

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

**MARIJA MLADINIĆ**

**BROJNOST, BIOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE I METABOLIZAM INVAZIVNOG  
REBRAŠA *MNEMIOPSIS LEIDYI* A. AGASSIZ, 1865 U ROVINJSKOM  
PRIOBALJU OD 2016. DO 2018.**

Završni rad

Pula, rujan, 2019.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

**MARIJA MLADINIĆ**

**BROJNOST, BIOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE I METABOLIZAM INVAZIVNOG  
REBRAŠA *MNEMIOPSIS LEIDYI* A. AGASSIZ, 1865 U ROVINJSKOM  
PRIOBALJU OD 2016. DO 2018.**

Završni rad

**JMBAG: 0055456203, redovna studentica**

**Studijski smjer: Znanost o moru**

**Predmet: Beskralješnjaci mora**

**Mentor: izv. prof. dr. sc. Andrej Jaklin**

**Komentor: doc. dr. sc. Paolo Paliaga**

**Komentorica: doc. dr. sc. Gioconda Milotti**

Pula, rujan, 2019.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

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

Studentica: Marija Mladinić

---

U Puli, 30.09.2019. godine



## IZJAVA

### o korištenju autorskog djela

Ja, Marija Mladinić dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom „Brojnost, biometrijske karakteristike i metabolizam invazivnog rebraša *Mnemiopsis leidy* A. Agassiz, 1865 u rovinjskom priobalju od 2016. do 2018.“ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 30.9.2019. godine

Potpis

---

Ovaj rad, izrađen je u Centru za istraživanje mora Instituta Ruđer Bošković u Rovinju pod vodstvom izv. dr. sc. Andreja Jaklina. Predan je na ocjenu Sveučilišnom preddiplomskom studiju Znanost o moru Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli radi stjecanja zvanja prvostupnice (baccalaureus) znanosti o moru.

Voditelj Sveučilišnog preddiplomskog studija Znanost o moru je za mentora završnog rada imenovao dr. sc. Andreja Jaklina, komentora doc. dr. sc. Paola Paliagu i za komentoricu doc. dr. sc. Giocondu Milotti.

Mentor: izv. prof. dr. sc. Andrej Jaklin

Komentor: doc. dr. sc. Paolo Paliaga

Komentorica: doc. dr. sc. Gioconda Milotti

Povjerenstvo za ocjenjivanje i obranu:

Predsjednik: izv. prof. dr. sc. Mauro Štifanić

Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru, Sveučilište Jurja  
Dobrile u Puli

Mentor: izv. prof. dr. sc. Andrej Jaklin

Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora Rovinj

Članica: izv. prof. dr. sc. Dijana Pavičić-Hamer

Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora Rovinj

Komentor: doc. dr. sc. Paolo Paliaga

Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru, Sveučilište Jurja  
Dobrile u Puli

Datum i mjesto obrane završnog rada: 30.09.2019.; Institut Ruđer Bošković, Centar  
za istraživanje mora Rovinj.

Rad je rezultat samostalnog istraživačkog rada.

## ZAHVALA

*Izrazitu zahvalnost dugujem prije svega komentoru doc. dr. sc. Paolu Paliagi i mentoru izv. prof. dr. sc. Andreju Jaklinu na uloženom vremenu, strpljenju i savjetima.*

*Zahvaljujem se Institutu Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora Rovinj na pružanju laboratorijske opreme i prostora.*

*Također neizostavnu zahvalu dugujem svim nositeljima kolegija i asistentima koji su mi za vrijeme studija prenijeli znanje i učinili me bogatijim čovjekom.*

*Na poslijetku, ali ne i manje važni, zahvaljujem se obitelji, prijateljima i kolegama čija je podrška učinila iskustvo studija nezaboravno.*

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
1.1.	Rebraši .....	2
1.1.1.	Taksonomija i filogenija rebraša .....	2
1.1.2.	Morfologija, anatomija i fiziologija rebraša .....	4
1.1.3.	Ekologija rebraša .....	7
1.2.	<i>Mnemiopsis leidyi</i> A. Agassiz, 1865.....	8
1.3.	Invazivne vrste i balastne vode.....	10
1.4.	Jadransko more i invazivne vrste.....	12
2.	CILJEVI ISTRAŽIVANJA .....	14
3.	MATERIJALI I METODE .....	15
3.1.	Materijali .....	15
3.2.	Područje istraživanja.....	15
3.2.1.	Akvatorij Rovinja .....	15
3.3.	Brojnost rebraša .....	16
3.4.	Biometrija.....	17
3.5.	Pokus izgladnjivanja .....	18
3.6.	Potrošnja kisika i gubitak mase.....	18
3.7.	Statistička analiza .....	19
4.	REZULTATI .....	21
4.1.	Brojnost.....	21
4.1.1.	Brojnost <i>M. leidyi</i> tijekom 2016. godine u akvatoriju Rovinja .....	21
4.1.2.	Brojnost <i>M. leidyi</i> tijekom 2017. godine u akvatoriju Rovinja .....	22
4.1.3.	Brojnost <i>M. leidyi</i> tijekom 2018. godine u akvatoriju Rovinja .....	23
4.2.	Biometrija <i>M. leidyi</i> .....	24
4.3.	Potrošnja kisika <i>M. leidyi</i> .....	25

4.4.	Gubitak mase <i>M. leidy</i> .....	27
5.	RASPRAVA .....	28
6.	ZAKLJUČAK .....	30
7.	LITERATURA .....	31
8.	DODATAK .....	35
8.1.	Tablice direktnih mjerenja .....	35
8.2.	Popis kratica .....	45
	TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....	46
	BASIC DOCUMENTATION CARD .....	48



## 1. UVOD

Nakon druge industrijske revolucije u 19. stoljeću, započeo je nagli razvitak tehnologije pomorskog prometa, koji je skratio vrijeme putovanja, povećao količinu prometa i omogućio transport alohtonih vrsta u nova staništa u sve većem broju na globalnoj razini. Balastnim vodama brodova alohtone vrste su uvedene u nove ekosustave u kojima su pojedine postale invazivne. Kompeticijom za resurse, toksinima, predacijom, nedostatkom predatora i parazita koji bi kontrolirali njihovu populaciju, pojedine invazivne vrste narušile su ravnotežu ekosustava mijenjajući trofički sastav i strukturu pri tom smanjujući bioraznolikost. Međunarodna pomorska organizacija (IMO – *International Maritime Organisation*) prepoznala je važnost problema invazivnih vrsta, te je 2004. godine izdala Međunarodnu konvenciju za kontrolu i menadžment balastnih voda i sedimenta (BWM konvencija – *The international Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments*).

Rebraš *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865, nativnog staništa istočne obale sjeverne i srednje Amerike uz Atlantski ocean, putem balastnih voda dospio je u Crno more gdje je zabilježena na globalnoj razini najveća invazija želatinoznih organizama koja je kompeticijom i predacijom uzrokovala kolaps ribarstva (Oguz i sur., 2008). Zahvaljujući velikom fekunditetu, brzom rastu i kratkom periodu izmjene generacija uz *source-sink* metapopulacijsku dinamiku u umjerenim klimatskim područjima s dostupnošću hrane *M. leidyi* može opstati i stvoriti veliku biomasu (Costello i sur., 2012) koja može negativno utjecati na kompleksnost trofičke dinamike i strukture ekosustava.

U hrvatskim teritorijalnim vodama sjevernog Jadrana 2016. godine zabilježena je pojava rebraša *M. leidyi*. U sjevernom Jadranu dominiraju niže trofičke razine, gdje mikrobna petlja ima značajnu ulogu (*bottom-up* kontrola trofičkog sustava) u protoku energije i biomase, a eutrofikacija i ribarstvo (eksploatacija organizama viših trofičkih razina) omogućuju dominaciju r-selektivnih vrsta (Barausse i sur., 2009). Rebraš *M. leidyi* u sjeverni Jadran najvjerojatnije je unesen putem balastnih voda (Malej i sur. 2017), a svojim oportunističkim životnim stilom može narušiti ekosustav i proizvesti štete u ribarstvu, gospodarstvu i turizmu. Ovim radom opisana je zajednica rebraša *M. leidyi* u rovinjskom akvatoriju i proveden je eksperiment izgladnjivanja pri različitim temperaturama kako bi se odredila potencijalna otpornost *M. leidyi* na sezonski promjenjive uvjete u okolišu sjevernog Jadrana.

## 1.1. Rebraši

### 1.1.1. Taksonomija i filogenija rebraša

U carstvu *Animalia*, koljeno *Ctenophora* (grč. *kteno-*, *kteis-* češalj, *phore-* nositi; rebraši), (WoRMS, 2004) prvi put je opisano 1829. godine (Eschscholtz, F.), taksonomski se dijeli u dva razreda *Nuda* i *Tentaculata*. Razred *Nuda* uključuje samo red *Beroidea* s porodicom *Beroidea*, dok se razred *Tentaculata* sadrži pet redova; *Cestida*, *Cydippida*, *Lobata*, *Platyctenida* i *Thalassocalycida* (Tablica 1.). Opisano je oko 100 vrsta rebraša.

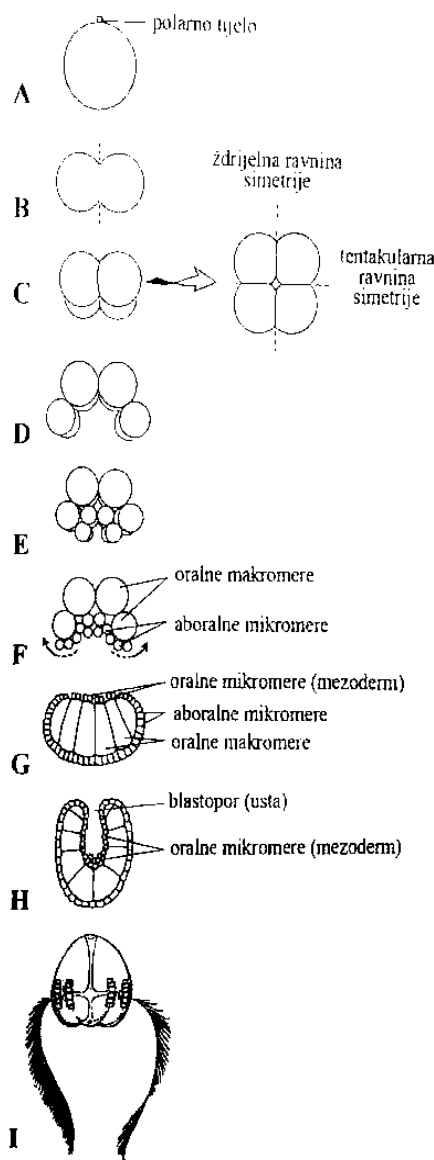
Rebraši, monofiletska skupina, razvila se je tijekom rane radijacije Metazoa. Molekularna filogenetika ukazuje da su rebraši i spužve sestrinske grupa Metazoa (Laumer i sur., 2019). Iz perioda kambrija, od prije 541 milijun godina do 485.4 milijuna godina, specifičnog zbog kambrijske eksplozije, adaptivne radijacije živog svijeta koja je rezultirala stvaranjem kompleksnog morskog ekosustava i osnove svih danas poznatih koljena, s područja Chengjiang u Kini proizlaze jedni od najstarijih fosila rebraša (Xian-guang i sur., 2017).

Tablica 1. Taksonomski prikaz porodica koljena *Ctenophora* (izvor: [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=53856#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=53856#null), 02.09.2019.).

Carstvo	Koljeno	Razred	Red	Porodica
<i>Animalia</i>	<i>Ctenophora</i>	<i>Nuda</i>	<i>Beroidea</i>	<i>Beroidea</i>
		<i>Tentaculata</i>	<i>Cestida</i>	<i>Cestidae</i>
			<i>Cydippida</i>	<i>Bathyctenidae</i>
				<i>Dryodoridae</i>
				<i>Eupiokamididae</i>
				<i>Haeckeliidae</i>
				<i>Lampeidae</i>
				<i>Mertensiidae</i>
				<i>Pleurobranchiidae</i>
			<i>Lobata</i>	<i>Bathocyroidae</i>
				<i>Bolinopsidae</i>
				<i>Eurhamphaeidae</i>
				<i>Lampoctenidae</i>
				<i>Leucotheidae</i>
				<i>Ocyropsidae</i>
			<i>Platyctenida</i>	<i>Coeloplanidae</i>
				<i>Lyroctenidae</i>
			<i>Tjalfiellidae</i>	
		<i>Thalassocalycida</i>	<i>Thalassocalycidae</i>	

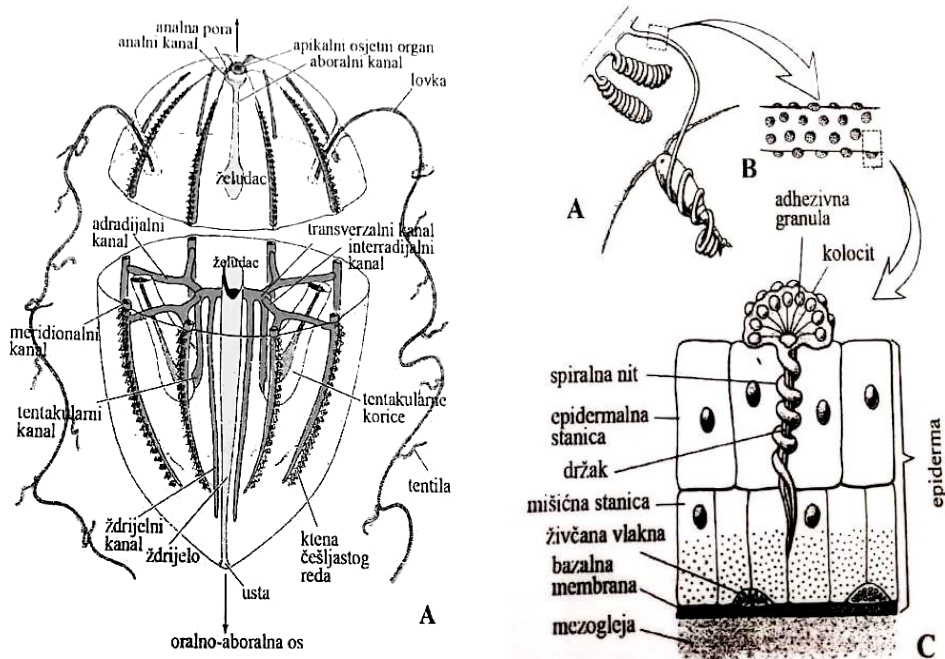
### 1.1.2. Morfologija, anatomija i fiziologija rebraša

Tijelo rebraša je prozirno želatinozno s biradijalnom simetrijom i ovisno o vrsti može poprimiti različite oblike, od ovalnog do vrpčastog, i različite veličine od par milimetara do dva metra. Neke vrste rebraša posjeduju lovke, dok druge ne. Obzirom na broj zametnih listića rebraši pripadaju skupini diploblastičnih životinja. Tijekom ontogeneze rebraši, pripadnici acoelomata, razviju integumentni, lokomotorni, živčani, osjetilni, probavni i spolni sustav. Embrionalna faza kod rebraša osim u vrsta reda *Beroidea* završava razvojem cidipidne ličinke (Slika 1.).



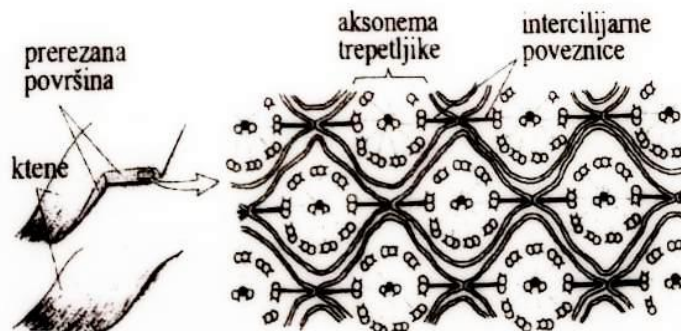
Slika 1. Embrionalni razvitak rebraša (A-I) do cidipidne ličinke (Habdija i sur., 2011).

Integumentni sustav rebraša sastoji se od epiderme i mezogleje. U epidermi rebraša nalaze se mukozne, intersticijalne, osjetilne, trepetljikave stanice, a na epitelu lovki specijalizirane ljepljive stanice zvane kolociti (Slika 2.). Unutarnji epitelni sloj i mezogleja rebraša prožeti su mišićnim i živčanim stanicama. Dio lokomotornog sustava karakterističan za rebraše proteže se duž tijela rebraša od apikalnog i aboralnog pola u osam meridionalnih redova bogatih ktenama (Slika 2.).



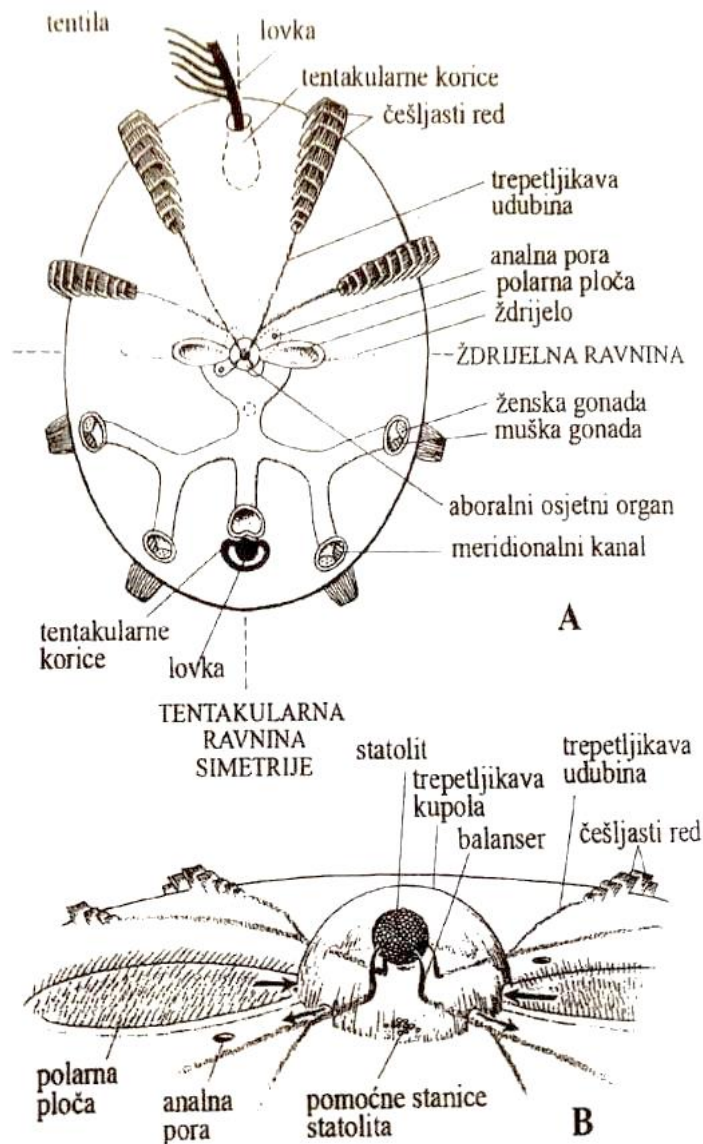
Slika 2. Shematski prikaz građe rebraša iz reda Cydippida (lijevo) i presjek kroz kolocit i tentilu rebraša (desno) (Habdića i sur., 2011).

Ktene rebraše svrstavaju u najveće organizme koji se kreću trepetljikama (Slika 3.).



Slika 3. Mikroanatomija ktene (Habdića i sur., 2011).

Glatki mišići zastupljeni su u svih rebraša, dok je kod jedne vrste zabilježen poprečno-prugasti tip mišića. Difuzni mrežasti živčani sustav rebraša koncentriraniji je ispod redova s ktenama i oko usta, a duž lovki prolaze dugačke živčane vrpce. Orijentacija u prostoru i smjer kretanja rebraša određeni su apikalnim osjetnim organom unutar kojeg se nalazi karbonatni statolit postavljen na četiri balansera (Slika 4.).



Slika 4. Simetrija i anatomija rebraša (*Hormiphora* sp.) (Habdija i sur., 2011).

Promjena pritiska statolita na balanser utječe na promjenu stope udaranja ktena rebraša na način da povećani pritisak povećava stopu udaranja ktena, odnosno brzinu kretanja koja može iznositi i do 50 mm/s. Različito inervirani kvadranti ktena mijenjaju smjer kretanja rebraša. Probavni sustav rebraša se sastoji od usta, ždrijela,

gastrovaskularnih kanala, želudca, i analnih pora. Ekstracelularna probava rebraša se odvija u želudcu, dok se intracelularna probava i prijenos kisika iz oksigenirane morske vode odvija u gastrovaskularnim kanalima. Rebraši su hermafroditi čiji se spolni organi, jajnici i sjemenici, diferencijiraju iz stanica meridionalnih kanala, otpuštaju gamete kroz usta u morski okoliš, gdje se odvija seksualna oplodnja ili samooplodnja. Sposobnost pedogeneze i disogonije omogućuje plodnost za vrijeme larvalne i juvenilne faze. Rebraši imaju sposobnost regeneracije svih tipova stanica i struktura. Pojedine vrste imaju sposobnost bioluminiscencije, koju često zamjenjuju za ogib svjetla na ktenama rebraša koji rezultira presijavanjem boja vidljivog dijela spektra.

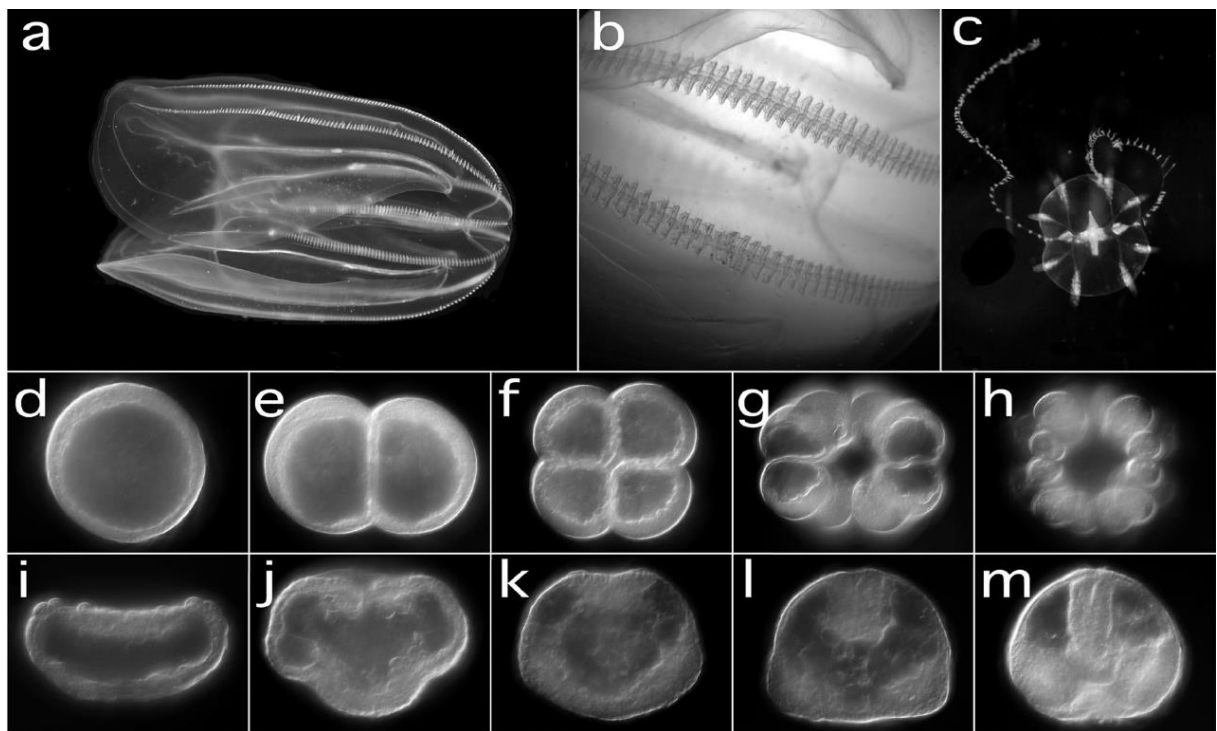
### **1.1.3. Ekologija rebraša**

Isključivo morski organizmi, kozmopoliti solitarnog načina života, rebraši nastanjuju sve dijelove trodimenzionalnog morskog okoliša, različitog saliniteta od boćate do morske vode, kao dio bentosa, neritika i pelagijala. Rebraši nastanjuju topla, umjerena i hladna morska područja s najvećom bioraznolikosti, oko 75% opisanih vrsta je u toplim područjima. Prehrana rebraša uglavnom se sastoji od mezoplanktona, zooplanktona (kopepoda) i meroplanktona (ikra riba, veliger ličinke, te ostali planktonski stadiji bentoskih organizama), dok se pojedine vrste rebraša hrane drugim rebrašima. U eutrofnim ekosustavima s povećanom koncentracijom planktona, rebraši kompeticijom i predacijom imaju značajan utjecaj na trofički sustav odnosno na strukturu, funkciju i dinamiku ekosustava (Kamburska i sur., 2006). Brzina hranjenja rebraša je linearno pozitivno korelirana s porastom koncentracije plijena (Reeve i Walter, 1978). Dubokomorske vrste rebraša akumulirajući pigmente plijena kroz prehranu mogu poprimiti pigmentaciju tijela plijena. Velikim fekunditetom i brzom izmjenom generacije rebraši spadaju u r-selektivne vrste.

## 1.2. *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865.

Rebraša *Mnemiopsis leidyi* je prvi put opisao Alexander Agassiz 1865. godine u ilustriranom katalogu muzeja komparativne zoologije na sveučilištu Harvard. U carstvu *Animalia*, koljenu *Ctenophora*, rebraš *M. leidyi* pripada razredu *Tentaculata*, redu *Lobata*, porodici *Bolinopsidae* i rodu *Mnemiopsis*.

Tijelo rebraša *M. leidyi* je prozirno, želatinozno, jajolikog oblika s izražena dva lateralna loba i može narasti do desetak centimetara. Lovke *M. leidyi* su smještene ispod lobova, mogu se uvući u tentakularne korice, a embrionalni razvoj, morfološke i anatomske strukture karakteristične su za skupinu rebraša opisane u prethodnom dijelu teksta (Slika 5.).



Slika 5. *M. leidyi* (a – adultni stadij, b – povećani prikaz ktena, c – cidipid ličinka, d-m – embrionalni razvoj) (Ryan i sur., 2013).

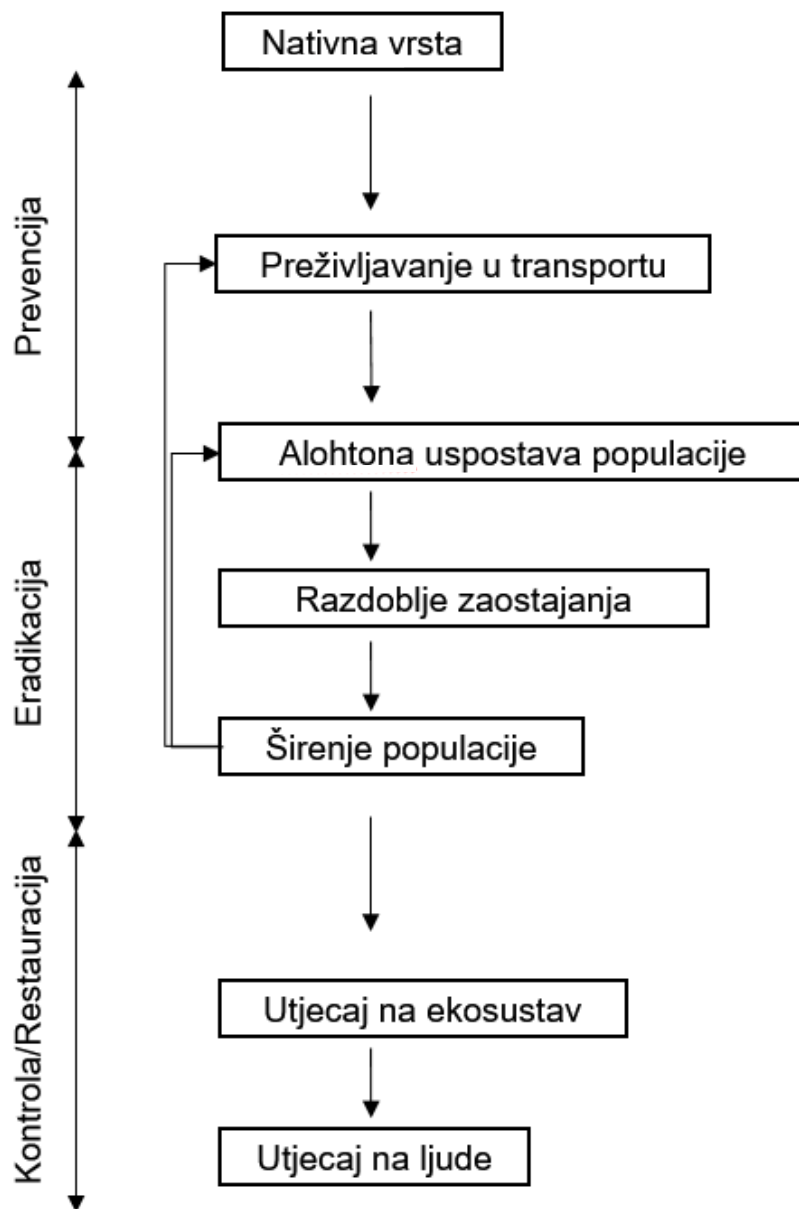
Eurivalentni rebraš *M. leidyi* zbog široke ekološke valencije preživljava u hladnim i toplim morima u temperaturnom rasponu od 6 do 31 °C, a u rasponu saliniteta od 4 do 39 nastanjujući bočatu i morsku vodu. Tijekom ljetnog perioda *M. leidyi* se zadržava u vodenom stupcu iznad termokline, u zoni obalnih voda, a u optimalnim uvjetima mogu se zateći guste nakupine rebraša. Iz nativnog staništa rebraš *M. leidyi* je putem balastnih voda proširio svoj areal s invazivnim utjecajem na Crno, Azovsko, Mramorno,



Kaspijsko, Sredozemno, Sjeverno i Baltičko more (Costello i sur., 2012). Prehrana *M. leidy* tijekom larvalnog stadija bazira se na mikroplanktonu među kojima dominiraju protisti, a tijekom tranzicijskog stadija i odrasla jedinka preferira kopepode, odnosno mezoplankton (Rapoza i sur., 2005). Brzina hranjenja *M. leidy* proporcionalno se povećava s gustoćom i količinom hrane u okolišu (Reeve i Walter, 1978). Veličina jedinke *M. leidy* ovisi o uhranjenosti i ne ukazuje na starost. Fekunditet *M. leidy* ovisi o veličini jedinke (maksimum oko 10.000 jajašaca), a uspješnost preživljavanja nove generacije ovisi o učestalosti samooplodnje ili seksualne oplodnje, što ima veću stopu preživljavanja potomaka (Sasson i Ryan, 2016). Mrijest *M. leidy* se razlikuje u populacijama različitih ekosustava i može biti kontroliran svjetlosnim podražajem, no najčešće je kontroliran cirkardijalnim ritmom na što ukazuje i prisutnost *Clock* i *ARNT* gena (Sasson i Ryan, 2016). Za bioluminiscenciju *M. leidy* koristi opsine, kalcijem aktivirane fotoproteine iz skupine luciferinaza čija se ekspresija gena odvija u fotocitima meridijalnih kanala i apikalnog organa (Schnitzler i sur., 2012). Rebraš *M. leidy* modelni je organizam mnogih znanstvenih polja kao što su filogenetika i evolucija, znanstvenih grana kao što su embriologija i ekologija (Reeve i Walter, 1978; Sasson i Ryan, 2016; Schnitzler i sur., 2012) .

### 1.3. Invazivne vrste i balastne vode

Invazivne vrste su alohtone vrste koje mogu imati izrazito negativan učinak na bioraznolikost ekosustava. Na području unosa, invazivne vrste mogu potisnuti autohtone vrste, promijeniti strukturu zajednica i hranidbenih mreža, također mogu promijeniti kruženje i sedimentaciju nutrijenata (Molnar i sur., 2008). Europska Unija je Uredbom o sprječavanju i upravljanju unošenja i širenja invazivnih stranih vrsta 2014. godine prepoznala prisutnost oko 12 000 alohtonih vrsta na području Unije s procjenom da je 10 do 15 % invazivno (Uredba EU, 1143/2014). U europskim morima, među kojima je Sredozemno te samim time i Jadransko more, zabilježen je veliki broj invazivnih vrsta, obzirom na svjetsku razinu, čiji su najučestaliji putevi unosa balastne vode i marikultura (Molnar i sur., 2008). Povećani pomorski promet, posljedica globalizacije, prepoznat je kao jedan od primarnih puteva unosa invazivnih vrsta putem balastnih voda. Važnost upravljanja balastnim vodama prva je prepoznala Međunarodna pomorska organizacija 2004. godine, a ono se temelji na mehaničkim, fizičkim, kemijskim i biološkim procesima, bilo jednog ili više njih, s ciljem uklanjanja, neutralizacije, ili pak izbjegavanje unosa štetnih i patogenih vodenih organizama unutar balastnih voda ili sedimenta (IMO, 2004). U Republici Hrvatskoj propisan je Pravilnik o upravljanju i nadzoru vodenog balasta u kojem su opisana pravila izmjene, obrade, iskrcaja i zadržavanja balasta (NN 181/04). Proces invazije može se podijeliti u sljedeće korake (Slika 6.): transport vrste iz nativnog područja u novo područje u kojem je vrsta alohtona, uspostavljanje populacije u novom području, razdoblje zaostajanja (adaptacije), razdoblje širenja populacije, utjecaj na ekosustav, utjecaj na ljude (Sakai i sur., 2001). Upravljanje na razini prevencije moguće je djelovanjem na uvjete transporta, na razini eradikacije do trenutka širenja populacije u novom području, kontrole ili restauracije ekosustava nakon širenja populacije. U fazama zaostajanja i širenja populacije ključna je metapopulacijska dinamika *sink-source* populacija.

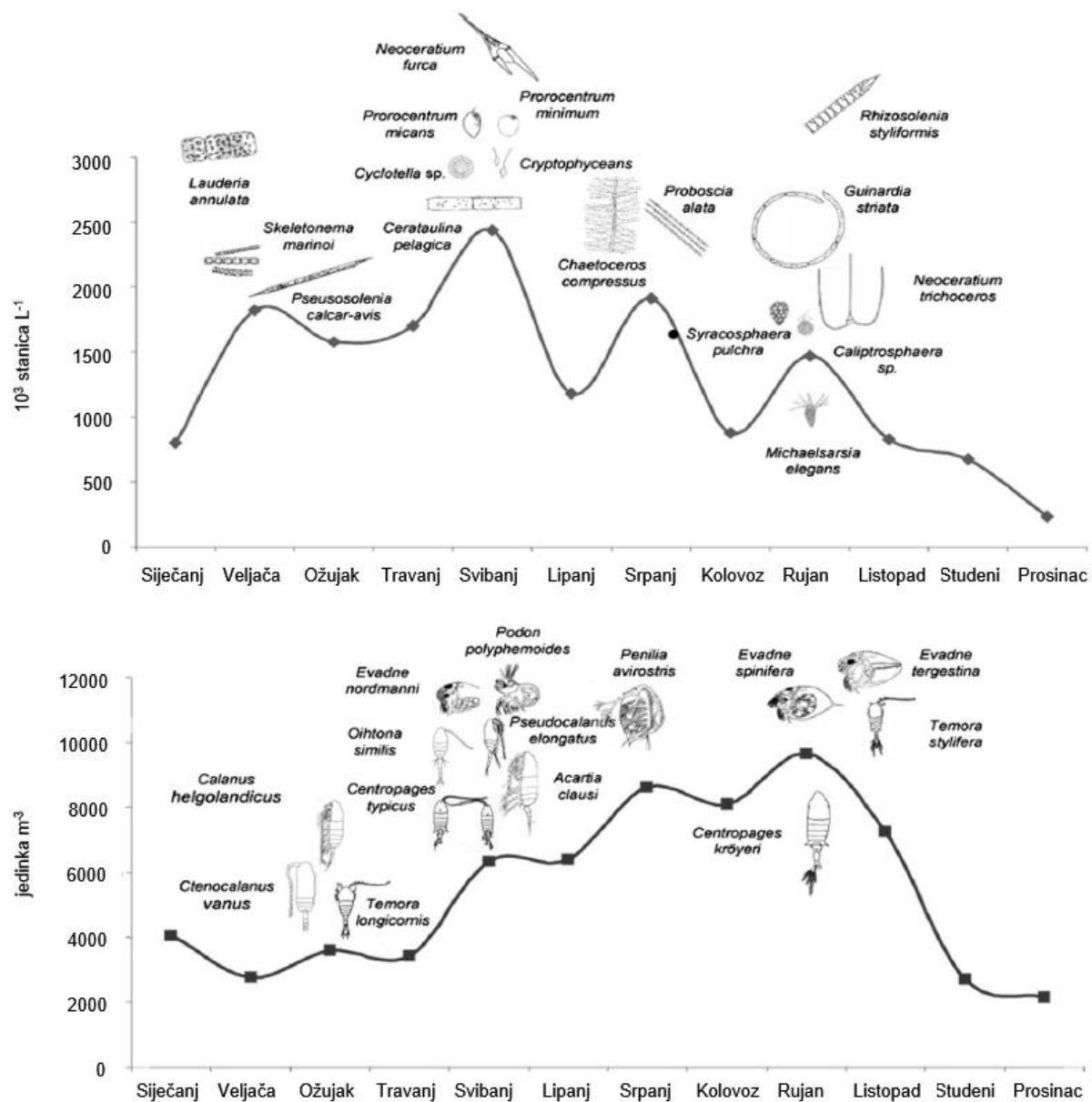


Slika 6. Opći koraci procesa invazije vrste i odnos s upravljanjem invazivnim vrstama (Sakai i sur. 2001).

#### 1.4. Jadransko more i invazivne vrste

Jadransko more je biogeografska podjedinica Sredozemnog mora smješteno između Balkanskog i Apeninskog poluotoka. Duljine 783 km i prosječne širine 248,3 km Jadransko more s prosječnom dubinom od 173 m pokriva površinu d 138 595 km<sup>2</sup>. Površinske temperature u sjevernom dijelu Jadranskog mora zimi oko 8 °C, dok u južnom dijelu temperatura zimi iznosi oko 13 °C, ljetne temperature su ujednačene i iznose oko 25 °C. Salinitet od sjevernog dijela Jadranskog mora raste prema jugu s 35 na oko 38,5. Najplići dio Jadranskog mora, sjeverni Jadran mjesto je dotoka oko 60% slatkih voda Jadranskog mora. Zbog atmosferskog utjecaja, složenog sistema cirkulacije vodenih masa, donosa voda visokog saliniteta i slatkovodnih donosa sjeverni Jadran ima sezonsku i dugoročnu oceanografsku i biološku dinamiku. Trofički indeks (TRIX) koristi varijable: zasićenost kisikom, hranjive soli kao što su otopljeni anorganski dušik, ukupni fosfor, te karakterizira sjeverni Jadran na granici oligotrofnog i mezotrofnog mora (Fiori i sur., 2016). Ukupno gibanje vodenih masa Jadranskog mora je ciklonalno, a u sjevernom Jadranu za vrijeme izrazite stratifikacije vodenog stupca u toplijem dijelu godine (kraj proljeća i ljeto) zbog utjecaja dotoka slatkih voda razvijaju se ciklonalni i anticiklonalni vrtlozi (Orlić i sur., 1992). U sjevernom Jadranu tridesetogodišnji podaci ukazuju na godišnju sezonsku sukcesiju fitoplanktona i maksimalnu brojnost kopepoda u rujnu (Bernardi Aubry i sur., 2012) (Slika 7.). U preglednom radu Pećarević i sur. (2013) navode 113 alohtonih vrsta u istočnom dijelu Jadranskog mora čiji su putevi unosa primarno balastne vode i akvakultura, prepoznaju tri biogeografske regije među kojima je i sjeverni Jadran. Također ističu kako na bioraznolikost utječu vodene mase iz Sredozemnog mora, poglavito promjene cirkulacije u Jonskom moru pri kojima dolazi do miješanja Egejsko/Levantinske morske vode visokog saliniteta s morskom vodom nižeg saliniteta atlanskog porijekla koje su izvor atlantskih vrsta. Za sjeverni Jadran navode kako su balastne vode bitan izvor unosa alohtonih vrsta u Jadranu. Priručnik za zaštitu mora i prepoznavanje živog svijeta Jadrana (Prvan i sur., 2016) izdvaja kako je od 100 vrsta na listi najinvazivnijih vrsta u Sredozemlju barem 30 prisutno u Jadranskom moru, a od 19 najinvazivnijih algi prema istom popisu najmanje njih 11 već je prisutno u Jadranu. Neke od invazivnih vrsta Jadrana su: alge *Caulerpa taxifolia* (Vahl, 1802), *Caulerpa cylindracea* Sonder, 1845 i *Asparagopsis taxiformis* (Delile, 1845), puževi *Melibe viridis* (Kelaart, 1858) i *Aplysia dactylomela* Rang, 1828, rakovi *Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853) i

*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, ribe *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789), *Fistularia commersonii* (Gmelin, 1789), *Siganus luridus* Rüppell, 1829 i *Stephanolepis diaspros* Fraser-Brunner, 1940. Lesepsijske vrste sačinjavaju većinu alohtonih vrsta u Jadranu.



Slika 7. Godišnji trend abundancije fitoplanktona (gornji graf) i mezozooplanktona (donji graf) u sjevernom Jadranu (Bernardi Aubry i sur., 2012).

## 2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Tri cilja istraživanja su:

1. Pratiti sezonsku dinamiku prisutnosti rebraša *Mnemiopsis leidy* u akvatoriju Rovinja od 2016. do 2018. godine.
2. Izmjeriti biometrijske osobine rebraša *Mnemiopsis leidy* prisutnih u akvatoriju Rovinja.
3. Odrediti potrošnju kisika i gubitak mase rebraša *Mnemiopsis leidy* u uvjetima izgladnjivanja pri različitim temperaturama.

### **3. MATERIJALI I METODE**

#### **3.1. Materijali**

Korišteni su sljedeći materijali i pribor:

čaše 0,5 L, elastične gumice, plastične vrećice, mrežica za lov, inkubator, sušionik, vaga, aluminijska folija, cjediljka, filtrirana morska voda, filter s porama od 20  $\mu\text{m}$ , instrument za mjerenje otopljenog kisika (HANNA Instruments HI 9146), ravnalo, plastične ladice za vaganje, tacna, stiroporne ploče debljine 2 cm, bazen, kante.

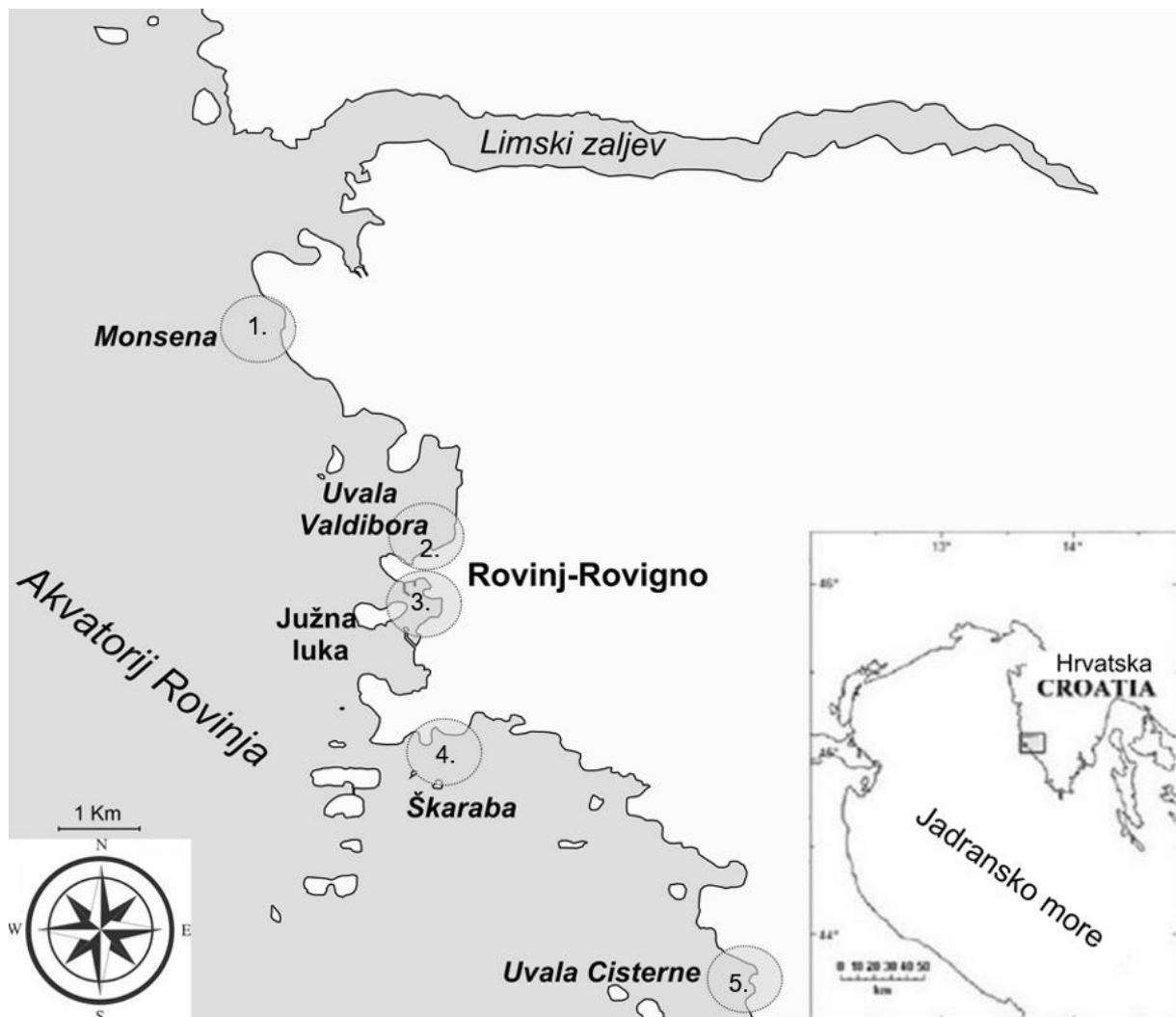
#### **3.2. Područje istraživanja**

##### **3.2.1. Akvatorij Rovinja**

Plimna dinamika u akvatoriju Rovinja značajno utječu na priobalna strujanja i na morsku razinu, dok je ostatak strujanja koji nije pod utjecajem plime ima sezonski karakter koji zimi može imati smjer SE, a ljeti ima gibanje s ciklonalnom rotacijom (Tedeschi i sur., 2009). Hidrografska obilježja akvatorija Rovinja ovise o slatkovodnim dotocima (poglavito rijeke Po) koji utječu na raslojenost vodenog stupca i značajan utjecaj mogu imati dotoci iz podvodnih vrulja, kanalizacijskih ispusta i oborinskih voda (Tedeschi i sur., 2009). Temperatura mora u rovinjskom akvatoriju se kreće u rasponu od 6 do oko 26 °C s najhladnijim temperaturama u veljači i najtoplijim u kolovozu. Salinitet od 26.18 do 38.86 koji ovisi dotoku rijeke Po i o ingresiji istočno-mediteranske vode visokog saliniteta u Jadran (Tedeschi i sur., 2009). Raslojenost vodenog stupca tijekom ljeta i jeseni karakteriziran je minimalnim vertikalnim miješanjem, dok rano-proljeće i zimi vodeni stupac karakterizira homogenost i izrazita vertikalna miješanja (Tedeschi i sur., 2009) pod utjecajem vjetra (bure i juga). Koncentracije klorofila a pokazuju dva sezonska ekstrema u proljeće i jesen s oko 1,6  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Tedeschi i sur., 2009).

### 3.3. Brojnost rebraša

Tijekom 2016., 2017. i 2018. godine šetnjom uz obalu zabilježena je brojnost rebraša *M. leidy* tako što je nasumično odabrano više 1 m<sup>3</sup> morske vode duž obale lokacije u kojem je vizualno prebrojan broj rebraša i zatim je izračunata prosječna vrijednost broja jedinki po lokaciji (Slika 8.).

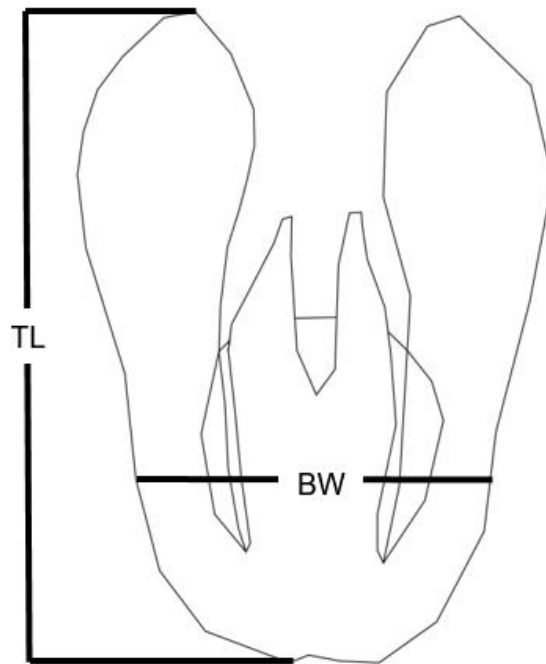


Slika 8. Mjesta uzorkovanja rebraša *M. leidy* u akvatoriju Rovinja; 1. - Monsena, 2. - uvala Valdibora, 3. - južna luka, 4. - Škaraba, 5. - uvala Cisterne tijekom 2016., 2017. i 2018. godine.



### 3.4. Biometrija

Za mjerenje biometrije rebraša *M. leidy* prikupljeni su sljedeći podaci: ukupna duljina tijela (TL – *total lenght*), širina tijela (BW – *body width*) (Slika 9.), mokra masa (WM – *wet mass*) i suha masa (DM – *dry mass*). Jedinke *M. leidy* individualno su pomoću cjediljke izdvojene na plastične lađice na kojima im je izmjerena duljina tijela (TL, BW), zatim su prebačene na lađice od aluminijske folije i izvagane (WM). Masa praznih aluminijskih lađica prethodno je izvagana. Nakon vaganja i mjerenja duljine tijela jedinke *M. leidy* u aluminijskim lađicama postavljene su na plastičnu tacnu u sušionik na 24-48 sati i na temperaturi 60 °C. Poslije sušenja jedinke *M. leidy* ponovno su izvagane (DM).



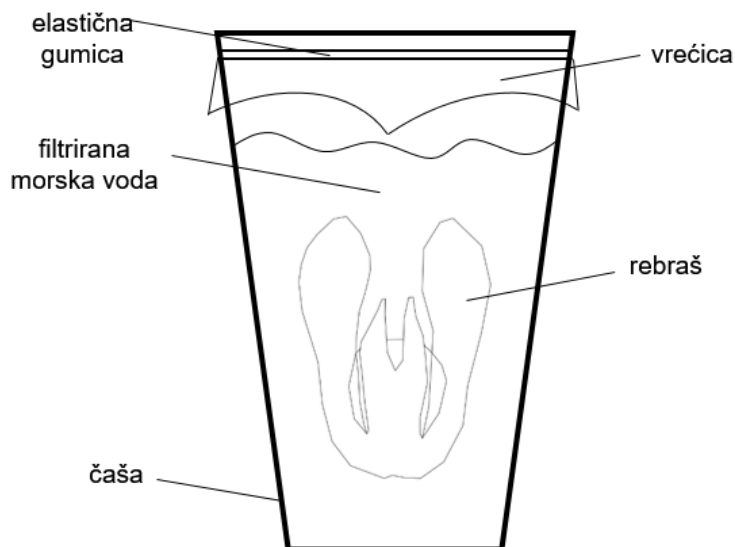
Slika 9. Dijagram mjerenja duljine tijela (TL, BW) rebraša *M. leidy*.

### 3.5. Pokus izgladnjivanja

U periodu maksimalne rasprostranjenosti rebraša, sakupljene su jedinke rebraša *M. leidyi* kako bi se sprovedli eksperimenti potrošnje kisika i izgladnjivanja. Sakupljanje rebraša obavljeno s obale mrežicom za lov u kante s morskom vodom na 5 lokacija (1.-Monsena, 2.-uvala Valdibora, 3.-južna luka, 4.-Škaraba, 5.-uvala Cisterne) (Slika 8.) u priobalju Rovinja.

### 3.6. Potrošnja kisika i gubitak mase

Za mjerenje potrošnje kisika rebraša *M. leidyi* jedinke su individualno postavljene u staklene čaše volumena 0,5 L s prethodno aeriranom morskom vodom filtriranom filterom s porama veličine 20  $\mu\text{m}$ . Baždarenim uređajem (HANNA Instruments, model HI9146) za mjerenje otopljenog kisika (DO – *dissolved oxygen*) izmjerena je količina DO morske vode u čašama prije početka eksperimenta. Čaše s jedinkama rebraša *M. leidyi* su zatim zatvorene plastičnom vrećicom pričvršćenom s elastičnom gumicom, izvagane i podijeljene na kontrolnu grupu (S) i dvije eksperimentalne grupe (F, I) (Slika 10.). U svim grupama (S,F,I) po dvije čaše (X-otvorena i K-zatvorena) nisu sadržavale jedinku *M. leidyi*. Čaše S postavljene su u prethodno izrezanu stiropornu ploču i postavljene u protočni bazen s morskom vodom direktno iz akvatorija Rovinja, time omogućivši istu trenutnu temperaturu kao u okolišu, 17 °C. Čaše F su postavljene u frižider na temperaturu od 8 °C imitirajući temperaturu okoliša zimi, dok su čaše I postavljene u inkubator na temperaturu od 25 °C imitirajući temperaturu okoliša ljeti. Svaki dan bilježena je temperatura, masa čaše s rebrašom, DO i broj uginulih jedinki *M. leidyi*. Masa čaše s rebrašom mjerena je za kontrolu postojanja zatvorenog sustava unutar kojeg dolazi do metaboličke konverzije/potrošnje raspoloživog DO. Mjerenje DO u čašama bez rebraša tijekom eksperimenta kontrolira postoji li u filtriranoj morskoj vodi drugih značajnih izvora potrošnje kisika.



Slika 10. Eksperimentalni postav mjerenja potrošnje kisika rebraša *M. leidyi*.

### 3.7. Statistička analiza

Prikupljeni podaci brojnosti, biometrije i potrošnje kisika su grafički prikazani i obrađeni statističkim paketom programa Microsoft Excel (2016). Deskriptivnom statistikom određeni su minimum (min), maksimum (max), srednja vrijednost (med), standardna devijacija (SD), standardna pogreška (SE), dok su F-testom, Student t-testom i ANOVA testom određene statistički značajne razlike unutar seta podataka i između setova podataka.

Za obradu podataka brojnosti korištene su srednje vrijednosti broja jedinki po m<sup>3</sup> (N).

Za obradu podataka biometrije izračunate su prosječne vrijednosti (TL, BW, WM, DW) i postotak suhe tvari (DW%).

Za obradu podataka potrošnje kisika rebraša korištene su grupne (S, F, I) prosječne srednje vrijednosti neto potrošnje kisika izražene u postotku (DO%), prema sljedećoj formuli:

$$DO_{\%} = \frac{\sum(DO_n - DO_{n-1})}{N}$$

Mjerena je stopa preživljavanja rebraša od 50%.

Za obradu podataka gubitka mase rebraša korišteni su grupni (KS, KF, KI) koeficijenti (k) postotne promjene mase po danu, grupne (S, F, Ia, Ib) prosječne postotne promjene mase (M%), prema sljedećoj formuli:

$$k = \frac{K_n - K_{n-1}}{K_n}, \quad M_{\%} = \frac{\sum(m_n - m_{n-1} - k \times m_n)}{N}$$

Tablice s podacima direktnih mjerenja nalaze se u Dodatku.

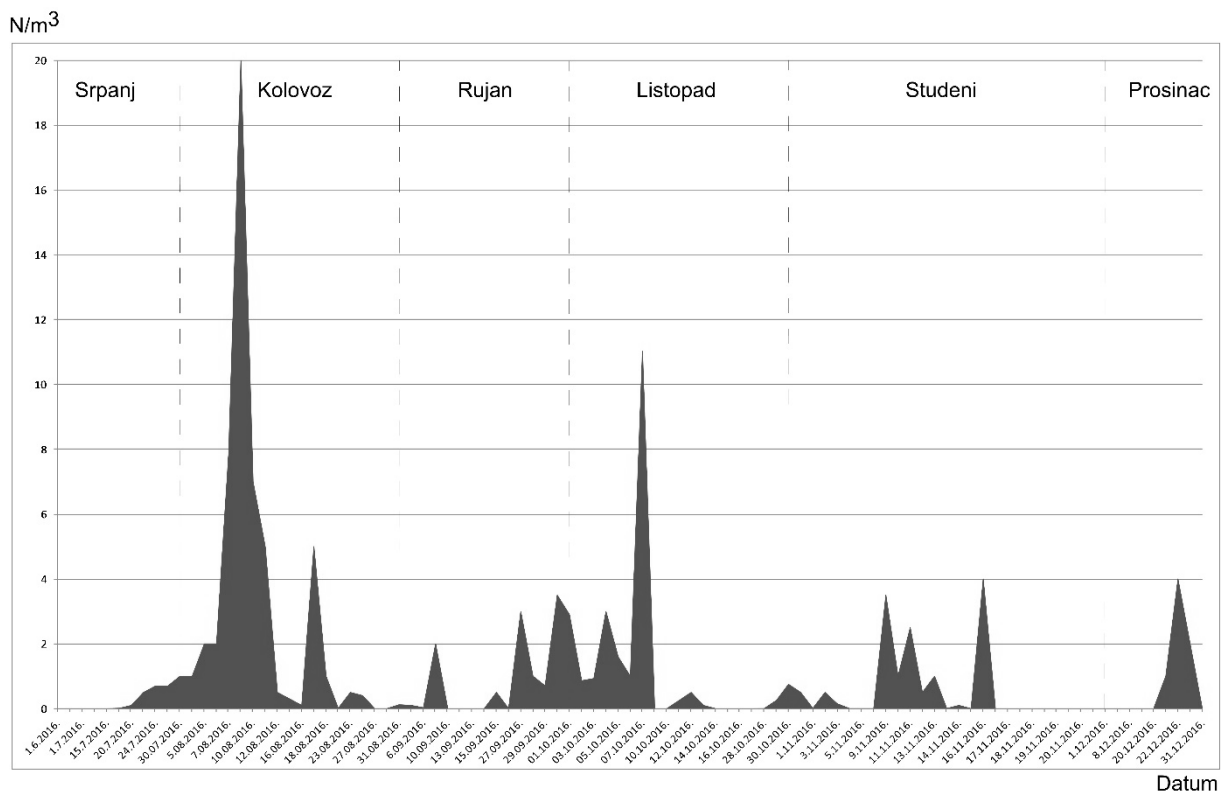
## 4. REZULTATI

Rezultati direktnih mjerenja nalaze se u Dodatku.

### 4.1. Brojnost

#### 4.1.1. Brojnost *M. leidyi* tijekom 2016. godine u akvatoriju Rovinja

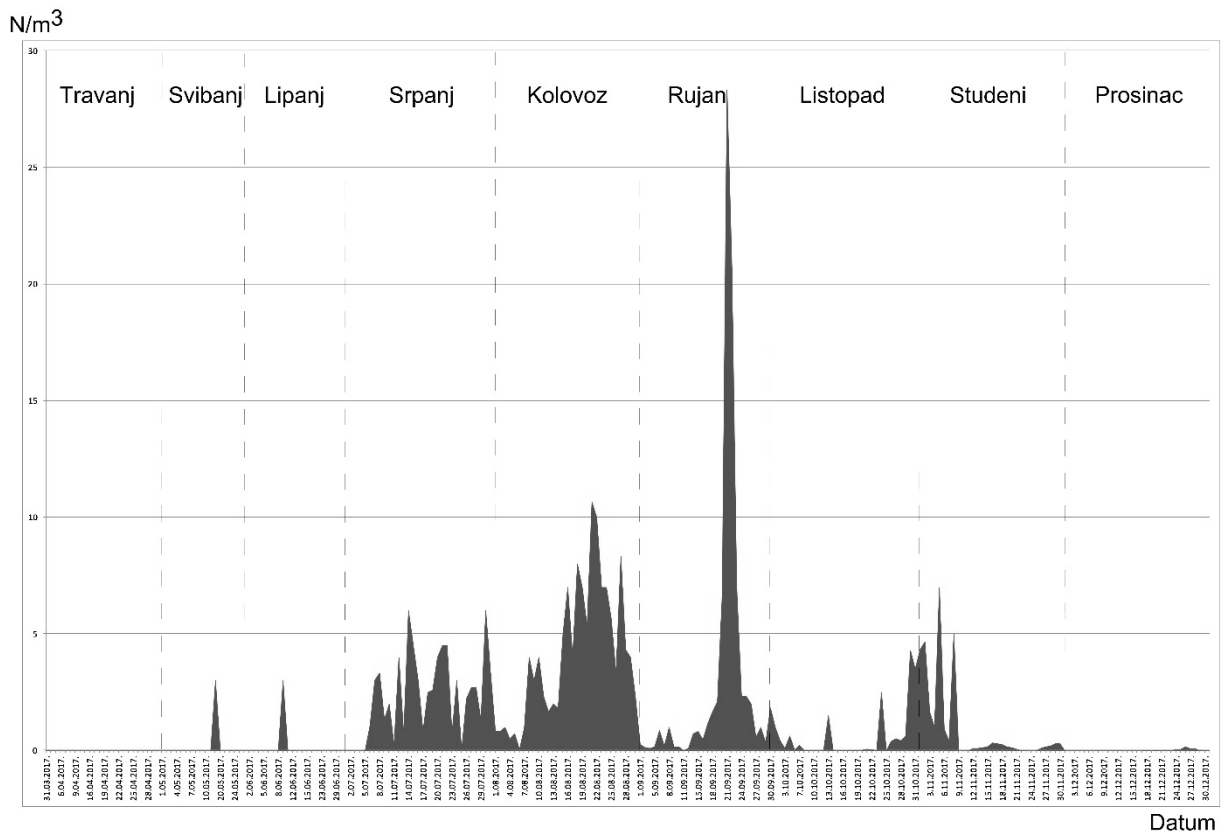
Tijekom 2016. godine u akvatoriju Rovinja na lokacijama Monsena, uvala Valdibora, južna luka, Škaraba, uvala Cisterne, izvršeno je 67 mjerenja brojnosti (n) rebraša *M. leidyi*, koja je izražena srednjom vrijednosti broja jedinki (N) po m<sup>3</sup> (Slika 11.). Deskriptivnom statistikom utvrđeni su sljedeći statistički parametri: min=0 N/m<sup>3</sup>, max=20 N/m<sup>3</sup>, srednja vrijednost=0,3 N/m<sup>3</sup>, SD=3,10.



Slika 11. Graf brojnosti rebraša *M. leidyi* u akvatoriju Rovinja tijekom 2016. godine izražena kao srednje vrijednosti broja jedinki (N) po m<sup>3</sup> morske vode (n = 67, min = 0 N/m<sup>3</sup>, max = 20 N/m<sup>3</sup>).

#### 4.1.2. Brojnost *M. leidy* tijekom 2017. godine u akvatoriju Rovinja

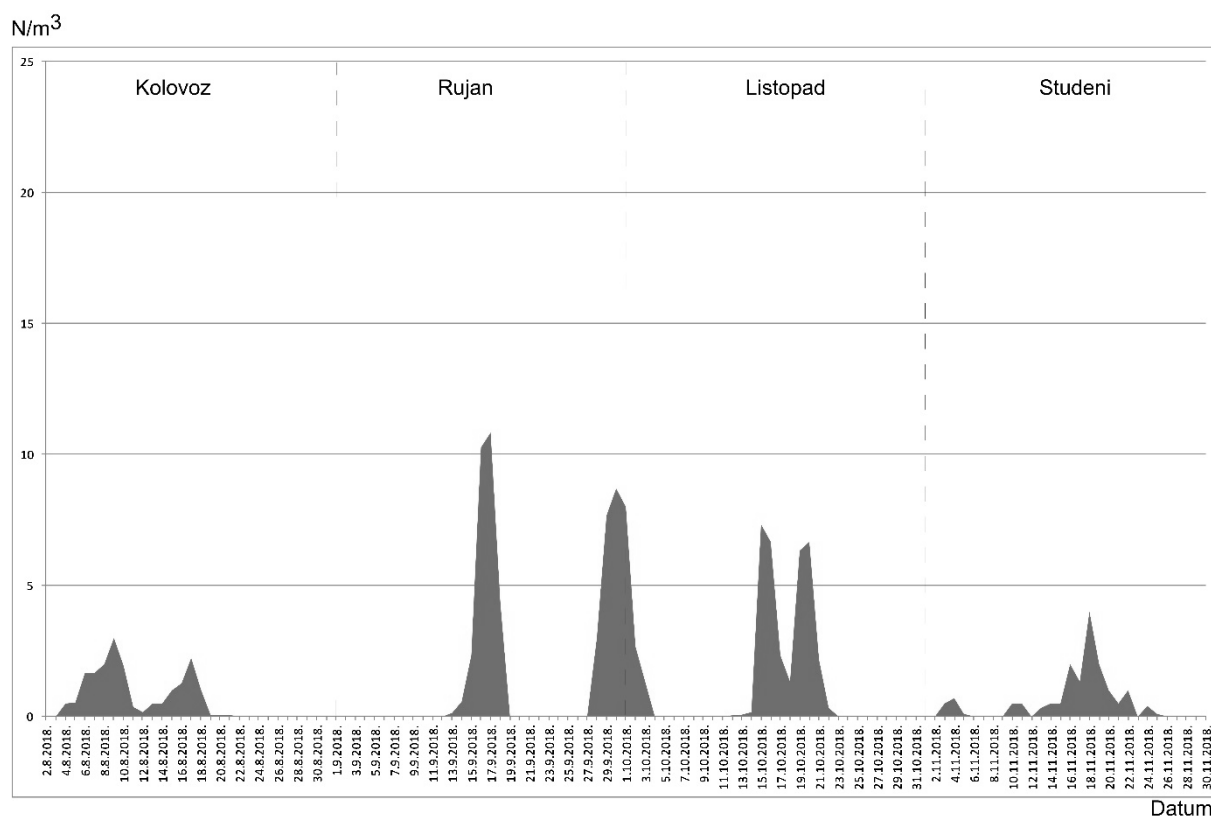
Tijekom 2017. godine u akvatoriju Rovinja na lokacijama Monsena, uvala Valdibora, južna luka, Škaraba, uvala Cisterne, obavljeno je 242 mjerenja brojnosti (n) rebraša *M. leidy*, koja je izražena kao srednja vrijednost broja jedinki (N) po m<sup>3</sup> (Slika 12.). Deskriptivnom statistikom utvrđeni su sljedeći statistički parametri: min=0 N/m<sup>3</sup>, max=28,33 N/m<sup>3</sup>, srednja vrijednost=0,1 N/m<sup>3</sup>, SD=2,96.



Slika 12. Graf prosječne dnevne brojnosti rebraša *M. leidy* u akvatoriju Rovinja tijekom 2017. godine izražena kao srednja vrijednost broja jedinki (N) po m<sup>3</sup> morske vode (n = 242, min = 0 N/m<sup>3</sup>, max = 28,33 N/m<sup>3</sup>).

### 4.1.3. Brojnost *M. leidy* tijekom 2018. godine u akvatoriju Rovinja

Tijekom 2018. godine u akvatoriju Rovinja na lokacijama Monsena, uvala Valdibora, južna luka, Škaraba, uvala Cisterne, obavljeno je 92 mjerenja brojnosti (n) rebraša *M. leidy*, izražena kao srednja vrijednost broja jedinki (N) po m<sup>3</sup> (Slika 13.). Deskriptivnom statistikom utvrđeni su sljedeći statistički parametri: min=0 N/m<sup>3</sup>, max=10,83 N/m<sup>3</sup>, srednja vrijednost=0,01 N/m<sup>3</sup>, SD=2,47.



Slika 13. Graf prosječne brojnosti rebraša *M. leidy* u akvatoriju Rovinja tijekom 2018. godine izražena kao srednja vrijednost broja jedinki (N) po m<sup>3</sup> morske vode (n = 92, min = 0 N/m<sup>3</sup>, max = 10,83 N/m<sup>3</sup>).

#### 4.2. Biometrija *M. leidy*

Rezultati biometrijske analize (Tablica 2.) rebraša *M. leidy* (n=23) izražene su prosječnim vrijednostima TL=4,83 cm, BW=3,36 cm, WM=21,86 g, DM=1,42 g, DW%=4,33%.

Tablica 2. Biometrijske karakteristike (TL, BW, WM, DM, DW%) rebraša *M. leidy* (n=23).

n	TL (cm)	BW (cm)	WM (g)	DM (g)	DW% (%)
1	6,1	4,1	43,11	2,25	5,22
2	5,6	3,8	37,66	1,72	4,57
3	4,9	3,1	18,69	0,83	4,44
4	1,6	0,9	1,49	0,08	5,37
5	5,1	3,6	32,35	1,44	4,45
6	4,6	3,3	12,39	0,55	4,44
7	4,6	3,9	15,16	0,72	4,75
8	6,7	4,4	30,12	1,42	4,71
9	5,2	4,1	37,13	1,67	4,50
10	5,6	4,1	29,78	1,49	5,00
11	4,7	3,7	20,8	1,04	5,00
12	7,1	4,4	33,89	1,56	4,60
13	4,2	2,9	13,1	0,6	4,58
14	6,1	3,9	27,21	1,24	4,56
15	4	2,5	18,72	0,9	4,81
16	4,9	3,4	16,33	0,78	4,78
17	5,6	4,1	30,28	1,41	4,66
18	3,5	2,4	6,22	0,31	4,98
19	5,4	4,1	22,86	0,38	1,66
20	5,1	3,2	18,55	0,88	4,74
21	2,8	1,8	8,37	0,12	1,43
22	2,6	2,2	10,2	0,2	1,96
23	5,1	3,3	18,47	0,8	4,33
prosjeak	4,83	3,36	21,86	1,42	4,33



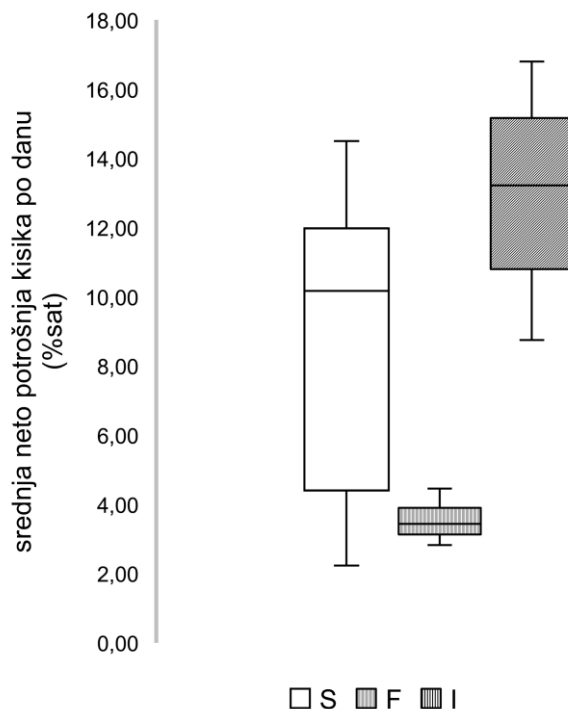
### 4.3. Potrošnja kisika *M. leidy*

Statističkom analizom podataka potrošnje kisika triju grupa (S, F, I) (Slika 14.) (ANOVA,  $p < 0,05$ ,  $p = 2,99 \times 10^{-7}$ ) rebraša *M. leidy* dobiveni su sljedeći rezultati (Tablica 3.):

za skupinu S ( $n=10$ ,  $\min=2,23$ ,  $\max=14,50$ ,  $SD=4,12$ ,  $SE=1,31$ ), za skupinu F ( $n=10$ ,  $\min=2,82$ ,  $\max=14,50$ ,  $SD=0,56$ ,  $SE=0,18$ ), za skupinu I ( $n=10$ ,  $\min=8,75$ ,  $SD=2,70$ ,  $SE=0,85$ ).

Tablica 3. Rezultati Student t-testa ( $p < 0,05$ , *two-tail*) za potrošnju kisika rebraša *M. leidy* pri tri različita temperaturna tretmana (S 17 °C, F 8 °C, I 25 °C).

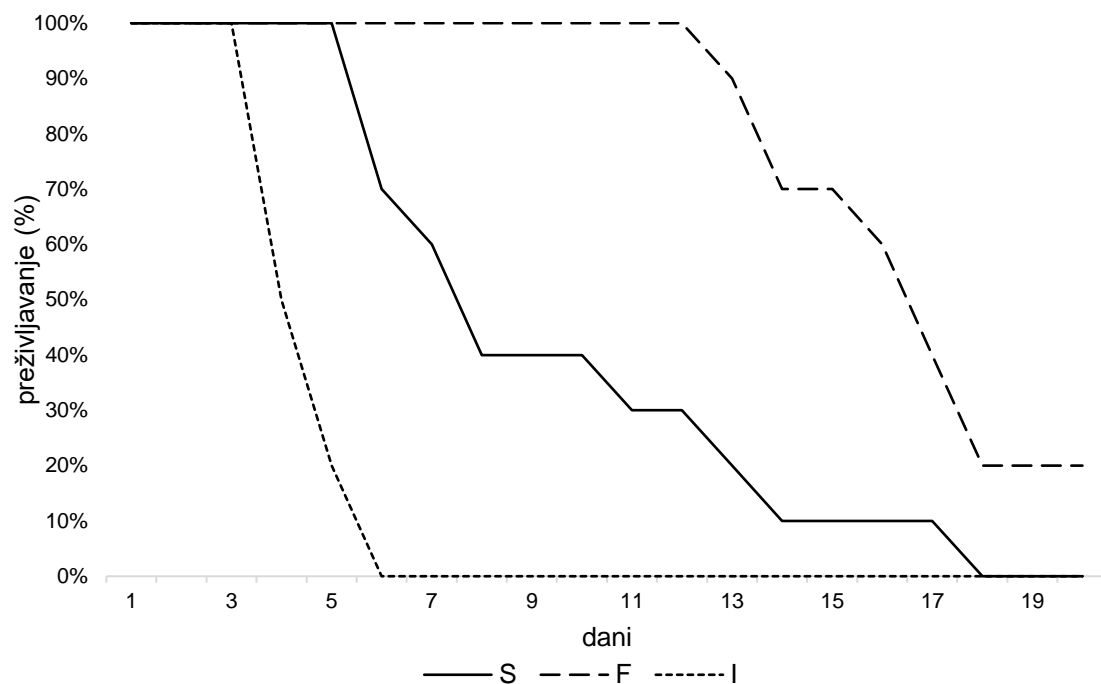
p vrijednost	S	F	I
S		0,003163	0,014051
F	0,003163		0,000001
I	0,014051	0,000001	



Slika 14. *Box-plot* dijagram srednjih neto vrijednosti potrošnje kisika (%) pri izgladnjivanju rebraša *M. leidy* obzirom na toplinski tretman (S 17 °C, F 8 °C, I 25 °C) (ANOVA,  $p < 0,05$ ,  $p = 2,99 \times 10^{-7}$ ).

U periodu od 20 dana trajanja eksperimenta potrošnje kisika *M. leidy* dobiveni su sljedeći podaci za preživljavanje (Slika 15.):

50% jedinki skupine S pri izgladnjivanju preživjelo je 8 dana, skupine F 17 dana, skupine I 4 dana.



Slika 15. Linijski dijagram preživljavanja rebraša *M. leidy* u eksperimentu izgladnjivanja pri tri različita temperaturna tretmana (S 17 °C, F 8 °C, I 25 °C) po danima (n=10).

Tijekom eksperimenta primijećeno je vizualnim opažanjima značajno smanjenje TL jedinki rebraša *M. leidy* pri izgladnjivanju kod svih temperaturnih tretmana.

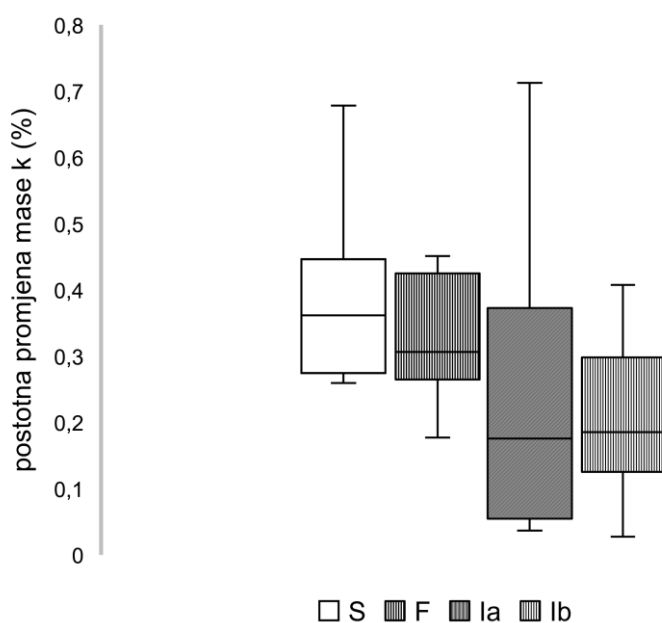
#### 4.4. Gubitak mase *M. leidy*

Statističkom analizom podataka potrošnje mase četiri grupe (S, F, Ia, Ib) (Slika 16.) (ANOVA,  $p < 0,05$ ,  $p = 4,84 \times 10^{-2}$ ) rebraša *M. leidy* dobiveni su sljedeći rezultati (Tablica 4.):

za skupinu S ( $n=10$ , med=0,36, min=0,26, max=0,67, SD=0,13, SE=0,04), za skupinu F ( $n=10$ , med=0,31, min=0,18, max=0,45, SD=0,09, SE=0,03), za skupinu Ia ( $n=10$ , med=0,18, min=0,04, max=0,71, SD=0,23, SE=0,07).

Tablica 4. - Rezultati Student t-testa ( $p < 0,05$ , *two-tail*) za gubitak mase rebraša *M. leidy* pri tri različita temperaturna tretmana (S 17°C, F 8°C, I 25°C).

p vrijednost	S	F	Ia	Ib
S		0,2059	0,0948	0,0043
F	0,2059		0,3174	0,0265
Ia	0,0948	0,3174		0,6741
Ib	0,0043	0,0265	0,6741	



Slika 16. *Box-plot* dijagram postotne promjene gubitka mase pri izgladnjivanju rebraša *M. leidy* obzirom na toplinski tretman (S 17°C, F 8°C, Ia i Ib 25°C) (ANOVA,  $p < 0,05$ ,  $p = 4,84 \times 10^{-2}$ ).

## 5. RASPRAVA

Tijekom 2016., 2017. i 2018. godine u akvatoriju Rovinja, (sjeverni Jadran, Hrvatska) zabilježena je prisutnost rebraša *M. leidy* u povremenim povećanim prosječnim abudancijama tijekom toplijeg dijela godine. U 2016. godini maksimalna izmjerena prosječna brojnost rebraša *M. leidy* od 20 jedinki po m<sup>3</sup> zabilježena je početkom kolovoza, no na pojedinim mjestima broj jedinki je dostizao i oko 250 jedinki po m<sup>3</sup>, a prisutnost je zabilježena od sredine srpnja do početka listopada. Naredne godine, 2017., maksimalna izmjerena prosječna brojnost rebraša *M. leidy* od 28 jedinki po m<sup>3</sup> zabilježena je u odnosu na 2016. godinu s odmakom, sredinom rujna, a na pojedinim mjestima broj jedinki po m<sup>3</sup> dosegnuo je oko 300. Prisutnost je zabilježena od početka srpnja do početka studenog. Prisutnost rebraša *M. leidy* u 2018. godini za razliku od prethodne dvije započela je kasnije početkom kolovoza do gotovo pred kraj listopada s karakteristikama periodične pojave rebraša. Maksimalna izmjerena prosječna brojnost po m<sup>3</sup> rebraša *M. leidy* je niža u 2018. godini od prethodnih, zabilježeno je 11 jedinki po m<sup>3</sup> sredinom rujna, a na nekim mjestima koncentracija rebraša bila je 200 jedinki po m<sup>3</sup>. Prosječna brojnost rebraša *M. leidy* (Slika 11., Slika 12., Slika 13.) prati godišnju dinamiku zooplanktona u sjevernom Jadranu (Slika 7.), te tijekom kasnog ljeta i početkom jeseni postiže svoj maksimum. Prikupljene jedinke *M. leidy* u periodu maksimalne rasprostranjenosti imale su prosječne biometrijske karakteristike; TL od 4,83 cm, BW od 3,36 cm, s prosječnim udjelom suhe tvari od 4,33 %. Izmjerene biometrijske karakteristike u periodu maksimalne biomase ukazuju na veliki broj spolno zrelih jedinki (TL>3 cm) (Sasson i Ryan, 2016). Spolne karakteristike r-selektivnog rebraša *M. leidy* omogućuju brzu izmjenu generacija s velikim brojem jedinki u larvalnom stadiju koji se hrani mikrozooplanktonom, stoga se može očekivati veliki utjecaj na njegovu brojnost i strukturu. Obzirom da se s porastom temperature metabolizam ubrzava (Clarke i Fraser, 2004), eksperiment potrošnje kisika rebraša *M. leidy* u uvjetima izgladnjivanja pokazao je očekivani porast potrošnje kisika s porastom temperature (Slika 14.) sa statistički značajnom razlikom među grupama (Tablica 3.). U uvjetima nedostatka hrane u okolišu može se očekivati najduže vrijeme preživljavanja rebraša *M. leidy* zimi u trajanju od oko 17 dana, proljeće u trajanju od 8 dana i ljeti 4 dana (Slika 15.). Eksperiment gubitka mase rebraša *M. leidy* nije pokazao statistički značajnu razliku između tretmana pri 17 °C i 8 °C, dok se kod tretmana od 25 °C statistički značajno razlikuje (Tablica 4.). Pri nižim temperaturama gubitak mase

prati letargični metabolizam rebraša *M. leidy*, dok pri višim temperaturama i izgladnjivanju jedinke rebraša podliježu stresu i ubrzano gube masu (Slika 16.), što dovodi do ubrzanog ugibanja primjeraka. Rasprostranjenost rebraša *M. leidy* prati sezonsku (ljetno-jesen) cirkulaciju vodenih masa sjevernog Jadrana. Frekvencija pojave na lokacijama uzorkovanja vjerojatno ukazuje na metapopulacijsku dinamiku pri kojoj se u akvatoriju Rovinja ljeti i u jesen pri maksimalnoj rasprostranjenosti i biomasi rebraša pojavljuju *sink* populacije (Costello i sur., 2012). Oceanografske karakteristike sjevernog Jadrana (područja slabe izmjene vodenih masa i slabo vertikalno miješanje vodenog stupca) uz otpornost rebraša *M. leidy* na niske temperature (Slika 15.) idealne su za preživljavanje holoplanktonskog rebraša *M. leidy* (Costello i sur., 2012). U sjevernom Jadranu nazočnost rebraša *M. leidy* u velikom broju tijekom ljeta i jeseni doprinosi želatinoznoj komponenti trofičkog sustava koja može izazvati negativne posljedice *bottom-up* kontrole (Barausse i sur., 2009) i za posljedicu smanjiti populacije protista, kopepoda, riba, školjkaša i ostalih karika hranidbenog lanca. Direktni pritisak rebraša *M. leidy* (kompeticija i predacija), uz ribarstvo (Cingolani i sur., 1996) može na sjeverno jadransku populaciju incuna pojačati efekte genetske i demografske stohastičnosti kroz efekt uskog grla. IUCN (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*) navodi *M. leidy* na crnoj listi morskih invazivnih vrsta u Mediteranu (47 vrsta) i predlaže regulaciju i tretman i/ili izmjene balastnih voda za prevenciju idućih introdukcija (Otero i sur., 2013). Ovaj rad ukazuje na važnost monitoringa populacije rebraša *M. leidy* u sjevernom Jadranu pošto rezultati ukazuju na potencijalni dugoročni opstanak vrste u ekosustavu na koji može imati značajne negativne posljedice za bioraznolikost, ribarstvo, gospodarstvo i turizam.

## 6. ZAKLJUČAK

1. Rebraš *Mnemiopsis leidyi* tijekom 2016., 2017. i 2018. godine krajem ljeta i početkom jeseni postiže svoj maksimum biomase s prosječnom abudancijom od oko 20 jedinki po m<sup>3</sup>, poglavito u površinskom sloju.
2. Tijekom 2016., 2017. i 2018. godine pri najvećoj prosječnoj abudanciji većina rebraša *Mnemiopsis leidyi* bila je spolno zrela.
3. U uvjetima nedostatka hrane i zimskim temperaturama Jadranskog mora rebraš *Mnemiopsis leidyi* može preživjeti oko 17 dana što mu može omogućiti dugoročni opstanak u sjevernom Jadranu.
4. Rebraš *Mnemiopsis leidyi*, r-selektivna vrsta, oportunistički organizam uz otpornost na niže temperature potencijalna je prijetnja ekosustavu sjevernog Jadrana.
5. Obzirom na povijest invazivnosti vrste rebraša *Mnemiopsis leidyi* i njenu potencijalnu opasnost na ekosustav sjevernog Jadrana, nastavak istraživanja i monitornog populacija od iznimne je važnosti.

## 7. LITERATURA

Acri, F., Aubry, B. F., Bastianini, M., Bianchi, F., Camatti, E., Cossarini, G., De Lazzari, A., Pugenetti, A., Socal, G., Solidoro, C. (2012) Plankton communities in the northern Adriatic Sea: Patterns and changes over the last 30 years. Elsevier, Coastal and Shelf Science, 115, 125-137

Agassiz., A., (1865) Illustrated catalogue of the museum of comparative zoology, at Harvard college. Dostupno na:

<https://www.biodiversitylibrary.org/item/16968#page/5/mode/1up>, 30.08.2019.

Aldrige, R. J., Gabbott, S. E., Pei-yun, C., Purnell, M. A., Siveter, D. J., Siveter, D. J., Williams, M., Xian-guang, H., Xiao-ya, M. (2017) The Cambrian Fossils of Chengjiang, China. The Flowering of Early Animal Life. John Wiley & Sons Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK

Allendorf, F. W., Baughman, S., Cabin, R. J., Cohen, J. E., Ellstrand, N. C., Holt, J. S., Lodge, D. M., McCauley, D. E., Molofsky, J., O'Neil, P., Parker, I. M., Sakai, A. K., Thompson, J. N., Weller, S. G., With, K. A. (2001) The Population Biology of Invasive Species. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 32:305-32

Ancona, S., Benzi, M., Bettoso, N., Camatti, E., Ercolessi, M., Ferrari, C.R., Goruppi, A., Lucić, D., Malej, A., Paliaga, P., Shiganova, T., Tirelli, V., Vodopivec, M. (2017) *Mnemiopsis leidyi* in the northern Adriatic: here to stay? Elsevier, Journal of Sea Research, 124, 10-16

Andrade, S. C. S., Combosch, D., Fernández, R., Giribet, G., Kocot, K. M., Laumer, C. E., Lemer, S., Riesgo, A., Sørensen, M. V., Sterrer, W. (2019) Revisiting metazoan phylogeny with genomic sampling of all phyla. Proceedings of the royal society B, 286:20190831

Andročec, V., Diković, S., Đakovac, T., Gajić-Čapka, M., Gjetvaj, G., Hršak, V., Janeković, I., Lončar, G., Matošević, D., Mrakovčić, M., Ozretić, B., Patarčić, M., Pollak, Z., Srnc, L., Tedeschi, S., Uhač, I. K., Uhač, M., Vouk, D., Zaninović, K. (2009) STUDIJA O UTJECAJU NA OKOLIŠ UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA «CUVI» I «MONSENA» U GRADU ROVINJU. 21-32

- Arneri, E., Cingolani, N., Giannetti, G. (1996) Anchovy fisheries in the Adriatic Sea\*. *Scientia Marina*, 60 (Supl. 2), 269-27
- Artoli, Y., Barausse, A., Duci, A., Mazzoldi, C., Palmeri, L. (2009) Trophic network model of the Northern Adriatic Sea: Analysis of an exploited and eutrophic ecosystem. Elsevier, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 83, 577-590
- Baxevanis, A. D., Blakesley, R. W., Brooks, S. Y., Gupta, J., Haddock, S. H., Martindale, M. Q., Pang, K., Park, M., Powers, M. L., Reitzel, A. M., Ryan, J. F., Schnitzler, C. E., Simmons, D., Tada, T., Yleokoyama, S. (2012) Genomic organization, evolution, and expression of photoprotein and opsin genes in *Mnemiopsis leidyi*: a new view of ctenophore photocytes. *BMC Biology*, 10:107
- Baxevanis, A. D., Dunn, C. W., Francis, R. W., Haddock, D. H. S., Havlak, P., Koch, B. J., Martindale, M. Q., Moreland, R. T., Mullikin, C. J., Nguyen, A., NISC Comparative Sequencing Program, Pang, K., Putnam, H. N., Ryan, F. J., Schnitzler, C. E., Simmons, D. K., Smith, A. S., Wolfsberg, G. T. (2013) The genome of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and its implications for cell type evolution. *Science*, 342(6164): 1242592
- Cebrian, E., Francour, P., Galil, B., Otero, M., Savini, D. (2013) Monitoring Marine Invasive Species in Mediterranean Marine Protected Areas (MPAs): A strategy and practical guide for managers. Malaga, Spain: IUCN. 136
- Cetinić, A. B., Čalić, M., Dulčić, J., Mikuš, J., Pećarević, M. (2013) Introduced marine species in Croatian waters (Eastern Adriatic Sea). *Mediterranean Marine Science*, 14/1, 224-237
- Clarke, A., Fraser, K. P. P. (2004) Why does metabolism scale with temperature? *Functional Ecology*, 18, 243-251
- Costello, H. J., Novak, D., Rapoza, R. (2005) Life-stage dependent, in situ dietary patterns of the lobate ctenophore *Mnemiopsis leidyi* Agassiz 1865. *Journal of plankton research*, vol. 27, br. 9, str. 951-956
- Costello, J. H., Bayha, K. M., Mianzan, H. W., Shiganova, T. A., Purcell, J. E. (2012) Transitions of *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora: Lobata) from a native to an exotic species: a review. *Hydrobiologia*, 690, 21-46



- Djavidnia, S., Kamburska, L., Schrimpf, W., Shiganova, T., Stefanova, K. (2006) Addressing the ecological issue of the invasive species. Special focus on the Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865) in the Black sea. EUR- Scientific and Technical Research Reports (EUR 22310 EN)
- Eschscholtz, F. (1829) System der Acalephen. Eine ausführliche Beschreibung aller medusenartigen Strahltiere. Ferdinand Dümmler, Berlin, 1-190, 116
- Fach, B., Oguz, T., Salihoglu, B. (2008) Invasion dynamics of the alien ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and its impact on anchovy collapse in the Black Sea. Journal of plankton research, vol. 30, 12, 1385-1397
- Fiori, E., Zavatarelli, M., Pinardi, N., Mazziotti, C., Ferrari, C. R. (2016) Observed and simulated trophic indeks (TRIX) values for the Adriatic Sea basin. Natural Hazards and Earth System Sciences, 16, 2043-2054
- Habdija, I., Matoničkin Kepčija, R., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011) PROTISTA – PROTOZOA METAZOA – INVERTEBRATA STRUKTURE I FUNKCIJE. Zagreb: ALFA d.d.
- IMO (2004) International convention for the control and management of ships' ballast water and sediments
- Molnar, J. L., Gamboa, R. L., Revenga, C., Spalding, M. D. (2008) Assessing the Global Threat of Invasive Species to Marine Biodiversity. Frontiers in Ecology and the Environment, Vol. 6, No. 9, 485-492
- Orlić, M., Gačić, M., La Violette, P. E. (1992) The currents and circulation of the Adriatic Sea. Oceanologica Acta vol. 15, 2, 109-124
- Pravilnik o upravljanju i nadzoru vodenog balasta. Pomorski zakonik, Narodne novine, NN 181/04, Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/310/Pomorski-zakonik>, 02.09.2019.
- Reeve., M. R., Walter, M. R., (1978) Laboratory studies of ingestion and food utilization in lobate and tentaculate ctenophores. Limnolgy, Oceanography., 23 (4), 740-751
- Sasson, D. A., Ryan, J. F. (2016) The sex lives of ctenophores: the influence of light, body size, and self-fertilization on the reproductive output of the sea walnut, *Mnemiopsis leidyi*. PeerJ 4:e1846

Uredba o sprječavanju i upravljanju unošenja i širenja invazivnih stranih vrsta, Uredba EU 1143/2014. Dostupno na: <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/1143/oj>, 02.09.2019.

## 8. DODATAK

### 8.1. Tablice direktnih mjerenja

Tablica 5. Brojnost rebraša *M.leidy* (Nm<sup>-3</sup>) u akvatoriju Rovinja tijekom 2016. godine.

Datum	Nm <sup>-3</sup>		
		14.09.2016.	0,001
1.6.2016.	0	15.09.2016.	0,5
15.6.2016.	0	20.09.2016.	0
1.7.2016.	0	27.09.2016.	3
10.7.2016.	0	28.09.2016.	1
15.7.2016.	0	29.09.2016.	0,703
18.7.2016.	0,01	30.09.2016.	3,5
20.7.2016.	0,1	01.10.2016.	2,9
23.7.2016.	0,5	02.10.2016.	0,86
24.7.2016.	0,7	03.10.2016.	0,93
26.7.2016.	0,7	04.10.2016.	3
30.07.2016.	1	05.10.2016.	1,6
31.07.2016.	1	06.10.2016.	1
5.08.2016.	2	07.10.2016.	11,02
6.8.2016.	2	09.10.2016.	0,0001
7.08.2016.	7,9	10.10.2016.	0,0001
8.08.2016.	20	11.10.2016.	0,25
10.08.2016.	7	12.10.2016.	0,5
11.08.2016.	5	13.10.2016.	0,1
12.08.2016.	0,5	16.10.2016.	0
15.08.2016.	0,3	29.10.2016.	0,25
16.08.2016.	0,1	1.11.2016.	0,01
17.08.2016.	5	4.11.2016.	0,005
18.08.2016.	1	9.11.2016.	3,5
20.08.2016.	0,01	12.11.2016.	0,5
23.08.2016.	0,5	14.11.2016.	0,1
24.08.2016.	0,4	17.11.2016.	0,0001
27.08.2016.	0,001	18.11.2016.	0
29.08.2016.	0,001	20.11.2016.	0,001
31.08.2016.	0,12	1.12.2016.	0
1.09.2016.	0,1	12.12.2016.	0
6.09.2016.	0,03	22.12.2016.	4
8.09.2016.	2		
10.09.2016.	0,0006		
12.09.2016.	0,00006		
13.09.2016.	0,0006		

Tablica 6. Brojnost rebraša *M.leidy* (Nm<sup>-3</sup>) u akvatoriju Rovinja tijekom 2017. godine.

Datum	Nm <sup>-3</sup>				
		22.05.2017.	0	16.07.2017.	3
31.03.2017.	0,0005	24.05.2017.	0,01	17.07.2017.	0,83
4.04.2017.	0,0005	30.05.2017.	0	18.07.2017.	2,5
5.04.2017.	0	1.06.2017.	0	19.07.2017.	2,6
6.04.2017.	0	2.06.2017.	0	20.07.2017.	4
7.04.2017.	0	3.06.2017.	0	21.07.2017.	4,5
8.04.2017.	0	4.06.2017.	0	22.07.2017.	4,5
9.04.2017.	0	5.06.2017.	0	23.07.2017.	0,75
10.04.2017.	0	6.06.2017.	0	24.07.2017.	3
15.04.2017.	0	7.06.2017.	0	25.07.2017.	0,001
16.04.2017.	0	8.06.2017.	0	26.07.2017.	2,23
17.04.2017.	0	9.06.2017.	3	27.07.2017.	2,7
18.04.2017.	0	11.06.2017.	0	28.07.2017.	2,7
19.04.2017.	0	12.06.2017.	0,001	29.07.2017.	1,3
20.04.2017.	0,0005	13.06.2017.	0	30.07.2017.	6
21.04.2017.	0	14.06.2017.	0	31.07.2017.	3,33
22.04.2017.	0	15.06.2017.	0	1.08.2017.	0,83
23.04.2017.	0	18.06.2017.	0	2.08.2017.	0,83
24.04.2017.	0	22.06.2017.	0	3.08.2017.	1
25.04.2017.	0	23.06.2017.	0	4.08.2017.	0,5
26.04.2017.	0	24.06.2017.	0	5.08.2017.	0,73
27.04.2017.	0	25.06.2017.	0	6.08.2017.	0,047
28.04.2017.	0	29.06.2017.	0,001	7.08.2017.	1
29.04.2017.	0	30.06.2017.	0	8.08.2017.	4
30.04.2017.	0	1.07.2017.	0	9.08.2017.	3
1.05.2017.	0	2.07.2017.	0	10.08.2017.	4
2.05.2017.	0	3.07.2017.	0	11.08.2017.	2,33
3.05.2017.	0	4.07.2017.	0	12.08.2017.	1,67
4.05.2017.	0	5.07.2017.	0,001	13.08.2017.	2
5.05.2017.	0	6.07.2017.	1,066667	14.08.2017.	1,83
6.05.2017.	0	7.07.2017.	3,016667	15.08.2017.	5
7.05.2017.	0	8.07.2017.	3,333333	16.08.2017.	7
8.05.2017.	0	9.07.2017.	1,333333	17.08.2017.	4
9.05.2017.	0	10.07.2017.	2	18.08.2017.	8
10.05.2017.	0	11.07.2017.	0,233333	19.08.2017.	7
12.05.2017.	0	12.07.2017.	4	20.08.2017.	5,33
19.05.2017.	3	13.07.2017.	0,7	21.08.2017.	10,66
20.05.2017.	0	14.07.2017.	6	22.08.2017.	10
21.05.2017.	0	15.07.2017.	4,5	23.08.2017.	7

24.08.2017.	7	7.10.2017.	0,23	16.11.2017.	0,3
25.08.2017.	5,67	8.10.2017.	0,01	17.11.2017.	0,3
26.08.2017.	3,33	9.10.2017.	0,01	18.11.2017.	0,3
27.08.2017.	8,33	10.10.2017.	0,02	19.11.2017.	0,2
28.08.2017.	4,33	11.10.2017.	0,001	20.11.2017.	0,1
30.08.2017.	4	12.10.2017.	0,001	21.11.2017.	0,1
31.08.2017.	2,33	13.10.2017.	1,5	22.11.2017.	0,0
1.09.2017.	0,27	14.10.2017.	0,01	23.11.2017.	0,0
2.09.2017.	0,137	15.10.2017.	0,017	24.11.2017.	0,0
3.09.2017.	0,1	16.10.2017.	0,01	25.11.2017.	0,0
5.09.2017.	0,167	17.10.2017.	0,01	26.11.2017.	0,1
6.09.2017.	0,867	18.10.2017.	0,023	27.11.2017.	0,2
7.09.2017.	0,2	19.10.2017.	0,016	28.11.2017.	0,2
8.09.2017.	1	20.10.2017.	0,03	29.11.2017.	0,3
9.09.2017.	0,167	21.10.2017.	0,067	30.11.2017.	0,3
10.09.2017.	0,167	22.10.2017.	0,06	1.12.2017.	0,0
11.09.2017.	0,01	23.10.2017.	0	2.12.2017.	0,0
12.09.2017.	0,1	24.10.2017.	2,5	3.12.2017.	0,0
14.09.2017.	0,73	25.10.2017.	0,0	4.12.2017.	0,0
15.09.2017.	0,83	26.10.2017.	0,4	5.12.2017.	0,0
16.09.2017.	0,47	27.10.2017.	0,5	6.12.2017.	0,0
17.09.2017.	1,16	28.10.2017.	0,4	7.12.2017.	0,0
18.09.2017.	1,67	29.10.2017.	0,6	8.12.2017.	0,0
19.09.2017.	2,1	30.10.2017.	4,3	9.12.2017.	0,0
20.09.2017.	6,67	31.10.2017.	3,5	10.12.2017.	0,0
21.09.2017.	28,33	1.11.2017.	4,3	11.12.2017.	0,0
22.09.2017.	20,67	2.11.2017.	4,7	12.12.2017.	0,0
23.09.2017.	7	3.11.2017.	1,7	13.12.2017.	0,0
24.09.2017.	2,33	4.11.2017.	1,0	14.12.2017.	0,0
25.09.2017.	2,33	5.11.2017.	7,0	15.12.2017.	0,0
26.09.2017.	2	6.11.2017.	0,9	16.12.2017.	0,0
27.09.2017.	0,57	7.11.2017.	0,4	17.12.2017.	0,0
28.09.2017.	1	8.11.2017.	5,0	18.12.2017.	0,0
29.09.2017.	0,35	9.11.2017.	0,0	19.12.2017.	0,0
30.09.2017.	1,83	10.11.2017.	0,0	20.12.2017.	0,0
1.10.2017.	1	11.11.2017.	0,0	21.12.2017.	0,0
2.10.2017.	0,43	12.11.2017.	0,1	22.12.2017.	0,0
3.10.2017.	0,1	13.11.2017.	0,1	23.12.2017.	0,0
5.10.2017.	0,63	14.11.2017.	0,1	24.12.2017.	0,1
6.10.2017.	0,037	15.11.2017.	0,2	25.12.2017.	0,1

26.12.2017.	0,2	28.12.2017.	0,1	30.12.2017.	0,0
27.12.2017.	0,1	29.12.2017.	0,0	31.12.2017.	0,0

Tablica 7. Brojnost rebraša *M.leidy* (Nm<sup>-3</sup>) u akvatoriju Rovinja tijekom 2018. godine.

Datum	Nm <sup>-3</sup>				
		8.9.2018.	0,001	17.10.2018.	2,333333
1.8.2018.	0	9.9.2018.	0,001	18.10.2018.	1,333333
2.8.2018.	0	10.9.2018.	0	19.10.2018.	6,333333
3.8.2018.	0,01	11.9.2018.	0	20.10.2018.	6,666667
4.8.2018.	0,5	12.9.2018.	0	21.10.2018.	2,166667
5.8.2018.	0,533333	13.9.2018.	0,133667	22.10.2018.	0,333333
6.8.2018.	1,666667	14.9.2018.	0,567	23.10.2018.	0,007
7.8.2018.	1,666667	15.9.2018.	2,333667	24.10.2018.	0,003333
8.8.2018.	2	16.9.2018.	10,26667	25.10.2018.	0,000333
9.8.2018.	3	17.9.2018.	10,83333	26.10.2018.	0
10.8.2018.	1,933333	18.9.2018.	4,366667	27.10.2018.	3,33E-05
11.8.2018.	0,366667	19.9.2018.	0,026667	28.10.2018.	0
12.8.2018.	0,166667	20.9.2018.	0,026667	29.10.2018.	0,0001
13.8.2018.	0,5	21.9.2018.	0,026667	30.10.2018.	0,0004
14.8.2018.	0,5	22.9.2018.	0,013333	31.10.2018.	0,0001
15.8.2018.	1	23.9.2018.	0,010667		
16.8.2018.	1,266667	24.9.2018.	0,013333		
17.8.2018.	2,233333	25.9.2018.	0,001		
18.8.2018.	1,036667	26.9.2018.	0,001		
19.8.2018.	0,07	27.9.2018.	0,001		
20.8.2018.	0,05	28.9.2018.	3,000333		
21.8.2018.	0,053333	29.9.2018.	7,67		
22.8.2018.	0,016667	30.9.2018.	8,7		
23.8.2018.	0,016667	1.10.2018.	8,000333		
24.8.2018.	0,02	2.10.2018.	2,666667		
25.8.2018.	0,016667	3.10.2018.	1,333333		
26.8.2018.	0,008333	4.10.2018.	0,001333		
27.8.2018.	0,011667	5.10.2018.	0,001		
28.8.2018.	0,004333	6.10.2018.	0,0001		
29.8.2018.	0,001	7.10.2018.	0,0001		
30.8.2018.	0,002333	8.10.2018.	0		
31.8.2018.	0,001667	9.10.2018.	0		
1.9.2018.	0,001	10.10.2018.	0,001		
2.9.2018.	0	11.10.2018.	0,01		
3.9.2018.	0,001	12.10.2018.	0,046667		
4.9.2018.	0,001	13.10.2018.	0,07		
5.9.2018.	0	14.10.2018.	0,166667		
6.9.2018.	0	15.10.2018.	7,333333		
7.9.2018.	0,001	16.10.2018.	6,666667		

Tablica 8. Biometrijski podaci *M. leidyi*.

Broj rebraša	TL (cm)	BW (cm)	Masa kadice (g)	WM (g)	DM (g)	Neto DM (g)	DM% (%)
1	6,1	4,1	0,92	43,11	3,17	2,25	5,22
2	5,6	3,8	0,77	37,66	2,49	1,72	4,57
3	4,9	3,1	0,69	18,69	1,52	0,83	4,44
4	1,6	0,9	0,41	1,49	0,49	0,08	5,37
5	5,1	3,6	0,46	32,35	1,9	1,44	4,45
6	4,6	3,3	0,5	12,39	1,05	0,55	4,44
7	4,6	3,9	0,41	15,16	1,13	0,72	4,75
8	6,7	4,4	0,46	30,12	1,88	1,42	4,71
9	5,2	4,1	0,49	37,13	2,16	1,67	4,50
10	5,6	4,1	0,43	29,78	1,92	1,49	5,00
11	4,7	3,7	0,51	20,8	1,55	1,04	5,00
12	7,1	4,4	0,47	33,89	2,03	1,56	4,60
13	4,2	2,9	0,43	13,1	1,03	0,6	4,58
14	6,1	3,9	0,63	27,21	1,87	1,24	4,56
15	4	2,5	0,37	18,72	1,27	0,9	4,81
16	4,9	3,4	0,26	16,33	1,04	0,78	4,78
17	5,6	4,1	0,4	30,28	1,81	1,41	4,66
18	3,5	2,4	0,23	6,22	0,54	0,31	4,98
19	5,4	4,1	0,27	22,86	0,65	0,38	1,66
20	5,1	3,2	0,25	18,55	1,13	0,88	4,74
21	2,8	1,8	0,24	8,37	0,36	0,12	1,43
22	2,6	2,2	0,24	10,2	0,44	0,2	1,96
23	5,1	3,3	0,52	18,47	1,32	0,8	4,33

Tablica 9. Otopljeni kisik (DO) po čaši u eksperimentu potrošnje kisika rebraša *M. leidy* pri temperaturnom tretmanu S.

Datum	1S	2S	3S	4S	5S	6S	7S	8S	9S	10S	XS	KS
12.11.2016.	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
13.11.2016.	77,5	79,7	78,1	74,3	73,1	73,8	80,1	72,6	78,3	70,3	81,6	88,4
14.11.2016.	73,8	73,7	74,6	57,2	72,3	73,5	77,5	70,5	75,1	63	78	88,3
15.11.2016.	62,2	50,8	70,4	34,7	66,1	68,4	52,1	36,7	66,9	33,4	76,2	86,7
16.11.2016.	38,2	38,9	68,9	28	61,2	61,3	36,2	34,2	63,9	32,2	67,6	86
17.11.2016.	24,9	27,1	64,9		59,5	59,1	28,6		61,6		36,1	84,5
18.11.2016.	23,5		62,5		49,4	57,2	22,1		59,9		28,5	83,8
19.11.2016.			60,2		36,3	55,1			58,4			82,4
20.11.2016.			57,6		25	52,4			56,1			80,2
21.11.2016.			56,5		14,4	49,4			54,8			79,5
22.11.2016.			53,8			47,6			53,1			79,1
23.11.2016.			35,8			29,1			51,9			79
24.11.2016.						24,3			50,4			79
25.11.2016.									49,1			78,9
26.11.2016.									48,3			78,7
27.11.2016.									44,6			77,8
28.11.2016.									41,2			76,9
29.11.2016.												
30.11.2016.												
01.12.2016.												



Tablica 10. Otopljeni kisik (DO) po čaši u eksperimentu potrošnje kisika rebraša *M. leidyi* pri temperaturnom tretmanu F.

Datum	1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	XF	KF
12.11.2016.	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
13.11.2016.	83,8	82,9	83,6	80	84	82,7	82	82,9	79,4	81,5	88	88,5
14.11.2016.	79,9	80,9	82,1	79,4	82,6	80,9	81,2	81,6	77,3	79,4	87,5	88,1
15.11.2016.	78,9	80	80,8	77,9	80,4	79,6	79,9	81	76,8	78,1	84,4	87,7
16.11.2016.	77,9	79,2	80,1	76,8	79,4	78,3	78,9	79,2	76,1	77,1	83	87,2
17.11.2016.	76,2	74,6	78,4	75	76,4	76,5	77,5	77,3	73,3	74,7	79,7	86,2
18.11.2016.	74,7	72,1	77,1	73,1	74,5	73	73,9	73	70,8	70,3	79,2	85
19.11.2016.	68,9	64,7	68,9	65,3	68,3	69	65,3	69,6	67,2	67,4	75,2	82,2
20.11.2016.	66,6	61,3	66,3	62,1	65,7	66,2	63,1	67,5	65,1	64,6	74,3	80,3
21.11.2016.	63,9	55,1	64,2	52,7	60,3	64,8	61,9	65,9	60,8	62,5	74	80
22.11.2016.	55,6	46,5	56,1	44,4	52,9	58,7	55,6	59,2	55,2	55,1	65	79,8
23.11.2016.	48,6	42,2	50,9	39,9	47,2	54,6	50	56,4	50,3	48,8	62,6	79,6
24.11.2016.	47	36,2	45,4	35,5	42,2	49,5		55,3	48,1	40	60,4	79
25.11.2016.	46,3		44,9		40,3	48,1		52,9	46,9	38,2	61,6	78,7
26.11.2016.	45,1		43,5		38,7	45		50,1	45,1	34,6	60,1	78,1
27.11.2016.	44		42,7			39		45,9	40,2	32	52,9	77,6
28.11.2016.	37,8		41,1					43,2		29,2		77
29.11.2016.			39,6					41				76,5
30.11.2016.			36,1					40				76,1
01.12.2016.			28,1					37,3				75,8

Tablica 11. Otopljeni kisik (DO) po čaši u eksperimentu potrošnje kisika rebraša *M. leidyi* pri temperaturnom tretmanu I.

Datum	1I	2I	3I	4I	5I	6I	7I	8I	9I	10I	KI
19.11.2016.	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
20.11.2016.	71,2	75,3	77,1	70,5	66,8	73,2	68,6	74	73,2	62,5	87,3
21.11.2016.	64,1	67,4	65,3	59,3	55,4	59,2	55,2	63,6	51,3	52,7	84,9
22.11.2016.	52,3		48,3	49		38,9		49,3			81,7
23.11.2016.				32,2				31,2			79,9
24.11.2016.											77,8

Tablica 12. Masa u gramima po čaši u eksperimentu gubitka mase rebraša *M. leidyi* pri temperaturnom tretmanu S.

Datum	1S	2S	3S	4S	5S	6S	7S	8S	9S	10S	XS	KS
12.11.2016.	448,44	425,73	430,54	435,75	432,96	438,89	433,47	444,19	423,96	443,8	436,95	380,76
13.11.2016.	447,91	425,43	430,24	435,13	432,05	438,17	432,61	444,06	423,43	442,97	431,69	380,73
14.11.2016.	447,13	424,91	429,64	434,34	431,52	437,79	432,34	443,61	422,42	442,85	422,16	380,65
15.11.2016.	446,82	424,74	429,21	433,41	430,55	437,03	431,86	443,27	422	441,98	414,98	380,54
16.11.2016.	446,68	424,5	428,9	432,73	430,2	436,8	431,2	442,8	420,9	441,35	406,6	380,49
17.11.2016.	446,02	423,2	428,47		429,37	435,83	430,71		420,47		394,82	380,15
18.11.2016.	445,22		427		428,18	435,31	430,15		419,86		381,79	379,7
19.11.2016.			426,53		427,79	434,82			418,8			379,43
20.11.2016.			425,89		427,39	434,45			418,31			379,11
21.11.2016.			425,52		427,15	434,17			417,82			378,94
22.11.2016.			424,92			433,19			416,57			378,42
23.11.2016.			424,35			432,61			416,01			377,96
24.11.2016.						432,51			415,43			377,91
25.11.2016.									414,88			377,52
26.11.2016.									414,43			377,32
27.11.2016.									414,11			377,11
28.11.2016.									413,51			377,01
29.11.2016.												
30.11.2016.												
01.12.2016.												

Tablica 13. Masa u gramima po čaši u eksperimentu gubitka mase rebraša *M. leidy* pri temperaturnom tretmanu F.

Datum	1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	XF	KF
12.11.2016.	438,73	435,49	430,9	451,52	463,1	416,43	468,35	428,85	436,07	429,82	419,54	387,28
13.11.2016.	438,44	435,13	430,57	451,19	462,83	416,2	468,15	428,54	435,87	429,6	412,43	387,12
14.11.2016.	438,11	434,79	430,21	450,93	462,47	415,91	467,91	427,68	435,64	429,27	407,88	387,05
15.11.2016.	437,48	434,46	429,99	449,91	461,95	415,66	467,8	427,59	435,39	428,94	403,28	387,01
16.11.2016.	437	434,3	429,3	448,9	461,59	415,2	467,5	427,49	435,3	428,61	397,3	387
17.11.2016.	436,93	434,02	429,2	448,29	461,33	414,95	466,96	427,38	435,1	428,33	394,21	386,96
18.11.2016.	436,71	433,53	429,07	447,35	461,1	414,75	466,4	426,97	434,88	428,12	390,94	386,85
19.11.2016.	436,3	433,4	428,53	446,21	460,68	413,84	466,11	426,68	434,62	427,63	386,89	386,76
20.11.2016.	435,94	432,74	428,16	446	460,31	413,47	465,83	426,24	434,26	427,42	382,68	386,59
21.11.2016.	435,71	432,43	428	445,83	460,07	412,77	465,6	425,91	434,03	427,13	378,15	386,46
22.11.2016.	435,39	432,25	427,77	445,61	459,51	412,56	465,36	424,68	433,83	426,63	377,16	386,34
23.11.2016.	433,9	432,06	427,2	445,21	458,71	412,25	465,16	424,56	433,45	426,45	376,68	386,25
24.11.2016.	433,72	431,8	426,91	444,8	457,3	412,02		424,27	433,2	426,1	366,52	386,15
25.11.2016.	433,6		426,73		456,1	411,69		423,82	432,83	425,88	365,12	386,08
26.11.2016.	433,16		425,11		455,71	411,04		422,16	431,23	425	363,2	386,01
27.11.2016.	433,01		424,92			410,6		422	430,13	424,2	360,16	385,97
28.11.2016.	432,5		423,96					420,53		423,16		385,81
29.11.2016.			423,38					419,81				385,73
30.11.2016.			422,92					419				385,62
01.12.2016.			422,53					418,52				385,5

Tablica 14. Masa u gramima po čaši u eksperimentu gubitka mase rebraša *M. leidyi* pri temperaturnom tretmanu Ia.

Datum	1Ia	2Ia	3Ia	4Ia	5Ia	6Ia	7Ia	8Ia	9Ia	10Ia	KIa
19.11.2016.	441,19	449,23	448,94	453,87	434,02	437,75	446,96	437,58	435,59	438,02	422,1
20.11.2016.	440,72	449,09	448,82	453,73	433,87	436,04	446,79	437,43	435,44	437,81	421,99
21.11.2016.	439,67	448,61	448,12	453,21	433,57	435,36	446,05	437,18		437,63	421,83
22.11.2016.	439,16					435,25				437,54	421,75

Tablica 15. Masa u gramima po čaši u eksperimentu gubitka mase rebraša *M. leidyi* pri temperaturnom tretmanu Ib.

Datum	1Ib	2Ib	3Ib	4Ib	5Ib	6Ib	7Ib	8Ib	9Ib	10Ib	KIb
23.11.2016.	439,89	440,42	440,65	434,77	435,25	442,02	438,36	431,14	431,76	439,6	425,17
24.11.2016.	439,52	440,13	440,07	434,48	434,6	441,32	438	430,54	431,55	439,35	424,98
25.11.2016.	439,15	439,73			434,16	440,95			431,37	439,04	424,84
26.11.2016.	438,68				433,83	440,66				438,8	424,64
27.11.2016.	438,58				433,64					438,52	424,55
28.11.2016.	438,51				433,57					437,83	424,49

## 8.2. Popis kratica

BW – širina tijela (*body width*)

DM – masa suhe tvari (*dry mass*)

DO – otopljeni kisik (*disolved oxygen*)

DW% - postotak suhe tvari

F – toplinski tretman 8 °C

I – toplinski tretman 25 °C

k – koeficijent postotne promjene mase po danu

K – zatvorena čaša bez rebraša

M% - prosječne postotne promjene mase

max – maksimum

med – srednja vrijednost

min – minimum

N – broj jedinki po m<sup>3</sup>

n – broj mjerenja

S – toplinski tretman 17 °C

SD – standardna devijacija

SE – standardna pogreška

TL – ukupna duljina tijela (*total lenght*)

WM – mokra masa (*wet mass*)

X – otvorena čaša bez rebraša

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Završni rad

Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

### **Brojnost, biometrijske karakteristike i metabolizam invazivnog rebraša *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 u rovinjskom priobalju od 2016. do 2018.**

MARIJA MLADINIĆ

Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora, G. Paliaga 5, 52210 Rovinj

#### **SAŽETAK**

Invazivnost rebraša *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865, najčešće uvedenim balastnim vodama, zajedno s pritiskom ribarstva ima potencijal restrukturiranja morskog ekosustava. U sjevernom Jadranu, važnoj ribarskoj regiji, rebraš *M. leidyi* pojavio se putem balastnih voda u značajnom broju 2016. godine u velikoj brojnosti tijekom ljeta i jeseni. Cilj ovog rada bio je opisati biometrijske karakteristike, metabolizam i prisutnost populacije rebraša *M. leidyi* u akvatoriju Rovinja od 2016. do 2018. godine. Zabilježena je godišnja periodična frekvencija pojave *M. leidyi* u akvatoriju Rovinja koja prati dinamiku populacija zooplanktona sjevernog Jadrana s maksimalnom prosječnom abudancijom od 20 jedinki po m<sup>3</sup> tijekom ljetno-jesenskog razdoblja. Rezultati eksperimenta potrošnje kisika i gubitka mase rebraša *M. leidyi* ukazuju na otpornost populacije na zimske uvjete sjevernog Jadrana i potencijalno dugoročno preživljavanje vrste u istom. 50 % jedinki rebraša *M. leidyi* u eksperimentalnim uvjetima izgladnjivanja na temperaturi od 8 °C ima može preživjeti 17 dana. Rebraš *M. leidyi* kompeticijom i predacijom uz pritisak ribarstva predstavlja direktnu prijetnju sjevernojadranskoj populaciji incuna. Ovaj rad ukazuje na potrebitost dodatnih istraživanja i monitoringa populacije *M. leidyi* sjevernog Jadrana.

**Ključne riječi:** *Mnemiopsis leidy*, invazivna vrsta, brojnost, metabolizam, akvatorij  
Rovinja, sjeverni Jadran

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Andrej Jaklin

doc. dr. sc. Paolo Paliaga

doc. dr. sc. Gioconda Milotti

**Ocjenjivači:** izv. prof. dr. sc. Mauro Štifanić

izv. prof. dr. sc. Dijana Pavičić-Hamer

izv. prof. dr. sc. Andrej Jaklin

doc. dr. sc. Paolo Paliaga

**Datum obrane:** 30.09.2019.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Juraj Dobrila University of Pula

Bachelor thesis

University Undergraduate Study Programme – Marine Sciences

### **The abundance, the biometric characteristics and the metabolism of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 in the coastal waters of the Rovinj from 2016 to 2018**

#### **SUMMARY**

The invasiveness of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865, mostly introduced by the ballast waters, together with the fisheries pressure has potential to reconstruct the marine ecosystem. In the northern Adriatic, the important fishery region, ctenophore *M. leidyi* was introduced by ballast water and it reached the significant abundance in the 2016 during the summer-fall period. The aim of the paper was to describe the biometric characteristic, the metabolism and the presence of the population of *M. leidyi* in the coastal waters of Rovinj from 2016 to 2018. In coastal waters of Rovinj, with the average maximum abundance of 20 individuals per m<sup>3</sup>, the annual periodical presence of the ctenophore *M. leidyi* which followed dynamic of the northern Adriatic zooplankton was recorded. Results of the experiment, the oxygen consumption and the loss of mass, showed the resistance of the population *M. leidyi* towards the winter conditions in the northern Adriatic and the potential of the species long term survival. The 50 % of the ctenophore *M. leidyi* individuals in the starvation experiment conditions showed survival of the 17 days period at the temperature of the 8 °C. The fisheries pressure with the competition and predation of the ctenophore *M. leidyi* represents the direct threat for the northern Adriatic anchovy population. This paper implies the necessity for the additional research and the monitoring of the northern Adriatic ctenophore *M. leidyi* population.



**Key words :** *Mnemiopsis leidyi*, invasive species, abundance, metabolism, Rovinj coastal waters, northern Adriatic

**Supervisor:** Assist. Prof. Andrej Jaklin, PhD

Paliaga Paolo, PhD

Gioconda Milotti, PhD

**Reviewers:** Assist. Prof. Mauro Štifanić, PhD

Assist. Prof. Dijana Pavičić-Hamer, PhD

Assist. Prof. Andrej Jaklin, PhD

Paolo Paliaga, PhD

**Thesis defence:** 30<sup>th</sup> September 2019