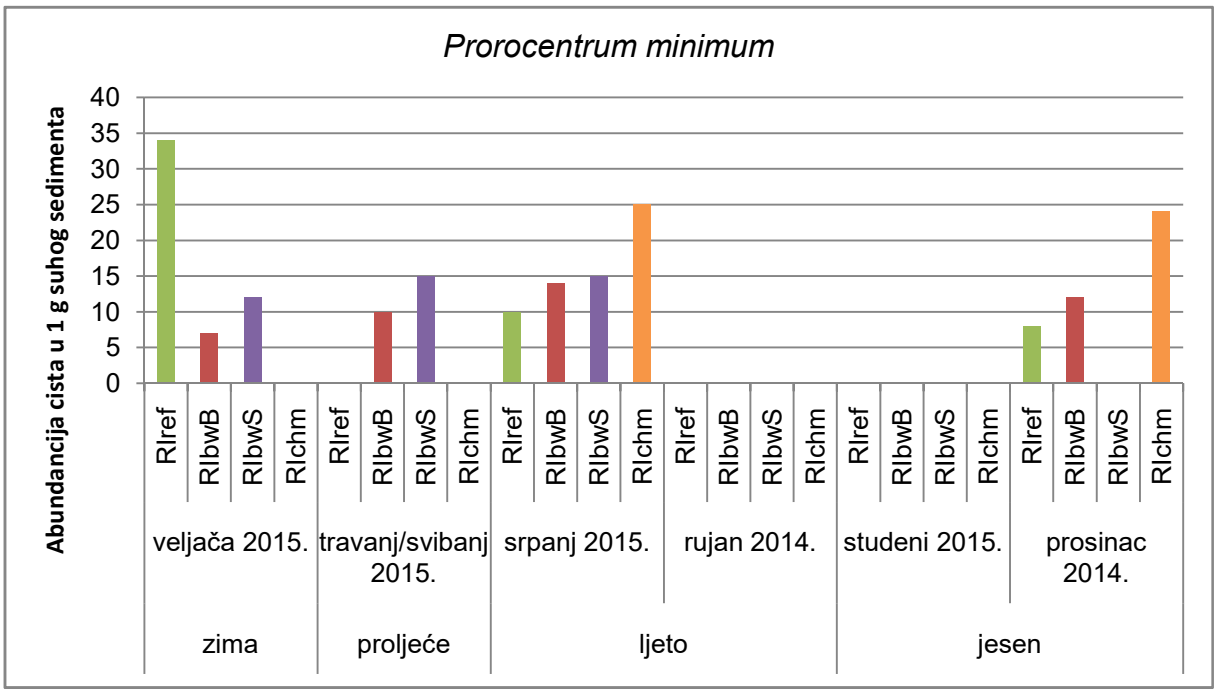
3.6 Red Prorocentrales

Rod Prorocentrum

Toksična vrsta *Prorocentrum minimum* (slika 19), čiji je novi naziv *Prorocentrum cordatum*, otkrivena je 1902. godine, kozmopolitski je rasprostranjena (Guiry, 2017) i prisutna u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.*, 2006). Stvaranje cista kod ove vrste primijećeno je pri promjenama temperature (Bravo *i sur.*, 2010). Vrsta pokazuje sezonalnost, te je najveća abundancija na postaji RIref u veljači 2015. godine (slika 20). Istovremeno je u vodenom stupcu pronađena vrsta *Prorocentrum minimum* u vegetativnom obliku (Kraus *i sur.,* 2016).



Slika 19. Cista vrste *Prorocentrum minimum* iz Riječke luke.



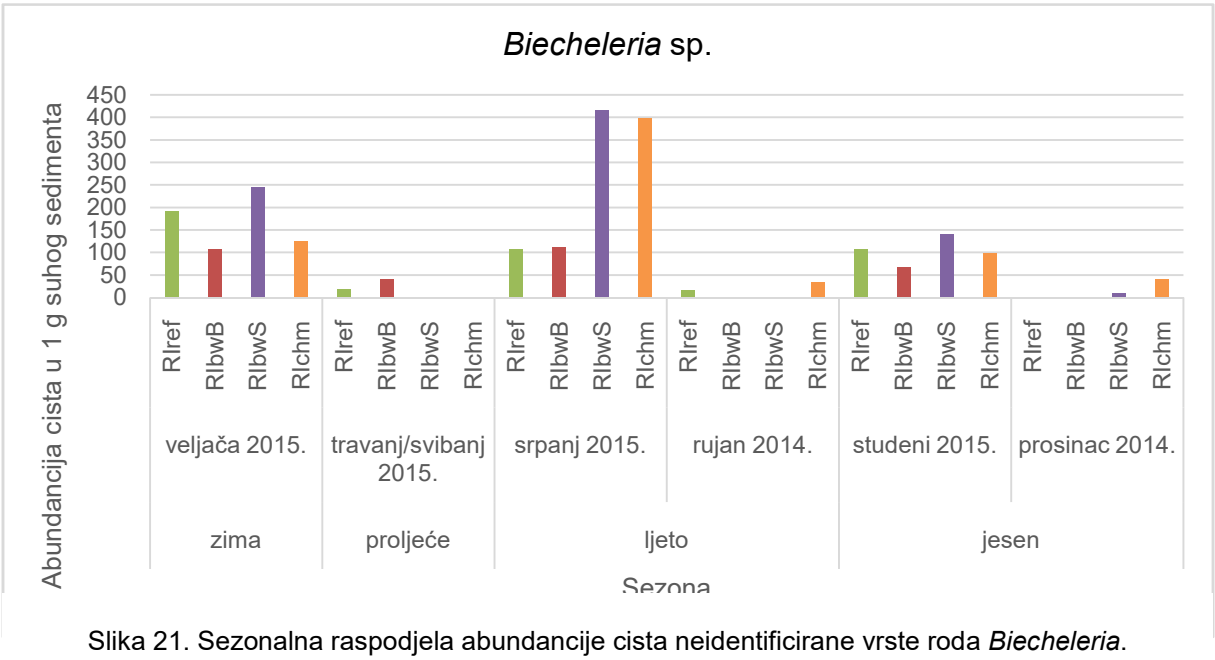
Slika 20. Sezonalna raspodjela abundancije cista vrste *Prorocentrum minimum.*

3.7 Red Suessiales

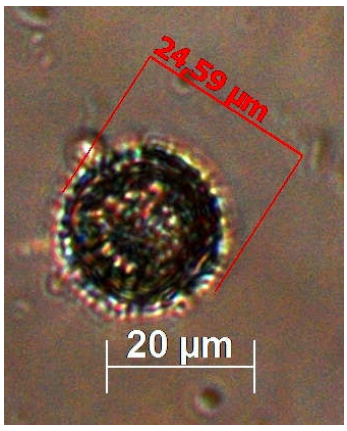
Rod Biecheleria

Unutar ovoga roda pronađene jedinke identificirane su samo do razine roda. *Biecheleria* sp. (slika 22) abundancijom dominira u 53% uzoraka. Ovaj rod opisan je 2009. godine, te su u njega svrstane vrste koje su do tada pripadale u rodove *Gymnodinium* i *Woloszynskia* (Guiry, 2017). Budući da rod *Biecheleria* nije zabilježen u Jadranu (Viličić *i sur.*, 2002; Avancini *i sur.*, 2006), moguće je da je prilikom determinacije vrsta fitoplanktona bilježena pod rod *Gymnodinium* uzimajući u obzir da su reference za sastav planktona u hrvatskom i talijanskom dijelu Jadrana objavljene prije prebacivanja vrsta roda *Gymnodinium* i *Woloszynskia* u rod *Biecheleria*. Druga mogućnost je da je vrsta donesena balastnim vodama te je proliferirala, ili je drugim vektorima prijenosa donesena u hrvatski dio Jadrana. U svakom slučaju, nije moguće

konkretno definirati čimbenike koji bi mogli utjecati na stvaranje cista kod navedene vrste. Nadalje, Sundström *i sur.* (2010) navode *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks, budući da je ciste navedenih vrsta veoma teško raspoznati. U tom pogledu, moguće je da je abundancija vrsta unutar roda *Biecheleria* precijenjena, te da je abundancija vrsta roda *Scrippsiella* podcijenjena, te da pik u abundanciji vrste *Gymnodinium* sp. u srpnju 2015. godine (slika 15) pripada vrsti roda *Biecheleria*, koja ima slične vrijednosti abundancije u srpnju 2015. godine (slika 21).



Slika 21. Sezonalna raspodjela abundancije cista neidentificirane vrste roda *Biecheleria*.

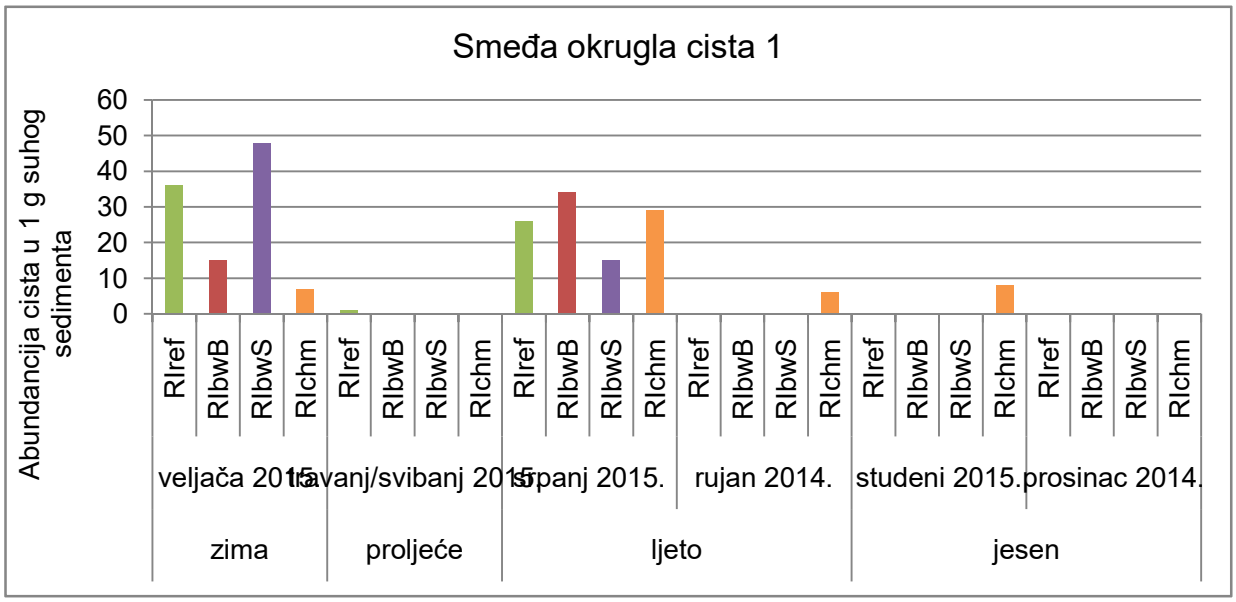


Slika 22. Cista neidentificirane vrste roda *Biecheleria* iz Riječke luke.

3.8 Neidentificirane ciste

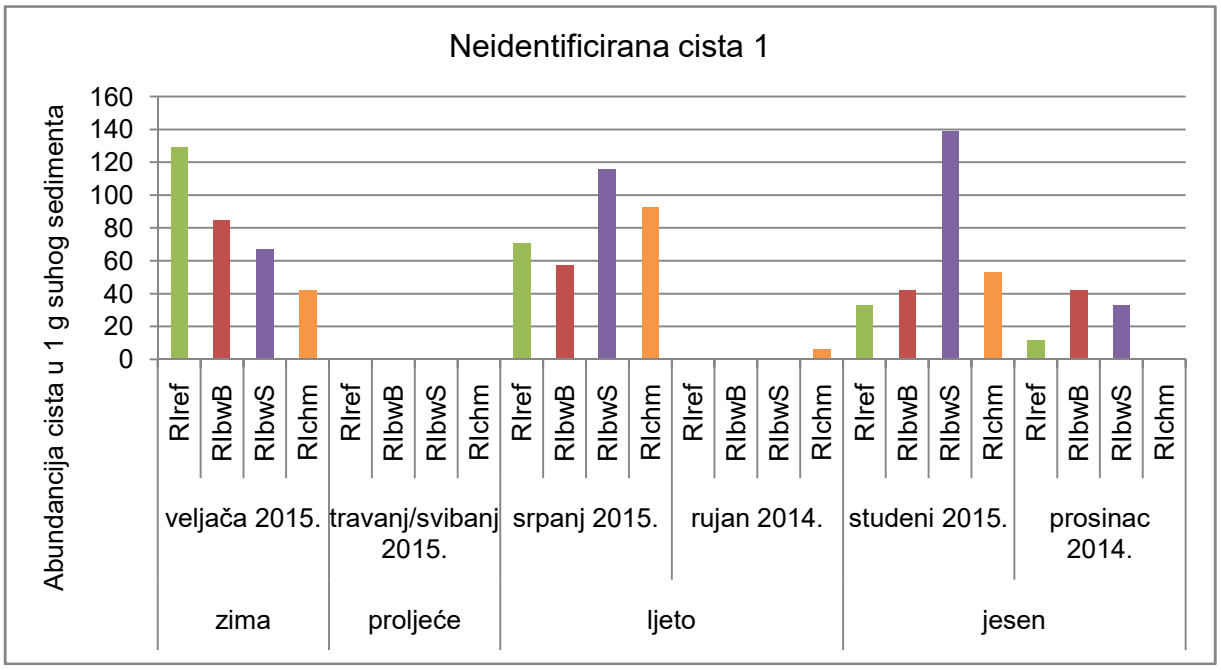
U uzorcima je pronađeno 5 neidentificiranih cista koje su nazvane smeđa okrugla cista 1, smeđa okrugla cista 2, neidentificirana cista 1, neidentificirana cista 2 i neidentificirana cista 3.

Smeđa okrugla cista 1 (slika 26) pokazuje sezonalnost, odnosno veću abundanciju u izrazito toplim i izrazito hladnim mjesecima, dok joj je abundancija niža u ostalim mjesecima (slika 23). U nekim uzorcima vrsta nije bila zamijećena.



Slika 23. Sezonalna raspodjela abundancija cista neidentificirane vrste smeđa okrugla cista 1.

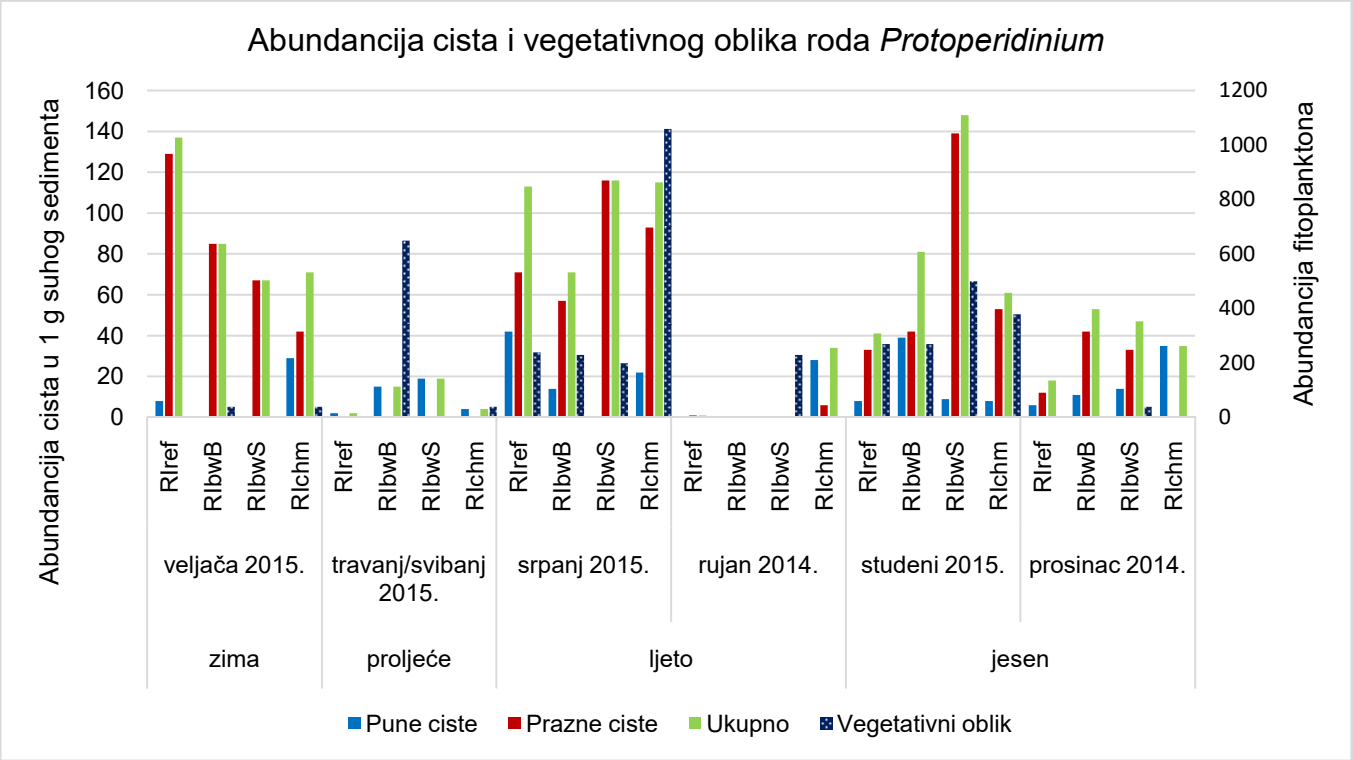
Abundancija neidentificirane ciste 1 (slika 26) ima naznake sezonalnosti. Abundancije kod ove vrste veće su nego kod smeđe okrugle ciste 1. Kod ove vrste, povećana abundancija zamijećena je u zimi, ranom ljetu i jeseni, dok nije uopće zabilježena u proljeće (slika 24).



Slika 24. Sezonalna raspodjela abundancija neidentificirane ciste 1.

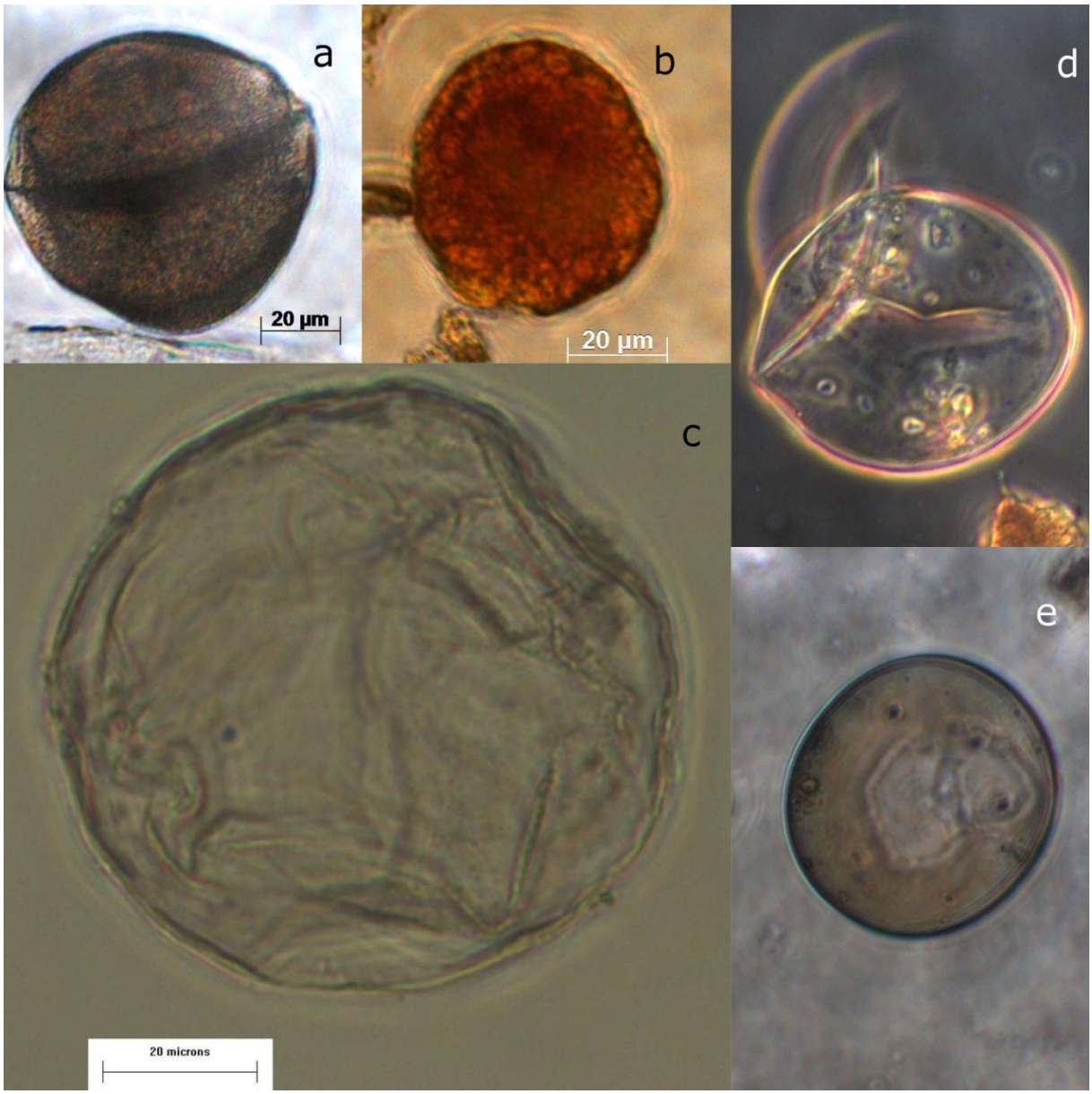
Za neidentificiranu cistu 1 pretpostavlja se da je prazna cista neidentificirane vrste roda *Protoperidinium*. Usporedbom punih cista roda *Protoperidinium*, cista za koje se pretpostavlja da su prazne ciste roda *Protoperidinium* i abundancije fitoplanktona (slika 25) jasno je vidljivo da su prazne ciste roda *Protoperidinium* znatno abundantnije nego pune ciste istoga roda u većini uzoraka. Iznimke su uzorci sakupljeni u travnju i svibnju 2015. godine, uzorak s postaje RIref sakupljen tijekom rujna 2015. godine i uzorak s postaje RIchm sakupljen u prosincu 2014. godine. Visoka abundancija praznih cista u srpnju i studenom 2015. godine popraćena je

visokom abundancijom vegetativnog oblika vrste u vodenom stupcu. Visoka abundancija praznih cista u veljači 2015. godine nije popraćena visokom abunancijom vegetativnog oblika u vodenom stupcu. Vrste roda *Protoperidinium* su heterotrofi te je prisutan kanibalizam (Persson, 2000). Stoga, moguće je da u veljači, kada je abundancija fitoplanktona u riječkoj luci bila niska (Kraus *i sur.*, 2016), dolazi do predacije vegetativnog oblika vrsta *Protoperidinium* na jedinke iste vrste, što bi objasnilo nisku abundanciju vegetativnog oblika u vodenom stupcu i visoku abundanciju praznih cista u sedimentu.



Slika 25. Odnos abundancije punih cista vrsta roda *Protoperidinium*, praznih cista vrsta roda *Protoperidinium* i vegetativnog oblika vrsta roda *Protoperidinium.*

Ostale neidentificirane vrste (slika 26) zabilježene su sporadično u znatno nižim abundancijama od gore navedenih neidentificiranih vrsta, što ukazuje na prijenos balastim vodama.



Slika 26. Neidentificirane ciste iz Riječke luke. (a) smeđa okrugla cista 1, (b) smeđa okrugla cista 2, (c) neidentificirana cista 1, (d) neidentificirana cista 2, (e) neidentificirana cista 3.

3.9 Odnos vegetativnih oblika i cista

Pojedine vrste dinoflagelata nađene su samo u obliku cista, dok nisu uočene u vegetativnom obliku u uzorcima iz vodenog stupca (*Lingulodinium polyedrum, Protoceratium reticulatum, Pyrophacus steinii* i *Zygabikodinium lenticulatum*). Takav slučaj opisan je u literaturi. Godhe *i sur.* (2001) su zabilježili slučaj gdje su u

sedimentu pronađene ciste koje u vegetativnom stanju nisu bile zabilježene u sastavu planktonske zajednice istraživanog područja. Godhe i McQuoid (2003) smatraju da postoje vrste dinoflagelata koji su izrazito efikasne u formiranju cista i samo kratak dio svog životnog ciklusa provode u vodenom stupcu. Istraživanje dinoflagelata u Riječkom zaljevu potvrđuje i ovo zapažanje. Uočene ciste svih vrsta roda *Alexandrium,* pojedinačne vrste roda *Protoperidinium, Prorocentrum minimum, Gonyaulax spiniferites, Protoceratium reticulatum* i *Pyrophacus steinii*, samo su malim abundancijama ili sporadično popraćene i vegetativnim oblikom u vodenom stupcu.

3.10 Bioraznolikost između postaja

Sørensenov indeks bioraznolikosti izračunat je između unutarnjih i vanjskih postaja i uspoređen s podacima o širenju *tracera* (slika 27) na istraživanom području (Kraus *i sur.*, 2016). Širenje *tracera* (modelne inaktivne čestice) daje informacije o cirkulaciji na određenom području, a predstavlja rezultat numeričkog modeliranja.

U veljači 2015. godine strujanje na dubini 25 m ujednačeno je prema istoku i zapadu. Najveće koncentracije *tracera* nalaze se u širem području Riječke luke i prate obalnu liniju. Izračunate vrijednosti Sørensenovog indeksa bioraznolikosti (tablica 3) podudaraju se sa zabilježenim strujanjima, što je moguće interpretirati kao širenje cista iz unutarnjih postaja prema vanjskim postajama.

U travnju i svibnju 2015. godine najveća koncentracija *tracera* nalazi se u užem području Riječke luke, opada prema postaji RIchm te se neznatno više širi prema istarskoj obali. Sørensenov indeks bioraznolikosti najveći je između postaja RIbwB i RIref, što se ne podudara u potpunosti ša širenjem *tracera.* Niske vrijednosti Sørensenovog indeksa bioraznolikosti u odnosu na širenje *tracera* ukazuju na smanjeno širenje cista iz unutarnjih ka vanjskim postajama tijekom travnja i svibnja.

U srpnju 2015. godine *tracer* se širi prema zapadu. Više koncentracije *tracera* su prisutne uz obalnu liniju. Sørensenovi indeksi se ne podudaraju u potpunosti sa širenjem *tracera*. Visoka vrijednost indeksa između postaja RIbwB i RIref ne slaže se

sa širenjem tracera. Moguće objašnjenje je stvaranje cista iz vegetativnih oblika prisutnih u vodenom stupcu.

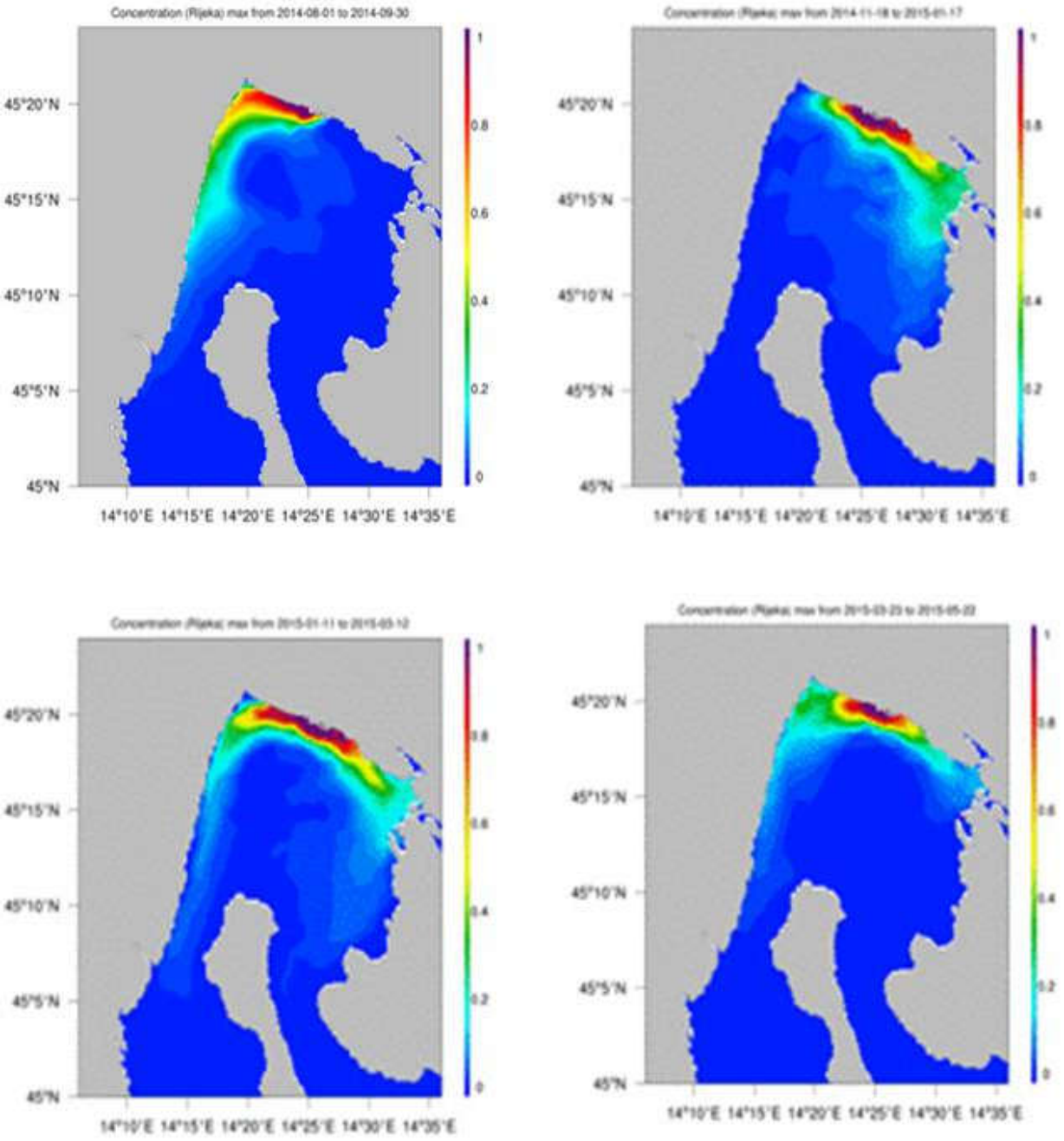
U studenom 2015. godine *tracer* se širio neznatno više prema istoku. Sørensenov indeks bioraznolikosti najveći je između postaja RIchm i RIbwB te RIbwS i RIref. Vrijednosti indeksa visoke su, u odnosu na vrijednosti iz travnja i svibnja, što može ukazivati na širenje cista iz unutarnjih postaja ka vanjskim postajama.

U prosincu 2014. godine *tracer* se širio neznatno više prema istoku. Najviše vrijednosti indeksa zabilježene su između postaja RIchm i RIbwS te RIbwS i RIref. Vrijednosti indeksa su niže nego u studenome, što može implicirati smanjeno širenje cista iz unutarnjih postaja ka vanjskim postajama.

Povezanost sastava cista na pojedinim postajama i modeliranja širenja čestice na 25 m dubine ukazuje na mogućnost širenja s jedne na drugu postaju. Međutim, postojanje mogućnosti za neovisan nastanak cista na tim postajama onemogućuje donošenje konkretnih zaključaka.

Tablica 3. Sørensenovi indeksi bioraznolikosti između vanjskih (RIchm i RIref) i unutarnjih (RIbwB i RIbwS) postaja.

Postaje	**prosinac 2014.**	**veljača 2015.**	**travanj/svibanj 2015.**	**srpanj 2015.**	**studeni 2015.**
RIbwB i RIref	0,62	0,74	0,63	0,82	0,73
RIbwB i RIchm	0,50	0,67	0,46	0,88	0,80
RIbwS i RIref	0,71	0,74	0,42	0,75	0,89
RIbwS i RIchm	0,75	0,67	0,38	0,67	0,62



Slika 27. Širenje *tracera* u Riječkom zaljevu. Ljeto- gore lijevo (uspoređeno sa srpnjem), jesen- gore desno (uspoređeno sa studenim i prosincem), zima- dolje lijevo (uspoređeno s veljačom), proljeće- dolje desno (uspoređeno s travnjem i svibnjom) (preuzeto iz Kraus *i sur.*, 2016b).

4. Zaključak

Na osnovu rezultata ovog rada može se zaključiti slijedeće:

1. Utvrđena je sezonalnost kod ukupne abundancije cista te kod abundancija pojedinih vrsta. Raspodjelu abundancija cista nije moguće objasniti preko samo jednog čimbenika (npr. temperatura, predacija, nedostatak nutrijenata).

2. Neke od vrsta cista zabilježene u fitoplanktonu Jadranskog mora bi mogle ukazivati na stvaranje cista tijekom nepovoljnih uvjeta po stanicu (*Lingulodinium polyedrum* i vrste roda *Protoperidinium*). Stvaranje cista kao sastavnog dijela životnog ciklusa dinoflagelata je manje vjerojatno zbog veoma niske abundancije cista koje su zastupljene s puno većom abundancijom u vegetativnom obliku u planktonskoj zajednici na istraživanom području.

3. Vrste dinoflagelata koje su zabilježene u fitoplanktonu Jadranskog mora, osim vrsta roda *Protoperidinium* i vrste *Lingulodinium polyedrum* su *Alexandrium minutum, Alexandrium* sp., *Alexandrium tamarense, Gonyaulax spiniferites, Gonyaulax* sp., *Pyrophacus steinii, Protoceratium reticulatum, Gymnodinium* sp., *Scrippsiella trochoidea, Scrippsiella* sp., *Protoperidinium conicum, Zygabikodinium lenticulatum* i *Prorocentrum minimum.*

4. Prisutne vrste cista koje u istraživanom razdoblju nisu prisutne u vegetativnom obliku fitoplanktona, odnosno nisu zabilježene u hrvatskom dijelu Jadrana ili u Jadranu uopće, ukazuju na mogući prijenos balastnim vodama. To su vrste *Alexandrium affine, Alexandrium catenella, Pyrodinium bahamense, Gymnodinium catenatum, Gyrodinium impudicum, Protoperidinium claudicans, Protoperidinium minutum* i *Gonyaulax scrippsae.*

5. Prisutnost cista dinoflagelatnih vrsta u niskim abundancijama i u sporadičnoj prisutnosti ukazuje na mogući prijenos balastnim vodama.

5. Popis literature

"Riječki Zaljev." Hrvatska Enciklopedija. Preuzeto 4. listopada 2016 iz http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=52868

Alves-de-Souza, C., Varela, D., Fernández, P. A., i Leal, P. (2008). Distribution, abundance and diversity of modern dinoflagellate cyst assemblages from southern Chile (43-54°S). *Botanica marina, 51*, 399-410.

Anderson, D. M., i Lindquist, N. L. (1985). Time-course Measurements of Phosphorus Depletion and Cyst Formation in the Dinoflagellate *Gonyaulaxtamarensis* Lebour. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 86*, 1-13.

Anderson, D., Lively, J., Reardon, E., i Price, C. (1985). Sinking characteristics of dinoflagellate cysts. *Limnol. Oceanogr., 30*, 1000-1009.

Avancini, M., Cicero, A. M., DiGirolamo, I., Innamorati, M., Magaletti, E., i Settorio Zunini, T. (2006). Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani. *I - Fitoplancton* , 503. Roma: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - ICRAM.

Balech, E. (1995). The Genus *Alexandrium* Halim *(*Dinoflagellata*).* Cork: Sherkin Island Marine Station.

Blanco, J. (1990). Cyst ermination of two dinoflagellate species from Galicia (NW Spain). *Scientia Marina, 54* (3), 287-291.

Blanco, J. (1986). Separacion de quistes de dinoflagelados en gradiente de densidad. *Bol. Ins. Esp. Oceanogr., 3* (3), 81-84.

Bravo, I., Figueroa, R., Garcés, E., Fraga, S., i Massanet, A. (2010). The intricacies of dinoflagellate pellicle cysts: The example of *Alexandriumminutum* cysts from a bloom-recurrent area (Bay of Baiona, NW Spain). *Deep-Sra Research II, 57*, 166-174.

Bringué, M., Pospelova, V., Calvert, S. E., Enkin, R. J., Lacourse, T., I Ivanochko, T. (2016). High resolution dinoflagellate cyst record of environmental change in Effingham Inlet (British Columbia, Canada) over the last millenium. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaecology, 441* (4), 787-810.

Dale, B. (1983). Dinoflagellate resting cysts: "benthic plankton". U G. Fryxell, *Survival Strategies of the Algae* (str. 69-136). Cambridge: Cambridge University Press.

de Vernal, A., i Marret, F. (2007). Organic-walled dinoflagellate cysts: tracers of sea-surface conditions (1 izd., Svez. 1). Amsterdam: Elsevier.

DHMZ. *Meteorološki i hidrološki bilten.* Preuzeto 5 7, 2017, iz Državni hidrometeorološki zavod: http://klima.hr/razno.php?id=publikacije&param=bilteni

Evitt, W. R., i Davidson, S. E. (1964). Dinoflagellate studies. 1. Dinoflagellate cysts and thecae. *Stanford University Publications, Geological Sciences, 10*, 1-12.

Godhe, A., i McQuoid, M. R. (2003). Influence of benthic and pelagic environmental factors on the distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments along the Swedish west coast. *Aquatic Microbial Ecology, 32*, 185-201.

Godhe, A., i Norén, F. (2001). Relationship between planktonic dinoflagellate abundance, cysts recovered in sediment traps and environmental factors in the Gullmar Fjord, Sweden. *Journal of Plankton Research, 23* (9), 923-938.

Gómez, F. (2005). A list of free-living dinoflagellate species in the world's oceans. *Acta Botanica Croatica, 64* (1), 129-212.

Gómez, F. (2003). The toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*: an invader in the Mediterranean sea. *Acta Botanica Croatica, 62* (2), 65-72.

Guiry, M. (2017). *World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway*. Preuzeto 16. January 2017 iz AlgaeBase: http://www.algaebase.org

Head, M. (1996). Modern Dinoflagellate Cysts and Their Biological Affinities. U J. M. Jansonius, *Palynology: principles and applications* (Svez. 3, str. 1997-1248). American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.

Juhl, A., i Latz, M. (2002). Mechanisms of fluid shear-induces inhibition of population growth in a red-tide dinoflagellate. *J. Phycol., 38*, 683-694.

Kofoid, C. A. (1911). *4.- Dinoflagellata of the San Diego region, IV. The genus Gonyaulax, with notes on its skeletal morphology and a discussion of its generic and specific characteristics* (Vol. 8). California: Berkley University Press.

Kokinos, J. P., i Anderson, D. M. (1995). Morphological development of resting cysts in culures of the marine dinoflagellate *Lingulodinium polyedrum* (=*L. machaerophorum*). *Palynology, 19*, 143-166.

Kraus *i sur.* (2016). PBS Report for Port of Rijeka. (Final Report). BALMAS project. Work package 5. Activity 5.1, Rovinj, Croatia. 116 pp.

Kraus *i sur*. (2016b) PBS Report for PHYSICAL ANALYSES (optional parameter). BALMAS project. Work package 5. Activity 5.1, Rovinj, Croatia. 63 pp.

Lee, R. E. (2008). *Phycology* (4 izd.). New York: Cambridge University Press.

Lukšić, I. (1975). Bura u Senju. *Senjski zbornik, 6* (1), 467-494.

Matsuoka, K., i Fukuyo, Y. (2000). Technical Guide for Modern Dinoflagellate Cyst Study. *WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC* .

NOAA. Preuzeto 25. siječanj 2017 iz http://www.habitat.noaa.gov/pdf/best_management_practices/fact_sheets/Ballast%20Water%20Factsheet.pdf

Persson, A. (2000) Possible predation of cysts-a gap in the knowledge of dinoflagellate ecology?. *Journal of Plankton Research, 22* (4), 803-809.

Pitcher, G. C., i Joyce, L. B. (2009). Dinoflagellate cyst production on the southern Namaqua shelf of the Benguela upwelling system. *Journal of Plankton Research, 31* (8), 865-875.

Plumley, F. G. (1997). Marine algal toxins: Biochemistry, genetics, and molecular biology. *Limnology and Oceanography, 42* (5), 1252-1264.

Poje, D. (1995). O nazivlju vjetrova na Jadranu. *Hrvatski meteorološki časopis, 30* (30), 55-62.

Raymont, J. E. (1980). *Plankton and productivity in the oceans* (2 izd., Svez. 1). Oxford: Pergamon Press Ltd.

Rochon, A., de Vernal, A., Turon, J. L., Matthiessen, J., i Head, M. J. (1999). Distribution of recent dinoflagellate cysts in surface sediments from the North Atlantic Ocean and adjacent seas in relation to sea-surface parameters. *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, AASP Contribution Series* (35), 152 pp.

Rochon, A., Lewis, J., Ellegaard, M., i Harding, I. (2009). The *Gonyaulax spinifera* (Dinophyceae) “complex”: Perpetuating the paradox? *Review of Palaeobotany and Palynology, 155*, 52-60.

Sundström, A., Kremp, A., Tammilehto, A., Tuimala, J., i Larsson, U. (2010). Detection of the bloom-forming cold-water dinoflagellate *Biecheleria baltica* in the Baltic Sea using LSU rRNA probes. *Aquatic Microbial Ecology, 61*, 129-140.

Studija o utjecaju na okoliš za projekt Družba Adria. More (Jadranski Naftovod, Zagreb, 2005).

Tamelander J., Riddering L.., Haag F., Matheickal J. (2010) Guidelines for development of national ballast water management strategies. GloBallast Monographs No. 18, London

Utermöhl, H. (1958). Zur vervollkommung der quantitativen phytolankton-methodik. *Mitt. d. Internat. Vereinig. f. Limnologie, 9*, 1-37.

Van Dolah, F. M. (2000). Marine Algal Toxins: Origins, Health Effects, and Their Increased Occurence. *Environmental Health Perspectives, 108* (Suppl 1), 133.

Viličić, D. (2002). *Fitoplankton Jadranskoga Mora: biologija i taksonomija.* Zagreb: Školska knjiga.

Viličić, D., Marasović, I., i Mioković, D. (2002). Checklist of phytoplankton in the eastern Adriatic Sea. *Acta Bot. Croat., 61* (1), 57-91.

Wang, Z. H., Qi, Y. Z., i Yang, Y. F. (2007). Cyst formation: an important mechanism for the termination of *Scrippsiella trochoidea* (Dinophyceae) bloom. *Journal of Plankton research, 29* (2), 209-218.

Warrington, P. (6. studeni 2001). Preuzeto 14. listopad 2014 iz http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/reference/toxicalgae.html#type2

6. Prilog 1

U tablici su prikazane abundancije cista u svim uzorcima. Postaje označene zvjezdicom u datom terminu nisu uzorkovane.

Vrsta	svibanj 2011.					kolovoz 2011.				
	LRI03	RIref*	RIbwB	RIbwS*	RIchm*	LRI03	RIref*	RIbwB	RIbwS*	RIchm*
Alexandrium affine										
Alexandrium minutum/tamutum	10									
***Alexandrium* sp.**						6		11		
Alexandrium tamarense										
Alexandrium tamarense/catenella										
Gonyaulax scrippsae										
Gonyaulax spiniferites								2		
***Gonyaulax* sp.**										
Lingulodinium polyedrum	16		53			35		36		
Pyrodinium* cfr. *bahamense						9				
cfr. *Pyrophacus steinii*										
Protoceratium reticulatum								4		
Gymnodinium catenatum										
***Gymnodinium* sp.**	53		71			28		33		

Vrsta	svibanj 2011.					kolovoz 2011.				
	LRI03	RIref*	RIbwB	RIbwS*	RIchm*	LRI03	RIref*	RIbwB	RIbwS*	RIchm*
Gyrodinium impudicum										
Pheopolykrikos hartmanii	1							9		
Scripsiella trochoidea						9				
***Scripsiella* sp.**										
Protoperidinium claudicans						9				
Protoperidinium conicum										
Protoperidinium* cfr. *conicum										
Protoperidinium compressum										
Protoperidinium minutum						19				
***Protoperidinium* sp.**	29		53			19		1		
Zygabikodinium lenticulatum						1				
Prorocentrum minimum			10							
***Biecheleria* sp.**	79		105			112		45		
Smeđa okrugla cista 1	45		42			9				
Smeđa okrugla cista 2						9				
Neidentificirana cista 1	59		52			1				
Neidentificirana cista 2						1				
Neidentificirana cista 3						9				
SUMA	292		386			276		141		

Vrsta	rujan 2014.					prosinac 2014.				
	LRI03*	RIref	RIbwB*	RIbwS*	RIchm	LRI03*	RIref	RIbwB	RIbwS	RIchm
Alexandrium affine							3			
Alexandrium minutum/tamutum							16		13	3
***Alexandrium* sp.**										
Alexandrium tamarense									6	
Alexandrium tamarense/catenella										
Gonyaulax scrippsae										
Gonyaulax spiniferites										
***Gonyaulax* sp.**										
Lingulodinium polyedrum			18		54		52	23	10	7
Pyrodinium* cfr. *bahamense										
cfr. *Pyrophacus steinii*										
Protoceratium reticulatum										
Gymnodinium catenatum										
***Gymnodinium* sp.**			2				1		3	10
Gyrodinium impudicum										
Pheopolykrikos hartmanii			7		8				13	5
Scripsiella trochoidea										
***Scripsiella* sp.**										

Vrsta	rujan 2014.					prosinac 2014.				
	LRI03*	RIref	RIbwB*	RIbwS*	RIchm	LRI03*	RIref	RIbwB	RIbwS	RIchm
Protoperidinium claudicans										
Protoperidinium conicum					13					
Protoperidinium* cfr. *conicum										
Protoperidinium compressum									1	
Protoperidinium minutum										
***Protoperidinium* sp.**					15		6	11	13	35
Zygabikodinium lenticulatum								11		
Prorocentrum minimum							8	12		24
***Biecheleria* sp.**			16		34		2		11	41
Smeđa okrugla cista 1					6					
Smeđa okrugla cista 2										
Neidentificirana cista 1			1		6		12	42	33	
Neidentificirana cista 2										
Neidentificirana cista 3			5							
SUMA			49		136		100	99	103	125

Vrsta	veljača 2015.					travanj/svibanj 2015.				
	LRI03*	RIref	RIbwB	RIbwS	RIchm	LRI03*	RIref	RIbwB	RIbwS	RIchm
Alexandrium affine									2	
Alexandrium minutum/tamutum							4	10	8	10
***Alexandrium* sp.**								8	5	

Vrsta	veljača 2015.					travanj/svibanj 2015.				
	LRI03*	RIref	RIbwB*	RIbwS*	RIchm	LRI03*	RIref	RIbwB	RIbwS	RIchm
Alexandrium tamarense										
Alexandrium tamarense/catenella				9					1	
Gonyaulax scrippsae					1				5	
Gonyaulax spiniferites										
***Gonyaulax* sp.**										
Lingulodinium polyedrum		198	20	23	69		50	13	26	8
Pyrodinium* cfr. *bahamense								5		
cfr. *Pyrophacus steinii*		17	7							
Protoceratium reticulatum										
Gymnodinium catenatum								3	2	
***Gymnodinium* sp.**		45	52	52	39		9	10	10	78
Gyrodinium impudicum			3	9	7					
Pheopolykrikos hartmanii									1	
Scripsiella trochoidea										
***Scripsiella* sp.**		9		9					5	
Protoperidinium claudicans							1			
Protoperidinium conicum										
Protoperidinium* cfr. *conicum										4

Vrsta	veljača 2015.					travanj/svibanj 2015.				
	LRI03*	RIref	RIbwB*	RIbwS*	RIchm	LRI03*	RIref	RIbwB	RIbwS	RIchm
Protoperidinium compressum										
Protoperidinium minutum										
***Protoperidinium* sp.**		8			29		1	15	19	
Zygabikodinium lenticulatum										
Prorocentrum minimum		34	7	12				10	15	
***Biecheleria* sp.**		191	108	245	126		20	41		
Smeđa okrugla cista 1		36	15	48	7		1			
Smeđa okrugla cista 2		9								
Neidentificirana cista 1		129	85	67	42					
Neidentificirana cista 2			1		12					
Neidentificirana cista 3										
SUMA		676	298	474	332		86	115	99	100

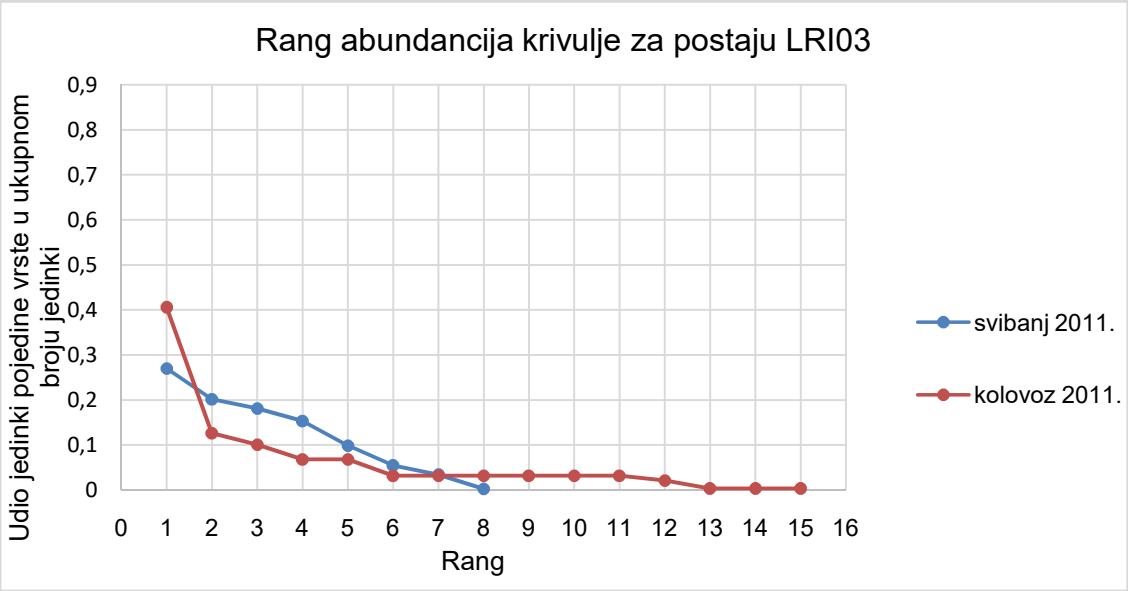
Vrsta	srpanj 2015.					studeni 2015.				
	LRI03*	RIref	RIbwB	RIbwS	RIchm	LRI03*	RIref	RIbwB	RIbwS	RIchm
Alexandrium affine										
Alexandrium minutum/tamutum										
***Alexandrium* sp.**										
Alexandrium tamarense										
Alexandrium tamarense/catenella										
Gonyaulax scrippsae										
Gonyaulax spiniferites										
***Gonyaulax* sp.**										1

Vrsta	srpanj 2015.					studeni 2015.				
	LRI03*	RIref	RIbwB*	RIbwS*	RIchm	LRI03*	RIref	RIbwB	RIbwS	RIchm
Lingulodinium polyedrum		123	34	33	72		69	8	40	116
Pyrodinium* cfr. *bahamense										
cfr. *Pyrophacus steinii*										
Protoceratium reticulatum										
Gymnodinium catenatum										
***Gymnodinium* sp.**		49	281		29			33		57
Gyrodinium impudicum		4		1				3		
Pheopolykrikos hartmanii		10							1	
Scripsiella trochoidea										
***Scripsiella* sp.**		8			14					
Protoperidinium claudicans										
Protoperidinium conicum										
Protoperidinium* cfr. *conicum										
Protoperidinium compressum					1					
Protoperidinium minutum										
***Protoperidinium* sp.**		42	14		21		8	39	9	8
Zygabikodinium lenticulatum										

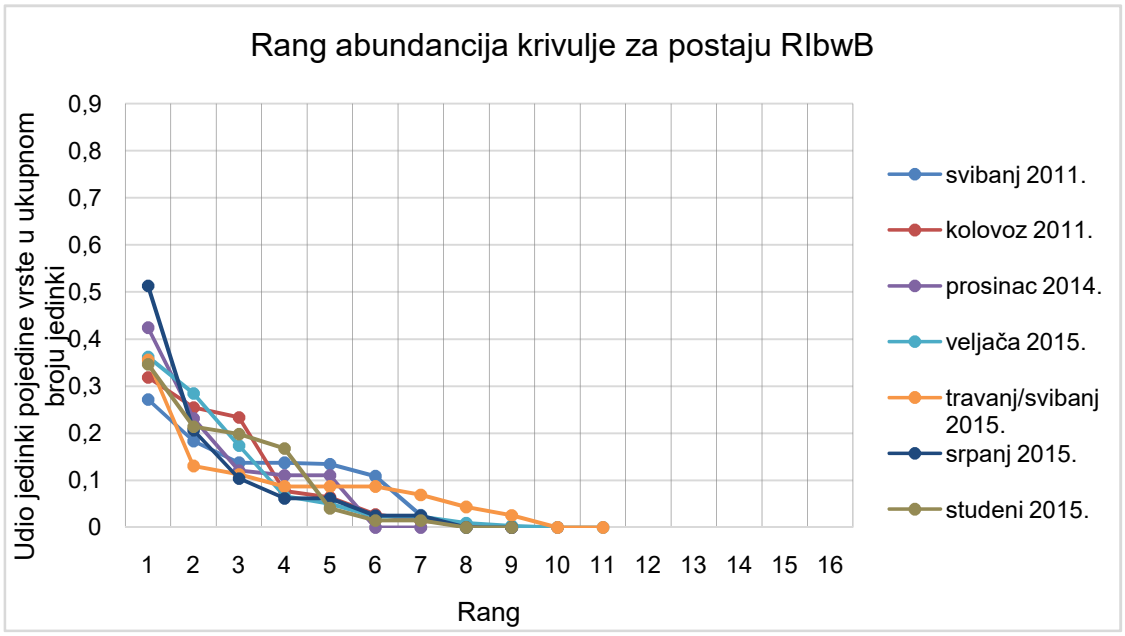
Vrsta	srpanj 2015.					studeni 2015.				
	LRI03*	RIref	RIbwB*	RIbwS*	RIchm	LRI03*	RIref	RIbwB	RIbwS	RIchm
Prorocentrum minimum		10	14	15	25					
***Biecheleria* sp.**		107	113	416	398		108	68	141	99
Smeđa okrugla cista 1		26	34	15	29					8
Smeđa okrugla cista 2										
Neidentificirana cista 1		71	57	116	93		33	42	139	53
Neidentificirana cista 2								3		8
Neidentificirana cista 3										
SUMA		450	547	596	682		218	196	330	350

7. Prilog 2

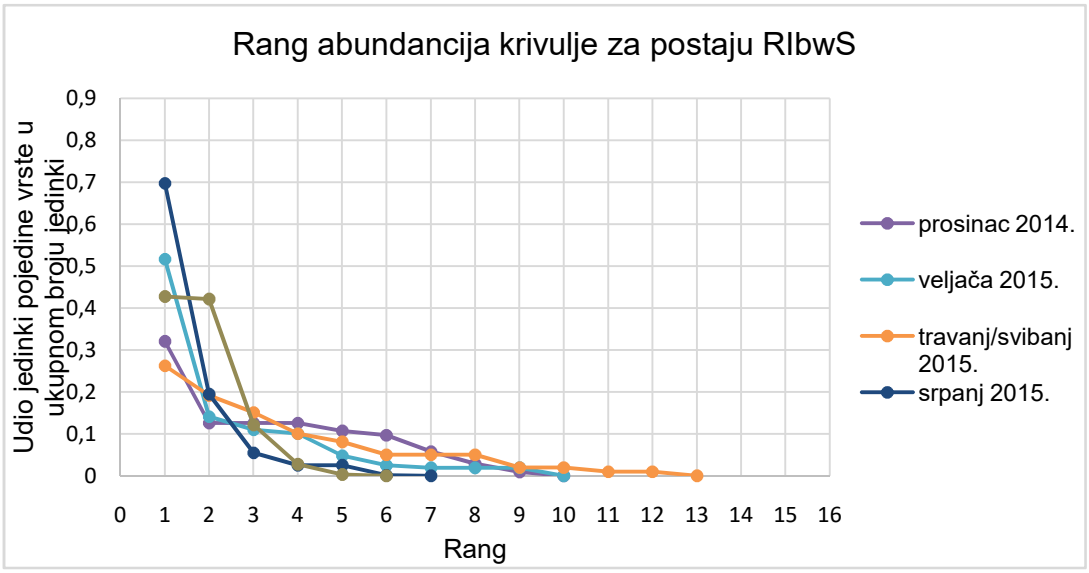
U slikama p1-p5 prikazane su rang abundancija krivulje za istraživane postaje.



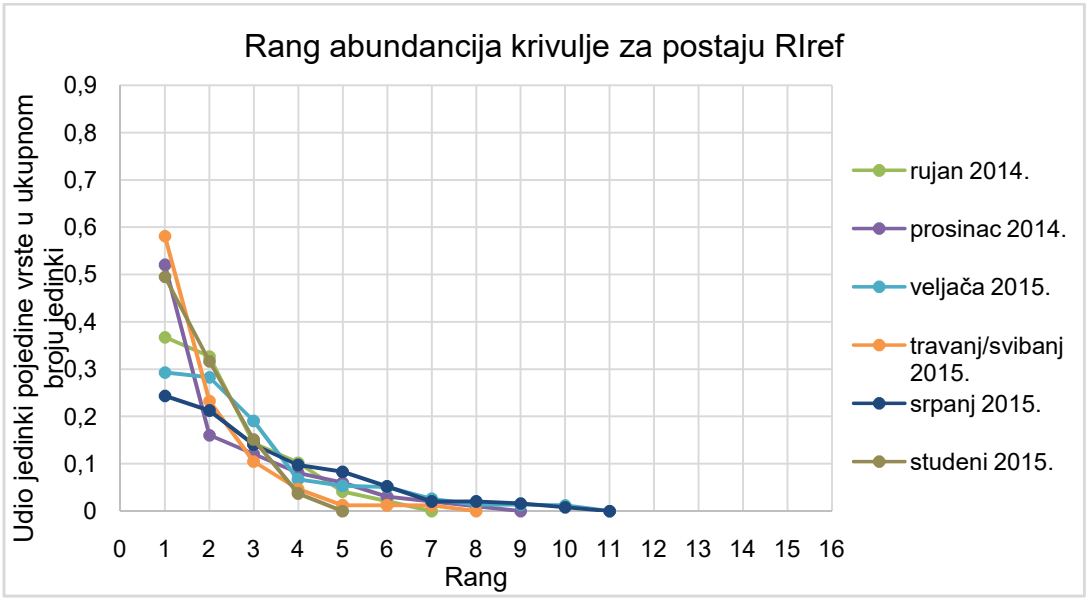
Slika p1. Rang abundancija krivulje za postaju LRI03.



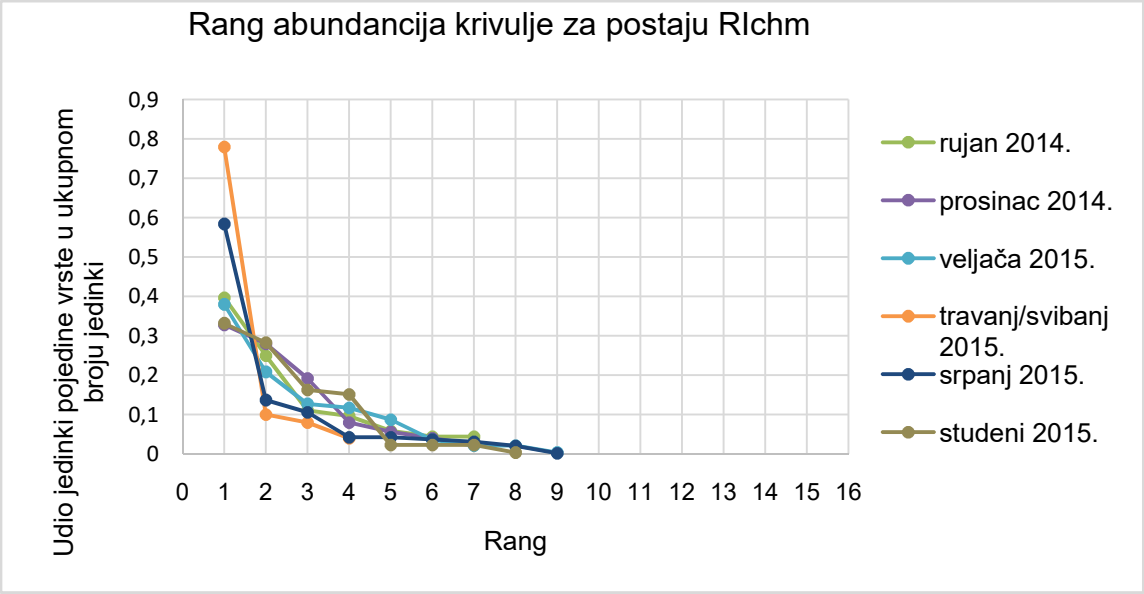
Slika p2. Rang abundancija krivulje za postaju RIbwB.



Slika p3. Rang abundancija krivulje za postaju RIbwS.



Slika p4. Rang abundancija krivulje za postaju RIref.



Slika p5. Rang abundancija krivulje za postaju RIchm.

8. Sažetak

Stvaranje cista kod dinoflagelata moguće je iz dva razloga: (1) kao sastavni dio životnog ciklusa i (2) kao mehanizam preživljavanja nepovoljnih uvjeta. Glavni vektor prijenosa cista dinoflagelata su balastne vode. U području Riječkog zaljeva izabrano je 5 postaja na kojima je provedeno uzorkovanje tijekom 2011., 2014. i 2015. godine. U uzorcima su identificirane 32 vrste cista koje su svrstane u 5 redova. Primjećena je sezonalna distribucija ukupne abundancije cista, kao i sezonalnost kod pojedinih vrsta. Za ciste s većom abundancijom pretpostavlja se da se formiraju iz vegetativnih oblika prisutnih u vodenom stupcu, bilo da su prisutne u fitoplanktonskoj zajednici područja (autohtone vrste) ili su donesene balastnim vodama te su proliferirale (alohtone vrste). Za ciste s manjom abundancijom koje su nađene sporadično vjeruje se da su donesene balastnim vodama. U svrhu boljeg razumijevanja sastava i dinamike populacija cista u Riječkom zaljevu potrebna su dodatna istraživanja, uključujući i ona vezana uz biotičke i abiotičke čimbenike u Riječkom zaljevu.

Ključne riječi:ciste dinoflagelata, Riječka luka, balastne vode, bura

9. Abstract

Encystment of dinoflagellate cysts is driven by two major factors: (1) species life cycle and (2) a resistant stage to overcome unfavourable conditions. The main vector for spreading of the cysts is by ships' ballast water. In the Rijeka Bay area five stations have been selected for sampling, which was carried out in 2011, 2014 and 2015. In total, 32 species of dinoflagellate cysts, sorted in five orders were identified. A seasonal pattern in the total abundance was observed along with the seasonal pattern of several species. The cysts with higher abundancies are believed to be formed from the vegetative stages, thus considered autochthonous, in the water column, or have been introduced by ballast water and subsequently spread, thus considered alochthonous. The cysts with lower abundancies and the ones that have been recorded desultorily are believed to be introduced by ballast water. In order to

further understand the composition and dynamics of cyst populations in Rijeka Bay additional research needs to be conducted in conjunction with experiments on cysts in regards to biotic and abiotic factors characterising the area.

Key words: dinoflagellate cysts, Rijeka harbour, ballast water, bora