

Reproduktivni ciklus školjkaša Dreissena polymorpha (Pallas, 1771) u hidroakumulaciji Čakovec

Penić, Tina

Master's thesis / Diplomski rad

2010

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:683197>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-13**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Tina Peni

Reproducitivni ciklus školjkaša *Dreissena polymorpha*
(Pallas, 1771) u hidroakumulaciji akovec

Diplomski rad

Zagreb, 2010. godina

Ovaj rad, izrađen u

Zoologiskom zavodu Biološkoga odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu,

pod vodstvom doc. dr. sc. Jasne Lajtner,

predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta
u Zagrebu radi stjecanja zvanja profesor biologije

ZAHVALA

Mentorici, doc.dr.sc. Jasni Lajtner najsrda nije zahvaljujem na neizmjernom razumijevanju, savjetima i pomo i tijekom istraživanja i pisanja ovog rada.

Asistentici, dr.sc. Gordani Gregorovi zahvaljujem na pomo i i savjetima pri korištenju raunalnog programa LUCIA G 4.81.

Asistentu, dr.sc Ivanu Radi u zahvaljujem na pomo i kod snimanja mikroskopskih preparata.

Tehni arki Zdenki Ivan i hvala za pomo pri izradi histoloških preparata.

Veliko hvala mojim roditeljima i sestrama koji su mi najve a podrška i oslonac u životu.

Mojim dragim priateljima hvala što su bili uz mene uz sve moje uspone i padove i što su u inili da mi studentski dani ostanu u najljepšem sje anju.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveu ilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matemati ki fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

REPRODUKTIVNI CIKLUS ŠKOLJKAŠA *Dreissena polymorpha* (PALLAS, 1771) U HIDROAKUMULACIJI AKOVEC

Tina Peni

Biološki odsjek
Prirodoslovno-matemati ki fakultet
Sveu ilište u Zagrebu
Rooseveltov trg 6, Zagreb

Terenska istraživanja provedena su od svibnja do listopada 2006. godine. Primjenom klasi nih histoloških tehnika prou eni su razvojni stadiji gonada, a ra unalnom analizom slike LUCIA G 4,81 izmjerena je gonadni volumen, volumen probavne žlijezde i volumen ostalih tkiva utrobne vre e. Rezultati rada su pokazali da je u istraživanoj hidroakumulaciji omjer spolova 1:1. Iako je reproduktivni ciklus školjkaša uglavnom ujedna en, svi razvojni stadiji gonada najprije su uo eni kod ženki. U svibnju su gonade ve ine jedinki bile u stadiju pred mriještenje. Do mriještenja je došlo u lipnju i po etkom srpnja što je potvr eno porastom broja jedinki koje su bile u stadiju poslije mriještenja. Stadij mirovanja gonada uo en je kod manjeg broja ženki ve u kolovozu. Proces nove gametogeneze po eo je u rujnu i nastavio se tijekom listopada. Najviše vrijednosti gonadnog volumena i gonadnog indeksa utvr ene su u lipnju, a najniže u rujnu kad je najve i dio jedinki bio u stadiju mirovanja. Za razliku od gonada, vrijednosti volumena i indeksa probavne žlijezde bile su najniže u lipnju, a najviše u rujnu. Tijekom istraživanja utvr ena je i prisutnost endoparazita metilja.

(46 stranica, 23 slike, 11 tablica, 74 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Klju ne rije i: *Dreissena polymorpha* / reproduktivni ciklus / razvojni stadiji gonada / gonadni volumen / gonadni indeks / metilji

Voditelj: Dr. sc. Jasna Lajtner, doc.

Ocjjenjiva i: Dr. sc. Jasna Lajtner, doc.
Prof. dr. sc. Zdravko Dolenc, izv. prof.
Prof. dr. sc. Božena Miti , izv. prof.

Rad prihva en: 30. lipnja 2010.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

THE REPRODUCTIVE CYCLE OF THE ZEBRA MUSSEL *Dreissena polymorpha* (PALLAS, 1771) IN THE HYDROACCUMULATION AKOVEC

Tina Peni

Department of Biology
Faculty of Science, University of Zagreb
Rooseveltov trg 6, Zagreb

Field research was conducted from May to October 2006. Using conventional histological examination developmental stages of gonads were studied. Gonad volume, volume of the digestive gland and volume of other tissues of visceral mass were measured with computerized image analyses LUCIA G 4.81. The results showed that in the studied hydroaccumulation sex ratio was 1:1. Although the reproductive cycle of mussels generally synchronized, all the developmental stages of gonads were first observed in females. In May, the gonads of most individuals were at the prespawning stage. The spawning occurred in June and early July, which was confirmed by the increase in number of individuals which were at the postspawning stage. The stage of inactive gonads was observed in a small number of females in August. The process of new gametogenesis started in September and continued during October. The highest volume of gonads and gonad indices were determined in June, and the lowest in September when the most of the individuals were at the inactive stage of gonads. In contrast to the gonads, the values of volume and digestive gland indices were lowest in June and highest in September. During the research the presence of endoparasites trematoda was also identified.

(46 pages, 23 figures, 11 tables, 74 references, original in: croatian)

Thesis deposited in the Central biological library

Key words: *Dreissena polymorpha* / reproductive cycle / gonad stages / gonad volume / gonad index / trematoda

Supervisor: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.

Reviewers: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.
Dr. Zdravko Dolenc, Assoc. Prof.
Dr. Božena Mitić, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 30th June, 2010

SADRŽAJ

<u>1. UVOD</u>	<u>1</u>
1.1. OSNOVNA OBILJEŽJA VRSTE	1
1.1.1. Vanjski izgled	1
1.1.2. Unutrašnja gra a	2
1.1.3. Ekologija vrste	5
1.1.4. Zoogeografija vrste	10
1.2. CILJ ISTRAŽIVANJA	11
<u>2. MATERIJAL I METODE</u>	<u>13</u>
2.1. PODRU JE ISTRAŽIVANJA	13
2.2. SKUPLJANJE UZORAKA ŠKOLJKAŠA	14
2.3. IZRADA HISTOLOŠKIH PREPARATA	16
2.4. OBILJEŽJA GONADA	16
2.4.1. Razvojni stadij gonada	16
2.4.2. Indeks spolne zrelosti	17
2.4.3. Gonadni volumen	17
2.4.4. Gonadni indeks	18
2.5. STATISTI KA OBRADA PODATAKA	18
<u>3. REZULTATI</u>	<u>19</u>
3.1. OMJER SPOLOVA	19
3.2. OBILJEŽJA GONADA	19
3.2.1. Razvojni stadij gonada	19
3.2.2. Indeks spolne zrelosti	28
3.2.3. Gonadni volumen	29
3.2.4. Gonadni indeks	33
3.3. METILJI	35
<u>4. RASPRAVA</u>	
4.1. ODNOS SPOLOVA	36
4.2. OBILJEŽJA GONADA	36
4.3. METILJI	38
<u>5. ZAKLJU CI</u>	<u>39</u>
<u>6. CITIRANA LITERATURA</u>	<u>40</u>

1. UVOD

1.1. OSNOVNA OBILJEŽJA VRSTE

Školjkaš *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) slatkovodna je vrsta koja se iz mora naselila u vode na kopnu. Prema Meunarodnom savezu za očuvanje prirode jedna je od 100 najopasnijih invazivnih vrsta na svijetu (Global Invasive Species Database, 2005). Tako je i jedna od najdominantnijih vrsta u rijekama i jezerima Europe (Stanczykowska, 1977).

Sistematika vrste (Nutall, 1990):

Carstvo: ANIMALIA

Koljeno: MOLLUSCA

Razred: BIVALVIA Linnaeus, 1758

Podrazred: HETERODONTA Neumayr, 1884

Red: VENEROIDA H. & A. Adams, 1856

Natporodica: DREISSENOIDEA Gray, 1840

Porodica: DREISSENIDAE Gray, 1840

Rod: *Dreissena* van Benden, 1835

Dreissena polymorpha (Pallas, 1771)

1.1.1. VANJSKI IZGLEĐ

Školjka vrste *D. polymorpha* ima oblik trokuta izvedenog na različne (gr. *poly* – mnogo; *morphe* – oblik) pa otuda potječe hrvatski naziv raznolika trokutnjak za ovu vrstu (Slika 1). Ljuštare su žuto-smeđe do sive boje prošarane tamnim linijama i prugama, pa je engleski naziv za navedenu vrstu zebra mussel. Prosječna duljina školjki iznosi 25-40 mm, visina 13-18 mm, a širina 16-23 mm.



Slika 1. Vanjski izgled vrste *D. polymorpha* (snimio I. Lajtner)

1.1.2. UNUTRAŠNJA GRA A

KOŽNI SUSTAV

Tijelo školjkaša obavijeno je plaštom, a unutar njega je plaštana šupljina s pripadaju im organima (Slika 2). U posteriornom dijelu tijela plašt je produžen u dvije kratke cijevi, sifone, koji se otvaraju u vanjsku okolinu.

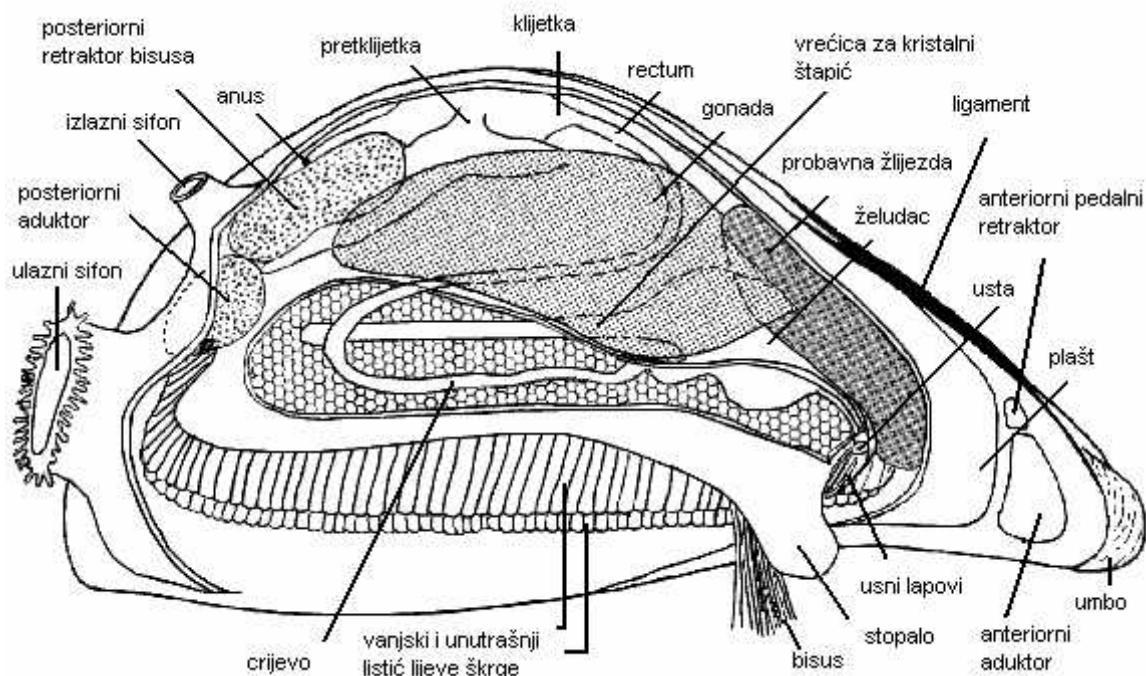
Na trbušnoj strani tijela smješteno je stopalo (Morton, 1969a, 1993) pomo u kojeg se životinja kreće. Pri bazi stopala je bisusna žljezda koja luči sekret koji se u vodi skruti u duga kažilava vlakna tzv. bisus (Morton, 1969a, 1993) koji služi za pričvršćivanje životinje za tvrdnu podlogu (Slika 2).

MIŠNI SUSTAV

S unutrašnje strane na ljušturu su pri vrhu eni anteriorni i posteriorni aduktor, anteriorni pedalni retraktor, posteriorni pedalni aduktor te anteriorni i posteriorni bisusni retraktor (Yonge i Campbell, 1968) (Slika 2). Između anteriornog pedalnog retraktora i posteriornog pedalnog aduktora smješten je pedalni elevator. Školjka se zatvara kontrakcijom anteriornog i posteriornog aduktora, a prestankom miši ne kontrakcije zatežuju se ligamenti i školjka se otvara (Yonge i Campbell, 1968).

DIŠNI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* diše pomo u parnih trepetljikavih škrge koje se pružaju kroz cijelu plaštanu šupljinu (Morton, 1969a, 1993; Claudi i Mackie, 1993) (Slika 2). Velika površina škrge omogu uje laku izmjenu plinova, a osim toga, svojim sustavom trepetljika škrge ine glavne organe za skupljanje hrane filtriranjem. Histološka je karakteristika svih dijelova tijela koji su unutar plaštane šupljine (osim stopala) da su pokriveni trepetljikavim epitelom, a to je vrlo važno za hranjenje i disanje.



Slika 2. Unutrašnja gra a vrste *D. polymorpha* (preuzeto od Claudi i Mackie, 1993)

PROBAVNI SUSTAV

Školjkaši su filtriraju i organizmi (Morton, 1969b; Hinz i Scheil, 1972; Stanczykowska, 1977; MacIsaac i sur., 1992). Sitne estice promjera oko 0,05 mm, tjerane trepetljikama dospiju u usta, a odavde u jednjak i želudac. Ve e estice skupljaju se u uglovima krpastih usnih nastavka i povremeno se miši nim trzajima odbacuju na stijenke plašta. Tvari koje su skupljene filtriranjem pomo u hranidbenih struktura, a nisu ušle u

probavilo (pseudofekalije) izbacuju se kroz izlazni sifon u vanjsku okolinu. Hranidbene tvari iz usta kroz kratki jednjak dođu u želudac. Želudac se sastoji od prostrane želuane vreće i cjevastog želuana nog nastavka. Šupljina želuana nog cjevastog nastavka podijeljena je parnim naborima stijenki u dva kata. Donji kat izgrađuje prolaz prema crijevu, a gornji je bogat žlijezdama i stvara galertasto-enzimatski štapi (kristalni štapi). Kristalni štapi svojim okretanjem pomaže u miješanju sadržaja želudca, te potiskuje estice hrane. Na želudac se nastavljuju srednje i stražnje crijevo.

Probavna žlijezda (žlijezda srednjeg crijeva) sastavljena je od velikog broja kanala. Kanali i su građeni od dviju vrsta stanica: trepetljikavih manjih i većih probavnih stanica. Vrsta *D. polymorpha* hrani se fitoplanktonom, zooplanktonom, detritusom i drugim organskim tvarima (MacIsaac i sur. 1991, 1992, 1995).

OPTJECAJNI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* ima otvoren optjecajni sustav. Na leđnoj strani životinje smješteno je trodijelno srce koje se sastoji se od dvije pretklijetke i jedne klijetke (Morton, 1969a) (Slika 2). Hemolimfa bogata kisikom iz škrge i plaštja dolazi u pretklijetke, a potom i u klijetku. Iz klijetke hemolimfa mrežom žila odlazi prema tijelu. U hemolimfnim sinusima vrši se izmjena dišnih plinova, produkata metabolizma i hranjivih tvari između tjelesnih stanica i hemolimfe. Nakon toga hemolimfa se ponovno skuplja u žile i ide u škrge i plašt gdje se oksigenira.

EKSKRECIJSKI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* ima parne metanefridije građene u obliku cijevi U-oblika, a smještene između stražnjeg retraktora bisusa i stražnjeg aduktora. U stijenci perikarda smještena je perikardijalna žlijezda koja ima važnu ulogu u ultrafiltraciji hemolimfe te u procesima detoksifikacije (Giamberini i Pihan, 1996).

Suvišna voda se iz tijela izbacuje putem metanefridija (Morton, 1969b). Proces ekskrecije započinje filtriranjem hemolimfe kroz perikardijalnu žlijezdu u šupljinu perikarda (Giamberini i Pihan, 1996). Iz perikarda, profiltrirana tekućina (tj. primarna mokraća), ulazi preko renoperikardijalnog otvora u proksimalni dio metanefridija. Tu se koncentriра i stvara se sekundarna mokraća. Mokraća se oslobađa kroz nefridiopor u

suprabranhijalni prostor odakle se kroz izlazni sifon izbacuje van iz tijela školjkaša (McMahon, 1991).

ŽIV ANI I OSJETILNI SUSTAV

Živ evlje je vrlo jednostavno i simetrično. Njegov središnji dio sastoji se od malog, parnog cerebralnog ganglija koji je srašten s pleuralnim ganglijem. Iz njega izlaze dvije konektive sa svake strane, od kojih jedna vodi prema pedalnom gangliju, a druga prema stražnjem dijelu na visceralni ganglij. Cerebralni ganglij inervira prednji dio tijela, prednji mišić zatvara, prednji dio plašta, usne lapove i usta. Pedalni ganglij inervira stopalo, a visceralni stražnji mišić zatvara, škrge, stražnji dio plašta te sifone.

Osjetne stanice posebno su brojne na rubu ulaznog i izlaznog otvora.

RASPLODNI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* razdvojenog je spola. Gonade su parne i smještene u utrobnoj vreći (Morton, 1969a) (Slika 2). Sastoje se od folikula u kojima su razvojni stadiji gameta. Oocite su pri vršenje za zametni epitel dok ne postanu sponozrele. Zreli spermiji su karakteristično raspoređeni s bićevima usmjerenim prema lumenu folikula. Zrele gamete zajedno s vodom izbacuju se kroz izlazni sifon (Morton, 1993).

1.1.3. EKOLOGIJA VRSTE

ABIOTIČKI EKOLOŠKI IMBENICI

Vrsta *D. polymorpha* je primarno slatkovodna vrsta, međutim pronađena je i u bočnim vodama sa salinitetom do 8‰. Vrlo je otporna vrsta i može podnijeti različite nepovoljne uvjete kao što su gladovanje, isušivanje, vrlo niske i visoke temperature, velike razlike u koncentraciji otopljenog kisika i kalcija.

U Europi je temperaturni prag za rast ove vrste od 11 do 12 °C (Walz, 1978), za razmnožavanje i razvoj ljeđinki od 15 do 17 °C (Morton, 1969c; Stanczykowska, 1977; Lewandowski i Ejsmont-Karabin, 1983; Borcherding 1991; Sprung 1991). U Sjevernoj

Americi u Velikim jezerima temperaturni prag za gametogenezu je 10 °C, za rast je od 8 do 10 °C te 14 do 16 °C za razvoj li inke (Claudi i Mackie, 1993).

Koncentracija kalcija u vodi utje e na pojavu i širenje raznolike trokutnja e. Ovi školjkaši ne mogu preživjeti ako je koncentracija kalcija niska jer je kalcij važan sastavni dio školjke (Claudi i Mackie, 1993). Koncentracija od 28 do 109 mg/l u jezerima osigurava uspješan razvoj ove vrste (Stanczykowska, 1977).

Najniža vrijednost pH za preživljavanje odraslih školjkaša je 6,5, a za li inke 6,9 (Claudie i Mackie, 1994). Za razmnožavanje ta vrijednost iznosi 7,4, a za pozitivan rast školjkaša iznad 8,3 (Hincks i Mackie, 1997).

Za razmnožavanje i rast raznolike trokutnja e bitan imbenik je i koli ina otopljenog kisika. Ova vrsta može podnijeti velike razlike u koli ini kisika, a nekoliko dana može preživjeti i u anaerobnim uvjetima (Matthews i McMahon, 1999). Ovi školjkaši mogu preživjeti ak i ako je zasi enje kisika samo 25 % (Karataev i sur. 1998).

Budu i da je vrsta *D. polymorpha* filtriraju i organizam brzina strujanja vode bitan je imbenik za njezin rast. Osim toga, zbog pri vrš ivanja na tvrde podloge ova vrsta izbjegava mjesta s velikom brzinom protjecanja.

Vrsta *D. polymorpha* živi pri vrš ena na vrstima prirodnim (kamenje, stijene, grane drve a) i umjetnim (plastika, staklo, guma, metal) podlogama. Može biti pri vrš ena na vodene makrofite (Karataev i sur., 1998) te na vodene beskralješnjake (Carlton, 1993). Oblik ljuštture i bisusne niti idealna su podloga za sesilni na in života (Claudi i Mackie, 1993).

BIOTI KI EKOLOŠKI IMBENICI

PREDATORI

Vrsta *D. polymorpha* ima visoku nutritivnu vrijednost (60,7 % proteina, 12 % masti, 19 % ugljikohidrata) (Cleven i Frenzel, 1992). Ta vrijednost mijenja se sezonski. Glavni predatori su ribe, ptice i rakovi.

Li inkama školjkaša hrani se deset europskih i pet sjevernoameri kih vrsta riba (van der Velde i sur., 1994; Limburg i Ahrend, 1994; Molloy i sur., 1997). Odraslim jedinkama ove vrste hrani se 38 ribljih vrsta. U Sjevernoj Americi najbolje prou en

predator je vrsta *Aploclinotus grunniens* (French i Bur, 1993), a u Europi bodorka (*Rutilus rutilus*) (Martyniak i sur., 1987).

Ptice su me u najbolje istraženim predatorima ove vrste. ak 36 vrsta vodenih ptica hrani se odraslim jedinkama ovog školjkaša. Pet vrsta pataka (*Aythya fuligula*, *A. ferina*, *A. marila*, *A. affinis*, *Bucephala clangula*) i liska (*Fulica atra*) najbolje su istraženi predatori vrste *D. polymorpha* (Molloy i sur., 1997).

Tri skupine rakova (veslonošci, rije ni rakovi i rakovice) poznate su kao predatori vrste *D. polymorpha*.

PARAZITI

Naj eš i paraziti koje imaju odrasli školjkaši su trepetljikaši i metilji. Priroda odnosa izme u trepetljikaša i domadara kre e se od komenzalizma do parazitizma (Bradbury, 1994). Kao paraziti kod vrste *D. polymorpha* prona eno je ak sedam vrsta metilja (Conn i Conn, 1995; Molloy i sur., 1997; Lajtner i sur., 2008). Inficirana metiljima ova vrsta ima i do jedne tre ine manju suhu težinu od zdrave jedinke, zbog otežanog hranjenja i disanja uzrokovanog prisutnoš u sporocista u škrigama (Molloy i sur., 1997). Osim toga, dokazan je i negativan u inak na rasplodni sustav jer su gonade jedno od primarnih mesta infekcije (Lajtner i sur., 2008).

EKOLOŠKI KOMPETITORI

Budu i da odrasla jedinka živi pri vrš ena na podlogu, njeni glavni ekološki kompetitori su spužve (Spongia), obrubnjaci (Hydrozoa), mahovnjaci (Bryozoa) i drugi školjkaši (Molloy i sur., 1997). Osim za prostor navedeni organizmi su i u kompeticiji za hranu (Molloy i sur., 1997).

ŽIVOTNI CIKLUS

Raznolika trokutnja a je netipi na vrsta slatkvodnih školjkaša, jer se razvija iz slobodno plivaju e veliger li inke, koja je ina e karakteristi na za morske školjkaše.

Životni ciklus vrste *D. polymorpha* može se podijeliti u tri dijela: li ina ki,

juvenilni i adultni stadij (Ackerman i sur., 1994; Claudi i Mackie, 1994). Li inka veliger razvija se u planktonu, a juvenilne i adultne jedinke pri vrš ene su za podlogu.

Adultne jedinke postaju spolno zrele ve tijekom prve godine života, kad su prosje no duge 8 do 10 mm (Mackie i sur., 1989). Razvoj spolnih stanica po inje u kasnu jesen, nastavlja se tijekom zime, a u prolje e dolazi do naglog rasta jajnih stanica i spermija (Pathy, 1994; Gist i sur., 1997).

Jedna od glavnih prednosti za brzo naseljavanje ove vrste je jako visok fekunditet. Ženka godišnje može producirati ak 1 500 000 jaja (Borcherding, 1991; Neumann i sur., 1993, Lajtner, 2005). Broj spermija koje stvaraju mužaci kre e se oko deset bilijuna (Sprung, 1991). Jaja i spermiji po inju se osloba ati kad temperatura vode pre e 12 °C (Borcherding, 1991), no idealna temperatura za mriještenje je od 15 do 17 °C (Pathy, 1994; Claudi i Mackie, 1994).

Mriještenje se obi no doga a u svibnju i lipnju, no u jezeru Erie (Velika jezera) mriještenje po inje u svibnju i traje do kasnog listopada (Pathy, 1994). Oplodnja je vanjska, a smatra se da je temperatura glavni imbenik koji dovodi do osloba anja gameta. Oploena jajna stanica prolazi embrionalni razvoj koji uklju uje spiralno brazdanje, blastulaciju i gastrulaciju (Ackerman i sur., 1994). Iz gastrule se kroz 6 do 20 sati, što ovisi o temperaturi vode, razvija slobodno plivaju a li inka trohofora koja ubrzo prelazi u veliger li inku. Iz nje se razvija pediveliger li inka koja se po inje spušta prema dnu gdje se bisusnim nitima pri vrš uje za vrste podloge. Iz pediveliger li inke dalnjim procesom preobrazbe nastaje postveliger li inka koja predstavlja prelazni oblik prema juvenilnim školjkašima. Vrijeme potrebno da se iz oplo enog jajeta razvije juvenilna jedinka ovisi o temperaturi vode i može trajati od 8 do 240 dana (Ackerman i sur., 1994).

Populacije odraslih školjkaša su najguš e u jezerima u litoralnoj i sublitoralnoj zoni na dubini od 2 do 12 metara (Stanczykowska, 1977). Na oba kontinenta populacije postižu maksimum gusto e nakon 5 godina od pojavljivanja u nekom vodenom ekosistemu (Stanczykowska, 1977; Mackie i Schloesser, 1996). U Štetinskom jezeru (Poljska) utvr ena je gusto a od 114.000/m², što je iznosilo 87,7% sveukupne biomase faune dna (Wiktor, 1963). Na umjetno postavljenim betonskim podlogama u akumulacijskom jezeru Dubrava, na dubini od 5 metara, zabilježena je gusto a od 164.408 jedinki/m² (Erben i sur., 2000).

UTJECAJI VRSTE

Raznolika trokutnja a nije samo izuzetno agresivna invazivna vrsta koja ubrzo postaje dominantna u novom prostoru, veće je i vrlo u inkovit „inženjer ekosustava“ mijenjajući okoliš koji zauzme. „Inženjer ekosustava“ je vrsta koja direktno ili indirektno kontrolira dostupnost resursa drugim organizmima uzrokujući fizikalne promjene stanja biotičkih i abiotičkih imenika okoliša (Jones i sur., 1994). Ovi školjkaši uzimaju velike količine fitoplanktona iz vode i na taj način oduzimaju hranu zooplanktonu (Leach, 1993; Nichols i Hopkins, 1993; Fahnstiel i sur., 1995a, b; Karatayev i sur., 1997; Bastviken i sur., 1998). Vrsta *D. polymorpha* filtracijom povećava prozirnost vode i smanjuje količinu planktonskih algi (Mellina i sur. 1995). Haag i sur. (1993) utvrdili su da ova vrsta smanjuje preživljavanje i kondiciju autohtonih vrsta školjkaša u jezeru Erie. Osim toga, *D. polymorpha* obrasta bentičke beskralježnjake i onesposobljuje njihove normalne aktivnosti kao što su kretanje i hranjenje (Mackie, 1991).

Ova invazivna vrsta svojim bisusnim nitima pričvršćuje se na dna brodova, motore, ribarske mreže, dokove. Takođe, za epljuje cjevovode smanjujući njihov volumen (Slika 3), pa tako utječe i na snabdijevanje vodom, uzrokuje koroziju cijevi, te neugodan miris i okus vode svojim metabolitskim procesima i odumiranjem (Claudi i Mackie, 1993). Negativan utjecaj ova vrsta školjkaša ima i na plažama na kojima se talože prazne ljušturi koje su tanke i oštре i mogu izazvati ozljede stopala.



Slika 3. Obraštaj vrste *D. polymorpha* unutar vodovodnih cijevi
www.pastthemoon.com/.../08/mussels_in_pipe.jpg

1.1.4. ZOOGEOGRAFIJA VRSTE

Za vrijeme pliocena vrsta *D. polymorpha* imala je širok areal u centralnoj Europi i duž rijeke Volge. Nakon zadnjeg ledenog doba gotovo je u potpunosti nestala, a zadržala se samo na podruju Crnog i Azovskog mora, te Kaspijskog jezera (Wiktor, 1963). U posljednja dva stoljea proširila se po gotovo cijeloj Europi (Morton, 1969c; Stanczykowska, 1977).

Godine 1985. pojavila se u Sjevernoj Americi, u Velikim jezerima (Hebert i sur., 1989). Smatra se da je tamo došla balastnim vodama iz prekoceanskih brodova.

Do siječnja 2007. raznolika trokutnja je utvrđena u svim Velikim jezerima. Johnson i sur. (2006) utvrdili su da je vrhunac invazije bio u periodu od 1993. do 1995. godine te 1998. godine.

Osim vrste *D. polymorpha* u Sjevernu Ameriku se iz Europe proširila još jedna vrsta iz porodice Dreissenidae. Vrsta *Dreissena bugensis* prvi put je pronađena 1989. godine u kanalu jezera Erie, ali tek je 1991. utvrđeno da se radi o drugoj vrsti (May i Marsden 1992). Danas je ta vrsta dominantnija u mnogim područjima SAD-a u odnosu na vrstu *D. polymorpha*.

Najstariji podaci o vrsti *D. polymorpha* na području Republike Hrvatske potječu iz 19. stoljeća. Naime, nekoliko praznih ljuštura je pronađeno na dubrovačkom području kamo je rijekom Bojanom i morskim strujama pristigla iz Skadarskog jezera. Sedamdesetih godina prošlog stoljeća istraživanja su pokazala da je najzapadnija točka njenog rasprostranjenja ispod uša rijeke Drine u rijeku Savu (Matonić i sur., 1975). Krajem 20. stoljeća ova se vrsta iz Dunava naglo počela širiti u Republici Hrvatskoj. Tako je po etkom devedesetih godina prošlog stoljeća pronađena na nekoliko lokaliteta u rijeci Dravi kod Pitomače (Lajtner i Klobučar, 1996). U akumulacijskom jezeru hidroelektrane Dubrava (kod Preloga) pojavila se krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća (Mišetić i sur., 1991). Proces njenog širenja uzvodno nastavljen je i dalje tako da je do danas nađena u akumulacijskim jezerima hidroelektrana akovec i Varaždin (Mraković i sur., 2003; Lajtner i sur., 2004). Godine 1990. ova je vrsta pronađena u jezeru Čingi-Lingi kod Koprivnice (Kranjc et al., 1993; 1996), a 2002. godine otkrivena je i u jezeru Jarun u Zagrebu (Lajtner i sur., 2005). U parku prirode Kopački rit pronađena je 2003. godine (Lajtner i sur., 2005).

1.2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Slatkovodni školjkaš, *D. polymorpha* jedna je od najagresivnijih invazivnih vrsta na svijetu koja u Europi i posebno Sjevernoj Americi stvara velike štete u crpilištima vode, ribarskim brodovima i na hidro i termoelektranama. Obraštaj ove vrste u Sjevernoj Americi uzrokuje materijalnu štetu u milijunima dolara godišnje (Morton, 1997).

Životni ciklus koji uključuje slobodno plivajući inku, ima karakteristiku za morske školjkaše, omogućujuće im sposobnost invazije i dominacije u novom prostoru. Kad jednom zauzmu neko područje, njihove populacije mogu rasti brzo i njihova ukupna biomasa može deset puta premašiti biomasu svih autohtonih benthičkih beskralješnjaka (Karatayev i sur., 1994).

Prisutna je u cijelom toku hrvatskog dijela Drave i Dunava. Zbog iznimno velike plodnosti istiskuje autohtone vrste školjkaša, filtracijom planktona smanjuje količinu hrane drugim vrstama te svojom aktivnošću mijenja sastav i strukturu zajednice rijeke dna. Uzrokuje velike probleme u ljudskim aktivnostima jer može u kratkom roku za epiti ili pokriti velike površine raznih struktura, kao što su cijevi elektrana ili komunalnih sustava.

Guste populacije ove vrste pronađene su u sustavu hidroelektrane akovec (Mrakov i sur., 2003) koja je izgrađena na rijeci Dravi i u pogonu je od 1982. godine. Školjkaši su osim u hidroakumulaciji pronađeni i u dovodnim kanalima, na metalnim i betoniranim dijelovima brane, ali i u strojarnici hidroelektrane (Erben i sur., 2007). Poznato je da ova vrsta ima velik reproduktivni potencijal što je jedna od glavnih karakteristika i prednosti neke invazivne vrste u novom ekosistemu.

Za istraživanje reproduktivnog ciklusa vrste *D. polymorpha* u hidroakumulaciji akovec postavljeni su slijedeći ciljevi istraživanja:

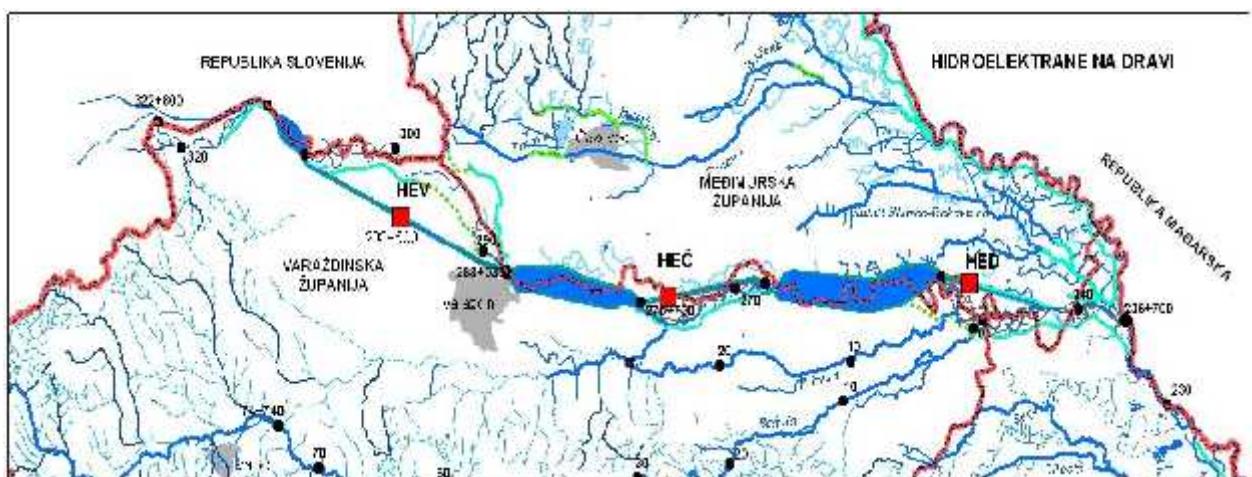
1. Pregledjem razvojnih stadija gonada utvrditi u kojoj je mjeri sinhroniziran proces sazrijevanja gonada kod mužjaka i ženki.
2. Utvrditi omjer spolova u proučenoj populaciji školjkaša.
3. Utvrditi postoji li povezanost vrijednosti temperature vode hidroakumulacije i procesa razvoja gonada.

4. Korištenjem raunalnog programa LUCIA G 4.81 izraunati i usporediti vrijednosti gonadnog volumena s vrijednostima volumena probavne žljezde i volumena ostalih tkiva utrobne vreće po mjesecima i međuspolovima.
5. Izraunati i usporediti vrijednosti gonadnog indeksa s vrijednostima indeksa probavne žljezde i indeksa ostalih tkiva utrobne vreće po mjesecima i međuspolovima.
6. Poznato je da je vrsta *D. polymorpha* domadar za brojne parazite pa je jedan od ciljeva rada bio utvrditi njihovu eventualnu prisutnost u pojedinim jedinkama školjkaša.

2. MATERIJAL I METODE

2.1. PODRUJE ISTRAŽIVANJA

Rijeka Drava ima velik hidropotencijal, pa su na njoj uzvodno od Donje Dubrave izgrađene 22 hidroelektrane od čega jedanaest u Austriji, osam u Sloveniji i tri u Hrvatskoj: HE Varaždin (u pogonu od 1975. godine), HE Čakovec (u pogonu od 1982. godine), HE Dubrava (u pogonu od 1989. godine) (Slika 4.).



Slika 4. Hidroelektrane na rijeci Dravi

(www.gradri.hr/adminmax/files/class/stara%20korita%20he.pdf)

Hidroelektrana Čakovec derivacijskog je tipa i sastoji se od akumulacijskog jezera, obodnih kanala, brane, dovodnog kanala, strojarnice i odvodnog kanala.

Fizikalno-kemijske i mikrobiološke pokazatelje u hidroakumulaciji Čakovec tijekom 2006. godine detaljno je izmjerila i obradila Tarnik (2008). Svi mjereni pokazatelji kreću se u granicama koje vrijede za oligo do mezotrofna jezera (Tablica 1). Hidroakumulacija Čakovec je znatno pliša od hidroakumulacije Dubrava pa miješanje svih slojeva vode omogućuje opskrbu fitoplanktonom i hranjivim solima u cijelom vertikalnom stupcu. Vrijednosti temperature, pH, zatim biološka i kemijska potrošnja kisika potvrđile su da je voda zadovoljavajuća za razvitak školjkaša. Otopljenog kisika bilo je dovoljno, a vrijednosti zasjenja kisikom uglavnom su prelazile 100 %. Koncentracija kalcija te ukupna tvrdo voda bile su u optimalnim granicama vrijednosti potrebnih za

dobar rast i razmnožavanje školjkaša. Vrijednosti klorofila *a* u svibnju su bile u granicama vrijednosti za oligotrofna jezera. U srpnju i kolovozu izmjerene vrijednosti pokazivale su da se radi o mezo do umjerenog eutrofnom jezeru.

Tablica 1. Fizikalno-kemijski i mikrobiološki pokazatelji u hidroakumulaciji akovec (prema Tarnik, 2008).

datum	17. 5. 2006.			5. 7. 2006.			30. 8. 2006.		
dubina	2 m	5 m	7 m	2 m	5 m	7 m	2 m	5 m	7 m
temperatura/t °C	17,60	15,70	15,10	27,10	20,10	19,10	14,10	17,60	17,40
prozirnost vode/m	1,80	1,80	1,80	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80
pH	8,09	8,06	8,03	8,04	8,04	7,97	8,08	8,07	8,10
BPK ₅ /mg/l O ₂	2,19	1,49	1,52	2,96	2,97	2,03	1,58	0,10	0,54
KPK/ mg/l O ₂	11,40	8,40	6,60	8,40	8,40	6,60	3,60	7,80	7,80
ukupna tvrdo a/ d°H	7,84	7,62	7,62	6,27	6,04	6,04	7,39	7,39	7,62
KMnO ₄ / mg/l O ₂	1,82	1,58	1,98	1,26	1,58	1,50	1,58	1,50	1,58
kisik/ mg/l O ₂	11,25	10,94	9,96	9,42	9,56	9,25	8,30	8,06	9,42
saturacija/ %	115,50	109,94	98,12	106,68	104,25	98,93	87,00	84,49	98,70
Ca/ mg/l	33,63	33,63	33,63	32,03	33,63	35,23	33,63	36,84	33,63
klorofil-a	-	0,547	-	-	9,708	-	-	3,945	-

2.2. SKUPLJANJE UZORAKA ŠKOLJKAŠA

Skupljanje odraslih školjkaša provedeno je u razdoblju od svibnja do listopada 2006. godine uz lijevu obalu hidroakumulacije akovec (Slika 5). Budući da su školjkaši bisusnim nitima u vršenju za podlogu i da je skupljanje provedeno na dubini od 3 m, uzorkovanje su obavili ronioci kluba podvodnih aktivnosti „Drava“ iz Varaždina (Slika 6). Uzorak obraštaja školjkaša pažljivo je sastrugan s podloge, prebačen u mrežu i izvaden iz vode. Prilikom svakog uzorkovanja izmjerena je temperatura vode.

Uzorci školjkaša do laboratorijskih preneseni u plastim posudama s jezerskom vodom. Zatim su prebaeni u akvarije s proto nom dekloriranom vodom i prozraivanjem. Dan nakon dolaska s terena jedinke su obraene histološkim tehnikama.



Slika 5. Hidroakumulacija akovec. Strelica prikazuje mjesto uzorkovanja školjkaša (<http://earth.google.com/>)



Slika 6. Sakupljanje školjkaša u hidroakumulaciji akovec (snimio I. Lajtner)

2.3. IZRADA HISTOLOŠKIH PREPARATA

Za histološku obradu odabрано је 10 школјкаша, односно укупно 60 школјкаша тijekom istraživanog perioda. Школјкаши су najprije izmjereni (duljina, širina, visina школjke). Prilikom odabira pazilo se da jedinke budu približno iste duljine (26,00 mm) kako se ne bi trebala raditi naknadna standardizacija uzorka. Sva morfometrijska mjerena su pomini mjerilom s to noš u mjerena 0,1 mm.

Nakon morfometrijskih mjerena slijedilo je otvaranja школjke skalpelom. Utrobna vre a (u kojoj se nalaze gonade, crijevo, probavna žljezda, bisusna žljezda, stopalo i dio miši a aduktora) pažljivo je odvojena od ostalih tkiva (škrge, plašt, srce, bubreg, dio miši a aduktora). Nakon toga uzorci su fiksirani u Bouinovom fiksativu 24 sata. Slijedilo je ispiranje u 75 %-tnom etanolu slijede a 24 sata. Potom su uzorci tkiva dehidrirani kroz niz alkohola rastu ih koncentracija: 80 %, 96 %, 96 %, 100 % i 100 %-tni etanol. Tkivo je stajalo u svakom alkoholu po jedan sat i potom preba eno u kloroform i ostavljen preko no i. Slijede i dan je izvršen uklop u Paraplast Plus.

Preparati su rezani na mikrotomu, model Reichert. Ukupno je izrezano 20 preparata po životinji, a rezovi su bili debljine 10 µm. Nakon deparafiniranja u ksilolu, alkoholu padaju ih koncentracija i destiliranoj vodi preparati su obojeni standardnim metodama za histomorfološku analizu (hemalaun-eozin bojanje) (Romeis, 1968; Švob, 1974). Poslije bojenja slijedilo je dehidriranje uzorka tkiva kroz niz alkohola rastu ih koncentracija i ksilol. Nakon dehidracije preparati su uklopljeni u kanada balzam.

2.4. OBILJEŽJA GONADA

2.4.1. RAZVOJNI STADIJ GONADA

Preparati su pregledani na mikroskopu Olympus CX21, uz ukupno pove anje mikroskopa od 40, 100, 200 i 400x. Ukupno je analizirano 600 preparata i procijenjeno je stanje gonada. Osim toga, zabilježena je prisutnost metilja u gonadama kao i u ostalim organima utrobne vre e.

Za procjenu razvojnih stadija gonada odabrani su kriteriji prema Gist i sur. (1997) gdje je: 0 - stadij mirovanja; 1 - gametogeneza; 2 - stadij pred mriještenje; 3 - stadij poslije mriještenja (Tablica 2). Tako er je utvr en omjer mužjaka i ženki.

Tablica 2. Kriteriji za određivanje razvojnih stadija gonada školjkaša *D. polymorpha* (prema Gist i sur., 1997).

Stanje	Sjemenik	Jajnik
0 mirovanje	Atrofirani i prazni tubuli; nekoliko manjih spermatogonija s malo citoplazme na rubu tubula.	Atrofirani i prazni tubuli; nekoliko oogenija (većih od spermatogonija) prisutno na rubu folikula zajedno s folikularnim stanicama.
1 gametogeneza	Tubuli ispunjeni nediferenciranim, homogenim stanicama kružno raspoređenim od centra ili vakuoliziranim	Male (<40 µm) oocite prije vršene za stijenkiju tubula. Velike oocite (>40 µm) nisu prisutne
2 pred mriještenje	Spermatide, združene u strukture slične resicama, pružaju se u lumen tubula; spermatozote smještene na rubu tubula; prisutne neke mejotičke figure.	Velike (>40 µm), neprijevršene oocite u lumenu tubula brojnije su od malih oocita prije vršenih za stijenkiju tubula; jezgra povećana
3 poslije mriještenja	Spermiji, s repima imaju, prije vršenja u resicama slične strukture i slobodni u lumenu, resice odvojene od donjeg zametnog sloja; nisu prisutne mejotičke figure.	Povećani tubuli sadrže mnogo malih (<40 µm) prije vršenih oocita (reduciranih ili ih nema na kraju sezone); nekoliko velikih (>40 µm) slobodnih oocita u lumenu tubula.

2.4.2. INDEKS SPOLNE ZRELOSTI

Za svaki spol pojedinačno je izračunat indeks spolne zrelosti kao srednja vrijednost procijenjenog stanja gonada.

2.4.3. GONADNI VOLUMEN

Kod školjkaša poseban problem predstavlja kvantificiranje veličine gonada jer je jajnike i sjemenike nemoguće izdvojiti od ostalih organa utrobne vrede. Stoga je za mjerjenje gonadnog volumena primijenjena posebna kvantitativna i kvalitativna analiza prema Borcherding (1990). Deset presjeka po životinji snimljeno je digitalnim fotoaparatom OLYMPUS C 4040 prije vršenja na lupu OLYMPUS SZ 40, kako bi cijeli transverzalni presjek stao u vidno polje. Nakon toga, slike su analizirane na računalu uz prethodnu kalibraciju. Površina koju zauzima gonada, odnosno površina utrobne vrede

mjerena je primjenom raunalnog programa LUCIA G 4.81. Osim gonada izmjerena je i površina probavne žljezde te površina ostalih tkiva utrobne vreće. Ukupno je analizirano 600 slika.

Volumen utrobne vreće i gonadni volumen izračunati su prema slijedećim formulama:

$$\text{volumen utrobne vreće (mm}^3\text{)} = \text{srednja vrijednost površine utrobne vreće (mm}^2\text{)} \times \text{duljina utrobne vreće (mm)}$$

$$\text{gonadni volumen (mm}^3\text{)} = \text{srednja vrijednost površine gonada (mm}^2\text{)} \times \text{duljina utrobne vreće (mm)}$$

Na isti način su izračunati volumeni probavne žljezde i ostalih tkiva utrobne vreće.

2.4.4. GONADNI INDEKS

Gonadni indeks (GI) izračunat je prema Borcherding (1990):

$$GI = \frac{\text{gonadni volumen (mm}^3\text{)}}{\text{volumen utrobne vreće (mm}^3\text{)}} \times 100$$

Na isti način su izračunati indeksi probavne žljezde i indeksi ostalih tkiva utrobne vreće.

2.5. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Sve mjerene vrijednosti prikazane su kao srednje vrijednosti \pm standardna devijacija. Duljina utrobne vreće, gonadni volumeni i gonadni indeksi za mužjake i ženke uspoređeni su neparametrijskim Wilcoxonovim testom sume rangova. Na isti su način uspoređeni i volumeni probavne žljezde i ostalih tkiva utrobne vreće te njihovi indeksi.

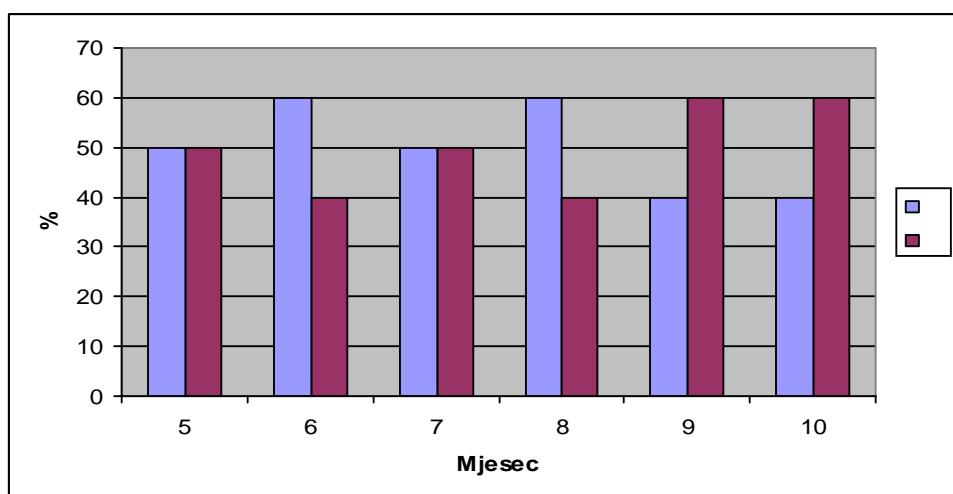
Rezultati su interpretirani na 5 % tnoj razini značajnosti ($p < 0,05$). Za statističku analizu korišten je programski paket SAS® System, verzija 8.2, pod Windows okruženjem.

3. REZULTATI

Prou avanjem histoloških preparata analizirala sam ukupno 60 jedinki vrste *Dreissena polymorpha* iz hidroakumulacije akovec, odnosno 10 jedinki mjese no u razdoblju od svibnja do listopada 2006. godine.

3.1. OMJER SPOLOVA

Omjer spolova istraživanih školjkaša u hidroakumulaciji bio je 1:1 (30 mužjaka i 30 ženki), a dvospolci nisu utvrđeni. Na Slici 7 prikazan je omjer spolova po mjesecima.



Slika 7. Omjer spolova školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima

3.2. OBILJEŽJA GONADA

Razvojni stadiji gonada, indeks spolne zrelosti, analiza gonadnog volumena i gonadni indeks analizirani su na ukupno 600 histoloških preparata (10 po jedinki).

3.2.1. RAZVOJNI STADIJ GONADA

Reproduktivni ciklus raznolike trokutnja proučavan je kroz šest mjeseci (svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz, rujan i listopad) (Slike 8 do 19).

U svibnju je većina jedinki bila u stadiju pred mriještenje. Samo mali udio jedinki bio je u stadiju kasne gametogeneze (Slike 9 i 15). Kod mužjaka u stadiju 2 (pred mriještenje) spermatide se pružaju u lumen tubula, a spermatocite su smještene uz rub tubula (Slike 10 i 11). Kod ženki su velike, nepričevane oocite u lumenu tubula brojnije od malih oocita pri vrhu enih za stijenkiju tubula (Slike 16 i 17).

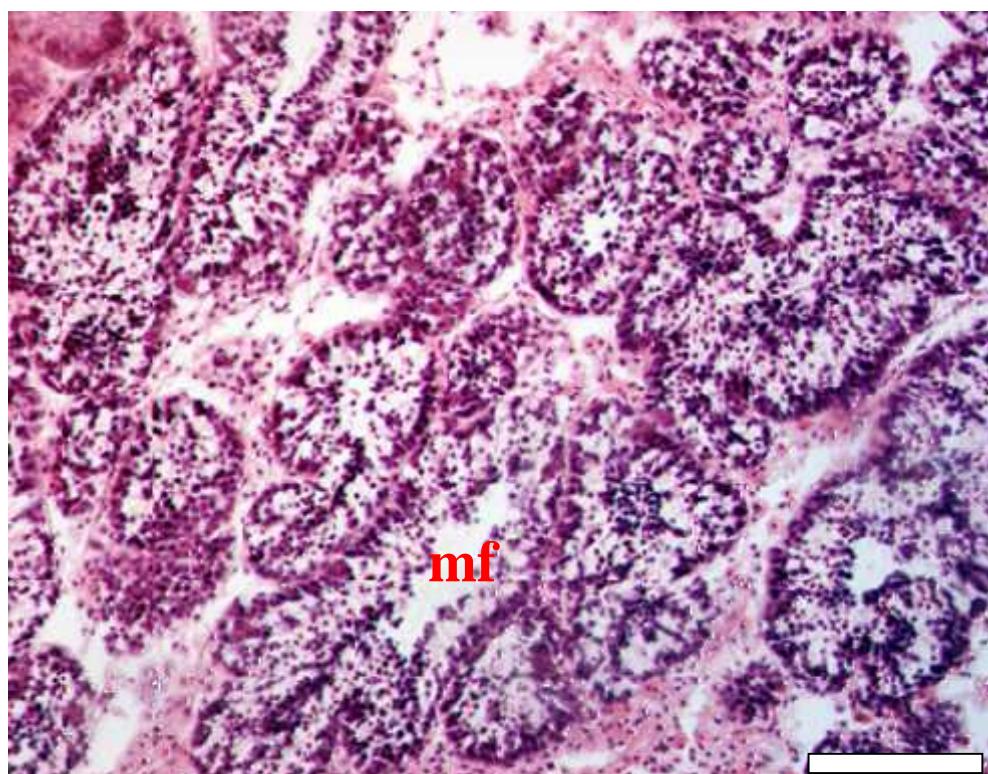
U lipnju je 87.5 % mužjaka bilo u stadiju pred mriještenje i 12.5 % u stadiju kasne gametogeneze. U istom mjesecu 58 % ženki je bilo u stadiju pred mriještenje, a 42 % u stadiju nakon mriještenja. U stadiju nakon mriještenja (gonadni stadij 3), u tubulima sjemenika nalaze se spermiji s repima, pri vrhu eni u resicama slijede strukture i slobodni u lumenu (Slika 12). Kod ženki se u lumenu tubula nalazi nekoliko slobodnih velikih oocita dok je mnogo malih oocita pri vrhu eno za stijenkiju tubula (Slika 18).

Sve ženke su u mjesecu srpnju bile u stadiju nakon mriještenja, dok je 30 % mužjaka bilo u stadiju pred mriještenje, a ostatak u stadiju poslije mriještenja.

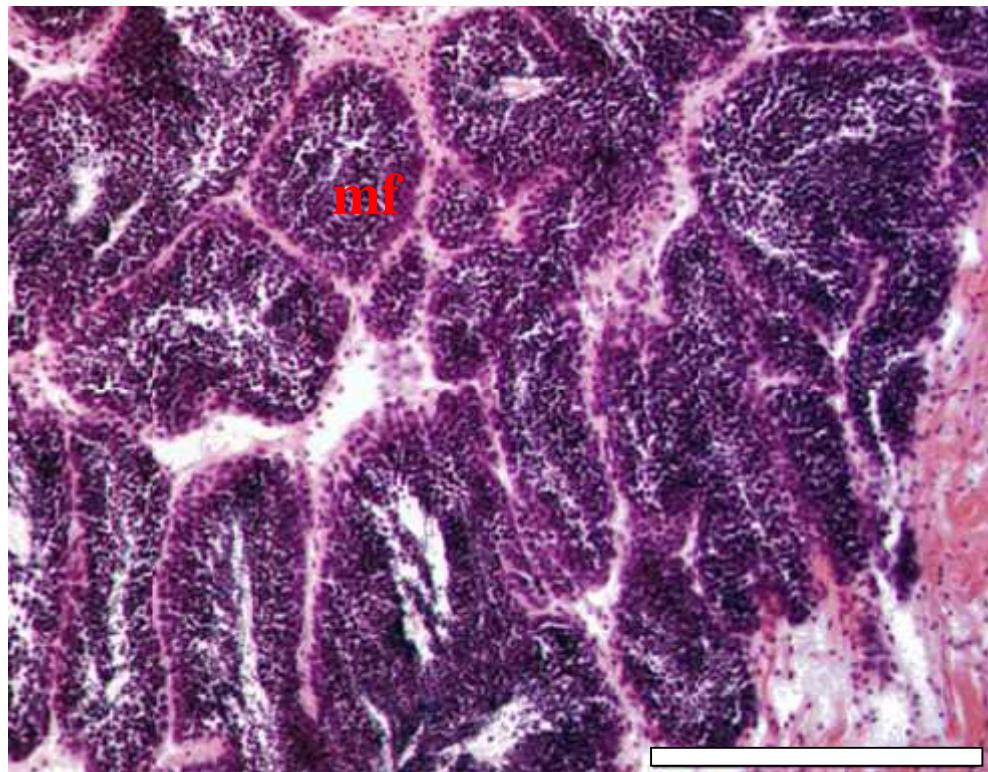
U kolovozu je većina mužjaka bila u stadiju nakon mriještenja, a samo mali udio pred mriještenje. Ženke su bile u stadiju poslije mriještenja, a samo mali postotak (10 %) u stadiju mirovanja. Stadij mirovanja (gonadni stadij 0) karakteriziran je atrofiranim i praznim tubulima sjemenika u kojima se u javi nekoliko manjih spermatogonija s malo citoplazme. Atrofirani i prazni tubuli s nekoliko oogenija prisutni su na rubu folikula zajedno s folikularnim stanicama.

U rujnu su svi mužjaci bili u stadiju mirovanja (Slika 13). Najveći dio ženki, 87.5 %, u rujnu je također bio u stadiju mirovanja, a 12.5 % je bilo u stadiju rane gametogeneze (Slika 14). Stadij gametogeneze (gonadni stadij 1) karakteriziraju tubuli jajnika ispunjeni malim oocitama pri vrhu enim za stijenkiju tubula, te tubuli sjemenika ispunjeni nediferenciranim, homogenim stanicama koje su kružno raspoređene od centra ili su vakuolizirane.

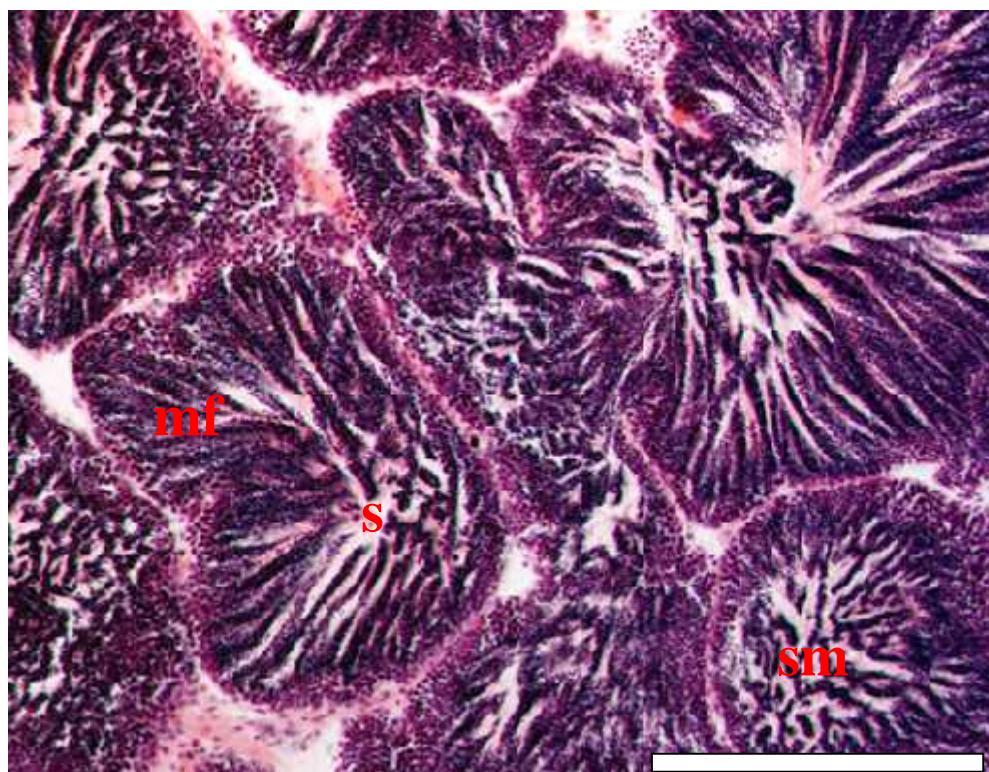
U listopadu 17 % mužjaka bilo je u stadiju mirovanja, a 83 % u stadiju rane gametogeneze (Slika 8). Većina ženki (87.5 %) bila je također u stadiju rane gametogeneze.



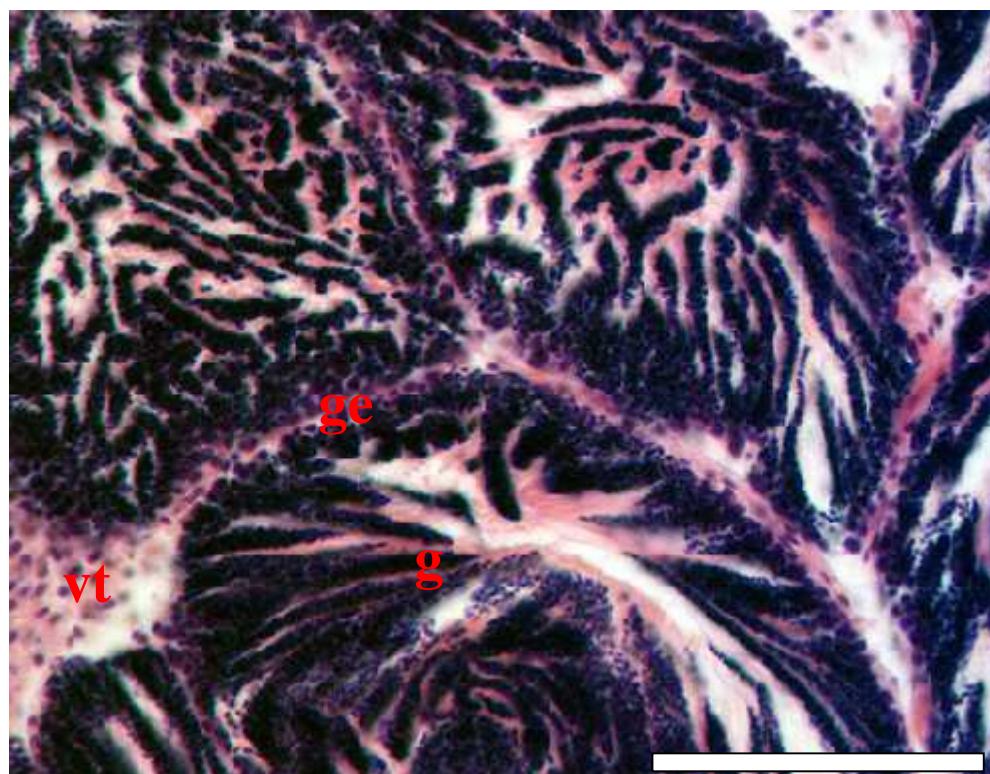
Slika 8. Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1-** rana gametogeneza; listopad. Objašnjenje oznaka: mf-muški folikul. Stupi je 50 µm.



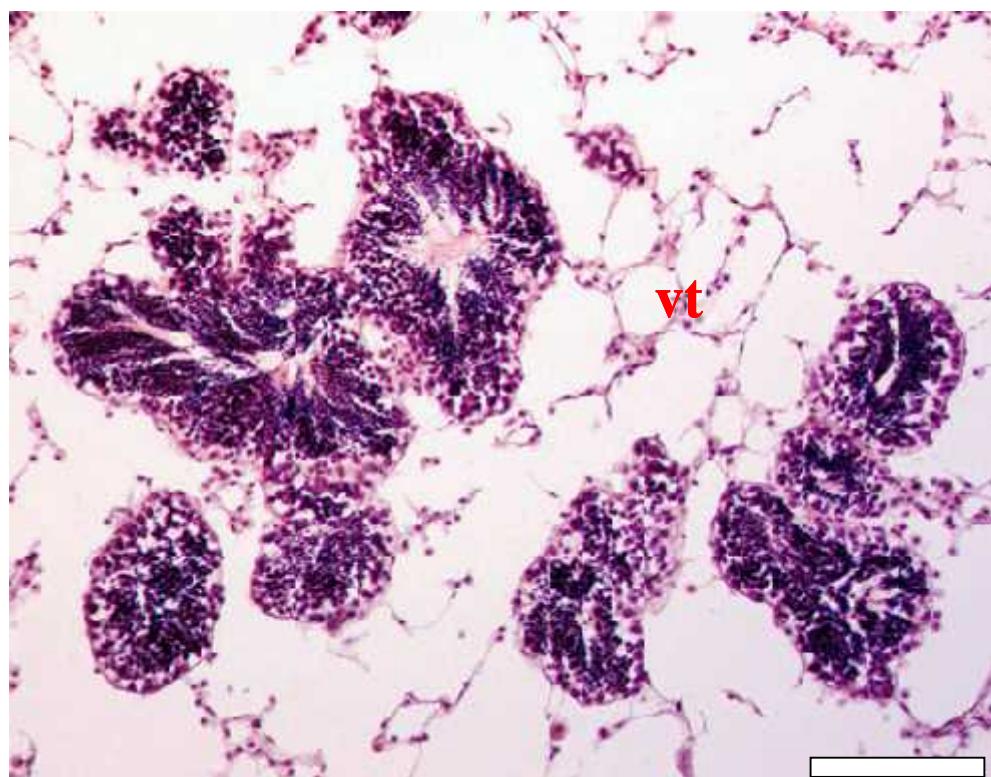
Slika 9. Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1-** kasna gametogeneza; svibanj. Objašnjenje oznaka: mf-muški folikul. Stupi je 100 µm.



Slika 10. Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. Gonadni stadij 2- pred mriještenje; lipanj. Objašnjenje oznaka: mf-muški folikul; s-spermatide; sm-spermiji. Stupi je 100 µm.



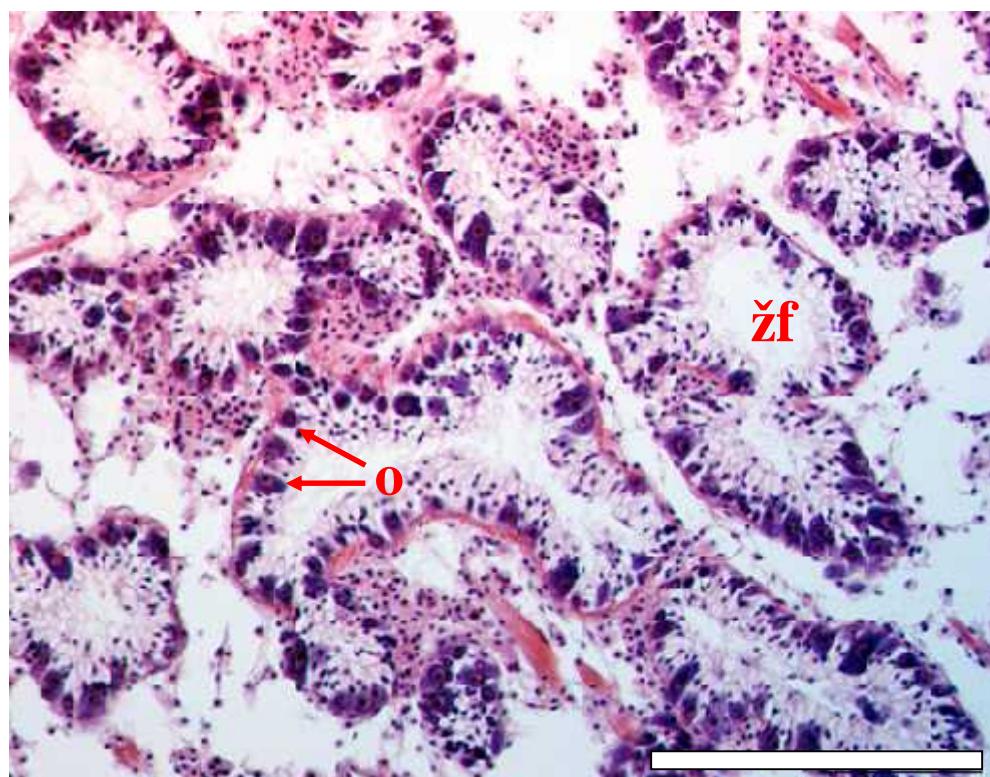
Slika 11. Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. Gonadni stadij 2- pred mriještenje; lipanj. Objašnjenje oznaka: g-glave spermatida; ge-zametni epitel; vt-vezivno tkivo. Stupi je 100 µm.



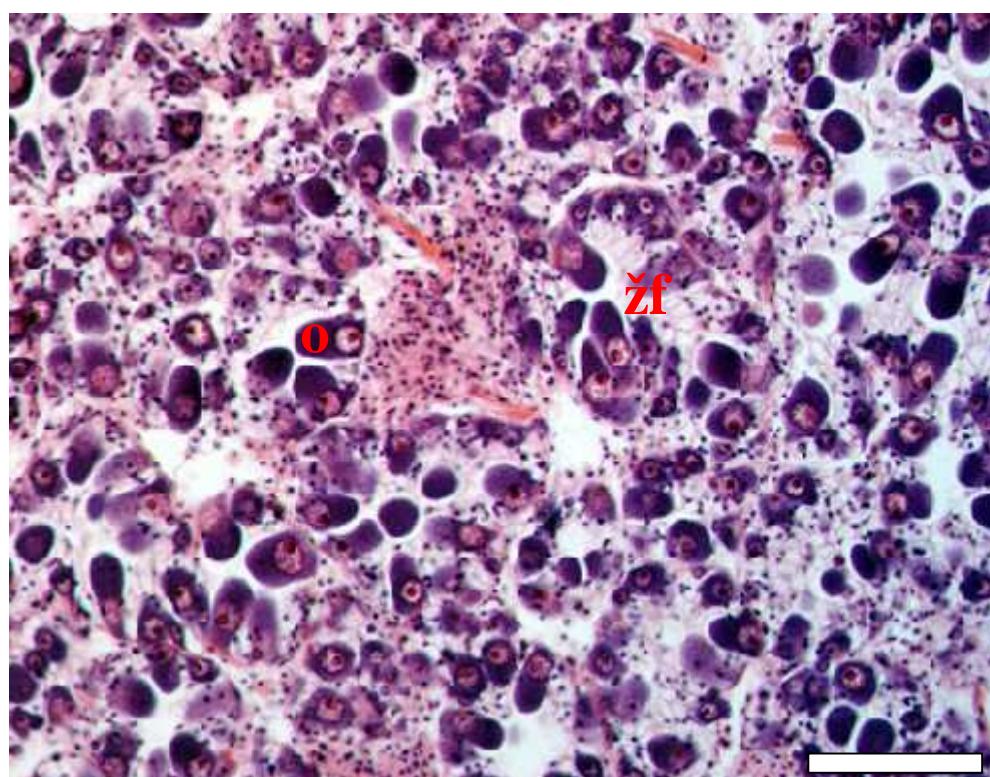
Slika 12. Razvoji stadij sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 3-** poslije mriještenja; srpanj. Objasnjenje oznaka: vt-vezivno tkivo. Stupi je 50 µm.



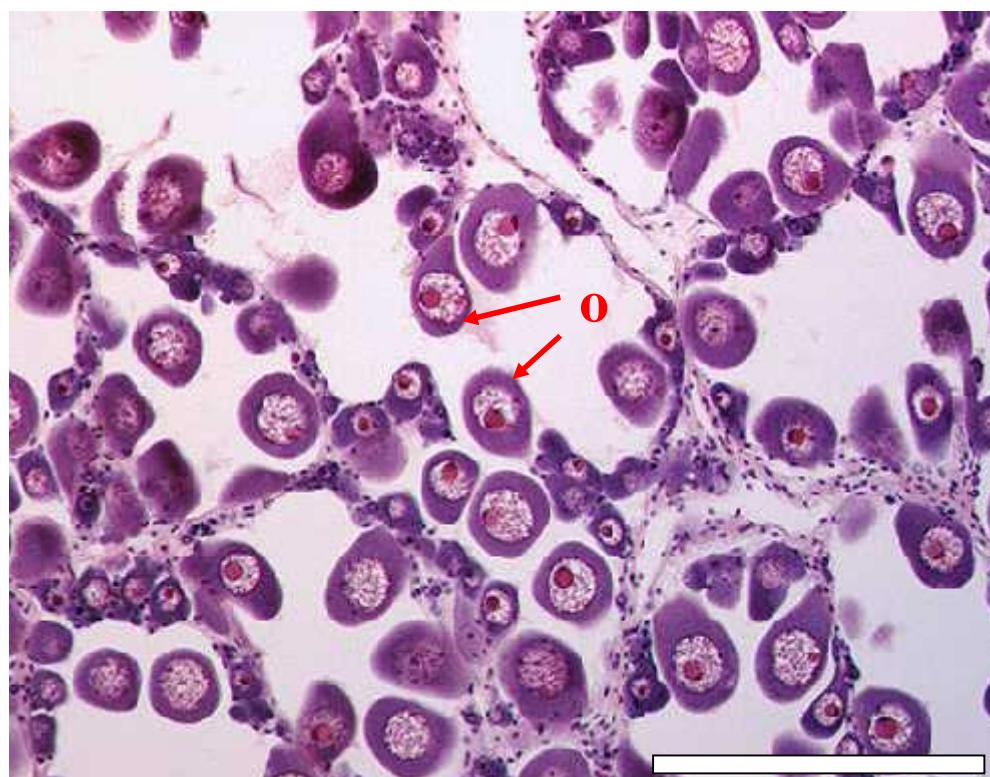
Slika 13. Razvoji stadij sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 0-** stadij mirovanja; rujan. Objasnjenje oznaka: vt-vezivno tkivo. Stupi je 50 µm.



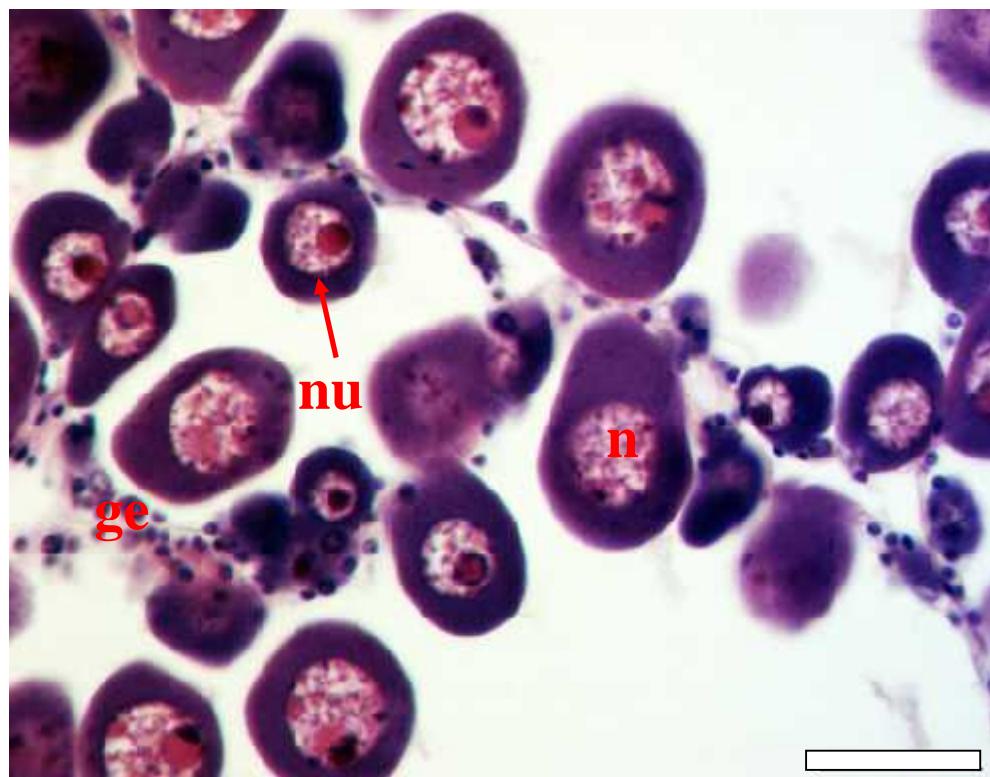
Slika 14. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1-** rana gametogeneza; rujan. Objasnjenje oznaka: žf-ženski folikul, o-oocite. Stupi je 50 µm.



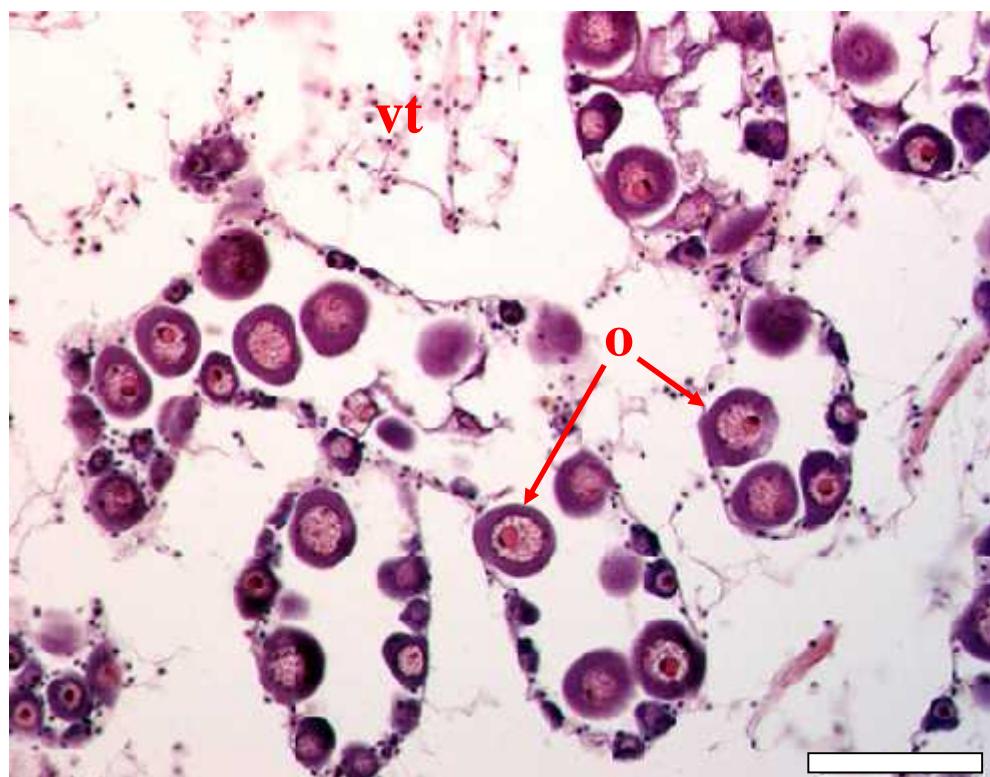
Slika 15. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1 -** kasna gametogeneza; svibanj. Objasnjenje oznaka: žf-ženski folikul, o-oocite. Stupi je 50 µm.



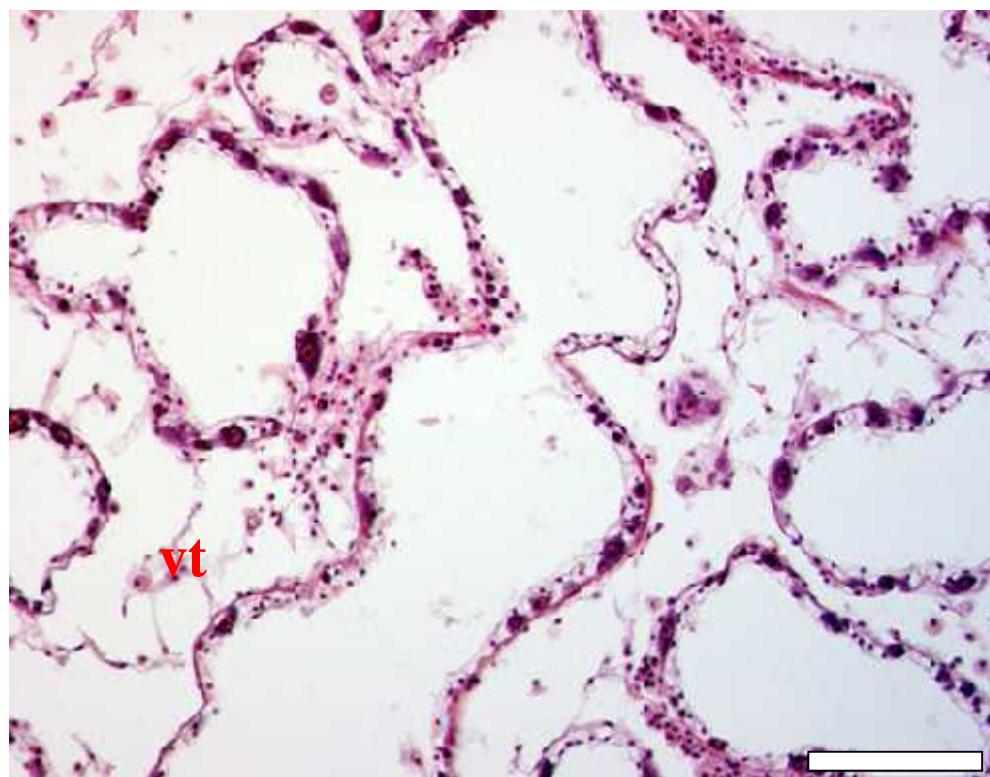
Slika 16. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. Gonadni stadij 2- stadij pred mriještenje; lipanj. Objasnenje oznaka: o-oocite. Stupi je 100 µm.



Slika 17. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. Gonadni stadij 2- pred mriještenje; lipanj. Objasnenje oznaka: ge-zametni epitel; n-jezgra; nu-jezgrica. Stupi je 50 µm.

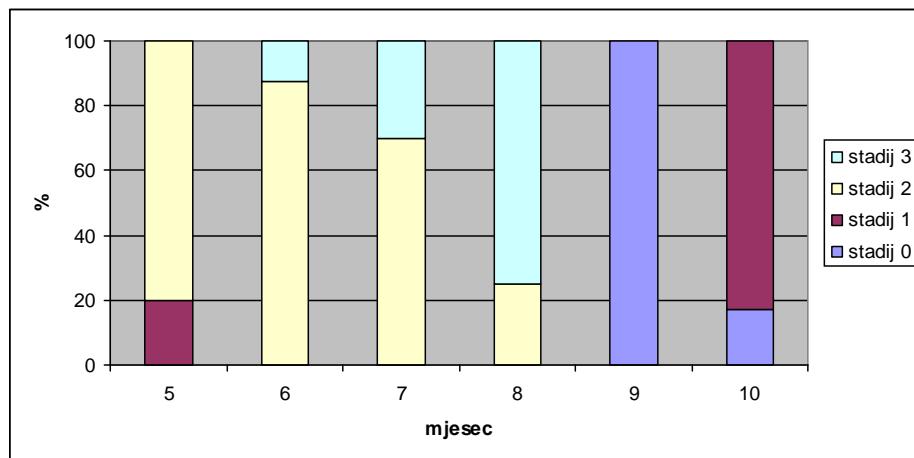


Slika 18. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 3-** stadij nakon mriještenja; srpanj. Objasnjenje oznaka: o-oocite; vt-vezivno tkivo. Stupi je 50 µm.

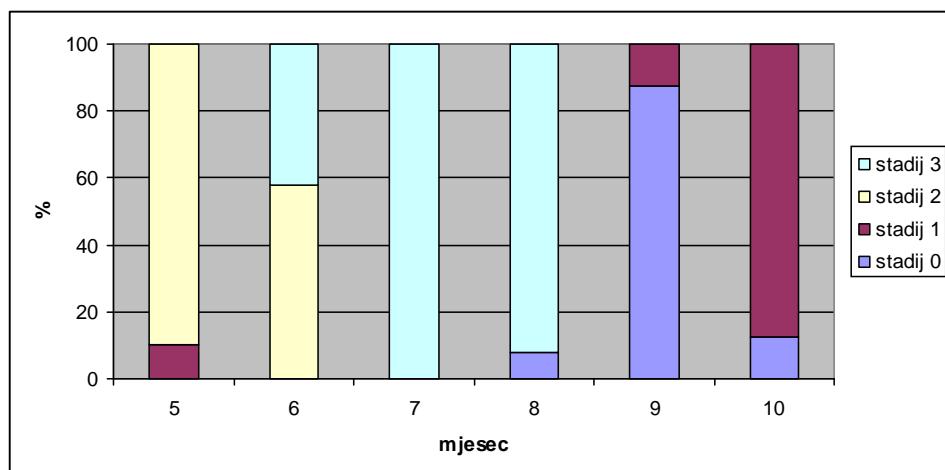


Slika 19. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 0-** stadij mirovanja; rujan. Objasnjenje oznaka: vt-vezivno tkivo. Stupi je 50 µm.

Na Slikama 20 i 21. prikazane su relativne frekvencije gonadnih stadija školjkaša prema spolovima i prema mjesecima.



Slika 20. Relativna frekvencija gonadnih stadija mužjaka školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima.



Slika 21. Relativna frekvencija gonadnih stadija ženki školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima

3.2.2. INDEKS SPOLNE ZRELOSTI

U Tablici 3 prikazane su prosje ne vrijednosti indeksa spolne zrelosti školjkaša po mjesecima. Kao što je vidljivo iz tablice, najviša prosje na vrijednost indeksa spolne zrelosti od 2,9 utvrđena je u kolovozu kada je većina jedinki školjkaša bila u stadiju mriještenja, a najmanja prosje na vrijednost od 0,05 u rujnu kada su jedinke bile u stadiju mirovanja.

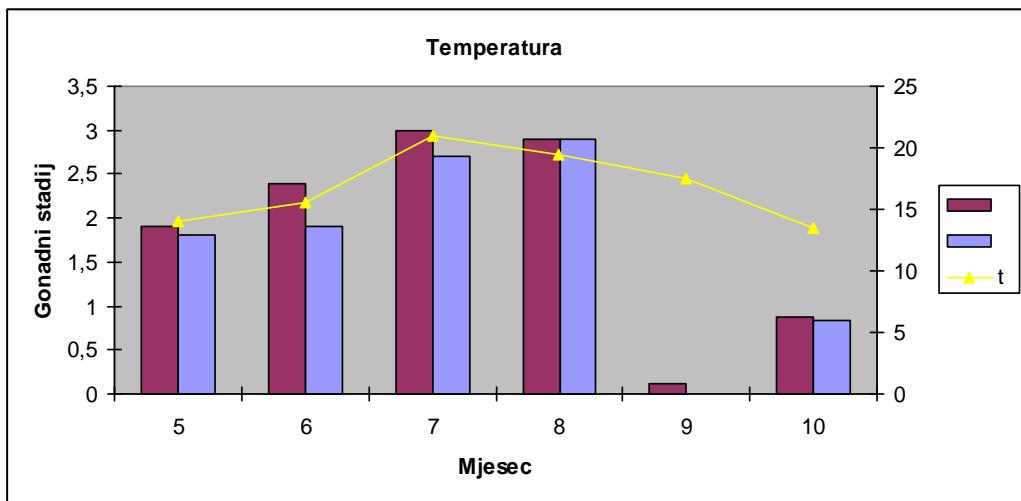
Tablica 3. Srednje vrijednosti indeksa spolne zrelosti školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Broj jedinki	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Svibanj	10	1,85	0,24
Lipanj	10	2,20	0,48
Srpanj	10	2,85	0,34
Kolovoz	10	2,90	0,21
Rujan	10	0,05	0,16
Listopad	10	0,85	0,34

Grafi koji prikazuju indeksa spolne zrelosti posebno za ženke i posebno za mužjake te povezanost s vrijednostima temperature vode prikazan je na Slici 22.

Najviša vrijednost indeksa spolne zrelosti mužjaci su imali u kolovozu i ona je iznosila 2,88, a najniža u rujnu 0, kad su svi mužjaci bili u stadiju mirovanja.

Ženke su najvišu vrijednost indeksa spolne zrelosti imale u srpnju i ta vrijednost je iznosila 3. Naime, upravo u srpnju i kolovozu su ženke bile u stadiju poslije mriještenja. Najniža vrijednost indeksa spolne zrelosti od 0,13 zabilježena je u rujnu, kad je najveći dio jedinki bio u stadiju mirovanja.



Slika 22. Usporedba indeksa spolne zrelosti mužjaka i ženki školjkaša *D. polymorpha* te povezanost s vrijednostima temperature vode

3.2.3. GONADNI VOLUMEN

Usporedba srednjih vrijednosti duljine utrobne vreće, volumena utrobne vreće, gonadnog volumena, volumena probavne žlijezde i volumena ostalih tkiva utrobne vreće za mužjake i ženke po mjesecima prikazane su u Tablicama od 4 do 8.

Najveća prosječna duljina utrobne vreće za oba spola utvrđena je u rujnu, a najniža u svibnju (Tablica 4). Pojedinačno, najveća duljina utrobne vreće izmjerena je kod ženke uzorkovane u srpnju i ta je vrijednost iznosila 10,3 mm, dok je najniža vrijednost izmjerena u svibnju i iznosila je 5,7 mm. Kod mužjaka uzorkovanog u srpnju utvrđena je najveća duljina utrobne vreće i iznosila je 9,9 mm, dok je najnižu vrijednost imao mužjak uzorkovan u listopadu i ta je vrijednost iznosila 6,1 mm.

Najviša prosječna vrijednost volumena utrobne vreće izmjerena je kod ženki u lipnju, a kod mužjaka u srpnju dok su najniže prosječne vrijednosti kod ženki utvrđene u svibnju, odnosno listopadu kod mužjaka (Tablica 5). Najviša pojedinačna vrijednost volumena utrobne vreće kod mužjaka izmjerena je u svibnju i iznosila je $177,1 \text{ mm}^3$, a kod ženki u lipnju i ta je vrijednost iznosila $184,3 \text{ mm}^3$. Najniža vrijednost volumena utrobne vreće, $68,5 \text{ mm}^3$ izmjerena je kod mužjaka uzorkovanog u listopadu, dok je najniža vrijednost kod ženki zabilježena kod jedinke uzorkovane u svibnju i iznosila je $78,99 \text{ mm}^3$.

Prosječna vrijednost gonadnog volumena za oba spola najveća je u mjesecu lipnju kad su jedinke bile u stadiju pred mriještenje (Tablica 6). U istom su mjesecu izmjerene i

najviše pojedina ne vrijednosti gonadnog volumena. Za ženku je ta vrijednost iznosila $94,5 \text{ mm}^3$, a za mužjaka $90,1 \text{ mm}^3$. Najniže prosje ne vrijednosti gonadnog volumena kod oba spola izmjerene su u rujnu (Tablica 6). Pojedina no, najniža izmjerena vrijednost gonadnog volumena kod mužjaka iznosila je $8,3 \text{ mm}^3$ u listopadu, a kod ženke $6,9 \text{ mm}^3$ u srpnju.

Tablica 4. Usporedba duljine utrobne vre e mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	8,0	1,6	4	7,2	1,0	0,564
6	3	8,5	0,5	5	8,9	0,8	0,368
7	4	8,8	0,8	5	8,8	1,1	0,461
8	4	8,8	1,2	5	8,6	0,4	0,389
9	6	9,3	0,4	4	8,5	0,6	0,054
10	5	8,4	1,4	3	8,9	0,9	0,764

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Tablica 5. Usporedba volumena utrobne vre e mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	116,8	45,2	4	103,8	25,6	0,773
6	3	110,6	37,2	5	140,0	27,0	0,297
7	4	137,2	26,8	5	111,8	31,1	0,221
8	4	121,5	17,8	5	134,1	20,2	0,327
9	6	117,7	16,9	4	116,9	25,6	0,831
10	5	110,3	28,9	3	108,0	51,9	0,881

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Iz Tablice 7 vidljivo je da je najviša prosje na vrijednost volumena probavne žlijezde kod ženki zabilježena u kolovozu, odnosno u rujnu kod mužjaka. Najviša pojedina na vrijednost ovog volumena izmjerena je kod mužjaka uzorkovanog u listopadu i iznosila je $36,6 \text{ mm}^3$. Kod ženke je najviša vrijednost volumena probavne žlijezde izmjerena u istom mjesecu i iznosila je $45,6 \text{ mm}^3$. Najniža vrijednost volumena probavne

žlijezde kod mužjaka izmjerena je u lipnju i iznosila je $9,7 \text{ mm}^3$, a kod ženke u srpnju i ta vrijednost je iznosila $7,9 \text{ mm}^3$.

Najviša prosje na vrijednost volumena ostalih tkiva kod mužjaka je izmjerena u rujnu a kod ženki u kolovozu, dok su najniže prosje ne vrijednosti kod ženki izmjerene u svibnju, odnosno lipnju kod mužjaka (Tablica 8). Najviša pojedina na vrijednost volumena ostalih tkiva od $101,6 \text{ mm}^3$ izmjerena je kod mužjaka uzorkovanog u listopadu, odnosno kod ženke uzorkovane u rujnu i iznosila je $84,1 \text{ mm}^3$. Najniža vrijednost za oba spola izmjerena je u svibnju. Za mužjaka ta je vrijednost iznosila $28,2 \text{ mm}^3$, a za ženku $27,7 \text{ mm}^3$.

Primjenjeni neparametrijski Wilcoxonov test sume rangova je pokazao da razlike između mužjaka i ženki u svim mjeranim vrijednostima nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$) (Tablice 4 do 8).

Tablica 6. Usporedba gonadnog volumena mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	37,6	19,7	4	43,7	9,4	0,248
6	3	57,3	30,0	5	82,0	14,5	0,180
7	4	54,8	14,4	5	37,0	19,8	0,142
8	4	39,9	10,7	5	29,2	10,4	0,142
9	6	20,3	1,4	4	21,4	7,5	1,000
10	5	22,4	16,4	3	28,3	32,4	0,655

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Tablica 7. Usporedba volumena probavne žlijezde mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	22,4	8,4	4	20,2	4,11	0,248
6	3	12,9	3,2	5	16,2	6,6	0,456
7	4	22,2	10,0	5	20,1	10	0,624
8	4	25,9	5,6	5	31,7	4,3	0,142
9	6	30,3	7,3	4	28,8	9,1	0,831
10	5	23,5	4,8	3	28,5	15,1	0,881

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Tablica 8. Usporedba volumena ostalih tkiva mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	56,8	22,8	4	40,0	14,4	0,083
6	3	40,3	4,4	5	41,8	12,9	0,180
7	4	60,1	13,1	5	54,7	9,2	0,624
8	4	55,9	20,5	5	73,1	7,6	0,142
9	6	67,0	11,2	4	66,7	11,8	0,670
10	5	64,4	23,3	3	51,2	6,4	0,456

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

3.2.4. GONADNI INDEKS

Gonadni indeks, indeks probavne žljezde te indeks ostalih tkiva utrobne vre e izra unati su kao postotni udjeli njihovih volumena u ukupnom volumenu utrobne vre e (Tablice 9 do 11).

Najviša srednja vrijednost gonadnog indeksa kod oba spola zabilježena je u mjesecu lipnju, kada su gonade zrele i nalaze se u stadiju pred mriještenje (Tablica 9). U istom su mjesecu, za oba spola, utvr ene i najviše pojedina ne vrijednosti gonadnog indeksa. Za mužjaka je ta vrijednost iznosila 59,4, a za ženku 66,3. Najniža vrijednost gonadnog indeksa, 8,25, zabilježena je kod mužjaka uzorkovanog u rujnu koji se nalazio u stadiju mirovanja gonada, dok je najniža vrijednost od 11,1 utvr ena kod ženke skupljene u srpnju koja se nalazila u stadiju poslije mriještenja.

Tablica 9. Usporedba vrijednosti gonadnog indeksa mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	32,5	11,1	4	42,6	5,2	0,248
6	3	49,7	10,0	5	58,9	7,0	0,180
7	4	40,0	8,3	5	30,7	12,6	0,462
8	4	34,0	13,0	5	21,3	5,4	0,086
9	6	17,6	3,1	4	17,9	2,6	0,831
10	5	20,0	13,0	3	24,6	13,5	0,655

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Najviše prosje ne vrijednosti indeksa probavne žljezde za oba su spola zabilježene u mjesecu rujnu, dok su najniže prosje ne vrijednosti ovog indeksa, tako er za oba spola, utvr ene u lipnju (Tablica 10). Najviše pojedina na vrijednost indeksa probavne žljezde utvr ena je kod mužjaka uzorkovanog u rujnu i iznosila je 31,3, odnosno kod ženke uzorkovane u listopadu i iznosila je 27,3. Najniža vrijednost od 10,3 zabilježena je u srpnju kod mužjaka, a kod ženke u lipnju i ta vrijednost je iznosila 10,0.

Sli no kao i indeks probavne žljezde i prosje na vrijednost indeksa ostalih tkiva najniža je u lipnju, upravo u vrijeme kad je gonadni indeks najviši, a najviša u rujnu odnosno listopadu (Tablica 11). Najniže pojedina ne vrijednost indeksa ostalih tkiva

tako er su zabilježene u lipnju, za mužjaka je ta vrijednost iznosila 29,9, a za ženku 24,0. Padom vrijednosti gonadnog indeksa poveava se indeks ostalih tkiva, pa je najviša vrijednost indeksa ostalih tkiva utrobne vre e od 67,74 zabilježena kod ženke uzorkovane u rujnu, odnosno kod mužjaka uzorkovanog u listopadu i iznosila je 68,7.

Primjenjena statistička analiza pokazala je da, osim u svibnju za indeks ostalih tkiva utrobne vre e, razlike između mužjaka i ženki po mjesecima nisu statistički značajne ($p > 0,05$) (Tablice 9 do 11).

Tablica 10. Usporedba vrijednosti indeksa probavne žlijezde mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	19,3	5,4	4	19,6	1,5	0,773
6	3	11,9	1,1	5	11,3	2,6	0,655
7	4	15,6	4,3	5	17,1	4,7	0,624
8	4	21,0	1,8	5	23,7	1,5	0,050
9	6	25,5	3,8	4	24,4	4,9	0,831
10	5	21,8	3,5	3	24,1	4,6	0,180

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

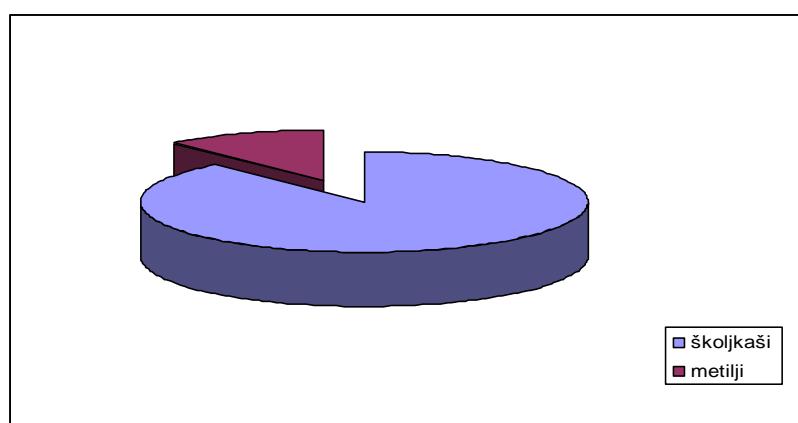
Tablica 11. Usporedba vrijednosti indeksa ostalih tkiva utrobne vre e mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	48,2	5,9	4	37,8	6,5	0,043
6	3	38,4	9,2	5	28,3	4,4	0,101
7	4	44,5	9,2	5	51,7	16,4	0,462
8	4	43,4	11,0	5	54,6	5,3	0,142
9	6	56,9	2,9	4	57,7	7,0	0,522
10	5	58,2	11,7	3	51,3	15,7	0,297

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

3.3. METILJI

Od ukupno 60 školjkaša 8 jedinki (13,3%) je bilo zaraženo metiljima (Slika 23). Jedinke koje su bile inficirane metiljima imale su znatno manji gonadni volumen i volumen probavne žlijezde.



Slika 23. Zastupljenost metilja u istraživanoj populaciji vrste *D. polymorpha*

4. RASPRAVA

4.1. ODNOS SPOLOVA

Za vrstu *Dreissena polymorpha* karakteristi an je omjer spolova 1:1 (Stanczykowska, 1977; Nicholas i Kollar, 1991). U hidroakumulaciji Dubrava na rijeci Dravi Lajtner (2005) je pronašla 46,3% ženki, 51% mužjaka i 2,5% dvospolaca. Od ukupno 60 školjkaša koje sam histološki obradila u svom diplomskom radu utvrdila sam da je omjer spolova 1:1, a dvopolce nisam pronašla. U jezeru Trasimeno u središnjoj Italiji Lancioni i Gaino (2006) utvrdili su da je omjer mužjaka i ženki bio 1:1.16, a dvopolce tako er nisu pronašli.

Lajtner (2005) navodi da je u razdoblju nakon mriještenja manje ženki u odnosu na mužjake. Primijetila sam da je takva situacija i u hidroakumulaciji akovec. Juhel i sur. (2003) navode sezonski razli it omjer spolova. Navedeni autori smatraju da su mužjaci znatno osjetljiviji na promjenu temperature i nedostatak hrane, a s druge strane u vrijeme intenzivne gametogeneze i mriještenja dolazi do poja ane smrtnosti ženki kod kojih je „reproduktivni napor“ ve i nego kod mužjaka što dovodi do izjedna avanja omjera spolova.

4.2. OBILJEŽJA GONADA

Vrsta *D. polymorpha* ima godišnji reproduktivni ciklus (Antheunisse, 1963; Walz, 1978; Borcherding, 1991; Neumann i sur., 1993), što zna i da se gametogenez odvija tijekom zime i ranog prolje a, a do mriještenje dolazi u kasno prolje e i po etkom ljeta. Za klasifikaciju razvojnih stadija gonada u ovom sam radu koristila klasifikaciju koju su napravili Gist i sur. (1997).

U mjesecu svibnju je mali broj jedinki u hidroakumulaciji akovec bio u stadiju gametogeneze, a najviše jedinki je bilo u stadiju pred mriještenje. Razlog što još uvijek nije došlo do mriještenja bile su loše vremenske prilike i niska temperatura vode. Naime, poznato je da su glavni imbenici koji utje u na mriještenje školjkaša temperatura vode i dovoljna koli ina hrane (Walz, 1978; Sprung, 1987; Borcherding, 1991; Haag i Garton, 1992). Osim toga, kako pokazuju neka novija istraživanja i neki unutarnji imbenici kontroliraju sazrijevanje i mriještenje školjkaša, a radi se o hormonu serotoninu koji je prona en u gonadama i ganglijima školjkaša. Tarnik (2008), koja je u istom periodu provela istraživanja li inki školjkaša u planktonu akumulacije HE akovec, u svom radu navodi da je u svibnju

pronašla mali broj li inki upravo zbog nepovoljnih vremenskih prilika koje su onemogu ile zagrijavanje jezera i zna ajniji razvoj fitoplanktona. Upravo zbog toga i sazrijevanje odraslih školjkaša bilo je usporenije što dokazuju rezultati mog rada. Prve izmriještene jedinke pronašla sam u lipnju kada je temperatura vode bila oko 15,5°C. Po etkom srpnja su se vremenske prilike poboljšale s osjetno višom temperaturom (do 23°C) što je omogu ilo i zna ajniji razvitak li inki školjkaša (Tarnik, 2008). U srpnju i kolovozu gotovo sve odrasle jedinke koje sam analizirala bile su u stadiju nakon mriještenja. Tarnik (2008) navodi da je najve i broj li inki školjkaša u hidroakumulaciji akovec prisutan u srpnju i to 6.855 jed./10L vode, dok su u kolovozu broj ane vrijednosti bile nešto niže. Navedeni rezultati poklapaju se s rezultatima mog rada. U rujnu su jedinke koje sam promatrala bile u stadiju mirovanja, pa je zabilježena i najmanja vrijednost indeksa spolne zrelosti. Kao što navodi i Tarnik (2008) i rezultati mog istraživanja pokazuju da je ve ina jedinki svoj reproduktivni ciklus završila u srpnju i kolovozu. U hidroakumulaciji Dubrava na rijeci Dravi Lajtner (2005) navodi da je najve i broj jedinki u stadiju mirovanja bio prisutan u mjesecu listopadu. Ve ina jedinki u listopadu u mom istraživanju je bila u stadiju gametogeneze, a samo mali broj jedinki bio je u stadiju mirovanja. U listopadu Tarnik (2008) nije pronašla niti jednu li inku u akumulaciji HE akovec.

Vrsta *D. polymorpha* ima sinkroniziran reproduktivni ciklus. Me utim treba naglasiti da gotovo nikada nisam uo ila da sve jedinke imaju isti stadij razvoja u pojedinom mjesecu. No preklapanje razli itih stadija navode i drugi autori (Borcherding, 1991, 1992; Haag i Garton, 1992; Bacchetta i sur., 2001; Juhel i sur., 2003; Manteca i sur., 2003, Lajtner, 2005).

Osim kvalitativnih istraživanja, reproduktivni ciklus vrste *D. polymorpha* pratila sam i kvantitativno primjenom posebnog ra unalnog programa (LUCIA G 4.81), jer je gonade školjkaša nemogu e makroskopski izolirati i vagati (Walz, 1978; Borcherding, 1990, 1991). Izmjerila sam 10 snimaka histoloških presjeka po životinji, dakle ukupno 600 snimaka. Na taj na in dobila sam podatke o gonadnom volumenu, volumenu probavne žljezde i volumenu ostalih tkiva utrobne vre e (bisusna žljezda, vezivno tkivo, gangliji).

Najniže vrijednosti gonadnog volumena i gonadnog indeksa su u vrijeme nakon mriještenja i vrijeme mirovanja, a najve e vrijednosti u vrijeme kad su gamete zrele, u stadiju pred mriještenje. Sli ne rezultate dobila je i Lajtner (2005) istražuju i reproduktivni ciklus vrste *D. polymorpha* u hidroakumulaciji Dubrava i Borcherding (1991) u jezeru Fühlinger See.

Najviše prosje ne vrijednosti volumena probavne žlijezde, kao i volumena ostalih tkiva zabilježene su kod mužjaka u rujnu, a kod ženki u kolovozu, dakle u stadijima poslije mriještenja i u stadiju mirovanja.

Vrijednosti indeksa probavne žlijezde i indeksa ostalih tkiva najniže su u lipnju, upravo u vrijeme kad je vrijednost gonadnog indeksa najviša. Do istih rezultata došla je i Lajtner (2005).

Razlike izme u najviših i najnižih prosje nih vrijednosti gonadnih volumena su 1: 2,8 za mužjake i oko 1:4 za ženke, za volumen probavne žlijezde 1:2,3 za mužjake i 1:1,5 za ženke. Za volumen ostalih tkiva razlika iznosi 1:1,7 za mužjake i 1:1,8 za ženke. Lajtner (2005) navodi sli ne razlike i u svom istraživanju reproduktivnog ciklusa raznolike trokutnja e u akumulaciji Dubrava na rijeci Dravi. Tako je u toj akumulaciji omjer bio 1:3 za gonade, za probavnu žlijezdu 1:1,8 i za volumen ostalih tkiva utrobne vre e 1:1,4. Borcherding (1992) navodi da su godišnje razlike izme u najviših i najnižih srednjih vrijednosti gonadnog volumena znatno više (1:10) od razlika volumena probavne žlijezde (1:3) i volumena ostalih tkiva utrobne vre e (1:2).

Primijenjeni neparametrijski Wilcoxonov test sume rangova je pokazao da mjesec ne razlike izme u mužjaka i ženki u svim mjerenim vrijednostima nisu bile statisti ki zna ajne ($p > 0,05$) što dokazuje da je reproduktivni ciklus vrste *Dreissena polymorpha* sinkroniziran. Jedino je razlika u vrijednosti indeksa ostalih tkiva utrobne vre e u mjesecu svibnju bila statisti ka zna ajna ($p = 0,043$) no i ta je vrijednost blizu gornje granice i ne može se zna ajnije povezati s reproduktivnim ciklusom.

4.3. METILJI

Od ukupno 60 analiziranih školjkaša njih 8 bilo je zaraženo metiljima (13,3%). Sli an rezultat (13,8%) dobila je i Lajtner (2005) analiziraju i reproduktivni ciklus vrste *D. polymorpha* u rijeci Dravi. Do sada je opisano sedam rodova metilja koji parazitiraju u vrsti *D. polymorpha* (Molloy i sur., 1997). Promatraju i histološke preparate pod mikroskopom te primjenjuju i ra unalnu analizu slike zaklju ila sam da je volumen gonada bio znatno manji kod inficiranih školjkaša u odnosu na zdrave. Kod pojedinih jedinki cijela utrobna vre a bila je inficirana sporocistama metilja. Jaka infekcija metiljima može dovesti do pojave hermafroditizma. Za razliku od Lajtner (2005) koja u svom radu navodi da je pronašla 2,5% dvospolaca na dvije postaje na rijeci Dravi, ja u svom istraživanju nisam pronašla dvopolce.

5. ZAKLJU CI

1. U ovom radu ukupno je histološki obra eno 60 jedinki od ega 30 mužjaka i 30 ženki, dakle omjer spolova bio je 1:1.

2. U svibnju je ve ina jedinki bila u stadiju pred mriještenje, a mali broj jedinki bio je još uvijek u stadiju gametogeneze. Prve izmriještene jedinke prona ene su u srpnju. Ve ina jedinki svoj reproduktivni ciklus završila je u kolovozu, a u rujnu su bile u stadiju mirovanja. U listopadu je po eo novi proces gametogeneze i ve ina jedinki bila je upravo u tom stadiju (gonadni stadij 1).

3. Najviše srednje vrijednosti indeksa spolne zrelosti i kod mužjaka i ženki zabilježene su u kolovozu kad su jedinke bile u stadiju nakon mriještenja, dok su najniže srednje vrijednosti zabilježene u rujnu kada su školjkaši bili u stadiju mirovanja.

4. Najviše srednje vrijednosti gonadnog volumena utvr ene su u srpnju kada su jedinke bile u stadiju pred mriještenje (gonadni stadij 2). Nakon mriještenja dolazi do pada gonadnog volumena, a najniže srednje vrijednosti zabilježene su kod jedinki u stadiju mirovanja (gonadni stadij 0).

5. Najviše srednje vrijednosti gonadnog indeksa utvr ene su u lipnju i kod mužjaka i ženki budu i da su u to vrijeme bili u stadiju pred mriještenje, dok su u navedenom mjesecu zabilježene najniže srednje vrijednosti indeksa probavne žljezde i indeksa ostalih tkiva.

6. Od 60 školjkaša, koliko ih je ukupno analizirano 8 jedinki je bilo zaraženo metiljima (13,3 %).

7. Primjenjeni Wilcoxonov test sume rangova pokazao je da razlike izme u mužjaka i ženki u svim mjeranim vrijednostima nisu bile statisti ki zna ajne.

6. CITIRANA LITERATURA

- ACKERMAN JD, SIM B, NICHOLS SJ, CLAUDI R (1994) A review of the early life history of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): comparisons with marine bivalves. *Can J Zool* 72: 1169-1179
- ANTHEUNISSE LJ (1963) Neurosecretory phenomena in zebra mussel *Dreissena polymorpha* Pallas. *Arch Néerl Zool* 15: 237-314
- BACCHETTA R, MANTECCA P, VAILATI G (2001) Reproductive behaviour of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* in Italy: A comparison between two populations. *Arch Hydrobiol* 151: 247-262
- BASTVIKEN DTE, CARACO NF, COLE JJ (1998) Experimental measurements of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) impacts on phytoplankton community composition. *Freshwat Biol* 39: 375-386
- BORCHERDING J (1990) Die Reproduktionsleistungen der Wandermuschel *Dreissena polymorpha*. Doktorska disertacija, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Universität zu Köln, 168 str
- BORCHERDING J (1991) The annual reproductive cycle of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* Pallas in lakes. *Oecologia* 87: 208-218
- BORCHERDING J (1992) Morphometric changes in relation to annual reproductive cycle in *Dreissena polymorpha* - a prerequisite for biomonitoring studies with zebra mussels. U: NEUMANN D, JENNER HA (eds.): *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha: Ecology, Biological Monitoring and First Applications in the Water Quality Management*. Limnologie Aktuell, vol 4, Gustav Fischer, Stuttgart str 87-99
- BRADBURY PC (1994) Parasitic protozoa of molluscs and crustacea. U: KREIER JP (ed): *Parasitic Protozoa* (vol 8, 2nd ed). Academic Press, San Diego, str 139-263
- CARLTON JT (1993) Dispersal mechanisms fo the zebra mussel. U: NALEPA TF, SCHLOESSER DW (eds.): *Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control*. Lewis Publishers, Boca Raton, str 677-697
- CLEVEN E, FRENZEL P (1992) Population dynamics and production of *Dreissena polymorpha* in the River Seerhein, the outlet of Lake Constance. U: NEUMANN D, JENNER HA (eds.): *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha*, Gustav Fischer Verlag, New York str. 45-47

- CLAUDI R, MACKIE GL (1993) Practical manual for zebra mussel monitoring and control. Lewis Publishers, Boca Raton, 227 str
- CONN DB, CONN DA (1995) Experimental infection of zebra mussels *Dreissena polymorpha* (Mollusca: Bivalvia) by metacercariae of *Echinoparyphium* sp. (Platyhelminthes: Trematoda). J Parasitol 81: 304-305
- ERBEN R, LAJTNER J, LUCI A, MAGUIRE I, KLOBU AR GIV (2000) Attachment of the zebra mussel on the artificial substrates in the reservoir Dubrava (River Drava, Croatia). Limnological reports, 33rd Conference, Osijek, Hrvatska. Internat Assoc Danube Res 33: 225-231
- ERBEN R, LAJTNER J, LUCI A, MAGUIRE I, HUDINA S, IVAN I Z, BUHIN J, TARNIK T. (2007): Sagledavanje rješavanja problema naseljavanja školjkaša *Dreissena polymorpha* na vrste podloge i pronalaženje metoda za njihovo uklanjanje iz sustava PP HE Sjever. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 123 str
- FAHNENSTIEL GL, BRIDGEMAN TB, LANG GA, MCCORMICK MJ, NALEPA TF (1995a) Phytoplankton productivity in Saginaw Bay, Lake Huron: Effects of Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) colonization. J. Great Lakes Res. 21: 465-475.
- FAHNENSTIEL GL, LANG GA, NALEPA TF, JOHENG TH (1995b) Effects of Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) colonization on water quality parameters in Saginaw Bay, Lake Huron. J Great Lakes Res 21: 435-448
- FRENCH JRP, BUR MT (1993) Predation of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) by freshwater drum in western Lake Erie. U: NALEPA TF, SCHLOESSER DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str 453-464
- GIAMBERINI L, AUFFRET M, PIHAN J-C (1996) Haemocytes of the freshwater mussel, *Dreissena polymorpha* Pallas: citology, citochemistry and X-ray microanalysis. J Moll Stud 62: 367-379
- GIST DH, MILLER MC, BRENT WA (1997) Annual reproductive cycle of the zebra mussel in the Ohio River: A comparison with Lake Erie. Arch Hydrobiol 138: 365-379
- GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE (2005) *Dreissena polymorpha*, postavljeno 1. 9. 2005. <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=50&fr=1&sts=⟨> pristupljeno 25. 5. 2010.

- HAAG WR, GARTON DW (1992) Synchronous spawning in a recently established population of mussel, *Dreissena polymorpha*, in western Lake Erie, USA. *Hydrobiologia* 234: 103-110
- HAAG WR, BERG DJ, GARTON DW, FARRIS JL (1993) Reduced survival and fitness in native bivalves in response to fouling by the introduced zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie. *Can J Fish Aquat Sci* 50: 13-19
- HINCKS SS, MACKIE GL (1997) Effects of pH, calcium, alkalinity, hardness, and chlorophyll on the survival, growth, and reproductive success of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Ontario lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 54: 2049-57
- HINZ,W, SCHEIL HG (1972) Zur Filtrationsleistung von *Dreissena*, *Sphaerium* und *Pisidium* (Eulamellibranchiata). *Oecologia* 11: 45-54
- JONES CG, LAWTON JH, SHACHAK M (1994) Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373-386
- JUHEL G, CULLOTY SC, O'RIORDAN RM, O'CONNOR JO, DE FAOITE L, McNAMARA R (2003) A histological study of the gametogenic cycle of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) in Lough Derg, Ireland. *J Moll Stud* 69: 365-373
- KARATAYEV AY, MIKHEEV VP, AFANASEV SA, KIRPICHENCO MY, PROTASOV AA, SHEVTSOVA LV, KHARCHENKO TG (1994) Practical significance, use, and outgrowth prevention of hydrotechnological constructions. U: STAROBOGATOV JI (ed): Freshwater Zebra Mussel *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae). Systematics, Ecology, Practical Meaning. Nauka, Moskva, str 206-221
- KARATAYEV AY, BURLAKOVA LE, PADILLA DK (1997) The effects of *Dreissena polymorpha* (Pallas) invasion on aquatic communities in eastern Europe. *J Shellfish Res* 16: 187-203
- KARATAYEV AY, BURLAKOVA LE, PADILLA DK (1998) Physical factors that limit the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* (Pall.). *J Shell Res* 17: 1219-1235
- KRANJ EV R (1993) Hrastovi i školjke iz jezera. *Hrvatske šume* 22: 15
- KRANJ EV R (1996) Trokutnja a - školjka koja upozorava i prijeti. *Koprivni ke novine* 11

- LAJTNER J (2005) Reproduktivni ciklus školjkaša *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) u rijeci Dravi. Doktorska disertacija. Prirodoslovno matematički fakultet. Sveučilište u Zagrebu, 134 str.
- LAJTNER J, KLOBUČAR GIV (1996) *Dreissena polymorpha* Pallas - najljepši i najproblematičniji školjkaš voda na kopnu. III. Paleozoologija i zoogeografija vrste. Priroda 86 (823): 25-26
- LAJTNER J, MARUŠIĆ Z, KLOBUČAR GIV, MAGUIRE I, ERBEN R (2004) Comparative shell morphology of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the Drava river (Croatia). Biologia 59: 595-600
- LAJTNER J, KLOBUČAR GIV, MAGUIRE I, LUCIĆ A, ŠTAMBUK A, ERBEN R (2005) They came from the Danube River – History and present status of *Dreissena polymorpha* and *Orconectes limosus* in Croatia. Abstract volume. International Workshop Biological Invasions in Inland Waters. Firenca, str 46
- LAJTNER J, LUCIĆ A, MARUŠIĆ M, ERBEN R (2008) The effects of the trematode *Bucephalus polymorphus* on the reproductive cycle of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* in the Drava River. Acta parasitol 53: 85-92
- LANCIONI T, GAINO E (2006) The invasive zebra mussel *Dreissena polymorpha* in Lake Trasimeno (Central Italy): Distribution and reproduction. Ital J Zool 73: 335-346
- LEACH JH (1993) Impacts of the Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on water quality and fish spawning reefs in western Lake Erie. U: NALEPA TF, SCHLOESSER DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str 381-397
- LEWANDOWSKI K, EJSMONT-KARABIN J (1983) Ecology of planktonic larvae of *Dreissena polymorpha* (Pall.) in lakes with different degrees of heating. Pol Arch Hydrobiol 30: 89-101.
- LIMBURG KE, AHREND K (1994) Zebra mussel veligers observed in larval fish guts. *Dreissena*, Zebra Mussel Information Clearinghouse News, Brockport, 5: 4
- MACISAAC HJ, SPRULES WG, LEACH JH (1991) Ingestion of small-bodied zooplankton by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): Can cannibalism on larvae influence population dynamics? Can J Fish Aquat Sci 48: 2051-2060
- MACISAAC HJ, SPRULES WG, JOHANSSON OE, LEACH JH (1992) Filtering impacts of larval and sessile zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie. Oecologia 92: 30-39

- MACISAAC HJ, LONNEE CJ, LEACH JH (1995) Suppression of microzooplankton by zebra mussels: Importance of mussel size. *Freshwater Biol* 34: 379-387
- MACKIE GL (1991) Biology of the exotic zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in relation to native bivalves and its potential impact in Lake St. Clair. *Hydrobiologia* 219: 251-268
- MANTECCA P, VAILATI G, GARIBALDI L, BACCHETTA R (2003) Depth effects on zebra mussel reproduction. *Malacologia* 45: 109-120
- MARTYNIAK A, JERZYK MS, ADAMEK Z (1987) The food of bream (*Abramis brama*) in the Pierzchaly Reservoir (Poland). *Folia Zool* 36: 273-280
- MATONI KIN I, PAVLETI Z, HABDIJA I, STILINOVI B (1975) Prilog valorizaciji voda ekosistema rijeke Save. Sveu ilišna naklada Liber, Zagreb, 96 str
- MATTHEWS MA, McMAHON RF (1999) Effects of temperature and temperature acclimation on survival of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and Asian clams (*Corbicula fluminea*) under extreme hypoxia. *J Moll Stud* 65: 317-325
- MAY B, MARDEN JE (1992) Genetic identification and implications of another invasive species of dreissenid mussel in the Great Lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 49:1501-1506
- McMAHON RF (1991) Mollusca: Bivalvia. U: THORP JH, COVICH AP (eds): Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press, San Diego, str 315-399
- MELLINA E, RASMUSSEN JB, MILLS EL (1995) Impact of mussel (*Dreissena polymorpha*) on phosphorus cycling and chlorophyll in lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 52: 2553-2573
- MIŠETI S, MRAKOV I M, HABEKOV D, POPOVI J, TURK M, TOMAŠKOVI N, FAŠAI , G (1991) Fizikalno-kemijske, biološke i ihtiološke zna ajke nadzemnih voda hidroenergetskog sustava HE Varaždin, HE akovec i HE Dubrava u godini 1990. Institut za ribnja arstvo, Zagreb, 98 str
- MOLLOY DP, KARATADEV AY, BURLAKOVA LE, KURANDINA DP, LARUELLE F (1997) Natural enemies of zebra mussels: predators, parasites, and ecological competitors. *Rev Fish Sci.* 5: 27-97
- MORTON BS (1969a) Studies on the biology of *Dreissena polymorpha* Pall. I. General anatomy and morphology. *Proc Malacol Soc London* 38: 301-321

- MORTON BS (1969b) Studies on the biology of *Dreissena polymorpha*. II. Correlation of rhythms of feeding, digestion and excretion. Proc Malacol Soc London 38: 401-414
- MORTON BS (1969c) Studies on the biology of *Dreissena polymorpha* Pall. IV. Habits, habitats, distribution, and control. Water Treat Examin 18:233-240
- MORTON BS (1993) The anatomy of *Dreissena polymorpha* and the evolution and success of the heteromyarian form in the Dreissenoidae. U: Nalepa TF, Schloesser DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str. 185-216
- MRAKOV I M, KEROVEC M, MIŠETI S, PLENKOVI -MORAJ A, MIHALJEVI Z, MUSTAFI P, TERNJEJ I, ZANELLA D, ALETA M, RADI I (2003) Fizikalno-kemijske, biološke i ihtiološke zna ajke nadzemnih voda hidroenergetskog sustava HE Varaždin, HE akovec i HE Dubrava u godini 2002. Prirodoslovno matemati ki fakultet, Zagreb, Institut za ribnja arstvo, Zagreb, 116 str
- NEUMANN D, BORCHERDING J, JANTZ B (1993) Growth and seasonal reproduction of *Dreissena polymorpha* in the Rhine River and adjacent waters. U: Nalepa TF, Schloesser DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str. 95-110
- NICHOLS SJ, KOLLAR B (1991) Reproductive cycle of zebra mussel *Dreissena polymorpha* in western Lake Erie at Monroe, Michigan, Abstracts of the second International Zebra mussel Conference, Rochester
- NICHOLS KH, HOPKINS GJ (1993) Recent changes in Lake Erie (north shore) phytoplankton: Cumulative impacts of phosphorus loading reductions and the Zebra mussel introduction. J Great Lakes Res 19: 637-647
- NUTALL CP (1990) Review of the Caenozoic heterodont bivalve superfamily Dreissenacea. Paleontology 33: 707-737
- PATHY DA (1994) The life history and demography of zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, populations in Lake St. Clair, Lake Erie, and Lake Ontario (Michigan, Ohio, Pennsylvania, New York). M Sc Thesis. University of Guelph (Canada)
- ROMEIS B (1968) Mikroskopische technik. 16 Aufl Oldenbourg, München, 695 str
- SPRUNG M (1987) Ecological requirements of developing *Dreissena polymorpha* eggs. Arch Hydrobiol 1: 69-86
- SPRUNG M (1991) Cost of reproduction: A study on the metabolic requirements of the gonads and fecundity of the bivalve *Dreissena polymorpha*. Malacologia 33: 63-70

- STANCZYKOWSKA A (1977) Ecology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia) in lakes. Pol Arch Hydrobiol 24: 461-530
- ŠVOB M (1974) Histološke i histokemijske metode. Svjetlost, Sarajevo, 362 str
- TARNIK T (2008) Sezonska dinamika li inki školjkaša *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) u hidroakumulacijama rijeke Drave. Magistarski rad. Prirodoslovno matematički fakultet. Sveučilište u Zagrebu, 95 str
- VAN DER VELDE G, PAFFEN BGP, VAN DER BRINK FWB, BIJ DE VAATE A, JENNER HA (1994) Decline of zebra mussel populations in the Rhine: Competition between two mass invaders (*Dreissena polymorpha* and *Corophium curvispinum*). Naturwissenschaften 81: 32-34
- WALZ N (1978) The energy balance of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* Pallas in laboratory experiments and in the Lake Constance. II. Reproduction. Arch Hydrobiol/Suppl. 55: 106-119
- WIKTOR J (1963) Research on the ecology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) in the Szczecin Lagoon (Zalew Szczeciński). Ekol Pol 11: 275-280
- YONGE CM, CAMPBELL JI (1968) On the heteromyarian condition in the Bivalvia with special reference to *Dreissena polymorpha* and certain Mytilacea. Transactions of the Royal Society of Edinburgh 68: 21-43