

Sezonska raspodjela cista dinoflagelata na području Kvarnerskog i Riječkog zaljeva

Brajković, Alin

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:465046>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Alin Brajković

**Sezonska raspodjela cista dinoflagelata na području Kvarnerskog
i Riječkog zaljeva**

Diplomski rad

Zagreb, 2020

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za procese u ekosustavu mora u Centru za istraživanje mora Instituta Ruđer Bošković u Rovinju, pod vodstvom dr.sc. Romine Kraus. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistre ekologije i zaštite prirode.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

SEZONSKA RASPODJELA CISTA DINOFLAGELATA NA PODRUČJU
KVARNERSKOG I RIJEČKOG ZALJEVA

Alin Brajković

Rooseveltove trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Dinoflagelati su jednostanični eukariotski, većinom planktonski organizmi koji pripadaju carstvu protista. Široko su rasprostranjeni u svim vodenim okolišima, te pojedine vrste u određenim uvjetima mogu lučiti toksine koji utječu na cijeli vodeni okoliš i time posljedično na ekonomiju i zdravlje ljudi. U nepovoljnim uvjetima pojedine vrste stvaraju ciste, rezistentan stadij, koji im omogućava preživljavanje. U povoljnim uvjetima može doći do germinacije i razvoja nove populacije što može imati negativne posljedice za okoliš. Jedan od glavnih vektora prijenosa cista dinoflagelata su balastne vode. U ovom istraživanju obrađeni su uzorci sedimenta sakupljenih tijekom zime i ljeta 2015. godine na području Kvarnerskog i Riječkog zaljeva. Određeno je 27 morfotipova cista, a kao najučestaliji ljeti *Lingulodinium polyedrum* i *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks, a zimi *Protoperidinium* sp. i *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks. Na abundanciju cista najviše utječe temperatura i udaljenost od pristaništa brodova, te je utvrđeno da se ciste iz područja Riječke luke prenose strujanjima na područje Kvarnerskog i Riječkog zaljeva. Iako je utvrđena povećana abundancija cista na i u neposrednoj blizini pristaništa, ovim istraživanjem nije dokazao da su tome uzrok balastne vode ili pak formiranje cista iz vegetativnih oblika dinoflagelata.

(49 stranica, 24 slika, 12 tablica, 83 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: balastne vode, Riječka luka, fitoplankton, morske struje

Voditelj: dr. sc. Romina Kraus

Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Zrinka Ljubešić

Ocjenitelji:

1. izv. prof. dr. sc. Zrinka Ljubešić
2. izv. prof. dr. sc. Petar Kružić
3. prof. dr. sc. Domagoj Đikić

Rad je prihvaćen: 06.02.2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Division of Biology

Graduation thesis

SEASONAL DISTRIBUTION OF DINOFLAGELLATE CYSTS IN THE KVARNER AND RIJEKA BAY

Alin Brajković

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Dinoflagellates are unicellular eukaryotic, mainly planktonic organisms which belong to the protista kingdom. They are widespread in all aquatic environments and some species, when certain conditions are met, may excrete toxins which affect the whole ecosystem and subsequently human health and economy. In unfavourable conditions some species produce cysts, a resistant stage that allows survival. In favourable conditions germination is possible, and thus the formation of new populations which could have negative effects on the environment. The main spreading vector of dinoflagellate cysts are ballast waters. In this study sediment samples from the Kvarner and Rijeka bay collected in summer and winter of 2015. were analyzed. 27 morphotypes were identified with *Lingulodinium polyedrum* and *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* complex being the most abundant in summer and *Protoperidinium* sp. and *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* complex in winter. Temperature and the distance from port affect the cyst abundance the most. Spreading of the cysts from the port of Rijeka towards Kvarner and Rijeka bay has been observed. Higher cyst abundances were found on the pier and adjacent stations, alas, in this study it was not possible to conclude whether the higher abundances were due to higher production of cysts from the water column or ballast water discharge.

(49 pages, 24 figures, 12 tables, 83 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: ballast water, Port of Rijeka, phytoplankton, sea currents

Supervisor: dr. Romina Kraus

Co-supervisor: dr. Zrinka Ljubešić, assoc. prof.

Reviewers:

1. dr. Zrinka Ljubešić, assoc. prof.
2. dr. Petar Kružić, assoc. prof.
3. dr. Domagoj Đikić, full. prof.

Thesis accepted: 06.02.2020.

Veliko hvala SVIMA koji su na bilo koji način doprinijeli ovom radu.

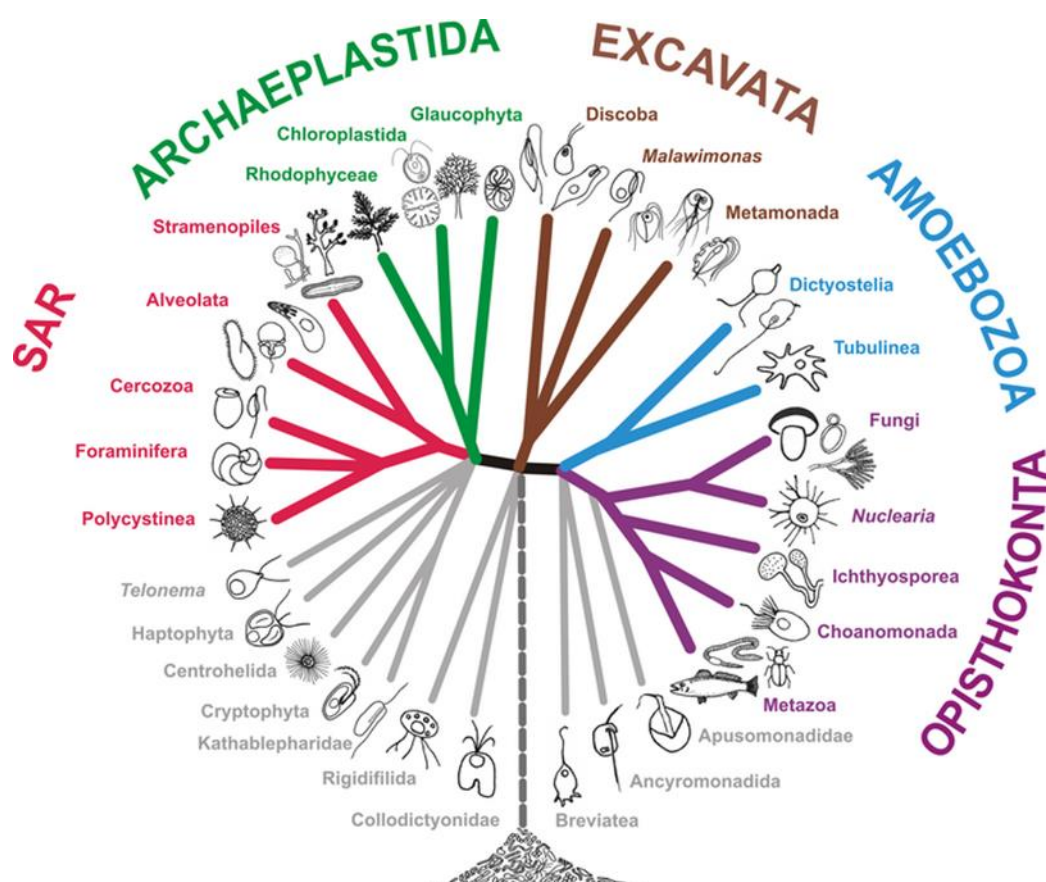
Sadržaj

1	UVOD	1
1.1	Fitoplankton	1
1.2	Dinoflagelati.....	3
1.2.1	Morfologija i građa stanice	4
1.2.2	Način ishrane	5
1.2.3	Toksičnost.....	6
1.2.4	Ciste	7
1.3	Sediment.....	10
1.4	Jadransko more.....	10
1.5	Balastne vode	12
1.6	Cilj istraživanja	13
2	MATERIJALI I METODE	14
2.1	Opis postaja i krstarenja	14
2.2	Uzorkovanje	16
2.3	Laboratorijska obrada.....	16
2.4	Mikroskopiranje i identifikacija	17
2.5	Granulometrijska analiza.....	18
2.6	Obrada podataka.....	18
3	REZULTATI.....	19
3.1	Abiotički parametri	19
3.1.1	Temperatura, salinitet i gustoća	19
3.1.2	Veličinski sastav sedimenta	21
3.1.3	Sličnost postaja na temelju abiotičkih parametara.....	23
3.2	Ciste dinoflagelata.....	27
3.2.1	Ljeto	36
3.2.2	Zima	37
4	RASPRAVA	38
5	ZAKLJUČAK	42
6	LITERATURA	43
7	ŽIVOTOPIS.....	49

1 UVOD

1.1 Fitoplankton

Fitoplankton su jednostanični fotosintetski organizmi raspršeni u vodenom stupcu koji nemaju mogućnost aktivnog pokretanja. Unutar fitoplanktona zastupljeni su prokariotski (cijanobakterije) i eukariotski (glaukofita, kloroplastida, kriptofita, haptofita, alveolata, stramenopila) organizmi (Adl i sur., 2012). Eukariotski predstavnici fitoplanktona su protisti, te osim haptofita i kriptofita, pripadaju SAR i arheplastida supergrupe (Slika 1).



Slika 1. Filogenija eukariota. Preuzeto iz Adl i suradnici (2012).

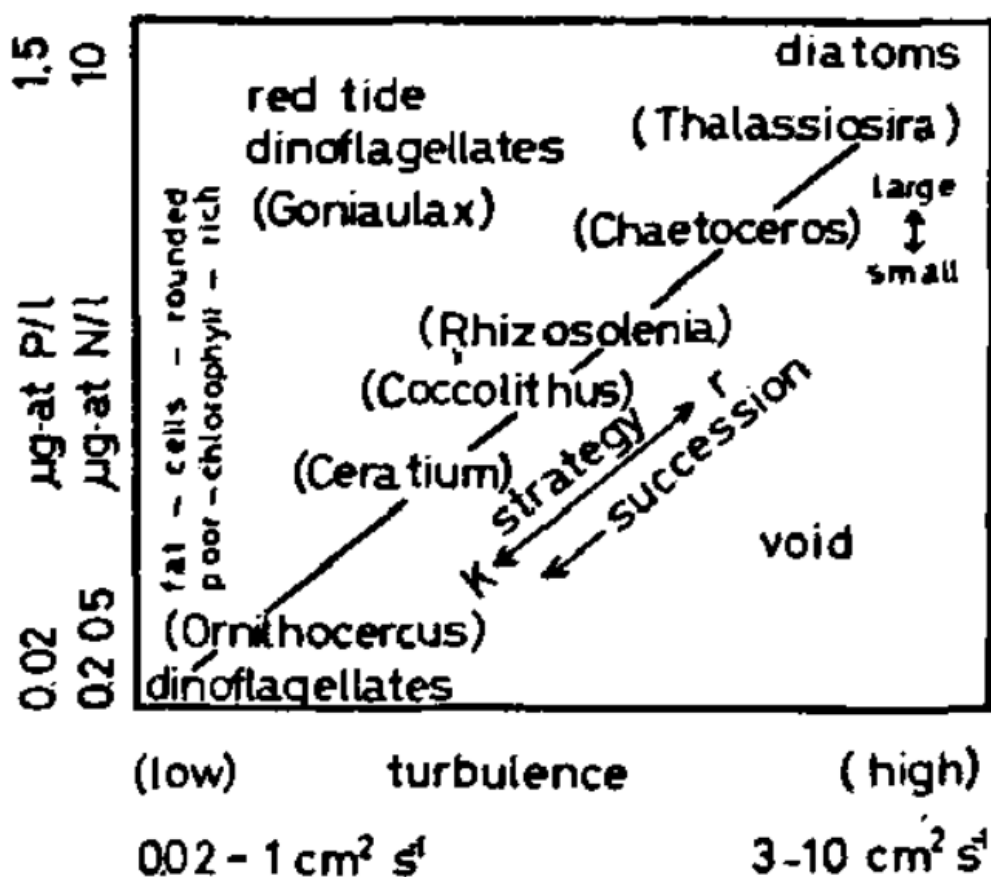
Fitoplankton se, prema veličini, dijeli u tri veličinske frakcije, Najveća frakcija je mikrop plankton, stanice čiji je promjer između 20 i 200 μm . Slijedi frakcija nanoplanktona, stanice čiji je promjer između 2 i 20 μm te pikoplankton, kao najmanja frakcija, stanice promjera između 0,2 i 2 μm (Sieburth i sur., 1978). Iako navedena podjela je i dalje prihvaćena, sve se češće, i ovisno o cilju istraživanja, koriste i druge podjele poput - pikonanoplankton (0.8

- 5 μm), nanoplankton (5 – 20 μm), mikrop plankton (20 -180 μm) i mezoplankton (180 - 2000 μm) (de Vargas i sur., 2015) ili pak <0.22, 0.22–3 i 3–20 μm (Gorsky i sur., 2019).

Fitoplankton se razvija nalazi u eufotskom, odnosno, osvjetljenom dijelu vodenog stupca.. Fitoplankton ima klorofil *a*. Neke vrste imaju dodatne pigmente iz skupine klorofila (klorofil *b*, *c*₁, *c*₂ i *d*). Dodatni pigmenti stanici omogućuju iskorištavanje većeg spektra valnih duljina koje se potom prenose na klorofil *a*, te posljedično povećavaju efikasnost procesa fotosinteze. Uz klorofil postoje još dvije skupine pigmenata, karotenoidi, koji štite stanicu od fotooksidacije kod izloženosti svjetlosti prejakog intenziteta, i fikobilini, koji proširuju spektar valnih duljina koji se može koristiti pri fotosintezi (Glazer, 1982; Demmig-Adams i Adams, 1992).

Uz organsku tvar dobivenu procesom fotosinteze, predstavnicima fitoplanktona potrebne su hranjive soli za rast. Stanica ima velike potrebe za vodikom, kisikom i dušikom, dok su u joj u manjoj mjeri potrebni fosfor, sumpor, kalij, natrij, kalcij, magnezij i klor. Elementi u tragovima koji su potrebni za održavanje staničnog metabolizma su silicij, željezo, mangan, molibden, bakar, kobalt, cink, bor i vanadij (Reynolds, 2006).

Intenzitet svjetlosti, količina i sastav hranjivih soli, temperatura i mnogobrojni ostali abiotički i biotički faktori, određuju sastav, biomasu i abundanciju fitoplanktonske zajednice. Povećanjem abundancije fitoplanktona dolazi do cvatnji (eng. *bloom*). Prema Margalefu (1978), promjenom uvjeta u vodenom stupcu mijenja se dominantna vrsta i/ili skupina vrsta fitoplanktona tijekom cvatnji (Slika 2). U uvjetima visoke turbulencije i visoke koncentracije hranjivih soli u cvatnji prevladavaju dijatomeje. Ukoliko je koncentracija hranjivih soli visoka, a turbulencija niska prevladavaju dinoflagelati koje luče toksine, stvarajući toksične cvatnje (HAB, eng. *harmful algal blooms*). Ukoliko su vrijednosti turbulencije i koncentracije hranjivih soli niske, u cvatnji će prevladavati dinoflagelati koji ne uzrokuju toksične cvatnje.



Slika 2. Prikaz dominantnih skupina organizama u odnosu na koncentraciju dušikovih i fosforovih spojeva (y os) i turbulencije (x os). Preuzeto iz Margalef (1978).

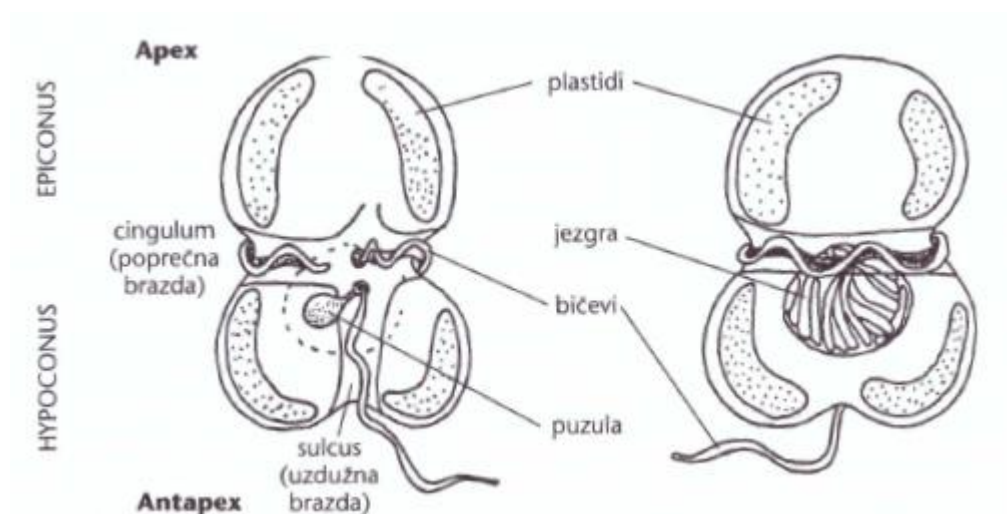
1.2 Dinoflagelati

Dinoflagelati su jednostanični organizmi koji pripadaju u SAR (akronim od Stramenopiles, Alveolata, Rhizaria) supergrupu protista. Dinoflagelati mogu nastanjivati morska i slatkovodna staništa, te mogu živjeti u vodenom stupcu, na morskome dnu, kao simbionti unutar tkiva drugih organizama te kao paraziti. Opisano je 3545 fosilnih i recentnih vrsta dinoflagelata (Guiry i Guiry, 2019). Najstariji fosili koji se pripisuju dinoflagelatima stari su 250 milijuna godina (Hoppenrath i sur., 2009). Bujak i Williams (1981) navode kako su dinoflagelati vrlo vjerojatno i stariji, no nisu stvarali fosile nalik onima iz mlađih geoloških razdoblja.

1.2.1 Morfologija i građa stanice

Veličina stanica dinoflagelata kreće se od manje od 2 μm za manje predstavnike roda *Gymnodinium* do 2 mm za izuzetno velike primjerke vrste *Noctiluca scintillans* (Barsanti i Gualtieri, 2014). Na površini stanice nalazi se amfijejma, koja je sastavljena od vanjske membrane – plazmaleme i plosnatih vezikula (Dodge i Crawford, 1970). Kod nekih vrsta vezikule mogu biti ispunjene celuloznim pločama, koje se nazivaju teke, stoga se predstavnici kod kojih su prisutne teke nazivaju tekatnim dinoflagelatima. Raspored teka u odnosu jedne na drugu naziva se tabulacija te je izuzetno bitna u taksonomiji. Ukoliko stanica nije pokrivena sa celuloznim pločama, nazivaju se atekatnim dinoflagelatima. Većina dinoflagelata ima transverzalnu brazdu zvanu *cingulum* te longitudinalnu brazdu zvanu *sulcus* (Hoppenrath i sur., 2009). *Sulcus* se nalazi na ventralnoj strani stanice (Slika 3). *Cingulum* dijeli stanicu na gornji dio koji se naziva *epitheca*, kod tekatnih predstavnika, ili *epiconus*, kod atekatnih predstavnika dinoflagelata. Vrh gornjeg dijela stanice se naziva *apex* a nasuprot njemu se nalazi *antapex* (Lebour, 1925). Svaka stanica ima 2 nejednaka biča koja izlaze s ventralne strane stanice, osim kod vrsta roda *Prorocentrum* kod kojih bičevi izlaze s apikalnog kraja stanice (Lebour, 1925). Transverzalni bič nalazi se u *cingulumu* te rotira stanicu, dok se longitudinalni bič nalazi u *sulkusu* te pokreće stanicu prema naprijed.

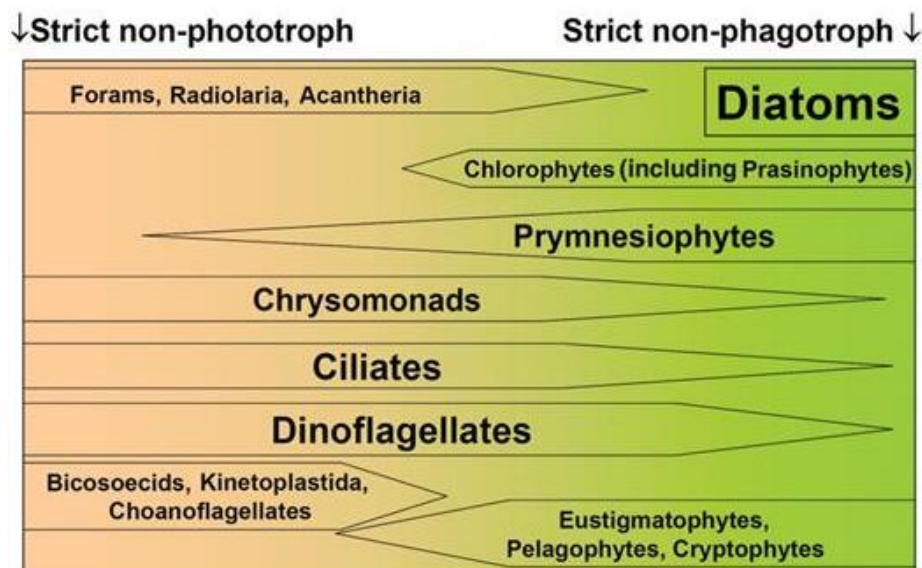
Jezgra dinoflagelata ima karakteristike prokariotskih i eukariotskih organizama (Lee, 2008). Iako su dinoflagelati eukarioti, nemaju histonske proteine u jezgri (Janouškovec i sur., 2017). Umjesto njih postoje tri kategorije proteina koji se mogu naći u jezgri, DVNP (eng. *dinoflagellate/viral nucleoproteins*), HLP i HLP II (eng. *histone like protein*). DVNP su slični proteinima nađenim u virusima iz obitelji *Phycodnaviridae* te su pronađeni kod svih dinoflagelata (Janouškovec i sur., 2017).



Slika 3. Shematski prikaz građe stanice dinoflagelata. Lijevo – ventralna strana stanice, desno – dorzalna strana stanice. Preuzeto iz Viličić (2002).

1.2.2 Način ishrane

Dinoflagelati se dijele na autotrofe, miksotrofe i heterotrofe. Prema Flynnu i suradnicima (2013) protisti se, uključujući i dinoflagelate, nalaze u kontinuumu između isključivo heterotrofnog i isključivo autotrofnog načina ishrane (Slika 4).



Slika 4. Raspodjela skupina protista prema načinu ishrane od isključivo heterotrofnih organizama (lijevo) do isključivo fototrofnih organizama (desno). Preuzeto iz Flynn i suradnici (2013).

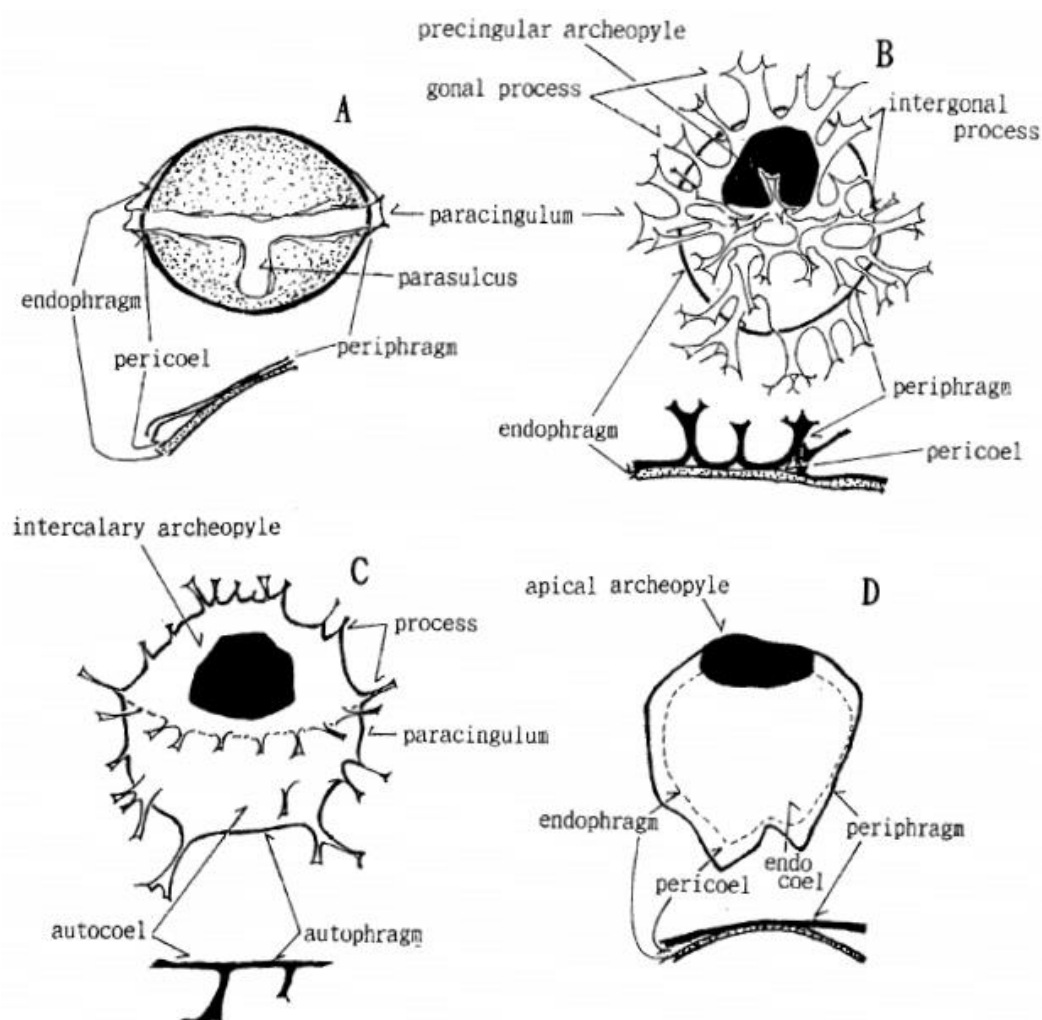
Detaljnija razrada mogućnosti ishrane kod dinoflagelata i ostalih protista predložena je u Mitra i suradnici (2016). Podjela se sastoji od 6 kategorija te uključuje prave fotoautotrofe, četiri kategorije miksotrofa i prave heterotrofe. Miksotrofni organizmi se u ovoj podjeli raščlanjuju na konstitutivne i nekonstitutivne miksotrofe. Konstitutivni miksotrofi su organizmi koji energiju i hranjive tvari dobivaju procesom fotosinteze i fagotrofijom, no ne trebaju se hraniti fotosintetskim organizmima kako bi zadržali sposobnost fotosinteze. Nekonstitutivni miksotrofi se moraju hraniti fotoautotrofnim organizmima kako bi održali sposobnost fotosinteze, te se dijele na generaliste i specijaliste. Razlika između generalista i specijalista je u tome što generalisti imaju širi raspon plijena koji mogu koristiti za akviziciju fotoautotrofije, dok specijalisti imaju uži izbor plijena. Specijalisti se dijele na specijaliste za plastide i specijaliste za endosimbionte. Specijalisti za plastide fagocitiraju cijeli plijen te sekvenciraju plastide, a ostatak stanice probave, dok specijalisti za endosimbionte zadržavaju cijeli organizam.

1.2.3 Toksičnost

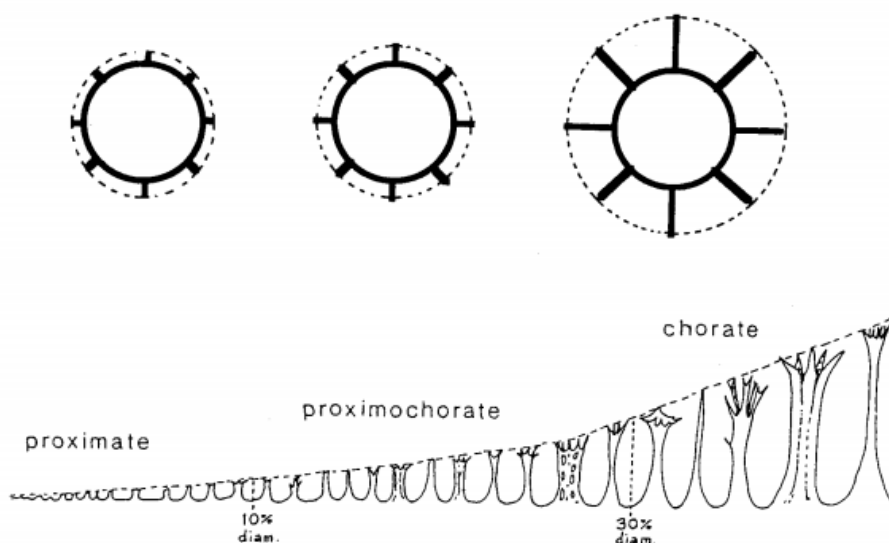
Neke vrste dinoflagelata imaju sposobnost sinteze i lučenja toksina koji mogu imati negativan utjecaj na okoliš i posljedično čovjeka. Najčešće grupe toksina koje luče dinoflagelati su saksitoksini, brevetoksini, ciguatoksini, dinofizistoksini, okadaična kiselina, goniatoksini, jesotoksini, maitotoksini, azaspiracidi i palitoksini (Van Dolah, 2000; Wang, 2008). Navedeni toksini kod čovjeka utječu na ionske kanale koji se nalaze u staničnoj membrani te otežavaju transport tvari između citosola i vanstanične tekućine (Wang, 2008). Do trovanja kod ljudi najčešće dolazi konzumacijom školjkaša, riba i drugih morskih organizama koji su u svojim tkivima akumulirali toksine, dok su trovanja uzrokovana udisanjem aerosola znatno rjeđa (Van Dolah, 2000). Kod ljudi, saksitoksini i goniatoksini uzrokuju paralitičko trovanje školjkašima, brevetoksini i jesotoksini neurotoksično trovanje školjkašima, ciguatoksini, maitotoksini i palitoksini ciguatera trovanje ribom, azaspiracidi uzrokuju azaspiracidno trovanje školjkašima, dinofizistoksini i okadaična kiselina dijaretičko trovanje školjkašima (Van Dolah, 2000; Wang, 2008). Osim utjecaja na čovjeka, toksini dinoflagelata mogu uzrokovati smrt kod riba, ptica, veslonožaca, rakova vitičara i grbavih kitova (White, 1981; Geraci i sur., 1989; Frangopulos i sur., 2000; Shumway i sur., 2003)

1.2.4 Ciste

Ciste su rezistentan stadij dinoflagelata koji im pomaže pri preživljavanju nepovoljnih uvjeta (Dale, 1983). Dinosporin je tvar koja cistama omogućava rezistentnost (Head, 1996), nalazi se u staničnoj stijenci te se njegova struktura razlikuje između vrsta (Bogus i sur., 2014). Uz dinosporin, ključne razlike između cista i vegetativnih oblika dinoflagelata se očituju u morfologiji stanice i staničnom sadržaju. Dinoflagelati u stadiju ciste (Slika 5) imaju vidljiv otvor kroz koji cista klija (eng. *archeopyle*) te procese (Slika 6) – izbočenja raznih oblika na površini stanice (eng. *processes*) te nemaju vidljiv sulkus i cingulum, strukture karakteristične za vegetativne oblike (Matsuoka i Fukuyo, 2000; Lee, 2008). Citoplazma ciste granulirana je i najčešće je smeđe boje, dok citoplazmatske strukture, kao npr. golgijev aparat, nisu vidljive (Lee, 2008).

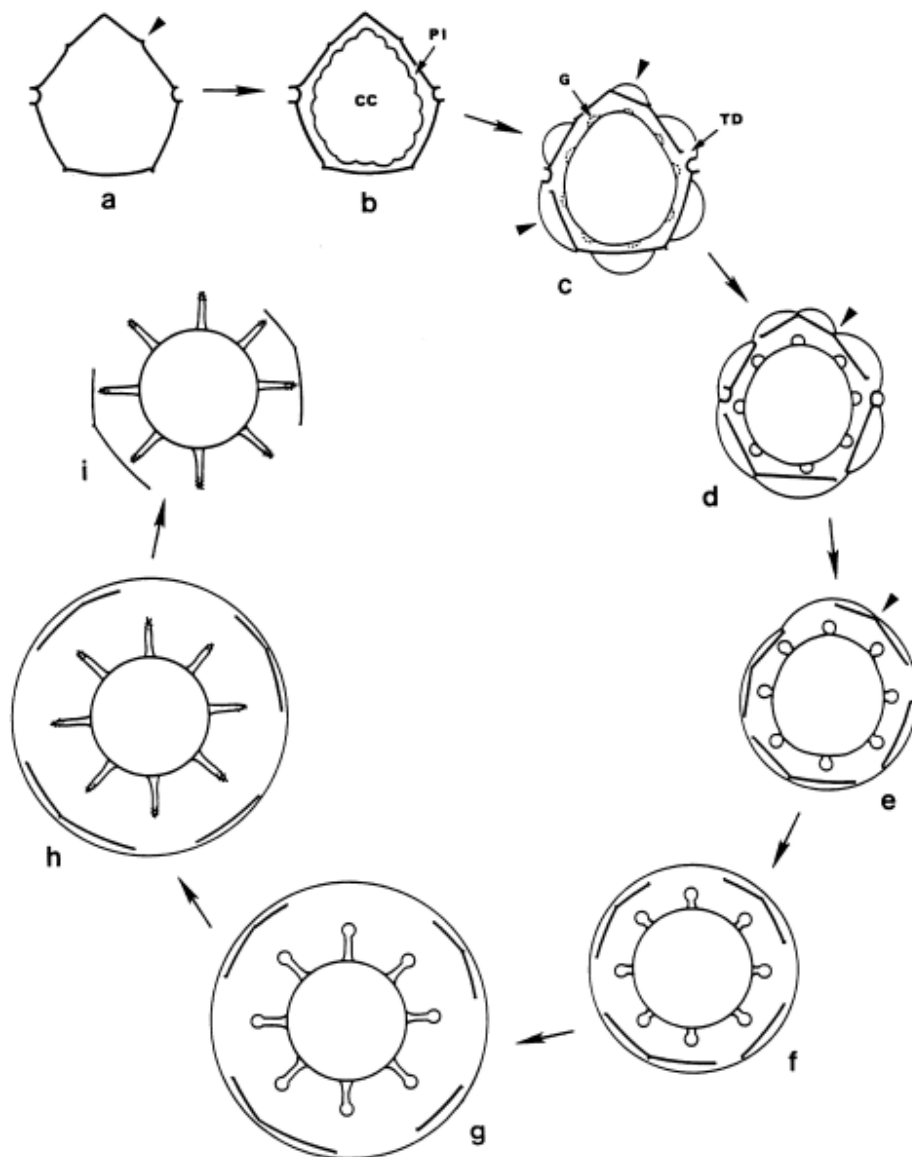


Slika 5. Shematski prikaz različitih morfotipova cista. Preuzeto iz Matsuoka i Fukuyo (2000).



Slika 6. Varijacije u duljini procesa na površini ciste. Preuzeto iz Matsuoka i Fukuyo (2000).

Formiranje cista može biti rezultat spolnog razmnožavanja (Bravo i Figueroa, 2014) ili reakcija na niz čimbenika od kojih su neki: alelopatija, promjene u temperaturi i svjetlosti, prisustvo određenih bakterija, prisutnost bioaktivnih tvari i velika abundancija stanica u vegetativnom obliku (Dale, 1977; Doucette i sur., 1989; Grzebyk i Berland, 1996; Sakamoto i sur., 2000; Skerratt i sur., 2002; Fistarol i sur., 2004; Garcés i sur., 2004). Kokinos i Anderson (1995) promatrali su formiranje ciste kod vrste *Lingulodinium polyedrum* te su definirali četiri faze u procesu nastajanja cista. U prvoj fazi (Slika 7 a i b) stanica je u vegetativnom obliku. Vanjski rub citoplazme ostaje bez boje te, kod nekih jedinki, dolazi do promjene u kretanju. U drugoj fazi (Slika 7 c i d) stanice gube sposobnost kretanja, odbacuju bičeve i teke, formira se vanjska membrana te se pojavljuju strukture koje će se razviti u procese. U trećoj fazi (Slika 7 e, g i h) dolazi do ekspanzije vanjske membrane i formiranja procesa, dok u četvrtoj fazi (Slika 7 i) dolazi do pucanja vanjske membrane. Nakon pucanja vanjske membrane cista se smatra zrelom.



Slika 7. Shematski prikaz stvaranja ciste. a,b – prva faza; c,d – druga faza; e,g,h – treća faza, i – četvrta faza. Preuzeto iz Kokinos i Anderson (1995).

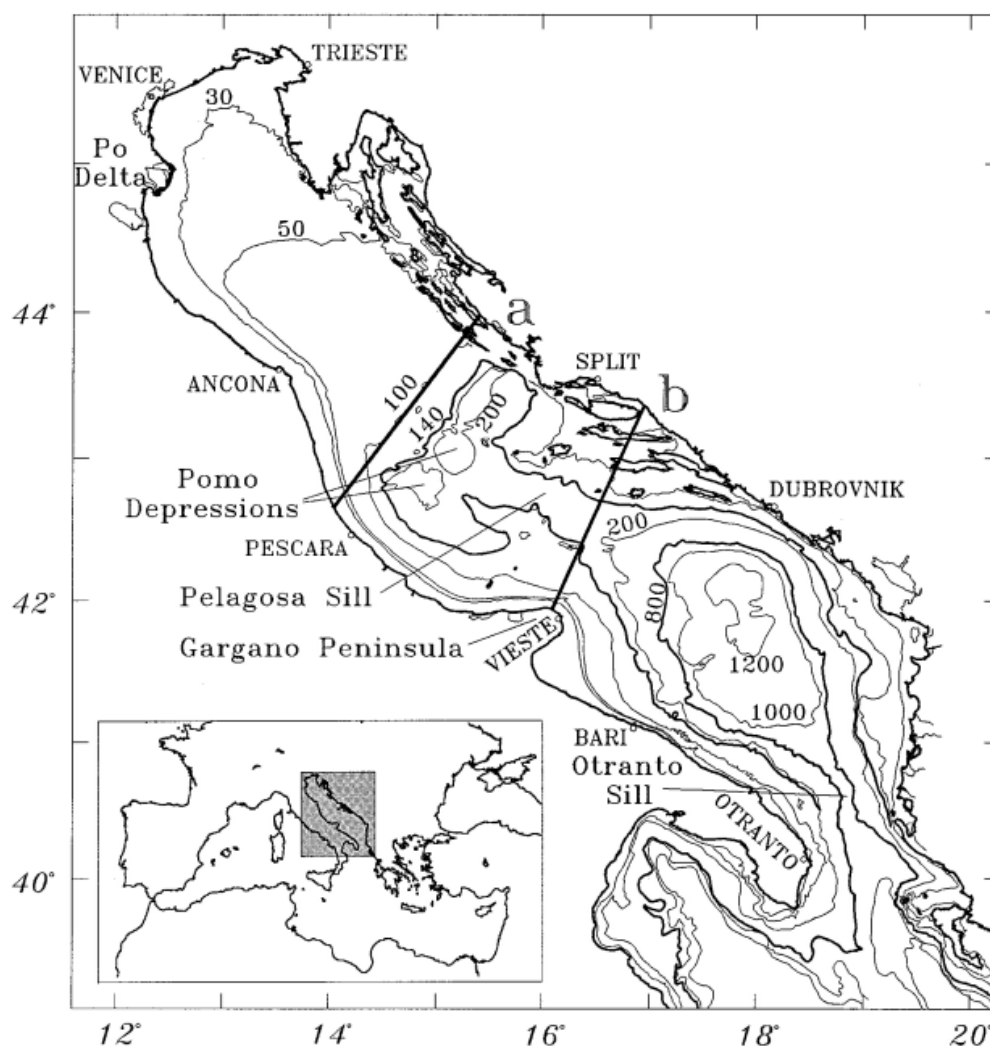
Ciste proključaju nakon završetka obvezne faze mirovanja i pri povoljnim ekološkim uvjetima (Bravo i Figueroa, 2014). Marasović (1989) i Anderson i suradnici (2005) cvjetanje vrste *Lingulodinium polyedrum*, odnosno *Alexandrium fundyense*, povezali su s prisutnosti cista u sedimentu. Autori oba rada smatraju da se ciste u sedimentu ponašaju kao rezervoar, odnosno, da pri dolasku povoljnih uvjeta ciste proključaju te uzrokuju cvjetanja, što je nepovoljno za čovjeka i okoliš, budući da *L. polyedrum* i *A. fundyense* imaju sposobnost lučenja toksina.

1.3 Sediment

Morski sediment su nepovezane organske i anorganske čestice koje se akumuliraju na morskome dnu (Håkanson, 1992). Glavnina morskih sedimenata se, prema porijeklu, mogu podijeliti na litogene, koji dolaze s kopna; biogene, kojeg čine anorganski ostatci organizama; i kemogene, koji nastaju precipitacijom iz morske vode (Noorany, 1989). Sediment se prema veličini dijeli na šljunak, kojeg čine čestice promjera većeg od 2 mm, pijesak, kojeg čine čestice promjera od 63 μm do 2 mm; te silt i glina, koje čine čestice promjera manjeg od 63 μm (Wentworth, 1922). Veličina čestica sedimenta utječe na abundanciju i sastav organizama u sedimentu (Urban-Malinga i sur., 2004; Ngo i sur., 2013; Martinec i sur., 2014).

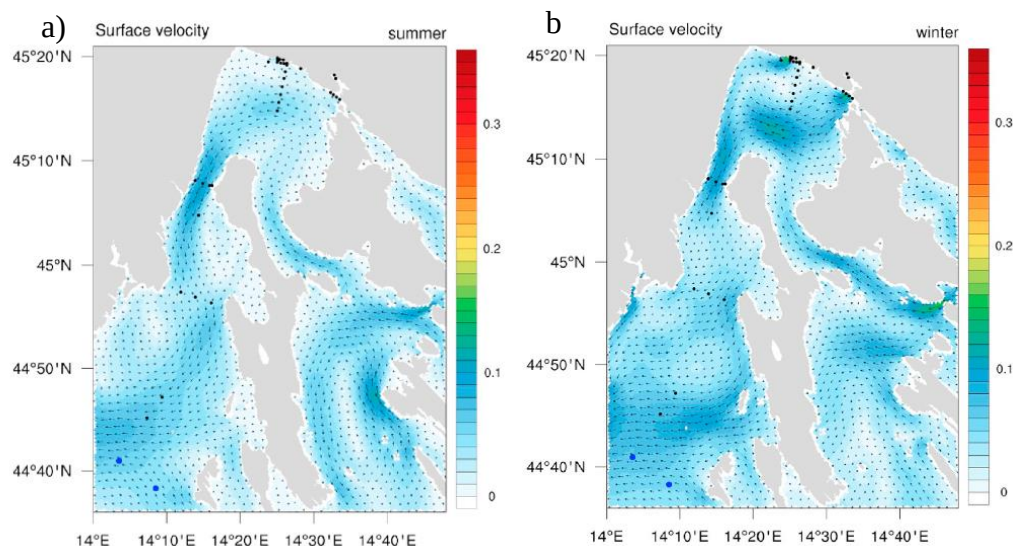
1.4 Jadransko more

Jadransko more (Slika 8) je najsjeverniji dio Mediterana. Sjeverni dio Jadranskog mora je najplići sa prosječnom dubinom 35 m, prosječna dubina srednjeg Jadrana iznosi 140 m, dok je južni Jadran karakteriziran kotlinom dubine preko 1200 m (Artegiani i sur., 1997). Zapadna obala Jadrana karakterizirana je pomičnom podlogom a istočna obala čvrstom podlogom. Jadransko more se smatra oligotrofnim morem, uz izuzetak sjevernog Jadrana gdje je koncentracija hranjivih soli znatno viša zbog utjecaja rijeke Po. Cirkulacija Jadrana određena je intruzijom vode iz Sredozemnog mora koja uz istočnu obalu putuje do sjevernog Jadrana, te izlazi zapadnom obalom Jadrana prema Sredozemnom moru.



Slika 8. Shematski prikaz Jadranskog mora. Linija a odvaja sjeverni od srednjeg Jadrana, linija b srednji od južnog Jadrana. Preuzeto iz Artegiani i suradnici (1997).

Mjerenje i modeliranje strujanja na području Kvarnerskog i Riječkog zaljeva tijekom ljeta (Slika 9 a) i zime (Slika 9 b) 2015. godine provedeno je u sklopu BALMAS projekta (Kraus i sur., 2019). Ljetna sezona (Slika 9 a) obilježena je cirkulacijom morskih struja iz područja Riječke luke prema središnjem dijelu Riječkog zaljeva, te se potom kreću prema Kvarnerskom zaljevu. Riječki zaljev je djelomično pod utjecajem struja iz Kvarnerića, dok je dio Kvarnerskog zaljeva pod djelomičnim utjecajem strujanja iz srednjeg Jadrana. U zimskoj sezoni (Slika 9 b) morske struje se iz područja Riječke luke kreću duž istočne obale Istre u Kvarnerski zaljev, dok je Riječki zaljev pod utjecajem struja iz Bakarskog zaljeva.



Slika 9. Strujanja na području Kvarnerskog i Riječkog zaljeva. a) ljeto, b) zima. Preuzeto iz Kraus i suradnici (2019).

1.5 Balastne vode

Balastne vode su primarni izvor invazivnih vrsta u morskom ekosustavu (Drake i Lodge, 2004) te primarni vektor širenja cista dinoflagelata (Hallegraeff i Bolch, 1991). Balastna voda neophodna je kako bi brod održao stabilnost tijekom plovidbe (Rigby i sur., 1999), gdje pri plovidbi bez tereta brod uzima morsku vodu u balastne tankove, te istu tu balastnu vodu po dolasku u ukrcajnu luku brod ispušta te ukrcava teret. Time se nekontrolirano ispušta velika količina morske vode i organizama u novi okoliš. Veličina balastnih spremnika ovisi o veličini broda te o količini tereta koji brod može prevoziti (Endresen i sur., 2004). Prema Endresenu i suradnicima (2004) najveću količinu balastnih voda imaju tankeri i brodovi za prijevoz rasutog tereta. Dundović i suradnici (2010) identificirali su upravo naftu i naftne derivate te rasuti teret kao glavni promet Riječke luke, dok su u Drake i Lodge (2004) Riječku luku svrstali među vruće točke bioloških invazija.

1.6 Cilj istraživanja

Budući da su balastne vode jedan od vektora širenja cista dinoflagelata, postoji mogućnost da se prilikom njihovog ispuštanja u Riječkoj luci ispuste i ciste dinoflagelata. Riječka luka bi u tom slučaju mogla biti mjesto nakupljanja cista, koje se strujama prenose u Riječki, a potom i Kvarnerski zaljev. Cilj ovog rada je utvrditi da li je Riječka luka mjesto nakupljanja i mogući izvor širenja cista dinoflagelata, te da li dolazi do širenja cista sa pristaništa u Riječkoj luci prema Kvarnerskom i Riječkom zaljevu. Analiza će se provesti na temelju prisutnosti pojedinih vrsta na istraživanom području. Nadalje, u ovom radu istražiti će se da li postoje razlike u širenju tijekom ljetne i zimske sezone.

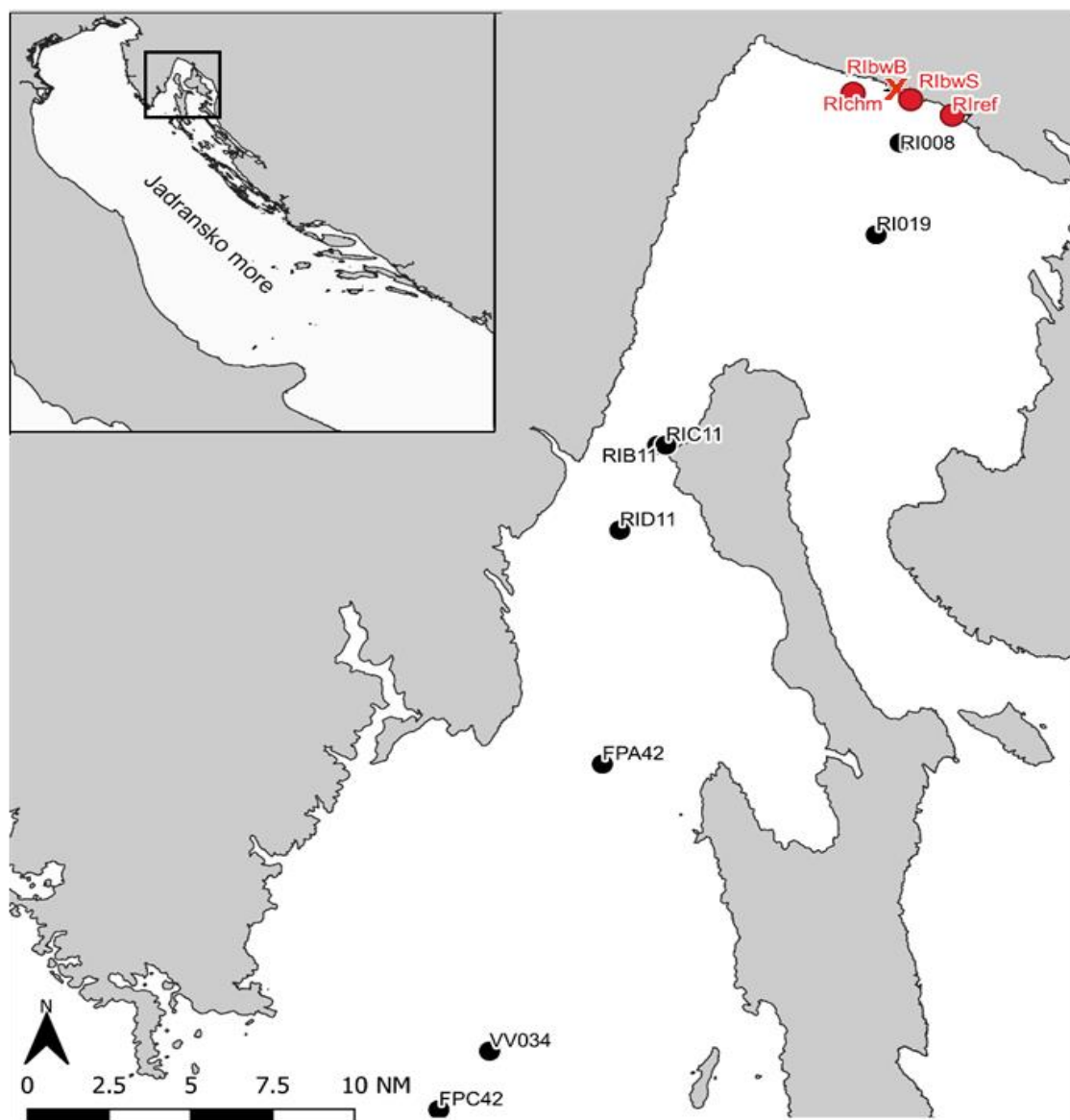
2 MATERIJALI I METODE

2.1 Opis postaja i krstarenja

Uzorkovanje i prikupljanje fizikalno-kemijskih parametara provedeno je u Kvarnerskom i Riječkom zaljevu tijekom zime i ljeta 2015. godine. Krstarenje na kojemu se vršilo uzorkovanje za zimsku sezonu održavalo se od 11. do 13. veljače 2015. godine, dok se za ljetnu sezonu uzorkovalo od 13. do 15. srpnja 2015. godine. Uzorkovalo se 12 postaja tijekom svake sezone (Slika 10). Unutarnje postaje su postaje u Riječkoj luci - Budimpeštansko pristanište (RIbwB) i Sušački lukobran (RIbwS). Postaja RIbwB ima najveći brodski promet, te se za nju pretpostavlja da je pod najvećim utjecajem balastnih voda. Druge dvije unutarnje postaje su postaje (RIchm, RIref) najbliže pristaništu brodova. Ostale istraživane postaje su opisane kao vanjske (Tablica 1). Postaje u Riječkoj luci (RIbwB i RIbwS), kao i postaja na plovnom putu brodova pri izlasku iz luke (RIchm) te referentna postaja za luku (RIref) nisu obrađivane u sklopu ovog rada, već su rezultati preuzeti iz Brajković (2017).

Tablica 1. Tablični prikaz koordinata i radne dubine te kategorije i opisa postaje.
* preuzeto iz Brajković (2017).

Postaja	X koordinata	Y koordinata	Dubina (m)	Kategorija	Opis
FPC42	44.753300	14.121750	69	Vanjska	Kvarner
VV034	44.786667	14.156667	48	Vanjska	Kvarner
FPA42	44.948150	14.231050	49	Vanjska	Kvarner
RID11	45.078650	14.238400	51	Vanjska	Kvarner
RIB11	45.126467	14.263800	56	Vanjska	Kvarner
RIC11	45.126650	14.269683	80	Vanjska	Kvarner
RI019	45.246667	14.416667	62	Vanjska	Riječki zaljev
RI008	45.298100	14.432000	58	Vanjska	Riječki zaljev
*RIbwB	45.328450	14.430600	6	Unutarnja	Budimpeštansko pristanište
*RIbwS	45.322333	14.438800	6	Unutarnja	Sušački lukobran
*RIchm	45.325083	14.397050	55	Unutarnja	Plovni put
*RIref	45.314183	14.469117	29	Unutarnja	Referentna postaja za luku



Slika 10. Karta s označenim postajama na kojima se vršilo uzorkovanje. Crvenom bojom su označene postaje čiji su rezultati o sastavu i brojnosti dinoflagelatnih cista preuzeti iz Brajković (2017). Križićem je označena postaja RIbwB za koju se pretpostavlja da je pod najvećim opterećenjem balastnih voda.

2.2 Uzorkovanje

Temperatura, salinitet i gustoća vodenog stupca mjereni su na svakoj postaji CTD sandom (Seabird, Sea-Bird Electronics, SAD). CTD je akronim engleskih riječi *conductivity*, *temperature* i *depth* (hrv. konduktivitet, temperatura, dubina). Uz navedene parametre vodenog stupca, na svakoj postaji sakupljao se sediment za granulometrijsku analizu.

Sakupljanje uzoraka sedimenta vršilo se grabilom iz kojeg se na palubi broda uzorkovalo korerima promjera 2 cm. U slučaju malog volumena sedimenta, odnosno, sporadičnih nakupina sedimenta na morskom dnu, nije bilo moguće koristiti grabilo, već su uzorkovanje vršili ronionci ručnim korerima promjera 2 cm. Na svakoj postaji uzimana su minimalno 2 replikata. Jedan replikat je korišten za daljnju obradu i mikroskopiju, dok je drugi korišten za sušenje kako bi se abundancija cista izrazila na gram suhog sedimenta. Površinskih 6 ml sedimenta iz korera prebačeno je u bočice te fiksirano s 600 μ l 36% neutraliziranog formaldehida (stabiliziran s maksimalno 10% metanola, Kemika) kako bi se spriječilo izvaljivanje cista. Uzorci su obloženi u aluminijsku foliju te pohranjeni u hladnjaku na temperaturi +4°C do daljnje obrade.

2.3 Laboratorijska obrada

Laboratorijska obrada bazirana je na kombinaciji metode prosijavanja (Matsuoka i Fukuyo, 2000) i metode separacija cista pomoću Ludox-a (Blanco, 1986).

Uzorci su u laboratoriju prebačeni u Falcon epruvete (volumen 50 ml) te suspendirani filtriranom morskom vodom do ukupnog volumena 25 ml. Kako bi se ciste očistile od organske tvari koja se nakuplja na njima, što u velikoj mjeri otežava njihovu identifikaciju, suspendirani uzorci su sonificirani 10 minuta pri sobnoj temperaturi na ~150W na uređaju WVR Aqasonic model 750D, pri čemu je ~150W jednako razini 4.

Uzimajući u obzir veličine cista dinoflagelata, kako bi se u mikroskopskom preparatu nalazilo što manje drugih organizama ili fragmenata organizama većih veličinskih frakcija, sonificirani uzorci su prosijavani na nizu sita (Retsch, promjer sita 10 cm) promjera oka 250, 125, 38 i 20 μ m. Za prosijavanje koristila se tresilica Retsch AS200, te se uzorke ispiralo običnom vodom. Prosijavanje i ispiranje se smatralo završenim kada je voda, koja je prolazila kroz uzorak, bila bistra. Talog zaostao na sitima promjera oka 38 i 20 μ m (veličina čestica od

20 do 125 μm) objedinjen je u jednu epruvetu za centrifugiranje volumena 125 ml uz minimalnu količinu vode.

Za separaciju organske tvari, uključujući ciste, od sedimenta, u uzorak je dodan Ludox u tripot većem volumenu od volumena uzorka (omjer: $\frac{1}{4}$ uzorak, $\frac{3}{4}$ Ludox). Uzorci su homogenizirani blagim mućkanjem te centrifugirani 10 minuta na 1400 g (Hettich Universal 320). Budući da se organska tvar nakon centrifugiranja nalazi u supernatantu, isti je profiltriran kroz sito promjera oka 20 μm . Čestice zaostale na situ ispirane su običnom vodom kako bi se uklonio Ludox, te su pomoću obične vode prebačene u zasebne Falcon epruvete. Postupak je ukupno ponovljen 3 puta, kako bi se izvuklo što više organske tvari, a samim time i cista iz sedimenta. Nakon zadnjeg centrifugiranja, talog u epruveti za centrifugiranje, koji sadrži anorgansku tvar, je odbačen. Čestice zaostale na sitima tijekom drugog i trećeg ispiranja prebačene su u epruvetu u kojoj su se nalazile čestice zaostale na situ tijekom prvog ispiranja.

Kako bi se odvojile ciste od ostale organske tvari u uzorku, provelo se dodatno centrifugiranje uzoraka (Eppendorf Centrifuge 5804R, 10 minuta na 1500g). Supernatant je pipetom odijeljen od taloga te je prebačen u zasebnu Falcon epruvetu i fiksiran s 100 μl formaldehida. Supernatant je primarni uzorak, no zbog mogućeg zaostajanja cista u talogu isti je suspendiran običnom vodom do ukupnog volumena 50 ml, fiksiran s 500 μl formaldehida, te se smatra sekundarnim uzorkom.

Primarni i sekundarni uzorak su homogenizirani blagim mućkanjem. 10 ml primarnog uzorka je odliveno u komorice za sedimentaciju volumena 10 ml. 1 ml sekundarnog uzorka je odliven u komorice za sedimentaciju volumena 2 ml, te je komorica do vrha napunjena običnom vodom. U slučaju malog volumena taloga u sekundarnom uzorku, odnosno, ukoliko je volumen prije suspendiranja taloga manji od 0,03 ml, odliveno je 5 ml sekundarnog uzorka u komoricu volumena 5 ml. Uzorci su sedimentirani 24 sata.

Budući da se abundancija cista izražava kao broj jedinki po gramu suhog sedimenta, jedan replikat svakog uzorka je osušen i izvagan kako bi se abundancija cista u uzorcima za mikroskopiranje mogla preračunati po gramu suhog sedimenta.

2.4 Mikroskopiranje i identifikacija

Uzorci u komoricama pregledavani su pomoću invertnog mikroskopa Zeiss Axiovert 200 metodom po Utermöhl (1958). U primarnom uzorku brojeni su i identificirani

morfotipovi cista na dva najduža transekta pri povećanju 200 puta. Kako se ne bi propustili manje zastupljeni morfotipovi, cijeli primarni uzorak je pregledan na povećanju 100 puta pri čemu nisu brojani morfotipovi koji su izbrojani na transektima. U sekundarnom uzorku brojani su i identificirani morfotipovi u cijeloj komorici na povećanju 100 puta. Ciste su slikane kamerom Zeiss Axiocam MRc5 i DIC/senarmont 1005-863.

Identifikacija morfotipova provedena je na temelju radova Bringué i sur. (2016), Kokinos i Anderson (1995), Matsuoka i Fukuyo (2000), Mudie i sur. (2017), Pitcher i Joyce (2009), Rochon i sur. (1999) i Wang i sur. (2007).

2.5 Granulometrijska analiza

Granulometrijska analiza provedena je u Laboratoriju za ekologiju i sistematiku bentosa Centra za istraživanje mora u Rovinju koristeći standardnu metodologiju (Shepard, 1954; Folk i Ward, 1957).

2.6 Obrada podataka

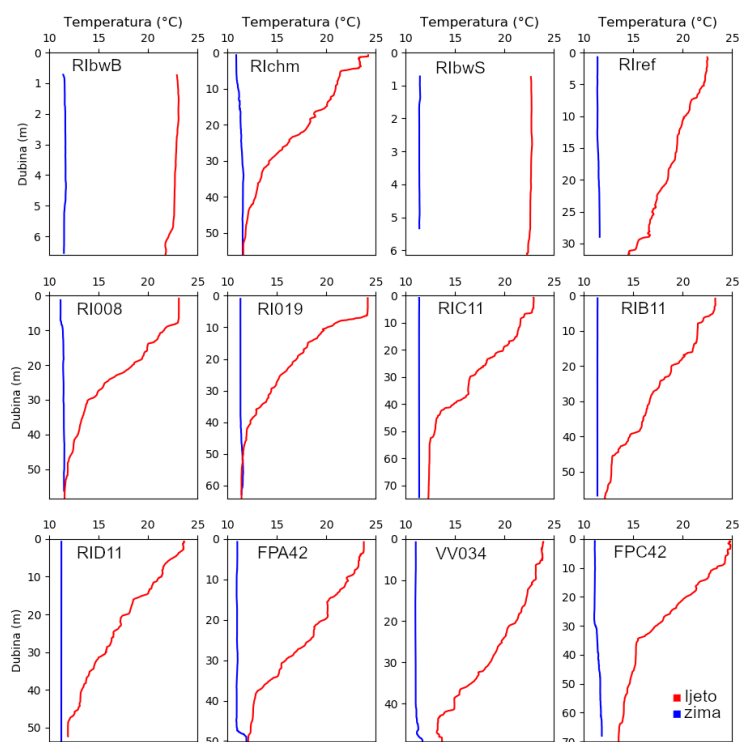
Za izradu karata i izračune udaljenosti od pristaništa korišten je program Quantum GIS 3.2.0 (QGIS Development Team, 2018). Udaljenost od pristaništa je najkraća udaljenost između dvije postaje, uzimajući u obzir obalnu liniju. Numerička obrada podataka i grafički prikazi napravljeni su u programskom jeziku Python 3.1 koristeći pakete Matplotlib (Hunter, 2007) i Pandas (McKinney, 2010). Statistička obrada podataka bazirana je na multivarijatnim metodama koristeći program PRIMER 6 (Anderson i sur., 2008). Korištene su slijedeće analize: (eng. *Non-Metric Multidimensional Scaling* - nMDS), analiza glavnih komponenata (eng. *Principal Components Analysis* - PCA), analiza postotne sličnosti (eng. *Similarity Percentage Analysis* – SIMPER) te analiza povezivanja biote i okolišnih podataka (eng. *Biota-Environment Matching* - BEST).

3 REZULTATI

3.1 Abiotički parametri

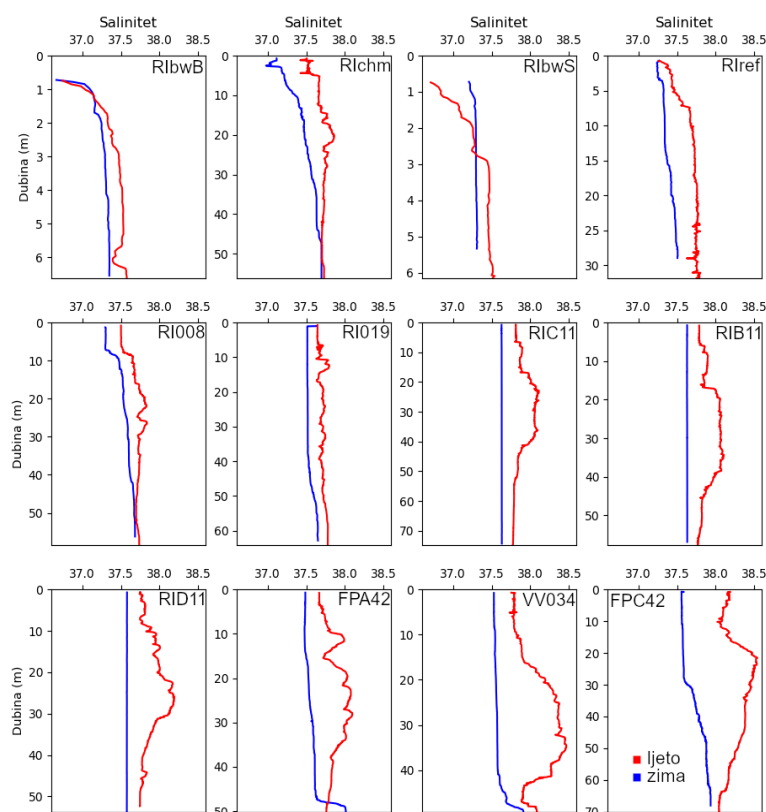
3.1.1 Temperatura, salinitet i gustoća

Zimi je najniža izmjerena temperatura u površinskom sloju iznosila $10,9^{\circ}\text{C}$ na postaji RIchm, dok je najviša iznosila $11,6^{\circ}\text{C}$ na postaji RIbwB. Najniža ljetna površinska temperatura iznosila je $22,5^{\circ}\text{C}$ na postaji RIref, dok je najviša iznosila $24,8^{\circ}\text{C}$ na postaji FPC42 (Slika 11). Termoklina se ljeti, na svim postajama izuzev postaja na pristaništima i postaje RIchm, nalazila na dubini cca. 10 m. Ljeti je na postaji RIchm bila prisutna dvostruka termoklina, jedna na dubini 1 m te druga na dubini 4 m. Zimi je vodeni stupac bio dobro izmiješan, te su varijacije temperature bile prisutne jedino u pridnenim slojevima vodenog stupca na postajama FPC42 i VV034.



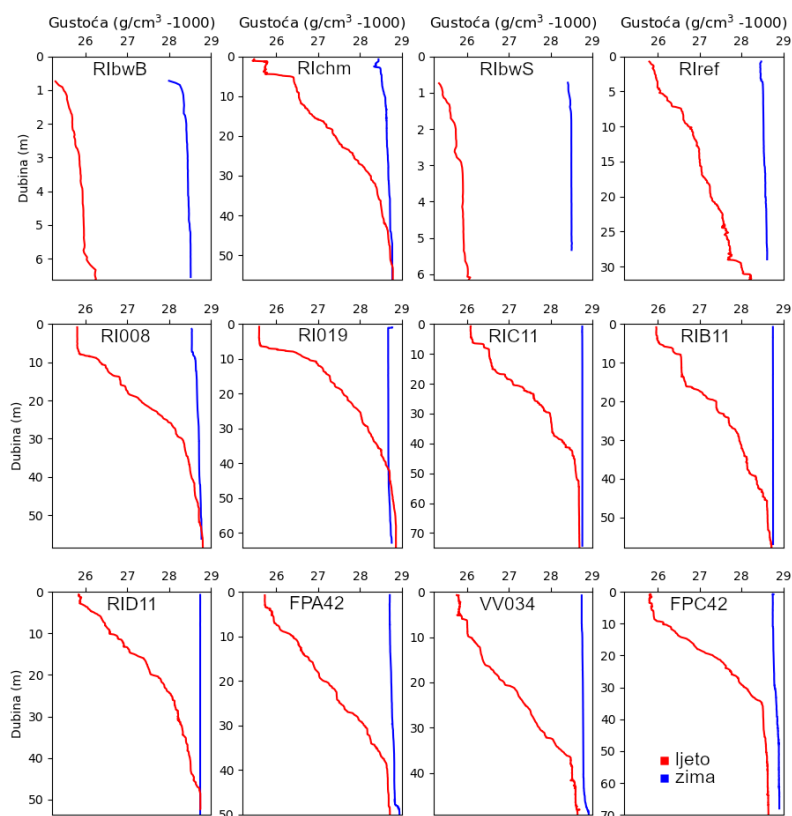
Slika 11. Vertikalni profili temperature za zimsku (plavo) i ljetnu (crveno) sezonu 2015. godine na istraživanim postajama.

Zimi je najniži površinski salinitet iznosio 36,7 na postaji RIbwB, dok je najviši zabilježen na postaji RI019 te je iznosio 37,6. Najniži ljetni površinski salinitet iznosio je 37,4 na postaji RIchm, dok je najviši iznosio 38,2 na postaji FPC42 (Slika 12). Haloklina je ljeti prisutna na svim postajama, no dubina na kojoj se nalazi varira od 1 do 40 metara dubine. Zimi haloklina nije prisutna na postajama RIC11, RIB11 i RID11, dok je na postajama RIbwS, RIref i RI019 slabo izražena.



Slika 12. Vertikalni profili saliniteta za zimsku (plavo) i ljetnu (crveno) sezonu 2015. godine na istraživanim postajama.

Zimi je najniža površinska gustoća, σ_t (gustoća izražena u $\text{g/cm}^3 - 1000$) iznosila 28 g/cm^3 na postaji RIbwB, dok je najviša iznosila 28,8 g/cm^3 na postaji RI019. Najniža ljetna površinska gustoća iznosila je 25,3 g/cm^3 na postaji RIbwB, dok je najviša iznosila 26 g/cm^3 na postaji RIC11 (Slika 13). Piknoklina je ljeti izraženija na dubljim postajama, dok je zimi prisutna na postajama RIbwB, RIchm, RIref, RI008 i RI019.



Slika 13. Vertikalni profili gustoće za zimsku (plavo) i ljetnu (crveno) sezonu 2015. godine na istraživanim postajama.

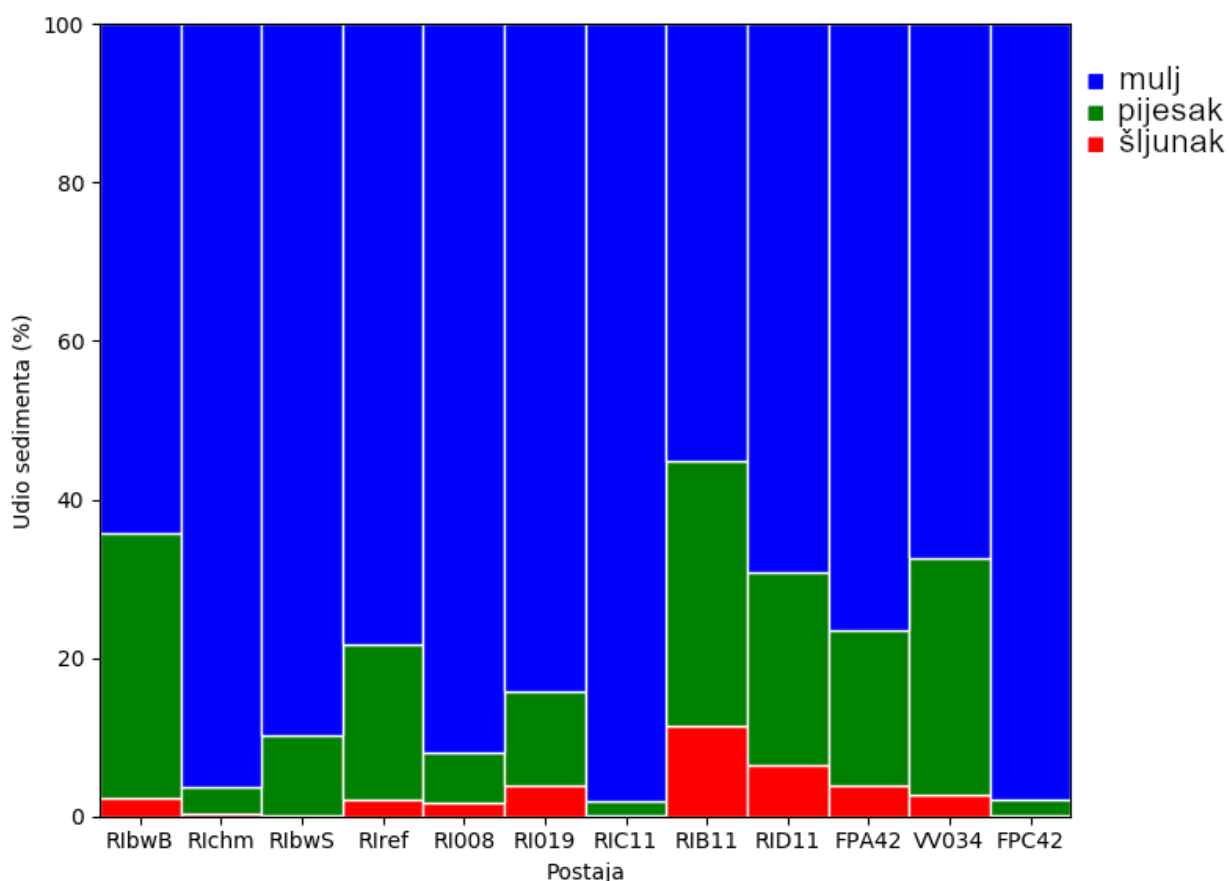
3.1.2 Veličinski sastav sedimenta

Na svim postajama prevladava muljevita frakcija sedimenta, čiji se udio kreće od 55,14% na postaji RIB11 do 98,05% na postaji RIC11 (Tablica 2, Slika 14). Udio frakcije pijeska kreće se od 1,78% na postaji RIC11 do 33,51% na postaji RIbwB. Udio frakcije šljunka najmanji je na postaji RIbwS te iznosi 0,10%, dok je najveći na postaji RIB11 te iznosi 11,5%.

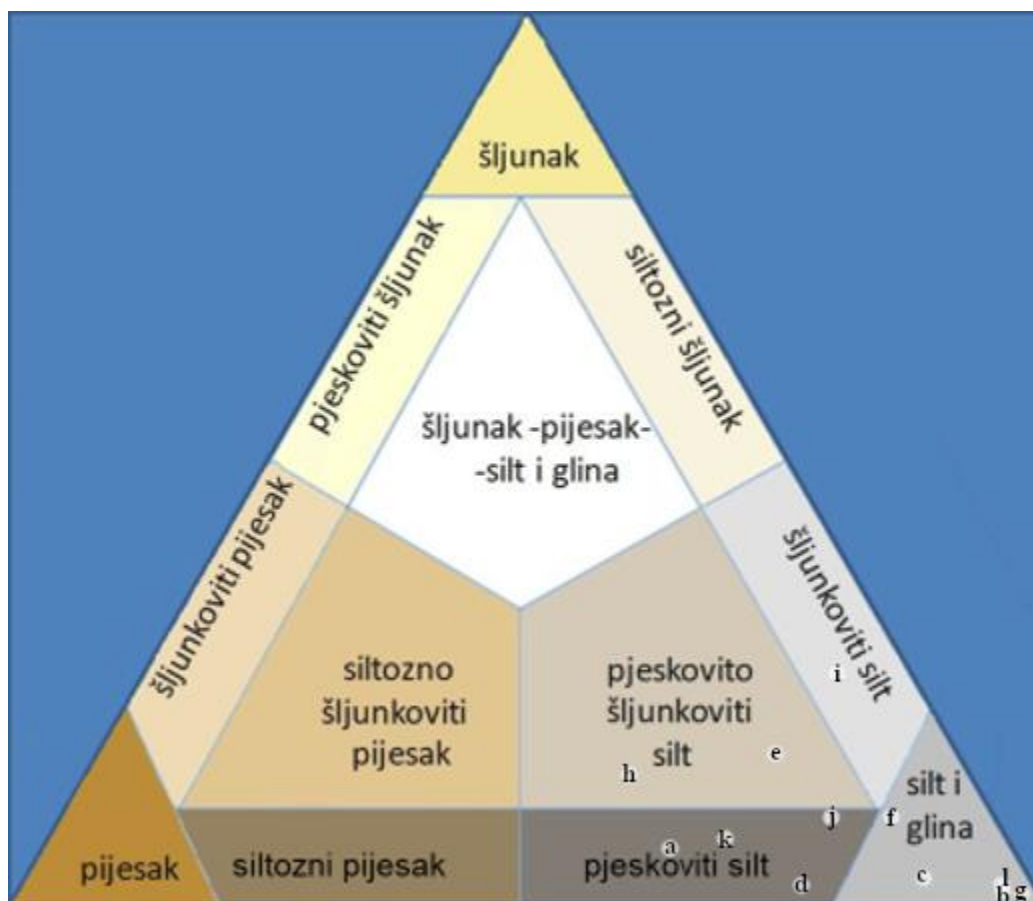
Najzastupljeniji tip sedimenta prema Shepardovoj klasifikaciji (1954) je silt i glina na pet postaja (Tablica 2, Slika 15). Slijedi pjeskoviti silt na četiri, pjeskovito šljunkoviti silt na dvije te šljunkoviti silt na jednoj postaji.

Tablica 2. Udjeli frakcija šljunka (Š), pijeska (P) i mulja (M) te medijan zrna (Mz), koeficijent sortiranja (So), stupanj sortiranosti i tip sedimenta prema Shepardu (1954) na istraživanim postajama.

Postaja	Š (%)	P (%)	M (%)	Mz (Φ)	So	Stupanj sortiranosti	Tip sedimenta
RIbwB	2,34	33,51	64,15	4,30	1,08	slabo	pjeskoviti silt
RIchm	0,29	3,48	96,23	4,78	0,27	vrlo dobro	silt i glina
RIbwS	0,10	10,23	89,67	4,67	0,49	dobro	silt i glina
RIref	2,15	19,49	78,36	4,43	0,85	umjereno dobro	pjeskoviti silt
RI008	1,80	6,22	91,98	4,85	0,57	umjereno dobro	pjeskovito šljunkoviti silt
RI019	3,94	11,77	84,29	4,67	1,16	slabo	silt i glina
RIC11	0,18	1,78	98,05	4,80	0,25	vrlo dobro	silt i glina
RIB11	11,50	33,36	55,14	3,20	2,24	vrlo slabo	pjeskovito šljunkoviti silt
RID11	6,42	24,47	69,11	3,27	2,10	vrlo slabo	šljunkoviti silt
FPA42	3,93	19,54	76,53	4,00	1,61	slabo	pjeskoviti silt
VV034	2,75	29,77	67,49	4,18	1,11	slabo	pjeskoviti silt
FPC42	0,12	2,10	97,78	4,62	0,40	vrlo dobro	silt i glina



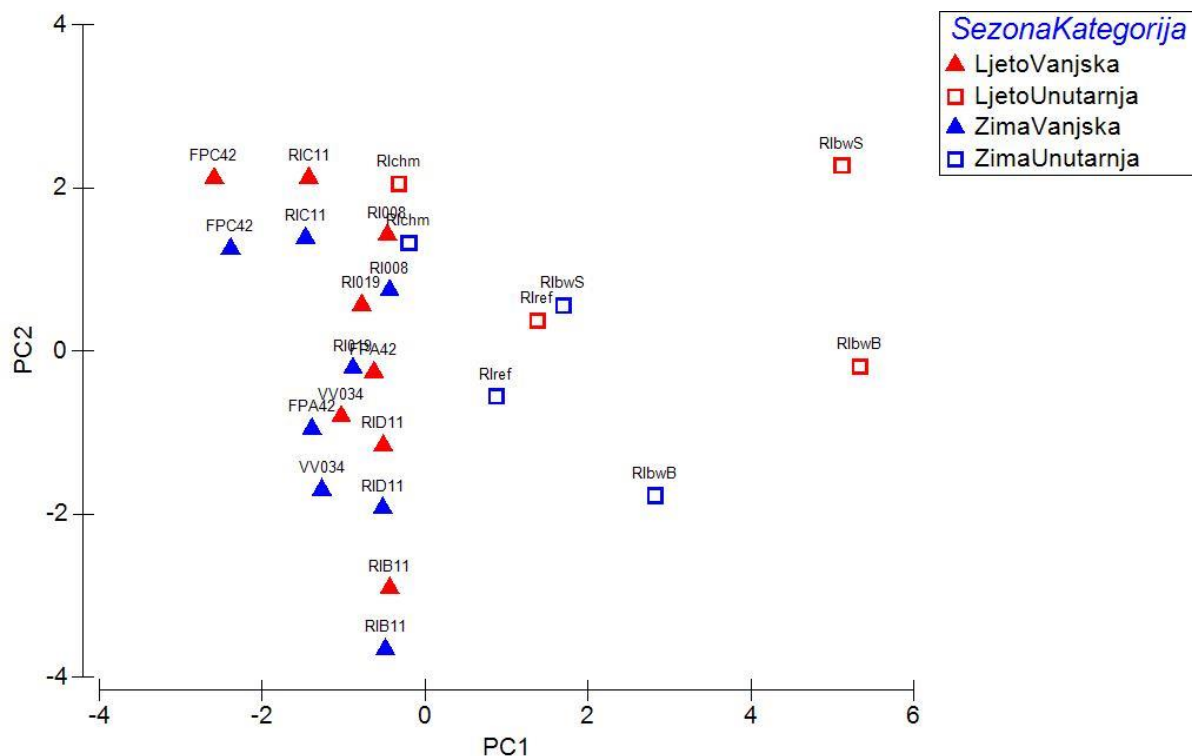
Slika 14. Zastupljenost pojedine veličinske frakcije sedimenta na istraživanim postajama. Plavo – postotak frakcije mulja, zeleno – postotak frakcije pijeska, crveno – postotak frakcije šljunka.



Slika 15. Grafički prikaz postaja obzirom na tip sedimenta prema Shepardu (1954). a- RIbwB, b- RIchm, c- RIbwS, d- RIref, e- RI008, f- RI019, g- RIC11, h- RIB11, i- RID11, j- FPA42, k- VV034, l- FPC42.

3.1.3 Sličnost postaja na temelju abiotičkih parametara

Kako bi se prikazala sličnost postaja prema abiotičkim parametrima korištena je multivarijantna analiza metoda glavnih komponenti (PCA, eng. *principal component analyses*) (Slika 16). Provođenju analize prethodila je normalizacija podataka. PC1 os ima svojstvenu vrijednost 4,03 te objašnjava 36,6% varijance. PC2 os ima svojstvenu vrijednost 2,69 te objašnjava 24,5% varijance. Prve dvije osi PC analize kumulativno opisuju 61,1% varijance. Glavni parametar koji utječe na raspodjelu postaja u analizi je postotni udio frakcije mulja (Tablica 3).



Slika 16. PCA analiza sličnosti istraživanih postaja na osnovi abiotičkih čimbenika u ljetnoj (crveno) i zimskoj (plavo) sezoni u 2015. godini.

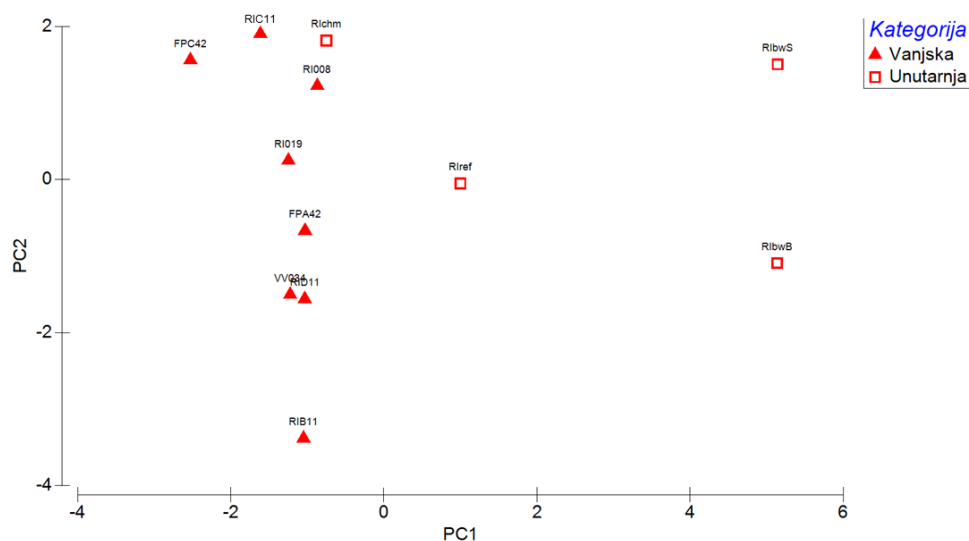
Tablica 3. Vrijednosti svojstvenih vektora za PC1 i PC2 os.

Varijabla	PC1	PC2
Udaljenost od pristaništa	-0.327	-0.091
Mulj (%)	-0.125	0.565
Pijesak (%)	0.166	-0.538
Šljunak (%)	-0.054	-0.522
Dubina	-0.447	0.077
Pridnena temperatura	0.377	0.142
Površinska temperatura	0.058	0.175
Površinski salinitet	-0.435	-0.024
Površinska gustoća	-0.137	-0.186
Pridneni salinitet	-0.329	0.051
Pridnena gustoća	-0.431	-0.123

Obzirom na mali postotak varijance koje opisuju PC1 i PC2 os kad su u analizu uključene obje sezone, napravljene su zasebne multivarijantne analize za ljetnu i zimsku sezonu.

Na slici 17 je prikaz dobiven PCA analizom pri čemu su u nju uključeni samo abiotički čimbenici ljetne sezone. PC1 os ima svojstvenu vrijednost 6,41 te objašnjava 59,2% varijance, dok PC2 os ima svojstvenu vrijednost 2,81 te objašnjava 26% varijance. Obje osi kumulativno

opisuju 85,1% varijance. Glavni parametar koji utječe na raspodjelu postaja u analizi je postotni udio frakcije mulja (Tablica 4).



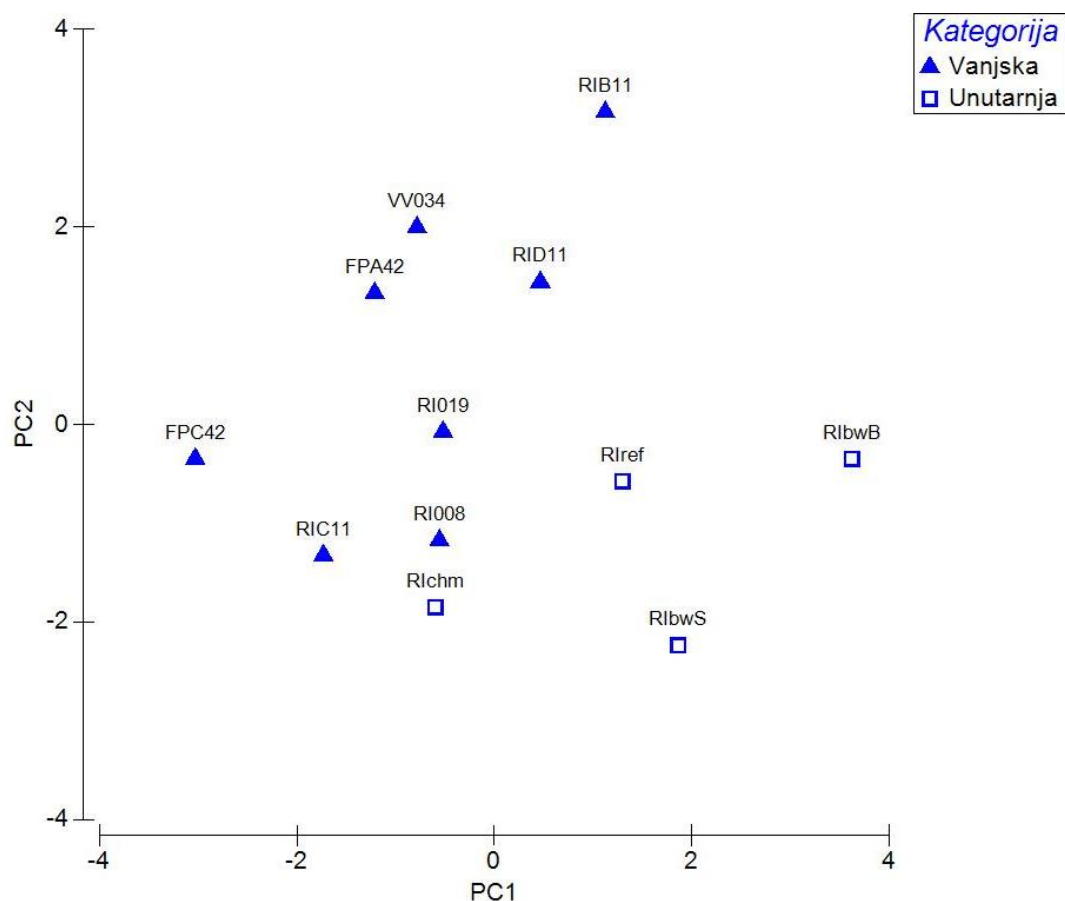
Slika 17. PCA analiza sličnosti istraživanih postaja na osnovi abiotičkih čimbenika u ljetnoj sezoni u 2015. godini.

Tablica 4. Vrijednosti svojstvenih vektora za PC1 i PC2 os u ljetnoj sezoni.

Varijabla	PC1	PC2
Udaljenost od pristaništa	-0.245	-0.123
Mulj (%)	-0.079	0.596
Pijesak (%)	0.118	-0.570
Šljunak (%)	-0.081	-0.539
Dubina	-0.388	0.085
Pridnena temperatura	0.483	0.037
Površinska temperature	-0.028	0.005
Površinski salinitet	-0.449	-0.042
Površinska gustoća	-0.049	-0.015
Pridneni salinitet	-0.242	-0.045
Pridnena gustoća	-0.516	-0.049

Na slici 18 je prikaz dobiven PCA analizom pri čemu su u nju uključeni samo abiotički čimbenici zimske sezone. PC1 os ima svojstvenu vrijednost 3,18 te objašnjava 44,5% varijance, dok PC2 os ima svojstvenu vrijednost 2,72 te objašnjava 38,1% varijance. Obje osi

kumulativno opisuju 82,6% varijance. Glavni parametar koji utječe na raspodjelu postaja u analizi je postotni udio frakcije šljunka (Tablica 5).



Slika 18. PCA analiza sličnosti istraživanih postaja na osnovi abiotičkih čimbenika u zimskoj sezoni u 2015. godini.

Tablica 5. Vrijednosti svojstvenih vektora za PC1 i PC2 os u zimskoj sezoni.

Varijabla	PC1	PC2
Udaljenost od pristaništa	-0.379	0.336
Mulj (%)	-0.331	-0.502
Pijesak (%)	0.359	0.461
Šljunak (%)	0.148	0.524
Dubina	-0.484	0.146
Pridnena temperatura	-0.017	0.004
Površinska temperatura	0.010	-0.001
Površinski salinitet	-0.297	0.217
Površinska gustoća	-0.065	0.043
Pridneni salinitet	-0.511	0.273
Pridnena gustoća	-0.091	0.053

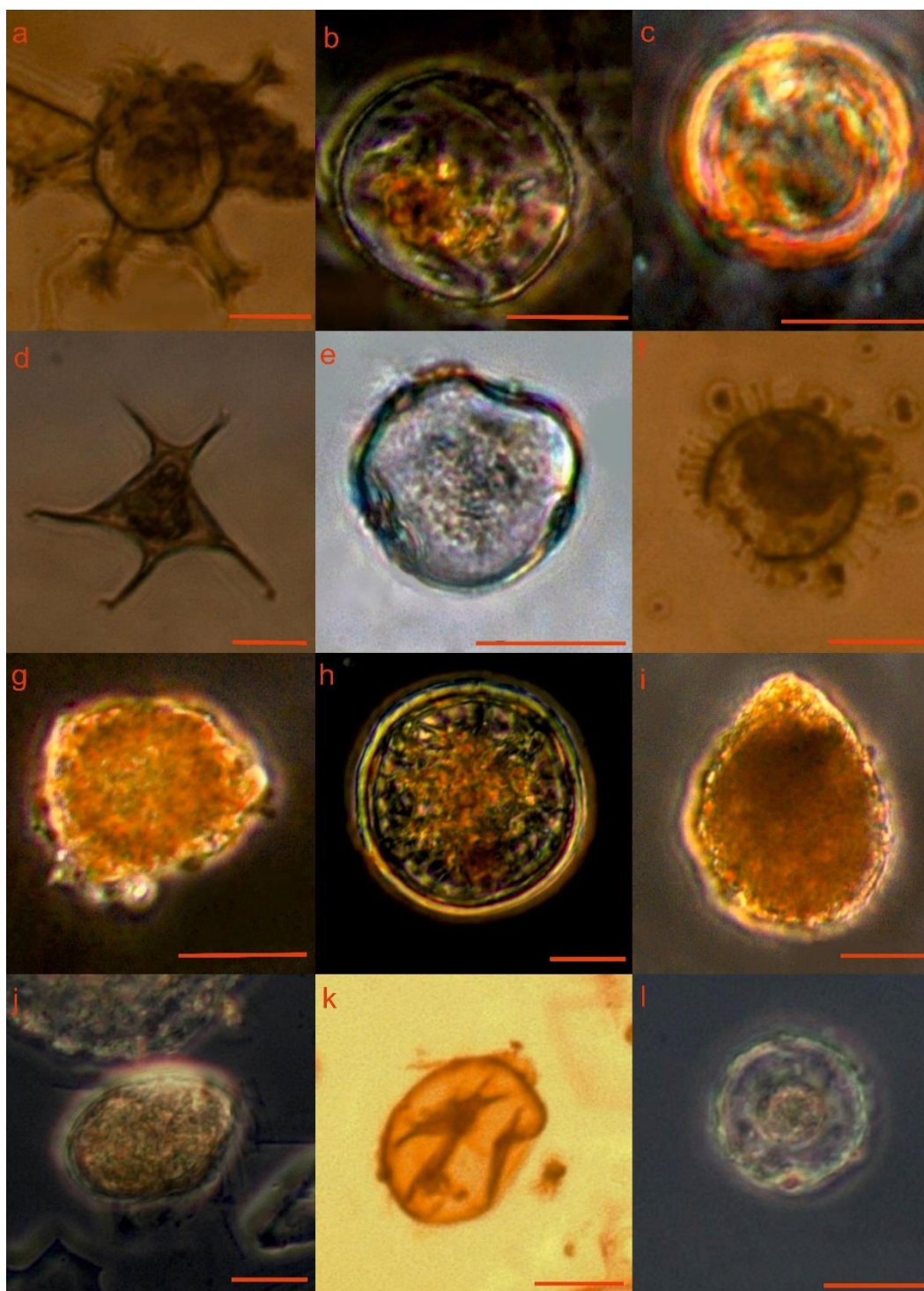
3.2 Ciste dinoflagelata

Određeno je 27 morfolipova cista, od kojih je 11 određeno do razine vrste, 6 do razine roda, 4 kompleksa te 11 morfolipova za koje se ne može sa sigurnošću određiti taksonomska pripadnost (Tablica 9). Najučestaliji morfolipovi ljeti su *Lingulodinium polyedrum* i *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks s učestalosti 100%, te *Protoperidinium* sp. III i RBC (smeđa okrugla cista, eng. *round brown cyst*) s učestalosti 83,3%. U zimi su najučestaliji morfolipovi *Protoperidinium* sp. III i *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks s učestalosti 100%, te *Lingulodinium polyedrum* s učestalosti 75%.

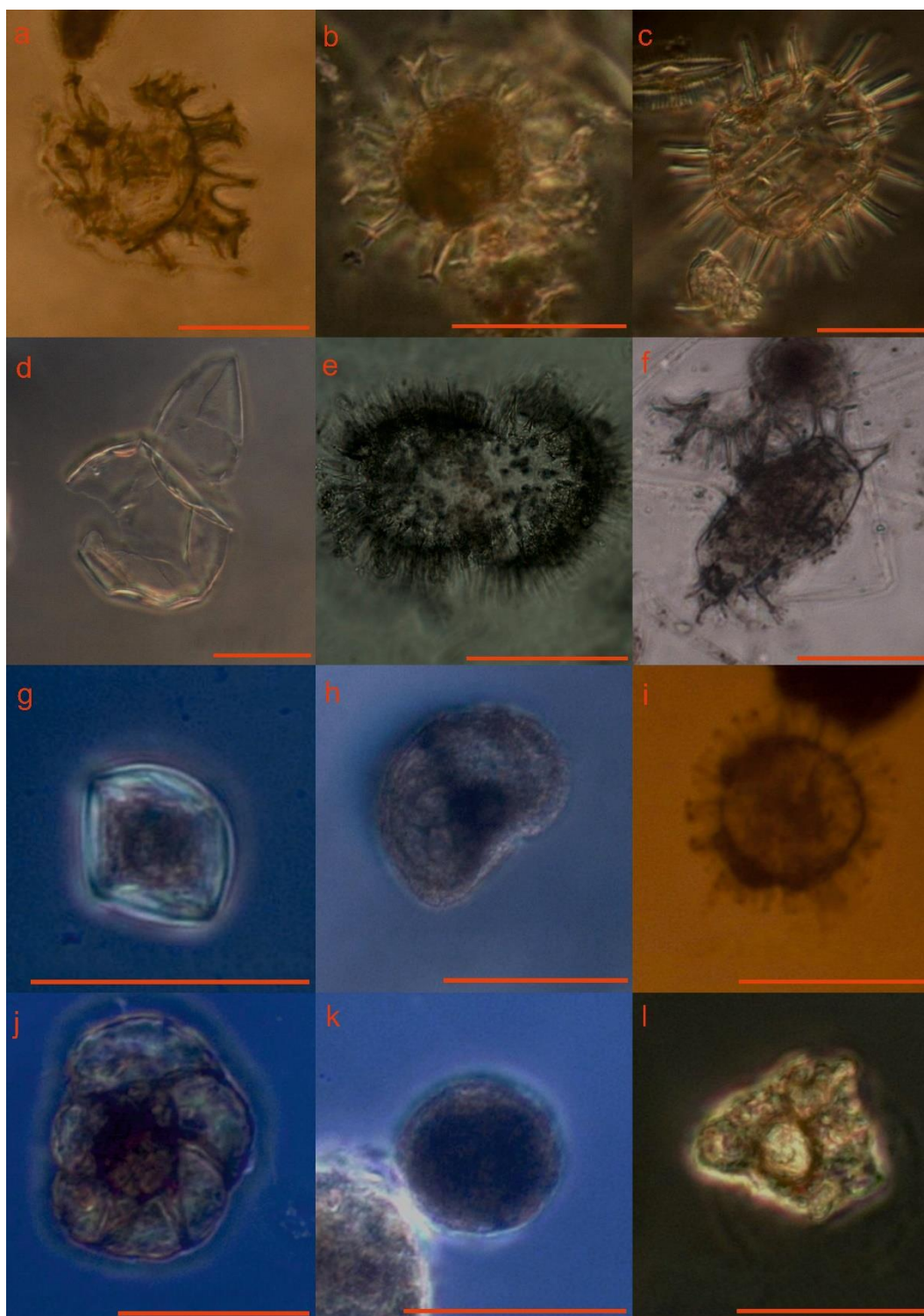
Veličina cista varira od 20 do 90 µm u promjeru, iako su najzastupljenije ciste promjera < 50 µm (Slika 19, Slika 20). Morfolip *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks u promjeru varira od 20 – 30 µm, morfolip *Lingulodinium polyedrum* u promjeru varira od 40 – 50 µm, smeđa okrugla cista u promjeru varira od 30 – 50 µm, dok je promjer morfolipa *Protoperidinium* sp. III između 70 i 90 µm.

Tablica 6. Popis morfotipova prisutnih na istraživanom području te učestalosti pojedinih morfotipova u ljetnoj i zimskoj sezoni za 12 ljetnih i 12 zimskih uzoraka.* - potencijalno toksični morfotipovi.

Vrsta	Učestalost ljeti (%)	Učestalost zimi (%)
<i>Alexandrium</i> sp.	0.0	8.3
<i>Alexandrium tamarense/catenella</i> kompleks*	0.0	8.3
<i>Gonyaulax scrippsae</i>	25.0	8.3
<i>Gonyaulax</i> sp.	8.3	8.3
<i>Gonyaulax spinifera</i> kompleks*	16.7	25.0
<i>Lingulodinium polyedrum</i> *	100.0	75.0
<i>Protoceratium reticulatum</i> *	16.7	0.0
<i>Pyrodinium</i> cf. <i>bahamense</i> *	16.7	0.0
<i>Pyrophacus steinii</i>	25.0	16.7
cf. <i>Gyrodinium impudicum</i> *	16.7	25.0
<i>Gyrodinium impudicum</i> *	16.7	0.0
<i>Polykrikos hartmanii</i>	8.3	0.0
<i>Polykrikos schwartzii/kofoidii</i> kompleks	8.3	0.0
<i>Scrippsiella</i> cf. <i>Crystallina</i>	8.3	0.0
<i>Scrippsiella lachrymosa</i>	16.7	0.0
<i>Scrippsiella</i> sp.	50.0	25.0
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	16.7	0.0
<i>Protoperidinium claudicans</i>	16.7	0.0
<i>Protoperidinium compressum</i>	25.0	0.0
<i>Protoperidinium</i> sp.	58.3	16.7
<i>Protoperidinium</i> sp. II	8.3	0.0
<i>Protoperidinium</i> sp. III	83.3	100.0
<i>Prorocentrum minimum</i>	33.3	25.0
Smeđa zgužvana cista (<i>Diplopsalid</i> tip)	0.0	8.3
Neidentificirana cista	0.0	16.7
RBC (eng. <i>round brown cyst</i> , smeđa okrugla cista)	83.3	33.3
<i>Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella</i> kompleks	100.0	100.0

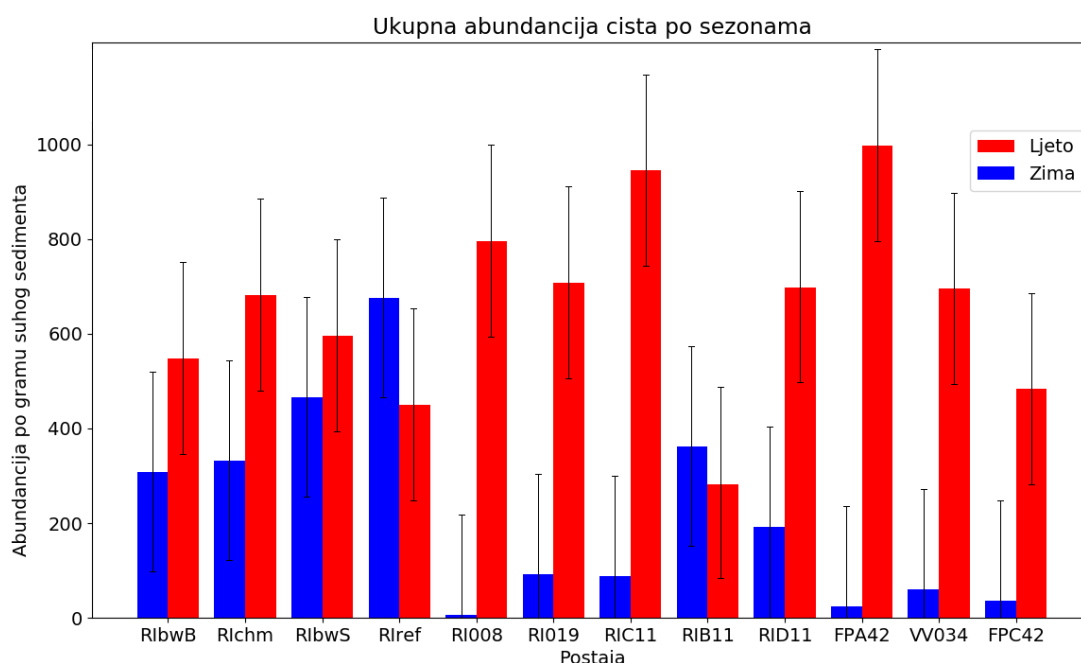


Slika 19. Odabrani morfortipovi cista zabilježeni na istraživanim postajama. a – *Gonyaulax* sp., b – *Scrippsiella trochoidea*, c – *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks, d – *Protoperidinium compressum*, e – *Prorocentrum minimum*, f – *Protoceratium reticulatum*, g – *Scrippsiella* sp., h – *Alexandrium* sp., i – *Scrippsiella chrystallina*, j – neidentificirana cista, k – smeđa zgužvana cista, l – cf. *Gyrodinium impudicum*. Mjerka = 20 μ m.



Slika 20. Odabrani morfotipovi cista zabilježeni na istraživanim postajama. a – *Gonyaulax spinifera* kompleks, b – *Gonyaulax scrippsae*, c – *Lingulodinium polyedrum*, d – *Protoperidinium* sp. III, e – *Pheopolykrikos hartmanii*, f – *Polykrikos schwartzii*/kofoidii kompleks, g – *Protoperidinium* sp. II, h – *Protoperidinium claudicans*, i – *Pyrodinium* cf. *bahamense*, j – *Pyrophacus steinii*, k – smeđa okrugla cista, l – *Gyrodinium impudicum*. Mjerka = 50 μ m.

Maksimalna abundancija u ljetnoj sezoni iznosi 998 cista po gramu suhog sedimenta na postaji FPA42, dok je minimalna abundancija 281 cista po gramu suhog sedimenta na postaji RIB11. Maksimalna abundancija u zimskoj sezoni iznosi 676 cista po gramu suhog sedimenta na postaji RIref, dok je minimalna abundancija 6 cista po gramu suhog sedimenta na postaji RI008 (Slika 21). Medijan abundancije u ljetnoj sezoni iznosi 669 cista po gramu suhog sedimenta, dok u zimskoj sezoni iznosi 143 cista po gramu suhog sedimenta. Standardna devijacija u ljetnoj sezoni iznosi 203,34. Standardna devijacija u zimskoj sezoni iznosi 210,27. Iz slike 21 vidljiva je razlika u ukupnoj abundanciji cista između ljetne i zimske sezone. Razlika između sezona manja je na unutarnjim postajama (RIbwB, RIbwS, RIchm i RIref) i na postaji RIB11 nego na ostalim postajama. Veća abundancija cista u zimskoj u odnosu na ljetnu sezonu zabilježena je samo na postajama RIref i RIB11.



Slika 21. Grafički prikaz ukupne abundancije cista po gramu suhog sedimenta na postajama u ljetnoj i zimskoj sezoni s ucrtanim standardnim devijacijama za ljetnu i zimsku sezonu.

Morfotipovi prisutni na pojedinim postajama se razlikuju te postoje razlike u prisutnosti morfotipova između ljetne i zimske sezone na istoj postaji (Tablica 10). Najučestaliji morfotipovi su ujedno i morfotipovi koji postižu najviše abundancije na postajama. Najveći broj morfotipova zabilježen je na postaji FPA42 u ljetnoj sezoni te iznosi 13 morfotipova (Tablica 11). Najmanji broj morfotipova zabilježen je na postajama FPC42 i RI008 u zimskoj sezoni te iznosi 2 morfotipa. U ljetnoj sezoni, broj morfotipova po postajama veći je nego u zimskoj sezoni. Shannon – Wienerov indeks bioraznolikosti je također viši u ljetnoj nego u

zimskoj sezoni, no vrijednosti indeksa su niske na svim postajama u obje sezone (Tablica 11). Maksimalna vrijednost Shannon – Wienerovog indeksa za ljetnu sezonu iznosi 1,851 na postaji FPA42, dok minimalna vrijednost iznosi 0,9258 te je zabilježena na postaji RIbwS. Maksimalna vrijednost indeksa za zimsku sezonu iznosi 1,577 na postaji RIref, dok minimalna vrijednost iznosi 0,2814 na postaji FPC42.

Tablica 7 Najzastupljeniji morfotipovi na pojedinim postajama izraženih u postotcima. Kumulativne abundancije navedenih morfotipova čine najmanje 90% jedinki u uzorku. L – ljetna sezona, Z – zimska sezona, **Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks, **smeđa okrugla cista (eng. *round brown cyst*).

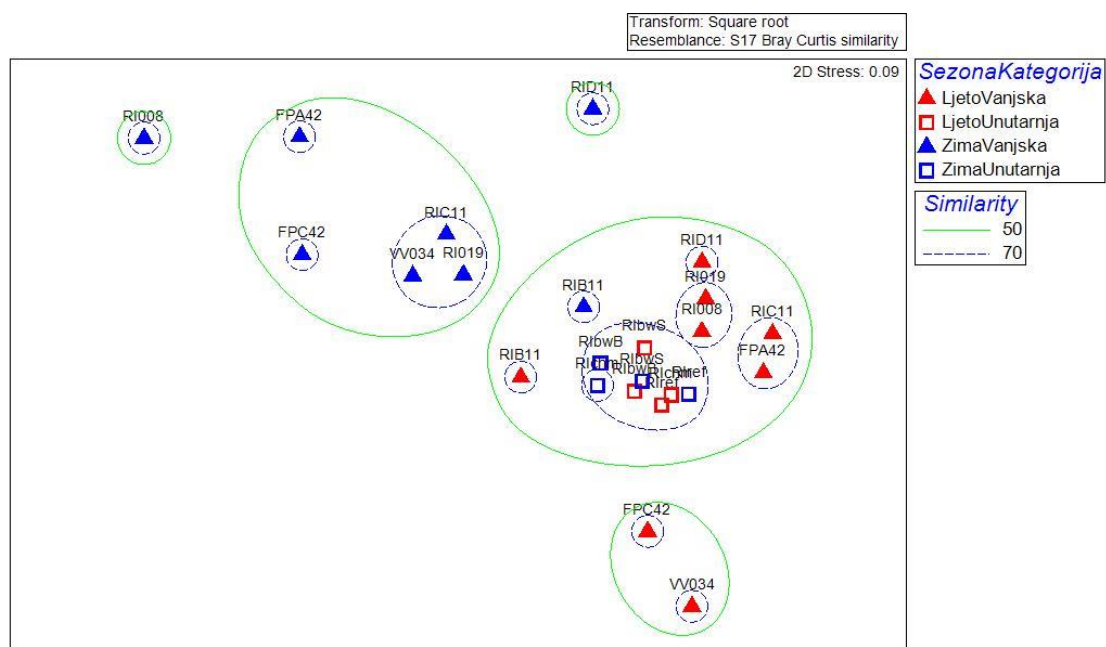
MORFOTIP	RIbwB		RIchm		RIbwS		RIref		RI008		RI019	
	L	Z	L	Z	L	Z	L	Z	L	Z	L	Z
<i>Alexandrium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cf. <i>Gyrodinium impudicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax spinifera</i> kompleks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.2	-
GBS kompleks*	72.0	52.1	62.6	49.8	69.8	63.7	34.7	34.9	30.1	16.7	31.8	54.3
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	6.2	6.5	10.6	20.8	5.5	4.9	27.3	29.3	43.8	-	33.4	12.0
<i>Prorocentrum minimum</i>	-	-	-	-	-	-	-	5.0	-	-	-	-
<i>Protoceratium reticulatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	8.3	-	-	-
<i>Protoperidinium</i> sp.	-	-	-	8.8	-	-	9.3	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium</i> sp. III	10.4	27.7	13.6	12.7	19.5	14.4	15.8	19.1	13.5	83.3	9.1	33.7
<i>Pyrodinium</i> cf. <i>bahamense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.1	-
<i>Pyrophacus steinii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBC**	6.2	4.9	4.3	-	-	10.3	5.8	6.7	-	-	5.1	-
<i>Scrippsiella lachrymosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scrippsiella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MORFOTIP	RIC11		RIB11		RID11		FPA42		VV034		FPC42	
	L	Z	L	Z	L	Z	L	Z	L	Z	L	Z
<i>Alexandrium</i> sp.	-	10.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cf. <i>Gyrodinium impudicum</i>	-	-	16.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax</i> sp.	-	-	-	-	-	17.6	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyaulax spinifera</i> kompleks	-	-	-	-	-	17.6	4.5	25.0	-	-	-	-
GBS kompleks*	18.5	42.0	32.7	48.9	33.7	-	24.9	50.0	3.7	63.3	52.6	91.9
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	20.2	10.2	33.5	48.9	23.8	10.9	13.4	-	14.4	11.7	6.4	-
<i>Prorocentrum minimum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoceratium reticulatum</i>	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	60.1	-	-	-
<i>Protoperidinium</i> sp. III	38.6	35.2	8.9	-	18.9	45.6	31.9	25.0	-	23.3	-	-
<i>Pyrodinium</i> cf. <i>bahamense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pyrophacus steinii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.0	-
RBC**	-	-	-	-	-	-	4.5	-	14.7	-	19.7	-
<i>Scrippsiella lachrymosa</i>	-	-	-	-	14.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scrippsiella</i> sp.	10.8	-	-	-	-	-	11.2	-	-	-	-	-

Tablica 8. Broj morfotipova (S), ukupna abundancija (N) i Shannon – Wienerov indeks bioraznolikosti (H') po postajama za ljetnu i zimsku sezonu.

Postaja	Ljeto			Zima		
	S	N	H'	S	N	H'
RIbwB	6	547	1.0050	9	307	1.360
RIchm	8	682	1.2540	7	331	1.4330
RIbwS	6	596	0.9258	8	466	1.2080
RIref	9	450	1.6820	8	676	1.5770
RI008	6	795	1.3470	2	6	0.4506
RI019	8	707	1.6520	3	92	0.9519
RIC11	7	945	1.5790	5	88	1.2840
RIB11	6	281	1.4680	3	362	0.7839
RID11	5	698	1.5230	6	193	1.4750
FPA42	13	998	1.8510	3	24	1.0400
VV034	7	695	1.2310	4	60	0.9477
FPC42	10	483	1.3740	2	37	0.2814

Kako bi se odredio relativni odnos između postaja na temelju zajednice cista provela se multivarijatna analiza ne-metričko multidimenzionalno skaliranje (nMDS) (Slika 22). Na podatke je primijenjena transformacija drugim korijenom ($\sqrt[2]{}$). Unutarnje postaje iz oba istraživana razdoblja grupiraju zasebno (70% sličnosti), dok pri 50% sličnosti pokazuju grupiranje sa postajama uzorkovanim ljeti i postajom RIB11 koja je uzorkovana zimi (Slika 22).



Slika 22. nMDS analiza zajednice cista u ljetnoj (crveno) i zimskoj (plavo) sezoni na istraživanim postajama u 2015. godini

Kako bi se utvrdilo koji abiotički čimbenici uključeni u PCA analize imaju najveći utjecaj na raspodjelu i sastav cista u sedimentu provela se BEST analiza. Abiotički podaci su normalizirani, dok su abundancije cista transformirane drugim korijenom. Abiotički parametri koji imaju najveći utjecaj na zajednicu cista su udaljenost od pristaništa i površinska temperatura (Spearmanova korelacija ranga, $p < 0,05$; $\rho = 0,379$).

U svrhu određivanja morfotipova koji čine razliku između sezona na istoj postaji i između postaja napravljena je SIMPER analiza (Tablica 12). Morfotipovi koji na najvećem broju postaja čine razliku su *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks na 9 postaja te *Lingulodinium polyedrum*, *Protoperidinium* sp. III i smeđa okrugla cista na 8 postaja. Najmanja prosječna različitost između sezona zabilježena je na postaji Rlref, dok je najveća zabilježena na postaji FPC42.

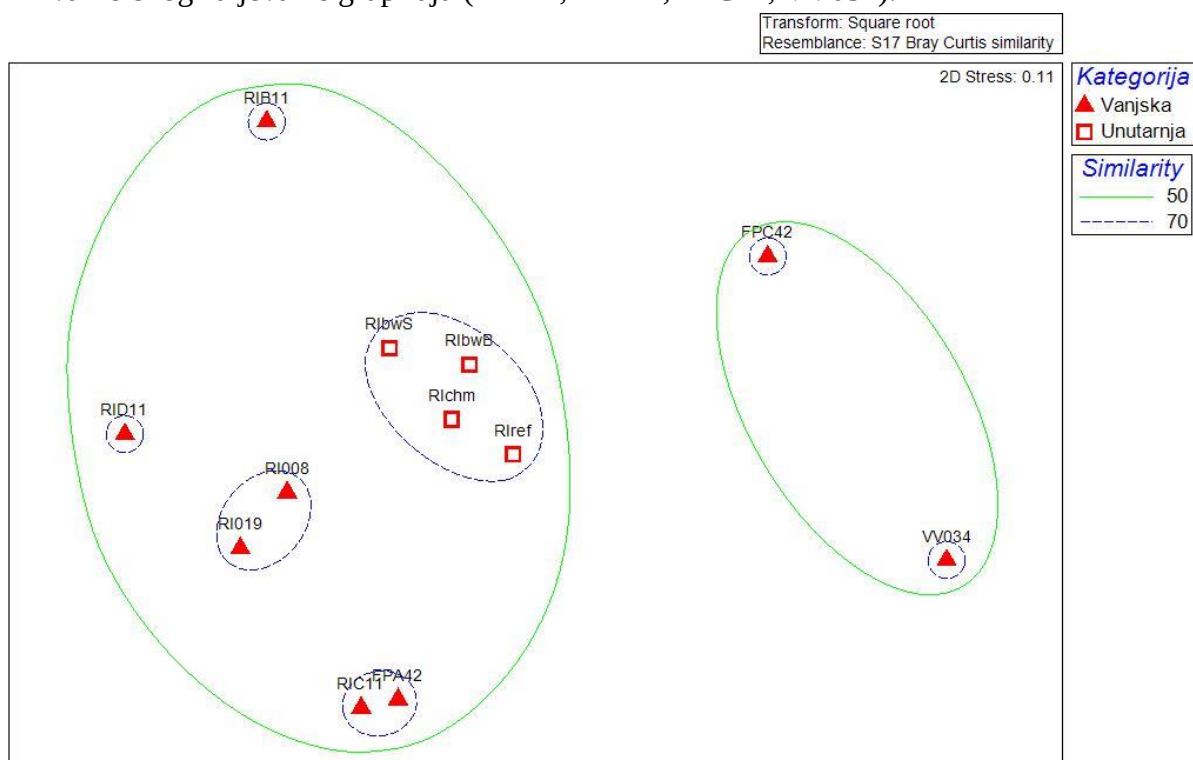
Tablica 9. Rezultati SIMPER analize između sezona. Prikazane su samo vrste koje utječu na razliku između sezona. Podebljanim fontom označene su najveće vrijednosti. * *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks, **smeđa okrugla cista (eng. *round brown cyst*).

Vrsta	RIbwB	RIchm	RIbwS	RIref	RI008	RI019	RIC11	RIB11	RID11	FPA42	VV034	FPC42
<i>Alexandrium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	5.60	-	-	-	-	-
<i>Alexandrium tamarense/catenella</i>	5.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cf. <i>Gyrodinium impudicum</i>	3.88	4.44	5.20	-	-	-	-	11.22	-	5.97	-	-
<i>Gonyaulax scrippsae</i>	-	-	3.00	-	-	4.11	-	-	-	3.63	-	-
<i>Gonyaulax</i> sp.	-	-	-	-	-	8.47	-	-	7.97	-	-	-
<i>Gonyaulax spinifera</i> kompleks	-	-	-	-	-	10.08	3.84	-	7.97	2.83	-	-
GBS kompleks*	2.65	2.62	-	-	14.37	4.20	-	2.37	7.37	5.82	-	6.61
<i>Gyrodinium impudicum</i>	-	-	3.00	3.31	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	-	-	-	0.99	21.17	7.26	6.42	-	4.78	9.38	6.00	9.88
Neidentificirana cista	2.95	5.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polykrikos hartmanii</i>	-	-	-	4.16	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polykrikos schwartzii/kofoidii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.88
<i>Prorocentrum minimum</i>	-	6.10	-	1.49	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoceratium reticulatum</i>	-	-	-	-	13.97	-	9.54	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium claudicans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.19
<i>Protoperidinium compressum</i>	-	2.73	-	-	-	-	-	9.43	-	-	-	4.19
<i>Protoperidinium</i> sp.	5.71	-	-	2.02	-	-	7.80	-	-	5.97	17.67	6.26
<i>Protoperidinium</i> sp. III	-	-	1.26	1.09	8.44	-	6.50	2.39	-	7.33	7.56	5.51
<i>Pyrodinium</i> cf. <i>bahamense</i>	-	-	-	-	-	8.47	-	-	-	7.14	-	-
<i>Pyrophacus steinii</i>	4.80	-	-	4.75	-	-	-	-	-	2.76	8.65	11.80
Smeđa okrugla cista**	1.32	1.89	2.00	-	11.75	8.47	-	4.31	-	7.14	12.42	13.08
<i>Scrippsiella lachrymosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	10.41	-	-	-
<i>Scrippsiella</i> sp.	-	5.28	5.20	-	-	-	10.27	-	-	8.97	4.74	4.19
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	-	-	-	-	-	-	3.84	-	9.41	-	-	-
Smeđa zgužvana cista	-	-	-	-	-	-	-	-	5.55	-	-	-
Prosječna različitost	29.08	30.25	21.27	19.62	75.73	52.68	57.61	32.01	54.55	72.47	61.82	79.77

Obzirom na prosječnu različitost postaja te razlike u ukupnim abundancijama cista napravljene su zasebne nMDS i BEST analize za ljetnu i zimsku sezonu.

3.2.1 Ljeto

Analizom zajednice cista u ljetnu sezonu vidljivo je grupiranje postaja u dvije skupine unutar kojih je sličnost 50%, gdje se odvajaju dvije najudaljenije postaje u Kvarnerskom zaljevu od ostalih (Slika 23). Pri sličnosti 70% vidljivo je grupiranje (i) 4 unutarnje postaje (RIref, RIbwS i RIbwB, RIchm), (ii) dvije vanjske postaje iz Riječkog zaljeva (RI008, RI019), (iii) dvije vanjske iz Kvarnerskog zaljeva (RIC11, FPA42) i (iv) dok se četiri vanjske postaje iz Kvarnerskog zaljeva ne grupiraju (RIB11, RID11, FPC42, VV034).



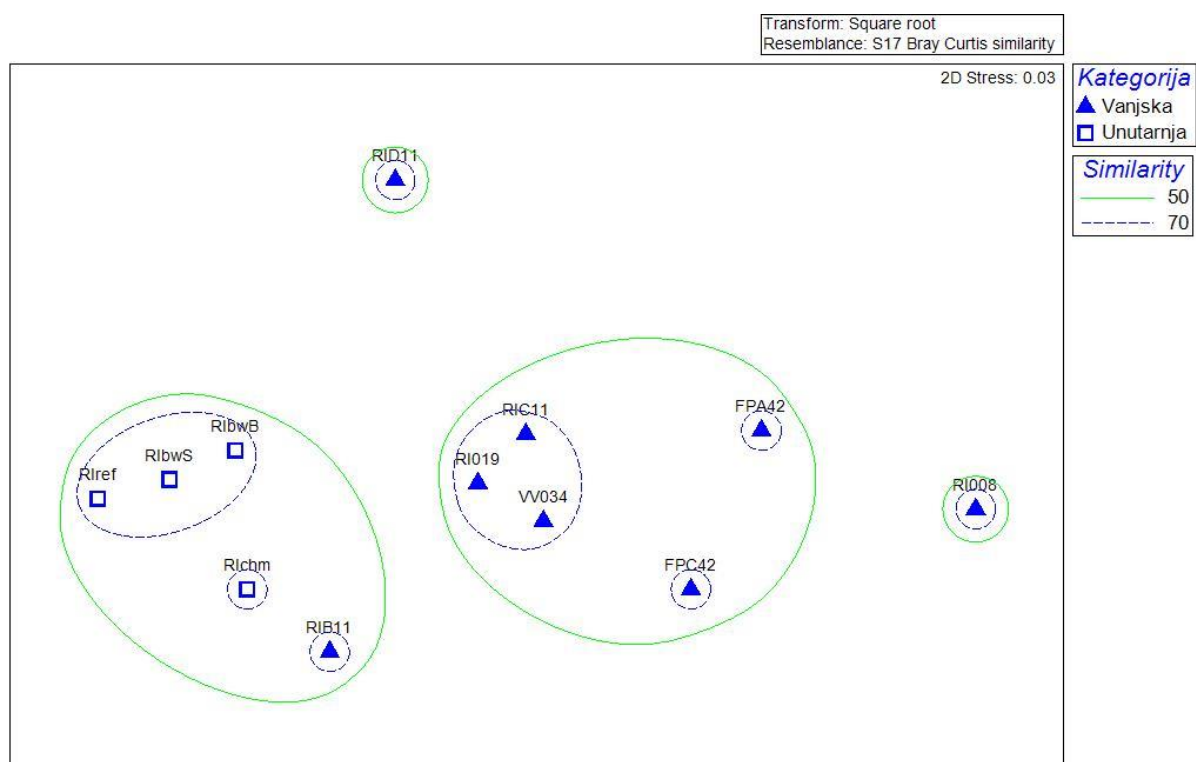
Slika 23. nMDS analiza zajednice cista ljetnoj sezoni na istraživanim postajama u 2015. godini

BEST analiza zajednice cista u odnosu na abiotičke čimbenike pokazala je statistički značajnu korelaciju abundancije cista u odnosu na udaljenost od pristaništa, udjelom frakcije šljunka, površinskom gustoćom te pridnenim salinitetom (Spearmanova korelacija ranga, $p < 0,05$; $\rho = 0,688$). Uzimajući u obzir smjer strujanja u Jadranskom moru, uz pretpostavku da na širenje cista utječu strujanja, napravljena je BEST analiza u kojoj nisu uključene postaje u Riječkom zaljevu (RI008 i RI019). Postaje su isključene jer zimi nisu pod utjecajem struja iz

Riječkog zaljeva. Rezultati analize pokazuju statistički značajnu korelaciju s pridnenim salinitetom i udjelom frakcije šljunka (Spearmanova korelacija ranga, $p < 0,05$, $\rho = 0,652$).

3.2.2 Zima

Iz grafičkog prikaza dobivenog nMDS analizom za zimsku sezonu vidljivo je grupiranje u dvije skupine unutar kojih je sličnost 50% (Slika 24). Vanjske postaje RID11 i RI008 ne grupiraju se s niti jednom drugom postajom. Pri sličnosti 70% vidljivo je grupiranje u dvije skupine. Jedna skupina se sastoji od unutarnjih postaja (RIref, RIbwS i RIbwB), dok se druga skupina sastoji od vanjskih postaja (RIC11, RI019 i VV034). Postaje RIchm (unutarnja), tri vanjske postaje (RIB11, FPC42 i FPA42) ne grupiraju se niti s jednom drugom postajom pri sličnosti 70%.



Slika 24. nMDS analiza zajednice cista u zimskoj sezoni na istraživanim postajama u 2015. godini.

BEST analiza zajednice cista u odnosu na abiotičke čimbenike koja uključuje sve uzorke iz zimske sezone nije pokazala statistički značajnu korelaciju. BEST analiza u kojoj nisu uključeni uzorci iz Riječkog zaljeva (RI008 i RI019; jer nisu pod utjecajem struja iz Riječkog zaljeva) pokazuju statistički značajnu korelaciju s udaljenosti od pristaništa, pridnenim salinitetom i pridnenom gustoćom (Spearmanova korelacija ranga, $p < 0,05$, $\rho = 0,6$).

4 RASPRAVA

U ovom radu analiziran je sastav i abundancija cista dinoflagelata na području Kvarnerskog i Riječkog zaljeva te Riječke luke s ciljem utvrđivanja potencijalnog utjecaja balastnih voda u istraživanom području. Obzirom da ciste mogu nastati u vodenom stupcu nakon reprodukcije ali i u nepovoljnim okolišnim uvjetima, u razmatranje su uzeti i abiotički čimbenici na istraživanim postajama.

Zabilježeni morfotipovi i njihove abundancije usporedivi su sa prijašnjim istraživanjima na području Jadranskog mora (Rubino i sur., 2000; Bastianini i sur., 2016; Di Poi i sur., 2019). Dominantni morfotipovi cista u uzorcima Rubino i suradnika (2000) su *Lingulodinium polyedrum*, vrste roda *Protoperidinium* i vrste roda *Scrippsiella*, dok Di Poi i suradnici (2019) kao dominantne morfotipove navode *Lingulodinium polyedrum* i *Alexandrium minutum/affine/tamutum*. U istraživanju Bastianini i suradnika (2016) najčešći morfotipovi u sedimentu su bili *Scrippsiella trochoidea* i *Lingulodinium polyedrum*.

Rubino i suradnici (2000) zabilježili su 6 morfotipova koji prethodno nisu bili nađeni u sjevernom Jadranu, a uključuju vrste roda *Scrippsiella* i *Protoperidinium*. Di Poi i suradnici (2019) prvi put su u Jadranu zabilježili morfotip *Polykrikos hartmanii* u stadiju ciste koji je pronađen i u ovom istraživanju, dok nije zabilježen u vegetativnom stadiju u Jadranskom moru. Morfotip *Biecheleria* (u ovom radu *Gymnodinium/Biecheleria/Scrippsiella* kompleks) zabilježen je na području sjevernog Jadrana i u vegetativnom obliku i u stadiju ciste (Bastianini i sur., 2016) no Di Poi i suradnici (2019) prvi su ga put zabilježili u Hrvatskim teritorijalnim vodama. Morfotip *Pyrodinium* cf. *bahamense* u stadiju ciste prvi su put u Jadranskom moru zabilježili Brajković i suradnici (2020).

Inventarizacijom zajednice cista u Jadranskom moru definirano je šest kategorija morfotipova na osnovu porijekla (Brajković i sur., 2020). Od morfotipova zabilježenih u ovom istraživanju, *Lingulodinium polyedrum*, *Scrippsiella lachrymosa*, *Protoperidinium compressum* i *Polykrikos schwartzii/kofoidii* kompleks su prema klasifikaciji u Brajković i suradnicima (2020) pripadaju kategoriji prirodnog širenja; *Gyrodinium impudicum*, *Protoperidinium claudicans*, *Pyrophacus steinii*, *Protoceratium reticulatum*, *Gonyaulax spinifera* i *Gonyaulax scrippsae* u kategoriji moguće prirodno širenje i širenje balastnim vodama, dok su ciste morfotipova *Alexandrium tamarense/catenella*, *Pyrodinium* cf. *bahamense* i *Polykrikos hartmanii* u kategoriji gotovo sigurno antropogenog porijekla.

Morfotipovi *Alexandrium tamarense/catenella* i *Pyrodinium cf. bahamense* potencijalno su toksični. Uspješno širenje i uspostavljanje populacija potencijalno toksične vrste *Alexandrium tamarense* iz cista zabilježio je Anderson (1994). Ciste *A. tamarense* uraganom su prenesene na područje gdje prethodno nisu bile zabilježene te su redovno uzrokovale toksične cvatnje. Koncentracija toksina u cistama dinoflagelata varira ovisno o vrsti. Kod nekih vrsti koncentracija toksina može biti manja u odnosu na vegetativne oblike ili ispod granice detekcije (Ellegaard i sur., 1998; Persson i sur., 2006), dok je u cistama vrste *A. tamarense* i do 10 puta veća u odnosu na koncentraciju toksina u vegetativnim oblicima (Dale i sur., 1978; Oshima i sur., 1992). Ciste morfotipa *Alexandrium tamarense/catenella* u ovom istraživanju nisu prisutne u visokim abundancijama dok abundancija cista morfotipa *Pyrodinium cf. bahamense* čini 5,1% od ukupnog broja cista u uzorku u kojem je pronađena. *Pyrodinium bahamense* je eurihalina i tropska vrsta (Usup i sur., 2012) koja je u ovom istraživanju zabilježena u ljetnoj sezoni u Riječkom zaljevu, dok je morfotip *Alexandrium tamarense/catenella* zabilježen samo u zimskoj sezoni na pristaništu brodova.

Prilikom analize abiotičkih čimbenika koji najviše utječu na ciste, Godhe i McQuoid (2003) prepoznali su temperaturu kao parametar koji ima najveći utjecaj, iako navode da distribucija cista ovisi o više čimbenike. Bastianini i suradnici (2016) zabilježili su veću abundanciju cista tijekom toplijeg dijela godine, što je također potvrđeno ovim istraživanjem.

U ovom istraživanju veličina čestica sedimenta je abiotički parametar koji najviše utječe na razdvajanje postaja u PCA analizi, ali je korelacija između abundancije cista i veličine čestica sedimenta ustanovljena samo u ljetnoj sezoni. Ovi nalazi su u skladu s istraživanjima Aydin i suradnika (2015) koji su u srpnju zabilježili su korelaciju između promjera ciste i promjera čestica sedimenta te u istraživanju Liu i suradnika (2012) koji korelaciju nisu ustanovili u studenom. Belmonte i suradnici (1995) ističu kako na korelaciju između veličinske frakcije sedimenta i abundancija cista u sedimentu utječe sezona te prostorna distribucija i abundancija vegetativnih oblika dinoflagelata. Obzirom da za istraživane postaje nisu uključeni podaci o sastavu i abundanciji vegetativnih oblika, ovu usporedbu nije bilo moguće napraviti.

Prema istraživanju Godhe i McQuoid (2003), veća abundancija cista nađena je u stratificiranim uvjetima. Niže abundancije tijekom zimske sezone zabilježene su i u ovom istraživanju kada je na svim postajama vodeni stupac izmiješan, dok su abundancije više u ljetnoj sezoni kada je prisutna stratifikacija vodenog stupca. Tijekom zime, moguće je da se ciste resuspendiraju u vodeni stupac gdje potom dolazi do klijanja ciste, u slučaju povoljnih

uvjeta (Godhe i McQuoid, 2003). Stratifikacija otežava resuspenziju cista u dio vodenog stupca u kojemu su uvjeti povoljni za klijanje, stoga su abundancije cista u sedimentu u stratificiranim uvjetima veće u odnosu na dobro izmiješani vodeni stupac. Resuspenzija sedimenta, a samim time i cista pospješuje se i pridnenim koćarenjem (Brown i sur., 2013). Osim resuspenzije, Brown i suradnici (2013) navode kako koćarenje može utjecati na prostornu distribuciju cista, odnosno, da se ciste resuspendiraju te da pri tome ne dolazi do klijanja, već ciste tonu na drugu lokaciju. Bastianini i suradnici (2016) zabilježili su različit sastav i abundanciju cista između uzoraka sedimenta i uzoraka zamki za sediment. Autori navode kako bi moguće razlike između uzoraka mogle biti zbog koćarenja i bioturbacije uzrokovane organizmima koji obitavaju u sedimentu. Koćarenje je djelatnost koja se obavlja i na području Kvarnerskog i Riječkog zaljeva (Crnković, 1968) stoga je proces resuspenzije i sedimentacije na drugoj lokaciji moguć i u Kvarnerskom i Riječkom zaljevu.

Rubino i suradnici (2000) su zabilježili negativnu korelaciju abundancije cista i udaljenosti od delte rijeke Po tijekom siječnja, koju objašnjavaju cirkulacijom. Autori postaju ispred delte rijeke Po smatraju usporedivom po abundanciji i sastavu cista obalnim područjima kao što su luke. Ovo istraživanje pokazalo je sezonsku razliku u abundanciji cista na istraživanom području. Na pristaništima je zabilježena ista abundancija neovisno o sezoni, dok je na ostalim postajama abundancija veća ljeti, što bi ukazivalo da je veći utjecaj balastnih voda tijekom zime. Navedene rezultate podržava zabilježena cirkulacija u Kvarnerskom i Riječkom zaljevu (Kraus i sur., 2019). Rezultati BEST analize ukazuju na širenje cista sa pristaništa brodova na ostala područja. U zimskoj sezoni iz Riječke luke (postaja RIbwB) nisu zabilježena strujanja prema centralnom dijelu Riječkog zaljeva (postaje RI008 i RI019) te su rezultati BEST analize različiti ovisno o uključenosti navedenih postaja. Kada se u BEST analizu uključe samo postaje pod utjecajem struja iz Riječke luke dolazi do statistički značajne korelacije abundancije cista i udaljenosti od pristaništa brodova. U zimskom razdoblju zabilježena je negativna korelacija što ukazuje na širenje cista s pristaništa na okolna područja.

Kako bi se bolje razumjela raspodjela cista u Kvarnerskom i Riječkom zaljevu te u Riječkoj luci bilo bi potrebno provesti uzorkovanje u kojem bi se vrste potvrdile molekularnim metodama te bi u uzorkovanje trebalo biti uključena i abundancija i sastav fitoplanktonske zajednice, koncentracija hranjivih soli te kemijski sastav sedimenta kako bi se pojedine parametre moglo povezati s pojedinim vrstama. Na taj način dobio bi se uvid u produkciju cista na području Kvarnerskog i Riječkog zaljeva te Riječke luke. U tom slučaju moglo bi se definirati koje su vrste u Riječku luku dospjele iz balastnih voda iz područja van Jadrana, ili u

slučaju vrsta koje su prisutne u Jadranskom moru, koliki je postotak cista dospio iz balastnih voda na područje luke te se morskim strujama prenosi u Kvarnerski i Riječki zaljev.

5 ZAKLJUČAK

1. U ovom istraživanju određeni su morfotipovi cista dinoflagelata iz kategorija (i) prirodno širenje, (ii) moguće prirodno širenje i širenje balastnim vodama i (iii) gotovo sigurno antropogeno širenje.

2. Morfotipovi iz kategorije „gotovo sigurno antropogeno širenje“, *Alexandrium tamarense/catenella* i *Pyrodinium* cf. *bahamense* su toksične vrste.

3. Abundancije cista najveće su u ljetnom razdoblju (srpanj) u doba stratifikacije.

4. U ovom radu abundancija cista pokazuje statistički značajnu korelaciju s udaljenosti od pristaništa te da se ciste iz područja Riječke luke prenose strujanjima na područje Kvarnerskog i Riječkog zaljeva.

5. Iz ovog istraživanja nije moguće zaključiti da li je povećana abundancija cista na postajama na pristaništima brodova uzrokovana formiranjem cista iz vegetativnih oblika dinoflagelata zbog nepovoljnih uvjeta ili ispuštanjem balastnih voda.

6. Potrebna su dodatna istraživanja kako bi se bolje razumijela raspodjela cista u Kvarnerskom i Riječkom zaljevu.

6 LITERATURA

- Adl, S. M., Simpson, A. G. B., Lane, C. E., Lukeš, J., Bass, D., Bowser, S. S., Brown, M. W., Burki, F., Dunthorn, M., Hampl, V., Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E., le Gall, L., Lynn, D. H., McManus, H., Mitchell, E. A. D., Mozley-Stanridge, S. E., Parfrey, L. W., Pawlowski, J., Rueckert, S., Shadwick, L., Schoch, C. L., Smirnov, A., Spiegel, F. W. (2012) 'The Revised Classification of Eukaryotes', *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 59(5), 429–514.
- Anderson, D. M. (1994) 'Red tides', *Scientific American*, 271(2), 52–58.
- Anderson, D. M., Stock, C. A., Keafer, B. A., Bronzino Nelson, A., McGillicuddy, D. J., Keller, M., Thompson, B., Matrai, P. A., Martin, J. (2005) '*Alexandrium fundyense* cyst dynamics in the Gulf of Maine', *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 52(19-21 SPEC. ISS.), 2522–2542.
- Anderson, M. J., Gorley, R. N. and Clarke, K. R. (2008) *PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods*. Plymouth: PRIMER-E.
- Artegiani, A., Bregant, D., Paschini, E., Pinardi, N., Raicich, F., Russo, A. (1997) 'The Adriatic Sea General Circulation . Part I : Air – Sea Interactions and Water Mass Structure', *Journal of Physical Oceanography*, 27, 1492–1514.
- Aydin, H., Yürür, E. E., Uzar, S., Küçüksezgin, F. (2015) 'Modern Dinoflagellate Cyst Assemblages of Aliaga and Nemrut Bay: Influence of Industrial Pollution', *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15, 543–554.
- Barsanti, L., Gualtieri, P. (2014) *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC press, Boca Raton.
- Bastianini, M., Totti, C., Penna, A., De Lazzari, A., Montresor, M. (2016) 'Dinoflagellate cyst production in the north-western Adriatic Sea', *Mediterranean Marine Science*, 17(3), 751–765.
- Belmonte, G., Castello, P., Piccinni, M. R., Quarta, S., Rubino, F., Geraci, S. and Boero, F. (1995) 'Resting stages in marine sediments off the Italian coast', *Biology and ecology of shallow coastal waters. Proc. 28th European marine biology symposium*, Iraklio, Crete, 1993, 53–58.
- Blanco, J. (1986) 'Separacion de quistes de dinoflagelados en gradiente de densidad', *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 3(3), 81–84.
- Bogus, K., Mertens, K. N., Lauwaert, J., Harding, I. C., Vrielinck, H., Zonneveld, K. A. F., Versteegh, G. J. M. (2014) 'Differences in the chemical composition of organic-walled dinoflagellate resting cysts from phototrophic and heterotrophic dinoflagellates', *Journal of Phycology*. Ur: S. Lin, 50(2), 254–266.
- Brajković, A. (2017) *Vremenska i prostorna raspodjela dinoflagelatnih cista u Riječkom zaljevu*, Završni rad. Sveučilište Jurja Dobrile u Puli.
- Brajkovic, A., Kuzat, N., Bastianini, M., Supic, N., Kraus, R. (2020) 'Dinoflagellate resting cysts from surface sediments of the North-Eastern Adriatic and their potential spreading patterns', 42nd CIESM congress proceedings, 161.
- Bravo, I., Figueroa, R. (2014) 'Towards an Ecological Understanding of Dinoflagellate Cyst Functions', *Microorganisms*, 2(1), 11–32.

- Bringué, M., Pospelova, V., Calvert, S. E., Enkin, R. J., Lacourse, T., Ivanochko, T. (2016) 'High resolution dinoflagellate cyst record of environmental change in Effingham Inlet (British Columbia, Canada) over the last millennium', *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 441(4), 787–810.
- Brown, L., Bresnan, E., Summerbell, K., O'Neill, F. G. (2013) 'The influence of demersal trawl fishing gears on the resuspension of dinoflagellate cysts', *Marine Pollution Bulletin*, 66(1–2), 17–24.
- Bujak, J. P., Williams, G. L. (1981) 'The evolution of dinoflagellates', *Canadian Journal of Botany*, 59, 2077–2087.
- Crnković, D. (1968) 'Koćarenje u kanalskom području sjeveroistočnog Jadrana', *Morsko ribarstvo*, 1, 16–17.
- Dale, B. (1977) 'Cysts of the toxic red-tide dinoflagellate *Gonyaulax excavata* (Braarud) Balech from Oslofjorden, Norway', *Sarsia North Atlantic Marine Science*, 63(1), 29–34.
- Dale, B. (1983) 'Dinoflagellate resting cysts: "benthic plankton"', U: *Survival strategies of the algae*, 69–123.
- Dale, B., Yentsch, C. M., Hurst, J. W. (1978) 'Toxicity in resting cysts of the red-tide dinoflagellate *Gonyaulax excavata* from deeper water coastal sediments', *Science*, 201, 1223–1225.
- de Vargas, C., Audic, S., Henry, N., Decelle, J., Mahé, F., Logares, R., Lara, E., Berney, C., Le Bescot, N., Probert, I., Carmichael, M., Poulain, J., Romac, S., Colin, S., Aury, J.M., Bittner, L., Chaffron, S., Dunthorn, M., Engelen, S., Flegontova, O., Guidi, L., Horák, A., Jaillon, O., Lima-Mendez, G., Lukeš, J., Malviya, S., Morard, R., Mulo, M., Scalco, E., Siano, R., Vincent, F., Zingone, A., Dimier, C., Picheral, M., Searson, S., Kandels-Lewis, S., Tara Oceans Coordinators, Acinas, S.G., Bork, P., Bowler, C., Gorsky, G., Grimsley, N., Hingamp, P., Iudicone, D., Not, F., Ogata, H., Pesant, S., Raes, J., Sieracki, M.E., Speich, S., Stemann, L., Sunagawa, S., Weissenbach, J., Wincker, P., Karsenti, E. (2015). Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean. *Science*, 348: 1261605.
- Demmig-Adams, B., Adams, W. W. (1992) 'Photoprotection and Other Responses of Plants to High Light Stress', *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43, 599–626.
- Dodge, J. D., Crawford, R. M. (1970) 'A survey of thecal fine structure in the Dinophyceae', *Botanical Journal of the Linnean Society*, 63(1), 53–67.
- Van Dolah, F. M. (2000) 'Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence.', *Environmental Health Perspectives*, 108, 133–141.
- Doucette, G. J., Cembella, A. D., Boyer, G. L. (1989) 'Cyst formation in the red tide dinoflagellate *Alexandrium tamarense* (Dinophyceae)', *Journal of Phycology*, 25(4), 721–731.
- Drake, J. M., Lodge, D. M. (2004) 'Global hot spots of biological invasions: Evaluating options for ballast-water management', *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271, 575–580.
- Dundović, Č., Vilke, S., Šantić, L. (2010) 'The significance of high-efficiency railway Zagreb-Rijeka for the port of Rijeka development', *Pomorstvo: Journal of maritime studies*, 2, 165–

Ellegaard, M., Kulis, D. M., Anderson, D. M. (1998) 'Cysts of Danish *Gymnodinium nolleri* Ellegaard et Moestrup sp. ined. (Dinophyceae): Studies on encystment, excystment and toxicity', *Journal of Plankton Research*, 20(9), 1743–1755.

Endresen, Ø., Lee Behrens, H., Brynstad, S., Bjørn Andersen, A., Skjong, R. (2004) 'Challenges in global ballast water management', *Marine Pollution Bulletin*, 48(7–8), 615–623.

Fistarol, G. O., Legrand, C., Rengefors, K., Graneli, E. (2004) 'Temporary cyst formation in phytoplankton: a response to allelopathic competitors?', *Environmental Microbiology*, 6(8), 791–798.

Flynn, K. J., Stoecker, D. K., Mitra, A., Raven, J. A., Glibert, P. M., Hansen, P. J., Granéli, E., Burkholder, J. M. (2013) 'Misuse of the phytoplankton-zooplankton dichotomy: The need to assign organisms as mixotrophs within plankton functional types', *Journal of Plankton Research*, 35(1), 3–11.

Folk, R. L., Ward, W. C. (1957) 'Brazos River Bar: a Study in the Significance of Grain Size Parameters', *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3–26.

Frangopulos, M., Guisande, C., Maneiro, I., Riveiro, I., Franco, J. (2000) 'Short-term and long-term effects of the toxic dinoflagellate *Alexandrium minutum* on the copepod *Acartia clausi*', *Marine Ecology Progress Series*, 203, 161–169.

Garces, E., Bravo, I., Vila, M., Figueroa, R. I., Masó, M., Sampedro, N. (2004) 'Relationship between vegetative cells and cyst production during *Alexandrium minutum* bloom in Arenys de Mar harbour (NW Mediterranean)', *Journal of Plankton Research*, 26(6), 637–645.

Geraci, J. R., Anderson, D. M., Timperi, R. J., St. Aubin, D. J., Early, G. A., Prescott, J. H., Mayo, C. A. (1989) 'Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) Fatally Poisoned by Dinoflagellate Toxin', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(11), 1895–1898.

Glazer, A. N. (1982) 'Phycobilisomes: Structure and Dynamics', *Annual Review of Microbiology*, 36, 173–198.

Gorsky G., Bourdin G., Lombard F., Pedrotti M. L., Audrain S., Bin N., Boss E., Bowler C., Cassar N., Caudan L., Chabot G., Cohen N. R., Cron D., De Vargas C., Dolan J. R., Douville E., Elineau A., Flores J. M., Ghiglione J. F., Haëntjens N., Hertau M., John S. G., Kelly R. L., Koren I., Lin Y., Marie D., Moulin C., Moucherie Y., Pesant S., Picheral M., Poulain J., Pujo-Pay M., Reverdin G., Romac S., Sullivan M. B., Trainic M., Tressol M., Troublé R., Vardi A., Voolstra C. R., Wincker P., Agostini S., Banaigs B., Boissin E., Forcioli D., Furla P., Galand P. E., Gilson E., Reynaud S., Sunagawa S., Thomas O. P., Vega Thurber R. L., Zoccola D., Planes S., Allemand D., Karsenti E. (2019) Expanding Tara Oceans Protocols for Underway, Ecosystemic Sampling of the Ocean-Atmosphere Interface During Tara Pacific Expedition (2016–2018). *Frontiers in Marine Science* 6:750.

Grzebyk, D., Berland, B. (1996) 'Influences of temperature, salinity and irradiance on growth of *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae) from the Mediterranean Sea', *Journal of Plankton Research*, 18(10), 1837–1849.

Guiry, M. D., Guiry, G. M. (2019) AlgaeBase, World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.

Hakanson, L. (1992) 'Sediment variability', U: Burton Jr, G. A. (ur.) Sediment Toxicity Assesment. Boca Raton: Lewis Publishers, 19–36.

Hallegraeff, G. M., Bolch, C. J. (1991) 'Transport of toxic dinoflagellate cysts via ships' ballast water', Marine Pollution Bulletin, 22(1), 27–30.

Head, M. J. (1996) 'Modern dinoflagellate cysts and their biological affinities', Palynology: Principles and Applications, 3, 1197–1248.

Hoppenrath, M., Elbrächter, M., Drebes, G. (2009) Marine Phytoplankton. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart.

Hunter, J. D. (2007) 'Matplotlib: A 2D Graphics Environment', Computing in Science & Engineering, 9(3), 90–95.

Janouškovec, J., Gavelis, G. S., Burki, F., Dinh, D., Bachvaroff, T. R., Gornik, S. G., Bright, K. J., Imanian, B., Strom, S. L., Delwiche, C. F., Waller, R. F., Fensome, R. A., Leander, B. S., Rohwer, F. L., Saldarriaga, J. F. (2017) 'Major transitions in dinoflagellate evolution unveiled by phylotranscriptomics', Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(2), E171–E180.

Juračić, M., Crmarić, R., Benac, Č. (1998) 'Holocenski sedimenti i sedimentacija u Riječkom zaljevu', U: Akro-Pijevac, Kovačić, Crnković (ur.) Prirodoslovna istraživanja Riječkog područja. Prirodoslovni muzej Rijeka, str. 333–338.

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

Kraus, R., Grilli, F., Supić, N., Janeković, I., Brailo, M., Cara, M., Cetinić, A. B., Campanelli, A., Cozzi, S., D'Adamo, R., Djakovac, T., Dutour-Sikirić, M., Putrle, V. F., Francée, J., Joksimović, D., Klun, K., Kolitari, J., Kralj, M., Kušpilić, G., Marini, M., Matić, F., Mikus, J., Ninčević-Gladan, Ž., Pansera, M., Pećarević, M., Precali, R., Prusina, I., Relitti, F., Santucci, A., Specchiulli, A., Škalic, D. (2019) 'Oceanographic characteristics of the Adriatic Sea – Support to secondary HAOP spread through natural dispersal', Marine Pollution Bulletin, 147, 59–85.

Lebour, M. V. (1925) The Dinoflagellates of Northern Seas. Biological Association of the United Kingdom, Plymouth.

Lee, R. E. (2008) Phycology. Cambridge University Press, New York.

Liu, D., Shi, Y., Di, B., Sun, Q., Wang, Y., Dong, Z., Shao, H. (2012) 'The impact of different pollution sources on modern dinoflagellate cysts in Sishili Bay, Yellow Sea, China', Marine Micropaleontology, 84–85, 1–13.

Marasović, I. (1989) 'Encystment and excystment of *Gonyaulax polyedra* during a red tide', Estuarine, Coastal and Shelf Science, 28(1), 35–41.

Margalef, R. (1978) 'Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment', Oceanologica acta, 1(4), 493–509.

Martinec, C. C., Miller, J. M., Barron, N. K., Tao, R., Yu, K., Stewart, P. M., Nichols, A. C., Steffy, D. A., Landers, S. C. (2014) 'Sediment Chemistry and Meiofauna from the Northern Gulf of Mexico Continental Shelf', *International Journal of Oceanography*, 2014, 1–10.

Matsuoka, K. and Fukuyo, Y. (2000) 'Technical guide for modern dinoflagellate cyst study', WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC.

McKinney, W. (2010) 'Data Structures for Statistical Computing in Python', *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*, 51–56.

Mitra, A., Flynn, K. J., Tillmann, U., Raven, J. A., Caron, D., Stoecker, D. K., Not, F., Hansen, P. J., Hallegraeff, G., Sanders, R., Wilken, S., McManus, G., Johnson, M., Pitta, P., Våge, S., Berge, T., Calbet, A., Thingstad, F., Jeong, H. J., Burkholder, J. A., Glibert, P. M., Granéli, E., Lundgren, V. (2016) 'Defining Planktonic Protist Functional Groups on Mechanisms for Energy and Nutrient Acquisition: Incorporation of Diverse Mixotrophic Strategies', *Protist*, 167(2), 106–120.

Mudie, P. J., Marret, F., Mertens, K. N., Shumilovskikh, L., Leroy, S. A. G. (2017) 'Atlas of modern dinoflagellate cyst distributions in the Black Sea Corridor: from Aegean to Aral Seas, including Marmara, Black, Azov and Caspian Seas', *Marine Micropaleontology*, 134, 1–152.

Ngo, X. Q., Smol, N., Vanreusel, A. (2013) 'The meiofauna distribution in correlation with environmental characteristics in 5 Mekong estuaries, Vietnam', *Cahiers de Biologie Marine*, 54, 71–83.

Noorany, I. (1989) 'Classification of Marine Sediments', *Journal of Geotechnical Engineering*, 115(1), 23–37.

Oshima, Y., Bolch, C. J., Hallegraeff, G. M. (1992) 'Toxin composition of resting cysts of *Alexandrium tamarense* (Dinophyceae)', *Toxicon*, 30(12), 1539–1544.

Persson, A., Smith, B. C., Wikfors, G. H., Quilliam, M. (2006) 'Grazing on toxic *Alexandrium fundyense* resting cysts and vegetative cells by the eastern oyster (*Crassostrea virginica*)', *Harmful Algae*, 5, 678–684.

Pitcher, G. C., 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.

Di Poi, E., Kraus, R., Cabrini, M., Finotto, S., Flander-Putrlé, V., Grego, M., Kužat, N., Ninčević Gladan, Ž., Pezzolesi, L., Riccardi, E., Bernardi Aubry, F., Bastianini, M. (2019) 'Dinoflagellate resting cysts from surface sediments of the Adriatic Ports: Distribution and potential spreading patterns', *Marine Pollution Bulletin*, 147, 185–208.

QGIS Development Team (2018) 'QGIS'. Open Source Geospatial Foundation Project.

Reynolds, C. (2006) *Ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, New York.

Rigby, G. R., Hallegraeff, G. M., Sutton, C. (1999) 'Novel ballast water heating technique offers cost-effective treatment to reduce the risk of global transport of harmful marine organisms', *Marine Ecology Progress Series*, 191, 289–293.

Rochon, A., de Vernal, A., Turon, J. L., Matthiessen, J., 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.

Rubino, F., Belmonte, G., Miglietta, A. M., Geraci, S., Boero, F. (2000) 'Resting stages of plankton in recent North Adriatic sediments', *Marine Ecology*, 21(3–4), 263–284.

Sakamoto, B., Hokama, Y., Horgen, F. D., Scheuer, P. J., Kan, Y., Nagai, H. (2000) 'Isolation of a sulfoquinovosyl monoacylglycerol from *Bryopsis* sp. (Chlorophyta): Identification of a factor causing a possible species-specific ecdysis response in *Gambierdiscus toxicus* (Dinophyceae)', *Journal of Phycology*, 36(5), 924–931.

Shepard, F. P. (1954) 'Nomenclature based on sand-silt-clay ratios', *Journal of Sedimentary Petrology*, 24, 151–158.

Shumway, S. E., Allen, S. M., Dee Boersma, P. (2003) 'Marine birds and harmful algal blooms: sporadic victims or under-reported events?', *Harmful Algae*, 2(1), 1–17.

Sieburth, J. M. N., Smetacek, V., Lenz, J. (1978) 'Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions', *Limnology and Oceanography*, 23(6), 1256–1263.

Skerratt, J., Bowman, J., Hallegraeff, G., James, S., Nichols, P. (2002) 'Algicidal bacteria associated with blooms of a toxic dinoflagellate in a temperate Australian estuary', *Marine Ecology Progress Series*, 244, 1–15.

Urban-Malinga, B., Kotwicki, L., Gheskiere, T. L. A., Jankowska, K., Opaliński, K., Malinga, M. (2004) 'Composition and distribution of meiofauna, including nematode genera, in two contrasting Arctic beaches', *Polar Biology*, 27(8), 447–457.

Usup, G., Ahmad, A., Matsuoka, K., Lim, P. T., Leaw, C. P. (2012) 'Biology, ecology and bloom dynamics of the toxic marine dinoflagellate *Pyrodinium bahamense*', *Harmful Algae*, 14, 301–312.

Utermöhl, H. (1958) 'Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik', *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9, 1–38.

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

Wang, D. Z. (2008) 'Neurotoxins from marine dinoflagellates: A brief review', *Marine Drugs*, 6(2), 349–371.

Wang, Z. H., Qi, Y. Z., 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.

Wentworth, C. K. (1922) 'A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments', *The Journal of Geology*, 30(5), 377–392.

White, A. W. (1981) 'Marine zooplankton can accumulate and retain dinoflagellate toxins and cause fish kills', *Limnology and Oceanography*, 26(1), 103–109.

7 ŽIVOTOPIS

Alin Brajković

Datum i mjesto

rođenja 28.12.1994. godine, Rijeka

Adresa

Jasenova 13, Kukci, 52440 Poreč

E-mail

alin.brajkovic@gmail.com

Obrazovanje

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

Tema završnog rada: Vremenska i prostorna raspodjela dinoflagelatnih cista u Riječkom zaljevu

Stručna praksa

Centar za istraživanje mora Institut Ruđer Bošković, 120 sati

Volontiranje

Centar za invazivne vrste, Institut za poljoprivredu i turizam, 36 sati

Udruge

Udruga studenata biologije-BIUS

Voditeljica sekcije za alge (2017-2019)

Popularizacija znanosti

Festival znanosti 2015. godine

Noć Biologije 2018. godine

Noć Biologije 2019. godine

Popis radova

Brajković, A., Kužat, N., Bastianini, M., Supić, N., Kraus, R. (2020) 'Dinoflagellate resting cysts from surface sediments of the North-Eastern Adriatic and their potential spreading patterns', 42nd CIESM congress proceedings, 161.
