

UNIVERZITET U BEOGRADU

BIOLOŠKI FAKULTET

Stefan Skorić

**Populaciona dinamika, ishrana i
ekotoksikologija velikog kormorana
Phalacrocorax carbo (Linnaeus, 1758)
na Carskoj bari**

doktorska disertacija

Beograd, 2013.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF BIOLOGY

Stefan Skorić

**Population dynamics, diet, and
ecotoxicology of the Great Cormorant
Phalacrocorax carbo (Linnaeus, 1758) in
the Carska Bara marshland**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2013

MENTORI:

Dr Jasmina Krpo-Ćetković, docent,
Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Aleksandar Hegediš, docent,
Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu,
i viši naučni saradnik,
Institut za multidisciplinarna istraživanja
Univerziteta u Beogradu

ČLANOVI KOMISIJE ZA PREGLED, OCENU I ODBRANU:

Dr Jasmina Krpo-Ćetković, docent,
Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Aleksandar Hegediš, docent,
Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu,
i viši naučni saradnik,
Institut za multidisciplinarna istraživanja
Univerziteta u Beogradu

Dr Saša Marinković, naučni saradnik,
Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković"
Univerziteta u Beogradu

Dr Vesna Poleksić, redovni profesor,
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Zoran Gačić, viši naučni saradnik,
Institut za multidisciplinarna istraživanja
Univerziteta u Beogradu

Datum odbrane: _____

PREDGOVOR

Istraživanja sprovedena u realizaciji ove doktorske disertacije rađena su u okviru nacionalnih projekata osnovnih istraživanja OI173045 i tehnološkog razvoja TR37009, finansiranih od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Veliku zahvalnost dugujem svojim mentorima, dr Jasmini Krpo-Ćetković koja je svojim sugestijama i pedantnošću dala značajan doprinos uobličanju i izgledu ove teze i dr Aleksandru Hegedišu na bezrezervnoj podršci i nesebičnim savetima i sugestijama kako bi rad dobio na dodatnom kvalitetu. Takođe, zahvalnost dugujem dr Saši Marinkoviću koji me je uveo u naučno-istraživački rad i korisnim savetima doprineo konačnom izgledu doktorske disertacije. Veliko hvala dr Zoranu Gačiću za veliku pomoć u analizi podataka i interpretaciji rezultata, kao i velikom angažovanju u samoj izradi teze. Zahvalnost dugujem dr Vesni Poleksić i dr Božidaru Raškoviću na pomoći oko pripreme i analize uzoraka, a naročito tumačenju rezultata iz oblasti histopatoloških promena.

Neizmerno se zahvaljujem dr Mirjani Lenhardt na podršci i poverenju koje mi je pružila od prvog terena do poslednjeg dana pisanja ove doktorske disertacije. Zahvalnost dugujem i ostalim kolegama iz laboratorije: dr Željki Višnjić-Jeftić, dr Mariji Smederevać-Lalić, dr Ivanu Jariću, mr Gorčinu Cvijanoviću, dr Branislavu Mićkoviću i dr Miroslavu Nikčeviću na pozitivnoj energiji i pomoći kad god mi je bila potrebna. Posebnu zahvalnost dugujem nerazdvojnog prijatelju, kolegici i kumi, dr Vesni Đikanović na svesrdnoj pomoći u svim fazama realizacije ove teze. Takođe, zahvalnost dugujem i dr Miroslavu Nikoliću na pruženim savetima i pomoći u pripremi i analizi uzoraka na ICP-OES-u.

Zahvaljujem se Nenadu Raduloviću, direktoru Ribarskog gazdinstva „Ečka“ na poverenju i maksimalno pruženoj logistici pri terenskim istraživanjima, kao i ribočuvarima u Specijalnom rezervatu prirode „Carska bara“ Borivoju Ugrinovu i Gojku Gojsoviću.

Na kraju, neizmernu zahvalnost dugujem svojoj porodici, deci Jovani i Luki i supruzi Marijani, kao i roditeljima Veri i Branislavu na bezrezervnoj podršci, brizi i ljubavi. Bez vas ceo trud uložen u izradu ove doktorske disertacije ne bi imao pravi smisao i zbog toga vam još jednom HVALA.

Populaciona dinamika, ishrana i ekotoksikologija velikog kormorana *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758) na Carskoj bari

REZIME

Veliki kormoran *Phalacrocorax carbo* (L.) je najšire rasprostranjena vrsta iz roda kormorana i naseljava sve kontinente izuzev Južne Amerike i Antarktika. Politipska je vrsta u okviru koje se razlikuje pet podvrsta, a Evropu naseljavaju dve: *P. carbo carbo* – naseljava obalu severnog Atlantika, i *P. carbo sinensis* – naseljava centralnu i južnu Evropu. Brojnost ove vrste konstantno raste od 70-ih godina prošlog veka. Veliki kormoran se u potpunosti hrani ribom. Rast broja kormorana širom Evrope doveo je do nezadovoljstva uzgajivača ribe i ribara, što je pokrenulo mnogobrojna istraživanja ove vrste u mnogim evropskim zemljama.

U prošlosti, veliki kormoran se u Srbiji gnezdio u plavnim oblastima duž velikih reka (Obedska bara, Kovilj, Carska bara, Apatin...), ali je 60-ih i 70-ih godina prošlog veka, usled isušivanja močvara i meliorativnih radova, gotovo nestao kao gnezdarica. Sredinom 80-ih godina ponovo počinju da se formiraju kolonije velikog kormorana na području Vojvodine uz velike reke, i od tada je njegova brojnost u stalnom porastu. Početkom ovog veka počinju da se formiraju kolonije i južno od Save i Dunava.

Istraživanja u okviru ove disertacije sprovedena su na području Specijalnog rezervata prirode „Carska bara“, u periodu od 2007. do 2010. godine. Brojnost gnezdeće populacije praćena je prebrojavanjem (cenzusom) aktivnih gnezda, dok je van tog perioda brojnost praćena prebrojavanjem ptica na zajedničkom noćilištu. Gnezdeća populacija je bila najbrojnija 2007. godine, kada je sastojala od 410 do 440 parova, dok je najmanja brojnost zabeležena 2010. godine, kada se gnezdilo 250 do 270 parova. Van perioda gnežđenja najveća brojnost velikih kormorana zabeležena je tokom novembra 2008. i 2009. godine (po 1950 jedinki).

Ispitivanje ishrane velikih kormorana na području SRP „Carska bara“ vršeno je analizom gvalica i povraćenog želudačnog sadržaja. Ukupno je prikupljeno 587 gvalica, na osnovu kojih su identifikovani ostaci 2433 jedinke riba i 529 povraćenih riba. Registrovano je učešće 21 vrste riba u ishrani kormorana na ovom području, od čega 12

iz porodice Cyprinidae. Najznačajnije vrste riba u ishrani bile su babuška (*Carassius gibelio*) i šaran (*Cyprinus carpio*), kako u periodu gnežđenja tako i van njega. Prosečna dužina plena iznosila je 17,53 cm, a kretala se u opsegu od 6,30 cm do 43,50 cm, dok je prosečna težina iznosila 94,77 g i kretala se u opsegu od 1,45 g do 625 g. Vrednost dnevnog unosa hrane (masa riba po gvalici) tokom zimskog perioda od 2007. do 2010. godine iznosila je 412 ± 215 g, a tokom sezone gnežđenja 405 ± 181 g.

Procenjuje se da kormorani pričinjavaju značajne štete akvakulturi, ne samo direktnim konzumiranjem, već i povređivanjem gajene ribe pri neuspešnim napadima, što izaziva stres i promenu njihovog ponašanja. S obzirom da se na istraživanom području nalazi i najveći ribnjak u Srbiji (ribnjak Ečka), navedeni fenomen je takođe analiziran u okviru ovih istraživanja. Površina tela zahvaćena povredama (površinskim i subepitelijalnim) iznosila je prosečno oko 11% ukupne površine tela. Najčešće uočene histopatološke promene na mestima povreda bile su: broj i položaj pigmentnih ćelija u dermisu i enormno zadebljanje epidermalnog sloja (u više od 80% uzoraka), zatim poremećena struktura sloja epidermisa, povećan broj alarmnih ćelija i izmenjena morfologija pokrovnih ćelija (u više od 75% uzoraka), kao i mioliza (u oko 50% uzoraka).

Pored navedenih istraživanja, analizirane su i koncentracije 20 teških metala i mikroelemenata (Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Si, Se, Sr i Zn) u različitim tkivima kormorana (mišić, jetra, crevo, pero i kost), kao i u različitim tkivima (mišić, jetra, škrge, gonade i bubreg) njegovog dominantnog plena na ovom području - babuški i šaranu. Analiza je vršena metodom induktivno spregnute plazme – optičko emisione spektrometrije (ICP-OES). Analiza glavnih komponenti ukazuje da se jetra kormorana izdvaja po povećanim koncentracijama Hg, Fe, Cu i Mo, perje po visokim koncentracijama Al i Si, a kosti po visokim koncentracijama Sr i Mg. Razlike između tri starosne grupe kormorana zabeležene su samo u pogledu koncentracije elemenata u njihovim perima, dok nije bilo značajnijeg razdvajanja uzrasnih kategorija na osnovu koncentracije elemenata u preostala četiri tkiva. U poređenju sa plenom, kormorani se razlikuju po značajno višim koncentracijama Fe, Hg i Cu u mišićima. Toksična koncentracija žive iznad $4 \mu\text{g/g}$ suve mase registrovana je u jetri juvenilnih i jetri i perima subadultnih kormorana. Koncentracija žive bila je

značajno korelisana među svim analiziranim tkivima kormorana. Kormorani su imali i značajno više koncentracije Hg i Fe u mišićima i jetri u odnosu na svoj dominantni plen.

Rezultati dobijeni ovim istraživanjem doprineće boljem razumevanju navika u ishrani velikog kormorana kao i monitoringu njegovih populacija u Srbiji, a u skladu sa Evropskim planom za upravljanje populacijama kormorana (European Cormorant Management Plan, Rezolucija Evropskog parlamenta P6 TA(2008)0583).

Ključne reči: veliki kormoran, brojnost, ishrana, povrede na ribama, histopatološke promene, teški metali i mikroelementi, zagađenje, Carska bara

Naučna oblast: Ekologija

Uža naučna oblast: Ekologija ptica

UDK: [574.3:598.235.4]:[574.64:[546.47/.49+546.815]]-(043.3)

Population dynamics, diet, and ecotoxicology of the Great Cormorant
Phalacrocorax carbo (Linnaeus, 1758) in the Carska Bara marshland

ABSTRACT

The Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* (L.) is the most widely distributed species of cormorants, as it inhabits all continents with the exception of South America and Antarctica. It is a polytypic species with five subspecies. Europe is inhabited by two subspecies: nominate *P. carbo carbo* – which inhabits the North Atlantic coasts, and *P. carbo sinensis* – which inhabits Central and Southern Europe. The abundance of Great Cormorant populations is constantly increasing since 1970s. The Great Cormorant is a fish eating bird. The increase in the number of cormorants has resulted in dissatisfaction of fish farmers and fishermen, which in turn instigated numerous studies aimed at assessing their actual impact on fish in many European countries.

In the past, the Great Cormorant nested in floodplain areas along the large rivers in Serbia (Obedska Bara, Kovilj, Carska Bara, Apatin, etc.). However, in the 1960s and 1970s, due to drying of wetlands and melioration, it almost disappeared as a nesting species from this region. In the mid-1980s, Great Cormorants again began to form colonies in the province of Vojvodina along large rivers and, since then, the number of Great Cormorants in Serbia is constantly increasing. At the beginning of this century, Great Cormorants started to form colonies south of the Sava and the Danube rivers.

Research activities within this dissertation were conducted in the Special Nature Reserve "Carska Bara" during 2007-2010. The abundance of the breeding population was monitored by counting active nests (census). Outside of this period, the number was determined by counting birds at overnight roosting locations. The breeding population was the largest in 2007, when it numbered 410 to 440 pairs, and the lowest in 2010, when 250 to 270 pairs were nesting. Outside of the nesting period, the highest number of Great Cormorants was observed during November 2008 and 2009 (1950 specimens each).

Examination of the diet of Great Cormorants in the SRP "Carska Bara" was performed by analysis of pellets and regurgitated stomach contents. A total of 587

pellets were collected, in which remains of 2433 fish specimens were identified, as well as 529 regurgitated fish. Twenty-one fish species was registered in the diet of cormorants in the research area, with 12 species from the family Cyprinidae. The most important fish species in the Great Cormorants' diet are the Prussian carp (*Carassius gibelio*) and the common carp (*Cyprinus carpio*), both during the nesting and the wintering period. The average length of the prey was 17.53 cm, ranging from 6.30 cm to 43.50 cm, and the average weight was 94.77 g, ranging from 1.45 g to 625 g. The amount of food intake (weight of fish in pellets) during the winter season from 2007 to 2010 was 412 ± 215 g, while during the breeding season it was 405 ± 181 g.

It is estimated that cormorants cause considerable damage to fish in aquaculture, not only by direct consumption of fish, but also by injuring them during unsuccessful attacks, which causes stress and change of their behaviour. Considering that the largest fishpond in Serbia (fishpond Ečka) is located in the research area, this phenomenon was also included in the research. The body area affected by injuries (surface and subepithelial) represented about 11% on average of the total body area. The most commonly observed histopathological changes in injured areas were the number and position of pigmented cells in the dermis and the enormously thickened epidermal layer (in more than 80% of samples), disturbed epidermal structure, increased number of alarm cells, and altered morphology of overlaying cells (in more than 75% of samples), and miolysis (in about 50% of the samples).

The research also included the analysis of 20 heavy metals and trace elements (Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Si, Se, Sr, and Zn) in different tissues (muscle, liver, intestine, feather, and bone) of Great Cormorants and in different tissues (muscle, liver, gills, kidney and gonad) of their main prey (Prussian carp and common carp) within the research area. The analysis was performed by inductively-coupled plasma optical spectrometry (ICP-OES). A principal components analysis (PCA) indicated that the cormorant liver tissue was differentiated from the other four tissues by higher concentrations of Hg, Fe, Cu, and Mo, feathers by higher concentrations of Al and Si, and bones by higher concentrations of Sr and Mg. Differentiation among the three age classes of cormorants was observed only with regard to elemental concentrations in their feathers: subadult cormorants were differentiated by higher Hg and Zn concentrations, while the adults were differentiated

by higher concentrations of Fe. In comparison to their prey, cormorants were differentiated by higher concentrations of Fe, Hg, and Cu in the muscle. Toxic mercury concentrations above 4 µg/g dry weight were determined in the liver of juvenile cormorants, as well as in the liver and feathers of subadults. Hg concentrations were significantly correlated among all studied tissues of cormorants. Cormorants had significantly higher concentrations of Fe and Hg in muscle and liver than the two studied fish species.

The results obtained in this study will contribute to a better understanding of the dietary habits of the Great Cormorant, as well as to the monitoring of its populations in Serbia, in keeping with the European Cormorant Management Plan, European Parliament resolution P6 TA(2008)0583).

Key words: Great Cormorant, abundance, diet, injury to fish, histopathological changes, heavy metals and trace elements, pollution, Carska Bara

Scientific field: Ecology

Specific scientific field: Bird ecology

UDK: [574.3:598.235.4]:[574.64:[546.47/.49+546.815]]-(043.3)

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Objekat istraživanja.....	1
1.1.1. Biološke odlike i rasprostranjenost velikog kormorana <i>Phalacrocorax carbo</i> (Linnaeus, 1758).....	3
1.2. Ishrana velikog kormorana.....	10
1.3. Teški metali i njihov značaj u ekotoksikologiji ptica.....	11
1.4. Ciljevi rada.....	13
2. Materijal i metode	14
2.1. Područje istraživanja.....	14
2.1.1. Istorijat zaštite istraživanog područja.....	18
2.1.2. Karakteristike i kvalitet vode Tise i Begeja u Srbiji.....	19
2.1.3. Karakteristike zajednice riba reke Tise i Begej.....	31
2.2. Materijal i tehnike uzorkovanja.....	34
2.2.1. Analiza brojnosti velikog kormorana.....	35
2.2.2. Analiza ishrane velikog kormorana.....	37
2.2.3. Analiza povreda na ribama.....	39
2.2.4. Analiza teških metala.....	41
2.2.4.1. Sakupljanje i obrada materijala.....	41
2.2.4.2. Priprema uzoraka i analiza – metoda induktivno spregnute plazme – optičko emisione spektrometrije.....	42
2.3. Analiza podataka.....	44
3. Rezultati	47
3.1. Brojnost kormorana.....	47
3.2. Ishrana kormorana.....	52
3.2.1. Povrede na ribama koje uzrokuju veliki kormorani.....	67
3.2.1.1. Struktura povredene kože šarana.....	71
3.3. Koncentracije teških metala i mikroelemenata u tkivima velikog kormorana i njegovom dominantnom plenu.....	75

4. Diskusija	87
4.1. Brojnost i ishrana velikog kormorana	87
4.2. Povrede na ribama izazvane napadima velikog kormorana	92
4.3. Koncentracije teških metala i mikroelemenata u tkivima	97
4.3.1. Koncentracije teških metala i mikroelemenata u tkivima velikog kormorana	97
4.3.2. Uticaj starosti velikog kormorana na akumulaciju teških metala i mikroelemenata	99
4.3.3. Teški metali i mikroelementi u plenu velikog kormorana.....	100
4.3.4. Biomagnifikacija	101
5. Zaključci	102
6. Literatura	105
7. Prilozi	122
7.1. Prilog 1	122
7.2. Prilog 2	131

1. Uvod

1.1. Objekat istraživanja

Klasifikacija

Classis:	Aves
Subclassis:	Neornithes
Ordo:	Pelecaniformes
Familia:	Phalacrocoracidae
Genus:	<i>Phalacrocorax</i>
Species:	<i>Phalacrocorax carbo</i> (Linnaeus, 1758)

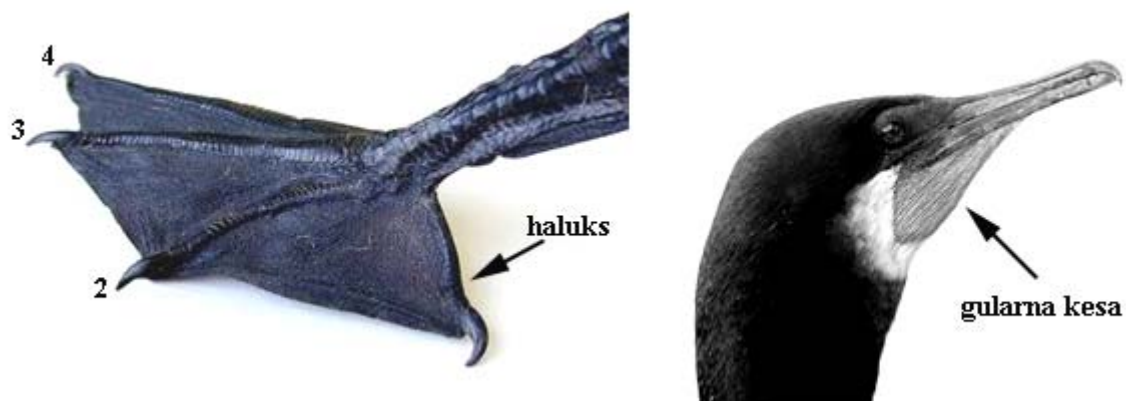
Red nesita (Pelecaniformes) uključuje pet porodica sa oko 66 vrsta. Predstavnici porodice Fregatidae žive samo u tropskom pojasu. Vrste iz porodice Anhingidae naseljavaju severnu i južnu poluloptu između 35° severne širine i 40° južne širine, dok su vrste iz preostale tri porodice (Pelecanidae, Phalacrocoracidae i Sulidae) rasprostranjeni znatno šire, na obe polulopte. U ovaj red spadaju ptice srednje veličine i krupne, koje naseljavaju i morske i slatkovodne ekosisteme. To su ptice prilagođene ronjenju, gnjuranju ili lovu na površini vode. Njihova jedinstvena odlika je da su im sva četiri prsta na nogama povezana plovnim kožicama. Za razliku od ostalih ptica sa plovnim kožicama, kod njih je haluks okrenut ka napred i povezan je plovnom kožicom za drugi prst. Kod svih nesita postoji jasno izražena gularna kesa (Slika 1). „Slane žlezde” se kod ovih ptica nalaze u orbitama. Njihova odlika je i odsustvo golog dela tela, bez perja, koji kod ostalih vodenih ptica omogućava bolje zagrevanje jaja pri njihovoj inkubaciji. Nesiti se obično gnezde u kolonijama (Kalezić & Tomović, 2007).

Familija kormorana (Phalacrocoracidae) broji oko 40 vrsta, tela srednje veličine do krupnih. Sve vrste, sem galapagoskog neletećeg kormorana *Nannopterum harrisi*, pripadaju rodu *Phalacrocorax*. Telo im je izduženo, vrat dosta dug, kljun kukasto savijen, a perje im nije u potpunosti vodootporno. Mužjaci su krupniji od ženki.

Krila su sa dugim unutrašnjim (stilopodium i zeugopodium) i kratkim vršnim delom. Sadrže 11 primarnih letnih pera (P8 i P9 su najduža) i 17 do 23 sekundarnih. Let



čine redovni kratki zamasi krilima. Rep im je dug, klinastog oblika i čini ga 12-14 pera. Kljun je jak, srednje dužine, bočno spljošten, sa kukom na vrhu.



Slika 1. Položaj prstiju na nogama kod reda Pelecaniformes (levo) (<http://www.biokids.umich.edu/critters/2185/Phalacrocoracidae/specimens/>) i izgled gularne kese kod kormorana (desno) (<http://www.birdsasart-blog.com/2010/01/12/exciting-start-and-a-head-angle-lesson/>).

Noge su postavljene sasvim pozadi tako da ptice kada stoje na kopnu ili drveću imaju uspravan položaj. Noge koriste prilikom plivanja pod vodom. Perje im je crno, često sa metalnim odsjajem. Delovi lica bez perja često su jarko obojeni. Polni dimorfizam nije izražen. Perje se u sezoni gnežđenja razlikuje od onog u drugom delu godine po povećanom broju finih belih dlakastih pera. Polno nezrele ptice se razlikuju od zrelih po svetlijem perju, a polnu zrelost dostižu između 3-4 godine. Od svih vrsta ove familije samo su kontinentalna podvrsta velikog kormorana *Phalacrocorax carbo sinensis* i kaspijske populacije malog kormorana *Ph. pygmeus* migratorne. Migracije su dnevne i mogu biti jako duge (čak i više od 2400 km) (Cramp & Simmons, 1977).

Riba je osnovna hrana predstavnika familije Phalacrocoracidae. To su kolonijalne gnezdarice kod kojih su parovi monogamni i obično traju samo tokom sezone gnežđenja. Često se gnezde u mešovitim kolonijama sa drugim vrstama sličnih ekoloških zahteva, kao što su čaplje. Gnezda prave na zemlji (otvorena ili u rupama), na liticama ili na drveću. Kolonije mogu biti velike i guste, a veličina je obično korelisana sa udaljenošću od oblasti u kojima se ptice hrane. Gnezda se koriste sukcesivno iz godine u godinu. Sagrađena su od vegetacije (ponekad samo od granja), grade ga oba roditelja, a doradjuju ga i u periodu inkubacije jaja i odgajanja mladunaca. Jaja su



izduženo ovalna, bledoplava ili zelena, prekrivena belim kredastim slojem. Imaju jedno leglo godišnje koje broji 2-4 (ređe 1-7) jaja. U slučaju gubitka jaja, polažu ih iznova. Jaja polažu u intervalu od 2 do 3 dana, a vreme inkubacije traje 27-31 dan. U inkubaciji jaja i odgajanju mladunaca učestvuju oba pola u približno jednakoj meri. Mladunci se hrane ribom koju roditelji povrate, a na taj način dobijaju i vodu. Oni su potpuno operjani i sposobni za poletanje do 70 dana, obično između 48-53 dana. Ipak, mladunci su do 3 meseca zavisni od roditelja što se tiče ishrane, a potom postaju nezavisni (Cramp & Simmons, 1977).

Vrste koje naseljavaju severnu hemisferu su uglavnom sa crnim ili tamnim perjem, dok su one sa južne crno-bele, a neke su čak i šarene. Najmanja vrsta kormorana je mali kormoran *Phalacrocorax pygmaeus* sa dužinom od oko 45 cm i težinom oko 340 g, a najveći je neleteći kormoran *Nannopterum harris*, i sa maksimalnom veličinom od 100 cm i težinom od 5 kg (Cramp & Simmons, 1977).

1.1.1. Biološke odlike i rasprostranjenost velikog kormorana *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758).

Veliki kormoran ili veliki vranac, *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758) (Slika 2), dugačak je od 80 do 100 cm, sa rasponom krila od 130 do 160 cm i težinom od 1800 do 2800 g (Cramp & Simmons, 1977). Velikog kormorana karakteriše tamno perje u svim uzrasnim klasama. Adulti u periodu gnežđenja imaju sjajno crno perje sa bronzanim odsjajem u donjem delu leđa, trtice i krila, a sa plavim u gornjem delu leđa i repu. Primetna je bela fleka na bedrima. Glava je crna sa više ili manje belog dlakastog perja na temenu, potiljku i vratu. Obrazi i podbradak su pokriveni belom golom kožom. Osnova kljuna je žuta ili narandžasta, a gularna kesa je crna sa zrnastim žutim tačkicama. Noge i stopala su crni. Van perioda gnežđenja perje gubi sjaj, a većina belog perja nestaje. Mladi su braon boje sa promenljivim odnosom belih površina na grudnoj i trbušnoj strani tela koja se smanjuje kako ptica stari. Polnu zrelost dostižu sa 3-5 godina života. Polovi su slični. Mužjaci su nešto krupniji od ženki i sa jačim kljunom.

Unutrašnja polovina krila (stilopodium i zeugopodium) relativno je duga i široka, dok je vršni deo kratak i špicast. Krila sadrže po 11 primarnih letnih pera, od



kojih su 8. i 9. najduža, dok rep čini 14 primarnih pera. Vrhovi primarnih letnih i repnih pera su kod adultnih jedinki zaobljeni, dok su kod mladih špicasti. Kljun je jak, sa oštrom kukom na vrhu, i strane su mu kod adultnih jedinki pokrivene rožnim krljuštima, dok je kod mladih gladak. Nozdrve su zatvorene i prisutne su samo u prvim danima života. Tarsus je kratak, a prsti dugi. Sva četiri prsta su usmerena unapred i povezana su plovnim kožicama.



Slika 2. Veliki kormoran na grani (levo) i u letu (desno) (foto: Predrag Kostin).

Veliki kormoran se gnezdi kolonijalno, na liticama stena, drveću (Slika 3, levo), tršćacima, a ponekad i na zemlji. Kolonije mogu brojati i nekoliko hiljada gnezda koja se ponekad međusobno i dodiruju. Gnezdo je izgrađeno obično od granja (Slika 3, desno), obloženo algama, trskom i finim materijalom. Prečnik gnezda može biti 75-100 cm. Polaganje jaja traje od marta do sredine aprila, u zavisnosti od oblasti gnežđenja. Leglo broji 3-4, a ređe 6 izduženih jaja, svetloplave ili zelenkaste boje. Inkubacija jaja traje 28-31 dan, a mladunci napuštaju gnezdo nakon 50 dana. Oba pola podjednako učestvuju u odgajanju mladunaca.





Slika 3. Kolonija (levo) i gnezdo (desno) velikog kormorana. (foto: Stefan Skorić).

Veliki kormoran je najšire rasprostranjena vrsta iz ovog roda i naseljava sve kontinente izuzev Južne Amerike i Antarktika (Slika 4). Politipska je vrsta i u okviru nje razlikuje se pet podvrsta i to: *carbo* – naseljava obalu severnog Atlantika; *sinensis* – centralnu i južnu Evropu, Aziju istočno do Japana i južno do Cejlona; *maroccanus* – obalu severo-zapadne Afrike; *lucidus* – obalu zapadne i južne Afrike i unutrašnjost istočne Afrike; i *novaehollandiae* – jug Nove Gvineje, Australiju, Novi Zeland i ostrvo Čatam (Cramp & Simmons, 1977).

U Evropi se gnezde dve podvrste velikog kormorana. „Atlantska” podvrsta *P. carbo carbo* se gnezdi uglavnom na liticama ostrva i isturenim morskim obalama severozapadne Francuske, Velike Britanije, Irske, Norveške i Islanda. „Kontinentalna” podvrsta *P. carbo sinensis* uglavnom se gnezdi na drveću ili na zemlji duž obala ili u blizini vodenih površina u unutrašnjosti kontinenta, Skandinavije, Baltičkog mora i duž severne i istočne obale Crnog mora.





Slika 4. Globalno rasprostranjenje velikog kormorana. Zelenom bojom označene su oblasti u kojima je veliki kormoran stanarica (prisutan tokom cele godine), žutom oblasti u kojima je prisutan tokom perioda gnežđenja i plavom – oblasti u kojima je prisutan ali se ne gnezdi (izvor: www.birdlife.com).

Brojnost populacija podvrste *P. c. carbo* raste od 70-ih godina XX veka, ali stopa populacionog rasta iznosi tek nekoliko procenata na godišnjem nivou i povećanje brojnosti nije konstantno u svim gnezdećim oblastima. Procena gnezdeće populacije ove podvrste u drugoj polovini 80-ih godina XX veka iznosila je oko 42.000 parova, uključujući Grenland i Island (Debout *et al.*, 1995), da bi po poslednjoj proceni brojnosti iz 2006. godine ona iznosila 57.109 parova (van Eerden *et al.*, 2011).

Kontinentalna podvrsta *P. c. sinensis* bila je izložena progonu od strane ljudi više od jednog veka i početkom 60-ih godina prošlog veka broj gnezdećih parova je iznosio svega između 3.500 i 4.300 u najznačajnijim gnezdilišnim oblastima poput Holandije, Nemačke, Švedske i Poljske (Bregnballe, 1996). Nakon tog perioda počela im se povećavati brojnost. U ovih pet zemalja, stopa rasta gnezdeće populacije u proseku je iznosila 11% godišnje tokom 1970-ih i 18% godišnje tokom 1980-ih godina, te je 1995 godine dostigla brojnost od 95.000 parova (van Eerden & Gregersen, 1995; Bregnballe, 1996). Ovaj brzi rast brojnosti populacija bio je očigledno rezultat kombinovanog efekta zaštite kolonija, zabrane ubijanja ptica, smanjenja korišćenja pesticida, kao i obilja plena u velikom broju slatkovodnih ekosistema. Iako se brojnost



populacija stabilizovala u nekim od glavnih gnezdećih oblasti u ranim 1990-im, nastavljeno je širenje areala ove podvrste u centralnoj Evropi i duž obale Baltičkog mora i na taj način se vrsta vratila u oblasti odakle je nestala pre čitavog veka i više (Lindell *et al.*, 1995). BirdLife International (2004) za period 2000-2002. godina procenjuje brojnost populacija podvrste *sinensis* na 169.000 (bez Rusije, Ukrajine i još nekoliko zemalja), da bi njihova brojnost porasla na 219.400 u 2006. godini (Bregballe *et al.*, 2011). Ovo povećanje od oko 50.000 parova za 5 godina uglavnom je vezano za porast od 43.000 parova u Baltičkom regionu (pretežno u Švedskoj i Poljskoj). Broj gnezdećih parova u centralnoj Evropi i centralnom i istočnom Mediteranu nije rastao tokom ovog petogodišnjeg perioda. U 2006. godini, najveći broj kolonija pronađen je u zemljama oko Baltičkog mora (ukupno 517 kolonija) sa ukupno 165.650 gnezdećih parova. U zapadnoj i centralnoj Evropi najznačajnija gnezdilišta nalaze se u Holandiji (23.500 parova), Francuskoj (6.050), Mađarskoj (3.200), Italiji (2.150), Hrvatskoj (2.150) i Belgiji (1.650). Najznačajnija gnezdilišta oko Sredozemnog mora su u Crnoj Gori (2.000 parova) i Grčkoj (više od 4.600). Delta Dunava i severna obala Crnog mora (sa Azovskim morem) predstavlja veoma značajnu oblast gnežđenja velikih kormorana. Iako se ne zna tačna brojnost gnezdeće populacije u ovoj oblasti, procenjuje se da ima oko 120.750 parova. U ovoj oblasti se nalazi i najveća evropska kolonija sa oko 14.200 parova.

S druge strane, glavna zimujuća područja velikog kormorana u Evropi vezana su za južne oblasti – Francuska, Španija, Italija i Grčka, dok određen broj jedinki zimuje i u severnoj Africi (oko 20.000). To je u suprotnosti sa njihovom distribucijom tokom sezone gnežđenja, s obzirom da se najveća gnezdilišta nalaze u zemljama oko Severnog, Baltičkog i Crnog mora. Procene brojnosti zimujuće populacije kormorana u severo-zapadnoj i centralnoj Evropi bile su dosta raznolike i kretale su se za 1995. godinu od 440.000 po Marion-u (1997) i 700.000 po Veldkampu (1996). Trolliet (1999) u svojoj proceni dolazi do brojke od 805.000 do 1.150.000 jedinki kormorana koje prezimljavaju u celoj Evropi (uključujući Rusiju i Island), do koje dolazi multiplikacijom broja gnezdećih parova sa faktorom 3,5-5. Ipak, brojnost zimujuće populacije po poslednjem popisu iz januara 2003. godine iznosila je 548.596 jedinki (van Eerden *et al.*, 2011). Od toga 396.423 jedinki zimu provodi u severo-zapadnoj Evropi i severnoj Africi (Francuska – 89.261, Španija – 75.000, Italija – 55.000), a 152.173 u centralnoj i



istočnoj Evropi (Grčka – 23.500, Nemačka – 38.000, Poljska – 15.000, Bugarska – 14.000).

U Srbiji se veliki kormoran u prošlosti gnezdio po većim barama i ritovima u Vojvodini. Matvejev (1950) navodi da se u prvoj polovini XX veka (pre 1946. godine) gnezdio u Pančevačkom ritu i na Obedskoj bari, a da se sredinom veka još uvek održalo gnežđenje u ritovima oko Apatina. Veliki meliorativni i uređivački radovi u slivovima velikih reka usloveli su u drugoj polovini XX veka u Panonskoj niziji nagle ekološke promene i gubitak močvarnih staništa. U tadašnjoj SFR Jugoslaviji bilo je zaštićeno od poplava 3.600.000 ha zemljišta, a npr., samo u slivnom području Save u Slavoniji poplavne površine su vrlo brzo svedene sa 780.000 ha na 180.000 ha (Puzović, 1999). Slični procesi odvijali su se i u Vojvodini, što je dovelo do propadanja svih dotadašnjih kolonija velikog kormorana. Tako su redom nestajale kolonije na Carskoj bari (1957. godine zabeleženo je gnežđenje jednog para) (Popović, 1960), kod Apatina i Bačkog Monoštora (pre 1958. godine) (Szlivka, 1959), dok se kolonija u Koviljskom ritu najduže održala, do 1963. godine, ali je već 1967. je zabeleženo gnežđenje samo jednog para (Šoti, 1973). Za period 1960-1975. godina Ham (1979) velikog kormorana svrstava u grupu gnezdarica koje nestaju usled sužavanja staništa i nestajanja potrebnih ekoloških uslova za opstanak, a tokom sedamdesetih godina bio je jedna od najugroženijih vrsta u Vojvodini (Garovnikov & Ham, 1981).

Sredinom 80-ih godina XX veka ponovo počinju da se formiraju kolonije kormorana na području Vojvodine uz velike reke, i to prvo u Gradskoj šumi (Pančevo) (Ham, 1989), a uporedo sa njom i na Carskoj bari. Zatim je 1989. godine formirana kolonija na Šašičevoj adi, a oko 1995. godine i na Smederevskoj adi. Procenjena veličina gnezdilišne populacije u Srbiji 1998. godine iznosila je između 700 i 760 parova (Puzović *et al.*, 1999, Puzović, 2001). Početkom ovog veka počinju da se formiraju kolonije i južno od Vojvodine, na Vlasinskom jezeru (Simonov & Popović, 2001) i na Drini (Sekulić *et al.*, 2009). Trend povećanja brojnosti gnezdeće populacije velikih kormorana prisutan je i dalje u Srbiji, na šta ukazuju skorašnji podaci. Sada se veliki kormoran gnezdi u 16 kolonija u broju od 1.874 do 1.984 parova (Šćiban *et al.*, 2012).

Tokom zimskih meseci broj kormorana u Srbiji se povećava usled priliva jedinki sa severa Evrope, što pokazuje nalazi prstenovanih ptica. Procenjeno je da je na našim



vodama tokom 1998. godine zimovalo između 5.000 i 8.000 jedinki (uglavnom na Dunavu) (Puzović *et al.*, 1999), dok se 2003. godine ta brojnost kreće oko 9.300 (Van Erden *et al.*, 2011). Najnovija istraživanja pokazuju da je brojnost kormorana tokom zimskih meseci u Srbiji oko 13.000 (Šćiban *et al.*, 2011).

Na području Carske bare veliki kormoran se u prošlosti gnezdio do 1957. godine, kada je zabeleženo samo jedno gnezdo sa tri mladunca (Popović, 1960). Netrpeljivost čoveka prema ovoj vrsti i u to vreme je bila prisutna, a u periodu od 1948. do 1951. godine, na ovom području ubijeno je oko 35 jedinki (Pekić, 1958). Sredinom osamdesetih godina XX veka veliki kormoran ponovo počinje da se gnezdi na Carskoj bari (Ham, 1989), a kolonija je bila najbrojnija 1996. godine kada je brojala između 470 i 500 parova (Lukač & Ternovac, 1997). U narednim godinama kolonija se smanjivala, pa je tako 1998. brojala 100-110 parova (Puzović *et al.*, 1999). Po poslednjem popisu kolonija velikog kormorana u Srbiji iz 2012. godine, kolonija na Carskoj bari broji 150-165 parova (Šćiban *et al.*, 2012).

Veliki kormoran je prema IUCN Crvenoj listi ugroženih vrsta uvršćen u kategoriju najmanje brige (LC – Least Concern) (<http://www.iucnredlist.org>) sa rastućim trendom populacije (BirdLife International, 2004). Evropskom Direktivom o očuvanju divljih ptica iz 1979. godine, kontinentalna podvrsta velikog kormorana *sinensis* uvršćena je u Annex I (79/409/EEC), među vrste pod posebnim merama zaštite u svim oblastima njenog rasprostranjenja. U februaru 1996. godine Evropski parlament je na bazi naučnih činjenica, a usled naglog porasta brojnosti kormorana, doneo odluku o skidanju ove vrste sa liste Annexa I Direktive. U „novoj” Direktivi o pticama iz 2009. (2009/147/EC) koja je nasledila Direktivu iz 1979. godine, veliki kormoran se ne nalazi među vrstama pod posebnim merama zaštite (Annex I). U mnogim zemljama EU (Austrija, Nemačka, Francuska, Velika Britanija, Irska i dr.), od sredine devedesetih godina prošlog veka, kada je kulminiralo nezadovoljstvo ribara, pecaroša i proizvođača ribe usled šteta koje su pričinjavali kormorani, primenjuje se mogućnost odstrela jedinki na osnovu Člana 9. Direktive o pticama koja pruža tu mogućnost u slučajevima:

- da se spreče štete ribarstvu,
- da bi se zaštitila izvorna flora i fauna.



U nekim zemljama, poput Švajcarske i Estonije, kormoran je lovna vrsta, dok u drugim nije zakonom zaštićen, sem u zaštićenim prirodnim područjima (Rumunija) (Carss & Marzano, 2005; FAO, 2008).

U Srbiji je veliki kormoran bio zaštićen Uredbom o zaštiti prirodnih retkosti iz 1993. godine kao prirodna retkost na teritoriji Republike Srbije, izuzev na području Vojvodine („Službeni glasnik RS“, broj 50/93 i 93/93). Pravilnikom o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva iz 2010. godine, izmenjen je status ove vrste u našoj zemlji, pa je iz kategorije strogo zaštićenih svrstana u zaštićene vrste.

1.2. Ishrana velikog kormorana

Veliki kormoran se u potpunosti hrani ribom. Svoj plen lovi roneći. Noge koristeći za kretanje pod vodom, dok su krila priljubljena uz telo. Retko ostaje dugo pod vodom (15 do 60 sekundi) i obično ne ide u duboku vodu (3 do 9 m, prosečno 1 do 3 m dubine). Plen, naročito krupniji, iznosi na površinu gde ga guta u celini od glave ka repu. Obično love pojedinačno ili u manjim grupama, a mogu da prelaze i do 50 km do hranidbenih oblasti.

Dnevna količina hrane koju veliki kormoran pojede kreće se između 425-700 grama, odnosno u proseku od 15 do 17 % svoje telesne težine (Van Doben, 1952; Cramp & Simmons, 1971). Nagli rast broja kormorana širom Evrope doveo je do nezadovoljstva uzgajivača ribe i ribara usled gubitaka koje su im ptice pričinjavale. To je dovelo do sprovođenja mnogobrojnih istraživanja u mnogim evropskim zemljama u poslednjih 20-ak godina, s ciljem utvrđivanja dnevnog unosa hrane, sastava i veličine plena i dr. (Grémillet *et al.*, 2003; Grémillet & Wilson, 1999; Keller & Wisser, 1999; Keller, 1995; Sutter, 1997; Veldkamp, 1995; Santoul *et al.*, 2004; Liordios & Goutner, 2007a; Liordios & Goutner, 2007b; Gwiazda, 2004; Govedič *et al.*, 2002; Leopold *et al.*, 1998; Engstrom, 2001; Opačak *et al.*, 2004; Židelis & Kontautas, 2008; LeLouarn, 2003).

Opsežnija istraživanja ishrane velikih kormorana u Srbiji nisu vršena. Jedini podaci o ishrani kormorana i drugih ihtiofagnih vrsta ptica kod nas odnose se na štete



koje one nanose proizvodnji ribe na ribnjacima (Ćirković i sar., 2000). Takođe, i u bivšoj SFR Jugoslaviji podaci o ishrani kormorana uglavnom su vezani za ribnjake (Đorđević i Mikuška, 1986; Mikuška, 1986), dok se jedini podaci o ishrani kormorana van ribnjaka odnose na ishranu tokom sezone gnežđenja u koloniji u Kopačkom ritu (Mikuška, 1983).

Procenjuje se da kormorani pričinjavaju značajne štete akvakulturi ne samo direktnim konzumiranjem, već i povređivanjem gajene ribe pri neuspešnim napadima što izaziva stres i promenu njihovog ponašanja (Davies *et al.*, 1995; Grémillet *et al.*, 2006).

Kormorani najčešće povređuju ribu tokom grupnih lovova kada često ne odabiraju pravu veličinu plena, već napadaju i znatno krupniju ribu koju ne mogu savladati i progutati. Gornjom, kukasto zakrivljenom polovinom kljuna kormorani su u stanju da probodu kožu riba, dok donja polovina kljuna pričinjava samo površinske rane (Kortran *et al.*, 2008). Rane mogu predstavljati ulaznu tačku za bakterije, viruse, ektoparazite i gljivične infekcije s obzirom da koža predstavlja prvu barijeru protiv mikroorganizama. Infekcija se može širiti spolja po neoštećenoj koži, ali može prodrati i u dubinu muskulature (Carss, 1990; Madetoja *et al.*, 2000). Pored povećanja osetljivosti na bolesti, ribama sa povredama smanjena je i komercijalna vrednost ili su čak potpuno neupotrebljive u te svrhe (Davies *et al.*, 1995; Marquiss & Carss, 1994; Adamek *et al.*, 2007).

1.3 Teški metali i njihov značaj u ekotoksikologiji ptica

Značajan porast emisije toksičnih materija od strane čoveka rezultirao je brzim ugrađivanjem određenih zagađujućih materija u lance ishrane i njihovom biomagnifikacijom (Misztal-Szkudlinska *et al.*, 2011). Teški metali ulaze u lance ishrane preko prirodnih ili antropogenih izvora (Qadir and Malik, 2009). Teški metali su stalno prisutni nebiorazgradivi elementi sa dugim biološkim poluživotom (Burger *et al.*, 2007). Oni se akumuliraju u različitim tkivima i organima, sa majke se prenose na jaja i mladunce. Toksične koncentracije teških metala izazivaju teratogene, mutagene i karcinogene efekte u živim organizmima (Eisler, 2000), uključujući i ptice. Neki teški metali poput gvožđa (Fe), bakra (Cu), hroma (Cr) i cinka (Zn) su esencijalni za



metaboličke aktivnosti, ali postaju toksični u višim koncentracijama, dok Pb i Cd nemaju dokumentovanu ulogu u organizmima (Malik and Zeb, 2009). Bakar (Cu) na primer, ima značajnu ulogu u funkcionisanju proteina, ali povećane koncentracije izazivaju oštećenje bubrega i nemogućnost reprodukcije (Carpenter *et al.*, 2004). Iako cink (Zn) ima bitnu ulogu kao kofaktor preko 300 enzimskih sistema (ATSDR 2005), kao i ulogu u formiranju pera, povećane koncentracije dovode do sličnih simptoma kao i povećane koncentracije bakra. Mangan (Mn) je deo mnogih enzimskih sistema i pored drugih funkcija povezan je sa formiranjem kostiju (ATSDR 2008), ali u visokim koncentracijama dovodi do redukovano rasta, smanjenja sinteze hemoglobina, anemije (Burger *et al.*, 2007). Nikl (Ni) je važan u procesu pigmentacije pera kod ptica, a eliminiše se tokom mitarenja (Honda *et al.*, 1986). Olovo (Pb) dovodi do redukcije rasta organa, poremećaja termoregulacije i kretanja, i pogađa razvoj mozga i nervnog sistema (Burger and Gochfeld, 2000). Akumulacija kadmijuma (Cd) dovodi do retardacije u rastu, anemije, smanjenja produkcije jaja, stanjivanju ljuske jajeta, oštećenja bubrega itd. (Furness & Greenwood, 1993). Hrom (Cr) kod patke gluvare (*Anas platyrhynchos*) utiče na razvoj embriona i izleganje jaja (Kertesz & Fancsi, 2003).

Brojne studije su sprovedene radi ispitivanja akumulacije teških metala u različitim organima (Deng *et al.*, 2007), perju (Kim & Koo 2007; Malik & Zeb, 2009), jajima (Burger & Gochfeld, 2004), krvi (Scheifler *et al.*, 2006) i uzorcima plena (Kim & Koo 2007) različitih vrsta ptica.

Kolonijalne ptice močvarice (čaplje, ibisi, pelikani, kormorani) se često koriste kao indikatori stanja staništa. Razne studije ukazuju da čaplje i druge močvarice mogu biti korišćene kao indikatori kontaminacije vodenih ekosistema metalima i lokalnog zagađenja u okolini njihovih gnezdišta (Kim & Koo, 2007; Malik & Zeb, 2009; Hashmi *et al.*, 2013). Veliki kormoran, kao piscivorni predator na vrhu lanca ishrane, može da akumulira visoke nivoe kontaminenata (Goutner *et al.*, 2011). To ga čini korisnim bioindikatom zagađenja vodenih staništa, naročito zbog njegovog širokog rasprostranjenja i dugovečnosti (Nam *et al.*, 2005; Horai *et al.*, 2007).

Reke u Vojvodini, kao i u Srbiji uopšte, izložene su zagađenju kroz konstantan priliv komunalnih otpadnih voda (više od 90% komunalnih otpadnih voda u Srbiji ne prolazi kroz bilo kakav tretman prečišćavanja pre ispuštanja u recipijent), kao i akcidentalnim zagađenjima (Macklin *et al.*, 2003; Sakan *et al.*, 2007; Teodorović,



2009). Jedno od velikih zagađenja dogodilo se 2000. godine, na Tisi, kada kada je velika količina toksičnih supstanci (Pb, Hg, Cd, Cu, Zn i cijanida) ispuštena iz rudnika zlata u Rumuniji (Macklin *et al.*, 2003). Međutim, akumulacija polutanata u okviru lanaca ishrane na ovom regionu i njihovom potencijalnom uticaju na ptičji svet nije istraživano.

1.4. Ciljevi

- Utvrđivanje veličine gnezdeće populacije i uspeh gnežđenja velikih kormorana na području Specijalnog rezervata prirode „Carska bara“.
- Praćenje promene brojnosti velikih kormorana tokom jesenjih i zimskih meseci na istraživanom području.
- Analiza ishrane velikih kormorana tokom i van sezone gnežđenja.
- Utvrđivanje obima povreda koje veliki kormorani nanose ribama prilikom neuspešnih napada, kao i intenzitet i tip histoloških promena koje nastaju na mestima oštećenja kože riba.
- Utvrđivanje nivoa akumulacije teških metala i mikroelemenata u dominantnom plenu velikih kormorana na ispitivanom području, šaranu i babuški.
- Utvrđivanje nivoa akumulacije teških metala i mikroelemenata u različitim tkivima i organima velikih kormorana na istraživanom području.
- Utvrđivanje razlika u akumulaciji teških metala i mikroelemenata u različitim starosnim kategorijama velikih kormorana (juvenilnim, subadultnim i adultnim).
- Biomagnifikacija teških metala i mikroelemenata kroz lanac ishrane.



2. MATERIJAL I METODE

2.1 Područje istraživanja

Analiza ekoloških odlika velikog kormorana urađena je na području Specijalnog rezervata prirode „Carska bara”. Kormorani imaju veliki areal aktivnosti, pa je u ovom poglavlju prikazan opis šireg područja Carske bare. Pre svega, to se odnosi na jezera Ribarskog gazdinstva „Ečka”, koja predstavljaju najveće vodene površine na ovom području i od posebnog su značaja za ptice močvarice.

Specijalni rezervat prirode „Carska bara“ nalazi se na aluvijalnoj ravni između reke Tise i kanala Begej, na teritoriji opštine Zrenjanin, jugozapadno od naselja Ečka, Stajićevo i Lukino selo, severno i istočno od Belog Blata i severno od naselja Perlez, a sa severne i južne strane opasuje Ečanska jezera. Ima oblik latiničnog oblika slova S, blago izvijenog u pravcu jugozapad-severoistok. To je tipičan nizijski predeo sa nadmorskom visinom od 73-78 m. Rezervat obuhvata ostatak nekadašnjeg plavnog područja duž donjeg toka reke Begej sa očuvanim i raznovrsnim orografskim i hidrografskim ritskim oblicima i pojavama. Predstavlja mozaični kompleks barsko-močvarnih, šumskih, livadskih, stepskih i slatinskih ekosistema sa raznovrsnim i bogatim živim svetom i staništima mnogih endemskih, subendemskih, reliktnih vrsta panonskog prostora (Đureković-Tešić *et al.*, 2008).

Prostor u samom međurečju Tise i Begeja predstavlja jedan od najočuvanijih banatskih ostataka poplavnih područja ove dve reke. Najznačajniji vodotok koji je uticao na razvoj reljefa i hidroloških oblika u rezervatu jeste Tisa. Na ušću nekadašnjeg toka reke Begej u Tisu, očuvane su karakteristike prirodnih vrednosti i fenomena iz prošlosti. Pre regulacije Tise u XIX veku, prostor današnjeg rezervata predstavljao je jedno veliko vodeno ogledalo. Tisa se slobodno razlivala u svojoj aluvijalnoj ravni stvarajući mnoge meandre, jezera, bare i druge hidrološke oblike. Regulacijom je odsečeno 136 meandara (od toga 23 na teritoriji Srbije), a tok je skraćen za 453 km ili 31,9% (Gavrilović & Dukić, 2002).

Nakon regulacije Tise, plavno područje je ograničeno na reku Begej i još tada su u depresijama formirane Carska bara, Fidrička – Mali rit, kao i Ečanska jezera.



Podizanjem odbrambenog nasipa uz Begej početkom XX veka, kao i raznih hidrotehničkih objekata zbog plovidbe i odvodnjavanja, na području se uspostavlja u određenoj meri regulisani vodni režim. Posle toga, sve do 1971. godine većeg uticaja čoveka na ovom prostoru nije bilo. Primarni faktor koji je dovodio do promena u izgledu predela bili su vodostaji Begeja i Tise (Ham, 1975).

Plavno područje Donjeg Begeja u okolini sela Perlez obuhvata površine male nadmorske visine (72-74 m), uglavnom pod močvarama, barama, livadama i vrbacima s obe strane Begeja. Ovo područje bilo je plavljeno skoro svake godine u vreme visokih vodostaja sve do 1973. godine. Počinjalo je od ušća Begeja u Tisu kod Titela i, u vidu uzanog pojasa između levog i desnog odbrambenog nasipa, protezalo se do Perleza, a zatim se širilo u tzv. perleski rit, dopirući na istok do odseka Zrenjaninske lesne terase, a zatim se, prateći je prema severu i severoistoku, završavalo kod nekadašnje ustave i prevodnice u Ečki (izgrađena 1902.). Na zapadu i severu od ostalog, takođe niskog područja (aluvijalne ravni Tise i Begeja), bilo je odvojeno odbrambenim nasipom. Površina koja je za vreme visokih vodostaja bila plavljena iznosila je oko 1600 ha i sa vodenim površinama u branjenom delu (oko 2000 ha), koje su uglavnom pripadale ribnjaku Ečka, činile su jedan jedinstven kompleks vodenih staništa (Ham, 1975). Pri vodostaju Tise kod Titela od 340 cm, ustava i prevodnica na ušću Begeja bi se isključivala i celo područje bi se plavilo. Tada su nepotopljene bile samo uske zone poput obala Begeja, grede i ostali uzvišeni delovi područja. Pri višim vodostajima od oko 550 cm, potapane su i obale Begeja i celo područje je imalo izgled jezera prošaranog vrbacima. Za vreme niskih vodostaja (ispod 340 cm) na Begeju se održavao stalan vodostaj (kota nivoa 73,20 m). Vode sa okolnih nižih površina oticala bi u Tisu. Rezervat je dobio današnji izgled nakon prokopavanja kanala Begej 1971. godine i izgradnje nasipa u cilju isušivanja prostora oko naselja Belo Blato, Ečka i Lukino selo. U sklopu projekta izgradnje Hidrosistema DTD došlo je do pregrađivanja dotadašnjeg toka Begeja kod 15. km i do isključenja iz dalje upotrebe prevodnice „Titel“ na ušću Begeja u Tisu. Pored novoprokopanog kanala Begej podignut je odbrambeni nasip koji je odvojio najveći deo područja duž 10 km dotadašnjeg toka Begeja od vodotokova Begeja i Tise. Čitav niz hidrotehničkih radova na izgradnji kanala Begej (izgradnja nove ustave i prevodnice „Stajicevo“ i izgradnje nasipa) izazvale su značajne promene uz desnu stranu kanala. Tiganjica, Zagnjenica i Perleska bara (najveće bare uz levu obalu

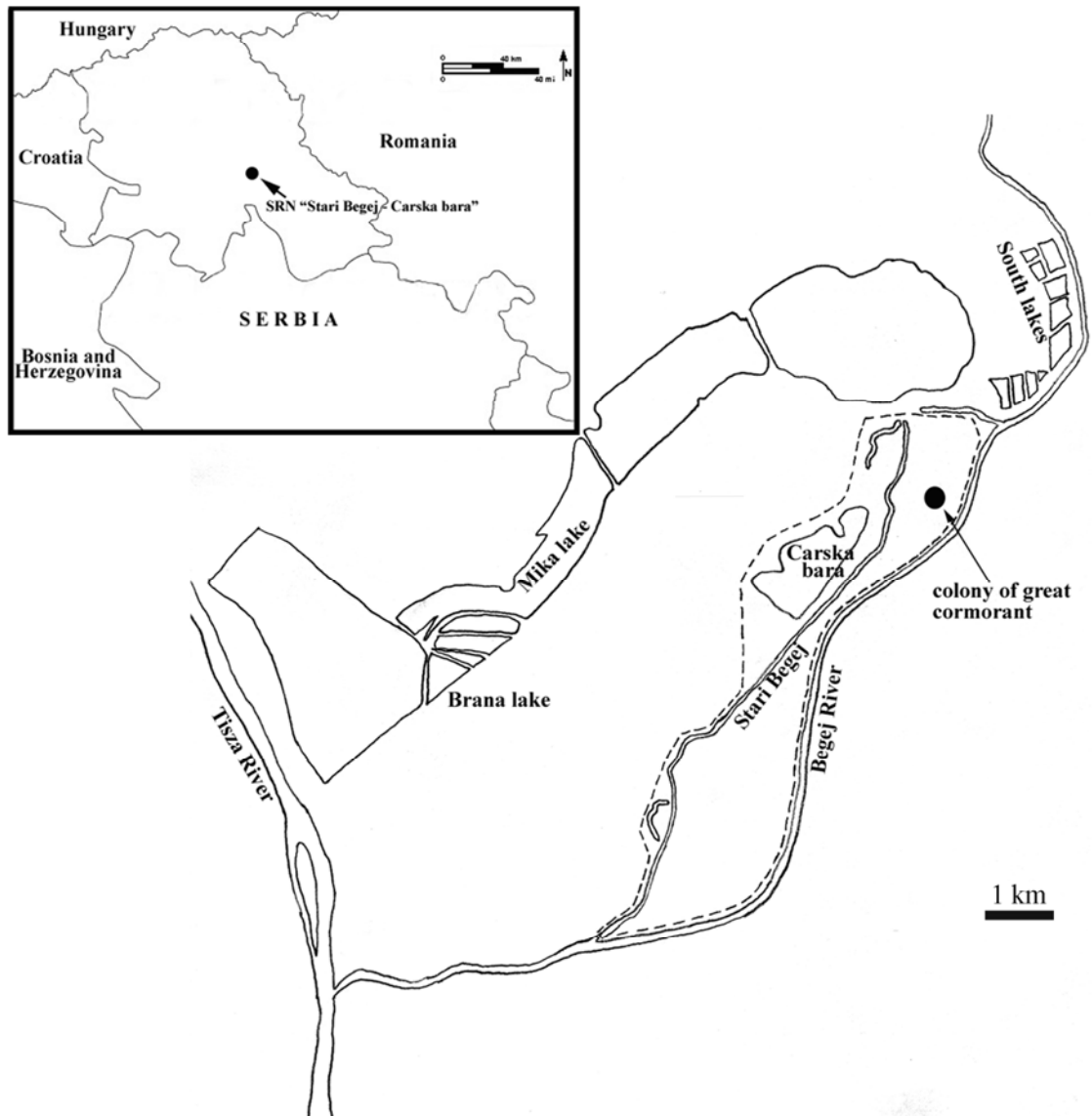


nekadašnjeg toka Begeja) zasute su velikim količinama materijala, što je dovelo do oplićavanja i smanjenja vodenih površina, i za kratko vreme (2 do 3 godine) na mnogim mestima čitavi kompleksi obrasli su mladicama vrba, a vodena ogledala močvarnim makrofitama. U novonastaloj situaciji vodostaj na Begeju od ustave Stajjićevo do ušća u Tisu zavisio je od vodostaja Tise, dok je uzvodno od ustave regulisan. Nivo vodostaja u delu iznad ustave drži se uglavnom oko kote 74,50 m što odgovara prilikama poplavljenosti pre regulacije (Ham, 1975)

Najveće vodene površine u međurečju Tise i Begeja predstavljaju jezera Ribarskog gazdinstva „Ečka“ ukupne površine oko 2.200 ha (Slika 5). Postoje istorijski podaci da se od XVI veka vršilo ribarenje na „beloj močvari“ kako se tada zvalo sadašnje Belo jezero. Krajem XIX veka, tačnije, 1894. godine, na ovom području vršila se masovna koncentracija i izlov ribe, pa se to smatra početkom organizovane proizvodnje i savremenog ribarstva u regionu. Godine 1898. počinje regulacija navodnjavanja i odvodnjavanja i izgradnja propusta. Do 1910. godine izgrađeni su i funkcionišu ribnjaci Belo jezero, Severna jezera 1-4, Južna jezera 1-5, Turka, Relja i Šovajka. Od 1937. do 1939. godine uvode se u proizvodnju tovilišta Joca, Koča i Mika, kao i 38 zimovnika. Potpuna rekonstrukcija ribnjaka sa izgradnjom novih vodopropusnih objekata za pražnjenje i punjenje jezera kao i putne mreže i zimovnika izvršena je 1960. godine (Bojčić & Bunjevac, 1982). Danas se riba uzgaja na oko 40-ak jezera ukupne površine oko 1700 ha sa tendencijom proširenja. Najveće jezero je Belo jezero, površine 540 ha i srednje dubine vode 1,33 m. Jezero Koča je površine 344 ha i srednje dubine 1,16 m. Mika jezero je površine 340 ha i srednje dubine 1,17 m, dok je jezero Joca površine 535 ha i prosečne dubine 0,79 m. Sva ostala jezera su manja od 100 ha.

Proizvodnja ribe je varirala s obzirom da su površine ribnjaka na kojima se riba gajila bile neujednačene tokom razvoja ribnjaka. Tako je 1912. godine izlovljeno 140 tona, 1946. godine 575 tona (Bojčić & Bunjevac, 1982), da bi savremena proizvodnja iznosila oko 3.000 tona sa projektovanim kapacitetom do 6.000 tona ribe (www.ribnjakecka.com).





Slika 5. Mapa istraživanog područja.



2.1.1 Istorijat zaštite istraživanog područja

Zaštita prirodnih vrednosti ovog područja započeta je još 1955. godine stavljanjem pod zaštitu „Vojtine Mlake“ zbog svojih izuzetnih prirodnih lepota. Nakon toga je zaštita proširena na Regionalni park „Stari Begej“ i Strogi prirodni rezervat „Carska bara“ 1986. godine (PZZP, 2010). Zbog svojih izuzetnih prirodnih odlika ovaj prostor je objedinjen i stavljen pod zaštitu 1994. godine Uredbom Vlade Republike Srbije (Sl. glasnik RS, br. 56/94, 86/04) kao Specijalni rezervat prirode od izuzetnog značaja za Republiku Srbiju – I kategorije. Rezervat obuhvata 1.676 ha, a zaštitna zona se pruža na 7.532 ha. Zahvaljujući specifičnim uslovima staništa, ovde su prisutna vodena, močvarna i slatinska staništa panonskog obeležja, koja su međunarodnim kriterijumima određena kao prioritet za zaštitu, prema Direktivi o zaštiti prirodnih staništa i divlje flore i faune 92/43/EEC. Ovo područje je 1996. godine uključeno na listu močvarnih područja izuzetnih prirodnih vrednosti s međunarodnim značajem Konvencije o svetski značajnom močvarnim staništima (Ramsarska konvencija). Međunarodno značajno područje za ptice Evrope (Important Bird Area, IBA) proglašeno je 1989. godine na površini od 4.000 ha. Revizijom projekta 2000. godine, novo IBA područje zahvatalo je površinu od 9.300 ha, sa 17 vrsta ptica koje su zadovoljavale stroge kriterijume, a poslednjom revizijom iz 2009. područje je prošireno na 11.570 ha i 25 vrsta je ispunjavalo IBA kriterijume. Zbog toga je ovaj prostor određen kao Područje od posebne važnosti za zaštitu prirode (Areas of Special Conservation Interest – ASCI) i kao takvo obrađeno i implementirano u EMERALD mrežu staništa i vrsta, na osnovu Direktivi o zaštiti prirodnih staništa i divlje flore i faune. EMERALD mreža predstavlja nastavak primene sprovođenja Direktive o staništima u okviru NATURA 2000 (EU, 2000).

Područje je naročito značajno za gnežđenje, seobu i zimovanje ptica. Do sada je zabeleženo prisustvo oko 230 vrsta ptica, dok se stvarno bogatstvo kreće verovatno do 270 vrsta. Ukupan broj do sada poznatih gnezdarica je oko 135, dok u savremeno doba taj broj iznosi oko 120 vrsta (Puzović *et al.*, 2009).



2.1.2 Karakteristike i kvalitet vode Tise i Begeja u Srbiji

Tisa je najveća pritoka Dunava i po dužini toka (966 km) i po površini sliva (157.220 km²). Na teritoriju Srbije ulazi iz Mađarske i teče između Banata i Bačke u dužini od 164 km. U slivu Tise izdvajaju se tri predeono različite celine: Karpatske planine (visoke 700-2500 m), Erdeljski basen (visok 200-500 m) i niska dolina Tise (prosečne visine 80-85 m). U gornjem toku (na dužini od 266 km) ukupni pad iznosi 1.578 m ili 5,93 promila; u srednjem toku (na dužini od 525 km) ukupni pad iznosi 26 m, odnosno prosečno 0,05%. Donji tok dužine 175 km ima pad od samo 6 metara (prosečno 0,034%). Vrlo mali pad u srednjem i donjem delu toka uzrok je pojačanoj bočnoj eroziji i nastanku krivudavog rečnog korita koje se tokom vekova premeštalo po prostranoj aluvijalnoj ravni, o čemu svedoče brojne mrtvaje. Usled sporog toka dešavale su se manje ili veće poplave duž Potisja. Regulacija toka, tokom druge polovine XIX veka, dovela je do značajnog skraćanja toka (31,9%), a samim tim i do povećanja pada i brzine oticanja vode ka Dunavu. U isto vreme građeni su odbrambeni nasipi koji u donjem delu toka nadvisuju velike vode Tise za 1,5 m. Najveća količina vode protiče Tisom u aprilu mesecu, kao posledica topljenja snega na Karpatima, dok je najniži vodostaj u Srbiji tokom jeseni (septembar i oktobar). Pri najnižim vodostajima Tise kod Sente protiče manje od 150 m³/s, a pri najvišim, na sektoru od Sente do Titela protiče više od 3200 m³/s. Brzina vode na Tisi je mala. Pri nižim vodostajima ona dostiže 0,5 m/s, a pri najvišim do 3,23 m/s. Reka Tisa je pregrađena na tri mesta zemljano – betonskim branama: kod Tisaleka i Kiškerea u Mađarskoj i kod Novog Bečeja u Srbiji (Gavrilović & Dukić, 2002).

Parametri kvaliteta vode reke Tise tokom istraživanog perioda (2007-2010), na mernoj stanici Titel koja se nalazi u neposrednoj blizini istraživanog područja prikazani su u Tabeli 1.

Begej je najveća pritoka Tise u Vojvodini. Izvire u Krašovskim planinama na 1135 mnv, a utiče u Tisu naspram Titela na 69,8 mnv. Ukupna dužina Begeja je 244 km od čega je 75 km u Srbiji. Na dužini od 118,36 km, od ušća do Temišvara, Begej je kanalisiran krajem XIX veka i osposobljen za plovidbu. U sklopu izgradnje HS Dunav-Tisa-Dunav izvršena je rekonstrukcija kanalskog Begeja. Prosečeni su meandri nizvodno od Kleka i korito je ispravljeno i skraćeno za 10 km. Zastarele brodske



prevodnice kod Knićanina i Ečke zamenjene su jednom novom i većom kod Stajićeve. Stari Begej je bio prirodni vodotok koji je kanalisan u periodu 1886-1897. godina, počev od sela Sakalaza (8 km zapadno od Temišvara), pa do svog ušća u plovni Begej kod Kleka. Ukupna površina slivnog područja plovnog Begeja iznosi 3.430 km² (u Srbiji 1.189 km²) a Starog Begeja 2518km² (u Srbiji 895 km²). Begej unosi u Tisu prosečno 50 m³/s vode. Može da prihvati najviše 83 m³/s, ali u gornjem delu toka u prolećnim mesecima može da dostigne i 450 m³/s. Višak vode se kanalom dužine 8 km odvodi u Tamiš (uzvodno od Temišvara). Leti se proticaj Begeja smanjuje do 1,5-2 m³/s, pa se tada drugim kanalom voda iz Tamiša pušta u Begej sa proticajem od 5 do 6 m³/s. Na taj način plovni Begej utiče na vodni režim Tamiša u prolećnim mesecima, a Tamiš na Begej u periodu malih voda (Gavrilović & Dukić, 2002).

Parametri kvaliteta vode reke Begej tokom istraživanog perioda (2007 – 2010) na mernoj stanici Stajićevo, koja se nalazi u neposrednoj blizini istraživanog područja, prikazani su u Tabeli 2.



Tabela 1. Osnovni fizički, hemijski i saprobiološki parametri vode Tise na lokalitetu Titel u periodu 2007-2010. godine (podaci RHMZ Srbije, 2008, 2009, 2010, 2011).

2007												
mesec uzorkovanja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T vode (C°)	3,8	3,2	6	11,2	20,4	23,6	24,3	25		16,8	10	2,5
vidljive otpadne materije	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez		bez	bez	bez
miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez		bez	bez	bez
boja	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez		bez	bez	bez
pH vrednost	7,8	7,9	7,9	7,8	8,4	7,6	7,7	7,7		7,7	7,9	7,8
rastv. O ₂ (mg/l)	11,2	11,9	10,6	9,8	14,2	6,1	6,4	4,9		7,1	9	11,6
% zasićenosti O ₂	85	89	85	89	159	73	77	60		74	80	85
BPK5 (mg/l O ₂)	2,7	2,8	2	2,2	5,2	2	2	1,4		0,9	1	1,2
HPK KMnO ₄ (mg/l)	3,8	7,7	5,8	6,9	7,5	4,8	3,8	4,4		4,4	5	3,6
suspendovane materije (mg/l)	11	199	140	33	104	16	30	19		7	34	14
ukupni fosfor (mg/l P)	0,11	0,17	0,15	0,15		0,14	0,13	0,16		0,12	0,12	0,12
suvi ostatak (mg/l)	321	389	247	229	259	275	271	264		272	275	250
elektrolitička provodljivost (μs/cm)	551	250	362	366	414	403	458	431		427	468	387
ukupna tvrdoća (dH)	298	123	146	145	146	149	148	129		146	162	144
gvožđe (mg/l)	0,62	6,35	2,09	1,46	2,32	0,84	0,55	0,45		1,3	2,34	

amonijum jon (mg/l N)	0,12	0,12	0,05	0,09	0,02	0,11	0,19	0,23		0,11	0,07	0,1
nitriti (mg/l N)	0,023	0,013	0,013	0,029	0,02	0,029	0,02	0,039		0,017	0,024	0,017
nitрати (mg/l N)	1,39	1,18	1,2	1,21	0,16	1,11	0,37	0,44		0,97	1,17	1,39
indeks saprobnosti	2,3	2,2	2,2	2		2	2,1	2,2		2,3	2,2	2,1
2008												
mesec uzorkovanja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T vode (C°)	2,2	3,5	6,8	10	17,6	21,8	25,5	22,8	23,8	15,3	13,7	5
vidljive otpadne materije	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
boja	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
pH vrednost	7,8	7,9	7,8	7,8	7,8	7,6	7,8	7,7	7,7	8,2	7,7	7,9
rastv. O ₂ (mg/l)	10,9	12,3	9,9	9,9	8,4	7,3	7,2	5,8	5,5	7,5	8,2	11,5
% zasićenosti O ₂	79	92	81	88	88	84	89	68	65	75	79	90
BPK5 (mg/l O ₂)	3,4	2,2	3,8	2,1	2	1,9	2,8	1,3	1,6		1	2
HPK KMnO ₄ (mg/l)	4,4	5,2	13,4	5,6	4,9	7,6	5,6	8,9	4,1	5,4	3,8	5,5
suspendovane materije (mg/l)	< 1	22	425	91	53	145	28	196	35	18	6	14
ukupni fosfor (mg/l P)	0,14	0,13	0,44	0,27	0,24	0,14	0,15	0,23	0,12	0,08	0,1	0,18
suvi ostatak (mg/l)	345	261	175	241	238	234	272	195	279	348	323	319
elektrolitička provodljivost (µs/cm)	607	402	286	404	384	311	435	279	450	570	536	497

ukupna tvrdoća (dH)	208	144	119	148	160	134	150	128	163	181	192	160
gvožđe rastvoreno (µg/l)	0,3	0,3	0,18	0,13	0,15	0,18	0,15	0,13	0,13		0,06	0,13
amonijum jon (mg/l N)	0,38	0,16	0,12	0,06	0,1	0,2	0,12	0,06	0,18	0,1	0,12	0,21
nitriti (mg/l N)	0,029	0,02	0,02	0,019	0,033	0,014	0,031	0,006	0,019	0,02	0,022	0,016
nitрати (mg/l N)	1,55	1,53	1,28	1,23	0,98	1,02	0,93	0,86	0,35	0,69	0,99	1,36
indeks saprobnosti		2,17	1,96		1,94		2,04			2,19		
2009												
mesec uzorkovanja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T vode (C°)	2,2	3,6	6,5	11,9	19,2	21,6	27,1	26,4	23	19	9,9	7,8
vidljive otpadne materije	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
boja	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
pH vrednost	7,9	8	8,1	8	8,5	8	8	7,7	7,5	7,6	7,9	8,1
rastv. O ₂ (mg/l)	12,6	11,6	10,8	9,6	10,7	6,4	6,4	5,6	6,2	6,9	9,8	10,5
% zasićenosti O ₂	91	87	87	89	116	73	81	70	73	75	87	88
BPK5 (mg/l O ₂)	3,3	2,1	1,3	1	3,2	1,1	1,1	1,8	1	1,7	1,2	1
HPK KMnO ₄ (mg/l)	8,5	4,3	6,9	5,6	6,4	4,9	4,3	5,7	3,1	4	4,1	3,9
suspendovane materije (mg/l)	175	24	74	43	51	21	23	10	15	17	13	22
ukupni fosfor (mg/l P)	0,147	0,116	0,13	0,114	0,086	0,09	0,146	0,124	0,096	0,096	0,082	0,113

suvi ostatak (mg/l)												
elektrolitička provodljivost (µs/cm)	368	366	390	418	383	412	387	468	438	561	326	380
ukupna tvrdoća (dH)	130	136	152	163	178	161	151	160		175	127	146
gvožđe rastvoreno (µg/l)		0,16	0,16	0,08	0,04	0,12	0,003	0,14			0,17	0,23
amonijum jon (mg/l N)	0,3	0,11	0,07	0,06	0,09	0,09	0,06	0,07	0,15	0,11	0,11	0,05
nitriti (mg/l N)	0,012	0,032	0,022	0,029	0,018	0,028	0,02	0,031	0,013	0,013	0,016	0,02
nitрати (mg/l N)	1,3	1,51	1,34	1,29	0,37	0,5	1,12	0,56	0,34	0,68	0,95	1,13
indeks saprobnosti				2,11		2,01		2		2,06		
2010												
mesec uzorkovanja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T vode (C°)	2,7	0,4	5	11,9	19	19,6	24,6	24,5	18,4			
vidljive otpadne materije	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez			
miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez			
boja	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez			
pH vrednost	7,8	8,1	7,9	8,1	8	7,8	7,9	7,8	7,8			
rastv. O ₂ (mg/l)	10,8	12,6	11,4	9,7	7,9	4,9	5,5	7,1	7,5			
% zasićenosti O ₂	80	87	89	90	86	54	67	86	80			
BPK5 (mg/l O ₂)	1,4	2,7	2,2	1,8	1	1,7	2,9	3	2,3			
HPK KMnO ₄ (mg/l)	9,2	3,9	5,6	4,6	4,6	6,5	8,1	5,6	5,6			

miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
boja	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
pH vrednost	7,7	7,6	7,7	7,4	7,3	7,2	7,2	7,5	7,4	7,6	7,5	7,8
rastv. O ₂ (mg/l)	10,2	9,3	8,1	7,5	4,5	2,3	2,8	2,7	3,2	5,9	4,3	9,7
% zasićenosti O ₂	71	72	69	67	48	28	34	33	38	58	42	77
BPK5 (mg/l O ₂)	4,9	7,1	4,4	7,6	5,4	4,9	5,6	6	2,7	5,1	3,1	5,4
HPK KMnO ₄ (mg/l)	5	7,9	8,5	7,6	20	6,7	6,6	7,4	5,7	6,6	6,9	6
suspendovane materije (mg/l)	16	15	72	11	30	20	8	17	16	46	15	4
ukupni fosfor (mg/l P)	0,242	0,39	0,44	0,45	0,84	0,52	0,42	0,56	0,4	0,26	0,39	0,32
suvi ostatak (mg/l)	313	288	283	253	208	234	290	213	277	312	256	367
elektrolitička provodljivost (µs/cm)	515	465	439	415	381	353	469	343	457	545	476	644
ukupna tvrdoća (dH)	188	159	152	145	138	123	154	124	154	165	172	170
gvožđe (mg/l)												
amonijum jon (mg/l N)	1,08	0,97	0,68	0,92	0,55	0,31	0,48	0,39	0,18	0,76	0,52	0,91
nitriti (mg/l N)	0,027	0,029	0,034	0,021	0,064	0,294	0,081	0,088	0,067	0,05	0,059	0,024
nitрати (mg/l N)	1,48	1,4	1,24	0,93	0,64	0,41	0,61	0,7	0,37	0,62	0,84	1,08
indeks saprobnosti												
2009												
mesec uzorkovanja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

2010												
mesec uzorkovanja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T vode (C°)	4,4	1,5	7,1	12,6	19,6	21	27,8	25	19,2			
vidljive otpadne materije	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez			
miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez			
boja	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez			
pH vrednost	7,6	8	7,8	7,7	7,6	7,7	7,7	7,5	7,5			
rastv. O ₂ (mg/l)	9	8,6	8,7	7,3	3	2,9	5,2	4,1	2,8			
% zasićenosti O ₂	69	61	72	69	33	32	66	50	30			
BPK5 (mg/l O ₂)	2,3	8,5	5,6	7	5,7	3,3	15,4	6,7	2,8			
HPK KMnO ₄ (mg/l)	9,8		6,6	7,9	6,2	12,1	18,9	7,5	7			
suspendovane materije (mg/l)	80	26	57	29	14	49	20	41	18			
ukupni fosfor (mg/l P)	0,327	0,48	0,488	0,31	0,34	0,394	1,236	0,365	0,444			
suvi ostatak (mg/l)												
elektrolitička provodljivost (µs/cm)	412	644	655	569	520	634	1136	560	671			
ukupna tvrdoća (dH)	156	207	230	190	176	190	294	179	191			
gvožđe (mg/l)												
amonijum jon (mg/l N)	0,33	1,83	0,48	0,45	0,67	1,34	1,84	0,55	0,74			
nitriti (mg/l N)	0,021	0,042	0,035	0,056	0,07	0,142	0,008	0,068	0,084			

2.1.3 Karakteristike zajednice riba reka Tise i Begeja

Ihtiofauna reke Tise je raznovrsna sa visokim stepenom autohtonosti. Skorašnjim istraživanjima ihtiofaune Tise, kao i plavnih područja koja gravitiraju ka ovoj reci registrovano je prisustvo 28 vrsta riba iz 10 familija (Miljanović *et al.*, 2010). U Tabeli 3. prikazan je sastav zajednice riba na lokalitetima Mošorin i Titel koji se nalaze u blizini istraživane oblasti.

Tabela 3. Sastav ihtiofaune reke Tise na lokalitetima Mošorin i Titel (Miljanović *et al.*, 2010).

	Vrste	Mošorin		Titel	
		Brojnost %	Maseni udeo %	Brojnost %	Maseni udeo %
I	Fam. Cyprinidae				
1	<i>Cyprinus carpio</i> (šaran)	3,20	13,02	3,89	14,90
2	<i>Alburnus alburnus</i> (uklija)	25,11	0,29	28,4	0,23
3	<i>Abramis brama</i> (deverika)	8,22	17,41	7,39	14,69
4	<i>Abramis ballerus</i> (kesega)	7,31	2,65	4,67	1,12
5	<i>Carassius gibelio</i> (srebrni karaš)	12,79	5,24	10,51	3,87
6	<i>Rhodeus sericeus</i> (gavčica)			0,78	0,00
7	<i>Blicca bjoerkna</i> (krupatica)	4,11	1,04	6,61	1,22
8	<i>Barbus barbus</i> (mrena)	1,83	5,45	3,11	4,61
9	<i>Aspius aspius</i> (bucov)	1,83	3,85	0,78	2,15
10	<i>Gobio gobio</i> (krkušica)	2,28	0,03	2,33	0,02
11	<i>Rutilus rutilus</i> (bodorka)	10,5	2,87	8,56	0,09
12	<i>Leuciscus idus</i> (jaz)	2,74	1,03	3,50	0,62
13	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (crvenperka)	2,28	0,4	0,39	0,03
14	<i>Tinca tinca</i> (linjak)	0,46	0,23	0,39	0,27
15	<i>Pseudorasbora parva</i> (amurski čebačok)	1,83	0,03	0,78	0,01
16	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (beli)			1,56	13,93



	tolstolobik)				
17	<i>Aristichthys nobilis</i> (sivi tolstolobik)	1,37	14,30		
18	<i>Vimba vimba</i> (nosara)	3,65	1,96	2,72	0,99
II	Fam. Percidae				
1	<i>Sander lucioperca</i> (smuđ)	5,02	14,77	7,00	15,83
2	<i>Sander volgensis</i> (smuđ kamenjar)	0,46	0,20	0,39	0,13
3	<i>Perca fluviatilis</i> (grgeč)	0,46	0,10	0,39	0,05
4	<i>Gymnocephalus cernuus</i> (balavac)	0,91	0,05		
III	Fam. Esocidae				
1	<i>Esox lucius</i> (štuka)	0,91	3,62	0,39	2,21
IV	Fam. Siluridae				
1	<i>Silurus glanis</i> (som)	0,46	10,21	4,28	22,87
V	Fam. Centrarchidae				
1	<i>Lepomis gibbosus</i> (sunčica)	0,46	0,07	0,78	0,08
VI	Fam. Gobiidae				
1	<i>Neogobius fluviatilis</i> (glavoč)	0,46	0,01		
VII	Fam. Ictaluridae				
1	<i>Ameiurus nebulosus</i> (cverglan)	1,37	1,16	0,39	0,06
UKUPNO		100,00	100,00	100,00	100,00

Prema literaturnim podacima (Miljanović *et al.*, 2011), ihtiofaunu kanala Begej i voda u okviru Specijalnog rezervata prirode „Carska bara“ (Stari begej, Traktor bara, kanal Bubanj) čine 23 vrste iz 8 familija (Tabela 4). Na samom kanalu Begej registrovano je prisustvo 19 vrsta iz 18 rodova i 7 familija. Sa 13 vrsta najbrojnija je familija Cyprinidae, dve vrste su iz porodice Percidae, dok su ostale porodice zastupljene sa po jednom vrstom. Dominantne vrste ove vode su uklija (*Alburnus alburnus*) i babuška (*Carassius gibelio*).

U okviru istraživanja na izradi ove teze vršeno je ispitivanje sastava riblje zajednice na vodama u okviru zaštićenog područja „Carska bara“. Tom prilikom konstatovano je prisustvo 20 vrsta iz 7 porodica.



Tabela 4. Sastav ihtiofaune kanala Begej i voda na području SRP "Carska bara".

	Vrste	RP Mali Begej*		SRP Carska bara**	
		Brojnost%	Maseni udeo%	Brojnost%	Maseni udeo%
I	Fam. Cyprinidae				
1.	<i>Alburnus alburnus</i> (uklija)	60,38	8,47	18,87	2,95
2.	<i>Aspius aspius</i> (bucov)	2,09	6,45	1,27	8,66
3.	<i>Abramis ballerus</i> (kesega)	0,56	0,55		
4.	<i>Abramis brama</i> (deverika)	0,37	0,59		
5.	<i>Abramis sapa</i> (crnooka)			0,85	0,34
6.	<i>Blicca bjoerkna</i> (krupatica)	2,69	3,69	12,25	6,55
7.	<i>Cyprinus carpio</i> (šaran)	3,34	19,17	1,97	15,75
8.	<i>Carassius gibelio</i> (babuška)	14,64	21,90	30,14	42,42
9.	<i>Leuciscus idus</i> (jaz)	1,30	2,014		
10.	<i>Rutilus rutilus</i> (bodorka)	6,30	13,54	4,65	2,73
11.	<i>Rhodeus sericeus</i> (gavčica)	0,05	0,00		
12.	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (crvenperka)	0,19	0,22	4,79	2,85
13.	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (beli tolstolobik)	0,60	1,08	0,42	0,38
14.	<i>Pseudorasbora parva</i> (amurski čebačok)	0,09	0,01	0,42	0,05
II	Fam. Esocidae				
1.	<i>Esox lucius</i> (štuka)	1,90	15,23	1,97	3,63
III	Fam. Centrarchidae				
1.	<i>Lepomis gibbosus</i> (sunčica)	0,28	0,29	10,28	2,92
IV	Fam. Percidae				
1.	<i>Perca fluviatilis</i> (grgeč)	2,73	6,09	1,13	1,73
2.	<i>Sander lucioperca</i> (smuđ)	0,28	0,49	2,54	4,55
3.	<i>Gymnocephalus cernuus</i>			2,96	1,13



	(balavac)				
V	Fam. Odontobutidae				
1.	<i>Percottus glenii</i> (amurski spavač)	2,18	0,22	0,56	0,13
VI	Fam. Gobiidae				
1.	<i>Proterorhinus marmoratus</i> (glavoč cevonos)	0,05	0,00		
VII	Fam. Ictaluridae				
1.	<i>Ameiurus nebulosus</i> (cverglan)			4,51	3,21
VIII	Fam. Cobitidae				
1.	<i>Misgurnus fossilis</i> (čikov)			0,42	0,07
УКУПНО		100,00	100,00	100,00	100,00

* - Miljanović *et al.* (2011)

** - rezultati dobijeni terenskim istraživanjima prilikom izrade ove teze.

2.2 Materijal i tehnike uzorkovanja

Celokupna istraživanja bila su podeljena u dve celine. Prva, koja je uključivala terenski rad u periodu od 2007. do 2010. godine, imala je za cilj prikupljanje podataka o populaciji velikog kormorana na području SRP „Carska bara” u različitim sezonama (tokom i van perioda gnežđenja), kao i analizu ishrane u tom periodu. Brojnost kormorana u periodu gnežđenja (od marta do sredine juna) praćena je prebrojavanjem aktivnih gnezda. Van perioda gnežđenja praćenje brojnosti je vršeno prebrojavanjem ptica u kasnim popodnevним časovima kada se okupljaju na svom noćilištu. Za analizu ishrane korišćene su gvalice, povraćena riba i u manjem stepenu analiza digestivnog trakta kormorana. Kormorani, pored toga što se hrane ribama, veoma često izazivaju i značajne povrede na jedinkama koje uspeju da im pobegnu ili su isuviše velike da bi ih progutali. Uzimajući u obzir ovu činjenicu, u okviru prve celine istraživanja, izvršene su i histopatološke analize rana nastalih usled neuspešnih napada kormorana.



Druga celina, koja je uključivala terenski rad tokom 2010. godine imala je za cilj da se utvrdi nivo akumulacija 20 hemijskih elemenata (teških metala i mikroelemenata) u populaciji velikih kormorana sa područja SRP „Carska bara” i da se ispita njihova distribucija u različitim organima i tkivima (mišić, jetra, crevo, kost i pero). Takođe, praćen je nivo akumulacije elemenata i u dominantnom plenu kormorana na ovom području, babuški i šaranu, radi utvrđivanja stepena biomagnifikacije elemenata duž lanca ishrane. Jedinke kormorana sakupljene su na jezerima ribnjaka Ečka. Šarani su, takođe, uzeti iz dva ribnjačka jezera, dok su babuške sakupljene iz prirodne populacije sa Starog Begeja. Praćene su koncentracije aluminijuma (Al), arsena (As), barijuma (Ba), bor (B), kadmijuma (Cd), kobalta (Co), hroma (Cr), bakra (Cu), gvožđa (Fe), žive (Hg), litijuma (Li), magnezijum (Mg), mangana (Mn), molibdena (Mo), nikla (Ni), olova (Pb), silicijuma (Si), seleno (Se), stroncijuma (Sr) i cinka (Zn). Analiza koncentracije pomenutih elemenata je vršena metodom indukovano spregnute plazme – optičko emisione spektrometrije.

2.2.1 Analiza brojnosti velikog kormorana

Kolonija velikih kormorana, locirana u delu rezervata zvanom Tiganjica, obilažena je 4 do 5 puta tokom svake sezone gnežđenja (mart – jun). Prvi obilazak obavljan je u periodu udvaranja i formiranja parova (druga polovina februara do sredine marta), kada je prebrojavanje vršeno sa osmatračnice koja se nalazi na obodu kolonije (Slika 6a). Sledeći obilasci obavljeni su u periodu inkubacije jaja (druga polovina marta) (Slika 6b, 6c), zatim po izleganju mladunaca (prva polovina aprila), i barem jedan obilazak u periodu do izletanja mladunaca iz gnezda (od maja do sredine juna), kada je kolonija detaljno obilažena (Slika 6d). Na taj način su, pored brojnosti gnezdeće populacije, prikupljeni i podaci o uspešnosti gnežđenja.





Slika 6. Praćenje brojnosti kolonije velikih kormorana na Carskoj bari i uspeha gnežđenja: a) praćenje brojnosti kolonije (pogled sa osmatračnice); b) provera broja jaja u gnezdu; c) broj jaja u gnezdu; d) broj mladunaca u gnezdu.

Letnji period (jul – avgust) nakon izletanja mladunaca karakteriše odsustvo jednog zajedničkog odmorišta ili noćilišta gde bi se brojnost ptica mogla pouzdano izbrojati. Tokom jeseni ptice se okupljaju na zajedničkom noćilištu koje se na istraživanom području nalazi na 2 rkm Starog Begeja. U periodu od oktobra do februara ptice su prebrojavane tri puta mesečno u kasnim popodnevним časovima, kada se okupljaju na noćilištu. Prebrojavanje je vršeno sa nasipa udaljenog oko 100-150 metara od noćilišta dvogledom Ekotone 10x50.



2.2.2. Analiza ishrane velikog kormorana

Za analizu ishrane velikog kormorana koristile su se dve metode i to: analiza gvalica i analiza povraćene hrane.

Pod pojmom „gvalica” podrazumeva se kompaktna masa nesvarenih delova hrane, koje neke vrste ptica izbacuju u spoljašnju sredinu. Mnoge vrste ptica produkuju gvalice, između ostalih: ptice grabljivice, sove, gnjurci, čaplje, kormorani, čigre, galebovi, vodomari, vrane, svračci, laste i dr. Prikupljanje gvalica jedne vrste tokom određenog vremena omogućava analizu sezonskih varijacija u ishrani ptica. Jedna od prednosti prikupljanja gvalica jeste u tome što omogućava određivanje ishrane bez ubijanja i disekcije ptice (neinvazivna metoda). Gvalice se mogu prikupljati na mestima gde se ptice odmaraju ili na samom mestu gnežđenja. Analiza gvalica je najčešće korišćen metod analize ishrane kod kormorana. To je relativno jeftin način dobijanja podataka o ishrani. Veliki broj uzoraka se može prikupiti relativno brzo, s minimalnim uznemiravanjem ptica i minimalnom laboratorijskom opremom neophodnom za rad.

Gvalice su prikupljane u jutarnjim satima. Sakupljane su samo sveže i kompletne gvalice, koje su zatim pojedinačno stavljane u plastične kese i zamrzavane na -20°C . Po odmrzavanju, pojedinačno su natapane mlakom vodom kako bi se uklonila sluz, a koštani ostaci su zatim ispirani kroz sito i potom sušeni na sobnoj temperaturi. Koštane strukture pomoću kojih je vršena identifikacija plena, poput otolita (za vrste koje ne pripadaju familiji Cyprinidae) i keratinozne strukture na baziokcipitalnoj kosti – tzv. “gorki zub” (eng. chewing pads) (za Cyprinidae) su odvajane i merene. Ždrelni zubi i otoliti ciprinida su odvajani kada je njihov broj u gvalicama bio veći od broja izdvojenih gorkih zuba. Broj jedinki prisutnih u gvalici definisan je kao najveći broj prisutnih identifikovanih ribljih ostataka. Identifikacija ostataka vršena je pomoću referentne kolekcije ključnih koštanih elemenata.

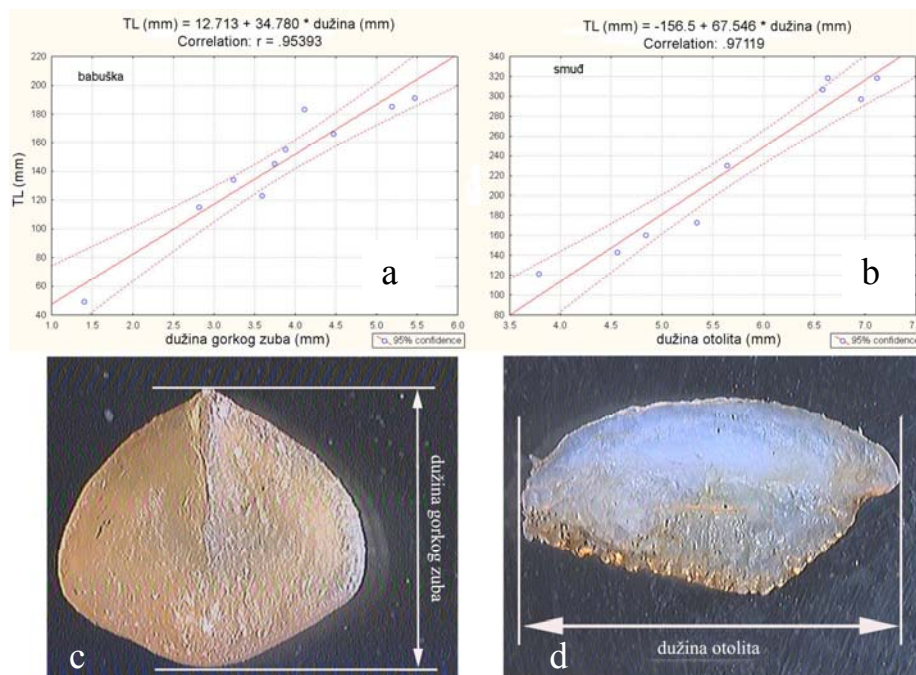
Za pravljenje referentne kolekcije, ribe različitih vrsta i veličina uzimane su iz vodenih staništa istraživanog područja. Merena je totalna dužina (TL: dužina od vrha njuške do kraja repnog peraja) i težina, na tehničkoj vagi preciznosti 0,1 g. RIBE su zatim kuvane nekoliko minuta, zavisno od veličine, i odvajane su kosti relevantne za identifikaciju. Izdvojene kosti su zatim sušene na sobnoj temperaturi, a nakon toga merene su njihove dužine. Regresionim jednačinama rađene su korelacije između



ukupne dužine tela referentnih riba (TL) i dužine gorkih zuba ili otolita, a u obzir su uzimane samo one vrednosti kod kojih je postojao veliki stepen korelacije ($r > 0,95$) (Slika 7). Procena težine je rađena prema eksponencijalnoj jednačini odnosa mase i dužine tela:

$$W = a * TL^b$$

Na osnovu dobijenih vrednosti korelacija između dužine tela i gorkih zuba ili otolita procenjene su dužine i težine riba čiji su ostaci identifikovani u gvalicama.



Slika 7. Korelacije između dužine tela (TL) i dužine gorkog zuba babuške (a) i dužine otolita smuđa (b). Gorki zub babuške (c) i otolit smuđa (d).

Tokom istraživanja, gvalice su prikupljane 12 puta na noćilištu kormorana i 3 puta u koloniji (Tabela 5). Ukupno je sakupljeno 636 gvalica.

Prikupljanje povraćenog želudačnog sadržaja najčešće se vrši tokom sezone gnežđenja (Mikuška, 1983; Veldkamp, 1995). Ako se uzorci prikupljaju neposredno po povratku ptica iz lova mogu se sakupiti gotovo sveži, kompletni uzorci plena. Kako kormorani plen gutaju od glave, telo ribe može biti neoštećeno, a glava delimično ili potpuno svarena. Kod ovakvih nekompletnih uzoraka rekonstrukcija dužine i težine vrši se kao i kod plena iz gvalica. Međutim, kako identifikacione kosti glavenog skeleta često nedostaju kod ovakvih uzoraka, teško je rekonstruisati veličinu ribe. Pored ovog,



nedostatak ove metode je to što nije moguće utvrditi dnevni unos hrane, jer se ne zna da li je ptica završila s unosom hrane. Ipak, ova metoda nam uprkos nedostacima pruža podatke o vrsti i veličini plena.

Uzorci povraćenog želudačnog sadržaja na području SRP „Carska bara” sakupljani su u koloniji kormorana. Prikupljani su samo kompletno očuvani uzorci bez oštećenja od varenja. Do povratka u laboratoriju čuvani su u rashladnoj torbi s ledom, a zatim su mereni (totalna dužina i težina). Uzorci su sakupljani u 10 navrata i ukupno je sakupljeno 529 uzoraka (Tabela 5).

Tabela 5. Datumi sakupljanja uzoraka u koloniji i noćilištu velikih kormorana tokom istraživanja.

	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Oktobar	Novembar	Decembar
2007.			06.04. ²	12.05. ²			28.11. ¹	
2008.	27.02. ¹		04.04. ²	18.05. ²	04.06. ^{1,2}	02.10. ¹	12.11. ¹	12.12. ¹
2009.	23.02. ¹	28.03. ^{1,2}	20.04. ²	30.05. ²		16.10. ¹	13.11. ¹ 25.11. ¹	15.12. ¹
2010.	22.02. ¹		02.04. ^{1,2}	28.05. ²		22.10. ¹	16.11. ¹	

¹datumi kada su sakupljane gvalice

²datumi kada je sakupljan povraćeni želudačni sadržaj

2.2.3. Analiza povreda na ribama

Uzorci za analizu obima povreda koje kormorani prčinjavaju ribama koje uspeju da pobegnu, kao i histoloških promena na mestu povreda prikupljani su na ribnjaku Ečka tokom jeseni (od novembra do sredine decembra) 2007. i 2008. godine prilikom izlova ribe. Jednogodišnja mlađ šarana uzorkovana je na južnim jezerima, a dvogodišnji i trogodišnji šaran na jezerima Brana i Mika. Pored šarana (*Cyprinus carpio*) (ljuskavog i golog) na još pet vrsta riba zabeležene su povrede: štuki (*Esox lucius*), somu (*Silurus glanis*), amuru (*Ctenopharyngodon idella*), babuški (*Carassius gibelio*) i cverglanu (*Ameiurus melas*). Ribe su anestetizirane u rastvoru ulja karanfilića,



merene su totalna dužina (TL) i težina tela, zatim su fotografisane, a sa jednogodišnjih šarana uzeti su i uzorci za histopatološku analizu. Tri jedinke su držane u akvarijumu pod kontrolisanim uslovima ($T = 6,5-10,8^{\circ}\text{C}$; $\text{O}_2 = 5,1-7,22$; $\text{pH} = 7,39-8,13$) dva meseca da bi se pratio njihov oporavak. Nakon perioda oporavka ove jedinke su fotografisane i uzeti su uzorci tkiva za analizu.

Razlikovali smo dva tipa oštećenja kože: površinske povrede (kontuzije) i otvorene subepitelne povrede koje su obično praćene nekrozama. Digitalne slike oštećenih riba (JPEG format, rezolucija 1,024 9 x 768 piksela) obrađene su u komercijalnom programu Motic Image Plus 2.0, korišćenjem opcije za izračunavanje površine obeležene oblasti. Konture tela ribe (bez peraja), kao i samih povreda obeležavane su na slikama u programu. Vrednosti merenih površina za površinu tela i svaku ranu ponaosob, predstavljene kao broj piksela, prebačene su u program Microsoft Office Excel gde je preračunavan odnos površine rana u odnosu na površinu tela (predstavljeno u %).

Uzorci kože sa povrednog dela tela fiksirani su u 4% formaldehidu. Priprema histoloških uzoraka je vršena standardnom histološkom tehnikom – uzorci su dehidratirani u seriji alkohola koncentracija od 70 do 100%, prožeti ksilolom i ukalupljeni u parafin, a zatim su sečeni preseci debljine 5 μm . Uzorci su bojani hematoksilinom i eozinom (H/E)(Humason, 1979). Mikrofotografije svakog uzorka su napravljene pomoću Leica DM LS mikroskopa sa Leica DC 300 kamerom.

Da bi izvršili histopatološku procenu rana, primenjena su dva sistema vrednovanja (skorovanja). Prvi je razvijen od strane Bernet *et al.*, (1999), a drugi modifikovani sistem opisan je od strane Wahli *et al.*, (2003). Sistem vrednovanja predložen od Bernet *et al.*, (1999) razvijen je za procenu patoloških promena na ribama koje su izazvane različitim stepenom zagađenja, a sistem Wahli *et al.*, (2003) ocenjuje povrede nastale ubodima kljuna kormorana.

U skladu sa metodom Bernet *et al.*, (1999), patološke promene su klasifikovane u sledećih pet tipova patološkog odgovora (reakcije organizma): cirkulatorne, regresivne, progresivne, inflamatorne i neoplastične promene. Ovaj sistem vrednovanja je razvijen za škrge, jetru, bubreg i kožu. Za kožu, kao i za druge organe, svakom tipu promene je pripisan faktor značajnosti, koji ukazuje na patološki značaj lezije, a čija vrednost se može kretati od 1 (minimalna alteracija) do 3 (značajna alteracija). U



zavisnosti od stepena i veličine lezije, svakom tipu lezije se za određeni uzorak dodeljuje broj bodova, koji se može kretati od 0 (bez promena) do 6 (ozbiljne promene). Koristeći faktor značajnosti i ukupni broj bodova, određuje se indeks intenziteta patoloških promena svakog organa. Sumom indeksa svih ispitanih organa dobija se ukupni indeks analizirane ribe.

Modifikovani sistem vrednovanja opisan od strane Wahli *et al.*, (2003), ocenjuje vrednostima od 0 (neoštećena) do 3 (ozbiljno oštećena) povrede nastale ubodima kljuna kormorana, za svaki sloj kože (epidermis, dermis i hipodermis). Histološki pokazatelji su bili: (a) epidermis – struktura, debljina, oblik bazalnih ćelija, površinske ćelije, alarmne ćelije, infiltracija, proliferacija, ekzorijacija, piknotična jedra, spongioza; (b) dermis – struktura, amorfni materijal, infiltracija, pigmentne ćelije, revaskularizacija, vlaknasto tkivo; (c) hipodermis – debljina masnog sloja i (d) mišić – struktura, krvarenje, miolize, infiltracija, vlaknasto tkivo. U radu su korišćene osnovne kategorije i vrednovanje predloženo od strane Wahli *et al.*, (2003), ali su uvedene i nove kategorije tako da je sistem vrednovanja uspostavljen sumiranjem patoloških promena u svakom sloju kože.

2.2.4. Analiza teških metala

2.2.4.1. Sakupljanje i obrada materijala

Sve jedinke i ptica i riba korišćene u ovoj fazi istraživanja sakupljene su tokom 2010. godine. Dvadeset i jedna jedinka kormorana odstreljena je na jezerima Ribarskog gazdinstva „Ečka” (dozvola Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja Republike Srbije broj 353-01-385/2010-03) u periodu od 1 jula do 15 avgusta. Za svaku jedinku je izmerena ukupna težina tela zajedno sa digestivnim traktom (u gramima, tačnost ± 1 g), kao i totalna dužina tela (u centimetrima, tačnost ± 0.1 cm, za kormorane od vrha kljuna do vrha najdužeg repnog pera). Nakon merenja, na svakoj jedinki je izvršena disekcija, pri čemu su uzeti uzorci mišićnog tkiva (pektoralni mišić), jetre, pera (2-4. primarno letno pero), creva i kosti (tibia), koji su oprani destilovanom vodom i pohranjeni na temperaturi od -20 °C do dalje obrade i analize. Jedinke babuške (10



kom.) su izlovljene iz prirodne populacije na Starom Begeju agregatom za elektroribolov HONDA 1,2 kW, 6 A, dok su jednogodišnji i dvogodišnji šarani (po 5 kom.) uzeti prilikom izlova na ribnjaku Ečka (južna jezera). Kao i za kormorane, svakoj ribi je izmerena ukupna težina sa digestivnim traktom (u gramima, tačnost ± 1 g), i ukupna dužina (u centimetrima, tačnost $\pm 0,1$ cm), nakon čega je disekovana. Uzeti su uzorci mišića, jetre, škrge, bubrega i gonada (samo kod babuški i dvogodišnjih šarana), koji su zamrznuti pre dalje analize.

2.2.4.2. Priprema uzoraka i analiza – metoda induktivno spregnute plazme - optičko emisije spektrometrije

Uzorci su podvrgnuti procesu liofilizacije (Freeze Dryers Rotational-Vacuum-Concentrator, GAMMA 1-16 LSC, Germany), pri čemu je i pre i posle liofilizacije merena težina svakog uzorka, radi utvrđivanja procenta gubitka vode. Nakon liofilizacije, od uzoraka su uzeti delovi između 0,2 i 0,5 g suve težine (tačnost merenja $\pm 0,01$ g) koji su procesuirani u mikrotalasnoj peći (speedwave™ MWS-3⁺; Bergof Products + Instruments GmbH, Eningen, Germany) (Slika 8). Za digestiju je korišćena smeša od 6 ml 65% HNO₃ i 4 ml 30% H₂O₂, na temperaturnom programu za digestiju uzoraka hrane (100 - 170°C). Pitanje potencijalnog prisustva analiziranih elemenata u destilovanoj vodi i hemikalijama koje su korišćene za digestiju, rešeno je pravljenjem više kontrolnih („blank“) uzoraka. Nakon hlađenja do sobne temperature, smeše sa rastvorenim uzorcima razblažene su destilovanom vodom do ukupne zapremine od 25 ml.





Slika 8. Mikrotalasna peć (speedwave™ MWS-3⁺; Berghof Products + Instruments GmbH, Eningen, Germany) (levo) i teflonske boce (desno) (foto: Ivan Jarić)..

Analiza koncentracija teških metala na uzorcima iz 2010. godine vršena je metodom induktivno spregnute plazme – optičko emisione spektrometrije (ICP-OES, Spectro Genesis EOP II, Spectro Analytical Instruments GmbH, Kleve, Germany) (Slika 9). U analizi je praćeno prisustvo sledećih 20 teških metala i mikroelemenata: Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Si, Se, Sr i Zn. Za detekciju su korišćene sledeće talasne dužine: Al – 394,401 nm, As – 189,042 nm, B – 249,773 nm, Ba – 233,527 nm, Cd – 228,802 nm, Co – 228,616 nm, Cr – 205,552 nm, Cu – 324,754 nm, Fe – 259,941 nm, Hg – 184,950 nm, Li – 460,289 nm, Mg – 279,079 nm, Mn – 259,373 nm, Mo – 202,095 nm, Ni – 231,604 nm, Pb – 220,353 nm, Se – 196,090 nm, Si – 251,612 nm, Sr – 460,733 nm i Zn – 206,191 nm.





Slika 9. Aparat za indukovano spregnutu plazmu – optičko emisionu spektrometriju (ICP-OES Spectro Genesis EOP II, Spectro Analytical Instruments GmbH, Kleve, Germany) (foto: Ivan Jarić).

Kvalitet analitičkog procesa kontrolisan je analizom referentnog materijala govede jetre (BCR-185R) i tkiva lišaja (IAEA-336 Lichen).

Koncentracije svih teških metala izražene su u mikrogramima po gramu suve težine ($\mu\text{g/g dw}$).

2.3. Analiza podataka

Za utvrđivanje razlika u dužini i težini plena, kao i masi riba po gvalici između jesenje-zimskog perioda i perioda gnežđenja korišćen je Studentov *t*-test, a za razliku u broju riba po gvalici korišćen je Mann-Whitney U test.

Kvalitativni značaj održene kategorije plena u ishrani neke vrste u literaturi je definisan mnogim indeksima (Hyslop, 1980; Labropoulou *et al.*, 1997; Cabral, 2000). U ovom radu korišćeni su sledeći indeksi:

- procentualna učestalost (F) – predstavlja količnik broja stomaka (gvalica) sa i-tom kategorijom plena i ukupnog broja punih stomaka (gvalica), pomnožen sa 100;



- procentualni udeo (Cn) – predstavlja količnik brojnosti i-te kategorije plena u svim stomacima (gvalicama) u uzorku i ukupne brojnosti svih kategorija plena u svim stomacima (gvalicama) u uzorku, pomnožen sa 100.

Nedostaci ovih indeksa jesu što precenjuju značaj plena koji se češće javlja u ishrani bez obzira na njegov kvantitativni udeo (procentualna učestalost) ili daju veći značaj sitnijem plenu (procentualni udeo). Zbog toga mnogi autori koriste složenije indekse koji opisuju relativni značaj različitih kategorija plena. U ovom radu, najznačajnije kategorije plena određene su korišćenjem indeksa značajnosti (PV) (Hickley *et al.*, 1994; Lorenzoni *et al.*, 2002):

$$PV = Cn\sqrt{F}$$

Index značajnosti izražen je kao:

$$\%PV = (PV / \Sigma PV) \times 100$$

Širina niše za korišćenje resursa hrane izračunata je prema Šenonovom (Shannon's) indeksu diverziteta (Krebs, 2001):

$$H = -\sum_{i=1}^n (p_i) \cdot (\ln p_i)$$

gde p_i predstavlja relativnu zastupljenost i -te kategorije plena od ukupno n prisutnih kategorija plena. Vrednost Šenonovog indeksa raste sa povećanjem broja kategorija u plenu. Literaturni podaci pokazuju da vrednost H ne prelazi 5.0 za biološke zajednice (Krebs, 1999). Širina niše (H) izračunata je korišćenjem indeksa značajnosti (PV).

Navedeni indeksi za velikog kormorana izračunati su u odnosu na sezonu (gnežđenje i jesen-zima) i mesec uzorkovanja.

Kondicioni faktor (Fultonov faktor) riba izračunavan je po jednačini (Ricker, 1975):

$$FCC = (BW / TL^3) * 100$$



Za određivanje statistički značajne razlike među uzorcima korišćen je Mann-Whitney U test. Za prisustvo korelacija korišćen je Pearson-ov parametrijski test koorelacije.

Statističke analize su uključivale poređenje koncentracija elemenata u tkivima kormorana i njegovom dominantnom plenu (babuški i šaranu), kao i između različitih starosnih grupa kormorana (juvenilni, subadultni i adultni). Poređenje je napravljeno između pet analiziranih tkiva kormorana (mišić, jetra, crevo, pero i kost), kao i između pet analiziranih tkiva (mišić, škrge, jetra, bubreg i gonade) kod dve vrste riba. Za inicijalno određivanje razlika između grupa korišćen je Kruskal-Wallis H test, nakon čega su u parovima svake dve grupe dalje poređene sa Mann-Whitney U testom. Odnos između veličine i težine tela analiziranih vrsta i koncentracije elemenata u različitim tkivima bili su analizirani Spearman-ovim neparametrijskim testom korelacije. Polovina detekcionog limita je korišćena u statističkim poređenjima uzoraka gde je koncentracija elemenata bila ispod granice detekcije.

Radi određivanja stepena diferenciranosti tkiva kormorana, starosnih grupa kormorana i razlika između tri analizirane vrste riba-plena na osnovu koncentracije elemenata korišćene su kanonijska diskriminantna analiza (canonical discriminant analysis – CDA) i analiza glavnih komponenti (principal component analysis – PCA). Kao ulazni podaci za analizu korišćene su osnovne vrednosti koncentracija elemenata u tkivima.



3. REZULTATI

3.1 Brojnost kormorana

Brojnost velikih kormorana na području Specijalnog rezervata prirode “Carska bara” praćena je tokom jesenjih i zimskih meseci (oktobar – februar) od 2007. do 2010. godine. Brojnost ptica, po dekadama, na ovom području prikazana je u Tabeli 6. i na Slici 10. Najveći broj jedinki beležen je u novembru mesecu, dok su najmanje brojnosti beležene tokom januara i februara. Tokom decembra 2007. (druga i treća dekada), januara (prva i druga dekada) i decembra (treća dekada) 2008, januara (prva dekada) i decembra (treća dekada) 2009. i januara (ceo mesec) 2010. godine vodene površine u okviru SRP „Carska bara” bile su zaleđene, a ptice nisu bile prisutne na istraživanom području.

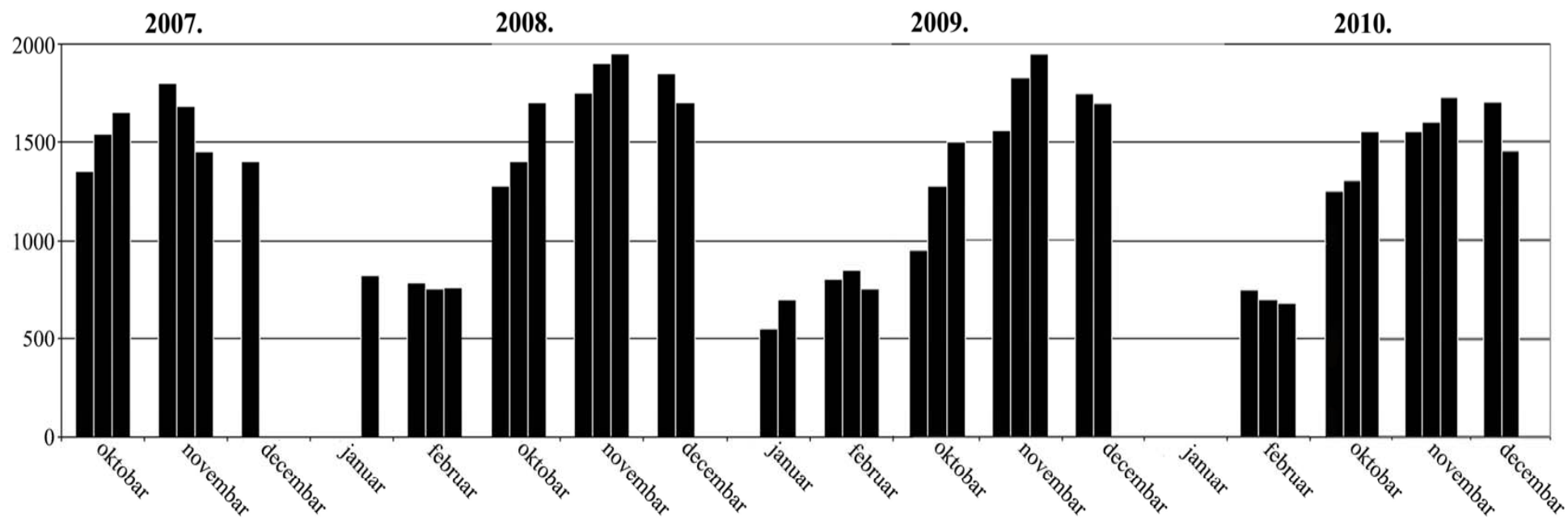
Tabela 6. Brojnost velikih kormorana tokom jesenjih i zimskih meseci na području SRP „Carska bara” u periodu 2007-2010. godine.

Godina	Dekada	Mesec				
		Oktoabar	Novembar	Decembar	Januar	Februar
2007	I	1350	1800	1400		780
	II	1540	1680			750
	III	1650	1450		820	760
2008	I	1280	1750	1850		800
	II	1400	1900	1700	550	850
	III	1700	1950		700	750
2009	I	950	1560	1750		750
	II	1280	1830	1700		700
	III	1500	1950			680
2010	I	1250	1550	1700		
	II	1300	1600	1450		
	III	1550	1720			

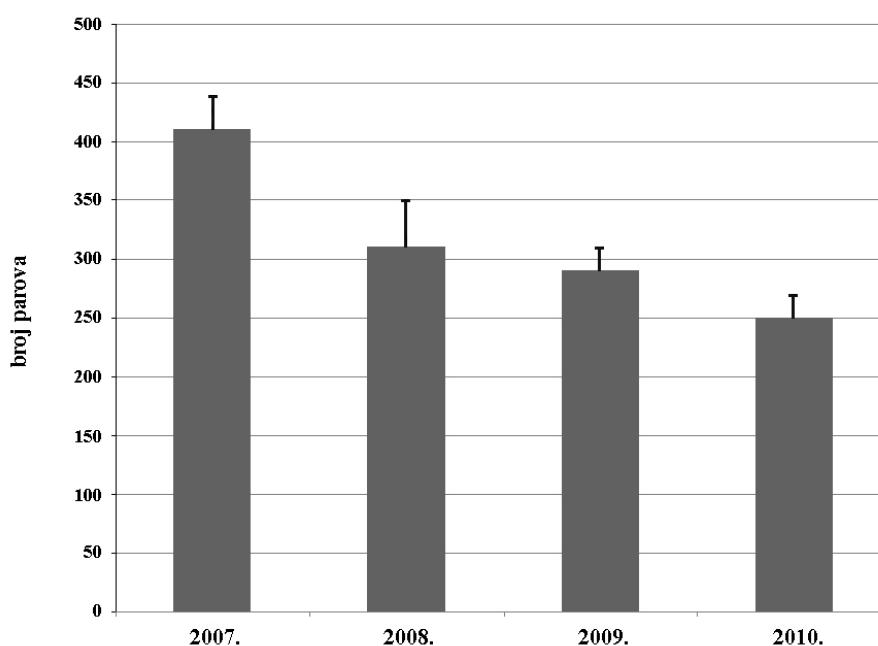


Kolonija velikih kormorana u Specijalnom rezervatu prirode „Carska bara” nalazi se u delu rezervata Tiganjica. Broj gnezdećih parova u periodu od 2007. do 2010. godine prikazan je na Slici 11. Kolonija je najbrojnija bila 2007. godine kada se gnezdilo 410-440 parova velikih kormorana, a prostirala se pored Tiganjice i na plovnom Begeju. Broj parova se u narednim godinama smanjivao, pa se tako 2008. godine gnezdilo 310-350 parova, 2009. godine 290-310, a 2010. godine 250-270 parova. Tokom prve tri godine istraživanja kolonija je bila mešovita, i sa velikim kormoranima su se gnezdile i sive čaplje (*Ardea cinerea*) u brojnosti od 100 do 150 parova. U 2010. godini u kolonij ostaju da se gnezde samo veliki kormorani dok sive čaplje formiraju novu koloniju, oko 1 km udaljenu od stare, u blizini Starog Begeja i Traktor bare.





Slika 10. Promena broja velikih kormorana na području SRP „Carska bara” tokom jesenjih i zimskih meseci od 2007. do 2010. godine.



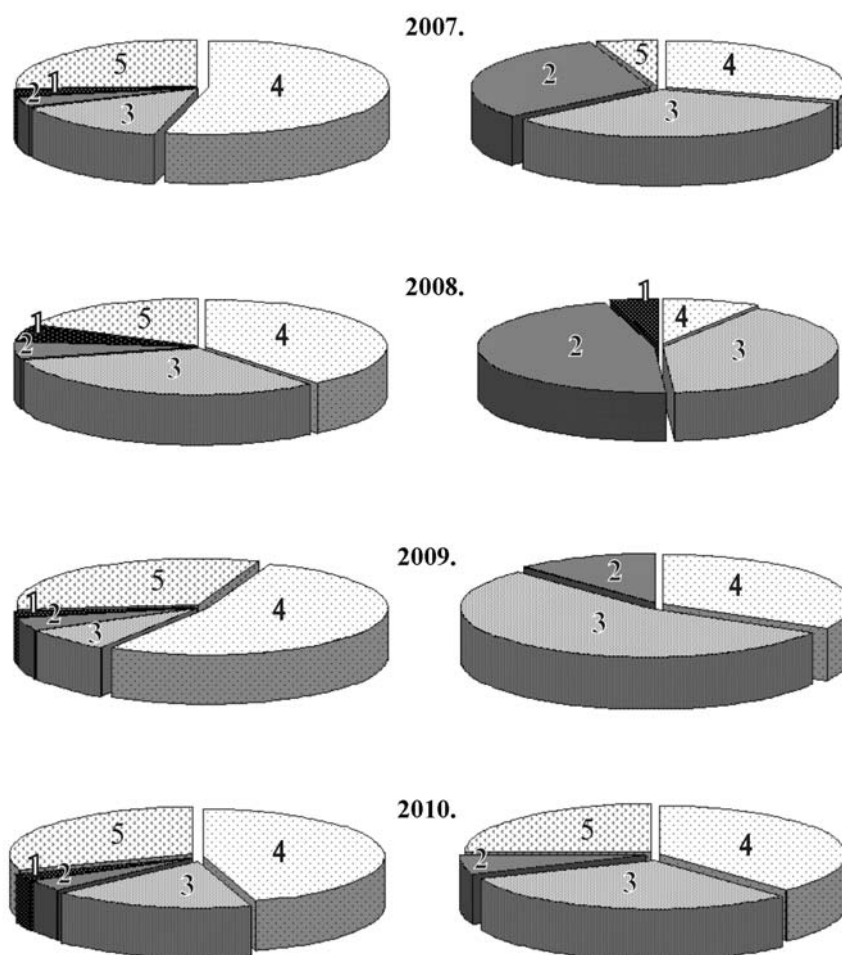
Slika 11. Broj aktivnih gnezda velikog kormorana u SRP „Carska bara” od 2007. do 2010. godine.

Uspeh gnežđenja bio je promenljiv tokom istraživanog perioda i prikazan je u Tabeli 7. i Slici 12. Prosečan broj mladunaca po gnezdu tokom sve četiri gnezdilišne sezone bio je 3,13 mladunaca po gnezdu. Najveći broj je zabeležen 2009. godine i iznosio je 3,6 mladunaca po gnezdu, a najmanji 2008. godine – 2,5 mladunca po gnezdu. Takođe, i broj položenih jaja po gnezdu varirao je tokom istraživanja. Prosečan broj jaja po gnezdu iznosio je 3,86. Tokom 2007. godine najveći broj gnezda bio je sa položenih 4 (53,9%) i 5 jaja (25,8%); u 2008. najviše je bilo gnezda sa 4 (39,5%) i sa 3 jaja (31,4%); u 2009. godini sa 4 položena jaja je bilo 53,2% gnezda a sa 5 jaja 31,9%; a u 2010. godini takođe su najzastupljenija bila gnezda sa 4 (45,3%) i sa 5 položenih jaja (30,2%). Gnezda sa dva i tri mladunca bila su najzastupljenija 2007. (65,2%) i 2008. godine (86,4%), dok su gnezda sa tri i četiri mladunca bila najprisutnija 2009. (87,8%) i 2010. godine (69%) (Slika 11). Pet uspešno izvedenih mladunaca po gnezdu zabeležena su tokom 2007. i 2010. godine u 5,4% i 25% gnezda. Sa jednim mladuncem zabeležena su gnezda samo tokom 2008. godine – 4,5% (Slika 11).



Tabela 7. Veličina legla i uspeh gnežđenja velikih kormorana na Carskoj bari.

Godina	Veličina legla (SD)	Broj kontrolisanih gnezda	Opseg (broj jaja po gnezdu)	Uspeh gnežđenja (SD)	Broj kontrolisanih gnezda	Opseg (broj mladunaca po gnezdu)
2007	3,98 (0,87)	89	1-5	3,10 (0,90)	92	2-5
2008	3,57 (1,04)	86	1-5	2,53 (0,73)	88	1-4
2009	4,09 (0,88)	47	1-5	3,21 (0,65)	33	2-4
2010	3,94 (0,94)	106	1-5	3,82 (0,88)	100	2-5



Slika 12. Broj položenih jaja (levo) i izvedenih mladunaca (desno) tokom sezone gnežđenja od 2007. do 2010. Brojevi na isečcima predstavljaju broj položenih jaja ili izvedenih mladunaca.



3.2 Ishrana kormorana

U periodu oktobar – februar, 2007 – 2010. godine prikupljeno je 507 gvalica iz kojih su identifikovani ostaci 2433 jedinke od 16 različitih vrsta riba (Slika 13), od kojih je 9 vrsta bilo iz familije Cyprinidae, zatim tri vrste iz familije Percidae i po jedna vrsta iz familija Gadidae, Esocidae, Ictaluridae i Gobiidae (PRILOG 1). Prosečna dužina plena iznosila je 17,12 cm i kretala se u opsegu od 3,7 cm (*Neogobius sp.*) do 37,3 cm (*Sander lucioperca*), a prosečna težina je iznosila 86,17 g i bila je u opsegu od 0,46 g (*Neogobius sp.*) do 582 g (*Abramis brama*).

Udeo (Cn) ciprinida u ishrani kormorana bio je 50,84% u ukupnom broju ulovljenih jedinki, značajnost (%PV) ove grupe iznsila je 57,26, a udeo u biomasi plena oko 65%. Najznačajnije vrste riba u ishrani kormorana u jesenje-zimskom periodu na ovom području jesu balavac (*Gymnocephalus sp.*) sa indeksom značajnosti (%PV) od 28,67, babuška (*Carassius gibelio*) sa 26,67 i šaran (*Cyprinus carpio*) sa 18,27. Ovakvom odnosu plena po značaju u ishrani kormorana u ovom periodu najviše doprinosi uzorak iz 2007. godine u kome je balavac dominirao udelom u plenu od 56,82% i značajnošću od čak 62,58. dok je u narednim godinama, kada je uzorak bio znatno veći, njegov udeo iznosio prosečno 17,05%, a indeks značajnosti je u proseku bio 17,36. Izuzimajući 2007. godinu, babuška je najznačajniji plen kormorana na ovom području sa udelom od 25,18% i indeksom značajnosti od 31,68, a za njom sledi šaran sa udelom od 18,22% i indeksom značajnosti od 21,95.

Najbrojniji plen u jesenje-zimskom periodu je babuška (24,62%), a slede balavac i šaran (18,50% i 18,10%). Po masenom udelu u plenu daleko najznačajnija vrsta je šaran (36,24%). Babuška i cverglan su sledeće vrste po značaju u biomasi plena sa 19,33% i 11,14%. Udeo babuške i šarana u ishrani kormorana tokom zimskog perioda prikazan je na Slici 14. Doprinos ostalih vrsta u plenu kormorana tokom jesenje-zimskog perioda od 2007. do 2010. godine predstavljen je u Tabeli 9.

Tokom sezona gnežđenja od 2007. do 2010. godine prikupljeno je 80 gvalica , kao i 529 povraćenih riba. U ishrani je registrovana 21 vrsta riba od kojih je 12 iz porodice Cyprinidae, tri iz porodice Percidae i po jedna iz familija Esocidae, Siluridae, Ictaluridae, Gadidae, Cobitidae i Gobiidae (Slika 13, PRILOG 2). U plenu identifikovanom iz gvalica po brojnosti su dominirale dve vrste, babuška i šaran, a



registrovano je prisustvo 11 vrsta riba iz 5 familija. Među povraćenim ribama identifikovana je 21 vrsta iz 8 familija, a brojnošću su, takođe, dominirale babuška i šaran (Tabela 8). Poređenjem dužine i težine povraćenih riba i onih čija je veličina rekonstruisana na osnovu ostataka nađenih u gvalicama konstatovane su statistički značajne razlike u uzorcima sakupljenim 2009. i 2010. godine ($p < 0,05$, Studentov t -test), dok razlike nisu bile značajne u uzorcima iz 2008. godine.

Tabela 8. Sastav ishrane (brojnost vrsta riba u %) na osnovu analize povraćenog želudačnog sadržaja i analize gvalica. Prikazane vrednosti su prosečne za period od marta do juna 2007. do 2010. godine.

Vrsta ribe	Gvalice	Povraćene ribe
<i>Abramis brama</i> deverika	0,98	0,38
<i>Ballerus sapa</i> crnooka	0,0	0,38
<i>Ballerus ballerus</i> kesega	0,0	0,76
<i>Blicca bjoerkna</i> krupatica	3,93	1,13
<i>Carassius gibelio</i> babuška	43,93	37,55
<i>Ctenopharyngodon idella</i> amur	0,0	0,94
<i>Cyprinus carpio</i> šaran	29,51	41,13
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> beli tolstolobik	0,0	0,38
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i> sivi tolstolobik	0,0	0,94
<i>Pseudorasbora parva</i> amurski čebačok	0,0	0,19
<i>Rutilus rutilus</i> bodorka	1,64	1,7
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> crvenperka	1,64	0,19
<i>Ameiurus melas</i> cverglan	7,87	7,55
<i>Esox lucius</i> štuka	0,98	1,32
<i>Gymnocephalus</i> sp., balavac	5,57	0,57
<i>Lota lota</i> manić	0,0	0,38
<i>Misgurnus fossilis</i> čikov	0,0	0,38
<i>Neogobius</i> sp. glavoč	2,95	1,32
<i>Perca fluviatilis</i> grgeč	0,33	0,76
<i>Sander lucioperca</i> smuđ	0,0	1,51



<i>Silurus glanis</i> som	0,0	0,19
Prosečna dužina plena 2007.		16,73 (±3,91)
Prosečna dužina plena 2008.	17,19 (± 5,64)	17,69 (± 5,00)
Prosečna dužina plena 2009.	20,16 (± 4,21) *	17,63 (± 5,32) *
Prosečna dužina plena 2010.	18,98 (± 4,47) *	16,24 (± 4,23) *
Prosečna težina plena 2007.		76,44 (± 56,74)
Prosečna težina plena 2008.	95,09 (± 96,75)	99,15 (± 73,28)
Prosečna težina plena 2009.	129,74 (± 98,67) *	98,93 (± 91,03) *
Prosečna težina plena 2010.	113,91 (±94,62) *	71,73 (± 50,00) *

* - vrednosti među kojima postoje statistički značajne razlike ($p < 0,05$, Studentov t -test)

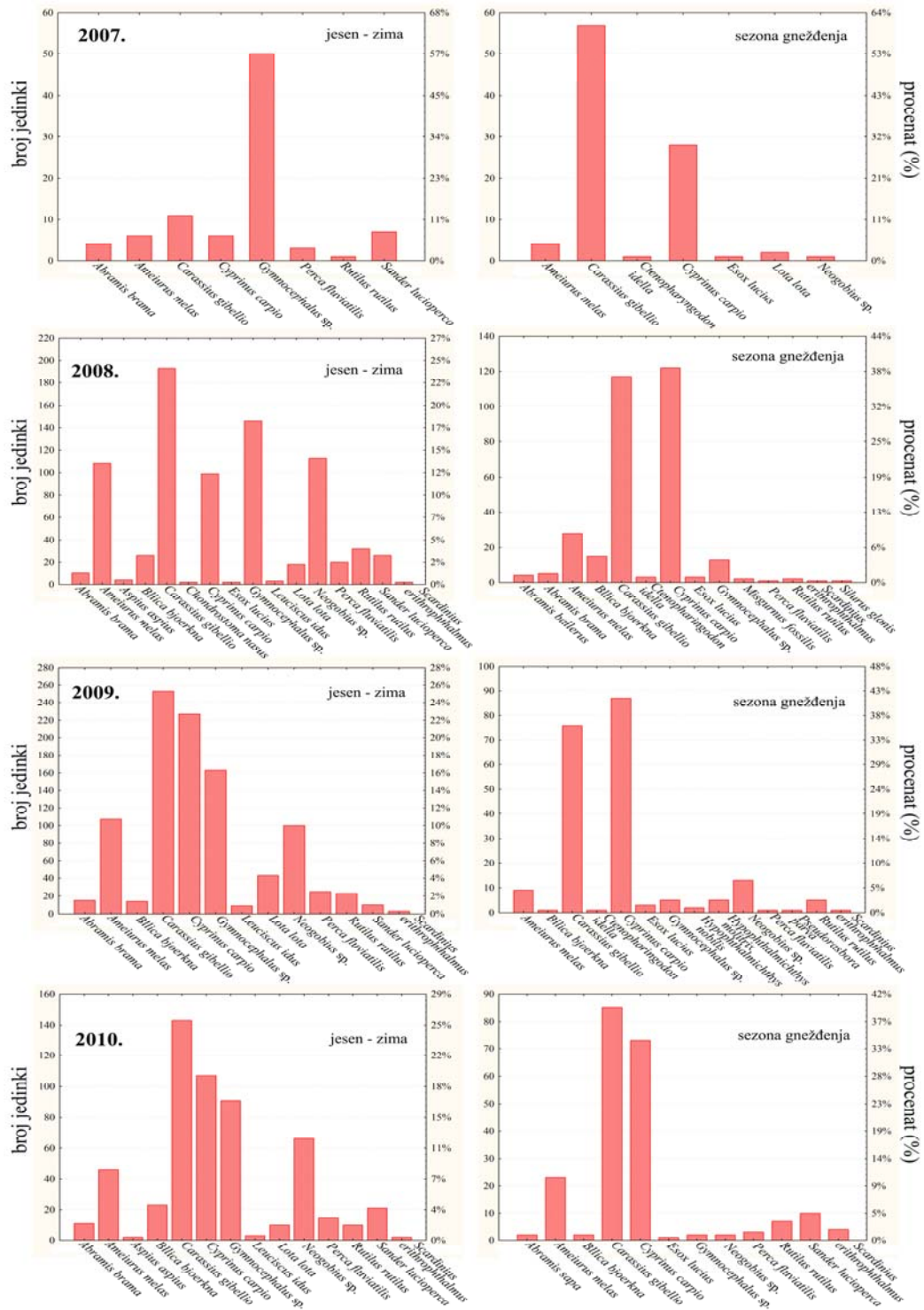
Prosečna dužina plena iznosila je 17,53 cm, a kretala se u opsegu od 6,3 cm (*Carassius gibelio*) do 43,5 cm (*Esox lucius*), dok je prosečna težina je iznosila 94,77 g, a kretala se u opsegu od 1,45 g (*Carassius gibelio*) do 625 g (*Cyprinus carpio*). Šaranske vrste riba su još značajnije zastupljene u ishrani kormorana tokom sezone gnežđenja nego u jesenjem i zimskom periodu. Tako, one čine 85% ukupnog broja ulovljenih jedinki, njihova značajnost u plenu (%PV) iznosi 90,81%, a udeo u biomasi plena je oko 90%. Babuška i šaran su najznačajnije vrste u ishrani tokom sezone gnežđenja sa udelom od 40,26% i 37,26% u brojnosti i 29,41% i 55,33% u biomasi. To potvrđuje i indeks značajnosti (%PV) koji za babušku iznosi 43,93, a za šarana 29,84. Udeo babuške i šarana u ishrani kormorana tokom sezone gnežđenja dat je na Slici 14. Doprinos ostalih vrsta u plenu kormorana tokom sezona gnežđenja od 2007. do 2010. godine predstavljen je u Tabeli 9.

Prosečna dužina (TL) babuški u plenu velikih kormorana u jesenje-zimskom periodu tokom sve četiri godine istraživanja iznosila je 16,76 cm (± 3,69), a težina 68,41 g (± 52,84). Tokom sezone gnežđenja prosečna dužina babuški iznosila je 16,02 cm (± 4,35), a težina 66,76 g (± 55,19). Prosečna dužina tela šarana tokom jesenjih i zimskih meseci od 2007. do 2010. godine iznosila je 22,27 cm (± 3,67), a težina 178 g (± 81,65). Te vrednosti su tokom sezone gnežđenja iznosile 19,60 cm (± 4,33) i 138,16 g (± 88,33). Statistički značajne razlike između dužine i težine tela babuški i šarana u plenu kormorana među različitim sezonama (jesen-zima i sezona gnežđenja) nisu



konstatovane samo u odnosu na težinu babuški ($p = 0,64$, Studentov t -test), dok su u svim ostalim slučajevima te razlike bile značajne ($p < 0,05$) (Slika 15.). Udeo pojedinih dužinskih i težinskih kategorija babuški i šarana u ishrani kormorana tokom jesenje-zimskog perioda i perioda gnežđenja 2007-2010. godine prikazan je na Slici 16.





Slika 13. Vrste riba i njihova zastupljenost u ishrani kormorana od 2007. do 2010. godine tokom jeseni i zime i sezone gneždenja.



Tabela 9. Procentualni doprinos pojedinih kategorija plena u ishrani velikog kormorana u periodu od 2007. do 2010. godine. F - učestalost (frekvencija pojavljivanja); Cn - udeo (numerička abundanca); PV - indeks značajnosti.

Kategorija plena		Sezona	F	Cn	PV	% PV
2007						
Fam. Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	jesen - zima	23,08	4,55	21,84	3,28
	<i>Carassius gibelio</i>	jesen - zima	38,46	12,50	77,52	11,63
	<i>Cyprinus carpio</i>	jesen - zima	46,15	6,82	46,32	6,95
	<i>Rutilus rutilus</i>	jesen - zima	7,69	1,14	3,15	0,47
Fam. Ictaluridae	<i>Ameiurus melas</i>	jesen - zima	30,77	6,82	37,82	5,68
Fam. Percidae	<i>Gymnocephalus</i> sp.	jesen - zima	53,85	56,82	416,93	62,58
	<i>Perca fluviatilis</i>	jesen - zima	15,38	3,41	13,37	2,01
	<i>Sander lucioperca</i>	jesen - zima	38,46	7,95	49,33	7,40
2008						
Fam. Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	jesen - zima	4,32	1,25	2,59	0,52
		s. gneždenja	7,14	0,02	0,05	0,74
	<i>Aspius aspius</i>	jesen - zima	1,85	0,50	0,68	0,14
	<i>Blicca bjoerkna</i>	jesen - zima	12,35	3,24	11,38	2,29
		s. gneždenja	11,90	0,05	0,19	2,87
	<i>Carassius gibelio</i>	jesen - zima	43,83	24,03	159,12	32,08
		s. gneždenja	54,76	0,41	3,05	46,49
	<i>Cyprinus carpio</i>	jesen - zima	26,54	12,33	63,52	12,81
		s. gneždenja	59,52	0,34	2,62	39,92
	<i>Rutilus rutilus</i>	jesen - zima	12,96	3,99	14,35	2,89
		s. gneždenja	4,76	0,01	0,03	0,40
	<i>Leuciscus idus</i>	jesen - zima	1,23	0,37	0,42	0,08
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	jesen - zima	0,62	0,25	0,20	0,04
		s. gneždenja	2,38	0,01	0,01	0,14
<i>Chondrostoma nasus</i>	jesen - zima	0,62	0,12	0,10	0,02	
Fam. Ictaluridae	<i>Ameiurus melas</i>	jesen - zima	26,54	13,45	69,29	13,97

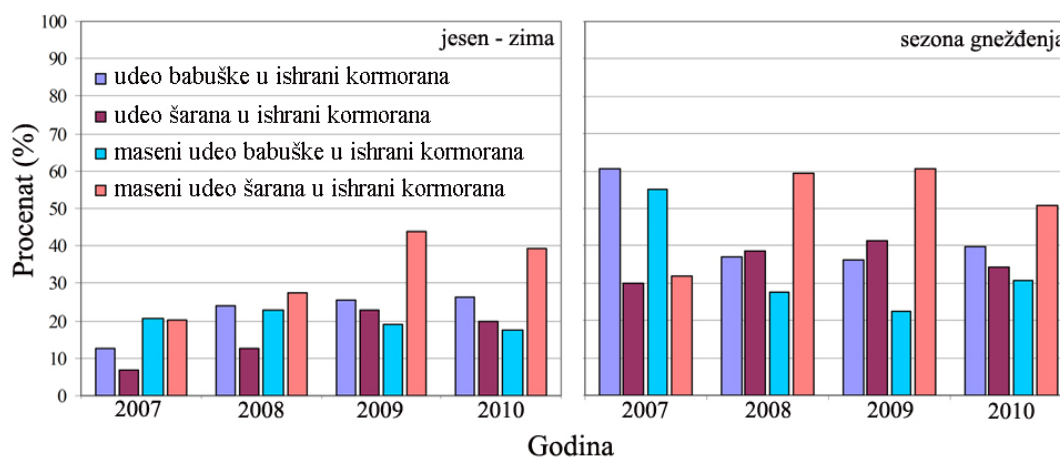


		s. gneždenja	19,05	0,07	0,32	4,84
Fam. Percidae	<i>Gymnocephalus</i> sp.	jesen - zima	28,40	18,18	96,89	19,54
		s. gneždenja	14,29	0,07	0,27	4,19
	<i>Perca fluviatilis</i>	jesen - zima	10,49	2,49	8,07	1,63
	<i>Sander lucioperca</i>	jesen - zima	13,58	3,24	11,93	2,41
Fam. Gobiidae	<i>Neogobius</i> sp.	jesen - zima	13,58	14,07	51,86	10,46
Fam. Gadidae	<i>Lota lota</i>	jesen - zima	5,56	2,24	5,28	1,07
Fam. Esocidae	<i>Esox lucius</i>	jesen - zima	1,23	0,25	0,28	0,06
		s. gneždenja	4,76	0,01	0,03	0,40
2009						
Fam. Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	jesen - zima	5,29	1,51	3,48	0,68
		s. gneždenja	4,33	1,41	2,94	0,58
	<i>Blicca bjoerkna</i>	jesen - zima	5,88	1,67	4,04	0,64
		s. gneždenja	38,94	25,50	159,15	31,25
	<i>Carassius gibelio</i>	jesen - zima	52,94	53,33	388,06	61,16
		s. gneždenja	40,38	22,88	145,42	28,55
	<i>Cyprinus carpio</i>	jesen - zima	52,94	23,33	169,77	26,76
		s. gneždenja	7,21	2,32	6,23	1,22
	<i>Rutilus rutilus</i>	jesen - zima	2,40	0,91	1,41	0,28
<i>Leuciscus idus</i>	jesen - zima	1,44	0,30	0,36	0,07	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	jesen - zima					
Fam. Ictaluridae	<i>Ameiurus melas</i>	jesen - zima	19,71	10,79	47,89	9,40
Fam. Percidae	<i>Gymnocephalus</i> sp.	jesen - zima	25,96	16,43	83,72	16,44
		s. gneždenja	11,76	8,33	28,58	4,50
	<i>Perca fluviatilis</i>	jesen - zima	6,73	2,52	6,54	1,28
		s. gneždenja	5,88	1,67	4,04	0,64
	<i>Sander lucioperca</i>	jesen - zima	4,33	1,01	2,10	0,41
Fam. Gobiidae	<i>Neogobius</i> sp.	jesen - zima	13,46	10,08	36,99	7,26
		s. gneždenja	11,76	11,67	40,02	6,31
Fam. Gadidae	<i>Lota lota</i>	jesen - zima	9,13	4,33	13,10	2,57

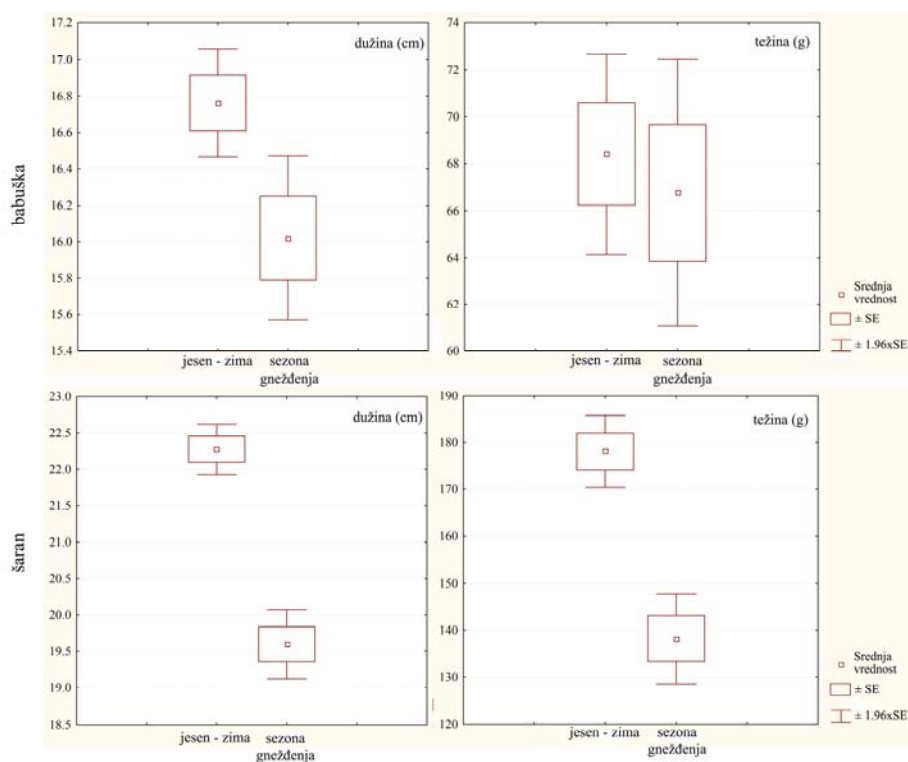


2010						
Fam. Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	jesen - zima	5,65	2,00	4,75	0,97
	<i>Aspius aspius</i>	jesen - zima	1,61	0,36	0,46	0,09
	<i>Blicca bjoerkna</i>	jesen - zima	12,90	4,18	15,02	3,08
		s. gneždenja	4,76	2,56	5,60	0,92
	<i>Carassius gibelio</i>	jesen - zima	35,48	26,00	154,88	31,71
		s. gneždenja	47,62	43,59	300,80	49,44
	<i>Cyprinus carpio</i>	jesen - zima	38,71	19,45	121,04	24,78
		s. gneždenja	52,38	26,92	194,85	32,02
	<i>Leuciscus idus</i>	jesen - zima	2,42	0,55	0,85	0,17
	<i>Rutilus rutilus</i>	jesen - zima	7,26	1,82	4,90	1,00
		s. gneždenja	9,52	3,85	11,87	1,95
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	jesen - zima	16,13	3,82	15,33	3,14
		s. gneždenja	9,52	5,13	15,83	2,60
Fam. Ictaluridae	<i>Ameiurus melas</i>	jesen - zima	16,13	8,36	33,59	6,88
		s. gneždenja	23,81	14,10	68,81	11,31
Fam. Percidae	<i>Gymnocephalus</i> sp.	jesen - zima	22,58	16,55	78,62	16,10
	<i>Perca fluviatilis</i>	jesen - zima	11,29	2,73	9,16	1,88
	<i>Sander lucioperca</i>	jesen - zima	16,13	3,82	15,33	3,14
Fam. Gobiidae	<i>Neogobius</i> sp.	jesen - zima	14,52	12,00	45,72	9,36
		s. gneždenja	9,52	2,56	7,91	1,30
Fam. Gadidae	<i>Lota lota</i>	jesen - zima	4,03	1,82	3,65	0,75
Fam. Esocidae	<i>Esox lucius</i>	s. gneždenja	4,76	1,28	2,80	0,46



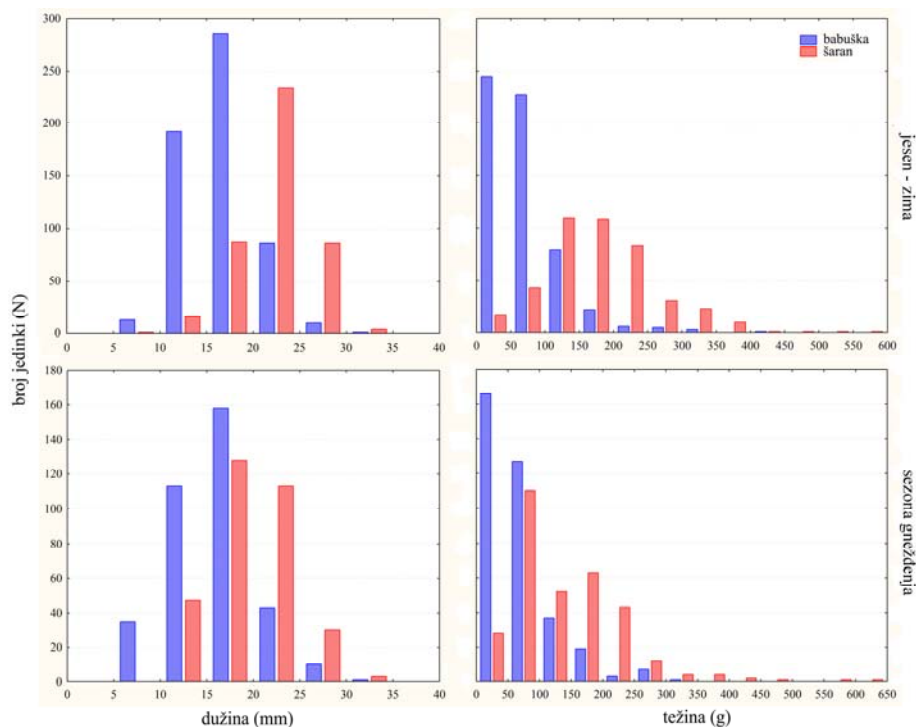


Slika 14. Udeo (brojni i maseni) babuške i šarana u ishrani velikog kormorana tokom jeseni i zime i sezone gnežđenja od 2007. do 2010. godine.



Slika 15. Statističke razlike u dužini i težini babuški i šarana u ishrani velikog kormorana jesenje-zimskog i perioda gnežđenja od 2007. do 2010. godine.



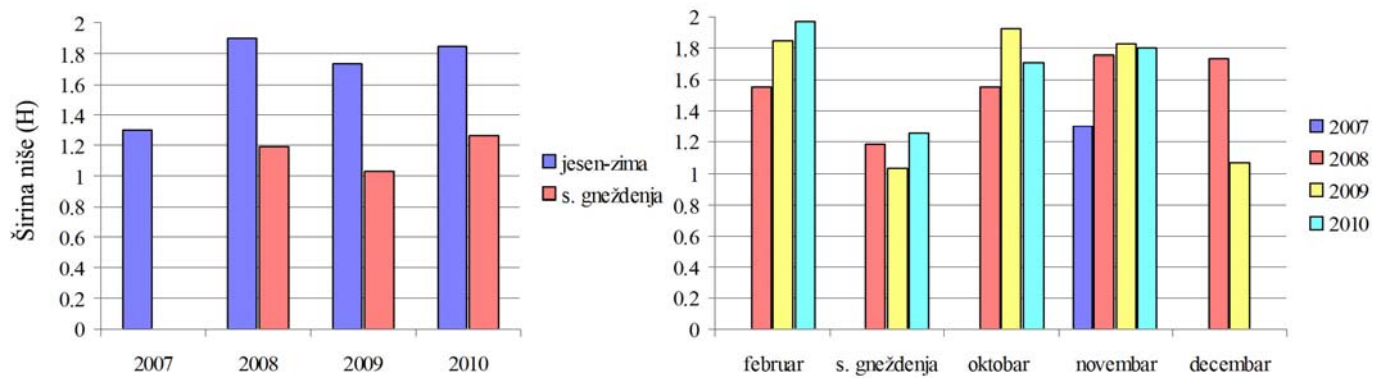


Slika 16. Udeo pojedinih dužinskih i težinskih klasa babuški i šarana u plenu velikih kormorana u periodu od 2007. do 2010. godine

Vrednost širine niše (H) je u mesecima od oktobra do februara tokom istraživanja varirala od 1,07 do 1,97 sa prosečnom vrednošću od $1,67 \pm 0,26$. Tokom sezone gnežđenja iznosila je $1,16 \pm 0,12$ i kretala se u opsegu od 1,03 do 1,26. Najveća vrednost širine niše zabeležena je u februaru 2010. godine (1,97), a najniža u martu tokom sezone gnežđenja 2009. godine (1,03) (Slika 17). Ovakve vrednosti širine niše nam ukazuju na to da je u ishrani velikih kormorana na ovom području tokom jesenjih i zimskih meseci zastupljen veći broj vrsta riba u plenu nego što je to slučaj tokom sezone gnežđenja.

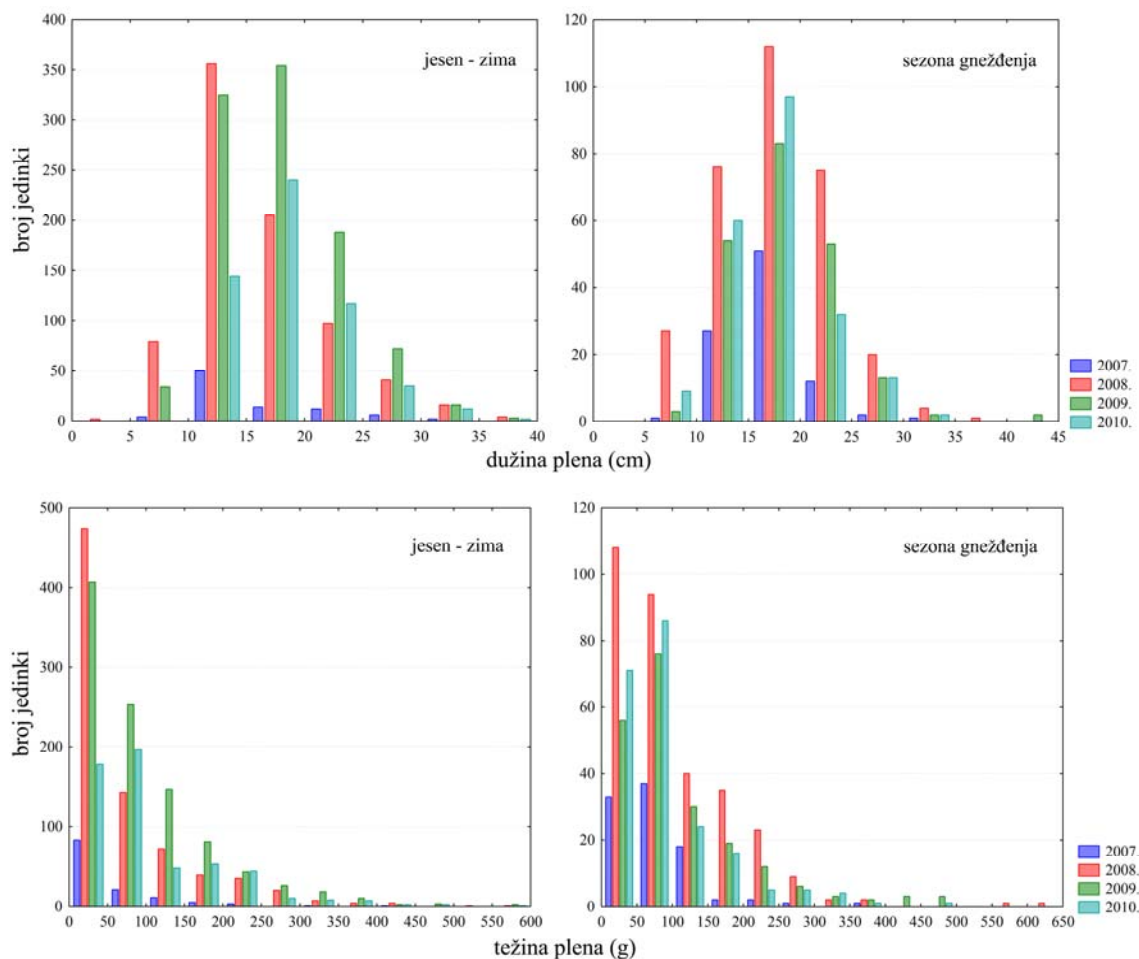
Prosečne dužine i težine plena kormorana, kao i udeo pojedinih dužinskih i težinskih kategorija plena tokom jesenje-zimskog perioda i sezone gnežđenja od 2007. do 2010. godine, predstavljene su u Tabeli 10. i na Slici 18. Tokom sve četiri godine istraživanja u plenu kormorana dominiraju ribe dužine od 10 do 20 cm i težine do 100 g. Ove dužinske kategorije plena zastupljene su u ishrani sa 70,75% tokom sezone gnežđenja i tokom jeseni i zime. Ribe težine do 100 g činile su 68,5% plena u sezoni gnežđenja i 73% tokom jeseni i zime.





Slika 17. Širina niše ishrane (Šenonov indeks H) velikog kormorana po sezonama (levo) i mesecima (desno).





Slika 18. Zastupljenost pojedinih dužinskih i težinskih kategorija plena u ishrani kormorana tokom jesenje-zimskog perioda i sezone gnežđenja od 2007. do 2010. godine.

Testiranje Studentovim *t*-testom uzoraka plena iz perioda jesen-zima i sezone gnežđenja pokazalo je da postoje statistički značajne razlike ($p < 0,05$) u dužini plena u sledećim slučajevima:

- jesen – zima 2007. i sezone gnežđenja 2008., 2009. i 2010.
- jesen – zima 2008. i sezone gnežđenja 2008., 2009. i 2010.
- jesen – zima 2009. i sezone gnežđenja 2009. i 2010.
- jesen – zima 2010. i sezone gnežđenja 2007., 2008. i 2010.

kao i u težini plena između:

- jesen – zima 2007. i sezone gnežđenja 2008. i 2009.
- jesen – zima 2008. i sezone gnežđenja 2008., 2009. i 2010.



- jesen – zima 2009. i sezone gnežđenja 2009.
- jesen – zima 2010. i sezone gnežđenja 2007. i 2010.

Tabela 10. Prosečne dužine i težine plena tokom sezone gnežđenja i u jesenje-zimskom periodu 2007-2010. godine.

Godina	Sezona	Broj jedinki	Prosečna dužina plena (cm)			Prosečna težina plena (g)		
			Srednja vrednost \pm SD	Min	Max	Srednja vrednost \pm SD	Min	Max
2007	gnežđenja	94	16,72 \pm 3,91	7,6	33	76,44 \pm 56,74	11,2	374
	zimaska	88	15,77 \pm 6,07	8,61	34,46	73,72 \pm 96,57	5,63	456,09
2008	gnežđenja	315	17,43 \pm 5,35	6,28	35,5	97,02 \pm 86,26	1,45	625,19
	zimaska	800	15,81 \pm 5,55	3,71	37,3	71,31 \pm 79,73	0,46	578,92
2009	gnežđenja	210	18,35 \pm 5,14	7,2	43,5	107,73 \pm 94,08	4	467,32
	zimaska	992	17,55 \pm 5,13	6,56	37,3	91,67 \pm 84,34	4	582,05
2010	gnežđenja	231	17,23 \pm 4,50	6,7	31,88	86,76 \pm 72,13	3	482,5
	zimaska	550	18,47 \pm 4,7	10,52	36,63	99,93 \pm 83,31	12,05	569,37

Prosečna procenjena vrednost mase riba po gvalici, koja se smatra pokazateljem individualnog dnevnog unosa hrane, tokom zimskog perioda od 2007. do 2010. iznosila je 412 g (\pm 215), a tokom sezone gnežđenja 405 g (\pm 181). Najmanja masa sadržaja gvalice tokom zimskog perioda iznosila je 19,12 g, a najveća 1136,74 g, dok su ove vrednosti tokom sezone gnežđenja bile 104,25 g i 891,59 g. Gvalice čija je procenjena težina sadržaja bila do 500 g činile su 68,5% ukupnog broja gvalica sakupljenih tokom jeseni i zime u sve četiri godine istraživanja, sa maksimalnom zastupljenošću 2008. godine od (77%) i minimalnom 2007. godine (61%). Tokom sezone gnežđenja gvalice težine sadržaja do 500 g bile su zastupljene u još značajnijem stepenu, s prosečnom zastupljenošću od 73,3%, najviše 2008. godine (78%), a najmanje 2009. godine (65%). Statistički značajna razlika između mase riba po gvalici između jesenje - zimskog perioda i sezone gnežđenja nije registrovana ($p = 0,86$, Studentov t -test). Težina riba po gvalici po godinama predstavljena je na Slici 19, a prosečne vrednosti težine sadržaja gvalica po mesecima predstavljene su u Tabeli 11.

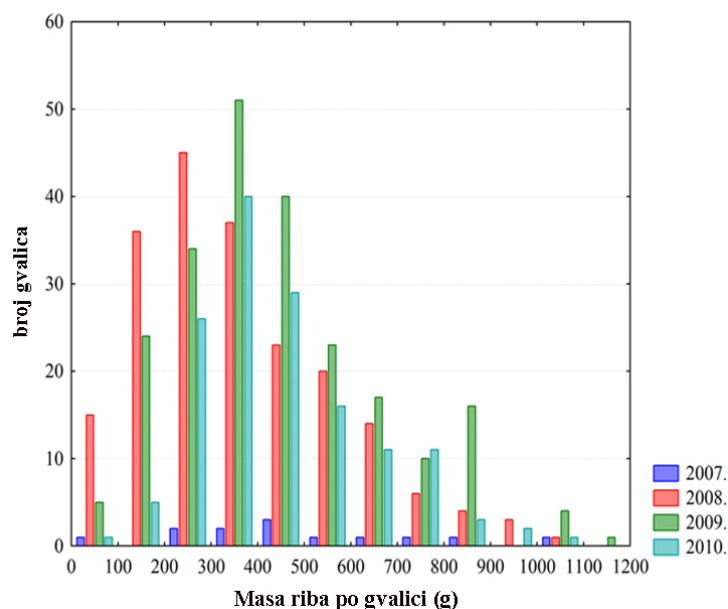


Prosečan broj riba po gvalici tokom sezona gnežđenja od 2008. do 2010. godine bio je 3,77 i kretao se u opsegu od 1 do 14, dok je tokom jeseni i zime (2007-2010. godine) taj broj iznosio 4,85, i kretao se u opsegu od 1 do 37 jedinki. Najveći prosečan broj riba po gvalici zabeležen je u novembru 2007. godine (6,85), a najmanji u martu 2009. godine (3,53). Najviše jedinki u gvalici (37) zabeleženo je u novembru 2008. godine (Tabela 12).

Testiranjem Mann-Whitney U testom pokazalo se da nema statistički značajnih razlika u broju riba po gvalici tokom jesenjih i zimskih meseci za sve četiri godine istraživanja ($p > 0,05$), kao ni među gvalicama sakupljenim tokom sezone gnežđenja od 2008. do 2010. godine.

Statistički značajne razlike ($p < 0,05$) u broju riba po gvalici utvrđene su među uzorcima sakupljenim tokom jesenje-zimskog perioda i onih koji su sakupljeni tokom sezone gnežđenja, i to u sledećim slučajevima:

- novembar 2007. – april 2010.
- februar 2010. – mart 2009. i april 2010.
- novembar 2010. – april 2010.



Slika 19. Odnos rekonstruisanih masa riba po gvalici sakupljenih u SRP “Carska bara” i njihove zastupljenosti u periodu od 2007. do 2010. godine.



Tabela 11. Masa riba po gvalici od 2007. do 2010. godine.

Godina	Mesec	Sr. vr. \pm SD	Min.	Max.
2007	novembar	496,30 \pm 276,92	60,62	1093,41
2008	februar	353,44 \pm 212,56	73,00	901,98
	jun	368,77 \pm 228,55	23,48	1076,62
	oktobar	232,30 \pm 194,02	19,12	703,45
	novembar	393,98 \pm 207,63	51,57	993,01
	decembar	368,82 \pm 176,00	164,66	891,59
2009	februar	398,96 \pm 204,66	49,91	830,56
	mart	457,90 \pm 176,73	121	834,85
	oktobar	503,37 \pm 203,93	103,55	1022,96
	novembar	380,06 \pm 238,53	55,97	1078,84
	decembar	447,99 \pm 214,86	137,53	1136,74
2010	februar	424,09 \pm 186,00	175,29	989,32
	april	415,48 \pm 186,83	104,25	831,46
	oktobar	490,38 \pm 196,89	159,05	1006,26
	novembar	409,43 \pm 172,43	73,48	821,77

Tabela 12. Prosečan broj riba po gvalici u periodu od 2007. do 2010. godine.

Godina	Mesec	Sr. vr. \pm SD	Min.	Max.
2007	novembar	6,85 \pm 7,78	1	24
2008	februar	3,64 \pm 2,96	1	13
	jun	3,88 \pm 2,45	1	14
	oktobar	4,28 \pm 3,74	1	18
	novembar	5,49 \pm 5,81	1	37
	decembar	6,1 \pm 4,36	1	17
2009	februar	4,15 \pm 2,22	1	9
	mart	3,53 \pm 1,59	1	6
	oktobar	4,75 \pm 3,29	1	16
	novembar	4,91 \pm 3,97	1	20
	decembar	5,25 \pm 5,37	1	25



2010	februar	4,19 ± 2,13	1	10
	april	3,71 ± 2,05	1	9
	oktobar	4,38 ± 2,16	1	11
	novembar	4,64 ± 2,47	1	11

3.2.1 Povrede na ribama koje uzrokuju veliki kormorani

Povrede na ribama uzrokovane neuspešnim napadima kormorana konstatovane su kod šest vrsta riba i to: šarana, amura, soma, štuke, cverglana i babuške. Razlikovala su se dva tipa oštećenja kože: površinske povrede (kontuzije) i otvorene subepitelne povrede koje su obično praćene nekrozama.

Površina tela zahvaćena povredama uzrokovanih napadima kormorana kreće se od $4,53 \pm 3,76\%$ kod jednogodišnjih, $7,64\% \pm 7,47\%$ kod dvogodišnjih i $2,53\% \pm 3,33\%$ kod trogodišnjih golih ribnjačkih šarana (Tabela 13). Oba tipa povreda, površinske povrede i otvorene subepitelne povrede, su zabeležene u svim starosnim kategorijama golih ribnjačkih šarana. Najveći stepen površinskih povreda pojedinačno, kod golog ribnjačkog šarana iznosio je 23,15% i registrovan je kod dvogodišnje ribe, dok je kod jednog krljuštavog šarana iste starosti povredama bilo zahvaćeno čak 63,05% površine tela. Najveća površina tela zahvaćena otvorenim subepitelnim povredama (8,38%) registrovana je kod jedinke dvogodišnjeg golog ribnjačkog šarana.

Najveće jedinke povređene prilikom napada kormorana bile su: goli ribnjački šaran od 2700 g, som od 2300 g, štuka od 1575 g, ljuskavi šaran od 966 g, amur od 631 g i babuška od 315 g.

Razlike između kondicionih faktora (FCC) povređenih (Tabela 13) i zdravih (Tabela 14) jednogodišnjih golih ribnjačkih šarana statistički je značajna ($p=0,05$, Mann-Whitney U test). Među dvogodišnjim golim ribnjačkim šaranima nema statistički značajne razlike u kondicionim faktorima ($p>0,05$; Mann-Whitney U test) između zdravih i povređenih jedinki, kao i među ovim šaranima sa otvorenim subepitelnim povredama i onim sa površinskim povredama ($p>0,05$; Mann-Whitney U test). Takođe,



nema statistički značajne razlike u kondicionom faktoru između zdravih i povređenih dvogodišnjih šarana sa krljuštima ($p= 0,34$) (Tabele 13 i 14).



Tabela 13. Površina povreda nastalih napadima kormorana u procentima (srednja vrednost \pm SD) u odnosu na površinu tela.

Vrsta ribe	starost	n	TL (mm)	W (g)	površinske povrede (%)	duboke povrede (%)	ukupno (%)	FCC
<i>Cyprinus carpio</i> (goli)	1	44	219,5 \pm 0,89	81,75 \pm 51,69	4,54 \pm 3,75	0,49 \pm 0,82	4,53 \pm 3,76	2,09 \pm 0,77
<i>Cyprinus carpio</i> (goli)	3	36	407,5 \pm 5,5	1327,8 \pm 610,28	2,56 \pm 3,41	0,39 \pm 0,4	2,53 \pm 3,33	1,87 \pm 0,32
<i>Cyprinus carpio</i> (ljuskavi)	3	6	278,3 \pm 7,15	338,33 \pm 224,71	14,1 \pm 7,26	0,33 \pm 0,16	14,21 \pm 7,22	1,4 \pm 0,18
<i>Cyprinus carpio</i> (ljuskavi)	1	2	198,5 \pm 2,05	139,5 \pm 50,2	5,47 \pm 3,63	0,33	5,63 \pm 3,87	1,74 \pm 0,1
<i>Silurus glanis</i>	3	2	590 \pm 8,48	1660 \pm 905,1	3,92 \pm 0,81	0	3,92 \pm 0,81	0,76 \pm 0,11
<i>Esox lucius</i>	3	9	495,3 \pm 5,31	977,2 \pm 386,25	10,38 \pm 5,66	2,07 \pm 2,7	11,53 \pm 5,07	0,76 \pm 0,08
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	2	3	333,3 \pm 9,39	451 \pm 272,9	12,22 \pm 10,6	0	12,22 \pm 10,6	1,03
<i>Carassius gibelio</i>	1	7	222,4 \pm 1,12	220,86 \pm 50,29	18,83 \pm 8,76	2,41	19,18 \pm 8,02	2,05 \pm 0,71
<i>Ameiurus melas</i>	1	1	275	288	6,71	1,37	8,08	1,38
<i>Cyprinus carpio</i> (goli)	2	42	322,2 \pm 45,7	628 \pm 348	6,52 \pm 6,6	3,45 \pm 6,66	7,64 \pm 7,47	1,73 \pm 0,18
<i>Cyprinus carpio</i> (ljuskavi)	2	12	310,7 \pm 32,1	525,92 \pm 174,77	18,38 \pm 15,87	0	18,38 \pm 15,87	1,7 \pm 0,15

Tabela 14. Kondicioni faktor (FCC) zdravih jedinki ljuskavih šarana i golog ribnjačkog šarana.

Vrsta ribe	starost	n	TL (mm)	W (g)	FCC
<i>Cyprinus carpio</i> (goli)	2	19	349±64.5	770.26±381.85	1.68±0.3
<i>Cyprinus carpio</i> (goli)	1	7	135.4±13.5	47.1±14.25	1.85±0.2
<i>Cyprinus carpio</i> (ljuskavi)	2	6	365.8±26.2	901.67±197.88	1.84±0.3

Histopatološke promene nastale na koži na mestima povreda praćene su na jednogodišnjim golim ribnjačkim i šaranima sa krljuštima. Ukupna dužina tela (TL) i težina kod golih šarana bila je u opsegu od 12,3 do 24 cm i od 30 do 304 g, a kod šarana sa krljuštima od 13,8 do 21,3 cm i od 47 do 175 g. Srednja vrednost površinskih i subepitelih povreda ne pokazuje statistički značajnu razliku između golih ribnjačkih i šarana sa krljuštima. Takođe, nema značajne korelacije između veličine šarana i površine povreda (Tabela 15).

Tabela 15. Totalna dužina tela, težina tela i kondicioni faktor analiziranih jedinki šarana, površina površinskih i subepitelih povreda (u cm² i procentima u odnosu na površinu tela) i patološke promene vrednovane po Bernet *et al.* (1999) i Wahli *et al.* (2003). Vrednosti su predstavljene kao srednja vrednost ± standardna devijacija.

	Povređeni šarani	Grupa na oporavku
Totalna dužina tela (cm)	16,26±0,55	16,3±0,4
Težina tela (g)	83,14±10,68	75,7±4,7
Kondicioni faktor	1,76±0,03	1,75±0,04
Površina površinskih povreda (cm ²)	8,86±1,46	10,7±4,61*
Površina površinskih povreda (%)	10,66±1,86	13,96±6,13*
Površina otvorenih subepitelih povreda (cm ²)	0,55±0,67	0,38±0,39*
Površina otvorenih subepitelih povreda (%)	0,85±0,90	0,35±0,47*
Bernet-ov sistem vrednovanja	56,70±4,72	20,67±1,05
Wahli-jev sistem vrednovanja	31,57±2,21	10,80±0,87

* - vrednosti povreda posle perioda oporavka



3.2.1.1 Struktura povredene kože šarana

Koža kod šarana, kao i kod svih ostalih riba, morfološki je podeljena u tri sloja: epidermis, dermis i hipodermis (Singh & Mittal, 1990). Epidermis je takođe stratifikovan i sastoji se iz tri sloja. Gornji sloj sastoji se od epitelnih i mukoznih ćelija, srednji od alarmnih i okruglih ćelija, dok donji sloj, koji se nalazi se iznad bazalne membrane, čine matične ćelije. Dermis sadrži dva sloja: gornji – stratum spongiosum, koji čine rastresite mreže kolagenih i retikularnih vlakana paralelnih sa bazalnom membranom, pigmentne ćelije (hromatofore), mastocite i krljušt, i donji - stratum compactum, koga čini gusti kolageni matriks koji daje čvrstinu koži. Hipodermis se sastoji od jednog sloja ćelija koje čine adipozno tkivo i koje je bolje vaskularizovano od gornjeg sloja stratum compactum-a. Ispod hipodermisa se nalaze poprečno prugasti mišići.

Histopatološke promene na ranama nastalim od kormorana najčešće su bile izražene kao poremećena struktura sloja epidermisa, povećan broj alarmnih ćelija i izmenjena morfologija pokrovnih ćelija. Najređe promene su bile kompletna ekskrijacija epidermisa i proliferacija, koje spadaju u ozbiljnije patološke odgovore. Enormno zadebljanje epidermalnog sloja je primećeno kod nekih riba i to češće kod onih gde je površina rane bila veća.

Najčešće patološke promene u dermisu kod rana bile su u broju i položaju pigmentnih ćelija. U normalnoj koži melanocyte se nalaze u jednom sloju odmah ispod bazalne membrane (Singh & Mittal, 1990). Patološke promene koje su nalažene u ovoj studiji uključuju povećanje broja pigmentnih ćelija kao i broja slojeva u kojima se nalaze. Često se umesto jednog sloja, ove pigmentne ćelije nalaze u dva ili više slojeva. Revaskularizacija rana je spor proces. U ovom istraživanju, u čak 84,6% slučajeva nije oformljena nova mreža krvnih sudova. Najređe su, kao i kod epidermisa, nalaženi najteži poremećaji, kao što su mrtve ćelije ili materijal u dermisu, te prisustvo staza i cista. Hipodermis kod šarana koji su pretrpeli povrede od kormorana uvećan je dodatnim slojevima adipocita kod više od 80 % uzoraka.

U ranama pregledanih riba najređe je nalaženo krvarenje u muskulaturi. Najčešće promene su bile u samoj strukturi mišićnih vlakana i infiltraciji koja se



sličnom učestalošću javlja u sva tri sloja kože. U velikom broju uzoraka primećena je infiltracija mišićnog sloja leukocitima. Mioliza je primećena na oko 50% uzoraka (Tabela 16).

Kod tri povređene jedinke koje su držane u akvarijumu dva meseca da bi se pratio njihov oporavak nisu registrovane ozbiljne histopatološke promene u koži nakon perioda oporavka. Ipak, javile su se manje promene koje su se ogledale u povećanom broju alarmnih ćelija i melanocita, kao i u zadebljavanju stratum compactum-a u dermisu (Slika 20a.)

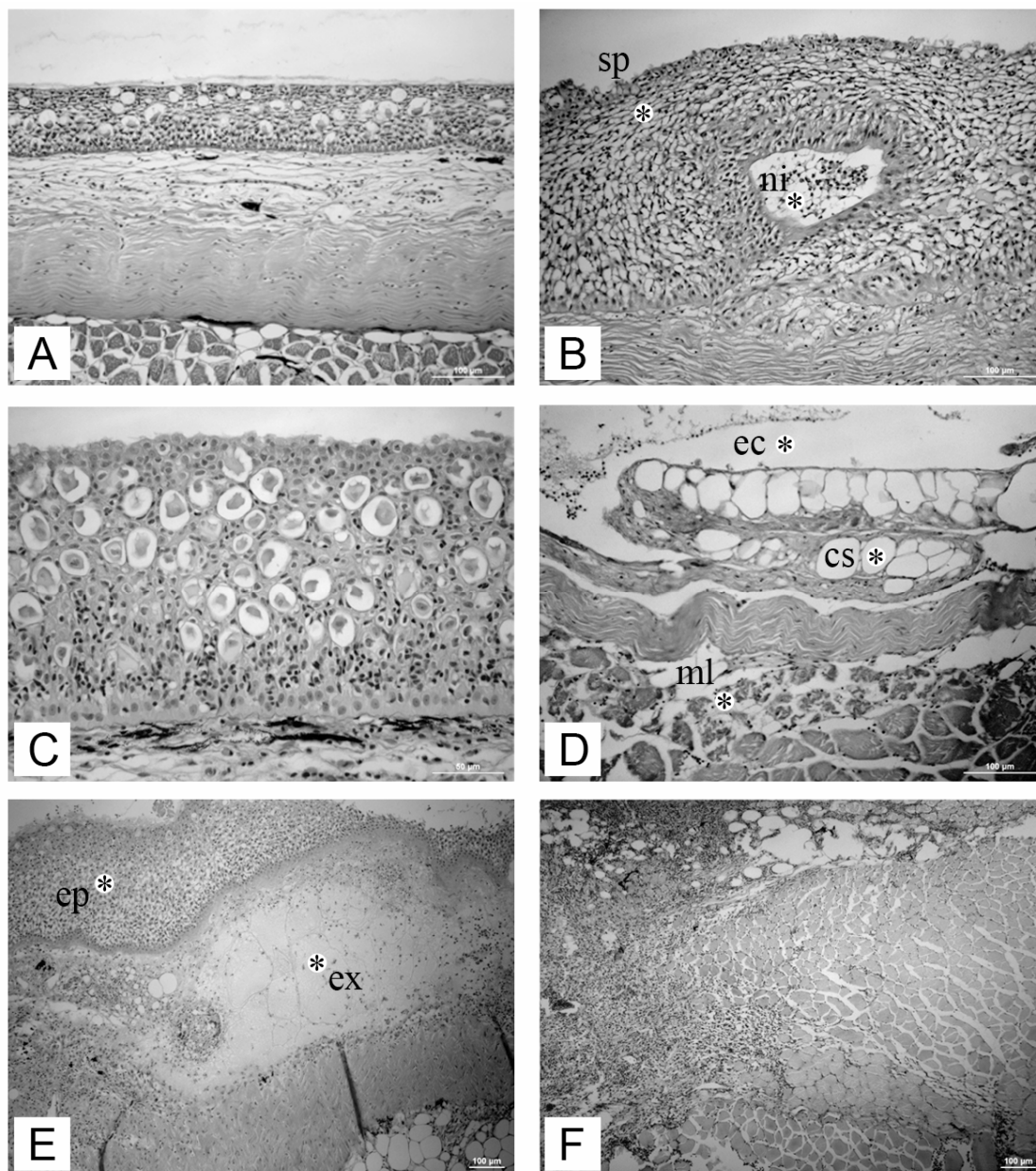
Tabela 16. Učestalost histoloških promena u različitim slojevima kože nakon napada kormorana na šarane.

Tkivo	Promena	Procenat
Epidermis	struktura	84,6%
	debljina	65,4%
	oblik/struktura bazalnih ćelija	76,9%
	oblik/struktura epitelnih ćelija	84,6%
	oblik/struktura pokrovnih ćelija	76,9%
	broj alarmnih ćelija	80,8%
	infiltracija	73,1%
	proliferacija	38,5%
	ekskorijacija	38,5%
	piknoza jedra	69,2%
	spongioza	50,0%
Dermis	struktura	76,9%
	mrtve ćelije i ćelijski debris	26,9%
	infiltracija	80,8%
	broj pigmentnih ćelija	88,5%
	revaskularizacija	84,6%
	zamena vezivom	57,7%
	ciste	30,8%
	debljina stratum compactum - a	65,4%



	staze u krvnim sudovima	30,8%
Hipodermis	rasprostranjenost masnog tkiva	80,8%
Muskulatura	struktura	61,5%
	krvarenje	23,1%
	mioliza	53,8%
	infiltracija	73,1%
	proliferacija veziva	57,7%





Slika 20. (A) Struktura kože nakon zarastanja rane: osim melanocita u mišićnom sloju presek kože je bez patoloških promena (H/E x 20); (B-F) Histopatološke promene uočene u studiji: (B) ni = nidusi u epidermisu; sp = spongioza epidermisa (H/E x 20); (C) proliferacija alarmnih ćelija u epidermisu (H/E x 40); (D) ec = ekskorijacija epidermisa; cs = ciste u dermisu; ml = mioliza mišićnog tkiva (H/E x 20); (E) ep = proliferacija epidermisa; ex = eksudat u dermisu (H/E x 10); (F) infiltracija leukocita u hipodermis i mišićni sloj (H/E x 10); H/E x n = bojenje preparata hematoksilinom i eozinom x uvećanje objektiva.



3.3. Koncentracije teških metala i mikroelemenata u tkivima velikog kormorana i njegovom dominantnom plenu

Prosečne dužine i težine tela jedinki kormorana, šarana i babuški korišćenih za analizu koncentracija teških metala i mikroelemenata prikazani su u Tabeli 17. Koncentracije elemenata u svih pet analiziranih tkiva kormorana predstavljeni su u Tabeli 18. Koncentracije elemenata u tkivima dve analizirane vrste riba prikazani su u Tabeli 19. Analiza je pokazala da su koncentracije B, Cd, Co, Cr, Ni i Se bile ispod praga detekcije u svim analiziranim uzorcima, dok su Ba i Li detektovani samo u uzorcima riba, a Pb samo u tkivima kormorana.

Tabela 17. Ukupna dužina i težina tela analiziranih jedinki kormorana, šarana i babuški (srednja vrednost \pm standardna devijacija; najmanja i najveća jedinka u zagradi).

	N	Ukupna dužina tela [cm]	Težina tela sa želudačnim sadržajem [g]
Kormoran (juvenilni)	7	80,76 \pm 5,23 (75,0 – 88,0)	2181,43 \pm 227,48 (1880 – 2420)
Kormoran (subadulti)	7	80,86 \pm 4,63 (74,0 – 86,0)	2228,57 \pm 203,59 (1840 - 2440)
Kormoran (adulti)	7	79,51 \pm 6,16 (71,0 – 86,5)	2122,86 \pm 238,45 (1840 - 2540)
Kormoran (ukupno)	21	80,38 \pm 5,14 (71,0 – 88,0)	2177,62 \pm 216,75 (1840 – 2540)
Šaran (1 ⁺)	5	18,48 \pm 1,24 (16,9 – 20,0)	143,00 \pm 24,39 (110 – 175)
Šaran (2 ⁺)	5	30,40 \pm 1,15 (28,8 – 31,6)	482,80 \pm 60,88 (380 – 530)
Šaran (ukupno)	10	24,44 \pm 6,38 (16,9 – 31,6)	312,90 \pm 184,35 (110 – 530)
Babuška (2 ⁺)	10	19,71 \pm 2,27 (17,2 – 23,6)	116,70 \pm 38,96 (80 – 186)

Poređenje stepena akumulacije među analiziranim tkivima kormorana pokazuje da su koncentracije u tkivima značajno različite ($p < 0,05$; Tabela 18) za većinu



analiziranih elemenata. Koncentracije Cu, Fe, Hg i Mo su najveće u jetri, Al, Mn i Si u perima, dok su najveće koncentracije Mg, Sr i Zn u kostima.

Tabela 18. Koncentracije teških metala i mikroelemenata u različitim tkivima kormorana (srednja vrednost \pm standardna devijacija). Koncentracije su izražene kao $\mu\text{g/g}$ suve težine, dok DL označava vrednosti koje su bile ispod granice detekcije. Juv – juvenilne jedinke; Sub – subadultne jedinke; Ad – adultne jedinke.

		Mišić	Jetra	Crevo	Pero	Kost
Al	Juv	18,06*	DL	DL	66,19 \pm 79,88	DL
	Sub	DL	DL	DL	82,75 \pm 29,07	2,96*
	Ad	DL	DL	DL	65,94 \pm 31,77	DL
	Ukupno	18,06* ^a	DL ^a	DL ^a	71,63 \pm 50,36 ^b	2,96* ^a
As	Juv	DL	DL	DL	DL	DL
	Sub	DL	DL	DL	DL	DL
	Ad	2,34; 0,56**	1,28; 0,55**	1,86*	1,18; 0,22**	1,87*
	Ukupno	2,34; 0,56** ^a	1,28; 0,55** ^a	1,86* ^a	1,18; 0,22** ^a	1,87* ^a
Cu	Juv	1,33*	3,92 \pm 5,09	DL	DL	DL
	Sub	DL	40,50 \pm 69,43	DL	DL	DL
	Ad	3,085*	3,00 \pm 2,43	DL	DL	DL
	Ukupno	1,33; 3,085** ^a	16,45 \pm 43,13 ^b	DL ^a	DL ^a	DL ^a
Fe	Juv	205,55 \pm 27,18	884,88 \pm 282,06	72,63 \pm 57,77	129,65 \pm 149,30	41,25 \pm 19,92
	Sub	209,05 \pm 32,61	624,97 \pm 180,65	48,16 \pm 22,43	179,58 \pm 58,63	56,35 \pm 23,64
	Ad	222,37 \pm 53,86	1108,63 \pm 624,21	47,33 \pm 14,94	239,17 \pm 213,39	19,56 \pm 8,99
	Ukupno	212,24 \pm 38,27 ^a	861,04 \pm 421,98 ^b	56,04 \pm 36,93 ^c	182,80 \pm 153,25 ^d	39,06 \pm 23,46 ^e
Hg	Juv	2,84 \pm 0,59	6,18 \pm 2,21	2,49 \pm 0,37	3,38 \pm 1,51	1,72 \pm 0,50
	Sub	2,86 \pm 1,28	6,14 \pm 2,51	2,29 \pm 1,00	4,37 \pm 2,58	1,70 \pm 0,45
	Ad	1,65 \pm 0,58	3,18 \pm 1,11	1,29 \pm 0,31	2,70 \pm 1,49	1,04 \pm 0,22
	Ukupno	2,45 \pm 1,01 ^a	5,26 \pm 2,41 ^b	2,02 \pm 0,81 ^a	3,48 \pm 1,96 ^a	1,49 \pm 0,50 ^c
Mg	Juv	750,48 \pm 95,75	519,50 \pm 81,38	618,33 \pm 88,22	207,26 \pm 133,58	1846,97 \pm 262,66
	Sub	812,95 \pm 51,50	553,51 \pm 128,21	643,30 \pm 83,85	246,82 \pm 40,60	1997,81 \pm 228,50
	Ad	691,76 \pm 60,28	524,04 \pm 40,32	497,63 \pm 94,99	202,32 \pm 45,71	1310,81 \pm 275,08



	Ukupno	751,73 ± 84,89 ^a	532,77 ± 89,21 ^b	586,42 ± 106,77 ^b	218,80 ± 83,01 ^c	1718,53 ± 387,71 ^d
Mn	Juv	DL	8,96 ± 1,98	DL	12,02 ± 14,09	0,82 ± 0,90
	Sub	DL	9,24 ± 2,09	DL	15,42 ± 5,61	1,634 ± 1,31
	Ad	DL	10,03 ± 1,03	DL	10,81 ± 7,88	1,01 ± 0,84
	Ukupno	DL ^a	9,38 ± 1,76 ^b	DL ^a	12,750 ± 9,57 ^b	1,155 ± 1,05 ^c
Mo	Juv	DL	1,61 ± 0,55	0,07; 0,07**	DL	0,07 ± 0,07
	Sub	DL	2,07 ± 0,42	0,06*	DL	0,078 ± 0,09
	Ad	DL	1,71 ± 0,30	DL	DL	0,09 ± 0,10
	Ukupno	DL ^a	1,80 ± 0,46 ^b	0,03 ± 0,01 ^a	DL ^a	0,08 ± 0,08 ^c
Pb	Juv	DL	DL	DL	DL	DL
	Sub	DL	DL	DL	7,15*	DL
	Ad	DL	DL	DL	DL	29,92*
	Ukupno	DL ^a	DL ^a	DL ^a	7,15* ^a	29,92* ^a
Si	Juv	59,24*	DL	DL	84,40 ± 161,91	DL
	Sub	DL	DL	DL	161,10 ± 57,27	12,65*
	Ad	DL	DL	DL	114,39 ± 83,03	DL
	Ukupno	59,24* ^a	DL ^a	DL ^a	119,96 ± 109,37 ^b	12,65* ^a
Sr	Juv	0,08 ± 0,02	0,12 ± 0,11	0,50 ± 0,39	2,02 ± 1,65	79,03 ± 25,80
	Sub	0,09 ± 0,04	0,08 ± 0,01	1,09 ± 1,30	2,90 ± 0,47	89,36 ± 31,44
	Ad	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,47 ± 0,18	2,26 ± 0,81	73,70 ± 15,62
	Ukupno	0,08 ± 0,02 ^a	0,09 ± 0,07 ^a	0,66 ± 0,79 ^b	2,39 ± 1,11 ^c	80,79 ± 24,75
Zn	Juv	37,63 ± 8,48	59,37 ± 14,49	89,60 ± 18,23	72,97 ± 7,84	89,53 ± 11,58
	Sub	40,82 ± 3,14	68,05 ± 10,24	86,05 ± 16,01	84,23 ± 5,44	109,40 ± 9,38
	Ad	42,31 ± 9,64	55,26 ± 8,81	72,16 ± 12,96	64,92 ± 6,80	83,893 ± 16,45
	Ukupno	40,26 ± 7,51 ^a	61,17 ± 12,23 ^b	82,60 ± 16,93 ^c	74,04 ± 10,34 ^d	94,28 ± 16,54 ^e

a, b, c, d, e – vrednost sa različitim slovom u istom redu predstavljaju razlike (Mann–Whitney U test, p<0.05)

* - koncentracije iznad nivoa detekcije samo u jednom uzorku

** - koncentracije iznad nivoa detekcije samo u dva uzorka



Tabela 19. Koncentracije teških metala i mikroelemenata u različitim tkivima plena kormorana, šarana i babuške (srednja vrednost \pm standardna devijacija). Koncentracija su izražene kao $\mu\text{g/g}$ suve težine, dok DL označava vrednosti koje su bile ispod granice detekcije.

		Mišić	Jetra	Škruga	Bubreg	Gonada
Al	C 1 ⁺	DL	9,90*	156,89 \pm 160,42	DL	/
	C 2 ⁺	DL	57,42*	161,97 \pm 62,63	8,06*	25,95*
	C tot	DL ^a	9,90; 57,42** ^a	159,43 \pm 114,84 ^b	8,06* ^a	25,95* ^a
	G	7,93* ^a	35,36; 78,98** ^a	49,36 \pm 69,99 ^b	DL ^a	DL ^a
As	C 1 ⁺	DL	DL	DL	DL	/
	C 2 ⁺	DL	DL	DL	DL	0,23, 0,56**
	C tot	DL ^a	DL ^a	DL ^a	DL ^a	0,23, 0,56** ^a
	G	DL ^a	0,69 \pm 1,36 ^a	DL ^a	DL ^a	DL ^a
Ba	C 1 ⁺	DL	DL	DL	DL	/
	C 2 ⁺	DL	DL	DL	DL	DL
	C tot	DL ^a	DL ^a	DL ^a	DL ^a	DL ^a
	G	DL ^a	DL ^a	9,02 \pm 12,31 ^a	DL ^a	DL ^a
Cu	C 1 ⁺	DL	DL	DL	DL	/
	C 2 ⁺	DL	9,77 \pm 12,59	DL	DL	DL
	C tot	DL ^a	4,90 \pm 9,84 ^a	DL ^a	DL ^a	DL ^a
	G	DL ^a	36,20 \pm 54,18 ^b	DL ^a	DL ^a	DL ^a
Fe	C 1 ⁺	24,99 \pm 11,13	102,92 \pm 37,24	268,91 \pm 133,88	170,79 \pm 22,83	/
	C 2 ⁺	10,12 \pm 4,59	139,92 \pm 83,14	284,96 \pm 91,91	501,59 \pm 252,85	42,96 \pm 20,80
	C tot	17,56 \pm 11,22 ^a	121,42 \pm 63,79 ^b	276,93 \pm 108,59 ^c	336,19 \pm 242,99 ^c	42,96 \pm 20,80 ^d
	G	48,47 \pm 10,43 ^a	7926,08 \pm 4648,01 ^b	315,27 \pm 84,56 ^c	777,50 \pm 674,57 ^d	60,12 \pm 22,00 ^a
Hg	C 1 ⁺	0,71 \pm 0,10	0,57 \pm 0,05	0,75 \pm 0,18	0,68 \pm 0,12	/
	C 2 ⁺	0,55 \pm 0,10	0,65 \pm 0,10	0,69 \pm 0,09	0,56 \pm 0,10	0,77 \pm 0,11
	C tot	0,63 \pm 0,13 ^a	0,61 \pm 0,08 ^a	0,72 \pm 0,14 ^a	0,62 \pm 0,12 ^a	0,77 \pm 0,11 ^a
	G	0,79 \pm 0,15 ^a	0,75 \pm 0,11 ^a	0,78 \pm 0,12 ^a	0,79 \pm 0,24 ^a	0,57 \pm 0,13 ^b
Li	C 1 ⁺	DL	DL	DL	DL	/



	C 2 ⁺	DL	DL	DL	DL	DL
	C tot	DL ^a	DL ^a	DL ^a	DL ^a	DL ^a
	G	DL ^a	20,797 ± 13,63 ^b	DL ^a	DL ^a	DL ^a
Mg	C 1 ⁺	925,14 ± 45,16	486,07 ± 35,92	1086,73 ± 203,39	557,61 ± 83,23	/
	C 2 ⁺	779,47 ± 133,06	449,52 ± 86,87	1688,70 ± 229,49	499,688 ± 81,81	187,658 ± 138,82
	C tot	852,31 ± 121,12 ^a	467,79 ± 65,56 ^b	1387,72 ± 377,43 ^c	528,65 ± 83,58 ^b	187,66 ± 138,82 ^d
	G	859,38 ± 311,12 ^a	446,73 ± 112,32 ^b	2010,20 ± 312,27 ^c	488,94 ± 82,06 ^b	623,05 ± 69,41 ^d
Mn	C 1 ⁺	DL	DL	2,460 ± 2,27	DL	/
	C 2 ⁺	DL	2,80; 0,81**	10,64 ± 3,35	DL	DL
	C tot	DL ^a	2,80; 0,81** ^a	6,55 ± 5,08 ^b	DL ^a	DL ^a
	G	DL ^a	8,13 ± 5,98 ^b	33,86 ± 9,42 ^c	0,38 ± 0,69 ^a	DL ^a
Mo	C 1 ⁺	DL	0,60 ± 1,06	0,19*	0,74 ± 0,37	/
	C 2 ⁺	DL	0,37 ± 0,15	0,18; 0,06**	0,59 ± 0,36	0,15*
	C tot	DL ^a	0,49 ± 0,73 ^b	0,07 ± 0,06 ^a	0,67 ± 0,36 ^b	0,15* ^a
	G	DL ^a	0,82 ± 0,34 ^b	DL ^a	0,93 ± 0,40 ^b	DL ^a
Si	C 1 ⁺	DL	DL	243,55 ± 289,91	DL	/
	C 2 ⁺	DL	80,53*	260,10 ± 107,75	DL	29,59*
	C tot	DL ^a	80,53* ^a	251,82 ± 206,38 ^b	DL ^a	29,59* ^a
	G	DL ^a	12,14; 91,93** ^a	77,00 ± 126,36 ^b	DL ^a	DL ^a
Sr	C 1 ⁺	0,89 ± 0,39	0,27 ± 0,06	25,70 ± 13,62	0,30 ± 0,07	/
	C 2 ⁺	1,08 ± 0,37	0,34 ± 0,07	43,79 ± 7,36	0,39 ± 0,07	0,15 ± 0,10
	C tot	0,98 ± 0,37 ^a	0,30 ± 0,07 ^b	34,75 ± 14,05 ^c	0,34 ± 0,08 ^b	0,15 ± 0,10 ^d
	G	2,27 ± 0,73 ^a	0,30 ± 0,16 ^b	90,75 ± 11,21 ^c	0,35 ± 0,14 ^b	0,73 ± 0,85 ^b
Zn	C 1 ⁺	20,51 ± 4,27	117,09 ± 37,70	214,42 ± 13,73	560,26 ± 96,37	/
	C 2 ⁺	10,64 ± 4,52	169,52 ± 80,34	338,16 ± 109,25	285,93 ± 111,03	60,20 ± 24,07
	C tot	15,57 ± 6,65 ^a	143,30 ± 65,30 ^b	276,29 ± 98,19 ^c	423,10 ± 174,68 ^c	60,20 ± 24,07 ^d
	G	46,39 ± 16,12 ^a	119,96 ± 129,65 ^b	286,11 ± 103,65 ^c	261,47 ± 70,90 ^c	63,68 ± 11,17 ^b

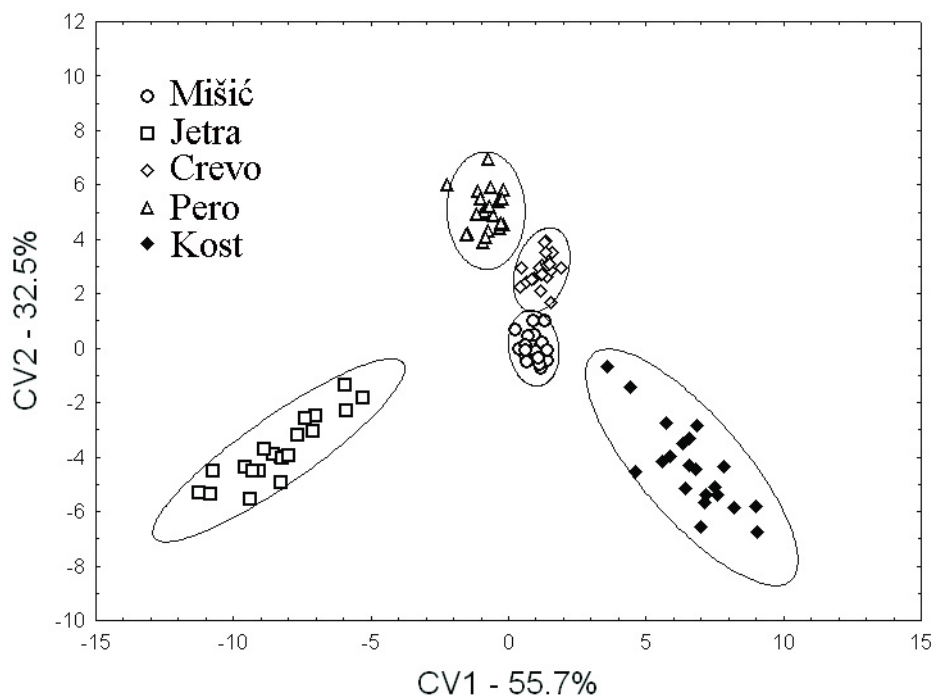
a, b, c, d, e – vrednost sa različitim slovom u istom redu predstavljaju razlike (Mann–Whitney U test, $p < 0,05$)



* - koncentracije iznad nivoa detekcije samo u jednom uzorku

** - koncentracije iznad nivoa detekcije samo u dva uzorka

Kanonijska diskriminantna analiza ukazuje na jasnu diferencijaciju među pet analiziranih tkiva kormorana (Slika 21). Prve dve kanonijske funkcije (CV) su objašnjavaju 88,2% ukupne varijabilnosti (CV1 – 55,7% i CV2 – 32,5%). Jetra i kosti su izdvojeni od druga tri tkiva duž prve kanonijske funkcije, a u manjem stepenu duž druge kanonijske funkcije, dok su mišić, jetra i crevo više diferencirani duž druge kanonijske funkcije. Jetra je bila u najvećoj meri diferencirana visokim koncentracijama Mo, Fe i Hg, a kosti visokim koncentracijama Mg, Sr i Zn. Koncentracije elemenata u mišiću, crevu i peru bile su prosečno više uniformnije nego u uzorcima jetre i kostiju.



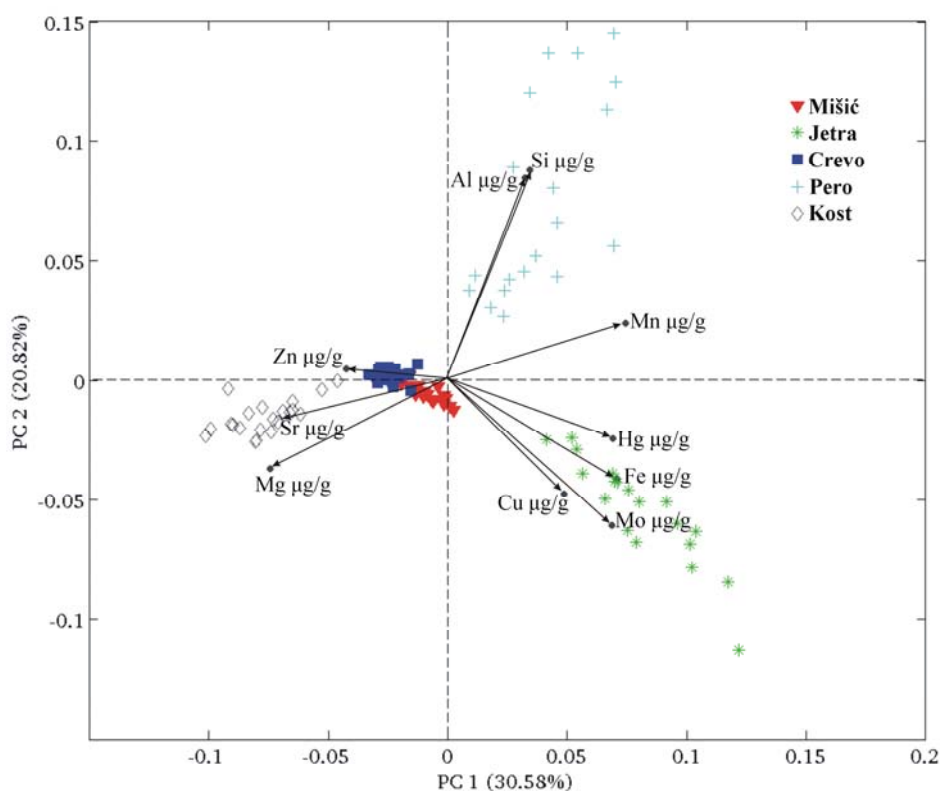
Slika 21. Rezultati kanonijske diskriminantne analize, primenjene na koncentracijama teških metala i mikroelemenata u pet istraživanih tkiva kormorana (elipse pokazuju 95% intervale pouzdanosti); CV – kanonijska funkcija.

Analiza glavnih komponenti ukazuje da se tkiva kormorana grupišu na osnovu sadržaja analiziranih elemenata, gde se jetra izdvaja po povećanim koncentracijama Hg, Fe, Cu i Mo, perje po visokim koncentracijama Al i Si, a kosti po visokim



koncentracijama Sr i Mg (Slika 22). Koncentracije Mn su povećane u jetri i perima, a koncentracije Zn u kostima, crevu i perima.

Koncentracija žive ima jake i pozitivne korelacije među svim tkivima (Spearmanov neparametrijski test korelacije, opseg korelacionog koeficijenta od 0,5 do 0,9, $p < 0,05$). Koncentracija cinka u kostima ima značajne korelacije sa koncentracijama u perima i jetri.

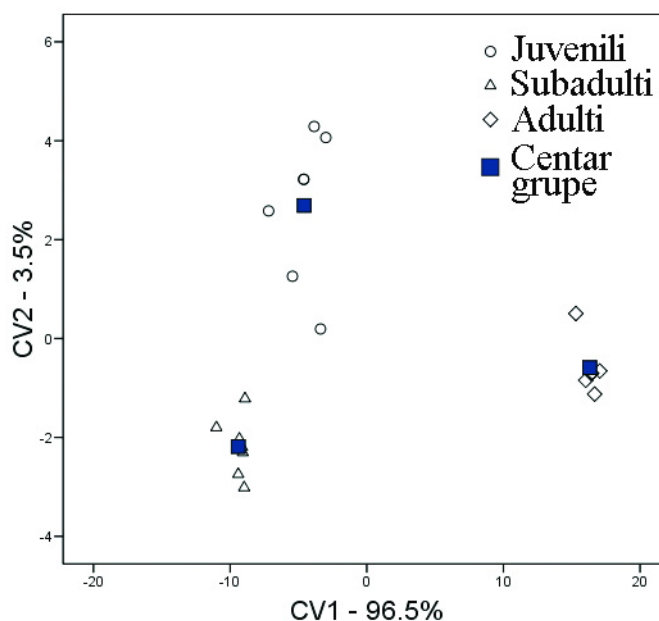


Slika 22. Diferencijacija tkiva kormorana na osnovu koncentracije elemenata u mišiću, jetri, crevu, peru i kosti dobijena analizom glavnih komponenti (PCA).

Stepen akumulacije elemenata značajno se razlikuje ($p < 0,05$) kod adultnih, subadultnih i juvenilnih kormorana. Ovo je takođe potvrđeno i kanonijskom diskriminantnom analizom (Slika 23), sa visokim nivoom diferencijacije adultnih kormorana od dve mlađe starosne grupe duž prve kanonijske ose, što čini većinu ukupne heterogenosti (CV 1 – 96,5%). Adulti se od mlađih starosnih grupa razlikuju po većim



koncentracijama arsena u mišićima i jetri i gvožđa u jetri, kao i nižim koncentracijama žive u mišićima, jetri i crevu i mangana u mišiću.

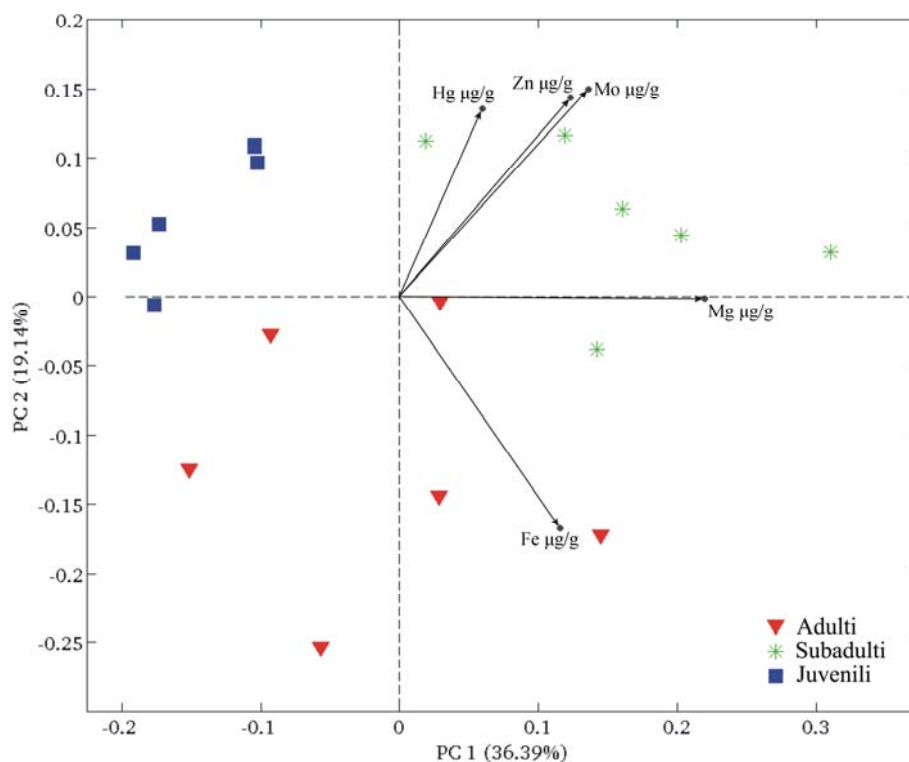


Slika 23. Rezultati kanonijske diskriminantne analize primenjeni na koncentraciju teških metala i mikroelemenata kod tri starosne grupe kormorana (juvenilni, subadulti i adulti) CV – kanonijska funkcija.

Analiza glavnih komponenti pokazuje grupisanje juvenilnih, subadultnih i adultnih kormorana na osnovu koncentracije elemenata u njihovim perima, dok nema razdvajanja uzrasnih kategorija na osnovu koncentracije elemenata u druga četiri tkiva (tj. starosne grupe se preklapaju). Subadultne jedinke se razlikuju po povećanoj koncentraciji žive i cinka u perima, a adulti po povećanoj koncentraciji gvožđa u perima (Slika 24). Najjače grupisanje je zapaženo kod juvenilnih jedinki, dok su kod adultnih jedinki primetne najveće razlike unutar grupe.

Veza između koncentracije elemenata i veličine tela (težine i dužine) nije uočena ($p > 0,05$, Spearman-ov neparametrijski korelacioni test).





Slika 24. Diferencijacija uzrasnih klasa kormorana na osnovu koncentracije elemenata u perima dobijena analizom glavnih komponenti (PCA).

Stepen akumulacije elemenata značajno se razlikovao među tkivima istraživanih vrsta riba (Mann–Whitney U test; Tabela 18). Maksimalne koncentracije Al, Mg, Mn, Si i Sr nađene su u škragama kod obe vrste riba, kao i Ba i Zn kod babuške. Jetra je centar akumulacije Cu kod obe vrste, a As, Fe i Li kod babuške, dok su bubrezi imali najviši nivo Mo kod obe vrste i najviši nivo Fe i Zn kod šarana. Gonade kod šarana imaju najviši nivo As, dok mišići kod obe vrste imaju generalno niži nivo elemenata nego onaj detektovan u drugim tkivima.

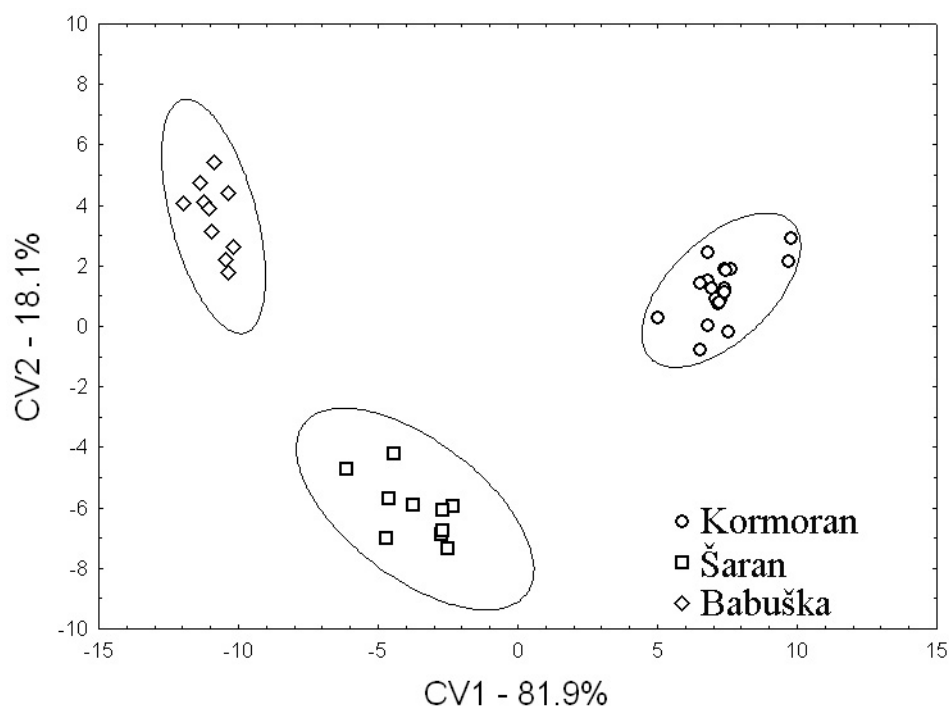
Bilo je samo nekoliko elemenata koji su se značajno razlikovali između jednogodišnjih i dvogodišnjih šarana; jednogodišnji šarani su imali višu koncentraciju gvožđa i cinka u mišiću i cinka u bubregu, dok su dvogodišnji šarani imali višu koncentraciju Mg, Mn i Sr u škragama i gvožđa u bubregu.

Odnos između stepena akumulacije elemenata i dužine i težine tela kod šarana nije jasan jer je bilo malo značajnih korelacija. Štaviše, isti element je često u pozitivnoj



korelaciji sa telesnom dužinom i težinom u jednom tkivu dok je u negativnoj korelaciji u drugim tkivima. Korelacije su uglavnom pozitivne u škragama, a negativne u mišićima. Nije bilo značajnih korelacija između koncentracije elemenata i veličine tela kod babuški.

Visok nivo diferencijacije između kormorana i njegovog plena takođe je potvrđen kanonijskom diskriminantnom analizom (Slika 25). Kormoran se jasno razlikuje od dve vrste riba duž prve kanonijske funkcije, koja čini 81,9% ukupne heterogenosti. Prema rezultatima ove analize, kormoran se uglavnom razlikuje po višim koncentracijama gvožđa u mišićima, žive u mišićima i jetri i molibdena u jetri, kao i nižim koncentracijama stroncijuma u mišićima i jetri.

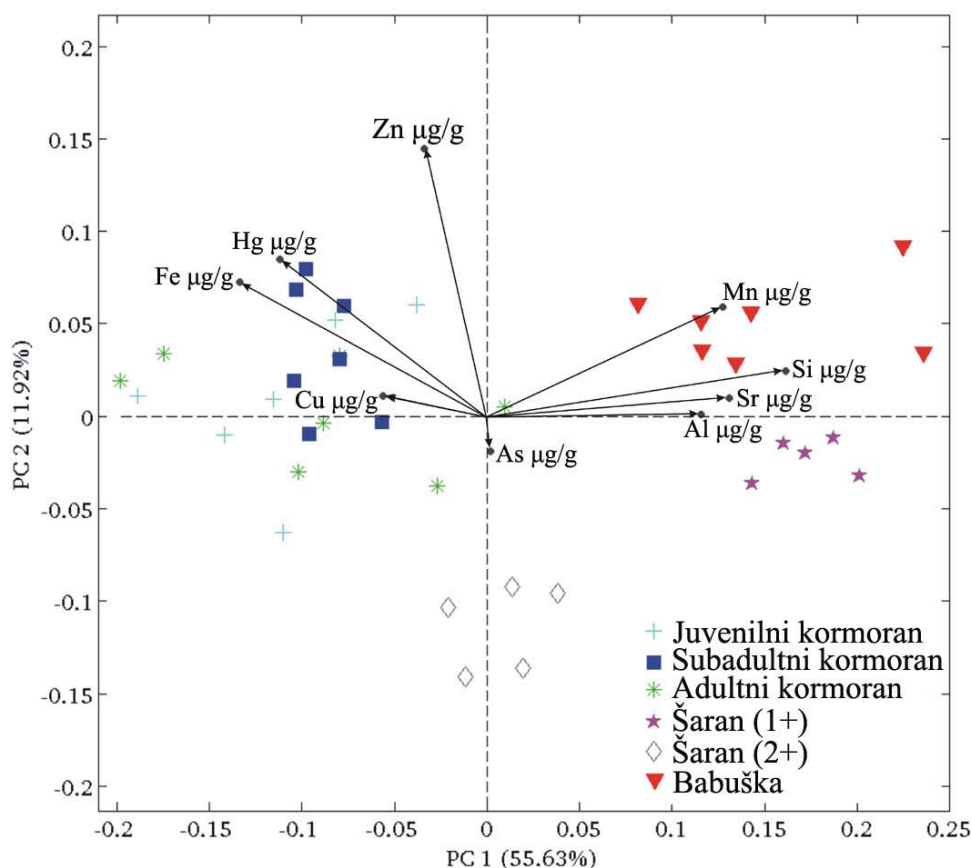


Slika 25. Rezultati kanonijske diskriminantne analize primenjeni na koncentraciju elemenata kod tri istraživane vrste (kormoran, šaran i babuška) (elipse pokazuju 95% intervale pouzdanosti); CV – kanonijska funkcija.

Analiza glavnih komponenti (PCA) ukazuje da jedinke kormorana, šarana i babuški mogu biti grupisani na osnovu koncentracije elemenata u njihovom mišićnom tkivu, dok se ove tri grupe preklapaju ako uzmemo u obzir koncentracije elemenata u jetri. Babuške i jednogodišnji šarani se izdvajaju po povećanim koncentracijama Mg,

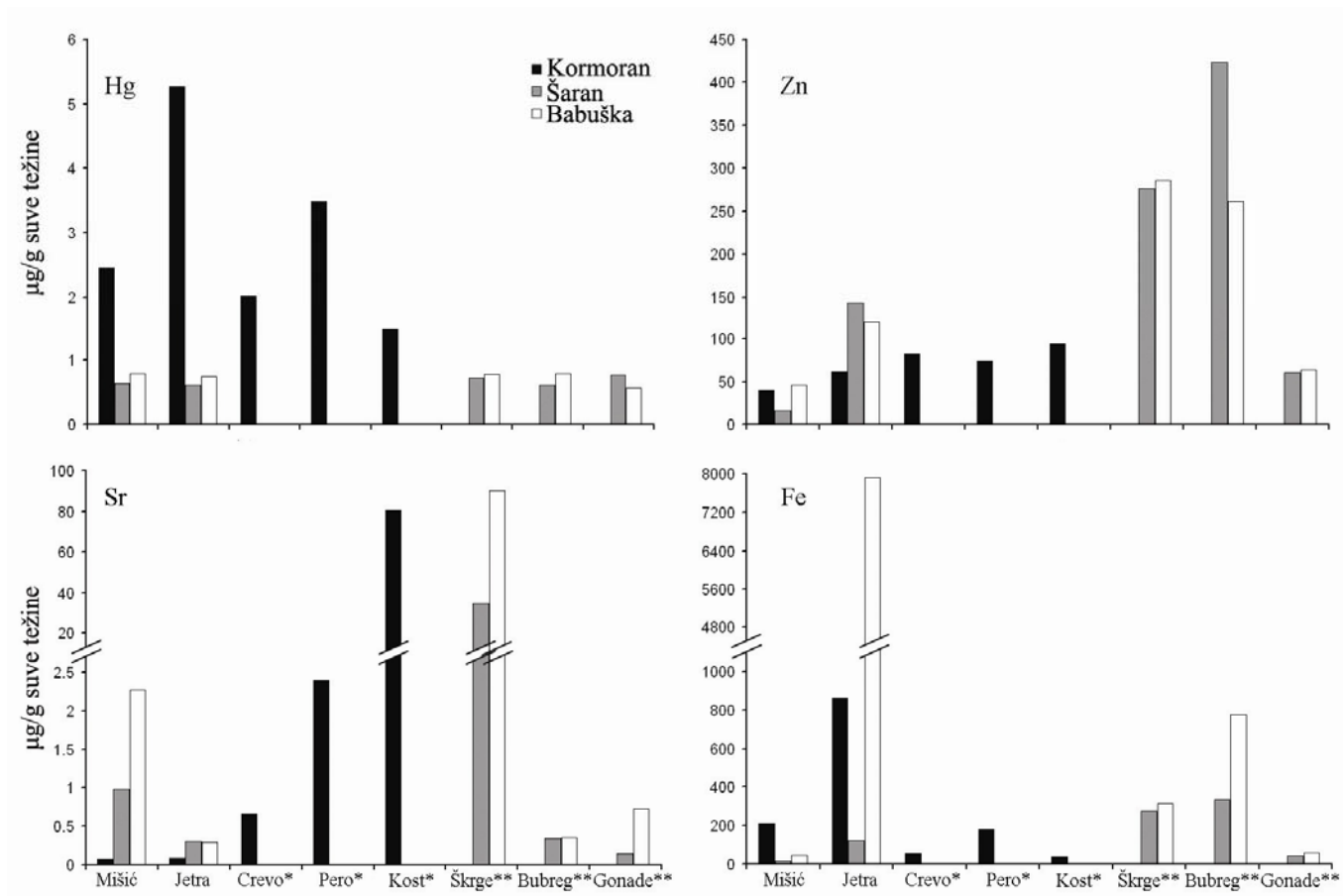


dok se kormorani razlikuju od svog plena po povećanim koncentracijama Hg, Fe i Cu (Slika 26). Razlika između dve vrste riba bazirana je na koncentraciji većeg broja elemenata u mišićima i jetri babuški, i to uglavnom Zn i Fe u mišićima i Fe, Mn, Mo i Li u jetri (Mann-Whitney test). Prosečne koncentracije Hg, Zn, Sr i Fe u svakom od tkiva kormorana, šarana i babuški predstavljeni su na Slici 27.



Slika 26. Diferencijacija kormorana i njegovog dominantnog plena, šarana i babuški, na osnovu koncentracija elemenata u mišićima dobijena analizom glavnih komponenti (PCA).





Slika 27. Prosečne koncentracije Hg, Zn, Sr i Fe u svakom od tkiva kod kormorana, šarana i babuški; * - tkiva analizirana samo kod jedinki kormorana, ** - tkiva analizirana samo kod jedinki šarana i babuški.



4. DISKUSIJA

4.1. Brojnost i ishrana velikog kormorana

Od povratka velikog kormorana kao gnezdarice na Carsku baru 1986. godine (Ham, 1989) kolonija je doživela dva pika brojnosti za kojima je sledio pad broja jedinki u populaciji. Kolonija je prvo bila locirana na samom obodu Carske bare, a 1996. godine je bila na vrhuncu brojnosti (470-500 parova, Lukač & Ternovac, 1997), da bi samo dve godine zatim broj parova pao na svega 100-110 parova (Puzović *et al.*, 1999). Od 2003. godine kolonija se premešta na Tiganjicu, a već 2007. godine kolonija dostiže brojnost od 410 do 440 parova. Nakon toga, ponovo dolazi do opadanja brojnosti gnezdeće populacije i kolonija 2012. broji 150-165 parova (Šćiban *et al.*, 2012). Uporedo sa osipanjem kolonije na Tiganjici, formirala se nova kolonija na Tamišu kod Barande (Šćiban *et al.*, 2012) koju su verovatno formirale ptice iz ove kolonije. Proces propadanja starih kolonija i nastanka novih na ovom području uslovljen je sušenjem stabala na kojima je kolonija smeštena pod uticajem fecesa kormorana, kao i konstantno visokim vodostajem iznad prevodnice u Stajićevu koji izazivaju sušenje i truljenje stabala (Ham, 1975).

O uspehu gnežđenja velikih kormorana se, za razliku od ishrane i brojnosti ove vrste, širom Evrope, jako malo zna (Cramp & Simmons, 1979). Ovaj aspekt bio je predmet svega nekoliko istraživanja. Broj mladunaca po uspešnom gnezdu u ovom istraživanju (prosečno 3,13; od 2,5 do 3,6) u skladu je sa rezultatima Schogolev *et al.*, (2005), koji su istraživanje sprovedli u delti Dnjestra (2,60-3,51 mladunac po uspešnom gnezdu), delti Dunava (2,15-2,60) i Crnom moru (3,34-3,87), dok je bio znatno veći od koji se navodi za Finsku - 1,57 mladunac po uspešnom gnezdu (Lehikoinen, 2006). Ovakve razlike u uspehu gnežđenja u kolonijama na Crnom moru i Srbiji u odnosu na koloniju u Finskoj verovatno su uslovljene klimatskim faktorima s obzirom da razlike u veličini legla nisu toliko izražene. Na uspeh gnežđenja u koloniji na Carskoj bari u značajnoj meri utiču vodostaji reka Tise i Begej. Kada su vodostaji na rekama visoki tokom perioda gnežđenja ptice imaju mnogo veći izbor hranidbenih oblasti, dok su pri



nižim vodostajima više usmerene na ribnjake. Tako je 2007. i 2010. godine, kada su vodostaji u martu i aprilu bili visoki, i uspeh gnežđenja bio veći nego u godinama kada je vodostaj bio niži (2008. i 2009.).

Veliki broj studija o ishrani velikih kormorana oslanja se na analizu otolita i drugih nesvarenih delova riba pronađenih u gvalicama. Za kratko vreme i uz minimalno uznemiravanje ptica može se prikupiti veliki uzorak (Duffy & Jackson, 1986). U osnovi, ovom analizom se mogu dobiti dobre informacije o kvalitativnom sastavu ishrane (procentualna zastupljenost vrsta) (Warke & Day, 1995), a veći broj autora (Dirksen *et al.*, 1995; Keller, 1995; Platteeuw & van Eerden, 1995; Veldkamp, 1995; Engstrom, 2001; Gwiazda, 2004; Santoul *et al.*, 2004) na osnovu ostataka iz gvalica izračunava dužinu riba (samim tim i težinu) i procenjuje ukupnu masu riba po gvalici smatrajući je dnevnim unosom hrane. Ipak, ova metoda ima određene nedostatke kada je reč o kvantitativnim informacijama. Želudačna kiselina može da erodira čvrste koštane strukture, a mali otoliti mogu biti u potpunosti svareni, pa dolazi do grešaka u proceni unosa hrane. U eksperimentima sa ishranom kormorana u zarobljeništvu narušavanje strukture iznosilo je od 70 do 100% kod otolita manjih od 3 mm, a od 0 do 27% kod otolita većih od 5 mm (Worthmann & Spratte 1987, Johnstone *et al.*, 1990, Martucci *et al.*, 1993, Zijlstra & van Eerden 1995; Carss *et al.*, 1997; McKay *et al.*, 2003). Međutim, delimično ili potpuno varenje otolita u eksperimentima je u suprotnosti sa uzorcima prikupljenim na terenu, gde je većina otolita u gvalicama male veličine i nisu svareni (Sutter, 1995). Zijlstra & van Eerden (1995) sugerišu da se, usled stresa, gvalice dobijene od ptica iz zarobljeništvu jako razlikuju od onih iz prirode. Iako neki autori prihvataju mogućnost greške u rezultatima svojih analiza (Dirksen *et al.*, 1995; Keller, 1995; Platteeuw & van Eerden, 1995; Veldkamp, 1995) samo je u dva rada pokušano da se greška i kvantifikuje.

Uprkos nedostacima, analiza ishrane pomoću gvalica je verovatno najbolji metod određivanja unosa hrane kod kormorana tokom cele godine, kao i jedina pomoću koje se taj unos hrane može kvantifikovati (Carss *et al.*, 1997).

U istraživanju ishrane kormorana na području Carske bare, plen identifikovan na osnovu otolita (balavac, smuđ, grgeč, manić, glavoč, štika, cverglan) uglavnom je imao krupne otolite veće od 3 mm, dok su šaranske vrste (fam. Cyprinidae) koje su dominirale u ishrani (kvantitativno i kvalitativno) identifikovane na osnovu strukture



baziokcipitalne kosti (eng. chewing pads) koje su otporne na digestiju (Veldkamp, 1995).

Prikupljanje povraćenog želudačnog sadržaja najčešće se vrši tokom sezone gnežđenja (Mikuška, 1983; Veldkamp, 1995). Osnovni nedostatak analize ishrane pomoću povraćenog želudačnog sadržaja jeste nemogućnost kvantifikovanja unosa hrane i to što se može sprovesti samo tokom sezone gnežđenja. Razlike u ishrani koje se dobijaju analizom povraćenog želudačnog sadržaja i gvalica delom mogu biti uslovljene i razlikom u ishrani ptica koje odgajaju mladunce i onih bez mladunaca (Harris & Wanless, 1993). U istraživanju ishrane velikih kormorana na području Carske bare, babuška i šaran čine dominantan plen u obe analize, ali je udeo ovih vrsta različit (Tabela 9). U skladu sa ovim su i rezultati dobijeni analizom ishrane u koloniji kormorana u pokrajini Overijssel, Holandija (Veldkamp, 1995).

Ishrana kormorana je zavisna od tipa vodenog ekosistema koji ptice naseljavaju, kao i sezone (Kirby *et al.*, 1996). Sezonske promene u sastavu vrsta u ishrani verovatno su rezultat promene temperature vode, distribucije i ponašanja riba. Često velika zamućenost vode uslovljava lov sitnijeg plena u plićoj vodi (Noordhuis *et al.*, 1997). Takođe, verovatnoća hvatanja većeg plena često se javlja zimi, s obzirom da niža temperatura vode redukuje brzinu plivanja riba. Zbog toga veći primerci plena, koji su ranije bili previše brzi za hvatanje, postaju dostupni kormoranima na nižim temperaturama vode (Keller, 1995). Iako u spektru ishrane kormorana učestvuju veći broj vrsta riba, samo nekoliko njih čini najveći deo njegove ishrane. Tako, bodorka i grgeč dominiraju u ishrani kormorana na eutrofnim jezerima i rekama ispregrađivanim branama u Švajcarskoj, dok su to na tekućim rekama lipljen (*Thymallus thymallus*), pastrmka (*Salmo trutta*) i reofilne Cyprinidae (klen *Squalius cephalus*, mrena *Barbus barbus*) (Sutter, 1997). Cyprinidae dominiraju u ishrani kormorana i na rekama i jezerima u nemačkoj pokrajini Bavarska, a česti su i grgeč, balavac i šrac. Samo su na brzotekućoj reci Alz u ishrani značajno zastupljene pastrmka i lipljen (Keller, 1995; Keller *et al.*, 1997). Deverika, bodorka i smuđ su najznačajniji plen (u biomasi) kormorana koji se gnezde u Holandiji (Veldkamp, 1995). Bodorka je najznačajniji plen u ishrani kormorana koji se gnezde u severoistočnoj Poljskoj (Mellin & Mirovska-Ibron, 1997). U delti Vardara u ishrani kormorana dominira babuška i u periodu gnežđenja i tokom zimskog perioda (Liordos & Goutner, 2007a; Liordos & Goutner,



2007b). Na jezeru Mikri Prespa, sunčica *Lepomis gibbosus*, babuška i belvica *Chalcalburnus belvica* čine više od 85% plena kormorana (Liordos & Goutner, 2007a). Primere da šaran dominirao u ishrani kormorana u oblastima gde su kolonije smeštene u blizini ribnjaka, dok je udeo vrsta iz otvorenih voda bio manji. Ovakve primere nalazimo u nekoliko oblasti Poljske (Mellin *et al.*, 1997; Gwiazda, 2004), Francuske (Trolliet, 2002), Hrvatske (Opačak *et al.*, 2004; Đorđević & Mikuška, 1986; Mikuška, 1986).

Rezultati istraživanja ishrane velikih kormorana na području Carske bare u skladu su sa pomenutim studijama, imajući u vidu da dve vrste, babuška i šaran, čine najznačajniji plen i u brojnosti i u biomasi. Kormoran je oportunistički i hrani se najdostupnijim i najbrojnijim plenom (Grémillet & Wilson, 1999; Grémillet *et al.*, 2001), što šaran i babuška svakako i jesu, s obzirom na blizinu ribnjaka i udeo ovih vrsta u zajednici riba otvorenih voda na istraživanom području. Ovo je naročito izraženo u periodu gnežđenja kada je udeo ovih vrsta u ishrani oko 80%. Takođe, kao i u mnogim studijama sprovedenim širom Evrope (Keller, 1995; Veldkamp, 1995; van Eerden & Zijlstra, 1997; Gwiazda, 2004; Santoul *et al.*, 2004; Čech & Vejřík, 2011), udeo šaranskih vrsta u ishrani kormorana u našim istraživanjima je bio između 50 i 90%.

Procena dnevnih potreba kormorana za hranom u raznim istraživanjima varira u velikoj meri i bila je predmet mnogih studija. Ove vrednosti jako variraju u zavisnosti od područja istraživanja kao i metode kojom se procenjuje dnevni unos hrane. Tako, Feltham & Davies (1997) nalaze da dnevni unos hrane varira između 130 i 739 g (prosečno 350 g), dok Grémillet *et al.*, (1995) na osnovu energetske potrebe procenjuju unos na 238-588 g.

Analizom sadržaja gvalica vrednosti dnevnog unosa hrane se kreću od 273 g u Nemačkoj (Keller, 1995), 318 g u Engleskoj (Feltham & Davies, 1997), 371 ± 284 g na jezerima centralne Italije (Gagliardi *et al.*, 2007), pa do 530 g (450 kg / 850 jedinki kormorana) u Francuskoj (Santoul *et al.*, 2004). Vrednosti procenjene mase riba po gvalici dobijeni u ovom istraživanju u opsegu su vrednosti iz drugih studija. Vrednosti dobijene analizom želudačnog sadržaja variraju od 124,30 g (20-360 g) (Đorđević & Mikuška, 1986), 155,7 g (20-380 g) (Mikuška, 1986) i 286 g (Opačak *et al.*, 2004) na ribnjacima u Slavoniji i Baranji (Hrvatska), 277,78 g (Pihler *et al.*, 2000) na ribnjaku



Mošorin (Srbija), zatim 242 ± 165 g (67-589 g) u delti Vardara, 227 ± 126 g (46-485 g) u delti Evrosa, 309 ± 159 g (105-681 g) u laguni Mesolongi u Grčkoj (Liordos & Goutner, 2007b), do 384 g u Engleskoj (Feltham & Davies, 1997).

U nekoliko studija modeliran je dnevni unos hrane i dnevna potrošnje energije na slobodnoživećim pticama i pticama u zatočeništvu. Dobijene vrednosti kreću se od 539 g (Keller & Visser, 1999) do 672 g (441-1095 g) (Grémillet & Wilson, 1999).

Veliki kormoran lovi plen širokog opsega veličine. U istraživanjima sprovedenim u mnogim evropskim zemljama rezultati pokazuju da se dužina plena kreće od 2 do 3 cm, pa sve do 70 cm, a težina manje od 1 g, pa do 900 g (Keller, 1995; Sutter, 1995; Govedič *et al.*, 2002). Najčešće lovljen plen je u opsegu 10 do 25 cm (Martyniak *et al.*, 1997; Gwiazda, 2004; Santoul *et al.*, 2004, Opačak *et al.*, 2004). Vrednosti opsega dužine plena, kao i prosečnih vrednosti dužine plena u saglasnosti su sa rezultatima navedenih istraživanja. Prosečne veličine lovljenih šarana u ovom istraživanju veće su nego u istraživanjima koja su sproveli Adámek (1991) gde su najčešće lovljeni primerci 13 do 17 cm, Mellin *et al.*, (1997) 8 do 10,9 cm ili Opačak *et al.*, (2004) 10 do 15 cm. Po Schreckenbach *et al.*, (1998), kada pređu masu od 600 g šarani su “bezbedni od kormorana”, što je potvrđeno i ovom studijom. Samo kod jedne jedinice je procenjena težina prevazilazila ovu vrednost (625 g).

Učestalost pojavljivanja najznačajnijeg plena kormorana na području Carske bare u skladu je sa vrednostima dobijenim tokom istraživanja ishrane kormorana na jezerima centralne Italije (Gagliardi *et al.*, 2007), dok je bila niža u odnosu na vrednosti iz Kurskog zaliva, severozapadna Litvanija (Putys & Zarankaite, 2010).

Vrednosti širine niše tokom perioda gnežđenja u ovom istraživanju bile su veće u odnosu na vrednost iz delte Vardara, a gotovo identične sa onima sa jezera Mikri Prespa (Liordos & Goutner, 2007a). Razlog tome je što u delti Vardara dominira jedna kategorije plena u ishrani (babuška), sa udelom većim od 80% i učestalošću pojavljivanja do oko 94%, dok na jezeru Mikri Prespa dominiraju dve kategorije plena (babuška i sunčanica *Lepomis gibbosus*), kao i na Carskoj bari.

Broj riba po gvalici, tokom sezone gnežđenja u ovom istraživanju bio je znatno manji nego u Litvaniji, gde je iznosio 18,7 (1-116 komada) (Putys & Zarankaite, 2010), kao i u dve kolonije u Grčkoj gde je iznosio 6 (2-14 komada) i 5,50 (1-27 komada) (Liordos & Goutner, 2007a), dok je u zimskom periodu veći nego u Sloveniji gde je



prosečno nađeno 3,9 (1-69 komada) (Govedič *et al.*, 2002) i u delti Evrosa u Grčkoj 2 komada (1-5) i 3,9 komada (1-8) (Liordos & Goutner, 2007b).

4.2. Povrede na ribama izazvane napadima velikog kormorana

Stepen površinskih i otvorenih subepitelnih povreda u skladu je sa vrednostima dobijenim u studiji koje su sproveli Adámek *et al.*, (2007). Kortan *et al.*, (2008) su u svom istraživanju pronašli veći procenat nekroza kod golih ribnjačkih šarana nego kod ljuskavih šarana, dok Adámek *et al.*, (2007) otvorene subdermalne nekrotične povrede konstastuju kod svih analiziranih dvogodišnjih golih ribnjačkih i kod 42% ljuskavih šarana. Rezultati naših istraživanja u skladu su sa rezultatima pomenutih istraživanja, jer su nekroze u većem procentu bile registrovane kod golih ribnjačkih šarana nego kod krljuštavih.

U eksperimentima sa zaceljivanjem rana, naglašava se da se nakon 1 do 6 sati rana prepokriva epitelom (Banerjee & Mittal, 1999; Quilhac & Sire, 1999). To je u skladu sa nalazima u ovoj studiji, s obzirom na to da je na skoro svim uzorcima nađen epitel koji pokriva rane (n=26). Šarani koji su uzorkovani uzimani su sa trake za sortiranje i svi su imali sveže rane, pa se pretpostavlja da su ih kormorani napadali u toku izlova, kada je veliki broj riba koncentrisan na malom prostoru i kada su nemoćne da pobegnu. Na tri uzorka epitel nije uočen i na jednom od njih je *stratum spongiosum* zacelio i jasno se vide dva cikatrizovana sloja, koja prelaze jedan preko drugog (Sl. 20D). U velikom broju uzoraka u epidermalnom tkivu uočeni su intercelularni edemi, karakteristični za inflamaciju (Sl. 20F) (Roberts, 1989), kao i nidusi bazalnih ćelija u epidermalnom sloju (Sl. 20B). Ove pojave su karakteristične za sporije zarastanje rana, često na niskim temperaturama (Silva *et al.*, 2005). Silva *et al.*, (2005) su izmerili i povećanu debljinu epitela, karakterističnu za proliferisan epitel, dok su Guerra *et al.*, (2008) opisali sloj epidermisa koji se pojavljuje odmah nakon povrede i koji je obično tanji nego kod neoštećene kože. Kod nekih uzoraka u ovoj studiji epidermis je nedostajao ili se video sloj epidermisa koji je tanji od normalnog sloja (Sl. 20D). Međutim, u više od polovine uzoraka uočen je izuzetno zadebljali epidermisa koji je mnogo deblji od 90 do 100 µm koja je navedena u literaturi (Sl. 20E) (Iger & Abraham,



1990; van der Salm *et al.*, 2000). Kod familije Cyprinidae alarmne ćelije se nalaze u jednom sloju (Singh & Mittal, 1990; Chivers *et al.*, 2007). U ovom istraživanju su veoma učestalo nalažene promene u broju i morfologiji alarmnih ćelija i u nekim ranama su primećene u više od 5 slojeva (Sl. 20C). Ova hiperprodukcija alarmnih ćelija se verovatno desila zbog povećanog stresa koji nastaje tokom izlova (Svobodová *et al.*, 2006), kao i usled izlaoženosti čestim napadima kormorana (Kortan *et al.*, 2011).

Infiltracija leukocita je primećena sa sličnom učestalošću u sva tri sloja kože i u muskulaturi. Zapaljenski (inflamantorni) odgovor u koži je trojak: vaskularni, eksudativni i celularni (Roberts, 1989; Forlenza *et al.*, 2008). Pošto u studiji nije primećen velik broj dubokih rana, krvarenja u muskulaturi i prisustvo eksudata u dermisu bili su relativno retki, dok je celularna komponenta bila prisutna, jer se mioliza aktivno dešava u ranama, sa zamenom mišićnih tkiva novim (Banerjee & Mittal, 1999; Wahli *et al.*, 2003). Sporija revaskularizacija u dermisu je i očekivana u ovakvom tipu povreda s obzirom na to da trauma koju je riba doživela utiče na brzinu obnavljanja mreže krvnih sudova (Ritchie *et al.*, 2005). Povećan broj melanocita je u skladu sa literaturnim podacima koji sugerišu povećanje aktivnosti melanocita nakon povreda (Iger & Abraham, 1990; Banerjee & Mittal, 1999; Guerra *et al.*, 2008; Ottesen & Amin, 2011). Ovo se verovatno dešava zbog adaptacije riba na novonastale uslove i zaštite od sunčevog zračenja (Fabacher & Little, 1998).

Iz ove studije se može videti da povrede koje su nastale u prirodnim uslovima, bilo u prirodnom ili veštačkom ekosistemu (ribnjak), u velikoj meri odstupaju od studija rađenih u laboratorijskim uslovima i da pored rana koje su i veće i dublje od onih koje se nanose skalpelom ili nožem, ribe moraju da se izbore i sa dodatnim problemima u samoj životnoj sredini koja nije kontrolisana. Zato se u takvim ranama retko kad uočava pravilnost u zarastanju, kao i različita patološka stanja u koži: krvarenje, pojava cisti, proliferacija i ekskorijacija epitela i sl. Samim tim, mehanizmi regeneracije tkiva ne obuhvataju samo one opisane u eksperimentima u laboratorijskim uslovima, već i druge tipove reparatornih mehanizama, koji nisu proučeni detaljno.

Direktni gubici nastali predacijom riba od strane kormorana i dalje se smatraju njihovim najvažnijim uticajem na riblje populacije i proizvodnju riba. Interakcije između ptica, riba i ribarstva odavno su prepoznate. Poslednjih godina postoji povećana svest o efektu ribarskih aktivnosti, prvenstveno eksploatacije, na populacije ptica



(Tasker *et al.*, 2000) i obrnuto, o uticaju rastućih populacija ihtiofagnih ptica na ribe (Cowx, 2003). Ove interakcije su dovele do rasta zabrinutosti za očuvanje ptica sa jedne strane, a sa druge za održivost ribolovnog resursa za komercijalnu eksploataciju, rekreativni ribolov i razvoj akvakulture. Svakako da je sukob između kormorana, kao značajne vrste u zaštite prirode i ptica s jedne strane, i slatkovodnih ribara i proizvođača ribe s druge strane, jedan od najistaknutijih. U poslednjih 30 godina brojnost gnezdeće i zimujuće populacije velikih kormorana dramatično je porasla širom Evrope. Kormorani su sada brojniji i rasprostranjeniji u Evropi nego u bilo kom trenutku u poslednjih 150 godina. Populacije su se vratile na neka područja posle dugog odsustva, a pojavile su se i u oblastima u kojima ih u prošlosti nije ni bilo. Ovaj porast u brojnosti i distribuciji doveo je u sukob zaštićene ptice sa čovekom. U mnogim evropskim zemljama kormorani mogu imati potencijalno ozbiljne ekonomske implikacije kroz štetu koju nanose ribljem fondu i uticaj na smanjenje ulova, vršeći pritisak na ribarstvo i akvakulturu (Cowx, 2013).

Problem „šteta“ koje kormorani prave na otvorenim vodama jeste vrlo kompleksno pitanje kome treba pristupiti vrlo obazrivo. Otvorene vode salmonidnog tipa su, generalno, staništa koja u prošlosti kormorani nisu naseljavali, a koja su u poslednje vreme pod redovnim pritiskom ptica u zimskom periodu. Mnoga istraživanja ukazuju na ovaj problem i značajno smanjenje stokova pastrmke i lipljena u ovim rekama od kada su kormorani počeli da ih naseljavaju. Tako se procenjuje da kormorani na poznatom škotskom pastrmskom reviru Loh Leven, u periodu od septembra do marta pojedju oko 80803 potočnih pastrmki i oko 5213 kalifornijskih pastrmki, dok ribolovci godišnje uhvate oko 5282 potočnih i 12815 kalifornijskih pastrmki (Stewart *et al.*, 2005). Na rekama u Švajcarskoj pastrmka i lipljen su zastupljeni sa preko 65% u ishrani kormorana tokom zimskog perioda (Sutter, 1995), dok ove vrste čine preko 70% plena zimujućih kormorana na reci Savi Bohinjki u Sloveniji (Carss & Marzano, 2005). S druge strane, od 14 reka u Austriji u kojima obitavaju ove vrste riba, samo na jednoj je utvrđeno da kormorani utiču na pad brojnosti lipljena, dok su drugi faktori poput promene staništa, hemizma vode, kompeticije sa drugim vrstama, neadekvatnog upravljanja populacijama i prelov osnovni faktori pada brojnosti (Uiblein *et al.*, 2001). Velike reke i jezera su ekosistemi za koje se smatra da su pod daleko manjim pritiskom kormorana nego manje reke. U njima su kormorani prisutni konstantno (u manjoj ili



većoj brojnosti) i čine neraskidivu kariku u njihovom funkcionisanju. Do sada je bilo relativno malo primedbi od strane komercijalnih ribara na ovakvim područjima o eventualnoj šteti koju trpe usled povećanog prisustva kormorana. Takođe je i mali broj istraživanja koja ukazuju na potencijalne efekte kormorana na riblje stokove. Procenjuje se da kormorani tokom zime pojedju od 22 kg/ha do čak 79 kg/ha ribe na reci Vltavi u Češkoj (Čech & Vejřík, 2011), 77 kg/ha do 84,3 kg/ha na reci Meza u Belgiji (Evrard *et al.*, 2005), oko 4 tone godišnje (8,2% ukupne biomase) u Nacionalnom parku Wigierski u Poljskoj (Wziaqtek *et al.*, 2007) ili čak oko 345 tona ribe godišnje u litvanskom delu Kurskog zaliva (Žydelis & Kontautas, 2008)

S druge strane, gubici koji se javljaju u proizvodnji ribe, bilo kroz direktnu predaciju ili povredjivanje riba mogu se smatrati realnim štetama. I pored toga, malo je kvantitativnih procena koje govore o razmerama ovog problema. Tako, u Evropi postoji samo nekoliko istraživanja u kojima se konkretno procenjuju štete. U svojim istraživanjima, Lekourna (2002) dolazi do zaključka da kormorani značajno utiču na gubitke u proizvodnji ribe u zalivu Arkašon (jugozapadna Francuska). On procenjuje da od ukupnih šteta koje se javljaju na ribnjacima, na godišnjem nivou, kormorani tome doprinose sa 53%. Opačak *et al.* (2004), takođe nalaze da kormorani pojedju 47% riba dužinske klase od 10 do 15 cm. na ribnjacima u Donjem Miholjcu u istočnoj Hrvatskoj, što značajno utiče na održivost proizvodnje. Procene šteta koje kormorani nanose proizvodnji u Češkoj, Poljskoj i Izraelu daleko su manje i kreću se od 2,7% do 11% godišnjeg prometa. Najprecizniju procenu štete koju kormorani pričinjavaju proizvodnji kanalskog soma u jugoistočnom delu SAD-a daju Glahn & Brugger (1995) i Glahn *et al.* (2002). Oni smatraju da predacija 18 do 20 miliona jedinki mlađi ove vrste od strane kormorana, uz realne gubitke na ukupnu produkciju, proizvođače ribe u ovoj oblasti na godišnjem nivou košta oko 25 miliona američkih dolara.

U ovom radu istaknute su i posledice povređivanja riba, koje takođe mogu usloviti ekonomske gubitke i štete u akvakulturi. Kvantifikacija stvarnih šteta izazvanih povređivanjem riba je važna za pouzdane procene ukupnih gubitaka u akvakulturi koje pričinjavaju kormorani Grémillet *et al.* (2003, 2006) je utvrdio da oko polovine lovova kormorana završi neuspešno. Ribe koje uspeju da pobegnu često završavaju sa ozbiljnim povredama, što dovodi do infekcija i kasnijeg povećanja smrtnosti (Adámek *et al.*, 2007). Iako je procenat povređenih riba u prirodnim populacijama relativno nizak



(< 5%), on u ribnjacima iznosi čak oko 18% (Kortan & Adamek, 2011). Kortan *et al.* (2008) su pronašli da preko 47% dvogodišnjih golih šarana ima povrede po telu nastale od napada kormorana.

S obzirom da je u Srbiji dominantan poluintenzivni oblik proizvodnje šaranskih vrsta riba, sa šaranom kao glavnom vrstom (preko 80% proizvedene ribe) u jezerima čija se površina kreće najčešće u opsegu od nekoliko desetina hektara pa do preko 1000 ha (Marković & Poleksić, 2011), čuvanje ribe u takvim uslovima jeste otežano i svodi se uglavnom na plašenje ptica gasnim topovima raspoređenim oko ribnjačkih jezera. Kormorani brzo uče i počinju da ignorišu ovaj vid uznemiravanja, pa su i željeni efekti vrlo ograničeni. Primena drugih, efikasnijih mera zaštite ribe u ovakvim objektima praktično je nemoguća, što dovodi do konstantnog prisustva ptica na jezerima.

Trenutno ne postoje pouzdani literaturni podaci o proceni štete koju kormorani nanose ribnjacima na području Srbije. Rezultati koji se odnose na ishranu kormorana dobijeni ovim istraživanjem ukazuju na značajan udeo šarana u ishrani (20-40% tokom zimskog perioda i 30-60% u periodu reprodukcije). Pored toga, povrede su najčešće beležene na dvogodišnjim i trogodišnjim šaranima, što može dovesti do dodatnih gubitaka u proizvodnji ribe. Ipak, stopa mortaliteta povređenih riba još uvek je nepoznata i to bi trebalo da bude predmet nekih budućih istraživanja. Bez toga nije moguće u potpunosti sagledati problem šteta koji ptice pričinjavaju proizvodnji i koji je tema višedecenijskog konflikta uzgajivača riba i stručnjaka koji se bave zaštitom prirode.

Imajući u vidu brzi rast broja kormorana na prostoru Evrope (ukupna populacija je porasla dvadeset puta u poslednjih 25 godina, a sada se procenjuje da sadrži najmanje 1,7 do 1,8 miliona ptica) i štetu koju trpi akvakultura kao i riblji stokovi u prirodnim ekosistemima (morska priobalja i kopnene vode), Evropski parlament je dao predlog za usvajanje Evropskog plana za upravljanje populacijama kormorana u cilju smanjenja uticaja na riblje populacije, ribarstvo i akvakulturu (2008/2177(INI)). U poslednjih nekoliko godina bilo je raznih primera ograničenja prisustva kormorana, vremenskih i prostornih, izdavanjem dozvola za odstrel u pojedinim oblastima (Švedska, Poljska, Italija, Danska, Nemačka, Austrija), ili u određenom periodu godine (Rumunija, Estonija), ili pak za odstrel fiksnih kvota (Francuska, Velika Britanija, Slovenija), dok su u nekim slučajevima odobravane i određene aktivnosti u gnezdećim kolonijama (seča



stabala ili stavljanje neoplođenih jaja u gnezda). S druge strane, u nekim zemljama (Holandija, Finska, Belgija) nisu odobrene bilo kakve mere u regulisanju brojnosti kormorana čak i tamo gde se štete događaju. Još uvek ne postoji konsenzus među evropskim zemljama na koji način upravljati pan-evropskom populacijom velikog kormorana. U skladu s tim, rezultati dobijeni u ovom istraživanju mogu doprineti uspostavljanju monitoringa i upravljanja populacijama kormorana u Srbiji u skladu sa Evropskim planom za upravljanje populacijama kormorana.

4.3. Koncentracije teških metala i mikroelemenata u tkivima

4.3.1. Koncentracije teških metala i mikroelemenata u tkivima velikog kormorana

Pored elemenata koji su široko prihvaćeni kao toksični, poput As, Hg i Pb, i neki elementi koji su neophodni za rast i razvoj organizma (npr. Co, Cr, Cu, Mn, Mo and Zn) mogu biti toksični u visokim koncentracijama (Agah *et al.*, 2009). Zbog širokog rasprostranjenja velikog kormorana (Evropa, Azija, Afrika, Okeanija, Severna Amerika) ova vrsta se može koristiti kao globalni indikator zagađenja toksičnim elementima, kao što je živa (Saeki *et al.*, 2000). Veliki kormoran je često korišćen kao bioindikator kontaminacije metalima, ali su istraživanja do sada bila uglavnom fokusirana na utvrđivanje koncentracija Hg i Cd (Saeki *et al.*, 2000; Houserova *et al.*, 2007; Mazloomi *et al.*, 2008; Misztal-Szkudlinska *et al.*, 2011). Koncentracije drugih elemenata istraživana je u samo nekoliko studija i to uglavnom na populacijama velikih kormorana u Japanu (Nam *et al.*, 2005; Horai *et al.*, 2007).

Visoke koncentracije žive mogu da naruše imunitet, detoksikaciju i nervni sistem kod ptica, a koncentracije žive u jetri između 4 i 40 µg/g suve mase mogu imati negativan uticaj na rast, razvoj, reprodukciju, hemizam krvi i tkiva, metabolizam i ponašanje (Goutner *et al.*, 2011). U ovoj studiji, juvenilni kormorani imali su koncentraciju žive u jetri iznad 4 µg/g suve mase, dok su subadulti imali koncentraciju iznad ove ne samo u jetri, već i u perima (Tabela 18). Srednja vrednost nivoa Hg u mišićima, crevu i perima velikih kormorana u ovoj studiji bila je slična vrednostima iz Japana (Nam *et al.*, 2005). S druge strane, nivo Hg u jetri od $5,27 \pm 2,41$ µg/g suve



mase koji je dobijen u ovom istraživanju bila je niža nego u kormoranima iz Japana ($12 \pm 9 \mu\text{g/g}$ suve mase). Većina jedinki velikih kormorana (83,7%) iz severnog Mediterana imala je koncentraciju žive u jetri iznad $4 \mu\text{g/g}$ suve mase, a 16% njih iznad $17 \mu\text{g/g}$ suve mase (Goutner *et al.*, 2011). Takođe, koncentracija žive u jetri velikih kormorana u ovoj studiji bila je niža nego u jedinkama iz Češke, gde je koncentracija iznosila $42,27 \pm 6,28 \mu\text{g/g}$ suve mase (Houserova *et al.*, 2007), Poljske ($15,51 \pm 17,30 \mu\text{g/g}$ suve mase) (Misztal-Szkudlinska *et al.*, 2011) i oblasti Kaspijskog mora ($8,32 \pm 1,32 \mu\text{g/g}$ suve mase) (Mazloomi *et al.*, 2008), ali viša nego u populaciji velikih kormorana sa jezera Biwa u Japanu ($1.7 \pm 0.8 \mu\text{g/g}$ suve mase) (Saeki *et al.*, 2000).

Horai *et al.* (2007) su uočili da se nivo Se u telu ptica povećava sa povećanjem akumulacije Hg. Takav odnos nije primećen u ovoj studiji s obzrom da je nivo Se bio ispod granice detekcije ($0,16 \mu\text{g/g}$ suve mase) u svim uzorcima.

Bakar je neophodni mikroelement, ali u visokim koncentracijama može biti toksičan. Nažalost, podaci o toksičnosti Cu u pticama su oskudni i raspon fiziološke koncentracije Cu različit je među ptičjim vrstama (Perez-Lopez *et al.*, 2006). Viši nivo bakra kod ptica može uzrokovati anemiju (Hui *et al.*, 1998). Po Hui *et al.*, (1998), povećan unos bakra putem hrane može dovesti do povećanja njegove koncentracije u jetri. U ovoj studiji, povećana koncentracija Cu u šaranima i babuškama (Tabela 19) može biti uzrok njegovog povećanja u jetri kormorana. Dok Hui *et al.*, (1998) nisu zabeležili nikakve negativne efekte povećanja nivoa bakra u jetri snežne guske (*Chen c. caerulescens*) ($24,5-626,5 \mu\text{g/g}$ suve mase), potvrđeno je da bakar u nekim slučajevima može uzrokovati nekrozu i fibrozu jetre (u koncentracijama od $1050 \mu\text{g/g}$ sveže mase) (Norheim & Borch-Johnsen, 1990). Koncentracija bakra u svih pet ispitivanih tkiva velikog kormorana bila je viša u jedinkama iz Japana (Nam *et al.*, 2005) nego u ovoj studiji.

Isti obrazac prisutan je i u odnosu na cink, a delimično i na stroncijum. Svih pet tkiva velikog kormorana iz Japana imalo je veću koncentraciju Zn i Sr nego u ovom istraživanju, sem koncentracije Sr u mišićima koja je bila veća u uzorcima sa Carske bare. U ranijim istraživanjima kosti su predstavljale glavni organ za deponovanje stroncijuma (Nam *et al.*, 2005), što je u skladu sa rezultatima dobijenim u ovom istraživanjem (Tabela 18) i potvrđuje da se Sr zajedno sa Ca inkorporira u mineralnu fazu kostiju.



U ovom istraživanju olovo i arsen registrovani su samo u tri adultne jedinke (Tabela 18), tako da nije moguće detaljnije diskutovati o ova dva toksična elementa. Koncentracije elemenata su uglavnom bile uniformne u mišićima, crevu i perima, dok se jetra razlikovala po visini koncentracija Mo, Fe i Hg, a kosti po visini koncentracija Mg, Sr i Zn (Slika 22.). Predominantna akumulacija Hg u jetri u skladu je sa nalazima drugih autora (Saeki *et al.*, 2000; Houserova *et al.*, 2007; Misztal-Szkudlinska *et al.*, 2011). Rezultati ovih istraživanja su delimično u skladu je sa rezultatima Nam *et al.* (2005), gde je opterećenje Mo, Ag i Cd najviše koncentrisano u jetri, a Sr i Ba u kostima.

Pero je naročito interesantno kao neinvazivni indikator za određivanje zagađenosti životne sredine. Stoga, korelacija nivoa teških metala između pera i drugih organa može biti korisna kao mogućnost da se utvrdi stepen akumulacije teških metala u unutrašnjim organima velikog kormorana, naročito žive. Rezultati ovih istraživanja pokazuju pozitivne korelacije između koncentracije Hg u perima i druga četiri analizirana tkiva. Ipak, treba biti oprezan sa zaključcima usled prisustva sezonskog ciklusa akumulacije elemenata i njihove eliminacije putem mitarenja pera (Nam *et al.*, 2005). Uz to, teški metali u perima mogu imati egzogeno i endogeno poreklo i koncentracija može varirati sa starošću i tipom pera (Pilastro *et al.*, 1993; Pain *et al.*, 2005). Svaki od ovih faktora treba uzeti u obzir prilikom procena stanja prirodnih populacija.

4.3.2. Uticaj starosti velikog kormorana na akumulaciju teških metala i mikroelemenata

Istraživanja akumulacije Hg u organizmima iz prirodnih populacija od velikog je značaja radi praćenja stanja životne sredine. U ovom istraživanju koncentracija Hg u svim analiziranim tkivima bila je značajno veća kod juvenilnih i subadultnih jedinki nego kod adultnih (Tabela 18). Ovo je, međutim, u suprotnosti sa rezultatima dobijenim u drugim studijama o odnosu između akumulacije teških metala i starosti kormorana. Iako nije bilo značajnije akumulacije žive sa starošću kod velikih kormorana koji zimuju u močvarama severoistočnog Mediterana (Goutner *et al.*, 2011), kao ni kod



populacija iz Japana (Saeki *et al.*, 2000; Nam *et al.*, 2005), Mazloomi *et al.* (2008) su utvrdili da je koncentracija žive značajno viša u jetri i mišiću adultnih kormorana nego kod juvenilnih u oblasti Baltičkog mora. Saeki *et al.* (2000) su pokazali da je koncentracija Hg u mišiću, jetri, perima i bubregu bila značajno povećana kod ptica u poređenju sa juvenilnim jedinkama (verovatno posledica unosa Hg putem hrane koja premašuje izlučivanje putem mitarenja), dok se ona nije značajno razlikovala kod juvenilnih jedinki i adulta.

4.3.3. Teški metali i mikroelementi u plenu velikog kormorana

Akumulacija elemenata razlikovala se među tkivima šarana i babuške i u nekim slučajevima je premašivala maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) (Sl. glasnik RS br. 25/2010, 28/2011). Koncentracija Hg u mišićnom tkivu šarana u ovom istraživanju (0,632 µg/g suve mase) bila je viša nego kod šarana u Češkoj (0,0735 µg/g suve mase) (Houserova *et al.*, 2007), dok je ona u mišićima kormorana iz Češke (3,4 µg/g suve mase) viša nego što je nađena u jedinkama kormorana sa Carske bare (2,45 µg/g suve mase).

Jetra je bila centar akumulacije Cu kod obe vrste riba, škrge su imale najvišu koncentraciju Al i Sr, dok je u mišićima generalno bio niži nivo teških metala nego u drugim tkivima, što je u skladu s nalazima kod kečige (*Acipenser ruthenus*) (Poleksić *et al.*, 2010; Jarić *et al.*, 2011) i crnomorske haringe (*Alosa immaculata*) (Visnjić-Jeftić *et al.*, 2010).

Koncentracija Hg u mišićnom tkivu šarana i babuške bila je niža od MDK za meso riba koje propisuje Evropska unija (0.5 µg/g sveže mase) (1881/2006/EC). Nivo Zn u mišićima kod obe vrste riba bio je ispod standarda propisanog od strane FAO (1983) (30 µg/g sveže mase) i nacionalne regulative Republike Srbije (100 µg/g sveže mase, za konzervisanu ribu) (Sl. glasnik RS br. 25/2010, 28/2011). S druge strane, viši nivo Zn nađen je u jetri, škragama, bubregu i gonadama šarana i babuški. Viši nivo Zn u ovim tkivima može se objasniti generalno višom koncentracijom ovog elemenata u podzemnim vodama istraživanog područja (Republički hidrometeorološki zavod Srbije, 2009).



4.3.4. Biomagnifikacija

Pojedini elementi imaju potencijal za biomagnifikaciju u predatorskim vrstama u poređenju sa njihovim plenom. Istraživanja na velikom kormoranu i njegovom plenu (haringi – *Clupea harengus*, balavcu – *Gymnocephalus cernuus*, ozimici – *Osmerus eperlanus*, linjaku – *Tinca tinca*, bodorki – *Rutilus rutilus*, karašu – *Carassius carassius* i babuški – *Carassius gibelio*) iz Kalinjingradskog zaliva u Poljskoj otkrivaju biomagnifikaciju žive u kormoranu u odnosu na plen (Misztal-Szkudlinska *et al.*, 2011). Obrazac bioakumulacije Hg u vodenim ekosistemima je takav da vodene biljke i mišićno tkivo herbivornih riba sadrže desetine, mišići omnivornih riba stotine, a mišići piscivornih ptica hiljade $\mu\text{g}/\text{kg}$ suve mase ukupne žive (Houserova *et al.*, 2007). Ovo je u skladu sa rezultatima u ovom istraživanju gde je prosečna koncentracija Hg u mišiću kormorana iznosila 2454 ± 1015 , a šarana 632 ± 129 $\mu\text{g}/\text{kg}$ suve mase. Bioakumulacija teških metala i mikroelemenata u kormoranima kroz lanac ishrane istraživana je uglavnom za živu, dok su podaci vezani za druge elemente i dalje oskudni.

Jedinke kormorana ispitivane u ovom istraživanju imale su značajno višu koncentraciju Fe u mišiću i jetri, kao i Mg i Mo u jetri nego šarani, mada takav obrazac može biti rezultat samo različitih fizioloških karakteristika istraživanih vrsta (tj. prisustva esencijalnih elemenata u tkivima). Međutim, arsen je detektovan samo u gonadama šarana i babuški (Tabela 19). Kod kormorana njegovo prisustvo registrovano je samo kod dve adultne jedinke, sa najvišim koncentracijama u mišiću (Tabela 18).



5. ZAKLJUČCI

Ova studija predstavlja prvo sveobuhvatno istraživanje o ekologiji velikog kormorana na nekom području u Srbiji. Na osnovu rezultata istraživanja velikih kormorana na području Carske bare mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Brojnost velikih kormorana tokom jesenjih i zimskih meseci najveća je u novembru, i kreće se od 1720 do 1950 jedinki.
- Kolonija kormorana je na početku istraživanja (2007. godine) bila na vrhuncu brojnosti, kada se u njoj gnezdilo 410 do 440 parova, da bi nakon toga usledio stalni pad i osipanje kolonije, pa je 2010. godine ona brojala 250 do 270 parova.
- Prosečan broj mladunaca po uspešnom gnezdju tokom sve četiri godine istraživanja iznosio je 3,13, a varirao je od 2,5 do 3,6.
- Spektar ishrane velikih kormorana činile su 21 vrsta riba, od kojih predstavnici porodice Cyprinidae dominiraju sa 12 vrsta. Šaranske vrste čine 50,84% ukupnog broja ulovljenih jedinki tokom jesenjih i zimskih meseci, dok je njihova zastupljenost u plenu tokom sezone gnežđenja 85%. Maseni udeo šaranskih vrsta riba u ishrani velikog kormorana tokom jeseni i zime iznosio je 65%, a tokom perioda gnežđenja čak oko 90%. Najzastupljenije vrste u plenu tokom jeseni i zime jesu babuška, balavac i šaran, a tokom perioda gnežđenja babuška i šaran.
- Prosečna dužina plena iznosila je 17,53 cm, a kretala se u opsegu od 6,3 cm do 43,5 cm, dok je prosečna težina iznosila 94,77 g i kretala se u opsegu od 1,45 g do 625 g.
- U plenu kormorana dominiraju ribe dužine od 10 do 20 cm i težine do 100 g. Ove dužinske kategorije plena su u ishrani zastupljene sa 70,75% tokom obe sezone, dok su ribe težine do 100 g činile 68,5% plena u sezoni gnežđenja i 73% tokom jeseni i zime.
- Tokom jesenjih i zimskih meseci veći broj vrsta riba prisutan je u ishrani kormorana nego tokom sezone gnežđenja.



- Prosečna procenjena vrednost mase riba po gvalici tokom zimskog perioda iznosila je 412 g (\pm 215), a tokom sezone gnežđenja 405 g (\pm 181). Najmanja masa sadržaja gvalice tokom zimskog perioda iznosila je 19,12 g, a najveća 1136,74 g, dok su ove vrednosti tokom sezone gnežđenja iznosile 104,25 g i 891,59 g. Gvalice sa sadržajem do 500 g činile su 68,5% gvalica sakupljenih tokom jeseni i zime, dok su tokom sezone gnežđenja činile 73,3% ukupnog broja sakupljenih gvalica.
- Prosečan broj riba po gvalici tokom jeseni i zime iznosio je 4,85, a tokom sezone gnežđenja 3,77.
- Prilikom neuspešnih napada kormorana po telu riba se javljaju dva tipa povreda, i to površinske povrede (kontuzije) i otvorene subepitelne povrede.
- Najveće površine tela zahvaćene povredama zabeležene su kod dvogodišnjih šarana.
- Najčešće histopatološke promene na mestima povreda bile su: poremećena struktura sloja epidermisa, povećan broj alarmnih ćelija i izmenjena morfologija pokrovnih ćelija, kao i promene u broju i položaju pigmentnih ćelija u dermisu.
- Najređe promene u epidermisu bile su kompletna ekzorijacija i proliferacija, a u dermisu pojava mrtvih ćelija i ćelijskog debrisa, prisustvo staza i cisti. Ove pojave spadaju u ozbiljnije patološke odgovore.
- Prisutan je veoma visok stepen diferencijalne akumulacije teških metala i mikroelemenata među različitim uzrasnim kategorijama velikih kormorana kao i među analiziranim tkivima.
- Stepent akumulacije teških metala i mikroelemenata značajno se razlikovao i među tkivima analiziranih vrsta riba (babuška i šaran) koje predstavljaju dominantni plen kormorana na istraživanom području.
- Istraživanje prisustva 20 elemenata u različitim tkivima kormorana i njegovog plena ukazuje na pojavu biomagnifikacije određenih elemenata. Iako je arsen registrovan samo u jetri babuške i gonadama šarana, njegovo prisustvo je zabeleženo u svim tkivima kormorana u 2 do 10 puta većim koncentracijama nego u ribama. Koncentracije žive su kod babuški i šarana bile ispod



maksimalno dozvoljenih, dok su kod kormorana bile znatno više – u jetri čak i na toksičnom nivou (4 µg/g suve težine).

- Korelacije između koncentracija žive u perima i drugim tkivima ukazuju na dobar potencijal korišćenje pera za biomonitoring zagađenja živom.
- Rezultati ovih istraživanja ukazuju na mogućnost korišćenja velikog kormorana kao pogodne vrste za monitoring stanja vodenih ekosistema sa stanovišta zagađenja i biomagnifikacije.
- Rezultati dobijeni u ovom radu doprineće boljem razumevanju navika u ishrani velikog kormorana kao i monitoringu i upravljanju njegovim populacijama u Srbiji, a u skladu sa Evropskim planom za upravljanje populacijama kormorana.



6. LITERATURA

- Adámek, Z., Kortan, J. & Flajšhans, M. (2007). Computer-assisted image analysis in evaluation of fish wounding by cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) attacks. *Aquaculture International* 15, 211-216.
- Adámek, Z. (1991). Food biology of great cormorant (*Phalacrocorax carbo* L.) on the Nové Mlýny reservoirs. *Bull. VÚRH JU Vodňany* 27, 105-111.
- Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S.M.R. & Baeyens, W. (2009). Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. *Environ. Monit. Assess.* 157, 499-514.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2005). Toxicological profile for Zinc. - U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, Georgia. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp60.pdf>. Accessed 2 August 2012.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2008). Toxicological profile for Manganese (Draft for Public Comment). - U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, Georgia. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf>. Accessed 2 August 2012.
- Banerjee, T.K. & Mittal, A.K. (1999). Histopathological studies on the repair of the excised skin wounds of the air-breathing scalyfish *Channa striata* (Bloch). *Curr. Sci. India* 77, 1067-1075.
- Bernet, D., Schmidt, H., Meier, W., Burkhardt-Holm, P. & Wahli, T. (1999). Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. *Journal of Fish Diseases* 22, 25-34.
- BirdLife International (2004). *Birds in Europe: Population estimates, trends and conservation studies*. Cambridge, UK: BirdLife International. (BirdLife Conservation Series No. 12), 374 pp.
- Bojčić, C. & Bunjevac, I. (1982). 100 godina ribogojstva na tlu Jugoslavije. Poslovna zajednica slatkovodnog ribarstva Jugoslavije - Ribozajednica Zagreb, 154 pp.



- Bregnballe, T. (1996). Development of the north and central European population of cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis*, 1960-1995. Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift 90, 15-20.
- Bregnballe, T., Volponi, S., van Eerden, M. R., van Rijn S. & Lorentsen S-H. (2011). Status of the breeding population of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* in the Western Palearctic in 2006. - Proceedings 7th International Conference on Cormorants, Villeneuve, Switzerland 23-26 November 205, Wetlands International-IUCN Cormorant Research Group, Lelystad.
- Burger, J. & Gochfeld, M. (2000). Effects of lead on birds (Laridae). A review of laboratory and field studies. Journal of Toxicology and Environmental Health – Part B – Critical Reviews 3, 59-78.
- Burger, J. & Gochfeld, M. (2004). Metal level in eggs of common tern (*Sterna hirundo*) in New Jersey: temporal trends from 1971 to 2002. Environmental Research 94, 336-343.
- Burger, J. Gochfeld, M., Sullivan, K. & Irons, D. (2007). Mercury, arsenic, cadmium, chromium lead and selenium in feathers of pigeon guillemots (*Cephus columba*) from Prince William Sound and the Aleutian Island of Alaska. Science of Total Environment 387, 175-184.
- Cabral, H. N. (2000). Comparative feeding ecology of sympatric *Solea solea* and *S. senegalensis*, within the nursery areas of the Tagus estuary, Portugal. Journal of Fish Biology 57, 1550-1562.
- Carpenter, J. W., Andrews, G. A. & Bayer, W. N. (2004). Zink toxicosis in a free-flying trumpeter swan (*Cygnus buccinator*). Journal of Wildlife Diseases 40, 769-774.
- Carss, D. N. & Marzano, M. (2005). Reducing the conflict between cormorants and fisheries on a pan-European scale – Summary and National Overviews. European Commission DG XIV Directorate-General for Fisheries, Brussels.
- Carss, D.N. (1990). "Beak-prints" help in war against aerial invaders. Fish Farmer 6, 46-47.
- Carss, D.N., Bevan, R.M., Bonetti, A., Cherubini, G., Davies, J., Doherty, D., El Hili, A., Feltham, M.J., Grade, N., Granadeiro, J.P., Grémillet, D., Gromadzka, J., Harari, Y. N. R. A., Holden, T., Keller, T., Lariccia, G., Mantovani, R., Mc Carthy, T. K., Mellin, M., Menke, T., Mirowska-Ibron, I., Muller, W., Musil, P.,



- Nazirides, T., Suter, W., Trauttmansdorff, J. F. G., Volponi, S. & Wilson, B. (1997). Techniques for assessing cormorant diet and food intake: towards a consensus view. *Suppl. Ric. Biol. Selvaggina* 26, 197-230.
- Commission regulation (EC) No 1881/2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, 5-24.
- Cowx, I.G. (2003). *Interactions between Birds and Fish: Implications for Management*. Oxford: Fishing News Books Blackwell Science, 374 pp.
- Cowx, I. G. (2013). *Between fisheries and bird conservation: the cormorant conflict*. European Parliament, Directorate – general for internal policies; Policy department B: Structural and cohesion policies. 62 pp.
- Čech, M. & Vejřík, V. (2011). Winter diet of great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) on the River Vltava: estimate of size and species composition and potential for fish stock losses. *Folia Zoologica* 60 (2), 129-142.
- Chivers, D.P. & Smith, R.J.F. (1998). Chemical alarm signalling in aquatic predator–prey systems: a review and prospectus. *Ecoscience* 5, 338-352.
- Cramp, S. & Simmons, K.E.L. (1977). *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. Volume 1: Ostrich – Ducks*. Oxford University Press, Oxford.
- Davies, J.M., Feltham, M.J. & Walsingham, M.V. (1995) Fish wounding by cormorant, *Phalacrocorax carbo* L. *Fisheries Management and Ecology* 2, 321-324.
- Debout, G., Røv, N. & Sellers, R.M. (1995). Status and population development of cormorants *Phalacrocorax carbo carbo* breeding on the Atlantic coast of Europe. *Ardea* 83, 47-59.
- Deng, H. L., Zhang, Z. W., Chang, C. Y. & Wang, Y. (2007). Trace metal concentration in Great Tit (*Parus major*) and Greenfinch (*Carduelis sinica*) at Western Mountains of Beijing, China. *Environmental Pollution* 148, 620-626.
- Dirksen, S., Boudewijn, T.J., Noordhuis, R. & Marteijn, E. (1995). Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in shallow eutrophic freshwaterlakes: prey and effect of large – scale fish removal. *Ardea* 83(1), 167-184.
- Đorđević, V. & Mikuška, J. (1896). Utjecaj velikog vranca (kormorana) *Phalacrocorax carbo* L. na uzgoj ribe u ribnjacima PIK "Belje". *Ribarstvo Jugoslavije* 1-2, 74-76.



- Đureković-Tešić, O., Stojanović, T., Marić, B., Vig, L. & Puzović, S. (2008). Stari Begej – Carska bara. Pokrajinski sekretarijat za zaštitu životne sredine i održivi razvoj, 168 pp.
- Duffy, D.C. & Jackson, S. (1986). Diet studies of seabirds: a review of methods. *Colonial Waterbirds* 9, 1-17.
- Eisler, R. (2000). Handbook of chemical risk assessment: Health hazards to humans, plants, and animals, Vol. 1., Chapter 2 Chromium. Lewis, Boca Raton, FL.
- Engstrom, H. (2001). Long term effects of cormorant predation on fish communities and fishery in a freshwater lake. *Ecography* 24, 127-138.
- Evrard G., Dermien F., de Gottal P., Monmart A., Pourignaux F., Vanmeerbeeck P. & Paquet J.-Y. (2005). Assessment of the fishing pressure of the cormorant (*Phalacrocorax carbo*) on the Belgian Meuse River through the follow-up of its morning dispersal. *Aves* 42, 121-133.
- EU (1979). Directive on the conservation of the wild birds (79/409/EC). The Council of the European Communities.
- EU (1992). Directive on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora (92/43/EEC). European Parliament and of the Council of Europe.
- EU (2000). Water Framework Directive (2000/60/EC). European Parliament and of the Council of Europe.
- EU (2009). Directive on the conservation of wild birds (2009/147/EC). European Parliament and of the Council of Europe.
- Fabacher, D. & Little, E. (1998). Photoprotective substance occurs primarily in outer layers of fish skin. – *Environ. Sci. Pollut. R.* 5, 4-6.
- FAO (1983). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fishery Circular* 464, 5-100.
- FAO (2008). Report of the EIFAC Workshop on a European Cormorant Management Plan. Bonn, Germany, 20-21 November 2007. EIFAC Occasional Paper 41, Rome, FAO, 34 pp.
- Feltham, M.J., Davies, J.M. (1997). The diet of wintering cormorants in relation to angling catches on a coarse river fishery in north – west England: spatial and temporal variation. *Suppl. Ric. Biol. Selvaggina* 26, 425-434.



- Forlenza, M., Walker, P.D., de Vries, B.J., Wendelaar Bonga, S.E. & Wiegertjes, G.F. (2008). Transcriptional analysis of the common carp (*Cyprinus carpio* L.) immune response to the fish louse *Argulus japonicus* Thiele (Crustacea: Branchiura). *Fish Shellfish Immun.* 25, 76-83.
- Furness, R.W. & Greenwood, J.J.D. (Eds). (1993). *Birds as Monitors of Environmental Change*. Chapman & Hall. London. UK, 356 pp.
- Gagliardi, A., Martinoli, A., Preatoni, D., Luc Vauters, A. & Tosi, G. (2007). From mass of body elements to fish biomass: a direct method to quantify food intake of fish eating birds. *Hydrobiologia* 583, 213-222.
- Garovnikov, B., & Ham, I. (1981). Prva crvena lista ptica Vojvodine. *Priroda Vojvodine* 6-7, 59-63.
- Gavrilović, Lj. & Dukić, D. (2002) Reke Srbije. Zavod za udžbenika i nastavna sredstva, 218 pp. Poglavlje: Reke Crnomorskog sliva, Tisa, pp. 36-41.
- Glahn J.F. & Brugger K.E., (1995). The impact of Double-crested Cormorants on the Mississippi Delta catfish industry: a bioenergetics model. *Colonial Waterbirds* 18 (Special Publication 1), 168-175.
- Glahn J.F., Werner S.J., Hanson T. & Engle C.R. (2002). Cormorant depredation losses and their prevention at catfish farms: economic considerations. In: Home J., Shivik J.A., Watkins R.A., VerCauteren K.C. and Yoder J.K. (Editors) *Human conflicts with Wildlife: Economic Considerations Conference*. Fort Collins, Colorado. 1-3 August 2000.
- Goutner, V., Becker, P.H. & Liordos, V. (2011). Organochlorines and mercury in livers of great cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis*) wintering in northeastern Mediterranean wetlands in relation to area, bird age, and gender. *Sci. Total Environ.* 409, 710–718.
- Govedič, M., Janžekovič, F. & Kos I. (2002). The diet of Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* on the Sava river between Ljubljana and Zagorje (Slovenia). *Acrocephalus* 23, 5-20.
- Grémillet, D. & Wilson, R.P. (1999). A life in the fast lane: energetics and foraging strategies of the great cormorant. *Behavioral Ecology* 10, 516–524.



- Grémillet, D., Enstipp, M., Boudiffa, M. & Liu, H. (2006). Do cormorants injure fish without eating them? An underwater video study. *Marine Biology* 148, 1081-1087.
- Grémillet, D., Schmid, D. & Culik, B. (1995). Energy requirements of breeding great cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*. *Marine Ecology Progress Series* 121, 1-9.
- Grémillet, D., Wanless, S., Carss, D.N., Linton, D., Harris, M.P., Speakman, J.R. & Le Maho, Y. (2001). Foraging energetics of arctic cormorants and the evolution of diving birds. - *Ecology Letters*. 4, 180 – 184.
- Grémillet, D., Wright, G., Lauders, A., Carss, D. & Wanless, S. (2003). Modelling the daily food requirements of wintering great cormorant: a bioenergetics tool for wildlife management. – *Journal of Applied Ecology* 40: 266-277.
- Guerra R.R, Santos N.P., Cecarelli P., Silva J.R.M.C. & Hernandez-Blazquez F.J. (2008). Healing of skin wounds in the African catfish *Clarias gariepinus*. *J Fish Biol.* 73, 572–583.
- Gwiazda R. (2004) Fish in diet of the great cormorant and yellow-legged gull breeding near fish ponds (upper Vistula river valley, southern Poland) – preliminary study. *Acta zoologica cracoviensia* 47, 17-26.
- Ham, I. (1975). Kvalitativni sastav kolonije čaplji (Ardeidae) i uticaj pojedinih faktora sredine na njeno formiranje na području donjeg Begeja u Vojvodini. *Larus* 26-28, 143-164.
- Ham I. (1979) . Avifaunal dynamism in Vojvodina. *Archives of Biological Sciences* 29, 83-87.
- Ham, I. (1989). Heron and cormorant colonies on the Yugoslav sektor of the Danube (588 km). *Arhiv bioloških nauka* 41(3-4), 17-18.
- Harris, M.P. & Wanless, S. (1993). The diet of Shags *Phalacrocorax aristotelis* during the chick rearing period assessed by three methods. *Bird Study* 40, 135-139.
- Hashmi, M. Z., Malik R. N. & Shahbaz M. (2013). Heavy metals in eggshells of cattle egret (*Bubulcus ibis*) and little egret (*Egretta garzetta*) from the Punjab province, Pakistan. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 89, 158-165.



- Hickley, P., North, R., Muchiri, S. M. & Harper, D. M. (1994). The diet of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, in Lake Nivasha, Kenya. *Journal of Fish Biology* 44, 607-619.
- Honda, K., Min, B. Y. & Tatsukawa, R. (1986). Distribution of heavy metals and their age-related changes in the eastern great white egret, *Egretta alba modesta*, in Korea. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 15, 185-197.
- Horai, S., Izumi, W., Hideshige, T., Yoshikazu, I., Terutake, H., Shinsuke, T. & Katsuji, K. (2007). Trace element accumulations in 13 avian species collected from the Kanto area, Japan. *Sci. Total Environ.* 373, 512-525.
- Houserova, P., Kuban, V., Kracmar, S. & Sitko, J. (2007). Total mercury and mercury species in birds and fish in an aquatic ecosystem in the Czech Republic. *Environ. Pollut.* 145, 185-194.
- Hui, A., Takekawa, J.Y., Baranyuk, V.V. & Litvin, K.V. (1998). Trace element concentrations in two subpopulations of lesser snow geese from Wrangel Island, Russia. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 34, 197-203.
- Humason, G.L. (1972). *Animal tissue techniques*. Freeman WH, San Francisco. 641 pp.
- Hyslop, E.J. (1980). Stomach content analysis – a review of methods and their applications. *Journal of Fish Biology* 17, 411-429.
- Iger, Y. & Abraham, M. (1997). Rodlet cells in the epidermis of fish exposed to stressors. *Tissue and Cell* 29, 431-438.
- Jarić, I., Višnjić-Jeftić, Ž., Cvijanović, G., Gačić, Z., Jovanović, Lj., Skorić, S. & Lenhardt, M. (2011). Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, gills, intestine and muscle of sterlet (*Acipenser ruthenus*) from the Danube River in Serbia by ICP-OES. *Microchem. J.* 98, 77-81.
- Johnstone, L.G., Harris, M.P., Wanless S. & Graves J.A. (1990). The usefulness of pellets for assessing the diet of adult Shags *Phalacrocorax aristotelis*. *Bird Study* 37, 5-11.
- Kalezić, M. & Tomović, Lj. (2007). *Hordati*. NNK International, Beograd, 416 pp.
- Keller, M. T. & Wisser, G. H. (1999). Daily energy expenditure of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* wintering at lake Chiemsee, Southern Germany. *Ardea* 87(1), 61-69.



- Keller, T. (1995). Food of cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* wintering in Bavaria, Southern Germany. *Ardea* 83(1), 185-192.
- Keller, T., Vordermeier, T., von Lukowicz, M. & Klein, M. (1997). The impact of cormorants on fish stocks of several Bavarian water bodies with special emphases on the ecological and economical aspects. *Suppl. Ric. Biol. Selvaggina* 26, 295-311.
- Kerteszy, V. & Fancsi, T. (2003). Adverse effects of (surface water pollutants) Cd, Cr and Pb on the embryogenesis of the mallard. *Aquatic Toxicology* 65, 122-128.
- Kim, J. & Koo, T. H. (2007). Heavy metals concentrations in feathers of Korean shorebirds. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 55, 122-128.
- Kirby, J. S., Holmes, J. S. & Sellers, R. M. (1996). Cormorants *Phalacrocorax carbo* as fish predators: an appraisal of their conservation and management in Great Britain. *Biological Conservation* 75, 191-199.
- Kortan, J. & Adamek, Z. (2011). Behavioural response of carp (*Cyprinus carpio*, L.) pond stock upon occurrence of hunting great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) flocks. *Aquaculture International* 19, 121-129.
- Kortan, J., Adámek, Z., Flašhans, M. & Piačková, V. (2008). Indirect manifestation of cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis* (L.)) predation on pond fish stock. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 389(01), 1–11.
- Kortan, J., Blahova, J., Kruzikova, K. & Adamek, Z. (2011). Stress responses of carp pond fish stock upon hunting activities of the great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.). *Aquat. Res.* 42, 322-330.
- Krebs, C. J. (2001). *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. Benjamin/Cummings, San Francisco, 695 pp.
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological methodology*. Addison Wesley Longman, Menlo Park, 581 pp.
- Labropoulou, M., Machias, A., Tsimenides, N. & Eleftheriou, A. (1997). Feeding habits and ontogenetic diet shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758. *Fisheries Research* 31, 421 – 426.
- Lehikoinen, A. (2006). Cormorants in the Finnish archipelago. *Ornis Fennica* 83, 34-46.



- Lekuona J.M., (2002). Food intake, feeding behaviour and stock losses of cormorants, *Phalacrocorax carbo*, and grey herons, *Ardea cinerea*, at a fish farm in Arcachon bay (southwest France) during breeding and non-breeding season. *Folia Zoologica* 51, 23-34.
- LeLouarn, H. (2003). Qualitative and quantitative estimation of Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* diet. *Cormorant Research Group Bulletin* 5, 26-30.
- Leopold, M.F., van Damme, C.J.G. & van der Veer H.W. (1998). Diet of cormorants and the impact of cormorant predation on juvenile flatfish in the Dutch Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 40, 93-107.
- Lindell, L., Mellin, M., Musil, P., Przybysz, J. & Zimmerman, H. (1995). Status and population development of breeding cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* of the central European flyway. *Ardea* 83, 81-92.
- Liordios, V. & Goutner, V. (2007a). Diet of the great cormorant (*Phalacrocorax carbo* L. 1758) at two Greek colonies. *Journal of Biological Research* 7, 51-57.
- Liordios, V. & Goutner, V. (2007b). Spatial patterns of wintering diet of the great cormorant in coastal wetlands of Greece. *Waterbirds* 30(1), 103-111.
- Lorenzoni, M., Corboli, M., Dorr, A. J. M., , Giovinazzo, G., Selvi, S. & Mearelli, M. (2002). Diets of *Micropterus salmoides* Lac. and *Esox lucius* L. in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) and their diet overlap. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 365/366, 537-547.
- Lukač, Š. & Ternovac, T. (1997). Kolonije čaplji na Carskoj bari. *Ciconia* 6, 115.
- Macklin, M., Brewer, P., Balteanu, D., Coulthard, T., Driga, B., Howard, A. & Zaharia, S. (2003). The long term fate and environmental significance of contaminant metals released by the January and March 2000 mining tailings dam failures in Maramures County, upper Tisa Basin, Romania. *Appl. Geochem.* 18, 241-257.
- Madetoja, J., Nyman, P. & Wiklund, T. (2000). *Flavobacterium psychrophilum* invasion into and shedding by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Diseases of Aquatic Organisms* 43, 27-38.
- Malik, R.N. & Zeb, N. (2009). Assessment of environmental contamination using features of *Bubulcus ibis* L., as a biomonitoring of heavy metal pollution, Pakistan. *Ecotoxicology* 18, 522-536.



- Marion, L. (1997). Le Grand cormoran en Europe: Dynamique des populations et impacts. In Clergeau, P. (éd.), Oiseaux à risques. INRA éd., 133-178.
- Marković, Z. & Poleksić, V. (2011): Akvakultura i ribarstvo u Srbiji. eds. Marković Z. Boje Novi Sad, pp. 289.
- Martucci, O., Pietrelli, L. & Consiglio, C. (1993). Fish otoliths as indicator of the cormorant *Phalacrocorax carbo* diet (Aves, Pelecaniformes). Bollettino di Zoologia 60, 393-396.
- Martyniak, A., Mellin, M., Stachowiak, P. & Wittke, A. (1997). Food composition of cormorants *Phalacrocorax carbo* in two colonies in north-eastern Poland. Ekologia Polska 45(1), 245.
- Matvejev, S. D. (1950). Rasprostranjenje i život ptica u Srbiji. Srpska akademija nauka, Beograd, 363 pp.
- Mazloomi, S., Esmaili, A., Ghasempoori, S.M. & Omid, A. (2008). Mercury distribution in liver, kidney, muscle and feathers of Caspian Sea Common Cormorant (*Phalacrocorax carbo*). Res. J. Environ. Sci. 2, 433-437.
- McKay, H. K., Robinson, K. A., Carss, D. N. & Parrot, D. (2003). The limitations of pellet analysis in the study of Cormorant *Phalacrocorax* spp. diet. Vogelwelt (Suppl.) 124, 227-236.
- Mellin, M., Mirowska-Ibron, I. & Martyniak, A. (1997). Food composition of cormorants *Phalacrocorax carbo* shot at two fish farms in north-eastern Poland. Ekologia Polska 45(1), 247.
- Mellin, M. & Mirowska-Ibron, I. (1997). Results of cormorant *Phalacrocorax carbo* control in north-eastern Poland in 1987-1992. Ekologia Polska 45(1), 305-308.
- Mikuška, J. (1983). Prilog poznavanju ishrane vranca velikog, *Phalacrocorax carbo* (L., 1758) u specijalnom zoološkom rezervatu Kopačevski rit. Larus 33-35, 31-36.
- Mikuška, J. (1986). Prilog poznavanju ishrane velikog kormorana, *Phalacrocorax carbo* L. (1758), na ribnjacima Slavonije i Baranje. Ribarstvo Jugoslavije 1-2, 24-26.
- Misztal-Szkudlinska, M., Szefer, P., Konieczka, P. & Namiesnik, J. (2011). Biomagnification of mercury in trophic relation of Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) and fish in the Vistula Lagoon, Poland. Environ. Monit. Assess. 176(1-4), 439-449.



- Miljanović, B. (2010). Kategorizacija ribolovnih voda na delu ribarskog područja „Srbija – Vojvodina” za 2010. godinu. Departman za biologiju i ekologiju Prirodno – matematički fakultet Novi Sad, 28 pp.
- Miljanović, B., Pogrmić, S., Mijić, I., Šipoš, Š. & Pankov, N. (2011). Godišnji program upravljanja ribarskim područjem „Mali Begej” za 2012. godinu. Departman za biologiju i ekologiju Prirodno – matematički fakultet Novi Sad, 9 pp.
- Nam, D.H., Anan, Y., Ikemoto, T., Okabe, Y., Kim, E.Y., Subramanian, A., Saeki, K. & Tanabe, S. (2005). Specific accumulation of 20 trace elements in great cormorants (*Phalacrocorax carbo*) from Japan. Environ. Pollut. 134, 503-514.
- Noordhuis, R., Marteiijn, E.C.L., Noordhuis, R., Dirksen, S. & Boudewijn, T. (1997). The trophic role of cormorant *Phalacrocorax carbo* in freshwater ecosystems in the Netherlands during the non-breeding period. Ekologia Polska 45, 249-262.
- Norheim, G. & Borch-Johnsen, B. (1990). Chemical and morphological studies of liver from eider (*Somateria mollissima*) in Svalbard with special reference to the distribution of cooper. J. Comp. Path. 102, 457-466.
- Opačak A., Florjančić T., Horvat D., Ozimec S., & Bodakoš D. (2004). Diet spectrum of great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) at Donji Miholjac carp fishpond in eastern Croatia. European Journal of Wildlife Research 50, 173-178.
- Ottesen, O.H. & Amin, A.B. (2011). Mortality and cellular response in the skin and gills of plaice (*Pleuronectes platessa* L) to parasite and bacteria infection. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. 31, 16-22.
- Pain, D.J., Meharg, A.A., Ferrer, M., Taggart, M. & Penteriani, V. (2005). Lead concentration in bones and feathers of the globally threatened Spanish imperial eagle. Biol. Conserv. 121, 603-610.
- Pekić B. (1958) Contribution to knowledge of ornitofauna of Carska bara and surroundings. Zaštita prirode 14, 11-19.
- Perez-Lopez, M., Cid, F., Lourdes Oropesa, A., Eusebio Fidalgo, L., Lopez Beceiro, A. & Soler, F. (2006). Heavy metal and arsenic content in seabirds affected by the Prestige oil spill on the Galician coast (NW Spain). Sci. Total. Environ. 359, 209-220.



- Pihler, I., Popović, E. & Ćirković, M. (2000). Štete koje ribnjacima nanose ihtiofagne ptice. *Savremeno ribarstvo Jugoslavije (monografija)*, Beograd - Novi Sad, 118-126.
- Pilastro, A., Congiu, L., Tallandini, L. & Turchetto, M. (1993). The use of bird feathers for the monitoring of cadmium pollution. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 24, 355-358.
- Platteeuw, M. & van Eerden, M. (1995). Time and energy constraints of fishing behaviour in breeding cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* at lake IJsselmeer, the Netherlands. *Ardea* 83(1), 223-234.
- Pravilnik o količini pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i dr. supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama (Službeni glasnik RS 25/2010, 28/2011).
- Pokrajinski zavod za zaštitu prirode (2010). Specijalni rezervat prirode „Carska bara” predlog za stavljanje pod zaštitu kao zaštićeno područje I kategorije, 241 pp.
- Poleksić, V., Lenhardt, M., Jarić, I., Đorđević, D., Gačić, Z., Cvijanović, G. & Rašković, B. (2010). Liver, gills and skin histopathology and heavy metal content of the Danube Sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758). *Environ. Toxicol. Chem.* 29, 515-521.
- Popović J. (1960). Creating bird colony in Obedska bara and Voitina Mlaka (Carska bara). *Zaštita prirode* 17, 28-32.
- Putys, Ž. & Zarankaite J. (2010). Diet of the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) at the Juodkrantė colony, Lithuania. *Acta Zoologica Lituonica* 20(3), 179-189.
- Puzović, S. (1999). Usklađivanje intenzivnog gajenja riba i očuvanja raznovrsne faune ptica na šaranskim ribnjacima u Vojvodini. pp. 164-179. In: Šimic, S. & Ivanc, A. (eds): *Zaštita životne zajednice i njihov uticaj na proizvodnju u intenzivnim ribnjacima*, Institut za biologiju i Ekološki pokret grada Novog Sada, Zbornik radova.
- Puzović, S. (2001). Dve nove kolonije čaplji i kormorana kod Kladova. *Ciconia* 10, 139-141.
- Puzović S., Gergelj J. & Lukač Š. (1999). Kolonije čaplji i kormorana u Srbiji 1998. *Ciconia* 8, 11-114.



- Puzović, S., Sekulić, G., Stojnić, N., Grubač, B. & Tucakov, M. (2009) : Značajna područja za ptice u Srbiji. Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, Zavod za zaštitu prirode Srbije, Pokrajinski sekretarijat za zaštitu životne sredine i održivog razvoj. 279 pp. Poglavlje: Pregled međunarodno značajnih područja za ptice u Srbiji, Carska bara, pp. 64-67.
- Qadir, A. & Malik, R. N. (2009). Heavy metals in eight edible fish species from two polluted tributaries (Aik and Palkhu) of the river Chenab, Pakistan. *Biological Trace Element Research* 143, 1524-1540.
- Quilhac, A. & Sire, J.-Y. (1999). Spreading, proliferation, and differentiation of the epidermis after wounding a Cichlid fish, *Hemichromis bimaculatus*. *Anat. Rec.* 254, 435-451.
- Republički hidrometeorološki zavod (2008). Hidrološki godišnjak, kvalitet voda 2007. pp. 1-921.
- Republički hidrometeorološki zavod (2009). Hidrološki godišnjak, kvalitet voda 2008. pp. 1-865.
- Republički hidrometeorološki zavod (2010). Hidrološki godišnjak, kvalitet voda 2009. pp. 1-779.
- Republički hidrometeorološki zavod (2011). Hidrološki godišnjak, kvalitet voda 2010. pp. 1-649.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191: 382 pp.
- Ritchie, B.W., Wooley, R.E. & Vaughan, V. (2005). Use of potentiated antimicrobials in treating skin infections. In: 36th annual IAAAM conference, international association for aquatic animal medicine, Seward, Alaska, 33-41.
- Roberts, R.J. (1989). *Fish pathology*. Baillière Tindall, London. 467 pp.
- Saeki, K., Okabe, Y., Kim, E.-Y., Tanabe, S., Fukuda, M. & Tatsukawa, R. (2000). Mercury and cadmium in common cormorants (*Phalacrocorax carbo*). *Environ. Pollut.* 108, 249-255.
- Sakan, S., Gržetić, I. & Đorđević, D. (2007). Distribution and fractionation of heavy metals in the Tisa (Tisza) river sediments. *Env. Sci. Pollut. Res.* 14(4), 229-236.



- Santoul F., Hougas J-B., Green A. & Mastrorillo S. (2004). Diet of great cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* wintering in Malause (South – West France). Arch. Hydrobiol. 160, 281-287.
- Scheifler, R., Coeurdassier, M., Marilhat, C., Bernard, N., Faivre, B., Flicoteaux, P., Giraudoux, P., Noel, M., Piotte, P., Reiffel, D., de Vauflaury, A. & Badot P. M. (2006). Lead concentration in feathers and blood of common blackbirds (*Turdus merula*) and in earthworms inhabiting unpolluted and moderate polluted urban areas. Sci. Total Environ. 371, 197-205.
- Schogolev, I., Rudenko, A. & Crivelli, A.J. (2005). Status of pelicans and cormorants on the northern Black Sea. Bird Conservation International 15, 63–71.
- Schreckenbach, K., Dersinske, E. & Schulz, A. (1998). Utjecaj kormorana na šarane u nezaštićenim ribnjacima i u ribnjacima zaštićenim mrežama. Ribarstvo 56, 65-81.
- Šćiban, M., Đapić, D., Sekereš, O., Đorđević, I., Ružić, M., Stanković, D., Radišić, D., Gergelj, J., Janković, M., Radaković, M., Rudić, B., Agošton, A., Dajović, M. & Simić, D. (2011). Rezultati monitoringa ptica vodenih staništa u Srbiji 2012. godine. Ciconia 20: 120-128.
- Šćiban, M., Đorđević, I., Stanković, D., Ham, I., Dučić, N., Rudić, B., Grujić, D., Sekereš, O., Manasijević, Z., Rajković, D., Grubač, B. & Balog, I. (2012). Kolonije velikog vranca *Phalacrocorax carbo* u Srbiji 2012. Ciconia 21: 11 – 19.
- Sekulić, G., Puzović, S. & Skorić, S. (2009). Gnežđenje velikog vranca *Phalacrocorax carbo* na Drini kod sela Gvozdac. Ciconia 18, 176-177.
- Silva, J.R.M., Cooper, E.L., Sinhorini, I.L., Borges, J.C.S., Jensch-Junior, B.E., Porto-Neto, L.R., Hernandez-Blazquez, F.J., Vellutini, B.C., Pressinotti, L.N. & Costa-Pinto, F.A. (2005). Microscopical study of experimental wound healing in *Notothenia coriiceps* (Cabeçuda) at 0°C. Cell Tissue Res. 321, 401-410.
- Simonov N. & Popović Z (2001). Kolonija velikog kormorana (*Phalacrocorax carbo*) i sive čaplje (*Ardea cinerea*) na crnim borovima na Vlasinskom jezeru. Ciconia 10, 142.
- Singh, S.K. & Mittal, A.K. (1990). A comparative study of the epidermis of the common carp and the three Indian major carp. J. Fish Biol. 36, 9-19.



- Šoti, J. (1973). Ekološke karakteristike ptica u Koviljskom ritu. Zbornik radova Prirodno- matematičkog fakulteta, knjiga 3, Novi Sad, 109-127.
- Sutter W. (1997) Roach rules: shoaling fish are a constant factor in the diet of cormorant *Phalacrocorax carbo* in Switzerland. *Ardea* 85, 9-26.
- Sutter, W. (1995). The effect of predation by wintering cormorants *Phalacrocorax carbo* on grayling *Thymallus thymallus* and trout (Salmonidae) populations: Two case studies from Swiss rivers. *J. Appl. Ecol.* 32, 29-46.
- Stewart, D. C., Middlemas, S. J, Gardiner, W. R., Mackay, S. & Armstrong, J. D. (2005). Diet and prey selection of cormorant (*Phalacrocorax carbo*) at Loch Leven, a major stocked trout fishery. *Journal of Zoology* 267, 191-201.
- Svobodová, Z., Vykusová, B., Modrá, H., Jarkovský, J. & Smutná, M. (2006). Haematological and biochemical profile of harvest-size carp during harvest and post-harvest storage. *Aquaculture Research* 37, 959-965.
- Szlivka, L. (1959). Nešto o ptičjem svetu Vojvodine. *Larus* 11, 29-36.
- Tasker, M.L., Camphuysen, C.J., Cooper, J., Garthe, S., Montevecchi, W.A. & Blaber, S.J.M. (2000). The impacts of fishing on marine birds. *ICES Journal of Marine Science* 57, 531-547.
- Teodorović, I. (2009). Ecotoxicological research and related legislation in Serbia. *Environ. Sci. Pollut. R.* 16, 123-129.
- Trolliet, B. (1999). Répartition et effectifs du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) en Europe. *Gibier Faune Sauvage* 16, 177-223.
- Trolliet, B. (2002). Cormorant and extensive fish-farming in France. [In:] *Der Kormoran (Phalacrocorax carbo) im Spannungsfeld zwischen Naturschutz und Teichbewirtschaftung*, 1 (Publisher: Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt Akademie, Dresden, Germany), 60-67.
- Uiblein, F., Jagsch, A., Honsig – Erlenburg, W. & Weiss, S. (2001). Status, habitat use, and vulnerability of the European grayling in Austrian waters. *Journal of Fish Biology* 59 (Supplement A), 223-247
- Uredba o zaštiti SRP "Stari Begej – Carska bara" (Službeni glasnik RS br. 56/94 i 86/04).
- Uredba o zaštiti prirodnih retkosti (Službeni glasnik RS br. 50/93 i 93/93).



- Van der Salm, A.L., Nolan, D.T., Spanings, F.A.T. & Wendelaar Bonga, S.E. (2000). Effects of infection with the ectoparasite *Argulus japonicus* (Thiele) and administration of cortisol on cellular proliferation and apoptosis in the epidermis of common carp, *Cyprinus carpio* L., skin. *J Fish Dis.* 23, 173-184.
- Van Doben, W. H. (1952). The food of cormorant in Netherlands. *Ardea* 40, 1-63.
- Van Eerden, M. R. & Zijlstra, M. (1997). An overview of the species composition in the diet of Duch cormorant with reference to the possible impact on fisheries. *Ekologia Polska* 45, 223 – 232.
- Van Eerden, M., Marion, L. & Parz-Gollner R. (2011). Results of the Pan-European census of wintering Great Cormorants in Europe, January 2003. Proceedings 7th International Conference on Cormorants, Villeneuve, Switzerland 23-26 November 2005, Wetlands International-IUCN Cormorant Research Group, Lelystad.
- Van Eerden, M.R. & Gregersen, J. (1995). Long-term changes in the northwest European population of cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*. *Ardea* 83, 61-79.
- Veldkamp, R. (1996). Cormorants *Phalacrocorax carbo* in Europe: a first step towards a European management plan. Nat. Forest & Nat. Agency, Denmark, and Nat. Ref. Centre Nat. Management, The Netherlands. Rapport Bureau Veldkamp, Steenwijk, 93 pp.
- Visnjić-Jeftić, Ž., Jarić, I., Jovanović, Lj., Skorić, S., Smederevac-Lalić, M., Nikčević, M. & Lenhardt, M. (2010). Heavy metal and trace element accumulation in muscle, liver and gills of the Pontic shad (*Alosa immaculata* Bennet 1835) from the Danube River (Serbia). *Microchem. J.* 95, 341-344.
- Wahli, T., Verlhac, V., Girling, P., Gabaudan, J. & Aebischer, C. (2003). Influence of dietary vitamin C on the wound healing process in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 225, 371-386.
- Warke, G.M.A. & Day, K.R. (1995). Changes in abundance of cyprinid and percid prey affect rate of predation by cormorant *Phalacrocorax carbo carbo* on salmon *Salmo salar* smolt in northern Ireland. *Ardea* 83(1), 157-166.



- Worthmann, H. & Spratte, S. (1987). Nahrungsuntersuchungen am Kormoran (*Phalacrocorax carbo*). Report Fischereiamt des Landes Schleswig-Holstein, Germany, pp. 104.
- Wziaqtek B., Martyniak A., Hliwa P., Kozłowski J., Krzywosz T., Osewski M., Sobocki M., Szymanska U., Gomutka P.B.E., Jankun M., Brzuzan P., Hliwa P. & Luczynski M. (2007). Great Cormorant predation on coregonid fishes at seven sites in Poland. *Advances In Limnology* 60, 285-297.
- Zijlstra, M. & van Eerden, M.R. (1995). Pellet production and the use of otoliths in determining the diet of cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*: trials with captive birds. *Ardea* 83(1), 123-132.
- Žydelis, R. & Kontautas, A. (2008). Piscivorous birds as top predators and fishery competitors in the lagoon ecosystem. *Hydrobiologia* 611, 45-54.

Internet izvori:

www.birdlife.com

www.iucnredlist.org

www.ribnjakecka.com



7. PRILOZI

PRILOG 1. Vrste riba koje su registrovane u ishrani velikog kormorana tokom jesenjih i zimskih meseci u periodu od 2007. do 2010. godine.

Vrsta	Broj jedinki (n)	Mesec	Totalna dužina tela (cm)			Težina tela (g)		
			$\bar{x}_n \pm SD$	Min	Max	$\bar{x}_n \pm SD$	Min	Max
2007								
Fam. Cyprinidae								
<i>Abramis brama</i>	4	novembar	28,90 ± 3,13	26,43	33,21	326,37 ± 92,62	255,87	456,10
<i>Carassius gibelio</i>	11	novembar	20,16 ± 3,52	16,89	28,09	120,86 ± 84	58,00	334,77
<i>Cyprinus carpio</i>	6	novembar	24,17 ± 30,2	20,68	29,47	219,19 ± 87,05	132,22	381,43
<i>Rutilus rutilus</i>	1	novembar	17,54			56,78		
Fam. Ictaluridae								
<i>Ameiurus melas</i>	6	novembar	14,62 ± 2,60	12,68	19,58	66,75 ± 43,78	38,80	153,34
Fam. Percidae								
<i>Gymnocephalus</i> sp.	50	novembar	11,54 ± 1,19	8,61	13,95	18,07 ± 6,86	5,63	35,29
<i>Perca fluviatilis</i>	3	novembar	20,62 ± 5,17	16,86	26,51	122,51 ± 102,75	53,89	240,64
<i>Sander lucioperca</i>	7	novembar	23,03 ± 5,37	17,98	34,46	110,48 ± 104,46	41,29	343,21



2008								
Fam. Cyprinidae								
<i>Abramis brama</i>	2	februar	25,04 ± 0,63	24,59	25,48	223,21 ± 14,15	213,21	233,22
	3	oktobar	14,67 ± 6,19	8,31	20,67	70,72 ± 62,32	13,67	137,24
	5	novembar	25,77 ± 3,46	20,73	30,17	246,69 ± 80,33	138,30	357,66
<i>Aspius aspius</i>	4	februar	25,80 ± 1,99	23,05	27,56	219,61 ± 31,29	176,80	247,90
<i>Blicca bjoerkna</i>	10	februar	16,11 ± 6,07	15,05	16,86	42,16 ± 4,83	34,03	48,30
	4	oktobar	12,37 ± 0,95	11,51	13,40	18,82 ± 4,45	14,87	23,75
	7	novembar	16,27 ± 1,26	14,53	18,49	44,02 ± 10,83	30,52	64,32
	5	decembar	16,12 ± 1,09	14,33	17,15	42,55 ± 8,33	29,25	50,92
<i>Carassius gibelio</i>	46	februar	19,14 ± 3,54	12,16	27,29	102,10 ± 60,62	18,00	303,46
	23	oktobar	12,20 ± 3,46	7,85	20,51	25,09 ± 26,18	3,51	113,97
	112	novembar	15,37 ± 4,40	9,58	30,52	58,44 ± 69,95	7,51	443,74
	12	decembar	19,52 ± 1,56	17,55	21,58	98,46 ± 27,02	66,34	136,01
<i>Chondrostoma nasus</i>	1	decembar						
<i>Cyprinus carpio</i>	9	februar	23,03 ± 2,76	19,59	28,18	189,60 ± 71,12	112,51	333,65
	42	oktobar	17,77 ± 4,82	9,00	30,70	102,45 ± 83,73	10,98	430,70
	38	novembar	22,71 ± 4,10	16,23	33,89	192,04 ± 110,80	64,09	578,92
	10	decembar	25,03 ± 1,46	22,72	27,37	236,02 ± 40,57	175,11	305,63



<i>Leuciscus idus</i>	3	novembar	14,37 ± 3,14	10,81	16,77	47,46 ± 26,46	18,07	69,39
<i>Rutilus rutilus</i>	6	februar	17,08 ± 0,99	16,09	18,55	52,79 ± 9,68	43,40	67,70
	3	oktobar	8,95 ± 0,61	8,35	9,56	7,04 ± 1,48	5,60	8,55
	19	novembar	16,82 ± 1,09	14,76	19,12	50,52 ± 10,46	33,16	74,37
	4	decembar	18,07 ± 1,06	164,80	186,30	62,92 ± 10,77	46,78	68,59
Fam. Ictaluridae								
<i>Ameiurus melas</i>	6	februar	13,84 ± 1,49	11,77	15,89	52,87 ± 17,62	30,67	79,19
	18	oktobar	11,37 ± 2,61	6,68	17,52	32,39 ± 24,56	5,12	107,93
	67	novembar	14,60 ± 3,51	9,59	23,89	73,42 ± 62,00	16,05	287,17
	17	decembar	13,74 ± 1,98	11,10	17,71	53,53 ± 26,67	25,51	111,50
Fam. Gadidae								
<i>Lota lota</i>	6	novembar	22,10 ± 10,04	13,24	35,56	113,02 ± 119,13	18,88	294,39
	12	decembar	17,84 ± 6,11	12,91	32,95	56,29 ± 66,62	17,59	238,02
Fam. Gobiidae								
<i>Neogobius</i> sp.	24	oktobar	13,04 ± 3,46	7,95	21,25	37,28 ± 34,34	5,71	146,65
	48	novembar	12,61 ± 3,90	3,71	20,38	35,18 ± 28,87	0,46	127,65
	41	decembar	13,06 ± 2,50	8,26	17,26	33,27 ± 18,58	6,48	73,70
Fam. Esocidae								
<i>Esox lucius</i>	2	decembar						



Fam. Percidae								
<i>Gymnocephalus</i> sp.	16	februar	11,55 ± 1,60	9,29	14,33	18,92 ± 9,94	7,51	39,11
	6	oktobar	8,87 ± 1,38	7,42	10,52	6,99 ± 4,02	3,20	12,05
	63	novembar	11,57 ± 1,95	7,53	15,60	19,94 ± 12,29	3,38	54,04
	61	decembar	11,76 ± 2,11	6,50	15,58	21,51 ± 13,10	1,92	53,76
<i>Perca fluviatilis</i>	10	februar	20,63 ± 3,96	15,42	27,23	118,77 ± 76,20	40,12	262,93
	2	oktobar	11,14 ± 1,68	9,95	12,32	14,27 ± 6,86	9,42	19,12
	2	novembar	18,64 ± 0,79	18,08	19,20	75,39 ± 10,52	67,95	82,83
	6	decembar	21,38 ± 4,15	15,10	26,00	131,98 ± 74,48	37,40	225,84
<i>Sander luciperca</i>	10	februar	27,67 ± 2,96	23,25	32,50	174,29 ± 60,93	95,31	283,68
	6	novembar	30,79 ± 6,42	22,24	37,30	268,46 ± 152,14	82,44	444,01
	10	decembar	30,03 ± 4,33	23,05	35,14	233,83 ± 99,25	92,63	365,59
2009								
Fam. Cyprinidae								
<i>Abramis brama</i>	2	februar	305,83 ± 7,62	300,44	311,21	370,37 ± 23,34	353,87	386,87
	5	oktobar	296,00 ± 39,05	264,95	361,91	350,19 ± 126,19	257,43	566,85
	8	novembar	312,32 ± 33,62	268,12	365,71	398,07 ± 108,85	265,29	582,05
<i>Blicca bjoerkna</i>	6	februar	165,56 ± 4,08	159,82	170,69	45,78 ± 3,47	40,98	50,22
	8	oktobar	166,98 ± 4,72	159,98	174,37	47,03 ± 4,10	41,10	53,64
	29	februar	193,43 ± 27,15	140,70	260,69	100,66 ± 50,54	30,43	259,79



<i>Carassius gibelio</i>	59	oktobar	184,71 ± 33,58	102,79	268,69	89,90 ± 52,69	9,74	287,96
	71	novembar	174,18 ± 32,62	104,18	234,26	73,85 ± 42,62	10,24	180,26
	94	decembar	148,63 ± 28,62	97,23	234,61	43,13 ± 30,89	7,92	181,18
<i>Cyprinus carpio</i>	10	februar	255,21 ± 26,63	221,73	312,40	255,47 ± 86,35	162,88	453,90
	44	oktobar	250,34 ± 26,98	185,05	294,40	241,88 ± 72,83	94,87	380,12
	52	novembar	214,52 ± 23,11	181,65	294,74	152,72 ± 53,25	89,76	381,43
	121	decembar	213,23 ± 34,34	117,13	293,05	155,97 ± 73,20	24,18	374,90
<i>Leuciscus idus</i>	2	oktobar	267,08 ± 11,83	258,72	275,45	290,25 ± 39,33	262,44	318,06
	7	novembar	158,75 ± 26,35	122,90	195,73	63,16 ± 32,53	26,76	111,52
<i>Rutilus rutilus</i>	1	februar	158,15			41,14		
	13	oktobar	182,03 ± ±10,21	158,15	193,15	64,41 ± 10,66	41,14	76,76
	7	novembar	165,89 ± 18,21	137,82	188,46	49,38 ± 16,54	26,78	71,09
	2	decembar	143,20 ± 11,20	135,28	151,11	30,48 ± 7,37	25,27	35,69
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	3	oktobar	177,58 ± 24,78	153,71	203,19	71,43 ± 29,99	44,16	103,55
Fam. Ictaluridae								
<i>Ameiurus melas</i>	9	februar	129,80 ± 13,61	115,25	157,06	43,25 ± 15,54	28,72	76,36
	27	oktobar	174,23 ± 25,49	127,98	213,41	113,35 ± 48,71	39,98	201,16
	51	novembar	137,62 ± 34,69	65,57	206,75	60,80 ± 42,13	4,83	181,97
	20	decembar	121,25 ± 16,42	84,96	178,27	35,89 ± 19,55	10,96	113,93



Fam. Gadidae								
<i>Lota lota</i>	3	februar	221,59 ± 61,88	175,26	291,87	89,52 ± 70,12	41,16	169,94
	8	oktobar	263,31 ± 46,15	198,58	325,66	136,08 ± 62,16	58,25	230,45
	30	novembar	210,56 ± 35,88	171,93	308,53	73,61 ± 40,82	39,02	198,30
	2	decembar	254,74 ± 83,46	195,73	313,76	131,87 ±107,37	55,95	207,79
Fam. Gobiidae								
<i>Neogobius</i> sp.	23	februar	144,59 ± 18,08	96,40	172,57	43,31 ± 15,51	10,77	73,70
	37	oktobar	163,08 ± 26,07	113,25	220,02	67,00 ± 34,88	18,34	164,43
	39	novembar	141,38 ± 30,59	71,42	198,17	44,54 ± 27,36	4,00	116,39
Fam. Percidae								
<i>Gymnocephalus</i> sp.	17	februar	127,58 ± 7,39	114,28	140,74	25,56 ± 5,66	16,53	36,53
	52	oktobar	138,72 ± 13,51	105,38	166,57	36,26 ± 12,57	12,14	69,39
	66	novembar	125,29 ± 12,30	79,56	147,30	24,60 ± 8,39	4,16	43,46
	28	decembar	100,03 ± 9,31	81,89	123,59	10,41 ± 3,85	4,65	22,27
<i>Perca fluviatilis</i>	5	februar	202,94 ± 36,07	159,59	247,44	109,18 ± 61,49	44,95	191,63
	7	oktobar	185,10 ± 33,12	152,39	246,00	81,55 ± 52,52	38,59	187,97
	3	novembar	212,40 ± 29,28	192,36	246,00	121,44 ± 57,82	83,34	187,97
	10	decembar	139,07 ±18,62	120,35	174,72	30,38 ±15,00	17,68	60,64
<i>Sander lucioperca</i>	3	februar	334,74 ± 33,32	312,22	373,01	319,86 ± 107,89	248,81	444,01
	3	oktobar	315,60 ± 18,57	299,39	335,86	259,88 ± 50,49	217,03	315,55



	3	novembar	255,93 ± 37,97	229,14	299,39	137,51 ± 69,21	90,88	217,03
	1	decembar	173,08			36,45		
2010								
Fam. Cyprinidae								
<i>Abramis brama</i>	6	februar	292,84 ± 45,40	232,64	338,46	344,35 ± 124,71	185,21	478,45
	2	oktobar	331,17 ± 44,36	299,81	362,54	460,67 ± 153,72	351,98	569,37
	3	novembar	304,88 ± 10,37	296,00	316,28	367,79 ± 31,92	340,79	403,02
<i>Aspius aspius</i>	1	februar	198,58			133,33		
	1	novembar	275,64			247,90		
<i>Blicca bjoerkna</i>	6	februar	166,38 ± 5,37	160,74	173,60	46,53 ± 4,68	41,71	52,91
	10	oktobar	164,16 ± 3,85	156,76	168,86	44,58 ± 3,20	38,60	48,57
	7	novembar	163,08 ± 4,67	155,84	168,55	43,72 ± 3,83	37,91	48,30
<i>Carassius gibelio</i>	36	februar	184,74 ± 21,62	146,27	264,52	84,10 ± 40,94	34,93	273,01
	49	oktobar	170,84 ± 19,42	126,10	202,61	63,54 ± 22,69	20,54	109,36
	58	novembar	166,42 ± 21,20	125,75	233,22	58,91 ± 27,05	20,34	177,53
<i>Cyprinus carpio</i>	11	februar	254,11 ± 24,88	213,24	297,46	251,21 ± 73,87	144,94	392,04
	59	oktobar	234,82 ± 19,00	202,03	282,18	197,08 ± 48,67	123,34	334,85
	37	novembar	233,93 ± 19,80	187,77	289,65	195,21 ± 51,55	99,09	362,06
<i>Leuciscus idus</i>	2	februar	151,19 ± 7,31	146,03	156,36	50,70 ± 7,49	45,41	56,00
	1	novembar	152,43			51,79		



<i>Rutilus rutilus</i>	3	februar	184,28 ± 11,76	171,06	193,54	66,89 ± ±12,82	52,55	77,25
	4	oktobar	186,16 ± 5,61	177,90	190,41	68,58 ± ±6,26	59,39	73,42
	3	novembar	172,16 ± 4,96	168,12	177,70	53,72 ± 4,89	49,79	59,19
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	2	oktobar	173,12 ± ±16,64	161,35	184,88	64,41 ± 18,67	51,21	77,61
Fam. Ictaluridae								
<i>Ameiurus melas</i>	10	februar	155,85 ± 12,80	135,25	171,00	76,04 ± 18,84	47,61	99,89
	21	oktobar	163,81 ± 23,00	135,25	213,41	92,99 ± 43,18	47,61	201,16
	15	novembar	149,10 ± 15,80	121,31	180,09	67,13 ± 22,75	33,76	117,64
Fam. Gadidae								
<i>Lota lota</i>	3	februar	244,43 ± 18,00	233,80	265,22	104,72 ± 22,08	91,72	130,22
	7	novembar	201,23 ± 20,67	167,17	220,95	61,77 ± 16,33	36,09	78,38
Fam. Gobiidae								
<i>Neogobius</i> sp.	20	februar	158,89 ± 17,91	131,99	190,67	58,69 ± 21,28	30,40	102,47
	19	oktobar	161,99 ± 22,12	122,62	220,64	64,02 ± 32,17	23,84	165,98
	27	novembar	163,55 ± 19,73	118,25	203,16	65,02 ± 25,51	21,14	126,36
Fam. Percidae								
<i>Gymnocephalus</i> sp.	23	februar	133,23 ± 13,63	105,17	153,86	31,22 ± 11,53	12,05	51,30
	29	oktobar	137,64 ± 9,63	119,36	153,86	34,40 ± 8,78	19,51	51,30
	39	novembar	136,79 ± 12,35	115,97	157,46	34,17 ± 11,29	17,48	56,02



<i>Perca fluviatilis</i>	6	februar	233,64 ± 31,51	192,72	285,97	167,93 ± 78,11	83,86	309,20
	5	oktobar	209,49 ± 36,76	160,67	260,04	120,94 ± 67,48	45,97	225,84
	4	novembar	182,55 ± 37,84	141,95	230,88	78,93 ± 53,14	30,52	152,40
<i>Sander lucioperca</i>	7	februar		214,28	318,98	146,43 ± 78,58	73,05	266,77
	6	oktobar	296,69 ± 15,33	266,29	306,14	212,39 ± 32,64	148,21	233,38
	8	novembar	274,57 ± 53,41	229,82	366,26	185,14 ± 128,50	91,75	418,37



PRIOLOG 2. Vrste riba registrovanih u ishrani velikog kormorana tokom sezone
gnežđenja u periodu od 2007. do 2010. godine.

Vrsta	Broj jedinki	Mesec	Totalna dužina tela (cm)			Težina tela (g)		
	(n)		$x_n \pm SD$	Min	Max	$x_n \pm SD$	Min	Max
2007								
Fam. Cyprinidae								
<i>Carassius gibelio</i>	23	april	15,39 ± 4,61	7,60	229,74	56,00 ± 43,04	13,30	168,61
	34	maj	16,15 ± 4,12	10,91	235,00	67,15 ± 64,13	15,00	276,00
<i>Ctenopharingodon idella</i>	1	maj	13,50			40		
<i>Cyprinus carpio</i>	11	april	15,05 ± 2,23	11,31	18,95	54,21 ± 24,10	21,75	101,80
	17	maj	17,53 ± 1,93	11,00	20,00	97,66 ± 74,23	11,20	374,00
Fam. Ictaluridae								
<i>Ameiurus melas</i>	1	april	12,3			35		
	3	maj	17,12 ± 5,33	11,60	22,30	117,09 ± 93,69	29,60	216,00
Fam. Gadidae								
<i>Lota lota</i>	2	maj				148,75 ± 40,66	120,0	177,50
Fam. Gobidae								
<i>Neogobius sp.</i>	1	maj	12,00			33		
Fam. Esocidae								
<i>Esox lucius</i>	1	maj	33,00			225,00		
2008								
Fam. Cyprinidae								
<i>Abramis brama</i>	2	april	13,50 ± 0,71	13	14	30,75 ± 2,47	29	32,5
	3	jun	24,62 ± 5,87	20,79	31,37	229,73 ± 143,25	139,4	394,9



<i>Abramis ballerus</i>	2	april	10,70 ± 0,42	10,4	11	16,40 ± 5,09	12,8	20
	2	jun	20,75 ± 1,06	20,00	21,50	76,35 ± 4,88	72,90	79,80
<i>Blicca bjoerkna</i>	2	april	18,25 ± 0,21	18,1	18,4	63,50 ± 2,12	62	65
	4	maj	14,03 ± 2,26	11,5	17	29,25 ± 16,64	12	52
	4	jun	16,45 ± 0,46	15,83	16,89	44,88 ± 3,79	39,78	48,57
<i>Carassius gibelio</i>	19	april	22,44 ± 50,62	10,0	30,5	165,45 ± 77,51	22,5	338,3
	16	maj	13,31 ± 2,38	9	17,4	38,88 ± 25,23	8	97
	82	jun	15,11 ± 4,86	6,28	25,90	57,49 ± 50,19	1,45	280,20
<i>Ctenopharingodon idella</i>	2	maj	18,43 ± 1,31	17,2	19,8	73,67 ± 15,04	64	91
<i>Cyprinus carpio</i>	18	april	21,03 ± 3,40	14	28	162,81 ± 61,35	75	318
	17	maj	15,22 ± 0,97	13,4	16,7	63,59 ± 11,11	46	81
	87	jun	21,04 ± 4,27	10,59	34,77	163,21 ± 97,06	17,90	625,19
<i>Rutilus rutilus</i>	2	jun	8,86 ± 1,05	8,11	9,60	6,89 ± 2,50	5,12	8,66
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	1	jun	10,68			14,54		
Fam. Ictaluridae								
<i>Ameiurus melas</i>	4	april	16,40 ± 2,77	14,5	20,5	53,00 ± 25,74	32	90
	2	maj	13,50 ± 1,41	12,5	14,5	27,50 ± 6,36	23	32
	22	jun	14,05 ± 2,73	9,20	19,50	47,20 ± 21,51	10,00	92,40



Fam. Percidae								
<i>Gymnocephalus</i> sp.	1	april	10,8			26		
	12	jun	11,09 ± 2,51	7	16,42	18,66 ± 16,84	2,56	65,77
<i>Perca fluviatilis</i>	1	april	22			130		
Fam. Esocidae								
<i>Esox lucius</i>		april	35,5			244		
Fam. Cobitidae								
<i>Misgurnus fossilis</i>	2	jun	16,40 ± 5,37	12,60	20,20	18,55 ± 14,21	8,50	28,60
Fam. Siluridae								
<i>Silurus glanis</i>	1	jun	20,80			71,10		
2009								
Fam. Cyprinidae								
<i>Blicca bjoerkna</i>	1	mart	15,51			37,34		
	39	mart	18,39 ± 2,67	12,5	22,8	85,55 ± 36,2	26,6	164,26
<i>Carassius gibelio</i>	23	april	14,53 ± 2,23	11,3	18,5	47,39 ± 22,09	15	92
	14	maj	13,64 ± 3,26	9,2	20	49,18 ± 48,84	8	170
<i>Ctenopharingodon idella</i>	1	maj	25			266		
<i>Cyprinus carpio</i>	39	mart	23,61 ± 4,17	14,8	31,5	221,5 ± 112,12	38,4	467,3
	29	april	15,47 ± 1,32	12,7	18,2	64,28 ± 15,5	38	99
	19	maj	21,51 ± 2,83	16	27,9	169,44 ± 60,94	54,30	310,60
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	1	mart	24			201		
	1	maj	22			120		



<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	4	mart	22,85 ± 1,32	21,6	24,5	114,93 ± 9,87	104,9	128,4
	1	april	21			103		
<i>Pseudorasbora parva</i>	1	maj	7,2			4		
<i>Rutilus rutilus</i>	5	april	15,92 ± 1,24	14,5	17,2	48,60 ± 10,69	33	58
<i>Scardinius erithrorhynchus</i>	1	april	15,7			41		
Fam. Ictaluridae								
<i>Ameiurus melas</i>	9	maj	16,12 ± 2,95	12,2	20,5	49,79 ± 28,85	13	89
Fam. Percidae								
<i>Gymnocephalus</i> sp.	5	mart	13,72 ± 1,22	12,21	15,56	34,33 ± 11,98	21,27	53,49
<i>Perca fluviatilis</i>	1	mart	17,58			61,89		
Fam. Esocidae								
<i>Esox lucius</i>	2	mart	42,65 ± 1,20	41,8	43,5	444,50 ± 14,85	434	455
	1	maj	15,2			22		
Fam. Gobidae								
<i>Neogobius</i> sp.	7	mart	17,50 ± 2,11	15,07	21,13	80,93 ± 33,72	47,12	143,82
	6	maj	12,88 ± 1,24	10,5	14	31,00 ± 13,07	15	48
2010								
Fam. Cyprinidae								
<i>Abramis sapa</i>	2	april	10,75 ± 0,64	10,3	11,2	9,00 ± 4,24	6	12
<i>Blicca bjoerkna</i>	2	april	16,54 ± 2,71	16,35	16,73	45,59 ± 2,3	43,96	47,22
<i>Carassius gibelio</i>	58	april	17,17 ± 2,73	11,3	23,9	38,66 ± 48,45	2,16	184
	27	maj	13,96 ± 4,81	7,1	26,9	53,79 ± 62,88	7,4	288
<i>Cyprinus carpio</i>	46	april	21,12 ± 4,52	13	31,89	68,24 ± 51,6	13,68	190



	27	maj	14,92 ± 1,34	12,5	19,1	60,22 ± 17,48	30	116
<i>Rutilus rutilus</i>	3	april	19,03 ± 1,97	16,81	20,57	75,04 ± 22,6	49,79	93,37
	4	maj	16,00 ± 1,86	13,9	17,8	46,25 ± 19,57	28	69
<i>Scardinius erithrorhynchus</i>	4	april	17,74 ± 0,5	17,1	18,3	68,53 ± 5,79	61,16	75,32
Fam. Ictaluridae								
<i>Ameiurus melas</i>	16	april	15,03 ± 1,85	12,13	20,5	20,47 ± 25,76	3,38	96
	7	maj	11,83 ± 3,21	6,7	15	21,57 ± 14,03	3	38
Fam. Percidae								
<i>Gymnocephalus</i> sp.	2	maj	13,40 ± 0,28	13,2	13,6	32,50 ± 2,12	31	34
<i>Perca fluviatilis</i>	2	april	20,40 ± 4,81	17	23,8	125,50 ± 99,70	55	196
	1	maj	14,7			56		
<i>Sander lucioperca</i>	4	april	25,20 ± 2,72	22,8	27,8	121,25 ± 38,79	85	164
	4	maj	22,00 ± 0,99	21	22,9	78,75 ± 11,64	68	92
Fam. Esocidae								
<i>Esox lucius</i>	3	april	24,95 ± 9,55	18,2	31,7	122,00 ± 127,28	212	244
Fam. Gobidae								
<i>Neogobius</i> sp.	2	april	16,1 ± 0,84	15,51	16,7	58,93 ± 10,10	51,79	66,07



Biografija autora

Stefan B. Skorić rođen je 03.04.1978. godine u Valjevu, Republika Srbija. Srednju školu završio je školske 1996/97. godine u Valjevu, a iste godine upisuje i osnovne studije na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na smeru Ekologija i zaštita životne sredine. Diplomski rad odbranio je u novembru 2002. godine. Od 2003. do 2005. godine zaposlen je na Institutu za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ Univerziteta u Beogradu, a od 2006. godine na Institutu za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu.

Školske 2007/08. godine upisuje doktorske studije na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer Ekologija, biogeografija i zaštita biodiverziteta, modul Hidroekologija.

Do sada je bio učesnik 5 nacionalnih i 3 međunarodna projekta. Autor je i koautor 13 međunarodnih i 2 nacionalne publikacije i učesnik je 12 naučnih kongresa u zemlji i inostranstvu.



Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а: Стефан Б. Скорић

Број уписа: ДД 070105

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Популациона динамика, исхрана и екотоксикологија великог корморана
Phalacrocorax carbo (Linnaeus, 1758) на Царској бари.

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанта

У Београду, 23.10.2013. год.



Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије
докторског рада**

Име и презиме аутора: Стефан Б. Скорић

Број уписа: ДД 070105

Студијски програм : Докторске студије

Наслов рада: Популациона динамика, исхрана и екотоксикологија великог
корморана *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758) на Царској бари.

Ментор: др Јасмина Крпо-Ћетковић

Потписани: Стефан Б. Скорић

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској
верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног
репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања
доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране
рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне
библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у
Београду.

Потпис докторанта

У Београду, 23.10.2013. год.



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Популациона динамика, исхрана и екотоксикологија великог корморана *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758) на Царској бари.

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

Потпис докторанта

У Београду, 23.10.2013. год.

