

2019

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

MAGISTRSKO DELO

MAGISTRSKO DELO
BIODIVERZITETA FITOPLANKTONA NA OBMOČJU
LUKE KOPER

LENKA PAGON

LENKA PAGON

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Magistrsko delo

Biodiverziteta fitoplanktona na območju Luke Koper

(Biodiversity of phytoplankton in the area of Port of Koper)

Ime in priimek: Lenka Pagon

Študijski program: Varstvo narave, 2. stopnja

Mentor: izr. prof. dr. Patricija Mozetič

Somentor: dr. Janja Francé

Koper, maj 2019

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Lenka PAGON

Naslov magistrskega dela: Biodiverzitetata fitoplanktona na območju Luke Koper

Kraj: Koper

Leto: 2019

Število listov: 69

Število slik: 21

Število preglednic: 4

Število prilog: 1

Št. strani prilog: 8

Število referenc: 90

Mentor:izr. prof. dr. Patricija Mozetič

Somentor: dr. Janja Francé

UDK: 582.261/.279(497.4)(043.2)

Ključne besede:

fitoplankton, biodiverzitetata, škodljive alge (HAB), tujerodne vrste (NIS), raziskave pristanišč (PBS), balastne vode, Luka Koper, Jadransko morje

Izvleček:

Magistrsko delo o fitoplanktonski biodiverziteti na območju Luke Koper se je izvajalo v okviru raziskav pristanišč PBS (angl. Port Baseline Survey) v sezonah pomlad, poletje, jesen 2014 in zima 2015. Namen naloge je bil pripraviti popis fitoplanktonskih vrst na območju Luke Koper, vključno z vrstami, ki lahko povzročajo škodljiva cvetenja alg – HAB (angl. Harmful Algal Blooms), med katerimi so tako avtohtone kot tujerodne vrste – NIS (angl. Non-Indigenous Species). Določili smo 184 taksonov (vrst in rodov) fitoplanktona, med katerimi so prevladovale diatomeje (94) in dinoflagelati (78). Rezultati študije so pokazali, da je bil vpliv sezone na variabilnost združbe večji, kot pa vpliv morebitnih razlik med vzorčnimi mesti (5 postaj PBS) in da gre v preoblikovanem luškem akvatoriju za fitoplanktonsko združbo, ki je podobna združbi v Tržaškem zalivu. Med vsemi taksoni je bilo 25 prepoznanih kot vrste HAB, med katerimi je največ takih, ki sintetizirajo DSP in sorodne lipofilne toksine. Ena izmed vrst HAB je bila določena kot NIS (*Pseudo-nitzschia multistriata*). Ekološke značilnosti najdenih organizmov HAB v koprskem pristanišču smo primerjali z večletnim vzorcem pojavljanja HAB-ov na školjčičišču v slovenskem morju. S primerjavo smo ugotovili, da ima fitoplanktonska združba podobno sestavo in sezonsko dinamiko. Rezultati študije so pokazali, da obstaja možnost vnosa vrst NIS z balastnimi vodami. Ta raziskava bo služila kot osnova za pristaniški monitoring v prihodnosti, ki se bo

osredotočil na najpomembnejše in najbolj abundantne vrste HAB, omogočil pa bo tudi monitoring morebitnih sprememb (NIS in HAB) v fitoplanktonski združbi na tem območju. Bodoči monitoring bo eden izmed postopkov sistema zgodnjega opozarjanja z namenom omejevanja in preprečevanja škodljivih posledic organizmov HAOP (angl. Harmful Aquatic Organisms and Pathogens).

Key words documentation

Name and SURNAME: Lenka PAGON

Title of the master thesis: Biodiversity of phytoplankton in the area of Port of Koper

Place: Koper

Year: 2019

Number of pages: 69

Number of figures: 21

Number of tables: 4

Number of appendix: 1

Number of appendix pages: 8

Number of references: 90

Mentor: Assoc. Prof. Patricija Mozetič, PhD

Co-Mentor: Janja Francé, PhD

UDK: 582.261/.279(497.4)(043.2)

Keywords:

phytoplankton, biodiversity, Harmful Algal Blooms, Non-Indigenous Species, Port Baseline Survey, ballast water, Port of Koper, Adriatic Sea

Abstract:

Master's thesis on phytoplankton biodiversity in the area of the Port of Koper was part of the port baseline survey (PBS) research that took place in the spring, summer and autumn of 2014 and winter of 2015. The objective of the thesis was to conduct a survey of the phytoplankton species in the area of the Port of Koper, including the species that can lead to harmful algal blooms (HAB). The latter include indigenous as well as non-indigenous species (NIS). We specified 184 taxa (species and genera) of phytoplankton, of which diatoms (94) and dinoflagellates (78) were most common. The results of the research have shown that the effect of the season on the variability of community was larger than the effect of the possible discrepancies between sample spots (5 PBS sampling stations) and that the altered marine area is connected to phytoplankton community similar to the one in the Gulf of Trieste. Among all taxa, 25 were recognised as HAB species, most of which synthesize DSP and similar lipophilic toxins. One of the HAB species was defined as NIS (*Pseudo-nitzschia multistriata*). Ecological characteristics of HAB organisms found in the Port of Koper were compared against HAB multiannual pattern of occurrence at shellfish farm in the Slovenian sea. By comparison, we have discovered similarities among phytoplankton communities' structure and seasonal dynamics. The results of the research have revealed the possibility of the entry of NIS species with ballast water. This research provides the basis

for future port monitoring, concentrating on the most important and abundant HAB species. It will also enable monitoring of potential changes (NIS and HAB) in phytoplankton community in the area. Future monitoring will serve as one of the methods of early warning system (EWS) for restriction and prevention of damaging effects of HAOP organisms (harmful aquatic organisms and pathogens).

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	RAZŠIRJANJE FITOPLANKTONA Z BALASTNIMI VODAMI	4
1.2	ORIS ZNAČILNOSTI HAB ORGANIZMOV V SLOVENSKEM MORJU	8
1.3	MONITORING HAOP V PRISTANIŠČIH ZA POTREBE BMW KONVENCIJE 10	
1.4	CILJI IN HIPOTEZE.....	10
2	MATERIALI IN METODE	12
2.1	OPIS OBMOČJA VZORČENJA	12
2.2	VZORČENJE V PRISTANIŠČU IN TERENSKE MERITVE	13
2.3	LABORATORIJSKE ANALIZE	15
2.3.1	Taksonomska sestava fitoplanktonske združbe.....	15
2.3.2	Vsebnost nutrientov	16
2.4	STATISTIČNE ANALIZE	16
2.5	POPIS HAOP ORGANIZMOV	16
3	REZULTATI	17
3.1	FIZIKALNE IN KEMIČNE ZNAČILNOSTI MORSKE VODE NA OBMOČJU LUKE KOPER.....	17
3.1.1	Koncentracije hranilnih snovi	17
3.1.2	Globinski profili temperature, slanosti in klorofila <i>a</i>	19
3.1.2.1	Pomlad.....	19
3.1.2.2	Poletje.....	19
3.1.2.3	Jesen	20
3.1.2.4	Zima	21
3.2	BIODIVERZITETA FITOPLANKTONA NA OBMOČJU LUKE KOPER.....	22
3.3	HAB IN NIS ORGANIZMI NA OBMOČJU LUKE KOPER	23
3.3.1	Organizmi HAB.....	23
3.3.2	Ekološke značilnosti HAB organizmov na območju Luke Koper	27
3.3.3	Prvič opažene in tujerodne vrste (NIS).....	29
3.4	POVPREČNA LETNA DINAMIKA ŠKODLJIVIH VRST FITOPLANKTONA V JV DELU TRŽAŠKEGA ZALIVA	30
4	DISKUSIJA	34
4.1	BIODIVERZITETA IN SEZONSKA DINAMIKA FITOPLANKTONSKE ZDRUŽBE NA OBMOČJU LUKE KOPER	34
4.2	VPLIV ABIOTSKIH DEJAVNIKOV NA FITOPLANKTONSKO ZDRUŽBO	37
4.3	ŠKODLJIVE/HAB AVTOHTONE IN NEAVTOHTONE FITOPLANKTONSKE VRSTE NA OBMOČJU LUKE KOPER.....	38
5	SKLEPI.....	41
6	LITERATURA IN VIRI.....	42

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Število vrst (S) fitoplanktona na postajah na območju Luke Koper v štirih sezonah s povprečnimi vrednostmi in standardno deviacijo (\pm SD) za posamezne sezone in postaje (PBS1, PBS2, PBS3, PBS4).	22
Preglednica 2: Pojavnost/prisotnost fitoplanktonskih taksonov med posameznimi sezonami na vseh postajah (PBS1, PBS2, PBS3, PBS4, PBS5) območju Luke Koper.	23
Preglednica 3: Seznam (potencialno) škodljivih vrst fitoplanktona (HAB), ki so bile najdene v mrežnih vzorcih in vzorcih morske vode iz sestavljene cevi v okviru študije PBS na območju Luke Koper. Podane so tudi informacije o škodljivem vplivu vrst oz. rodov HAB in drugih bioloških značilnostih: faza mirovanja (dinoflagelatne ciste in spore diatomej v fazi mirovanja). Oznake A-R se nanašajo na fotografije vrst na Sliki 12.	24
Preglednica 4: Razložena varianca (r^2), ki jo predstavljajo različni parametri, in njihova statistična značilnost (P) pridobljeni z analizo <i>envfit</i>	28

KAZALO SLIK IN GRAFIKONOV

Slika 1: Različne vrste fitoplanktona (večinoma dinoflagelati, diatomeje in silikoflagelati) (vir: http://blacksea-education.ru/SEM.htm).....	3
Slika 2: Življenjski cikel dinoflagelatov (spremenjen po Walker in sod. 1984) (Figueroa R.I. 2010).	5
Slika 3: Zemljevid vzorčnih mest PBS1, PBS2 in PBS3 znotraj Luke Koper, PBS4 na območju sidrišča (rumena oznaka) in PBS5 za horizontalni poteg/vlek (rdeča črta) pred bazenom II in III ter postaja 0DB2 na območju školjčišča (Risba: Šiško M., MBP).	14
Slika 4: Koncentracije raztopljenega anorganskega dušika (DIN) v površinskem sloju na štirih postajah na območju Luke Koper v vseh sezonah.	17
Slika 5: Koncentracije silikata v površinskem sloju na štirih postajah na območju Luke Koper v vseh sezonah.	18
Slika 6: Koncentracije fosfata v površinskem sloju na štirih postajah na območju Luke Koper v vseh sezonah.	18
Slika 7: Globinski profili temperature (a), slanosti (b) in klorofila <i>a</i> (c) na postajah PBS1, PBS2, PBS3 in PBS4 na območju Luke Koper z dne 09.05.2014.	19
Slika 8: Globinski profili temperature (a), slanosti (b) in klorofila <i>a</i> (c) na postajah PBS1, PBS2, PBS3 in PBS4 na območju Luke Koper z dne 28.07.2014.	20
Slika 9: Globinski profili temperature (a), slanosti (b) in klorofila <i>a</i> (c) na postajah PBS1, PBS2, PBS3 in PBS4 na območju Luke Koper z dne 17.11.2014.	21
Slika 10: Globinski profili temperature (a), slanosti (b) in klorofila <i>a</i> (c) na postajah PBS1, PBS2, PBS3 in PBS4 na območju Luke Koper z dne 09.02.2015.	21
Slika 11: Dendrogram podobnosti fitoplanktonske združbe na območju Luke Koper. Številčne oznake poleg imena postaj označujejo sezone: 1 – pomlad, 2 – poletje, 3 – jesen, 4 – zima.	23
Slika 12: Mikroskopske fotografije dinoflagelatov in diatomej HAB, posnete v fluorescenčni UV (A, E) in navadni svetlobi (vse ostale). Objekti na fotografijah A in E so pobarvani z barvilom Calcofluor White M2R (glej Preglednico 3 za vrstno sestavo).	25
Slika 13: Abundanca izbranih škodljivih fitoplanktonskih taksonov na štirih vzorčnih postajah v štirih sezonah na območju Luke Koper (opomba: različen razpon vrednosti abundanc na y oseh).....	27
Slika 14: Diagram nMDS, ki prikazuje razvrstitev vzorcev in vrst na prvih dveh ordinacijskih oseh glede na sestavo škodljivih vrst (A. ins – <i>Alexandrium insuetum</i> , A. min – <i>Alexandrium cf. minutum</i> , A. pse – <i>Alexandrium pseudogonyaulax</i> , A. spp – <i>Alexandrium spp.</i> , D. cau – <i>Dinophysis caudata</i> , D. for – <i>Dinophysis fortii</i> , D. sac – <i>Dinophysis sacculus</i> , D. spp. – <i>Dinophysis spp.</i> , L. pol – <i>Lingulodinium polyedra</i> , P. lima – <i>Prorocentrum lima</i> , P. ret – <i>Protoceratium reticulatum</i> , Ph. rot – <i>Phalacroma rotundatum</i> , Ps. cal – <i>Pseudo-nitzschia cf. calliantha</i> , Ps. fra – <i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> , Ps. sp. – <i>Pseudo-nitzschia sp.</i>)	

fitoplankotna v povezavi z abiotскими dejavniki. Oznake vzorcev: postaja_sezona (1 – pomlad, 2 – poletje, 3 – jesen, 4 – zima) (npr.: PBS1_1). Stres: 0,106.	28
Slika 15: Prvič opažene vrste na območju Luke Koper; a: <i>Dactyliosolen phuketensis</i> , b: <i>Lithodesmium undulatum</i> , c: <i>Meuniera membranacea</i> , d: cf. <i>Pseudoguinaridia recta</i> , e: <i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	29
Slika 16: Celici <i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> (svetlobni mikroskop) iz postaje ODB2.	29
Slika 17: Povprečna letna dinamika vrst iz rodu <i>Pseudo-nitzschia</i> , ki povzročajo zastrupitev ASP na postaji ODB2 v obdobju 2006-2015.	30
Slika 18: Povprečna letna dinamika vrste <i>Lingulodinium polyedra</i> , ki sinteizira jesotoksine, sorodne toskinom DSP, na postaji ODB2 v obdobju 2006-2015.	31
Slika 19: Povprečna letna dinamika vrst <i>Dinophysis</i> spp. in <i>Phalacroma</i> spp., ki povzročajo zastrupitev DSP, na postaji ODB2 v obdobju 2006-2015.	32
Slika 20: Povprečna letna dinamika vrst <i>Alexandrium</i> spp, ki povzročajo zastrupitev PSP, na postaji ODB2 v obdobju 2006-2015.	32
Slika 21: Diagram nMDS, ki prikazuje razvrstitev škodljivih vrst fitoplanktona na postaji ODB2 na prvih dveh ordinacijskih oseh glede na sezono pojavljanja.	33

KAZALO PRILOG

Priloga A: Rezultati popisa abundanc fitoplanktona v PBS raziskavi

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici izr. prof. dr. Patriciji Mozetič in somentorici dr. Janji Francé, ki sta me sprejeli pod svoje profesionalno mentorstvo ter me s strokovnimi nasveti in prijazno potrpežljivostjo usmerjali med nastajanjem magistrske naloge.

Zahvaljujem se tudi raziskovalni skupini strokovnjakov različnih profilov, zaposlenih na Morski biološki postaji v Piranu (NIB), za pomoč pri analizi podatkov in neprecenljive napotke med delom na terenu in v laboratoriju.

Hvala vsem najbližjim, ki so mi stali ob strani, me spodbujali, verjeli vame in v moje delo.

1 UVOD

Ladijske balastne vode so priznane kot eden od pomembnih transportnih vektorjev za globalni prenos vodnih organizmov, vključno s škodljivimi vodnimi organizmi in patogeni (angl. *Harmful Aquatic Organisms and Pathogens* – HAOP). Po kvalifikaciji med HAOP sodijo potencialno škodljive tujerodne vrste (angl. *Non-indigenous species* – NIS; sinonimi: eksotične, neavtohtone, alohtone vrste), škodljive avtohtone ali domorodne vrste, kriptogene vrste z nepoznanim izvorom ter patogeni (David in sod. 2013; Gollasch in sod. 2015). Tujerodna vrsta je vrsta, podvrsta ali takson nižje kategorije, ki je vnesen zunaj območja pretekle ali sedanje naravne razširjenosti. To vključuje kateri koli razvojni stadij organizma (npr. spore, ciste), ki lahko preživi in je sposoben razmnoževanja (Cabrin in sod. 2018).

Podkategorija tujerodnih vrst, ki v novem okolju dokazano razvije svoj negativni potencial pa so invazivne vrste (angl. *Invasive Alien Species* – IAS; sinonim: neofiti). Te se hitro širijo na nova območja in uspevajo v naravnih habitatih tako, da s svojo prisotnostjo in številčnostjo povzročajo negativne opazne spremembe na biodiverziteti, strukturi in/ali funkciji ekosistema, družbeno-ekonomskih vrednotah in/ali zdravju ljudi.

Negativne vplive na ekosisteme in različne človekove dejavnosti ter njegovo zdravje pa imajo tudi škodljiva cvetenja alg (angl. *Harmful Aquatic Blooms* – HAB). Povzročitelji teh cvetenj so povečini mikroalge in z vidika škodljivosti v nekem okolju njihov izvor ni pomemben - so lahko avtohtone ali tujerodne vrste, vendar jih je v vsakem primeru treba spremljati in blažiti njihove posledice.

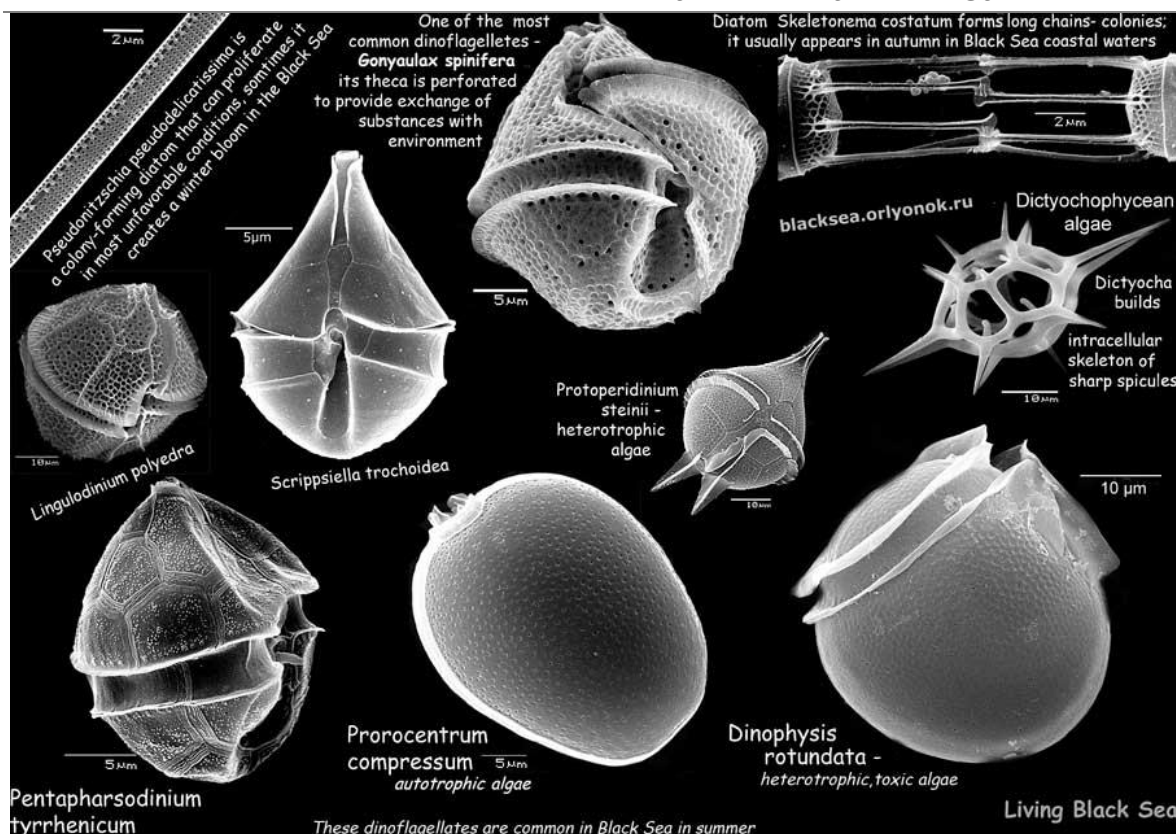
Mednarodna pomorska organizacija (angl. *The International Maritime Organization* – IMO) je leta 2004 sprejela »Mednarodno konvencijo o nadzoru in upravljanju balastnih voda in sedimentov ladij« (angl. *Ballast Water Management* – BWM), katere namen je zmanjšati širjenje HAOP med pristanišči in obalnimi morji z določitvijo standardov in postopkov za upravljanje in nadzor ladijskih balastnih vod in sedimenta (IMO 2004). Konvencija BWM je tudi vpeljala termin HAOP. Poleg konvencije BWM spremljanje organizmov NIS opredelujeta tudi Okvirna direktiva o morski strategiji (2008/56/ES) in Uredba o preprečevanju in upravljanju vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst (Uredba (EU) št. 1143/2014) (Mozetič in sod. 2017).

Prva raziskava, ki je vključevala vzorčenje balastne vode ladij, sega v 70. leta prejšnjega stoletja (Medcof 1975), sledile pa so ji študije Carltona (1985, 1987), Hallegraeffa in Bolcha (1991) in Subba Raota s sodelavci (1994). Rosenthal (1980) povzema znanja in tveganja, povezana z namernim vnosom vrst NIS za potrebe ribogojstva, v nasprotju z balastnimi vodami, ki so vektor nenamernega vnosa NIS. V študiji je bilo tudi ugotovljeno, da je razvoj modernega ribogojstva v obalnem pasu ali v bližini pomorskih poti v nevarnosti zaradi prenosa bolezni patogenov s pomočjo balastne vode. Organizmi NIS se ne prenašajo le z

balastno vodo in sedimentom, ampak tudi kot obraščajoči organizmi na ladijskem trupu. Ugotovljeno je bilo, da večje svetovne tovarne ladje na letni ravni skupaj prenesejo 8-10 milijard ton balastne vode, kar kaže na globalno skrb za ta problem. Carlton in Geller (1993) ter Gollasch (1996) so dokazali, da se v povprečju od 3.000 do 4.000 vrst organizmov dnevno prevaža z ladjami. Veliko število NIS je bilo vnesenih v severnoevropska morja. V zadnjih 150 letih je bilo zaradi človekovih dejavnosti v Baltsko morje vnesenih okoli 90 vrst NIS. Večina teh je bila nenamerno vnesena z balastnimi vodami ali z obraščenostjo ladijskih trupov. Druge vrste pa so bile namerno vnesene za namene ribogojstva ali eksperimentalne namene. Območja z manjšo biodiverziteto so bolj občutljiva za vnos NIS in vzpostavitev njihovih populacije kot območja z visoko biotsko raznovrstnostjo (Gollasch in Leppäkoski 1999).

Ker je težko napovedati prihod in posledico škodljivih organizmov, ki so prisotni v balastnih tankih, je preventiva upravljanja z njihovimi vektorji (ladjami) in pristanišči zaenkrat najboljša strategija. Trenutno je glavna zahteva izmenjava balastne vode, načrpane v tujem pristanišču, z oceansko vodo, načrpano na odprtem morju ter s tem zmanjšati številčnost in raznolikost obalnega planktona. Tako se zmanjša verjetnost invazij, saj je številčnost posameznih vrst, ki so načrpane v balastne vode, pomemben dejavnik uspeha invazije (Casas Monroy in sod. 2015).

Številnim morskim organizmom od patogenih bakterij, mikroalg do rib je olajšan prenos v balastnih tankih na dolge razdalje in kasneje razširjanje čez biogeografske ovire, ki bi drugače preprečile njihovo širjenje. Vneseni organizmi lahko preživijo v tujih okoljih, vendar je uspeh preživetja vrst odvisen od ugodnih abiotskih dejavnikov, ustrezne preskrbe s hrano in majhnega pritiska plenilcev (Cabrini in sod. 2018). V balastnih vodah v združbi planktonskih mikroalg, tj. fitoplanktona, prevladujejo diatomeje in dinoflagelati (Slika 1), med katerimi je tudi sicer veliko vrst HAB, ki lahko negativno vplivajo na javno zdravje in lokalno gospodarstvo (Hallegraeff in Bolch 1992).



Slika 1: Različne vrste fitoplanktona (večinoma dinoflagelati, diatomeje in silikoflagelati) (vir: <http://blacksea-education.ru/SEM.htm>).

Raziskave, ki obsegajo natančen popis biodiverzitet različnih ekoloških in taksonomskih skupin organizmov v pristaniščih (angl. *Port Baseline Surveys – PBS*), s poudarkom na škodljivih tujerodnih ali avtohtonih vrstah, so bistveno orodje za podporo učinkovitih strategij upravljanja HAOP v pristaniščih in zraven ležečih območjih. S pomočjo PBS lahko ugotovimo, kakšna je sestava združbe v okolju (pristanišču), kar pa omogoča kasnejše spremljanje sprememb v diverziteti same skupine organizmov. Cilj PBS je narediti popis vseh organizmov v pristaniščih in označiti HAOP – NIS, kriptogene in avtohtone patogene ter HAB.

Eden od rezultatov PBS je tudi vzpostavitev rednega monitoringa, tj. spremljanja pojavljanja, številčnosti in razširjenosti HAOP v pristaniščih, kjer poteka črpanje in izmenjava balastnih vod zato, da se ustavi črpanje vode, ko njihovo število naraste.

Značilnost teh študij je, da potekajo po točno predpisanih protokolih za vnesene, kriptogene in avtohtone vrste, ki predpisujejo in vsebujejo načrte raziskav, protokole vzorčenja in ravnanja z vzorci, protokole za identifikacijo vrst ter prepoznavanje njihovih invazijskih poti in vektorje.

Te raziskave in protokoli so nastali v okviru mednarodnega projekta BALMAS iz sheme IPA Adriatic 2009-2013 (angl. *Ballast Water Management System for Adriatic Sea Protection*). Cilj projekta BALMAS je bil vzpostaviti skupni čezmejni sistem v Jadranskem morju, ki bi povezal vse raziskovalce, strokovnjake in odgovorne nacionalne organe, da bi

se izognili neželenim tveganjem za okolje zaradi prenosa HAOP organizmov (Flander Putrle in sod. 2015; Kraus in sod. 2018).

1.1 RAZŠIRJANJE FITOPLANKTONA Z BALASTNIMI VODAMI

Prvi zapis o morebitnem vnosu tujerodnega fitoplanktonskega organizma z ladijskimi balastnimi vodami je bil objavljen na začetku prejšnjega stoletja, ko so v Severnem morju našli do takrat nepoznano diatomejsko vrsto *Odontella (Biddulphia) sinensis* (Ostenfeld 1908). Diatomeja, ki je avtohtona v tropskih in subtropskih obalnih vodah Indijskega in Tihega oceana, ni bila poznana v evropskih morjih vse do leta 1903, ko je povzročila obsežno cvetenje v Severnem morju. Ker je bilo malo verjetno, da bi to veliko diatomejo predhodno prezrli in nemogoče, da bi jo lahko prinesli tokovi iz oddaljenih oceanov, je Ostenfeld (1908) predpostavil, da je ta vrsta prišla z ladjo bodisi v obrasti na ladijskem trupu ali je bila, bolj verjetno, izpuščena z vodo ali sedimentom iz balastnih tankov.

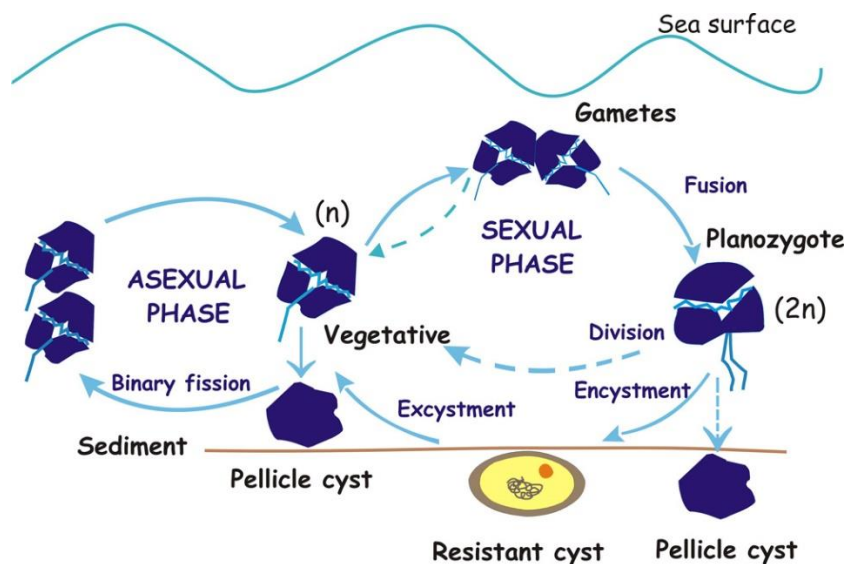
Vnos diatomeje *O. sinensis* je bil brez škodljivih posledic. Kasnejši vnos v Severno morje diatomeje *Coscinodiscus wailesii* je povzročil težave pri ribolovu zaradi zamašitve ribiških mrež z veliko količino sluzi, ki jo izloča ta diatomejska vrsta. Hallegraeff in sod. (1992) opisujejo, da če so toksične vrste, ki proizvajajo različne toksine (fitotoksine), vnesene v občutljiva ribogojna in ribolovna območja, so lahko rezultati za komercialno gojenje lupinarjev ali komercialni ribolov katastrofalni.

Konec osemdesetih let prejšnjega stoletja so se v avstralskih pristaniščih pojavila prva toksična cvetenja dinoflagelatov: Hobart (povzročitelj *Gymnodinium catenatum*), Melbourne (povzročitelj *Alexandrium catenella*) in Adelaide (povzročitelj *Alexandrium minutum*) (Hallegraeff in sod. 1988). V tanku balastne vode so našli do 300 milijonov živih dinoflagelatnih cist, največ iz rodov *Alexandrium* in *Gymnodinium catenatum* (Hallegraeff in Bolch 1992). Dokazov, da je posamezna populacija dinoflagelatov neavtohtona je Hallegraeff leta 1998 v raziskavi našel premalo. Hallegraeff in sod. (1990) pa so prišli tudi do ugotovitev, da v balastnih sedimentih, ki so bili shranjeni 6 mesecev v temi pri 4 °C, je bilo še mogoče najti diatomeje (npr: *Chaetoceros*, *Odontella*) in dinoflagelate (npr. *Protoperidinium*, *Scrippsiella*), sposobne razmnoževanja. Posebno skrb vzbujajoča je bila najdba cist toksičnega dinoflagelata *Alexandrium cf. tamarense*.

Dinoflagelati (ime izhaja iz grščine in latinščine – »vrtinčni biček«) so večinoma enocelični organizmi, z dvema polovicama (epiteka in hipoteka), ki ju prekrivajo celulozne ploščice (oklepni dinoflagelati) ali pa so te močno reducirane oz. jih ni (goli dinoflagelati). Polovici v horizontalni ravnini deli prečnim žlebast utor, ventralni del hipoteke pa tudi vzdolžni utor. V obeh žlebastih vdolbinah se nahajata bička. Prav tako imajo lahko različne morfološke oblike (bodice, rogove, krila) (Slika 1: npr. *Protoperidinium steinii*, *Dinophysis rotundata*, *Scrippsiella trochoidea*). Nekateri vrste imajo bioluminiscenčne lastnosti. Razširjeni so v tropskih, subtropskih in zmernih oceanih. Lahko so endosimbiotni v koralah ali pa imajo endosimbionte (diatomeje) (Roy in sod. 2011).

Življenjski cikel dinoflagelatov (Slika 2) obsega štiri glavne faze: rast (miotična ali nespolna), spolnost (meiotika), mirovanje (spolno ali nespolno nepremična stopnja z nizko stopnjo presnove, ki se imenuje cista) in staranje (upadanje populacije in smrt) (von Dassow in Montresor 2011). Večina dinoflagelatov ima haplontne življenjske cikle, kar pomeni, da je vegetativna faza haploidna (Figueroa in Garcés 2010).

Za nekatere vrste zmanjšanje razpoložljivih hranil izzove prehod iz nespolnega v spolno razmnoževanje (Slika 2) in v novo fazo cikla. Ko se cvetenje približuje h koncu, vegetativne celice tvorijo mirujoče stadije z debelimi stenami, imenovane ciste, ki se usedejo na dno in zakopljejo v sediment. Te ciste lahko preživijo leta v neugodnih življenjskih razmerah, kot so nizka koncentracija hranil, zelo nizke zimske temperature in tudi pritisk herbivornih plenilcev. Ko se ugodne razmere ponovijo, ciste vzkalijo in naselijo vodni stolpec z novo generacijo vegetativnih, fotosintetsko aktivnih celic, pripravljenih na novo cvetenje in kolonizacijo novega območja (WHOI 2012).



Slika 2: Življenjski cikel dinoflagelatov (spremenjen po Walker in sod. 1984) (Figueroa R.I. 2010).

Diatomeje (ime izhaja iz grščine in v prevodu pomeni »narezani na pol«) so enocelične ali kolonijske kokoidne alge, ki jih pokriva posebna celična stena iz kremena (SiO_2) in delno iz pektinskih snovi, imenovanih frustula. Je škatlaste oblike z dvema prekrivajočima se polovicama, manjšo hipoteko in večjo epiteko. Frustule imajo različne oblike (čolnaste, okrogle, podolgovate, kvadratne, trikotne, eliptične ali mnogokotne) in so značilno »okrašene«. Perforirane so s številnimi majhnimi luknjicami, ki omogočajo, da voda, raztopljeni material in trdne snovi (plini, anorganska hranila, organski substrati in izločki) preidejo ali izstopijo v celico (Mann 2010; Slika 1: npr. *Skeletonema costatum*). Diatomeje so široko razširjene v morju in v vseh vrstah sladkih voda, kot tudi v tleh in drugih kopenskih habitatih. Prepoznamo jih po pigmentu fukoksantin (Roy in sod. 2011).

Relativni deleži klorofilov in fukoksantina povzročajo rumeno-rjavo ali zelenkasto-rjavo barvo plastidov. Vegetativne celice vseh vrst so diploidne in vse mitoze potekajo v diploidni fazi (Slika 1: npr. *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*). Povprečna velikost celic se običajno zmanjša z zaporednimi mitotičnimi delitvami v življenjskem ciklu zaradi konstrukcije silicijevega dioksida in načina razdelitve celic (Mann in Marchant 1989). Ko populacija doseže najmanjšo vrstno značilno velikost, nastopi spolno razmnoževanje, katerega rezultat je zelo velika in nabrekla zigota, imenovana avksospora.

Vegetativne faze fitoplanktonskih vrst imajo navadno omejeno stopnjo preživetja v balastnih tankih zaradi pomanjkanja svetlobe in hranil. Nasprotno, počivajoči stadiji cist in spor, naj bi preživeli zelo dolgo tudi v ekstremnih okoljskih razmerah. Diatomeje so ena najštevilčnejših in ekološko najpomembnejših skupin organizmov v oceanih.

Zaradi cist je razširjanje vrst NIS in vzpostavitev populacij v novem okolju toliko bolj uspešno, kot če bi se raznašale samo vegetativne celice (opis osmih korakov spodaj).

Scenarij za uspešen vnos fitoplanktona, še posebej toksičnega, z balastnimi vodami v novo okolje obsega do 8 ločenih korakov (povzeto po Hallegraeff 1998):

- 1.) Prisotnost organizma v pristanišču
- 2.) Črpanje v ladijski balastni tank
- 3.) Preživetje črpanja
- 4.) Preživetje potovanja v balastnem tanku
- 5.) Preživetje izpusta oz. izmenjave balastne vode
- 6.) Preživetje v novem okolju
- 7.) Sposobnost razmnoževanja organizma in ustalitev v novem okolju
- 8.) Vpliv organizma na novo okolje

1. korak: Črpanje balastne vode med sezonskim cvetenjem fitoplanktona v donorskem pristanišču

Verjetnost črpanja morske vode s toksičnimi dinoflagelati v balastne tanke je najbolj odvisna od pojavljanja sezonskih fitoplanktonskih cvetenj v pristaniščih in prisotnost cist v sedimentu.

Izsledki cist v mirovanju kažejo, da večina cist v balastnih vodah izvira iz faze cvetenja planktona v vodnem stolpcu (ocenjeno je, da je tako pri 90 % ladij). Nekatere ciste kalijo šele čez približno 6 mesecev, kar kaže, da so bile to na novo oblikovane ciste, ki so bile podvržene obveznemu obdobju mirovanja. Zrele ali odrasle ciste v balastnih tankih pa so tiste, ki so direktno resuspendirane iz pristaniških sedimentov (Hallegraeff 1998).

2. do 5. korak: Pot od vnosa do izpusta balastne vode

Med črpanjem so fitoplanktonske celice izpostavljene visokim turbulencam, sledijo neugodne razmere v balastnih tankih (pomanjkanje svetlobe, spreminjajoče temperature in pogoji hranil ter povečan pritisk paše zooplanktona). Fitoplanktonski rodovi, ki se bolj

nagibajo k preživetju, so miksotrofni in heterotrofni rodovi, kot so npr. *Proto-peridinium*, *Phalacroma* in *Diplopsalopsis*, ki se primarno hranijo z detritom. Na žalost je večina raziskav fitoplanktona iz balastnih voda temeljila izključno na konzerviranih vzorcih in zato niso mogli ugotoviti, ali so bili organizmi še živi ali ne. V študiji Hallegraeffa iz leta 1998, problem predstavljajo odporni fitoplanktoni – dinoflagelati v stadiju cist vrst, kot so: *Alexandrium catenella*, *A. minutum*, *A. tamarense* in *Gymnodinium catenatum*. Črpanje balastne vode v tank ne povzroči smrti cist, pa tudi paša zooplanktona med potovanjem ne bo vplivala na preživetje, ker obstojne ciste preživijo prehod skozi črevesje živali in se na koncu lahko izločijo v fekalnih peletkih. Smrtost bi se zgodila, če bi ciste kalile in bi se vegetativne celice znašle v neugodnih razmerah (anoksične razmere v sedimentih). Ciste iz rodu *Alexandrium* zahtevajo obvezno obdobje mirovanja od enega meseca do šest mesecev in zato niso izpostavljene temu tveganju. Odrasle ciste rodu *Gymnodinium* ali *Alexandrium*, ki so zakopane v sedimentih pristanišča, kjer jim je onemogočeno kaljenje med anoksičnimi pogoji, bi verjetno poskusile kaliti, ko bi ponovno prišle v druge balastne vode ali v okolje z ugodnimi pogoji. Hitro zakopavanje sedimentov v balastnih tankih bi povečalo njihovo nadaljnje preživetje med potovanjem (Hallegraeff 1998).

6. in 7. korak: Uspešna kalitev cist, rast in razmnoževanje fitoplanktonskih celic v novem okolju

Pri toksičnih fitoplanktonskih organizmih, ki se v balastnih vodah pojavljajo v razmeroma visokih koncentracijah, volumen prepeljane balastne vode ni nujno najboljši indikator za morebitni vnos celic v novo okolje. Med in po postopku izmenjave se ciste lahko zlahka usedejo pod površino sedimenta v naravnem okolju, iz katerega se postopoma resuspendirajo v vodni stolpec. Te ciste so lahko v naslednjih 10 do 20 letih izpostavljene ponavljajočim se kalitvam, ki lahko povzročijo škodljiva cvetenja in kolonizacijo novega vodnega telesa (Hallegraeff 1998).

8. korak: Nadaljnje širjenje s tokovi ali z domačim ladijskim prometom

Najučinkovitejši pristop za oceno verjetnosti, da bodo vneseni toksični organizmi v novem okolju vzpostavili nove populacije, je spremljanje prisotnosti vrst, ki v donorskem okolju sobivajo v sožitju s organizmi HAB.

Naslednji pristop bi bila primerjava sezonskih sprememb abiotskih dejavnikov (temperatura, slanost, stabilnost vodnega stolpca) v obeh pristaniščih – v donorskem, kjer se črpa balastna voda in sprejemnem pristanišču, kjer se izpusti balastna voda. Lokalni ladijski promet predstavlja večje tveganje za raznašanje že vzpostavljenih populacij organizmov NIS kot mednarodni ladijski promet, ker so te razlike veliko manjše (Hallegraeff 1998).

1.2 ORIS ZNAČILNOSTI HAB ORGANIZMOV V SLOVENSKEM MORJU

V primerjavi s patogenostjo bakterij in virusov je patogenost (mikro) alg in gliv razmeroma majhna, a vseeno nujna opozoril. Glavnino fitoplanktonskih HAOP predstavljajo organizmi HAB, ki povzročajo škodljiva cvetenja alg.

Fitoplankton povzroča težave, ko se nakopiči v velikem številu zaradi proizvodnje endogenih toksinov ali zaradi nakopičene nestrupene biomase, ki jo poleg razkrajanja spremljajo še druge negativne posledice ali pa zaradi fizičnih poškodb, ki jih povzročijo trdne strukture fitoplanktonskih celic (Glibert in sod. 2005).

Organizme HAB lahko uvrstimo v štiri pomembne kategorije na podlagi škodljivih učinkov, ki jih določena toksična vrsta povzroči (povzeto po Lassus in sod. 2016):

- 1.) Nestrupena, ampak masovna cvetenja vrst, ki lahko pomorijo morske organizme zaradi deoksigenacije vode. Ta nastopi zaradi bakterijske razgradnje velike količine organske snovi po koncu cvetenja.
- 2.) Vrste proizvajajo toksine, povezane z zastrupitvijo hrane pri ljudeh z nevrološkimi ali gastrointestinalnimi simptomi. V to kategorijo lahko vrste proizvajajo toksine povezane s PSP (Paralytic Shellfish Poisoning), DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning), AZP (Azaspiracid Shellfish Poisoning), ASP (Amnesic Shellfish Poisoning), NSP (Neurotoxic Shellfish Poisoning), CFP (Ciguatera Fishfood Poisoning) in zastrupitev z cianotoksini, ki so veliko bolj pogoste v celinskih in brakičnih vodah.
- 3.) Vrste imajo škodljiv mehanski učinek na ribe in morske nevretenčarje (lezije ali zamašitev škrg) ali izločanje hemolitičnih spojin (angl. *fish-killing algae*).
- 4.) Vrste proizvajajo toksine, ki vplivajo na ljudi prek stika, zlasti preko aerosolov, ki pridejo do obale (vpliv na respiratorni sistem).

Zastrupitve alg so pogosto povezane s tako imenovanim cvetenjem alg, ko se posamezne HAB ali sorodne vrste prekomerno razmnožijo. Najbolj znan primer takega cvetenja so rdeče plime dinoflagelatov. Izraz je nastal, ker prisotni organizmi vsebujejo rdeče pigmente, ki v visokih gostotah lahko obarvajo vodo rdeče. Cvetijo tudi zeleno, rumeno ali rjavo, odvisno od vrste alg in njihovih pigmentacij (Glibert in sod. 2005).

Tako kot pri cvetenjih na kopnem se tudi v morju celice širijo različno zaradi kombinacij fizikalno-kemičnih in bioloških mehanizmov ter medsebojnih interakcij z drugimi komponentami v prehranjevalnih verigah, kjer se akumulirajo toksini. Zaradi toksinov so najbolj ogroženi filtratorji (najbolj školjke) in plenilske ribe.

Vsi do zdaj znani morski toksični mikroorganizmi, ki povzročajo rdeče plime so fotoavtotrofi. Vrste dinoflagelatov so najpogostejši povzročitelji zastrupitev, toksične pa so tudi diatomejske vrste iz samo enega rodu – *Pseudo-nitzschia*. Izmed skoraj 1000 znanih vrst je strupenih le nekaj vrst, te pa predstavljajo resen problem. Večina toksičnih

dinoflagelatnih vrst spada v družine *Prorocentraceae*, *Dinophysiaceae*, *Protogonyaulaceae*, *Pyrodiniaceae* in *Gymnodiniaceae*. Pripadniki slednje družine (razred *Dinophyceae*, kamor spadajo vrste rodu *Gymnodinium*) so filogenetsko blizu cianobakterijam in so med dinoflagelati najprimitivnejši (brez oklepa). Zaradi te podobnosti do njihovega cvetenja najpogosteje prihaja v brakičnih vodah. Kadar pride do cvetenja dinoflagelatnih alg, *Gymnodiniaceae* po navadi predstavljajo več kot 80 % vsega fitoplanktona. Trajanje toksičnih cvetenj je omejeno ali traja dalj časa oz. se v enem letu (vseh štirih sezonah) večkrat ponovi. V nekaterih endemičnih in omejenih območjih so te alge lahko toksične preko celega leta.

V slovenskem morju in tudi v severnem Jadranu se pojavljajo vrste mikroalg, ki so potencialni povzročitelji treh zastrupitev, ki nastopijo z uživanjem oporečnih školjk: paralična zastrupitev s školjkami (PSP), **diarejogena zastrupitev s školjkami (DSP)** in amnezjska zastrupitev s školjkami (ASP).

V severnem delu Jadrana je bil leta 1994 zabeležen edini pojav paralične zastrupitve školjk, ki ga je povzročila vrsta *Alexandrium minutum* (Honsell in sod. 1996), v slovenskem morju te zastrupitve pa do zdaj nismo opazili.

Diarejogena zastrupitev s školjkami je do zdaj edini primer tvorbe toksinov iz slovenskega morja oz. Tržaškega zaliva in je bila prvič zabeležena leta 1989 (Sedmak in Fanuko 1991). Vrste dinoflagelatov, ki proizvajajo DSP toksine se pojavljajo vsako leto praviloma od maja do novembra z najvišjo abundanco v začetku poletja in jeseni. Raziskave Francé in Mozetič (2006) so pokazale, da največje abundance vrst rodu *Dinophysis* v Tržaškem zalivu presežejo nekaj 100 celic/L, občasno pa dosežejo več kot 1000 celic/L. V južnem delu Jadrana pa vrste dosega maksimum z običajno več kot 1000 celic/L.

Tvorbo toksinov okadaične kisline (OA) in njenih derivatov dinofizistoksinov (DTX) so zaenkrat našli v vrstah planktonskih dinoflagelatov iz rodov *Dinophysis* in *Phalacroma* in bentoškega rodu *Prorocentrum*. Med ekstrakcijo z nepolarnimi topili se izločajo še drugi toksini, pektenotoksini (PTX) in jesotoksini (YTX), ki jih proizvajajo *Protoceratium reticulatum* in *Lingulodinium polyedra*.

Opozorjanje na možnost pojavov zastrupitve zgoj s spremljanjem abundance toksičnih vrst je zlasti v primeru DSP zastrupitve težavno, ker količina toksinov v tkivih školjk ni povezana z masovnim pojavljanjem toksičnih alg. Vrste iz rodu *Dinophysis* se v zimskem času pojavljajo istočasno z vrstami iz rodu *Prorocentrum*. Zato so nekateri predlagali, da naj bi bile slednje alge, katerih populacija je številčnejša, biološki indikator za sočasno pojavljanje alg iz rodu *Dinophysis*. Ta metoda predvidevanja se je izkazala za neuspešno. V prebavilih toksičnih školjk prevladujejo alge iz rodu *Dinophysis*, medtem ko jih je v morju zelo malo. Večja verjetnost pojava toksičnih cvetenj alg iz rodu *Dinophysis* je takrat, ko nastopi temperaturna stratifikacija morja in ko ni izrazitih vetrov ter tokov, ki bi premešali vodni stolpec. Pozno poletje in zgodaj jeseni, so v Tržaškem zalivu po navadi idealne razmere za cvetenje teh alg (zlasti če so poletja vroča in brez vetra). V južnem delu Jadrana pa vrste

dosegajo viške pozimi, ko je vodni stolpec premešan in so koncentracije nutrientov visoke (Caroppo in sod. 2001).

Vir amnezijjskih toksinov (domoična kislina) so vrste diatomej iz rodu *Pseudo-nitzschia*. Glede na zmožnost tvorbe toksina domoične kisline, se sevi iste vrste iz različnih območij lahko močno razlikujejo. V slovenskem morju se redno pojavljajo škodljive diatomeje in tudi zacvetijo. Študija objavljena leta 2013, ki so jo predstavili Francé in sodelavci je pokazala, da v školjkah iz slovenskega školjčišča/morja te vrste zastrupitve zaenkrat še niso zaznali.

1.3 MONITORING HAOP V PRISTANIŠČIH ZA POTREBE BMW KONVENCIJE

Dokler ne razvijemo učinkovite, varne, finančno izvedljive in okolju prijazne metode za obdelavo balastnih vod, je edina možnost zmanjšanje tveganja za raznašanje HAOP. Monitoring organizmov HAOP v pristaniščih je prvi korak v sistemu zgodnjega opozarjanja (angl. *Early Warning System* – EWS) (Castriota in sod. 2014). Priporočljivo je, da se spremljajo vplivi balastnih vod tudi v občutljivih območjih, kjer poteka ribogojna dejavnost in morska zavarovana območja.

Monitoring se lahko izvaja:

- a.) v donorskem pristanišču, kjer poteka črpanje in izmenjava balastnih vod: tu se osredotočajo na prisotnost toksičnih vrst v vegetativni fazi rasti in cist. Na splošno je vzorčenje organizmov v prosti vodi bolj reprezentativno kot vzorčenje balastne vode v tankih.
- b.) na poti, ki traja med 10 in 20 dnevi: osredotočajo se na ciste toksičnih dinoflagelatov v balastnih tankih. Ladijski tanki vsebujejo vodo več pristanišč. Razvoj tehnike fluorescenčnega barvanja cist roda *Alexandrium* bo pripomogel k izboljšanju odkrivanja. Izvedljivost razvijanja hitrega diagnostičnega testa bodisi na podlagi imunološkega prepoznavanja proteinov specifičnih celic na površini celic ali z uporabo sond DNA za odkrivanje vrst, specifičnih za sekvence DNA/RNA v tarčnih celicah. Na tej stopnji se najbolje izvajajo tudi različne možnosti za obdelavo balastnih vod, zlasti pri mednarodnih poteh, medtem ko domače plovbe nudijo veliko manjši obseg za obdelavo balastne vode.
- c.) ob prihodu in pred izpustom v sprejemno pristanišče: redno spremljanje prisotnosti toksičnih organizmov v balastni vodi in sedimentu ladij ovira pomanjkanje občutljivega, natančnega in hitrega diagnostičnega testa, ki bi ga lahko uporabilo usposobljeno osebje v pristanišču (Hallegraeff 1998).

1.4 CILJI IN HIPOTEZE

Magistrska naloga je del obsežne študije PBS (angl. *Port Baseline Survey*) v edinem slovenskem pristanišču – Luki Koper. Cilj naloge je pripraviti popis fitoplanktonskih vrst na območju Luke Koper, vključno s (potencialno) škodljivimi mikroalgami (HAB), med

katerimi so lahko tudi tujerodne. Ekološke značilnosti najdenih organizmov HAB v pristanišču bomo primerjali z večletnim vzorcem pojavljanja HAB-ov na izbranem školjčišču v slovenskem morju. Ta raziskava bo služila kot osnova za prihodnje dejavnosti monitoringa v pristanišču, saj bo na podlagi rezultatov študije PBS mogoče prepoznati novo vnesene tujerodne planktonske vrste ter sezonski vzorec cvetenj škodljivih organizmov. Bodoči monitoring bo eden od postopkov sistema zgodnjega opozarjanja (EWS) z namenom omejevanja in preprečevanja škodljivih posledic organizmov HAOP.

HIPOTEZE:

1. Sestava fitoplanktonske združbe v pristanišču, vključno z organizmi HAOP/HAB, sledi pričakovani sezonski dinamiki v JV delu Tržaškega zaliva.
2. Razlike med postajami na območju pristanišča so odraz različnih abiotskih dejavnikov.
3. Prvič opažene vrste fitoplanktona v slovenskem morju so posledica vnosa z ladijskimi balastnimi vodami.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 OPIS OBMOČJA VZORČENJA

Vzorčenje na terenu je potekalo s pomočjo raziskovalnega plovila v Luki Koper. Luka Koper je edino mednarodno večnamensko pristanišče v Sloveniji (Luka Koper 2005a). Nahaja se v južnem delu Tržaškega zaliva, tik ob mestu Koper na slovenski obali. Pristanišče je z dvema pomoloma (pomol I, II) razdeljeno na tri bazene (bazen I, II, III), ki zagotavljajo specializirane terminale za obravnavanje različnih pošiljk in blaga (Luka Koper 2005b, c). Globina bazenov I in II je približno 14 m, bazena III pa 18 m.

Reka Rižana se po glavnem kanalu izliva v bazen II in v manjši meri preko razbremenilnega kanala v bazen III. Zato je voda v bazenu II brakična približno do sredine bazena. Območje sidrišča za ladje, ki čakajo na vstop v luko, se nahaja od dva do pet kilometrov izven pristanišča, z globino od 17 do 19 m.

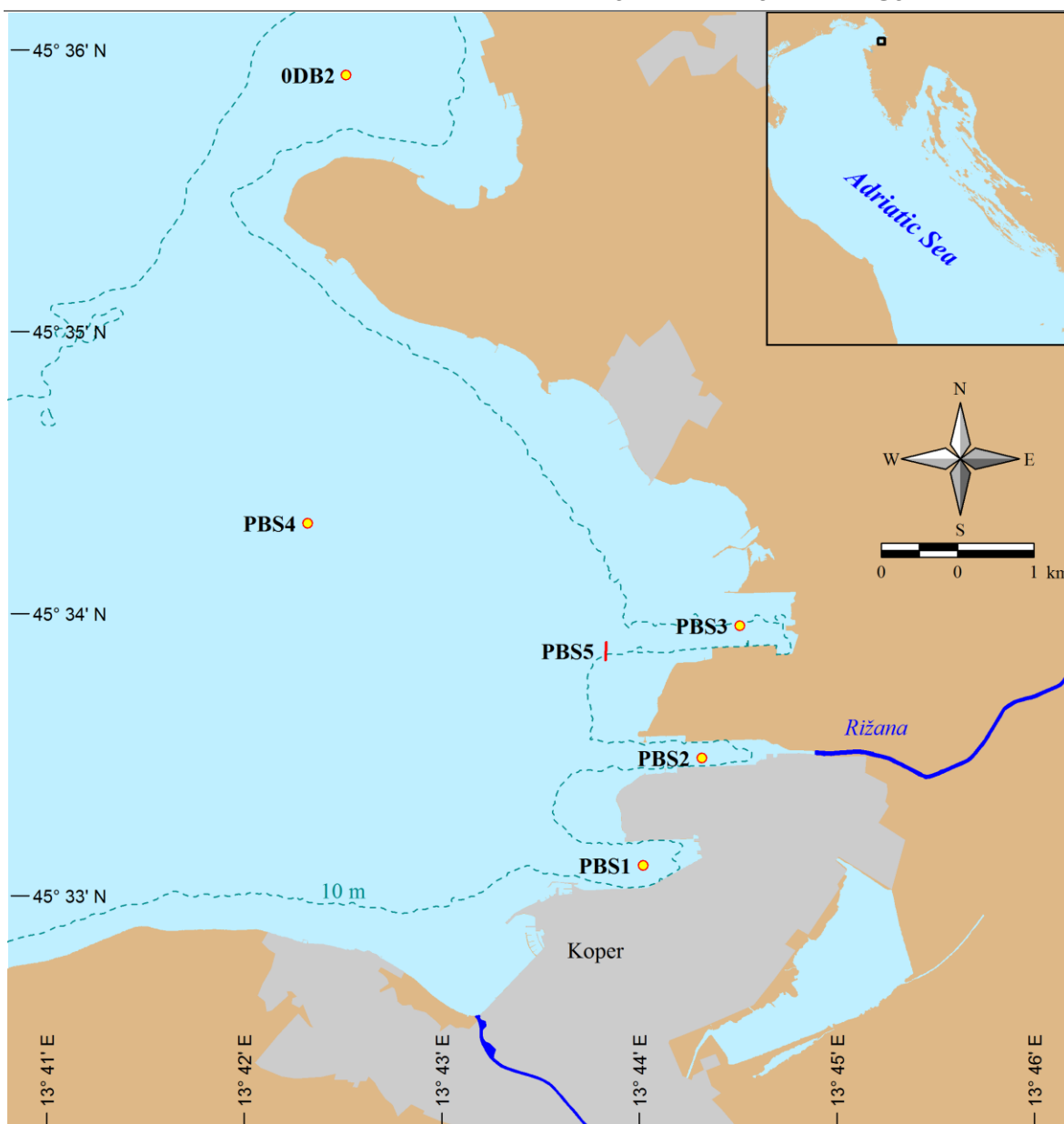
Koprsko pristanišče je začelo z operativnostjo leta 1957 in leži v pol zaprtem Tržaškem zalivu. Razcvet je doživelo po letu 1967 zaradi povezanosti z železnico v zaledju. Morje v pristanišču sega od 7 do 18 metrov globoko. V koprskem pristanišču je 12 specializiranih terminalov: zabojnik in tovor na kolesih (angl. *Roll-on/Roll-off* – Ro-Ro terminal), avtomobilski terminal, terminal generalnega tovora, sadni terminal, lesni terminal, terminal za minerale, terminal za žita in krmo, terminal za aluminij, evropski energetski terminal, terminal za živino in potniški terminal. Glavna dejavnost zajema ravnanje s tovorom in skladiščenje za vse vrste blaga, dopolnjeno z vrsto dodatnih storitev za tovor, ki zagotavljajo celovito logistično podporo za stranke. V letu 2015 je bilo obdelanih 20 milijonov ton blaga; skupno število plovil je bilo 4611, od tega 4080 tovornih in 531 potniških ladij/trajektov. Balastne vode, ki se izpuščajo v pristanišču so skoraj v celoti od Sredozemskega morja (70% od severnega Jadrana, 15 % od južnega Jadrana in skoraj 15 % od ne-jadranskih sredozemskih območij); manj kot 1 % balastnih vod pa prihaja izven Sredozemlja. Rezultati kažejo, da tudi pomorski promet in sestava (naravno okolje) pristanišča/postaj vplivata na podobnost fitoplanktonskih združb. Spletna stran, kjer so zbrana vsa svetovna pristanišča (ports.com) navaja, da pristanišče spada med manjša pristanišča a se razteza čez več kot 2,8km² veliko območje. Pristanišče za tovor sestoji iz treh bazenov s privezniki in 12 nakladalnih terminalov. Prvi bazen se uporablja za kontejnerske ladje (največja globina: 11 m pri privezih). Drugi bazen je namenjen pretovarjanju nafte, naftnih derivatov in lesa (največja globina 14 m). Reka Rižana odvaja industrijske in komunalne odpadne vode v notranji del pristanišča. Južno območje tretjega bazena je namenjeno pretovarjanju železove rude in premoga (maksimalna globina 17 m). Večina blaga prihaja iz Sredozemlja in Daljnega vzhoda ter oskrbuje srednje in jugovzhodne Evropske trge. V nasprotju z drugimi evropskimi pristanišči, ki jih upravljajo pristaniške oblasti, se območje proste cone, območje pristanišča in operacije terminalov, upravljajo ločeno (Kraus in sod. 2018).

2.2 VZORČENJE V PRISTANIŠČU IN TERENSKE MERITVE

Pri načrtovanju vzorčenja v Luki Koper smo sledili navodilom »Port Baseline Survey Protocol«, ki je nastal v okviru projekta BALMAS. Protokol PBS, ki temelji na protokolih centra za raziskave vnesenih morskih vrst (angl. *Centre for Research on Introduced Marine Species – CRIMP*), je bil prilagojen značilnostim jadranskih pristanišč. Podatki PBS so bili uporabljeni za vzpostavitev podatkovne baze jadranskih organizmov HAOP. Cilji protokolov CRIMP so odkrivanje neavtohtonih, kriptogenih in avtohtonih vrst, določitev porazdeljenosti vrst in identifikacija poti in vektorjev organizmov NIS. Za doseganje teh ciljev je bilo vzorčenje opravljeno v pristaniščih, ki so najverjetneje prizadete in kolonizirane na podlagi ekološke prakse vzorčenja in eksperimentalnega oblikovanja (Kraus in sod. 2018).

Vzorčenje fitoplanktona je potekalo na petih vzorčnih postajah na območju Luke Koper z uporabo fitoplanktonske mreže z velikostjo očesa 20 μm (KC Denmark). Tri postaje so se nahajale na sredini bazenov z aktivnimi privezi (PBS1, PBS2, PBS3). Četrta postaja je bila na območju sidrišča (PBS4), približno 2,5 km izven pristanišča (Slika 3). Na teh postajah so bili vzorci vzeti z vertikalnim vlekem mrežice od dna do površine. Peti vzorec smo dobili s horizontalnim vlekem planktonske mrežice na globini približno 2 m vzdolž 120 m dolgega transekta med drugim in tretjim bazenom (PBS5; Slika 3). Dodatno smo za podrobnejše kvantitativne analize toksičnih vrst fitoplanktona vzorčili morsko vodo vzdolž celotnega vodnega stolpca s pomočjo sestavljene cevi (Sutherland in sod. 1992). Te integrirane vzorce morske vode smo jemali na štirih postajah (PBS1, PBS2, PBS3 in PBS4). Vse vzorce fitoplanktona smo takoj nalili v temne 250 ml steklenice in jih fiksirali z nevtraliziranim formaldehidom (Merck) končne koncentracije 4 % za mrežne vzorce in 2 % za vodne vzorce. Tako ohranjene vzorce smo hranili v hladilniku do nadaljnje obdelave.

Na vsaki postaji smo s pomočjo pet litrske Niskinove posode vzorčili morsko vodo v površinskem sloju za določanje koncentracij hranilnih snovi in klorofila *a*.



Slika 3: Zemljevid vzorčnih mest PBS1, PBS2 in PBS3 znotraj Luke Koper, PBS4 na območju sidrišča (rumena oznaka) in PBS5 za horizontalni poteg/vlek (rdeča črta) pred bazenoma II in III ter postaja ODB2 na območju školjčičišča (Risba: Šiško M., MBP).

Nekatere spremljajoče fizikalne in kemične dejavnike (temperatura, slanost in *in vivo* fluorescenca) v vodnem stolpcu smo izmerili z multiparametrično sondo CTD (CTD = *Conductivity, Temperature, Depth; Sea and Sun Technology, GmbH*). Sonda ima pri hitrosti spuščanja okoli 1 m/s vertikalno ločljivost 3 cm. *In vivo* fluorescenco smo preračunali v koncentracije klorofila *a*, ki je ocena za količino fitoplanktonske biomase. Rezultate smo prikazali v globinskih profilih.

Tereni so bili izvedeni spomladi (09. maj 2014), poleti (28. julij 2014), jeseni (17. november 2014) in pozimi (09. februar 2015). Sezonska vzorčenja so omogočila spremljanje različnih sezonskih razmer v vodnem stolpcu in v združbi fitoplanktona.

2.3 LABORATORIJSKE ANALIZE

2.3.1 Taksonomska sestava fitoplanktonske združbe

Fitoplanktonske vzorce smo pripravili in pregledali po Utermöhlovi metodi (Utermöhl 1958) z invertnim epifluorescenčnim mikroskopom (Axio Observer Z1, ZEISS) z vgrajeno kamero AxioCam MRC5.

Mrežne vzorce smo uporabili za kvalitativne in semi-kvantitativne analize fitoplanktona. Pripravili smo jih tako, da smo 2 ml dobro premešanega vzorca natočili direktno v sedimentacijsko komorico in ga pustili usedati vsaj dve uri. Celotno dno komorice smo pregledali pod 200-kratno povečavo in s pomočjo različnih določevalnih ključev (npr. Tomas 1996) določili fitoplanktonske vrste. Glede na njihovo pogostost smo jim pripisali oceno abundance: od 1 za redko vrsto do 5 za zelo abundantno vrsto. Organizme smo določali do vrste ali ko to ni bilo mogoče, do rodu (npr. rod *Chaetoceros*).

Abundanca fitoplanktonskih vrst za prvi dve obdobji vzorčenja (09.05.2014 in 28.07.2014) je bila ocenjena med analizami vrst mrežnih vzorcev. Za preostale datume vzorčenja (17.11.2014 in 09.02.2015) je bila relativna številčnost določena na podlagi fotografij posnetih z mikroskopom. Vrstam so bili dodeljeni razredi številčnosti:

1. redka vrsta: vrste, ki so predstavljale manj kot 1 % skupne količine fitoplanktona,
2. pogosta vrsta: vrste, ki so predstavljale od 1 do 10 % skupne količine fitoplanktona,
3. številčna vrsta: vrste, ki so predstavljale med 10 in 30 % skupne količine fitoplanktona,
4. zelo številčna vrsta: vrste, ki so predstavljale med 30 in 50 % skupne količine fitoplanktona in
5. prevladujoča vrsta: vrste, ki so predstavljale več kot 50 % celotne številčnosti fitoplanktona.

Določitev fitoplanktona je temeljila na standardni fitoplanktonski literaturi: Hustedt 1930, Rampi in Bernhard 1980, Dodge 1982, Tomas 1996, Faust in Gullede 2002, Viličić 2002, Pompei in sod. 2003a, Pompei in sod. 2003b, McDermott in Raine 2006, Kraberg in sod. 2010, Larink in Westheide 2011.

Integrirane vodne vzorce smo uporabili za določanje in štetje toksičnega fitoplanktona. Pri tem smo v sedimentacijske valje natočili 50 ali 100 ml dobro premešanega vzorca in ga pregledali po 24 ali 48 urah. Pod 200-kratno povečavo smo pregledali celotno komorico in prešteli večje vrste (npr. *Dinophysis* spp., *Lingulodinium polyedra*, *Alexandrium* spp.). Vrste iz rodu *Pseudo-nitzschia* smo prešteli v 100 do 200 vidnih poljih pod 400-kratno povečavo. Za določitev značilnega sezonskega vzorca pojavljanja izbranih toksičnih vrst fitoplanktona smo uporabili podatke dolgoletnega spremljanja toksičnega fitoplanktona na školjčičišču na območju Debelega rtiča, ki je najbližje vzorčno mesto koprskemu pristanišču (postaja ODB2 iz monitoringa toksičnih vrst fitoplanktona na školjčičiščih pod okriljem Uprave za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin).

2.3.2 Vsebnost nutrientov

Koncentracije hranilnih snovi v vzorcih smo določali spektrofotometrično s segmentno pretočno analizo na avtoanalizatorju QuAatro (Seal Analytical) po metodah, ki so opisane v Grasshoff in sod. (1999). Določili smo koncentracije nitrita (NO_2^-), nitrata (NO_3^-), amonija (NH_4^+), anorganskega fosfata (PO_4^{3-}) in silikata (SiO_4^{4-}).

2.4 STATISTIČNE ANALIZE

Za oceno pestrosti celotne fitoplanktonske združbe na območju Luke Koper smo izračunali vrstno pestrost (Richness – S; Krebs 1972) za vsak vzorec. Sestavo fitoplanktonske združbe na različnih postajah in v različnih sezonah smo primerjali s pomočjo Bray-Curtisovega indeksa podobnosti (Bray in Curtis 1957) s pomočjo statističnega programa Primer 6 (Primer-E). Pred analizo smo podatke (relativne abundance vrst) logaritmirali po formuli ($\log(x+1)$). Podobnost je predstavljena z dendrogramom.

Dinamiko toksičnih vrst fitoplanktona v različnih sezonah in na različnih postajah smo ugotavljali s pomočjo nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja (nMDS). Pri tem smo podatke transformirali s kvadratnim korenem in različnost med vzorci izračunali s pomočjo Bray-Curtisove razdalje. Naknadno smo s funkcijo *envfit* določili povezanost te dinamike z nekaterimi fizikalnimi in kemičnimi dejavniki. Da bi ugotovili značilno letno dinamiko toksičnih vrst fitoplanktona, smo analizo nMDS naredili tudi s podatki s postaje ODB2 (Slika 2) iz daljšega obdobja 2006-2015. Pri tej analizi smo mesečne podatke o abundancah toksičnih vrst fitoplanktona združili v štiri skupine glede na sezono: pomlad (marec, april, maj), poletje (junij, julij, avgust), jesen (september, oktober, november) in zima (december, januar, februar). Analize nMDS smo opravili s statističnim programom R, verzija 2.15.0 (R Development Core Team 2012).

2.5 POPIS HAOP ORGANIZMOV

Med fitoplanktonske organizme HAOP najdene v koprskem pristanišču smo šteli škodljive in potencialno škodljive oz. potencialno škodljive vrste alg (HAB), NIS in kriptogene vrste. Identifikacija (potencialno) škodljivih vrst je temeljila na literaturi Faust in Gullede (2002) in na bazi IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae (Moestrup in sod. 2009 in naprej).

Veljavna nomenklatura vrst je bila uporabljena v skladu z WoRMS – World Register of Marine Species (WoRMS Editorial Board 2014).

V pomoč za identifikacijo NIS in/ali kriptogenih vrst nam je bil odprt dostop v podatkovnih bazah: Algaebase (Guiry in Guiry 2014), DAISIE – Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE 2008) in ITIS – Integrated Taxonomic Information System (ITIS 2014).

3 REZULTATI

3.1 FIZIKALNE IN KEMIČNE ZNAČILNOSTI MORSKE VODE NA OBMOČJU LUKE KOPER

3.1.1 Koncentracije hranilnih snovi

Na Sliki 4 so prikazane koncentracije dušikovih soli skupaj, torej nitrit, nitrat in amonij kot raztopljen anorganski dušik (angl. *Dissolved Inorganic Nitrogen – DIN*).

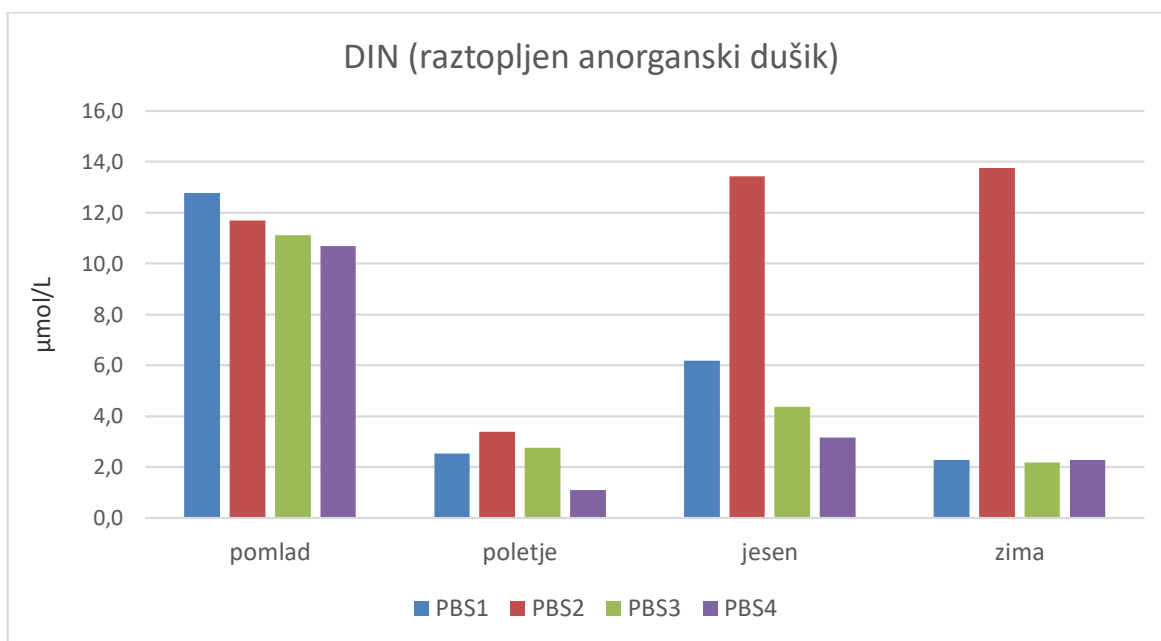
V povprečju so bile najvišje koncentracije na vseh štirih vzorčnih postajah v površinskem sloju izmerjene spomladi. Postaja PBS2 jeseni in pozimi izstopa po najvišji koncentraciji dušikovih soli. Poletne in zimske koncentracije hranilnih snovi na postajah PBS1, PBS3 in PBS4 so si med seboj primerljive.

K najvišjim koncentracijam DIN je v povprečju doprinesel nitrat (v povprečju $72,5 \pm 7,9$ %), sledi mu amonij ($21 \pm 19,4$ %) in najmanj nitrit z okoli $6,4 \pm 8,1$ % (Slika 4).

Najvišje vrednosti nitratov so bile merjene na vseh postajah maja 2014 (povprečno $10,02 \mu\text{mol/L}$, SD: 1,3) in še posebej na postaji PBS2 iz vseh dni vzorčenja.

Samo v dveh primerih so bile izmerjene koncentracije amonija višje od nitrata: vrednosti amonija so bile povišane na postaji PBS2 in PBS3, najvišja vrednost pa je bila novembra 2014 izmerjena na postaji PBS1 ($3,66 \mu\text{mol/L}$), najnižja pa na postaji PBS4.

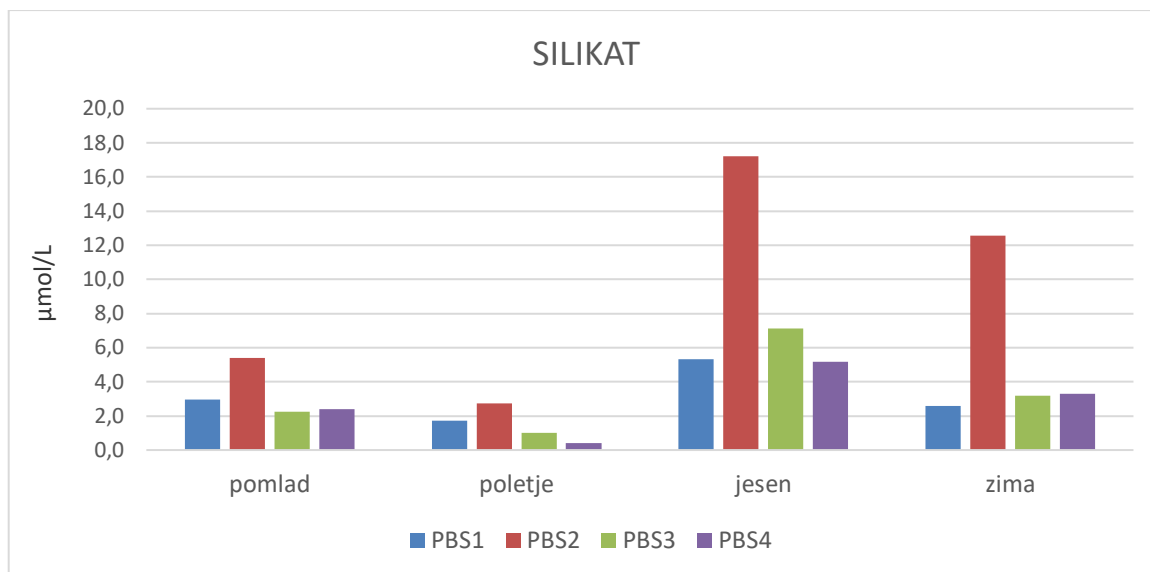
Vzorci PBS1 so vsebovali veliko sedimenta.



Slika 4: Koncentracije raztopljenega anorganskega dušika (DIN) v površinskem sloju na štirih postajah na območju Luke Koper v vseh sezonah.

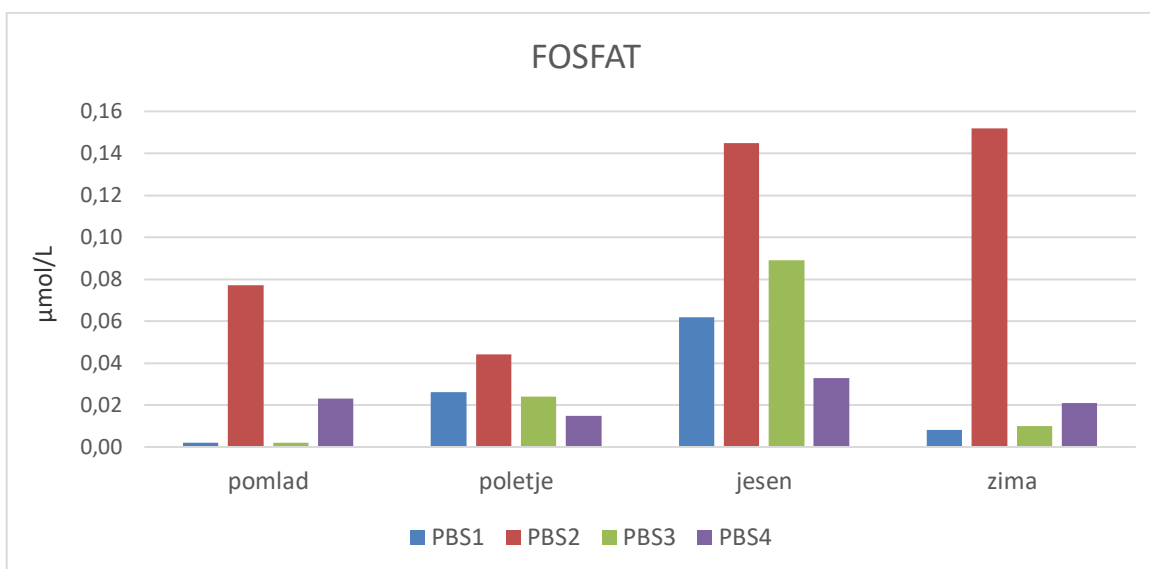
Najvišje koncentracije silikata so bile na vseh postajah izmerjene jeseni (v povprečju $8,7 \mu\text{mol/L}$, SD: 4,3), najnižje pa poleti (v povprečju $1,5 \mu\text{mol/L}$, SD: 0,9), medtem ko so bile pomladne in zimske koncentracije podobne (Slika 5). Vrednosti silikata na postaji PBS2

so bile vedno najvišje v primerjavi z ostalimi tremi postajami in so bile med 2,74 in 17,22 $\mu\text{mol/L}$.



Slika 5: Koncentracije silikata v površinskem sloju na štirih postajah na območju Luke Koper v vseh sezonah.

Najvišje koncentracije fosfata so bile na vseh postajah izmerjene jeseni (0,03-0,15 $\mu\text{mol/L}$), najnižje, z izjemo postaje PBS2 pa spomladi in pozimi (< 0,01-0,02 $\mu\text{mol/L}$) (Slika 6). Po najvišjih koncentracijah fosfatov v vseh sezonah ponovno izstopa postaja PBS2 z najvišjo koncentracijo pozimi.



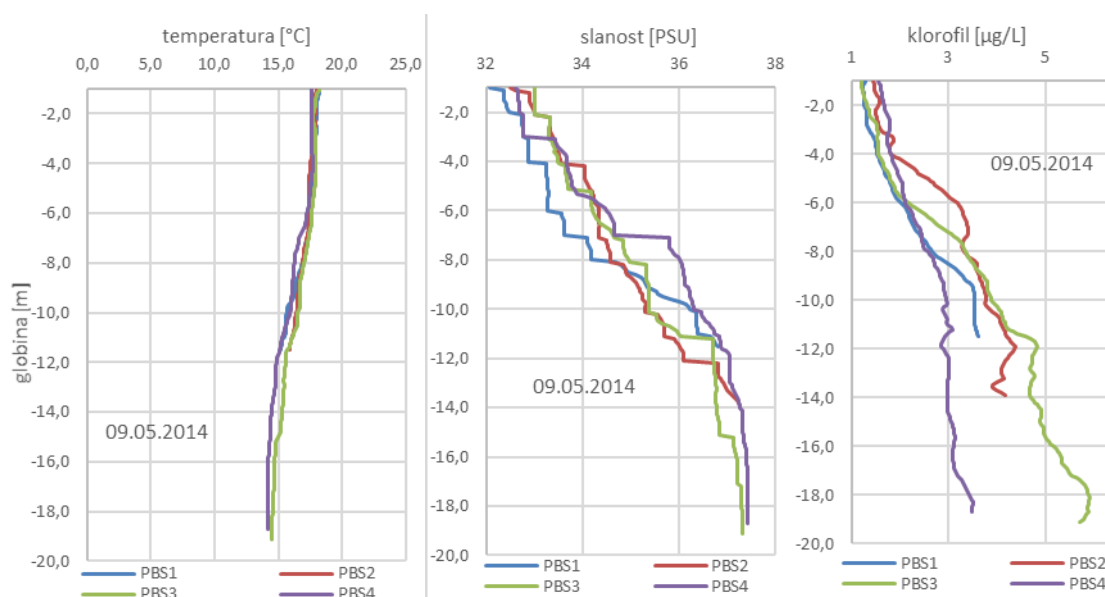
Slika 6: Koncentracije fosfata v površinskem sloju na štirih postajah na območju Luke Koper v vseh sezonah.

3.1.2 Globinski profili temperature, slanosti in klorofila *a*

Vertikalne profile temperature, slanosti in klorofila *a* (iz *in vivo* fluorescence) smo pridobili s spuščanjem sonde CTD vzdolž vodnega stolpa. Profili teh parametrov v posameznih sezonah so se med seboj razlikovali (Slike 7, 8, 9, 10).

3.1.2.1 Pomlad

Dne 09.05.2014 je bilo na vseh postajah opaziti postopno znižanje temperature z okoli 18,2°C na površini na okoli 14,6 °C blizu dna (Slika 7a). Nasprotno se je slanost na vseh postajah od površine proti dnu postopno zviševala z okoli 32 na 37,2 (Slika 7b). Koncentracija klorofila *a* se je na vseh postajah postopoma povečevala z okoli 0,8 µg/L na površini do 3-6 µg/L blizu dna. Najmanjši porast klorofila *a* proti dnu je bil izven luških bazenov na postaji PBS4. Signal klorofilne fluorescence je pokazal kopičenje biomase fitoplanktona v plasti blizu dna na vseh mestih vzorčenja (Slika 7c).

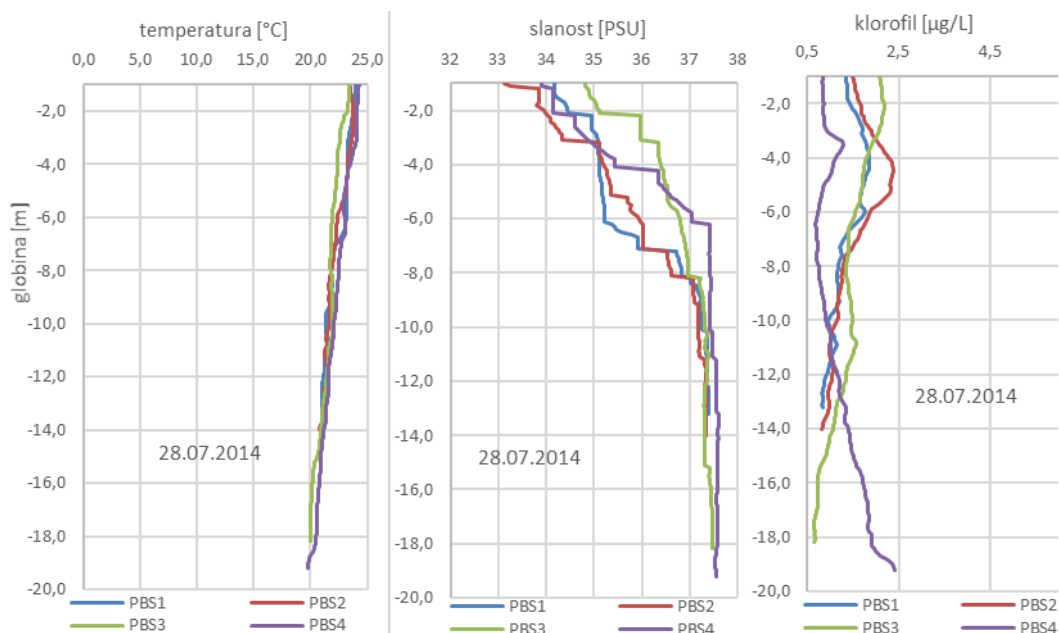


Slika 7: Globinski profili temperature (a), slanosti (b) in klorofila *a* (c) na postajah PBS1, PBS2, PBS3 in PBS4 na območju Luke Koper z dne 09.05.2014.

3.1.2.2 Poletje

Dne 28.07.2014 so bili globinski profili temperature na vseh štirih postajah zelo podobni. Na površini (1-3 m globine) je bila na postajah PBS1 in PBS2 povprečna temperatura vode 23,7 °C (SD PBS1: 0,19, SD PBS2: 0,09). Voda na postaji PBS3 je bila najhladnejša (23,1°C), najtoplejša pa na postaji PBS4 (24,1 °C). Temperatura se je proti dnu postopoma zniževala in je pri dnu (globina od 15 m do 19,2 m) na postaji PBS4 znašala povprečno 20,5°C (SD: 0,32) (Slika 8a). Površinska slanost je bila najnižja na postaji PBS2 (33,7), najvišja pa na postaji PBS3 (34,9). Nato se je slanost v zgornjem delu vodnega stolpca z nekaj preskoki postopno zviševala. To je bil sloj halokline, ki se je raztezal od približno 2 m do približno 8 m (PBS1, PBS2, PBS3) oz. 6 m (PBS4). Pod haloklino pa vse do dna je bil vodni stolpec ponovno slanostno homogen (okoli 37,3) (Slika 8b). Signal fluorescence je

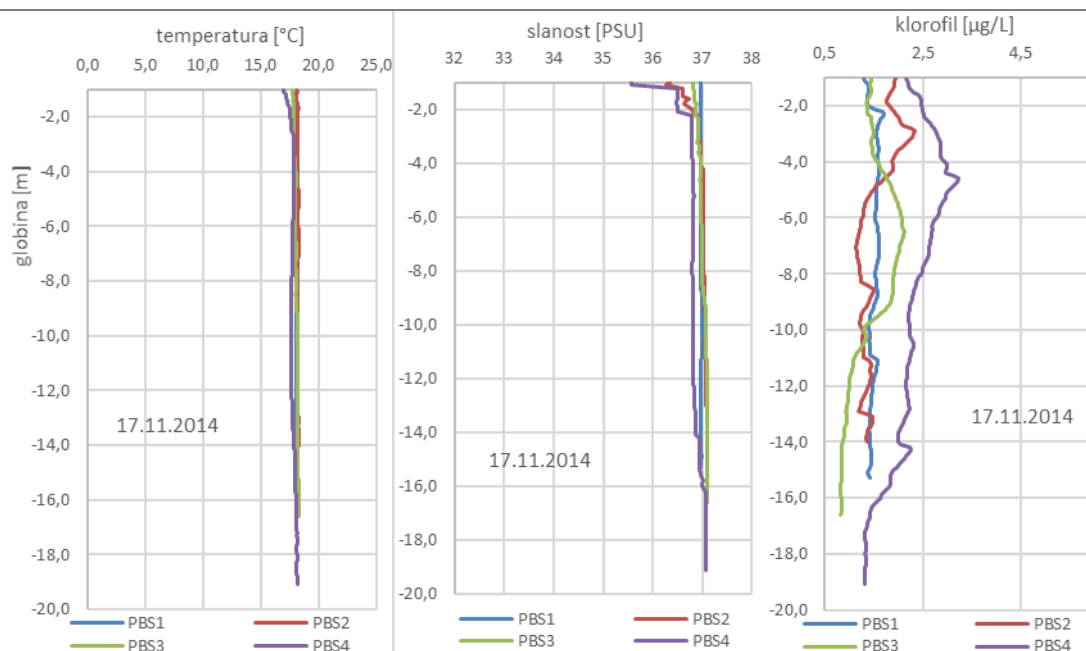
pokazal na kopičenje biomase fitoplanktona nekoliko pod površino (na postajah PBS1, PBS2 in PBS4 na 3-6 m globine, na postaji PBS3 pa na 2 m globine). Poleg tega je na PBS4 vidno povišanje koncentracije klorofila *a* blizu dna (Slika 8c).



Slika 8: Globinski profili temperature (a), slanosti (b) in klorofila *a* (c) na postajah PBS1, PBS2, PBS3 in PBS4 na območju Luke Koper z dne 28.07.2014.

3.1.2.3 Jesen

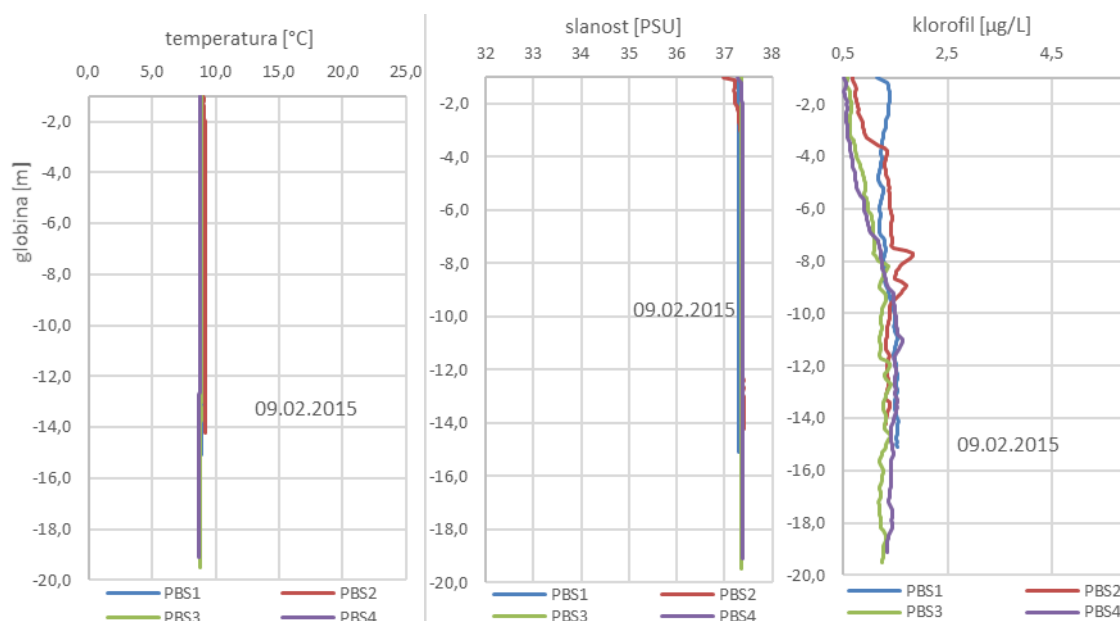
Jesenski globinski profili z dne 17.11.2014 kažejo na večjo homogenost vseh parametrov vodnega stolpca na vseh vzorčevalnih postajah. Temperatura vode je bila bolj ali manj konstantna vzdolž vodnega stolpca, okoli 18 °C. Nekoliko izstopa postaja PBS4 z malo nižjo površinsko temperaturo 17 °C (Slika 9a). Na tej postaji je bila tudi slanost v površinskem vodnem sloju najnižja (35,6). Nekoliko nižja slanost je bila še v površinskem sloju postaje PBS2 (36,5). Od globine 2 m proti dnu je bila slanost na vseh postajah približno enaka (37) (Slika 9b). Globinski profili klorofila *a* kažejo na podpovršinski višek fitoplanktonske biomase, ki pa je bil na posameznih postajah na različnih globinah in različno velik. Na postaji PBS1 je bil profil po globini še najbolj homogen, z majhnim viškom na globini okoli 2 m. Viški na ostalih treh postajah so bili izmerjeni na globinah od 3 do 7 m (Slika 9c).



Slika 9: Globinski profili temperature (a), slanosti (b) in klorofila *a* (c) na postajah PBS1, PBS2, PBS3 in PBS4 na območju Luke Koper z dne 17.11.2014.

3.1.2.4 Zima

Dne 09.02.2015 je bil vodni stolpec na vseh štirih postajah temperaturno in slanostno homogen (Slika 10a, b). Temperatura vode na vseh postajah je bila okoli 9 °C, slanost pa okoli 37,3 (Slika 10b). Tudi koncentracije klorofila *a* so bile podobne na vseh postajah (od okoli 0,7 µg/L na površini do okoli 1,4 µg/L pri dnu); višje površinske vrednosti so bile le na postaji PBS1 (Slika 10c).



Slika 10: Globinski profili temperature (a), slanosti (b) in klorofila *a* (c) na postajah PBS1, PBS2, PBS3 in PBS4 na območju Luke Koper z dne 09.02.2015.

3.2 BIODIVERZITETA FITOPLANKTONA NA OBMOČJU LUKE KOPER

V času raziskave smo v mrežnih vzorcih na območju Luke Koper določili 184 fitoplanktonskih taksonov (Priloga A). V večini primerov smo jih določili do vrste, ko to ni bilo mogoče, pa do rodu. Zaradi poenostavitve od tu dalje uporabljamo pojem »vrsta« za vse taksonse.

Več kot polovico vrst je diatomej (94), sledi 78 vrst dinoflagelatov, 6 kokolitoforidov, 3 silikoflagelati, dve vrsti sta iz skupine heterotrofnih bičkarjev, ena vrsta pa iz razreda ksantoficeje (Priloga A).

Nekaj diatomejskih vrst smo v slovenskem morju opazili prvič (glej poglavje 3.3.3).

Število vrst (S) fitoplanktona v vseh mrežnih vzorcih (štiri postaje, štiri sezone) je bilo med 13 in 68 (Preglednica 1). Razlike v številu vrst med postajami so bile bistveno manjše kot razlike med sezonami. Povprečno »letno« število vrst posamezne postaje je bilo 48 in 50. So pa razlike v številu vrst med sezonami večje, od povprečno 23 vrst pozimi do povprečno 63 vrst pomladi.

Preglednica 1: Število vrst (S) fitoplanktona na postajah na območju Luke Koper v štirih sezonah s povprečnimi vrednostmi in standardno deviacijo (\pm SD) za posamezne sezone in postaje (PBS1, PBS2, PBS3, PBS4).

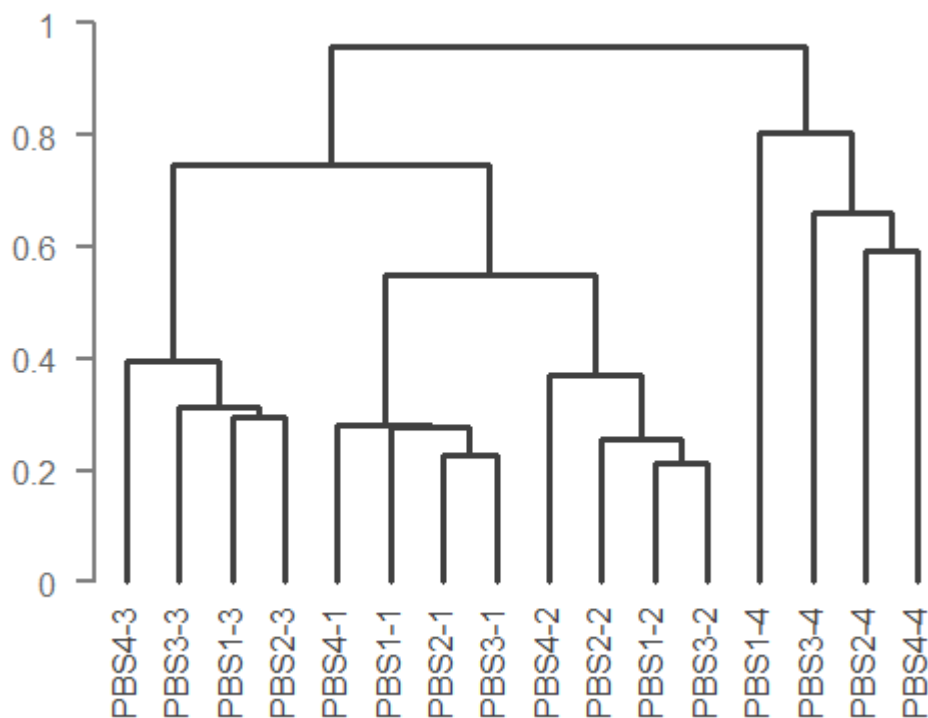
sezona	postaja				povprečje	\pm SD
	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4		
pomlad	59	61	68	64	63	3,4
poletje	56	53	53	46	52	3,7
jesen	65	48	57	62	58	6,4
zima	13	30	22	27	23	6,4
povprečje	48	48	50	50		
\pm SD	20,6	11,4	17,1	14,9		

V vseh sezonah so na petih vzorčnih postajah prevladovala diatomeje. Največ jih je bilo v jesenskem času, dinoflagelatov pa največ spomladi. Zima je čas mirovanja pri fitoplanktonskih združbah (razen rodu diatomej, kjer je biodiverzitetata enaka poletju), ker smo našli najmanj predstavnikov pozimi, 09.02.2015 (Preglednica 2).

Preglednica 2: Pojavnost/prisotnost fitoplanktonskih taksonov med posameznimi sezonami na vseh postajah (PBS1, PBS2, PBS3, PBS4, PBS5) območju Luke Koper.

	pomlad	poletje	jesen	zima
diatomeje	48	42	58	42
dinoflagelati	48	41	35	14
kokolitoforidi	3	3	3	0
silikoflagelati	2	2	2	2
ksantoficeje	0	0	1	1
heterotrofni bičkarji/ebriida	1	1	1	1

Z dendrogramom (Slika 11) smo prikazali podobnost oziroma različnost fitoplanktonske združbe med vzorci. Iz dendrograma je razvidno značilno grupiranje po sezonah. Sestava združbe je bila med postajami najbolj podobna spomladi, najbolj pa so bili vzorci med seboj različni pozimi. Zimski vzorci se tudi najbolj razlikujejo od vzorcev iz ostalih sezon.



Slika 11: Dendrogram podobnosti fitoplanktonske združbe na območju Luke Koper. Številčne oznake poleg imena postaj označujejo sezone: 1 – pomlad, 2 – poletje, 3 – jesen, 4 – zima.

3.3 HAB IN NIS ORGANIZMI NA OBMOČJU LUKE KOPER

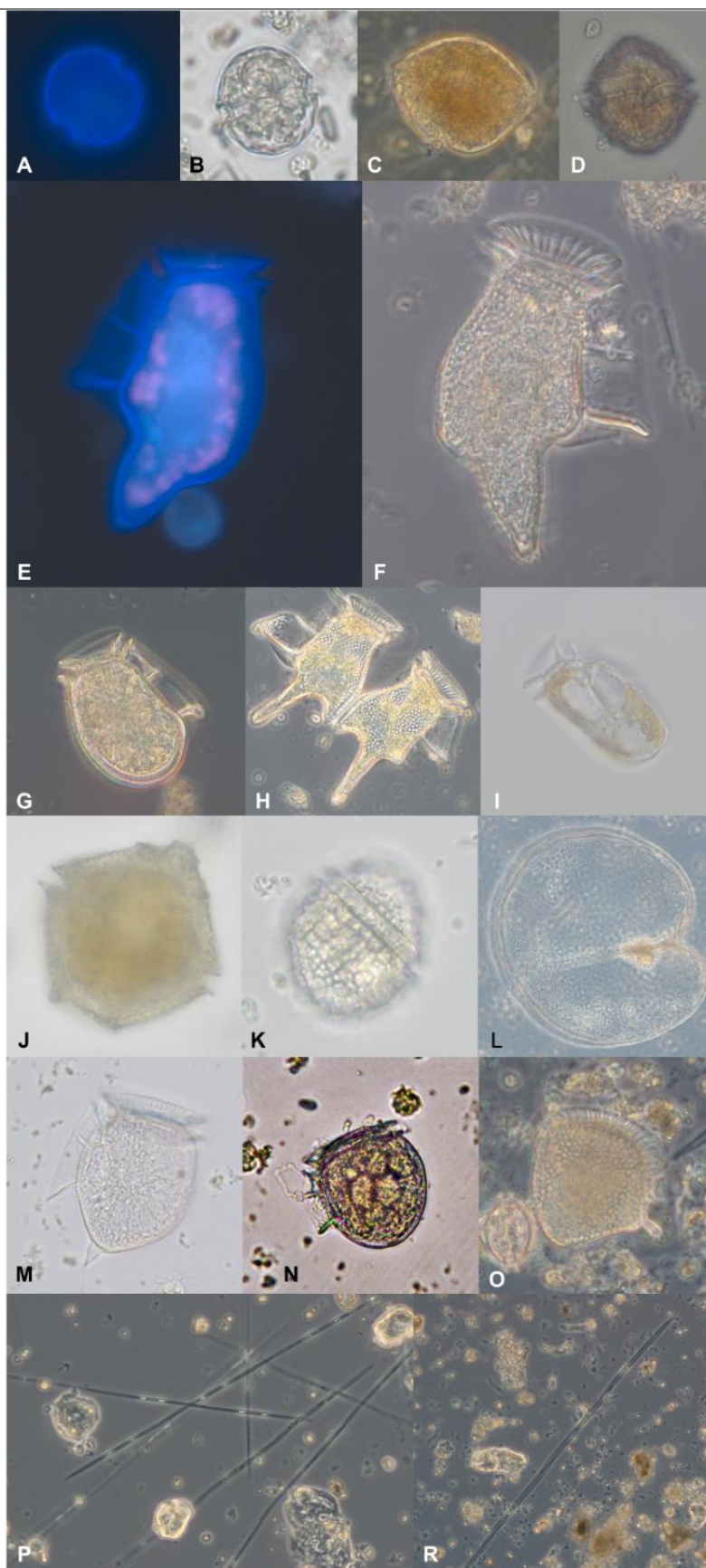
3.3.1 Organizmi HAB

Število (potencialnih) taksonov HAB, najdenih v vseh vzorcih tekom študije PBS v Luki Koper, je 25 (Preglednica 3, Slika 12). Največ je dinoflagelatov, 19, vendar smo do ravni vrste določili 16. Nekatere vrste iz rodov *Dinophysis* in *Alexandrium* so ostale neidentificirane, zato je število škodljivih vrst dinoflagelatov na območju Luke Koper

verjetno še večje. Veliko manjše je število škodljivih diatomejskih taksonov – le štiri. Poleg vrste *Chaetoceros wighamii*, ki naj bi povzročala pomor rib (»fish killing« vrsta), je na seznamu tudi potencialno toksičen rod *Pseudo-nitzschia* z vsaj tremi vrstami, *P. cf. calliantha*, *P. fraudulenta* in *P. multistriata*. Podobno kot pri dinoflagelatih, je tudi število škodljivih vrst iz tega diatomejskega rodu verjetno večje in so »skrite« v taksonu *Pseudo-nitzschia* spp. Na seznamu vrst HAB je tudi silikoflagelat *Dictyocha speculum* kot povzročitelj pomora rib (Preglednica 3).

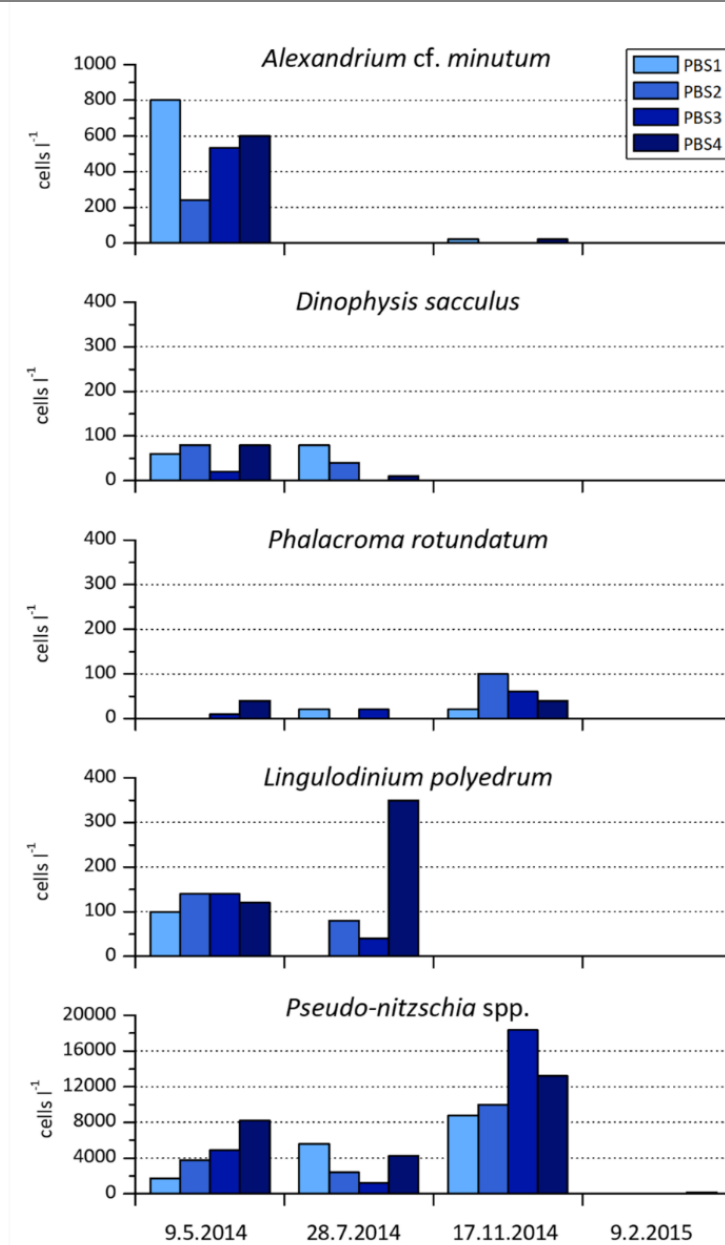
Preglednica 3: Seznam (potencialno) škodljivih vrst fitoplanktona (HAB), ki so bile najdene v mrežnih vzorcih in vzorcih morske vode iz sestavljene cevi v okviru študije PBS na območju Luke Koper. Podane so tudi informacije o škodljivem vplivu vrst oz. rodov HAB in drugih bioloških značilnostih: faza mirovanja (dinoflagelatne ciste in spore diatomej v fazi mirovanja). Oznake A-R se nanašajo na fotografije vrst na Sliki 12.

DINOFLAGELATI	vrsta zastrupitve/toksin/škodljivi učinek	faza mirovanja
<i>Alexandrium cf. minutum</i> (A, B)	toksini PSP	da
<i>Alexandrium insuetum</i> (D)	neznana	da
<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i> (C)	fikotoksin, goniiodomin A, deluje protiglivično	da
<i>Alexandrium</i> spp.	toksini PSP	da
<i>Dinophysis caudata</i> (E, F)	toksini DSP	n.c.
<i>Dinophysis fortii</i> (G)	toksini DSP	n.c.
<i>Dinophysis hastata</i> (M)	toksini DSP	n.c.
<i>Dinophysis sacculus</i> (I)	toksini DSP	n.c.
<i>Dinophysis tripos</i> (H)	toksini DSP	da
<i>Dinophysis</i> spp.	toksini DSP	n.c.
<i>Gonyaulax</i> spp.	masovno cvetenje	da
cf. <i>Heterocapsa triquetra</i>	amino kisline: BMAA	da (začasna)
<i>Lingulodinium polyedra</i> (J)	jesotoksini	da
<i>Noctiluca scintillans</i> (L)	masovno cvetenje	n.c.
<i>Phalacroma mitra</i> (O)	toksini DSP	ne/neznano
<i>Phalacroma rotundatum</i> (N)	toksini DSP	ne/neznano
<i>Prorocentrum cordatum</i>	masovno cvetenje/tetrodotoksin	da
<i>Prorocentrum lima</i>	toksini DSP	da
<i>Protoceratium reticulatum</i> (K)	jesotoksini	da
DIATOMEJE		
<i>Chaetoceros cf. wighamii</i>	pomor rib	da
<i>Pseudo-nitzschia cf. calliantha</i>	toksin ASP	ne
<i>Pseudo-nitzschia cf. fraudulenta</i>	toksin ASP	ne
<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	toksin ASP	ne
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. (P, R)	toksin ASP	ne
SILIKOFLAGELATI		
<i>Dictyocha speculum</i>	pomor rib	verjetno



Slika 12: Mikroskopske fotografije dinoflagelatov in diatomej HAB, posnete v fluorescenčni UV (A, E) in navadni svetlobi (vse ostale). Objekti na fotografijah A in E so pobarvani z barvilom Calcofluor White M2R (glej Preglednico 3 za vrstno sestavo).

Za natančno oceno abundance vrst HAB v celotnem vodnem stolpcu, smo le-te prešteli v vzorcih morske vode, vzorčenih s pomočjo sestavljene cevi. Škodljivi dinoflagelati so bili najbolj številčni pomladi in poleti z izjemo vrste *Phalacroma rotundatum*, medtem ko so vrste rodu *Pseudo-nitzschia* dosegle vrhunec jeseni (Slika 13). V zimskem času je bila abundanca škodljivih vrst zelo majhna; prešteli smo zgolj 200 celic/L vrst iz rodu *Pseudo-nitzschia*. *Alexandrium* cf. *minutum* je bil najden v spomladanskih vzorcih in jeseni v zanemarljivo majhnih abundancah. Ta vrsta je bila spomladi najbolj številčna na postaji PBS1, 800 celic/L in najmanj na PBS2, 240 celic/L. *Dinophysis sacculus* se je pojavljal samo spomladi in poleti. Celic je bilo vedno manj kot 100 na liter. Vrsto *Phalacroma rotundatum* smo opazili v najvišjih abundancah jeseni, največ 100 celic/L na postaji PBS2. *Lingulodinium polyedra* smo našli v spomladanskih in poletnih vzorcih. Izstopala je postaja PBS4 s kar 350 celic/L, medtem ko so bile abundance v spomladanskih vzorcih bolj primerljive. Dinamiko in številčnost rodu *Pseudo-nitzschia* predstavlja vsota določenih in nedoločenih vrst. *Pseudo-nitzschia* spp. se je pojavljala skozi vse leto, najštevilčnejša pa je bila jeseni in sicer na postaji PBS3 (18.000 celic/L).



Slika 13: Abundanca izbranih škodljivih fitoplanktonskih taksonov na štirih vzorčnih postajah v štirih sezonah na območju Luke Koper (opomba: različen razpon vrednosti abundanc na y oseh).

3.3.2 Ekološke značilnosti HAB organizmov na območju Luke Koper

S pomočjo nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja (nMDS) smo preverili, ali se vzorci iz različnih postaj v različnih sezonah med seboj razlikujejo po vrstni sestavi škodljivega fitoplanktona. Ordinarni diagram nMDS prikazuje razvrstitev vzorcev na prvih dveh ordinatnih oseh (Slika 14). Največji vpliv na razvrstitev ima sezona vzorčenja, saj so vzorci iz iste sezone na diagramu večinoma razvrščeni blizu skupaj.

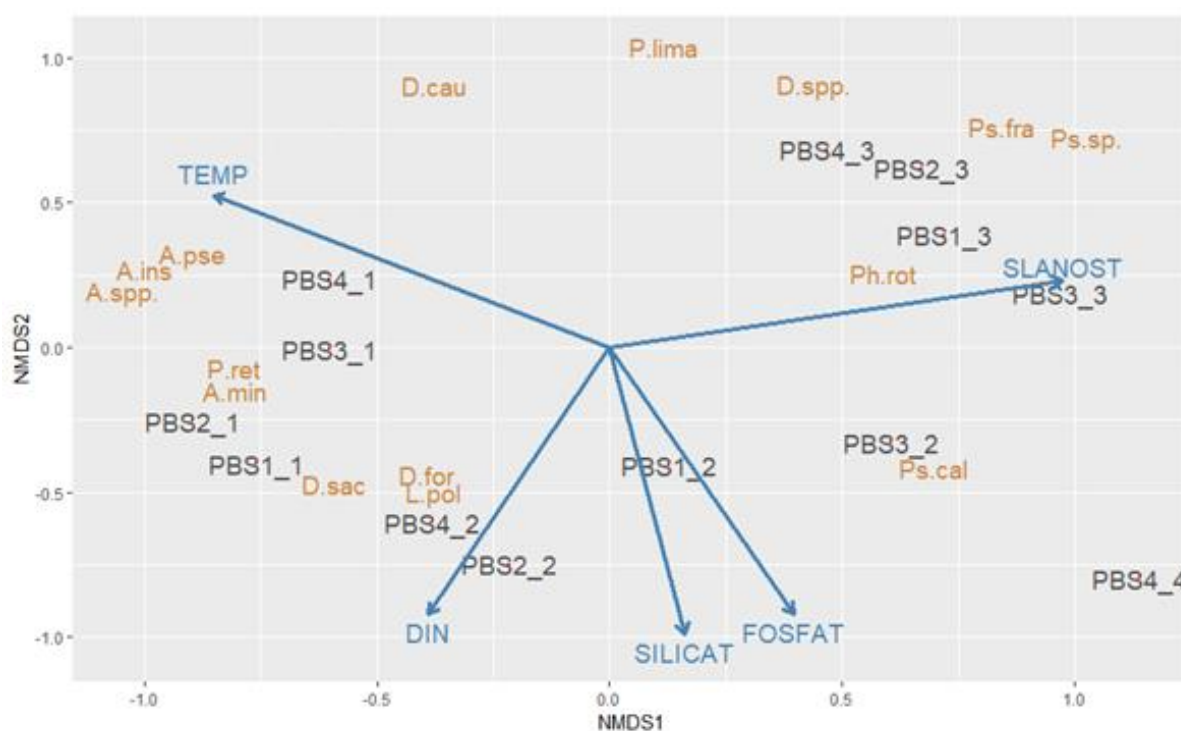
S funkcijo *envfit* smo dodatno ugotavljali, kako na to razvrstitev vplivajo fizikalni in kemični dejavniki. Razložena varianca kaže, da je statistično značilna le temperatura, kar je glede na to, da imamo samo štiri vzorčenja v štirih sezonah, pričakovano (Preglednica 4). Ostali

parametri ne kažejo pomembne vloge pri sezonski porazdelitvi vrst HAB. Še največje povezave so s slanostjo.

Preglednica 4: Razložena varianca (r^2), ki jo predstavljajo različni parametri, in njihova statistična značilnost (P) pridobljeni z analizo *envfit*.

	r^2	P
temperatura	0,4072	0,042
slanost	0,2917	0,136
fosfat	0,0454	0,765
DIN	0,1616	0,353
silikat	0,1155	0,505

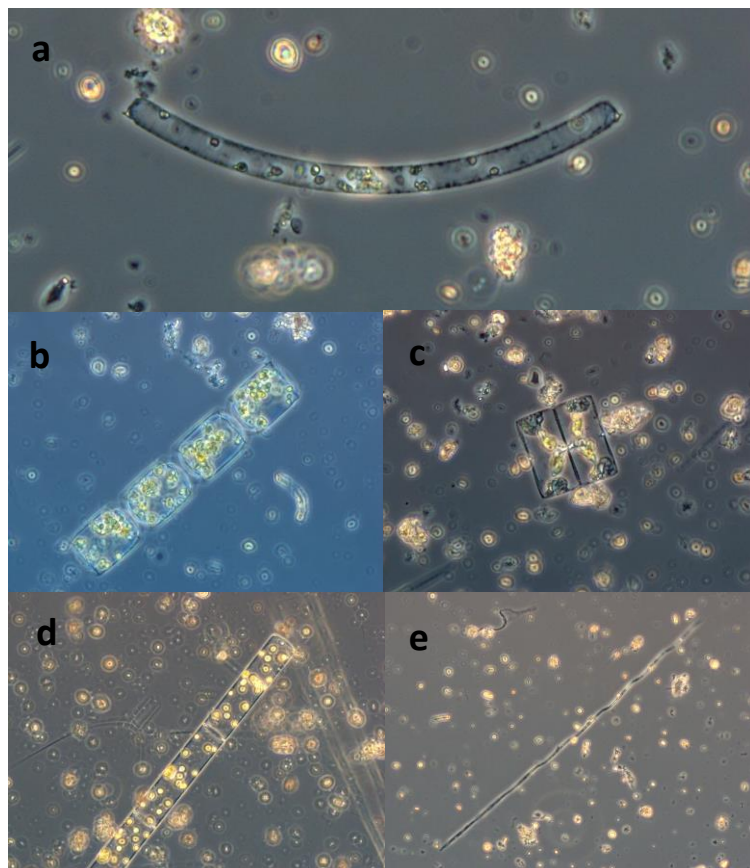
Pri višjih temperaturah v spomladanskih in poletnih vzorcih dominirajo vrste iz rodu *Alexandrium* spp. in *Dinophysis caudata* ter *Protoceratium reticulatum*. Poleti dominirajo miksotrofi: *D. sacculus*, *D. fortii* in *L. polyedra*. V jesenskih vzorcih smo našli vrste: *Prorocentrum lima*, *Pseudo-nitzschia fraudulenta*, *P. calliantha* in druge vrste iz tega rodu (*P. spp.*), *Phalacroma rotundatum* ter nekatere vrste iz rodu *Dinophysis* (Slika 14).



Slika 14: Diagram nMDS, ki prikazuje razvrstitev vzorcev in vrst na prvih dveh ordinacijskih oseh glede na sestavo škodljivih vrst (A. ins – *Alexandrium insuetum*, A. min – *Alexandrium cf. minutum*, A. pse – *Alexandrium pseudogonyaulax*, A. spp – *Alexandrium spp.*, D. cau – *Dinophysis caudata*, D. for – *Dinophysis fortii*, D. sac – *Dinophysis sacculus*, D. spp. – *Dinophysis spp.*, L. pol – *Lingulodinium polyedra*, P. lima – *Prorocentrum lima*, P. ret – *Protoceratium reticulatum*, Ph. rot – *Phalacroma rotundatum*, Ps. cal – *Pseudo-nitzschia cf. calliantha*, Ps. fra – *Pseudo-nitzschia fraudulenta*, Ps. sp. – *Pseudo-nitzschia sp.*) fitoplanktona v povezavi z abiotičnimi dejavniki. Oznake vzorcev: postaja_sezona (1 – pomlad, 2 – poletje, 3 – jesen, 4 – zima) (npr.: PBS1_1). Stres: 0,106.

3.3.3 Prvič opažene in tujerodne vrste (NIS)

V raziskavi PBS smo prvič v slovenskem morju opazili pet diatomejskih vrst (Slika 15): *Dactyliosolen phuketensis*, *Lithodesmium undulatum*, *Meuniera membranacea*, cf. *Pseudoguinaradia recta* in *Pseudo-nitzschia multistriata*.



Slika 15: Prvič opažene vrste na območju Luke Koper; a: *Dactyliosolen phuketensis*, b: *Lithodesmium undulatum*, c: *Meuniera membranacea*, d: cf. *Pseudoguinaradia recta*, e: *Pseudo-nitzschia multistriata*.

Z veliko mero verjetnosti smo kot NIS, ki je obenem tudi potencialno toksična, določili le vrsto *Pseudo-nitzschia multistriata* z značilno sigmoidno zavito obliko celic (Slika 16).



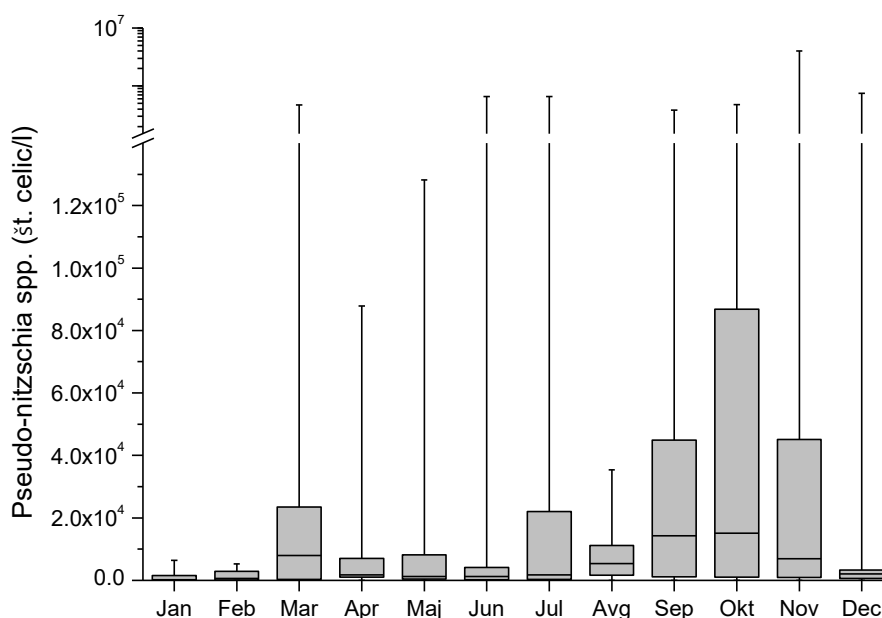
Slika 16: Celici *Pseudo-nitzschia multistriata* (svetlobni mikroskop) iz postaje ODB2.

Med že prisotnimi neškodljivimi vrstami v slovenskem morju, ki so že zacvetele, omenimo še vrsto *Chaetoceros* cf. *pseudodichaetus*. Ker je njen izvor neznan, smo jo določili kot kriptogeno vrsto.

3.4 POVPREČNA LETNA DINAMIKA ŠKODLJIVIH VRST FITOPLANKTONA V JV DELU TRŽAŠKEGA ZALIVA

Zato, da bi dobili bolj natančno sliko značilne dinamike škodljivih vrst mikroalg v slovenskem delu Tržaškega zaliva, smo analizirali dolgoletno serijo podatkov (2006-2015) o pojavljanju HAB in njihovi številčnosti v delu slovenskega morja, ki leži blizu akvatorija Luke Koper. To je postaja ODB2, ki je vključena v nacionalni monitoring spremljanja toksičnih vrst fitoplanktona na školjčičih v slovenskem morju in leži na Debelem rtiču. S temi podatki in s podatki o vrstah HAB iz Luke Koper lahko pripravimo načrt monitoringa HAOP v pristanišču. V nadaljevanju predstavljamo povprečno letno dinamiko najpogostejših potencialno toksičnih vrst fitoplanktona, ki lahko povzročijo ASP, DSP in PSP zastрупitve ter zastрупitev z jesotoksini. Značilna letna dinamika na slikah 17-20 je prikazana z mesečnimi boxplot diagrami z mediano in ročicami, ki predstavljajo celoten razpon (min-max) vrednosti abundanc v posameznem mesecu 10-letnega obdobja.

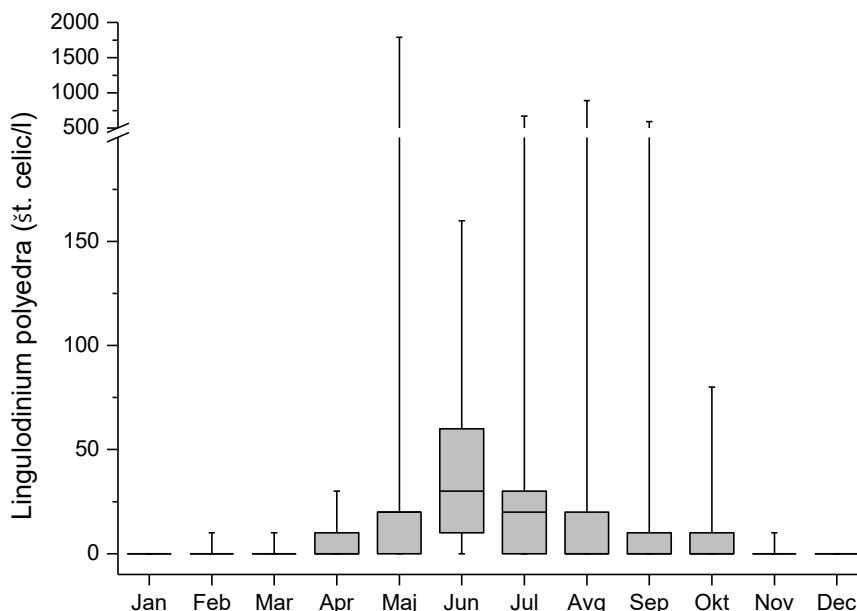
Vrste *Pseudo-nitzschia* spp. so najštevilčnejše v jesenskih mesecih (september – november, mediana okoli 15.000 celic/L), drugi, manjši sezonski višek pa se pojavi v marcu (mediana 8.000 celic/L) (Slika 17). Cvetenja vrst *Pseudo-nitzschia* pa se lahko pojavijo skoraj v vseh mesecih, razen januarja, februarja in avgusta in dosežejo tudi več milijonov celic/L. V rodu *Pseudo-nitzschia* smo prepoznali vrste *P. cf. calliantha*, *P. cf. fraudulenta* in *P. pungens*, ki se vse praviloma pojavljajo v zimskih in jesenskih mesecih (Slika 21).



Slika 17: Povprečna letna dinamika vrst iz rodu *Pseudo-nitzschia*, ki povzročajo zastрупitev ASP na postaji ODB2 v obdobju 2006-2015.

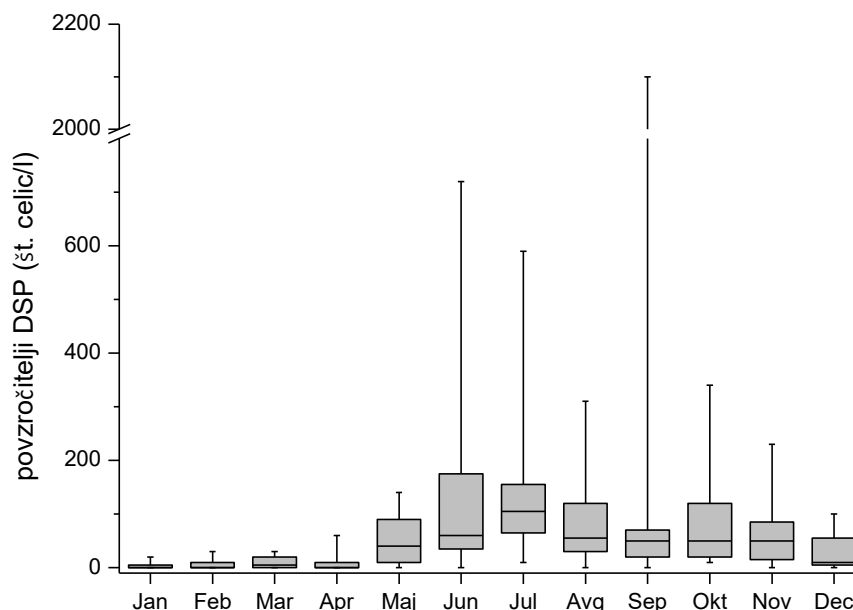
Povprečna letna dinamika vrste *Lingulodinium polyedra* ima značilen spomladansko-poletni višek (Slika 18) z najvišjo mediano v juniju (25 celic/L). Za te mesece je tudi nasploh

značilno največji razpon števila celic, ki lahko doseže tudi 1.750 celic/L. V preostalih mesecih, predvsem pa od novembra do marca, je abundanca *L. polyedra* zanemarljiva. Značilen spomladansko – poletni vzorec pojavljanja je razviden tudi iz diagrama nMDS (Slika 21).



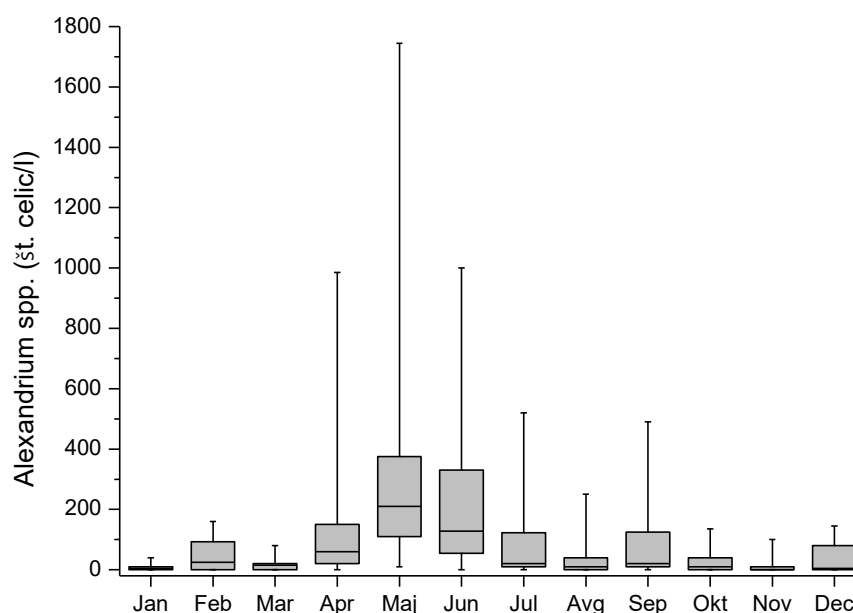
Slika 18: Povprečna letna dinamika vrste *Lingulodinium polyedra*, ki sintezira jesotoksine, sorodne toskinom DSP, na postaji 0DB2 v obdobju 2006-2015.

Vrste rodov *Dinophysis* in *Phalacroma* predstavljamo skupaj, ker oba povzročata zastrupitve DSP. Vrste so številčnejše od maja do decembra, čeprav so prisotne tudi v prvi tretjini leta (Slika 19). V mesecih z največjimi abundancami in razponi so si mediane zelo podobne, nekoliko pa izstopa julijska mediana (okoli 100 celic/L). Septembra 2010 je bila dosežena največja abundanca (2.100 celic/L) in je bila skoraj izključno zaradi cvetenja vrste *Dinophysis fortii*, ki je značilna jesenska vrsta (Slika 21). Poleg *D. fortii* so najbolj pogoste vrste še *D. caudata*, *D. sacculus*, *D. tripos* in *Phalacroma rotundatum*. *D. sacculus* in *D. tripos* sta značilni poletni vrsti, *D. caudata* se poleg *D. fortii* na diagramu nMDS razporedi med jesenske vrste, medtem ko je vrsta *P. rotundatum* prisotna v vodnem stolpcu vse od maja do decembra (Slika 21).



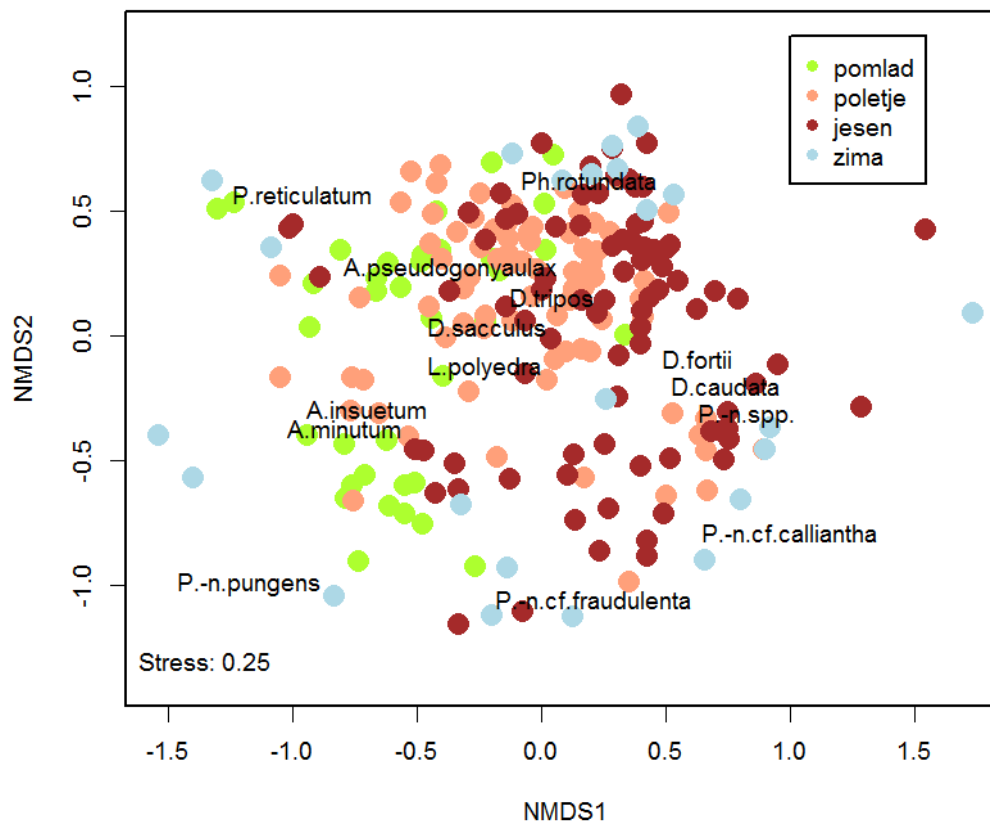
Slika 19: Povprečna letna dinamika vrst *Dinophysis* spp. in *Phalacroma* spp., ki povzročajo zastrupitev DSP, na postaji ODB2 v obdobju 2006-2015.

Povprečna letna dinamika vrst iz rodu *Alexandrium*, ki je potencialni povzročitelj zastrupitve PSP, kaže na en letni višek v spomladanskih mesecih (maj-junij, mediana 100 celic/L), ko lahko občasno dosežejo tudi nekaj 100 ali skoraj 2000 celic/L (Slika 20). V pozno jesenskih in zimskih mesecih (izjema februar) so abundance zelo nizke. V vzorcih smo določili tri vrste: *Alexandrium insuetum*, *A. cf. minutum* in *A. pseudogonyaulax*.



Slika 20: Povprečna letna dinamika vrst *Alexandrium* spp, ki povzročajo zastrupitev PSP, na postaji ODB2 v obdobju 2006-2015.

Vse vrste iz rodu *Alexandrium* imajo približno enak sezonski vzorec pojavljanja – od pomladi do jeseni, vendar je *A. cf. minutum* praviloma bolj številčen maja, ostali dve vrsti pa dosežeta višek v naslednjih mesecih (junij-julij) (Slika 21).



Slika 21: Diagram nMDS, ki prikazuje razvrstitev škodljivih vrst fitoplanktona na postaji 0DB2 na prvih dveh ordinacijskih oseh glede na sezono pojavljanja.

4 DISKUSIJA

Cilj naloge je bil pripraviti popis fitoplanktonskih vrst na območju Luke Koper, vključno s škodljivimi organizmi – HAOP. Med mikroalgami so to tiste vrste, tako avtohtone kot tujerodne, ki povzročajo škodljiva cvetenja (HAB). V nalogi smo se osredotočili na planktonske mikroalge, tj. fitoplankton. Ekološke značilnosti najdenih HAB organizmov v pristanišču v štirih sezonah (pomlad, poletje in jesen 2014 ter zima 2015) smo primerjali z večletno časovno serijo HAB-ov na izbranem školjčičišču v slovenskem morju (Debeli rtič). Naš namen je bil prepoznati značilen sezonski vzorec pojavljanja in cvetenja HAB-ov na Debelem rtiču in ga »preslikati« na HAB organizme, najdene v pristanišču, kar bi lahko uporabili pri načrtovanju monitoringa HAOP v sistemu zgodnjega opozarjanja (EWS) pri ravnanju z balastnimi vodami na območjih pristanišč.

Zastavili smo tri delovne hipoteze: 1. Sestava fitoplanktonske združbe v pristanišču, vključno z organizmi HAOP/HAB, sledi pričakovani sezonski dinamiki v JV delu Tržaškega zaliva; 2. Razlike med postajami na območju pristanišča so odraz različnih abiotskih dejavnikov; in 3. Prvič opažene vrste fitoplanktona v slovenskem morju so posledica vnosa z ladijskimi balastnimi vodami.

4.1 BIODIVERZITETA IN SEZONSKA DINAMIKA FITOPLANKTONSKE ZDRUŽBE NA OBMOČJU LUKE KOPER

Najpomembnejši rezultat popisa fitoplanktona v raziskavi PBS je seznam vrst in rodov (Priloga A), ki bo služil kot referenčna točka za prihodnje upravljanje in monitoring pristanišč iz vidika konvencije BWM (IMO 2004). Pristanišče Koper je tako kot druga pristanišča in obalna območja po vsem svetu (Juliano in Garcia 2006; Huixian in sod. 2017; Cabrini in sod. 2018), prepoznalo pomen izvajanja konvencije in pripravilo popis različnih skupin organizmov, ki vključuje tudi fitoplanktonsko združbo.

Seznam vrst, pripravljen v tej študiji za območje Luke Koper, se glede na bogatost in sestavo vrst v veliki meri sklada s predhodnimi precej obsežnejšimi PBS popisi, ki so bili opravljeni v lukah po celem Jadranu: Bari, Ancona, Benetke in Trst v Italiji; Koper v Sloveniji; Pula, Rijeka, Šibenik, Split in Ploče na Hrvaškem; Bar v Črni gori; in Durrës v Albaniji (Mozetič in sod. 2017; Cabrini in sod. 2018; Kraus in sod. 2018). Sicer že po navedbah Viličić in sod. (2009) raznolikosti vrst kokolitoforidov in drugih skupin fitoplanktonov ni mogoče enostavno direktno primerjati med območji zaradi različnih metodologij vzorčenja, števila vzorcev in protokolov identifikacije.

Tako ni presenetljivo, da je vsota taksonov dveh najštevilčnejših skupin iz naše študije, to sta skupini diatomej in dinoflagelatov ($n_{\text{diatomeje}} = 94$, $n_{\text{dinoflagelati}} = 78$, $n_{\text{skupno}} = 169$) manjša od inventarja 782 taksonov, ki so ga predstavili Viličić in sodelavci (2002), saj so dopolnili seznam med obdobjem 1981-2000. Prav tako je velika razlika tudi v številu vrst iz skupine haptofitov, kjer prevladujejo kokolitoforidi: 6 (naša študija) in 101 (Viličić in sod. 2002). Prav tako v naši raziskavi PBS nekaterih fitoplanktonskih organizmov nismo uspeli

prepoznati do vrste, temveč smo jih uvrstili v najnižji možen takson (npr. rod). Ene vrste fitoplanktona (*Chaetoceros* cf. *pseudodichaetus*) ni bilo na seznamu pregledane floristične literature in zato smo jo uvrstili kot kriptogeno vrsto (Pociecha in sod. 2016). V našem delu smo zaznali tudi neidentificirane vrste iz rodu *Gymnodinium* (Thessen in sod. 2012), predvsem pa najbolj značilne vrste/taksone HAB: *Alexandrium* spp., *Dinophysis* spp., *Pseudo-nitzschia* spp. Za te taksone so v predhodnjih raziskavah pokazali njihovo prisotnost tekom celega leta (Viličić in sod. 2002, 2009; Cabrini in sod. 2018; Kraus in sod. 2018; Mozetič in sod. 2017).

Primerjava rezultatov iz naše študije z analizo desetletnih podatkov iz severnega Jadrana (Marić in sod. 2012) je potrdila podoben vzorec sezonskega pojavljanja naslednjih vrst iz naše študije:

POMLAD – *Chaetoceros* spp., *Cylindrotheca closterium*, *Cerataulina pelagica*, *Cyclotella* spp., cf. *Oblea rotunda*, *Prorocentrum micans*, *Proboscia alata*, *Tripos furca* in *T. fusus*;

POLETJE – *Chaetoceros* spp., *Hermesinum adriaticum*, *Leptocylindrus danicus*, *P. alata*, *T. furca*, *T. fusus* in *Thalassionema nitzschioides*;

JESEN – *Guinardia flaccida*, *Pseudo-nitzschia* cf. *calliantha* in *T. cf. horridus*;

ZIMA – *Eucampia zodiacus* in *T. cf. horridus*.

Totti in sod. (2000) in študija Mozetič in sod. (1998) so v vzhodnem delu srednjega Jadrana prepoznali *Chaetoceros* kot rod, ki prevladuje spomladi, kar se ujema z našimi ugotovitvami, saj se *Chaetoceros* sp. abundantno pojavlja v spomladanskih in poletnih vzorcih. Povečana dominanca vrst *Chaetoceros* je bila v zadnjem obdobju opažena tudi v Tržaškem zalivu (Mozetič in sod. 2017; Cabrini in sod. 2018). Dejstvo, da sta bila diatomeja *Lioloma pacificum* in silikoflagelat *Dictyocha fibula* oba čedalje pogosteje opažena preko 30-letnega obdobja opazovanj v severnem Jadranu (Bernardi Aubry in sod. 2012) sovpada z našo določitvijo obeh vrst, ki tako predstavljata pomemben del jesensko-zimske fitoplanktonske združbe. Razlike v sezonskih vzorcih med našo študijo in drugimi omenjenimi študijami iz severnega Jadrana so bile v prevladujočih nediatomejskih vrstah. Nekatere razlike lahko pripišemo različnim metodološkim pristopom: v naši analizi smo pregledovali mrežne vzorce z velikostjo očes 20 µm v planktonski mreži, Viličić in sod. (2009) pa so analizirali vodne vzorce, v katerih so prevladovali manjši (< 20 µm) dinoflagelati. Vrsta *Hermesinum adriaticum*, ki je bila v Luki Koper pogosta v poletnih vzorcih, v prejšnjih raziskavah (ibid.) ni bila prevladujoča v Jadranu. To kaže na stabilno in ponavljajoče se zaporedje prevladujočih taksonov v jadranskih obalnih fitoplanktonskih združbah. Na podlagi rezultatov prisotnosti dveh sezonsko prevladujočih rodov *Chaetoceros* spp. in *Pseudo-nitzschia* spp., pri katerem je le z uporabo svetlobnega mikroskopa težko identificirati vrsto, sklepamo, da ima ta analitska nedoločenost lahko merljiv vpliv na naše rezultate. V obeh rodovih je namreč skritih več vrst z različnimi optimumi rasti glede na abiotске parametre in ki se glede na spremembe v okolju pojavljajo lahko v kratkem času ena za drugo (časovna sukcesija). To zaporedno pojavljanje skozi čas so z uporabo podrobnih morfoloških in/ali molekularnih metod pokazali za vrsti *Chaetoceros* (Bosak in sod. 2016) in *Pseudo-nitzschia*

(Grbin in sod. 2017). V naši študiji smo na območju Luke Koper identificirali 18 skozi čas/sezone neenakomerno razporejenih vrst *Chaetoceros* in samo tri vrste *Pseudo-nitzschia*. Na tem mestu je potrebno omeniti, da optimalna taksonomska resolucija lahko povzroči navidezno prisotnost toksičnih predstavnikov rodu *Pseudo-nitzschia* v različnih sezonah in lokacijah vzorčenja, kar bi lahko rešili le z uporabo kompleksnejših molekularnih metod. Treba je skrbno preučiti protokole zlasti za identifikacijo vrst *Pseudo-nitzschia*, saj se je število opisanih vrst v zadnjih 30 letih v svetovnih oceanih več kot podvojilo, kar vključuje tudi toksične vrste (Trainer in sod. 2012). Uporaba naprednih molekularnih metod za odkrivanje filogenetskih odnosov pride v poštev v primeru, kjer rutinska svetlobna mikroskopija ne omogoča pravilne identifikacije. Največje cvetenje rodu *Pseudo-nitzschia* nastopi novembra s številčnostjo cca. milijon celic/L. Vrsta *Lingulodinium polyedra* naj ne bi bila zdravju škodljiva a so vidne značilne povišane vrednosti v juniju in juliju ter manjša številčnost v mesecu maju. Abundanca/Biodiverziteti *Dinophysis* spp. in *Phalacroma* spp. je nizka, ciste niso znane (Francé in Mozetič 2006). Tudi *Alexandrium* spp. je malo številčen in pri nas ne predstavlja problema. Pozno spomladanske vrste imajo stalni sezonski vzorec (Slika 14, Slika 21).

Poleg rodu *Pseudo-nitzschia* in *Alexandrium* so bili vsi drugi taksoni lažje identificirani na raven vrste. Dokler napredna tehnologija ne bo omogočila hitre identifikacije vrst med rutinskim spremljanjem/monitoringom, je treba celotne rodove šteti za škodljive. Posebno pozornost je treba nameniti med procesom cvetenja vrst *Pseudo-nitzschia*, saj je znano, da se proizvodnja domojске kisline pri številnih vrstah povečuje prav v stacionarni fazi (Fehling in sod. 2004 (a); Fehling in sod. 2004 (b); Besiktepe in sod. 2008). Zastopanost vrst *Dinophysis* in *Phalacroma* v vzorcih iz naše študije je bila podobna prej opisanim sezonskim karakteristikam v vzorcih severnega Jadrana (Francé in Mozetič 2006) in vzhodne obale osrednjega Jadrana (Ninčević Gladan in sod. 2008). Vrste *Alexandrium* so bile na splošno najbolj številčne poleti, zabeležene vedno v nizkih abundancah (pod 5000 celic/L). Zelo redko so bili opisani primeri njihovega cvetenja, tj. nekaj milijonov celic na liter v obalnih vodah Jadrana, kjer je po do sedaj zbranih podatkih več kot enkrat prišlo do povzročitve PSP (Pavela Vrančič in Marasović 2004; Ujević in sod. 2012; Ujević in sod. 2018). Kljub številnim nerešenim vprašanjem (taksonomija, toksikologija) in razmeroma nizki številčnosti tega rodu, bi morali potencialni monitoring plani upoštevati ciste, za katere je znano, da jih proizvajajo vrste *Alexandrium* in ki so pokopane v sedimentih (Mozetič in sod. 2017).

Opisani sezonski vzorci posameznih predstavnikov fitoplanktonske združbe kažejo, da so bile razlike med postajami manjše kot razlike med sezonami. Vse to nakazuje, da gre na območju Luke Koper za isto fitoplanktonsko združbo kot širše v Tržaškem zalivu. Z zbranimi podatki in primerjavami z dostopno literaturo smo tako potrdili **prvo zastavljeno hipotezo**, da sestava fitoplanktonske združbe v pristanišču, vključno z organizmi HAOP/HAB, sledi pričakovani sezonski dinamiki v JV delu Tržaškega zaliva.

4.2 VPLIV ABIOTSKIH DEJAVNIKOV NA FITOPLANKTONSKO ZDRUŽBO

V drugem delu raziskave smo se lotili analize podobnosti/razlike med vzorčnimi postajami na območju pristanišča preko meritev abiotских parametrov. Na splošno so si bile postaje glede na multivariatno grupiranje abiotских dejavnikov med seboj precej podobne in so tvorile skupke glede na čas (sezono) vzorčenja (Slika 11). Na podlagi meritev in analiz tako sklepamo, da ima od izmerjenih abiotских dejavnikov, ki lahko vplivajo na razlike v sestavi vrst HAB, najpomembnejši vpliv temperatura vode, ki pa je sama po sebi v bistvu sezonske narave. Podrobnejši vzorec vejanja pokaže na največje podobnosti na nivoju abiotских parametrov med postajami, ki so v zalivu/bazenu/zaledju brez drugih vplivov (PBS3 in PBS1). Izliv reke Rižane, kjer je posledično voda brakična in onesnažena z nutrienti (Počkaj 2008), vpliva na karakteristike postaje PBS2. Na postaji PBS5 smo vzorčili z s horizontalnim vlekem, postaja PBS4 pa je že precej oddaljena od pristanišča, saj je tam območje sidrišča (Slika 3). Naši rezultati primerjave koncentracije DIN (Slika 4) na vzorčnih postajah potrjujejo, da so le te bile izredno povišane na postaji PBS2, kar potrjuje prej omenjeni vpliv stalnega pritoka reke Rižane v vzorčevalni bazen (Počkaj 2008; Kraus in sod. 2018). Če primerjamo vrednosti hranil, izmerjenih med vzorčenjem naše študije PBS, z vrednostmi, pridobljenimi v času spremljanja iste postaje v okviru monitoringa NIB, kjer ni bilo opaziti nobenega vpliva pristanišča v Koprju, smo v naši študiji opazili dva do štirikrat višje koncentracije amonija na postaji PBS2 (Slika 4) in na isti postaji skoraj dvakrat višji nitrat, kjer med rednim monitoringom NIB ravno tako ni bilo zaznati negativnega vpliva Luke Koper (Flander Putrle in sod. 2015). Postaja PBS4 je najbolj zunanja postaja in ni pod neposrednim vplivom rečnega izliva in vnosov hranil s kopnega, saj so bile koncentracije vseh nutrientov praviloma vedno najnižje ali zelo nizke. Nasprotno pa koncentracije hranil v površinskem sloju na postaji PBS2 kažejo na velik vpliv izliva reke Rižane. Postaja PBS1 je predstavljala najbolj plitvi del morja, kjer smo odvzeli vzorce, in kjer se dviguje veliko sedimenta.

Pregled podobnosti fitoplanktonskih združb pokaže, da je njihova največja podobnost spomladi in poleti. Na podlagi zbranih podatkov nimamo indicev, da bi to bilo neposredno povezano z obsegom in frekvenco torej z intenzivnejšim ladijskim prometom (Slika 14, Slika 21). Na podobnost v fitoplanktonski združbi med postajami znotraj ene sezone lahko vplivajo: (i) naravni cikel fitoplanktonskih združb (kar vključuje sezonske spremembe abiotских dejavnikov), (ii) vnos dodatnih nutrientov s kopnega (reke) in (iii) antropogeni transport vodnih mas preko balastnih tankov. Vendar je težko oceniti, v kolikšni meri intenziven pomorski promet vpliva na sestavo združbe fitoplanktona preko transporta balastnih vod (tj. vnos tujerodnih organizmov), saj razširjanja preko drugih poti, kot so morski tokovi ne moremo izključiti. V prid antropogenemu vnosu vrst NIS z balastnimi vodami govori dejstvo, da smo edino vrsto NIS iz naše raziskave (*Pseudo-nitzschia multistrata*), najdeno v prosti vodi, skoraj sočasno odkrili tudi v balastnih tankih ladij, ki so prispele v pristanišče Koper iz drugih sredozemskih pristanišč (Cabrinini in sod. 2018).

Zaznavanje vrste *Pseudo-nitzschia multistrata* v morskih vzorcih v pristanišču bi zato preko tega načina prenosa pomenilo izključno naključje ali uvodni/začetni dogodek. Ta vrsta je bila v severnem delu zaliva že zabeležena leta 2005 (Mozetič in sod. 2017) in se od leta 2015 dalje redno spremlja v fitoplanktonskih združbah jugovzhodnega dela Tržaškega zaliva. To ni presenetljivo, saj planktonski organizmi zlahka kolonizirajo novo okolje tudi z naravnim razprševanjem/širjenjem enako kot avtohtone združbe.

Na podlagi zbranih podatkov lahko ugotovimo, da **druge delovne hipoteze** ne moremo v celoti potrditi, saj se je kot pomemben okoljski parameter, ki vpliva na sestavo planktonskih združb v naši študiji pokazala samo temperatura vode. Prav tako ne moremo opaženih razlik v fitoplanktonskih združbah direktno povezati samo na ladijski promet.

4.3 ŠKODLJIVE/HAB AVTOHTONE IN NEAVTOHTONE FITOPLANKTONSKE VRSTE NA OBMOČJU LUKE KOPER

Vrste HAB so bile prepoznane kot pomemben pojav od časa prvih odkrivanj do njihovega splošnega raziskovanja in velikega povečanja števila opisanih vrst HAB (Hallegraeff 1993). Nedavna zbirka vrst HAB v svetovnih oceanih, ki obravnava različne vidike HAB, od taksonomije, biogeografije, ekologije, toksinologije in toksikologije do upravljanja in družbenih potreb (Lassus in sod. 2016), skupaj z taksonomskim seznamom IOC-UNESCO (Moestrup in sod. 2009 in naprej) je predstavljala temelj za določitev vrst HAB v naši PBS raziskavi.

Naš seznam (potencialnih) vrst HAB obsega 25 taksonov (Preglednica 3), od katerih je večina (21) identificiranih do nivoja vrste. Večina teh taksonov lahko proizvaja toksine, kateri vplivajo na zastrupitve z morskno hrano (zlasti školjke, ribe in raki) pri ljudeh ali imajo lahko škodljive učinke na morske prostoživeče živali. Kljub potencialu za proizvodnjo kemično raznolikih toksinov (Preglednica 3), so problematični le tisti, ki se pogosto pojavljajo v vzorcih nad regulatornimi mejami v jadranskih školjkah. To je skupina lipofilnih toksinov – DSP toksini, pektenotoksini in jesotoksini (Francé in Mozetič 2006; Ninčević Gladan in sod. 2008).

Skupina okadaične kisline in njenih derivatov dinofizistoksinov (Dickey in sod. 1992; Vale in de M. Sampayo 2002; An in sod. 2010) povezanih z rodovi *Dinophysis* in *Phalacroma* ter bentoškim *Prorocentrum lima*, povzročijo sindrome DSP. V naši študiji smo našli 9 vrst iz teh rodov povezanih z izbruhi diaretičnih zastrupitev s školjkami (Preglednica 3). Jesotoksini, ki jih proizvajajo *Protoceratium reticulatum*, *Lingulodinium polyedra* in *Gonyaulax spinifera* pa nimajo dokazanega učinka na ljudi (EFSA 2008), prav tako je težko razbrati, katere DSP sindrome povzročajo pektenotoksini, ki jih sintetizirajo nekatere vrste iz roda *Dinophysis* (Fernández in sod. 2003). Jesotoksini so sicer bili prevladujoči toksini v školjkah vzhodne jadranske obale leta 2000 (Ninčević Gladan in sod. 2010). Redna kontrola toksinov v morski hrani z nacionalnimi programi monitoringa je verjeten razlog za zelo redke primere človeške zastrupitve z DSP toksini (Pistocchi in sod. 2012). Vrste *Pseudo-nitzschia* so potencialni proizvajalci domoične kisline, ki lahko povzročijo sindrome ASP.

Domoična kislina se občasno odkrije v školjkah iz Jadranskega morja (Arapov in sod. 2016), vendar vedno pod predpisano mejo. Tudi toksine PSP, ki jih proizvajajo vrste *Alexandrium* občasno zaznajo (Ujević in sod. 2012) pri čemer je bil doslej le en prijavljen primer zastrupitve s PSP (Mozetič in sod. 2017). V skupino netoksičnih («High biomass fish killing species») in potencialno škodljivih vrst Hallegraeff in sod. (2004) smo razvrstili diatomeje iz rodu *Chaetoceros*, silikoflagelat *Dictyocha speculum* in nekaj dinoflagelatov (npr. geografsko razširjena in abundantna vrsta *Prorocentrum cordatum*).

Število HAB vrst na vzorčnih mestih je sledilo enakemu vzorcu, kot v primeru celotne fitoplanktonske združbe: najvišja abundanca vrst na postaji PBS3 in najnižja na postaji PBS2 (Priloga A). Najbolj abundante vrste v naši raziskavi na območju Luke Koper so bile *Alexandrium. cf. minutum*, *Dinophysis sacculus*, *Phalacroma rotundatum*, *Lingulodinium polyedra* in *Pseudo-nitzschia* spp. (Slika 13), ki se sicer tudi redno in v velikem številu pojavljajo v fitoplanktonski združbi Tržaškega zaliva (Francé in Mozetič 2006), vključno s postajo 0DB2 (Slika 21). Vse postaje PBS so izrazile visoko stopnjo podobnosti v abundanci in sezonskega pojavljanja določenih fitoplanktonskih združb.

Z analizo nMDS smo skušali določiti okoljske dejavnike, ki vplivajo na pojavljanje HAB vrst. Ker je večina vrst na levi strani Slike 14 prednostno toplejših morskih vrst, je to lahko posledica prevladujoče površinske cirkulacije v samem pristanišču v toplešem delu leta (McKinney 2007), kar se odraža tudi v povezavi med vsemi štirimi postajami spomladi. Slanostna preferenca se pojavi jeseni prav tako na vseh štirih postajah. Ostali abiotski dejavniki (fosfat, DIN in silikat) ne kažejo statističnih povezav (Slika 14, Preglednica 4). Nobena izmed najdenih vrst ni izrecno izstopala in se pojavljala v vseh vzorcih v vseh sezonah. Analiza razložene variance je pokazala, da izmerjeni abiotski parametri, razen temperature, niso bili statistično značilno povezani z opisi biodiverzitete fitoplanktona.

Postaja 0DB2 kaže zanesljiv indic za sezonski vzorec pojavljanja vrst HAB na podlagi dolgoletne časovne serije. Zato smo v tej študiji ugotovljeno sezonsko porazdelitev za Luko Koper primerjali s postajo 0DB2. Vrsta *Dinophysis tripos* nakazuje podrobnejšo porazdelitev (poletje-jesen) in njegove absolutne številčnosti na postaji 0DB2 (Slika 21). Za nekatere seve vrste *Pseudo-nitzschia multistriata* iz Sredozemlja in Jadranskega morja je bilo že ugotovljeno, da so sposobni proizvajanja toksinov (Pistocchi in sod. 2012). Glede njihove dejanske škodljivosti pa ne moremo sklepati, saj vse dosedanje analize toksinov v školjkah niso zaznale vsebnosti ASP nad dovoljeno mejo (Francé in Mozetič 2013). Pri obeh analizah nMDS je bilo skupno 11 vrst (Slika 14, Slika 21). Od identificiranih vrst sta bili samo dve vrsti *Dinophysis tripos* in *P. pungens* na postaji 0DB2 razvrščeni v povezanost prisotnosti z abiotskimi dejavniki. Kljub dejstvu, da se vrsta *P. multistriata* pri nas še ne pojavlja kritično, je smiselno vzpostaviti nadzor HAOP v pristaniščih. Še vedno so problematične neprepoznave vrste iz rodu *Pseudo-nitzschia* katere navajamo kot »spp.«. Posebno pozornost je treba posvetiti razvoju cvetenja *Pseudo-nitzschia*, saj je znano, da se proizvodnja domoične kisline v številnih vrstah tega rodu povečuje v stacionarni fazi (Trainer in sod. 2009).

Vrste rodu *Alexandrium* so bile na splošno najbolj razširjene spomladi (PBS postaje) (Slika 13, Preglednica 5) in poleti (postaja ODB2) (Slika 20). Identificirane vrste in neprepoznane vrste, ki tvorijo skupek *Alexandrium* spp. so potencialno strupeni (za jadranski sev *A. minutum* je potrjena toksičnost v kulturi; Pistocchi in sod. 2012). Vendar pa zelo redko dosežejo obseg cvetenja več milijonov celic na liter v obalnih vodah Jadrana (Milandri in sod. 2005). Kljub številnim odprtim vprašanjem (taksonomija, toksinologija) v zvezi s tem rodом in relativno nizko številčnostjo bi morali potencialni načrti monitoringa upoštevati ciste, katere vrste *Alexandrium* proizvajajo ter so zakopane v sedimentu.

Za veliko večino vrst HAB, ki jih najdemo v koprskem pristanišču, lahko na podlagi obsežnega literaturnega pregleda sklenemo, da so avtohtone. Zgolj eno vrsto, tj. *Pseudonitzschia multistriata* smo določili kot vrsto NIS, ki je tudi potencialno toksična. *P. multistriata* je bila prvič opisana iz japonskih morij in prvič opažena v obalnih vodah Tirenskega morja leta 1995 (Orsini in sod. 2002; Zingone in sod. 2003). Kasneje so jo našli tudi v Grčiji v obdobju 2004-2008 (Moschandreu in Nikolaidis 2010) in leta 2006 iz vzorcev zahodnega Jadrana prvič iz nje izolirali domojško kislino (Pistocchi in sod. 2012). V obsežni PBS analizi jadranskih pristanišč je bila ta vrsta najdena le v najbolj severnih pristaniščih (Benetke, Trst, Koper) (Mozetič in sod. 2017), kar bi lahko nakazovalo raznašanje z ladjami zaradi intenzivnega pomorskega prometa med temi pristanišči (Penko in sod. 2016), lahko pa je to posledica tudi drugih poti vnosa.

Monitoring vrst HAB v pristaniščih bi moral biti osredotočen na ta diatomejski rod (*Pseudonitzschia*), tudi z uporabo modernih, hitrih in zanesljivih genetskih metod, kar je za sistem hitrega obveščanja (EWS) bistvenega pomena.

Na podlagi zbranih podatkov o abiotskih parametrih, sestavi fitoplanktonskih združb, prisotnosti specifičnih vrst lahko potrdimo kompleksno interakcijo okolja z ladijskim prometom na območju Luke Koper. **Tretje delovne hipoteze**, da so prvič opažene vrste fitoplanktona v slovenskem morju izključno posledica vnosa z ladijskimi balastnimi vodami, ne moremo potrditi, saj poleg naravnih poti razširjanja z morskimi tokovi ne moremo izključiti drugih načinov transporta (obrast na ladijskih trupih, vnos z rekami).

5 SKLEPI

1. V sezonah (pomlad 2014-zima 2015) smo na območju Luke Koper (jugovzhodni del Tržaškega zaliva) spremljali biodiverzitetu fitoplanktona. Opisali smo sezonske vzorce fitoplanktonske združbe. Razlike med postajami so bile manjše kot razlike med sezonami, kar kaže na to, da gre v preoblikovanem luškem akvatoriju za isto fitoplanktonsko združbo kot širše v Tržaškem zalivu, ki jo oblikujejo podobni abiotski dejavniki. Ugotovili smo, da sledi že raziskani in opisani sezonski dinamiki na območju Tržaškega zaliva.
2. V fitoplanktonski združbi na območju Luke Koper smo skupno določili 184 taksonov. Med njimi je: 78 taksonov dinoflagelatov, 94 taksonov diatomej, 6 taksonov kokolitoforidov, 3 taksoni silikoflagelatov, 2 taksona heterotrofnih bičkarjev ter eno vrsto rumene alge. Med temi smo prepoznali 25 taksonov vrst HAB.
3. Med 25 taksoni HAB, ki so po IMO konvenciji HAOP organizmi, so najbolj pomembne tiste vrste, ki povzročajo (ali bi lahko povzročile) DSP, ASP in PSP zastupitve s školjkami (*Dinophysis* spp., *Phalacroma* spp., *Lingulodinium polyedra*, *Pseudo-nitzschia* spp., *Alexandrium* spp.). Diatomeje iz rodu *Pseudo-nitzschia* imajo tudi pomembno ekološko vlogo v združbi fitoplanktona, ker tvorijo sezonska cvetenja.
4. Ugotovili smo, da ima med abiotskimi dejavniki, ki vplivajo na razlike v sestavi vrst HAB, najpomembnejši vpliv temperatura.
5. V PBS raziskavi smo za slovensko morje prvič zabeležili pet vrst, med njimi tudi potencialno toksično diatomejo *Pseudo-nitzschia multistriata*. Gre za tujerodno vrsto, za katero predpostavljamo, da se je iz drugih sredozemskih območij, kjer je že vzpostavila stalne populacije, razširila v severni Jadran z balastnimi vodami, vendar drugih poti razširitve (npr. morski tokovi) ne moremo izključiti.
6. Primerjava izsledkov iz PBS študije z rezultati dolgoletnega monitoringa vrst HAB na območju školjčičišča v bližini pristanišča (Debeli rtič) je pokazala podobno sestavo vrst HAB in njihovo sezonsko dinamiko. Vrste iz rodu *Pseudo-nitzschia* so najštevilčnejše in lahko tvorijo cvetenja v vseh letnih časih. Zato bi moral biti monitoring vrst HAB v pristaniščih osredotočen na ta diatomejski rod, tudi z uporabo modernih, hitrih in zanesljivih genetskih metod, kar je za sistem hitrega obveščanja (EWS) bistvenega pomena.

6 LITERATURA IN VIRI

An T., Winshell J., Scorzetti G., Fell J.W., Rein K.S. 2010. Identification of okadaic acid production in the marine dinoflagellate *Prorocentrum rathymum* from Florida Bay. *Toxicon: Official Journal of the International Society on Toxinology*. 55. 653-7. 10.1016/j.toxicon.2009.08.018.

Arapov J., Ujević I., Marić Pfannkuchen D., Godrijan J., Bakrač A., Ninčević Gladan Ž., Marasović I. 2016. Domoic acid in phytoplankton net samples and shellfish from the Krka River estuary in the Central Adriatic Sea. *Mediterr. Mar. Sci.* 17, 340-350. 10.12681/mms.1471.

Bernardi Aubry F., Cossarini G., Acri F., Bastianini M., Bianchi F., Camatti E., De Lazzari A., Pugnetti A., Solidoro C., Socal G. 2012. Plankton communities in the northern Adriatic Sea: patterns and changes over the last 30 years. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 115, 125-137. 10.1016/j.ecss.2012.03.011.

Besiktepe S., Ryabushko L., Ediger D., Yilmaz D., Yilmaz A., Ryabushko V., Lee R. 2008. Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et. Hasle (*Bacillariophyta*) isolated from the Black Sea. *Harmful Algae*. 7. 438-442. 10.1016/j.hal.2007.09.004.

Bosak S., Godrijan J., Šilović T. 2016. Dynamics of the marine planktonic diatom family *Chaetocerotaceae* in a Mediterranean coastal zone. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 180, 69-81. 10.1016/j.ecss.2016.06.026.

Bray R.J. in Curtis J.T. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27 (4), 325-349.

Cabrini M., Cerino F., de Olazabal A., Di Poi E., Fabbro C., Fornasaro D., Goruppi A., Flander Putrle V., Francé J., Gollasch S., Hure M., Lipej L., Lučić D., Magaletti E., Mozetič P., Tinta T., Tornambè A., Turk V., Uhan J., David M. 2018. Potential transfer of aquatic organisms via ballast water with a particular focus on harmful and non-indigenous species: A survey from Adriatic ports. *Marine Pollution Bulletin*. 10.1016/j.marpolbul.2018.02.004.

Caroppo C., Congestri R., Bruno M., 2001. Dynamics of *Dinophysissensu lato* species (*Dinophyceae*) in a coastal Mediterranean environment (Adriatic Sea). *Continental Shelf Research* 21, 1839-1854

Casas Monroy O., Linley R.D., Adams J.K., Chan F.T., Drake D.A.R., Bailey S.A. 2015. Relative Invasion Risk for Plankton across Marine and Freshwater Systems: Examining Efficacy of Proposed International Ballast Water Discharge Standards. *PLoS ONE* 10(3): e0118267. 10.1371/journal.pone.011826.

Castriota L., David M., Gosar L., Kocijančič U., Maggio T., Muha T.P., Orlando Bonaca M., Silvestri C. in Magaletti E. 2014. Review of Marine Strategy Framework Directive national reports for Descriptor 2 (BALMAS, Act. 6.2) FB3 – Italian National Institute for Environmental Protection and Research – ISPRA

DAISIE – Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. European Invasive Alien Species Gateway. 2008. Dostopno dne: 12.12.2014 na: <http://www.europe-aliens.org>.

David M., Gollasch S., Leppäkoski E. 2013. Risk assessment for exemptions from ballast water management. *Mar. Pollut. Bull.* 75 (1), 205-217. 10.1016/j.marpolbul.2013.07.031.

Dickey R., Fryxell G., Granade H.R., Roelke D. 1992. Detection of marine toxin okadaic acid and domoic acid in shellfish and phytoplankton in Gulf of Mexico. *Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology.* 30. 355-9. 10.1016/0041-0101(92)90877-8.

Dodge J.D. 1982. *Marine Dinoflagellates of the British Isles.* Pp. 303. London, Great Britain: Her Majesty's Stationary Office.

EFSA. 2008. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on marine biotoxins in shellfish – yessotoxin group. *EFSA J.* 907, 1-62.

Faust M.A. in Gullledge R.A. 2002. Identifying Harmful Marine Dinoflagellates. *Contributions from the United States National Herbarium,* 42, 1-144. Washington, DC: Department of Systematic Biology – Botany, National Museum of Natural History.

Fehling J., Green D.H., Davidson K., Bolch C, Bates S. 2004 (a). Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia seriata* (*Bacillariophyceae*) in Scottish waters. *Journal of Phycology.* 40. 622-630. 10.1111/j.1529-8817.2004.03200.x.

Fehling J., Davidson K., Bolch C., Bates S. 2004 (b). Growth and domoic acid production by *Pseudo-nitzschia seriata* (*Bacillariophyceae*) under phosphate and silicate limitation. *Journal of Phycology - J PHYCOL.* 40. 674-683. 10.1111/j.1529-8817.2004.03213.x.

Fernández M.L., Richard D.J.A., Cembella A.D. 2003. *In vivo* assays for phycotoxins. V: Hallegraeff G.M., Cembella A.D. in Anderson D.M. (ur.) *Manual on Harmful Marine Microalgae.* UNESCO Publishing. Paris: 347-380.

Figueroa R.I. in Garcés E. 2010. *Dinoflagellate Life Cycles. 1995-2004 Tree of Life Project.* Dostopno dne: 05.01.2019: http://tolweb.org/notes/?note_id=5512.

Flander Putrlje V., Mozetič P., Francé J., Ozod-Seradj D., Turk V., Tinta T., Lipej L., Orlando Bonaca M., Mavrič B., Uhan J., Klun K., Grego M. in Šiško M. 2015. *Port Baseline Survey in Port of Koper, Slovenia (BALMAS, Act. 5.1). Final Report.* National Institute of Biology (NIB) – Marine Biology Station, Fornače 41, SI-6330 Piran, Slovenia.

Francé J. in Mozetič P. 2006. Ecological characterization of toxic phytoplankton species (*Dinophysis* spp., *Dinophyceae*) in Slovenian mariculture areas (Gulf of Trieste, Adriatic Sea) and the implications for monitoring. *Marine Pollution Bulletin,* 52: 1504-1516.

Francé J., Obal R., Mozetič P. 2013. Možne so tri vrste zastrupitev: o toksičnosti školjk in prepovedih njihove prodaje v povezavi s pojavljanjem toksičnega fitoplanktona v slovenskem morju. *Vestnik Veterinarske zbornice Slovenije.* Letnik 8, št. 2 (marec 2013), str. 13-17.

Fritz L. in Triemer R.E. 1985. A rapid simple technique utilizing Calcofluor White M2R for the visualization of dinoflagellate thecal plates. *Journal of Phycology*, 21, 662-664.

Glibert M. P., Anderson D.M., Gentien P., Graneli E., Sellner G. K. 2005. Harmful Algal Blooms. The Global, Complex Phenomena of Harmful Algal Blooms. *Oceanography*. Vol. 18, No.2., June.

Gollasch S. in Leppäkoski E. 1999. Initial risk assessment of alien species in Nordic coastal waters. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.

Gollasch S., Minchin D., David M. 2015. The transfer of harmful aquatic organisms and pathogens with ballast water and their impacts. In: David M., Gollasch S. (ur.), *Global Maritime Transport and Ballast Water Management Issues and Solutions. Invading Nature. Springer Series in Invasion Ecology 8 Springer Science + Business Media, Dordrecht, Netherlands*, pp. 35-47. 10.1007/978-94-017-9367-4_3.

Grbin D., Pfannkuchen M., Babić I., Mejdandžić M., Mihanović H., Marić Pfannkuchen D., Godrijan J., Peharec Štefanić P., Olujić G., Ljubešić Z. 2017. Multigene phylogeny and morphology of newly isolated strain of *Pseudo-nitzschia mannii* Amato & Montresor (Adriatic Sea). *Diatom Res.* 32, 127-131. 10.1080/0269249X.2017.1284158.

Grasshoff K., Ehrhardt M., Kremling K. (ur.) 1999. *Methods of Seawater Analysis*. 3rd edn. Verlag Chemie/Wiley-VCH. Weinheim/New York.

Guiry M.D. in Guiry G.M., 2014. *Algaebase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Dostopno dne: 12.12.2014 na: <http://www.algaebase.org/>

Hallegraeff G.M., Steffensen D.A., Wetherbee R. 1988. Three estuarine Australian dinoflagellates that can produce paralytic shellfish toxins. *Journal Plankton Res* 10: 533-541.

Hallegraeff G.M., Bolch C.J., Bryan J., Koerbin B. 1990. Microalgal spores in ship's ballast water: A danger to aquaculture. *Toxic Marine Phytoplankton*. ed. by. E. Graneri et al., Elsevier, pp. 475-480.

Hallegraeff G.M. in Bolch C.J. 1991. Transport of toxic dinoflagellate cysts via ships' ballast water. *Mar Pollut Bull* 22: 27-30.

Hallegraeff G.M. in Bolch C.J. 1992. Transport of dinoflagellate cysts in ship's ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture. *J Plankton Res* 14: 1067-1084.

Hallegraeff G.M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32, 79-99. 10.2216/i0031-8884-32-2-79.1.

Hallegraeff G.M. 1998. Transport of toxic dinoflagellates via ships' ballast water: bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies. *Mar Ecol Prog Ser* 168: 297-309.

Hallegraeff G.M., Anderson D.M., Cembella A. 2004. *Manual on Harmful Marine Microalgae*. UNESCO Publishing, Paris.

Honsell G., Poletti R., Pompei M., Sidari L., Milandri A., Casadei C., Viviani R. 1996. *Alexandrium minutum* Halim and PSP contamination in the Northern Adriatic Sea (Mediterranea Sea). V: Yasumoto T., Oshima Y., Fukuyo Y. (ur.), Harmful and Toxic Algal Blooms. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 77-80.

Huixian W., Chen C., Wang Q., Lin J., Xue J. 2017. The biological content of ballast water in China: A review. *Aquaculture and Fisheries*. Volume 2, Issue 6, November 2017. Pages 241-246. 10.1016/j.aaf.2017.03.002.

Hustedt F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. Pp. 920. Leipzig, Germany: Akademische Verlagsgesellschaft.

IMO. 2004. International Convention on the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments. International Maritime Organization, London.

ITIS – Integrated Taxonomic Information System on-line database. 2014. Dostopno dne 12.12.2014 na: <http://www.itis.gov>.

Juliano V.B. in Garcia V.M.T. 2006. Cysts of potentially harmful dinoflagellates, with emphasis on the genus *Alexandrium*, in Sepetiba Bay (Brazil) during a port survey of GloBallast. *Afr. J. Mar. Sci.* 28, 299-303. 10.2989/18142320609504166.

Kraberg A., Baumann M., Dürselen C.D. 2010. Coastal Phytoplankton-Photo Guide for Northern European Seas. V: Wiltshire K. H. in Boersma M. (ur.). Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research: Handbooks on Marine Flora and Fauna. Pp. 204. Munchen, Germany: Verlag Dr. Friedrich Pfeil.

Kraus R., Ninčević Gladan Ž., Auriemma R., Bastianini M., Bolognini L., Cabrini M., Cara M., Čalić M., Campanelli A., Cvitković I., Despalatović M., Drakulović D., Flander Putrle V., Grati F., Grego M., Grilli F., Jaklin A., Janeković I., Kolitari J., Lipej L., Magaletti E., Marini M., Mavrič B., Mikuš J., Mozetič P., Orlando-Bonaca M., Petović S., Precali R., Supić N., Trabucco B., Travizi A., Žuljević A. 2018. Strategy of port baseline surveys (PBS) in the Adriatic Sea. Elsevier Editorial System (tm) for Marine. Pollution Bulletin.

Krebs C.J. 1972. Ecology – The experimental analysis of distribution and abundance. Pp. 694. New York, USA: Harper & Row.

Larink O. in Westheide W. 2011. Coastal Plankton-Photo Guide for European Seas. V: Wiltshire K. H. in Boersma M. (ur.). Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research: Handbooks on Marine Flora and Fauna. Pp. 191. Munchen, Germany: Verlag Dr. Friedrich Pfeil.

Lassus P., Chomérat N., Hess P., Nézan E. 2016. Toxic and Harmful Microalgae of the World Ocean/Micro-algues toxiques et nuisibles de l'océan mondial. IOC Manuals and Guides 68 International Society for the Study of Harmful Algae/Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Denmark.

Luka Koper. 2005a. Storitve in terminali. Dostopno dne 2.6.2017 na: <https://luka-kp.si/slo/terminali-191>

Luka Koper. 2005b. Zgodovina družbe. Dostopno dne 2.6.2017 na: <https://luka-kp.si/slo/zgodovina-druzbe>

Luka Koper. 2005c. Luški vodnik. Ladijske povezave. Dostopno dne 2.6.2017 na: <https://luka-kp.si/slo/ladijske-povezave-228>

Mann D.G. in Marchant H. 1989. The origins of the diatom and its life cycle. V: Green J.C., Leadbeater B.S.C. in Diver W.L. (ur.) The chromophyte algae: problems and perspectives (Systematics Association Special Volume 38), pp. 305-321. Clarendon Press, Oxford.

Mann D.G. 2010. Diatoms. 1995-2004 Tree of Life Project. Dostopno dne: 05.01.2019: <http://tolweb.org/Diatoms/21810>.

Marić D., Kraus R., Godrijan J., Supić N., Djakovac T., Precali R. 2012. Phytoplankton response to climatic and anthropogenic influences in the north-eastern Adriatic during the last four decades. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 115, 98-112. 10.1016/j.ecss.2012.02.003.

McDermott G. in Raine R. 2006. The Dinoflagellate Genus *Ceratium* in Irish Shelf Seas. Pp. 86. Ireland, Galway: The Martin Ryan Institute.

McKinney F.K. 2007. The northern Adriatic ecosystem: deep time in a shallow sea. Columbia University Press. New York. ISBN 978-0-231-13242-8

Milandri A., Pompei M., Poletti R. 2005. Fioriture tossiche in Emilia Romagna e attività del centro nazionale di riferimento per le biotossine marine. V: Mattei D., Melchiorre S., Messineo V., Bruno M. (ur.), Toxic Algal Blooms in Italy: Risk Assessment and Epidemiology. Rapporti ISTISAN 05/29. Tipografia Facciotti, Roma, Italy, pp. 123–129.

Moestrup Ø., Akselman R., Cronberg G., Elbraechter M., Fraga S., Halim Y., Zingone A. (ur.) 2009. IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Dostopno dne: 10.07.2014: <http://www.marinespecies.org/hab/index.php>.

Moschandreu K.K. in Nikolaidis G. 2010. The genus *Pseudo-nitzschia* (*Bacillariophyceae*) in Greek coastal waters. *Bot. Mar.* 53, 159–172.

Mozetič P., Fonda Umani S., Cataletto B., Malej A. 1998. Seasonal and inter-annual plankton variability in the Gulf of Trieste (northern Adriatic). *ICES J. Mar. Sci.* 55: 711–722.

Mozetič P., Cangini M., Francé J., Bastianini M., Bernardi Aubry F., Bužančić M., Cabrini M., Cerino F., Čalić M., D' Adamo R., Drakulović D., Finotto S., Fornasaro D., Grilli F., Kraus R., Kužat N., Marić Pfannkuchen D., Ninčević Gladan Ž., Pompei M., Rotter A., Servadei I., Skejić S. 2017. Phytoplankton diversity in Adriatic ports: Lessons from the port baseline survey for the management of harmful algal species, *Marine Pollution Bulletin*, Editorial System (tm) for Marine. *Pollution Bulletin*. 10.1016/j.marpolbul.2017.12.029.

Ninčević Gladan Ž., Skejić S., Bužančić M., Marasović I., Arapov J., Ujević I., Bojanić N., Grbec B., Kušpilić G., Vidjak O. 2008. Seasonal variability in *Dinophysis* spp. abundances and diarrhetic shellfish poisoning outbreaks along the eastern Adriatic coast. *Bot. Mar.* 51, 449–463. 10.1515/BOT.2008.067.

Ninčević Gladan Ž., Ujević I., Milandri A., Marasović I., Ceredi A., Pigozzi S., Arapov J., Skejić S., Orhanović S., Isajlović I. 2010. Is yessotoxin the main phycotoxin in Croatian waters? *Mar. Drugs* 8, 460-470. 10.3390/md8030460.

Orsini L., Sarno D., Procaccini G., Poletti R., Dahlmann J. in Montresor M. 2002. Toxic *Pseudo-nitzschia multistriata* (*Bacillariophyceae*) from the Gulf of Naples: morphology, toxin analysis and phylogenetic relationships with other *Pseudo-nitzschia* species. *European Journal of Phycology*. 37:2, 247-257

Pavela Vrančič M. in Marasović I. 2004. Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) in the Central Adriatic Sea. *Croatica Chemica Acta*. CCACAA 77 (4) 627-631

Pistocchi R., Guerrini F., Pezzolesi L., Riccardi M., Vanucci S., Ciminiello P., Dell'Aversano C., Forino M., Fattorusso E., Tartaglione, L., Milandri A., Pompei M., Cangini M., Pigozzi S., Riccardi E. 2012. Toxin levels and profiles in microalgae from the north-western Adriatic Sea-15 years of studies on cultured species. *Mar. Drugs* 10, 140-162. 10.3390/md10010140.

Pociecha A., Solarz W., Najberek K., in Wilk-Wozniak E. 2016. Native, alien, cosmopolitan, or cryptogenic? A framework for clarifying the origin status of rotifers. *Aquat. Biol.* 24, 141–149. 10.3354/ab00644

Počkaj P. 2008. Okoljska ocena in makrofiti Rižane. Diplomsko delo. Oddelek za biologijo. Biotehniška fakulteta. Univerza v Ljubljani.

Pompei M., Pigozzi S. in Cangini M. 2003a. Marine Dinoflagellates. Material of UNEP training course, Cesenatico, 9-13 June 2003. Italy. Centro Ricerche Marine, Laboratorio Fitoplankton. Unpublished.

Pompei M., Pigozzi S. in Cangini M. 2003b. Marine Diatoms. Material of UNEP training course, Cesenatico, 9-13 June 2003. Italy. Centro Ricerche Marine, Laboratorio Fitoplankton. Unpublished.

Rampi L. in Bernhard M. 1980. Chiave per la determinazione delle *peridinee pelagiche mediterranee*. Italy: Comitato Nazionale Energia Nucleare, CNEN-RT/BIO(80)8.

Roy S., Llewellyn C.A., Egeland E.S., Johnsen G. (ur.) 2011. Phytoplankton pigments: characterization, chemotaxonomy and applications in oceanography. Cambridge University Press

Sedmak B. in Fanuko N. 1991. Occurrence of *Dinophysis* spp. and toxic shellfish in the Northern Adriatic. *J. Appl. Phycol.* 3, 289–294. 10.1007/BF00026090.

Sutherland T.F., Leonard C., Taylor F.J.R. 1992. A segmented pipe sampler for integrated profiling of the upper water column. *J. Plankton Res.* 14(7), 915-923.

Thessen A.E., Patterson D.J., Murray S.A. 2012. The Taxonomic Significance of Species That Have Only Been Observed Once: The Genus *Gymnodinium* (Dinoflagellata) as an Example. *PLoS ONE* 7(8): e44015. 10.1371/journal.pone.0044015

Tomas C.R. (ur.). 1996. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Pp. 598. San Diego, California, USA: Academic Press, Inc.

Totti C., Civitarese G., Acri F., Barletta D., Candelari, G. Paschini E., Solazzi A., 2000. Seasonal variability of phytoplankton populations in the middle Adriatic sub-basin. J. Plankton Res. 22, 1735-1756. 10.1093/plankt/22.9.1735.

Trainer V.L., Wells M.L., Cochlan W.P., Trick C.G., Bill B.D., Baugh K.A., Beall B.F., Herndon J., Lundholm N. 2009. An ecological study of a massive bloom of toxigenic *Pseudo-nitzschia cuspidata* off the Washington State coast. Limnol. Oceanogr. 54, 1461-1474. 10.4319/lo.2009.54.5.1461.

Trainer V.L., Bates S.S., Lundholm N., Thessen A.E., Cochlan W.P., Adams N.G., Trick C.G. 2012. *Pseudo-nitzschia* physiological ecology, phylogeny, toxicity, monitoring and impacts on ecosystem health. Harmful Algae 14, 271-300. 10.1016/j.hal.2011.10.025.

Ujević I., Roje R., Ninčević Gladan Ž., Marasović I. 2012. First report of Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from eastern Adriatic Sea (Croatia). Food Control 25, 285-291. 10.1016/j.foodcont.2011.10.050.

Ujević I., Roje Busatto R., Marasović I. 2018. PSP Toxins Profile Along The Croatian Adriatic Coast. 10.13140/RG.2.2.25834.21443.

Vale P. in de M. Sampayo M.A. 2002. First confirmation of human diarrhoeic poisonings by okadaic acid esters after ingestion of razor clams (*Solen marginatus*) and green crabs (*Carcinus maenas*) in Aveiro lagoon, Portugal and detection of okadaic acid esters in phytoplankton. Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology. 40. 989-996. 10.1016/S0041-0101(02)00095-8.

Viličić D. 2002. Fitoplankton Jadranskoga Mora – biologija i taksonomija. Pp. 245. Zagreb, Croatia: Školska Knjiga.

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

Viličić D., Djakovac T., Burić Z., Bosak S. 2009. Composition and annual cycle of phytoplankton assemblages in the northeastern Adriatic Sea. Bot. Mar. 52, 291-305. 10.1515/BOT.2009.004.

von Dassow P. in Montresor M. 2011. Unveiling the mysteries of phytoplankton life cycles: patterns and opportunities behind complexity. J. Plank. Res. Accepted.

WHOI. 2012. Life Cycle of a Dinoflagellate. The Harmful Algae Page. Dostopno dne: 05.01.2019: <https://www.whoi.edu/redtide/species/life-cycle>.

Wilkins M.F., Boddy L., Morris C.W., Jonker R. R. 1999. Identification of phytoplankton from flow cytometry data by using radial basis function neural networks. Applied and environmental microbiology, 65(10), 4404-10.

WoRMS Editorial Board. 2014. World Register of Marine Species. Dostopno dne: 10.07.2014: <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. 10.14284/170

Zingone A., Licandro P., Sarno D. 2003. Revising paradigms and myths of phytoplankton ecology using biological time series. V: Briand F. (ur.), Mediterranean Biological Time Series. CIESM Workshop Monographs No.22 pp. 109-114 Monaco.

Datum	09.05.2014				28.07.2014				17.11.2014				09.02.2015			
Postaja	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4
opomba: *vrsta najdena samo v vzorcih pobranih s cevjo																
<i>Chaetoceros decipiens</i>						1								2	1	1
<i>Chaetoceros densus</i>									1							1
<i>Chaetoceros didymus</i>													1			
<i>Chaetoceros simplex</i>						1										
<i>Chaetoceros cf. brevis</i>												1				
<i>Chaetoceros sp. (cf. costatus)</i>									1							
<i>Chaetoceros sp. (cf. lorenzianus)</i>									1					1	1	
<i>Chaetoceros sp. (cf. messanensis)</i>														1		1
<i>Chaetoceros sp. (cf. similis)</i>									1	1	1					
<i>Chaetoceros sp. 1</i>	1															
<i>Chaetoceros tetractichon</i>															1	
<i>Cocconeis sp.</i>	1															
<i>Coscinodiscus centralis</i>											1	1				
<i>Coscinodiscus marginatus</i>			1		1											
<i>Coscinodiscus radiatus</i>			1						1	1						
<i>Coscinodiscus sp.</i>		1	1													
<i>Cyclotella sp.</i>	2	2	2	2	1			1				1				
<i>Cylindrotheca closterium</i>	2	2	3	2	2	1	1	1	1		1	1				
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>								1	1	1	1	1				1
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>									1	1	1	1				
<i>Diploneis cf. bombus</i>									1	1	1	2				
<i>Diploneis sp.</i>	1	1	2	1	1	1					1	1				
<i>Ditylum brightwellii</i>									1	1	1		1			1
<i>Eucampia cornuta</i>			1	1					1		1	1			1	
<i>Eucampia zodiacus</i>									1		1	1	1	1	2	2

Datum	09.05.2014				28.07.2014				17.11.2014				09.02.2015			
Postaja	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4
opomba: *vrsta najdena samo v vzorcih pobranih s cevjo																
<i>Guinardia flaccida</i>	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2		1		2
<i>Guinardia striata</i>			1	1	1	1	1		1	1	2	1		1		
<i>Gyrosigma</i> sp.		1			1	1	1									
<i>Gyrosigma</i> sp. / <i>Pleurosigma</i> sp.							1									
<i>Hemiaulus hauckii</i>				1	1	1	1	1						1		1
<i>Hemiaulus sinensis</i>														1	1	1
<i>Lauderia annulata</i>		1							1			1				
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1	1	2	2	2	2	2	3	1		1	1				
<i>Leptocylindrus danicus</i> var. <i>adriaticus</i> prisotna samo v vzorcih iz postaje PBS5, dne 17.11.2014																
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>												1				
<i>Leptocylindrus minimus</i>									1		1					
<i>Licmophora</i> sp.	1	1	1	1	1		1			1	1		1	1		
<i>Lioloma pacificum</i>			1			1	1	1		1		1				
<i>Lithodesmium undulatum</i>									1	1	1	1				
<i>Lyrella lyra</i>																1
<i>Mastogloia</i> sp.	1	1	1	1		1										
<i>Melosira nummuloides</i>		1												1		
<i>Melosira</i> cf. <i>moniliformis</i> / <i>varians</i>		1								1				1		
<i>Meuneria membranacea</i>													1	1	1	
<i>Navicula</i> sp.		1	1	1	1	1	1	1	1							
<i>Neocaliptrella robusta</i>														1		1
<i>Nitzschia</i> cf. <i>incerta</i>	1	1	1	1	1		1									
<i>Nitzschia</i> cf. <i>longissima</i>		1	1	1		1			1	1	1	1			1	1
<i>Nitzschia</i> cf. <i>reversa</i>	1	1									1					
<i>Nitzschia lorenziana</i> / <i>sigmoidea</i>									1	1	1		1			

Datum	09.05.2014				28.07.2014				17.11.2014				09.02.2015			
Postaja	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4
opomba: *vrsta najdena samo v vzorcih pobranih s cevjo																
DINOFLAGELATI																
<i>Alexandrium cf. minutum</i>	2	1	1	2	1	1	1		1			1				
<i>Alexandrium insuetum</i>		1	1	1												
<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	1		1	2												
<i>Alexandrium spp.</i>	1		1													
<i>Amylax cf. triacantha</i>	1			1				1								
<i>Ceratocorys horrida</i>							1									
<i>Ceratoperidiunium falcatum</i>	1			1												
<i>Cochlodinium sp.</i>																1
<i>Dinophysis caudata</i>	1	1		1	1	1						1				
<i>Dinophysis fortii</i>								1				1				
<i>Dinophysis hastata*</i>																
<i>Dinophysis parva</i>	prisotna samo v vzorcih iz postaje PBS5, dne 28.07.2014															
<i>Dinophysis sacculus</i>	1	1	1	1	2	1	1	1								
<i>Dinophysis spp.</i>									1	1		1				
<i>Dinophysis tripos*</i>																
<i>Diplopsalis sp.</i>			1					1				1				
<i>Dissodinium elegans</i>	1															
<i>Goniodoma polyedricum</i>		1	1	1												
cf. <i>Gonyaulax fragilis</i>								1								
<i>Gonyaulax cf. monacantha</i>								1								
<i>Gonyaulax kofoidii</i>	1	1	1	1		1										
<i>Gonyaulax verior</i>	1								1		1					
<i>Gonyaulax sp.</i>	1		1	1			1									
<i>Gymnodinium spp.</i>					1					1	1					

Datum	09.05.2014				28.07.2014				17.11.2014				09.02.2015			
Postaja	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4
opomba: *vrsta najdena samo v vzorcih pobranih s cevjo																
cf. <i>Heterocapsa triquetra</i> prisotna samo v vzorcih iz postaje PBS5, dne 28.07.2014																
<i>Lingulodinium polyedra</i> *																
<i>Noctiluca scintillans</i> *																
cf. <i>Oblea rotunda</i>	2	2	2	2				1							1	
<i>Oxytoxum curvatum</i> prisotna samo v vzorcih iz postaje PBS5, dne 09.05.2014																
<i>Oxytoxum sceptrum</i>					1				1		1	1				
<i>Oxytoxum</i> sp.		1		1	1	2	2	2								
<i>Phalacroma mitra</i> *																
<i>Phalacroma rotundatum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
<i>Podolampas palmipes</i>					1	1	1	1				1				
<i>Prorocentrum compressum</i>			1		1		1	1			1					
<i>Prorocentrum cordatum</i> *																
<i>Prorocentrum dactylus</i>											1					
<i>Prorocentrum lima</i>										1						
<i>Prorocentrum micans</i>	3	3	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1				
<i>Protoceratium reticulatum</i>	1		1	1	1		1	1								
<i>Protopteridinium bipes</i>	1		1		1		1		1							
<i>Protopteridinium</i> cf. <i>breve</i> prisotna samo v vzorcih iz postaje PBS5, dne 28.07.2014																
<i>Protopteridinium</i> cf. <i>brevipes</i>			1			1			1	1		1				
<i>Protopteridinium conicum</i>	1	1	1	1	1		1									
<i>Protopteridinium</i> cf. <i>crassipes</i>								1								
<i>Protopteridinium depressum</i>								1								
<i>Protopteridinium diabolium</i>	1	1	1	1		1	1		1			1		1		
<i>Protopteridinium divergens</i>	1	1	1	1		1	1	1				1				
<i>Protopteridinium granii</i>														1		

Datum	09.05.2014				28.07.2014				17.11.2014				09.02.2015			
Postaja	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4
opomba: *vrsta najdena samo v vzorcih pobranih s cevjo																
<i>Protoberidinium mite</i>		1		1												
<i>Protoberidinium oceanicum</i>	prisotna samo v vzorcih iz postaje PBS5, dne 09.02.2015															
<i>Protoberidinium cf. ovum</i>	prisotna samo v vzorcih iz postaje PBS5, dne 28.07.2014															
<i>Protoberidinium cf. pallidum</i>		1							1							
<i>Protoberidinium cf. pellucidum</i>				1					1							
<i>Protoberidinium cf. pyriforme</i>	1			1												
<i>Protoberidinium cf. steinii</i>	1	1	1	1	1	1	1									
<i>Protoberidinium steinii/longipes</i>	1	1	1													
<i>Protoberidinium tuba</i>					1			1	1	1	1	1				
<i>Protoberidinium spp.</i>	1						1		1	1	1	1				
<i>Pyrocystis sp.</i>	1	1	1	1												
<i>Pyrophacus horologium</i>			1													
<i>Pyrophacus sp.</i>		1	1	1												
<i>Scrippsiella sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1									
<i>Triadinium polyedricum</i>		1	1	1												
<i>Tripes azoricus</i>														1	1	1
<i>Tripes candelabrus</i>												1		1		
<i>Tripes cf. horridus</i>	1			1	1		1	1	2	2	1	2	1	2	2	
<i>Tripes extensus</i>								1								
<i>Tripes furca</i>	2	2	2	2	2	2	2	1	1		1			1		1
<i>Tripes fusus</i>	2	2	2	2	2	2	2	2				1		1		1
<i>Tripes lineatus</i>									2	1	1	2			1	1
<i>Tripes cf. longipes</i>									1							
<i>Tripes macroceros</i>											1					
<i>Tripes minutus</i>												1				

Datum	09.05.2014				28.07.2014				17.11.2014				09.02.2015			
Postaja	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4	PBS1	PBS2	PBS3	PBS4
opomba: *vrsta najdena samo v vzorcih pobranih s cevjo																
<i>Tripos muelleri</i>									1	1	1	1	1			1
<i>Tripos pentagonus</i>	prisotna samo v vzorcih iz postaje PBS5, dne 09.02.2015															
<i>Tripos setaceus</i>			1													
<i>Tripos trichoceros</i>				1	1	1		1	1			1			1	1
<u>KOKOLITOFORIDI</u>																
<i>Calciosolenia brasiliensis</i>	prisotna samo v vzorcih iz postaje PBS5, dne 09.05.2014															
<i>Calciosolenia cf. murrayi</i>	1	1	1	1					1	1	1	1				
<i>Ophiaster hydroideus</i>									1	1	1	1				
<i>Rhabdosphaera clavigera</i>				1	1	1		1								
<i>Syracosphaera cf. pulchra</i>					1							1				
<i>Syracosphaera sp.</i>					1											
<u>SILIKOFLAGELATI</u>																
<i>Dictyocha fibula</i>				1	1	1	1			1	1	1		1		1
<i>Dictyocha speculum</i>	1	1	1	1	1		1									
<i>Octactis octonaria</i>									1	1	1	1				1
<u>KSANTOFICEJE/RUMENE ALGE</u>																
<i>Meringosphaera mediterranea</i>									1		1				1	
<u>EBRIIDA</u>																
<i>Ebria tripartita</i>	1	1	2	1										1	1	
<i>Hermesinum adriaticum</i>					3	3	2	3				1				