

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA AKVAKULTURU
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Renata Mozara

**Histološki aspekti reproduktivnog ciklusa bukve,
Boops boops (Linnaeus, 1758)**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: izv. prof. dr. sc. Vlasta Bartulović

Dubrovnik, 2013.

Ovaj diplomska rad izrađen je pod stručnim vodstvom izv. prof. dr. sc. Vlaste Bartulović, u sklopu diplomskog studija Marikultura na Odjelu za akvakulturu Sveučilišta u Dubrovniku.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Vlasti Bartulović na stručnoj pomoći i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada, kao i na razumijevanju i susretljivosti. Također se zahvaljujem prof. dr. sc. Branku Glamuzini na pomoći pri izboru teme. Hvala i svim ostalim profesorima koji su se trudili prenijeti nam svoje znanje i iskustvo. Veliko hvala mag. ing. maricult. Tatjani Dobroslavić na nesebičnoj pomoći kod praktičnog dijela istraživanja i savjetima koji su mi uvelike olakšali izradu ovog diplomskog rada.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Biološko – ekološke značajke bukve, <i>Boops boops</i>	1
1.2. Dosadašnja istraživanja	2
1.3. Ciljevi istraživanja.....	3
2. MATERIJALI I METODE	4
2.1. Opis postaje	4
2.2. Tehnike i metode uzorkovanja	5
2.3. Analiza morfometrijskih osobina	6
2.4. Dužinsko – maseni odnos	6
2.5. Određivanje kondicije.....	6
2.6. Odnos spolova i gonadosomatski indeks.....	7
2.7. Određivanje fekunditeta	7
2.8. Izrada histoloških preparata i analiza	7
2.9. Obrada podataka	9
3. REZULTATI	10
3.1. Dužinski sastav populacije	10
3.2. Dužinsko – maseni odnos	11
3.3. Indeks kondicije.....	13
3.4. Odnos spolova i gonadosomatski indeks.....	14
3.5. Fekunditet	15
3.6. Histološki preparati gonada bukve	16
4. RASPRAVA	27
5. ZAKLJUČCI	30
6. LITERATURA	31

SAŽETAK

Histološki aspekti reproduktivnog ciklusa bukve, *Boops boops* (Linnaeus, 1758)

Tijekom ovog istraživanja na području Koločepskog kanala, kod otočića Mišnjaka, u razdoblju od prosinca 2011. godine do studenog 2012. godine, ulovljeno je 720 jedinki bukve, *Boops boops* (Linnaeus, 1758), raspona ukupne dužine tijela od 13,3 cm do 29,3 cm. Omjer ženki i mužjaka iznosio je 1:0,85. Pri ukupnim dužinama do 16 cm i iznad 20 cm prevladavaju ženke, od 16 cm do 20 cm prevladavaju mužjaci. Dužinsko – maseni rast bukve je negativno alometrijski za ženke ($b = 2,884$) i za mužjake ($b = 2,962$). Vrijednost indeksa kondicije je relativno niska (maksimum IK=1,2 u listopadu). Najveće srednje vrijednosti gonadosomatskog indeksa su zabilježene u veljači (GSI = 5,9 za ženke i GSI = 4,2 za mužjake).

Analizom histoloških preparata utvrđeni su stadiji razvoja jajnika: gonade u mirovanju u lipnju, srpnju, kolovozu i rujnu, rani razvoj u listopadu i studenom, nagli rast oocita i početak vitelogeneze u prosincu, zrele gonade u siječnju, vrijeme mriješćenja od veljače do svibnja. Gonade mužjaka su tijekom ljetnih mjeseci ispunjene spermatogonijama, tijekom jeseni raste broj spermatocita. U zimskim mjesecima sjemeni kanalići se ispunjavaju zrelim spermatozoidima. Vrijeme mriješćenja je u veljači, ožujku, travnju i svibnju.

Ključne riječi: *Boops boops*/bukva/histologija/reprodukтивни ciklus

ABSTRACT

Histological aspect of the reproductive cycle of bogue, *Boops boops*, (Linnaeus, 1758)

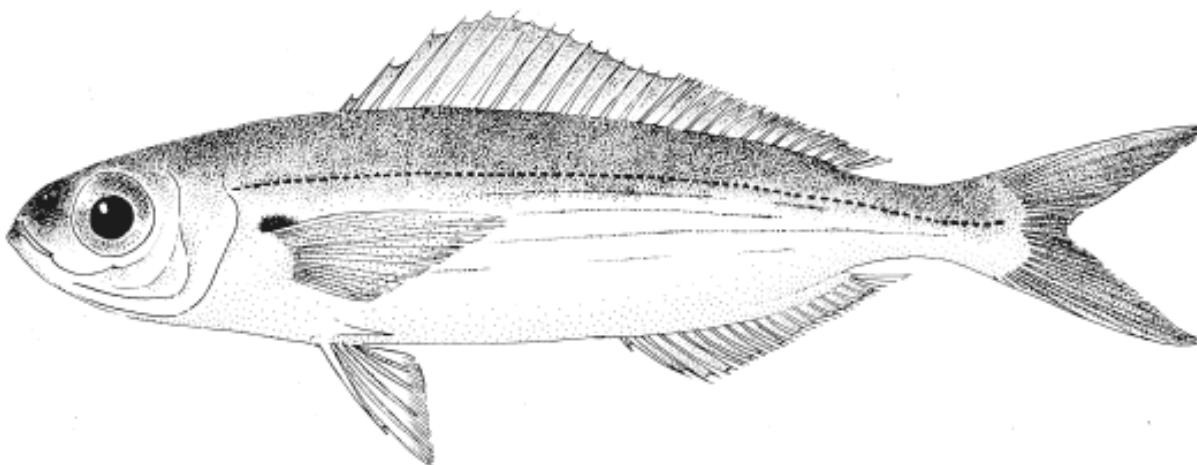
In the present study, at the period from December 2011, to November 2012, a total of 720 specimens of bogue, *Boops boops* (Linnaeus, 1758), ranging from 13,3 cm to 29,3cm in total lenght were collected in Kolocepski kanal. Female-to-male ratio was 1:0,85. For lenghts less then 16 cm and over 20 cm, females were dominated, and between 16 cm and 20 cm males. The lenght-weight relationship showed a negative allometric growth for females ($b = 2,884$) and for males ($b = 2,962$). Estimated condition factor was relatively low (max. CF=1,2 in October). The highest values of GSI were in february, with GSI=5,9 for females, and GSI = 4,2 for males.

According to histological interpretation there are following developing ovary stages: resting stage in June, July, August and September, early development in October and November, growing oocytes and vitellogenesis in December, ready to spawn in January. Male gonads are filled with spermatogonia in summer, in autumn there is growing number of spermatocytes, in winter spermatozoids are predominated. Spawning takes place between February and May both for males and females.

Keywords: bogue/*Boops boops*/histology/reproductive cycle

1. UVOD

Porodica Sparidae (ljuskavke) obuhvaća 33 roda i oko 115 vrsta morskih riba. Po svom gospodarskom značenju je jedna od najvažnijih porodica morskih riba na istočnoj obali Jadrana. Jedna od najbrojnijih vrsta u toj porodici je bukva, *Boops boops* (Linnaeus, 1758) (Nelson, 2006) (Slika 1).



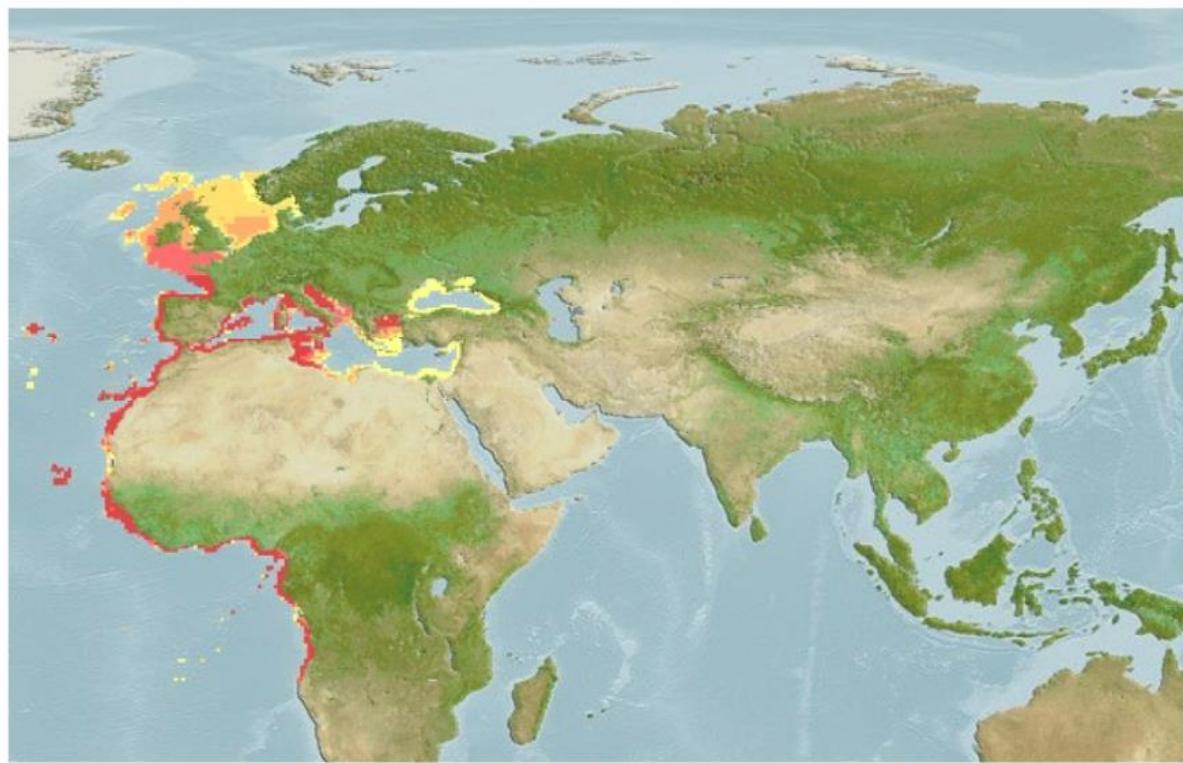
Slika 1. Bukva, *Boops boops* (Linnaeus, 1758) (<http://fao.org>)

1.1. Biološko – ekološke značajke bukve, *Boops boops*

Tijelo bukve je izduženog, valjkastog oblika, lagano bočno spljošteno. Gubica je kratka, dok su oči izražene u odnosu na ostatak tijela. Usta su malena, kratka, kosa; zubi u jednom redu. Leđna peraja je dugačka, prsne peraje su kraće od glave, trbušne su kraće od prsnih, te se nalaze malo iza njihovih osnovica; repna peraja je dvokraka. Dorzalni dio tijela je zelenkaste ili plavkaste boje, lateralno srebrnkasto sa 3-5 uzdužnih zlatnih pruga, ventralni dio tijela je bijele boje. U pazušku prsnih peraja nalazi se crna mrlja. Naraste u duljinu do 36 cm (oko 0,5 kg), dok je prosječna duljina 15-20 cm (Jardas, 1996).

Bukva je pridnena do semipelagična vrsta, obitava iznad različitih vrsta dna, te se noću diže prema površini. Kreće se u plovama. U toplim mjesecima se kreće dalje od obale, u hladnim se približava kraju i brakovima. Pronalazi se na dubinama do 200 m, uglavnom između 50-150 m. Rasprostranjena je po čitavom Jadranu, osobito s vanjske strane otoka i na pučini. Nastanjuje Sredozemno i Crno more, istočnu obalu Atlantskog oceana - od Norveške

na sjeveru, do Angole na jugu (Slika 2) te zapadni Atlantik – Meksički zaljev i Karipsko more (Jardas, 1996).



Slika 2. Rasprostranjenost bukve, *Boops boops* (<http://fishbase.org>)

Bukva je protoginični hermafrodit. Spolno sazrijeva u drugoj godini života (oko 13cm). Mrijesti se u proljeće, od ožujka do lipnja. Prehrana bukve je raznovrsna. Pretežno se hrani zooplanktonom (kopepoda, kopolata, larve dekapoda, hetognata i dr.) (Jardas, 1996).

Gospodarski se dosta izlovljava. Ima nisku cijenu na tržnicama, čime je lako dostupna potrošačima slabijeg imovinskog stanja. Meso je ukusno, a najviše se cjeni zimska bukva. Prema podacima FAO-a, ukupni godišnji ulov 1999. iznosio je 28 211 t. Najveći je ulov u Grčkoj (4 658 t) i Španjolskoj (3 898 t). Na tržištu se može pronaći svježa ili smrznuta, usoljena ili dimljena, a također se koristi kao riblja hrana ili mamac (FAO).

1.2. Dosadašnja istraživanja

Alegria – Hernandez (1989) je istraživala rast i starost populacije bukve u Jadranu. U Egiptu, na Aleksandrijskoj obali El-Agamy i sur. (2004) su istraživali reproduktivnu biologiju bukve, a Abdallah (2002) rast i dužinsko – maseni odnos. Na području Portugala, Borges i

sur. (2003) su istraživali rast, Monteiro i sur. (2006) rast, starost, reprodukciju i novačenje bukve, a Gordo (1995) spolnu zrelost. Podaci o fekunditetu poznati su na portugalskoj obali (Gordo, 1996) i u zapadnom Mediteranu (Bauchot, 1986). Podaci o sezona mriješćenja zabilježeni su za istočni Mediteran: Sirija (Mouneimne, 1978), Cipar (Livadas, 1989) i Grčka (Vidalis, 1950); za zapadni Mediteran: Francuska (Girardin, 1981), Alžir (Dieuzeide, 1955), Tunis (Anato i Katari, 1983), te za južnu obalu Portugala (Gordo 1995).

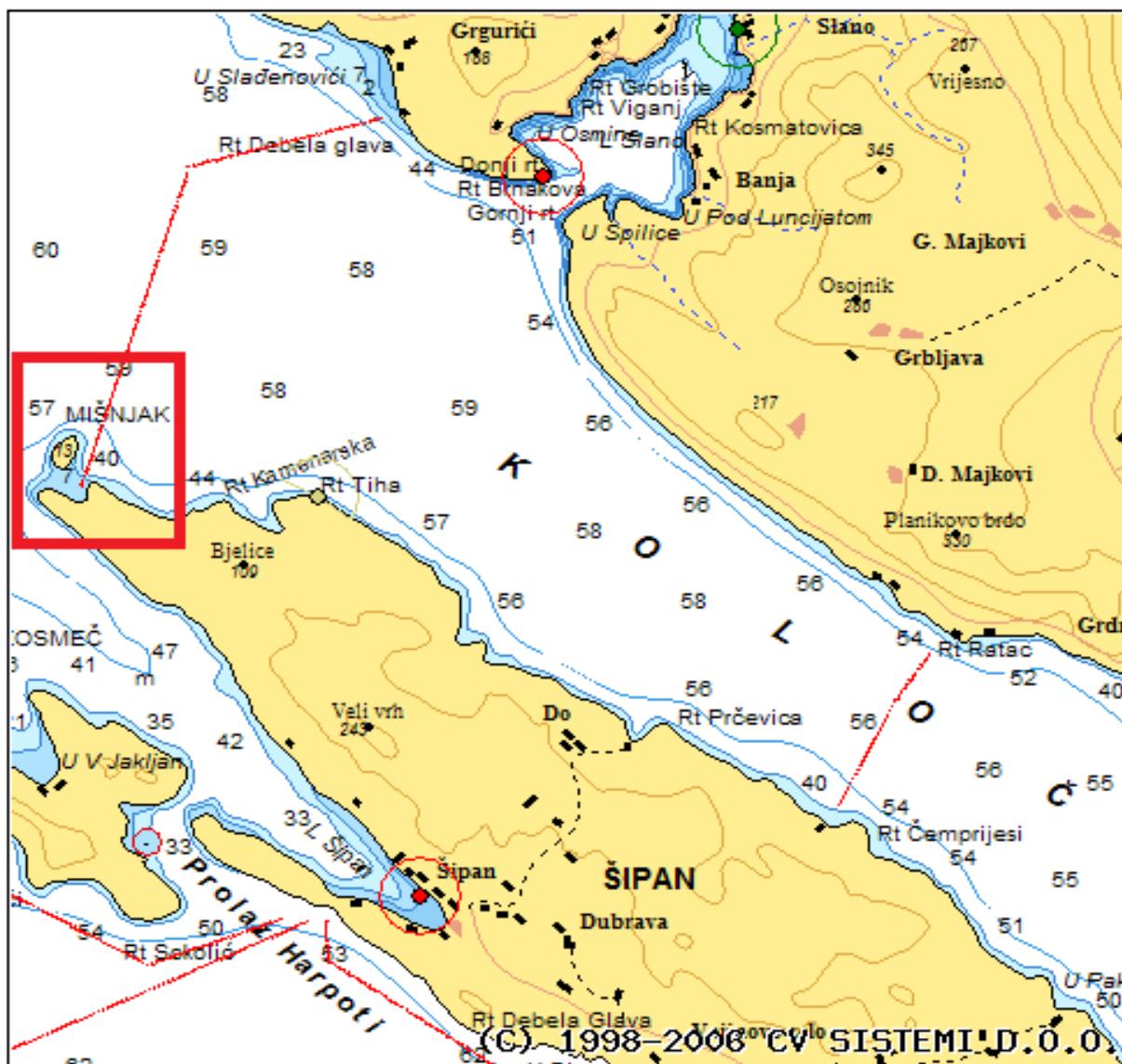
1.3. Ciljevi istraživanja

Cilj ovog istraživanja je, na osnovu histoloških preparata, opisati godišnji reproduktivni ciklus bukve. Na histološkim preparatima će se analizirati tipovi i razvojni stadiji spolnih stanica mužjaka i ženki. Odredit će se indeks kondicije, gonadosomatski indeks, godišnji odnos spolova, fekunditet te točno vrijeme mriješćenja bukve na području južnog Jadrana.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Opis postaje

Uzorci su prikupljeni na području Koločepskog kanala, kod otočića Mišnjaka ($42^{\circ}75'N$; $17^{\circ}83'E$) u neposrednoj blizini otoka Šipana (Slika 3). Koločepski kanal se nalazi u jugoistočnom dijelu Jadranskog mora, između obale i otočne skupine Elafita, koja na sjeveru počinje otokom Olipom, a na jugu završava otokom Koločepom. Najveća dubina kanala je 53 m i predstavlja važno ribolovno područje. Područje karakterizira uglavnom kamenito dno, a mjestimični sediment nastanjuje morska cvjetnica *Posidonia oceanica* (Žarić, 2011).



Slika 3. Otočić Mišnjak, Koločepski kanal (<http://peljar.cvs.hr/>)

2.2. Tehnike i metode uzorkovanja

Od lokalnih ribara je prikupljano 60 adultnih jedinki bukve mjesечно, od prosinca 2011. godine do studenog 2012. godine, metodom slučajnog odabira. Bukva se tradicionalno najviše lovi mrežom migavicom, potegačom kojoj je promjer oka na krilima od 50 do 80 mm, a prema vreći postaju sve manja. Prema Pravilniku o ribolovnim alatima i opremi za gospodarski ribolov na moru (2010) minimalna veličina oka mreže migavice je 12 mm.

2.3. Analiza morfometrijskih osobina

Svim prikupljenim jedinkama izmjerena je ukupna duljina (L_t) pomoću ihtiometra s točnošću od 0.1 mm. Ukupna masa (W) izmjerena je pomoću tehničke vase marke Mettler Toledo s točnošću od 0.01 g. Gonade su disecirane i mjerena im je masa (W_g) upotrebom analitičke vase marke Mettler Toledo s točnošću od 0.001 g, nakon čega su gonade pohranjene u 4% formalinu za daljnju obradu.

2.4. Dužinsko – maseni odnos

Alometrijski odnos dužine (L) i mase (W) ispitana je pomoću funkcionalne regresije (Ricker, 1975):

$$\log W = \log a + b \log L_t$$

tj. temeljem eksponencijalne jednadžbe

$$W = a L_t^b$$

gdje su: W – ukupna masa, L_t – ukupna dužina, a a i b su konstante. Eksponent b je omjer logaritma rasta u odnosu dužine i mase. U alometrijskom odnosu W/L vrijednosti konstante $b > 3$ označuju pozitivnu alometriju, $b < 3$ negativnu alometriju, a ako je $b = 3$, odnos je izometrijski. Pri pozitivnoj alometriji riba raste brže u masu nego u dužinu, kod negativne je suprotno. Kod izometrijskog odnosa riba raste razmjerno jednaku u dužinu i masu.

2.5. Određivanje kondicije

Kondicija je fizičko stanje ribe, koje proizlazi iz dužinsko – masenog odnosa. Izražava se indeksom kondicije, a izračunava se s pomoću kubičnog ili Fultonova koeficijenta (Ricker, 1975):

$$K = 100 \ W L t^{-3}$$

gdje je: K – vrijednost indeksa kondicije, W – ukupna masa ribe i Lt – ukupna dužina.

2.6. Odnos spolova i gonadosomatski indeks (GSI)

Svakoj je jedinki određen spol te je utvrđen mjesечni i ukupni godišnji odnos spolova. Za svaki mjesec odvojeno za ženke i mužjake te za ukupni uzorak, izračunat je gonadosomatski indeks (GSI) (Barber i Blake, 2006):

$$GSI = (Wg / W) * 100$$

gdje je: Wg – masa gonada i W – ukupna masa

2.7. Određivanje fekunditeta

Za određivanje fekunditeta ženki bukve u laboratoriju su se odvajala tri jednakih poduzorka iz prednjeg, srednjeg i stražnjeg dijela ovarija iz kojih su se uz pomoć lupe prebrojavali oociti. Za određivanje fekunditeta korištena je formula (Laevast, 1965):

$$F = (Wt / Ws) N$$

gdje su: F – fekunditet, N – broj jaja u poduzorku ovarija, Wt – masa ovarija i Ws – masa odabranog poduzorka.

2.8. Izrada histoloških preparata i analiza

Zbog daljnje izrade histoloških preparata čitave gonade ili njihovi manji djelovi su fiksirani u 4%-tnom formalinu zbog očuvanja morfoloških karakteristika. Gonade su

dehidrirane u etilnom alkoholu rastućih koncentracija (od 70 do 100 %) u trajanju 6 – 24 sata, da bi se voda u tkivu zamjenila organskim otapalom. Tkivo je nakon toga utapano u ksilol u trajanju 1 – 6 sati, impregnirano je i postalo prozirno, potom je u trajanju 1 – 3 sata utapano u parafin otopljen na 60 °C, da bi postalo pogodno za rezanje. Blokovi tkiva rezani su mikrotomom sa staklenom ili čeličnom oštricom na rezove debljine od 1 do 10 µm. Preparati su izravnavani na površini tople vode i prenijeti na predmetno stakalce. Zatim su bojani eozinom i hematoksilinom da bi strukture bile uočljivije, te su lagano sušeni u struji toplog zraka ili na sobnoj temperaturi.

Nakon izrade, histološki preparati su slikani i obrađeni programom AxioVision Release 4.8.2 kako bi se mogli izmjeriti promjeri oocita i odrediti stupnjevi zrelosti gonada, za svaki mjesec uzorkovanja.

Određivan je mikroskopski izgled i stupanj zrelosti gonada. Klasifikacija ovarija prema Maceru (1974) i testisa prema Laevastu (1965) podijeljena je u sedam razvojnih stadija:

1. stadij – Nezrele gonade/mirovanje

Jajnici sadržavaju oogonije, male okrugle stanice s relativno uskom zonom čiste citoplazme i jednom istaknutom jezgricom u sredini. Pojavljuju se pojedinačno ili u skupinama. Iz njih se razvijaju previtelogene oocite koje dijelimo na kromatin nukleolus, perinukleolus i stadij kortikalnih alveola. U ovom stadiju u jajnicima su oocite u kromatin nukleolus stadiju (male okrugle stanice kojima je citoplazma veoma tanka i bazofilna); te u ranom perinukleolus stadiju (pri kojem je citoplazma homogena i jako bazofilna). Na periferiji jezgre se pojavljuju brojne veće jezgrice, pokazujući njezinu povećanu aktivnost.

U testisima su vidljive stanice spermatogonija. To su srednje velike, okrugle stanice sa jezgrom koja sadrži dosta kromatina. Leže uz basalnu membranu, one se mitotički dijele.

2. stadij – Rani razvoj

U jajnicima su vidljive oogonije i oocite u kasnom perinukleolus stadiju. Kromatinski materijal je raspršen u jezgri stanice, dajući zrnati izgled nukleoplazme. Male kružne jezgrice su vidljive na periferiji jezgre, sasvim blizu membrane. Citoplazma je podjeljena na unutrašnju gustu i bazofilnu zonu, i vanjsku manje gustu i samo lagano bazofilnu. Prisutne su i oocite u stadiju kortikalnih alveola, u kojem se kortikalne alveole formiraju na periferiji

citoplazme, a pojedine i u bazofilnom ovoju citoplazme oko jezgre. Jezgra sadržava brojne jezgrice, koje se grupiraju u prsten blizu jezgrine membrane. Postaju vidljive zone radiata i theca. Šupljinu jajnika ispunjava germinativno tkivo.

U testisima su vidljive spermatogonije u prvoj fazi spermatogeneze.

3. stadij – Dozrijevanje

U jajnicima dominiraju sekundarne oocite u stadiju kortikalnih alveola sa žumanjčanim granulama. Prisutne su i oocite u kasnom perinukleolus stadiju, te vitelogene oocite. Vitelogeneza počinje nakupljanjem proteinskog žumanjca na periferiji oocita. Dolazi do višestukog porasta broja i pomicanja većine kortikalnih alveola. Između žumanjčanih kapljica povećavaju se i raspršuju masne kapljice. Bolje su istaknuti zona radiata i folikularni epitel. U ovom stadiju oocite ostaju dok ne nastave mejozu (kao odgovor na hormonalnu stimulaciju), ili do resorpcije, odnosno atrezije oocita.

U testisima su prisutne reproduktivne stanice u svim fazama spermatogeneze (spermatogoniji, spermatocite I. i II. reda, spermatide).

4. stadij – Zreli

U jajnicima prevladavaju oocite u stadiju migracije jezgre, premda su vidljive i oocite u ranijem stadiju. Jezgra (zametni mjehurić) sadržava veći broj jezgrica, te migrira prema periferiji oocita. Spajaju se žumanjčane proteinske granule i masne kapljice. Zbog hidratacije oocite naglo povećavaju volumen. Citoplazma je okružena zonom radiatom.

U testisima zreli spermatozoidi su u sjemenovodu. Prisutne su spermatogonije kao rezervni materijal za slijedeću sezonu.

5. stadij – Mriješćenje

U jajnicima prevladavaju oocite u stadiju migracije jezgre. Uslijed hidratacije dolazi do naglog povećanja volumena stanice i do pucanja jezgre– jezgrina membrana nestaje. U ovom stadiju se pri izradi histoloških preparata većina oocita lomi. Prisutni su i postovulacijski mjehurići.

U testisima se pojavljuje sjemena tekućina koja razrjeđuje spermatozoide.

6. stadij – Djelomično potrošeni

U ovom stadiju u jajnicima je vidljivo germinativno tkivo nepravilnog oblika. Prisutne su oocite u ranom perinukleolus stadiju, atretičke oocite i postovulacijski mjeđurići.

U testisima su vidljivi ostaci spermatozoida koji će biti razgrađeni, te spermatogonije.

7. stadij

Jajnici su ispunjeni germinativnim tkivom koje se reorganizira, prisutne su atretičke folikule i oocite u perinukleolus stadiju.

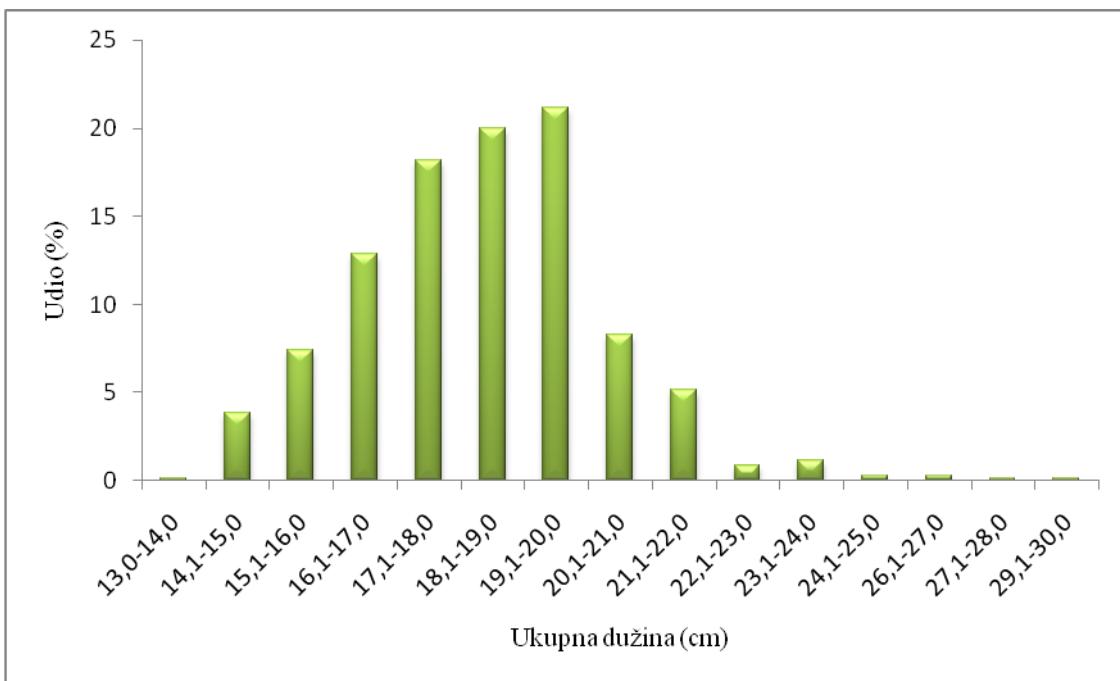
2.9. Obrada podataka

Svi prikupljeni podaci su pohranjivani u Microsoft Excell 2007, te se isti program koristio za obradu podataka i grafičke prikaze.

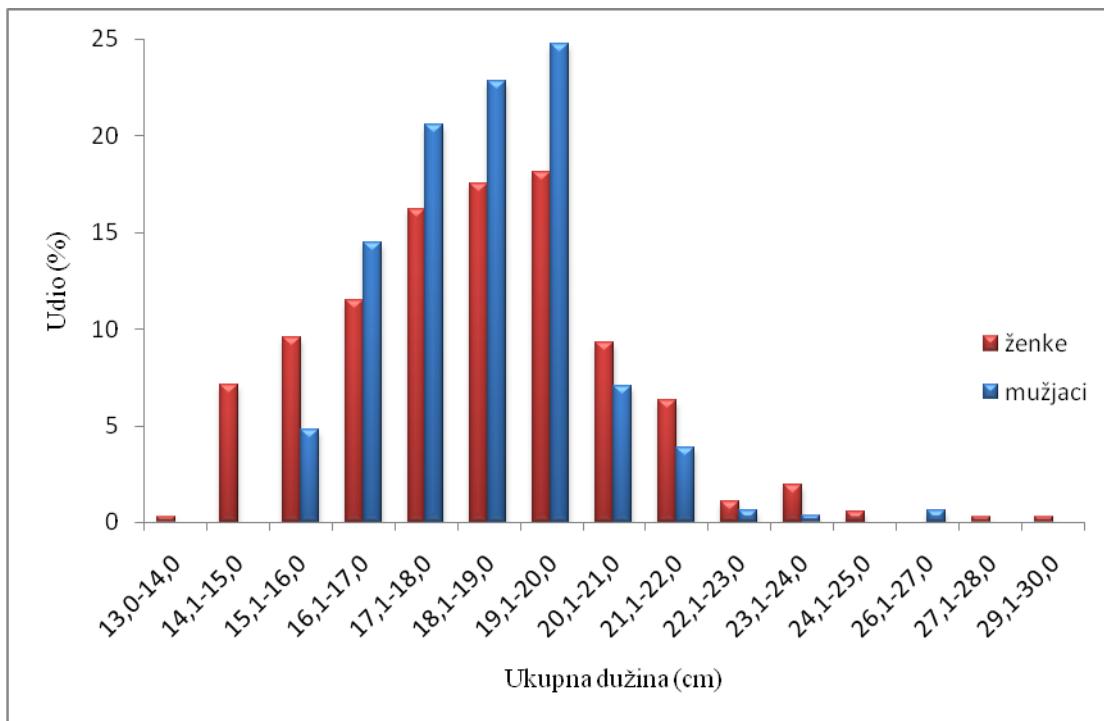
3. REZULTATI

3.1. Dužinski sastav populacije

U istraživanoj populaciji bukve na području Koločepskog kanala zastupljene su jedinke ukupne dužine od 13,3 cm do 29,3 cm, a prevladavali su uzorci ukupne dužine od 17,1 cm do 20 cm. Znatno opada broj jedinki iznad 20 cm, a veće od 22 cm su rijetko zastupljene (Slika 4). U kategorijama do 15 cm ženke su zastupljene sa 100% - tnim udjelom, a dominiraju i do kategorije od 16 cm. Pri ukupnim dužinama od 16 do 20 cm mužjaci su brojčano zastupljeniji od ženki, a ponovno iznad 20 cm ženke lagano prelaze brojnost mužjaka (Slika 5).



Slika 4. Dužinski sastav populacije bukve, *Boops boops*, u Koločepskom kanalu, u razdoblju od prosinca 2011. do studenog 2012. godine.



Slika 5. Dužinski sastav populacije bukve, *Boops boops*, odvojeno po spolovima, u Koločepskom kanalu, u razdoblju od prosinca 2011. do studenog 2012. godine.

3.2. Dužinsko – maseni odnos

Dužinsko – maseni odnos populacije bukve za ukupni uzorak te ženke i mužjake, izražene su funkcijama koje prikazuju odnos mase i ukupne dužine.

Ukupni uzorak:

$$W = 0,012 \times Lt^{2,911}, r^2 = 0,899$$

Ženke:

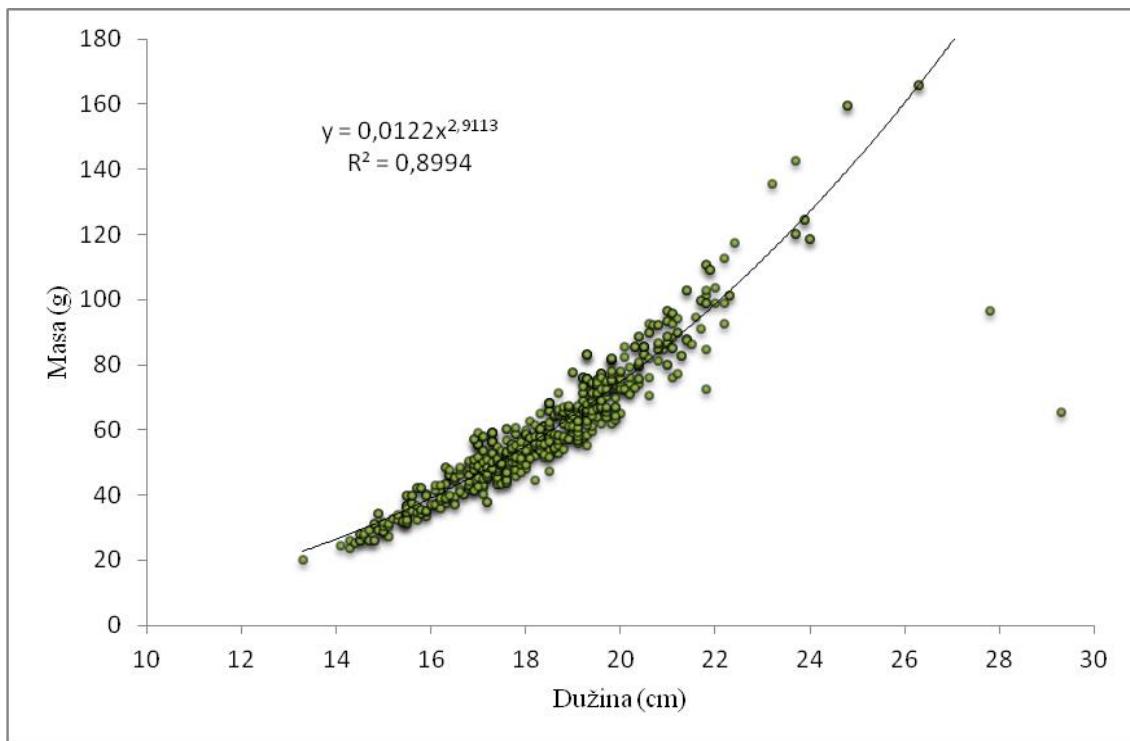
$$W = 0,013 \times Lt^{2,884}, r^2 = 0,907$$

Mužjaci:

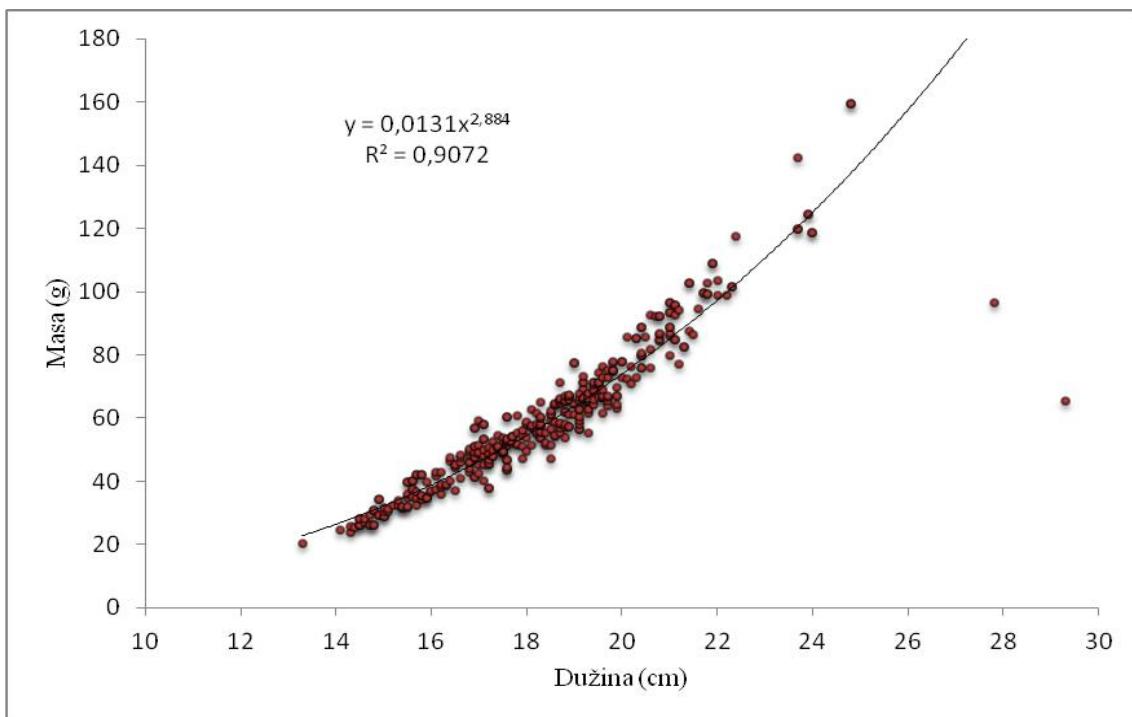
$$W = 0,010 \times Lt^{2,962}, r^2 = 0,884$$

Grafički su prikazani dužinsko – maseni odnosi za ukupni uzorak (Slika 6), ženke (Slika 7) i mužjake (Slika 8). Prema dobivenoj vrijednosti konstatne b za ukupni uzorak ($b=2,911$), te posebno za ženke ($b=2,884$) i mužjake ($b=2,962$), cijela populacija bukve

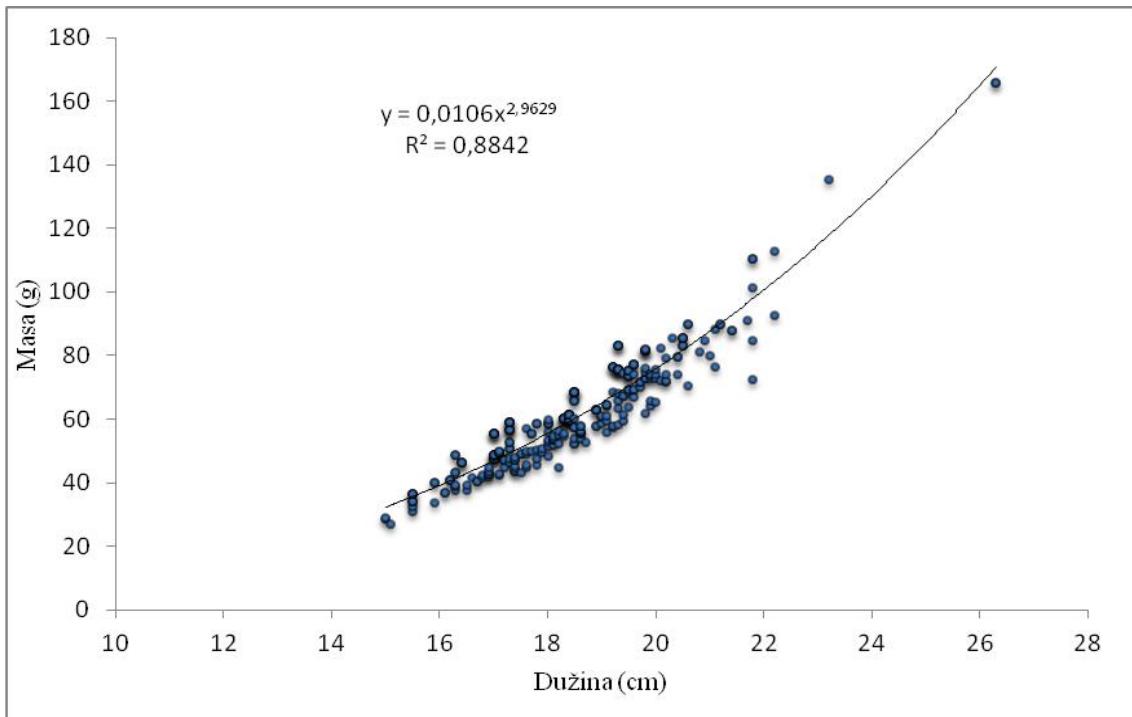
pokazuje negativan alometrijski rast ($b < 3$), što znači da jedinke rastu više u dužinu nego što povećavaju masu.



Slika 6. Dužinsko – maseni odnos ukupnog uzorka bukve, *Boops boops*, u Koločepskom kanalu, u razdoblju od prosinca 2011. do studenog 2012. godine.



Slika 7. Dužinsko – maseni odnos ženki bukve, *Boops boops*, u Koločepskom kanalu, u razdoblju od prosinca 2011. do studenog 2012. godine.

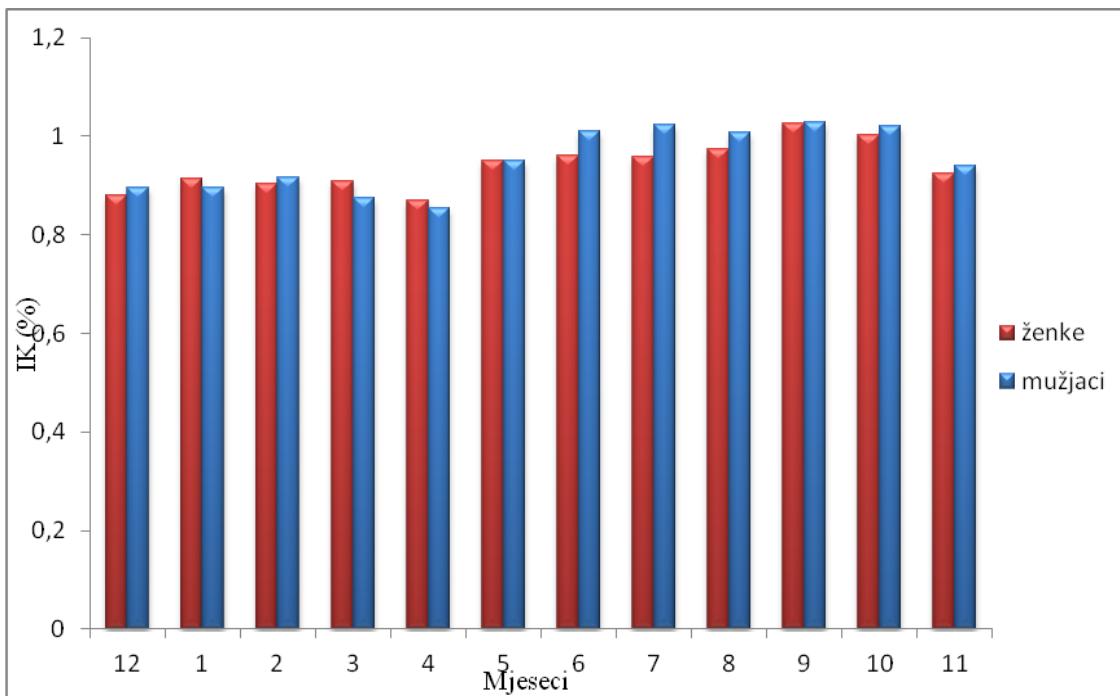


Slika 8. Dužinsko – maseni odnos mužjaka bukve, *Boops boops*, u Koločepskom kanalu, u razdoblju od prosinca 2011. do studenog 2012. godine.

3.3. Indeks kondicije

Indeks kondicije ženki bukve kreće se od 0,86 do 1,02. Najniži indeks kondicije ženke bukve imaju u prosincu (0,86) i u travnju (0,88). U siječnju, veljači i ožujku indeks kondicije se kreće oko 0,9. U ljetnim mjesecima je neznatno viši: 0,95 u svibnju, 0,96 u lipnju i srpnju, te 0,97 u kolovozu. Najviši je u rujnu (1,02) i listopadu (1), nakon čega opet opada.

Indeks kondicije mužjaka bukve je najniži u travnju, sa minimalnom vrijednošću od 0,85. U siječnju, veljači i ožujku vrijednosti indeksa kondicije se kreću od 0,87 do 0,91. Za ljetnih mjeseci dolazi do porasta, a maksimalnu vrijednost od 1,02 doseže u rujnu i listopadu, nakon čega se vrijednosti opet smanjuju (Slika 9).



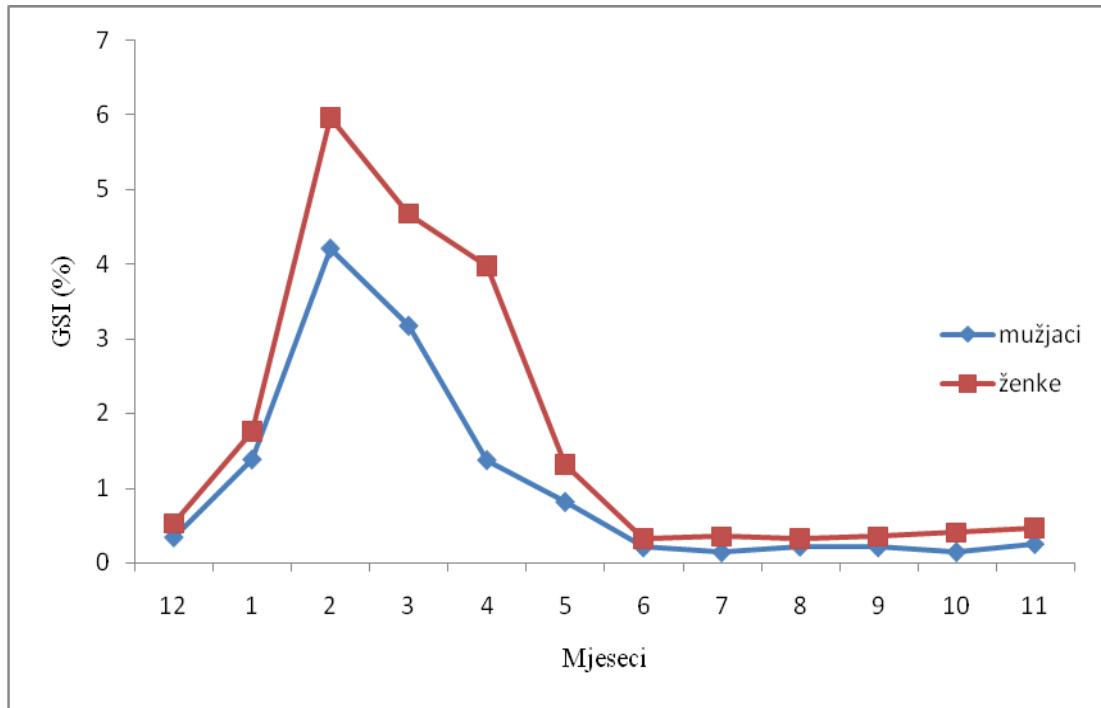
Slika 9. Indeks kondicije za ženke i mužjake bukve, *Boops boops*, u Koločepskom kanalu, u razdoblju od prosinca 2011. do studenog 2012. godine.

3.4. Odnos spolova i gonadosomatski indeks (GSI)

Ukupni godišnji odnos spolova iznosio je mužjaci : ženke = 0,85 : 1. Mužjaci su zastupljeni sa 46 %, a ženke sa 54 %.

Vrijednosti GSI-a za ženke bukve su od lipnja do listopada gotovo nepromijenjene i iznose oko 0,3. U studenom i prosincu dolazi do laganog rasta (0,5) te u siječnju vrijednosti prelaze 1. U veljači dolazi do naglog rasta, vrijednosti dosežu maksimum od 5,9. Nakon toga slijedi pad vrijednosti: u ožujku 4,6, travnju 3,9 i svibnju 1,3.

GSI mužjaka bukve je od lipnja do prosinca vrlo blizu nuli, u siječnju raste na 1,3, u veljači doseže maksimum od 4,2. U ožujku GSI vrijednosti opadaju na 3,1, zatim 1,3 u travnju, te 0,8 u svibnju (Slika 10).



Slika 10. Gonadosomatski indeks za ženke i mužjake bukve, *Boops boops*, u Koločepskom kanalu, u razdoblju od prosinca 2011. do studenog 2012. godine.

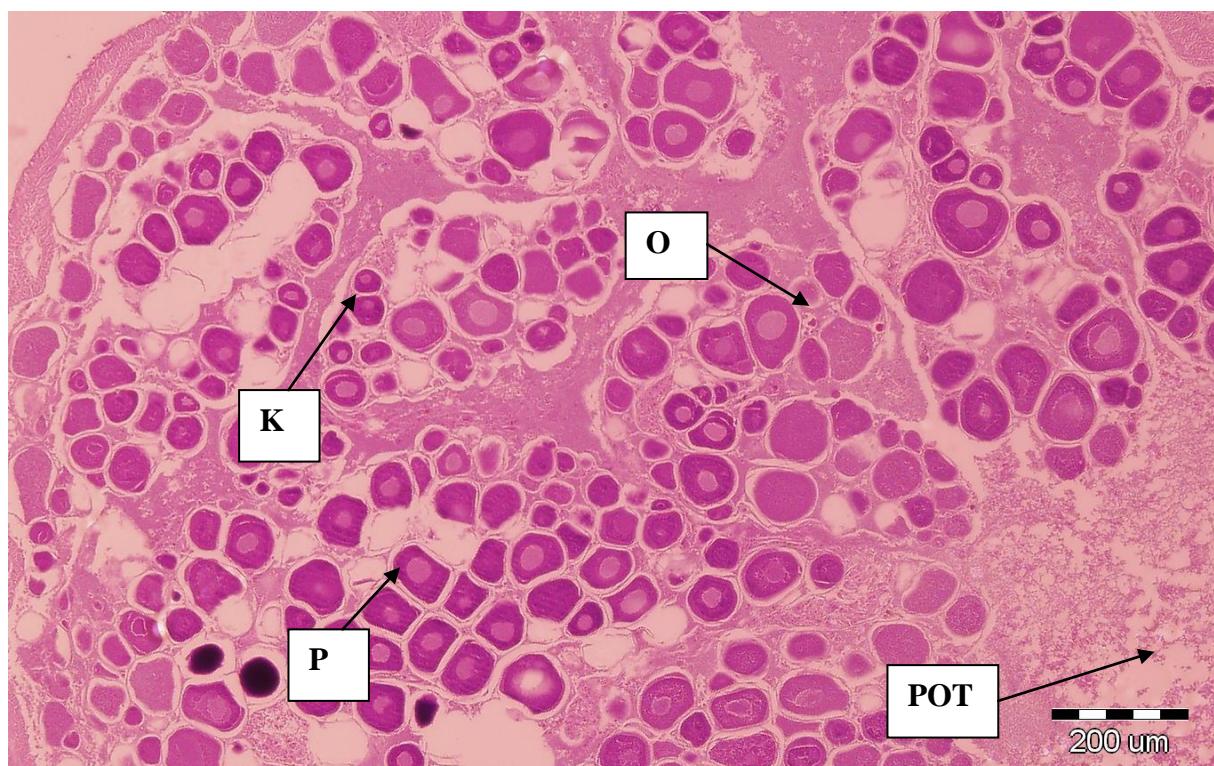
3.5. Fekunditet

Fekunditet bukve je analiziran na poduzorcima zrelih ženki raspona ukupnih dužina tijela 15,8 cm do 27,8 cm. Masa ženki bila je u rasponu od 34,49 g do 103,46 g, a masa gonada ženki od 3,073 g do 5,659 g. Raspon dobivene vrijednosti fekunditeta je bio 125 802 do 251 502 jaja po ovariju.

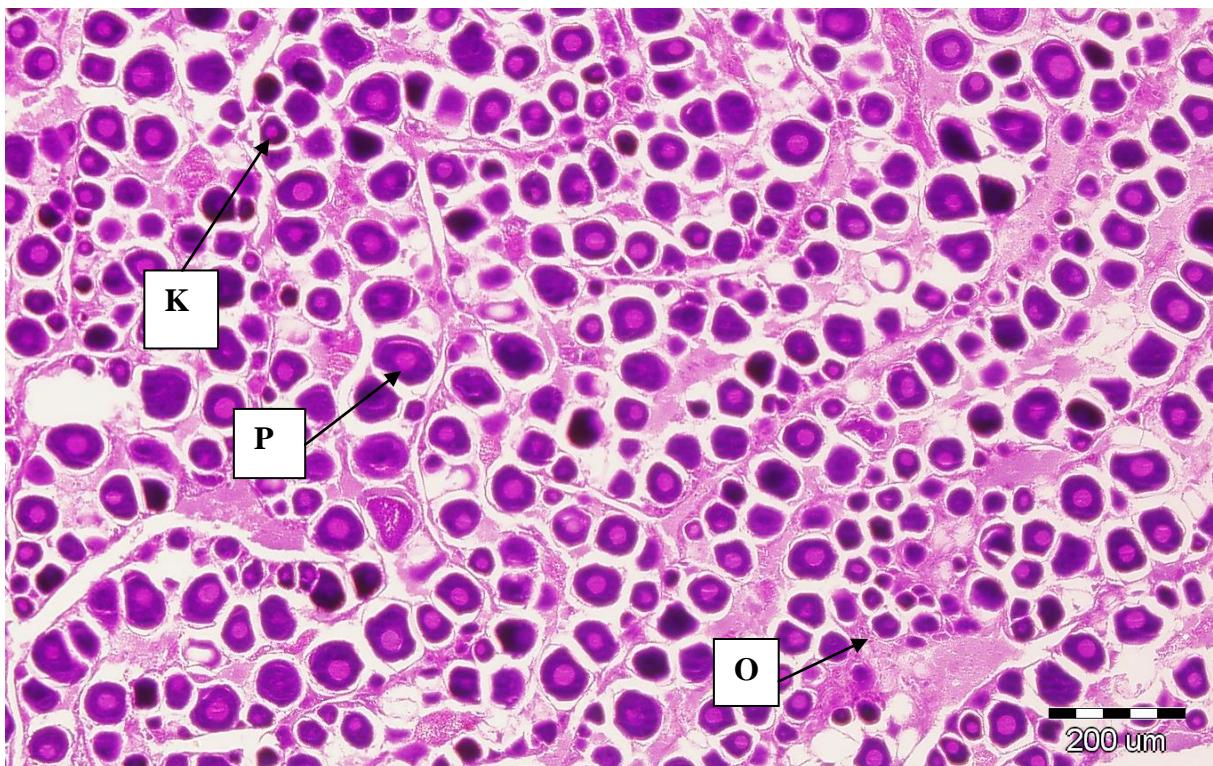
3.6. Histološki preparati gonada bukve, *Boops boops*

Na početku reproduktivnog ciklusa, u ljetnim i jesenskim mjesecima vidljivo je germinativno tkivo sa skupinama oogenija – vrlo malih okruglih stanica, s relativno uskom zonom čiste citoplazme i jednom jezgricom u sredini, koje se pojavljuju zasebno ili u skupinama; previtelogene oocite (u stadiju primarnog rasta), oocite u kromatin nukleolus stadiju – male okrugle stanice sa veoma tankom i slabo bazofilnom citoplazmom; te perinukleolus stadiju – za koji karakteristično da je citoplazma homogena i jako bazofilna.

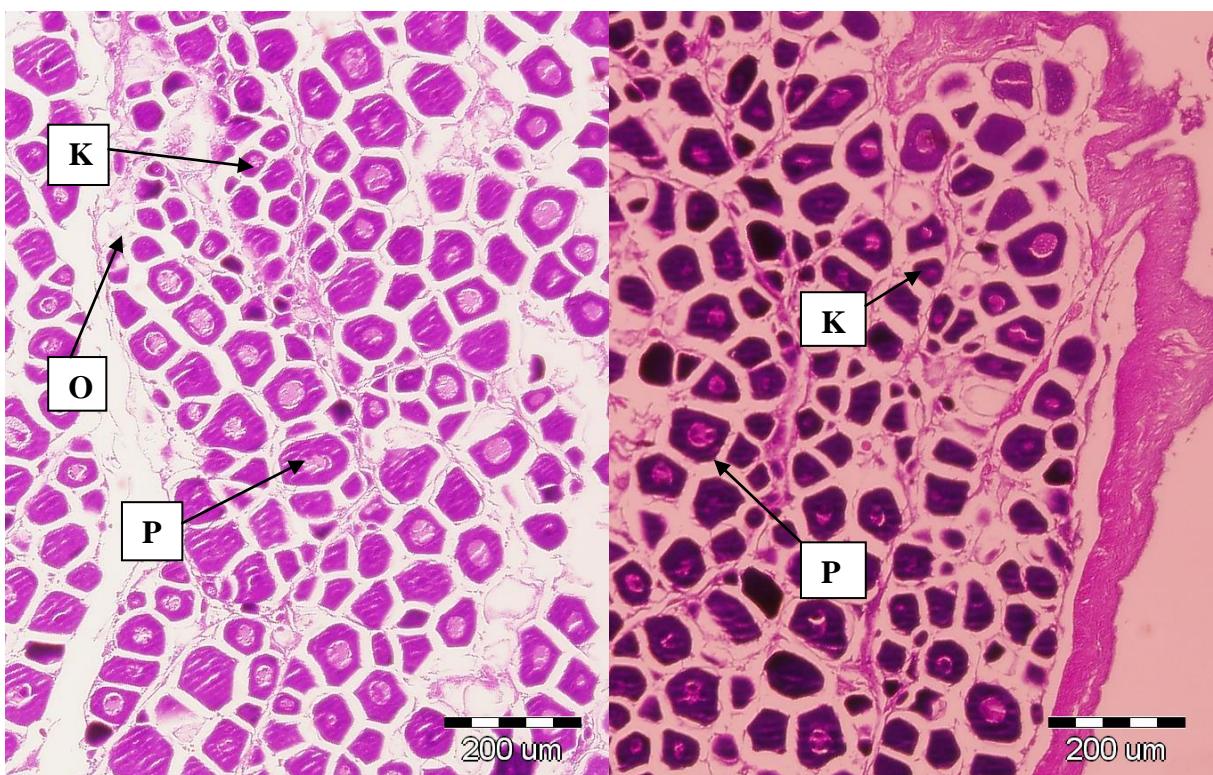
U lipnju (Slika 11) se vide ostaci postovulacijskog tkiva. Vidljive su oogenije, a dominiraju previtelusne oocite u kromatin nukleolus i ranom perinukleolus stadiju veličine od 20 do 80 μm . Skupine oogenija i previtelusnih oocita u kromatin nukleolus i ranom perinukleolus stadiju, veličine od 20 do 90 μm vidljive su u srpnju (Slika 12). U kolovozu i rujnu je primjećen lagani rast do 120 μm . Brojne jezgrice se pojavljaju na periferiji jezgre pokazujući povećanu aktivnost stanice (Slika 13).



Slika 11. Jajnici bukve *Boops boops* u lipnju 2012. godine, u Koločepskom kanalu: POT – postovulacijsko tkivo, O – oogenije, K – oocite u kromatin nukleolus stadiju, P – oocite u ranom perinukleolus stadiju (povećano 100x)

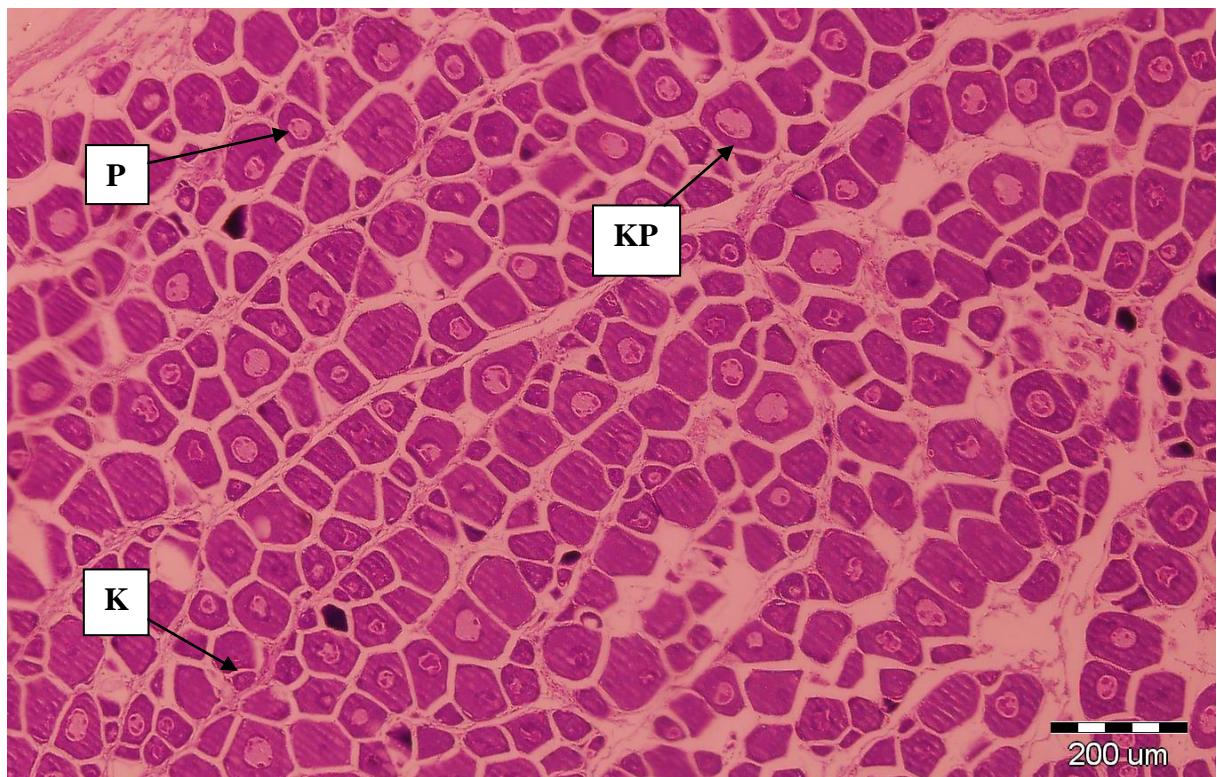


Slika 12. Jajnici bukve *Boops boops* u srpnju 2012. godine, u Koločepskom kanalu: O – oogonije, K – oocite u kromatin nukleolus stadiju, P – oocite u ranom perinukleolus stadiju (povećano 100x)

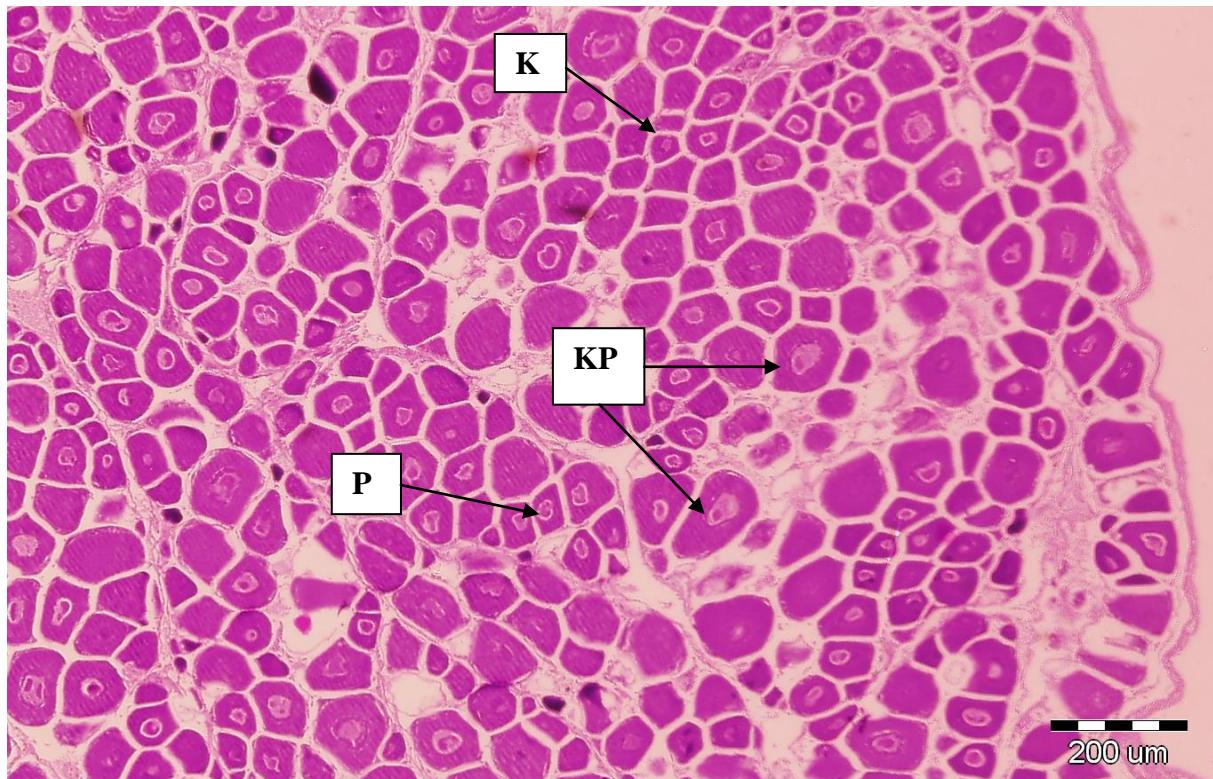


Slika 13. Jajnici bukve *Boops boops* (a) u kolovozu i (b) u rujnu 2012. godine, u Koločepskom kanalu: O – oogonije, K – oocite u kromatin nukleolus stadiju, P – oocite u ranom perinukleolus stadiju (povećano 100 x)

Vidljiv je lagani rast oocita i prelazak iz ranog u kasni perinukleolus stadij. Na histološkim preparatima se u listopadu (Slika 14) i studenom (Slika 15) uz oocite u kromatin nukleolus i ranom perinukleolus stadiju, pojavljuju oocite u kasnom perinukleolus stadiju veličine do 150 μm . U ovom stadiju citoplazma je podjeljena na dvije koncentrične zone – unutrašnju gušću i vanjsku manje gustu.



Slika 14. Jajnici bukve *Boops boops* u listopadu 2012. godine, u Koločepskom kanalu: K – oocite u kromatin nukleolus stadiju, P – oocite u ranom perinukleolus stadiju, KP – oocite u kasnom perinukleolus stadiju (povećano 100x)

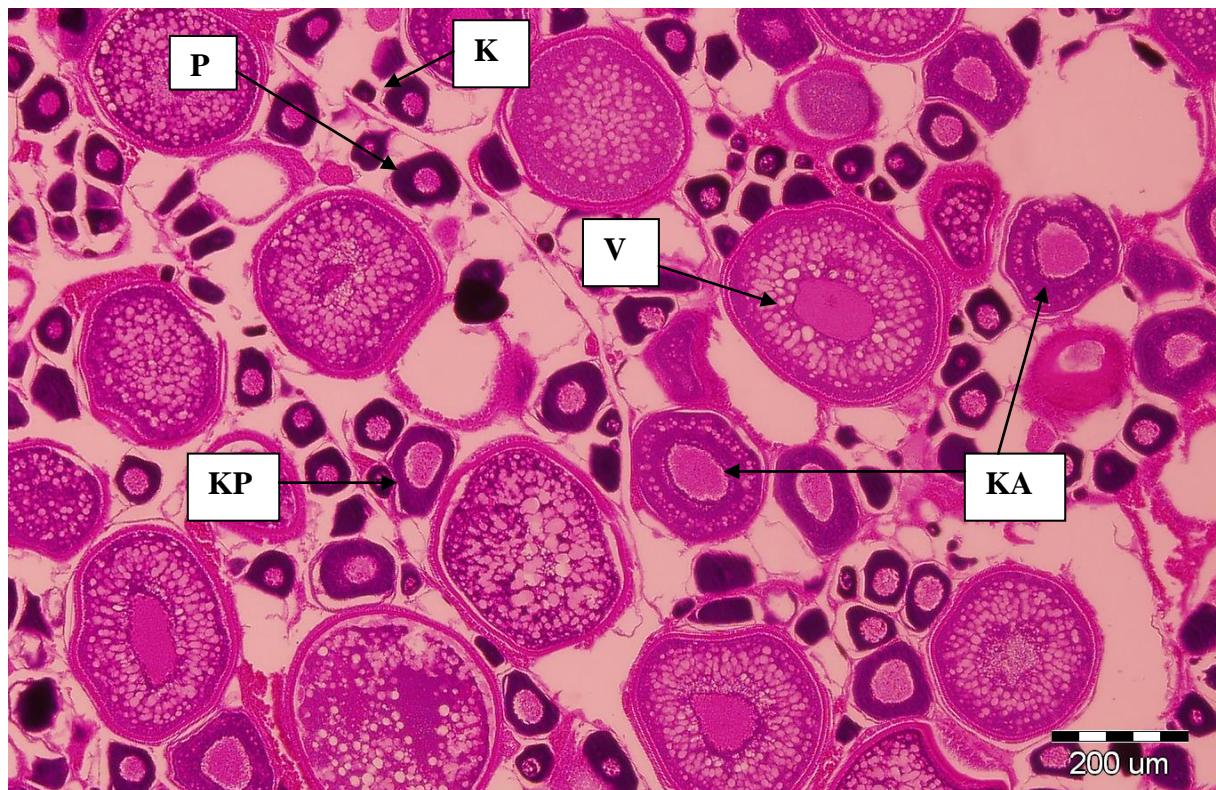


Slika 15. Jajnici bukve *Boops boops* u studenom 2012. godine, u Koločepskom kanalu: K – oocite u kromatin nukleolus stadiju, P – oocite u ranom perinukleolus stadiju, KP – oocite u kasnom perinukleolus stadiju (povećano 100x)

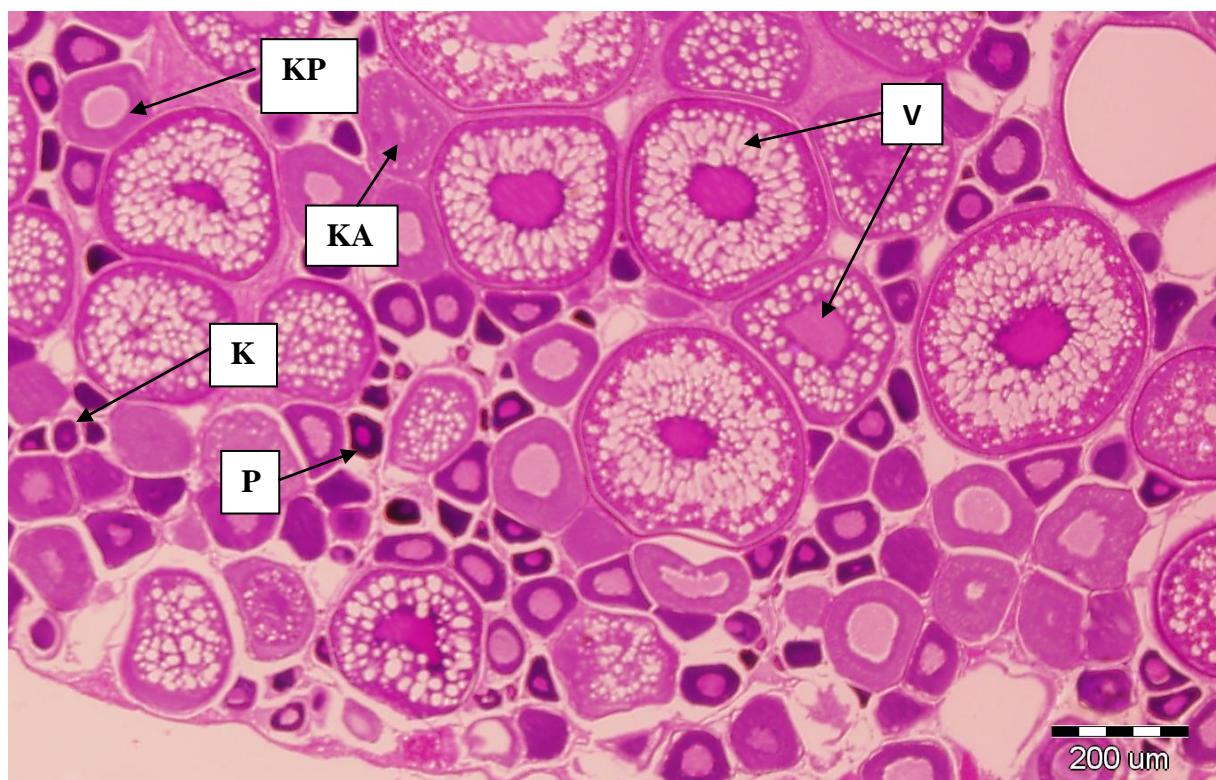
U zimskim mjesecima dolazi do ubrzanijeg rasta te su primjećene oocite u završnom stadiju previtelogeneze, stadiju kortikalnih alveola. U prosincu se na histološkom presjeku jajnika, uz oocite u stadiju kortikalnih alveola, pojavljuju i vitelusne oocite veličine do 360 μm (Slika 16). I nadalje su prisutne oocite u kromatin nukleolus i perinukleolus stadiju. U siječnju (Slika 17) u jajnicima dominiraju vitelusne oocite, veličine od 200 μm do 500 μm , u kojima se jasno vide žumanjčane i uljne kapljice, te jezgra smještena u sredini oocite (Slika 18). Vidljive su i oocite u stadiju primarnog i sekundarnog rasta te poneka oocita u stadiju kortikalnih alveola. Uočavaju se i nakupine oogonija.

U veljači i ožujku prevladavaju vitelusne oocite veličine do 590 μm . Jezgra migrira prema animalnom polu, a žumanjčane kapljice se spajaju. Prisutne su i oocite u kromatin nukleolus stadiju i stadiju kortikalnih alveola (Slika 19 i 20).

U travnju se, u djelomično potrošenim ovarijima, vide i zrele neizmriješćene oocite. Vidljive su i previtelusne oocite u kromatin nukleolus i ranom perinukleolus stadiju, te postovulacijski mjeđuhurići (Slika 21).



Slika 16. Jajnici bukve *Boops boops* u prosincu 2011. godine, u Koločepskom kanalu: K – oocite u kromatin nukleolus stadiju, P – oocite u ranom perinukleolus stadiju, KP – oocite u kasnom perinukleolus stadiju, KA – oocite u stadiju kortikalnih alveola, V – oocite u stadiju vitelogeneze (povećano 100x)

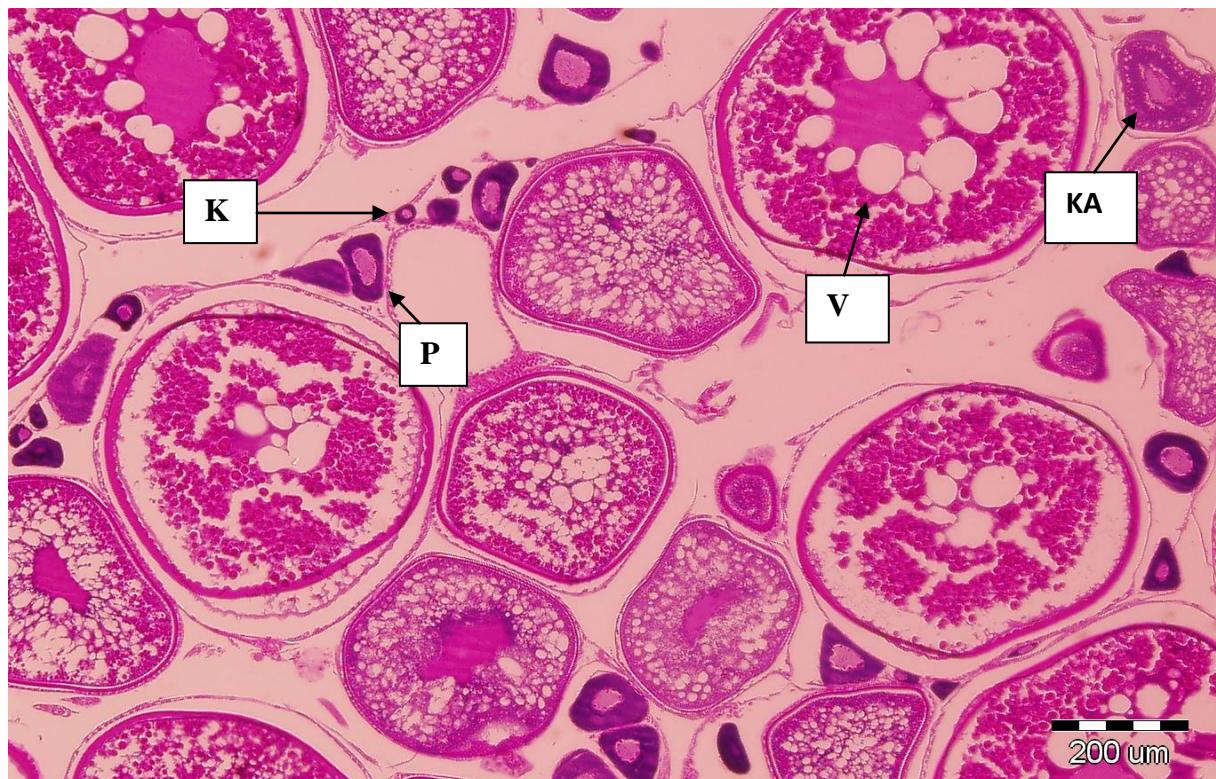


Slika 17. Jajnici bukve *Boops boops* u siječnju 2012. godine, u Koločepskom kanalu: K – oocite u kromatin nukleolus stadiju, P – oocite u ranom perinukleolus stadiju, KP – oocite u kasnom

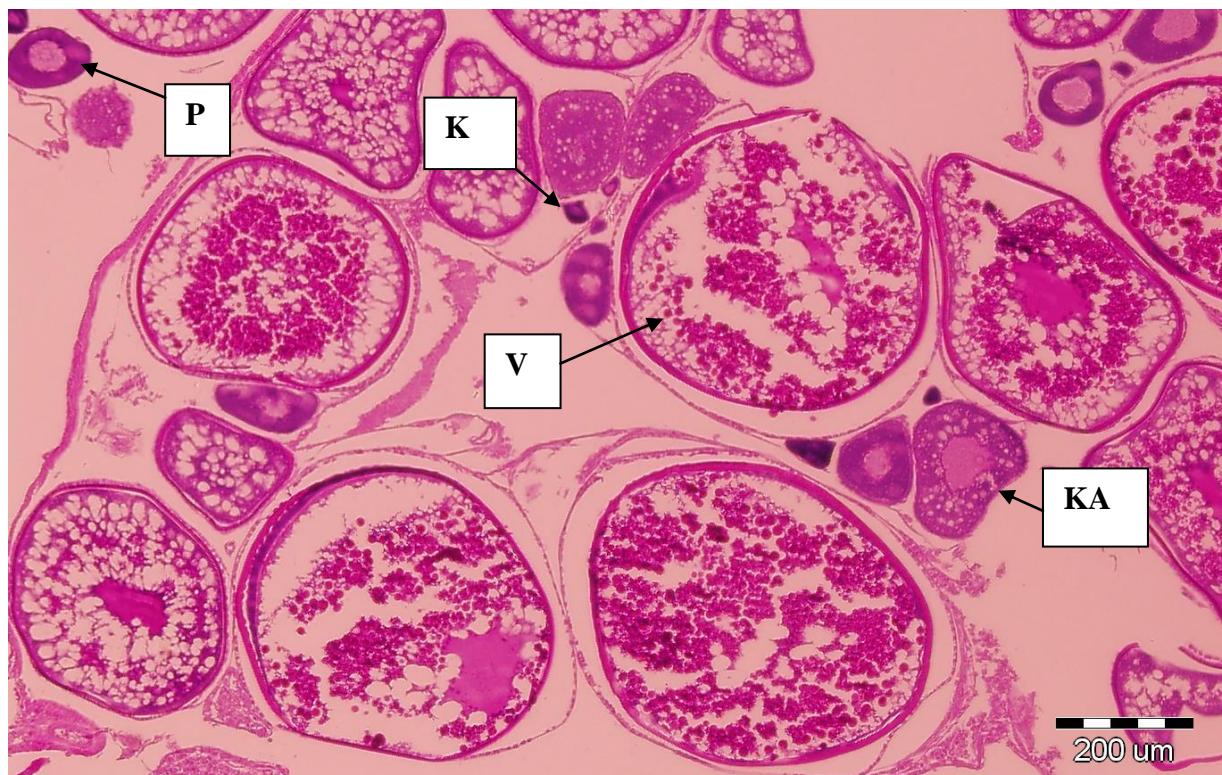
perinukleolus stadiju, KA – oocite u stadiju kortikalnih alveola, V – oocite u stadiju vitelogeneze (povećano 100x)



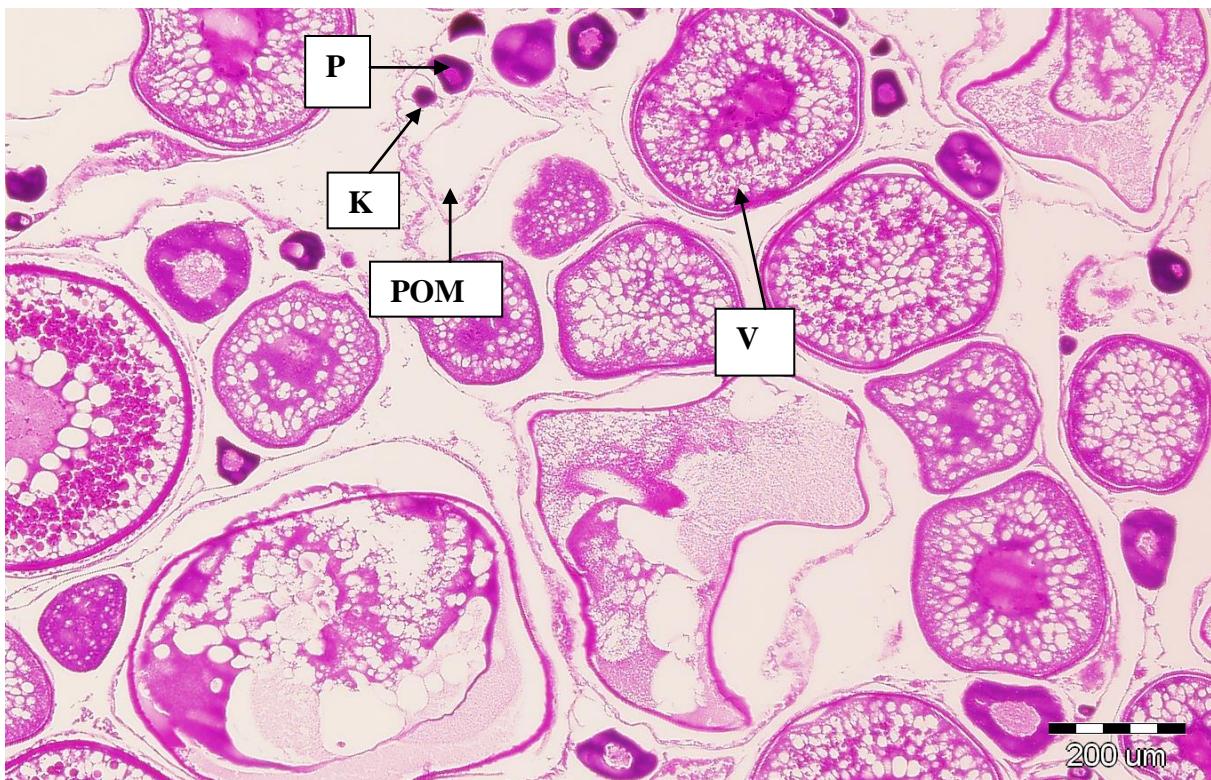
Slika 18. Vitelogena oocita u jajniku bukve *Boops boops* u siječnju 2012. godine, u Koločepskom kanalu: J – jezgra, U – uljne kapljice, Ž – žumančane kapljice (povećanje 400x)



Slika 19. Jajnici bukve *Boops boops* u veljači 2012. godine, u Koločepskom kanalu: K – oocite u kromatin nukleolus stadiju, P – oocite u ranom perinukleolus stadiju, KA – oocite u stadiju kortikalnih alveola, V – oocite u stadiju vitelogeneze (povećano 100x)



Slika 20. Jajnici bukve *Boops boops* u ožujku 2012. godine, u Koločepskom kanalu: K – oocite u kromatin nukleolus stadiju, P – oocite u ranom perinukleolus stadiju, KA – oocite u stadiju kortikalnih alveola, V – oocite u stadiju vitelogeneze (povećano 100x)



Slika 21. Jajnici bukve *Boops boops* u travnju 2012. godine, u Koločepskom kanalu: K – oocite u kromatin nukleolus stadiju, P – oocite u ranom perinukleolus stadiju, V – oocite u stadiju vitelogeneze, POM – ostaci postovulacijskog mjehurića (povećano 100x)

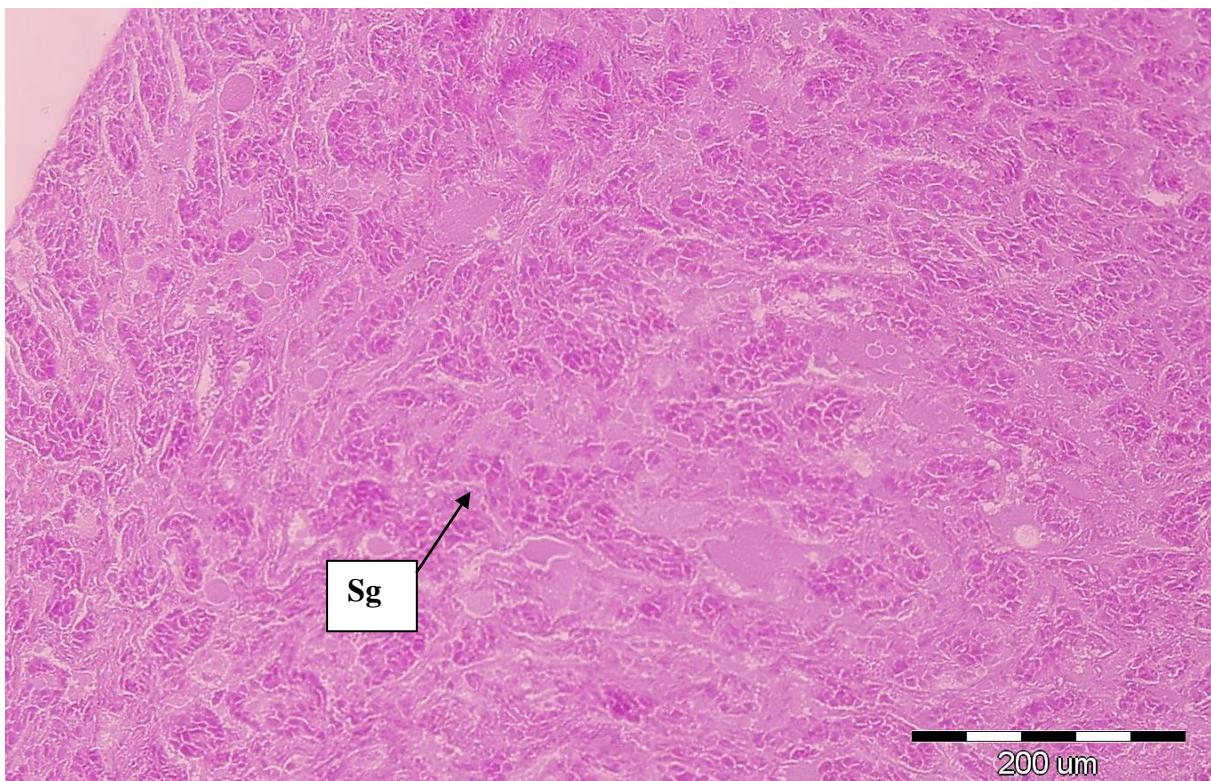
Na histološkim preparatima jajnika bukve u svibnju se vide neizmrješćene oocite u stanju atrezije (Slika 22). Vidljive su skupine previtelusnih oocita u kromatin nukleolus stadiju, veličine od 20 do 80 μm .



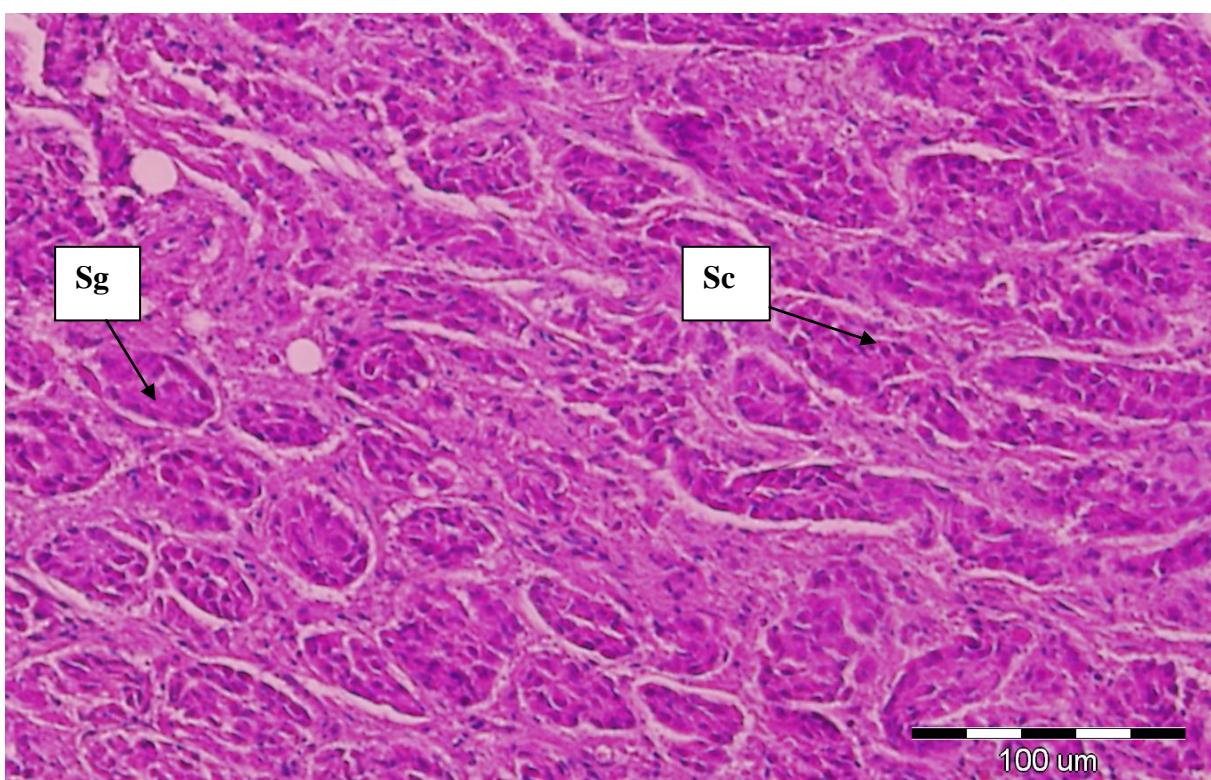
Slika 22. Jajnici bukve *Boops boops* u svibnju 2012. godine, u Koločepskom kanalu: A – neizmriješćene oocite u stadiju atrezije, V – vitelogene oocite, K – oocite u kromatin nukleolus stadiju (povećano 100x)

Reprodukтивni ciklus mužjaka započinje tijekom ljetnih mjeseci kada su u testisima uglavnom spermatogonije (Slika 23). To su okrugle srednje velike stanice s jezgrom koja sadržava mnogo kromatina. Ovo je stadij mirovanja u kojem testisi ne pokazuju spermatogenetsku aktivnost. Tijekom jesenskog razdoblja u testisima se povećavao broj spermatocita (Slika 24) koje imaju veliku i rahlo strukturiranu jezgru i sposobnost jakoga rasta.

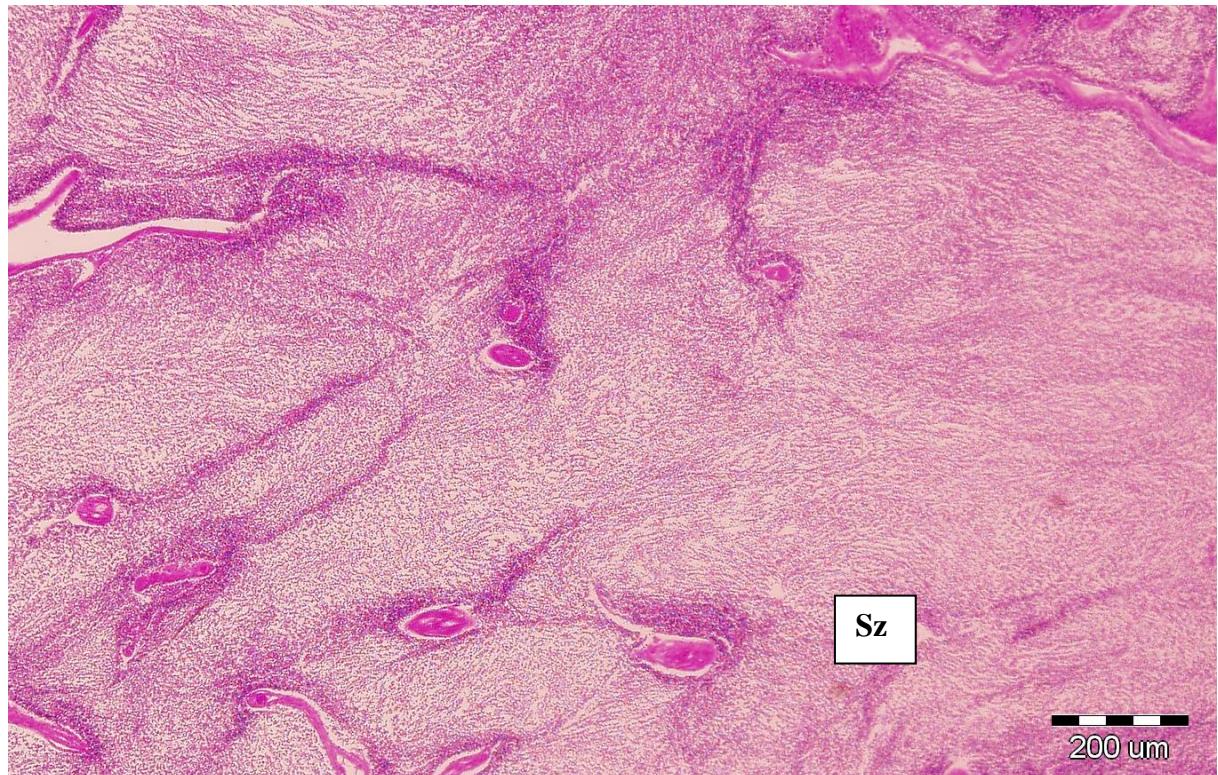
U veljači i ožujku na histološkim preparatima su uočljivi sjemeni kanalići potpuno ispunjeni zrelim spermatozidima (Slika 25). U travnju i svibnju kanalići su napola ispraznjeni te se u njima nalaze ostaci spermatozoida (Slika 26).



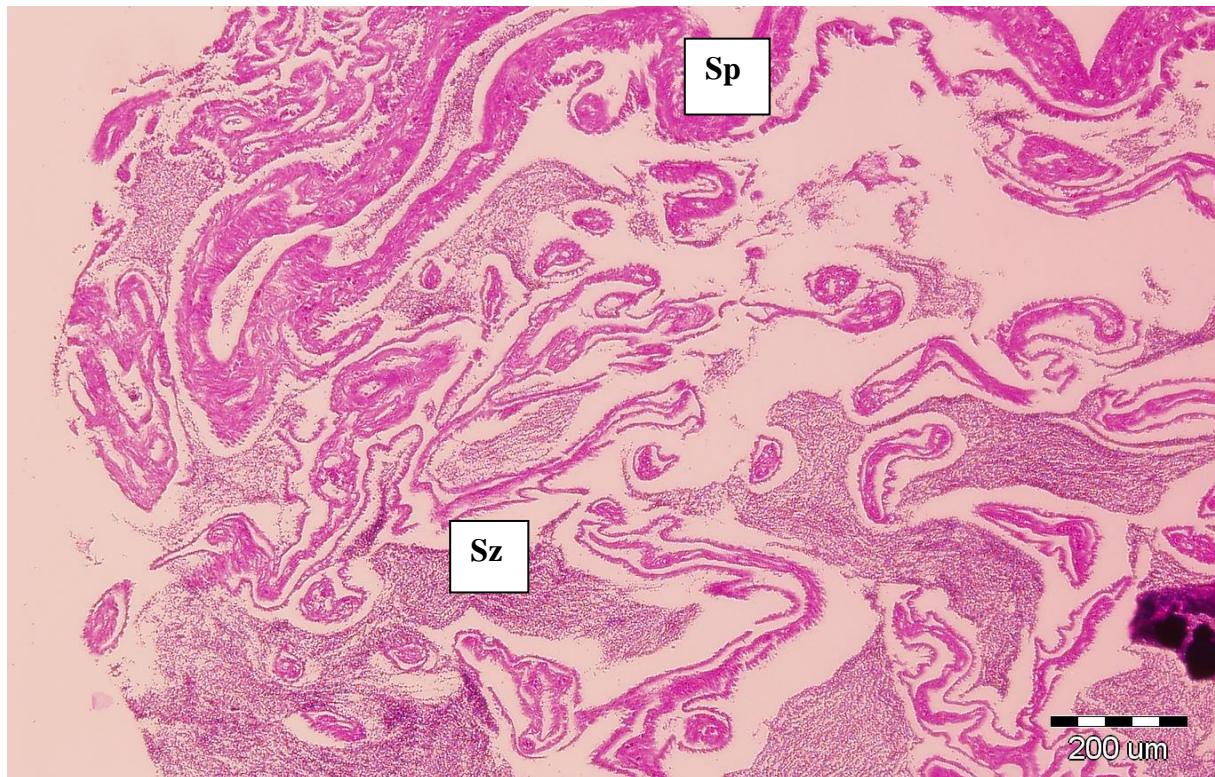
Slika 23. Testisi bukve *Boops boops* u srpnju 2012. godine, u Koločepskom kanalu: Sg – spermatogonije, (povećano 200x)



Slika 24. Testisi bukve *Boops boops* u studenom 2012. godine, u Koločepskom kanalu: Sg – spermatogonije, Sc – spermatozite (povećano 400x)

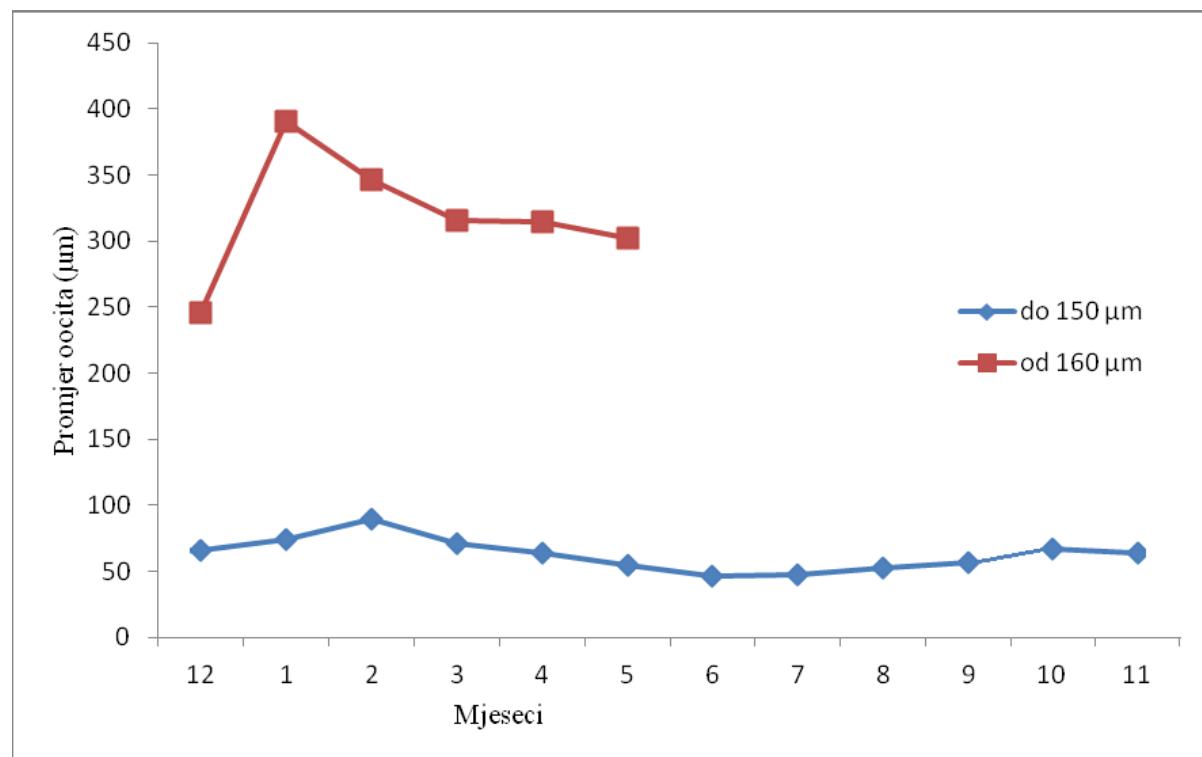


Slika 25. Testisi bukve *Boops boops* u veljači 2012. godine, u Koločepskom kanalu: Sz - spermatozoidi (povećano 200x)



Slika 26. Testisi bukve *Boops boops* u svibnju 2012. godine, u Koločepskom kanalu: Sz – spermatozoidi, Sp – spermatogonijalno tkivo (povećano 100x)

Analiza prosječne mjesecne veličine oocita u ovarijima bukve podjelom na dvije generacije oocita – previtelusne (veličine do 150 µm) i vitelusne (veličine od 150 µm do 590 µm) – pokazuje promjene koje slijede promjene gonadosomatskog indeksa i rezultate analize histoloških preparata (Slika 27). U razdoblju od lipnja do studenog u ovarijima bukve previtelusne oocite su zastupljene 100 % - tnim udjelom. Prosječna veličina oocita u tom razdoblju kreće se u rasponu od 46,9 µm u lipnju do 66,85 µm u listopadu. U prosincu se pojavljuju prve vitelogene oocite, te je prosječna veličina ove generacije oocita 245,51 µm. U siječnju raste na maksimum od 391,06 µm. U veljači iznosi 346,79 µm, u ožujku je 315,16 µm, u travnju 314,59 µm, te u svibnju 302,29 µm. Previtelogene oocite su prisutne kroz cijeli period vitelogenog sazrijevanja i kroz razdoblje mriješćenja.



Slika 27. Prosječni promjeri oocita u ovarijima bukve, *Boops boops*, na području Koločepskog kanala u razdoblju od prosinca 2011. do studenog 2012.godine

4. RASPRAVA

Kroz 12 mjeseci ukupno je obrađeno 720 jedinki bukve koje pripadaju populaciji područja Koločepskog kanala. Zastupljene su jedinke ukupne dužine tijela od 13,3 do 29,3 cm, a najbrojnije su u rasponu od 17,1 do 20 cm. Jardas (1996) navodi kao najveću ukupnu dužinu za Jadransko more 36 cm i najčešći raspon od 15 do 20 cm. Analizom dužinskog sastava bukve po spolovima, ženke su zastupljene u ukupnim dužinama tijela od 13,3 do 29,3 cm. Najmanji mužjak u uzorku je imao ukupnu dužinu 15,1 cm, a najveći 26,3 cm. U dužinskim razredima do 16 cm prevladavaju ženke, od 16 do 20 cm mužjaci. El – Agamy i sur. (2004) su utvrdili da su u populaciji bukve na Aleksandrijskoj obali u Egiptu zastupljene jedinke ukupne dužine od 10,6 do 20,8 cm. Na Portugalskoj obali Gordo (1995) bilježi dužine od 6 cm do 36 cm, a Monteiro i sur. (2006) od 7,4 cm do 30,5 cm. Do razlika u rasponu ukupnih dužina na istraživanim područjima vjerojatno dolazi zbog različitih i selektivnih alata.

Dobivene vrijednosti konstante b za ukupni uzorak bukve na području Koločepskog kanala ($b = 2,911$) te posebno za ženke ($b = 2,884$) i mužjake ($b = 2,962$) ukazuju na negativan alometrijski rast cijele populacije. Jedinke bukve sporije rastu u masu nego u dužinu. Te se vrijednosti razlikuju od vrijednosti konstante b dobivene u prethodnom istraživanju ove vrste u području srednjeg Jadrana, Alegria – Hernandez (1989) bilježi izometrijski rast populacije mužjaka ($b = 3$) i alometrijski rast ženki ($b = 3,088$). Rast ukupne populacije bukve u Portugalu, Algrave (Borges i sur., 2003) je negativno alometrijski ($b = 2,892$), a na Aleksandrijskoj obali pozitivno alometrijski ($b = 3,130$) (Abdallah, 2002). Neki od ekoloških čimbenika koji mogu utjecati na razlike u rastu na istraživanim područjima mogu biti različite temperature mora kao i dostupnost hrane.

Indeks kondicije je posljedica dužinsko – masenog odnosa riba te je pod direktnim utjecajem starosti, spola, zrelosti gonada i punoće želuca (Barnham i Baxter 1998). Analizom promjena indeksa kondicije moguće je utvrditi određena fiziološka stanja riba. U ovom istraživanju vrijednosti su i za ženke i mužjake relativno niske, uglavnom manje od 1, s maksimumom od 1,2 u listopadu, nakon čega lagano opada. Blagi pad tijekom proljetnih mjeseci podudara se sa sezonom mriješćenja.

Ukupni godišnji odnos spolova bukve na području Koločepskog kanala iznosi je mužjaci:ženke = 0,85 : 1. Mužjaci su zastupljeni sa 46%, a ženke 54%. Najmanja spolno zrela ženka je zabilježena pri ukupnoj dužini od 13,3 cm, a mužjak pri 15,1 cm. U istraživanju na aleksandrijskoj obali (El – Agamy, 2004) zabilježeni su najmanji mužjaci pri duljinama od 12 cm, te ženke od 13 cm. Na Portugalskoj obali, spolna zrelost za mužjake i ženke se dostiže pri duljini od 15 cm (Monteiro i sur., 2006).

Temeljem analize GSI može se zaključiti da se bukva na području Koločepskog kanala mrijesti u razdoblju od veljače do svibnja. Najveće vrijednosti gonadosomatskog indeksa za mužjake i ženke zabilježene su u veljači; 5,9 za ženke i 4,2 za mužjake, nakon čega opadaju. Od lipnja do prosinca gonadosomatski indeks je manji od 1, s laganim porastom u jesen. U tom razdoblju ovariji i testisi su se nalazili na početku reproduktivnog ciklusa, odnosno u početnoj fazi razvoja. Uspoređujući sezonus mriješćenja bukve u Koločepskom kanalu s rezultatima istraživanja drugih autora dolazi se do sličnih rezultata. Sezona mriješćenja u istočnom Mediteranu, Sirija, je od veljače do travnja (Mouneimne, 1978) ili svibnja na Cipru (Livadas, 1989) i u Grčkoj (Vidalis, 1950). U središnjem i zapadnom Mediteranu, sezona mriješćenja počinje u veljači u Portugalu (Gordo, 1995) te u ožujku na francuskoj (Girardin, 1981), alžirsкоj (Dieuzeide, 1955) i tuniškoj obali (Dieuzeide, 1955) i traje do lipnja.

Analiza histoloških preparata je potvrdila razdoblje mriješćenja bukve utvrđenog prema analizi GSI-a na području Koločepskog kanala. Na histološkim preparatima je utvrđeno 7 razreda, prema Maceru (1974): gonade ženke u mirovanju u lipnju, srpnju, kolovozu i rujnu, rani razvoj u listopadu i studenom, dozrijevanje u prosincu, zrele gonade u siječnju, mriješćenje počinje u veljači, nastavlja se kroz ožujak, travanj i svibanj. U travnju i svibnju gonade su djelomično potrošene i dolazi do reorganizacije germinativnog tkiva. Gonade mužjaka su tijekom ljetnih mjeseci, na početku reproduktivnog ciklusa ispunjene spermatogonijama, tijekom jeseni raste broj spermatocita. U zimskim mjesecima sjemeni kanalići se ispunjavaju zrelim spermatozoidima. U veljači i ožujku dolazi do mriješćenja, te su u travnju i svibnju sjemenici napola ispraznjeni.

Tijekom mriješćenja bukve iz populacije Koločepskog kanala, broj proizvedenih jaja po ženki je bio u rasponu od 125 802 do 251 502. Vrijednosti fekunditeta populacije bukve s portugalske obale su varirale od 11 550 do 357 800 jaja po ženki (Gordo, 1996) Najveći zabilježeni fekunditet je iznosi 395 000 jaja u zapadnom Mediteranu pri duljini ženke od 32

cm (Bauchot, 1986). Uspoređujući s podatcima drugih autora, maksimalni fekunditet je u ovom istraživanju bio nešto niži, budući da u uzorcima nisu bile jedinke maksimalnih dužina koje su zabilježene za Jadran.

Ovim istraživanjem utvrđeno je da se bukva u južnom Jadranu mrijesti od veljače do svibnja pri čemu je gonadosomatski indeks najveći u veljači i opada prema svibnju.

Ovi rezultati detaljnije opisuju reproduktivni ciklus bukve u Jadranu, te mogu poslužiti boljem upravljanju populacijom ove vrste.

5. ZAKLJUČCI

1. U istraživanoj populaciji bukve na području Koločepskog kanala od prosinca 2011. do studenog 2012. godine, zastupljene su jedinke ukupne dužine tijela od 13,3 do 29,3 cm. Analiza dužinskog sastava ukazuje na najveću zastupljenost jedinki od 17,1 do 20 cm. Ženke prevladavaju u dužinskim razredima do 16 cm, mužjaci od 16 do 20 cm, a iznad 20 cm opet prevladavaju ženke.
2. Prema dobivenoj konstanti b ($b = 2,911$ za ukupni uzorak, $b = 2,884$ za ženke i $b = 2,962$ za mužjake) rast mužjaka, ženki te ukupne populacije je negativno alometrijski.
3. Ukupni godišnji odnos spolova bukve na području Koločepskog kanala iznosio je mužjaci : ženke = 0,85 : 1. Mužjaci su zastupljeni sa 46%, a ženke 54%.
4. Vrijednosti gonadosomatskog indeksa ženki u razdoblju od lipnja do prosinca su niske. U siječnju lagano raste te u veljači doseže maksimum od 5,9, nakon čega se smanjuje; u ožujku 4,6, travnju 3,9 i svibnju 1,3.

GSI mužjaka bukve je od lipnja do prosinca nizak, u siječnju raste na 1,3, u veljači doseže maksimum od 4,2. U ožujku GSI vrijednosti opadaju na 3,1, zatim 1,3 u travnju, te 0,8 u svibnju.

5. Analiza histoloških preparata jajnika pokazuje gonade u mirovanju od lipnja do rujna, rani razvoj u listopadu i studenom, početak vitelogeneze u prosincu, zrele gonade u siječnju, mriješćenje počinje u veljači do svibnja. U travnju i svibnju gonade su djelomično potrošene i dolazi do reorganizacije germinativnog tkiva. Kod mužjaka gonade su u ljetnim mjesecima ispunjene spermatogonijama, u jesen raste broj spermatocita. U zimskim mjesecima sjemeni kanalići se ispunjavaju zrelim spermatozoidima. U veljači i ožujku dolazi do mriješćenja, te su u travnju i svibnju sjemenici napola ispražnjeni.

Ovi rezultati prate rezultate gonadosomatskog indeksa te potvrđuju početak reproduktivnog ciklusa u lipnju i vrijeme mriješćenja od veljače do svibnja

6. LITERATURA

- Abdallah, M., 2002. Length – weight relationship of fishes caught by trawl off Alexandria, Egypt. Naga ICLARM Q. 25(1):19-20
- Alegria – Hernandez, V. 1989. Study on the age and growth of bogue (*Boops boops*, L.) from the Adriatic Sea. Cybium 13: 281-288.
- Anato, C.B. & Ktari M.H. 1983. Reproduction de Boops boops (Linne, 1758) et de *Sarpa salpa* (Linne, 1778). Poissons, Teleosteens, Sparides du Golf de Tunis. Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Oceanogr. Peche, Salammbo. 10:49-53.
- Barber, B. J., Blake, N. J. 2006. Reproductive physiology. In: S. E. Shumway G. J. Parsons, editors. Scallops: biology, ecology and aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science 35. New York: Elsevier Sciences. pp. 357–416.
- Barnham, C. & Baxter, A. 1998. Condition factor, K, for salmonid fish. Fisheries Notes, State of Victoria, 1-2.
- Bauchot, M.-L. & Hureau, J.C. 1986. Sparidae. P. 883-907. In P.J.P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen and E. Totonese (eds.) Fishes of the north-eastern Atlantic and Mediterranean. Vol 2. UNESCO, Paris.
- Borges, T.C., Olim, S. and Erzini, K. 2003. Weight – length relationship for fish species discarded in commercial fisheries of the Algrave (southern Portugal). J. Appl. Ichtyol. 19(6): 394-396.
- Diuzeide, R., Novella, M. Rolland, J. 1955. Catalogue de poissons des cote algeriennes. Bull. Stn. Aqui. Peche Gustiglione, n.s. 6:1-384.
- El-Agamy, A., Zaki. M.I., Awad, G.S., Negm, R.K. 2004. Reproductive biology of *Boops boops* (Family Spariade) in the Mediterranean environment. Egyptian journal of Aquatic Research. Vol. 30, (B), 2004:241-254.
- Girardin, M. 1981. *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1978) et *Boops boops* (Linneaus, 1978) (Pisces, Sparides) du Golfe du Lion. Biologie, pries commerciales et modèles de gestion. These 3. Cycle. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 295 pp.

- Gordo, LS. 1995. On the sexual maturity of the bogue (*Boops boops*) (Teleostei, Sparidae) from Portuguese coast. *Sci. Mar.*, 59(3-4): 279-286.
- Gordo, LS. 1996. On the fecundity of the bogue, *Boops boops* (L,1758) from Portuguese coast. *Journal of Applied Ichthyology – Zeitschrift fur Angewandte Ichthyologie*. 12(1):27-30.
- Jardas, I. 1996. Jadranska ihtiofauna. Školska knjiga, Zagreb, 268 pp.
- Laevastu, T. 1965. Manual of methods in fisheries biology. Section 4. Research of fish stocks. FAO Manual on Fishery Science 1 (9): 1-20.
- Livadas, R.J. 1989. The growth an maturity of the bogue (*Boops boops*, L.) Family Sparidae, in waters of Cyprus, F.A.O. Fish. Rep. (412): 52-58.
- Macer, CT. 1974. The reproductice biology of the horse mackerel *Trachurus trachurus* (L.) in the North Sea and English Channel. *Journal of Fish Biology* 5:415-438.
- Monteiro, P., Bentes, L., Coelho, R., Correia, C., Goncalves, J. M. S., Lino, P. G., Ribeiro, J. and Erzini, K. 2006. Age and growth, mortality, reproduction and relative yield per recruit of the bogue, *Boops boops* Linne, 1758 (Sparidae), from the Algrave (south of Portugal) longline fishery. *J. Appl. Ichthyol.* 22, 345-352.
- Mouneimne, N. 1978 Poisson des cotes du Liban. These, Universite Pierre et Marie Curie. Paris VI. 490 pp.
- Narodne novine 148/2010. Pravilniku o ribolovnim alatima i opremi za gospodarski ribolov na moru
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World (Fourth Edition). John Wiley & Sons, Inc. New York. 378 pp.
- Ricker, WE. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populatons. *Bullentin of Fishery Research Board Canada*. 191:382 pp.
- Vidalis, E. 1950. Contribution to the study of the study of the biology of the bogue (*Boops boops* Lin.) in Greek waters. *Prak. Hell. Hidrobiol. Inst.* 4(1):51-71.

Žarić, M. 2011. Biometrijske značajke populacije obične hobotnice (*Octopus vulgaris*, Cuvier, 1797) iz Koločepskog kanala. Sveučilište u Dubrovniku, Diplomski rad.

On-line izvori:

FAO <http://fao.org>

Fishbase <http://fishbase.org>

<http://peljar.cvs.hr/>