

Dijatomeje kao modelni organizmi u nastavi Prirode i Biologije

Ivčić, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:857295>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Lucija Ivčić

**DIJATOMEJE KAO MODELNI ORGANIZMI
U NASTAVI PRIRODE I BIOLOGIJE**

Diplomski rad

Zagreb, 2021.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Lucija Ivčić

**DIATOMS AS MODEL ORGANISMS IN
NATURE AND BIOLOGY CLASSES**

Master thesis

Zagreb, 2021.

Ovaj rad je izrađen u Botaničkom i Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod voditeljstvom izv. prof. dr. sc. Marije Gligore Udovič i doc. dr. sc. Mirele Sertić Perić. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

Zahvale:

Prije svega želim zahvaliti mentorici izv. prof. dr. sc. Mariji Gligori Udovič na uloženom trudu, vremenu, znanju, strpljenju, susretljivosti, razumijevanju te na nesebičnoj pomoći i neiscrpnim savjetima prilikom izrade ovog rada. Hvala Vam što je izrada ovog rada bila užitak i divno iskustvo na kojem sam mnogo naučila.

Zahvaljujem i mentorici doc. dr. sc. Mireli Sertić Perić na susretljivosti, pomoći, savjetima i ugodnoj komunikaciji.

Veliko hvala Mireli Šušnjari, Luciji Kanjer i Antoniji Kulaš na nesebičnoj pomoći, savjetima i znanju koje su mi prenijele. Hvala djelatnicima Laboratorija Hrvatskih voda na pomoći i susretljivosti.

Hvala svim prijateljima, Tašnarima i obitelji koji su mi uljepšali studentske dane te dijelili moje uspone i padove sa mnom.

Najveća zahvala ide mojim najbližima bez kojih ne bi bilo ovog rada. Hvala bakama i dedama na znanju koje su mi prenijeli i na svemu što su napravili za mene tijekom života. Hvala Tinu što je bio moj metodički pokusni kunić, prijatelj, zabavljač i rame za plakanje. Hvala mami i tati na svemu što su uložili u mene, na neizmjerne podršci, ljubavi, iskrenosti, strpljenju, pomoći i savjetima. Na kraju, hvala Nikoli jer je moja stijena, suputnik, najbolji prijatelj, savjetnik, najveća podrška i oslonac.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

DIJATOMEJE KAO MODELNI ORGANIZMI U NASTAVI PRIRODE I BIOLOGIJE

Lucija Ivčić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Dijatomeje ili alge kremenjašice su fotosintetski eukariotski jednostanični mikroorganizmi s karakterističnom građom stanične stijenke od organskog kompozitnog materijala te hidratiziranog silicijevog dioksida, koji naseljavaju sva vodena staništa. Ekološki su značajne zbog sposobnosti fiksacije ugljika, primarne proizvodnje i jer su odlični biološki indikatori stanja voda, pa su zbog svega toga odlični modelni organizmi u nastavi Prirode i Biologije. Dijatomeje su relativno slabo zastupljene u nastavi Prirode i Biologije, a kod učenika je važno osvijestiti važnost te skupine organizama kako u kontekstu funkcioniranja ekosustava, tako i u kontekstu svakodnevnog ljudskog života. Cilj ovog rada je izraditi nastavne alate koji će biti pomoć nastavnicima i učenicima prilikom korištenja dijatomeja u nastavi kao modelnih organizama i izvorne stvarnosti. Izrađena je zbirka trajnih preparata dijatomeja za posudbu školama u 3 primjerka s po 10 uzoraka, izrađeni su modeli građe stanica različitih vrsta dijatomeja, kao i nacrt buduće aplikacije koju će učenici koristiti u nastavi prilikom učenja o dijatomejama. Izdvojeni su ishodi iz Nacionalnog kurikulumu za Prirodu i Biologiju te su pridruženi 10 izdvojenih tema pogodnih za poučavanje o dijatomejama. Predloženi su načini korištenja dijatomeja u nastavi kao izvorne stvarnosti i modelnih organizama u svrhu ostvarivanja izdvojenih ishoda, kao i prijedlog pripreme nastavnog sata u kojem se koriste dijatomeje kao modelni organizmi.

(83 stranica, 37 slika, 2 tablice, 91 literaturni navod, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: biologija, fitobentos, fitoplankton, jednostanični organizmi, kurikulum, modelni organizmi, priroda

Voditelj 1: izv. prof. dr. sc. Marija Gligora Udovič

Voditelj 2: doc. dr. sc. Mirela Sertić Perić

Ocjenitelji:

Izv. prof. dr. sc. Marija Gligora Udovič

Doc. dr. sc. Mirela Sertić Perić

Izv. prof. dr. sc. Nenad Judaš

Rad prihvaćen: 07.07.2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master Thesis

DIATOMS AS MODEL ORGANISMS IN NATURE AND BIOLOGY CLASSES

Lucija Ivčić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Diatoms are photosynthetic, eukaryotic unicellular microorganisms with distinctive cell wall structure made of composite organic material and hydrated silica, that inhabit all aquatic habitats. They are ecologically significant due to their ability to fix carbon, ability of primary production and due to them being excellent biological indicators of water quality status, so because of all that they are excellent model organisms in teaching of Nature and Biology. Diatoms are relatively poorly represented in the teaching of Nature and Biology, so it is important for students to become aware of the importance of this group of organisms, both in the context of ecosystem functioning and everyday human life. The aim of this paper is to develop teaching tools that will help teachers and students in using diatoms as model organisms and original reality. A collection of permanent microscopic specimens of diatoms to be lent to schools in 3 copies with 10 samples each was made, as well as models of cell structure of different types of diatoms and a draft of a future application that students will use in class when learning about diatoms. Learning outcomes from the National Curriculum for Nature and Biology were singled out and 10 separate topics suitable for teaching about diatoms were added. Ways of using diatoms in teaching as original reality and model organisms for the purpose of achieving separate learning outcomes were proposed, as well as a proposal for the preparation of a lesson in which diatoms are used as model organisms.

(83 pages, 37 figures, 2 tables, 91 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Keywords: biology, curriculum, model organisms, nature, phytobenthos, phytoplankton, unicellular organisms

Supervisor 1: Assoc. Prof. Marija Gligora Udovič, Ph. D.

Supervisor 2: Asst. Prof. Mirela Sertić Perić, Ph. D.

Reviewers:

Assoc. Prof. Marija Gligora Udovič, Ph. D.

Asst. Prof. Mirela Sertić Perić, Ph. D.

Assoc. Prof. Nenad Judaš, Ph. D.

Thesis accepted: 07.07.2021.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Dijatomeje	1
1.1.1. Opće značajke dijatomeja	1
1.1.2. Morfologija dijatomeja	1
1.2. Perifiton	4
1.2.1. Tipovi i struktura perifitona na temelju podloge	7
1.3. Fitoplankton	8
1.3.1. Općenito o fitoplanktonu	8
1.4. Staništa koja naseljavaju dijatomeje	8
1.4.1. Slatke vode	8
1.4.2. More	13
1.5. Hrvatska nacionalna zbirka dijatomeja	15
1.6. Dijatomeje u nastavi Prirode i Biologije	17
1.6.1. Nastavni predmet Priroda	17
1.6.2. Nastavni predmet Biologija	18
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	21
3. MATERIJALI I METODE	22
3.1. Uzorkovanje	22
3.1.1. Uzorkovanje fitobentosa	22
3.1.2. Uzorkovanje fitoplanktona	23
3.2. Čišćenje uzoraka	23
3.2.1. Opis prilagodene „metode KMnO_4“	24
3.2.2. Priprema trajnih mikroskopskih preparata	25
3.3. Mikroskopiranje uzoraka	27
3.4. Materijal za školsku zbirku	27
3.4.1. Izrada zbirke	27
3.4.2. Izrada modela	28
3.4.3. Izrada aplikacije	28

3.4.4.	Izrada prijedloga pripreme	28
4.	REZULTATI	29
4.1.	Trajni mikroskopski preparati dijatomeja	29
4.1.1.	Popis vrsta dijatomeja u trajnim mikroskopskim preparatima	29
4.2.	Popis nastavnih tema.....	37
4.3.	Prijedlozi korištenja dijatomeja u nastavnim satovima Prirode i Biologije u sklopu odabranih tema.....	37
4.3.1.	Jednostanični organizmi	38
4.3.2.	Bioraznolikost	41
4.3.3.	Evolucija – pokretljivost i prilagodbe.....	43
4.3.4.	Prilagodbe na uvjete staništa.....	46
4.3.5.	Slatke vode	50
4.3.6.	Mora i oceani	51
4.3.7.	Nacionalni parkovi	52
4.3.8.	Plankton i bentos	52
4.3.9.	Mikroorganizmi u vodama	53
4.3.10.	Fotosinteza – mikroorganizmi koji proizvode kisik	56
4.4.	Pridruživanje tema trajnim mikroskopskim preparatima.....	58
4.5.	Zbirka trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja za posuđivanje školama.....	58
4.5.1.	Prijedlog obrasca za posudbu zbirke.....	59
4.5.2.	Modeli građe stanica dijatomeja.....	60
4.6.	Prijedlog aplikacije.....	64
4.7.	Prijedlog nastavnog sata	65
5.	RASPRAVA	70
6.	ZAKLJUČAK	75
7.	POPIS LITERATURE	76
8.	ŽIVOTOPIS	83

1. UVOD

1.1. Dijatomeje

1.1.1. Opće značajke dijatomeja

Dijatomeje ili alge kremenjašice su fotosintetski eukariotski jednostanični mikroorganizmi s karakterističnom građom stanične stijenke od organskog kompozitnog materijala te hidratiziranog silicijevog dioksida (Hildebrand, 2008). Naseljavaju slatke, braktične vode i mora, tekućice i stajaćice, plankton i bentos (Smol i Stoermer, 2010). Po brojnosti vrsta najraznolikija su skupina eukariotskih mikroorganizama, s procjenom broja vrsta između 30000 i 100000 (Mann i Vanormelingen, 2013). Veliki značaj dijatomeja očituje se u njihovoj fotosintetskoj sposobnosti fiksacije ugljika; procjenjuje se da su odgovorne za čak 20 % globalne fiksacije ugljika (Falkowski, 2000), a u vodenim sustavima velikim dijelom doprinose primarnoj proizvodnji, oko 25 % u slatkim vodama te u oceanima čak oko 45 % (Mann, 1999), kao i biogeokemijskom kruženju silicija (Grady i sur., 2007). Značajne su i za ekološka istraživanja stanja voda, jer su osjetljive na promjene u okolišu, pa su dobri biološki indikatori (Suphan i sur., 2012). Dijatomeje pripadaju razredu *Bacillariophyceae*, a tradicionalno su se unutar toga razreda dijelile na penate (*Pennales*) i centrice (*Centrales*), primarno prema morfologiji, ali i prema načinu spolnog razmnožavanja te broju i karakteristikama plastida (Round, 1990). Danas se dijatomeje dijele na tri skupine; radijalno simetrične centrice (*Coscinodiscophyceae*), bi/multipolarne centrice (*Mediophyceae*) i rafidne penate (*Bacillariophyceae*) (Medlin, 2016).

Dijatomeje se razmnožavaju i spolno i nesporno. Nesporno razmnožavanje je ograničeno, jer se dijele binarnom diobom, pa se tijekom vremena stanice smanjuju do ograničene minimalne veličine. Pri diobi, polovice frustule (*thecae*) se razdvoje, prijašnjanja donja manja hipoteka (*hypotheca*) postaje epiteka (*epitheca*) te sintetizira novu, manju hipoteku i tako dalje. Nakon dosezanja minimalne veličine, stanica prelazi na spolni način razmnožavanja proizvodeći gamete (Hasle i sur., 1996.).

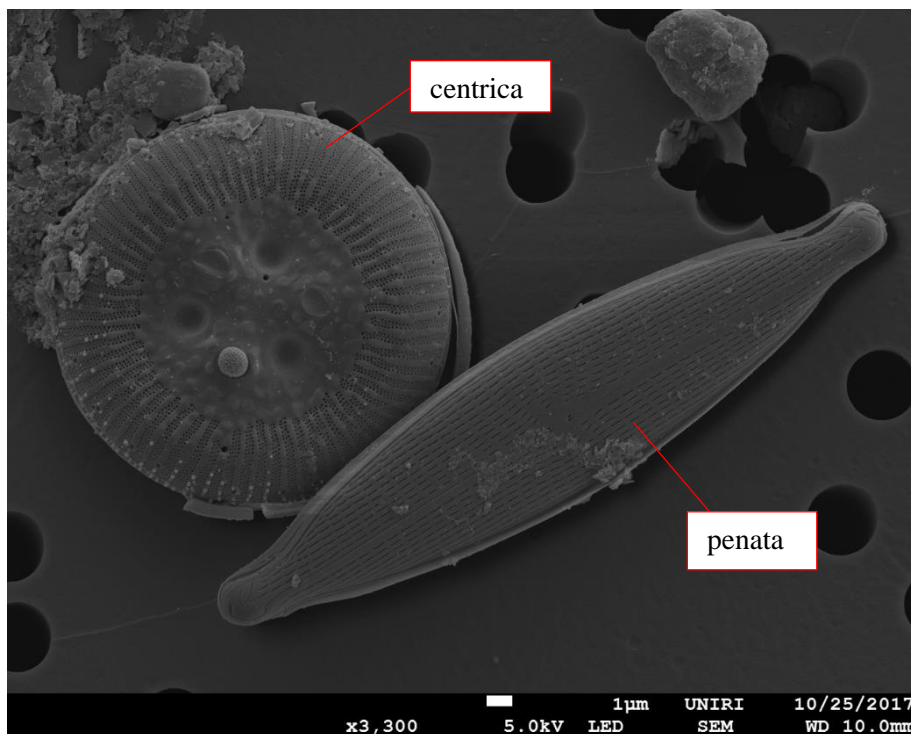
1.1.2. Morfologija dijatomeja

Kao što je već spomenuto, stanična stijenka dijatomeja građena je od hidratiziranog silicijeva dioksida, odnosno amorfno opala, koji gradi ljušturicu zvanu frustula. Silicij je u vodi prisutan kao ortosilikatna kiselina i njeni polimeri, iz kojeg dijatomeje sintetiziraju opal koji se ugrađuje u staničnu stijenkku. Frustula dijatomeja sastoji se od dva dijela, odnosno valve (*valvae*); gornja se naziva epivalva,

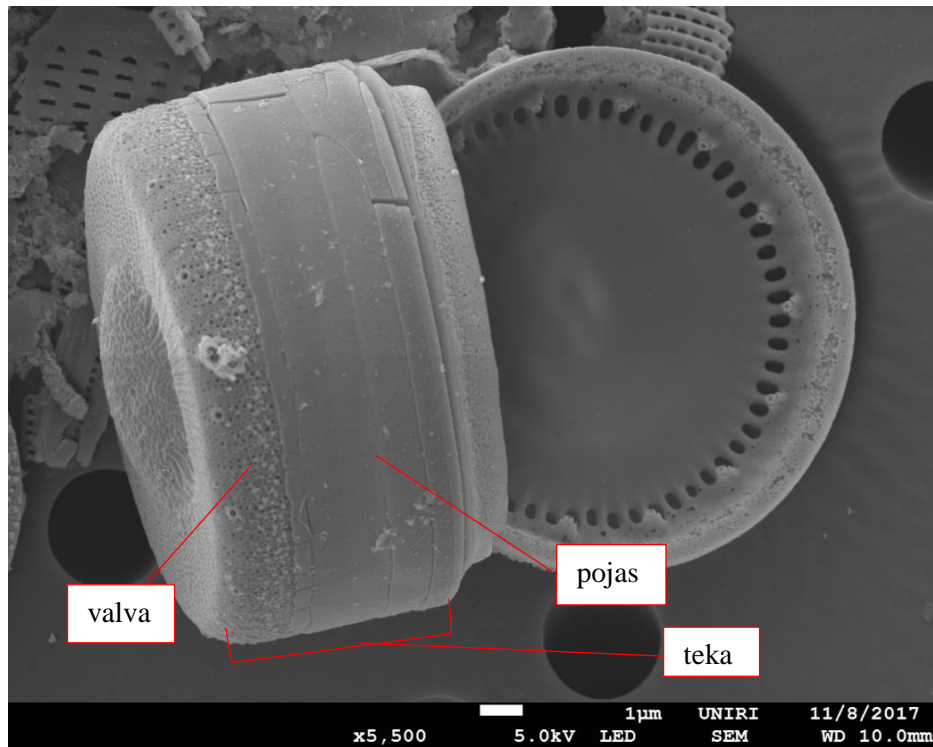
a donja hipovalva (*hyposalva*). Valve su povezane s manjim silikatnim strukturama te zajedno čine pojas (*cingulum*). Frustula se u konačnici sastoji od gornje valve (*epivalva*) i pripadajućeg pojasa (*epicingulum*), koji tvore gornju polovicu, epiteku (*epitheca*) te donjeg pojasa (*hyposalva*) i pripadajućeg pojasa (*hypocingulum*), koji tvore donju polovicu, hipoteku (*hypotheca*). Valve su s unutrašnje strane strukturno ojačane silikatnim zadebljanjima koja se nazivaju rebra (*costae*). Rafe (*rapha*) je uzdužni prorez na površini valve, a može biti prisutna samo jedna ili dvije (Slika 3.). Rafidni ogranci razdvojeni su na sredini silikatnim zadebljanjem koji se naziva središnji čvor (*nodus centralis*). Struktura rafe, kao i položaj te veličina bitna su determinacijska svojstva dijatomeja. Rafe je često polegnuta na zadebljanje koje prati apikalnu os, zvano *sternum* (Round, 1990).

Na valvama se nalaze sitne perforacije koje služe za komunikaciju stanice i okoline. Strije (*striae*) su redovi areola na valvi, a areole (*areolae*) su perforacije veće od pora. Strije su, kao i rafe, važno determinacijsko svojstvo (Round, 1990).

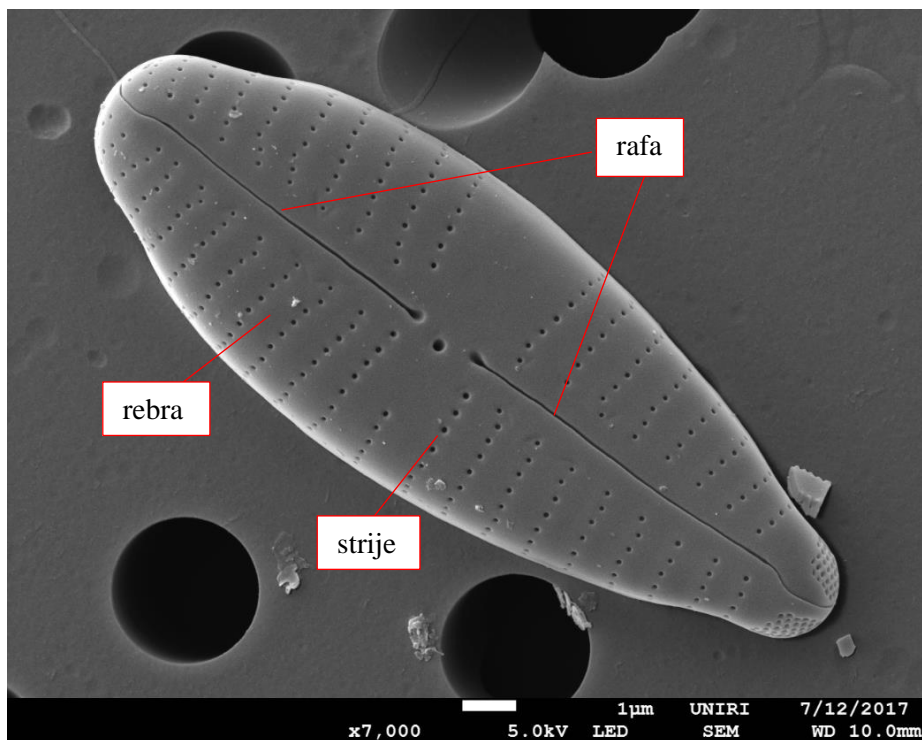
Upravo se tradicionalna podjela dijatomeja na centrice i penate zasniva na morfologiji dijatomeja (Slika 1.). Centrice (Slika 2.) su radijalno, a penate (Slika 3.) bilateralno simetrične. Centrice nemaju rafe, pa su zbog toga nepokretne i naseljavaju plankton, za razliku od penata kojima je prisustvo rafe omogućilo pokretljivost te naseljavanje bentosa. Pokretljivost je omogućena „klizanjem“ po podlozi (Poulsen i sur., 1999). Izvanstanični mukozni matriks dijatomejama omogućuje stvaranje biofilmova u obraštaju i stvaranje kolonija (Slika 4.), što im povećava površinu te time omogućuje otpor prema tonjenju u planktonu (Padišák i sur., 2003).



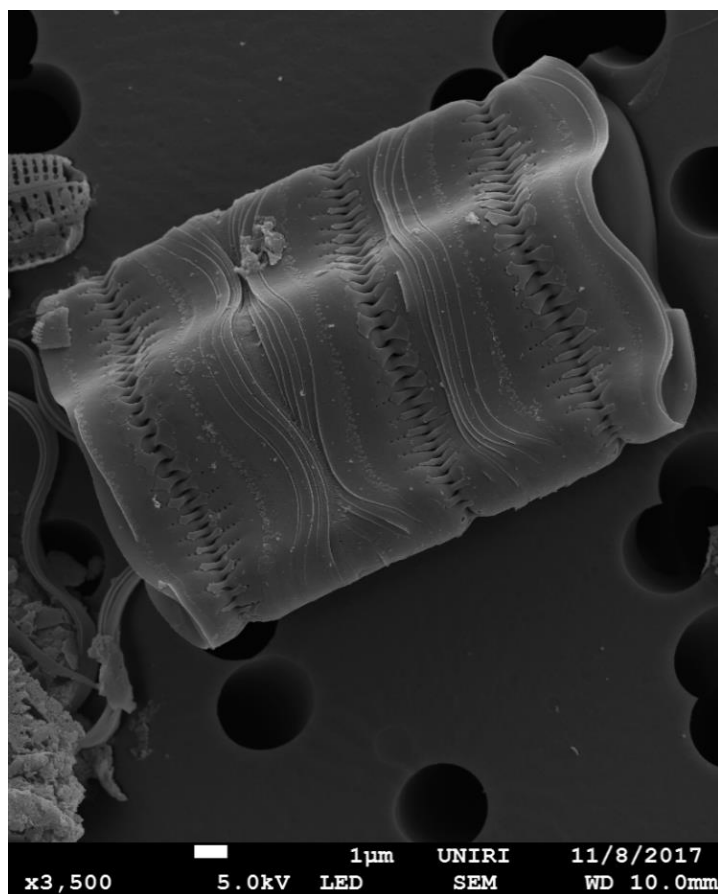
Slika 1. Centrica i penata s valvalne strane (autor: Marija Gligora Udovič)



Slika 2. Centrica s pleuralne strane (autor: Marija Gligora Udovič)



Slika 3. Penata s valvalne strane (autor: Marija Gligora Udovič)



Slika 4. Kolonija dijatomeja s pleuralne strane (autor: Marija Gligora Udovič)

1.2. Perifiton

Termin „perifiton“ prvi put upotrebljen je 1928. godine, a porijeklo riječi dolazi od grčkih riječi *peri* (okruglo) i *phyton* (biljka) (Wu, 2016). Young je 1945. godine prvi puta definirao perifiton kao „organizme na uronjenim objektima sa sluzavim pokrovom“ (Young, 1945). Osam godina kasnije Hunt je redefinirao perifiton kao „alge i male životinje sa sluzavim pokrovom koji mogu biti sedimentarni ili slobodnoživući organizmi koji obitavaju na uronjenim objektima“ (Hunt, 1953). Mnogi su narednih godina pokušali što točnije i preciznije definirati perifiton, a današnja defnicija perifitona je mikroekosustav koji se sastoji od kompleksnog mukopolisaharidnog matriksa s ugrađenim autotrofnim i heterotrofnim mikroorganizmima te koji ima prirodnu sposobnost odgovora na stres i oporavka od istog (Wu, 2016, Sabater i sur., 2007). Perifiton se često zamjenjuje sinonimom „biofilm“, no termin „biofilm“ razlikuje se po sastavu i funkciji. Biofilm može i ne mora sadržavati eukariotske primarne proizvođače te se može razviti na više različitih površina, kao što su prirodne površine u vodi, na tlu, na živom tkivu ili pak na medicinskim spravama i aparatima te na cjevovodima. Zbog tih razloga preciznije je reći „perifitonski biofilm“ ili samo perifiton (Wu, 2016).

Perifiton se sastoji od dijatomeja, zelenih algi, bakterija, gljiva, protista, zooplanktona i malih beskralježnjaka. Iako se u perifitonu mogu pojavljivati različite skupine algi, ipak čak do 70 % ukupne biomase perifitosnskih algi čine dijatomeje.

Perifiton sadrži i nežive tvari, kao što su detritus i kalcijev karbonat. Obično se razvija na uronjenim stijenama (Slika 5. i 6.), biljakama (Slika 7.) i sedimentu, ali se može i slobodno gibati između tih površina (Wu, 2016). Postoji nekoliko odlučujućih i neposrednih čimbenika koji utječu na sastav i raznolikost perifitona, a najvažniji su vrijeme potopljenosti (*submersion time*), brzina strujanja vode, podloga, kemijski sastav vode, *grazing* (hranjenje životinja algama), dostupnost hranjivih tvari, jačina svjetlosti te temperatura (Wu, 2016). Kada bakterije i mikroalge dođu u dodir s površinom ili supstratom, počinju lučiti matriks sluzave izvanstanične polimerne tvari koji stvara mikrobnii biofilm koji je nužni preduvjet i ključni korak za održavanje i preživljavanje svih mikrobnih agregata na površinama. Boja perifitona potječe od dominantnih algi koje se nalaze u njemu, a varira od zelene (Slika 6.) do smeđe (Slika 5. i 7.) (Wu, 2016). Upravo zbog raznolikosti i heterogenosti sastava, perifiton se može pronaći u vodama tijekom cijele godine. Ako je dostupna dovoljna količina svjetlosti te ako su temperature povoljne, intenzivni rast perifitona zimi može premašiti onaj u ljetu (Wu, 2016). Također, zbog istovremene kohabitacije autotrofa i heterotrofa, perifiton predstavlja mikroekosustav u kojem su prisutne različite simbiotske interakcije, kao što su mutualizam, predatorstvo i kompeticija (Wu, 2016).



Slika 5. Perifiton smeđe i zelene boje na uronjenoj stijeni u kanalu Botonega (epiliton) (autor: Igor Stanković)



Slika 6. Perifiton zelene boje na uronjenim stijenama u rijeci Dretulji (epilithon) (autor: Igor Stanković)



Slika 7. Perifiton na makrofitima (epifiton) (autor: Igor Stanković)

Zajednica perifitona u isto vrijeme sadrži predstavnike fotoautotrofa, kemoautotrofa, heterotrofa i razlagača. Zbog toga je važno proučavati perifiton kako bi dobili saznanja o biogeokemijskom kruženju hranjivih tvari u vodenim ekosustavima. Fotoautotrofi u sastavu perifitona ključni su izvor hranjivih tvari za beskralježnjake i heterotrofe bentosa (Hansson, 1992, Muñoz i sur., 2001, Pusch i sur., 1998). Upravo oni kontroliraju strujanje energije i tvari tvoreći biomasu vodenih ekosustava. Velika korisnost perifitona pokazala se i u ekotoksikologiji, jer ima sposobnost uklanjanja toksina, nutrijenata i metala iz

otvorenih voda (Hill i sur., 2000, Vymazal, 1988). Perifiton brzo, predvidljivo i mjerljivo reagira na promjene u dostupnosti hranjivih tvari, pa se zbog toga može koristiti kao predindikator za drastične promjene u ekosustavu. Međutim, perifiton može imati i negativni utjecaj na vodene ekosustave. Gusta „cvjetanja“ utječu na pH-vrijednost vode i količine otopljenog kisika u vodi te na beskrležnjake. Ta cvjetanja mogu promijeniti boju, miris i općeniti izgled vode u kojoj se nalaze, a cijanobakterije mogu otpuštati toksine koji uzrokuju da voda postane opasna za ostale organizme (Biggs i Hickey, 1994).

1.2.1. Tipovi i struktura perifitona na temelju podloge

Prema vrsti podloge možemo razlikovati perifiton na prirodnoj podlozi, poput biljaka, stijena, sedimenata i perifiton na umjetnoj podlozi, poput stakla, industrijskih mekih nosača, polietilenskih limova i sl. (Cattaneo i Amireault, 1992, Danilov i Ekelund, 2001, Tuchman i Stevenson, 1980). Allan i Castillo (2007) su kategorizirali perifiton prirodnih podloga na temelju potopljenih objekata u pet tipova: epifiton, epiliton, epipelon, epipsamon i epiksilon.

- Epifiton je pričvršćen na biljke, biljne dijelove, makrofite ili velike mikroalge (Slika 7.),
- Epiliton je pričvršćen na tvrdu podlogu, npr. stijene i kamenje (Slika 5. i 6.),
- Epipelon živi na površini organskog (muljevitog) sedimenta,
- Epipsamon raste na zrcima pijeska,
- Epiksilon je pričvršćen za drvo.

Biggs i Hickey (1994) su toj podjeli dodali još dva tipa perifitona:

- epizoon živi na površini životinja i ličinaka,
- metafiton potječe iz sedimenta i sastoji se od slobodno plutajućih algi koje nisu vezane za podlogu.

Pouličková i sur. (2008) su predstavili još nekoliko drugih tipova, uključujući one unutar životinja (endozoon), unutar biljaka (endofiton) i unutar stijena (endoliton).

Meroplankton, tihoplankton ili metafiton predstavljaju tri kategorije organizama na razmeđu između bentosa i vodenog stupca, ovisno o životnom ciklusu i drugim čimbenicima (Pouličková i sur., 2008).

Perifiton se, ovisno o njegovoj veličini, može kategorizirati kao mikro- ili makro-perifiton.

1.3. Fitoplankton

1.3.1. Općenito o fitoplanktonu

Plankton se može definirati kao skupina organizama prilagođenih na život u stupcu vode u otvorenim vodama mora, jezera, bara i rijeka (Reynolds, 2006.). Kao što je navedeno, planktonom se mogu smatrati samo živi organizmi, odnosno tamo ne pripadaju ostale sastavnice suspenzije, kao što su čestice gline, nežive tvari, ostaci uginulih organizama i slično (Reynolds, 2006.). U planktonu se nalazi niz vrlo različitih organizama, od sitnih virusa do velikih meduza, stoga se stvorila potreba razlikovati različite vrste planktona prema organizmima koje se u njemu nalaze, ali i prema staništu u kojem se plankton nalazi. Tako je limnoplankton plankton u jezerima, heleoplankton u barama, a potamoplankton u rijekama; bakterioplankton tvore prokarioti, mikoplankton gljivice, zooplankton metazoa i heterotrofni protisti, a fitoplankton fotoautotrofi (Reynolds, 2006.). Sumarno se fitoplankton može definirati kao skupina fotoautotrofnih mikroorganizama prilagođenih na život u otvorenim vodama mora, rijeka, jezera i bara koji, uz isticanje njihove funkcije primarnih proizvođača, proizvode većinu organskog ugljika dostupnog pelagičkim hranidbenim lancima. Njihova najvažnija funkcija proizlazi iz njihve fotosintetske aktivnosti, a to je, uz već navedenu primarnu proizvodnju, i proizvodnja kisika. (Reynolds, 2006.).

Sieburth i sur. (1978) su predložili sustav skaliranja i razlikovanja fitoplanktona, koji je prihvaćen i još uvijek aktualan u ekologiji fitoplanktona. Tako se veličinske frakcije fitoplanktona dijele u pet kategorija. Prva, najmanja kategorija naziva se pikofitoplankton, a sastoji se od organizama maksimalne linearne dimenzije od 0,2 do 2 μm . Sljedeći je nanofitoplankton, čiji su organizmi maksimalne linearne dimenzije od 2 do 20 μm . Organizmi mikrofitoplanktona protežu se od 20 do 200 μm linearne dimenzije, a organizmi mezofitoplanktona od 200 μm do 2 mm. Na kraju je makrofitoplankton, čiji organizmi dosežu maksimalnu linearnu dimenziju iznad 2 mm.

Najvažniji predstavnici takozvanog mrežnog fitoplanktona, odnosno mikrofitoplanktona su dijatomeje i dinoflagelati.

1.4. Staništa koja naseljavaju dijatomeje

1.4.1. Slatke vode

Pod pojam slatke vode spadaju sva vodena staništa koja ne spadaju u slane i braktične vode. Numerički se slatke vode definiraju kao one koje sadržavaju manje od 500 ppm otopljenih soli, slane

vode su sve koje sadržavaju više od 500 ppm otopljenih soli, dok su braktične vode mješavina između slatkih i slanih (GWF, 2006). Iako slatke vode čine samo oko 3 % ukupne vode na Zemlji, u njima se nalazi oko 7 % svjetske bioraznolikosti (Cantonati i sur., 2020). No, slatkovodni ekosustavi su jedni od najugroženijih na svijetu. Procjenjuje se kako će čak dvije trećine razvijenih vodenih slivova na svijetu doseći svoj ekološki maksimum vodenog protoka do 2050. godine zbog crpljenja podzemne vode (de Graaf i sur., 2019). Zbog toga je važno istraživati i poznavati sve prijetnje slatkovodnih ekosustava i staništa, a jedno od ključnih znanja je dobro poznavanje slatkovodnih organizama (Cantonati i sur., 2020). U slatkim vodama moguće je pronaći predstavnike svih carstava živog svijeta; a procjenjuje se da je čak 126000 životinjskih vrsta ovisno o slatkovodnim staništima (Balian i sur., 2008), dok su najmanje istraženi predstavnici protista i mikrobi (Cantonati i sur., 2020).

Slatkovodna staništa se mogu podijeliti na više tipova: podzemne vode, tekućice, jezera, umjetna slatkovodna staništa, močvare, male stajaćice, a svaki taj tip sadrži podtipove (Cantonati i sur., 2020).

1.4.1.1. Podzemne vode

Podzemne vode su jedan od najvažnijih izvora slatke vode (Cantonati i sur., 2020). S ledenjacima čine najveći rezervoar slatke vode te zbog toga imaju ključnu ulogu u kopnenim i vodenim ekosustavima, ali i u ljudskim životima i aktivnostima (Cantonati i sur., 2020). Podzemne vode su izvor jedne trećine cjelokupne potrošnje slatke vode; 36 % za kućanstva, 42 % za agronomiju te 27 % za industrijske svrhe (Kløve i sur., 2014; Taylor i sur., 2013). U Europi čak 65 % pitke vode potječe iz podzemnih voda (Steube i sur., 2009). U zadnjim desetljećima javlja se sve veći pritisak na ekosustave ovisne o podzemnim vodama te se utvrdilo pogoršanje njihovog kvalitativnog i kvantitativnog statusa (OECD, 2017).

Izvori su mjesta na kojima podzemne vode dolaze na Zemljinu površinu te su također vrlo važan dio ekosustava ovisnih o podzemnim vodama, ali su isto tako ugroženi ljudskim aktivnostima (Cantonati i sur., 2020). U izvorima se nalazi neobično velika bioraznolikost, velikim dijelom organizmi s IUCN-ove Crvene liste ugroženih vrsta, uključujući i dijatomeje (Cantonati i Lange-Bertalot, 2010) te rijetke i novootkrivene skupine (Cantonati i sur., 2010, 2012). Zajednice dijatomeja i ostalih skupina algi sadrže vrste koje se pojavljuju isključivo u izvorima i njima sličnim staništima (Cantonati i sur., 2020).

1.4.1.2. Tekuće

Tekuće, rijeke i potoci su lotički sustavi, odnosno su oni u kojima se voda prvenstveno kreće pod utjecajem sile teže od njenog izvora prema ušću u drugu tekućicu ili more/ocean. Najvećim dijelom se takvi sustavi napajaju iz padalina, ali u manjem dijelu također i iz podzemnih voda. Tok rijeka i potoka se može podijeliti na gornji, srednji i donji.

Lotički sustavi se ugrubo mogu podijeliti u četiri generalna tipa:

- potoci – tekuće sa srednjim godišnjim protokom vode do $20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
- rječice – tekuće sa srednjim godišnjim protokom vode od 20 do $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
- rijeke – tekuće sa srednjim godišnjim protokom vode od 200 do $2000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
- velike rijeke – tekuće sa srednjim protokom većim od $2000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

U lotičkim sustavima sila tekuće vode sa sobom povlači, donosi i odnosi hranjive i razne druge tvari te mijenja vodotok, pa se zbog toga stvara lepezu različitih tipova staništa (Cantonati i sur., 2020). Ta česta razmještanja vodotoka i njegovog sadržaja stvaraju dinamičan i heterogen ekosustav u kojem se nalaze stotine različitih vrsta i skupina organizama. Bogatstvo vrsta u potoku, odnosno bioraznolikost se povećava s veličinom potoka, a to se može pripisati većoj raznolikosti tipova staništa vezanih uz taj potok (Cantonati i sur., 2020).

1.4.1.3. Jezera

Jezera nisu trajna pojava na Zemljinoj površini; ona nastaju, postepeno se razvijaju i zatrpavaju sukcesijom te naposljetku nestanu. Ciklus jezera može biti vrlo kratak i trajati samo nekoliko tjedana (npr. brane na klizištima koje puknu), dok je ciklus nekih jezera izrazito dug, do nekoliko milijuna godina (npr. tektonska jezera). Postanak većine današnjih jezera povezan je s posljednjom oledbom prije otprilike 12000 i 6000 godina (Mook, 2000).

Prema Cantonati i sur. (2020), jezera se mogu podijeliti na drevna i velika jezera, planinska jezera i mrtvaje.

Drevna jezera su sva jezera koja su postojala u zadnjem glacijalnom ciklusu, prije oko 130000 godina, a nastaju tektonskim pomacima ili kao posljedica nakupljanja vode u kraterima meteora (Hampton i sur., 2018). Većina jezera koja postoje danas su mlađa od 10000 godina (Martens, 1997). Planinska jezera mogu biti na ledenjačka i neledenjačka, dok mrtvaje uključuju nizinska fluvijalna

stajaća jezera, uglavnom plitka i izolirana od matičnih rijeka (Cantonati i sur., 2020). Mrtvaje su tipične za poplavne ravnice i nastaju kada rukavci rijeka budu odsječeni (Baker i sur., 1991, Welcomme, 1979).

U jezerima može se pronaći velika raznolikost svih eukariotskih skupina (Cristescu i sur., 2010), pa tako i dijatomeja, osobito bentičkih. Karakterizira ih bogatstvo vrsta, zajedničko porijeklo, visoka razina endemizma, osobito za drevna jezera, i ograničena geografska rasprostranjenost (Snoeks, 2000).

1.4.1.4. Umjetna slatkovodna staništa

Prema Cantonati i sur. (2020), umjetna slatkovodna staništa možemo podijeliti na akumulacije i urbana slatkovodna staništa.

Slatkovodne akumulacije su umjetna vodena tijela, a napravljena su za opskrbu pitkom vodom, navodnjavanje, prijevoz, industrijske potrebe, opskrbu rashladnom vodom, proizvodnju električne energije, kontrolu poplava ili rekreaciju (Cantonati i sur., 2020). S druge strane, akumulacije imaju veliki ekološki utjecaj na način da njihove brane remete ekološku povezanost rijeka, a načini ispuštanja vode kroz brane utječu na kvantitetu, kvalitetu i vrijeme nizvodnog strujanja vode (Lehner i sur., 2011).

Urbana slatkovodna staništa su takozvani „plavi prostori“ u urbanim sredinama, koji pružaju niz koristi za ljude, kao što su rekreacija, rashlađivanje tijekom toplijeg vremena, smanjivanje opasnosti od poplava, ali služe i za očuvanje lokalne biološke raznolikosti i zaštiti važnih populacija (Higgins i sur., 2019, Dearborn i Kark, 2009, 2010).

1.4.1.5. Male stajaćice

Male stajaćice se definiraju kao one ne dublje od 20 metara i površine između 1 i 10⁵ metara kvadratnih (Cantonati i sur., 2020), pa prema tome obuhvaćaju većinu malih jezera, bazena, bara, močvara, pojila stoke i rižina polja, bili oni višegodišnji ili privremeni te prirodnog ili umjetnog podrijetla (Rosset i sur., 2014). Unatoč njihovoj maloj veličini, njihova brojnost čini ih bitnom komponentom slivova, koji mogu značajno doprinijeti njihovom funkcioniranju modulacijom zadržavanja i recikliranja hranjivih sastojaka (Sharpley i sur., 2015), pa se smatraju jednim od najproduktivnijih ekosustava na svijetu (Schiemer i sur., 1995; Wetzel, 1990).

1.4.1.6. Slatkovodna staništa u Republici Hrvatskoj

Kao rezultat geološke i hidrološke različitosti, naše su rijeke podijeljene u panonske i krške rijeke. Panonske teku u prostranim aluvijalnim nizinama ili u brdskom području s mekom zemljom, a krške krškim područjem. Panonske su rijeke prostrane, ali plitke, najčešće zemljanih, šljunčanih ili blatnjavih obala, spore, jednoličnije, s mnogo zelenila. Boja im je mutnija, ljeti voda poprilično topla. Često meandriraju i erodiraju obalu.

U krškom području veći dio oborinskih voda brzo se procjeđuje u podzemlje kroz raspucanu i okršenu površinu (kroz ponore, vrtače, ponikve i jame), pa nema znatnijih površinskih vodotoka. Krške rijeke hidrološki nije moguće gledati odvojeno od podzemnih tokova. One su zapravo površinska manifestacija kompleksnog sustava tečenja vode u kršu (<http://prirodahrvatske.com/hidrografija/>).

Oko 62% teritorija Republike Hrvatske, na kojem je razgranata riječna mreža, pripada slijevu Crnoga mora. Tomu slijevu pripadaju i najduže hrvatske rijeke Sava (562 km) i Drava (505 km), koje su, kao i Dunav, u koji se ulijevaju, velikim dijelom i granične rijeke. Glavni pritoci Save su Sutla, Krapina, Kupa, Lonja i Una. Veći pritoci Drave jesu Mura, Bednja i Karašica, a Vuka je pritok Dunava.

Na području jadranskoga slijeva, koji obuhvaća 38% teritorija, zbog pretežito krškog područja hidrografska je mreža slabije razvedena, a rijeke izviru iz izdašnih izvora, imaju veći pad i kraći tok. Veće su rijeke Mirna, Zrmanja, Krka (Slika 8.), Cetina, a najveća je Neretva, koja kroz Hrvatsku teče samo 20 km i na tom je dijelu plovna. Jadranskomu slijevu pripadaju i krške ponornice (npr. Lika, Gacka).



Slika 8. Rijeka Krka (autor: Marija Gligora Udovič)

Stajačice su u Hrvatskoj vrlo istaknut dio krajolika i ekosustava (<https://prirodahrvatske.com/>). Prevladavaju umjetna jezera, kao što su akumulacije hidroelektrana, šljunčare, ribnjaci i retencije, dok prirodnih jezera ima malo i uglavnom su krška.

Najveće prirodno jezero u Hrvatskoj jest Vransko jezero kraj Biograda na Moru, s ukupnom površinom od 30,2 km². U Hrvatskoj je još jedno važno Vransko jezero na Cresu. To je krški fenomen, kriptodepresija čije se dno nalazi na dubini 61,3 m ispod razine mora. Zauzima 5,8 km², ovisno o razini

vode koja sezonski varira. Od prirodnih jezera u Hrvatskoj veće površine tu su i Prošće i Kozjak u sklopu Plitvičkih jezera te Visovačko jezero u sklopu sustava rijeke Krke i ona predstavljaju karakteristična ujezerenja rijeka ili baražna jezera nastala utjecajem sedre i sedrenih barijera. Fenomeni u kršu su i Baćinska jezera, koja predstavljaju potopljene ponikve, a između 6 jezera svojom površinom ističu se Očuša i Crniševo.

Od umjetnih akumulacija u Hrvatskoj ističu se i najveće su Dubrava (17,1 km²) i Varaždinsko jezero (10,1 km²) na Dravi te Peručko jezero (13 km²) na Cetini.

1.4.1.7. Istraženost slatkovodnih dijatomeja u Republici Hrvatskoj

Prvi popis svojti slatkovodnih dijatomeja u Republici Hrvatskoj objavljen je 1995. godine (Plenković-Moraj, 1995). 2017. godine objavljena je elektronička baza svojti dijatomeja u Republici Hrvatskoj (Volarić, 2017, Kukić, 2019), a u njoj su sadržani podaci terenskih istraživanja od 1998. do 2013. godine. U novije vrijeme, najviše se istraživanja provodi na četiri krška jezera; Vranskom, Visovačkom, jezeru Kozjak i Prošće (Gligora Udovič i sur., 2015, 2017, Žutinić i sur., 2014). 2018. godine iz Crvenog jezera opisana je nova vrsta dijatomeje, *Gomphosphenia plenkoviciae* Gligora Udovič & Žutinić sp. nov., a ta vrsta je za sada zabilježena samo u Crvenom jezeru i rijeci Krki (Gligora Udovič i sur., 2018).

1.4.2. More

More se može definirati kao dio oceana djelomično okruženo kopnom (National Geographic Society, 2019). Prema toj definiciji, na svijetu postoji 50-ak mora, no postoje i vodene mase za koje se još raspravlja jesu li slana jezera ili mora, kao što je Kaspijsko jezero, Aralsko jezero i Mrtvo more (National Geographic Society, 2019).

Mora se karakteriziraju svojom geomorfologijom, temperaturom, salinitetom, količinom kisika i ugljikova dioksida, bojom i prozirnošću, morskim strujama, vjetrovima te plimom i osekom (Turk, 2011).

1.4.2.1. Jadransko more

Jadransko more (Slika 9.) sjeveroistočni je dio Sredozemnog mora koje odvaja Apeninski od Balkanskog poluotoka. Sredozemno more na sjeveru dotiče Europu, na jugu Afriku, a na istoku Aziju,

dok je na zapadu Gibraltarskim prolazom razdvojeno od Atlantskog oceana. Na jugoistočnom dijelu Sredozemno more je povezano s Crvenim morem preko umjetno napravljenog Sueskog kanala.

Jadransko more odlikuje to što je to najsjeverniji, najzatvoreniji i najplići dio Sredozemnog mora. Najdublja točka Jadranskog mora iznosi 1330 m, dok na sjevernom dijelu dubina gotovo i ne prelazi 50 m (Turk, 2011). Na južnom dijelu odvojeno je Otranskim pragom od Jonskog mora. Jadransko more okružuje šest država: na zapadnoj obali Italija, a na istočnoj Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Crna Gora i Albanija.

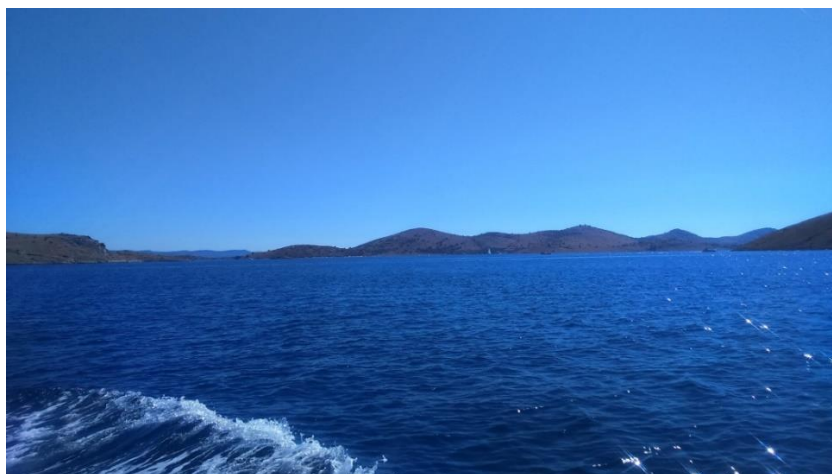
Prema temperaturi, Jadransko more se svrstava u umjereno topla mora, a temperatura najdubljih slojeva ne spušta se ispod 11 °C.

Najveći salinitet Jadranskog mora je u njegovom južnom dijelu zbog pritjecanja slanije sredozemne vode, dok je u sjevernom dijelu manji, oko 37 ‰, zbog dotoka rijeka i veće količine oborina (Turk, 2011).

Veći dio Jadranskog mora spada pod oligotrofna mora zbog malo hranjivih tvari i puno kisika, no u plićim i manje slanim dijelovima dolazi do eutrofikacije, odnosno obogaćivanja vode i dna tvarima za primarnu produkciju uzrokovano industrijskim i komunalnim otpadom (Turk, 2011). To utječe i na boju i prozirnost vode Jadranskog mora, koje je uglavnom plave boje, osim u plitkim dijelovima gdje poprima zelenkastu boju smanjene prozirnosti.

Za istočnu obalu Jadranskog mora karakteristične su lokalne morske struje zbog velike razvedenosti obale te zbog brojnih otoka i tjesnaca. Površinska morska struja kreće se uz istočnu obalu od juga prema sjeveru te se na sjeveru zakreće i teče prema jugu uz zapadnu obalu nazad u Sredozemno more. Tako se u Jadransko more unosi topla i slana voda Sredozemnog mora, a u Sredozemno more unosi hladna i kisikom bogata voda Jadranskog mora.

Najvažniji vjetrovi koji pušu na Jadranskom moru su bura, jugo i maestral (Turk, 2011).



Slika 9. Jadransko more, Kornati

1.4.2.2. Dijatomeje u Jadranu

Životne zajednice u moru se ugrubo dijele u dvije skupine; neritičke zajednice su one koje se nalaze između ruba kontinenta i granice tla i mora, dok su pelagičke zajednice one koje se nalaze u otvorenim oceanima daleko od kontinentalne granice (Snelgrove, 2015). Organizmi koji žive na dnu mora čine bentos, plankton čine organizmi koji žive u stupcu vode iznad morskog dna te se ne mogu značajno odupirati morskim strujama, a nekton čine organizmi koji žive u stupcu vode iznad morskog dna te se mogu aktivno odupirati morskim strujama.

1.4.2.3. Istraženost morskih dijatomeja u Republici Hrvatskoj

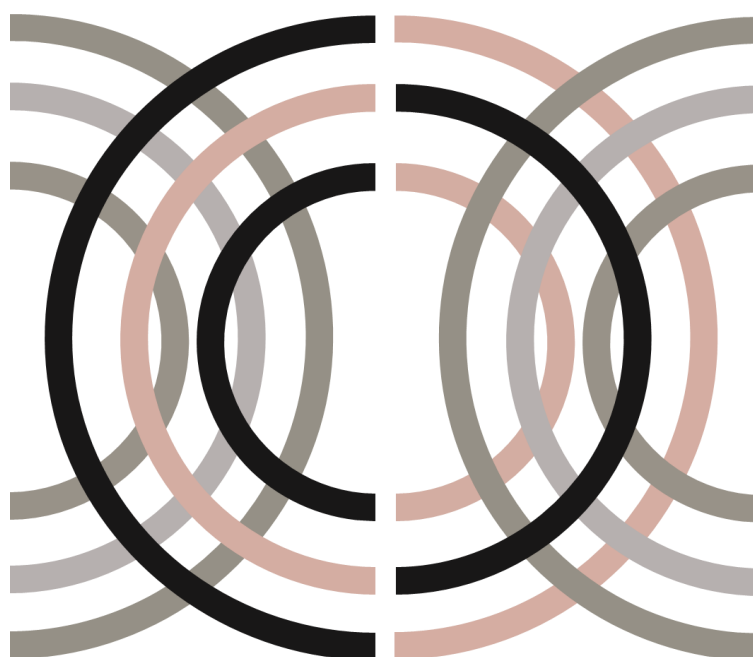
U sklopu BIOTA - Laboratorija za biološku oceanografiju (<http://www.pmf.unizg.hr/biol/bz/biota>) provode se mnoga istraživanja i projekti vezani uz istraživanja morskih vrsta dijatomeja, kako u Hrvatskoj, tako i u svijetu. Na mrežnim stranicama BIOTA-e nalaze se publikacije i podaci o rezultatima istraživanja te o vrstama morskih dijatomeja u Jadranskom moru, kao što su Mejdandžić i sur. (2018), Mejdandžić i Bosak (2017). U Hrvatskoj djeluje i projekt Turtle Biome, u kojem se, između ostalog, istražuju dijatomeje koje žive na oklopima morskih kornjača (<http://www.turtlebiome.biol.pmf.hr/>). U sklopu tog projekta opisane su tri nove vrste dijatomeja (Majewska i sur., 2020) te jedna vrsta koja pripada novom rodu (Van de Vijver i sur., 2020), a preparati tih vrsta pohranjeni su u sklopu Hrvatske nacionalne zbirke dijatomeja (<http://www.diatoms.biol.pmf.hr/>).

1.5. Hrvatska nacionalna zbirka dijatomeja

Hrvatska nacionalna zbirka dijatomeja kolekcija je trajnih mikroskopskih preparata uzoraka dijatomeja sakupljenih na području Hrvatske i prva je institucionalna zbirka dijatomeja u Hrvatskoj. Osnovana je 2018. godine i službeni datum osnutka je 1.3.2018., a ishodišnu ideju i začetak zbirke predstavljaju zbirka dijatomeja prof.dr.sc. Ante Jurilja, zbirka dijatomeja rijeke Krke te tipski materijali novih vrsta za znanost koje opisuju djelatnici algološkog laboratorija Botaničkog zavoda Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Zbirka se i nalazi u Botaničkom zavodu te predstavlja kontinuiranu znanstvenu djelatnost slatkovodnih i marinih dijatomologa Biološkog odsjeka. Osnovna djelatnost ove zbirke je trajno čuvanje i omogućavanje pristupa informacijama o dijatomejama kao iznimno važnim organizmima, a zbirke poput ove neprocjenjivo su bogatstvo i omogućavaju uvid u raznolikost svojti dijatomeja, bioraznolikosti nekog područja,

distribuciju raznolikosti te promjene u vremenu i prostoru koje omogućavaju učinkovitu zaštitu neprocjenjivog prirodnog i vodnog bogatstva Hrvatske. Za sada broji 1000 mikroskopskih stakalaca s oko 3000 vrsta i svojim opsegom predstavlja, u stručnom i znanstvenom smislu, bogatstvo vrsta dijatomeja na području Hrvatske i neprocjenjiva je baza podataka koja na ovaj način postaje dostupna stručnjacima i široj javnosti, a koja kao dokument ovog vremena čuva informaciju za buduće generacije.

Hrvatska nacionalna zbirka dijatomeja ima jedinstveni herbarski kod HRNDC (NYBG, Steere Herbarium) te službeni logotip zbirke (Slika 10.).



Hrvatska nacionalna zbirka dijatomeja
Croatian National Diatom Collection

Slika 10. Službeni logotip Hrvatske nacionalne zbirke dijatomeja (autor: Nikola Koletić)

Logo je idejno rješenje Nikole Koletića, mag. oecol. et prot. nat., djelatnika Botaničkog zavoda Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Logo predstavlja u centralnom dijelu radijano simetričnu stiliziranu centricu, prvi crni polukrug predstavlja *C* kao *Croatia*, drugi nasuprotni polukrug predstavlja *D* kao *Diatoms*, a treći manji polukrug predstavlja *c* kao *collection*. Nacionalni dio pristavljen je stiliziranim pleterom.

Zbirka ima i službenu web stranicu *Croatian National Diatom Collection*, <http://www.diatoms.biol.pmf.hr/>, na kojoj se mogu vidjeti informacije o zbirci, o povijesti, sadržaju, dijatomejama, vrstama i slično.

1.6. Dijatomeje u nastavi Prirode i Biologije

Nastavni predmet Priroda poučava se u petom i šestom razredu osnovnih škola, a nastavni predmet Biologija u sedmom i osmom razredu osnovnih škola te u sva četiri razreda gimnazija. Biologija se poučava i u strukovnim srednjim školama, no za potrebe ovog diplomskog rada govorit će se samo osnovnim školama i gimnazijama.

2019. godine donijeta je odluka o donošenju Kurikuluma za nastavni predmet Prirode za osnovne škole u Republici Hrvatskoj (NN, 2019a), kao i Kurikulum za nastavni predmet Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj (NN, 2019b). Time su se izvan snage stavili nastavni planovi i programi za osnovne škole i gimnazije iz 1995. (Glasnik Ministarstva prosvjete i športa, 1995) i 2006. (NN, 2006) godine te se značajno promijenio način poučavanja Prirode i Biologije. Uvođenjem novog kurikuluma, poučavanje Prirode i Biologije više nije određeno sadržajem, već odgojno-obrazovnim ishodima. U takvom novom poretku, odgojno-obrazovni ishodi definiraju što učenik treba moći, znati i činiti tijekom određene godine školovanja i koje kompetencije treba razviti, a redosljed odgojno-obrazovnih ishoda u kurikulumu ne određuje redosljed učenja i poučavanja (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2020). Dakle, dijelovi pojedinih ishoda mogu se ostvariti u sklopu različitih tematskih cjelina, a poredak/slijed tematskih cjelina u svom izvedbenom kurikulumu autonomno određuje učitelj/nastavnik, na temelju razrade odgojno-obrazovnih ishoda (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2020). Tako su nastavnici dobili određenu „slobodu“ u kreiranju svojih nastavnih satova i redosljedu istih, dokle god učenici ostvare zadane ishode.

1.6.1. Nastavni predmet Priroda

Svrha poučavanja Prirode u petom i šestom razredu osnovne škole je uvod u učenje prirodoslovlja i polaganje temelja prirodoznanstvenih kompetencija. Nastavni predmet Priroda integrira područja istraživanja biologije, kemije, fizike, geografije, geologije i astronomije, no najvećim dijelom korelira s biologijom (NN, 2019a). Nastavlja se na predmet Priroda i društvo, a u sedmom razredu se nadograđuje u sklopu nastavnih predmeta Biologija, Fizika i Kemija.

Svrha učenja Prirode je upoznavanje učenika sa svijetom koji ih okružuje i znanstvenom metodologijom, razvijanje njihove znatiželje, odgovornosti za vlastite postupke, vještine opažanja, logičkog razmišljanja i zaključivanja na temelju prikupljenih podataka, osvješćivanje o važnosti očuvanja okoliša te racionalnog i sigurnog upravljanja prirodnim dobrima, razvijanje prirodoslovne pismenosti i vještina potrebnih u prirodoslovnim istraživanjima, povezivanje prirodoslovnih koncepata

sa svakodnevnim životom, oblikovanje pozitivnog stava učenika prema njima samima i svijetu koji ih okružuje te razvijanje socijalnih vještina (NN, 2019a).

Prema novom kurikulumu, već u petom razredu osnovne škole učenici usvajaju metodologiju prirodnoznanstvenog istraživanja aktivnim uključenjem u razne pokuse, mjerenja i terenska istraživanja. U šestom razredu učenici proučavaju koncept organiziranosti prirode, također kroz različita istraživanja. Naglasak je uvijek na aktivnoj ulozi učenika, dok nastavnik ima ulogu „koordinatora“ nastavnog procesa. Nastavnik usmjerava učenike tijekom nastavnog procesa, a učenici sami dolaze do zaključaka i novih spoznaja na temelju provedenih mjerenja, promatranja i istraživanja.

Kurikulum nastavnog predmeta Priroda podijeljen je u četiri makrokoncepta, kao i ostali kurikulumi prirodnoznanstvenog područja: *Organiziranost prirode*, *Procesi i međudjelovanja*, *Energija* te *Prirodnoznanstveni pristup*. U makrokonceptu *Organiziranost prirode* objašnjava se ustrojstvo, građa i uslošnjanje žive i nežive prirode uz prikaz njihove uzročno-posljedične povezanosti (NN, 2019a). U makrokonceptu *Procesi i međudjelovanja* obrađuje se tematika međudjelovanja živih bića i okoliša te utjecaj tog međudjelovanja na postizanje ravnoteže i nastanak promjena kao rezultat različitih procesa koji se uočavaju i povezuju sa svakodnevnim životom učenika (NN, 2019a). U sklopu makrokoncepta *Energija* proučava se pretvorba i izmjena energije u živom i neživom svijetu te se usvaja koncept Sunca kao temeljnog izvora energija za većinu organizama na Zemlji (NN, 2019a). Temeljni makrokoncept nastavnog predmeta Priroda je upravo *Prirodnoznanstveni pristup*, u kojem se usvaja provedba različitih istraživanja uz strukturiranu obradu svih etapa jednostavnih istraživanja. Učenici razvijaju vještine opažanja, postavljanja i prepoznavanja istraživačkog pitanja, provedbe i obrade istraživanja te donošenja logičkih zaključaka na temelju prikupljenih podataka uz korištenje provjerenih izvora informacija (NN, 2019a).

Nastavni predmet Priroda može se integrirati sa svim međupredmetnim temama važećeg Kurikuluma: *Građanski odgoj i obrazovanje*, *Održivi razvoj*, *Osobni i socijalni razvoj*, *Poduzetništvo*, *Učiti kako učiti*, *Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije* te *Zdravlje*.

Kurikulum nastavnog predmeta Priroda najuže je vezan uz kurikulum nastavnog predmeta Geografija, a također se može integrirati i s kurikulumima nastavnih predmeta Tehnička kultura, Informatika, Tjelesna i zdravstvena kultura, Hrvatski jezik, Engleski jezik, Matematika i Likovna kultura.

1.6.2. Nastavni predmet Biologija

Nastavni predmet Biologija se u sedmom razredu osnovne škole nastavlja na nastavni predmet Priroda, a proteže se do kraja gimnazijskog obrazovanja. Svrha učenja Biologije je razvijanje

prirodnoznanstvenih i istraživačkih kompetencija kod učenika, stjecanje nužnih bioloških znanja potrebnih za svakodnevni život, ali i za funkcioniranje pojedinca u društvu s ciljem unaprjeđivanja i zaštite dobrobiti zajednice, razvijanje znatiželje i želje za proučavanjem kompleksnosti, organiziranosti, povezanosti i raznolikosti živog svijeta, osvijestiti i razumjeti razvoj vlastitog organizma i osobnosti, potrebu za brigom i očuvanjem vlastitog zdravlja i zdravlja zajednice te povezanost bioloških spoznaja s napretkom i poboljšanjem kvalitete života i okoliša (NN, 2019b).

Kurikulum nastavnog predmeta Biologija sadrži četiri makrokoncepta: *Organiziranost živoga svijeta*, *Procesi i međuovisnosti u živome svijetu*, *Energija u živome svijetu* te *Prirodnoznanstveni pristup*. Makrokoncepti su vrlo slični makrokonceptima nastavnog predmeta Priroda, ali razlika u poučavanju je u tome što se u obzir uzimaju različite sposobnosti učenika, ovisno o dobi. Naime, osnovnoškolski odgoj i obrazovanje može se podijeliti na tri ciklusa - prvi obuhvaća prvi i drugi razred, drugi obuhvaća 3.-5. razred, a treći obuhvaća 6.-8. razred osnovne škole (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2017). U drugom ciklusu (unutar kojeg se započinje s poučavanjem Prirode) naglasak je na razvitku učeničke samostalnosti i odgovornosti kako bi uspješno prešli s razredne na predmetnu nastavu, a kod učenika se razvija sposobnost apstraktnog mišljenja (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2017). U trećem ciklusu (unutar kojeg se započinje s poučavanjem Biologije) dolazi do intenzivnog razvoja sposobnosti apstraktnog mišljenja kod učenika te učenici postaju sve samostalniji u učenju (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2017). Zbog toga su makrokoncepti nastavnog predmeta Biologija složeniji i sadrže više detalja od makrokonceptata nastavnog predmeta Priroda. Tako se u makrokonceptu *Organiziranost živoga svijeta* objašnjava usložnjavanje građe organizama počevši od molekularne razine, pa sve do biosfere, a uz to se proučava sistematizacija i klasifikacija živog svijeta (NN, 2019b). U makrokonceptu *Procesi i međuovisnosti u živome svijetu* obrađuju se procesi poput fotosinteze i metabolizma, proučavaju se utjecaji različitih čimbenika okoliša na žive organizme, uvodi se pojam homeostaza, objašnjavaju se mehanizmi prilagodbe živih bića te se osvještuje potreba za održivim razvojem (NN, 2019b). Makrokoncept *Energija u živome svijetu* se razlike od makrokoncepta *Energija* u tome što se detaljnije obrađuje pretvorba i izmjena energije kroz konkretne procese (NN, 2019b). Makrokoncept *Prirodnoznanstveni pristup* središte je svih ostalih makrokonceptata Biologije te se razlikuje od makrokoncepta *Prirodnoznanstveni pristup* u Prirodi po tome što su učenici samostalniji prilikom osmišljavanja, provedbe i obrade istraživanja, a također se naglasak stavlja na razvoj znanstvene misli te razvoj biološke pismenosti (NN, 2019b).

Kurikulum nastavnog predmeta Biologija usko je vezan uz kurikulume nastavnih predmeta Fizika i Kemija, a također ima poveznice s kurikulumom nastavnog predmeta Geografija (NN, 2019b). Nastavni predmet Biologija može se, kao i Priroda, integrirati sa svih sedam međupredmetnih tema.

U osnovnoj školi, odnosno u sedmom i osmom razredu, u nastavi Biologije naglasak je na uspoređivanju karakterističnih predstavnika različitih živih bića i čovjeka. Učenje počinje od učeniku bližih koncepata, odnosno od čovjeka, k ostalim, manje poznatim organizmima.

U gimnazijama, učenje biologije polazi od makroskopskih razina (npr. biosfere, ekosustava) prema populacijama, jedinkama, pa do same stanice i molekularne razine. Također se polazi od učeniku bliskih koncepata prema onim manje poznatim.

U poučavanju Biologije, kao i Prirode, poželjno je, kada god je moguće, koristiti izvornu stvarnost kao izvor znanja. Također je poželjno koristiti različita nastavna sredstva i pomagala, u čijoj izradi mogu sudjelovati i sami učenici. Za usvajanje svih potrebnih bioloških znanja, nužno je izaći iz učionice biologije i istraživati prirodu koja okružuje učenike, kao i posjetiti mnoga mjesta koja se bave biološkom tematikom, kao što su razni muzeji, zaštićena područja i slično. Nadalje, svaki od navedenih makrokoncepata i pripadajućih koncepata iz kurikuluma Prirode i Biologije mogao bi se, između ostalog, poučavati i uz primjenu zbirke dijatomeja – široko rasprostranjenih i lako dostupnih organizama velikog ekološkog značaja

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Glavni ciljevi ovog istraživanja su:

- napraviti kolekcije trajnih mikroskopskih preparata uzoraka dijatomeja za posuđivanje školama sukladno definiranim temama,
- digitalizirati preparate u pripremljenim zbirkaama,
- izdvojiti ishode učenja te nastavne koncepte iz važećeg Nacionalnog kurikulumu nastavnih predmeta Priroda i Biologija, u kojima se mogu primijeniti dijatomeje kao modelni organizmi i izvorna stvarnost,
- izraditi prijedloge priprema za nastavne sate primjerene za primjenu dijatomeja kao modelnih organizama i/ili izvorne stvarnosti u svrhu ostvarenja određenih ishoda učenja definiranih važećim Nacionalnim kurikulumom za nastavne predmete Priroda i Biologija,
- izraditi nacrt aplikacije koju bi nastavnici i učenici koristili kao pomoćni alat u nastavi prilikom učenja o dijatomejama,
- izraditi modele građe stanica dijatomeja za korištenje u nastavi Prirode i Biologije, kao nastavni alat u ostvarivanju ishoda učenja u kojima se mogu primijeniti dijatomeje kao modelni organizmi i izvorna stvarnost.

3. MATERIJALI I METODE

Pri izradi kolekcije trajnih mikroskopskih preparata uzoraka dijatomeja za posuđivanje školama korišteni su gotovi preparati izrađeni od uzoraka s područja Kozjaka (NP Plitvička jezera), Južnog Jadrana, Rječine, Ljute, Dretulje, Male Hube, Vučice, Trbuhovice i Krke. Dodatni materijal uzorkovan je na rijeci Dravi.

3.1. Uzorkovanje

Uzorkovanje dijatomeja u svrhu izrade dodatnih trajnih preparata provelo se na Dravi tijekom travnja, lipnja i rujna 2020. godine.

3.1.1. Uzorkovanje fitobentosa

Pri uzorkovanju fitobentosa iz vode se izvadilo reprezentativno obraslo kamenje veličine 10-25 cm i stavilo u plastičnu kadicu u koju se dodala voda iz tekućice ili jezera (Slika 11.). Gornja površina kamena se zatim potpuno sastrugala skalpelom ili četkicom uz ispiranje alata i supstrata vodom iz kadice. Kamenje se vratilo u vodotok, a sastrugani materijal se nakon sedimentiranja pažljivo dekantirao. Na kraju su uzorci bili pohranjeni u pravilno označenu plastičnu bočicu i fiksirani 96 %-tnim alkoholom (Hrvatske vode, 2015).



Slika 11. Uzorkovanje slatkovodnog fitobentosa

3.1.2. Uzorkovanje fitoplanktona

Mrežni uzorci fitoplanktona uzorkovani su planktonskom mrežicom promjera oka 10-25 μm , tako da se planktonska mrežica 5-10 puta potopila s obale. Sadržaj mrežice se pohranio u pravilno označenu plastičnu bočicu za spremanje uzorka i fiksirao 96 %-tnim alkoholom (Hrvatske vode, 2015).

3.2. Čišćenje uzoraka

Čišćenje uzoraka za pripremu trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja provodilo se na uzorcima prikupljenim u rijeci Dravi tijekom travnja, lipnja i rujna 2020. godine. Čišćenje uzoraka provodilo se u Laboratoriju Hrvatskih voda u Hrušćici zbog nemogućnosti korištenja laboratorija Biološkog odsjeka PMF-a zbog šteta nastalih u potresu u Zagrebu početkom godine. Za čišćenje koristila se prilagođena „metoda KMnO_4 “.

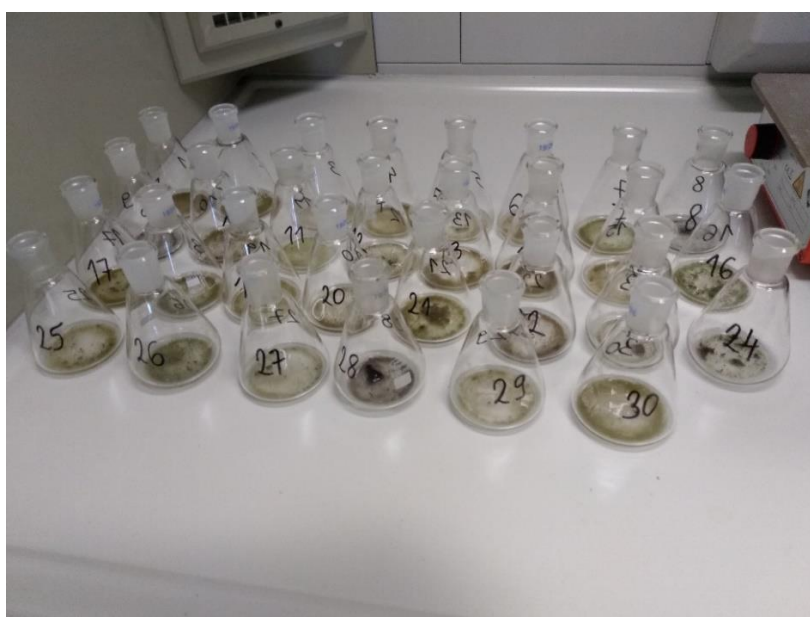
3.2.1. Opis prilagođene „metode KMnO_4 “

Uzorci su se nalazili u plastičnim čašama s poklopcima na kojima je bio naznačen datum uzorkovanja i oznaka uzorka. Čistilo se 30 uzoraka tijekom dva dana.

Označile su se Erlenmeyerove tikvice kako bi se pratilo koji uzorak je u kojoj tikvici, a zatim se kapalicama prenijelo oko 3 mL uzorka iz čaše u tikvicu, pazeći da se za svaki uzorak koristi čista kapalica (Slika 12. i Slika 13.).



Slika 12. Premještanje 3 mL uzorka kapalicom iz čaše u Erlenmeyerovu tikvicu (autor: Lucija Kanjer)



Slika 13. 30 Erlenmeyerovih tikvica s po 3 mL različitih uzoraka iz rijeke Drave

U svaku tikvicu dodala se ista količina (3 mL) zasićene vodene otopine kalijevog permanganata, a uzorci su se ostavili stajati 24 sata. Sljedeći dan vidljiva je promjena boje otopina u Erlenmeyerovim tikvicama iz ljubičaste u smeđu. Tikvice su se prenijele u digestor te se u svaku dodala dvostruka količina (6 mL) 37 %-tne otopine klorovodične kiseline. Tikvice su se zatim posložile na grijaču ploču na 150 °C, a uzorci su se ostavili kuhati dok se otopine nisu obezbojile ili postale blago žute (Slika 14.).



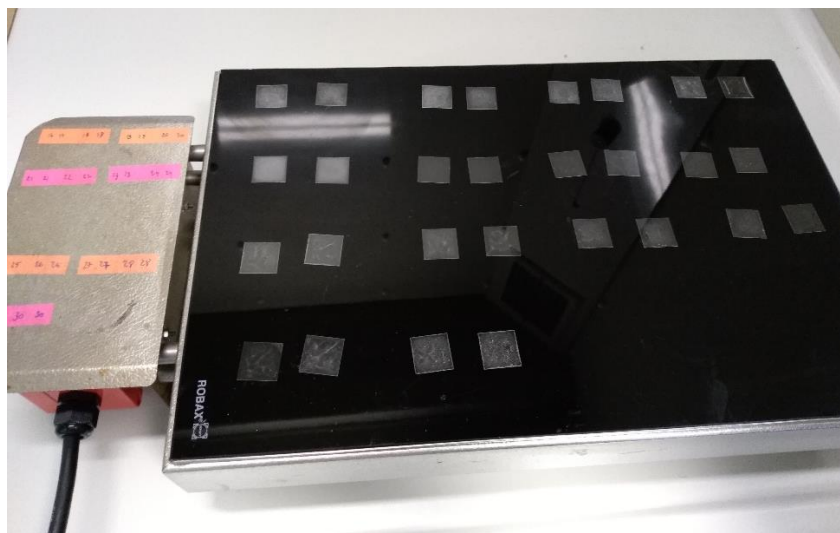
Slika 14. Promjena boje u tikvicama s uzorcima nakon dodatka 37 %-tne otopine klorovodične kiseline i kuhanja na 150 °C

Nakon hlađenja, sadržaj tikvica prebacio se u epruvete za centrifugiranje, koje su se prehodno označile markerom s oznakama identičnim kao i na Erlenmeyerovim tikvicama. Centrifuga se postavila na 2000 okretaja tijekom 10 minuta. Nakon završetka centrifugiranja, žuti supernatant se odlio u kanister za otpadnu klorovodičnu kiselinu pazeći da se ne baci talog, uzorci su se isprali destiliranom vodom, dodalo se 1,5 mL destilirane vode te se ponovio postupak centrifugiranja. Postupak centrifugiranja se sveukupno ponovio 4 puta, dok se nije postigla pH-vrijednost otopine oko 6, što se ispitalo univerzalnim indikatorskim papirićem.

3.2.2. Priprema trajnih mikroskopskih preparata

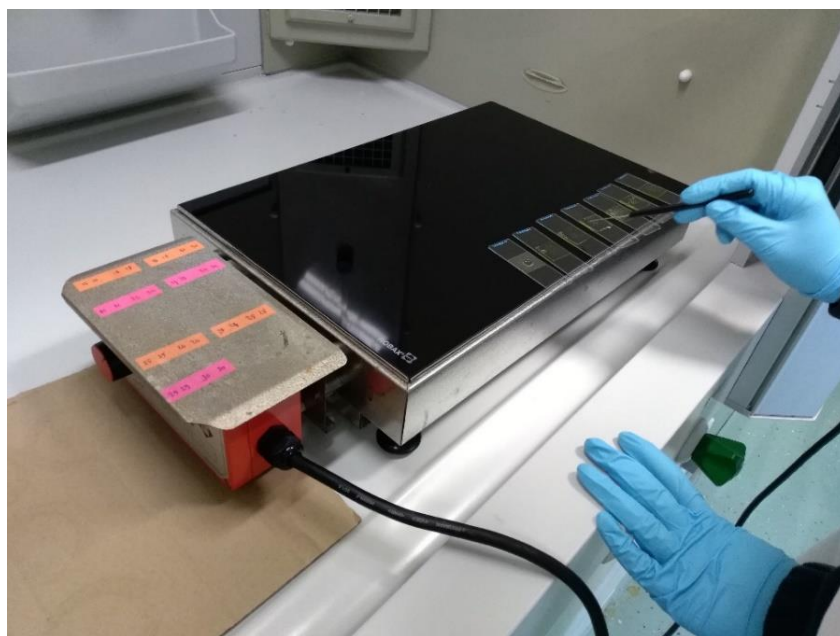
Priprema trajnih mikroskopskih preparata izvodila se u digestoru zbog otrovnih para toluena.

Sa strane grijače ploče označile su se oznake uzoraka, a na grijaču ploču postavile su se 2 pokrovnice za svaki uzorak. Grijača ploča je lagano zagrijavala, na pokrovnice se pomoću kapalice dodala destilirana voda, a zatim se iz svake epruvete čistom kapalicom prenijelo par kapi taloga na odgovarajuće pokrovnice i pustilo da se suši na grijačoj ploči (Slika 15.).



Slika 15. Sušenje uzoraka na pokrovnica na grijačoj ploči

Nakon sušenja uzoraka, označile su se predmetnice istim oznakama kao i uzroci, odnosno pokrovnice te se na svaku kapnula kap smole (*Naphrax* u toluenu). Pokrovnice s osušenim sadržajem su se pažljivo skinule s grijače ploče i poklopile na smolu na predmetnici s odgovarajućim brojem. Predmetnice s pokrovnica su se stavile na grijaču ploču kako bi se smola što bolje rastopila i kako bi se pokrovnica i predmetnica što bolje stopile, a pritom su se iglicom istiskivali nastali mjehurići plina (Slika 16.).



Slika 16. Grijanje predmetnice sa smolom i pokrovnicom kako bi se uzorak fiksirao u smoli te istiskivanje mjehurića plina iglicom

3.3. Mikroskopiranje uzoraka

Mikroskopiranje trajnih mikroskopskih preparata provodilo se na binokularnom svjetlosnom mikroskopu s imerzijom marke Olympus i kamerom spojenom na računalo. Slike preparata slikane su pomoću računalnog programa QuickPhoto Camera 3.2, pomoću kojeg su dodavane i mjerne skale na slike.

Mikroskopiralo se na više povećanja, ovisno o veličini dijatomeja na preparatima. Na neke preparate se dodalo imerzijsko ulje kako bi se mikroskopiralo imerzijskim objektivom.

Napravljen je popis vrsta dijatomeja za svaki preparat, a vrste se determiniralo i opisalo pomoću determinacijskog ključa za slatkovodne dijatomeje Lange-Bertalot i sur. (2017) te pomoću mrežnih stranica AlgaeBase (2021) i Diatoms of North America (2021).

3.4. Materijal za školsku zbirku

3.4.1. Izrada zbirke

Za izradu zbirke za posudbu školama od materijala korišteno je:

- stakalca za mikroskopiranje (predmetnice i pokrovnice),
- naljepnice za označavanje uzoraka,
- flomaster,
- 3 kutijice za pohranjivanje uzoraka.

Trajni mikroskopski preparati označeni su dogovorenim oznakama. U 3 kutijice za spremanje mikroskopskih preparata stavljeno je po 10 uzoraka izrađenih preparata (po jedan preparat od triplikata) te su kutijice označene dogovorenim oznakama.

Svi preparati su digitalizirani i uneseni u Hrvatsku nacionalnu zbirku dijatomeja.

Izrađen je prijedlog formulara za posudbu školama koji će biti stavljen na mrežne stranice Hrvatske nacionalne zbirke dijatomeja.

3.4.2. Izrada modela

Modeli su izrađeni u suradnji s privatnom tvrtkom *Iguanna*. Izrađeni su od blokova stiropora, koji su izrezani u željene oblike prema slikama stanica određenih vrsta dijatomeja slikanih elektronskim mikroskopom. Izrezani stiropor je zatim izrezbaren s detaljima. Neki modeli su dvostruki, odnosno izrađeni tako da se model stanice otvara na dva dijela. Modeli su na kraju premazani zaštitnom bijelom bojom.

3.4.3. Izrada aplikacije

Prijedlog aplikacije izrađen je u aplikaciji Canva.

3.4.4. Izrada prijedloga pripreme

Prijedlog pripreme za nastavni sat u kojem će se koristiti dijatomeje kao izvorna stvarnost i modelni organizmi izrađen je na temelju Predložka za pisanu pripremu ispitnog ili oglednog nastavnog sata iz Prirode i Biologije (Radanović i sur., 2020), a prilagođen je potrebama diplomskog rada.

4. REZULTATI

4.1. Trajni mikroskopski preparati dijatomeja

Za izradu školske zbirke dijatomeja ukupno je pripremljeno 30 preparata, odnosno 10 triplikata uzoraka sa područja Kozjaka (NP Plitvička jezera), Južnog Jadrana, Rječine, Ljute, Dretulje, Male Hube, Vučice, Trbuhovice, Krke i Drave. Izrađeni preparati su triplikati trajnih mikroskopskih preparata iz uzoraka iz rijeke Drave, a ostali triplikati izrađeni od uzoraka s drugih lokacija uzeti su iz zbirki trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja s prijašnjih istraživanja dijatomeja u Republici Hrvatskoj.

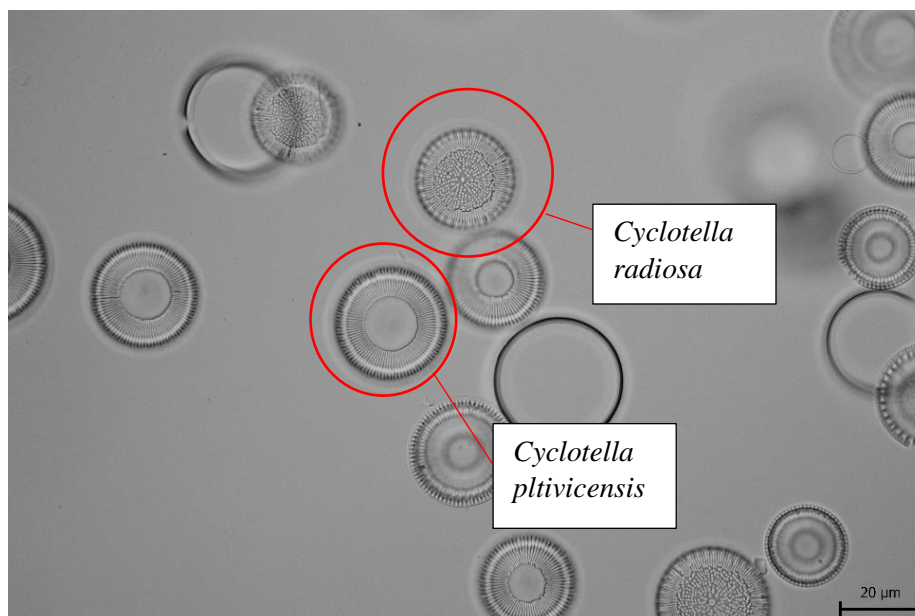
4.1.1. Popis vrsta dijatomeja u trajnim mikroskopskim preparatima

Trajni mikroskopski preparati školske zbirke međusobno se razlikuju po vrstama dijatomeja, brojnosti vrsta dijatomeja, brojnosti jedinki te prisutnošću organskog zagađenja. Na nekim preparatima se nalazi i po desetak vrsta, no zastupljene su samo s nekoliko jedinki te stoga nisu od velikog značaja za preparat, pa su u nastavku i u Tablici 1. popisane i opisane najvažnije vrste na pojedinom preparatu, a uslikane su i slike tih preparata.

Tablica 1. Popis uzoraka za zbirku dijatomeja i najvažnijih svojti dijatomeja na uzorcima

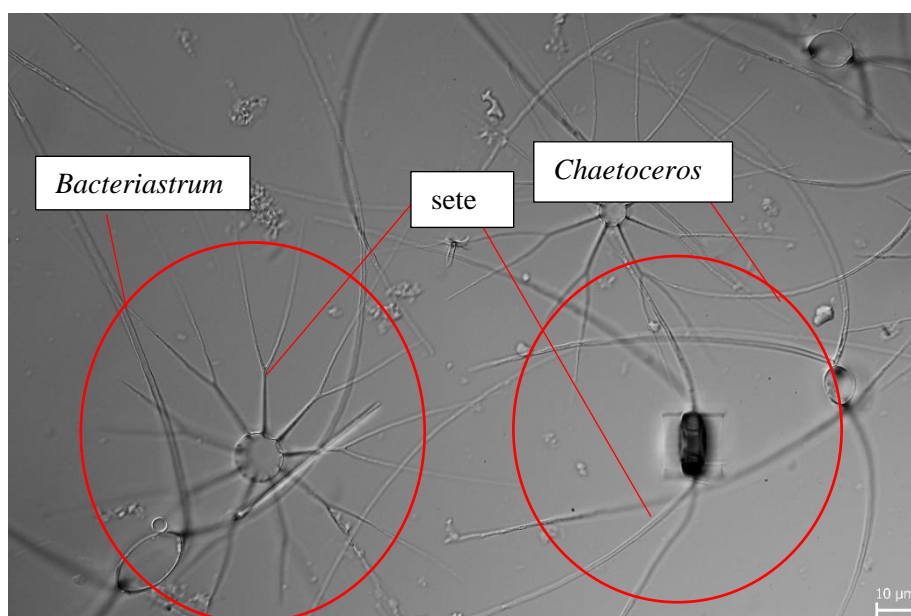
UZORAK	MJESTO UZORKOVANJA	SVOJTE
1	Kozjak (NP Plitvička jezera)	<i>Cyclotella radiosa</i> (Grunow) Lemmermann
		<i>Cyclotella plitvicensis</i> Hustedt
2	Južni Jadran	rod <i>Bacteriastrum</i> Shadbolt
		rod <i>Chaetoceros</i> Ehrenberg
3	Rječina	<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kütz
		<i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (Hust.) H.Kobayasi
		<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann
4	Ljuta	<i>Enyconema caespitosum</i> Kützing
		rod <i>Achnanthydium</i> Kützing
5	Dretulja	<i>Meridion circulare</i> (Grev.) C.Agardh
		<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg
6	Mala Huba	<i>Sellaphora nigri</i> (De Not.) Wetzel and Ector
		<i>Planothydium frequentissimum</i> (Lange-Bert., Krammer i Lange-Bert.) Lange-Bertalot
7	Vučica	rod <i>Navicula</i> Bory de Saint-Vincent
		rod <i>Nitzschia</i> Hassall
8	Trbuhovica	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenb.) D.M.Williams and Round
9	Drava	<i>Cyclotella</i> (Kützing) Brébisson
		rod <i>Encyonema</i> Kützing
		<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère
10	Krka	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) D.G.Mann
		<i>Cyclotella plitvicensis</i> Hustedt
		<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek) K.T.Kiss & Ács
		rod <i>Navicula</i> Bory de Saint-Vincent
		<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & J.D.Möller

Uzorak 1 je uzorak iz Nacionalnog parka Plitvička jezera. Na njemu se nalaze *Cyclotella radiosa* (Grunow) Lemmermann i *Cyclotella plitvicensis* Hustedt (Slika 17.). *Cyclotella radiosa* je centrica promjera od 10,9 do 23,8 μm (<https://diatoms.org/>). Jedinke su nepokretne, nepričvršćene, plantkonske i solitarne, a naseljavaju alpska i subalpska jezera (<https://diatoms.org/>). *Cyclotella plitvicensis* je centrica promjera od 10 do 40 μm .



Slika 17. Uzorak 1 školske zbirke dijatomeja: Kozjak (NP Plitvička jezera)

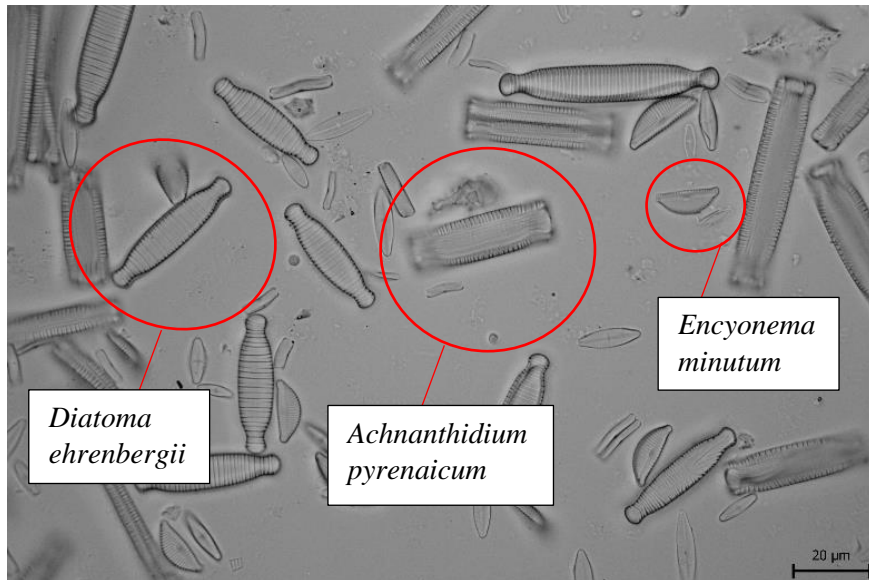
Uzorak 2 je uzorak iz Južnog Jadrana. Dva najvažnija roda dijatomeja na tim preparatima su rod *Bacteriastrum* Shadbolt i rod *Chaetoceros* Ehrenberg (Slika 18.). Diatomeje oba roda su morske planktonske kolonijalne centrice koje imaju karakteristične nastavke zvane sete (*setae*) pomoću kojih se održavaju u stupcu vode. Ono po čemu se razlikuju je to da dijatomeje roda *Bacteriastrum* imaju sete koje se granaju i tvore „mrežu“ tih nastavaka, dok dijatomeje roda *Chaetoceros* imaju dva nastavka na jednoj i dva nastavka na drugoj strani stanice.



Slika 18. Uzorak 2 školske zbirke dijatomeja: Južni Jadran

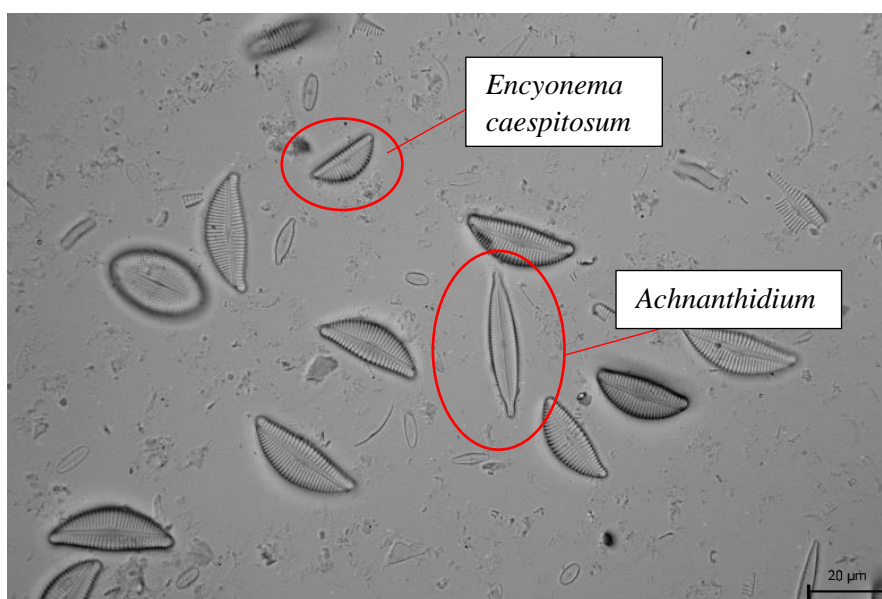
Uzorak 3 je iz rijeke Rječine, a na njemu se nalaze jedinke vrsta *Diatoma ehrenbergii* Kütz, *Achnantheidium pyrenaicum* (Hust.) H.Kobayasi te *Encyonema minutum* (Hilse) D.G.Mann (Slika 19.).

Diatoma ehrenbergii arafidna je dijatomeja duljine od 31 do 121 μm te širine od 4,5 do 9,3 μm (<https://diatoms.org/>). Jedinke su nepokretne i solitarne, a mogu se pronaći i u bentosu i u planktonu (<https://diatoms.org/>). *Achnanthydium pyrenaicum* su bentičke monorafidne pokretne dijatomeje duljine 10-16 μm te širine 2,5-4 μm (<https://diatoms.org/>). *Encyonema minutum* je asimetrična monorafidna dijatomeja duljine od 42 do 60 μm i širine od 12,3 do 13 μm (<https://diatoms.org/>). Djelomično je mobilna, naseljava bentos blago kiselih rijeka te ponekad tvori kolonije (<https://diatoms.org/>).



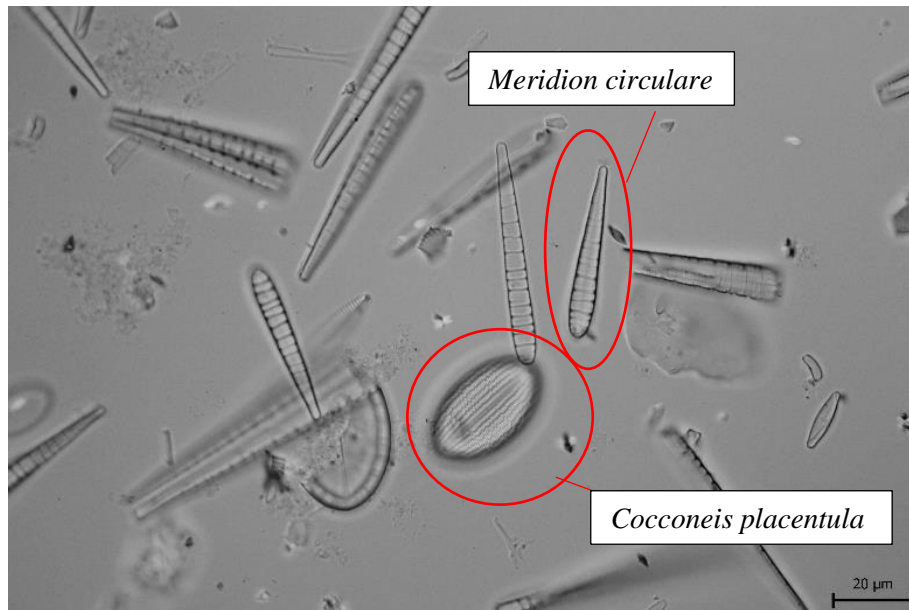
Slika 19. Uzorak 3 školske zbirke dijatomeja: Rječina

Uzorak 4 je iz rijeke Ljute te sadrži dijatomeje vrste *Encyonema caespitosum* Kützing i roda *Achnanthydium* Kützing (Slika 20.). *Encyonema caespitosum* su asimetrične birafidne dijatomeje dorzoventralne simetrije. Dijatomeje roda *Achnanthydium* su monorafidne duljina od 5 do 32 μm .



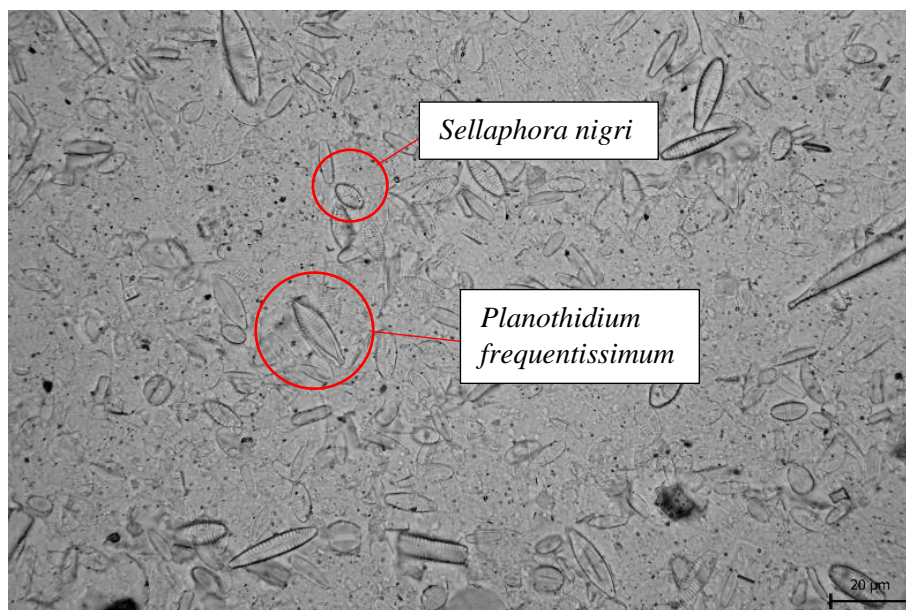
Slika 20. Uzorak 4 školske zbirke dijatomeja: Ljuta

Uzorak 5 je iz rijeke Dretulje, a najvažnije vrste na njemu su *Meridion circulare* (Grev.) C.Agardh i *Cocconeis placentula* Ehrenberg (Slika 21.). *Meridion circulare* je arafidna dijatomeja duljine od 17 do 80 μm i širine 3-4 μm (<https://diatoms.org/>). Nepokretne su i naseljavaju bentos. *Cocconeis placentula* je monorafidna dijatomeja duljine 9-68 μm i širine 7-32 μm (<https://diatoms.org/>). Bentičke su, djelomično pokretne i solitarne (<https://diatoms.org/>).



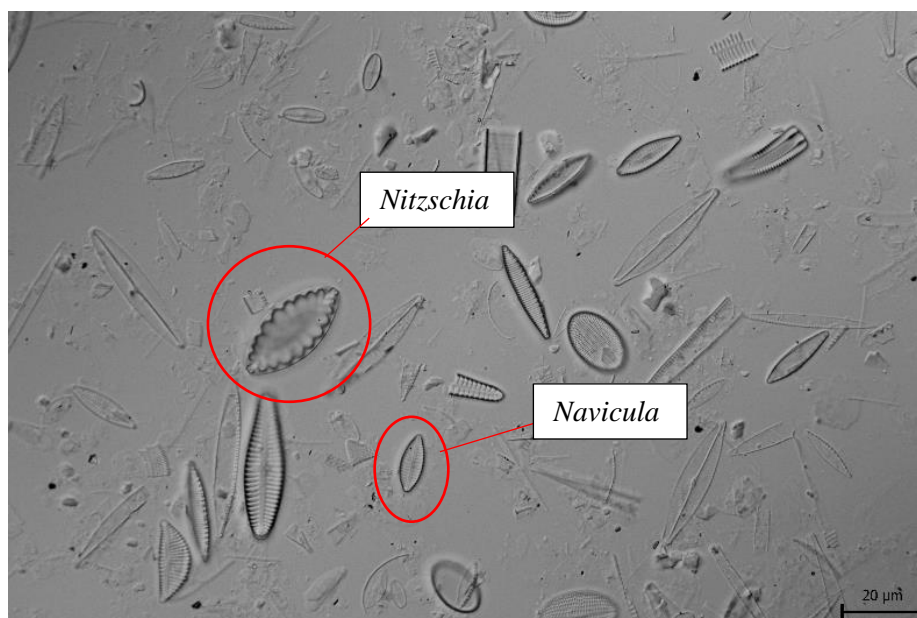
Slika 21. Uzorak 5 školske zbirke dijatomeja: Dretulja

Uzorak 6 je iz Male Hube, a na njemu se nalaze *Sellaphora nigri* (De Not.) Wetzel and Ector i *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bert., Krammer i Lange-Bert.) Lange-Bertalot (Slika 22.). *Sellaphora nigri* je simetrična birafidna djelomično pokretna dijatomeja duljine 4,2-13 μm i širine 2,8-4,2 μm (<https://diatoms.org/>). *Planothidium frequentissimum* monorafidna je dijatomeja duljine od 5 do 17 μm i širine od 3 do 6 μm (<https://diatoms.org/>).



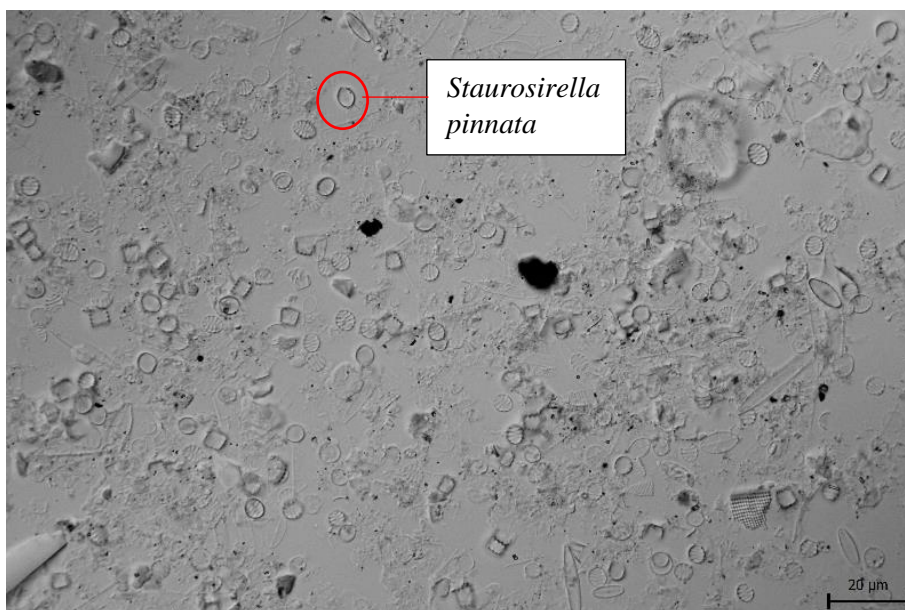
Slika 22. Uzorak 6 školske zbirke dijatomeja: Mala Huba

Uzorak 7 je iz rijeke Vučice, a na njemu se mogu pronaći jedinke roda *Navicula* Bory de Saint-Vincent i *Nitzschia* Hassall (Slika 23.). Diatomeje roda *Navicula* su simetrične birafidne duljine od 7 do 176 μm (<https://diatoms.org/>). Naseljavaju rijeke i jezera, ne tvore kolonije, djelomično su pokretne i naseljavaju bentos (<https://diatoms.org/>). Diatomeje roda *Nitzschia* karakterističnog su oblika duljine od 3 do 375 μm (<https://diatoms.org/>).



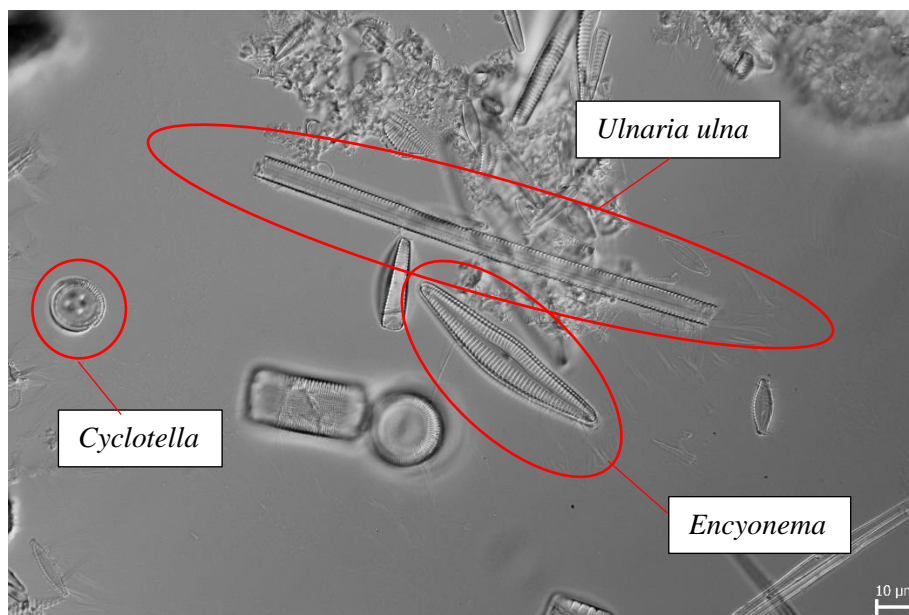
Slika 23. Uzorak 7 školske zbirke dijatomeja: Vučica

Uzorak 8 je iz Truhovice, a na njemu se nalazi *Staurosirella pinnata* (Ehrenb.) D.M.Williams and Round (Slika 24.). To su arafidne dijatomeje dugačke od 4 do 10 μm i široke od 3 do 4 μm, nepokretne su, naseljavaju i plankton i bentos (<https://diatoms.org/>).



Slika 24. Uzorak 8 školske zbirke dijatomeja: Trbuhovica

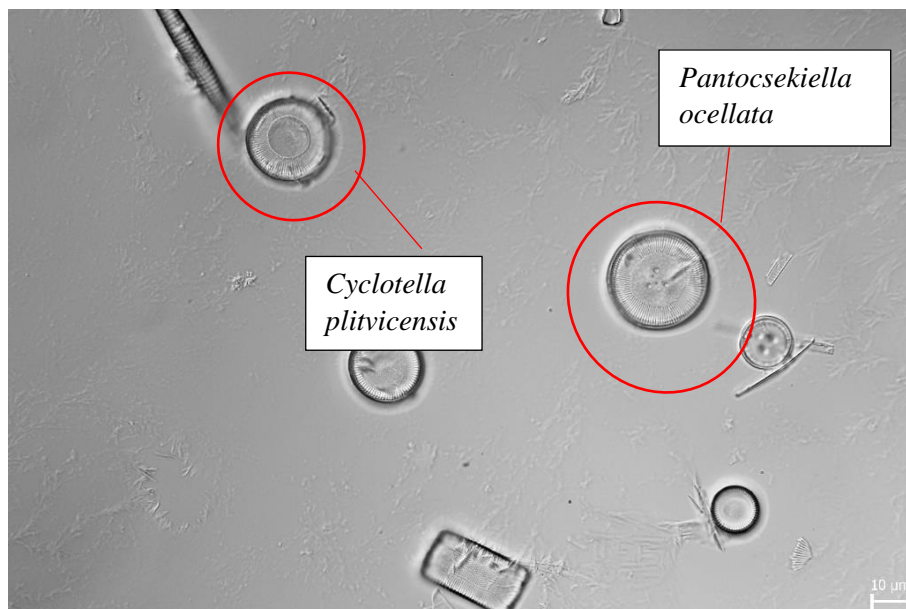
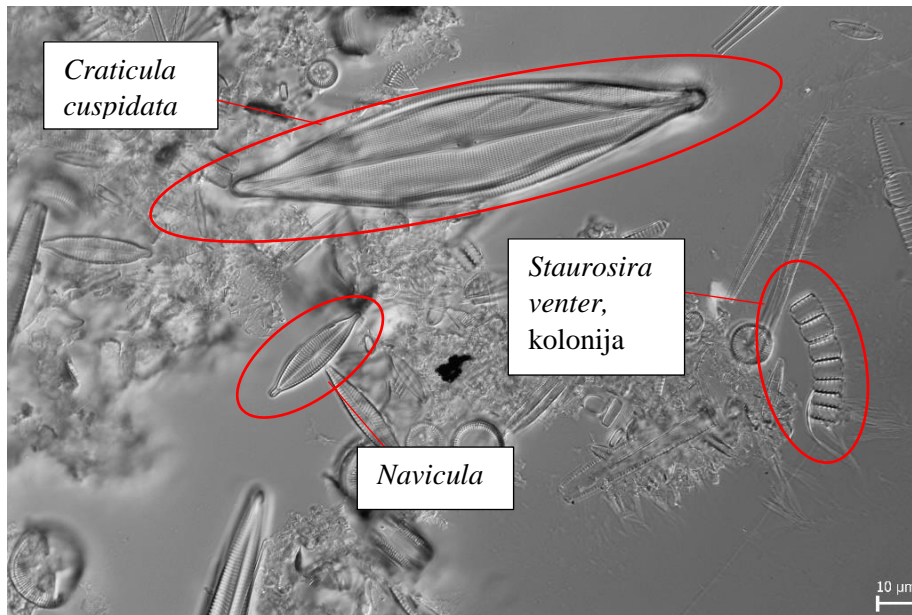
Uzorak 9 je iz rijeke Drave, a na njemu su najznačajnije centrice roda *Cyclotella*, penate roda *Encyonema* te *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère (Slika 25.). *Ulnaria ulna* slatkovodna je arafidna dijatomeja karakteristične „štapičaste“ građe s izduženim i uskim valvama, koje mogu doseći veličinu i do 500 μm (<https://diatoms.org/>).



Slika 25. Uzorak 9 školske zbirke dijatomeja: Drava

Uzorak 10 je iz rijeke Krke, a pokazuje veliku bioraznolikost, od kojih su najznačajnije vrste *Craticula cuspidata* (Kutzing) D.G.Mann, *Cyclotella plitvicensis*, *Pantocsekiella ocellata* (Pantocsek) K.T.Kiss & Ács, dijatomeje roda *Navicula* te *Staurosira venter* (Ehrenberg) Cleve & J.D.Möller (Slika 26.). *Craticula cuspidata* slatkovodna je simetrična birafidna dijatomeja čije su jedinke dugačke 95-157

μm , a široke 24-36 μm (<https://diatoms.org/>). Žive u bentosu, pokretne su i ne tvore kolonije. Dijatomeje vrste *Pantocsekiella ocellata* karakteristične su za rijeku Krku, promjer im je između 3,7 i 15 μm , nepokretne su, planktonske te uglavnom ne tvore kolonije (<https://diatoms.org/>). Dijatomeje vrste *Stausosira venter* arafidne su, dugačke 5-26 μm te široke 4-5,5 μm (<https://diatoms.org/>). Nepokretne su, naseljavaju i plankton i bentos te povremeno tvore kolonije.



Slika 26. Uzorak 10 školske zbirke dijatomeja: Krka

4.2. Popis nastavnih tema

Za implementaciju i korištenje dijatomeja u nastavi Prirode i Biologije predloženo je 10 nastavnih tema, odnosno koncepata, koji bi mogli biti poučavani koristeći dijatomeje kao modelne organizme i izvornu stvarnost. Svih 10 tema, odnosno koncepata, mogu se poučavati i u osnovnoj i u srednjoj školi. Nastavne teme, odnosno koncepti su:

- jednostanični organizmi
- bioraznolikost
- evolucija - pokretljivost i prilagodbe
- prilagodbe na uvjete staništa
- slatke vode
- mora i oceani
- nacionalni parkovi
- plankton i bentos
- mikroorganizmi u vodama
- fotosinteza – mikroorganizmi koji proizvode kisik

4.3. Prijedlozi korištenja dijatomeja u nastavnim satovima Prirode i Biologije u sklopu odabranih tema

Za svaku temu, odnosno koncept navedene u poglavlju 4.1. pridruženi su ishodi (NN, 2019a, NN, 2019b) koji mogu biti ostvareni koristeći dijatomeje kao modelne organizme i/ili izvornu stvarnost. Za svaki ishod predloženi su načini korištenja dijatomeja u nastavi. Svi ishodi preuzeti su iz kurikuluma Prirode i Biologije (NN, 2019a, NN, 2019b).

Svaki ishod označen je drugim simbolima. Na primjer, ishod „BIO OŠ A.7.1.“ označava nastavni predmet Biologiju (BIO), osnovnu školu (OŠ), makrokoncept unutar tog predmeta (A-D), razred (7) i broj ishoda unutar makrokoncepta u tom razredu (1).

4.3.1. Jednostanični organizmi

BIO OŠ A.7.1. Uspoređuje različite veličine u živome svijetu te objašnjava princip građe živih bića

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem stanica dijatomeja uporabom optičkih pomagala (mikroskop),
- korištenjem dijatomeja kao eukariotskih predstavnika jednostaničnih organizama za proučavanje najvažnijih obilježja jednostaničnih organizama te makroskopskih i mikroskopskih veličina u živome svijetu,
- prikazivanjem odnosa površine i volumena, građe dijatomeja (kao predstavnika eukariotskih jednostaničnih organizama) i uspoređivanjem funkcionalnosti jednostaničnog organizma s višestaničnim organizmima (čak i čovjekom) pomoću modela građe dijatomeja.

BIO OŠ A.7.2. Povezuje usložnjavanje građe s razvojem novih svojstava u različitim organizama

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem staničnog ustrojstva živih organizama i građe stanice (jezgra, stanična membrana i stijenka, citoplazma, kloroplasti, vakuola) na primjeru dijatomeja koristeći trajne preparate dijatomeja i modele građe stanice dijatomeja,
- promatranjem modela stanica i mikroskopiranjem stanica dijatomeja kao primjer eukariotskih jednostaničnih organizama.

BIO OŠ B.7.1. Uspoređuje osnovne životne funkcije pripadnika različitih skupina živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem osnovnih životnih funkcija kod predstavnika glavnih skupina živoga svijeta (arheje, bakterije, protisti, gljive, biljke, životinje), koristeći dijatomeje kao primjer protista,
- proučavanjem prehrane i disanja organizama te njihove povezanosti s energetsom opskrbom organizama, koristeći dijatomeje kao primjer protista,
- proučavanjem kretanja organizama uspoređujući sustave organa za kretanje i strukture za kretanje kod jednostaničnih organizama te uspoređivanjem građe centrice i penate te njihove pokretljivosti.

BIO SŠ A.2.1. Povezuje pojavu novih svojstava s promjenom složenosti organizacijskih razina u organizmu

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- komparativnom usporedbom usložnjavanja građe i uloga svih organa/organskih sustava u tipičnih predstavnika skupina (od jednostaničnih organizama do čovjeka prema važnim evolucijskim promjenama i pojavi novih svojstava, kao primjer jednostaničnih fotosintetskih eukariotskih organizama uzeti dijatomeje),
- zadavanjem izrade seminara (prezentacije ili plakata) na temu evolucije dijatomeja (prilagodbe koje su razvile, osvajanja novih staništa, razlike između centrica i penata, naglasak staviti na razumijevanje povezanosti usložnjavanja u građi tijela s pojavom novih svojstava i prilagodbama organizama) kao zadatak za dodatnu ocjenu/one koji žele znati više.

BIO SŠ A.2.2. Uspoređuje specifičnosti građe pojedinih organizama i povezuje ih s razvojnim stablom živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- komparativnom usporedbom anatomije i razvoja u građi živih organizama (od jednostaničnih organizama do čovjeka s naglaskom na važnost prilagodbi i preživljavanje), koristeći dijatomeje kao primjer jednostaničnih eukariotskih organizama,
- uspoređivanjem građe dijatomeja i prokariota,
- uspoređivanjem građe i funkcije dijatomeja s ostalim protistima, navodeći sličnosti i razlike te zašto se svrstavaju zajedno u protiste.

BIO SŠ B.2.2. Uspoređuje životne cikluse organizama

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem životnih ciklusa u živom svijetu od jednostaničnih organizama do čovjeka, različitih načina razmnožavanja u živom svijetu (kao primjer razmnožavanja u protista navesti primjer izmjene generacija kod dijatomeja, način spolnog i nespolnog razmnožavanja – nije nužno da učenici znaju nazive teka i ostalih pojedinosti, već da se naglasak stavi na mehanizam i poveže s ostalim protistima).

BIO SŠ C.2.1. Objašnjava protjecanje i pretvorbe energije na razini organskih sustava i organizma

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem i uspoređivanjem načina prehrane organizama od fotosintetskih organizama (cijanobakterije, alge - dijatomeje, biljke), biljojeda, mesojeda, svejeda (npr. čovjeka) do razlagača,
- uspoređivanjem prinosa kisika dijatomeja i biljaka s naglašavanjem važnosti dijatomeja u proizvodnji kisika,
- analizom dostupnih podataka o udjelima kisika u atmosferi i/ili temperaturi pojedinih geoloških era/perioda i njihovim povezivanjem s razvojem života na Zemlji.

BIO SŠ A.3.1. Povezuje pojavu novih svojstava s usložnjavanjem stanice i objašnjava specijalizaciju stanica u složenijim sustavima

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem prokariotskog i eukariotskog ustroja stanice te usložnjavanja plastida, vakuola, lizosoma koristeći dijatomeje kao primjer jednostaničnog fotosintetskog organizma (prikazati građu dijatomeja pomoću modela građe stanica dijatomeja),
- izradom modela građe stanice (npr od plastelina, stiropora) prokariotskog organizma, jednostaničnog eukariotskog fotosintetskog organizma (dijatomeje), jednostaničnog heterotrofnog eukariotskog organizma, višestaničnog eukariotskog organizma (stavljajući naglasak na specijaciju stanica) grupnim radom.

BIO SŠ B.3.4. Analizira evolucijsko usložnjavanje stanica s obzirom na način njihova funkcioniranja

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem endosimbiotske teorije spominjajući dijatomeje kao eukariotske organizme s mitohondrijima i kloroplastima,
- uspoređivanjem funkcioniranja prokariotske i eukariotske stanice (npr. na primjeru cijanobakterija i dijatomeja),
- izradom modela i/ili grafičkog prikaza koji prikazuje endosimbiontsku teoriju,
- izradom modela i/ili grafičkoga prikaza i/ili crteža koji prikazuje sličnosti i razlike prokariotske i eukariotske stanice ističući evolucijske prednosti na primjeru cijanobakterija i dijatomeja.

4.3.2. Bioraznolikost

OŠ PRI B.6.1. Učenik objašnjava međusobne odnose živih bića s obzirom na zajedničko stanište

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem važnosti međusobnih odnosa živih bića (istih vrsta i različitih vrsta) koja dijele zajedničko stanište – objasniti ulogu primarnih proizvođača na primjeru dijatomeja,
- terenskom nastavom na barem jednom staništu – uzeti uzorak iz bare, rijeke, potoka, mora, staviti pod mikroskop i lupu te proučavati koji organizmi se nalaze u uzorku; koristiti i gotove mikroskopske preparate dijatomeja i usporediti sa svježim uzorkom,
- terenskim istraživanjem životnih uvjeta na dva staništa različitih ekosustava (npr. livada i šuma, jezero i bara, stajaćica i tekućica, potok i rijeka, more i kopnena voda) - provesti promatranja i mjerenja (temperatura, količina svjetlosti, vlažnost, pH-vrijednost, brzina strujanja zraka ili vode, sastav i svojstva tla) ili unutar istog ekosustava odabrati područja s različitim uvjetima te na osnovi rezultata istaknuti sličnosti i razlike uz povezanost s organizmima koji na staništima obitavaju (mikroskopirati i primjeren trajni mikroskopski preparat dijatomeja i povezati sa saznanjima).

BIO OŠ A.7.2. Povezuje usložnjavanje građe s razvojem novih svojstava u različitim organizama

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem temeljnih obilježja organiziranosti predstavnika bioloških domena i različitih skupina živih bića koristeći dijatomeje kao predstavnike autotrofnih protista,
- promatranjem različitih trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja te povezivanjem različite građe stanica sa staništem i funkcionalnosti.

BIO OŠ B.7.1. Uspoređuje osnovne životne funkcije pripadnika različitih skupina živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem kretanja organizama (sustav organa za kretanje, strukture za kretanje kod jednostaničnih organizama, pokrov i zaštita organizama) – mikroskopirati trajne preparate dijatomeja te uspoređivati građu i različite oblike staničnih stijenki kod različitih vrsta dijatomeja,

- proučavanjem građe dijatomeja na modelu građe stanice dijatomeja i povezivanjem s funkcijama.

BIO OŠ A.8.1. Povezuje usložnjavanje građe s razvojem novih svojstava i klasificira organizme primjenom različitih kriterija ukazujući na njihovu srodnost i raznolikost

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- mikroskopiranjem trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja i zapisivanjem sličnosti i razlika u građi različitih vrsta na preparatu u tablicu - pomoću toga objasniti klasifikaciju organizama,
- proučavanjem pojave novih prilagodbi u građi tijekom evolucije usporedbom modela građe centrice i penate.

BIO SŠ A.1.1. Uspoređuje promjenu složenosti različitih organizacijskih razina biosfere te primjenjuje načela klasifikacije živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- prikazivanjem principa klasificiranja živih bića na jednom primjeru biljne i životinjske vrste (jednoj grupi zadati i dijatomeje kao predstavnike protista) - koristiti sljedeće sistematske kategorije: vrsta, rod, porodica, red, razred, odjeljak/koljeno, carstvo. Kod klasificiranja živoga svijeta učenici ne trebaju nužno koristiti sve navedene sistematske kategorije niti pamtit i točne nazive rodova, redova itd. Učenje i poučavanje trebalo bi provesti koristeći se biološkim zbirkama u suradnji s prirodoslovnim muzejom, botaničkim vrtom ili sličnom ustanovom – spomenuti nacionalnu zbirku dijatomeja, predstaviti njenu važnost, koristiti se trajnim mikroskopskim preparatima. Naglasak je na uočavanju organiziranosti biosfere i principa klasificiranja, a ne na pamćenju sistematskih kategorija.

BIO SŠ A.3.1. Povezuje pojavu novih svojstava s usložnjavanjem stanice i objašnjava specijalizaciju stanica u složenijim sustavima

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- mikroskopiranjem prokariotskih stanica i različitih vrsta eukariotskih stanica/tkiva – mikroskopirati stanice dijatomeja i stanice cijanobakterija, učenici trebaju uočiti sličnosti i razlike, povezati s njihovom ulogom u biosferi, evolucijom i građom.

4.3.3. Evolucija – pokretljivost i prilagodbe

OŠ PRI B.5.2. Učenik objašnjava međudnose životnih uvjeta i živih bića

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem različitih oblika kretanja kroz vodu, zrak ili tlo pomoću modela – među modelima koristiti i model građe dijatomeja te povezati s načinom kretanja dijatomeja i staništem u kojem žive.

BIO OŠ A.7.2. Povezuje usložnjavanje građe s razvojem novih svojstava u različitim organizama

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem evolucijskih razlika, prednosti i mana kod fotosintetskih organizama – usporediti cijanobakterije naspram dijatomeja naspram biljaka,
- mikroskopiranjem stanica cijanobakterija, dijatomeja i biljaka (koristiti trajne i svježe preparate).

BIO OŠ B.7.3. Stavlja u odnos prilagodbe živih bića i životne uvjete

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem prilagodbi različitim načinima kretanja (simetrija tijela, sustav organa za kretanje, strukture za kretanje – bičevi, trepetljike, lažne nožice, kretanje biljnih organa) – spomenuti i centrice kao primjer planktonskih organizama nošenih strujom vode, povezati sa simetrijom i nedostatkom struktura za kretanje,
- proučavanjem prilagodbi različitim načinima prehrane (autotrofi, heterotrofi – paraziti, saprofiti, simbionti) – opisati važnost uloge dijatomeje u proizvodnji kisika, naglasiti da proizvode više kisika od biljaka, povezati s ulogom u evoluciji,
- terenskom nastavom i promatranjem vodenih ekosustava te različitih prilagodbi organizama na život u njima - uzeti uzorak vode i promatrati pod lupom/mikroskopom,

koristiti se i gotovim, trajnim preparatima dijatomeja, povezati njihovu građu sa staništem u kojem žive,

- proučavanjem prilagodbi za zaštitu tijela (imunostni sustav, pokrov tijela) – opisati funkciju teka kod dijatomeja, čemu služe, izmjenju tvari.

BIO OŠ A.8.1. Povezuje usložnjavanje građe s razvojem novih svojstava i klasificira organizme primjenom različitih kriterija ukazujući na njihovu srodnost i raznolikost

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem građe dijatomeja i biljaka kao fotosintetskih organizama koji su važni za naš život,
- klasificiranjem organizama prikupljenih na terenskoj nastavi prema različitim kriterijima (npr. vanjskom oklopu, izgledu lista, simetriji) – koristiti se i gotovim mikroskopskim preparatima dijatomeja, moguće je zadati i izradu determinacijskih ključeva.

BIO OŠ B.8.3. Analizira utjecaj životnih uvjeta na razvoj prilagodbi i bioraznolikost

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem dokaza evolucije (fosili) – kao jedan od primjera koristiti i pijesak – povezati s uginulim dijatomejama i njihovom građom,
- uspoređivanjem građe centrica i penata kao primjer prilagodbe iste kategorije organizma različitom obliku staništa (plankton/bentos).

BIO SŠ B.1.3. Uspoređuje prilagodbe organizama na specifične životne uvjete

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- promatranjem organizama u bliskome okolišu i opisivanjem njihovih prilagodbi s obzirom na vrstu staništa, dostupnost hrane, vrstu hrane i način prehrane, sezonske promjene i sl. – promatrati život u okolnim vodenim ekosustavima, koristiti se mikroskopom i lupom, mogu poslužiti i trajni preparati dijatomeja,
- skiciranjem, opisivanjem i argumentiranjem prilagodbi važnih za preživljavanje organizama u uvjetima staništa – promatrati i na primjeru dijatomeja i njihovih prilagodbi staništu.

BIO SŠ A.2.1. Povezuje pojavu novih svojstava s promjenom složenosti organizacijskih razina u organizmu

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem usložnjavanja građe i uloga svih organa/organskih sustava komparativno u tipičnih predstavnika skupina (od jednostaničnih organizama do čovjeka prema važnim evolucijskim promjenama i pojavi novih svojstava) – koristiti dijatomeje kao primjer za jednostanične eukariotske fotosintetske organizme sa specifičnom građom stanične stijenke,
- uspoređivanjem po funkciji analognih organela, organa i organskih sustava (npr. izmjene plinova/disanja (stanična membrana, puči, koža, škrge, pluća) u predstavnika različitih skupina – spomenuti princip izmjene tvari kroz staničnu stijenku dijatomeja, promatrati specifičnost građe stijenke na trajnim mikroskopskim preparatima, koristiti model građe dijatomeje).

BIO SŠ A.2.2. Uspoređuje specifičnosti građe pojedinih organizama i povezuje ih s razvojnim stablom živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- izradom razvojnoga stabla živoga svijeta samostalnim odabirom vrsta (crteži/fotografije) – navesti dijatomeje kao primjer za autotrofne protiste,
- uspoređivanjem građe heterotrofnih i autotrofnih protista (dijatomeja).

BIO SŠ B.2.2. Uspoređuje životne cikluse organizama

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem različitih načina razmnožavanja u živom svijetu – opisati načine razmnožavanja dijatomeja i koristiti kao primjer za izmjenu generacija.

BIO SŠ B.2.3. Uspoređuje prilagodbe organizama na životne uvjete te ih povezuje s evolucijom živoga svijeta na Zemlji

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem prokariota i protista prema prilagodbama jednostaničnih organizama na različite životne uvjete – koristiti dijatomeje kao primjer autotrofnih protista,

- istraživanjem filogenije jedne poznate vrste u suradnji s prirodoslovnim muzejom, botaničkim vrtom ili drugom ustanovom koja ima biološku zbirku (Hrvatska nacionalna zbirka dijatomeja),
- posjetom nekom od zaštićenih područja RH – ako je moguće, mikroskopirati trajne mikroskopske preparate dijatomeja iz tih područja, povezati njihovu ulogu u staništu s građom i njihovom važnosti.

BIO SŠ A.3.1. Povezuje pojavu novih svojstava s usložnjavanjem stanice i objašnjava specijalizaciju stanica u složenijim sustavima

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- izradom modela prokariotske i eukariotske stanice - za primjer stanice jednostaničnog eukariotskog autotrofnog organizma koristiti model stanice dijatomeje, usporediti evolucijske prilagodbe na tim modelima, spomenuti i mogućnosti kretanja,
- mikroskopiranjem prokariotskih stanica i različitih vrsta eukariotskih stanica/tkiva – koristiti trajne mikroskopske preparate dijatomeja.

BIO SŠ B.3.4. Analizira evolucijsko usložnjavanje stanica s obzirom na način njihova funkcioniranje

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- izradom modela/grafičkoga prikaza/cртеža sličnosti i razlika prokariotske i eukariotske stanice ističući evolucijske prednosti na primjeru cijanobakterija i dijatomeja.

4.3.4. Prilagodbe na uvjete staništa

OŠ PRI B.5.1. Učenik objašnjava svojstva zraka, vode i tla na temelju istraživanja u neposrednom okolišu

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- terenskim istraživanjem svojstava vode: boja, miris, gustoća, kiselost, prozirnost, strujanje, temperatura, agregacijska stanja - kao uzorak uzeti kopnenu ili morsku vodu, povezati s istraživanjem živog svijeta u uzorcima vode, uzroke mikroskopirati i gledati pod lupom, mikroskopirati i trajne preparate dijatomeja.

OŠ PRI B.6.1. Učenik objašnjava međusobne odnose živih bića s obzirom na zajedničko stanište

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem odnosa među organizmima: suživot istih ili različitih organizama (pozitivni i negativni aspekti za svaki od organizama) i život organizama u zajednici - obraditi položaj dijatomeja u hranidbenom lancu i općenito u biosferi,
- terenskom nastavom na barem jednom staništu - rezultati se mogu usporediti s primjerima drugih staništa, a do podataka se može doći na dodatnoj terenskoj nastavi ili pretraživanjem literature, pronalaženjem zanimljivosti o različitim organizmima,
- terenskim istraživanjem životnih uvjeta - odabrati dva staništa različitih ekosustava (npr. livada i šuma, jezero i bara, stajaćica i tekućica, potok i rijeka, more i kopnena voda), provesti promatranja i mjerenja (temperatura, količina svjetlosti, vlažnost, pH-vrijednost, brzina strujanja zraka ili vode, sastav i svojstva tla) ili unutar istog ekosustava odabrati područja s različitim uvjetima te na osnovi rezultata istaknuti sličnosti i razlike uz povezanost s organizmima koji na staništima obitavaju – obratiti pozornost i na prisutnost/odsutnost dijatomeja te njihovu ulogu na staništu.

BIO OŠ B.7.1. Uspoređuje osnovne životne funkcije pripadnika različitih skupina živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem osnovnih životnih funkcija kod predstavnika glavnih skupina živoga svijeta (arheje, bakterije, protisti, gljive, biljke, životinje) – kao primjer autotrofnih protista koristiti dijatomeje.

BIO OŠ B.7.3. Stavlja u odnos prilagodbe živih bića i životne uvjete

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem prilagodbi uvjetima okoliša kod predstavnika glavnih skupina živoga svijeta (arheje, bakterije, protisti, gljive, biljke, životinje) – kao primjer heterotrofnih protista koristiti dijatomeje,
- uspoređivanjem građe centrica i penata pri obradi kretanja - spomenuti simetriju tijela životinja kao prilagodbu na način života te povezati s planktonom/bentosom,
- proučavanjem životnih uvjeta i prilagodbi organizama na temelju promatranja u prirodi – analizirati uzorke vode iz obližnjih vodenih ekosustava, mikroskopirati trajne preparate dijatomeja,

- proučavanjem dodatne literature za analizu kakvoće vode za piće analizom dijatomeja u toj vodi.

BIO OŠ B.8.3. Analizira utjecaj životnih uvjeta na razvoj prilagodbi i bioraznolikost

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- istraživanjem prilagodbi organizama različitim načinima razmnožavanja - ukazati na razlike u načinima oprašivanja i oplodnje, brojnosti potomaka, razvoju ploda, zaštiti jajeta, spolnosti (dvospolci/razdvojen spol/jednospolni cvijet/dvospolni cvijet) i sl., navesti načine razmnožavanja dijatomeja,
- analiziranjem prilagodbi i raznolikosti oblika dijatomeja s raznolikošću staništa mikroskopiranjem trajnih preparata dijatomeja - naglasak staviti na razumijevanje utjecaja životnih uvjeta na razvoj prilagodbi i raznolikost živih bića.

BIO SŠ B.1.1. Uspoređuje prilagodbe organizama s obzirom na abiotičke i biotičke uvjete okoliša na primjeru zavičajnoga ekosustava

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- ovisno o položaju škole, mikroskopiranjem trajnih preparata dijatomeja s tog područja - ukazati učenicima karakteristične vrste za to područje RH, pri objašnjavanju uspješnosti prilagodbi poželjno je proučiti autohtone/alohtone/invazivne strane vrste koje obitavaju u zavičaju,
- proučavanjem uzroka ugroženosti različitih vrsta – povezati ugroženost dijatomeja sa zakiseljavanjem oceana, upozoriti kakve to posljedice može imati na biosferu.

BIO SŠ B.1.3. Uspoređuje prilagodbe organizama na specifične životne uvjete

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem prilagodbi organizama specifičnim uvjetima okoliša (temperatura, svjetlost, voda i vlaga) – na karti svijeta pokazati globalnu raspostranjenost dijatomeja i povezati prilagodbe koje im omogućavaju kozmopolitsku raspostranjenost,
- promatranjem organizama u bliskome okolišu i opisivanjem njihovih prilagodbi s obzirom na vrstu staništa, dostupnost hrane, vrstu hrane i način prehrane, sezonske promjene – na terenskoj nastavi se mogu odabrati dva različita ekosustava, uzeti uzorke vode iz oba i proučavati brojnost te raznolikost vrsta u uzorcima, povezati s karakteristikama ekosustava, obratiti pozornost na brojnost i vrstu dijatomeja.

BIO SŠ A.2.1. Povezuje pojavu novih svojstava s promjenom složenosti organizacijskih razina u organizmu

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem građe cijanobakterija i dijatomeja kao fotosintetskih jednostaničnih organizama.

BIO SŠ A.2.2. Uspoređuje specifičnosti građe pojedinih organizama i povezuje ih s razvojnim stablom živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem dijatomeja i njihovih evolucijskih prilagodbi s ostalim skupinama algi.

BIO SŠ B.2.3. Uspoređuje prilagodbe organizama na životne uvjete te ih povezuje s evolucijom živoga svijeta na Zemlji

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem prilagodbi dijatomeja na različite životne uvjete i povezivanjem s njihovom kozmopolitskom rasprostranjenosti,
- istraživanjem filogenije jedne poznate vrste stavljajući u odnos morfološke osobine pojedinih predaka i uvjete okoliša razdoblja u kojemu je ta vrsta živjela – može se odabrati neka vrsta s trajnih mikroskopskih preparata, povezati s endosimbiontskom teorijom i povijesnim nalazima dijatomeja.

BIO SŠ A.3.1. Povezuje pojavu novih svojstava s usložnjavanjem stanice i objašnjava specijalizaciju stanica u složenijim sustavima

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem prokariotskih i eukariotskih ustroja stanica te njihovog usložnjavanja plastida, vakuola, lizosoma – kao evolucijsku prilagodbu navesti i obraditi staničnu stijenku dijatomeja,
- mikroskopiranjem prokariotskih stanica i različitih vrsta eukariotskih stanica/tkiva – trajni mikroskopski preparati dijatomeja kao primjer eukariotskih stanica

BIO SŠ B.3.4. Analizira evolucijsko usložnjavanje stanica s obzirom na način njihova funkcioniranje

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- izradom modela koji prikazuje endosimbiontsku teoriju – kao modelni organizam koristiti dijatomeje,
- izradom modela/grafičkoga prikaza/cртеža sličnosti i razlika prokariotske i eukariotske stanice ističući evolucijske prednosti – može se koristiti usporedba cijanobakterija i dijatomeja.

4.3.5. Slatke vode

OŠ PRI B.6.1. Učenik objašnjava međusobne odnose živih bića s obzirom na zajedničko stanište

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- terenskim istraživanjem životnih uvjeta - odabrati dva staništa različitih ekosustava (npr. jezero i bara, stajaćica i tekućica, potok i rijeka, more i kopnena voda), provesti promatranja i mjerenja (temperatura, količina svjetlosti, vlažnost, pH-vrijednost, brzina strujanja zraka ili vode, sastav i svojstva tla) ili unutar istog ekosustava odabrati područja s različitim uvjetima te na osnovi rezultata istaknuti sličnosti i razlike uz povezanost s organizmima koji na staništima obitavaju (naglasak na pronalasku dijatomeja),
- određivanjem gustoće populacije dijatomeja na staništu u blizini škole ili u školskome dvorištu – ako u blizini škole postoji vodeno stanište.

BIO OŠ B.7.1. Uspoređuje osnovne životne funkcije pripadnika različitih skupina živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem osnovnih životnih funkcija kod predstavnika glavnih skupina živoga svijeta (arheje, bakterije, protisti, gljive, biljke, životinje) u slatkovodnim staništima – koristiti dijatomeje kao modelne organizme za protiste,
- naglašavanjem važnosti dijatomeja u biosferi i ljudskim životima.

BIO OŠ B.7.3. Stavlja u odnos prilagodbe živih bića i životne uvjete

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem životnih uvjeta i prilagodbi organizama na temelju promatranja u prirodi i videoisječaka – u slatkovodnim staništima naglasak staviti i na dijatomeje,
- korištenjem modela i videoisječaka o prilagodbama živih bića – koristiti model građe dijatomeja za pojašnjavanje prilagodbi dijatomeja na životne uvjete.

BIO OŠ C.8.2. Povezuje hranidbene odnose u biosferi s preživljavanjem organizama

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem važnosti Sunčeve energije za preživljavanje svih živih bića – naglasiti dijatomeje kao jedne od najvažnijih, ako ne i najvažnije primarne proizvođače,
- osmišljavanjem i prikazivanjem hranidbenih mreža (igranjem uloga, zuj grupe itd.) – npr. što se dogodi ako se oceani zakisele, povise temperature, naruši dostupnost Sunčeve svjetlosti uz naglasak na dijatomeje kao primarne proizvođače.

BIO SŠ B.1.2. Analizira održavanje uravnoteženoga stanja u prirodi povezujući vlastito ponašanje i odgovornost s održivim razvojem

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- analiziranjem pozitivnih i negativnih primjera antropogenih utjecaja (npr. utjecaj zagađenja voda na održivost vodenih ekosustava),
- istraživanjem i uspoređivanjem vrsta na prirodnim i antropogenim staništima – npr. uspoređivanje brojnosti i raznolikosti dijatomeja u prirodnom jezeru/bari i akumulacijskom jezeru – koristiti trajne mikroskopske preparate,
- analiziranjem mogućih razloga ugroženosti dijatomeja - što narušava njihovu ravnotežu te kako učenici sami doprinose narušavanju ili očuvanju te ravnoteže, rezultate prikazati u grupama, na prezentacijama, plakatima i slično.

4.3.6. Mora i oceani

Za obrađivanje nastavnog koncepta Mora i oceani, vrijede isti ishodi kao i za koncept Slatke vode, ali se naglasak stavlja na morske organizme, odnosno morske dijatomeje. Također, moguće je i usporediti morske i slatkovodne dijatomeje, njihovu rasprostranjenost, funkciju, građu, raznolikost te brojnost vrsta.

4.3.7. Nacionalni parkovi

OŠ PRI B.6.2. Učenik raspravlja o važnosti održavanja uravnoteženog stanja u prirodi i uzrocima njegova narušavanja

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- terenskim istraživanjem u neposrednom okolišu škole ili doma - objasniti uzroke i posljedice onečišćenja zraka, vode i tla te povezati s pojavnošću dijatomeja na tim područjima,
- raspravom i analiziranjem postupaka u svakodnevnom životu u kontekstu održivoga razvoja i očuvanja bioraznolikosti – naglasiti važnost dijatomeja u očuvanju okoliša, spomenuti dijatomeje kao bioindikatore,
- terenskom nastavom u nekome od zaštićenih područja RH – mikroskopirati uzorke dijatomeja iz tih zaštićenih područja, promatrati bioraznolikost,
- raspravljanjem o utjecaju i načinima zaštite prirode – zašto je bitno zaštititi staništa, koje su moguće posljedice, krenuti od većeg prema manjem (npr. u vodenim ekosustavima od riba do dijatomeja).

BIO SŠ B.4.1. Analizira čovjekov utjecaj na održavanje i narušavanje uravnoteženoga stanja u prirodi i bioraznolikost povezujući vlastito ponašanje i odgovornost s održivim razvojem

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- raspravljanjem o uzrocima ugroženosti vrsta i populacija – raspraviti uzroke ugroženosti dijatomeja i utjecaj na biosferu.

4.3.8. Plankton i bentos

OŠ PRI B.6.1. Učenik objašnjava međusobne odnose živih bića s obzirom na zajedničko stanište

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- terenskom nastavom na barem jednom staništu. Rezultati se mogu usporediti s primjerima drugih staništa, a do podataka se može doći na dodatnoj terenskoj nastavi ili pretraživanjem literature, pronalaženjem zanimljivosti o različitim organizmima – uzeti uzorke dijatomeja iz planktona i bentosa, pa mikroskopirati i uspoređivati bioraznolikost te uspoređivati svježije uzorke s trajnim mikroskopskim preparatima.

BIO OŠ B.7.1. Uspoređuje osnovne životne funkcije pripadnika različitih skupina živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem razlika planktona i bentosa na primjeru penata i centrica u sklopu proučavanja kretanja organizama – proučiti sustave organa za kretanje, strukture za kretanje kod jednostaničnih organizama, usporediti pokretljivost centrica i penata te povezati s njihovom građom.

BIO OŠ B.7.3. Stavlja u odnos prilagodbe živih bića i životne uvjete

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem prilagodbi različitim načinima kretanja (simetrija tijela, strukture za kretanje) – na primjeru penata i centrica koristeći modele građe stanica dijatomeja i trajne mikroskopske preparate,
- proučavanjem odnosa površine i volumena tijela (princip ekonomičnosti u organizaciji živoga svijeta) – na primjeru penate i centrice koristeći modele građe stanica dijatomeja i trajne mikroskopske preparate.

BIO SŠ A.2.1. Povezuje pojavu novih svojstava s promjenom složenosti organizacijskih razina u organizmu

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- komparativnom usporedbom usložnjavanja građe i uloga svih organa/organskih sustava penate i centrice,
- proučavanjem ključnih prilagodbi uvjetima staništa (prilagodbe za život u vodi – plankton i bentos)
- proučavanjem morfologije i anatomije različitih vrsta na modelima građe penata i centrica.

4.3.9. Mikroorganizmi u vodama

OŠ PRI B.6.1. Učenik objašnjava međusobne odnose živih bića s obzirom na zajedničko stanište

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem života mikroorganizama u vodi i ostalim staništima - usporediti fotoautotrofe (dijatomeje) i heterotrofe,
- proučavanjem hranidbenih odnosa i povezanosti organizama u hranidbenim lancima (proizvođač, potrošač, razlagač) – navesti sličnosti i razlike kod vodenih mikroorganizmima na temelju hranidbenog lanca, povezati prilagodbe s načinom prehrane, koristiti dijatomeje kao modelne organizme za primarne proizvođače,
- terenskim istraživanjem životnih uvjeta - odaberi dva staništa različitih ekosustava (npr. jezero i bara, stajaćica i tekućica, potok i rijeka, more i kopnena voda), provesti promatranja i mjerenja (temperatura, količina svjetlosti, vlažnost, pH-vrijednost, brzina strujanja zraka ili vode, sastav i svojstva tla) ili unutar istog ekosustava odaberi područja s različitim uvjetima te na osnovi rezultata istaknuti sličnosti i razlike uz povezanost s organizmima koji na staništima obitavaju, istraživati nadmetanje organizama u zadovoljavanju osnovnih životnih potreba – mikroskopirati/promatrati pod lupom uzorke vode, svrstavati pronađene organizme u različita carstva, skicirati u bilježnice, opisivati morfološke prilagodbe i način prehrane, uočiti bioraznolikost na različitim staništima, usporediti rezultate s trajnim mikroskopskim preparatima,
- raspravljanjem o utjecaju prekomjernog korištenja plastične ambalaže, energenata i vode na vodne ekosustave i staništa – promatrati uzorak zagađene vode i organizme koji tamo obitavaju, usporediti s uzorkom trajnog mikroskopskog preparata sa zagađenog područja.

OŠ PRI B.6.2. Učenik raspravlja o važnosti održavanja uravnoteženog stanja u prirodi i uzrocima njegova narušavanja

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- ispitivanjem prisutnosti tvari koje utječu na živa bića u sastavu vode (kvalitativna ispitivanja) – opisati kako utječe na bioraznolikost i ravnotežu proučavanog vodenog staništa te kako utječe na primarne proizvođače (dijatomeje), a preko njih i na sve ostale organizme,
- istraživanjem razloga zaštite organizama i područja provesti u neposrednoj okolini u zavičaju (npr. jezero, more, rijeka u okolici škole) – proučiti mikroorganizme u vodi i usporediti s trajnim mikroskopskim preparatima,
- posjetom laboratoriju Hrvatskih voda - opisati načine ispitivanja kakvoće pitke vode i gdje se ta istraživanja odvijaju.

BIO OŠ A.7.2. Povezuje usložnjavanje građe s razvojem novih svojstava u različitim organizama

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem temeljnih obilježja organiziranosti predstavnika bioloških domena i različitih skupina živih bića – usporediti mikroorganizme u vodi, dijatomeje koristiti kao predstavnike jednostaničnih autotrofnih eukariota,
- uspoređivanjem temeljnih obilježja organiziranosti kod predstavnika glavnih skupina živoga svijeta (arheje, bakterije, protisti, gljive, biljke, životinje) – u uzorku vode pokušati pronaći što više predstavnika različitih skupina, usporediti s trajnim mikroskopskim preparatima dijatomeja, koristiti dijatomeje kao predstavnike protista.

BIO OŠ B.7.1. Uspoređuje osnovne životne funkcije pripadnika različitih skupina živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem osnovnih životnih funkcija kod predstavnika glavnih skupina živoga svijeta (arheje, bakterije, protisti, gljive, biljke, životinje) koncentrirajući se na vodene mikroorganizme kako bi se pokazala bioraznolikost na istom staništu/slične građe – koristiti dijatomeje kao modelne organizme za vodene protiste.

BIO OŠ B.7.3. Stavlja u odnos prilagodbe živih bića i životne uvjete

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- izradom plakata s usporedbom mikroorganizama koje su pronašli u uzorcima vode – usporediti prilagodbe načina disanja, prijenosa tvari, zaštite tijela, oblika prehrane, načina kretanja.

BIO OŠ B.8.3. Analizira utjecaj životnih uvjeta na razvoj prilagodbi i bioraznolikost

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem različitih mikroorganizama i njihovih prilagodbi na istom vodenom staništu,
- uspoređivanjem načina prehrane različitih mikroorganizama na istom vodenom staništu.

BIO SŠ B.1.2. Analizira održavanje uravnoteženoga stanja u prirodi povezujući vlastito ponašanje i odgovornost s održivim razvojem

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- analiziranjem antropogenih utjecaja na vodene ekosustave – spomenuti i utjecaj na dijatomeje,
- analiziranjem važnosti očuvanja „nevidljive“ ravnoteže, odnosno ravnoteže mikroorganizama (dijatomeja), njihovu važnost u biosferi.

BIO SŠ B.1.3. Uspoređuje prilagodbe organizama na specifične životne uvjete

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- komparativnom usporedbom prilagodbi organizama specifičnim uvjetima staništa na primjerima različitih vodenih mikroorganizmima, među njima i dijatomeja,
- mikroskopiranjem trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja - skicirati, opisati i argumentirati prilagodbe za preživljavanje dijatomeja u uvjetima staništa.

4.3.10. Fotosinteza – mikroorganizmi koji proizvode kisik

OŠ PRI C.6.1. Učenik analizira prijenos i pretvorbu energije u živim i neživim sustavima

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- analiziranjem važnosti dijatomeja kao fotosintetskih organizama - naglasiti da fotosintezu ne provode samo biljke, nego da su alge zaslužne za većinu kisika kojeg udišemo.

BIO OŠ B.7.1. Uspoređuje osnovne životne funkcije pripadnika različitih skupina živoga svijeta

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem osnovnih životnih funkcija kod predstavnika glavnih skupina živoga svijeta (arheje, bakterije, protisti, gljive, biljke, životinje) – usporediti heterotrofne i autotrofne mikroorganizme (dijatomeje),
- povezivanjem građe dijatomeja koristeći modele građe stanica dijatomeja s funkcijama pojedinih dijelova stanice.

BIO OŠ B.8.3. Analizira utjecaj životnih uvjeta na razvoj prilagodbi i bioraznolikost

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- analiziranjem važnosti fotosintetskih mikroorganizama (dijatomeja) kao izvora hrane i proizvođača kisika.

BIO SŠ B.3.1. Analizira regulacijske mehanizme održavanja homeostaze na razini stanice i organizma

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- proučavanjem fotosinteze u različitim uvjetima (npr. različit intenzitet svjetlosti, svjetlost različite valne duljine, različita temperatura i pH-vrijednost vode, količina dostupnoga ugljikova dioksida i vode) – usporediti fotosintezu u biljaka i vodenih mikroorganizama (dijatomeja).

BIO SŠ C.3.1. Analizira procese kruženja tvari, vezanja i pretvorbi energije na razini stanice te ih povezuje s funkcioniranjem organizama

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- povezivanjem metaboličkih procesa na razini stanice s potrebama organizama – usporediti različitost kloroplasta i pigmenata u različitim fotosintetskim mikroorganizmima (dijatomeje, cijanobakterije itd.).

BIO SŠ C.4.1. Analizira procese vezanja i pretvorbi energije tijekom postanka života na Zemlji

Ostvarenje ovog ishoda može se postići:

- uspoređivanjem aerobnih i anaerobnih organizama s obzirom na iskorištavanje energije (efikasnost proizvodnje ATP-a) i složenosti građe tijela – navesti uloge fotosintetskih mikroorganizama (dijatomeje) u evoluciji živog svijeta.

4.4. Pridruživanje tema trajnim mikroskopskim preparatima

Svi trajni mikroskopski preparati su raspoređeni prema nastavnim temama/konceptima za koje su prikladni, odnosno za koje nisu prikladni, a prikaz je prikazan u Tablici 2. U prikazu, puni crveni krug označava da je taj uzorak prikladan za tu temu, prazni crveni krug označava da taj uzorak nije najprikladniji, ali se mogu vidjeti potrebne strukture i slično, a prazni plavi krug označava da taj uzorak nije prikladan za tu temu.

Tablica 2. Prikaz uzoraka trajnih mikroskopskih preparata raspoređenih po nastavnim temama i konceptima za koje jesu/nisu prikladni

	• Jednostanični organizmi	• Bioraznolikost	• Evolucija	• Prilagodbe na uvjete staništa	• Slatke vode	• Mora i oceani	• Nacionalni parkovi	• Plantkon i bentos	• Mikroorganizmi u vodama	• Fotosinteza
Uzorak 1: NP Plitvička jezera	●	○	●	○	●	○	●	●	●	●
Uzorak 2: Južni Jadran	●	○	●	○	○	●	○	●	●	●
Uzorak 3: Rijeka Rječina	●	○	●	○	●	○	○	●	●	●
Uzorak 4: Rijeka Ljuta	●	○	●	○	●	○	○	●	●	●
Uzorak 5: Rijeka Dretulja	●	○	●	○	●	○	○	●	●	●
Uzorak 6: Mala Huba	●	○	●	○	●	○	○	●	●	●
Uzorak 7: Rijeka Vučica, Staro Petrovo polje	●	○	●	○	●	○	○	●	●	●
Uzorak 8: Rijeka Trbuštica	●	○	●	○	●	○	○	●	●	●
Uzorak 9: Rijeka Drava	●	○	●	○	●	○	○	●	●	●
Uzorak 10: Rijeka Krka	●	○	●	○	●	○	○	●	●	●

4.5. Zbirka trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja za posuđivanje školama

Zbirka trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja za posuđivanje školama (Slika 27.) pohranjena je u sklopu Hrvatske nacionalne zbirke dijatomeja na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Zbirka je napravljena u tri uzorka. S posudbom zbirke dobiva se:

- kutija za pohranjivanje trajnih mikroskopskih preparata,

- 10 označenih trajnih mikroskopskih preparata,
- slika Tablice 2. s popisom uzoraka i pripadajućim nastavnim temama,
- letak o dodatnim izvorima informacija za zbirku i korištenje zbirke,
- link za instalaciju aplikacije (sadržavat će nakon izrade aplikacije).



Slika 27. Zbirka trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja za posuđivanje školama

4.5.1. Prijedlog obrasca za posudbu zbirke

Za prijavu za posudbu zbirke izrađen je prijedlog obrasca (Slika 28.) koji će biti dostupan na internetskim stranicama HRNDC-a na <http://www.diatoms.biol.pmf.hr/diatoms/>. Nastavnici koji ispune i predaju obrazac dobivaju obavijest o mogućnosti posudbe zbirke unutar 48 h od predaje obrasca.



Hrvatska nacionalna zbirka dijatomeja
Croatian National Diatom Collection

PRIJAVA ZA POSUDBU ZBIRKE TRAJNIH MIKROSKOPSKIH PREPARATA DIJATOMEJA

Ime i prezime nastavnika:

Ime obrazovne ustanove:

Adresa obrazovne ustanove:

Prijavljujem se za posudbu Zbirke trajnih mikroskopskih preparata Hrvatske nacionalne zbirke dijatomeja za korištenje u nastavi u razdoblju od __/__/202_ do __/__/202_. Uz zbirku želim posuditi i (molimo zaokružite željene elemente):

- modele građe stanica dijatomeja

Suglasan/na sam s uvjetima korištenja zbirke objavljenima na mrežnim stranicama Hrvatske nacionalne zbirke dijatomeja (<http://www.diatoms.biol.pmf.hr/>) i jamčim da će svi dijelovi zbirke biti vraćeni u istom stanju u kojem su zaprimljeni.

Slika 28. Prijedlog obrasca za posudbu zbirke školama

4.5.2. Modeli građe stanica dijatomeja

U suradnji s privatnom tvrtkom *Iguanna* izrađeni su modeli građe stanica dijatomeja iz stiropora. Izrađeno je 8 modela za 8 različitih vrsta dijatomeja. Modeli su prikazani na sljedećim slikama, a u opisu slike navedene su vrste dijatomeja čiji su modeli stanica izrađeni. Modeli su izrađeni kao nastavna pomagala koja će pomoći nastavnicima da učenicima vizualiziraju građu dijatomeja kao modelnih

organizama za eukariotske jednostanične autotrofne organizme. Na Slikama 29.-36. prikazani su izrađeni modeli građe stanica dijatomeja slikani iz više kutova.



Slika 29. Model građe stanice vrste *Pantocsekiella ocellata* (Pantocsek) K.T.Kiss & Ács



Slika 30. Model građe stanice vrste roda *Aneumastus* D.G.Mann & A.J.Stickle, 1990



Slika 31. Model građe stanice vrste roda *Entomoneis* Ehrenberg, 1845



Slika 32. Dvodijelni model građe stanice vrste roda *Aneumastus*



Slika 33. Dvodijelni model građe stanice vrste *Pantocsekiella ocellata*



Slika 34. Model građe stanice vrste roda *Aneumastus*



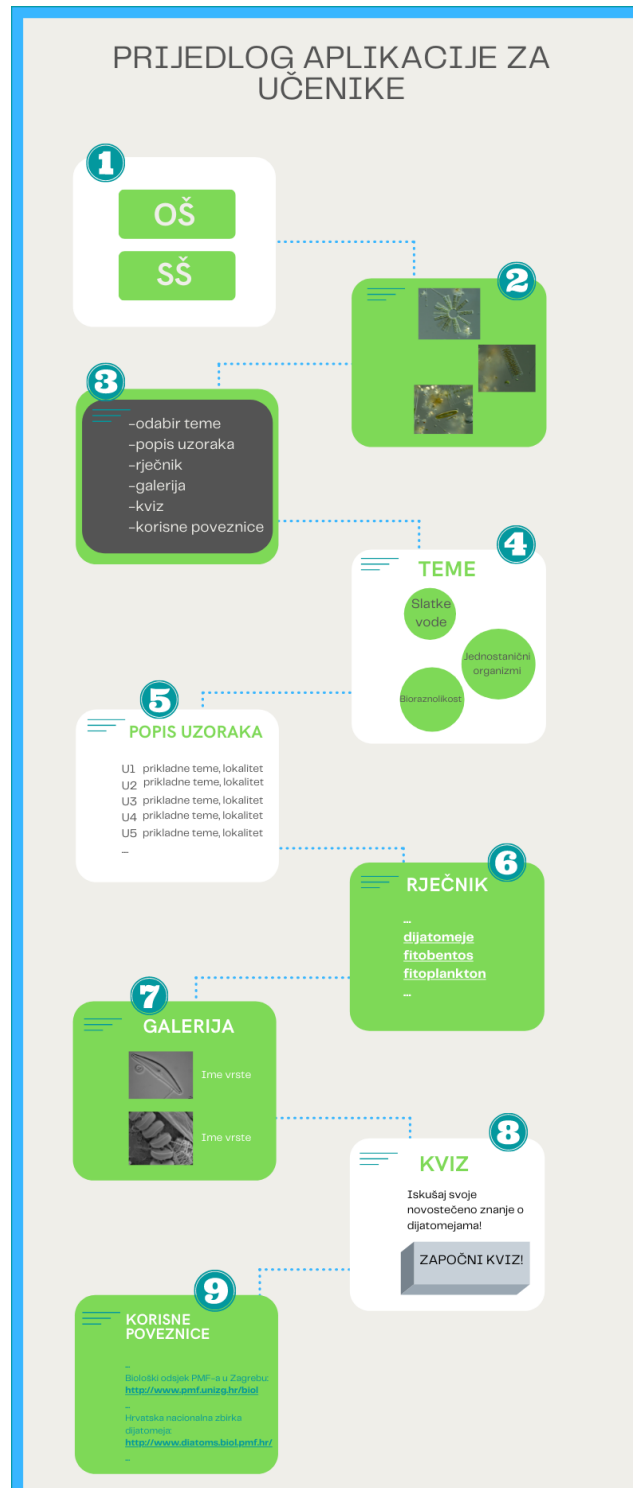
Slika 35. Model građe stanice vrste *Envekadea hedinii* (Hustedt) Van de Vijver, Gligora, Hinz, Kralj & Cocquyt, 2009



Slika 36. Model građe stanice vrste *Gomphosphenia plenkoviciae* Gligora Udovič & Žutinić *sp. nov.*

4.6. Prijedlog aplikacije

Na Slici 37. prikazan je prijedlog aplikacije koju će učenici i nastavnici koristiti kao dodatni nastavni alat prilikom obrade sadržaja u kojem se koriste dijatomeje kao modelni organizmi i/ili izvorna stvarnost.



Slika 37. Prijedlog aplikacije za učenike

Otvaranjem aplikacije (1) nudi se odabir škole (osnovna-OŠ ili srednja-SŠ škola) te bi učenik kliknuo na jednu od opcija. Nakon odabira škole, pojavljuje se novi prozor sa slikama dijatomeja opisanih u Hrvatskoj, slikanih na elektronskom ili svjetlosnom mikroskopu (2). Kada učenici kliknu na jednu od slika, poveća se ta slika, pojavi ime dijatomeje i mala galerija slika te dijatomeje. U gornjem lijevom kutu aplikacije nalazi se ikona s crtama koja predstavlja izbornik. Klikom na ikonu izbornika, prikažu se sljedeće opcije (3): odabir teme, popis uzoraka, rječnik, galerija, kviz i korisne informacije.

Klikom na „odabir teme“, otvara se novi prozor (4) u kojem su popisane sve teme koje su navedene u poglavlju 4.2. Klikom na ikonu jedne teme prikazuju se prikladni uzori za tu temu, kao i pojmovi koje učenici trebaju usvojiti proučavanjem te teme.

Klikom na „popis uzoraka“ prikazuje se novi prozor (5) gdje se nalazi popis svih uzoraka sadržanih u zbirci. Uzorci su označeni dogovorenim oznakama, uz oznaku su navedene prikladne teme za koje taj uzorak može poslužiti kao izvorna stvarnost i lokalitet uzorkovanja.

Klikom na željeni uzorak, pojavljuje se novi prozor s detaljnim uputama za mikroskopiranje i slikom slikanom na mikroskopu kako bi učenici vidjeli što trebaju vidjeti pod mikroskopom gledajući taj uzorak te gdje se na preparatu nalazi objekt promatranja.

Klikom na „rječnik“ otvara se novi prozor (6) s abecedno poredanim pojmovima koji se pojavljuju kroz sve teme, a klikom na željeni pojam se ispod pojma prikaže njegova definicija.

Odabirom „galerije“ otvara se prozor (7) s prikazom slika svih vrsta koje se javljaju u zbirci, odnosno slikama pod elektronskim i svjetlosnim mikroskopom.

Odabirom „kviza“ otvara se prozor (8) na kojem se nalazi kviz o dijatomejama i novim pojmovima koje su učenici trebali usvojiti proučavanjem zbirke pomoću aplikacije. Kviz bi se razlikovao s obzirom na prvotni odabir škole.

4.7. Prijedlog nastavnog sata

Izrađen je prijedlog za nastavni sat u kojem bi se koristile dijatomeje kao modelni organizmi i/ili kao izvorna stvarnost. Prijedlog je izrađen za nastavu Biologije u osnovnoj školi:

Ime i prezime nastavnika: Lucija Ivčić

Datum: 2021.

Škola: /

Nastavna jedinica /tema: Obilježja i građa živih bića

Razred: 7.

Ključni pojmovi: dijatomeje, frustula, rafa, teke, sete, plankton, bentos

Temeljni koncepti: jednostanični organizmi, bioraznolikost, prilagodbe organizama, mikroorganizmi u vodama, fotosintetski mikroorganizmi

Kontekst poučavanja koncepta: Učenicima će obilježja i građa eukariotskih jednostaničnih fotosintetskih organizama/protista biti predstavljena na primjeru dijatomeja kao modelnih organizama.

Cilj nastavnog sata (nastavne teme): Predstaviti i usporediti osnovna obilježja i građu živih bića prema skupinama živih bića koristeći dijatomeje kao modelne organizme za eukariotske jednostanične fotosintetske organizme ili autotrofne protiste, razvijati vještinu mikroskopiranja, razvijati svijest o važnosti očuvanja bioraznolikosti živoga svijeta.

Ishodi učenja / Razrada ishoda nastavne teme:

- BIO OŠ A.7.1. Uspoređuje različite veličine u živome svijetu te objašnjava princip građe živih bića.
 - BIO OŠ A.7.1.1. Uspoređuje najvažnija obilježja jednostaničnih i višestaničnih organizama.
 - BIO OŠ A.7.1.2. Povezuje brojnost stanica s veličinom organizma.
 - BIO OŠ A.7.1.3. Primjenjuje odgovarajuće alate za proučavanje stanica/organizama.
 - BIO OŠ A.7.1.4. Objašnjava odnos površine i volumena povezujući ga s ekonomičnosti građe organizma i preživljavanjem.

- BIO OŠ A.7.2. Povezuje usložnjavanje građe s razvojem novih svojstava u različitim organizama.
 - BIO OŠ A.7.2.1. Opisuje zajednička obilježja živih bića.
 - BIO OŠ A.7.2.2. Opisuje građu stanice.
 - BIO OŠ A.7.2.3. Povezuje oblik stanice s njezinom zadaćom.
 - BIO OŠ A.7.2.4. Prepoznaje osnovne uloge organela stanice.
 - BIO OŠ A.7.2.5. Uspoređuje temeljna obilježja predstavnika različitih skupina živih bića.

- BIO OŠ B.7.1. Uspoređuje osnovne životne funkcije pripadnika različitih skupina živoga svijeta.
 - BIO OŠ B.7.1.1. Povezuje prehranu organizama i izmjenu plinova s energijskom opskrdom kao preduvjetom za preživljavanje i opstanak.
 - BIO OŠ B.7.1.2. Objašnjava ulogu kretanja u preživljavanju organizma.

- BIO OŠ B.7.1.3. Objašnjava ulogu pokrova tijela različitih organizama.
- BIO OŠ D.7.1. Primjenjuje osnovne principe znanstvene metodologije i objašnjava dobivene rezultate.
 - BIO OŠ D.7.1.1. Prikuplja podatke uz donošenje zaključaka tijekom učenja i poučavanja.
 - BIO OŠ D.7.1.6. Provodi jednostavne procedure i/ili mjerenja ispravno se koristeći opremom i mjernim instrumentima za prikupljanje podataka.

Očekivanja međupredmetnih tema:

- **Održivi razvoj**
 - odr A.3.1. Objašnjava osnovne sastavnice prirodne raznolikosti.
- **Osobni i socijalni razvoj**
 - osr B.3.2. Razvija komunikacijske kompetencije i uvažavajuće odnose s drugima.
 - osr B.3.4. Suradnički uči i radi u timu.
- **Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije**
 - sva očekivanja
- **Učiti kako učiti**
 - sva očekivanja

Artikulacija

Tip sata: Uvod i obrada

Trajanje: 1 sat

Autotrofni protisti

Nastavnik (N) ponavlja građu arheja i bakterija kao prokariotskih jednostaničnih organizama, a zatim najavljuje novu skupinu organizama, koji su također jednostanični, ali imaju eukariotsku stanicu. Za motivaciju pušta video: <https://www.youtube.com/watch?v=qxkbSk--EUY> (video je na engleskom jeziku, N dodatno pojašnjava ako U ne razumiju sve) (BIO OŠ A.7.2.). Svaka grupa U na stolu ima mikroskop, N dijeli preparate iz zbirke po grupama i daje uputu učenicima da stave preparate pod mikroskope. U mikroskopiraju dodijeljene uzorke, zapisuju u bilježnice opažanja, a zatim se šecu od stola do stola i gledaju tuđe uzorke te također zapisuju opažanja (BIO OŠ D.7.1.). N vodi raspravu o opažanjima, potiče učenike da podijele svoja opažanja te pokušaju povezati što više opažanja u logičke zaključke o obilježjima i građi dijatomeja (BIO OŠ A.7.1.). N pušta video o dijatomejama: <https://www.youtube.com/watch?v=Ygty9HxhFK4>. Prvo pušta cijeli video, a zatim ga zaustavlja na

važnim dijelovima i komentira ih s U. N donosi modele građe stanica dijatomeja i potiče učenike da na modelu pokažu i objasne što su sve naučili o dijatomejama (BIO OŠ A.7.2.). Pomoću dvodijelnih modela N objašnjava nesporno razmnožavanje dijatomeja (BIO OŠ A.7.2.). U zapisuju karakteristike dijatomeja kao autotrofnih protista u tablicu. Na kraju sata N vodi raspravu gdje U uspoređuju evolucijske razlike, prednosti i mane između cijanobakterija i dijatomeja (a na kraju i biljaka) kao fotosintetskih organizama (BIO OŠ B.7.1.). Za domaću zadaću N zadaje U da istraže o kretanju dijatomeja te napišu kratki seminar o tome (BIO OŠ D.7.1., BIO OŠ A.7.1., BIO OŠ A.7.2.).

Materijalna priprema: Zbirka trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja, modeli građe dijatomeja, mikroskop, materijali potrebni za obradu sadržaja vezano uz ostale skupine živih bića, računalo, projektor, pristup internetu.

Plan učeničkog zapisa:

Obilježja i građa živih bića

Skupina organizama	Predstavnik skupine (modelni organizam)	Najvažnija obilježja	Najvažnije karakteristike građe organizma	Funkcija karakterističnih dijelova građe organizma
ARHEJE	...	...	...	...
BAKTERIJE	...	...	...	...
PROTISTI (dijatomeje kao predstavnici autotrofnih, a npr. papučica kao predstavnik heterotrofnih)	dijatomeja (alga kremenjašica), npr. <i>Gomphosphenia plenkoviciae</i> Gligora Udovič & Žutinić sp. nov., <i>Cyclotella plitvicensis</i> Hustedt	-eukariotski jednostanični organizmi, -autotrofni (energiju dobivaju fotosintezom), -vodeni organizmi (slatke i slane vode), -žive u planktonu ili bentosu, -klasificiraju se	-silikatna kućica zvana <u>frustula</u> koja služi za determinaciju vrsta, sastoji se od 2 dijela (teke-jedna veća i jedna manja), -pore na frustuli za izmjenu tvari, -2 oblika- centrice (okrugle, nepokretne, plankton) i	-frustula služi kao zaštita stanice, prilikom nespornog razmnožavanja odvoje se gornja i donja polovica (teke) te se nadogradi druga polovica-iz jedne dijatomeje nastanu dvije (jedna iste veličine, jedna manja)

		kao alge, -spolno i nespolno razmnožavanje	penate (duguljaste, pokretne, bentos), -razni pigmenti (najvažniji je klorofil), -neke planktonske vrste imaju nastavke koji se zovu sete	-nakon dostizanja minimalne veličine počinju se razmnožavati spolno -rafa penatnim dijatomejama služi za kretanje -klorofil služi za fotosintezu -nastavci služe za „lebdenje“, odnosno održavanje u stupcu vode

GLJIVE	...	...	...	...
BILJKE	...	...	...	...
ŽIVOTINJE	...	...	...	...

Prilagodba za učenike s poteškoćama u učenju: Učenici dobivaju radne listove s prilagođenim fontom (Verdana), povećanim proredom i veličinom fonta. Učenici s poteškoćama vida ne mikroskopiraju, nego građu stanica proučavaju taktilno pomoću 3D modela građe stanice dijatomeje.

Prilagodba za darovite učenike: Daroviti učenici mogu napraviti projekt u kojem će uzimati uzorke iz obližnjih vodenih tijela, mikroskopirati ih ili gledati pod lupom te napraviti pregled bioraznolikosti vodenih organizama, determinirajući što više svojti (uz pomoć nastavnika i literature). U pregledu mogu usporediti žive uzorke s trajnim preparatima i modelima dijatomeja. Na svježim preparatima mogu pokušati determinirati i opisati karakteristike što više organizama koje prepoznaju te ih svrstati u carstva živoga svijeta.

Literatura:

- <https://mzo.gov.hr/vijesti/okvirni-godisnji-izvedbeni-kurikulumi-za-nastavnu-godinu-2020-2021/3929> (pristupljeno: 25.06.2021.)
- https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_149.html (pristupljeno 25.06.2021.)
- <https://www.youtube.com/watch?v=Ygty9HxhFK4> (pristupljeno 25.06.2021.)
- <https://www.youtube.com/watch?v=qxkbSk--EUY> (pristupljeno 25.06.2021.)

5. RASPRAVA

Dijatomeje su nepravedno zanemareni organizmi prilikom poučavanja gradiva nastavnih predmeta Priroda i Biologija, često se samo spomenu bez naglašavanja njihove važnosti u funkcioniranju sveukupne biosfere. To se djelomično može pripisati nezastupljenosti dijatomeja u planiranju nastavnih planova i programa, djelomično nastavnicima, koji tijekom svog fakultetskog obrazovanja također nisu imali priliku osvijestiti važnost dijatomeja, pa ne mogu isto pobuditi kod učenika, a djelomično nedostatku nastavnih sredstava i alata koji bi pomogli nastavnicima u implementiranju dijatomeja kao modelnih organizama u nastavi Prirode i Biologije. Istraživanje ovakvog tipa se, prema dostupnoj literaturi, još nije provelo u Hrvatskoj, stoga se diplomskim radom ovakvog tipa nastoji osvijestiti mogućnost uporabe dijatomeja – široko rasprostranjenih i lako dostupnih organizama velikog ekološkog značaja. Većina radova koja proučava implementaciju nastavnih sredstava i pomagala proučava to u predmetima nevezanim za prirodoslovno područje, kao što su Hrvatski jezik (Majetić, 2018), Likovna umjetnost (Bubalo, 2018) i slično. Nije moguće naći ni informacije o postojanju zbirke trajnih mikroskopskih preparata za posuđivanje školama. Pretraživanjem strane literature (englesko govorno područje) također se nailazi na vrlo malo prijedloga korištenja dijatomeja u nastavi prirodoslovlja, stoga to nije problem samo hrvatskog školstva.

Popis nastavnih tema u kojima bi se mogle koristiti dijatomeje kao modelni organizmi i izvorna stvarnost nastao je proizvoljno, imajući na umu opće karakteristike dijatomeja kao organizama, njihova staništa, fiziologiju i morfologiju te njihov značaj u ekosustavu. Teme su predložene kako bi nastavnicima bilo lakše planirati korištenje dijatomeja u nastavi te kako bi pravovremeno mogli isplanirati eventualnu posudbu zbirke i modela za korištenje u nastavi. Prema novom kurikulumu nastavnih predmeta Prirode i Biologije (NN, 2019a, NN, 2019b) nastoji se da se nastava ne usredotočuje na obradu samostalnih tema, već na implementaciju bioloških koncepata u nastavu kroz više sati nastave. Tako je i prijedlog pripreme u ovom diplomskom radu izrađen za samo dio nastave, i to onaj u kojem se obrađuju dijatomeje kao modelni organizmi, a ne za jedan cjeloviti sat, jer je poanta u komparativnoj analizi obilježja i građe organizama po skupinama živoga svijeta, što se ne može ostvariti na jednom nastavnom satu ili blok satu. Predložene nastavne teme, dakle, služe samo kao orijentacija nastavnicima za obradu bioloških koncepata koristeći dijatomeje kao modelne organizme ili izvornu stvarnost, a ne kao konkretne teme koje moraju biti obrađene na jednom ili dva sata nastave, fokusirajući se samo na dijatomeje.

Tim temama pridruženi su ishodi učenja iz Nacionalnog kurikuluma za nastavne predmete Prirodu i Biologiju (NN, 2019a, NN, 2019b), koji mogu biti ostvareni u sklopu tih tema korištenjem dijatomeja kao modelnih organizama ili kao izvorne stvarnosti. Ispod svakog ishoda predloženi su konkretni načini korištenja dijatomeja, zbirke trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja te modela građe stanica dijatomeja u nastavi, a sve prema nuputcima iz Nacionalnog kurikuluma (NN, 2019a, NN,

2019b). Dijatomeje se koriste kao biološki pokazatelji kakvoće voda prilikom monitoringa kvalitete voda (Hrvatske vode, 2015), pa su odlični modelni organizmi na terenskoj nastavi Prirode i Biologije prilikom proučavanja kvalitete vodenih tijela. Jedno takvo istraživanje stanja urbanih potoka predložile su Sertić Perić i Radanović (2017), u kojem je fokus na istraživanju sastava vodene faune (makrozoobentosa), no može se prilagoditi tako da se uključi i uzorkovanje i analiza fitoplanktona i fitobentosa (primarno fitobentosa). Metodologija uzorkovanja fitoplanktona i fitobentosa dostupna je, osim u ovom diplomskom radu, i na mrežnim stranicama Hrvatskih voda (Hrvatske vode, 2015). Nakon te terenske analize, moguće je u učionici usporediti mikroskopske preparate s terena i trajne mikroskopske preparate iz zbirke kako bi učenici usporedili kvalitativan i kvantitativan sastav tih uzoraka te lakše donijeli zaključke o ekološkom stanju proučavanog vodenog tijela. Nastavnici bi trebali odabrati odgovarajuće preparate iz zbirke koji bi bili reprezentativni za usporedbu s terenskim uzorcima, ovisno o mjestu terenske nastave te vrsti vodenog tijela, a isto tako razjasniti na koji način se rade trajni mikroskopski preparati te zašto su na njima zastupljene samo dijatomeje, a ne i drugi organizmi. Slično istraživanje predložili su Čerba i sur. (Čerba i sur., 2016), a oni su pretpostavili istraživanje životnih stadija žaba iz obližnjih vodenih tijela u učionici. Uzorkovanjem jajašaca na terenu moguće je uzorkovati i vodu u kojoj su ta jajašca te napraviti fizikalno-kemijsku i biološku analizu vode u svrhu utvrđivanja uvjeta u kojima se razvijaju jajašca. Također se može napraviti usporedba mikroskopskih preparata s terena i trajnih mikroskopskih preparata. Kovačević i sur. (2018) napravili su istraživanje o ograničavajućim faktorima za provedbu pokusa u školama i došli do zaključka kako većina škola posjeduje mikroskope, no problem su prostor i vrijeme za organiziranje izvannastavnih aktivnosti, pogotovo u srednjim školama. Zbog toga se i istraživanje ovog diplomskog rada više fokusiralo na osnovne škole, jer je jednostavnije organizirati istraživanja ovakvog tipa, terenske nastave, dodatnu nastavu i slično nego u srednjim školama.

Dio trajnih mikroskopskih preparata koji je ušao u zbirku je uzet iz drugih zbirki s raznih istraživanja, a dio je napravljen u laboratoriju iz uzoraka s terena. Odabrani su preparati koji su prigodni s obzirom na odabrane teme, a analizirani su pod svjetlosnim mikroskopom. Analizom se procijenila brojnost i zastupljenost pojedinih vrsta, a preparati su zatim slikani kako bi te slike bile uključene u buduću aplikaciju za lakše snalaženje učenika i nastavnika. Uzorak 1 uključen je u zbirku jer je uzorkovan u Nacionalnom parku Plitvička jezera, na Kozjaku, a to ulazi pod nastavnu temu „Nacionalni parkovi“. Za taj uzorak su karakteristične dvije vrste, *C. radiosa* i *C. plitvicensis*, koje su pak karakteristične za NP Plitvička jezera. Ovaj uzorak prikladan je za korištenje u nastavi prije ili nakon posjeta nacionalnom parku, za raspravu o važnosti očuvanja prirode i bioraznolikosti, važnosti nacionalnih parkova, a moguće je zadati i seminarski ili projektni zadatak učenicima o istraživanju ove dvije vrste. Također, uzorak je vrlo jednostavan i pregledan, pa je dobar kao početan uzorak za mikroskopiranje zbirke. Uzorak nije prikladan za proučavanje bioraznolikosti, kao ni za mora i oceane. Uzorak 2 uzorkovan je u Južnom Jadranu, a uključen je u zbirku kao jedini morski preparat. Na njemu

su vidljive vrste roda *Bacteriastrum* i *Chaetoceros*, koje se odlikuju nastavcima zvanim sete, koji im služe za održavanje u stupcu vode. Ovaj uzorak je prikladan za proučavanje prilagodbi na uvjete staništa, proučavanje razlika u građi među jednostaničnim organizmima, razlika u građi fitobentoskih i fitoplanktonskih vrsta, morskih i slatkovodnih vrsta, ulozi nastavaka na stanicama pojedinih organizama, kretanju različitih organizama, proučavanju evolucije i slično. Uzorak 3 je iz rijeke Rječine, a uključen je u zbirku jer su na njemu vidljive samo penatne dijatomeje, ali zato nije najprikladniji za proučavanje bioraznolikosti. Vidljive su pojedinačne dijatomeje, spojene dijatomeje, dijatomeje s bočne i s valvalne strane. Uzorak je prikladan za proučavanje penata, njihove morfologije, prilagodbe na staništa i evolucije. Uzorak 4 je iz rijeke Ljute, a na njemu su većinom vidljive penatne dijatomeje. Uzorak je prikladan za proučavanje bioraznolikosti, jer su vidljivi različiti oblici i veličine pojedinih vrsta dijatomeja. Dobro su vidljive i rafe, pa se mogu proučavati građa i pokretljivost penatnih dijatomeja. Uzorak 5 je iz rijeke Dretulje, uzorkovan na izvorištu, pa je pogodan za proučavanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava izvorišta, uspoređivanje izvorišta s donjim tokovima tekućica, proučavanje male bioraznolikosti na izvorištima, a također je vidljiva raznolikost građe vrsta koje su na preparatu. Uzorak 6 je uzet u Maloj Hubi, ispod ispusta kanalizacije, pa je odličan primjer za proučavanje ekologije i posljedica onečišćenja na okoliš. Na uzorku su vidljiva brojna organska onečišćenja, uzorak nije lako pregledan, a vrste *Sellaphora nigri* i *Planothidium frequentissimum*, koje se nalaze na njemu su karakteristični bioindikator za onečišćene vode. Ovaj uzorak je odličan za usporedbu s uzorcima koji su uzeti iz onečišćenih izvora (npr. uzorak 5) i pokretanje rasprave o važnosti očuvanja okoliša. Uzorak 7 je iz rijeke Vučice, uzorkovan u Starom Petrovom polju, a na uzorku je vidljiva velika raznolikost građe i velika bioraznolikost, pa nije najprikladniji za proučavanje specifičnih prilagodbi uvjetima staništa. Na uzorku su vidljivi mnogi oblici morfologije stanica dijatomeja koji nisu vidljivi na drugim uzorcima. Uzorak 8 je iz rijeke Trbuhovice, uzorkovan iz sedimenta u kanalu. Uzorak je odličan za proučavanje eutrofnih staništa, jer su i na njemu vidljiva organska zagađenja, kao i na uzorku 6. Uzorak je nepregledan, stanice su male i prisutne su organske nečistoće. Uzorak 9 je iz rijeke Drave, koji je uvršten u zbirku jer je to primjer uzorka iz velike rijeke. Uzorak 10 je iz rijeke Krke, a to je još jedan primjer uzorka iz nacionalnog parka. Uzorak 10 najpogodniji je za istovremeno korištenje trajnih mikroskopskih preparata i modela građe stanica dijatomeja, jer su na njemu vidljive dijatomeje vrsta za koje su izrađeni modeli građe stanice, kao što je vrsta *Pantocsekiella ocellata*.

Zbirka s navedenim preparatima posložena je u drvenu kutijicu, pa tako u 3 primjerka. Za početak su napravljeni triplikati, a ukaže li se potreba za više kopija zbirke, moguće je iste i napraviti. S obzirom da u Hrvatskoj nema sličnog koncepta, nema ni usporedivih literaturnih podataka. Prije svega je bitno da se napravi dobra promocija zbirke, kako bi nastavnici bili svjesni da nešto takvo postoji i da postoji mogućnost posudbe. Zbirka bi se za početak promovirala na stranicama Biološkog odsjeka PMF-a Zagreb, a moguće je i kontaktirati škole ili promovirati zbirku na društvenim mrežama Biološkog odsjeka. Zbirka se može predstaviti i na nekim stručnim skupovima učitelja i nastavnika Prirode i

Biologije, kao i na raznim studentskim i stručnim simpozijima. Za posuđivanje zbirke izrađen je prijedlog obrasca koji će biti digitaliziran i objavljen na stranicama Hrvatske nacionalne zbirke dijatomeja (<http://www.diatoms.biol.pmf.hr/>), a kojeg će nastavnici ispuniti i dobiti odgovor u roku od 48 sati od slanja ispunjenog obrasca s informacijama o dostupnosti zbirke u željenom terminu. Moguće je objaviti i raspored zauzetosti zbirke kako bi nastavnici mogli pravovremeno planirati raspored nastave i potrebne alate i sredstva u nastavi (npr. ako je zbirka zauzeta u željenom jesenskom terminu, nastavnik može reorganizirati redoslijed nastave i prebaciti nastavne jedinice vezane uz zbirku na proljeće).

Modeli od stiropora, koji prikazuju građu stanica pojedinih vrsta dijatomeja, odličan su primjer korištenja nastavnih alata u nastavi Biologije za lakšu vizualizaciju morfologije pojedinih organizama. Pomoću tih modela, učenicima se može dočarati raznolikost građe samo jedne skupine organizama, koji su k tome jednostanični, bioraznolikost živoga svijeta, građa stanice (a da nije primjer samo standardna životinjska ili standardna biljna), izmjena tvari, pokrov organizma, kretanje dijatomeja i još mnogo toga. Isto tako, učenicima se može zadati da sami, prema modelu primjeru, izrade model građe stanice željene vrste dijatomeje, a da prilikom prezentacije svog djela objasne publici način funkcioniranja tog jednostaničnog organizma te navedu značajne dijelove stanice, kao i nastavke koje taj organizam ima. Može se napraviti i radionica izrade modela stanica dijatomeja, koja će biti međupredmetna te povezati nastavu Biologije (građa i obilježja dijatomeja kao modelnih organizama ili kao njih samih), Kemije (tvari potrebne za život dijatomeja i njihova izmjena, tvari od kojih su dijatomeje građene-silikatna frustula), Likovne umjetnosti (izrada modela iz stiropora ili nekog drugog materijala, izrada detalja u obliku dijelova stanice) i Geografije (prilagodbe građe dijatomeja s obzirom na vrstu i položaj staništa). Pozitivan utjecaj izrade modela u nastavi Biologije i lakšem usvajanju bioloških koncepata pokazala je i Marin (2015) u istraživanju utjecaja izrade modela u nastavi Biologije na kvalitetu znanja.

Iako se u školstvu rade koraci unaprijed prema digitalizaciji školstva, korištenje mobilnih aplikacija i općenito informatičke tehnologije u nastavi Prirode i Biologije i dalje je slabo zastupljeno (Bulić, Novoselić, 2016), unatoč tome što postoje aplikacije primjerene za korištenje u nastavi Prirode i Biologije (Podrug, 2017). Iz tog razloga, napravljen je prijedlog aplikacije prema kojem bi se izradila aplikacija u svrhu korištenja dijatomeja kao modelnih organizama. Aplikacija bi služila kao pomoćni nastavni alat prilikom mikroskopiranja trajnih mikroskopskih preparata dijatomeja iz zbirke. Bilo je pokušaja izrade te aplikacije prema prijedlogu, no javilo se više problema, kao što su dogovor s informatičarima oko funkcioniranja same aplikacije, zbog nedovoljnog poznavanja informatike i načina izrade aplikacije od strane naručitelja, što je u skladu s istraživanjem Bulić i Novoselić (2017), zatim izvor financiranja te sam iznos potreban za izradu aplikacije, koji do dovršetka diplomskog rada nije definiran. U samoj izradi aplikacije problem su „prozori“ koji se otvaraju klikom na određena područja na ekranu, razine tih „prozora“, skočni „prozori“ i slično, što nije jednostavno izvesti s tehničke strane. Izradu aplikacije moguće je ostvariti u suradnji s državnim tijelima, kao što je Ministarstvo znanosti i obrazovanja, koje bi tu aplikaciju zatim distribuiralo školama.

Izrađeni prijedlog pripreme za nastavni sat u kojem će se koristiti dijatomeje kao modelni organizmi predviđen je za osnovnu školu, konkretnije sedmi razred, iako se prilagodbom ishoda, sadržaja i zahtjevnosti nastave može izvesti i na nastavi Prirode i na nastavi Biologije u srednjoj školi. Prijedlog pripreme je napisan u obliku kratke pripreme te u skladu s Godišnjim planom i programom za nastavu Biologije u nastavnoj godini 2020./2021. (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2021). Artikulacija sata je nepotpuna zato što se predloženi nastavni sat ne bazira samo na dijatomejama, već su dijatomeje modelni organizmi samo za autotrofne protiste, dok su nastavnici slobodni nadopuniti prijedlog modelnim organizmima po izboru za ostale skupine živoga svijeta. Prijedlog se bazira samo na dijatomejama zato što je cilj pomoći nastavnicima uklopiti dijatomeje u nastavu, jer za njihovu implementaciju u nastavu ne postoji dovoljno literaturnih izvora i primjera kao za ostale skupine živoga svijeta. Cilj takvog sata je napraviti komparativnu analizu obilježja i građe organizama prema skupinama živoga svijeta, uzimajući dijatomeje kao primjer autotrofnih protista. U prijedlogu pripreme nisu izrađeni ni radni listovi ni prezentacije potrebne za izvedbu sata, kao ni prijedlozi pitanja za vrednovanje ostvarenosti ishoda kod učenika, već je to ostavljeno svakom nastavniku da oblikuje prema svojoj ideji i planu sata. Prema novom kurikulumu (NN, 2019a, NN, 2019b) nisu nužne pisane pripreme nastavnika za nastavne satove, stoga izrađeni prijedlog pripreme služi isključivo kao pomoć nastavnicima, a ne kao ogledni primjerak kako bi priprema oglednog sata u nastavi Biologije trebala izgledati.

Rezultati ovog diplomskog rada otvaraju put za moguće buduće suradnje studenata i nastavnog osoblja Biološkog odsjeka PMF-a u Zagrebu sa nastavnicima i učenicima osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj. Slične zbirke i modeli mogu se izraditi za mnoge druge skupine organizama, a mogu se organizirati i stručni skupovi na kojima će školski nastavnici učiti o implementaciji takvih zbirki u nastavi od strane stručnjaka. Kako bi se ostvario plan osuvremenjivanja nastave prirodoslovlja u školama, potrebno je početi s edukacijom nastavnika koji provode nastavu, a ovakvi i slični izvori pomoći oko implementacije raznih bioloških koncepata u nastavu će zasigurno pomoći u tome da učenici dobiju kvalitetnu nastavu i aktivno sudjeluju u nastavnom procesu.

6. ZAKLJUČAK

Prema postavljenim ciljevima ovog istraživanja može se zaključiti:

- napravljena je kolekcija, odnosno zbirka trajnih mikroskopskih preparata uzoraka dijatomeja za posuđivanje školama u tri replike, u svrhu ostvarivanja izdvojenih ishoda koristeći dijatomeje kao modele i izvornu stvarnost,
- preparati iz zbirke su slikani na svjetlosnom mikroskopu, vrste na preparatima determinirane, a ti podaci spremljeni na računalu kako bi se postavili u buduću aplikaciju,
- izdvojeni su ishodi učenja te nastavne teme i koncepti iz Nacionalnog kurikulumu nastavnih predmeta Priroda i Biologija te su za njih predloženi načini ostvarivanja tih ishoda korištenjem dijatomeja kao modelnih organizama i izvorne stvarnosti,
- izrađen je prijedlog kratke pripreme za nastavni sat Biologije u osnovnim školama u kojem se primjenjuju dijatomeje kao modelni organizmi i/ili izvorna stvarnost u svrhu ostvarivanja izdvojenih ishoda učenja iz Nacionalnog kurikulumu za nastavni predmet Biologija, koji se može prepraviti tako da bude prikladan i za nastavu Prirode i za nastavu Biologije u srednjim školama,
- izrađen je prijedlog aplikacije koju bi nastavnici i učenici koristili kao nastavni alat u nastavi Prirode i Biologije prilikom učenja o dijatomejama,
- izrađeni su modeli građe stanica različitih vrsta dijatomeja za korištenje u nastavi prilikom poučavanja nastave Prirode i Biologije kao nastavni alat u ostvarivanju izdvojenih ishoda učenja u kojima se mogu primijeniti dijatomeje kao modelni organizmi i izvorna stvarnost.

7. POPIS LITERATURE

1. AlgaeBase: <https://www.algaebase.org/>, pristupljeno 21.04.2021.
2. Allan, J. D., Castillo, M. M. (2007). Stream ecology: Structure and function of running waters: Second edition. In *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters: Second Edition*. <https://doi.org/10.1007-978-1-4020-5583-6>
3. Baker, J.A., Killgore, K.J., Kasul, R.L. Aquatic habitats and fish communities in the lower Mississippi River. *Rev. Aquat. Sci.* 1991, 3, 213–356.
4. Balian, E. V., Segers, H., Lévêque, C., Martens, K. (2008). The Freshwater Animal Diversity Assessment: An overview of the results. In *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9246-3>
5. Biggs, B. J. F., Hickey, C. W. (1994). Periphyton responses to a hydraulic gradient in a regulated river in New Zealand. *Freshwater Biology*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb00865.x>
6. BIOTA: <http://www.pmf.unizg.hr/biol/bz/biota>, pristupljeno: 20.04.2021.
7. Bubalo, Lj. (2018) Utjecaj informatičke tehnologije u poučavanju likovne umjetnosti, Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Umjetnička akademija u Osijeku
8. Bulić, M., Novoselić, D. (2016). Kompetencije učitelja biologije za izradu računalnih sadržaja i uporabu informacijsko-komunikacijskih tehnologija, *Magistra Iadertina*, 11.(1.), str. 89-104. <https://hrcak.srce.hr/177643>, pristupljeno 27.06.2021.
9. Cantonati, M., Füreder, L., Gerecke, R., Jüttner, I., Cox, E. J. (2012). Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: Toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science*. <https://doi.org/10.1899/11-111.1>
10. Cantonati, M., Lange-Bertalot, H. (2010). Diatom biodiversity of springs in the berchtesgaden national park (north-eastern alps, Germany), with the ecological and morphological characterization of two species new to science. *Diatom Research*. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2010.9705849>
11. Cantonati, M., Lange-Bertalot, H., Decet, F., Gabrieli, J. (2011). Diatoms in very-shallow pools of the site of community importance danta di cadore mires (South-Eastern Alps), and the potential contribution of these habitats to diatom biodiversity conservation. *Nova Hedwigia*. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2011/0093-0475>
12. Cantonati, M., Lange-Bertalot, H., Scalfi, A., Angeli, N. (2010). *Cymbella tridentina* sp. nov. (Bacillariophyta), a crenophilous diatom from carbonate springs of the Alps. *Journal of the North American Benthological Society*. <https://doi.org/10.1899/09-077.1>
13. Cantonati, M., Poikane, S., Pringle, C. M., Stevens, L. E., Turak, E., Heino, J., Richardson, J. S., Bolpagni, R., Borrini, A., Cid, N., Tvrtlíková, M., Galassi, D. M. P., Hájek, M., Hawes, I.,

- Levkov, Z., Naselli-Flores, L., Saber, A. A., Cicco, M. Di, Fiasca, B., ... Znachor, P. (2020). Characteristics, main impacts, and stewardship of natural and artificial freshwater environments: Consequences for biodiversity conservation. In *Water (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/w12010260>
14. Cantonati, M., Segadelli, S., Ogata, K., Tran, H., Sanders, D., Gerecke, R., Rott, E., Filippini, M., Gargini, A., Celico, F. (2016). A global review on ambient Limestone-Precipitating Springs (LPS): Hydrogeological setting, ecology, and conservation. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.105>
 15. Cattaneo, A., Amireault, M. C. (1992). How Artificial Are Artificial Substrata for Periphyton? *Journal of the North American Benthological Society*. <https://doi.org/10.2307/1467389>
 16. Cristescu, M. E., Adamowicz, S. J., Vaillant, J. J., Haffner, D. G. (2010). Ancient lakes revisited: From the ecology to the genetics of speciation. In *Molecular Ecology*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2010.04832.x>
 17. Croatian National Diatom Collection: <http://www.diatoms.biol.pmf.hr/>, pristupljeno 20.10.2020.
 18. Čerba, D., Turković Čakalić I., Šag M., Bogut, I. (2016). Tajni život žaba - istraživačko učenje izvan učionice i u učionici. *Educ. biol.*, 2:79-90.
 19. Danilov, R. A., Ekelund, N. G. A. (2001). Comparison of usefulness of three types of artificial substrata (glass, wood and plastic) when studying settlement patterns of periphyton in lakes of different trophic status. *Journal of Microbiological Methods*. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(01\)00247-0](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(01)00247-0)
 20. de Graaf, I. E. M., Gleeson, T., (Rens) van Beek, L. P. H., Sutanudjaja, E. H., Bierkens, M. F. P. (2019). Environmental flow limits to global groundwater pumping. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1594-4>
 21. Dearborn, D. C., Kark, S. (2010). Motivations for Conserving Urban Biodiversity. *Conservation Biology*. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01328.x>
 22. Diatoms of North America: <https://diatoms.org/>, pristupljeno 20.04.2021.
 23. Falkowski, P. G. (2000). Rationalizing elemental ratios in unicellular algae. In *Journal of Phycology*. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2000.99161.x>
 24. Glasnik Ministarstva prosvjete i športa br.11, 1995, Nastavni program Biologije za gimnazije, http://dokumenti.ncvvo.hr/Nastavni_plan/gimnazije/obvezni/biologija.pdf, pristupljeno 02.04.2021.
 25. Gligora Udovič M., Žutinić P., Kavre Piltaver I., Kulaš A., Ozimec R., Tofilovska S. (2018). *Gomphosphenia plenkoviciae* sp. nov. A new species from Crveno jezero, Croatia. *Phytotaxa* 351: 229-238.

26. Gligora Udovič M., Žutinić P., Kralj Borojević K., Plenković-Moraj A. (2015). Co-occurrence of functional groups in phytoplankton assemblages dominated by diatoms, chrysophytes and dinoflagellates. *Fundamental and Applied Limnology* 18: 101-111.
27. Grady, A. E., Scanlon, T. M., Galloway, J. N. (2007). Declines in dissolved silica concentrations in western Virginia streams (1988-2003): Gypsy moth defoliation stimulates diatoms? *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. <https://doi.org/10.1029/2006JG000251>
28. Hampton, S. E., McGowan, S., Ozersky, T., Viridis, S. G. P., Vu, T. T., Spanbauer, T. L., Kraemer, B. M., Swann, G., Mackay, A. W., Powers, S. M., Meyer, M. F., Labou, S. G., O'Reilly, C. M., DiCarlo, M., Galloway, A. W. E., Fritz, S. C. (2018). Recent ecological change in ancient lakes. In *Limnology and Oceanography*. <https://doi.org/10.1002/lno.10938>
29. Hansson, L. A. (1992). The role of food chain composition and nutrient availability in shaping algal biomass development. *Ecology*. <https://doi.org/10.2307/1938735>
30. Higgins, S. L., Thomas, F., Goldsmith, B., Brooks, S. J., Hassall, C., Harlow, J., Stone, D., Völker, S., & White, P. (2019). Urban freshwaters, biodiversity, and human health and well-being: Setting an interdisciplinary research agenda. *WIREs Water*. <https://doi.org/10.1002/wat2.1339>
31. Hildebrand, M. (2008). Diatoms, biomineralization processes, and genomics. *Chemical Reviews*. <https://doi.org/10.1021/cr078253z>
32. Hill, B. H., Willingham, W. T., Parrish, L. P., McFarland, B. H. (2000). Periphyton community responses to elevated metal concentrations in a Rocky Mountain stream. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1023/A:1004028318542>
33. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, 2021, Metodika. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=40439>>, pristupljeno 31. 3. 2021.
34. Hrvatske vode, 2015, Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće, https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/metodologija_uzorkovanja_laboratorijskih_analiza_i_odredivanja_omjera_ekoloske_kakvoce_bioloskih_elementa_kakvoce_1.pdf, pristupljeno 14.04.2021.
35. Hunt, B. P. (1953). Food Relationships Between Florida Spotted Gar and Other Organisms in the Tamiami Canal, Dade County, Florida. *Transactions of the American Fisheries Society*. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1952\)82\[13:frbfsg\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1952)82[13:frbfsg]2.0.co;2)
36. Kløve, B., Ala-Aho, P., Bertrand, G., Gurdak, J. J., Kupfersberger, H., Kværner, J., Muotka, T., Mykrä, H., Preda, E., Rossi, P., Uvo, C. B., Velasco, E., Pulido-Velazquez, M. (2014). Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.06.037>
37. Kovačević, G., Sirovina, D., Karin, M., Bartol, V., Vujčić, V., Ruščić, M. (2018). Učinak flavonoida na simbiozu hidre i alge i primjena navedenog eksperimenta u školama, *Croatian*

38. Kukić, S. (2019). Raznolikost dijatomeja rijeke Krke, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek
39. Lange-Bertalot, H., Hofmann, G., Werum, M., Cantonati, M. (2017). Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe. Over 800 common species used in ecological assessment. English edition with updated taxonomy and added species.
40. Lehner, B., Liermann, C. R., Revenga, C., Vörösmarty, C., Fekete, B., Crouzet, P., Döll, P., Endejan, M., Frenken, K., Magome, J., Nilsson, C., Robertson, J. C., Rödel, R., Sindorf, N., Wisser, D. (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. In *Frontiers in Ecology and the Environment*. <https://doi.org/10.1890/100125>
41. Majetić, M. (2018). Primjena nastavnih sredstava i pomagala u nastavi hrvatskoga jezika, Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Filozofski fakultet
42. Majewska, R., Ashworth, M. P., Bosak, S., Goosen, W. E., Nolte, C., Filek, K., Van de Vijver, B., Taylor, J. C., Manning, S. R., Nel, R. (2020). On sea turtle-associated *Craspedostauros* (*Bacillariophyta*), with description of three novel species. *Journal of phycology* doi:10.1111/jpy.13086
43. Mann, D. G. (1999). The species concept in diatoms. In *Phycologia*. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-38-6-437.1>
44. Mann, D. G., Vanormelingen, P. (2013). An inordinate fondness? the number, distributions, and origins of diatom species. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. <https://doi.org/10.1111/jeu.12047>
45. Marin, G. (2015). Utjecaj izrade modela u nastavi biologije na kvalitetu znanja. *Život i škola*, LXI(2), str. 171-178., <https://hrcak.srce.hr/162166>, pristupljeno 27.06.2021.
46. Martens, K. (1997). Speciation in ancient lakes. In *Trends in Ecology and Evolution*. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(97\)01039-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01039-2)
47. Medlin, L. K. (2016). Evolution of the diatoms: Major steps in their evolution and a review of the supporting molecular and morphological evidence. *Phycologia*. <https://doi.org/10.2216/15-105.1>
48. Mejdandžić, M., Bosak, S., Nakov, T., Ruck, E., Orlić, S., Gligora Udovič, M., Peharec Štefanić, P., Špoljarić, I., Mršić, G., Ljubešić, Z. (2018). Morphological diversity and phylogeny of the diatom genus *Entomoneis* (*Bacillariophyta*) in marine plankton: six new species from the Adriatic Sea // *Journal of phycology*, 54, 2; 275-298, doi:10.1111/jpy.12622
49. Mejdandžić, M., Bosak, S., Orlić, S., Gligora Udovič, M., Peharec Štefanić, P., Špoljarić, I., Mršić, G., Ljubešić, Z. (2017). *Entomoneis tenera* sp. nov., a new marine planktonic diatom (*Entomoneidaceae*, *Bacillariophyta*) from the Adriatic Sea. *Phytotaxa* 292(1): 001-008.
50. Ministarstvo znanosti i obrazovanja (2021). Okvirni godišnji izvedbeni kurikulumi za Nastavnu

- godinu 2020./2021., <https://mzo.gov.hr/vijesti/okvirni-godisnji-izvedbeni-kurikulumi-za-nastavnu-godinu-2020-2021/3929>, pristupljeno 25.06.2021.
51. Ministarstvo znanosti i obrazovanja (2020). Kurikulum nastavnog predmeta Biologija, https://skolazavivot.hr/wp-content/uploads/2020/06/BIO_kurikulum.pdf, pristupljeno 02.04.2021.
 52. Ministarstvo znanosti i obrazovanja (2017). Nacionalni kurikulum za osnovnoškolski odgoj i obrazovanje, <https://mzo.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/Obrazovanje/NacionalniKurikulum/NacionalniKurikulumi/Nacionalni%20kurikulum%20za%20osnovno%20%C5%A1kolski%20odgoj%20i%20obrazovanje.pdf>, pristupljeno 02.04.2021.
 53. Mook, W. G. (2000). Environmental isotopes in the hydrological cycle: principles and applications. UNESCO,
 54. Muñoz, I., Real, M., Guasch, H., Navarro, E., Sabater, S. (2001). Effects of atrazine on periphyton under grazing pressure. *Aquatic Toxicology*. [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(01\)00179-5](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(01)00179-5)
 55. Narodne novine (NN) (2019a). Odluka o donošenju kurikuluma za nastavni predmet Prirode za osnovne škole u Republici Hrvatskoj, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_148.html, pristupljeno 30.03.2021.
 56. Narodne novine (NN) (2019b). Odluka o donošenju kurikuluma za nastavni predmet Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_149.html, pristupljeno 30.03.2021.
 57. Narodne novine (NN) (2006). Odluka o Nastavnom planu i programu za osnovnu školu, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2006_09_102_2319.html, pristupljeno: 02.04.2021.
 58. National Geographic Society (2019). Sea, National Geographic, <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/sea/>, pristupljeno: 04.03.2021.
 59. New York Botanical Garden, Steere Herbarium: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-details/?irn=252706>, pristupljeno 20.10.2020.
 60. Padisák, J., Soróczki-Pintér, É., Reznér, Z. (2003). Sinking properties of some phytoplankton shapes and the relation of form resistance to morphological diversity of plankton - An experimental study. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1023/A:1024613001147>
 61. Plenković-Moraj A. (1995). Diatoms (*Bacillariophyceae*) of the Croatian freshwater. *Acta Botanica Croatica* 54: 23-33.
 62. Podrug, I. (2017). Mogućnosti primjene mobilnih aplikacija u nastavi prirode i biologije. *Educ. biol.* 3, 1, 165-176.
 63. Pouličková, A., Hašler, P., Lysáková, M., Spears, B. (2008). The ecology of freshwater epipelagic algae: An update. In *Phycologia*. <https://doi.org/10.2216/07-59.1>

64. Poulsen, N. C., Spector, I., Spurck, T. P., Schultz, T. F., Wetherbee, R. (1999). Diatom gliding is the result of an actin-myosin motility system. *Cell Motility and the Cytoskeleton*. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0169\(199909\)44:1<23::AID-CM2>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0169(199909)44:1<23::AID-CM2>3.0.CO;2-D)
65. Priroda Hrvatske, <http://prirodahrvatske.com/hidrografija/>, pristupljeno 29.06.2021.
66. Pusch, M., Fiebig, I., Brettar, H., Eisenmann, H., Ellis, B. K., Kaplan, L. A., Lock, M. A., Naegeli, M. W., Traunspurger, W. (1998). The role of micro-organisms in the ecological connectivity of running waters. *Freshwater Biology*. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00372.x>
67. Reynolds, C. (2006). *Phytoplankton: The Ecology of Phytoplankton (Ecology, Biodiversity and Conservation, pp. 1-37)*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511542145.002
68. Richter, B. D., Postel, S., Revenga, C., Scudder, T., Lehner, B., Churchill, A., Chow, M. (2010). Lost in development's shadow: The downstream human consequences of dams. *Water Alternatives*.
69. Rosset, V., Angélibert, S., Arthaud, F., Bornette, G., Robin, J., Wezel, A., Vallod, D., Oertli, B. (2014). Is eutrophication really a major impairment for small waterbody biodiversity? *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12201>
70. Round, F. E. (1990). Bacillariophyceae, 2. teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. *Aquatic Botany*. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(90\)90067-u](https://doi.org/10.1016/0304-3770(90)90067-u)
71. Sabater, S., Guasch, H., Ricart, M., Romani, A., Vidal, G., Klünder, C., & Schmitt-Jansen, M. (2007). Monitoring the effect of chemicals on biological communities. the biofilm as an interface. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/s00216-006-1051-8>
72. Schiemer, F., Zalewski, M., Thorpe, J. E. (1995). Land/Inland water ecotones: intermediate habitats critical for conservation and management. In *The Importance of Aquatic-Terrestrial Ecotones for Freshwater Fish*. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3360-1_25
73. Sertić Perić, M., Radanović, I. 2017. Urbani potoci – pristupačna staništa za provedbu ekoloških istraživanja u nastavi Prirode i Biologije. *Educ. biol.* 3, 1, 106-126.
74. Sharpley, A. N., Bergström, L., Aronsson, H., Bechmann, M., Bolster, C. H., Börling, K., Djodjic, F., Jarvie, H. P., Schoumans, O. F., Stamm, C., Tonderski, K. S., Ulén, B., Uusitalo, R., Withers, P. J. A. (2015). Future agriculture with minimized phosphorus losses to waters: Research needs and direction. *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0612-x>
75. Sieburth, J. M. N., Smetacek, V., Lenz, J. (1978). Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. In *Limnology and Oceanography* (Vol. 23, Issue 6). <https://doi.org/10.4319/lo.1978.23.6.1256>
76. Smol, J. P., Stoermer, E. F. (2010). The diatoms: Applications for the environmental and earth sciences, second edition. In *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences, Second Edition*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511763175>

77. Snelgrove, P. (2015). Marine Communities. In *eLS*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0003175.pub2>
78. Snoeks. (2000). How Well Known is the Ichthyodiversity of the Large East African Lakes ? *Advances in Ecological Research*.
79. Steube, C., Richter, S., Griebler, C. (2009). First attempts towards an integrative concept for the ecological assessment of groundwater ecosystems. *Hydrogeology Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10040-008-0346-6>
80. Suphan, S., Peerapornpisal, Y., Underwood, G. J. C. (2012). Benthic diatoms of Mekong River and its tributaries in northern and north-eastern Thailand and their application to water quality monitoring. *Maejo International Journal of Science and Technology*.
81. Taylor, R. G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Van Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., Leblanc, M., Famiglietti, J. S., Edmunds, M., Konikow, L., Green, T. R., Chen, J., Taniguchi, M., Bierkens, M. F. P., Macdonald, A., Fan, Y., Maxwell, R. M., Yechieli, Y., ... Treidel, H. (2013). Ground water and climate change. In *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/nclimate1744>
82. Tuchman, M. L., Stevenson, R. J. (1980). Comparison of clay tile, sterilized rock, and natural substrate diatom communities in a small stream in Southeastern Michigan, USA. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/BF00006564>
83. Turk, T. (2011). Pod površinom Mediterana, Školska knjiga, Zagreb
84. Turtle Biome: <http://www.turtlebiome.biol.pmf.hr/>, pristupljeno 29.06.2021.
85. Van de Vijver, B., Robert, K., Witkowski, A., Bosak, S. (2020). *Majewskaea* gen. nov. (*Bacillariophyta*), a new marine benthic diatom genus from the Adriatic Sea. *Fottea* doi:10.5507/fot.2020.001
86. Volarić I. (2017). Raznolikost alga kremenjašica u lentičkim biotopima Hrvatske, Magistarski rad, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
87. Vymazal, J. (1988). The use of periphyton communities for nutrient removal from polluted streams. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/BF00008132>
88. Wetzel, R. G. (1990). Land-water interfaces: Metabolic and limnological regulators. *SIL Proceedings, 1922-2010*. <https://doi.org/10.1080/03680770.1989.11898687>
89. Wu, Y. (2016). Periphyton: Functions and Application in Environmental Remediation. In *Periphyton: Functions and Application in Environmental Remediation*.
90. Young, O. W. (1945). A Limnological Investigation of Periphyton in Douglas Lake, Michigan. *Transactions of the American Microscopical Society*. <https://doi.org/10.2307/3223433>
91. Žutinić, P., Gligora Udovič, M., Kralj Borojević, K., Plenković-Moraj, A., Padisák, J. (2014). Morpho-functional classifications of phytoplankton assemblages of two deep karstic lakes. *Hydrobiologia* 740: 147-166.

8. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 1997. godine u Zagrebu. Osnovnu školu Bogumila Tonija u Samoboru završila sam 2011., a prirodoslovno-matematički smjer Gimnazije Lucijana Vranjanina u Zagrebu završila sam 2015. godine. Iste godine upisala sam Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij Biologija i kemija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija sudjelovala sam na manifestacijama fakulteta kao što su Noć Biologije i Otvoreni dan Kemijskog odsjeka, zatim kao pasivni sudionik na više Simpozija studenata bioloških usmjerenja i Simpozija studenata kemičara, a u sklopu nastave odradila sam metodičke prakse iz biologije i kemije u XI. gimnaziji te u Osnovnoj školi grofa Janka Draškovića u Zagrebu.