Analiza ishrane psa kostelja (Squalus acanthias L.) u sjevernom Jadranu

Jusufovski, Dunja

Master's thesis / Diplomski rad

2010

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:000252

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-06**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Biološki odsjek

Dunja Jusufovski

Analiza ishrane psa kostelja (*Squalus acanthias* L.) u sjevernom Jadranu

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2010. godina

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zoološkom odjelu Hrvatskog prirodoslovnog muzeja i u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno – matematičkog fakulteta pod vodstvom prof. dr. sc. Gordane Lacković – Venturin.

Predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja dipl. ing. biologije – smjer ekologije.

Zahvala

Terenska istraživanja provedena su u okviru projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa „Biologija ugroženih i endemičnih životinjskih vrsta Hrvatske“ (183-1193080-0831) pod vodstvom dr.sc. Nikole Tvrtkovića kojemu iskreno zahvaljujem.

Obrada materijala izvršena je za potrebe projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa „Razvojna i populacijska biologija velikih morskih kralježnjaka u Jadranskom moru“ (119-0000000-3171) pod vodstvom moje mentorice prof.dr.sc. Gordane Lacković – Venturin kojoj, ujedno, dugujem veliku zahvalu zbog savjeta i prenesenog znanja.

Djelatnicima Laboratorija za biologiju mora Prirodoslovno – matematičkog fakulteta zahvaljujem na pomoći pri determinaciji, brojnim ustupcima pri posuđivanju opreme i prostorija te ugodnom druženju.

Veliku pomoć u prikupljanju nalaza pružili su djelatnici Instituta za zaštitu i istraživanje mora Plavi svijet i lokalni ribari.

Posebnu zahvalu dugujem dr. sc. Bojanu Lazaru i dipl. ing. biol. Romani Gračan na nesebičnoj pomoći, strpljenju i neprocjenjivim savjetima koji su značajno utjecali na moj osobni i profesionalni razvitak. Bez njih ovaj diplomski rad ne bi bio moguć.

Dragim prijateljima i kolegama zahvaljujem na nezaboravnim trenucima tijekom studiranja. Uvjerena sam da će ih biti i ubuduće.

Posebno bih istaknula osobu koja je vjerovala u mene i u trenucima kad mi je bilo najteže, stoga veliko hvala Ivanu Trojoku.

I na kraju, od srca hvala mojoj obitelji na bezgraničnoj ljubavi, razumijevanju i potpori tijekom cijelog trajanja studija. Sve što sam danas i u budućnosti dugujem njima.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Biološki odsjek Diplomski rad

Analiza ishrane psa kostelja (*Squalus acanthias* L.) u sjevernom Jadranu

Dunja Jusufovski

Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu
Rooseveltov trg 6, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Analizirana je ishrana 157 jedinki kostelja prikupljenih iz ulova pridnenih koća u periodu od 2005. do 2007. godine, u vanjskim vodama Kvarnera i Zadarskog akvatorija između 44°91' i 43°59' sjeverne zemljopisne širine, te 14°06' i 14°49' istočne zemljopisne dužine. Ukupna dužina tijela istraživanih životinja bila je između 26,1 i 112,0 cm (prosječna dužina = 57,51; SD = 20,3). Ulovljeni morski psi su morfometrijski obrađeni, nakon čega je slijedila izolacija probavnog trakta te prikupljanje sadržaja probavila koji je konzerviran u 75%-tnom etanolu. Iz sadržaja probavila izolirane su i determinirane skupine plijena, a potom im je određena mokra masa, maseni udio i učestalost.

Analizom sadržaja probavila utvrđeno je prisustvo 6 skupina plijena: puževi (Gastropoda), školjkaši (Bivalvia), glavonošci (Cephalopoda), mnogočetinaši (Polychaeta), rakovi (Malacostraca) i ribe zrakoperke (Actinopterygii). Dobiveni rezultati ukazuju na dominatnu zastupljenost dviju skupina plijena, riba zrakoperki zastupljenih s masenim udjelom od 68,3% i učestalošću od 78,3%, te glavonožaca s masenim udjelom od 23,0% i učestalošću od 14,6%. Ostale skupine su zastupljene s ukupnim udjelom od 8,7%. Utvrđena je pozitivna korelacija ukupne dužine tijela (TBL) i mokre mase probavila (r_s = 0,247; p = 0,002) te smanjenje udjela zrakoperki (r_s = - 0,278; p = 0,002) s porastom TBL. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u ishrani kostelja između sezona. Analize razlika u ishrani između spolova ukazali su na postojanje statistički značajnih razlika u masama i masenom udjelu zrakoperki ($p < 0,01$), te razlika u ishrani juvenilnih i adultnih jedinki pri čemu je udio zrakoperki kod spolno nezrelih životinja bio značajno veći (p = 0,001). Vremenska i veličinska raspodjela životinja ukazuju na sezonsko korištenje istraživanog područja te na njegov značaj kao kritičnog staništa morskog psa kostelja u sjevernom Jadranu.

(43 stranica + 5 str. priloga, 23 slike, 5 tablica, 62 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)
Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: Elasmobranchii, morski psi, ishrana, Jadransko more.
Voditelj: Dr. sc. Gordana Lacković – Venturin, izv. prof.
Ocjenjivači: Dr. sc. Gordana Lacković – Venturin, izv. prof.
Doc. dr. sc. Vladimir Hršak
Doc dr. sc. Zoran Tadić
Zamjena: Dr. sc. Mirjana Kalfatić, izv.prof.
Rad prihvaćen: 10.03.2010.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

Diet composition of the spiny dogfish (*Squalus acanthias* L.) in the northern Adriatic Sea

Dunja Jusufovski

Department of Biology, Faculty of Science,
University of Zagreb
Rooseveltov trg 6, HR-10000 Zagreb, Croatia

We analyzed diet composition of 157 spiny dogfish sampled by a bottom trawl, during a period from 2005 to 2007, in an area which occupies the aquatic ecosystem of Kvarner and Zadar, between 44°91' i 43°59' N and 14°06' i 14°49' E. Total body length of the samples ranged from 26.1 to 112.0 cm (mean = 57.51, SD = 20.3). Caught sharks underwent morphometric analysis including digestive tract content sampling which was afterwards preserved in 75% ethanol. Prey items were isolated from every stomach content and identified, also grouped in systematic categories and weighed.

We recorded 6 prey groups in food remains: sea snails (Gastropoda), bivalves (Bivalvia), cephalopods (Cephalopoda), polychaetes (Polychaeta), crustaceans (Malacostraca) and ray-finned fish (Actinopterygii). The highest ranked prey groups included ray-finned fish with 68.3% of total wet weigth and 78.3% of occurence, and squid with 23.0% w.w. and 14.6% of occurence. Other prey groups represent altogether 8.7% of total wet weight. We noted a positive correlation between total body length (TBL) and total wet weight (r_s = 0.247; p = 0.002), and also, a decrease in weight percentage of ray-finned fish (r_s = - 0.278; p = 0.002) with an increase of TBL. There were no statistical significant differences in the diet between seasons. Analysis of the diet between sexes showed statistical significant differences in weigth and weigth percentage of ray-finned fish ($p < 0.01$) and in the diet between juvenile and adult dogfish, where the percentage of ray-finned fish was considerably larger in the diet of juvenile sharks in comparison to the diet of adult sharks. Temporal and TBL distribution of samples showed seasonal use of the researched area and also, its role as a critical habitat of the spiny dogfish in the northern Adriatic Sea.

(43 pages + 5 pages appendix, 23 figures, 5 tables, 62 references, original in Croatian)
Thesis deposited in Central biological library

Key words: Elasmobranchii, sharks, diet, Adriatic Sea.

Supervisor: Dr. Gordana Lacković – Venturin, Assoc. Prof.
Reviewers: Dr. Gordana Lacković – Venturin, Assoc. Prof.
Doc. dr. sc. Vladimir Hršak
Doc dr. sc. Zoran Tadić
Replacement: Dr. Mirjana Kalafatić, Assoc. Prof.
Thesis accepted: 10.03.2010.

Sadržaj

1.Uvod 1
1.1. Sistematika, evolucija i rasprostranjenost 1
1.2. Morfologija vrste 4
1.3. Biologija vrste 5
1.4. Ishrana kostelja 7
1.4.1. Građa probavnog sustava 7
1.4.2. Biologija ishrane 8
1.4.3. Ponašanje i mehanizam hvatanja plijena 9
1.5. Biologija vrste u Sredozemnom moru i Jadranu 11
1.6. Ugroženost. 12
1.7. Cilj diplomskog rada. 14

2. Materijali i metode 15
2.1. Značajke područja istraživanja 15
2.2. Materijal. 16
2.3. Izolacija sadržaja ishrane 17
2.4. Kvalitativna i kvantitativna analiza. 18
2.5. Statistička obrada podataka 19

3. Rezultati 20
3.1. Veličinska i vremenska raspodjela nalaza kostelja. 20
3.2. Kvalitativna i kvantitativna analiza ishrane 21
3.3. Ovisnost ishrane o veličini, spolu i sezoni 25

4. Rasprava 32

5. Zaključak. 36

6. Literatura 37

Prilog 44
Dodatak 1. Pregled podataka o kosteljima uključenim u istraživanje. 44

1. UVOD

1.1. Sistematika, evolucija i rasprostranjenost

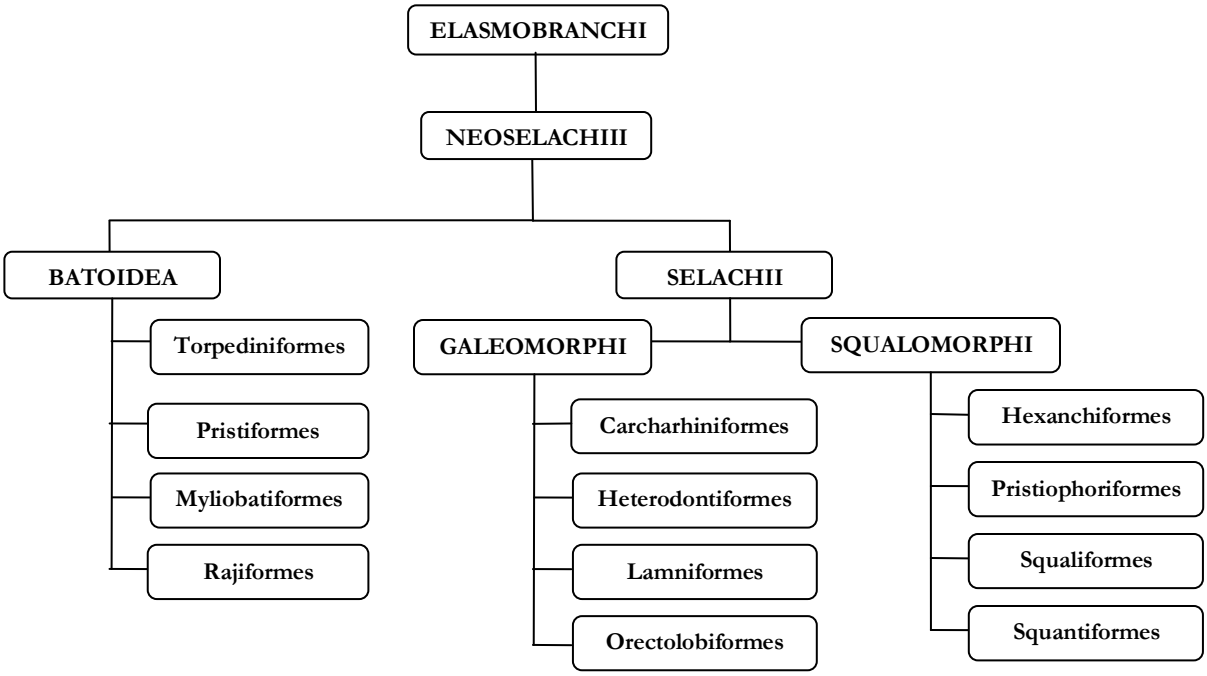
Razred hrskavičnjača (Chondroichtyes) obuhvaća dva podrazreda, prečnouste (Elasmobranchii) i cjeloglavke (Holocephali). Prečnouste čine dva nadreda, Batoidea (raže i mante) koji sadržava četiri reda te Selachii (morski psi) sa sveukupno 8 redova (Slika 1).

Prvi fosil hrskavičnjača datira s kraja donjeg devona, prije otprilike 400 milijuna godina (Benton, 1990; Chaline, 1990). Vrhunac razvoja hrskavičnjača je zabilježen tijekom karbona, od prije 320 do 250 milijuna godina, kad su hrskavičnjače bile brojnije od koštunjača u omjeru 6:4 (Gruber, 2000). Posebne značajke morskih pasa su spori somatski rast, kasno spolno sazrijevanje i niski fekunditet te se kao takve nisu znatno promjenile u posljednih 100 godina. S obzirom da su navedene osobine stekli vrlo rano u evolucijskom razvoju, time su se odlično prilagodili svom okolišu te se smatraju evolucijski visoko razvijenom skupinom (Lipej i *sur.* 2004).

Kostelj (*Squalus acanthias* Linnaeus, 1758) pripada redu Squaliformes i porodici Squalidae, a poznat je pod 16 znanstvenih sinonima (Tablica 1). U istom redu, danas, je svrstano još 118 vrsta morskih pasa (Lipej i *sur.* 2004).

Tablica 1. Sinonimi psa kostelja (CITES, 2006).

Znanstveni sinonimi vrste *Squalus acanthias* Linnaeus 1758
Squalus spinax Olivius, 1780
Squalus ferdinandus Molina, 1782
Acanthias antiguorum Leach, 1818
Acanthias vulgaris Risso, 1826
Acanthias americanus Storer, 1846
Spinax meditarraneus Gistel, 1848
Spinax (Acanthias) suckleyi Girard, 1854
Acanthias sucklii Girard, 1858
Acanthias linnei Malm, 1877
Acanthias lebruni Vaillant, 1888
Acanthias commun Navarette, 1898
Squalus mitsukurii Tanaka, 1917
Squalus wakiyae Tanaka, 1918
Squalus kirki Phillipps, 1931
Squalus whitleyi Phillipps,1931
Squalus barbouri Howell-Rivero, 1936



Slika 1. Klasifikacija prečnousta (Costello i *sur.* 2008).

Kostelj je cirkumborealno raširen u umjerenim i borealnim vodama svjetskih oceana, sjeverne i južne polutke (Slika 2). Vrsta je grupirana u populacije odvojene dubokim morskim područjem, tropskim vodama ili polarnim regijama (CITES, 2006). Glavne populacije rasprostranjene su na području sjeverozapadnog i sjeveroistočnog Atlantika (uključujući Sredozemno i Crno more), sjeveroistočnog i sjeverozapadnog Pacifika (uključujući Japansko more), južnoatlanskog i južnopacifičkog otvorenog mora južne Amerike i Novog Zelanda, s manjim populacijama u otvorenom moru južne Afrike i južne Australije. Neke populacije su prilično sedentarne dok druge migriraju na velike udaljenosti. Ipak izmjena genetskog materijala između pojedinih populacija, kao što su sjeveroistočna i sjeverozapadna atlantska populacija, smatra se ograničenom (Hammond i Ellis, 2005).

Kostelj je demerzalna vrsta te obitava uz kontinentalnu podinu koja se prostire između granice najniže oseke te kontinentalnog slaza, nastanjujući vode uglavnom između 20 i 200 m dubine, iako je zabilježen čak i na 900 m dubine (Compagno, 1984).

Slika 2. Rasprostranjenost kostelja, *Squalus acanthias* (preuzeto iz www.common.wikipedia.com).

1.2. Morfologija vrste

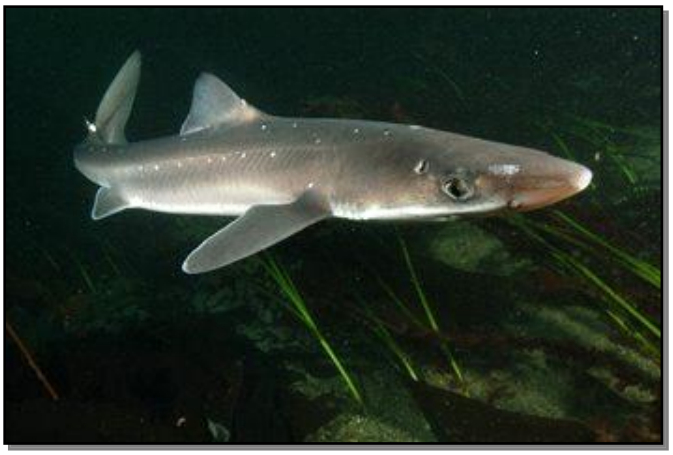
Uz tipično fusiformno tijelo te heterocerkalnu peraju, kostelja odlikuju određene morfološke značajke koje vrstu čine lako prepoznatljivom (Slika 3). Leđna strana tijela je sivkasto-plave boje, često s bijelim točkicama koje kod odraslih jedinki mogu djelomično ili potpuno izostati, dok je trbušna strana bijele (svijetle) boje. Koža je prekrivena plakoidnim ljuskama. Najuočljivija morfološka značajka ove vrste je trn smješten na bazi prednje i stražnje leđne peraje (*pinnae dorsales*). Leđne peraje se razlikuju kod mladih i odraslih jedinki. Dok odrasli imaju pepeljaste ili jednobojne peraje, mladi imaju crne vrhove i bijele posteriorne rubove peraja. Zdjelične, prsne peraje (*pterygia pectoralia*) te repna peraja (*pinna caudalis*) su sa svijetlim stražnjim vrhom. Ventralna površina prsne peraje sivkasta kao i leđna, koja blijedi prema stražnjem bijelom rubu. Prsne peraje su umjereno široke. Kod repne peraje razlikujemo gornji duži i donji kraći režanj, a zaprema 1/5 ukupne dužine tijela. Podrepne peraje (*pinnae anales*) izostaju. Gubica je dugačka, trokutasta i uska. Dužina prostora ispred usta je u rasponu od 1,2 do 1,3 širine usnog otvora. Štrcala su velika i smještena blizu očiju. Oči su na sredini razmaka između vrha gubice i prvog škržnog otvora. Prostor ispred očiju manji je od dvije dužine oka. Pet pari škržnih otvora nalaze se sa svake strane, smještene anteriorno u odnosu na prsne peraje. Zubi gornjeg reda su mali, ovalni, skoro horizontalni sa izbrazdanim rubovima poput noža. Sličan je i donji red zubi. Međusobno se isprepleću tako da stvaraju savršeno oruđe za rezanje. Zubna formula je:

$$\frac{\text{12 do 14 – 12 do 14}}{\text{11 do 12 – 11 do 12}}$$

(CITES, 2006; Lipej i *sur*. 2004; Jardas, 1996).

Razlika među spolovima je izrazita. Iako se veličina odraslog kostelja kreće između 50 i 110 cm, ženke su obično veće s razvijenim trbušnim perajama (*pterygia ventralia*) dok mužjaci imaju trbušne peraje preobražene u dva mixipterygiuma kao kopulatorne organe. Prema Avsaru (2001), ženke dosegnu veću veličinu nego mužjaci istih dobnih skupina (u južnoistočnom Crnom moru). Razlog tome mogli bi biti genetički i okolišni faktori (Holden i Meadows, 1962) koji uzrokuju različite brzine rasta među spolovima iste vrste (Avsar, 2001). Suprotno tome, ženke istočnog Sredozemnog mora pokazuju sporiji rast od mužjaka,

vjerojatno zbog velike količine energije koju ulažu u rast mladunaca (Chatzispyrou i Megalofonou, 2005).



Slika 3. Kostelj, *Squalus acanthias* (Foto: Andy Murch).

1.3. Biologija vrste

Kostelj pripada skupini dugoživućih vrsta sporog somatskog rasta i niske reprodukcije. Ova vrsta može doživjeti starost i veću od 40 godina (Nammack i *sur*. 1985). Zbog takvih značajki kostelja svrstavamo među vrste tzv. „K" životne strategije koje su visoko specijalizirane za svoj biotop te su vrlo dobri konkurenti za ekološku nišu unutar ekosustava, iako slabije otporni prema stresu i promjenama u okolišu, (Demirhan i Seyhan, 2007; Nammack i *sur*. 1985).

Kostelj je aplacentalna ovoviviparna vrsta. Posebna značajka reproduktivnog sustava mužjaka je mogućnost razmnožavanja svake godine zbog dva fizički odvojena, različita stadija sazrjevanja sjemena unutar reproduktivnog sustava (Jones i Geen, 1977). Njihov reproduktivni sustav pokazuje jednogodišnji ili anualni ciklus, sa spolnim sazrijevanjem pri veličini od 59 do 72 cm (Jardas, 1996) i pri starosti od 6 do 14 godina (CITES, 2006). Osobine spolno zrelih mužjaka su potpuno razvijeni mixipterygiji, te okrugle i crvene gonade sa čvrsto zavijenim sjemenovodima (da Silva i Ross, 1993).

Ženke kostelja razmnožavaju se svake druge godine. Takav ciklus naziva se dvogodišnji ili binealni ciklus. Ženke spolno sazrijevaju pri veličini od 50 do 75 cm i pri

starosti od 12 do 23 godine (CITES, 2006). Duljina trajanja trudnoće varira između 18 i 24 mjeseci tijekom koje se formiraju nova jajašca unutar jajnika, tako da je već mjesec dana nakon poroda ženka ponovno spremna za parenje (Stenberg, 2005). Zanimljivo je da se na određenim područjima bilježe različita vremenska trajanja trudnoće i veličine ženki pri kojoj postaju spolno zrele. Značajke spolno zrele ženke su razvijene jajne stanice u jajnicima (koje se nakon unutarnje oplodnje omataju ovojem nazvanim „ candle „) ili prisutni embriji u uterusu (da Silva i Ross, 1993). Veličina legla kostelja u Atlantskom oceanu iznosi od 2 do 11 jedinki (Stenberg, 2005) te su pri porodu dugi od 26 do 27 cm. U jugoistočnom Crnom moru tjelesna dužina izleženih mladunaca varira između 11 i 24 cm (Avsar, 2001), dok je ukupan raspon tjelesne dužine mladih od 18 do 33 cm (CITES, 2006). Prema novijem istraživanju koje obuhvaća područje istočnog Sredozemnog mora zabilježeno je od 1 do 6 mladih s tjelesnom dužinom između 7,2 i 22,0 cm (Chatzispyrou i Megalofonou, 2005). S obzirom da u Pacifiku i Crnom moru kostelj postaje spolno zreo pri većoj tjelesnoj dužini nego u Atlantiku, ova činjenica nam sugerira da ženke tog područja imaju veći prosječni broj embrija (Stenberg, 2005).

Unutar populacije kostelja formiraju se jata prema veličini koje migriraju odvojeno, pa razlikujemo jata malih jedinki oba spola, jata spolno nezrelih ženki i spolno zrelih mužjaka, te velikih spolno zrelih ženki. Često su opisani kao spori plivači te vrlo nomadični i iregularni u lokalnim kretanjima (Compagno, 1984a). Dok mužjaci migriraju sezonski, migracije ženki uvjetovane su sezonskim i reproduktivnim razlozima. Etološki faktori mogu utjecati na duljinu trajanja trudnoće, tako da se neke jednike mogu duže zadržati u hladnijim vodama i na taj način produžiti trudnoću (Jones i Ungland, 2001). Hickling (1930) je otkrio da ženke migriraju u pliće vode s razvojem trudnoće, pri čemu takvim migracijskim obrascom izlažu embrije različitim temperaturnim vrijednostima koje mogu utjecati na rast embrija (Templeman, 1944). Mnogi znanstvenici takvo ponašanje objašnjavaju kao potrebu za izbjegavanjem kanibalizma. No takvim ponašanjem se dovode u neposrednu opasnost od povećane smrtnosti uzrokovane ulovom u različite ribolovne alate čime se iz populacije uklanjaju i spolno zrele ženke i mladi koji su od ključne važnosti za očuvanje vrste. Migracije su dosada praćene metodom označavanja (markiranja) i ponovnog ulova i to za područja sjevernog Pacifika. Nova molekularna istraživanja potvrdila su postojanje transpacifičkih migracija, pri čemu sjeverno pacifička populacija predstavlja ishodišnu populaciju iz koje su se odvojile i razvile južno pacifička i atlantska populacija (Hauser i *sur*. 2007), otvarajući tako

novo pitanje o razmjeni genetičkog materijala između istočne i zapadne pacifičke populacije (McFarlane i King, 2003). Osim navedenih migracija, utvrđene su i sezonske migracije u smjeru sjever - jug duž pacifičke obale te obale zapadnog Atlantika (Holland, 1957).

1.4. Ishrana kostelja

1.4.1. Građa probavnog sustava

Probavni sustav kostelja sastoji se od usne šupljine, jednjaka (*oesophagus*), želuca (*gaster*), tankog crijeva (*intestinum tenue*), debelog crijeva (*rectum*) te stražnjeg crijva (*colon*) koje završava u nečisnici (*cloaca*). Na stražnjem dijelu želuca je slezena (*lien*). Početni dio tankog crijeva je dvanaesnik (*duodenum*), uz kojega je krpasta gušterača (*pankreas*). Jedan od razvijenih organa je jetra (*hepar*) građena od dva režnja među kojima je smješten žučni mjehur (*vesica fellea*) sa žučovodom (*ductus biliferus*) koji se otvara u dvanaesnik.

Specifičnost u građi probavnog sustava kod morskih pasa leži u spiralnom zalistku, naboru crijevne sluznice. Spiralni zalistak igra ključnu ulogu kod povećavanja apsorpcijske površine crijevne sluznice te istodobno smanjenje lumena crijeva. Na taj način ostavlja dosta prostora u trbušnoj šupljini za veliku jetru i, posebno, za razvoj embrija kod ženki (Moss, 1984). Unutar spiralnog zalistka hrana se duže zadržava, omogućavajući hrskavičnjačama da postignu stupanj iskoristivosti hrane skoro jednak kao kod koštunjača (Wetherbee i Cortés, 2004). Isti autori također zaključuju da je produžena probava kod morskih pasa povezana s niskom frekvencijom hranjenja. Iako je dokazano da viša temperatura ubrzava probavu (Brett i Groves, 1979), za potpunu probavu većih obroka potrebno je više vremena (Sims i *sur.* 1996; Bush i Holland, 2002).

Morski psi su tercijarni konzumenti i zauzimaju višu trofičku razinu od ptica, ali manju od morskih sisavaca (Cortés, 1999). Red Squaliformes se prema trofičkoj razini nalazi između reda Carcharhiniformes s najnižom trofičkom razinom i reda Hexanchiformes s najvišom trofičkom razinom. Iako sam proces probave i ekskrecije kod hrskavičnjača nije u potpunosti razjašnjen, poznato je da je kod riba temeljni proces u kemijskoj razgradnji djelovanjem pepsina (Holmgren i Nilsson, 1999). Neke vrste morskih pasa pokazuju selektivnost kod probave uz pomoć restriktivne digestivne sekrecije i kompartimentizacije, ili čak sekrecije tvari za "konzerviranje" hrane unutar želudca (Wetherbee i *sur.* 1990).

Vrijeme probave hrane kod kostelja pri temperaturi mora od 10°C iznosi 124 sata (Jones i Geen, 1977). Uz poznate podatke o dnevnom unosu hrane, vremenu potrebnom za probavu i izbacivanje fekalija može se izračunati godišnji prirast jedinke po težini. Dnevni unos hrane iznosi 1,3% tjelesne težine pri prosječnoj težini jedinke od 0,107 kg. Uz takvu dinamiku ishrane, prosječni godišnji prirast u težini kostelja iznosi 0,031 kg (Jones i Geen, 1977; Cortés, 1987).

1.4.2. Biologija ishrane

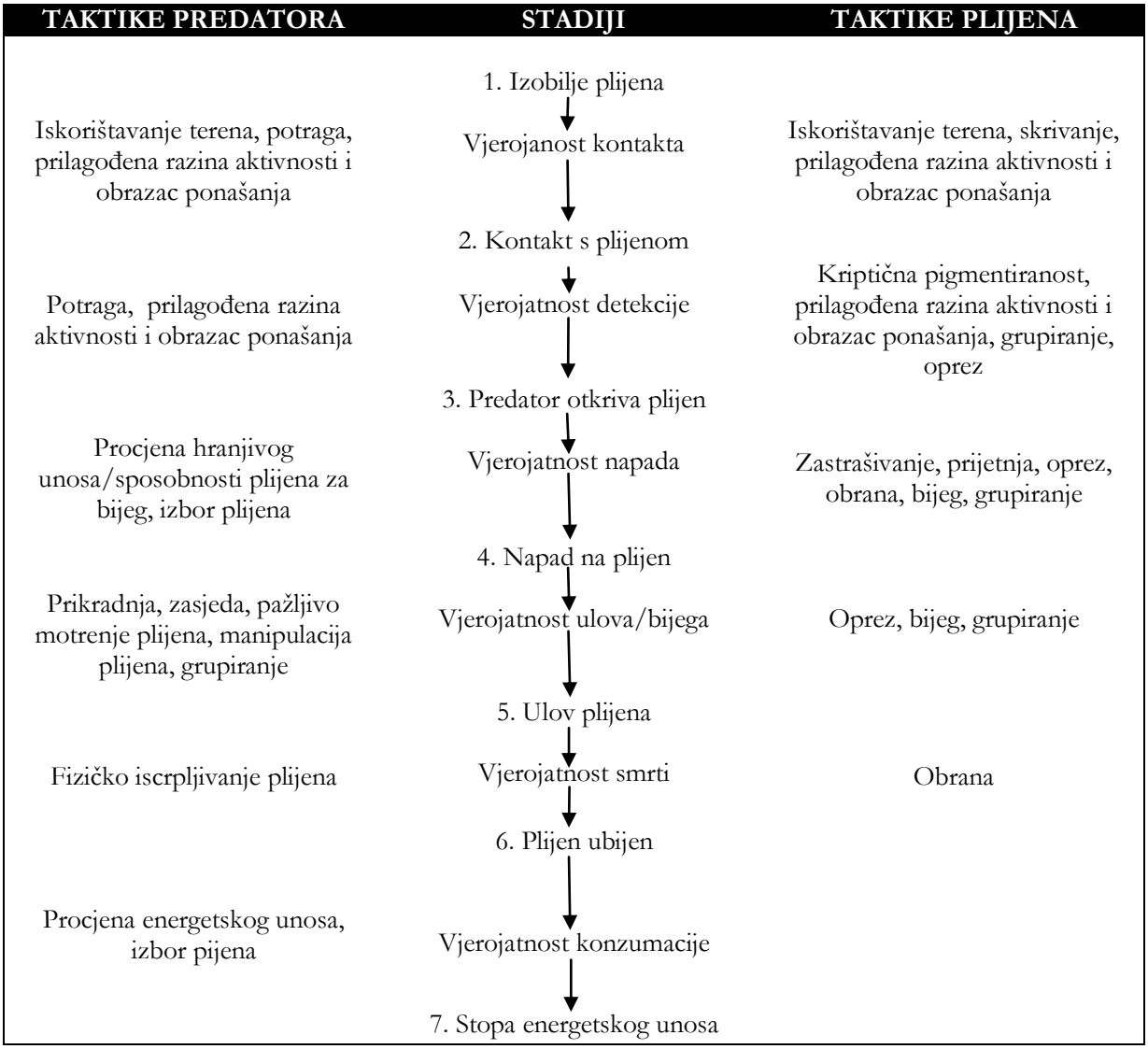
Kostelj je oportunistički predator koji se hrani raznolikim i lako pristupačnim plijenom. Budker (1971) smatra da se upravo zbog oportunističkog lova mnogi morski psi mogu smatrati dobrim indikatorom brojnosti morske faune. Kostelj se hrani danju i noću (Alonso i *sur.* 2001), uglavnom sitnim ribama koštunjačama, glavonošcima i rakovima, a plijen je većim morskim psima i sisavcima (Compagno, 1984). Isto tako ne zazire od drugih manjih morskih pasa, mnogočetinaša, trpova, rebraša, obrubnjaka i meduza (Lipej i *sur.* 2004). Ipak, njegova niska brzina populacijskog rasta može implicirati da ne konzumira velike količine hrane u usporedbi s toplokrvnim vrstama morskih pasa (CITES, 2006).

Morski se psi općenito hrane manje raznolikim plijenom u odnosu na koštunjače, čak i u usporedbi s omnivornim i herbivornim ribama. Istraživanja su pokazala da većinu plijena ishrane kod morskih pasa čine koštunjače, čak do 80% (Lipej i *sur.* 2004). Uz sezonalnost, ishrana morskih pasa razlikuje se i od područja do područja, ovisno o karakterističnoj lokalnoj fauni i sastavu zajednica.

Poput drugih morskih pasa, kostelj pokazuje isprekidanu učestalost hranjenja. Nakon perioda hranjenja može proći dulje vrijeme izgladnjivanja, tijekom kojeg morski psi preživljavaju uz pomoć ulja deponiranih u hepatocitima. Wetherbee i *sur.* (1990) smatraju da iako se morski psi ne hrane duži vremenski period, ne znači da se u međuvremenu ne susretnu s plijenom. Naprotiv, iako su u kontaktu s plijenom, neće ga loviti stoga što su im želuci relativno puni. Tek kad su im želuci skoro prazni, hranjenje se aktivira.

1.4.3. Ponašanje i mehanizam hvatanja plijena

Jedan od najzanimljivijih oblika ponašanja kod morskih pasa nalazimo u interakciji plijen – predator. Budker (1971) smatra da su morski psi u konstantnom stanju pripravnosti i aktivne potrage za hranom kako bi preživjeli. Ponekad love samostalno, a ponekad u velikim jatima. Bez obzira na njihov broj, morski psi ne primjenjuju istu tehniku svaki put. Grafički prikaz interakcija i obrazac ponašanja predatora i plijena pri hranjenju kostelja prikazan je na slici 4 (Limma i Dill, 1990; Sih i Christensen, 2001; Heithaus i *sur.* 2002).



Slika 4. Prikaz interakcije plijena i predatora (Dill, 1990; Sih i Christensen, 2001; Heithaus i *sur.* 2002).

Mehanizam hvatanja plijena kostelja kao i većine grabežljivih morskih pasa zasniva se na kriptičnoj obojenosti te razvijenim osjetilima mirisa i električnog polja plijena (NOAA, 2007). Čeljusni aparat je dobro razvijen i karakterizira ga jezični luk koji se sastoji 2 parne (hyomandibulare i ceratohyale) i jedne neparne (basihyale) hrskavice. S obzirom da ima tzv. orbitostilističku čeljust, hyomandibula pridržava čeljust s gornje strane dok je jezičnokvadratna hrskavica povezuje s orbitalnim zidom lubanje uz pomoć dugog orbitalnog nastavka (Marinelli i Strenger, 1959). Morski psi s orbitostiličkom čeljusti imaju ograničeno izbacivanje gornje čeljusti u odnosu na druge tipove građe čeljusti (Wilga i Motta 1998).

Usprkos vrlo razvijenom čeljusnom aparatu, primarna metoda hvatanja plijena kod kostelja je usisavanje, čime love do 70% od ukupnog ulova plijena. Također treba spomenuti važnost lateralne trešnje glave nakon što je plijen uhvaćen. Kostelj vrši brze kretnje („bacanja“) glave i tijela s jedne na drugu stranu sve dok plijen nije prerezan na pola ili dok se sam ne prestane tresti te proguta plijen (Wilga i Motta, 1998). S obzirom na oblik zuba, takvom trešnjom je pospješeno rezanje plijena na manje komade koje kostelj može progutati. Prema istim autorima, usisavanje i upotreba čeljusnog aparata koristi se isključivo pri manipulaciji plijena tijekom njegovog savladavanja. Ipak, i ovdje se javljaju iznimke. Kod određenih slučajeva nije bilo manipulacije plijena već je odmah nakon ulova slijedilo gutanje. Za sam transport plijena koristi se isključivo tehnika usisavanja (Wilga i Motta, 1998).

1.5. Biologija vrste u Sredozemnom moru i Jadranu

U Sredozemnom moru kostelj je rasprostranjen na dubinama od 20 do 800 m. Od 1994. do 1998. godine na području sjeverozapadnog Mediterana provedeno je istraživanje s ciljem ocjenjivanja stanja te kvantitativno-kvalitativnih promjena i zaštite pridnenih (koćarskih) naselja pod nazivom MEDITS (engl. *Mediterranean International Bottom Trawl-Surveys*). U početku, program MEDITS okupio je zemlje članice Europske zajednice, a kasnije je proširen na čitavo područje Jadranskoga mora uz sudjelovanje Albanije, Hrvatske i Slovenije. U MEDITS-ovim koćama pas kostelj zauzima 5 % ulova. Vrlo je rijedak u zapadnom Sredozemnom moru, ali je brojan u istočnom mediteranskom bazenu, u MEDITS – ovom području s 6 700 tona procijenjene biomase (CITES, 2006).

Kostelj je jedna od najmanje 29 zabilježenih vrsta morskih pasa u Jadranu. Morski psi Jadrana klasificirani su unutar 5 redova, 14 porodica i 25 rodova. U redu Squaliformes u Jadranu nalazimo 3 porodice zastupljene sa sedam vrsta:

1. Por. ECHINORHINIDAE Gill, 1862
   - *Echinorhinus brucus* (Bonnaterre, 1788) – pas zvjezdaš, pas čavlan
2. Por. SQUALIDAE Blainville, 1816
   - *Centrophorus granulosus* (Bloch i Schneider, 1801) – pas kostelj dubinac
   - *Dalatias licha* (Bonnaterre, 1788) - drkovna
   - *Etmopterus spinax* (Linnaeus, 1758) – pas kostelj crnac
   - *Squalus acanthias* (Smith i Radcliffe, 1912) – pas kostelj
   - *Squalus blainvillei* (Risso, 1826) – pas kostelj vlastelin
3. Por. OXYNOTIDAE Gill, 1872
   - *Oxynotus centrina* (Linnaeus, 1758) – pas prasac

Uz hrvatsko ime kostelj, *Squalus acanthias* poznat je pod više narodnih naziva poput azja, košćak, kucin, kučak, pas kostić, pas košćenjak, pena. Zapažen je na najvećoj dubini od 273 m, na području Jabučke kotline (Jardas, 1972). Najbrojnije nalazište kostelja nalazi se upravo na prostoru sjevernog i srednjeg Jadrana, posebno u kanalima (Jardas, 1996).

Jadranska populacija odlikuje se posebnim biološkim značajkama. Tjelesna dužina spolno zrelih ženki kreće se od 60 do 100 cm, s maksimalnom zabilježenom dužinom od 105

cm (Županović, 1961) i uz veličinu legla od 2 do 20 mladih (Jardas, 1972). Raspon tjelesne dužine za spolno zrele mužjake iznosi između 59 i 72 cm s maksimalnom zabilježenom dužinom od 78 cm. Migracije jadranske populacije se vrši u jatima iste starosti i veličine ili individualno sa manjom prisutnosti u južnom dijelu Jadrana. Dosadašnja istraživanja pokazala su da se pas kostelj u Jadranu pari tijekom zimskog perioda (Županović, 1961).

1.6. Ugroženost

Zbog globalnog pada brojnosti populacija, kostelj je danas prema IUCN-u svrstan u skupinu osjetljivih vrsta (VU - *Vulnerable*), pri čemu je sjevernoistočna populacija u Atlantiku (od Barentzovog mora do Biskajskog zaljeva) kritično ugrožena (CR – *Critically Endangered*). Antropogeno uvjetovani razlozi ugroženosti ove vrste uključuju komercijalnu eksploataciju (ulov), onečišćenje i degradaciju staništa. Kostelj je vrsta visoke komercijalne vrijednosti, te se izlovljava već više od 100 godina zbog kvalitetnog mesa, hrskavice i jetrenog ulja (Ketchen, 1986). Kroz sve veću potražnju, ribolovni pritisak na ovu vrstu iz dana u dan raste. Osim prelova i prilova, vrstu ugrožava i onečišćenje staništa, tako da se često u sadržaju probavila psa kostelja mogu naći i razni otpatci, poput ostataka plastike (Demirhan i Seyhan, 2007). Onečišćenje ima vrlo jak utjecaj na sama staništa morskih pasa. Mnoga bitna područja hranjenja i parenja uništena su ljudskom aktivnošću.

U morskim ekosustavima kostelj igra važnu ulogu osnovnog mehanizma prirodne selekcije te kontrolira brojnost vrsta kojima se hrani. Kao vršni predator, dodatno akumulira teške metale i pesticide u svojim tkivima što predstavlja direktnu opasnost za samu vrstu i njegove konzumente. Stoga je činjenica o povišenim koncentracijama žive u vodama Washingtona (Director, 2001) te području Sredozemlja (Abdulla, 2004), vrlo zabrinjavajuća. Na ovim prostorima se kostelj može naći u konzervama sa mesnim prerađevinama drugih vrsta morskih pasa. U Europi se kostelj često krivo etiketira i prodaje pod imenom vrste *Scyliorhinus spp.* i *Mustelus spp.* te se zamjenjuje s uvoznom vrstom *Galeorhinus galeus* iz južne Amerike (CITES, 2006). Uzevši u obzir da jadranske biozalihe istovremeno ribolovno iskorištava više država, teško je procjeniti veličinu populacije psa kostelja. U periodu od 1991. do 1993. godine zabilježen je porast koćarenja zbog smanjenog ulova sitne pelagičke ribe te se na taj način pojačao pritisak ribolova na demerzalne vrste. Iako je Jadran manji u odnosu na druga mora Sredozemlja, na njegovom području te području Crnog mora odvija

se ribolovni pritisak s 13 do 15%-nim udjelom u ukupnom ulovu na Sredozemlju koji iznosi oko 120 tona (srednji godišnji ulov).

Kostelj se u Jadranu lovi koćom i parangalom (Slika 5). Osim u ishrani, jedan dio se koristi za priozvodnju ribljeg brašna (Jardas, 1996). Jukić-Peladić i *sur.* (2001) nisu registrirali nikakve značajne promjene u brojnosti vrste *Squalus acanthias* u Jadranu između 1948. i 1998. Ipak, zbog nedostaka podataka o ovoj vrsti te nereguliranog regionalnog ribolovnog upravljanja, velika je vjerojantost da je zastupljenost ove vrste u padu u odnosu na druge vrste hrskavičnjača u Jadranskom moru.

Slika 5. Ulov kostelja na koćarskom brodu (Foto: Bojan Lazar).

1.7. Cilj diplomskog rada

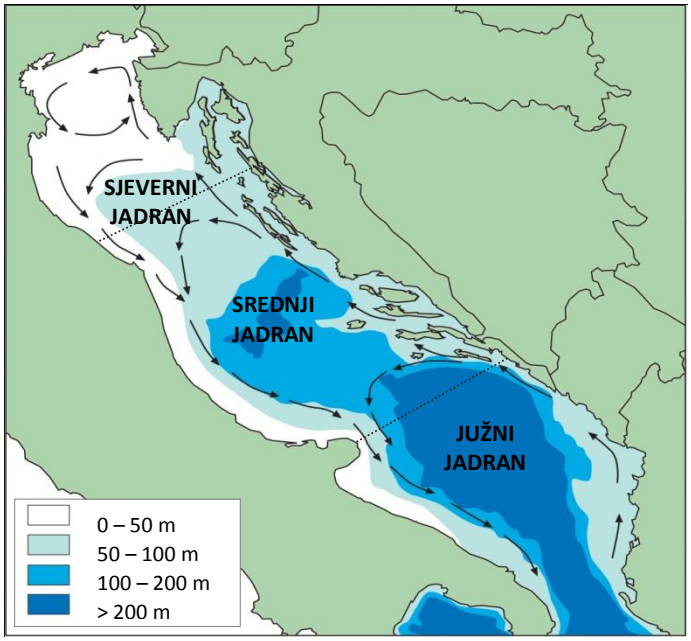
Kako su dosadašnja istraživanja jadranskih populacija kostelja provedena isključivo u akvatoriju srednjeg i južnog Jadrana, ovim diplomskim radom istražena je ishrana ove vrste na području sjevernog Jadrana. Stoga je cilj ovog rada kvantitativnom i kvalitativnom analizom ishrane odrediti glavne skupine plijena kostelja i njihovu zastupljenost u ishrani te istražiti razlike u ishrani s obzirom na spol, veličinu i sezonu.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Značajke područja istraživanja

Jadransko more je poluzatvoreni, plitki bazen istočnog Sredozemnog mora, s kojim je povezano Otranskim vratima širine oko 70 km i dubine 741 m. Dužina Jadrana iznosi 870 km, širina 159,3 km, a površina zajedno s otocima 138 595 km^2, te zauzima oko 4.6% od ukupne površine Sredozemnog mora. Površina kontinentalne podine je 102 415 km^2 ili čak 73,9 % površine Jadrana što upućuje na njegovu izrazitu plitkost. Srednja dubina Jadrana iznosi 251 m, dok su najveće dubine u Jadranu zabilježene na području Jabučke kotline (273 m) i Južnojadranske kotline (1330 m). Najveću površinu pokrivaju muljeviti i pjeskoviti sedimenti, slanost je $38,3 \times 10^{-3}$ koja se smanjuje od sjevera prema jugu i od otvorenog mora prema obali. U najdubljim slojevima temperatura se kreće između 11 i 12 °C, ljeti na otvorenom moru varira od 22 do 25 °C te pri dnu pada na 11,5 °C (Jabučka kotlina) ili 12,7 °C (Južnojadranska kotlina). U Jadranu razlikujemo tri područja (Slika 6): sjeverni Jadran (do poveznice Karlobag - Ancona, 45° 47` sjeverne zemljopisne širine), srednji Jadran (do poveznice Makarska/Ploče - Mt Gargano) te južni Jadran (Jardas, 1996).

Sjeverni Jadran ima najviši stupanj organske proizvodnje zahvaljujući svojoj maloj dubini tako da svjetlost prodire dublje nego u drugim dijelovima Jadrana. Drugi razlozi visokoj organskoj produkciji je intezivni unos hranjivih soli rijekom Po, te kroz industriju uz obalu i ribogojstva na otvorenom moru (polupučinska i pučinska marikultura).



Slika 6. Podjela Jadranskog mora s batimerijom i smjerom glavnih površinskih struja (preuzeto iz Lazar 2009).

2.2. Materijal

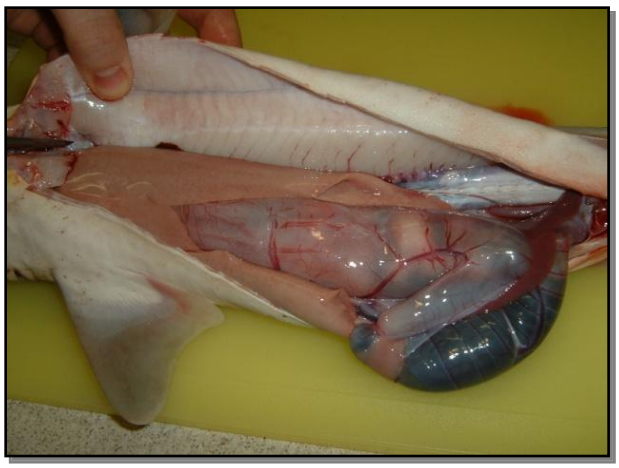
Morski psi prikupljeni su iz ulova pridnenih koća u vremenu između 2005. i 2007. godine. Istraživanje je provedeno pomoću promatrača na brodovima, u vanjskim vodama Kvarnera i Zadarskog akvatorija (područje ribolovne zone B, Slika 7). Svi koćarski potezi izvedeni su na dubinama između 47 i 68 m uz srednju brzinu od 2,2 ± 0,1 čvorova, s prosječnim trajanjem potega od 367 ± 57 min. (Lazar i *sur.* 2007). Determinacija vrste izvršena je prema Lipej i *sur.* 2004. Morfometrijska obrada uključila je mjerenje prekaudalne i ukupne dužine životinja te određivanje mase digitalnom vagom (Cormorane Professional) s preciznošću od ± 5,0 g. Spol je određen pregledom vanjskih spolnih obilježja (prisustvo mixipterygiuma). Dio životinja namjenjen prodaji obrađen je neposredno na brodu, dok su ostale (manje) životinje čuvane na ledu do dolaska u luku, a potom smrznute u ledenici na – 20 °C do naknadne obrade.

Slika 7. Istraživano područje s podjelom hrvatskog akvatorija Jadrana u ribolovne zone (preuzeto iz Lazar 2009) .

2.3. Izolacija sadržaja ishrane

Sadržaj ishrane izoliran je iz cijelog probavila pojedinih životinja. Izolacija je provedena nakon odmrzavanja u prostorijama Hrvatskog prirodoslovnog muzeja i Veterinarskog instituta u Zagrebu. Kod životinja namjenjenih prodaji, sekcija i izolacija probavila izvedene su neposredno na ribarskim brodovima. Sekcije su započete ravnim rezom na ventralnoj strani uzorka. Učinjen je rez skalpelom od analnog otvora prema ustima do zadnjeg dijela jednjaka (Slika 8), zatim dva reza postranično i paralelno sa škrgama.

Probavilo kostelja je izolirano uz pomoć reza na njegovom početku i kraju, potom je preneseno u posebnu posudu gdje je rezom po dužini probavilo otvoreno te njegov sadržaj izliven. Laganim mlazom vode odvojene su dodatne čestice vezane na unutranju stijenku probavila. Čitav sadržaj probavila je tada prenesen u sito te ispran tekućom vodom. Izolirani sadržaj je označen i konzerviran u 75%-om etanolu.

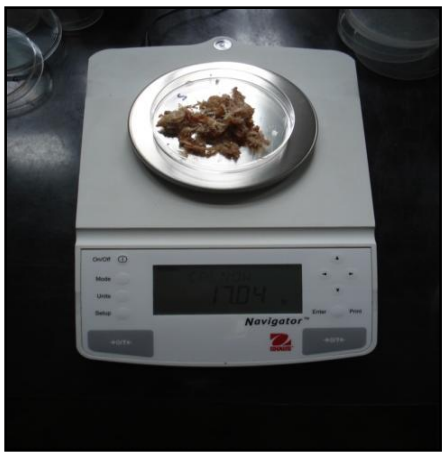


Slika 8. Sekcija kostelja (Foto: Bojan Lazar).

2.3. Kvalitativna i kvantitativna analiza

Svaki izolirani uzorak probavila pregledan je u petrijevoj posudi prostim okom i lupom pod povećanjem od 25 do 30 puta. Sadržaj probavila svrstan je prema taksonomskoj pripadnosti, dok je posebnu skupinu činio neodredivi (probavljeni) organski materijal. Svaka kategorija je zatim pohranjena u posebne plastične posudice sa 75%-im etanolom. Uzorci su naknadno determinirani do razreda ili podrazreda prema Riedlu (1983).

Nakon kvalitativne analize, slijedilo je vaganje mokre mase svake skupine uz pomoć digitalne vage "Ohaus" s točnošću na dvije decimale (Slika 9). Prag detekcije bio je 0,01 g. Uzorci manjih masa označeni su kao "IPD" (ispod praga detekcije).



Slika 9. Vaganje mokre mase organskog materijala (Foto: Dunja Jusufovski).

2.4. Statistička obrada podataka

Iz osnovnih podataka, za svaki uzorak izračunat je postotak učestalosti pojedinih skupina i maseni udio u odnosu na ukupnu masu plijena.

Učestalost (%) – $(N_S / N) \times 100$

N_S - broj uzoraka koji sadržavaju pojedinu skupinu plijena

N – ukupan broj svih uzoraka

Maseni udio (%) – $(MM_S / MM) \times 100$

MM_S - ukupna mokra masa pojedine skupine plijena

MM – ukupna mokra masa svih uzoraka

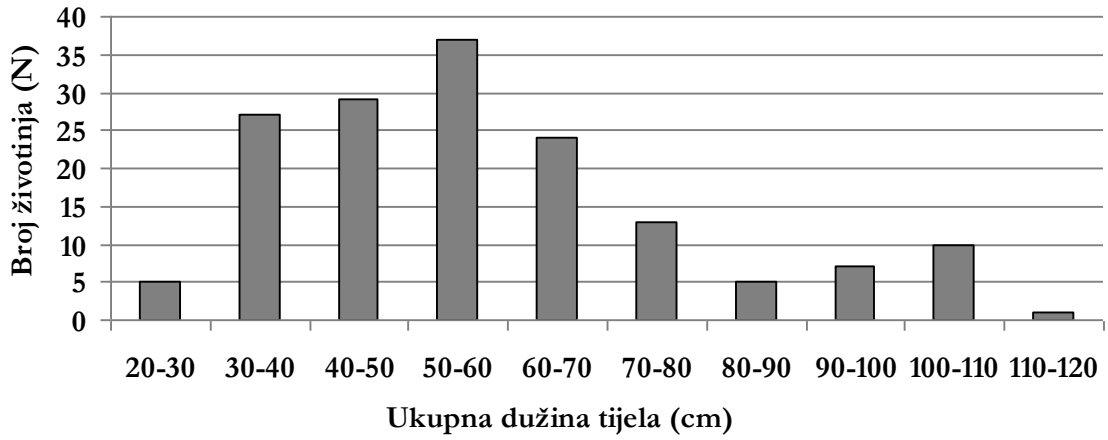
Utvrđivanje razlika u sastavu ishrane s obzirom na veličinu životinje testirano je Spearmannovom korelacijom ukupne dužine tijela i masenog udjela glavnih skupina plijena, te korelacijom dužine tijela i mokre mase pojedinih skupina plijena.

Razlike u masenim udjelima i mokrim masama skupina plijena između razvojnih stadija (spolno zrele i nezrele jedinke), spolova (mužjaci i ženke) i vremena nalaza (topli period: od svibnja do listopada; hladni period: od studenog do travnja) testirane su Mann-Whitey U-testom (Zar, 1999). Utvrđivanje spolno zrelih i nezrelih jedinki vršeno je prema Chatzispyrou i Megalofonou (2005), kao spolno zreli mužjaci svrstane su jedinke ukupne dužina tijela > 47,0 cm dok su spolno zrele ženke bile dužine > 51,5 cm. Sve statističke analize rađene su u programu SPSS 15.0 za Windows (SPSS Inc., SAD).

3. REZULTATI

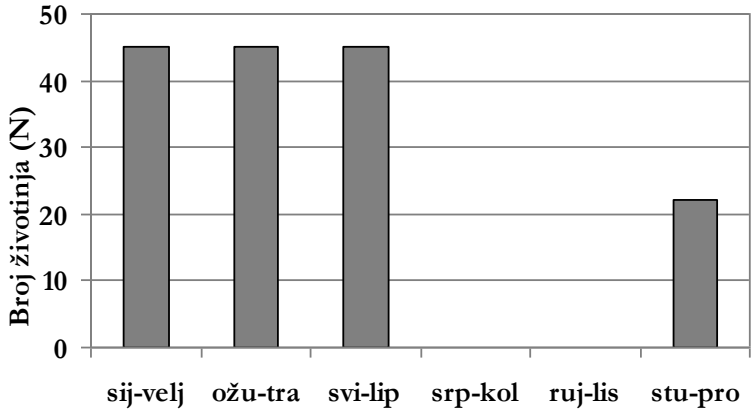
3.1. Veličinska i vremenska raspodjela nalaza kostelja

Ukupno je obrađeno 157 jedinki s rasponom dužine tijela od 26,1 do 112,0 cm (srednja vrijednost = 57,5; SD = 20,3). Među prikupljenim jedinkama utvrđeno je više spolno zrelih jedinki (N = 96; 61,1% učestalosti) u odnosu na spolno nezrele jedinke (N = 61; 38,9% učestalosti). Najveći broj nalaza (N = 37) utvrđen je u veličinskoj kategoriji od 50,0 do 60,0 cm ukupne dužine tijela (Slika 10). U veličinskoj kategoriji od 110 do 120 cm pronađena je samo jedna životinja. Podaci o vremenu nalaza, veličini, težini i spolu svake jedinke nalaze se u Dodatku 1.



Slika 10. Veličina prikupljenih jedinki (N = 157).

Tijekom hladnog i početkom toplog perioda (od siječnja do lipnja) pronađeno je najviše jedinki (N = 135), dok je najmanje jedinki (N = 22) zabilježeno tijekom hladne sezone, od studenog do prosinca. U toplom periodu (od srpnja do listopada), unatoč izlascima na teren, nije pronađena niti jedna jedinka (Slika 11).

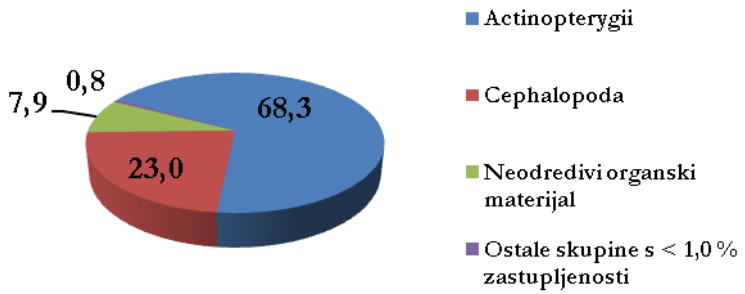


Slika 11. Vremenska raspodjela nalaza (N = 157).

3.2. Kvalitativna i kvantitativna analiza ishrane

Analizom probavila 157 istraživanih jedinki utvrđeno je 6 taksonomskih skupina plijena: puževi (Gastropoda), školjkaši (Bivalvia), glavonošci (Cephalopoda), mnogočetinaši (Polychaeta), rakovi (Malacostraca) i ribe zrakoperke (Actinopterygii). Ukupna mokra masa sadržaja probavila kretala se u rasponu od IPD do 152,72 g (srednja vrijednost = 9,09; SD = 17,74; N = 157). Svega tri životinje su imale prazno probavilo, s masom ispod praga detekcije.

Najveći udio u ukupnoj mokroj masi zauzimaju zrakoperke i glavonošci čiji je ukupni udio u ishrani iznosio 91,3% (Slika 12). Mnogočetinaši i rakovi su bili zastupljeni s masenim udjelom manjim od 1%, dok su puževi i školjkaši zabilježeni samo u jednom uzorku, s masom ispod praga detekcije (Tablica 2).



Slika 12. Maseni udjeli pojedinih skupina plijena (%) u ukupnoj masi svih uzoraka (N = 157).

Tablica 2. Mokra masa i maseni udjeli pojedinih skupina plijena te učestalost njihovog pojavljivanja u ukupnoj mokroj masi plijena (IPD – ispod praga detekcije; N – broj uzoraka koji sadrže pojedine skupine plijena).

Skupina		Aritmetička sredina ± SD	Medijan	Raspon (min. - maks.)	Ukupni zbroj svih uzoraka	N	Učestalost (%)
Gastropoda i Bivalvia						1	0,6
	mokra masa (g)	IPD	IPD	IPD	IPD		
	maseni udio (%)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
Cephalopoda						23	14,6
	mokra masa (g)	14,28 ± 20,65	7,31	IPD - 96,68	328,54		
	maseni udio (%)	68,4 ± 37,5	85,9	< 0,01 - 100,0	23,0		
Polychaeta						2	1,3
	mokra masa (g)	0,36 ± 0,28	0,36	0,16 - 0,56	0,72		
	maseni udio (%)	5,2 ± 0,58	5,2	4,8 - 5,6	0,1		
Malacostraca						27	17,2
	mokra masa (g)	0,38 ± 0,83	0,06	IPD - 3,87	10,26		
	maseni udio (%)	11,2 ± 21,4	0,6	< 0,01 - 100,0	0,7		
Actynopterigii						123	78,3
	mokra masa (g)	7,92 ± 17,15	3,67	IPD - 152,72	974,36		
	maseni udio (%)	74,3 ± 36,1	98,5	< 0,01 - 100,0	68,3		
Neodredivi organski materijal						98	62,4
	mokra masa (g)	1,16 ± 2,08	0,65	IPD - 14,67	113,26		
	maseni udio (%)	44,7 ± 42,4	26,1	< 0,01 - 100,0	7,9		

Uz najveći maseni udio (68,3%) ribe zrakoperke čine najznačajniju skupinu plijena u ishrani kostelja, s učestalošću od 78,3% (Tablica 2). Mokre mase zrakoperki između pojedinih jedinki kretale su se od IPD do 152,72 g (srednja vrijednost = 7,92; SD = 17,15). Uzorci zrakoperki sastojali su se od kralježnice, manjih ribljih kostiju, raznog neprobavljenog mekog tkiva, ljuski, jaja, lubanja i repnih peraja. U samo dva uzorka pronađeni su cjeloviti primjerci riba koštunjača i to vrsta *Arnoglossus thori* Kyle, *Spicara smaris* L., *Mullus surmuletus* L. i *Gobius niger* L. (Slika 13). Kod ostalih uzoraka determinacija nije bila moguća zbog visokog stupnja razgradnje.

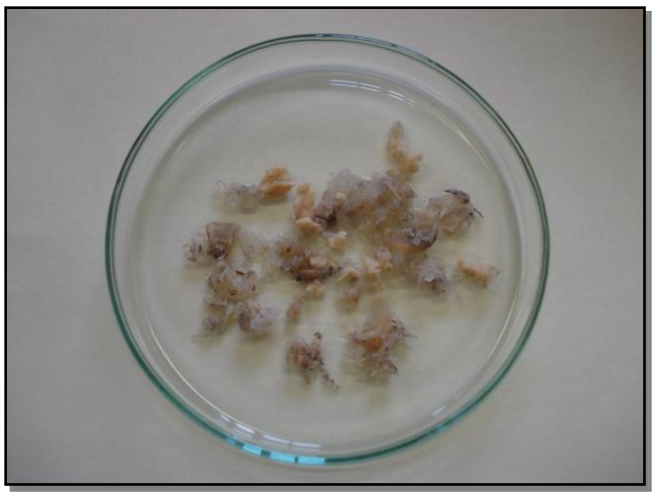
Slika 13. Uzorci zrakoperki iz probavila kostelja (Foto: Dunja Jusufovski).

Druga najznačajnija skupina plijena su bili glavonošci, unatoč velikom masenom udjelu (23,0%), učestalost ove skupine (14,6%) je bila relativno mala (Tablica 2). Mokre mase ove skupine plijena iznosile su od IPD do 96,68 g (srednja vrijednost = 14,28; SD = 20,65). Kljun, dijelovi mekog tkiva, oči i cjeloviti krakovi karakteristični su dijelovi glavonožaca pronađeni u uzorcima (Slika 14).

Iako rakovi zauzimaju maseni udio manji od 1% u ishrani kostelja, pronađeni su u 27 uzoraka s visokom učestalošću od 17,2%.

Slika 14. Uzorak glavonošca izoliran iz probavila kostelja (Foto: Dunja Jusufovski).

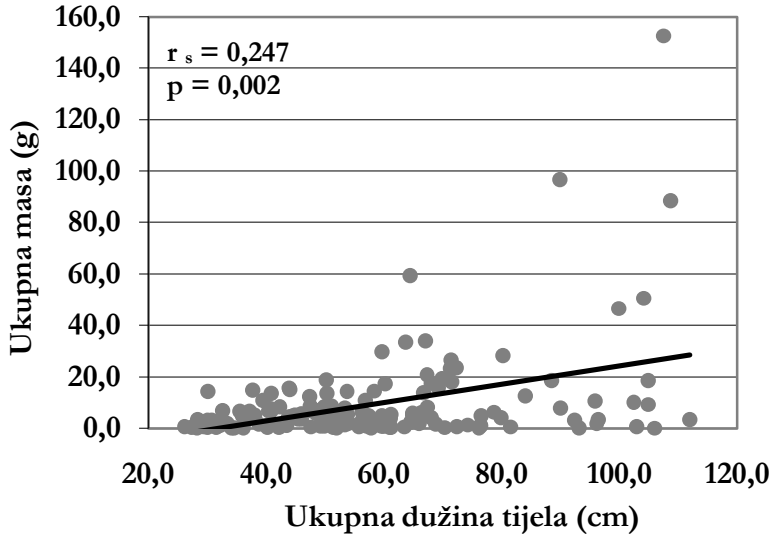
Sadržaj probavila koji se zbog visokog stupnja razgradnje nije mogao odrediti svrstan je u skupinu „neodredivi organski materijal“ (Slika 15). Nađen je u 98 od 157 analiziranih jedinki, s rasponom mokre mase od IPD do 14,67 g (srednja vrijednost = 1,16; SD = 2,08).



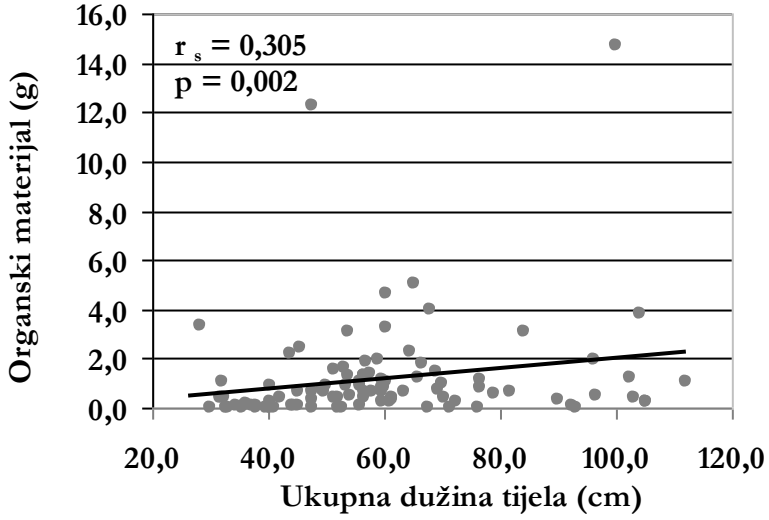
Slika 15. Organski materijal u visokom stupnju razgradnje (Foto: Dunja Jusufovski).

3.3. Ovisnost ishrane o veličini, spolu i vremenu nalaza

Spearmannovom korelacijom utvrđen je značajan porast ukupne mase sadržaja probavila (r_s= 0,247; $p < 0,05$) i mase neodredivog organskog materijala (r_s = 0,305; $p < 0,05$) s porastom veličine životinja (Slika 16 i 17).

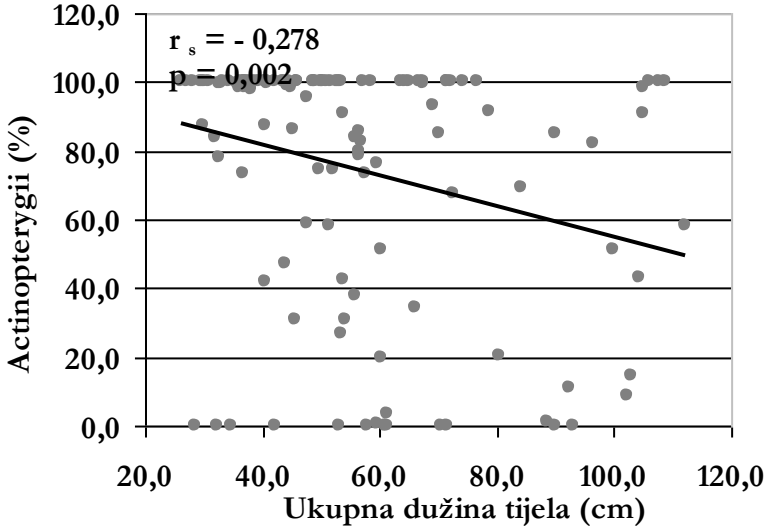


Slika 16. Odnos ukupne dužine tijela kostelja i ukupne mokre mase sadržaja probavila, s rezultatima Spearmannove korelacije.



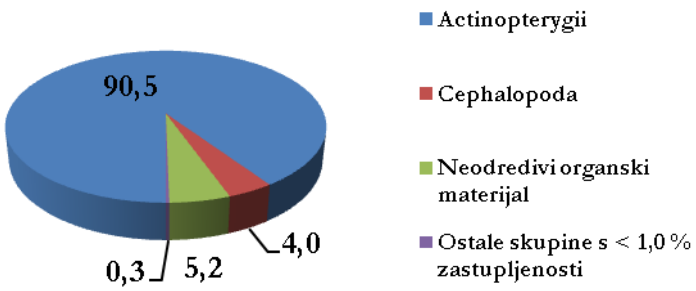
Slika 17. Odnos ukupne dužine tijela kostelja i mokre mase neodredivog organskog materijala, s rezultatima Spearmannove korelacije.

Promjene u sastavu ishrane s obzirom na veličinu životinja ustanovljene su samo za ribe zrakoperke, pri čemu je utvrđen značajan pad udjela zrakoperki u ishrani s porastom veličine kostelja (r_s = - 0,278; $p < 0,05$; Slika 18).

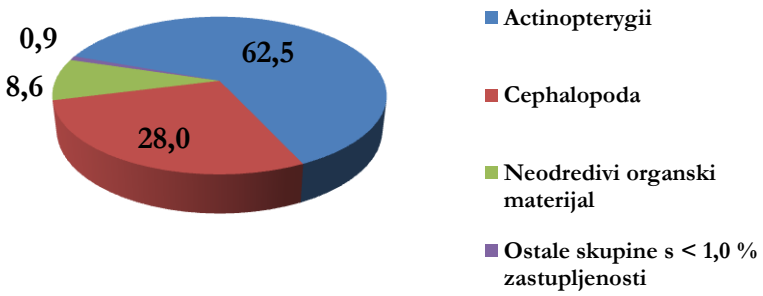


Slika 18. Odnos masenog udjela zrakoperki i ukupne dužine tijela kostelja, s rezutatima Spearmannove korelacije.

Ove rezultate potvrdile su i analize razlika u sastavu ishrane između spolno nezrelih i spolno zrelih životinja (Tablica 3). Od 157 obrađenih jedinki, na temelju ukupne dužine tijela 61 jedinka svrstana je u skupinu spolno nezrelih životinja (19 mužjaka i 42 ženke), dok je 96 kostelja bilo spolno zrelo (40 mužjaka i 56 ženki). Maseni udio zrakoperki bio je značajno veći u ishrani juvenilnih životinja (Mann – Whitney U = 1238,00; p = 0,001; Slika 19).



Slika 19. Maseni udjeli pojedinih skupina plijena (%) u ishrani spolno nezrelih jedinki (N = 61).



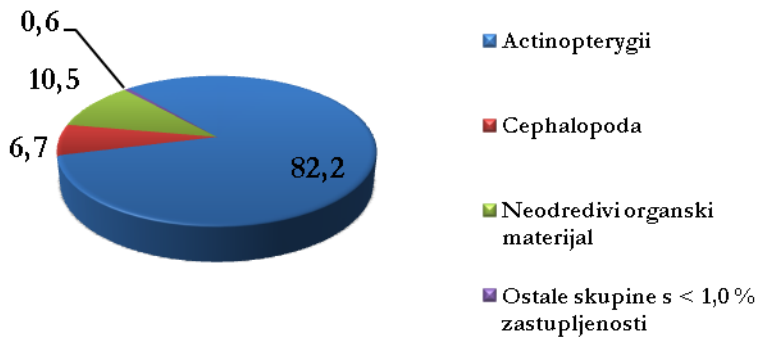
Slika 20. Maseni udjeli pojedinih skupina plijena (%) u ishrani spolno zrelih jedinki (N = 96).

Suprotno tome, udio glavonožaca bio je veći u ishrani spolno zrelih jedinki (Slika 20), ali razlika nije bila statistički značajna ($p > 0,05$; Tablica 3).

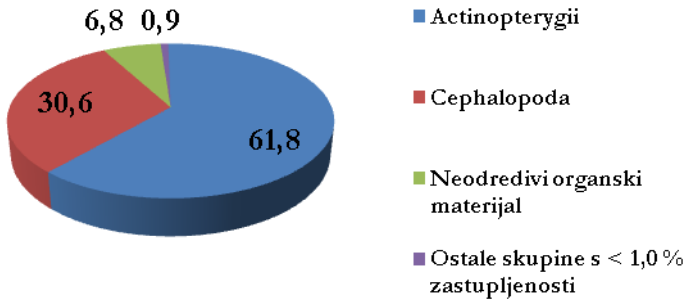
Tablica 3. Razlike u mokrim masama i masenim udjelima pojedinih skupina plijena između juvenilnih i odraslih jedinki (* - statistički značajne razlike; ** - izračun na temelju jednog uzorka; IPD - ispod praga detekcije).

Skupina		spolno -nezrele		spolno-zrele		Mann-Whitney U	p
		aritmetička sredina ± SD	medijan (min - maks)	aritmetička sredina ± SD	medijan (min - maks)		
Mollusca							
Gastropoda & Bivalvia	mokra masa (g)			IPD**	IPD**		
	maseni udio (%)			< 0,01**	< 0,01**		
Cephalopoda	mokra masa (g)	3,90 ± 4,23	3,16 (0,09 - 8,45)	15,84 ± 21,73	7,75 (IPD - 96,68)	16,00	0,201
	maseni udio (%)	51,4 ± 46,0	45,7 (8,6 - 100,0)	70,9 ± 36,8	87,9 (< 0,01 - 100,0)	25,00	0,643
Annelida							
Polychaeta	mokra masa (g)			0,36 ± 0,28	0,36 (0,16 - 0,56)		
	maseni udio (%)			5,2 ± 0,6	5,2 (4,8 - 5,6)		
Arthropoda							
Malacostraca	mokra masa (g)	0,19 ± 0,43	IPD (IPD - 0,96)	0,42 ± 0,90	0,08 (IPD - 3,87)	38,00	0,260
	maseni udio (%)	5,4 ± 12,0	< 0,01 (< 0,01 - 26,8)	12,6 ± 23,0	2,5 (< 0,01 - 100,0)	37,00	0,233
Chordata							
Actinopterygii	mokra masa (g)	4,86 ± 4,73	3,47 (IPD - 18,79)	10,40 ± 22,44	3,68 (IPD - 152,72)	1802,50	0,731
	maseni udio (%)	86,8 ± 28, 6	100,0 (< 0,01 - 100,0)	64,1 ± 38,5	81,0 (< 0,01 - 100,0)	1238,00	0,001*
Neodredivi organski materijal	mokra masa (g)	0,48 ± 0,78	0,14 (IPD - 3,33)	1,48 ± 2,42	0,83 (IPD - 14,67)	556,00	<0,001*
	maseni udio (%)	35,7 ± 43,5	12,5 (< 0,01 - 100,0)	49,0 ± 41,5	31,8 (< 0,01 - 100,0)	817,50	0,066
Ukupno	mokra masa (g)	4,84 ± 4,57	3,58 (0,03 - 18,79)	11,79 ± 22,01	4,02 (IPD - 152,72)	2533,50	0,155

Od 157 obrađenih jedinki utvrđeno je 59 mužjaka i 98 ženki. U ishrani mužjaka, glavonošci su bili zastupljeni s masenim udjelom od 6,7%, dok su u ishrani ženki glavonošci zauzimali 30,6% ukupne mokre mase (Slika 21 i 22), ali razlika nije bila statistički značajna (Tablica 4). Statistički značajne razlike u sastavu ishrane između spolova utvrđene su samo za ribe zrakoperke (Mann – Whitney U = 1106,00; $p < 0,05$), čiji je udio bio veći kod mužjaka (Tablica 4).



Slika 21. Maseni udjeli pojedinih skupina plijena (%) u ishrani mužjaka kostelja u sjevernom Jadranu (N = 59).



Slika 22. Maseni udjeli pojedinih skupina plijena (%) u ishrani ženki kostelja u sjevernom Jadranu (N = 98).

Nisu ustanovljene razlike u sastavu ishrane između tople i hladne sezone (Tablica 5).

Tablica 4. Razlike u mokrim masama i masenim udjelima pojedinih skupina plijena između spolova (* - statistički značajne razlike; ** - izračun na temelju jednog uzorka; IPD - ispod praga detekcije).

Skupina		mužjaci		ženke		Mann-Whitney U	p
		aritmetička sredina ± SD	medijan (min - maks)	aritmetička sredina ± SD	medijan (min - maks)		
Mollusca							
Gastropoda & Bivalvia	mokra masa (g)			IPD**	IPD**		
	maseni udio (%)			< 0,01**	< 0,01**		
Cephalopoda	mokra masa (g)	7,58 ± 10,10	3,93 (IPD - 22,47)	15,70 ± 22,18	8,19 (0,09 - 96,68)	26,00	0,330
	maseni udio (%)	48,1 ± 36,0	56,2 (< 0,01 - 79,9)	72,6 ± 37,3	98,6 (6,1 - 100,0)	17,00	0,084
Annelida							
Polychaeta	mokra masa (g)			0,36 ± 0,28	0,36 (0,16 - 0,56)		
	maseni udio (%)			5,2 ± 0,6	5,2 (4,8 - 5,6)		
Arthropoda							
Malacostraca	mokra masa (g)	0,41 ± 0,73	IPD (IPD - 1,90)	0,37 ± 0,88	0,07 (IPD - 3,87)	66,00	0,814
	maseni udio (%)	8,2 ± 13,4	< 0,01 (< 0,01 - 36,4)	12,3 ± 23,7	1,5 (< 0,01 - 100,0)	64,00	0,725
Chordata							
Actinopterygii	mokra masa (g)	8,84 ± 11,13	5,00 (0,21 - 59,25)	7,44 ± 19,60	2,62 (IPD - 152,72)	1207,50	0,008*
	maseni udio (%)	88,7 ± 22,3	100,0 (19,8 - 100,0)	66,8 ± 39,6	85,5 (< 0,01 - 100,0)	1106,00	0,001*
Neodredivi organski materijal	mokra masa (g)	1,32 ± 2,22	0,70 (IPD - 12,30)	1,06 ± 2,01	0,47 (IPD - 14,67)	1092,50	0,862
	maseni udio (%)	47,9 ± 44,4	37,1 (< 0,01 - 100,0)	42,8 ± 41,5	24,9 (< 0,01 - 100,0)	1112,50	0,979
Ukupno	mokra masa (g)	7,66 ± 10,31	3,96 (IPD - 59,25)	9,95 ± 20,99	3,87 (IPD - 152,72)	2800,50	0,743

Tablica 5. Razlike u mokrim masama i masenim udjelima pojedinih skupina plijena između toplog (svibanj – listopad) i hladnog perioda (studeni – travanj) (* - statistički značajne razlike; ** - izračun na temelju jednog uzorka; IPD – ispod praga detekcije).

Skupina		topli period		hladni period		Mann-Whitney U	p
		aritmetička sredina ± SD	medijan (min - maks)	aritmetička sredina ± SD	medijan (min - maks)		
Mollusca							
Gastropoda & Bivalvia	mokra masa(g)	IPD**	IPD**				
	maseni udio (%)	< 0,01**	< 0,01**				
Cephalopoda	mokra masa(g)	4,78 ± 2,99	3,54 (2,61 - 8,19)	15,71 ± 21,83	7,88 (IPD - 96,68)	19,00	0,315
	maseni udio (%)	48,3 ± 34,7	41,4 (17,5 - 85,9)	71,4 ± 37,8	94,2 (< 0,01 - 100,0)	17,00	0,229
Annelida							
Polychaeta	mokra masa (g)	0,16**	0,16**	0,56**	0,56**	0,00	0,317
	maseni udio (%)	4,8**	4,8**	5,6**	5,6**	0,00	0,317
Arthropoda							
Malacostraca	mokra masa (g)	0,24 ± 0,35	0,08 (IPD - 0,96)	0,45 ± 0,99	IPD (IPD - 3,87)	68,00	0,478
	maseni udio (%)	12,3 ± 14,9	4,8 (< 0,01 - 40,1)	10,7 ± 24,4	< 0,01 (< 0,01 - 100,0)	61,00	0,275
Chordata							
Actinopterygii	mokra masa (g)	5,90 ± 5,86	4,64 (IPD - 23,86)	8,89 ± 20,45	3,02 (IPD - 152,72)	1516,00	0,437
	maseni udio (%)	80,9 ± 31,2	99,6 (< 0,01 - 100,0)	71,1 ± 38,0	91,3 (< 0,01 - 100,0)	1500,00	0,371
Neodredivi organski materijal	mokra masa (g)	1,05 ± 2,84	0,33 (IPD - 14,67)	1,20 ± 1,71	0,71 (IPD - 12,30)	665,50	0,013*
	maseni udio (%)	35,9 ± 40,6	16,2 (< 0,01 - 100,0)	48,2 ± 42,9	27,8 (< 0,01 - 100,0)	805,50	0,163
Ukupno	mokra masa (g)	6,27 ± 7,84	4,70 (0,24 - 46,72)	10,22 ± 20,33	3,71 (IPD - 152,72)	2512,50	0,977

4. RASPRAVA

Veličina ulovljenih jedinki u sjevernom Jadranu iznosile su između 26,1 i 112,0 cm, što se razlikuje od ukupnih dužina tijela kostelja prikupljenih u istočnom Crnom moru koje su se kretale od 34,1 do 144,8 cm (Demirhan i Seyhan, 2007). U istraživanju provedenom u srednjem Jadranu, najveće zabilježene dužine tijela su iznosile 78 cm za mužjake i 105 cm za ženke (Županović, 1961). U ovom istraživanju, provedenom u sjevernom Jadranu, zabilježena veličina jedinki je bila nešto veća, pa je TBL najvećih mužjaka bio 81,6 cm, dok je za ženke najveća ukupna dužina tijela iznosila 112,0 cm.

Rezultati vremenske i veličinske raspodjele nalaza ovog diplomskog rada potvrđuju sezonsko korištenje staništa istraživanog područja sjevernog Jadrana, budući da je unatoč stalnom ribolovnom naporu u svim mjesecima u godini potpuno izostao ulov jedinki tijekom ljetnih mjeseci (od srpnja do listopada). Kako su sezonske migracije potaknute promjenama temperature mora, jedinke migriraju između plitkog i dubljeg područja u potrazi za povoljnijim životnim uvjetima (Compagno, 1984a), a što potvrđuje i vremenska raspodjela nalaza prikupljenih u kanalima srednjeg Jadrana (Županović, 1961). U navedenom istraživanju zabilježene su kvantitativne sezonske varijacije jadranske populacije, koje su tijekom jeseni bile jače izražene (od rujna do listopada), a zimi slabije (od siječnja do travnja).

Actinopterygii (ribe zrakoperke) i Cephalopoda (glavonošci) su u ovom istraživanju zabilježeni kao dvije najznačajnije skupine plijena. Veliki udio riba zrakoperki (68,3%) i njihova visoka učestalost (78,3%) ukazuju na dominatno piscivornu ishranu kostelja u sjevernom Jadranu, slično rezultatima drugih istraživanja u svijetu (Avsar, 2001; Demirhan i *sur.* 2007; Laptikhovsky i *sur.* 2001). Rezultati ovog diplomskog rada se djelomično podudaraju s istraživanjem Jardasa (1972) koje ukazuje na dominatnu učestalost riba (52,3%), glavonožaca (33,8%), rakova (12,3%) i mnogočetinaša (1,5%) u ishrani. S obzirom da je navedeno istraživanje provedeno u srednjem Jadranu, točnije na području otoka Mljeta i Biševa, uočene razlike mogu biti rezultat oportunizma u ishrani, ovisno o razlikama faunističkog sastava zajednica u područjima ishrane kostelja. Novija istraživanja na području jugoistočnog Crnog mora ukazuju na veliku zastupljenost pelagičkih i pridnenih vrsta riba te rakova u ishrani kostelja tijekom cijele godine (Demirhan i *sur.* 2007), dok su u području srednjeg Atlantika kao najzastupljenije skupine utvrđene ribe i mekušci (Bowman i *sur.* 2000).

U istraživanju provedenom na području Falklandskih otoka uočene su razlike u ishrani kostelja između različitih godišnjih doba. Tijekom zime ishranu južnoatlantske populacije čini riba koštunjača *Sprattus fuegensis*, glavonožac *Loligo gahi* i manji beskralješnjaci poput rebraša *Mnemiopsis leydyi*. U proljeće ishrana je jednoličnija i sastoji se većinom od *Sprattus fuegensis* uz povećanje masenog udjela *Loligo gahi* pred kraj proljeća i tijekom ljeta (Laptikhovsky i *sur.* 2001). Istraživanje na području jugoistočnog Crnog mora ukazuje na zastupljenost pelagičke ribe tijekom zime, dok su u preostalom dijelu godine u ishrani najzastupljenije pridnene vrste riba. Glavni uzrok ovim rezultatima navedenog istraživanja, su sezonske migracije inćuna koji se tijekom zime zadržavaju u jugoistočnom Crnom moru te utječu na veću zastupljenost pelagičke ribe u ishrani kostelja u tom godišnjem dobu (Demirhan i *sur.* 2007). S obzirom da je pelagička riba zabilježena u ishrani kostelja i jadranske (Jardas, 1972) i crnomorske populacije (Demirhan i *sur.* 2007), za pretpostaviti je da dio uzoraka zrakoperki u ovom radu pripada pelagičkim vrstama.

Zbog visokog stupnja razgradnje sadržaja probavila teško je utvrditi način konzumiranja plijena. Iako istraživanje u jugoistočnom Crnom moru ukazuje na gutanje rakova u cijelosti zbog djelomično probavljenih egzoskeleta nađenih u uzorcima probavila (Avsar, 2001), rezultati ovog diplomskog rada ne ukazuju na način konzumiranja plijena.

Osim navedenih taksonomskih skupina, u sadržaju probavila nije utvrđena prisutnost drugih elemenata, poput ptičjeg pera ili raznih otpadaka, kao što je slučaj kod Demirhan i Seyhan (2007). Među prikupljenim životinjama u ovom diplomskom radu ustanovljena su tri prazna probavila, a što se može objasniti isprekidanom frekvencijom hranjenja kostelja (Demirhan i *sur.* 2007; Aasen, 1961; Holden, 1966).

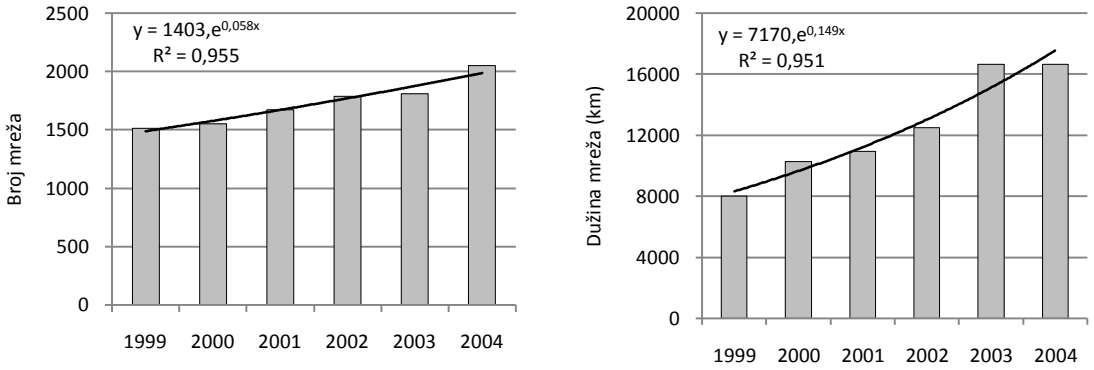
Kostelji su spori plivači u odnosu na druge morske pse, međutim, približavajući se adultnom stadiju, povećava se i njihova pokretljivost, fleksibilnost i sposobnost izbjegavanja opasnosti (Domenici i *sur.* 2004). Zbog rasta i razvoja, veće jedinke konzumiraju veće količine plijena, što podupiru i rezultati Spearmannove korelacije koji ukazuju na značajan rast mase sadržaja probavila s porastom ukupne dužine tijela životinja. Usporedbom ishrane između jedinki različitih razvojnih stadija uočen je veći maseni udio riba zrakoperki u ishrani spolno nezrelih jedinki. Rezultati istraživanja na području Argentinskog mora upućuju na dominatnu zastupljenost mekušaca u ishrani spolno nezrelih jedinki, dok su u ishrani spolno zrelih jedinki najzastupljenije ribe (Alonso i *sur.* 2002). Također su i kod sjeverozapadne atlantske populacije primijećene razlike u ishrani između juvenilnih i adultnih jedinki. Dok su u ishrani spolno nezrelih kostelja najzastupljeniji glavonošci, u ishrani spolno zrelih kostelja značajno prevladavaju ribe (Link i Almeida, 2000). Suprotno tome,

maseni udio zrakoperki opada s porastom ukupne dužine tijela psa kostelja, što se ne podudara s rezultatima istraživanja Bowman i *sur.* (2000), koji ukazuju na rast masenog udjela riba s porastom ukupne dužine tijela.

Odnos spolova u nalazima ulovljenim u sjevernom Jadranu ukazuje na gotovo dvostruko veću zastupljenost ženki (N = 98) u odnosu na mužjake (N = 59), što se podudara s omjerom spolova zabilježenim u istraživanju na području srednjeg Jadrana (97 ženki i 51 mužjak; Županović, 1961). Analizom razlike u ishrani među spolovima utvrđena je statistički značajna zastupljenost riba zrakoperki u ishrani mužjaka u odnosu na ishranu ženki, dok u istraživanju na području srednjeg Jadrana nije bilo moguće utvrditi značajne razlike u ishrani među spolovima zbog velike razlike u zastupljenosti između mužjaka i ženki kostelja (Jardas, 1972). Istraživanjem na području jugoistočnog Crnog mora, također, nisu uočene razlike u ishrani između spolova (Avsar, 2001).

Razlike u ishrani između spolno zrelih i nezrelih jedinki, ali i između spolova, mogu biti uzrokovane formiranjem jata različitih po spolu i dobi koje se zadržavaju na pojedinim staništima (Alonso i *sur.* 2002). Promjena staništa može ovisiti o nekoliko različitih faktora. Jedan od potencijalnih uzroka može biti povećana energetska potreba, zbog reprodukcije, ali isto tako i povećana mogućnost pronalaska partnera ili smanjena koncentracija predatora koji mogu ugroziti mlade (Alonso i *sur.* 2002).

Svojom biologijom kostelj pripada tzv. K-vrstama, te je stoga iznimno osjetljiv na antropogeno-uvjetovane perturbacije u ključnim demografskim značajkama, posebice u preživljavanju i reprodukciji (Heppell i *sur.* 2005). Vremensko-prostorna analiza nalaza ukazala je na značaj istraživanog područja kao kritičnog staništa kostelja. No, to je područje ujedno i jedno od glavnih koćarskih terena u sjevernom Jadranu, s trendom porasta u ribolovnom naporu (Jahutka i Mišura, 2005). Iako na razini Jadrana nisu uočene dugogodišnje promjene u relativnoj brojnosti kostelja (Jukić-Peladić i *sur.* 2001), trend porasta ribolovnog napora i u koćarskom i u mrežarskom ribolovu ukazuju na nužnost gospodarenja ovomovom osjetljivom vrstom morskog psa (Jahutka i Mišura, 2005; Slika 23).



Slika 23. Promjene u broju koćarskih mreža i dužinama mreža stajaćica registriranih u Hrvatskoj u vremenu od 1999. do 2004. godine (preuzeto iz Lazar 2009).

5. ZAKLJUČAK

- Vremenska i veličinska raspodjela ukazuje na sezonsko korištenje istraživanog područja te njegovu važnu ulogu kao kritičnog staništa kostelja u sjevernom Jadranu.

- Ishrana kostelja u istraživanom području sjevernog Jadrana temelji se na šest skupina plijena: puževima (Gastropoda), školjkašima (Bivalvia), glavonošcima (Cephalopoda), mnogočetinašima (Polychaeta), rakovima (Malacostraca) te ribama zrakoperkama (Actinopterygii).

- Ako iz analize ishrane izostavimo neodredivi organski materijal, dvije glavne skupine plijena kostelja su ribe zrakoperke i glavonošci s ukupnim masenim udjelom od 91,3% i učestalošću od 92,9%.

- Dobiveni rezultati određuju psa kostelja kao dominatno piscivornog predatora u istraživanom ekosustavu sjevernog Jadrana.

6. LITERATURA

Aasen O. (1961): Pigghaundersokelsene. Fiskets Gang **47**: 36-44.

Abdulla A. (2004): Status and conservation of sharks in the Mediterranean Sea. IUCN Technical Paper, str. 7.

Alonso K.M., Crespo A. E., García A. N., Pedraza N. S., Mariotti A.P., Mora J.N. (2002): Fishery and ontogenic driven changes in the diet of the spiny dogfish *Squalus acanthias*, in Patagonian waters, Argentina. Enviromental Biology of Fishes **63**: 193-202.

Avsar D. (2001): Age, growth, reproduction and feeding of the Spurdog (*Squalus acanthias* Linnaeus, 1758) in the South-eastern Black Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science **52**: 269-278.

Benton J. M. (1990): Vertebrate paleontology. Harper Collins Academic, London.

Bowman E. R. (1986): Effect of regurgitation on stomach content data of marine fishes. Environmental Biology of Fishes **16**: 171-181.

Bowman E. R., Stillwell E. C., Michaels L. W., Grosslein D. M. (2000): Food of Northwest Atlantic fishes and two common species of squid. NOAA Technical Memorandum. NMFS-NE-155.

Brett J.R., Groves D. D. T. (1979): Physiological energetics. Fish physiology **8**: 279-352.

Budker P. (1971): The life of sharks. Columbia University Press, New York.

Bush C. A., Holland N. K. (2002): Food limitation in a nursery area : estimates of daily ration in juvenile scalloped hammerheads, *Sphyrna lewini* (Griffith and Smith, 1834) in Kāne`ohe Bay, Ō`ahu, Hawai`i. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **278**: 157-178.

Chaline J. (1990): Paleonotology of Vertebrates. Springer Verlag, Berlin.

Chatzispyrou A., Megalofonou P. (2005): Sexual maturity, fecundity and embryonic development of the spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in the eastern Mediterranean Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **85**: 1155-1161.

Costello M.J., Bouchet P., Boxshall G., Arvantidis C., Appeltans W. (2008): European Register of Marine Species. http://www.marbef.org/data/erms.php. Consulted on 2010-01-28.

CITES (Convention on International trade in Endangered species of wild fauna and flora) (2006): *Squalus acanthias* Proposal, Draft on February 2006 for CITES Consultation Process.

Compagno V. J. L. (1984): Sharks of the world. An annotated and illustrated catalouge of shark species known to date. Part1. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO Fish Synopsis **125**: 1-249.

Compagno V. J. L. (1984a): Sharks of the world. FAO species catalouge. Part1. Food and Agriculture Program of the United Nations, Rome, Italy **4**: 111-113.

Cortés E. (1987): Diet, feeding habits, and daily ration of young lemon shark, *Negaprion brevirostris*, and the effect of ration size on their growth and conversion efficiency. Master`s Thesis, University of Miami, Florida.

Cortés E. (1999): Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. ICES Journal of Marine Science **56**: 707-717.

Da Silva M. H., Ross R. M. (1993): Reproductive strategies of spiny dogfish, *Squalus acanthias,* in the NW Atlantic. Institute for Complexed Engineered Systems C. M. Document **51**.

Demirhan A.S., Seyhan K. (2007): Life history of spiny dogfish, *Squalus acanthias*, (L. 1758), in the southern Black Sea. Fisheries Research **85**: 210-216.

Demirhan A.S., Seyhan K., Trabzon Başusta N. (2007): Dietary Overlap in spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and thronback ray (*Raja clavata*) in the Southeastern Black Sea. Ekoloji **62**: 1-8.

Director R. (2001): The spiny dogfish fishery of Puget Sound and the Pacific NW coast: Management options and recommendations. Master`s thesis, University of Washington.

Domenici P., Standen M. E., Levine P. R. (2004): Escape maneuvers of spiny dogfish. Journal of Experimental Biology **207**: 2339-2349.

Gruber H. S. (2000): Life style of sharks, Shark Conference 2000. Pacific Fisheries Coalition, 1-10.

Hammond R. T., Ellis R. J. (2005): Bayesian assessment of Northeast Atlantic spurdog using a stock production model, with prior intrinsic population growth rate set by demographic models. Journal of the Nortwest Atlantic Fisheries Science **35**: 299-308.

Hauser L., Franks H. J., Vega N., Gallucci V. (2007): Potential expansion of the dogfish (*Squalus acanthias*) fishery in the northeast Pacific. Final Report to NOAA SK .

Heithaus R. M., Frid A., Dill M. L. (2002): Shark-inflicted injury frequncies, escape ability, and habitat use of green and loggerhead turtles. Marine Biology **140**: 229-236.

Heppell S. S., Heppell A. S., Read A., Crowder B. L. (2005): Effects of fishing on long-lived marine organisms. *U*: Norse, E., Crowder, L. (ur.) Marine Conservation Biology. Island Press, Washington, DC: 211-231.

Hickling F. C., (1930): A contribution towards the life history of the spurdog. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, New Series **16**: 529-576.

Holden J. M. (1966): The food of the spurdog *Squalus acanthias* L. Journal du Conseil International pour *I'*Exploration de la Mer **30**: 255-266.

Holden J. M., Meadows S. P. (1962): The structure of the spine of the spurdog (*Squalus acanthias*), and its use for age determination. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **42**: 179-197.

Holland G. A. (1957): Migration and growth of the dogfish shark, *Squalus acanthias* Linnaeus of the eastern North Pacific. Washington Department of Fishery Research Paper **2(1)**: 43-59.

IUCN (2009). *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.2*. Downloaded on 01. 02 2010. (http://www.iucnredlist.org).

Jahutka I., Mišura A. (2005): Croatian fisheries today. Ministry of Agriculture, Forestry and Water management, Directorate of Fisheries, Zagreb.

Jardas I. (1996): Jadranska ihtiofauna. Školska knjiga, Zagreb.

Jardas I. (1972): Prilog poznavanju ekologije nekih jadranskih hrskavičnjača (*CHONDRICHTYES)* s posebnim osvrtom na ishranu. Acta Adriatica **14**: 3-58.

Jones C. B., Geen H. G. (1977): Reproduction and embryonic development of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. Journal of the Fisheries Research Board of Canada **34**: 1286-1292.

Jones S. T., Ungland I. K. (2001): Reproduction of female spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in the Oslofjord. Fishery Bulletin **99**: 685-690.

Jukić-Peladić S., Vrgoč N., Drstulović-Sifner S., Piccinetti C., Piccinetti – Manfrin G., Marano G., Ungaro N. (2001): Long-term changes in demersal resources of the Adriatic Sea: comparison between trawl surveys carried out in 1948 nad 1998. Fisheries research **53**: 95-104.

Ketchen S. K. (1986): The spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the northeast Pacific and a history of its utilization. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences **88**: 78.

Laptikhovsky V. V., Arkhipkin I. A.., Henderson C. A. (2001): Feeding habits and dietary overlap in spiny dogfish *Squalus acanthias* (Squalidae) and narrowmouth catshark *Schroederichthys bivius* (Scyliorhinidae). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **81**: 1015-1018.

Lazar B. (2009): Ekologija i zaštita glavate želve *Caretta caretta* (Linnaeus 1758) u istočnom Jadranu. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Lazar B., Gračan R., Čižmek H., Lacković G., Tvrtković N., Heppell S.S., Heppell A.S. (2007): (By)catch of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the north-eastern Adriatic trawl fishery.U: Buj, I., Zanella, L., Mrakovčić, M. (ur.) Book of abstracts, 12th European Congress of Ichthyology, European Ichthyological Society, str. 249.

Lima L. S., Dill M. L. (1990): Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. Canadian Journal of Zoology **68**: 619-640.

Link S. J., Almeida P. F. (2000): An overview and history of the food web dynamics program of the Northeast Fisheries Science Center, Woods Hole, Massachusetts. NOAA Technical Memorandum. NMFS-NE-159.

Lipej L., De Maddalena A., Soldo A. (2004): Sharks of the Adriatic Sea. Knjižnica Annales Majora, Koper.

Marinelli W., Strenger A. (1959): Vergleichende Anatomie und Morphologie der Wirbeltiere. Franz Deuticke. Vienna.

McFarlane A. G., King R. J. (2003): Migration patterns of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the North Pacific Ocean. Fishery Bulletin **101**: 358-367.

Moss A. S. (1984): Sharks – An Introduction for the Amateur Naturalist. Prentice – Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Nammack F. M., Musick A. J., Colvocoresses A. J. (1985): Life history of spiny dogfish off the Northeastern United States. Transactions of the American Fisheries Society **114**: 367-372.

NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) (2007): Spiny Dogfish, *Squalus acanthias*, Life History and Habitat Characteristics, Woods Hole, Massachusetts. NOAA Technical Memorandum. NMFS-NE-203.

Riedl R. (1983): Fauna und flora des Mittelmeeres. Verlag Paul Parey. Hamburg / Berlin.

Sih P. A., Christensen B. (2001): Optimal diet theory: when does it work, and when does it fail?. Animal Behavior **61**: 379-390.

Sims W. D., Davies J. S., Bone Q. (1996): Gastric emptying rate and return of appetite in lesser spotted dogfish, *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes: Elasmobranchii). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **76**: 479-491.

Stenberg C. (2005): Life history of the Piked Dogfish (*Squalus acanthias* L.) in Swedish Waters. Journal of the Nortwest Atlantic Fisheries Science **35**: 155-164.

Templemann W. (1944): The life history of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and the vitamin A values of dogfish liver oil. Newfoundland Goverment, Department of Natural Resources, Fishery Research Bulletin **15**: 1-100.

Tirasin M. E., Jørgensen T. (1999): An evaluation of the percision of the diet description. Marine Ecology Progress Series **182**: 243-252.

Wetherbee M. B., Cortés E. (2004): Food consumption and feeding habits. U: Carrier, J. C., Musick, J. A. and Heithaus, M. R. (ur.) Biology of Sharks and Their Relatives. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA str. 223-244.

Wetherbee M. B., Gruber H. S., Cortés E. (1990): Diet, feeding habits, digestion, and consumption in sharks, with special reference to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. U: Pratt, H. L., Gruber, S. H. and Taniuchi T. (ur.) Elasmobranchs as Living resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report. NMFS 90, U.S. department of Commerce, Seattle, WA, str. 29-47.

Wilga D. C., Motta J. P. (1998): Conservation and variation in the feeding mechanism of the spiny dogfish *Squalus acanthias*. The Journal of Experimental Biology **201**: 1345-1358.

Zar H. J. (1999): Biostatistical analysis, Fourth Edition. Prentice – Hall, Upper Sade River, USA.

Županović Š. (1961): Prilog poznavanju biologije jadranskih riba *Chondrichthyes*. Acta Adriatica **9**: 3-77.

PRILOG

Dodatak 1. Pregled podataka o kosteljima uključenim u istraživanje

Dodatak 1. Pregled podataka o kosteljima uključenim u istraživanje (N=157; TBL – ukupna dužina tijela).

Br.	Vrsta	Datum	TBL (cm)	Spol (♂, ♀)	Težina (g)
1.	*S. acanthias*	08.02.06.	64,5	♂	1,09
2.	*S. acanthias*	08.02.06.	51,7	♂	0,62
3.	*S. acanthias*	08.02.06.	42,3	♂	0,30
4.	*S. acanthias*	10.02.06.	68,9	♀	1,25
5.	*S. acanthias*	10.02.06.	37,8	♀	0,15
6.	*S. acanthias*	10.02.06.	45,5	♀	0,25
7.	*S. acanthias*	10.02.06.	56,4	♀	0,54
8.	*S. acanthias*	12.02.06.	51,1	♀	0,50
9.	*S. acanthias*	13.02.06.	56,5	♀	0,70
10.	*S. acanthias*	13.02.06.	52,1	♀	0,54
11.	*S. acanthias*	13.02.06.	61,3	♀	0,74
12.	*S. acanthias*	13.02.06.	60,3	♂	0,52
13.	*S. acanthias*	13.02.06.	50,0	♂	0,35
14.	*S. acanthias*	13.02.06.	53,0	♀	0,50
15.	*S. acanthias*	13.02.06.	57,9	♀	0,63
16.	*S. acanthias*	13.02.06.	52,0	♂	0,55
17.	*S. acanthias*	13.02.06.	49,3	♂	0,41
18.	*S. acanthias*	13.02.06.	47,7	♀	0,37
19.	*S. acanthias*	13.02.06.	57,1	♀	0,65
20.	*S. acanthias*	13.02.06.	60,0	♀	0,81
21.	*S. acanthias*	13.02.06.	51,5	♀	0,49
22.	*S. acanthias*	13.02.06.	105,0	♀	5,08
23.	*S. acanthias*	13.02.06.	105,0	♀	6,23
24.	*S. acanthias*	13.02.06.	102,4	♀	5,13
25.	*S. acanthias*	13.02.06.	88,5	♀	3,14
26.	*S. acanthias*	13.02.06.	84,1	♀	5,08
27.	*S. acanthias*	13.02.06.	71,4	♀	6,23
28.	*S. acanthias*	13.02.06.	59,6	♂	0,73
29.	*S. acanthias*	13.02.06.	57,8	♀	0,69
30.	*S. acanthias*	13.02.06.	42,2	♀	0,31
31.	*S. acanthias*	13.02.06.	38,7	♀	0,15
32.	*S. acanthias*	08.02.06.	43,5	♂	0,28
33.	*S. acanthias*	08.02.06.	38,0	♂	0,19
34.	*S. acanthias*	08.02.06.	48,5	♂	0,37

Dodatak 1. Nastavak.

Br.	Vrsta	Datum	TBL (cm)	Spol (♂, ♀)	Težina (g)
35.	*S. acanthias*	08.02.06.	45,2	♀	0,31
36.	*S. acanthias*	08.02.06.	40,8	♀	0,23
37.	*S. acanthias*	08.02.06.	40,5	♀	0,22
38.	*S. acanthias*	25.03.06.	72,5	♂	1,35
39.	*S. acanthias*	25.03.06.	72,3	♂	1,20
40.	*S. acanthias*	25.03.06.	65,0	♀	0,99
41.	*S. acanthias*	25.03.06.	71,5	♂	1,34
42.	*S. acanthias*	25.03.06.	90,0	♀	3,59
43.	*S. acanthias*	25.03.06.	106,0	♀	6,00
44.	*S. acanthias*	26.03.06.	76,1	♂	1,45
45.	*S. acanthias*	26.03.06.	93,2	♀	3,75
46.	*S. acanthias*	26.03.06.	104,2	♀	5,65
47.	*S. acanthias*	27.03.06.	70,0	♂	1,19
48.	*S. acanthias*	27.03.06.	76,6	♂	1,55
49.	*S. acanthias*	13.05.06.	55,8	♀	0,53
50.	*S. acanthias*	12.05.06.	92,5	♀	
51.	*S. acanthias*	12.05.06.	103,0	♀	
52.	*S. acanthias*	12.05.06.	112,0	♀	
53.	*S. acanthias*	12.05.06.	96,5	♀	
54.	*S. acanthias*	12.05.06.	100,0	♀	
55.	*S. acanthias*	12.05.06.	65,0	♂	
56.	*S. acanthias*	12.05.06.	76,5	♀	
57.	*S. acanthias*	12.05.06.	61,0	♀	
58.	*S. acanthias*	12.05.06.	63,5	♂	
59.	*S. acanthias*	12.05.06.	57,5	♀	
60.	*S. acanthias*	12.05.06.	70,4	♀	
61.	*S. acanthias*	12.05.06.	66,0	♂	
62.	*S. acanthias*	21.03.05.	49,0	♂	0,40
63.	*S. acanthias*	21.03.05.	51,3	♂	0,47
64.	*S. acanthias*	21.03.05.	53,9	♀	0,52
65.	*S. acanthias*	21.03.05.	46,0	♀	0,37
66.	*S. acanthias*	21.03.05.	52,9	♂	0,51
67.	*S. acanthias*	21.03.05.	53,4	♀	0,54
68.	*S. acanthias*	21.03.05.	49,6	♀	0,38

Dodatak 1. Nastavak.

Br.	Vrsta	Datum	TBL (cm)	Spol (♂, ♀)	Težina (g)
69.	*S. acanthias*	21.03.05.	56,9	♂	0,54
70.	*S. acanthias*	21.03.05.	59,7	♀	0,53
71.	*S. acanthias*	21.03.05.	56,4	♀	0,43
72.	*S. acanthias*	21.03.05.	53,7	♂	0,50
73.	*S. acanthias*	21.03.05.	56,5	♂	0,54
74.	*S. acanthias*	21.03.05.	55,7	♀	0,44
75.	*S. acanthias*	21.03.05.	40,5	♂	0,16
76.	*S. acanthias*	21.03.05.	50,3	♀	0,36
77.	*S. acanthias*	21.03.05.	47,5	♂	0,28
78.	*S. acanthias*	21.03.05.	47,6	♀	0,34
79.	*S. acanthias*	21.03.05.	49,0	♀	0,36
80.	*S. acanthias*	21.03.05.	43,9	♂	0,22
81.	*S. acanthias*	21.03.05.	44,4	♀	0,21
82.	*S. acanthias*	21.03.05.	38,1	♂	0,15
83.	*S. acanthias*	21.03.05.	40,5	♀	0,18
84.	*S. acanthias*	21.03.05.	36,1	♀	0,08
85.	*S. acanthias*	21.03.05.	40,3	♂	0,14
86.	*S. acanthias*	20.06.06.	67,3	♂	1,20
87.	*S. acanthias*	21.06.06.	59,8	♂	0,92
88.	*S. acanthias*	21.06.06.	44,1	♂	0,38
89.	*S. acanthias*	21.06.06.	54,0	♀	0,58
90.	*S. acanthias*	21.06.06.	47,6	♂	0,49
91.	*S. acanthias*	21.06.06.	53,4	♀	0,69
92.	*S. acanthias*	21.06.06.	50,4	♀	0,54
93.	*S. acanthias*	21.06.06.	50,0	♀	0,51
94.	*S. acanthias*	21.06.06.	45,0	♀	0,37
95.	*S. acanthias*	21.06.06.	40,9	♀	0,29
96.	*S. acanthias*	22.03.05.	32,2	♀	0,09
97.	*S. acanthias*	23.03.05.	28,3	♀	0,11
98.	*S. acanthias*	24.03.05.	29,5	♀	0,08
99.	*S. acanthias*	25.03.05.	30,8	♂	0,09
100.	*S. acanthias*	26.03.05.	33,4	♂	0,12
101.	*S. acanthias*	27.03.05.	28,4	♀	0,06
102.	*S. acanthias*	28.03.05.	26,1	♀	0,05

Dodatak 1. Nastavak.

Br.	Vrsta	Datum	TBL (cm)	Spol (♂, ♀)	Težina (g)
103.	*S. acanthias*	29.03.05.	32,5	♀	0,09
104.	*S. acanthias*	30.03.05.	34,6	♀	0,08
105.	*S. acanthias*	31.03.05.	34,2	♀	0,07
106.	*S. acanthias*	21.06.06.	37,0	♂	0,26
107.	*S. acanthias*	21.06.06.	37,2	♀	0,18
108	*S. acanthias*	21.06.06.	33,0	♂	0,13
109.	*S. acanthias*	21.06.06.	36,0	♀	0,18
110.	*S. acanthias*	21.06.06.	30,0	♂	0,18
111.	*S. acanthias*	21.06.06.	32,7	♂	0,20
112.	*S. acanthias*	21.06.06.	35,6	♀	0,13
113.	*S. acanthias*	21.06.06.	36,6	♀	0,19
114.	*S. acanthias*	21.06.06.	36,5	♀	0,18
115.	*S. acanthias*	21.06.06.	39,5	♀	0,26
116.	*S. acanthias*	21.06.06.	30,0	♀	0,08
117.	*S. acanthias*	21.06.06.	44,0	♂	0,30
118.	*S. acanthias*	21.06.06.	30,2	♂	0,10
119.	*S. acanthias*	21.06.06.	32,1	♀	0,09
120.	*S. acanthias*	21.06.06.	27,3	♀	0,05
121.	*S. acanthias*	21.06.06.	31,6	♀	0,08
122.	*S. acanthias*	21.06.06.	36,9	♀	0,15
123.	*S. acanthias*	21.06.06.	46,0	♂	0,30
124.	*S. acanthias*	21.06.06.	51,1	♂	0,44
125.	*S. acanthias*	21.06.06.	37,1	♂	0,16
126.	*S. acanthias*	21.06.06.	44,5	♂	0,31
127.	*S. acanthias*	21.06.06.	40,9	♀	0,20
128.	*S. acanthias*	05.11.06.	107,6	♀	6,10
129.	*S. acanthias*	14.12.06.	61,1	♀	0,81
130.	*S. acanthias*	19.11.06.	80,3	♂	1,83
131.	*S. acanthias*	19.11.06.	74,3	♂	1,60
132.	*S. acanthias*	19.11.06.	64,6	♂	0,76
133.	*S. acanthias*	23/24.11.06.	108,8	♀	5,63
134.	*S. acanthias*	23/24.11.06.	78,8	♀	1,81
135.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	76,5	♀	1,52
136.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	81,6	♂	

Dodatak 1. Nastavak.

Br.	Vrsta	Datum	TBL (cm)	Spol (♂, ♀)	Težina (g)
137.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	80,0	♀	1,41
138.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	95,9	♀	2,88
139.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	90,1	♀	2,72
140.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	96,1	♀	3,15
141.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	68,1	♀	1,12
142.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	66,5	♂	1,02
143.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	58,4	♀	0,57
144.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	63,8	♂	0,92
145.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	66,8	♀	1,05
146.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	68,1	♂	1,16
147.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	59,7	♀	0,71
148.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	55,9	♂	0,62
149.	*S. acanthias*	13/14.12.06.	71,6	♂	1,24
150.	*S. acanthias*	26.01.07.	67,5	♀	0,54
151.	*S. acanthias*	29.01.07.	69,3	♀	1,60
152.	*S. acanthias*	29.01.07.	67,1	♀	0,92
153.	*S. acanthias*	26.01.07.	59,0	♂	0,70
154.	*S. acanthias*	29.01.07.	60,3	♂	0,76
155.	*S. acanthias*	28.01.07.	60,3	♀	1,68
156.	*S. acanthias*	29.01.07.	61,3	♀	0,79
157.	*S. acanthias*	29.01.07.	53,0	♂	0,49