

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

ZAKLJUČNA NALOGA

EKOLOGIJA ŠKARDOBOLE (*Upogebia pusilla*) V
BIBAVIČNEM PASU SLOVENSKEGA MORJA

ZAKLJUČNA NALOGA

EVA HORVAT

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

**Ekologija škardobole (*Upogebia pusilla*) v bibavičnem pasu slovenskega
morja**

(Ecology of Mediterranean mud shrimp *Upogebia pusilla* in intertidal zone in Slovenia)

Ime in priimek: Eva Horvat

Študijski program: Biodiverziteteta

Mentor: prof. dr. Lovrenc Lipej

Somentor: asist. dr. Jure Jugovic

Koper, avgust 2013

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Eva HORVAT

Naslov zaključne naloge: Ekologija škardobole (*Upogebia pusilla*) v bibavičnem pasu slovenskega morja

Kraj: Koper

Leto: 2013

Število listov: 57 **Število slik:** 23 **Število preglednic:** 5

Število prilog: 8 **Število strani prilog:** 8

Število referenc: 32

Mentor: prof. dr. Lovrenc Lipej

Somentor: asis. dr. Jure Jugovic

UDK:

Ključne besede: *Upogebia pusilla*, Strunjan, Lazaret, populacijska dinamika, vertikalna dinamika, sezonska dinamika

Izvleček:

V zaključni nalogi smo raziskovali ekologijo škardobole (*Upogebia pusilla*) v bibavičnem pasu Slovenije. Za vzorčni mesti raziskave smo izbrali odprt zaliv Sv. Jerneja pri Lazaretu in pretočno laguno v Krajinskem parku Strunjan. Z izmeničnim vsakomesečnim celoletnim vzorčenjem smo beležili populacijske migracije in spremembe v spolni sestavi na treh ploskvah z različnih višin mediolitorala. Največ živali smo zabeležili v toplem delu leta, z viškom v juniju (248 živali). Vedno smo najvišjo abundanco zabeležili na najnižji vzorčni ploskvi (50 cm pod povprečno višino morja), medtem ko so bile najvišje ležeče vzorčne ploskve (50 cm nad povprečno višino morja) najmanj zasedene. Odstotek makrofitov je bil višji na Lazaretu, kjer smo ujeli več živali kot v Strunjanu (Lazaret: 44%, 660 živali; Strunjan: 36%, 491 živali). Sediment je na obeh vzorčnih mestih za škardobolo ustrezen, s prevladujočim finim peskom in grobim muljem. Skozi celotno vzorčenje smo na Lazaretu ujeli več samic (320) in v Strunjan več samcev (278), pozimi pa so na obeh vzorčnih mestih prevladovali samci. Naše podatke smo primerjali s podatki iz drugih študij in ugotovili, da živali iz naših vzorčnih mest spadajo med manjše na območju Sredozemskega morja.

Key words documentation

Name and SURNAME: Eva HORVAT

Title of the final project paper: Ecology of Mediterranean mud shrimp (*Upogebia pusilla*) in intertidal zone in Slovenia

Place: Koper

Year: 2013

Number of pages: 57

Number of figures: 23

Number of tables: 5

Number of appendices: 8

Number of appendix pages: 8

Number of references: 32

Mentor: prof. dr. Lovrenc Lipej

Co-mentor: asist. dr. Jure Jugovic

UDC:

Keywords: *Upogebia pusilla*, Strunjan, Lazaret, population dynamics, vertical distribution, seasonal dynamics

Abstract:

In final project we have studied ecology of Mediterranean mud shrimp (*Upogebia pusilla*) in intertidal zone in Slovenia. For our sampling localities a gulf of Sv. Jernej in Lazaret and Pretočna laguna in Nature park Strunjan were selected. In order to explore population migration and change in sex ratios, samples were collected bimonthly from each of the two sampling localities. Highest number of Mediterranean mud shrimp was collected during the warm part of the year, with the peak in June (248 animals). Abundances on the lowest sampling site (50 cm under the mean water line) were highest throughout the year, while on the highest sampling sites (50 cm above the mean water line) were always lowest. Percentage of macrophytes in Lazaret, where we captured more animals was higher than in Strunjan (Lazaret: 44%, 660 animals; Strunjan: 36%, 491 animals). For the Mediterranean mud shrimp, sediment type is suitable in both sampling locations, with prevailing fine sand and silt. During winter males were prevalent over females on both sampling locations. Nevertheless, more females in Lazaret (350) and more males in Strunjan (278) were collected. Mud shrimps from our research area are among the smallest in size from the Mediterranean Sea.

ZAHVALA

Hvala mentorju prof. dr. Lovrenc Lipeju za strokovni pregled zaključne naloge in za vsa strokovna gradiva, ki so mi pomagala, da sem se spoznala z biologijo in ekologijo škardobole ter mi pomagala pri pisanju naloge. Hvala tudi za vse popravke pri izdelavi dveh plakatov.

Hvala somentorju dr. Juretu Jugovicu, ki je diplomu idejno zasnoval in mi pri vsakem koraku stal ob strani. Ponosno lahko povem, da se je udeležil vseh dvanajstih terenov, ne glede na uro dneva oziroma noči ter ob vsakem vremenu. Hvala za kratkočasenje in klepet med laboratorijskim delom in za vso pomoč in popravke na vseh stopnjah nastajanja te naloge.

Hvala doc. dr. Bojanu Lazarju in dr. Andreju Sovincu za hiter pregled zaključne naloge in tehtne komentarje.

Hvala Liljani Rušnjak, ki me je vsak mesec zjutraj ali zvečer, med tednom ali čez vikend v laboratoriju ali domačem stanovanju počakala, da ji prinesem tri flaše vzorcev, ki so nato izpodrinile zamrznjeno zelenjavo ali knedeljčke v njenem zamrzovalniku. Zahvala gre tako tudi njeni družini za potrpežljivost in podporo. Seveda pa ji tudi sušenja po žveplu smrdečega sedimenta ne pozabim nikoli...

Hvala za podporo staršem, ki mi še vedno finančno in moralno omogočajo izobraževanje ter vse ostale dejavnosti. Hvala za zaupanje in možnost, da sama izbiram in iščem svoje poti. Hvala tudi bratu Lenartu za podporo in za vsa vprašanja.



Hvala Tjaši Zagoršek in Mitji Črnetu. Udeležila sta se skoraj vseh terenov ter se prav tako kot Jure na vremenske razmere in uro dneva nista preveč ozirala. Ko je bilo potrebno obut škornje in do kolen zariti v mehak mulj, sta to storila brez dodatnih vprašanj. Brez vajine pomoči bi nalogo le težko izpeljali do konca.

Hvala Neži Gregorčič, saj bi brez njene angažiranosti v diplomski manjkala marsikatera fotografija in tereni ne bi bili enaki brez nje.

Za hiter tempo dela nam je nekajkrat priskočil na pomoč tudi Martin Grando, ki nas je podučil kako bi najhitreje in v najkrajšem možnem času nabrali več kilogramov škardobol in za koliko bi jih tisti mesec lahko prodali na italijanski tržnici. K sreči za škardobole tega nismo preizkusili nikoli.

Hvala tudi Evi Praprotnik in Kaji Vukotič, ki sta nam na predbožični dan priskočili na pomoč.

Vsi, ki so se terenov udeležili so močno pripomogli, da sem lahko povzorčila vse ploskve ter da so se nam močno okrepile in povečale trebušne in lične mišice. Hvala vsem!

Hvala Sandri Špoljar in Simonu Potočniku za pomoč pri prvih korakih urejanja kazala.

Zahvala gre Petru Maričiču in Davorju Kuručevu, za pomoč pri iskanju primernih vzorčnih mest.

Hvala Dejanu Puterletu z Javnega zavoda Krajinski park Strunjan, ki je omogočil, da smo dobili dovoljenje za vzorčenje v Krajinskem parku Strunjan.

Hvala tudi ostalim sorodnikom, prijateljem in sošolcem, da me podpirate, spodbujate in stojite ob strani vedno, ko vas potrebujem.

KAZALO VSEBINE

| | |
|---|-----------|
| 1 UVOD | 1 |
| 1.1 NAMEN DELA IN HIPOTEZE | 2 |
| 1.2 BIOLOGIJA IN EKOLOGIJA ŠKARDOBOLE IZ SREDOZEMSKEGA MORJA | 3 |
| 2 MATERIAL IN METODE | 6 |
| 2.1 OPIS OBMOČJA RAZISKAVE | 6 |
| 2.2 METODE DELA | 8 |
| 2.2.1 OPIS METODE DELA IN MERITVE ABIOTSKIH DEJAVNIKOV | 8 |
| 2.2.1.1 Substrat | 11 |
| 2.2.1.2 pH in raztopljen kisik | 12 |
| 2.2.1.3 Temperatura | 12 |
| 2.2.1.4 Vhodi v rove | 12 |
| 2.2.2 OPIS METODE DELA IN MERITEV BIOTSKIH DEJAVNIKOV | 13 |
| 2.2.2.1 Pokrovnost | 13 |
| 2.2.2.2 Biometrija | 13 |
| 2.3 OBDELAVA PODATKOV | 14 |
| 2.3.1 RAČUNALNIŠKI PROGRAM | 14 |
| 2.3.2 ĀNKUBACIJSKA FORMULA | 14 |
| 2.3.3 RAZMERJE MED ŠTEVILOM VHODOV IN ROVOV | 14 |
| 3 REZULTATI IN DISKUSIJA | 15 |
| 3.1 REZULTATI | 15 |
| 3.1.1 ABIOTSKI DEJAVNIKI IN POKROVNOST | 15 |
| 3.1.1.1 Substrat | 15 |
| 3.1.1.2 pH | 16 |
| 3.1.1.3 Raztopljen kisik | 17 |
| 3.1.1.4 Temperatura | 18 |
| 3.1.1.5 Pokrovnost | 18 |
| 3.1.2 ABUNDANCA | 19 |
| 3.1.2.1 Razmerje med številom vhodov in številom živali | 19 |
| 3.1.2.2 Abundanca in spolna sestava na vzorčnih mestih | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.3 VELIKOST IN TEŽA ŽIVALI | 23 |
| 3.1.4 ĀNKUBACIJSKA FORMULA | 26 |
| 3.2 DISKUSIJA | 27 |
| 4 ZAKLJUČKI | 32 |
| 5 SEZNAM LITERATURE IN VIROV | 33 |
| 5.1 CITIRANI VIRI | 33 |
| 5.2 VIRI IZ MEDMREŽJA | 36 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|--|----|
| Preglednica 1: Protokol vzorčenj na vzorčnih ploskvah v Lazaretu in Strunjanu. _____ | 9 |
| Preglednica 2: Velikost frakcij v sedimentu glede na uporabljeno velikost mrežastega sipala. _____ | 11 |
| Preglednica 3: Primerjava števila vhodov in živali med različnimi vzorčnimi ploskvami v Lazaretu in Strunjanu na kvadratnem metru. _____ | 20 |
| Preglednica 4: Povprečna dolžina telesa ovigerih samic iz vzorčnih mest Lazaret in Strunjan. _____ | 25 |
| Preglednica 5: Približen inkubacijski čas škardobole izračunan na podlagi temperature in ob predpostavki, da so ovigere samice nosile popolnoma sveža jajca na dan vzorčenja. _ | 26 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| Slika 1: Škardobola, <i>Upogebia pusilla</i> (Gebiidea: Upogebiidae). Foto: N. Gregorič. | 2 |
| Slika 2: Raziskave na škardoboli so bile v Sredozemskem bazenu opravljene v Italiji, na Hrvaškem in v Grčiji (mesta, označena z rdečim krogcem). Mesti naših raziskav označujeta prazna kvadratka. | 3 |
| Slika 3: Geografski položaj vzorčnih mest na slovenski obali (zgoraj) in v območju vzorčenj (spodaj levo: Pretočna laguna v Strunjanu; spodaj desno: zaliv Svetega Jerneja v Lazaretu pri Ankaranu). | 6 |
| Slika 4: (a) Vzorčno mesto v pretočni laguni v Strunjanu. (b) Zaliv Svetega Jerneja v Lazaretu. Mesti vzorčenja v zgornjem mediolitoralu sta označena z elipsama. | 7 |
| Slika 5: (a) Položaj vzorčnih ploskev (površine 1 m ²) na treh višinah glede na povprečno (0 cm, med) višino morja (+50 cm, max; - 50 cm, min). (b) Vzorčna ploskev s stranico 1 m: koti so označeni s kovinskimi palicami. Prikazana je tudi meritev temperature sedimenta s firenškim termometrom. Foto: N. Gregorič. | 8 |
| Slika 6: Prognozirano plimovanje morja, primer plimovanja za september 2012. Prikazana je višina gladine morja (ordinata, v cm) glede na datum in čas dneva (abcisa). Vir: ARSO - Prognozirano plimovanje morja. | 10 |
| Slika 7: Tehtanje delcev substrata. Foto: L. Rušnjak. | 11 |
| Slika 8: Merjenje razdaj med dvema sosednjima vhodoma v rov. Foto: N. Gregorič. | 12 |
| Slika 9: Način meritev dolžine koša (CL) in dolžine telesa (TL) škardobole. Foto: N. Gregorič. | 13 |
| Slika 10: Velikost frakcij na obeh vzorčnih mestih v odstotkih. | 15 |
| Slika 11: Primerjava sedimenta med vzorčnimi lokacijami in ploskvami. Legenda: S – Strunjan, L – Lazaret; min = - 50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja. | 16 |
| Slika 12: pH vrednosti iz vzorčnih mest Strunjan in Lazaret. Legenda: min = - 50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja. | 17 |
| Slika 13: Vrednosti raztopljenega kislika iz vzorčnih ploskev. Legenda: min = - 50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja. | 17 |
| Slika 14: Mesečne temperature zraka z vzorčnih mest in ploskev (modri stolpci) ter temperature merjene v laboratoriju iz vzorcev vode (stolpci zelenih odtenkov), ki so bile | |

uporabljene za kemične analize. Legenda: min = - 50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja. _____ 18

Slika 15: Celoletna pokrovnost ploskev z vegetacijo obeh vzorčnih lokacij do 5 % natančno. Legenda: min: -50 cm, med: 0 cm, max: + 50 cm glede na povprečno višino morja. _____ 19

Slika 16: Spolna sestava živali na obeh vzorčnih mestih. _____ 21

Slika 17: Razmerje med spoloma v Lazaretu in Strunjanu. _____ 21

Slika 18: Število ovigerih samic na treh različnih vzorčnih ploskvah v Strunjanu in Lazaretu v letu 2012. _____ 22

Slika 19: Spolna in številčna dinamika skozi leto glede na vzorčno mesto: a. vse samice v Lazaretu (L), b. samci v Lazaretu, c. samice v Strunjanu (S), č. samci v Strunjanu. Legenda: L1, oktober 2011; S1, november; L2, december; S2, januar 2012; L3, februar; S3, marec; L4, april; S4, maj; L5, junij; S5, julij; L6, avgust; S6, september 2012; min = - 50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja. _____ 23

Slika 20: Povprečna velikost živali v Lazaretu (levi graf) in Strunjanu (desni graf) glede na spol in časovno komponento (oktober 2011 - september 2012). _____ 24

Slika 21: Primerjava razporeditev dolžin celotnega telesa (TL) živali vzorčnih mest v Lazaretu in Strunjanu. _____ 24

Slika 22: Primerjava razporeditev velikosti (TL) ovigerih samic, neovigerih samic (samice) in samcev skozi leto z vzorčnih mest v Lazaretu in Strunjanu. _____ 25

Slika 23: Celotna dolžina živali (TL, mm: levo) in teža živali (BM, g: desno) na vzorčnih mestih v Lazaretu in Strunjanu. _____ 26

KAZALO PRILOG

| | |
|--|----|
| Priloga A: Telesna dolžina (TL) samic na različnih vzorčnih mestih glede na mesec vzorčenja. | 40 |
| Priloga B: Telesna dolžina (TL) samcev na različnih vzorčnih mestih glede na mesec vzorčenja. | 41 |
| Priloga C: Srednje vrednosti in variacijski razpon za dolžino koša (CL), telesno dolžino (TL) in maso (BM) živali v Strunjanu in Lazaretu. N - število meritev. | 42 |
| Priloga D: Povprečne mesečne temperature za Portorož za obdobje vzorčenja v letih 2011/2012 (Vir: ARSO, Agencija republike Slovenije za okolje). | 43 |
| Priloga E: Najvišje število vhodov na posamezni vzorčni ploskvi v času vzorčenja. Vir podatkov: Lazaret, Strunjan: to delo; Gradež, Staranzano in Rovinj: Dworschak, 1988). | 44 |
| Priloga F: Začetek in konec reproduktivnega obdobja, abundanca in prevladujoči spol med vsemi vzorčnimi mesti (podatki iz naše raziskave in iz ostalih raziskav). Vir podatkov: Lazaret, Strunjan: to delo; Gradež, Staranzano in Rovinj: Dworschak, 1988; Delta Evros: Kevrekidis s sod., 1997; Dion: Conides s sod., 2012). | 45 |
| Priloga G: Največje, srednje velike in najmanjše živali iz različnih vzorčnih mest (podatki iz naše raziskave in iz ostalih raziskav). Vir podatkov: Lazaret, Strunjan: to delo; Gradež, Staranzano in Rovinj: Dworschak, 1988; Delta Evros: Kevrekidis s sod., 1997; Dion: Conides s sod., 2012). | 46 |
| Priloga H: Dovoljenje za vzorčenje škardobole v Krajinskem parku Strunjan. | 47 |

KAZALO KRATIC

ARSO - Agencija Republike Slovenije za okolje

BM - teža živali

CL - dolžina koša

IBŠ - Inštitut za biodiverzitetne študije

TL - dolžina celotnega telesa

ZRS - Znanstveno raziskovalno središče

ZZV - Zavod za zdravstveno varstvo

1 UVOD

Škardobola (*Upogebia pusilla*; Petagna, 1792) je eden izmed bolj pogostih deseteronožnih rakov (Decapoda) v mediolitoralu Sredozemskega morja (Slika 1; Dworschak, 1987a). Spada v družino Upogebiidae, ki so jo še nedavno uvrščali v podred Thalassinidea, sedaj pa sta ta podred zamenjala dva ločena podredova Axiidea in Gebiidea (Conides, 2012). Glede na novo klasifikacijo spada škardobola v podred Gebiidea (Conides, 2012).

Škardobola je razširjena ob vzhodni obali Atlantika do obal Mavretanije na jugu. Proti severu seže njen areal do obal Bretanije (Dworschak, 1987a, b; Dworschak, 1988; Kevrekidis s sod., 1997; Conides, 2012). Občasno se pojavlja tudi ob norveški obali (Dworschak, 1987a, b; Dworschak, 1988; Kevrekidis s sod., 1997; Conides, 2012). Zelo pogosta je v Sredozemskem in Črnem morju, pa tudi v Rdečem morju (Dworschak, 1987a, b; Dworschak, 1988; Kevrekidis s sod., 1997; Conides, 2012). Je evrihalina in evritermna vrsta, ki prebiva v asociaciji z morskimi travniki kolenčaste cimodoceje (*Cymodocea nodosa*), ki je značilna za biocenozo površinskih muljastih peskov v zavetnih legah (Lipej s sod., 2006).

Škardobola živi v obalnem pasu do 45 m globine, v pesku, mulju, glini in blatu (Dworschak, 1987b). Čeprav lahko izdeluje rove v različnih tipih srednje velikega sedimenta (Dworschak, 1987b), najraje izbira blatno peskast tip substrata, v katerem si naredi do skoraj pol metra globok rov, s premerom dobrih dveh centimetrov. Dworschak (1987b) je opazil, da škardobola v zgornjem mediolitoralu izkoplje znatno globlje rove (maksimalno 80 cm) kot v spodnjem mediolitoralu (do 20 cm). Stene rovov so navadno gladke in trdne, zgrajene iz finih delcev sedimenta. Značilnost te vrste in sorodne *Upogebia affinis* (Say, 1818) je, da sta sposobni "vrtnarjenja": živali stene rovov poravnajo z macerirano morskovo travo, na kateri se po določenem obdobju dekompozicije razrastejo mikroorganizmi, s katerimi se lahko hranijo (Dworschak, 1987; Griffis s sod., 1991). Rovi škardobole so »Y« oblike. V rov vodita iz površja dva vhoda, ki ju vidimo kot luknji. Vhoda se v sedimentu povežeta, kar omogoči, da se ustvari vodni tok. Za učinkovit pretok je pomembno, da se žival tesno prilega v rov; rak se lahko obrne le v posameznih razširjenih delih rova (Dworschak, 1983). Razporeditev vhodov po ploskvah je v večini primerov naključna, sezonske spremembe v gostoti vhodov na različno visokih ploskvah pa nizke (Dworschak, 1987a).

Raziskave različnih avtorjev (npr. Dworschak, 1988; Conides s sod. 2012) so pokazale, da se lahko velikost živali z različnih vzorčnih mest značilno razlikuje. Škardobola lahko živi več kot pet let (Dworschak, 1988).

Za vrsto je značilna spolna dvoličnost. Samci so težji od samic. Spolna dvoličnost se kaže v dolžini propodov (šestih, predzadnjih členih) na prvih pereopodih, ki so pri samcih daljši in težji glede na celotno telesno dolžino (Dworschak, 1988).

Ekosistem obalnih lagun je poseben tip estuarija, kjer prihaja do mešanja morske vode in sladke vode iz kopnega. Takšni sistemi predstavljajo okoli 12% svetovnih obal. Vodna telesa obalnih lagun so lahko izpostavljena močnim slanostnim nihanjem zaradi sezonskih padavin in evaporacije. V teh plitvih okoljih so sezonska temperaturna nihanja izrazitejša kot v odprtem morju. Stresni pogoji s katerimi se morajo vodne vrste soočiti v takšnih okoljih, se kažejo kot nizka biodiverziteteta v primerjavi z odprtim obalnim okoljem. Prav nasprotno pa so pregrade lagun in obalna mokrišča ekotoni, ki ustvarjajo različne habitate in omogočajo visoko stopnjo biodiverzitetete (Rutger de Wit, 2011).

Škardobolo ribiči že stoletja uporabljajo kot živo vabo pri ribolovu na skoraj vseh območjih njene razširjenosti. Ponekod je lov na te živali zaradi športnega ribolova in degradacije okolja tako velik, da bodo potrebni ukrepi zaščite območja in s tem zavarovanje vrste (Conides s sod., 2012).



Slika 1: Škardobola, *Upogebia pusilla* (Gebiidea: Upogebiidae). Foto: N. Gregorič.

1.1 Namen dela in hipoteze

Namen zaključnega seminarskega dela je predstaviti podatke o ekologiji vrste *Upogebia pusilla* (Slika 1) z dveh vzorčnih mest v mediolitoralumu na slovenski obali.

V tej luči smo postavili naslednje delovne hipoteze:

1. Abundanca in spolna struktura škardobole se spreminjata glede na letni čas, vzorčno ploskev in vzorčno mesto;

2. Nihanja v abundanci so povezana z nekaterimi biotskimi in abiotskimi dejavniki;
3. Živali iz obeh vzorčnih mest se razlikujejo v nekaterih biometrijskih značilnostih.

Hipoteze smo preverjali eno leto z vsakomesečnim kvantitativnim vzorčenjem škardobol v času najnižje oseke. Vzorčenje je potekalo izmenično na eni od dveh vzorčnih mest – v pretočni laguni v Strunjanu in v zalivu Sv. Jerneja (Lazaret pri Ankaranu). Zbrane živali smo s treh vzorčnih višin (vzorčnih ploskev velikosti 1 m²) znotraj mediolitoralnega pasu, pol metra nad (+ 50 cm), pol metra pod (- 50 cm) in v povprečni višini morja (0 cm) prešteli, analizirali njihovo populacijsko strukturo in vsaki živali izmerili nekaj osnovnih biometrijskih značilnosti. Obenem smo na vseh vzorčevanjih spremljali izbrane biotske in abiotske dejavnike na vzorčnih ploskvah.

1.2 Biologija in ekologija škardobole iz Sredozemskega morja

Biologija in ekologija škardobole sta v širši okolici slovenske obale razmeroma dobro raziskani. Za sedaj tovrstnih podatkov za Slovenijo še ni. Znani so podatki s treh območij v severnem Jadranu in dveh iz Egejskega morja v Grčiji (gl. Slika 2).



Slika 2: Raziskave na škardoboli so bile v Sredozemskem bazenu opravljene v Italiji, na Hrvaškem in v Grčiji (mesta, označena z rdečim krogcem). Mesta naših raziskav označujeta prazna kvadrata.

Gradeška laguna se nahaja na najbolj severnem delu Jadranskega morja, med ustjem rek Tilmenta (Tagliamento) in Soče (Dworschak, 1987b). Lido di Staranzano leži južno od Tržiča (Monfalcone), tik pred ustjem reke Soče (Dworschak, 1987b). Območje raziskave

pri Rovinju leži južno od Limskega kanala v hrvaški Istri (Dworschak, 1987b). Lokaciji iz Grčije pa se nahajata v zalivu Dion in na severo zahodnem delu delte Evros (Kevrekidis s sod., 1997; Conides s sod., 2012).

Podatki o abiotskih in biotskih dejavnikih, biometriji škardobole ter njeni populacijski strukturi s teh območij so zbrani v nadaljevanju (gl. tudi Priloge E, F, G).

V severnem Jadranu so škardobolo našli v različnih tipih sedimenta, od finega peska do peska srednje velikosti na višjih ploskvah, na nižjih pa v sedimentu mulja in gline (Dworschak, 1987b). Tudi v Grčiji so škardobolo zabeležili v sedimentu velikosti delcev finega peska in peska srednje velikosti (Kevrekidis s sod., 1997). pH lagunskih voda variira na Gradežu vse od 7 do 8,5 (Dworschak, 1987b), v Rovinju pa se giblje okoli 8 (Dworschak, 1987b). Za druga vzorčna mesta vrednosti pH niso podane. Slanost morja podajajo le za gradeško laguno, kjer znaša med 23 in 33 ‰ (Dworschak, 1988). Povprečna letna temperatura vode v zahodni Grčiji (zaliv Dion: 20,05°C) presega vrednosti iz severne Grčije (delta Evros: 14,4°C) in severnega Jadrana (16,0°C; Conides s sod., 2012).

Za severni Jadran so znani tudi podatki o prisotnosti makrofitov v življenjskem okolju škardobole. V Gradežu območje "barene" (kopno, ki se pojavi samo ob oseki) gosto naseljuje morsko metličje (*Spartina maritima*), bibavični pas pa redki travniki male morske trave (*Zostera noltii*) ali ga sploh ne. Gostejše travnike so zabeležili v Staranzanu, zelo goste pa v Rovinju (Dworschak, 1987b; gl. Priloga F). Številne globoke kanale Limskega kanala pri Rovinju preraščajo slanuše (*Arthrocnemum* sp.). Od tod proti morju sediment preraščata mala morska trava in kolenčasta cimodoceja (Dworschak, 1987b). V globji vodi obalnega pasu v Staranzanu rastejo zaplate metličja, plitvejši del pa je porasel z malo morsko travo. Ob spodnjem delu mediolitoralnega pasu območje gosto naseljuje kolenčasta cimodoceja (Dworschak, 1987b).

V Gradežu samci v povprečju merijo med 55 in 61 mm, samice pa med 46 in 52 mm. Največje živali iz Staranzana dosegajo podobne dolžine kot živali iz Gradeža (66 mm samci, 60 mm samice). V Rovinju so nekoliko manjše, saj je največja izmerjena žival merila 47 mm (Dworschak, 1988).

Spolna dvoličnost v telesni velikosti je pri škardoboli ponekod dobro razvidna (Gradež: samci večji od samic; Dworschak, 1988) drugod pa slabše (npr. Rovinj, Staranzano; gl. Priloga G). Razmerje med spoloma se med različnimi območji razlikuje. V Gradežu so samci številčno prevladovali od marca do julija, po juliju samice, z največjim številom v oktobru, ko so predstavljale kar 75% populacije (gl. Priloga E; Dworschak, 1988). Samice

so prevladovali tudi v Rovinju (Dworschak, 1988) ter v zalivu Dion (Conides, 2012). V Staranzanu pa so večinoma ujeli več samcev (Dworschak, 1988).

Vhodi v rove škardobol se na Gradežu pojavijo na globini 20 cm in njihovo število narašča vse do globine 50 cm, kjer je gostota največja (417 lukenj na kvadratni meter; Dworschak, 1987b). Povprečna gostota vhodov v Staranzanu v rove je na povprečni višini morja znašala štiri vhode na kvadratni meter in se je z globino povečevala. Število vhodov je bilo večje v zaplatah prave morske trave (*Zostera marina*; Dworschak, 1987b). Ott in sod. (1976) so v Rovinju zabeležili med 310 vhodov/m² (10–20 cm pod najvišjo gladino) in 1040 vhodov/m² (40–50 cm pod najvišjo gladino) ter pri začetku kanala (smer morje-obala) med 130 in 860 vhodov/m² v mesecu februarju (Dworschak, 1987b).

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Opis območja raziskave

Vzorčenje je potekalo enkrat mesečno v času najnižje mesečne oseke, izmenjujoče v Lazaretu in Strunjanu (Slovenija, Slika 3).



Slika 3: Geografski položaj vzorčnih mest na slovenski obali (zgoraj) in v območju vzorčenj (spodaj levo: Pretočna laguna v Strunjanu; spodaj desno: zaliv Svetega Jerneja v Lazaretu pri Ankaranu).

- a) Lazaret (45° 32' 52" N in 13° 46' 8" E)

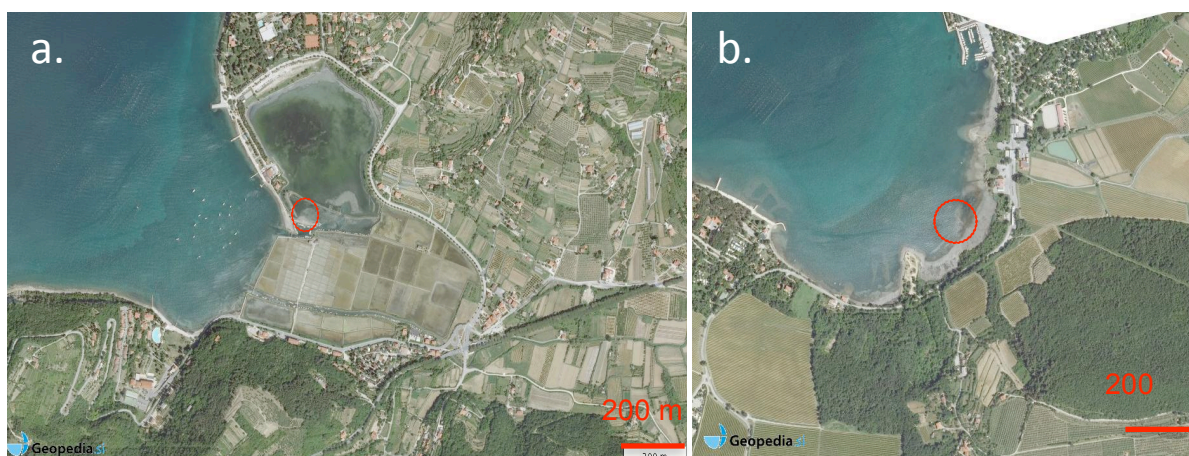
Lazaret leži ob slovensko-italijanski državni meji, ob zalivu Sv. Jerneja (Slika 3). V zaledju prevladujejo kmetijske površine (vinogradi, njive, nasadi oljk). V morje se na tem območju izliva pet kanalov, ki ne povzročajo večjih hidromorfoloških obremenitev (http://www.arhiv.mop.gov.si/.../porocilo_jadran.pdf, 3.1.2013). Na tem delu obale prevladuje mala morska trava. Pojavljajo se naplavljeni ostanki prave morske trave in kolenčaste cimodoceje (Glasnović, 2006). Zgornji del mediolitorala je skoraj neporaščen. Tu vseeno najdemo nekaj modrozelenih cepljivk in alg. Višji deli zgornjega mediolitorala prehajajo v halofitno vegetacijo metličja in ostrega ločja (*Juncus acutus* L; Glasnović, 2006).

b) Strunjan; Pretočna laguna (45° 31' 30" N in 13° 36' 20" E)

Pretočna laguna se nahaja v Krajinskem parku Strunjan in je del strunjanskega lagunskega sistema, ki ga sestavljata dva predela: velika laguna (Stjuža) in pretočna laguna, ki Stjužo povezuje z morjem (Lipej in Makovec, 1997). Pred vzorčenjem škardobole smo si pridobili dovoljenje s strani parka (gl. prilogo H). Stjuža (ital. *chiuso* – zaprto) predstavlja edino morsko laguno na slovenski obali. Morske lagune so v Jadranskem morju zelo pogost tip obale, predvsem na severnem delu zahodne obale. V preteklosti so v Stjuži gojili ribe, danes pa je ta dejavnost opuščena. Laguna je zelo plitva, nivo in gibanje vode pa je močno odvisno od plimovanja.

V pretočno laguno vodi izpust meteornih vod in iz zahodne strani manjši potok z vodo le ob deževju. Takrat lahko vanjo pritekajo meteorne vode, ki spirajo lokalne ceste in okoliške kmetijske površine (Lotrič s sod., 2010). Območje je s pregrado zaščiteno pred valovanjem in morskimi tokovi (Slika 4). Do odprtega morja vodi en kanal. Območje Stjuže je znano po številnih vrstah ptic, kar mu omogoča pestro življensko okolje (<http://www.zrsvn.si/...informacija=523>; 12.11. 2012).

V pretočni laguni je vegetacija mozaično strukturirana (Kaligarič s sod., 2005). Dno lagune prekrivajo morske cvetnice – kolenčasta cimodoceja ter prava in mala morska trava. Slednja prevladuje (Jogan s sod., 2004). Sediment v Stjuži je mulj aluvialnega značaja (Jogan s sod., 2004).



Slika 4: (a) Vzorčno mesto v pretočni laguni v Strunjanu. (b) Zaliv Svetega Jerneja v Lazaretu. Mesti vzorčenja v zgornjem mediolitoralu sta označena z elipsama.

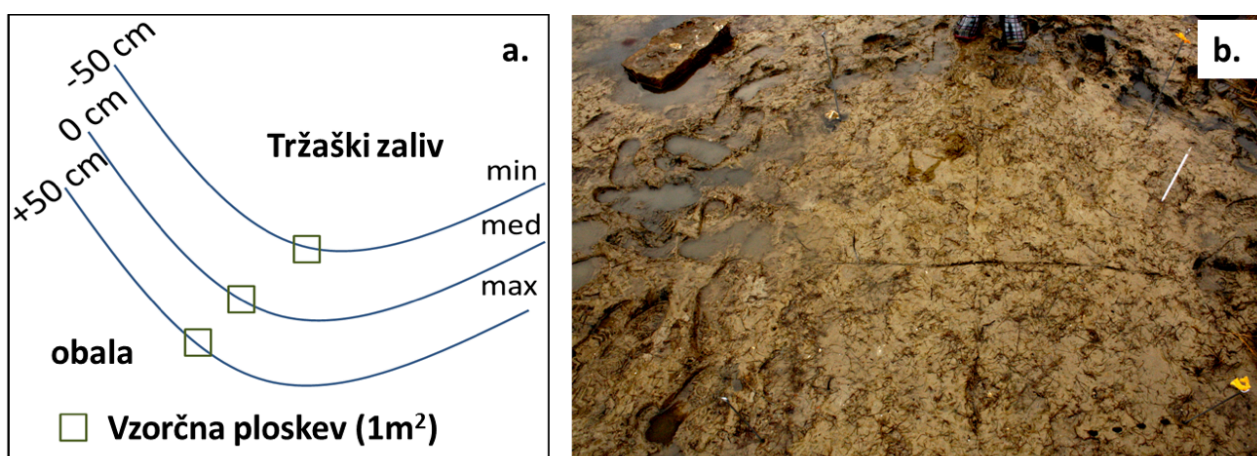
2.2 Metode dela

2.2.1 Opis metode dela in meritve abiotskih dejavnikov

Na vsakem od obeh vzorčnih mest (Strunjan in Lazaret) smo izbrali tri vzorčne ploskve (Slika 5a) na različnih višinah mediolitorala. Glede na podatke o plimovanju v slovenskem morju (ARSO; Slika 6; Prognozirano plimovanje morja, 2012), smo za vsako mesečno vzorčenje izbrali datum, ko je gladina morja padla vsaj 50 cm in več pod povprečno višino morja. Ti podatki so nam pomagali tudi pri določitvi višine gladine morja v odvisnosti od časa. Protokol z osnovnimi podatki o vzorčenjih je zbran v Preglednici 1.

Vzorčenje vzorčnih ploskev z istega vzorčnega mesta v zaporednih vzorčenjih nismo ponavljali, ker bi na ta način preverjali rekolonizacijo živali. Zaporedna vzorčenja smo ponavljali v bližini starih ploskev, da bi bili podatki kar najbolj primerljivi.

Vzorčili smo z vilami s širokimi zobmi dolžine 25 cm. Vile smo potisnili v sediment in jih privzdigovali tako, da je voda v sedimentu brizgnila na površino skozi odprtine rogov. Če sediment sam ni vseboval dovolj vode, da bi dosegli ta učinek, smo ga dodatno polili z morskovo vodo. Kjer je bila podlaga zelo mehka, je za povzročitev kroženja vode skozi sediment zadoščal že pritisk noge na podlago. Na ta način smo, kjer je to bilo mogoče in primerno, dopolnili metodo zbiranja živali. Ob vsakokratnem vzorčenju smo pregledali celotno vzorčno ploskev in pobirali škardobole, ki so zaradi motenj prišle na površino.

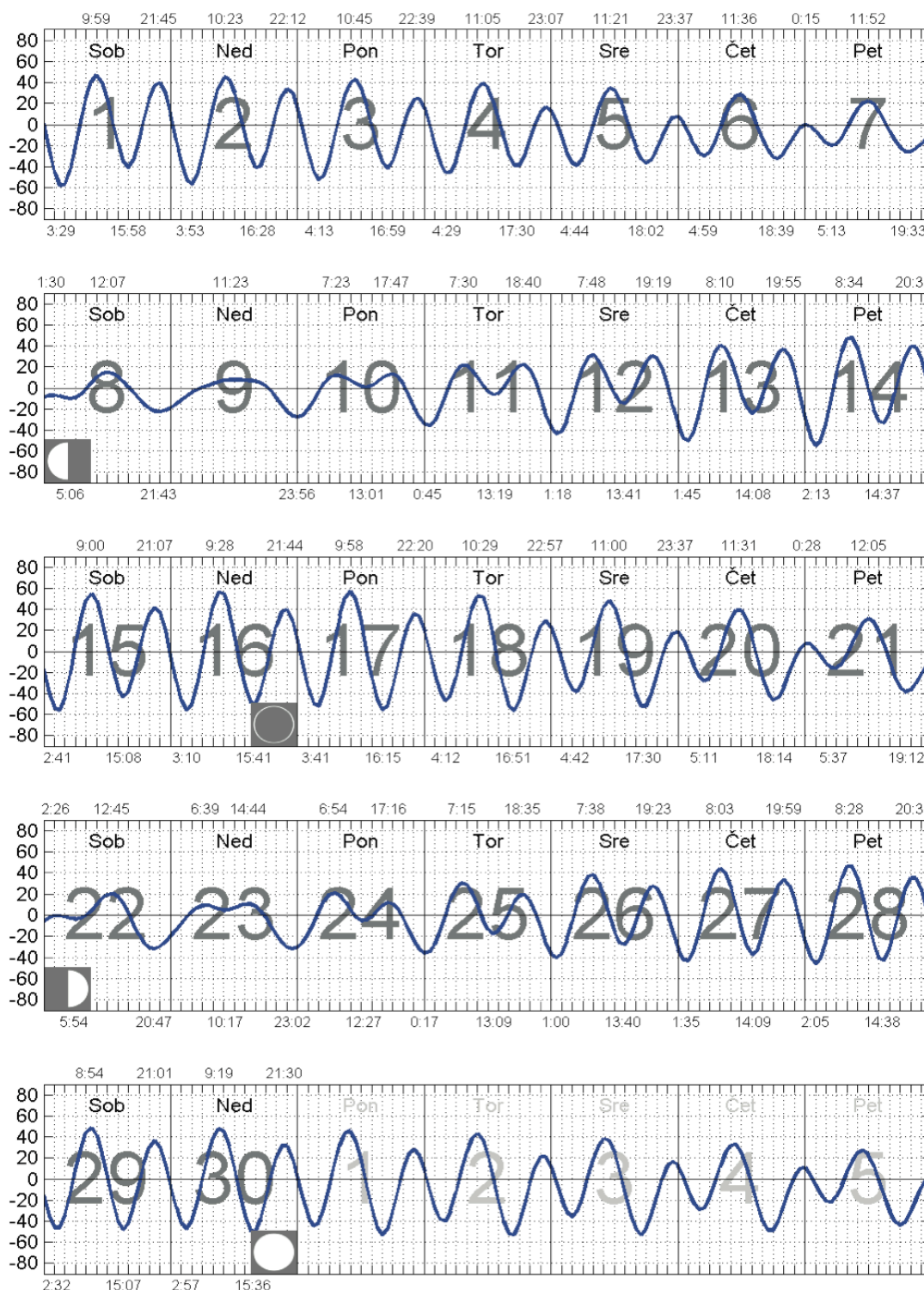


Slika 5: (a) Položaj vzorčnih ploskev (površine 1 m²) na treh višinah glede na povprečno (0 cm, med) višino morja (+50 cm, max; - 50 cm, min). (b) Vzorčna ploskev s stranico 1 m: koti so označeni s kovinskimi palicami. Prikazana je tudi meritev temperature sedimenta s firenškim termometrom. Foto: N. Gregorič.

Preglednica 1: Protokol vzorčenj na vzorčnih ploskvah v Lazaretu in Strunjanu.

| Lokacija | Datum | Ura | | | Najnižja dosežena gladina (čas) |
|----------|------------------|-------|-------|-------|---------------------------------|
| | | + 50 | 0 | - 50 | |
| Lazaret | 25. oktober 11 | 15:48 | 15:09 | 14:34 | - 60 cm (14:30) |
| Strunjan | 26. november 11 | 13:00 | 14:10 | 15:50 | - 60 cm (16:00) |
| Lazaret | 23. december 11 | 13:00 | 14:30 | 13:50 | - 58 cm (14:48) |
| Strunjan | 21. januar 12 | 14:05 | 12:30 | 11:45 | - 60 cm (14:35) |
| Lazaret | 19. februar 12 | 11:30 | 14:55 | 14:20 | - 57 cm (14:20) |
| Strunjan | 6. marec 12 | 10:40 | 13:30 | 14:15 | - 54 cm (14:30) |
| Lazaret | 6. april 12 | 5:30 | 4:50 | 4:00 | - 55 cm (04:05) |
| Strunjan | 8. maj 12 | 6:20 | 5:43 | 5:10 | - 64 cm (05:35) |
| Lazaret | 4. junij 12 | 6:00 | 5:20 | 4:40 | - 70 cm (04:15) |
| Strunjan | 4. julij 12 | 5:45 | 3:50 | 5:00 | - 70 cm (04:40) |
| Lazaret | 21. avgust 12 | 6:50 | 6:15 | 5:45 | - 44 cm (06:00) |
| Strunjan | 16. september 12 | 16:10 | 17:45 | 17:38 | - 51 cm (04:10) |

September



 AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Slika 6: Prognozirano plimovanje morja, primer plimovanja za september 2012. Prikazana je višina gladine morja (ordinata, v cm) glede na datum in čas dneva (abcisa). Vir: ARSO - Prognozirano plimovanje morja.

2.2.1.1 Substrat

Na obeh vzorčnih mestih smo enkrat v času celoletnega vzorčenja vzeli tudi vzorec sedimenta iz vseh treh višin vzorčnih ploskev (6. april 2012 – Lazaret; 8. maj 2012 – Strunjan). Kasneje smo jih analizirali v laboratoriju Zavoda za zdravstveno varstvo v Kopru (ZZV).

Zbran sediment iz vzorčnih ploskev je Liljana Rušnjak (ZZV Koper) posušila. Osušen sediment smo nato razdrobili s pomočjo terilnice in ga presipali skozi sita z različno velikimi mrežami. Tako smo dobili frakcije sedimenta z naslednjimi premeri delcev: >2 ; >1 ; $>0,5$; $>0,2$; $>0,1$; $>0,05$ in $<0,05$ mm (Preglednica 2). Delce na situ smo stehali (Slika 7) in izračunali njihova razmerja v vzorcu ter jih razlagali kot deleže za posamezno vzorčno ploskev. Vzorca iz povprečne in najvišje vzorčne ploskve sta bila večja (> 800 g) kot vzorec iz najnižje ploskve (> 180 g).



Slika 7: Tehtanje delcev substrata. Foto: L. Rušnjak.

Preglednica 2: Velikost frakcij v sedimentu glede na uporabljeno velikost mrežastega sipala.

| Velikost mrežastega sipala (mm) | Poimenovanje frakcij |
|---------------------------------|-------------------------|
| $2 < 75$ | Prod |
| < 1 | Prod srednje velikosti |
| $< 0,5$ | Grob pesek |
| $< 0,2$ | Pesek srednje velikosti |
| $< 0,1$ | Fin pesek |
| $< 0,05$ | Grob mulj |
| $> 0,05$ | Mulj |

2.2.1.2 pH in raztopljen kisik

Iz luž z morskovo vodo v odtisih čevljev v sedimentu, ki so nastali med vzorčenjem v neposredni bližini vsake vzorčne ploskve, smo vzeli vzorec vode, ga shranili v prozorno plastenko in vzorce takoj po terenskem delu odnesli na v ZZV.

Liljana Rušnjak je iz vzorcev vode v laboratoriju izmerila pH vrednost in vsebnost kisika [mg O₂/l]. Meritve so bile opravljene s terenskim merilcem Muti 3420 proizvajalca Wissenschaftlich-Technische-Werkstätten, na katerega je priključila elektrodo za meritev pH oziroma elektrodo za meritev kisika.

2.2.1.3 Temperatura

Izmerili smo temperaturo zraka, morja in podlage, ki je bila merjena v globini 10 cm. Za merjenje temperature sedimenta in morja smo uporabili firenški termometer z alkoholom (gl. Sliko 5b). Temperaturo zraka, izmerjeno na terenu, smo dopolnili s povprečnimi mesečnimi podatki iz spletne strani ARSO (<http://meteo.arso.gov.si/.../archive/>; 15. 11. 2012).

2.2.1.4 Vhodi v rove

Ob vsakokratnem vzorčenju je vzorčno ploskev predstavljal kvadrat velikosti 1 m² (Slika 5a) na vsaki od treh višin. V vsakem kvadratu smo najprej prešteli število vhodov, ki vodijo v rove, za katere smo domnevali, da pripadajo škardoboli. Na vsaki vzorčni ploskvi smo med naključno izbranimi sosednjimi vhodi izmerili 10–12 razdalj (Slika 8).



Slika 8: Merjenje razdaj med dvema sosednjima vhodoma v rov. Foto: N. Gregorič.

2.2.2 Opis metode dela in meritev biotskih dejavnikov

2.2.2.1 Pokrovnost

Zabeležili smo oceno poraščenosti vzorčne ploskve z morskó vegetacijo. Oceno smo zaokrožili na 5 % pokrovnosti vzorčne ploskve natančno.

2.2.2.2 Biometrija

Laboratorijsko delo smo opravili na Znanstveno-raziskovalnem središču, v laboratoriju Inštituta za biodiverzitetne študije v Izoli (UP ZRS IBŠ). Pred tehtanjem smo živali iz etanola prestavili v suho posodo. Mokro težo živali (BM) smo zapisali v gramih. Po tehtanju smo izmerili dolžino koša (CL) in dolžino telesa (TL). Način dolžinskih meritev je prikazan na Sliki 9. Zabeležili smo spol živali in prisotnost jajc pri samicah.

Vsako žival smo etiketirali. Vsaka etiketa je vsebovala: 1) dvomesečje, ki je združevalo po en vzorec iz vsakega od vzorčnih mest (I: oktober in november, II: december in januar; III: februar in marec; IV: april in maj; V: junij in julij; VI: avgust in september), 2) okrajšavo za ime lokacije (L: Lazaret; S: Strunjan), 3) vzorčno ploskev (A: + 50 cm; B: 0 cm; C: - 50 cm) ter 4) zaporedno številko živali. Živali smo po merjenju shranili nazaj v 75 % etanol in jih shranili na IBŠ.



Slika 9: Način meritev dolžine koša (CL) in dolžine telesa (TL) škardobole. Foto: N. Gregorič.

2.3 Obdelava podatkov

2.3.1 Računalniški program in statistična analiza

Zbrane podatke smo vnesli v računalniško bazo, ki smo jo ustvarili v programu Excell (Verzija: 14.3.0 (121105)). Podatke smo statistično obdelali in pripravili ustrezne tabelarične in grafične prikaze v istem programu.

Opisno statistiko (izračun povprečnih vrednosti in vrednosti standardnih napak smo pripravili za vzorčne ploskve z različnih višin in vzorčnih mest glede na povprečno višino morja. Na ta način smo podali vrednosti za številčnost vhodov, abundanco ter število vhodov/živali. S T–testom smo testirali razlike v velikosti in masi živali glede na vzorčno mesto in višino vzorčnih ploskev. Statistično znatnost razlik smo potrdili ob tveganju $p < 0,05$.

2.3.2 Inkubacijska formula

S pomočjo inkubacijske formule v razmerju s temperaturo: $\log I = -1.881 \log T + 3.826$ (I predstavlja dni; T je povprečna temperatura v °C) lahko pri škardoboli približno ocenimo, kdaj se iz svežih jajc izležejo živali (Dworschak, 1988).

2.3.3 Razmerje med številom vhodov in rogov

Dworschak (1987b) navaja, da se lahko pri škardoboli za ocenjevanje velikosti populacije uporabi razmerje med številom vhodov in rogov 2,25:1. Formulo smo uporabili kot preizkus natančnosti terenskega vzorčenja.

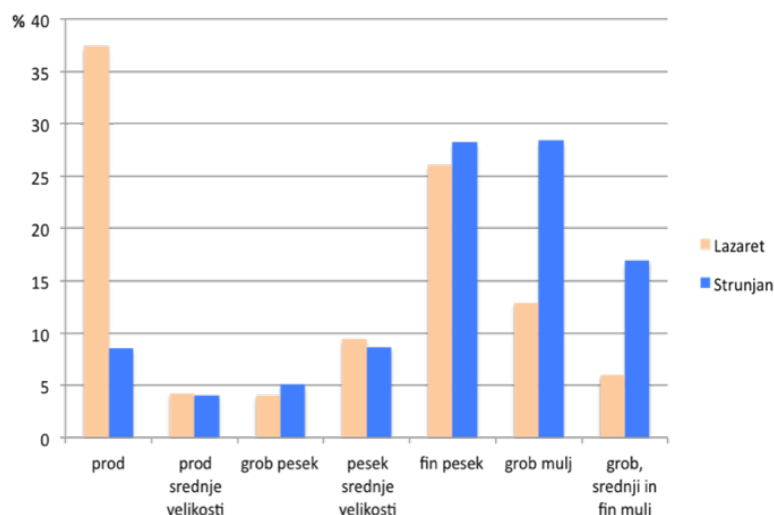
3 REZULTATI IN DISKUSIJA

3.1 Rezultati

3.1.1 Abiotski dejavniki in pokrovnost

3.1.1.1 Substrat

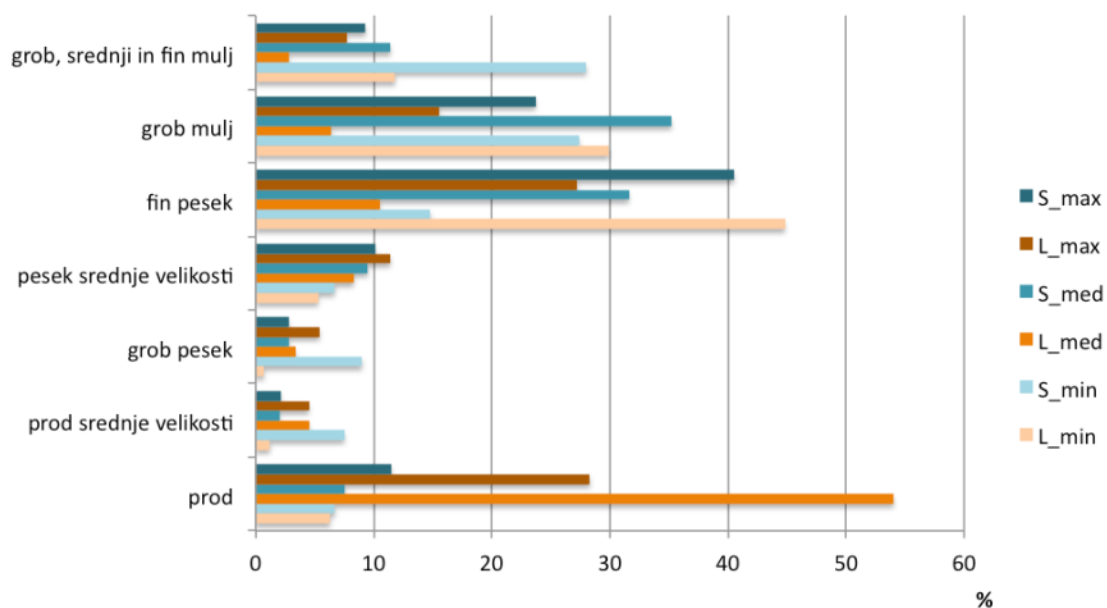
Na vzorčnem mestu v Lazaretu prevladujejo delci, ki dosegajo ali presegajo velikost proda (2–75 mm). Več kot 25% vzorčenega sedimenta predstavlja tudi fin pesek. Vse ostale frakcije predstavljajo manjši delež substrata (Slika 10). V pretočni laguni v Strunjanu prevladuje bolj fin sediment, z najvišjimi deleži delcev velikosti pod 0.2 mm (približno dvotretjinski delež finega peska, grobega mulja in mulja; gl. Sliko 11).



Slika 10: Velikost frakcij na obeh vzorčnih mestih v odstotkih.

Primerjava razlik v frakcijah sedimenta, glede na višino mesta vzorčenja in plimovanja (Slika 11) kaže, da v splošnem prevladujejo frakcije peska srednje velikosti, velikosti finega peska, grobega mulja in mulja srednje ter fine velikosti. V Strunjanu je razviden visok odstotek finih delcev, ki se povečuje z globino vzorčne ploskve. V Strunjanu na višini pod srednjo gladino morja prevladuje grob, srednji in fin mulj, na ploskvi v povprečni višini morja smo zabeležili predvsem grob mulj in fin pesek in nad povprečno višino morja v večini prekrival fin pesek.

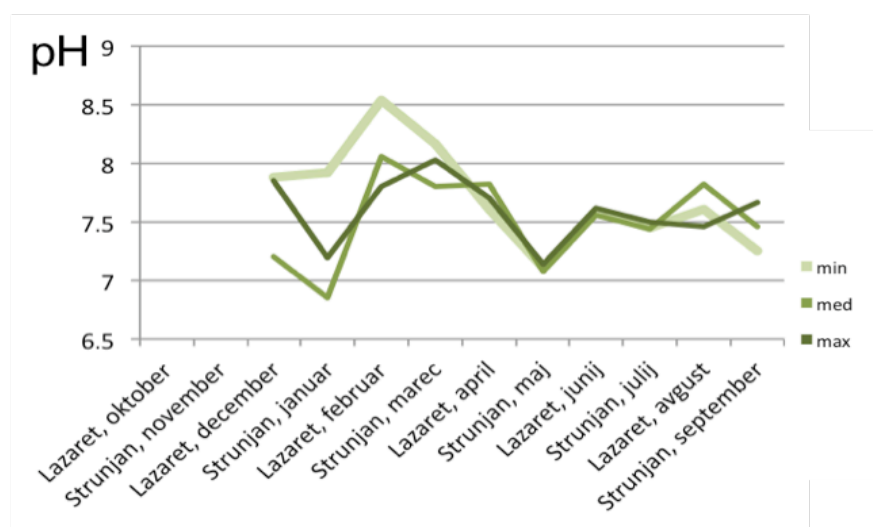
Na Lazaretu je sediment na obali bolj heterogen. Na najvišji ploskvi prevladujeta fin pesek in prod, na povprečni višini morja je prevladoval prod in v manjši meri fin pesek ter najnižjo ploskev je v večini prekrival fin pesek in grob mulj.



Slika 11: Primerjava sedimenta med vzorčnimi lokacijami in ploskvami. Legenda: S – Strunjan, L – Lazaret; min = - 50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja.

3.1.1.2 pH

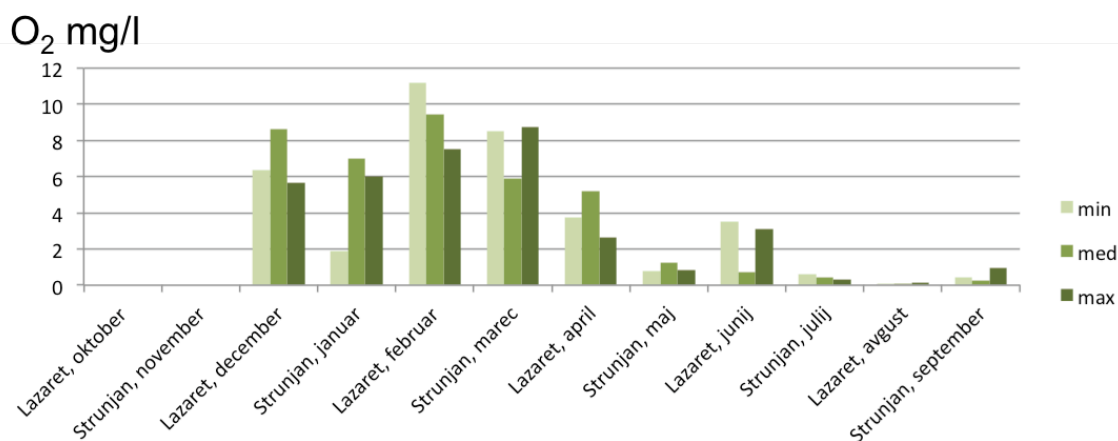
Od desetih meritev pH vrednosti (od decembra 2011 do septembra 2012) so bile najvišje zabeležene v zimskem in zgodnjem spomladanskem času (februar 2012 – Lazaret in marec 2012 – Strunjan). Le takrat je pH na posameznih vzorčnih ploskvah dosegel ali presegel vrednost 8, skoraj vedno pa so meritve presegale vrednost 7. Najnižje vrednosti so bile zabeležene januarja v Strunjanu (pH malo pod 7) in v maju (pH malo nad 7). Jeseni so se vrednosti dvignile med 7,5 do 8 (junij–september). Največje razlike na posameznem vzorčnem mestu smo zaznali decembra 2011 v Lazaretu in januarja 2012 v Strunjanu; v obeh primerih je pH z naraščajočo višino padala. Od pomladi naprej so si bile vrednosti ne glede na višino meritev vzročnih ploskev na določeni lokaciji zelo podobne (gl. Sliko 12).



Slika 12: pH vrednosti iz vzorčnih mest Strunjan in Lazaret. Legenda: min = - 50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja.

3.1.1.3 Raztopljen kisik

Visoke vrednosti raztopljenega kisika smo izmerili v zimskem času z viškom v februarju in marecu (Slika 13). V pozno pomladnih, poletnih in jesenskih mesecih (maj–september) so vladale hipoksične (< 2 mg/l) in anoksične razmere. Čeprav se meritve z istega vzorčnega dne med ploskvami nekoliko razlikujejo, v grobem vse meritve sledijo opisanemu vzorcu.

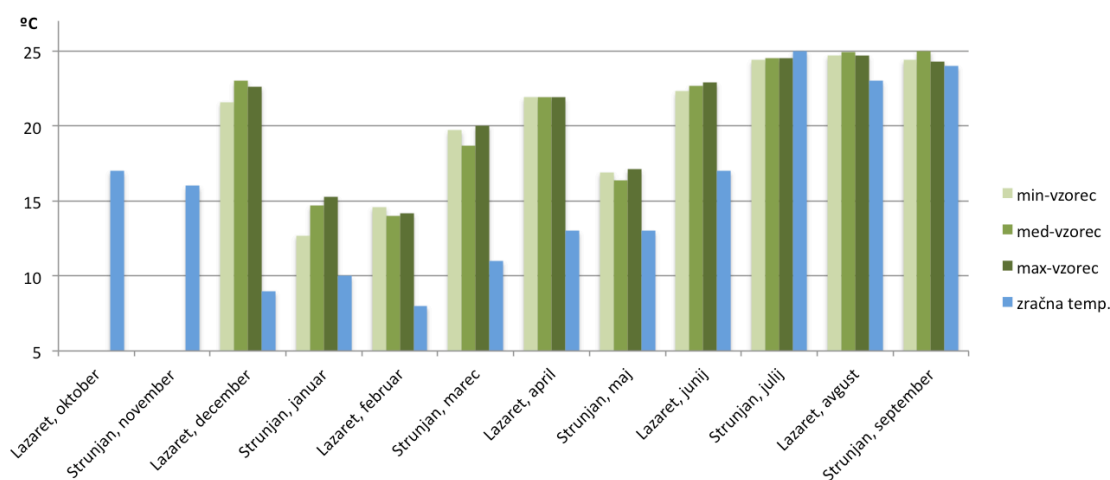


Slika 13: Vrednosti raztopljenega kisika iz vzorčnih ploskev. Legenda: min = - 50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja.

3.1.1.4 Temperatura

Najnižja zračna temperatura (14°C) je bila izmerjena na vzorčnem mestu Lazaret v februarju (povprečna mesečna temperatura 1,5°C; Slika 14). Kasneje je temperatura zraka začela naraščati vse do julija, ko je v času vzorčenja (06:00) dosegla 24,9°C (povprečna mesečna temperatura je bila 25,5°C).

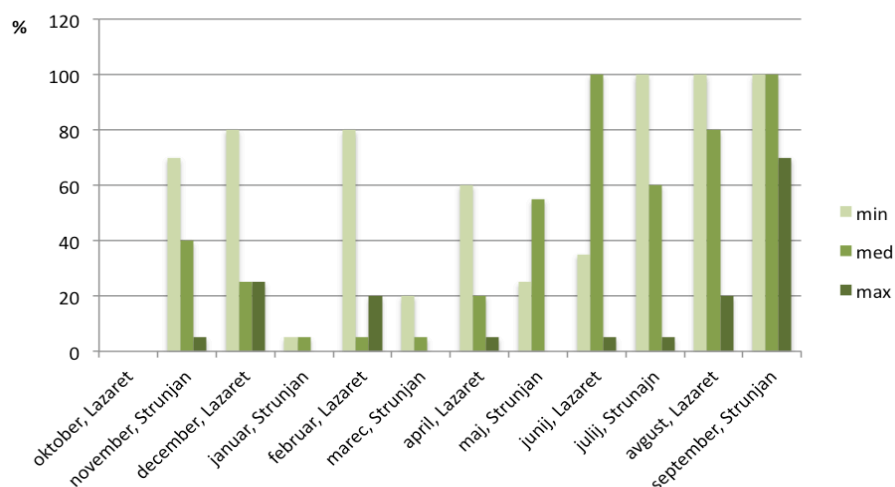
V laboratoriju se je ob zajemu vzorcev med kemičnimi analizami izmerila tudi temperatura vode. Med vzorčnimi ploskvami ni bilo večjih razlik (velja za meritve na terenu in v laboratoriju), razen v zimskih mesecih. V času transporta vzorcev so se temperature spremenile. Najmanj razlik med izmerjenimi temperaturami vzorcev smo izmerili v poletnih in jesenskih mesecih, ko so zunanje temperature dosegale sobne.



Slika 14: Mesečne temperature zraka z vzorčnih mest in ploskev (modri stolpci) ter temperature merjene v laboratoriju iz vzorcev vode (stolpci zelenih odtenkov), ki so bile uporabljene za kemične analize. Legenda: min = - 50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja.

3.1.1.5 Pokrovnost

Pokrovnost smo beležili od novembra 2011 do septembra 2012. Najvišji ploskvi sta bili večino leta slabo pokriti z vegetacijo (< 20%), razen v septembru, ko se je pokrovnost povečala za skoraj štirikrat (Slika 15). Vzorčna lokacija Strunjan je bila skozi pomlad in začetek poletja slabše pokrita kot Lazaret.



Slika 15: Celoletna pokrovnost ploskev z vegetacijo obeh vzorčnih lokacij do 5 % natančno. Legenda: min: - 50 cm, med: 0 cm, max: + 50 cm glede na povprečno višino morja.

3.1.2 Abundanca

3.1.2.1 Razmerje med številom vhodov in številom živali

Kot posrednega pokazatelja abundance živali smo uporabili število vhodov v rove škardobol na posameznih vzorčnih ploskvah.

V šestih vzorčenjih v Lazaretu in šestih v Strunjanu smo prešteli vhode v rove škardobol z vsake vzorčne ploskve (Preglednica 3). Povprečna vrednost števila vhodov na vzorčno ploskev (ob neupoštevanju višine ploskve) v Strunjanu za skoraj dvakrat (140 vhodov/m^2) presega vrednost iz Lazareta (74 vhodov/m^2). Največ vhodov smo v povprečju našli v povprečni višini morja v Lazaretu. Na najvišji vzorčni ploskvi v Strunjanu smo zabeležili najvišje število vhodov (od 1008 do 1110), vendar pa smo na obeh vzorčnih mestih največ živali pobrali na najnižjih vzorčnih ploskvah. Abundanca je na obeh vzorčnih lokacijah z višino upadala. Na najvišjih ploskvah v Strunjanu smo v povprečju ujeli 131 živali ($SE = \pm 9$), kar pomeni, da je ena žival v povprečju naredila do osem vhodov ($SE = \pm 6$), posamezna žival z najgosteje naseljene ploskve (ploskve min) z iste lokacije pa tri vhode. V povprečju so razdalje med sosednjimi vhodi bile daljše v Lazaretu. Razlika v povprečni razdalji med vhodi je razvidna tudi med različnimi višinami vzorčnih ploskev. Kjer smo izmerili najkrajše razdalje, smo pobrali največ živali (Lazaret – med in min, Strunjan – min). Povprečne razdalje med vhodi so znašale od 7 cm (Strunjan – ploskev min) do 11,5 cm (Lazaret – ploskev max). Najmanjša povprečna razdalja med sosednjimi vhodi (4 cm) je bila izmerjena v Strunjanu (ploskev max; 8.5.2012)

Preglednica 3: Primerjava števila vhodov in živali med različnimi vzorčnimi ploskvami v Lazaretu in Strunjanu na kvadratnem metru. Dodane so vrednosti standardnih napak.

| Vzorčno mesto/ploskev | Št. vhodov | Gostota vhodov na kvadratni meter | Abundanca | Gostota živali na kvadratni meter | Št. vhodov na žival | Povprečna razdalja med vhodi (cm) |
|-----------------------|------------|-----------------------------------|------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Strunjan | | | | | | |
| min | 514±10* | 86 | 203 ± 8 | 34 | 3 ± 1 | 7.0** |
| med | 949±31* | 158 | 159 ± 8 | 26 | 6 ± 4 | 7.4** |
| max | 1059±51 | 177 | 131 ± 9 | 22 | 8 ± 6 | 7.1 |
| mean | 841 ± 31 | 140 | 164 ± 8 | 27 | 5 ± 4 | 7.2 |
| Lazaret | | | | | | |
| min | 407 ± 5* | 68 | 352 ± 20 | 58 | 1 ± 0.2 | 9.3** |
| med | 757 ± 26 | 126 | 271 ± 14 | 43 | 3 ± 2 | 7.2 |
| max | 165 ± 5 | 28 | 62 ± 3 | 9 | 3 ± 2 | 11.5 |
| mean | 443 ± 12 | 74 | 228 ± 12.3 | 37 | 2 ± 1 | 9.3 |

Legenda: * - število vhodov na nekaterih ploskvah ni bilo mogoče objektivno prešteti, zato smo si za manjkajoče vrednosti pomagali s povprečji iz vseh ostalih vrednosti z istega vzorčnega mesta; min = -50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja.

** - število vhodov v zadnjem vzorčenju ni bilo mogoče prešteti, zato smo manjkajoče vrednosti zamenjali s povprečji iz prejšnjih vzorčenj z vzorčnih ploskev enake višine.

3.1.2.2 Abundanca in spolna sestava na vzorčnih mestih

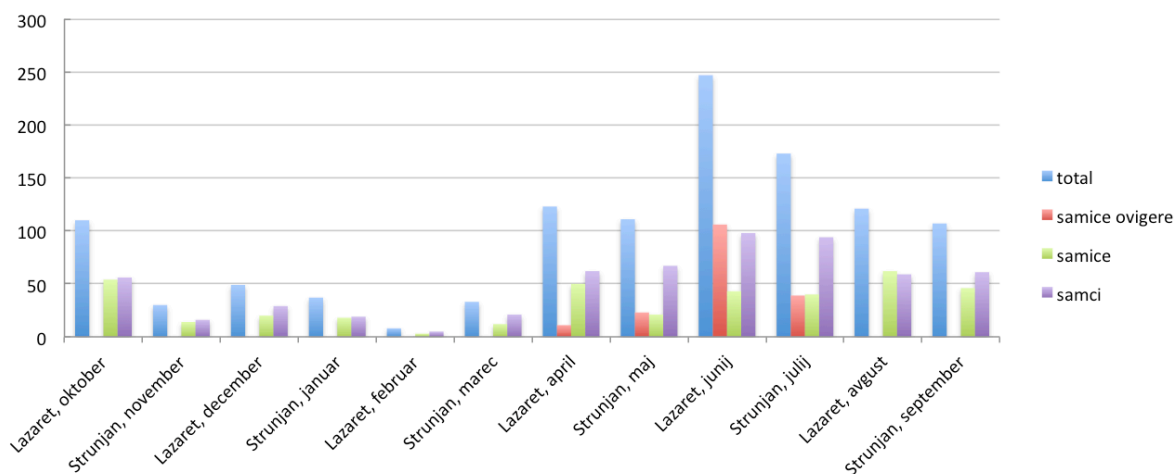
V času vzorčenja smo ujeli 1180 živali, od katerih smo jih 1151 (97,5%) uporabili za raziskavo. V Lazaretu smo zbrali 660 živali (350 samic in 310 samcev) in v Strunjanu 491 živali (231 samic in 278 samcev).

Največ živali smo zbrali v pozni pomladi in zgodnjem poletju (junij–248 živali, julij–173 živali) ter najmanj v pozni jeseni do zgodnje pomladi (november–30 živali, februarja–8 živali; Slika 16). Več kot 100 živali na mesec smo zbrali med vzorčenjem meseca oktobra (2011) ter v vseh mesecih od aprila do septembra (2012), ostale mesece je bilo število zbranih živali manjše od 50.

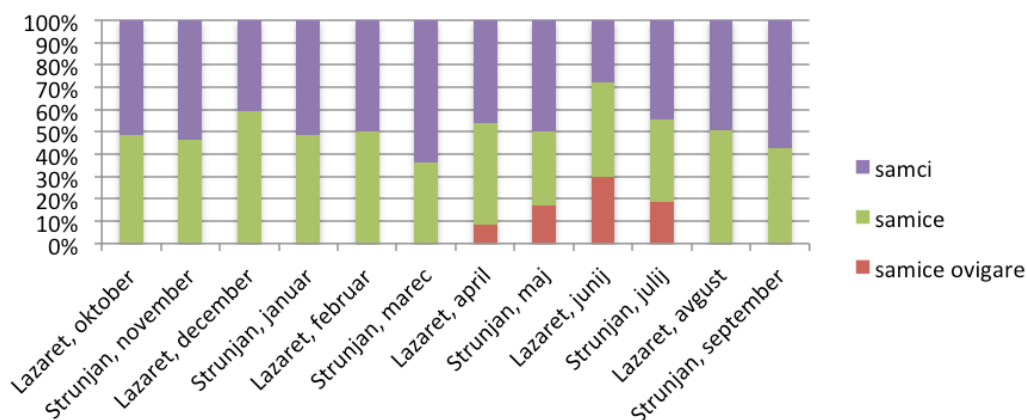
Na obravnavanem območju se škardobola razmnožuje le enkrat letno (Slika 16). Ovigere samice so bile prvič opažene na vzorčnem mestu Lazaret v aprilu, v juniju je njihovo število doseglo višek in se zmanjšalo julija. Kasneje ovigerih samic nismo več zabeležili. V juniju se je tudi razmerje spolov močno pomaknilo v prid samicam, ki so predstavljale več kot 70 % celotnega vzorca (Slika 17). V drugih mesecih je razmerje med spoloma okoli 1:1 (t.j. med 40 % in 60 % enega spola v primerjavi z drugim). Malo več kot 60 %

samcev je bilo le v marcu, neposredno pred pojavom prvih ovigerih samic v naslednjem mesecu.

Spolna sestava se je na vzorčni ploskvi Lazaret močno spremenila v mesecu juniju. Samice so predstavljale več kot 70 % populacije, v decembru pa okoli 60 % populacije.

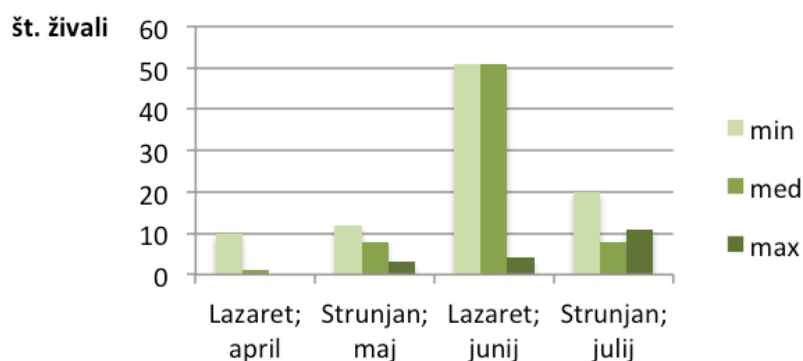


Slika 16: Spolna sestava živali na obeh vzorčnih mestih.



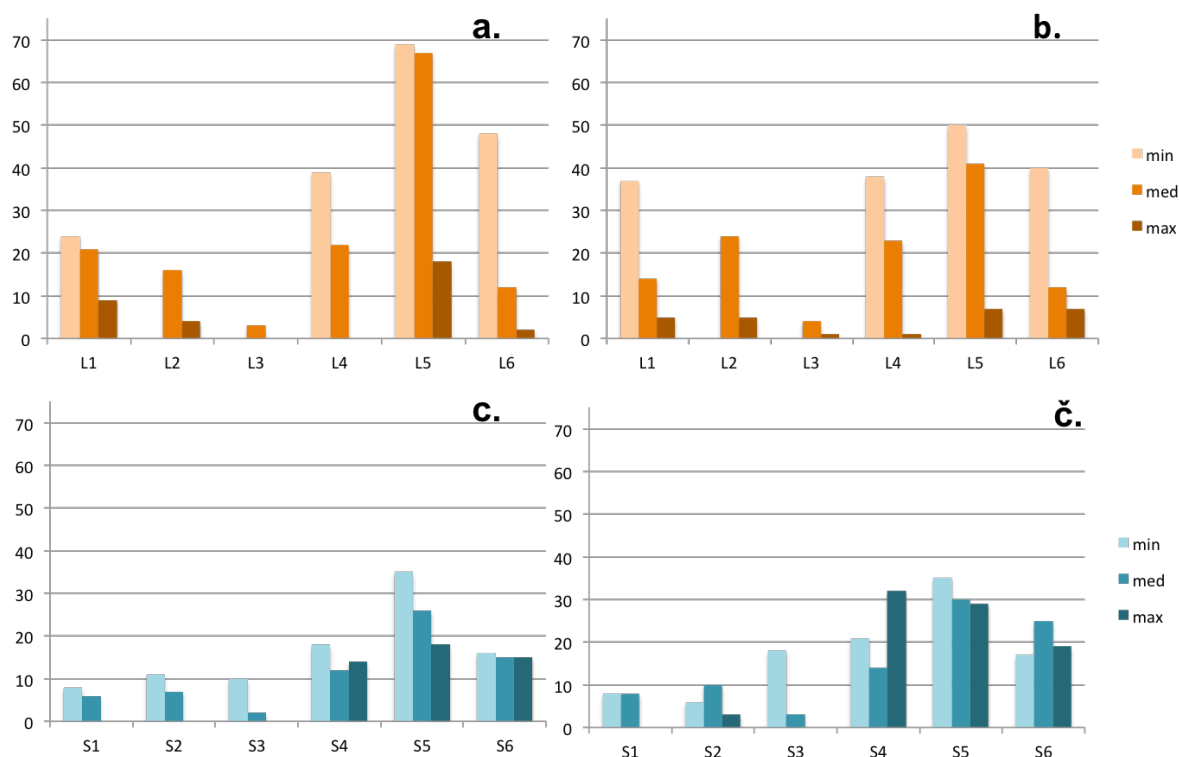
Slika 17: Razmerje med spoloma v Lazaretu in Strunjanu.

V Lazaretu smo večino ovigerih samic našli na srednji in najnižji vzorčni ploskvi (aprila jih na najvišji ploskvi ni bilo). V Strunjanu so bile abundance ovigerih samic glede na višino vzorčnih ploskev bolj enakomerno razporejene, a še vedno z najvišjimi vrednostmi na najnižji ploskvi (Slika 18).



Slika 18: Število ovigerih samic na treh različnih vzorčnih ploskvah v Strunjanu in Lazaretu v letu 2012.

Pri obeh spolih je prišlo do izrazite letne dinamike v abundanci živali glede na višino vzorčne ploskve (Slika 19). V hladnih mesecih (november–marec) se živali po večini niso zadrževale na višjih vzorčnih ploskvah (max, gl. Slika 19), vedno pa je bilo vsaj nekaj živali najdenih na najnižji ploskvi. Tudi v spomladanskem, poletnem in zgodnje jesenskem obdobju je bilo največ živali najdenih na spodnji višini (min), vendar so se živali redno pojavljale tudi nad povprečno višino morja (max). V pomladnem in poletnem času (april–september) je bilo največ samic na spodnjih dveh vzorčnih ploskvah. Podobno velja za samce, a so slednji (v Strunjanu) v julijskem in septembrskem vzorčenju približno enakomerno zasedali vse vzorčne ploskve, medtem ko je v tem obdobju (junij, avgust) na najvišjih vzorčnih ploskvah v Lazaretu bilo samcev, v primerjavi z nižjima dvema ploskvama, znatno manj. Ne glede na spol je zgornji del obale nad povprečno višino morja v Lazaretu manj zaseden kot v Strunjanu.



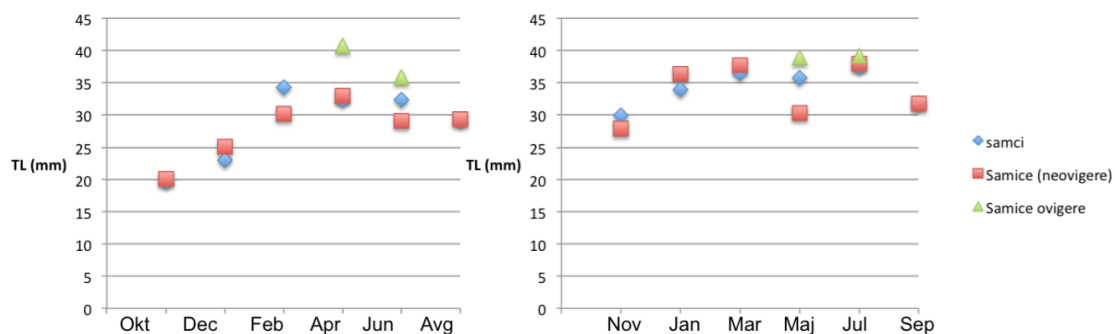
Slika 19: Spolna in številčna dinamika skozi leto glede na vzorčno mesto: a. vse samice v Lazaretu (L), b. samci v Lazaretu, c. samice v Strunjanu (S), č. samci v Strunjanu. Legenda: L1, oktober 2011; S1, november; L2, december; S2, januar 2012; L3, februar; S3, marec; L4, april; S4, maj; L5, junij; S5, julij; L6, avgust; S6, september 2012; min = - 50 cm, med = 0 cm, max = + 50 cm glede na povprečno višino morja.

3.1.3 Velikost in teža živali

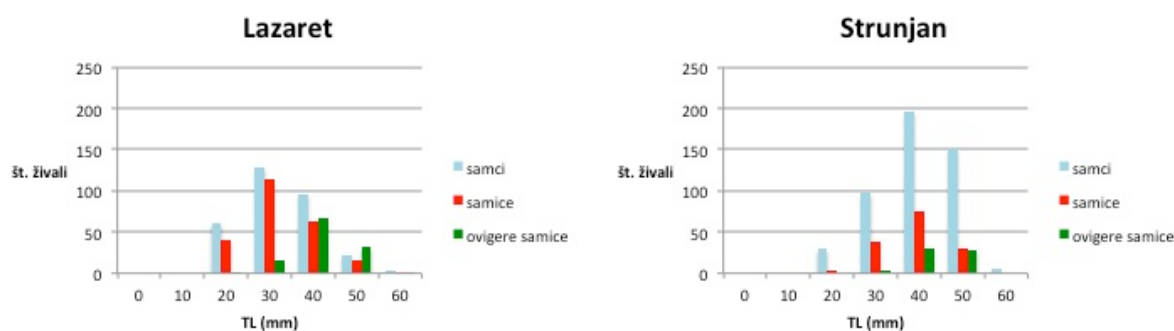
Povprečna velikost živali v mesečnih vzorcih skozi leto je očitno odvisna od letnega časa in se od zime do jeseni naslednjega leta postopno povečuje. Živali v Lazaretu so povprečno manjše od tistih iz populacije v Strunjanu; tak vzorec velja za obe vzorčni mesti tako pri samcih kot samicah. Odvisnost med povprečno telesno dolžino (TL) in sezono prikazujeta Slika 20 in Priloga 2.

Povprečna velikost dolžine samic se je s pojavom ovigerih samic zmanjšala zaradi ločitve samic na dva razreda. Na ovigere samice in samice, ki še niso nosila jajca.

Razlike v velikosti živali med obema vzorčnima mestoma so očitne, večje živali se v večjih frekvencah pojavljajo v Strunjanu (Slika 21, gl. tudi Prilogo A in B). Na obeh vzorčnih mestih so samice v povprečju večje od samcev, med samicami pa največje velikosti dosežejo ovigere samice (gl. tudi Preglednico 5).

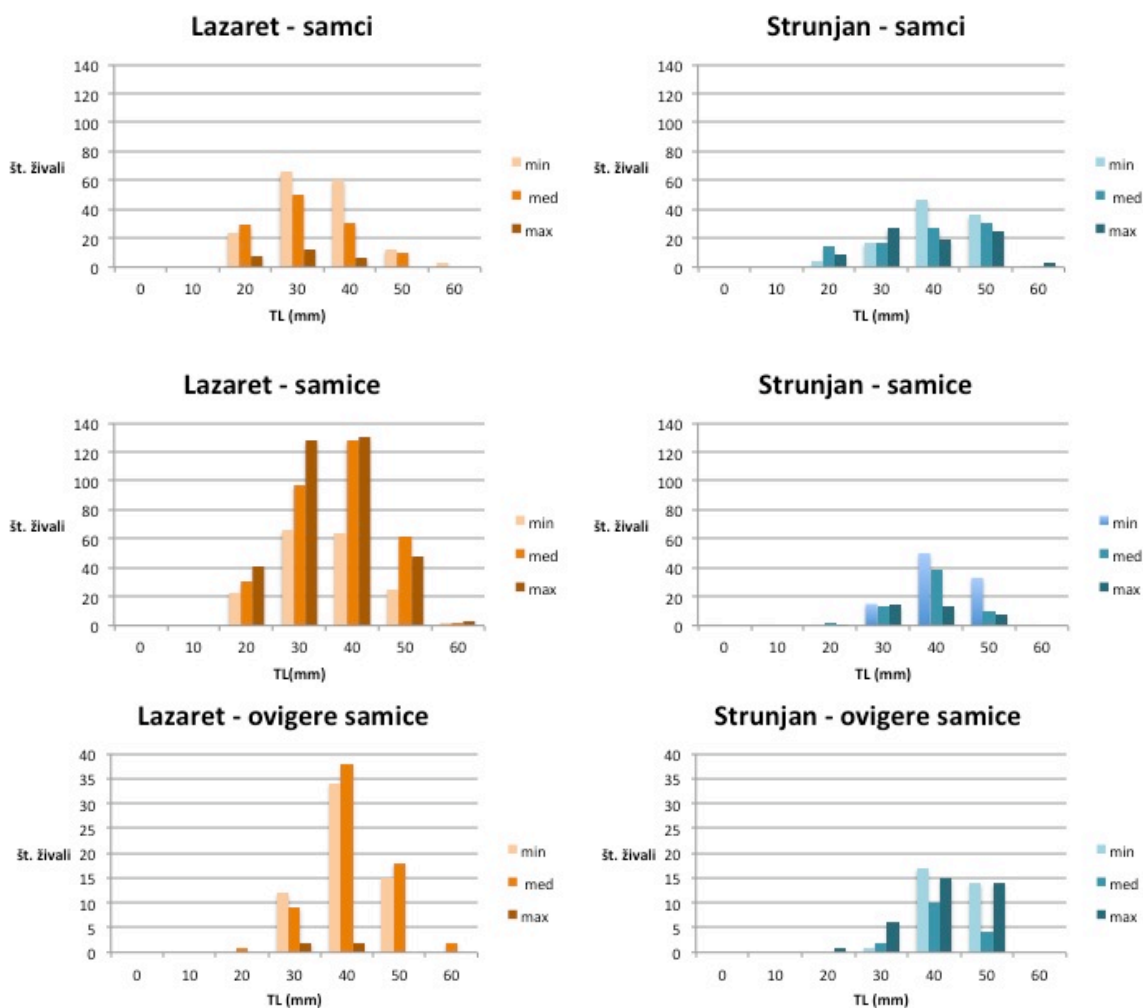


Slika 20: Povprečna velikost živali v Lazaretu (levi graf) in Strunjanu (desni graf) glede na spol in časovno komponento (oktober 2011 - september 2012).



Slika 21: Primerjava razporeditev dolžin celotnega telesa (TL) živali vzorčnih mest v Lazaretu in Strunjanu.

Večje živali smo na Lazaretu pogosteje našli na nižjih in srednjih vzorčnih ploskvah (Slika 22, gl. Prilogo A). V Strunjanu tak vzorec razporeditve ni bil očiten. Tudi ovigere samice se vsaj v Lazaretu bistveno raje zadržujejo v globljih delih, medtem ko se v zaprti laguni nahajajo tudi na najvišjih vzorčnih ploskvah.



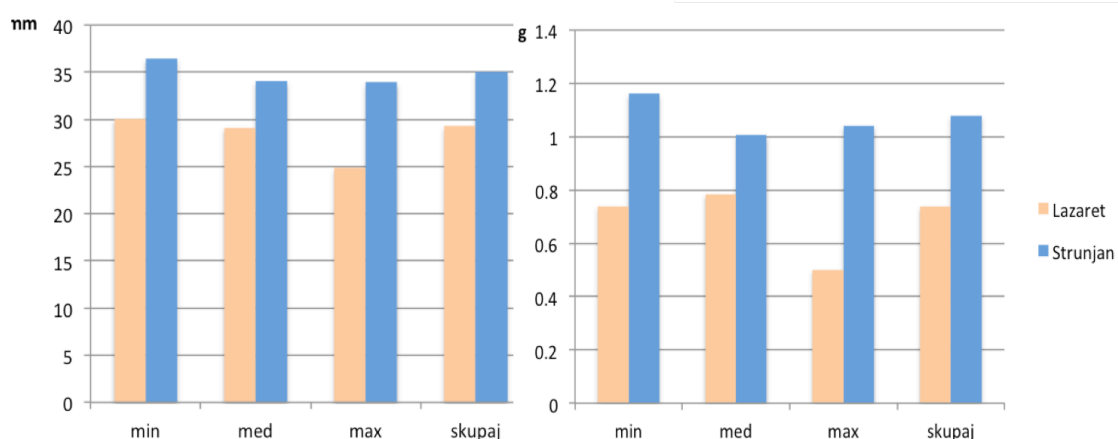
Slika 22: Primerjava razporeditev velikosti (TL) ovigerih samic, neovigerih samic (samice) in samcev skozi leto z vzorčnih mest v Lazaretu in Strunjanu.

Primerjava velikosti dolžin teles (TL) ovigerih samic s podatki iz ostalih raziskav, narejenih v preteklosti kažejo, da škardobola iz naših vzorčnih mest spada med manjše živali (Preglednica 4).

Preglednica 4: Povprečna dolžina telesa ovigerih samic z dodano standardno napako iz vzorčnih mest Lazaret in Strunjan.

| Ovigerne samice | Strunjan | Lazaret |
|-------------------------|------------|------------|
| TL _{mean} (mm) | 39.08±0.63 | 36.09±0.59 |

Živali iz Strunjana so težje in večje kot v Lazaretu (Slika 23, Priloga C). V Strunjanu se teža in višina živali na vseh vzročnih ploskvah v povprečju statistično značilno ($P < 0.05$) razlikujejo od tistih v Lazaretu. To velja za vse vzorčne ploskve, razlika pa je najbolj očitna na najnižjih vzorčnih ploskvah, kar sovпада z največjo razliko v telesni velikosti (gl. Prilogo B). Medtem ko v Strunjanu povprečna velikost in teža živali s padanjem globine naraščata, so najvišje vrednosti v Lazaretu okoli povprečne višine morske gladine.



Slika 23: Celotna dolžina živali (TL, mm: levo) in teža živali (BM, g: desno) na vzorčnih mestih v Lazaretu in Strunjanu.

3.1.4 Inkubacijska formula

Uporabili smo inkubacijsko formulo, za približen izračun datuma izvalitve jajc glede na temperature tistega meseca (Preglednica 5). Zaradi spreminjajočih se abiotskih in biotskih faktorje so podani datumi izvalitev okvirni. Z naraščanjem temperature se število inkubacijskih dni krajša, jajca pa dozoriijo hitreje (april – 55 dni, julij 15 dni). Na obravnavanem območju nosijo ovigere samice jajca v povprečju 31 dni.

Preglednica 5: Približen inkubacijski čas škardobole izračunan na podlagi temperature in ob predpostavki, da so ovigere samice nosile popolnoma sveža jajca na dan vzorčenja.

| Mesec | Povprečna mesečna temperatura v °C | Inkubacijski dnevi | Približen datum izvalitve |
|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| April | 12,8 | 55 | 31.5.2012 |
| Maj | 16,6 | 34 | 11.6.2012 |
| Junij | 22,7 | 19 | 23.6.2012 |
| Julij | 25,5 | 15 | 19.7.2012 |
| Povprečno število inkubacijskih dni | | 31 | |

3.2 Diskusija

Za območje Slovenije je to prva raziskava, ki se ukvarja z ekologijo škardobole. Za vzorčni mesti smo izbrali pretočno laguno v Strunjanu, ki je značilno zaprto lagunsko območje in Lazaret, ki je odprto lagunsko območje in zato pod močnejšim vplivom valovanja iz odprtega morja. Za vzorčno mesto bi lahko izbrali tudi Stjužo (gl. Lipej s sod., 2004) ali Sečoveljske soline (Škornik, 2012), kjer je prisotnost vrste potrjena.

Izbrana metodologija vzorčenja se je izkazala za primerno na naših vzorčnih mestih. Pridobljene podatke lahko primerjamo s podatki v preteklosti narejenih raziskav drugih avtorjev (gl. Priloge E, F in G; Kevrekidis s sod., 1977; Dworschak, 1987b; Conides s sod., 2012). Podobno metodologijo so že uporabili, in čeprav so jo dopolnili z različnimi dodatnimi tehnikami (gl. Kevrekidis s sod., 1997; Dworschak, 1988; Conides s sod., 2012;), je bil dobljen vzorec sezonskega pojavljanja škardobole tudi v našem primeru jasno izražen. Ker je delo navadno opravljalo več ljudi (vedno vsaj dva, običajno pa trije do štirje), smo napako človeškega faktorja na terenu zmanjšali tudi z večkratnim preverjanjem podatkov med vzorčevalci.

Čeprav je med našima vzorčnima mestoma le dvanajst kilometrov zračne razdalje, smo med njima ugotovili pomembne razlike v nekaterih dejavnikih, ki verjetno vplivajo tudi na opažene razlike med živalmi z obeh območij. Vzorec pojavljanja živali na obeh območjih (abundanca, gostota, spolno razmerje in obdobje pojavljanja ovigerih samic) je bil jasno razviden, kar verjetno pomeni, da je pglavlitni razlog za spremembe teh parametrov sezonski in s tem povezane abiotske spremembe (npr. temperatura, slanost; gl. Dworschak, 1988; Conides s sod., 2012).

Različni avtorji (Dworschak, 1987b; Kevrekidis s sod., 1997) niso uspeli dokazati neposredne odvisnosti med gostoto živali in velikostjo sedimenta, vendar sklepajo, da škardobola preferira mivkast sediment in fin pesek (gl. npr. Dworschak, 1987b; Kevrekidis s sod., 1997). Tudi mi smo zbrali največ živali na predelih, kjer prevladujejo delci v velikostnem razredu finega peska in grobega mulja. A moramo poudariti, da je večja abundanca živali na teh mestih lahko vsaj deloma povezana tudi z vzorcem vertikalne distribucije, saj so ta mesta večinoma na nižjih višinah (pod srednjo višino morja), kjer morje več časa prinaša hrano.

Zastopanost delcev večjih frakcij je v Lazaretu bistveno večja kot v Strunjanu, kjer so frakcije večinoma manjše. V Lazaretu smo vseeno ujeli več živali, kar ni skladno s predpostavko. Predvidevamo, da je vsebnost proda (skoraj 40% sedimenta) iz našega vzorca v Lazaretu nekoliko precenjena, kar deloma pripisujemo le enkratnemu vzorčenju

sedimenta. Vzorec je bil obenem tudi razmeroma majhen za podajanje bolj natančnih ocen o zastopanosti večjih frakcij v vzorcu, kar bi lahko dodatno pojasnilo odstopanja od videnega na terenu. Predvidevamo, da je v Lazaretu proda proporcionalno nekoliko manj, kot smo ga zabeležili, več pa manjših frakcij, kar predstavlja razmerje, ki škardoboli ustreza.

Vrednosti raztopljenega kisika in rezultati meritev pH vrednosti, čeprav jih nismo opravili na mestu vzorčenja, so omogočili dober vpogled v sezonske spremembe teh parametrov. Pričakovano so bile vsebnosti kisika v poletnem obdobju precej nižje kot pozimi. Škardobola sicer velja za vrsto, ki je občutljiva na dolgotrajne hipoksične razmere v morju, kar je tudi razlog, da je vrsta zaradi evtrofikacije postala zelo redka v Črnem morju ob bolgarski obali (Todorova in Konsulova, 2000). Dworschak (1987b) je ugotovil, da se pH znotraj rogov močno razlikuje od vrednosti izmerjenih v vodi ali v sedimentu na površju. Pri nas bi za zaključke take vrste morali opraviti bolj natančne in pogoste kemijske meritve, ki bi bile opravljene neposredno na terenu.

Prisotnost makrofitov različno vpliva na pojavljanje in abundanco škardobole. Na naših vzorčnih mestih lahko potrdimo povečanje števila živali neposredno ob zaplatah morskih trav. Dworschak (1987b) je raziskoval kakšen je vpliv različnih vrst makrofitov na abundanco škardobole in prišel na štirih vzorčevalnih območjih do različnih odgovorov, ki ne podajajo jasne povezave (gl. Prilogo F). V Staranzanu niso zaznali soodvisnosti med gostoto populacije in pokrovnostjo z vegetacijo (Dworschak, 1987b), v Rovinju pa poročajo o veliki gostoti makrofitov in hkrati najvišji številčnosti škardobole (Dworschak, 1987b). Pri nas je imel Lazaret v povprečju višji odstotek makrofitov (44%) kot Strunjan (36%), hkrati pa tudi večjo populacijo škardobole, kar kaže na možno povezavo.

Opazili smo, da so bile v pomladnem času živali iz Strunjana bolj zelenkaste barve kot tiste iz Lazareta v primerjavi s prejšnjimi meseci na obeh vzorčnih mestih. Prejšnje raziskave so potrdile, da je barva živali zelo variabilna in lahko na hrbtne strani niha vse od rjave do sivo-zelene. Barva se spreminja zaradi zunanje pigmentne plasti v karapaksu, ki je bogata s kromatičnimi celicami. To spreminjanje barve živalim omogoča prikrivanje (kamufiranje) na spremembe v okolju, v katerem živijo (www.grid.unep.ch/.../upogebia.htm?%20CRUSTACEA; 11. 12. 2012).

Dworschak (1983) je ugotovil, da lahko pri škardoboli na podlagi štetja vhodov dobimo zanesljive podatke o abundanci (gl. Prilogo E). Pri drugih sorodnih vrstah (npr. iz rodu *Neotrypaea*, Dana 1854) je tako sklepanje oteženo, saj se število vhodov v rove spreminja glede na tip sedimenta (Dworschak, 1987b) ali sezono (Dworschak, 1987b). Štetje vhodov je pri škardoboli smiselno, saj daje zanesljive podatke o abundanci (Dworschak, 1987b). V

povprečju velja razmerje, da ena žival naredi en rov, do katerega vodita 2,2 vhoda (Dworschak, 1987b). Predvidevamo, da so naši podatki za Lazaret točni (443 vhodov in 228 živali), medtem ko je v Strunjanu odstopanje od pričakovanih vrednosti večje (841 vhodov in 164 živali). Možen razlog za takšno nesorazmerje v Strunjanu je, da je tam zaraščenost ploskve z makrofiti mnogokrat onemogočala zanesljivo štetje vhodov. Zato smo bili pri nekaterih štetjih neuspešni in smo pri ocenah uporabili pretekle povprečne vrednosti vzorčnih ploskev iste višine. Vrste *P. tyrrhena* (Petagna, 1792), ki je sorodna škardoboli (superdružina *Callianassoidea*, Dana 1852) v naših vzorcih nismo identificirali, a jo za območje slovenske obale (Strunjan) navaja Dworschak (1987a). V letih 1973 in 2004 je bil na območju Stjuže in Strunjanskih solin narejen popis biodiverzitete, pri katerem vrsta *P. tyrrhena* ni bila odkrita (Lipej s sod., 2004). Dodatne rove bi lahko ustvarili nekateri mnogoščetinci, s čimer bi lahko pojasnili napako zlasti na najvišji ploskvi. Dworschak je ugotovil, da živali iz višjih delov bibavičnega pasu kopljejo globlje rove, zaradi česar živali nismo uspeli ujeti, smo pa lahko prešteli vhode v rov (Griffis s sod., 1001). Na ta način lahko tudi pojasnimo, zakaj izračuni pokažejo, da je ena žival naredila od enega do sedem rogov (od 2 do 14 vhodov), kar v realnosti ni mogoče (Dworschak, 1987b).

Dworschak (1988) je visoko abundanco škardobole v Rovinju razlagal z majhno izmenjavo vode med odprtim delom morja in zaprtim zalivom, kjer se je nahajalo vzorčno mesto. To naj bi bil razlog za višjo slanost in daljše zadrževanje ličink na tem območju. S tem prihaja do ponovne naselitve živali znotraj zaliva. Na tem območju naj bi zato velikost populacije omejevala zlasti količina hrane (Dworschak, 1988). V pretočni laguni v Strunjanu smo zabeležili nekoliko manj živali kot v bolj odprtem zalivu Lazaret. Morda sta hrana in prostor v pretočni laguni omejujoča dejavnika, saj smo na tem vzorčnem mestu opazili bistveno večje število možnih kompetitorjev za hrano. Med najbolj pogostimi so bili raki samotarji, morske zvezde, hitoni, morske vetrnice, rakovice, mnogoščetinci, klapavice in bodičasti volek.

Na delti Evros je bila gostota živali najvišja v poletnih mesecih in najnižja v zimskih, kar se je najbolj ujemalo s sezonskim spreminjanjem temperature in s pričetkom razmnoževalnega obdobja (Kevrekidis s sod., 1997). Ta dva dejavnika naj bi bila glavna razloga migracije živali iz odprtega morja na obale. Ob koncu tega obdobja se živali vrnejo nazaj v morje, kar pojasni upad števila živali (Kevrekidis s sod., 1997). Podobno smo opazili v Lazaretu, kjer abundanca močno naraste tik pred začetkom razmnoževalnega obdobja in upade ob koncu. Te razlike so manj vidne v Strunjanu, kjer je migracija živali iz in v morje bolj zapletena in verjetno tudi bolj nevarna zaradi večjega števila ptic.

Razmnoževalno obdobje je precej odvisno od temperaturnega cikla biotopa; v Sredozemskem in Črnem morju se ovigere samice vedno pojavijo med marcem in oktobrom (Dworschak, 1988). Podobno so se prve ovigere samice na slovenski obali pojavile v aprilu in zadnje v mesecu juliju. Reprodaktivno obdobje je v primerjavi z južnejšimi geografskimi območji pri nas vidno krajše, saj so tudi temperature morja nižje, abiotske spremembe pa večje kot tiste v srednjem ali južnem Jadranu (Ferrarese s sod., 2009).

V brakičnih obalnih vodah in lagunah večina avtorjev navaja temperaturo in slanost kot glavna dejavnika, ki vplivata na strukturiranost, aktivnost in motnje v populaciji vrst (Conides s sod., 2012; Dworschak 1987b in 1988). Povprečne temperature (gl. Pregled objav), se proti severu zmanjšujejo, kar pomeni, da bi se morala zmanjševati tudi povprečna velikost živali. Podatki iz literature se s tem ujemajo le deloma, saj naj bi še bolj kot temperatura na velikost živali vplivala slanost (Conides s sod., 2012). Medtem ko so povprečne velikosti živali zares največje na jugu Evrope (Grčija, Kevrekidis s sod., 1997), pa najmanjše niso najdene na samem severu Sredozemlja (Tržaški zaliv), ampak nekoliko južneje v Limskem kanalu pri Rovinju. Povprečna velikost ovigerih samic iz Lazareta in Strunjana je podobna (TL = 38–39 mm), zabeležene vrednosti pa presegajo le literaturne podatke iz Rovinja. Dworschak (1988) je predlagal, da so živali v Rovinju manjše zaradi počasnejše rasti živali, na kar naj bi vplivale lastnosti morja (manj premešana voda zaradi zaprtosti zaliva, vpliv slanosti). Podobno bi lahko veljalo za pretočno laguno v Strunjanu.

V brakičnih ekosistemih je slanost izjemno pomemben fizikalni parameter za razlago razlik v velikosti živali (Conides s sod., 2012). Kadar je slanost v obalnih vodah nizka, pride do direktnega vpliva na deseteronožce z zmanjšanjem rasti živali, povišano smrtnostjo, zmanjšano zmožnostjo sprejemanja kisika, ki povzroča spremembe v njihovem metabolnem delovanju. Posredno nizka slanost vpliva na organizme tako, da se spremenijo kemijske razmere v morski vodi, kar spremeni dostopnost hrane in njeno prebavljivost (Conides, 2012). Sami vsebnosti soli v morski vodi žal nismo preverjali.

Višinska razporeditev ovigerih samic v mediolitoralu je pokazala na pomembne razlike med obema vzorčnima mestoma (gl. Slika 18). Gostota slednjih je bila veliko bolj enakomerna v pretočni laguni (samice so bile precej pogoste tudi na najvišje ležečih vzorčnih ploskvah), kar pojasnjujemo z mnogo krajšim obalnim pasom v pretočni laguni. Tam je bila med vzorčnimi ploskvami različnih višin razdalja manjša kot v Lazaretu, živali pa bolj zgoščene na vseh vzorčnih ploskvah.

Povezava med nihanjem v številčnosti živali je jasno povezana s temperaturnim ciklom, saj se spomladi, ko naraščata temperatura vode in ozračja, začne povečevati tudi velikost

populacije. Najvišjo abundanco smo zabeležili konec pomladi (junij, povp. temperatura zraka 22,7°C; gl. Prilogo Č), v času razmnoževalnega obdobja, ki traja do julija, ko povprečne mesečne temperature zraka dosežejo višek (julij, povp. temperatura zraka 25,5°C; gl. Prilogo Č). Število živali se po tem obdobju zmanjša.

Večje in težje živali najdemo v večjem številu v Strunjanu, kar lahko deloma pripišemo temu, da je območje zavarovano in da je nabiranje vseh živali tam prepovedano. Ribiči škardobolo namreč nabirajo in uporabljajo za ribiško vabo. Iz populacije predvsem selektivno odvezemajo največje živali (velikosti vsaj 30 mm). Problem nastane zlasti v času razmnoževalnega obdobja, ko so živali na obali v povprečju največje in pripravljene na razmnoževanje. Poleg tega je številčnost škardobol takrat največja, zato predpostavljamo, da ribiči v tem obdobju še posebej pogosto pobirajo živali. Čeprav gre za subjektivno oceno, smo ribiče v poletnih mesecih opazili pogosteje (in v večjem številu). V Sloveniji trenutno zbirajo škardobole le na tradicionalen način (z uporabo vil in ročnim nabiranjem). Poudariti pa je treba, da imajo v Grčiji z intenzivnim zbiranjem škardobol precej velike težave, ki bodo v bližnji prihodnosti gotovo zahtevale naravovarstvene ukrepe (Conides s sod., 2012). Metoda, ki jo uporabljajo tam, je namreč precej bolj agresivna od tradicionalnega načina zbiranja živali, saj dno prekrijejo s plastičnimi mrežami velikosti 25 m² in nato s pomočjo visoko tlačne plinske črpalke uničijo rove živalim in jih prisilijo, da pridejo na površje. Dodaten problem, ki ga ta metoda povzroči, je tudi negativen vpliv na netarčne vrste (Conides s sod., 2012).

4 ZAKLJUČKI

V zaključni nalogi smo ugotovili naslednje:

1. Abundanca in spolna struktura se spreminjata glede na letni čas, vzorčno ploskev in vzorčno mesto. Največ živali se v mediolitoralju pojavlja v toplem delu leta, z viškom med majem in junijem, kar se ujema s trajanjem reproduktivne sezone. V tem času se tudi najbolj spremeni razmerje med spoloma, ko je v bibavičnem pasu prisotnih največ samic. Število živali se je z vsako višje ležečo vzorčno ploskev manjšalo. Očitnih razlik med obema lokacijama v številčnosti nismo opazili, čeprav smo nekoliko več živali zabeležili v Lazaretu.
2. Na vzorčnih mestih smo opazili pozitivno povezavo med abundanco in pokrovnostjo z makrofiti ter temperaturo. Negativno na abundanco vpliva nabiranje škardobole. Dejavniki, pri katerih jasne povezave nismo našli, pa so naslednji: pH, vsebnost raztopljenega kisika ter tip sedimenta. Slednji je na izbranih vzorčnih mestih povsod ustrezal škardoboli.
3. Z uporabo T testa smo potrdili, da med obema vzorčnima mestoma prihaja do statistično značilnih razlik v velikosti in teži živali. To potrjuje tudi razporeditev živali po velikostnih razredih, saj so vsaj večji velikostni razredi bolje zastopani v pretočni laguni pri Strunjanu.

5 SEZNAM LITERATURE IN VIROV

5.1 Citirani viri

Abed-Navandi D. in Dworschak P. C., 1998. First records of the thalassinids *Callianassa acanthura* CAROLI, 1964 and *Upogebia mediterranea* NOEL, 1992 and of the hermit crab *Paguristes streaensis* PASTORE, 1984 in the Adriatic Sea. Ann. Naturhist. Mus. Wien, 100B, 605–612.

Atkinson R. J. A in Froglija C., 1999. Burrow structures and eco-ethology of burrowing fauna in the Adriatic Sea. University Marine Biological Station Millport. Proceedings of ICRAM Conference: 79–94.

Atkinson R. J. A. in Taylor A.C., 2005. Aspects of the physiology, biology and ecology of Thalassinidean shrimps in relation to their burrow environment. Oceanography and Marine Biology. An Annual Review, 43:173–210.

Conides A. J., Nicolaidou A., Apostolopoulou M. in Thessalou-Legaki M., 2012. Growth, mortality and yield of the mudprawn *Upogebia pusilla* (Petagna, 1792) (Crustacea: Decapoda: Gebiidea) from western Greece. Hellenic Center for Marine Research, Institute for Marine Biological Resources and University of Athens, School of Biology, Department of Zoology – Marine Biology. Acra Adriat., 53(1): 87–103.

Dworschak P. C., 1987a. Feeding behaviour of *Upogebia pusilla* and *Callianassa tyrrhena* (Crustacea, Decapoda, Thalassinidea). Institute of Zoology, Universitat Wien. Althanstr. 14, A-1090 Wien, Austria.

Dworschak P. C., 1987b. The Biology of *Upogebia pusilla* (PETAGNA) (Decapoda, Thalassinidea) II. Environments and Zonation. Institute of Zoology, University of Vienna, Austria, Althanstrasse 14, A–1090 Vienna, Austria.

Dworschak P. C., 1988. The Biology of *Upogebia pusilla* (PETAGNA) (Decapoda, Thalassinidea) III. Growth and Production. Institute of Zoology. University of Vienna, Althanstrs. 14, A – 1090 Vienna, Austria.

Dworschak P. C., 2003. Biology of Mediterranean and Caribbean Thalassinidea (Decapoda). Proceedings of the Symposium on »Ecology of large bioturbator in tidal flats and shallow sublittoral sediments – from individual behavior to their role as ecosystem engineers?«. Nagasaki University. pp. 15–22.

Ferrarese S., Cassardo C., Elmi A., Genovese R., Longhetto A., Manfrin M. in Richardone R., 2009. Air-sea interactions in the Adriatic basin: simulations of Bora and Sirocco wind events. Geofizika, Professional paper UDC 551.556.8, Vol. 26.

Griffis R. B. in Suchanek T. H., 1991. A model of burrow architecture and trophic models in thalassinidean shrimp (Decapoda: Thalassinidea). Department of Biology, University of Southwestern Louisiana; Institute of Ecology, Division of Environmental Studies, University of California and Bodega Marine Laboratory, California. Vol. 79: 171–183.

Glasnović P., 2006. Flora slovenskega dela Miljskega polotoka (kvadranta 0448/1 in 0448/2). Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Naravoslovnotehniška fakulteta, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo in Biotehniška fakulteta: 108 str.

Hace A., 2010. Okoljsko stanje Severnega Jadrana. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo: 105 str.

Heard R. W., King R. A., Knott D. M., Thoma B. P. in Thornton-DeVictor S., 2007. A guide to the Thalassinidea (Crustacea: Malacostraca: Decapoda) of the South Atlantic Bight. NOAA Professional Paper NMFS 8. 30p.

Jogan N., Kotarac M. in Lešnik A., 2004. Opredelitev območij evropsko pomembnih negozdnih habitatnih tipov s pomočjo razširjenosti značilnih rastlinskih vrst (končno poročilo). Naročnik: MOPE, Ljubljana. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž pri Dravskem polju: 961 str., digitalne priloge.

Kevrekidis T., Gouvis N. in Koukouras A., 1997. Population dynamics, reproduction and growth of *Upogebia pusilla* (Decapoda, Thalassinidea) in the Evros delta (North Aegean Sea). Democrits University of Thrace, Department of Education-Primary level, GR-68100 Alexandroupolis, Greece.

Ličer M., Jeromel M. in Vodopivec M., 2011. Prognozoralno plimovanje morja Tide Tables 2012. Ministerstvo za okolje in prostor in Agencija RS za okolje.

Lipej L., Fišer C., Forte J., Kaligarič M., Makovec T., Mavrič B., Šajna N. in Vlk R., 2004. Pestrost flore, favne in habitatnih tipov na območju Strunjanskih solin in Stjuže. Poročilo 68. Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo. 40 str.

Lipej L. in Makovec T., 1997. Prezimovanje črnih lisk *Fulica atra* v Strunjanski laguni. *Acrocephalus*, XVIII – 80–81.

Lipej L., Turk R. In Makovec T., 2006. Ogrožene vrste in habitatni tipi v slovenskem morju. Ljubljana, Zavod RS za varstvo narave: 256 str.

Lotrič T. in Brečko Grubar Valentina, 2010. Profili kopanih voda in ocenjevanje obremenjenosti vplivnega območja na primeru kopalnega območja Simonov zaliv – Strunjan in kopališča Terme Krka – Talaso Strunjan. Diplomsko delo, Univerza na Primorskem, Fakulteta za humanistične študije Koper, Študijski program Geografija kontaktnih prostorov: 95 str.

Erjavec K., 2009. Metodologija vzorčenja in laboratorijske obdelave vzorcev za vrednotenje ekološkega stanja jezer z bentoškimi nevretenčarji. Ministrstvo za okolje in prostor: 35 str.

Richmond C. E. in Woodin S. A., 1996. Short-term fluctuations in salinity: effects on planktonic invertebrate larvae. *Marine Ecology Progress Series*, 133: 167–177.

Rutger de Wit, 2011. Biodiversity of Coastal Lagoon Ecosystems and Their Vulnerability to Global Change, *Ecosystems Biodiversity*, Phd. Oscar Grillo (Ed.), ISBN: 978-953-307-417-7.

Sket B., Gogala M., Kuštor V. (ured.), 2003. Živalstvo Slovenije.-Tehniška založba Slovenije: 664 str.

Šajna N., Kaligarič M., 2005. Vegetation of the Stjuža coastal lagoon in Strunjan landscape park (Slovenia): a draft history, mapping and nature-conservancy evaluation. *Annales*, 79–90.

Škornik I., 2012. Favniški in ekološki pregled ptic sečoveljskih solin = a faunistic and ecological survey of birds in the Sečovlje Salina. -1. izd.-Portorož : Soline. 279 str.

Todorova V. In Konsulova T., 2000. Long term changes and recent state of Macrozoobenthic communities along the Bulgarian Black Sea coast. *Mediterranean Marine Science*, Vol. 1/1, 123–131.

5.2 Viri iz medmrežja

Google maps.

<http://maps.google.com/> (15. 4. 2013)

Geopedia – interaktivni spletni atlas in zemljevid Slovenije

http://www.geopedia.si/#T105_x499072_y112072_s9_b4 (15. 4. 2013)

Prognozirano plimovanje morja. Tide Tables.

http://www.arso.gov.si/vode/morje/Plima2011_a5_sun.pdf (15. 11. 2012)

Izvajanje vodne direktive na Vodnem območju Jadranskega morja.

http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/okolje/pdf/vode/porocilo_jadran.pdf (3. 1. 2013)

Zavod Republike Slovenije za varstvo narave.

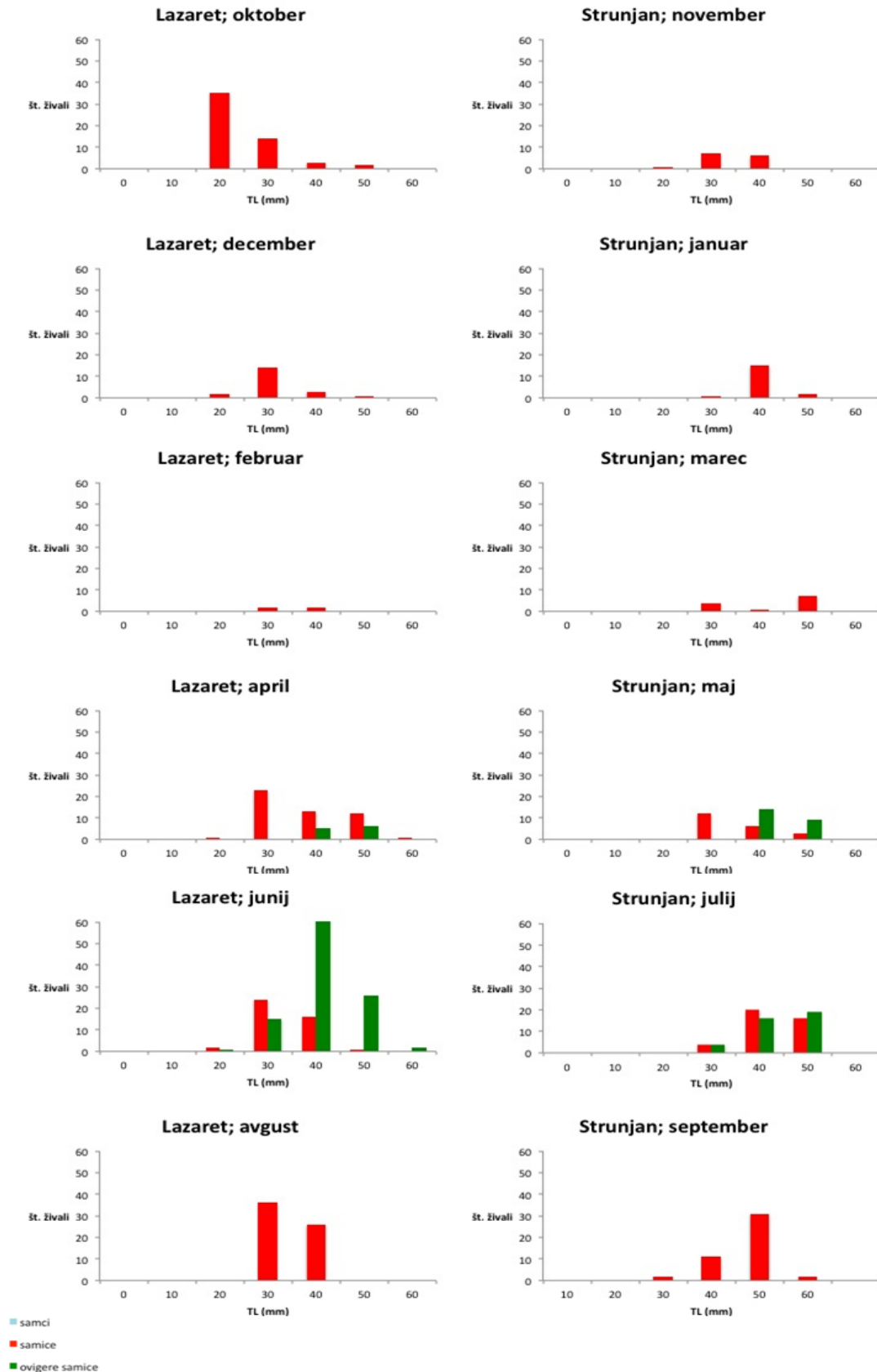
http://www.zrsvn.si/sl/informacija.asp?id_meta_type=63&id_informacija=523 (12. 11. 2012)

Upogebia pusilla

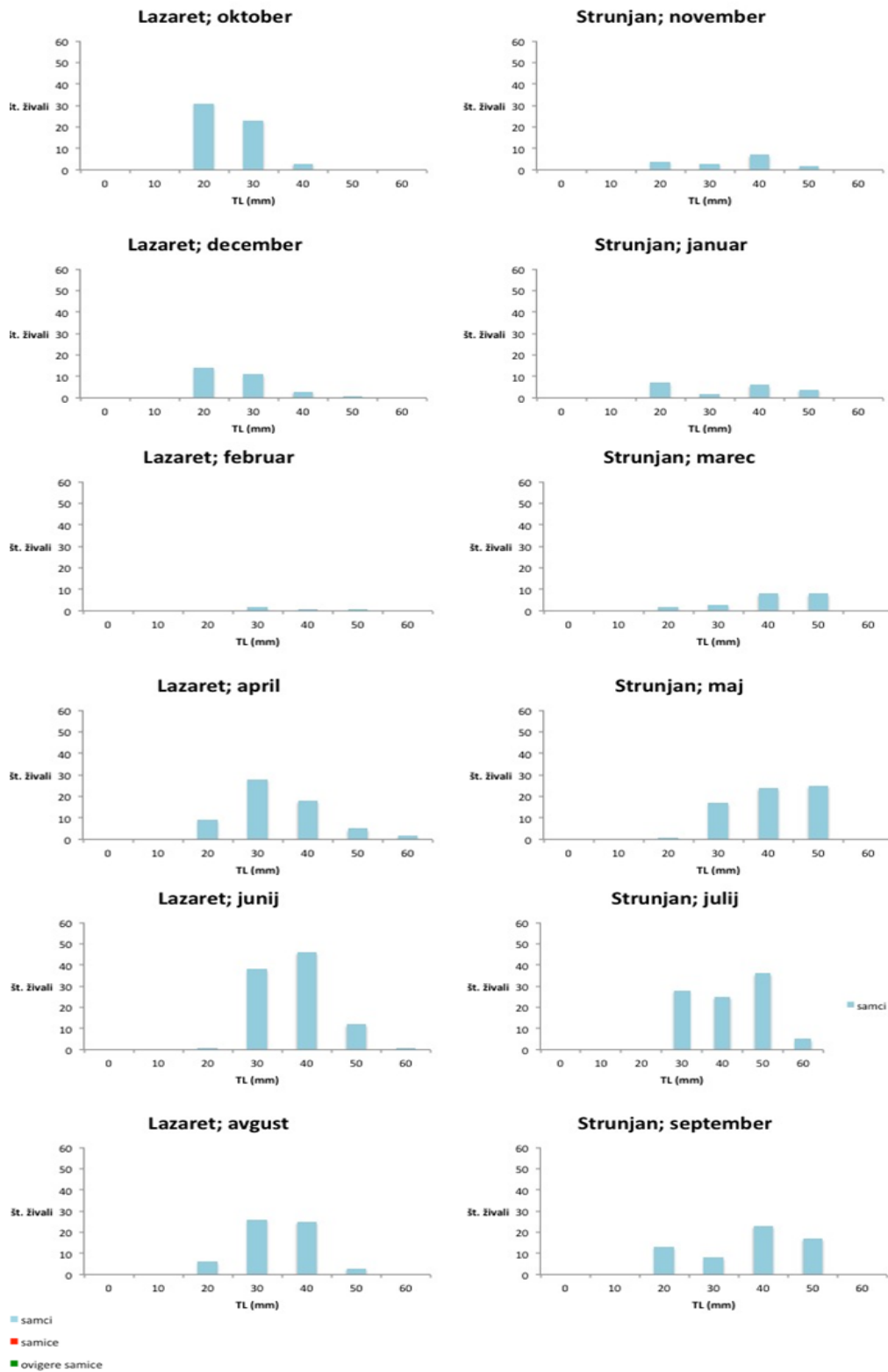
<http://www.grid.unep.ch/bsein/redbook/txt/upogebia.htm?%20CRUSTACEA> (11. 12. 2012)

PRILOGE

Priloga A: Telesna dolžina (TL) samic na različnih vzorčnih mestih glede na mesec vzorčenja.



Priloga B: Telesna dolžina (TL) samcev na različnih vzorčnih mestih glede na mesec vzorčenja.



Priloga C: Srednje vrednosti in variacijski razpon za dolžino koša (CL), telesno dolžino (TL) in maso (BM) živali v Strunjanu in Lazaretu. N - število meritev.

| Strunjan TL (mm) | vse samice | samice | ovigere | samci |
|------------------|------------|--------|---------|--------|
| max TL | 48.7 | 47.1 | 48.7 | 54.7 |
| min TL | 14.5 | 14.5 | 21.8 | 13 |
| mean TL | 35 | 34 | 38.6 | 35.4 |
| N | 213 | 151 | 62 | 278 |
| Lazaret TL (mm) | vse samice | samice | ovigere | samci |
| max TL | 59.4 | 59.4 | 52.2 | 50.4 |
| min TL | 12 | 12 | 26.4 | 11 |
| mean TL | 30.3 | 27.4 | 36.1 | 27.6 |
| N | 350 | 235 | 115 | 310 |
| Strunjan CL (mm) | vse samice | samice | ovigere | samci |
| max CL | 37.8 | 37.8 | 15.6 | 37.1 |
| min CL | 4.3 | 4.3 | 7.2 | 42.2 |
| mean CL | 12 | 11.7 | 12 | 12.3 |
| N | 213 | 151 | 62 | 278 |
| Lazaret CL (mm) | vse samice | samice | ovigere | samci |
| max CL | 18.7 | 15.8 | 18.7 | 17.8 |
| min CL | 4 | 4 | 8.2 | 4 |
| mean CL | 10.1 | 10.1 | 11.8 | 9.4 |
| N | 350 | 235 | 115 | 310 |
| Strunjan BM (g) | vse samice | samice | ovigere | samci |
| max BM | 2.707 | 2.4231 | 2.707 | 3.1623 |
| min BM | 0.557 | 0.0557 | 0.2967 | 0.0494 |
| mean BM | 1.0127 | 0.8866 | 1.2459 | 1.1934 |
| N | 213 | 151 | 62 | 278 |
| Lazaret BM (g) | vse samice | samice | ovigere | samci |
| max BM | 3.1368 | 2.2517 | 3.1368 | 3.384 |
| min BM | 0.1008 | 0.1008 | 0.3551 | 0.0555 |
| mean BM | 0.7897 | 0.7897 | 1.1605 | 0.6726 |
| N | 350 | 235 | 116 | 310 |

Priloga D: Povprečne mesečne temperature za Portorož za obdobje vzorčenja v letih 2011/2012 (Vir: ARSO, Agencija republike Slovenije za okolje).

| Povprečna mesečna temperatura v mesecu: | °C |
|---|------|
| Oktober 2011 | 12.6 |
| November 2011 | 8.6 |
| December 2011 | 7.3 |
| Januar 2012 | 3.5 |
| Februar 2012 | 1.5 |
| Marec 2012 | 9.9 |
| April 2012 | 12.8 |
| Maj 2012 | 16.6 |
| Junij 2012 | 22.7 |
| Julij 2012 | 25.5 |
| Avgust 2012 | 24.7 |
| September 2012 | 19.8 |

Priloga E: Najvišje število vhodov na posamezni vzorčni ploskvi v času vzorčenja. Vir podatkov: Lazaret, Strunjan: to delo; Gradež, Staranzano in Rovinj: Dworschak, 1988).

| | | | | |
|--------------|---------------|-------------|-----------------|-------------|
| Lazaret, min | Strunjan, min | Gradež, min | Staranzano, min | Rovinj, min |
| 139 | 134 | 417 | 161 | 1040 |
| Lazaret, med | Strunjan, med | Gradež, med | Staranzano, med | Rovinj, med |
| 248 | 258 | 100 | 60 | 310 |
| Lazaret, max | Strunjan, max | Gradež, max | Staranzano, max | Rovinj, max |
| 41 | 354 | / | / | / |

Priloga F: Začetek in konec reproduktivnega obdobja, abundanca in prevladujoči spol med vsemi vzorčnimi mesti (podatki iz naše raziskave in iz ostalih raziskav). Vir podatkov: Lazaret, Strunjan: to delo; Gradež, Staranzano in Rovinj: Dworschak, 1988; Delta Evros: Kevrekidis s sod., 1997; Dion: Conides s sod., 2012).

| | Lazaret | Strunjan | Gradež | Staranzano | Rovinj | Delta Evros | Dion |
|--------------------------------------|------------------|-----------------|-----------|------------|---------------------------------------|---------------------|-----------|
| Začetek reproduktivnega obdobja | april | april? | marec | april | / | april (ne v juliju) | / |
| Zaključek reproduktivnega obdobja | julij? | julij | september | avgust | / | avgust | / |
| Abundanca (število vzorčenih živali) | 660 | 491 | / | / | 2240 (julij 1983) | 383 | 9306 |
| Prevladujoč spol | Samice (350:310) | Samci (213:278) | 1:1 | Več samcev | Več samcev | Več samcev | Več samic |
| Pokrovnost (mean) | 45* | 40* | nizka | visoka | zelo visoka (<i>Zostera noltii</i>) | | / |

Legenda: *- števila so povprečja pokrovnosti celoletnega vzorčenja na posameznem vzorčnem mestu

Priloga G: Največje, srednje velike in najmanjše živali iz različnih vzorčnih mest (podatki iz naše raziskave in iz ostalih raziskav). Vir podatkov: Lazaret, Strunjan: to delo; Gradež, Staranzano in Rovinj: Dworschak, 1988; Delta Evros: Kevrekidis s sod., 1997; Dion: Conides s sod., 2012).

| | max TL samica (mm) | max TL ovigera (mm) | max TL samec (mm) | mean TL ovigere (mm) | min TL samica (mm) | min TL ovigera (mm) | min TL samec (mm) |
|----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Lazaret | 59.4 | 52.2 | 50.4 | 36.1 | 14 | 26.4 | 14 |
| Strunjan | 47.1 | 48.7 | 54.67 | 39.1 | 14.53 | 26.56 | 13.7 |
| Gradež | 60 | 53.3 | 66 | 50 | / | 34 | / |
| Staranzano | 58 | / | 60 | 46.6 | / | 34 | / |
| Rovinj | 47 | / | / | 33.1 | / | 25 | / |
| Delta Evros | 82 | / | 106 | 54.4 | 17 | 39 | 17 |
| Dion | 35.08±5.28* | / | 35.34±6.72 | / | / | / | / |

Legenda: *- števila so povprečja celotne in ne največji osebki, kot nakazuje prvi lev stolpcev.

Priloga H: Dovoljenje za vzorčenje škardobole v Krajinskem parku Strunjan.



ZAVOD REPUBLIKE SLOVENIJE
ZA VARSTVO NARAVE

OBMOČNA ENOTA PIRAN

Tartinijev trg 12 | 6330 Piran
T 05 67 10 900 | F 05 67 10 905
E zrsvn.oepi@zrsvn.si | www.zrsvn.si

ISTITUTO DELLA REPUBBLICA DI SLOVENIA PER LA TUTELA DELLA NATURA | UNITÀ TERRITORIALE DI PIRANO

Piazza Tartini 12 | 6330 Pirano
T 05 67 10 900 | F 05 67 10 905
E zrsvn.oepi@zrsvn.si | www.zrsvn.si

Številka: 7-II-151/2-O-11/AP
Datum: 16.11.2011

Jure Jugovic
Znanstveno raziskovalni center Koper
Inštitut za biodiverzitetne študije
Giordana Bruna 6
6000 Koper

ZADEVA: Vzorčenje škardobole (*Upogebia pusilla*) v Krajinskem parku Strunjan za namene diplomske naloge

Z vlogo dne 9.11.2011, ste zaprosili naslovni Zavod za soglasje za vzorčenje škardobole (*Upogebia pusilla*) v Krajinskem parku Strunjan. Škardobola (*Upogebia pusilla* oz. *Upogebia littoralis*) je uvrščena v Prilogo 28: Rdeči seznam višjih rakov (Malacostraca) Pravilnika o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam, kar ne prepoveduje odzema živali iz narave. Vendar skladno s 15. členom Uredbe o Krajinskem parku Strunjan (Uradni list RS, št. 107/2004) je za tovrsten poseg v naravo potrebno:

- vsako vzorčenje predhodno prijaviti upravljavcu parka,
- vzorčenje mora potekati v obsegu in na način, ki najmanj ogroža naravno ravnovesje in stanje Naravnega rezervata Strunjan – Stjuža.

Lep pozdrav!

Pripravila:
Alenka Popič, dipl. org. tur.
Štrpčakova sodelavka VII/1



Vodja OE Piran:
mag. Robert Turk, univ.dipl.biol.
Visoki naravovarstveni svetnik

- Odposlati:
- naslovník
 - JZ Krajinski park Strunjan, Senčna pot 10, 6320 Portorož,
 - arhiv, tu