



Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

GEOLOŠKI ODSJEK

Marina Mašanović

**UČINKOVITOST I SELEKTIVNOST VRŠA
ZA LOV ŠKAMPA (*NEPHROPS
NORVEGICUS*) U JADRANSKOM MORU**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2025.



Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

GEOLOŠKI ODSJEK

Marina Mašanović

**UČINKOVITOST I SELEKTIVNOST VRŠA
ZA LOV ŠKAMPA (*NEPHROPS
NORVEGICUS*) U JADRANSKOM MORU**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Izv. prof. dr. sc. Jure Brčić

Dr. sc. Nedo Vrgoč, znanstveni savjetnik u trajnom zvanju

Zagreb, 2025.



University of Zagreb

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTMENT OF GEOLOGY

Marina Mašanović

**EFFICIENCY AND SELECTIVITY OF
NORWAY LOBSTER (*NEPHROPS
NORVEGICUS*) CREELS IN THE ADRIATIC
SEA**

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisors:

Jure Brčić, Ph.D. / Associate Professor

Nedo Vrgoč, Ph.D. / Senior Scientific Advisor

Zagreb, 2025

INFORMACIJE O MENTORIMA

Jure Brčić diplomirao je na Centru za studije mora Sveučilišta u Splitu 2006. godine i stekao zvanje diplomiranog inženjera morskog ribarstva. Od 2009. godine zaposlen je kao znanstveni novak na Sveučilišnom odjelu za studije mora Sveučilišta u Splitu. Akademski stupanj doktora znanosti stekao je 2016. godine obranom doktorskog rada pod naslovom „Unapređenje selektivnosti pridnenih povlačnih mreža koća u Jadranskom i Tirenskom moru“. U nastavno zvanje izvanrednog profesora izabran je 2023. godine. Trenutno na Sveučilišnom odjelu za studije mora Sveučilišta u Splitu sudjeluje u izvođenju nastave na preddiplomskom studiju Biologija i tehnologija mora, na diplomskom studiju Morsko ribarstvo te na poslijediplomskom sveučilišnom studiju Primijenjene znanosti o moru. Znanstveno područje u kojem je dao poseban doprinos su istraživanja vezana uz problematiku selektivnosti i lovnosti pridnene povlačne mreže koće, mezopelagične koće, plivarice, mreže potegače, vrša te hidrauličke dredže. Bio je suradnik na više znanstvenih i stručnih projekata. Kao autor ili koautor ukupno je objavio 35 znanstvenih radova.

Nedo Vrgoč je znanstveni savjetnik u trajnom zvanju zaposlen na Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu. Doktorirao je 2000. godine na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu na temu „Struktura i dinamika pridnenih zajednica riba Jadranskog mora“. Njegovo područje znanstvenog djelovanja obuhvaća ribarstvenu biologiju, procjenu stanja bioloških resursa, dinamiku populacija te predlaganje mjera za održivo gospodarenje. Koautor je brojnih znanstvenih radova objavljenih u uglednim međunarodnim časopisima te sudionik domaćih i inozemnih znanstvenih skupovima. Sudjeluje u izvođenju nastave na diplomskom studiju Morsko ribarstvo na Sveučilišnom odjelu za studije mora Sveučilišta u Splitu te na interdisciplinarnom doktorskome studiju Oceanologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Trenutno je voditelj Laboratorija za ribarstvenu biologiju, aktivno surađuje na međunarodnim i domaćim projektima te je koordinator nekoliko nacionalnih projekata. Osim znanstvene i nastavne djelatnosti, sudjeluje u radu više međunarodnih stručnih tijela kao što su Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF), General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) i United Nations Environment Programme (UNEP).

Za ribare

Nastala je s vama, za vas i zbog vas.

Ovu disertaciju posvećujem svim ribarima, ali najviše svom tati,
koji me naučio da more nije samo dubina, nego i put.

ZAHVALE

Najiskrenije zahvaljujem svojim mentorima, izv. prof. dr. sc. Juri Brčiću i dr. sc. Nedi Vrgoču, na nesebičnoj podršci, znanju i povjerenju koje su mi pružali od samog početka studija. Hvala vam što ste vjerovali u moje ideje i pothvate te me bodrili u brojnim izazovnim trenucima, svaki na svoj poseban način. Ovaj rad za mene nije bio samo znanstveni izazov, već i jedno iznimno, osobno bogato i ispunjavajuće putovanje, tijekom kojeg sam stekla nezamjenjiva znanja i vještine te razvila posebnu ljubav prema znanosti, ribarima i ribarstvu. Posebno zahvaljujem izv.prof.dr.sc. Juri Brčiću na ukazanom povjerenju da ću započeto i dovršiti. Hvala vam što ste svaku moju ideju saslušali otvorenog uma, ali me istovremeno učili kritički razmišljati, sagledavati stvari iz više kutova i razvijati rješenja vlastitim promišljanjem. Vaš mentorski pristup bio je izuzetna škola odgovornosti, analitičnosti i kreativnosti. Hvala što ste me, kao pravi mentor, uvijek vodili, ali nikada gurali. Dr. sc. Nedi Vrgoču iskreno zahvaljujem na bezbrojnim razgovorima i konstruktivnim raspravama o stoku škampa u Jadranu, na mudrim savjetima, strpljenju i toplini zbog kojih sam, nakon svakog susreta, iz Vašeg ureda izlazila rasterećenija i osnažena. Uz Vas, u meni je svakim danom rasla ljubav prema znanosti, a istovremeno sam stjecala znanje i vještine potrebne za samostalan rad i znanstvenu odgovornost.

Zahvaljujem svojim kolegama, uz koje je sve bilo lakše, vaši savjeti, razumijevanje i spremnost na suradnju učinili su mnoge prepreke manje strašnima. Hvala i mojim prijateljima, koji su možda malo produžili ovo putovanje, ali obogatili ga brojnim uspomenama, prilikama i iskustvima koje ne bih mijenjala ni za što.

Veliko hvala mojim „pandama“ iz WWF Adria na vjeri u mene, kontinuiranoj podršci te što su omogućili da cijeli Mediteran čuje za našu „Priču iz Velebita“. Zahvaljujem i Upravi za ribarstvo, posebno Ivani Petrini, Anti Mišuri i Anti Vujeviću, koji su prepoznali vrijednost ovog rada i omogućili da rezultati ne ostanu samo mrtvo slovo na papiru, već da se konkretno primijene u praksi našeg ribarstva.

Hvala ribarskoj zadruzi *Velebitski škampioni* na podršci, otvorenosti, druženjima i nesebičnom dijeljenju informacija. Vaša spremnost na dijalog, sudjelovanje na predavanjima i ono najvažnije, prihvaćanje promjena, izuzetno mi je značila.

Iskrena zahvala i obitelji Baričević na gostoprimstvu za vrijeme mojih poduzih boravaka u Staroj Novalji, učinili ste moj boravak ugodnim, a razdvojenost od obitelji podnošljivijom i toplijom.

Posebnu zahvalnost dugujem ribaru Gordanu Peraniću, s kojim sam provela bezbrojne dane na moru u ribolovu. Hvala vam što ste bez obzira na vremenske uvjete izlazili na more i prihvaćali sve moje, često komplicirane, zahtjeve tijekom eksperimentalnog ribolova. Vaši savjeti, pomoć oko izrade vrša i razgovori ostali su mi u posebnom sjećanju. Bili ste prvi koji ste u svoju praksu implementirali rezultate našeg rada i pokrenuli lavinu dobrih odluka među ribarima.

Na kraju, najveća hvala mojoj obitelji – posebno mom Mikiju i mojoj Maši, koji su strpljivo gledali kako "stalno nešto pišem", i samo povremeno pitali: "Ima li kraja?" Uz vašu ljubav, razumijevanje i vjeru u mene, ovo putovanje, koliko god dugo trajalo, bilo je moguće. I zato vam sa smiješkom i olakšanjem mogu reći da kraj je stigao. Ali već s radošću iščekujem novo putovanje, jer s vama sve je ostvarivo.

Zahvaljujem i svima ostalima koji su na bilo koji način doprinijeli nastanku ove disertacije, bilo kroz terenski rad, stručni savjet ili jednostavno riječ podrške. Svaka gesta, suradnja i susret ostavili su trag u ovom radu i u meni. Hvala od srca!

UČINKOVITOST I SELEKTIVNOST VRŠA ZA LOV ŠKAMPA (*NEPHROPS NORVEGICUS*) U JADRANSKOM MORU

MARINA MAŠANOVIĆ

Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek

U istraživanju je ispitana učinkovitost i selektivnost komercijalne i eksperimentalne vrše, te potencijal vrše kao održive alternative pridnenoj povlačnoj mreži koći u hrvatskom gospodarskom ribolovu škampa *Nephrops norvegicus*. Rezultati su pokazali da selektivnost komercijalne vrše s veličinom oka mrežnog tega 18 mm nije usklađena sa željenim eksploatacijskim obrascem ribara, jer je zabilježeno odbacivanje jedinki duljina većih od minimalne referentne veličine za očuvanje škampa od 20 mm duljine glavopršnjaka (DG). Utvrđeno je da se povećanjem oka mrežnog tega vrše sa 18 mm na 20 mm, postotak odbačenih jedinki škampa može smanjiti na 1%. Usporedba učinkovitosti ulova komercijalne vrše i koće ukazuje na značajnu razliku u eksploatacijskom obrascu ta dva alata, gdje se vrša pokazala kao efikasniji alat u izlovu škampa većih dužinskih razreda (DG>31 mm). Rezultati usporedbe komercijalne vrše i koće potvrđuju mali utjecaj vrše na kvalitetu škampa kao i na ne ciljane vrste ribolova. Međutim, utvrđena je značajno veća vjerojatnost ulova ženki s vidljivim vanjskim jajima vršama nego kočom. Usporedbom učinkovitosti ulova eksperimentalne i komercijalne vrše utvrđena je veća ribolovna efikasnost komercijalne vrše. Rezultati ovog istraživanja ukazuju na prednosti vrša u održivom ribolovu škampa, uključujući smanjeni utjecaj na bioraznolikost i mogućnost ulova većih, tržišno vrijednih jedinki škampa. Istovremeno, rezultati ovog istraživanja pružaju informacije za održivo i učinkovitije upravljanje ribolovom škampa u Jadranu.

(125 stranice, 13 tablica, 57 slike, 123 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: škamp, selektivnost, ribolovna efikasnost, vrša, pridnena povlačna mreža koća

Mentori: Izv. prof. dr. sc. Jure Brčić

dr. sc. Nedo Vrgoč, znanstveni savjetnik u trajnom zvanju

Ocjenjivači:

1. prof. dr. sc. Marina Piria
2. dr. sc. Igor Isajlović, viši znanstveni suradnik
3. izv. prof. dr. sc. Zoran Marčić

Doktorski rad prihvaćen:

**EFFICIENCY AND SELECTIVITY OF NORWAY LOBSTER (*NEPHROPS
NORVEGICUS*) CREELS IN THE ADRIATIC SEA**

MARINA MAŠANOVIĆ

Faculty of Science, Department of Geology

The present study evaluated the catch efficiency and size selectivity of commercial and experimental creels, as well as their potential as sustainable alternatives to bottom trawl nets in the Croatian commercial fishery for Norway lobster *Nephrops norvegicus*. The results showed that the selectivity of commercial creels with a 18 mm mesh netting does not align with the desired exploitation pattern, as the fisher was discarding individuals exceeding the MCRS of 20 mm carapace length (DG) due to their insufficient market value. It was demonstrated how increasing the creel mesh size netting from 18 mm to 20 mm can reduce the percentage of discarded *Nephrops* to only 1%. The catch comparison between creels and trawls highlighted a significant difference in their exploitation patterns, with creels proving more effective in targeting larger *Nephrops* individuals (DG > 31 mm). When comparing commercial creels to bottom trawl nets, creels have shown minimal impact on the quality of *Nephrops* and non-target species. However, creels were significantly more likely to capture berried females compared to trawls. A comparison of relative catch efficiency between experimental and commercial creels showed that commercial creels are more efficient. Overall, the findings of this study emphasise the benefits of using creels in *Nephrops* fisheries, particularly their lower impact on biodiversity and their ability to capture larger, market-preferred lobsters. Moreover, the results provide valuable insights to support the sustainable and efficient management of Norway lobster fishery in the Adriatic Sea.

(125 pages, 13 tables, 57 figures, 123 references, original in Croatian)

Keywords: Norway lobster, size selection, catch efficiency, creel, bottom trawl net

Supervisors: Jure Brčić, Ph.D. / Associate Professor

Nedo Vrgoč, Ph.D. / Senior Scientific Advisor

Reviewers:

1. Marina Piria, Ph.D/ Professor
2. Igor Isajlović, Ph.D/ Senior Research Associate
3. Zoran Marčić, Ph.D/ Associate Professor

Doctoral thesis accepted:

EXTENDED ABSTRACT

Nephrops norvegicus (hereinafter referred to as *Nephrops*) is one of the most valuable demersal species in European fisheries. It is distributed on fishing grounds throughout the eastern Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea (FAO, 2024). The majority of *Nephrops* is harvested with bottom trawls, which are known for their high catch efficiency of target and non-target organisms (Morello et al., 2009; Ungfors et al., 2013; Sala et al., 2023). In contrast, only a small proportion of the total *Nephrops* catch is harvested with creels, with the majority of landed individuals being alive and uninjured (Bergmann et al., 2001; Merder et al., 2020). The good quality of creel-caught *Nephrops* increases their market value, and they often reach higher prices compared to those landed by bottom trawls (Leocadio et al., 2012; Williams and Carpenter, 2016). Because of their specific selective pattern and low environmental impact, creels are recognised as a potentially viable alternative to bottom trawls (Morello et al., 2009; Ungfors et al., 2013; Sala et al., 2023; Patetta et al., 2021; Kopp et al., 2020). The shift towards more selective and environmentally friendly fishing methods is also supported by the European Union, which has introduced a series of measures to establish sustainable fisheries and minimise the environmental impact of fishing activities (Regulation (EU) No. 1380/2013 of the European Parliament and of the Council; Council Regulation (EC) No. 1967/2006). However, the broader application of creels remains limited due to concerns regarding their lower economic viability compared to bottom trawls (Morello et al., 2009; Leocadio et al., 2012; Sala et al., 2023).

In the Adriatic Sea, *Nephrops* creels are mainly used in the northern Croatian channels, where bottom trawling is permitted under strict spatial and temporal regulation. Although trawling is the dominant fishing method for harvesting *Nephrops* in Croatia, recent years have shown changes in catch trends and an increase in the number of active vessels fishing with creels (Ministry of Agriculture data, 2008–2023). Despite these recent changes, there is limited knowledge about commercial creels used in the Adriatic *Nephrops* fishery. This doctoral thesis aims to fill this gap by assessing the size selection of creels used in the commercial *Nephrops* fishery, comparing their catch composition and efficiency with that of bottom trawl nets, and estimating the probability of catching injured and/or berried *Nephrops* individuals by both gears. In addition, the study investigates whether catch efficiency can be improved by modifying creel design, which could potentially encourage wider adoption of creels in the Adriatic *Nephrops* fishery.

The results presented in this doctoral thesis are based on catch data collected during experimental fishing trials conducted onboard the commercial fishing vessels targeting

Nephrops in the Velebit Channel between 2019 and 2021. Field observations identified that size selection in *Nephrops* creel fishery consists of two processes, the first one taking place on the seabed and the second on board the fishing vessel. Therefore, this study was the first one to investigate the overall size selection in *Nephrops* creels, considering both processes. The estimated carapace length (CL) at which *Nephrops* has a 50 % probability of being retained by commercial creels fitted with an 18 mm nominal mesh size netting was significantly larger than the minimum conservation reference size (MCRS) of 20 mm CL. Nevertheless, the fisher preferred to retain individuals larger than ~31 mm CL. Since fishers operating in different fishing areas are allowed to deploy creels fitted with either 18 mm or 20 mm nominal mesh size netting (Anonymous, 2023), a model developed by Brčić et al. (2018b) was used to predict optimal creel mesh size and mesh opening angle, which is more in line with the fishers preferences. The present study demonstrated that a simple switch from 18 to 20 mm mesh size netting can eliminate the second size selection process onboard the fishing vessel.

In the study area, where fishers deploy their creels, bottom trawling is allowed during certain times of the year. Thus, to evaluate potential differences in gear performance, a catch comparison was carried out between commercial creels and a bottom trawl net equipped with a similar square mesh netting in the codend. The results showed that creels are highly species-selective fishing gears compared to trawls. *Nephrops* comprised 80 % of the total creel catch, compared with 23 % in the trawl catch. Consequently, it was estimated how many commercial creels are needed to catch the same number of *Nephrops* of a given size as would be caught during one hour of trawling with the specific trawl used in experimental fishing trials. Catch ratio analysis showed that creels are more efficient at catching larger *Nephrops* compared to trawls. The results also showed that creels were significantly more likely to catch berried females, while the probability of finding damaged *Nephrops* was higher in trawl catches.

To promote wider adoption of creels in the Adriatic *Nephrops* fishery, this dissertation evaluated a newly developed creel design. In this experiment, the catch efficiency and selectivity of an experimental creel with six entrances was compared with a commercial two-entrance creel, both mounted with the same 20 mm mesh netting. The results showed that the commercial creel was more effective in catching *Nephrops* than the experimental creel. As both the experimental and commercial creels were covered with identical 20 mm mesh netting, no difference in size selectivity was observed between the two designs. However, the difference in catch efficiency between the experimental and commercial creel decreased with increasing *Nephrops* carapace length.

In conclusion, this doctoral thesis provides evidence that harvesting *Nephrops* with creels can offer several advantages over bottom trawling and emphasises the importance of transitioning to alternative fishing methods, which is in line with the broader conservation objectives outlined in the EU Biodiversity Strategy 2030 (European Commission, 2020). In addition, this study provides a better understanding of creel limitations and highlights the need for further research to identify technical improvements that could increase catch efficiency and further encourage fishers to adopt creels as an alternative to trawling in the Adriatic *Nephrops* fishery.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Biologija vrste	1
1.2. Rasprostranjenost i stanje populacije škampa u Europi i Jadranu.....	4
1.3. Načini eksploatacije škampa	7
1.4. Selektivnost ribolovnih alata.....	15
1.5. Pregled dosadašnjih istraživanja	23
2. CILJEVI I HIPOTEZE DOKTORSKOG RADA	29
3. MATERIJALI I METODE	31
3.1. Ispitivanje ukupne selekcije škampa u ribolovu vršom	31
3.1.1. Eksperimentalni ribolov	31
3.1.2. Analiza prvog selekcijskog procesa	34
3.1.3. Analiza drugog selekcijskog procesa	36
3.1.4. Određivanje ukupne selekcije škampa u ribolovu vršom.....	38
3.1.5. Predikcija ukupne selekcije škampa u ribolovu vršom za različite veličine mrežnog oka te različite kuteve između dvije stranice oka mrežnog tega.....	39
3.1.6. Analiza utjecaja veličine oka i kuta između dviju susjednih stranica oka mrežnog tega na eksploatacijski obrazac vrše	40
3.2. Usporedba ribolova škampa vršom i pridnenom povlačnom mrežom kočom.....	41
3.2.1. Eksperimentalni ribolov	41
3.2.2. Usporedba sastava ulova vrše i pridnene povlačne mreže kočice	46
3.2.3. Analiza učinkovitosti ulova škampa vršom u odnosu na pridnenu povlačnu mrežu kočice	46
3.2.4. Analiza vjerojatnosti ulova škampa s različitim stupnjem oštećenja u ukupnom ulovu vrše i pridnene povlačne mreže kočice	49
3.2.5. Analiza vjerojatnosti ulova mužjaka, ženki bez jaja na zatku te ženki s jajima na zatku u ukupnom ulovu vrše i pridnene povlačne mreže kočice.....	50

3.3. Usporedba učinkovitosti ulova i selektivnosti eksperimentalne vrše sa šest vršnjaka i standardne komercijalne vrše s dva vršnjaka.....	50
3.3.1. Eksperimentalni ribolov	50
3.3.2. Analiza učinkovitosti ulova škampa eksperimentalnom vršom sa šest vršnjaka u odnosu na komercijalnu vršu s dva vršnjaka.....	55
3.3.3. Analiza selektivnosti eksperimentalne vrše sa šest vršnjaka i komercijalne vrše sa dva vršnjaka.....	56
3.4. Softver korišten u analizi podataka	56
4. REZULTATI	57
4.1. Selekcija škampa u ribolovu vršom.....	57
4.1.1. Prvi selekcijski proces	57
4.1.2. Drugi selekcijski proces	65
4.1.3. Ukupna selekcija populacije škampa nakon ulaska u vršu.....	66
4.1.4. Predikcija vjerojatnost bijega, odbacivanja i zadržavanja populacije škampa nakon ulaska u vrše različitih kombinacija veličina oka i kuteva između susjednih stranica oka	68
4.2. Usporedba ribolova škampa vršom i pridnenom povlačnom mrežom kočom.....	73
4.2.1. Kvalitativni i kvantitativni sastav ulova komercijalne vrše i pridnene povlačne mreže kočice.....	73
4.2.2. Učinkovitost ulova škampa vršom u odnosu na pridnenu povlačnu mrežu kočice...	79
4.2.4. Utjecaj vrše i pridnene povlačne mreže kočice na stupanj oštećenja škampa te mužjake, ženke bez jaja na zatku i ženke s jajima na zatku.....	84
4.3. Usporedba učinkovitosti ulova škampa i selektivnosti eksperimentalne vrše sa šest vršnjaka i komercijalne vrše s dva vršnjaka	88
4.3.1. Usporedba učinkovitosti ulova škampa eksperimentalnim i komercijalnim vršama	89
4.3.2. Usporedba selektivnosti eksperimentalnih i komercijalnih vrša	91
5. RASPRAVA.....	94
6. ZAKLJUČCI	103

7. LITERATURA.....	105
--------------------	-----

1. UVOD

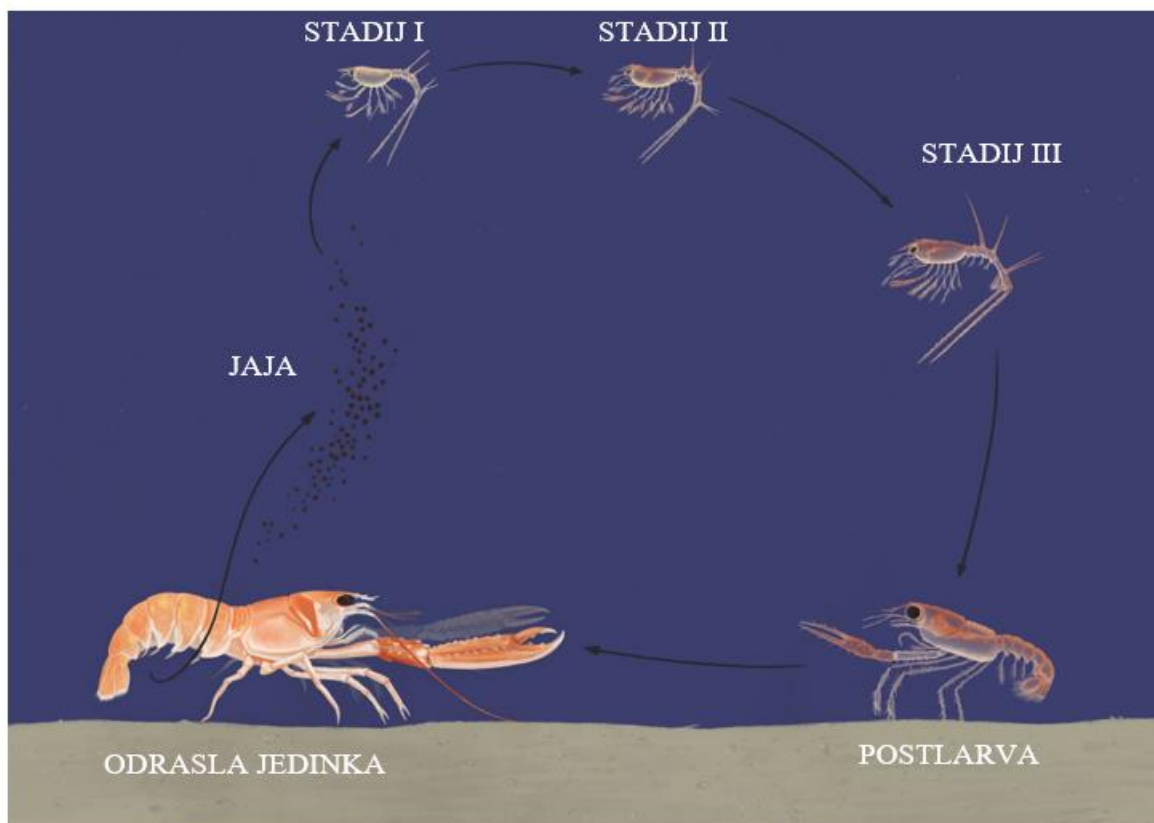
1.1. Biologija vrste

Škamp *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) pripada carstvu životinja (Animalia), koljenu člankonožaca (Arthropoda), razredu rakova (Crustacea), podrazredu viših rakova (Malacostraca), redu deseteronožnih rakova (Decapoda) te podredu Pleocyemata (Slika 1.1.1.) (DecaNet, 2025). Pripada skupini pužača (Reptantia) te natporodici Nephropoidea, porodici Nephropidae i jedini je predstavnik roda *Nephrops* Leach, 1814 (DecaNet, 2025).



Slika 1.1.1. Škamp *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). (Ilustrirao: Marko Svraka)

Životni ciklus škampa je karakteriziran izmjenom staništa, abiotskih i biotskih čimbenika, gdje larve prolaze metamorfozu kako bi se što bolje adaptirale na promjene u okolišu. Ženke nose jaja šest do deset mjeseci, ovisno o vanjskim utjecajima i staništu (Farmer, 1974; Mori i sur., 1998; Sardá, 1995) te u tom periodu borave u svojim rupama na morskom dnu. Škamp svoj život započinje izvaljenjem iz jaja koja su pričvršćena za pleopode ženke. Nakon izvaljenja, ličinke škampa su nošene strujama u prosjeku 3 do 7 tjedana (Farmer, 1975; Relini i sur., 1998; Dickey-Collas i sur., 2000), prolaze tri faze te na kraju svog ličinačkog stadija prelaze u postlarvu i traže rupu u sedimentu gdje će se nastaniti (Slika 1.1.2.).

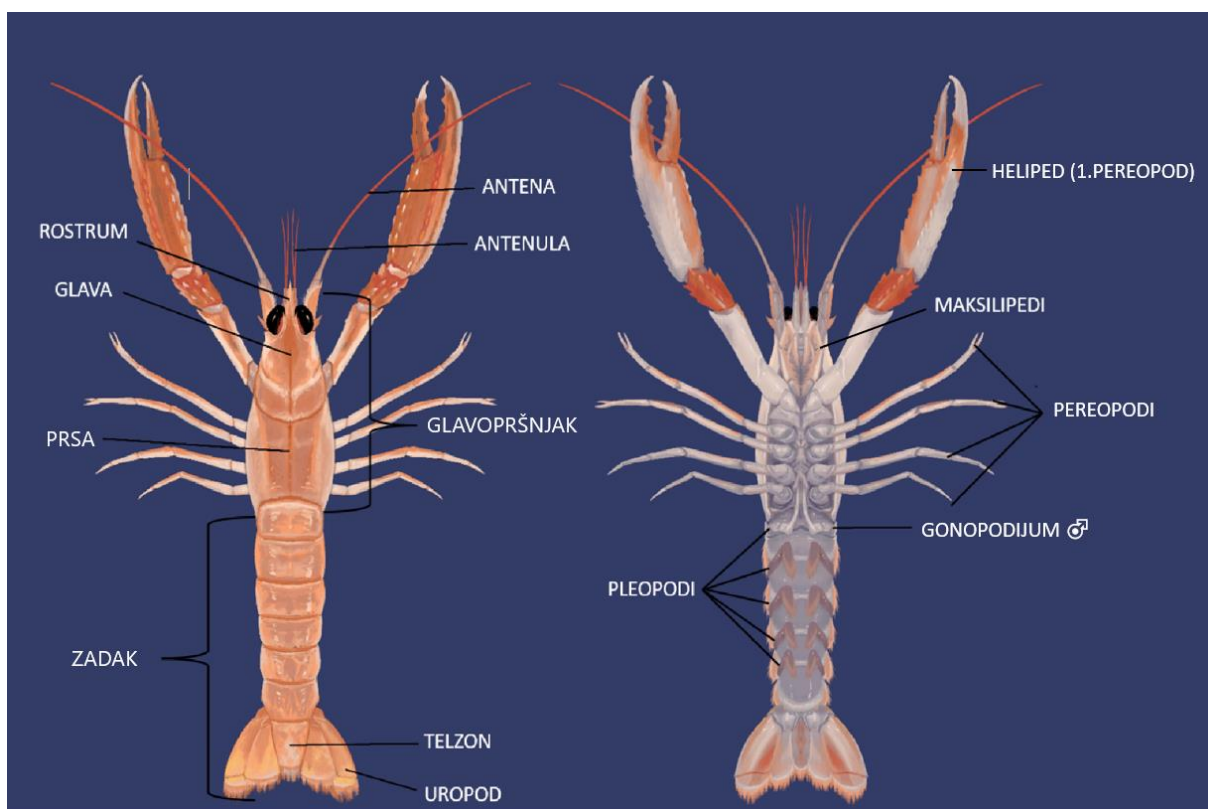


Slika 1.1.2. Životni ciklus škampa. (Ilustrirao: Marko Svraka)

Rast škampa je diskontinuiran, odnosno ovisi o učestalosti presvlačenja vanjskog oklopa (egzoskeleta). U prvoj godini života, jedinke se presvlače jednom mjesečno, a nakon dostizanja prve spolne zrelosti učestalost presvlačenja se značajno smanjuje te rast usporava (Bell i sur., 2013). Varijacije u stopi rasta te dužini prve spolne zrelosti su zabilježene kod populacija škampa koje nastanjuju različita geografska područja (Johnson, Lordan, i Power 2013; Mytilineou i sur., 1998; Powell i Eriksson, 2013).

Tijelo škampa sastoji se od segmenata (somita), a prema građi i karakteru ekstremiteta koje nose dijele se na segmente glave (cephalomere), segmente prsa (thoracomere) i segmente zatka (pleomere) (Slika 1.1.3.) (Habdija i sur., 2021). Kod škampa su glava i prsa spojeni te zajedno čine glavopršnjak (cephalothorax) (Habdija i sur., 2021). Na glavi škampa se nalazi jedan par kratkih ticala (antenule) i jedan par dugih ticala (antene) koje služe kao osjetni organi. Oči škampa su složene građe, a s vrha glave izrasta šiljak (rostrum). Usni aparat se sastoji od gornjih i donjih usana (labrum), jednog para gornjih čeljusti (mandibula) i dva para donjih čeljusti (maksila i maksilula) (Habdija i sur., 2021). S ventralne strane prsa nalazi se osam pari nogu, koje se dijele na prednju skupinu nogu maksilipedi (tri para nogu) koje pomažu pri hranjenju i stražnja skupina nogu, pokretačke noge ili pereopodi (pet pari nogu) koje služe za hodanje

(Habdija i sur., 2021). Prvi par pereopoda je izmijenjen u snažne štipaljke (helipedi), koje mu služe za kopanje rupa u mulju, hvatanju plijena, obrani i sl. Lijevi i desni heliped se razlikuju (morfološka diferencijacija), jedan je namijenjen lomljenju, a drugi rezanju (Habdija i sur., 2021). Na zatku škampa se nalazi pet pari začanih nogu (pleopodi) koje služe za plivanje. Zadnji par nogu (uropodij) zajedno s telzonom izgrađuje repnu peraju. Mužjake i ženke je jednostavno razlikovati prema prvom paru pleopoda koji su kod mužjaka izmijenjeni u kopulatorni organ gonopodijum (Habdija i sur., 2021).



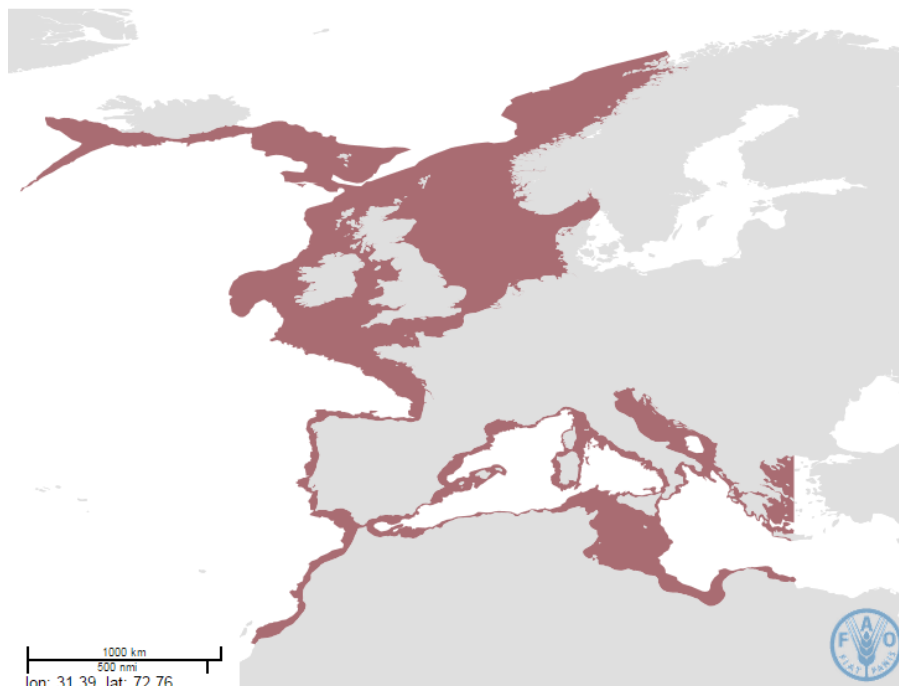
Slika 1.1.3. Građa škampa *N. norvegicus* (Ilustrirao: Marko Svraka)

Škamp se hrani rakovima, bodljikašima, mnogočetišima, mekušcima, foraminiferama i ribama (Baden i sur., 1990; Cristo i Cartes, 1998). Predator je i strvinar, ovisno o dostupnosti plijena (Parslow - Williams i sur., 2002). U plićim morima škamp je aktivan isključivo noću, a kako se dubina povećava postaje aktivan u sumrak i zoru, dok je na najvećim dubinama aktivan i danju (Bell i sur., 2006). Odrasle jединke i juvenilni primjerci imaju drugačiji obrazac ponašanja. Dok odrasle jединke provode duže vremena van svojih rupa u potrazi za hranom ili partnerom, juvenilne jединke se zadržavaju u blizini svojih rupa (Bjordan 1986; Kinnear i sur., 1996), a ženke s jajima ostaju u svojim rupama (Aguzzi i Sardà, 2008). U Sredozemnom moru,

glavni predatori škampa su grdobine *Lophius* spp. Linnaeus, 1758, razne vrste prečnousta (Elasmobranchii Bonaparte, 1838), oslić *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758), škarpine *Scorpaena* spp. Linnaeus, 1758 i ugotice *Trisopterus* spp. Rafinesque, 1814 (Bell i sur., 2006).

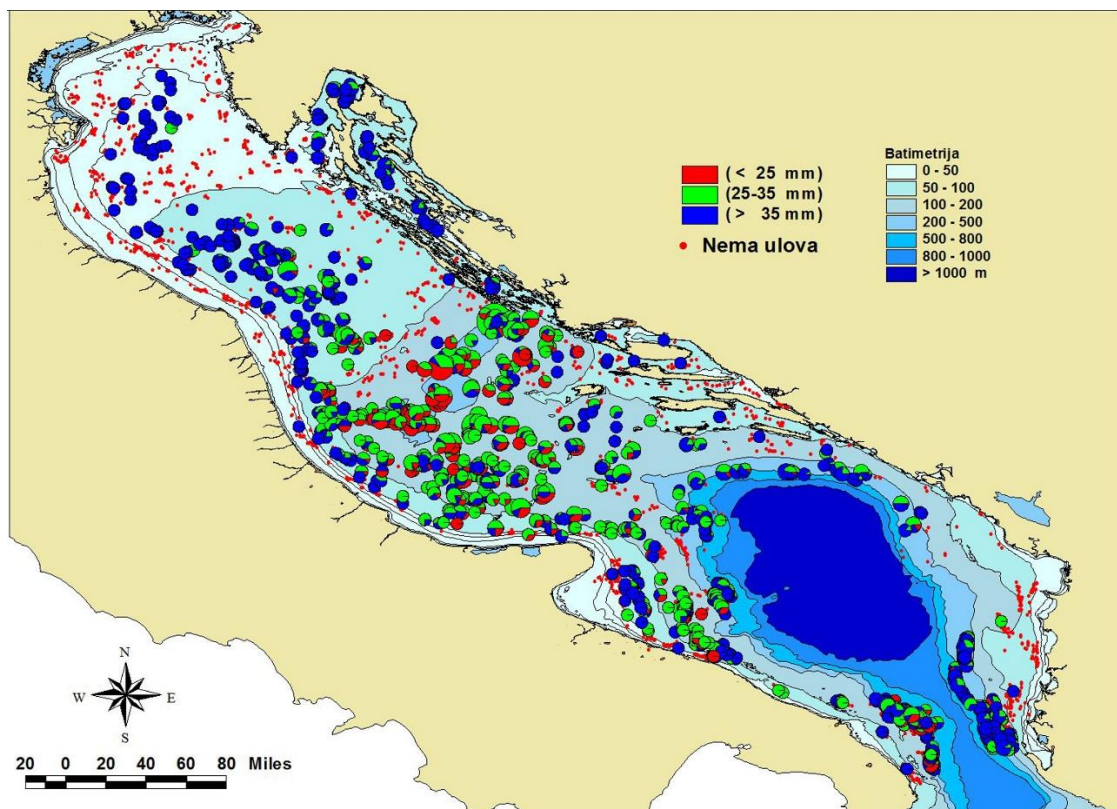
1.2. Rasprostranjenost i stanje populacije škampa u Europi i Jadranu

Škamp je gospodarski važna vrsta raka koja naseljava muljevita dna istočnog Atlantskog oceana i Mediteranskog mora (FAO, 2024a) (Slika 1.2.1.).



Slika 1.2.1. Rasprostranjenost škampa u Europi. (izvor: FAO, 2024a).

U Jadranskom moru škamp nastanjuje kanalska područja sjevernog Jadrana u kojima dominiraju odrasli primjerci većih tjelesnih dužina (Isajlović, 2012). Međutim, najvažnije i najveće naselje škampa je na području Jabučke kotline, koje karakterizira gusto naselje većeg broja nedoraslih jedinki škampa (Isajlović, 2012). Također ga nalazimo i u dubljim područjima južnog Jadrana, ispred Albanske obale, gdje naselja škampa čine primjerci većih tjelesnih dužina (Isajlović, 2012). Detaljna karta rasprostranjenost škampa u Jadranu je prikazana na slici 1.2.2.



Slika 1.2.2. Rasprostranjenost škampa u Jadranu (Izvor: Isajlović, 2012).

Ukupni svjetski ulov škampa u 2022. godini iznosio je 49712,58 t, a najveće ulove ostvaruju Ujedinjeno Kraljevstvo i Irska, dok na Mediteranu najveće ulove ostvaruju Italija, Grčka i Hrvatska (FAO, 2024bc). Od 2008. godine ulovi škampa pokazuju negativan trend kako na svijetu (Slika 1.2.3.) tako i u Mediteranu (Slika 1.2.4.). U Hrvatskoj je 2022. godine ukupni ulov škampa iznosio 273,3 t (FAO, 2024c).



Slika 1.2.3. Povijesni prikaz ukupnog svjetskog ulova škampa prema FAO-u (FAO, 2024b).



Slika 1.2.4. Ukupni ulov škampa po godinama za Mediteransko i Crno more prema FAO-u (FAO, 2024c).

Prema FAO-u (FAO 2020; 2023b) većina stokova škampa u Europi i Mediteranu je u prelovu, uključujući i Jadranski stok škampa. Međutim, istraživanja provedena na području

Jabučke kotline ukazuju na postupni oporavak, što se povezuje s uspostavom zaštićenog područja u Jabučkoj kotlini 2015. godine, temeljem bilateralnog sporazumom između Hrvatske i Italije (Chiarini i sur., 2022, Martinelli i sur., 2023; Mašanović i sur., 2024). Ovo područje prepoznato je kao ključno mrjestilište i rastilište brojnih vrsta morskih organizama, uključujući škampa (Martinelli i sur., 2023).

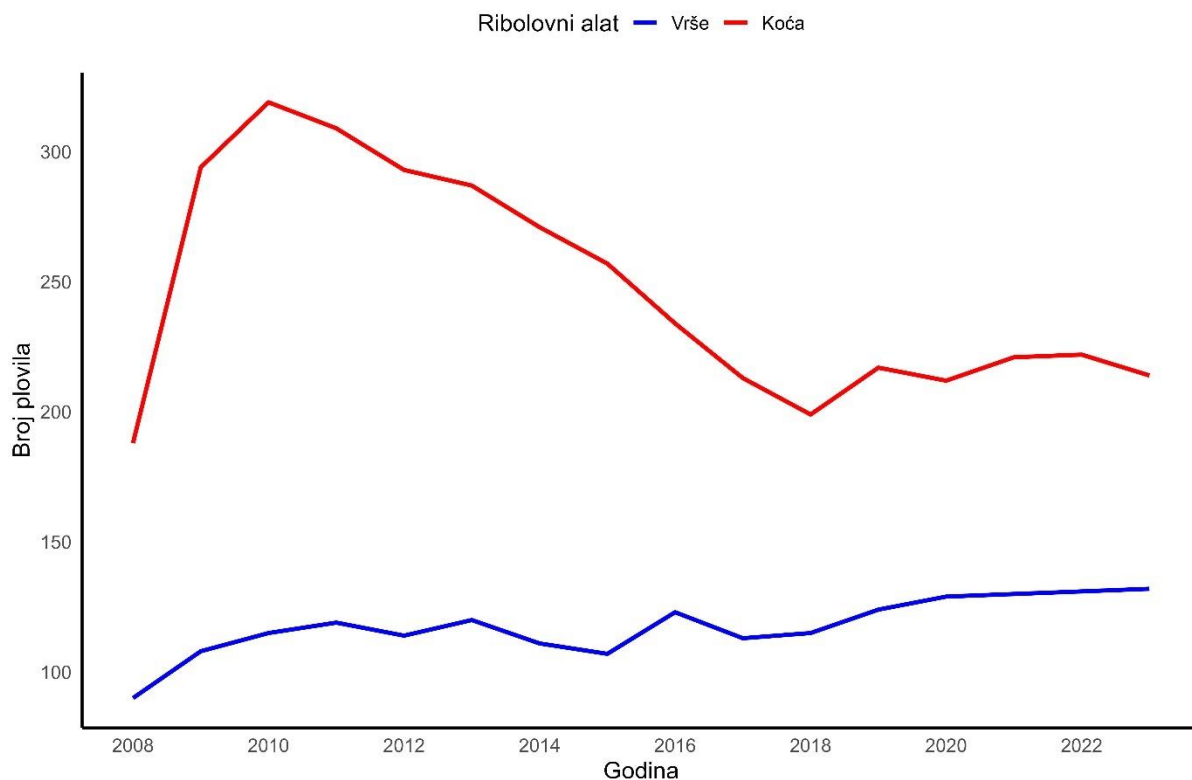
Stokovima škampa u Europi i Mediteranu upravlja se na nacionalnoj i međunarodnoj razini, putem institucija i organizacija gdje Europska unija ima središnju ulogu. Putem Zajedničke ribarstvene politike (ZRP) EU postavlja pravila za očuvanje morskih bioloških resursa i upravljanje europskim ribarstvom kao i kontrolu nad njim (Uredba (EU) br. 1380/2013). Procjenu stanja stoka škampa u Republici Hrvatskoj provodi Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu u suradnji s Generalnom komisijom za ribarstvo Mediterana (GFCM) u koordinaciji s Ministarstvom poljoprivrede (Carpi, Scarcella i Cardinale, 2017).

1.3. Načini eksploatacije škampa

Gospodarski ribolov škampa kakvog danas poznajemo započeo je 1960-ih godina (Ungfors i sur., 2013). Škamp se izlovljava upotrebom dva ribolovna alata, većinski dio ulova ostvaruje pridnena povlačna mreža koća, dok se vršom lovi manji dio, najčešće u priobalnim područjima ili na područjima koja su nedostupna ili zabranjena za kočarenje (Ungfors i sur., 2013; Morello i sur., 2009). U mnogim Europskim državama propisana je minimalna udaljenost od obale za kočarski ribolov (Søvik i sur., 2016; Eichert i sur., 2018), što je omogućilo da se na tim područjima škamp iskorištava isključivo vršom (Letschert i sur., 2021). Danas postoji razvijen ribolov škampa vršom u Škotskoj, Norveškoj, Švedskoj, Portugalu i Hrvatskoj (Ungfors i sur., 2013; Leocádio i sur., 2012; Søvik i sur., 2016; Eichert i sur., 2018; Adey, 2007; Brčić i sur., 2017). U Republici Hrvatskoj škamp se značajno izlovljava vršama u kanalima sjevernog Jadrana (Velebitski kanal i Kvarnerski zaljev), gdje su se ribari okupili i 2023. godine osnovali zadruhu „Velebitski škampioni“. Cilj je ove inicijative ne samo olakšati poslovanje, već i uvesti interna pravila usmjerena na očuvanje populacije škampa u Velebitskom kanalu (FLAG Tri mora, 2023; GFCM, 2023).

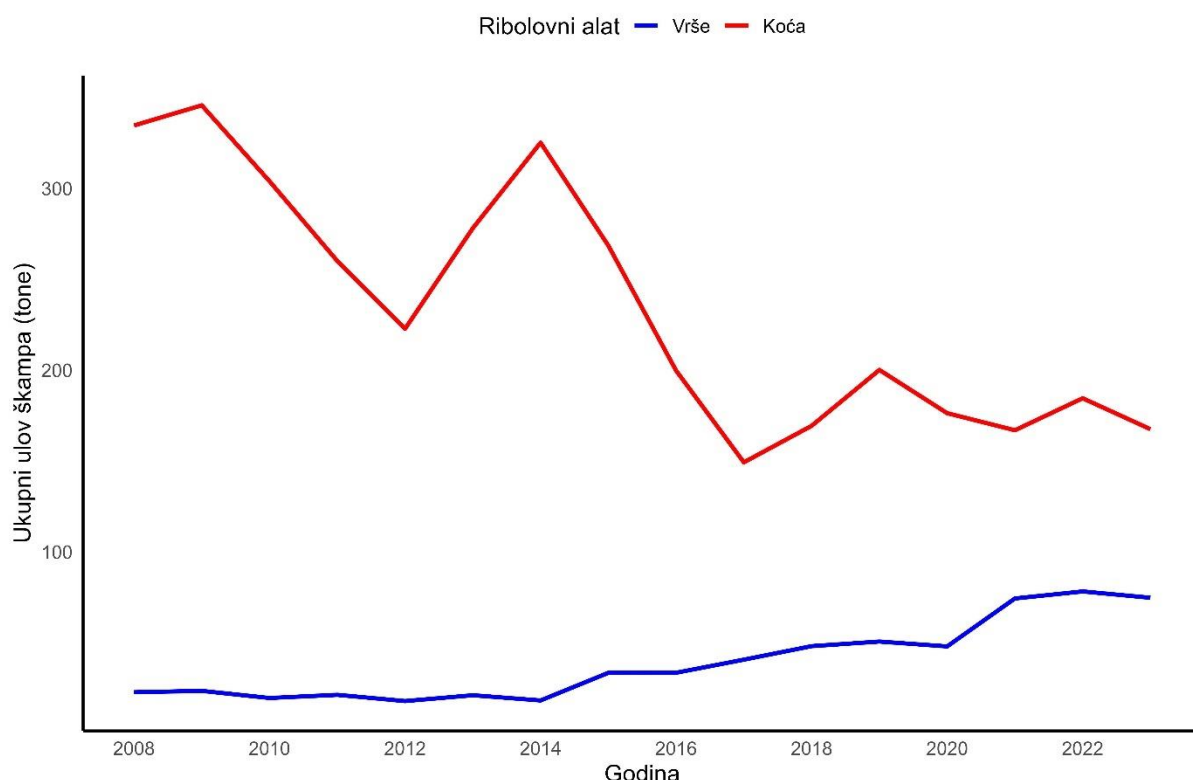
Iako je i u Republici Hrvatskoj kočarski ribolov dominantna tehnika ribolova za izlov škampa, posljednjih godina se uočavaju promjene u broju aktivnih plovila koja izlovljavaju škampa kočom i vršom. Prema podacima Ministarstva poljoprivrede, u periodu od 2010. godine

u Republici Hrvatskoj zabilježeno je smanjenje broja plovila koja izlovljavaju škampa pridnenom povlačnom mrežom kočom, dok je broj plovila koja za izlov škampa koriste vršu stabilan uz blagi porast posljednjih nekoliko godina (Slika 1.2.5).



Slika 1.2.5. Broj aktivnih plovila kojima se škamp izlovljava upotrebom kočice (crvena linija) i vršom (plava linija) za vremensko razdoblje od 2008. do 2023. godine (Izvor: Podaci MP).

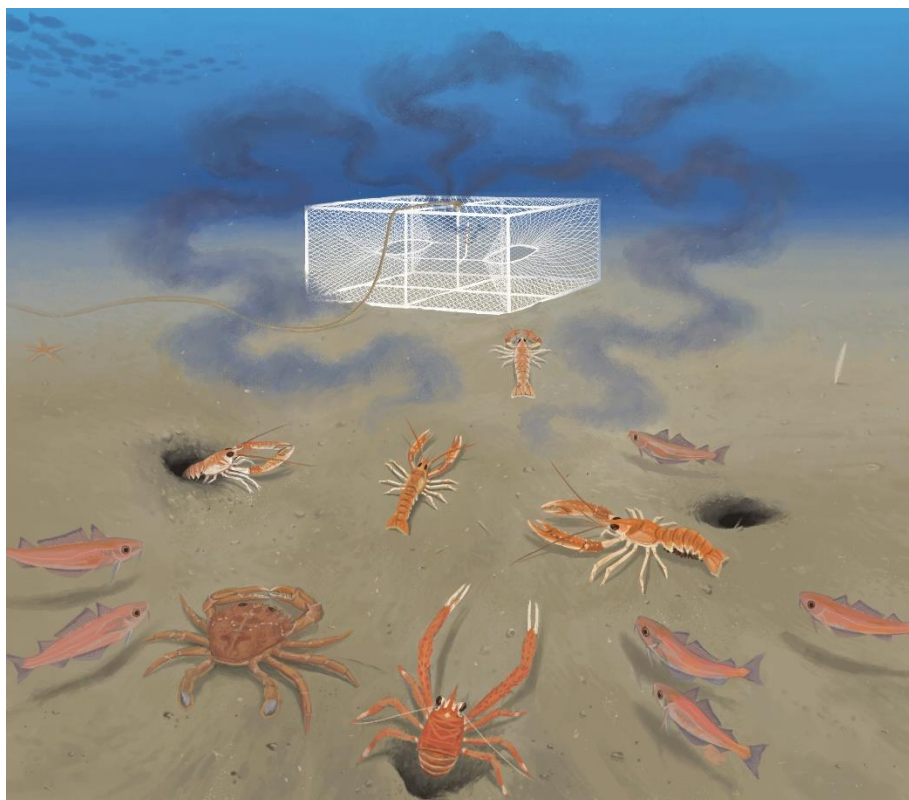
Sličan trend se uočava i u ukupnom ulovu koji je ostvaren pridnenom povlačnom mrežom kočom i vršama na području Republike Hrvatske. Prema podacima Ministarstva poljoprivrede u 2008. godini 94 % ukupnog ulova škampa ostvaren je pridnenom povlačnom mrežom kočom, a 2023. svega 69 % (Podaci MP za razdoblje 2008 – 2023) (Slika 1.2.6.). Iz navedenih podataka je vidljivo kako posljednjih deset godina vrša postaje sve značajniji alat za izlov škampa.



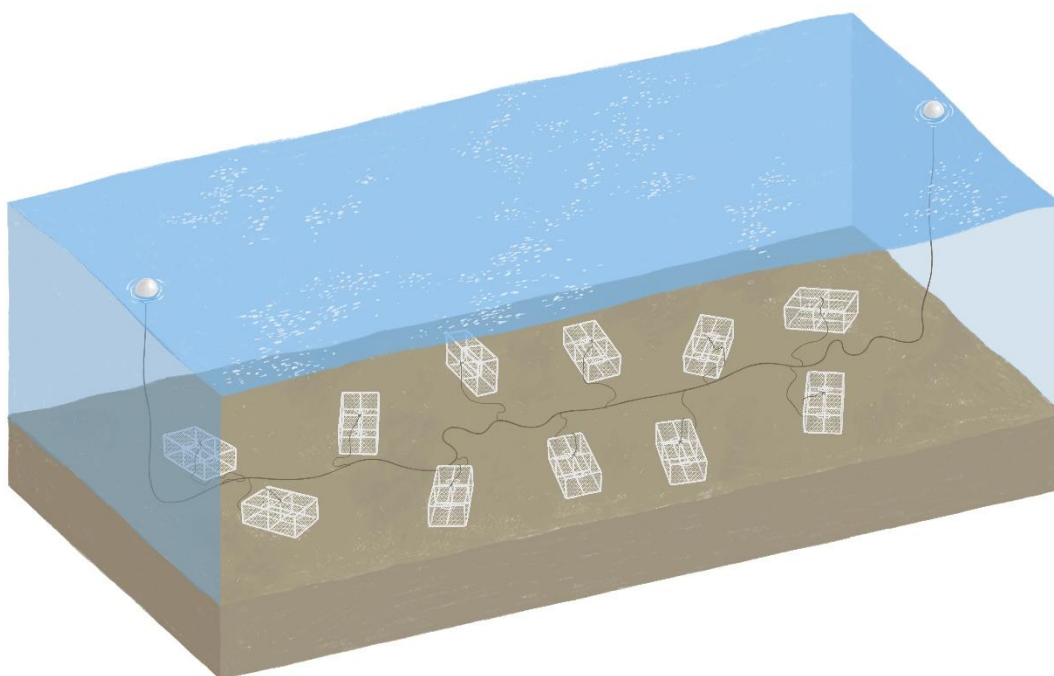
Slika 1.2.6. Ukupni ulov škampa ostvaren pridnenom povlačnom mrežom kočom (crvena linija) i vršom (plava linija) za razdoblje od 2008. do 2023. godine. (Izvor: Podaci MP).

1.3.1. Vrša za ribolov škampa

Vrše spadaju u pasivne ribolovne alate. Princip ulova se temelji na tome da se objekt ulova privučen mamcem približi vrši, uđe u nju kroz vršnjak te se zadrži u njoj do kraja ribolova (He, 2011). Vršnjaci su iz tog razloga konstruirani tako da je uža strana okrenuta prema unutarnjem dijelu vrše, čime je objektu ulova olakšan ulaz, a otežan izlaz (Slika 1.3.1.). Vrše se u gospodarskom ribolovu škampa najčešće polažu u nizu (Brčić i sur., 2018a), gdje je svaka vrša privezana užetom za okvir na jednoj strani i maestrom ili osnovom na drugoj strani (Slika 1.3.2.). Prema Zakonu o morskom ribarstvu (Anonymus, 2017b) u gospodarskom ribolovu škampa vršom dozvoljena je upotreba 300 vrša po jednoj povlastici i ribolov je dozvoljen cijelu godinu u svim ribolovnim zonama Republike Hrvatske. Minimalna veličina oka mrežnog tega vrše je 18 mm (dužina jedne stranice oka), izuzev u ribolovnoj zoni G gdje je minimalna dozvoljena veličina oka mrežnog tega 20 mm (dužina jedne stranice oka).

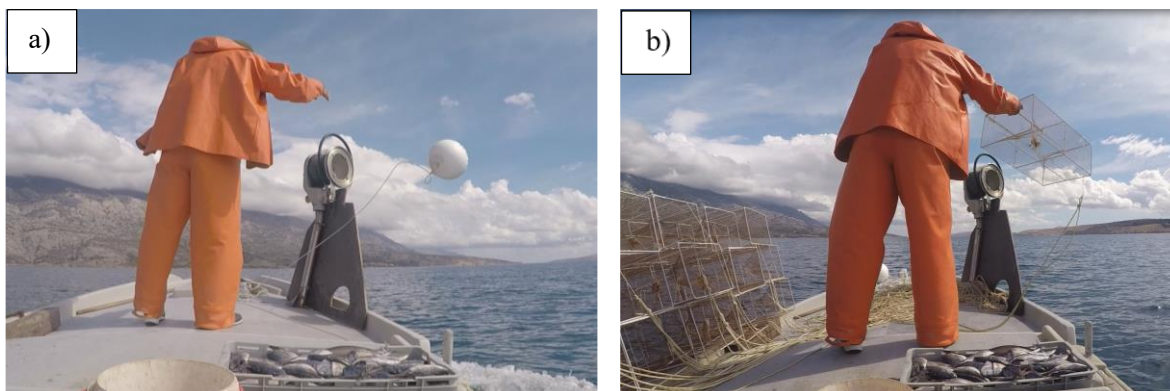


Slika 1.3.1. Ribolov škampa vršom. (Ilustrirao: Marko Svraka).



Slika 1.3.2. Način polaganja vrša na morsko dno. (Ilustrirao: Marko Svraka)

Ribolovna tehnika kod gospodarskog ribolova škampa vršama uključuje dvije faze. Prva faza ribolova započinje dolaskom ribara na željeno lovište. Ribar tada ispušta signalnu plutaču koja označava početak parangala (slika 1.3.3a), a nakon toga ispušta vrše pričvršćene na maestru parangala (slika 1.3.3.b) te završava sa signalnom plutačom koja označava kraj parangala.



Slika 1.3.3. Postavljanje plutače (a) i vrša u more (b) (Izvor: M. Mašanović).

Druga faza započinje dolaskom ribara na lovište označeno plutačama. Nakon što ribar dohvati plutaču (slika 1.3.4a), uz pomoć vitla na mehanički ili hidraulični pogon izvlači parangal s vršama na palubu broda (slika 1.3.4b,c). Iz svake vrše se zatim vadi ulov (slika 1.3.4d), priprema novi mamac (slika 1.3.4e) koji se postavlja u vršu (slika 1.3.4f) te se naposljetku vrša slaže na stalak (slika 1.3.4g, h) ili na palubu broda. Nakon što ribar izvuče posljednju vršu i signalnu plutaču završava druga faza ribolova.

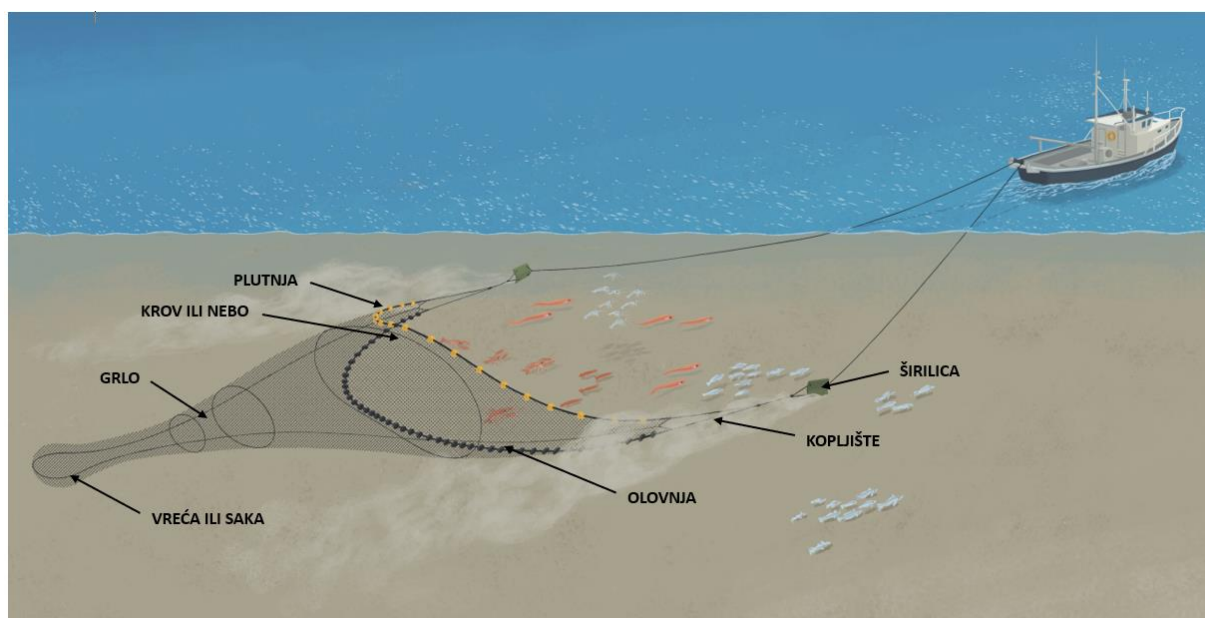


Slika 1.3.4. Prikaz prve ribolovne faze: a) prihvat plutače; b) prebacivanje užeta preko vitla; c) izvlačenje vrše; d) vađenje ulova; e) priprema mamca; f) postavljanje mamca; g) i h) slaganje vrša na stalak. (Izvor: M. Mašanović)

1.3.2. Pridnena povlačna mreža koća

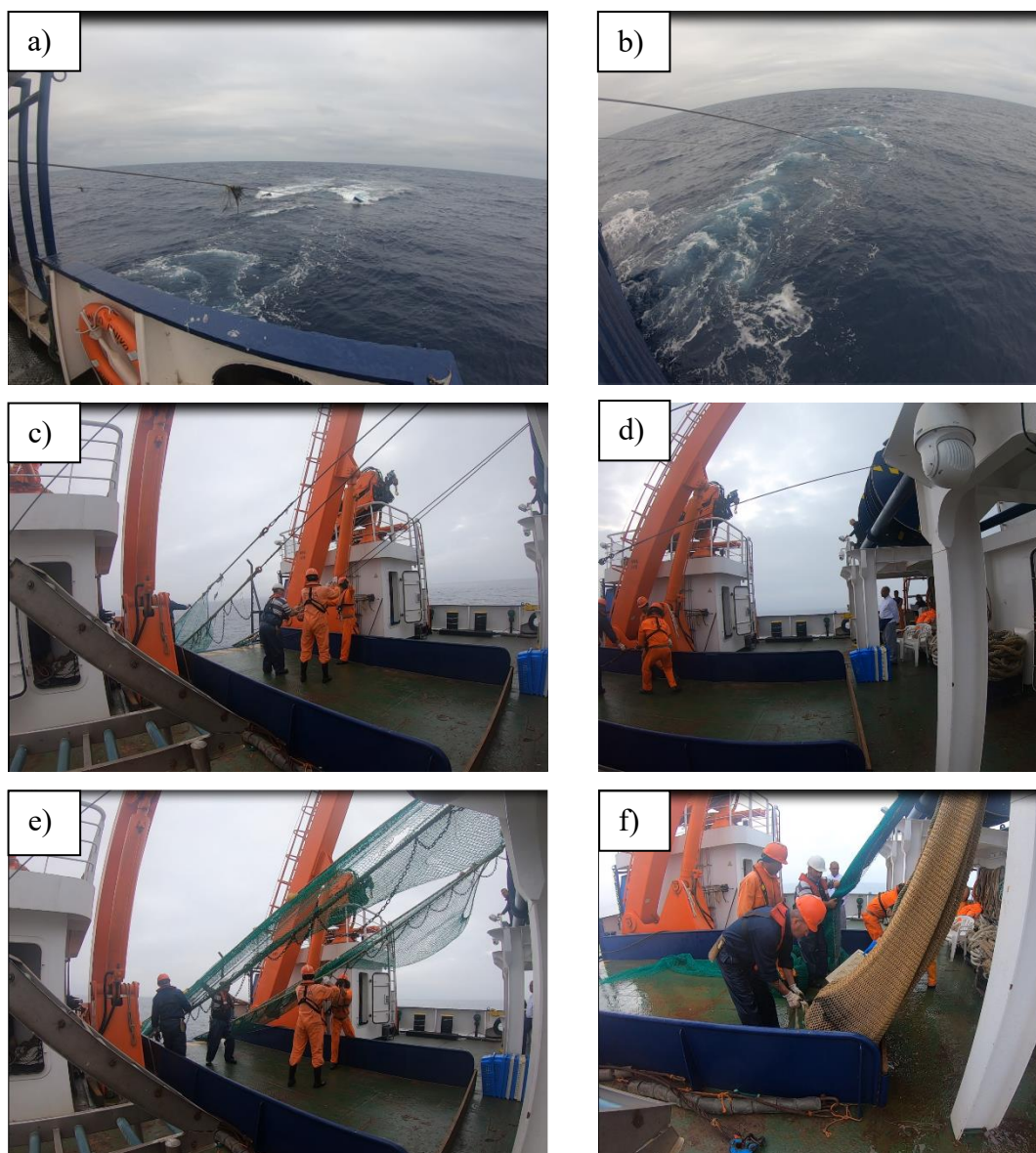
Pridnena povlačna mreža koća pripada skupini aktivnih ribolovnih alata, gdje se ribolov obavlja povlačenjem mreže po morskom dnu u cilju izlovljavanja pridnenih vrsta riba i drugih morskih organizama (Cetinić i Swiniarski, 1985). Pridnenu povlačnu mrežu koću sačinjavaju različiti mrežni elementi koji imaju sakupljajuću (krila i krov ili nebo), usmjeravajuću (grlo s ustima) i zadržavajuću (vreća ili saka) funkciju (Cetinić i Swiniarski, 1985). Sakupljajući dio mreže ima funkciju sakupljanja objekta ribolova te onemogućava bježanje sa strane i u smjeru okomitom na morsko dno, a usmjeravajući dio usmjerava objekt ribolova prema zadržavajućem dijelu, odnosno vreći mreže (Cetinić i Swiniarski, 1985). Plutnja i olovnja osiguravaju vertikalni otvor mreže, a horizontalni otvor se postiže sredstvima širenja u koja se ubrajaju širilice i kopljišta (Cetinić i Swiniarski, 1985). Slika 1.3.5. prikazuje osnovne dijelove pridnene povlačne mreže koće.

Ribolov pridnenom povlačnom mrežom kočom u Republici Hrvatskoj podliježe strogoj prostorno-vremenskoj regulaciji (Anonymus, 2017a; 2017b; 2022). Najmanja dozvoljena veličina oka mrežnog tega je 40 mm (otvor oka) ukoliko je mrežni teg izrađen od kvadratnog oka ili 50 mm ukoliko je mrežni teg izrađen od romboidnog oka (Uredba (EU) br. 2019/1241).



Slika 1.3.5. Dijelovi pridnene povlačne mreže koće. (Ilustrirao: Marko Svraka)

Ribolovna operacija započinje spuštanjem mreže na morsko dno (slika 1.3.6a) nakon čega se započinje s povlačenjem (slika 1.3.6b) te se nakon određenog vremenskog perioda zajedno s ulovom vadi iz mora na palubu broda (slika 1.3.6c, d, e, f) (He i sur.,2021). Opisana operacija se može ponoviti više puta u jednom danu.



Slika 1.3.6. Ribolov pridnom povlačnom mrežom kočom: a) spuštanje mreže do određene dubine i širenje usta; b) povlačenje mreže; c) izvlačenje mreže; d) namatanje užadi na vitlo; e) vađenje mreže iz mora; f) vađenje ulova iz vreće mreže. (Izvor: M. Mašanović)

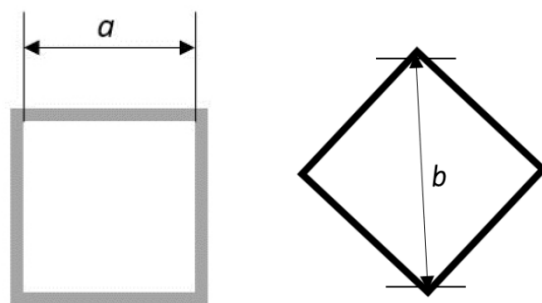
1.4. Selektivnost ribolovnih alata

Rijetko kojim ribolovnim alatom je moguće loviti isključivo ciljane organizme (odgovarajuće vrste i veličine). Puno češće se u ukupnom ulovu nekog alata osim ciljanih organizama ulove i neciljani organizmi (Zeller i sur., 2018). Neke neciljane organizme ribar može zadržati, dok ostatak, ako ne postoje neka zakonska ograničenja, ribar najčešće vraća nazad u more i to se onda naziva odbačenim ulovom (Zeller i sur., 2018). Ako se neciljani ulov sastoji od morskih organizama koji imaju gospodarsko značenje, vrlo je izgledno da će ribar taj ulov zadržati (He, 2010). Kada su u ulovu prisutni organizmi manjih dužina, oštećene, nejestive jedinke ili jedinke male i nikakve tržišne vrijednosti te zakonom zabranjeni organizmi (zaštićene vrste ili ograničenja regulirana sustavom kvota) ribar će takav ulov nerijetko odbaciti (Zeller i sur., 2018). Odbačeni ulov predstavlja značajan problem u svjetskom ribarstvu, s ozbiljnim posljedicama na okoliš, kao što je gubitak biološke raznolikosti, narušavanje ekosustava i rasipanje prirodnih resursa (Pérez Roda i sur., 2019). U razdoblju 2010. – 2014. godine je procijenjeno da se na svjetskoj razini godišnje u prosjeku odbacuje 9,1 milijuna tona neželjenog ulova (Pérez Roda i sur., 2019). Najveća količina svjetskog odbačenog ulova je zabilježena u koćarskom ribolovu (45,5 %), dok se u ribolovu vršama odbacuje svega 1,9 % (Pérez Roda i sur., 2019). Na Mediteranu se također najveći dio odbačenog ulova odnosi na koćarski ribolov, a najveća stopa odbacivanja zabilježena je u Jadranu gdje se od ukupnog ostvarenog ulova odbaci čak 33 % (FAO, 2023). Kako bi se smanjila količinu odbačenog ulova, EU je uvela obavezu iskrcaja cijelog ulova (članak 15. (EU) N 1380/2013) 2013. godine, što je snažno potaknulo znanstvena istraživanja koja imaju za svrhu povećanje selektivnosti ribolovnih alata u EU, a zemljama članicama EU je u razdoblju 2014. – 2023. dodijeljeno 12,47 milijuna eura iz Europskog fonda za pomorstvo i ribarstvo (European Maritime and Fisheries Fund -EMFF) u svrhu povećanja selektivnosti ribolovnih alata (Fauconnet, 2024).

Svaki ribolovni alat je selektivan u određenoj mjeri, jer lovi samo određeni dio ukupne zajednice morskih organizama prisutne na nekom području. Tijekom ribolova dolazi do selekcijskog procesa čija je posljedica da se sastav ulova alata razlikuje od sastava morskih organizama koji se u trenutku obavljanja ribolova nalaze na tom ribolovnom području (Wileman i sur., 1996). Koliko će određeni ribolovni alat biti efikasan u ulovu ciljane vrste ovisi o nizu okolišnih i bioloških faktora te o samom ribolovnoj tehnici i alatu, odnosno njegovim konstrukcijsko-tehničkim osobinama (FAO, 2003). Utjecaj navedenih faktora se bitno razlikuje kod ribolova škampa koćom i vršom. Primjerice, ulov škampa pridnenom povlačnom mrežom koćom može varirati sezonski jer obrasci ponašanja škampa u određenim razdobljima tijekom

godine utječu na njihovu dostupnost (Aguzzi i sur., 2007). Pridnena povlačna mreža koća može uloviti škampa jedino ako je izvan svoje rupe i nalazi se na putu djelovanja alata (Aguzzi i sur., 2008). U određenim slučajevima, škampi ne izlaze iz svojih rupa i samim time nisu dostupni koći. To se primjerice javlja za vrijeme presvlačenja, kad je škamp osjetljiv na predaciju te ostaje u rupi dok se novi oklop ne stvrdne ili kod ženki za vrijeme inkubacije jaja (Aguzzi i sur., 2007). Za razliku od koće, mamac postavljen unutar vrše privlači škampa koji se nalazi unutar ili izvan svoje rupe (Aguzzi i sur., 2007). Udaljenost s koje će škamp biti privučen ovisi o stupnju gladi, dostupnosti hrane u prirodi te samoj veličini škampa (Møller i Naylor, 1980). Poznato je da se veće jedinke češće i više udaljavaju od svojih rupa, dok se manje jedinke zadržavaju bliže i ne poduzimaju daleke migracije (Bjorndal, 1986; Aguzzi i Sardà, 2008). Hoće li škamp naposljetku stići do vrše, ovisi o nizu bioloških i okolišnih faktora (Adey, 2007; Bjorndal i sur., 1986). Morfologija morskog dna, jačina i smjer morske struje, utječu na širenje mirisa mamca, a prisutnost drugih vrsta može spriječiti škampa da se približi i uđe u vršu (Adey, 2007).

Jednom kada škamp ili neka druga ciljana vrsta uđu u ribolovni alat, njihovo zadržavanje, odnosno ulov ovisi o morfološkim karakteristikama vrste i konstrukcijsko-tehničkim osobinama alata kao što su veličina i oblik oka mrežnog tega (Wileman i sur., 1996). Upotreba neadekvatne veličine oka mrežnog tega može rezultirati zadržavanjem manjih i nedoraslih jedinki morskih organizama u ribolovnom alatu, stoga je danas najčešće korištena tehnička mjera za regulaciju ribolova upravo veličina oka mrežnog tega (He, 2010). U Republici Hrvatskoj je u ribolovu škampa vršom dozvoljena upotreba dvije veličine kvadratnog oka mrežnog tega, 18 mm u svim ribolovnim zonama i 20 mm u ribolovnoj zoni G (Anonymus, 2023). Veličina oka mrežnog tega na vreći koće je regulirana Uredbom Vijeća (EZ) br. 2019/1241 te iznosi 40 mm za kvadratno ili 50 mm za romboidno oko. U upotrebi je nekoliko različitih načina na koji se mjeri veličina oka mrežnog tega nekog alata. Primjerice veličina kvadratnog oka od 20 mm (duljina jedne stranice oka) na vršama za ribolov škampa (Slika 1.4.1.a) trebala bi odgovarati veličini kvadratnog oka od 40 mm (otvor oka) (Slika 1.4.1.b) koja se upotrebljava na vreći koće. Prema Zakonu o morskom ribarstvu i pripadajućem Pravilniku (Anonymus, 2017b;2023) za vrše je propisana veličina oka (Slika 1.4.1.a), a prema Uredbi Vijeća (EZ) br. 2019/1241 je propisana minimalna veličina otvora oka mrežnog tega koće (Slika 1.4.1.b).



Slika 1.4.1. Različite mjere za označavanje dimenzija oka mrežnog tega: a- veličina oka mrežnog tega u mm (Anonymus, 2017b; 2023), b- veličina otvora oka (Uredba Vijeća (EZ) br. 2019/1241).

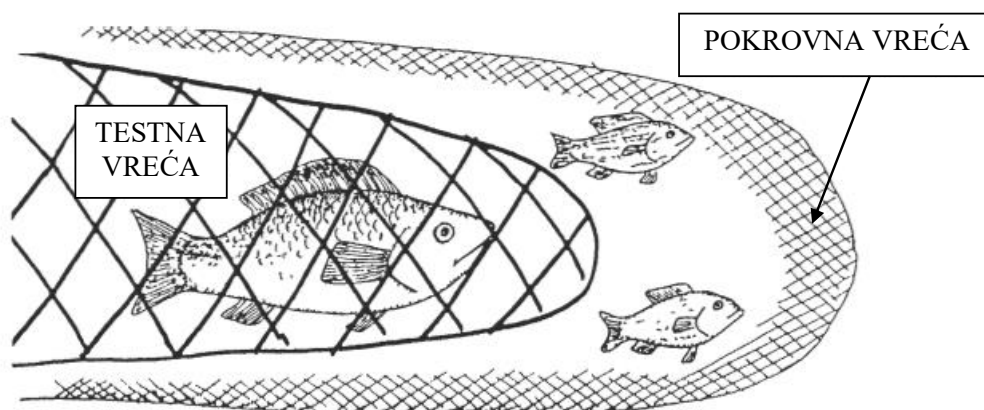
Idealno bi bilo kad bi se selektivnost ribolovnog alata mogla uskladiti sa minimalnom dopuštenom veličinom organizma koja se smije zadržati i iskrcati prema zakonskim propisima. Na takav bi se način spriječio ulov manjih jedinki te smanjila vjerojatnost odbacivanja neciljanog ulova. Za Mediteran i Jadran karakteristično je da ne postoji gospodarski ribolov pridnenom povlačnom mrežom kočom koji cilja isključivo škampa, već se škamp lovi zajedno sa drugim gospodarski važnim vrstama kao što su oslić *Merluccius merluccius* i trlja blatarica *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 (Lucchetti i sur., 2023), stoga je teško postići željeni selekcijski obrazac za sve ciljane organizme. Za razliku od kočice, vršama se ciljano izlovljava škamp te se jednostavnom modifikacijom veličine oka mrežnog tega može puno lakše postići željeni selekcijski obrazac.

1.4.1. Metode za prikupljanje podataka na moru i određivanje selektivnosti

Postoji više metoda za prikupljanje podataka i određivanje selektivnosti ribolovnih alata, a mogu se podijeliti na direktne, indirektne, te metode koje omogućuju usporedbu efikasnosti izlovljavanja dva ili više ribolovnih alata (Santos, 2021).

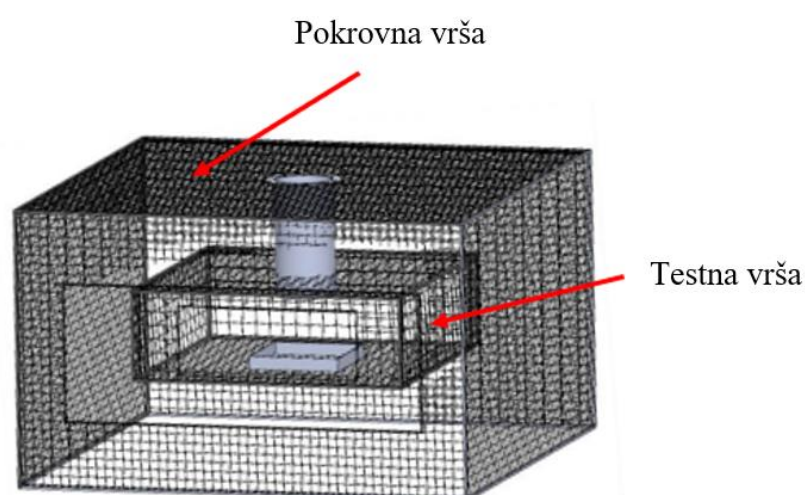
Jedna od najpoznatijih direktnih metoda kojom se određuje apsolutna selektivnost je metoda pokrovne vreće. To je metoda koja se upotrebljava kod ispitivanja selektivnosti vreće pridnene povlačne mreže kočice (Wileman i sur., 1996). Pokrovna vreća se postavlja oko testne vreće, te je izrađena od mrežnog tega male veličine oka kako bi zadržala sve jedinke koje su uspjele proći kroz oka mrežnog tega testne vreće (Slika 1.4.2.). Na takav je način moguće

prikupiti podatke o dužini svih jedinki koje su ušle u testnu vreću te usporediti dužinsku raspodjelu jedinki koje su ušle s onima koje su zadržane i ulovljene.



Slika 1.4.2. Prikaz metode pokrovne vreće u svrhu određivanja selektivnosti vreće pridnene povlačne mreže koće. (Izvor: Sparre i Venema, 1998)

Navedena metoda je prvotno osmišljena u svrhu određivanja selektivnosti vreće pridnene povlačne mreže koće (Wileman i sur., 1996), ali se uspješno primjenjuje i kod ispitivanja selektivnosti vrše (Kalogirou i sur., 2019). Oko testne vrše se postavlja pokrovna vrša koja ima znatno manju veličinu oka mrežnog tega te ima istu ulogu kao i pokrovna vreća. Sve jedinke koje pobjegle iz testne vrše bi trebale biti zadržane u pokrovnoj vrši (Slika 1.4.3.).



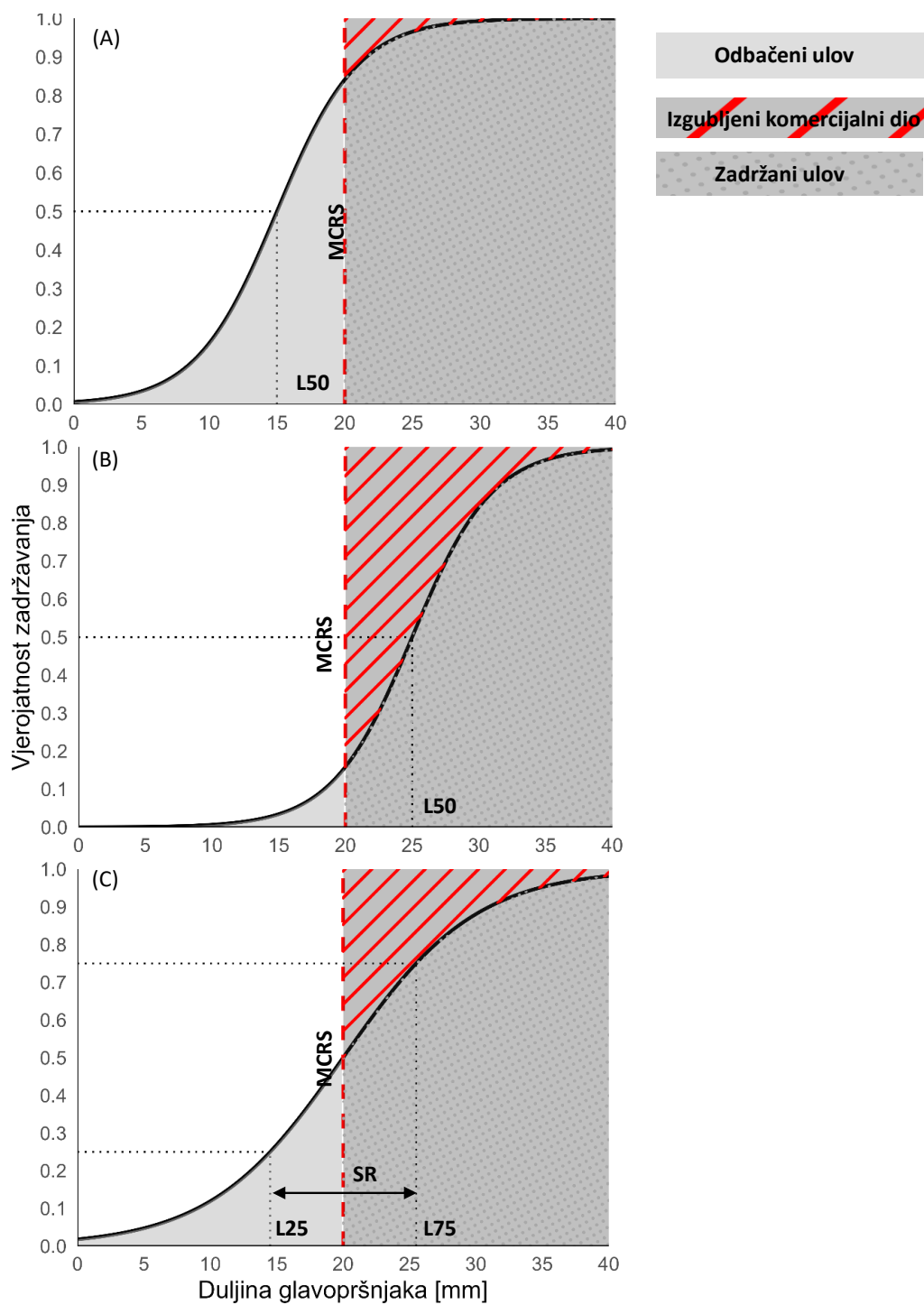
Slika 1.4.3. Prikaz metode pokrovne mreže u svrhu određivanja selektivnosti vrše za ribolov kozice *Plesionika narval* (Fabricius, 1787) (Izvor: Kalogirou i sur., 2019).

Kod primjene ove metode, pokrovna mreža ne smije dodirivati i prekrivati oka testne mreže, jer bi se jedinkama koje mogu pobjeći iz testne mreže onemogućio prolaz kroz oka, što bi dovelo do krive procjene selektivnosti (Santos, 2021). Stoga je važno prilagoditi način postavljanja pokrovne mreže specifičnim karakteristikama alata čija se selektivnost ispituje (Wienbeck i sur., 2014). Glavne prednosti metode pokrovne mreže su jednostavna analiza prikupljenih podataka te precizna procjena selektivnosti i kod manjeg broja uzoraka (Herrmann i sur., 2016). Nakon što se prikupe podaci o dužinskoj distribuciji organizama, moguće je odrediti selekcijsku krivulju. Selektivnost se najčešće modelira logističkom krivuljom (Wileman i sur., 1996) oblika:

$$r(l, \nu) = \frac{\exp\left(\frac{\ln(9)}{SR} \times (l - L50)\right)}{1.0 + \exp\left(\frac{\ln(9)}{SR} \times (l - L50)\right)} \quad (1)$$

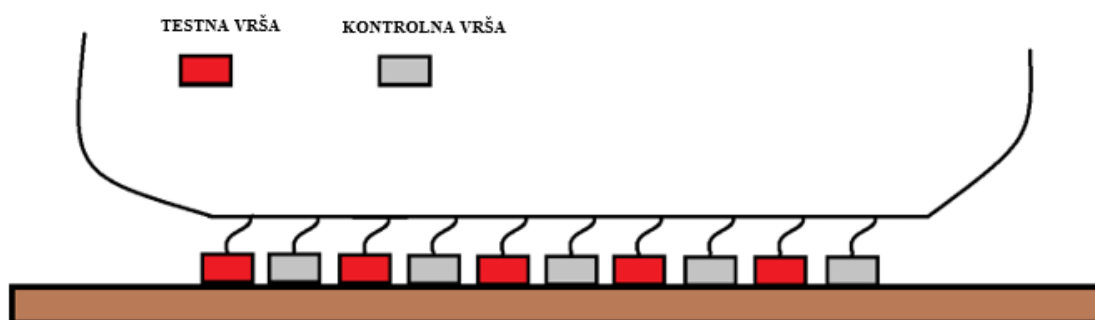
koja je karakterizirana parametrima $\nu = (L50, SR)$, gdje $L50$ predstavlja duljinu pri kojoj je 50 % ulovljenih primjeraka te duljine zadržan, a ostatak izašao iz testne vreće. SR je selekcijski raspon koji je jednak razlici $L75$ i $L25$, gdje je $L25$ duljina pri kojoj je 25 % jedinki te duljine ulovljene, a ostatak pobjegao iz testne vreće, a $L75$ je duljina pri kojoj je 75 % jedinki te duljine ulovljene, a ostatak pobjegao (Wileman i sur., 1996).

Selekcijski raspon određuje oblik krivulje, što je SR manji to je selekcija oštija, a samim time i selektivnost alata poboljšana. Savršena selekcija bi bila kad bi SR bio blizu nuli, a $L50$ se preklapao sa MCRS vrste koju lovimo. Tada u ulovu ne bi bilo jedinki neželjene veličine i ne bi se gubio dio komercijalnog ulova (Slika 1.4.4.).

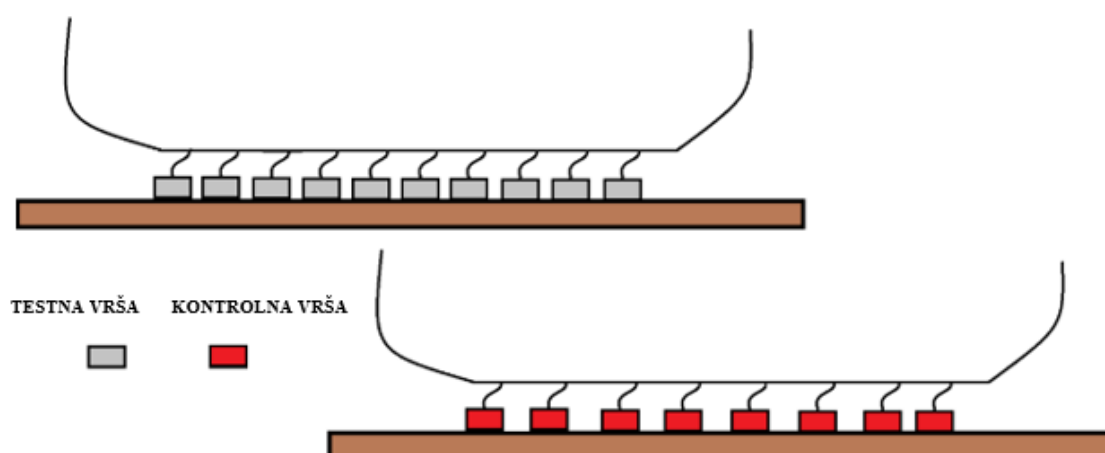


Slika 1.4.4. Primjer teoretske selekcijske krivulje (crna linija) gdje je $L_{50}=15$ mm (A), $L_{50} = 25$ mm (B), $SR = 9$ mm (C), a $MCRS = 20$ mm (crvena isprekidana linija). Nesavršenost selekcije rezultirati će gubitkom dijela komercijalnog ulova te odbacivanjem ulovljenih jedinki ispod $MCRS$.

Indirektnim metodama, selektivnost nekog alata se određuje bez poznavanja strukture i sastava organizama koji su pobjegli iz testnog alata (Santos, 2021). Te metode podrazumijevaju upotrebu dva alata, istovremeno ili naizmjenično (Wileman i sur., 1996), gdje jedan ribolovni alat ima malu veličinu oka (kontrola) u odnosu na drugi alat (test), čiju selektivnost želimo odrediti. Svrha alata s manjom veličinom oka je da osigura ulov svih dostupnih dužinskih razreda organizama koji se u tom trenutku nalaze na tom ribolovnom području (Wileman i sur., 1996). Pri izvođenju ove metode jako je važno voditi računa o tome da se korišteni alati ne razlikuju u ničemu osim veličini oka mrežnog tega. Navedena metoda se koristi i kod ispitivanja apsolutne selektivnosti vrše (Brčić i sur., 2018a), gdje se testne i kontrolne vrše polažu zajedno u sklopu jednog niza (parangala) ili u odvojenim nizovima (parangalima) kako je prikazano na slikama 1.4.5 i 1.4.6.



Slika 1.4.5. Shematski prikaz postavljanja testnih (crvene) i kontrolnih (sive) vrša u sklopu jednog parangala (Izvor: M. Mašanović).



Slika 1.4.6. Shematski prikaz postavljanja odvojenih parangala s testnim (siva) i kontrolnim (crvena) vršama. (Izvor: M. Mašanović)

Kad se testne i kontrolne vrše nalaze na jednom parangalu, naizmjenično se povezuje jedna testna pa jedna kontrolna. Kad se testne i kontrolne vrše nalaze na odvojenim parangalima ribolov se testnim i kontrolnim parangalom mora obavljati na istom ribolovnom području, kako bi se smanjio prostorni utjecaj na dostupnost morskih organizama. Najveća prednost indirektnih metoda u određivanju apsolutne selektivnosti je što se selektivnost ribolovnog alata može ispitati bez ikakvih modifikacija na testnom alatu (npr. postavljanja pokrovne vrše oko testne vrše) koje bi mogle utjecati na stvarni ribolovni učinak testnog alata (Santos, 2021). Također je jednostavnija primjena ove metode kod ispitivanja selektivnosti u komercijalnim uvjetima, odnosno za vrijeme gospodarskog ribolova (Santos, 2021). Međutim, za dobivanje specifične razine neizvjesnosti selekcijskih parametara korištenjem metode paralelnih ili alternativnih potega, potrebno je izmjeriti čak deset puta više organizama u odnosu na metodu pokrovne vreće (Herrmann i sur., 2016).

Ponekad jednostavno želimo direktno usporediti koliko je jedan alat efikasan u izlovu određenih dužina ili vrsta u odnosu na drugi, što je posebno pogodno kada se želi testirati neki novi alat ili poboljšana verzija postojećeg alata te usporediti sa standardnim alatom koji se uobičajeno koristi na nekom ribolovnom području (Santos, 2021). Međutim u ovakvim slučajevima ne znamo kakva je dužinska distribuciju organizama koja se nalazi na ispitivanom području, već imamo samo podatak o dužinskoj distribuciji organizama ulovljenih jednim i drugim alatom, zbog čega nismo u mogućnosti odrediti selektivnost testiranih alata. Kod ovakvog tipa istraživanja važno je da vrijeme zadržavanja alata u moru bude jednako, da se koristi isti mamac i sl. Na takav način umanjuje se utjecaj bilo kojeg drugog faktora na lovnost ribolovnog alata. Prednost ove metode je što pruža informacije o učinkovitosti i mogućim nedostacima testnog alata u odnosu na standardni, može se jednostavno provesti tijekom gospodarskog ribolova te je dobivene rezultate jednostavno prezentirati ribarima i drugim dionicima (Santos, 2021).

Za vrijeme ribolova selekcija organizama se često odvija u dva stupnja. Prvi stupanj se odnosi na selekciju ribolovnim alatom u moru, a drugi na selekciju na palubi broda gdje ribari sortiranjem odvajaju ulov koji planiraju zadržati od onog kojeg namjeravaju odbaciti (Mytilineaou i sur., 2018). Kada se objedine ta dva selekcijska procesa, moguće je odrediti ukupnu selekciju neke vrste određenom tehnikom ribolova (Mytilineaou i sur., 2018).

Gore navedene metode su uglavnom usmjerene na ciljane ili najbrojnije vrste u ulovu, međutim za bolji uvid u ukupnu selektivnost nekog ribolovnog alata potrebno je uzeti u obzir cjelokupni ulov. Stoga se uz standardne metode za određivanje apsolutne i relativne selektivnosti (lovnosti) kojima se prikupljaju podaci o dužinskoj distribuciji gospodarski važnih vrsta, primjenjuju i metode za procjenu relativne brojnosti svih vrsta u ulovu (Patetta i sur., 2023; Cerbule i sur., 2022b; 2023). Kod takvih istraživanja moguće je odrediti obrazac dominacije vrsta u ulovu (Herrmann i sur. 2022; Cerbule i sur. 2022b; Patetta i sur. 2023) što pruža uvid u ukupnu selektivnost nekog ribolovnog alata te mogućem utjecaju na okoliš.

1.5. Pregled dosadašnjih istraživanja

Vrša za ribolov škampa je predmet istraživanja još od 1978. godine, kada je Bjordal (1986) započeo niz primijenjenih istraživanja kako bi približio ribolov škampa vršom Norveškim ribarima. U to vrijeme je gospodarski ribolov škampa vršom bio razvijen samo u Škotskoj i na Farskim otocima (Bjordal, 1986). Već tada je ustanovljena slaba učinkovitost vrše u odnosu na pridnenu povlačnu mrežu koću te su istraživanja najvećim dijelom usmjerena na ponašanje škampa u blizini vrše kako bi se otkrili razlozi malih ulova škampa vršom (Bjordal, 1986). Tako je Bjordal (1986) utvrdio da od ukupnog broja jedinki (65 %) koje dolaze u kontakt s vršom, svega 6,1 % zaista uđe u nju. Slične rezultate je kasnije dobio i Adey (2007) prilikom svojih istraživanja u laboratoriju i na moru. Škamp nakon što uđe u unutrašnjost vrše, većinu vremena provodi mirno u kutu vrše te postaje aktivan samo kada mu se drugi organizam približi (Adey, 2007). Tada dolazi do izražaja njegova teritorijalnost, postaje agresivan te straši drugu jedinku podizanjem svojih kliješta ili pokušava pobjeći iz vrše (Adey, 2007; Bjordal, 1986). Prema Bjordal (1986) agresivni škamp iz unutrašnjosti vrše straši druge jedinke koji se nalaze u blizini ulaza te im tako priječi ulazak (Bjordal, 1986). Kako bi se povećala lovnost vrše istraživanja se nastavljaju u smjeru pronalaženja što efikasnijeg mamca koji ima ključnu ulogu u primamljivanju škampa unutar vrše (Bjordal i Løkkeborg, 1992). Škamp se prema vrši kreće uzvodno, odnosno suprotno od smjera morske struje, i to unutar kuta od približno 30° s lijeve i desne strane tog smjera (Bjordal, 1986). Miris mamca koji je postavljen u vršu širi se u smjeru kretanja struje te privlači škampa prema izvoru mirisa (Bjordal i Løkkeborg, 1992). Utvrđeno je da kontrolirano otpuštanje ekstrakta mamca na bazi skuše može značajno utjecati na selektivnost vrše i povećanje ulova (Bjordal i Løkkeborg, 1992). Kada je otpuštanje ekstrakta > 6 ml/h, stvara se veća razina mirisa mamca što privlači veće jedinke i ukupno veći broj

škampa nego što privlači prirodni mamac (Bjordal i Løkkeborg, 1992). Slične rezultate su dobili i Dellinger i sur. (2016) koji su razvili sintetički mamac koji otpušta kontinuirano miris te su se vrše s takvim mamcem pokazale efikasne u ribolovu američkog hlapa *Homarus americanus* H. Milne Edwards, 1837. Osim sintetičkih mamaca, postoje primjeri i iz drugih ribarstava gdje su se LED svjetla raznih boja pokazala kao efikasan mamac za snježnu rakovicu *Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788) (Nguyen i sur., 2017) te kozicu *Pandalus borealis* Krøyer, 1838 (Bouwmeester, 2018; Horton i sur., 2025).

Osim mamca, na lovnost vrše može utjecati oblik vrše te mjesto postavljanja vršnjaka i njegova veličina (Miller, 1990, Olsen i sur., 2019b, Cerbule i sur., 2022). Olsen i sur. (2019b) su promjenom dizajna vrše za ribolov snježne rakovice *C. opilio* pokušali povećati ulove, no eksperimentalni dizajn se pokazao kao manje efikasan od standardnog dizajna koji se koristi u gospodarskom ribolovu u Barentsovom moru. Autori pretpostavljaju da je uzrok slabije lovnosti veliki nagib bočnih stranica eksperimentalnih vrša. U Norveškoj su Stiansen i sur. (2010) *in situ* proučavali ponašanje crvenog kraljevskog raka *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) u blizini dva različita dizajna vrša (vrše konusnog i kvadranog oblika). Pokazalo se da su konusne vrše manje efikasne u usporedbi s kvadratnim (Stiansen i sur., 2008; Stiansen i sur., 2010) te autori smatraju da je razlog tome što se vršnjak kod konusnih vrša nalazi na gornjoj strani, a miris mamca se ne širi vertikalno već u smjeru strujanja mora. Cerbule i sur. (2002) su ustanovili da promjer vršnjaka utječe na dužinsku distribuciju lovljenih primjeraka snježne rakovice *C. opilio* te da dolazi do gubitka dijela komercijalnog ulova uslijed neodgovarajuće veličine promjera vršnjaka, jer osim širine glavopršnjaka treba uzeti u obzir i druge dijelove tijela koji mogu utjecati na uspješan prolazak rakovice kroz vršnjak. Kasnija su istraživanja vršama usmjerena na smanjenje štetnog utjecaja na okoliš te razvoj efikasnog alata s minimalnim utjecajem na neciljane organizme ribolova (ICES, 2008). Vrše se općenito smatraju alatom s malim utjecajem na okoliš (Eno i sur., 2001, Adey, 2007), pasivan su alat te je samim time utjecaj vrša na morsko dno ograničen na veličinu same vrše te je u usporedbi s drugim aktivnim ribolovnim alatima taj utjecaj minimalan (Thomsen i sur., 2010, Kopp i sur., 2020). Istraživanje utjecaja ribolova vršama na pridnene zajednice u zaljevu Lyme je pokazalo da ne postoji negativan utjecaj na odabrane vrste indikatore ako broj vrša ne prelazi 30 komada na 500 m² (Rees i sur., 2018). U slučaju povećanja broja vrša uočen je negativan utjecaj na koralj *Pentapora fascialis* (Pallas, 1766) (Rees i sur., 2018) jer dolazi do zapetljavanja koralja u mrežni teg vrše (Risk i sur., 1998). Jedan od glavnih negativnih aspekata ribolova vršom raspravljen je 2008. godine na ICES-ovom sastanku gdje je „ghost fishing” opisan kao najveća opasnost na morski okoliš. Kada dođe do gubitka vrše uslijed jakog nevremena, prelaskom

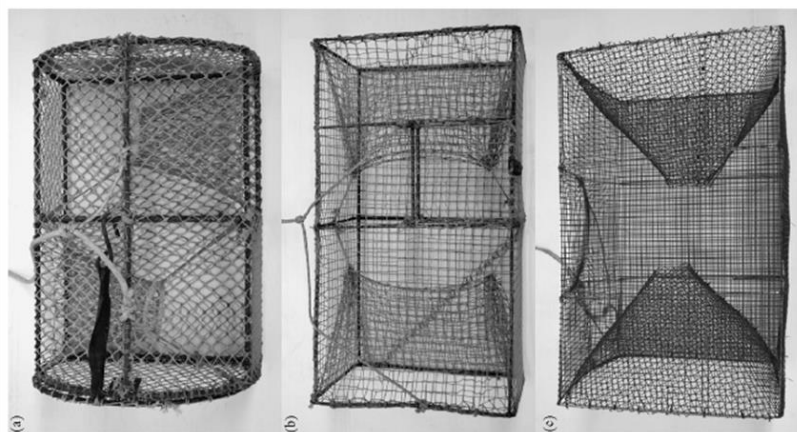
broda preko plutače ili kidanjem konopa propelerom ili prelaskom pridnene povlačne mreže koće preko niza vrša (Brown i sur., 2005; Thomsen i sur., 2010), izgubljene vrše nastavljaju loviti te jedinke koje ugibaju unutar vrše postaju mamac (Brown & Macfadyen, 2007). Adey (2007) je proveo istraživanje u Škotskoj gdje je simulirao gubitak vrša za ribolov škampa te je ustanovio minimalan utjecaj na ciljane i ne ciljane organizme. Dok su Cerbule i sur. (2023) utvrdili da izgubljene vrše za ribolov snježne rakovice *C. opilio* u Barentsovom moru ipak nastavljaju loviti te navode da *ghost fishing* predstavlja opasnost za morski okoliš.

Kako bi minimalizirao mogućnost ulova ne ciljanih organizama vršama za ribolov škampa Adey (2007) ispituje posebno dizajniran „otvor za bijeg“ koji bi trebao povećati selektivnost vrše. „Otvori za bijeg“ pokazali su se kao dobar način za postizanje željene selektivnosti te je ustanovljeno da mogu povećati ulove škampa tako što se smanji broj ne ciljanih organizama unutar vrše. Pokazalo se da rakovica loptašica *Liocarcinus depurator* (Linnaeus, 1758) sprječava ulaz škampu, jer škamp njenu prisutnost doživljava kao prijetnju (Adey, 2007). Zapravo je još 1986. ustanovljeno da se manje jedinke škampa ne približavaju vrši ako su u neposrednoj blizini vrše drugi organizmi ili veće jedinke škampa (Bjordal, 1986). Kao dobro rješenje se spominje škotski tip vrše kojoj je unutrašnjost pregrađena u dvije komore (Ungfors i sur., 2013), gdje se ulovljeni organizmi nalaze u odvojenom odjeljku zbog čega svojom prisutnošću manje utječu na dinamiku ulaska drugih škampa u vršu (Ungfors i sur., 2013). „Otvori za bijeg“ su testirani i u drugim ribarstvima, primjerice u ribolovu snježne rakovice *C. opilio* u Barentsovom moru (Cerbule i sur., 2024), te ribolovu vrste *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) u istočnom kineskom moru (Zhang i sur., 2022). U oba slučaja „otvori za bijeg“ su se pokazali kao dobar način za smanjenje neciljanog ulova.

Na Jadranu su se prva istraživanja s vršama za ribolov škampa počela provodit još 1980-ih, kada je Homen (1983) analizirao lov škampa vršama u Velebitskom kanalu, a Obradović i sur. (1993) ispitali utjecaj lova vršama na populaciju škampa te utvrdili da je pritisak na ispitivanu populaciju ribolovom vršama jednak onom kojeg bi proizveo ribolov sa 15 koća. Soldo i sur. (1999) su u svom istraživanju selektivnosti vrše za ribolov škampa utvrdili da vrše veličine oka mrežnog tega 36 mm, 40 mm i 44 mm ne love jedinke škampa ispod dužine prve spolne zrelosti. Istraživanja provedena 2009. godine na području Jabučke kotline potvrdila su slabu ribolovnu efikasnost vrše u usporedbi s kočom te je kao mogući razlog navedena prisutnost rakovice loptašice *L. depurator* i izopoda *Natatolana borealis* (Lilljeborg, 1851), koji ubrzo nakon polaganja vrše na morsko dno konzumiraju mamac te onemogućuju daljnje primamljivanje škampa (Morello i sur., 2009). Kao jedno od mogućih rješenja, autori su predložili skraćivanje vremena ribolova vršama, no istraživanje Brčića i sur. (2018), provedeno

u Bračkom kanalu, nije pokazalo značajnu razliku u lovnosti vrša koje su ostajale na dnu jedan dan i onih koje su ostajale dva dana. Primjerice u ribolovu snježne rakovice *C. opilio*, produljeno vrijeme ribolova imalo je pozitivan utjecaj na selektivnost vrše (Olsen i sur., 2019a). Jednostavnom modifikacijom ribolovne tehnike, jedinkama čija je dužina bila ispod minimalno dozvoljene lovne dužine je pruženo dovoljno vremena da pronađu izlaz iz vrše, a istodobno je ribar smanjio troškove ribolova manjim brojem izlazaka u ribolov (Nguyen i sur, 2020).

Osim usporedbe lovnosti vrše i pridnene povlačne mreže kočice na Jadranu je uspoređena i lovnost tri različita tipa vrše (škotski, talijanski i hrvatski) (Slika 1.5.1.), međutim ni jedan tip vrše se nije značajno isticao po pitanju efikasnosti (Morello i sur., 2009).



Slika 1.5.1. Dizajn vrša za lov škampa. (a) Škotski , (b) hrvatski i (c) talijanski tip vrše. (Izvor: Morello i sur., 2009).

Kasnije su Brčić i sur. (2018a) odredili apsolutnu selektivnost vrše za ribolov škampa veličine oka mrežnog tega 20 mm, te potom razvili prediktivni model CREELSELECT u svrhu određivanja optimalne veličine oka mrežnog tega vrše za ribolov škampa (Brčić i sur. 2018b). Navedeni model omogućava izračun selekcijskih parametara (L50 i SR) za različiti raspon veličina i kuta između susjednih stranica oka vrše. Godinu kasnije, Brčić i sur. (2019) ispituju vjerojatnost zaglavljivanja škampa i vabića *Squilla mantis* (Linnaeus, 1758) u oko mrežnog tega vrše za lov škampa (Slika 1.5.2.) te određuju kod koje duljine je vjerojatnost zaglavljivanja navedenih rakova najveća.



Slika 1.5.2. Vabić *S. mantis* (lijevo) i škamp *N. norvegicus* (desno) zaglavljani u oka mrežnog tega vrše (Izvor: Brčić i sur., 2019).

Uzimajući u obzir veliku gospodarsku važnost škampa u svim državama u kojima se eksploatira (FAO, 2024), istraživanja na vršama za ribolov škampa su rijetka i još uvijek nedostaju odgovori na mnoga pitanja. Dugo vremena su istraživanja vezana za gospodarski ribolov škampa bila usmjerena na pridnenu povlačnu mrežu koču (Lucchetti i sur., 2021). Tek nedavno, uslijed pada kočarskog ulova i nakon uvođenja niza ograničenja u ribolovu pridnenom povlačnom mrežom kočom, vrše su se počele ozbiljnije razmatrati kao rješenje za nastavak ribolova škampa (Hornborg i sur., 2017; Sala i sur., 2023; Letschert i sur., 2021; Patetta i sur., 2021). Postoje istraživanja u više Europskih zemalja koja uspoređuju lovnost (Søvik i sur., 2016, Eichert i sur., 2018) i ekonomsku isplativost ribolova škampa vršom i pridnenom povlačnom mrežom kočom (Leocadio i sur., 2012; Ungfors i sur., 2013; Hammarlund i sur., 2018, Frandsen i sur., 2015). Navedena istraživanja su pokazala da vrša ostvaruje manje ukupne ulove u usporedbi s kočom (Leocadio i sur., 2012; Ungfors i sur., 2013; Søvik i sur., 2016; Eichert i sur., 2018), ali je kvaliteta i vrijednost škampa ulovljenog vršom veća od onog ulovljenog pridnenom povlačnom mrežom kočom (Leocadio i sur., 2012, Ungfors i sur., 2013). Primjerice, ribolov škampa vršom u Portugalu je financijski povoljniji u usporedbi s pridnenom povlačnom mrežom kočom jer su godišnji troškovi ribolova škampa vršom svega 18.000 Eura (troškovi goriva i mamca), a za koč 76.545 Eura (troškovi goriva i maziva) (Leocadio i sur., 2012). Slično su Hammarlund i sur. (2018) ustanovili u Švedskoj, a Frandsen i sur. (2015) su u svom istraživanju u Danskoj utvrdili da je dnevni prihod jednog plovila koje obavlja ribolov vršama s dva člana posade jednak prihodu manjeg kočara (<12 m). Nedavno istraživanje Sala i sur. (2023) daje jedan sveobuhvatan pregled mogućnosti zamjene pridnene povlačne mreže

koće alternativnim alatima gdje autori ističu vršu za ribolov škampa kao dobro rješenje, međutim još uvijek nedostaje dovoljno informacija o učinkovitosti i selektivnosti vrše koju koristi najveći broj ribara u gospodarskom ribolovu škampa na Jadranu.

2. CILJEVI I HIPOTEZE DOKTORSKOG RADA

Posljednjih godina Europska unija predlaže niz mjera u svrhu uspostave održivog ribolova te podržava projekte o alternativnim alatima koji povećavaju selektivnost ili smanjuju na najmanju moguću mjeru negativan utjecaj ribolovnih aktivnosti na morski okoliš (Uredba Europskog Parlamenta i Vijeća (EU) br. 1380/2013, Uredba Vijeća (EZ) br. 1967/2006). Također se zalaže da se dio obalne zone rezervira za selektivne ribolovne alate malih gospodarskih ribara radi zaštite rastilišta i osjetljivijih staništa te jačanja društvene održivosti ribarstva na Sredozemlju (Uredba Europskog Parlamenta i Vijeća (EU) br. 1380/2013, Uredba Vijeća (EZ) br. 1967/2006). Obalne zone su osjetljiva područja koja zahtijevaju odgovorno upravljanje (Harley i sur., 2006), a na području Velebitskog kanala ribolov se obavlja vršama i pridnenom povlačnom mrežom kočom te se u posljednje vrijeme uočavaju promjene u trendu ulova i broju plovila (Podaci MP za razdoblje 2008. – 2023.). S obzirom da se vrše za ribolov škampa često spominju kao dobra alternativa kočarskom ribolovu (Sala i sur., 2023; Patetta i sur., 2021, Leocadio i sur., 2012; Eichert i sur., 2018; Letschert i sur., 2021), a u dostupnoj znanstvenoj literaturi ne postoji puno informacija o vršama za lov škampa u Jadranu, nužno je provesti istraživanja koja će nam dati uvid u selektivnost vrša koje se upotrebljavaju u gospodarskom ribolovu škampa, usporediti njihovu efikasnost ulova s pridnenom povlačnom mrežom kočom, odrediti utjecaj koji ti alati imaju ciljane i neciljane organizme koje izlovljavaju te ispitati može li se efikasnost ulova unaprijediti modifikacijom konstrukcijsko-tehničkih osobina vrša.

Ciljevi ove disertacije su:

1. Odrediti selektivnost vrša koje se upotrebljavaju u gospodarskom ribolovu škampa,
2. Usporediti kvalitativni i kvantitativni sastav ulova vrše i pridnene povlačne mreže - kočice,
3. Usporediti efikasnost ulova škampa vršom s pridnenom povlačnom mrežom - kočicom,
4. Ispitati utjecaj ribolova vršom i pridnenom povlačnom mrežom - kočicom na stupanj oštećenja škampa te ženke koje nose jaja na zatku,
5. Ispitati može li se efikasnost ulova vršama unaprijediti povećanjem broja vršnjaka

Temeljem navedenih ciljeva postavljene su sljedeće hipoteze:

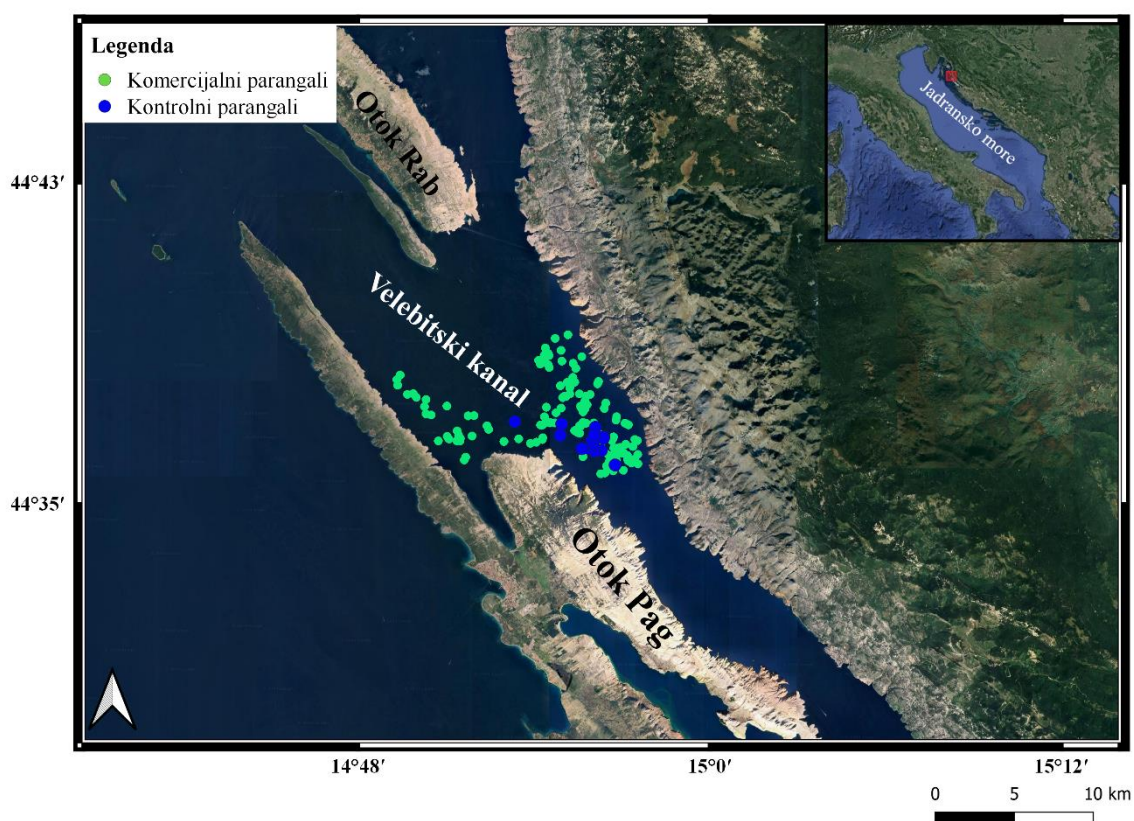
1. Veličina oka mrežnog tega utječe na selektivnost vrša za lov škampa.
2. Kvalitativni i kvantitativni sastav ulova vrše i pridnene povlačne mreže - koće se razlikuje.
3. Eksploatacijski obrazac vrše i pridnene povlačne mreže - koće se razlikuje.
4. Utjecaj vrše i pridnene povlačne mreže - koće na stupanj oštećenja škampa i ženke koje nose jaja na zatku se razlikuje.
5. Inovativna vrša s većim brojem vršnjaka efikasnije izlovljava škampa u odnosu na komercijalnu vršu s manjim brojem vršnjaka.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Ispitivanje ukupne selekcije škampa u ribolovu vršom

3.1.1. Eksperimentalni ribolov

Eksperimentalni ribolov je proveden u razdoblju od 5. travnja do 4. srpnja 2019. godine, u ribolovnoj zoni E (podzona E3), na području Velebitskog kanala (Slika 3.1.1.). Uzorkovanje je obavljeno plovilom za obavljanje gospodarskog ribolova na moru (LOA 5.60 m, 22 kW) u vlasništvu profesionalnog ribara (Slika 3.1.2.).



Slika 3.1.1. Mjesto obavljanja eksperimentalnog ribolova.



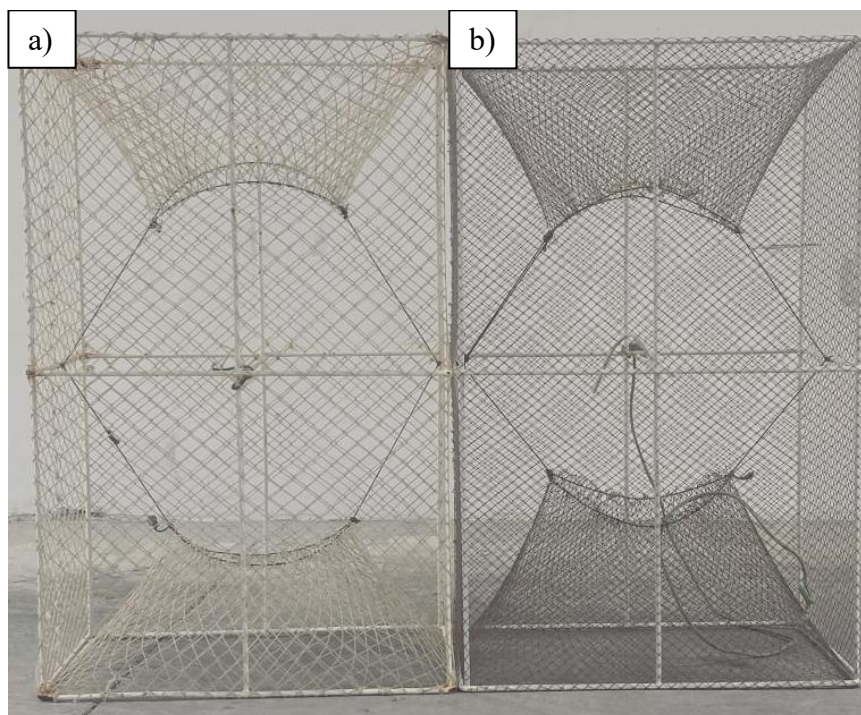
Slika 3.1.2. Plovilo kojim se obavljao eksperimentalni ribolov.

Selekciju škampa u ribolovu vršama karakteriziraju dva uzastopna selekcijska procesa. Prvi selekcijski proces odvija se u moru, u vrši, za vrijeme dok nepomično leži na morskom dnu, a drugi na palubi broda, gdje ribar procesom sortiranja odlučuje što će zadržati, a što odbaciti od ulova. Tijekom ovog eksperimentalnog ribolova prikupljeni su podaci potrebni za određivanje oba selekcijska procesa.

Prvo je određena apsolutna selektivnost komercijalne vrše za lov škampa duljine jedne stranice oka od 18 mm (prosječna veličina otvora oka mrežnog tega iznosila je $34,89 \pm 0,46$ mm; kut između dvije susjedne stranice oka $82,15 \pm 5,61^\circ$), a nakon toga je određena selektivnosti ribara.

Komercijalne vrše bile su pravokutnog oblika (dužine 700 mm, širine 410 ili 450 mm i visine 270 mm), izrađene od metalnog okvira ($\varnothing$ 5 mm) preko kojeg je razvučen romboidni mrežni teg tako da oka poprime kvadratni oblik (Slika 3.1.3.a). Korištene su vrše imale dva ulaza tzv. vršnjaka okrenuta jedan nasuprot drugog (Slika 3.1.3.a).

Kako bi se odredila apsolutna selektivnost komercijalnih vrša, izradila se kontrolna vrša iste veličine i oblika osim što je duljina jedne stranice oka mrežnog tega bila 7 mm (Slika 3.1.3.b). Ta vrša je bila namijenjena lovu škampa svih dužinskih razreda koji su prisutni na ispitivanom području (Brčić i sur., 2018a).

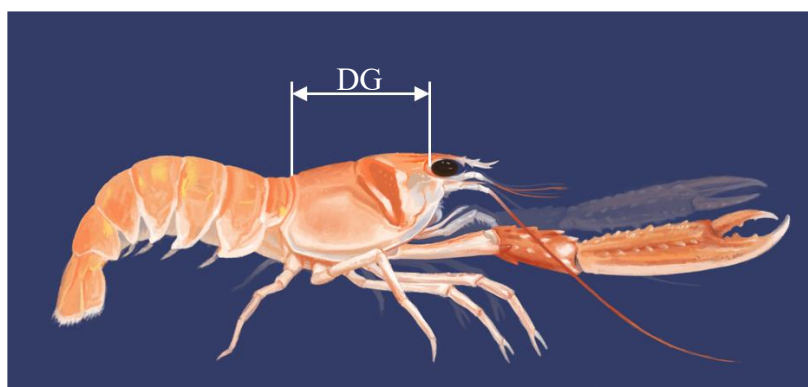


Slika 3.1.3. Izgled komercijalne (a) i kontrolne (b) vrše za ribolov škampa.

Eksperimentalni ribolov komercijalnim i kontrolnim vršama se obavljao paralelno na istom području prateći uobičajenu ribarsku praksu na lovištu. Vrše su se polagale na morsko dno u nizovima (dalje u tekstu: parangalima) od 30 do 40 vrša po parangalu (Slika 1.4.6.). Nakon što su određeno vrijeme vrše provele na morskom dnu, ribar bi ih izvukao na palubu te sortirao ulov u dvije skupine: „zadržani“ i „odbačeni“. Skupinu „zadržani“ sačinjavale su jedinke škampa koje je ribar namjeravao zadržati dok su skupinu „odbačeni“ sačinjavale jedinke škampa koje je ribar namjeravao vratiti nazad u more (Slika 3.1.4.). Nakon sortiranja ulova, u vrše se postavljao svježi mamac (komadi vrste *Oblada melanura* (Linnaeus, 1758)). Vrše bi se zatim slagale na posebno konstruiran nosač postavljen s vanjske strane broda te kao takve pripremale za sljedeće polaganje. Svim škampima iz komercijalnih i kontrolnih vrša izmjeren je glavopršnjak pomičnom mjerkom (Slika 3.1.5.) te je za svaku jedinku zabilježeno kojoj skupini pripada (Slika 3.1.4.).



Slika 3.1.4. Sortiranje ulova na palubi.



Slika 3.1.5. Način mjerenja duljine glavopršnjaka (DG) škampa. (Izvor: Ilustrirao: Marko Svraka)

3.1.2. Analiza prvog selekcijskog procesa

Ulov jednog parangala se smatrao kao jedna ulovna jedinica (Brčić i sur., 2018a). Kako se u eksperimentu koristio različiti broj komercijalnih i kontrolnih parangala, za potrebe određivanja selektivnosti komercijalnih vrša korištena je metoda opisana u Brčić i sur. (2018a). Prosječna selektivnost komercijalnih vrša određena je minimalizacijom sljedećeg izraza (Brčić i sur., 2018a):

$$-\sum_{DG} \left\{ \sum_{i=1}^a nT_{DG_i} \times \ln \left(\frac{SP \times r_{vrša}(DG, \mathbf{v}_{vrša})}{SP \times r_{vrša}(DG, \mathbf{v}_{vrša}) + 1 - SP} \right) + \sum_{j=1}^b nC_{DG_j} \times \ln \left(1.0 - \frac{SP \times r_{vrša}(DG, \mathbf{v}_{vrša})}{SP \times r_{vrša}(DG, \mathbf{v}_{vrša}) + 1 - SP} \right) \right\} \quad (3)$$

gdje nT_{DG_i} predstavlja broj škampa duljine glavopršnjaka DG ulovljenih i zadržanih u i -tom parangalu na kojem su se nalazile komercijalne vrše; nC_{DG_j} predstavlja broj škampa duljine glavopršnjaka DG ulovljenih i zadržanih u j -tom parangalu na kojem su se nalazile kontrolne vrše; a predstavlja ukupni broj parangala na kojim su se nalazile komercijalne vrše; b predstavlja ukupni broj parangala na kojim su se nalazile kontrolne vrše; SP je tzv. faktor razdijeljena (Wileman i sur., 1996) koji predstavlja vjerojatnost ulaska škampa duljine DG u komercijalnu vršu, dok $1-SP$ predstavlja vjerojatnost ulaska škampa u kontrolnu vršu, uz pretpostavku da je škamp ušao u jednu od njih (Wileman i sur., 1996); $\mathbf{v}$ je vektor parametara karakterističan za selekcijski model $r(DG, \mathbf{v})$.

Obzirom da su komercijalne vrše korištene u ovom eksperimentu izrađene od mrežnog tega koji zadržava svoj oblik i veličinu tijekom ribolova te uzimajući u obzir ranija istraživanja selektivnosti vrše (Xu i Millar, 1993; Winger i Walsh, 2011; Brčić i sur., 2018a; Olsen i sur., 2019), pretpostavljeno je da se selektivnost može opisati standardnom *logit* krivuljom (Wileman i sur., 1996) oblika:

$$r_{vrša}(DG, \mathbf{v}_{vrša}) = \frac{\exp\left(\frac{\ln(9)}{SR_{vrša}} \times (DG - DG50_{vrša})\right)}{1.0 + \exp\left(\frac{\ln(9)}{SR_{vrša}} \times (DG - DG50_{vrša})\right)} \quad (4)$$

gdje je $\mathbf{v}_{vrša}$ vektor parametara $DG50_{vrša}$ i $SR_{vrša}$. $DG50_{vrša}$ označava duljinu glavopršnjaka DG pri kojoj je 50 % primjeraka te duljine ulovljene i zadržano, a ostatak izašao iz vrše. Seleksijski raspon vrše ($SR_{vrša}$) jednak je razlici $DG75_{vrša}$ i $DG25_{vrša}$, gdje je $DG25_{vrša}$ duljina pri kojoj je 25 % primjeraka škampa te duljine ulovljeno i zadržano, a ostatak je izašao iz vrše, a $DG75_{vrša}$ je duljina pri kojoj je 75 % primjeraka škampa te duljine glavopršnjaka ulovljeno i zadržano, a ostatak je izašao iz vrše (Wileman i sur., 1996).

Sposobnost krivulje da opiše eksperimentalne podatke procijenjena je inspekcijom reziduala te provjerom indeksa kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima (p -vrijednost te omjer devijance i stupnjeva slobode) (Wileman i sur., 1996).

Dvostruka *bootstrap* metoda je korištena kako bi se odredili 95-postotni Efronovi intervali povjerenja (Efron, 1982) krivulje i selekcijskih parametara ($DG50_{vrša}$ i $SR_{vrša}$) (Sistiaga i sur.

2016; Brčić i sur. 2018a). Navedena metoda uzima u obzir nejednaku raspodjelu jedinki na lovištu te nejednaku dostupnost svih dužinskih razreda u ulovu svakog parangala.

Obzirom da tijekom obavljanja ribolova, zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta koji su vladali na lovištu, nije bilo moguće osigurati identično trajanje ribolova za sve parangale, već su neki podizani dva, tri ili četiri dana nakon polaganja, gore opisana analiza provedena je odvojeno za svako trajanje ribolova. Kako bi utvrdili utječe li vrijeme ribolova na selektivnost komercijalnih vrša, upotrijebljena je tzv. delta metoda (Larsen i sur. 2018, Mytilineou i sur. 2020; 2021b), odnosno određena je razlika u vjerojatnosti ulova škampa duljine glavopršnjaka DG ($\Delta r(DG)$) parangalima koji su različito vrijeme proveli u moru:

$$\Delta r(DG) = r_x(DG) - r_y(DG) \quad (5)$$

gdje $r_x(DG)$ i $r_y(DG)$ predstavljaju vjerojatnost ulova i zadržavanja jedinki škampa dužine DG parangalima čije je vrijeme ribolova x i y dana.

Slijedeći metodologiju Larsen i sur. (2018) te Olsen i sur. (2019), određeni su 95-postotni Efronovi intervali povjerenja za svaki $\Delta r(DG)$:

$$\Delta r(DG)_i = r_x(DG)_i - r_y(DG)_i \quad (6)$$

gdje i predstavlja indeks *bootstrap* iteracije ($i = 1, 2, \dots, 1000$). Rezultati su prikazani pomoću delta grafa (Larsen i sur. 2018; Olsen i sur. 2019) kako bi ustanovili da li za određene dužine glavopršnjaka DG 95-postotni intervali povjerenja za $\Delta r(DG)$ ne uključuju vrijednost $0,0$, što bi ukazivalo na postojanje statistički značajne razlike u vjerojatnosti zadržavanja jedinki te dužine glavopršnjaka DG između parangala s različitim vremenom trajanja ribolova. Ako se isto ne ustanovi za sve $\Delta r(DG)$, tada se ulovi svih parangala, neovisno o vremenu ribolova mogu objediniti u svrhu određivanja prosječne apsolutne selektivnosti komercijalnih vrša za lov škampa.

3.1.3. Analiza drugog selekcijskog procesa

Vađenjem vrša na palubu broda započinje drugi selekcijski proces, odnosno selekcija od strane ribara (dalje u tekstu: selekcija ribara), gdje ribar svakog ulovljenog škampa pažljivo promotri te na temelju vlastite procijene odlučuje hoće li će ga zadržati ili odbaciti. Obzirom da

ribar u ovom slučaju raspolaže s populacijom škampa ulovljenoj za vrijeme dok su vrše bile postavljene na morskom dnu te sam sortiranjem određuje njihovu danju sudbinu, odnosno odlučuje hoće li ih zadržati ili odbaciti, ovako prikupljeni podaci mogu se analizirati s najpoznatijom metodom određivanja apsolutne selektivnosti - metodom pokrovne vreće (Wileman i sur., 1996) (detaljno opisana u poglavlju 1.4.1.). U metodi pokrovne vreće, svaka jedinka iz populacije koja nailazi na alat može biti zadržana u testnoj vreći/vrši velikog oka ili ukoliko je dovoljno mala da se može provući kroz oka testne vreće/vrše, u pokrovnoj vreći/vrši malog oka (Slika 1.4.2. i 1.4.3). U našem slučaju ribar svakog škampa može zadržati (pandan sudbini organizma koji je ulovljen i zadržan u testnoj vreći/vrši većeg oka) ili odbaciti (pandan sudbini organizma koji je prošao kroz velika oka testne vreće/vrše te završio u pokrovnoj vreći/vrši manje veličine oka). Dakle svakog škampa duljine glavopršnjaka DG kojeg je ribar odbacio poistovjećujemo s organizmom koji je pobjegao iz testne vreće i ostao zadržan u pokrovnoj vreći, dok se za svakog škampa duljine glavopršnjaka DG kojeg je ribar zadržao poistovjećuje s organizmom zadržanim u testnoj vreći. Analiza se potom može provesti minimalizacijom sljedećeg izraza:

$$\sum_{i=1}^{a+b} \sum_{DG} \{nL_{DG_i} \times \ln(r_{ribar}(DG, \mathbf{v}_{ribar})) + nD_{DG_i} \times \ln(1 - r_{ribar}(DG, \mathbf{v}_{ribar}))\} \quad (7)$$

gdje nL_{DG_i} predstavlja broj jedinki škampa duljine glavopršnjaka DG koje je ribar zadržao, a nD_{DG_i} broj jedinki škampa duljine glavopršnjaka DG koje je ribar odbacio iz i -tog parangala, od ukupno $a+b$ parangala. Selekcija ribara opisana je sljedećim *logit* modelom:

$$r_{ribar}(DG, \mathbf{v}_{ribar}) = \frac{\exp\left(\frac{\ln(9)}{SR_{ribar}} \times (DG - DG50_{ribar})\right)}{1.0 + \exp\left(\frac{\ln(9)}{SR_{ribar}} \times (DG - DG50_{ribar})\right)} \quad (8)$$

gdje je $\mathbf{v}_{ribar}$ vektor parametara *logit* selekcijske krivulje ($DG50_{ribar}$ i SR_{ribar}). $DG50_{ribar}$ predstavlja duljinu glavopršnjaka (DG) pri kojoj je 50 % jedinki te duljine ribar zadržao nakon što su prethodno ulovljene u vrši. SR_{ribar} označava razliku u duljini glavopršnjaka DG škampa koji imaju 75 % i 25 % vjerojatnosti da će ih ribar zadržati, pod uvjetom da su prethodno ulovljeni u vrši. Za opisivanje prosječne selektivnosti ribara *logit* modelom (8) potrebno je odrediti $DG50_{ribar}$, SR_{ribar} koji minimaliziraju izraz (7). Sposobnost modela da opiše eksperimentalne podatke provjerena je prema istoj proceduri kao za modele selektivnosti komercijalne vrše.

3.1.4. Određivanje ukupne selekcije škampa u ribolovu vršom

Nakon što se gore opisanim metodama odredi selektivnost prvog selekcijskog procesa ($r_{vrša}(DG, \mathbf{v}_{vrša})$) te selektivnost drugog sekvencijalnog selekcijskog procesa ($r_{ribar}(DG, \mathbf{v}_{ribar})$), moguće je odrediti ukupnu selekciju populacije škampa u ribolovu vršom (Mytilineou i sur., 2018).

Ako promotrimo sudbinu škampa duljine glavopršnjaka DG nakon što uđe u komercijalnu vršu, moguća su tri ishoda:

1. škamp može pobjeći kroz oka mrežnog tega vrše, što se može opisati vjerojatnošću $P_{bijeg}(DG, \mathbf{v}_{vrša})$,
2. škamp može biti zadržan u vrši i odbačen od strane ribara, što se može opisati vjerojatnošću $P_{odbacivanja}(DG, \mathbf{v}_{vrša}, \mathbf{v}_{ribar})$,
3. škamp može biti zadržan u vrši i zadržan od strane ribara, što se može opisati vjerojatnošću $P_{zadržavanja}(DG, \mathbf{v}_{vrša}, \mathbf{v}_{ribar})$.

Gore navedene vjerojatnosti se zatim prema Mytilineou i sur. (2018) mogu modelirati kao:

$$\begin{aligned} P_{bijeg}(DG, \mathbf{v}_{vrša}) &= 1.0 - r_{vrša}(DG, \mathbf{v}_{vrša}) \\ P_{odbacivanja}(DG, \mathbf{v}_{vrša}, \mathbf{v}_{ribar}) &= r_{vrša}(DG, \mathbf{v}_{vrša}) \times (1.0 - r_{ribar}(DG, \mathbf{v}_{ribar})) \\ P_{zadržavanja}(DG, \mathbf{v}_{vrša}, \mathbf{v}_{ribar}) &= r_{vrša}(DG, \mathbf{v}_{vrša}) \times r_{ribar}(DG, \mathbf{v}_{ribar}) \end{aligned} \quad (9)$$

Uzimajući specifičnu dužinsku strukturu ulovljenih škampa tijekom eksperimentalnog ribolova, uz podatke o ukupnoj selektivnosti vrše određena je specifična duljina glavopršnjaka škampa DG (LDp_{max}) pri kojoj je vjerojatnost odbacivanja maksimalna (Dp_{max}) (Mytilineou i sur. 2018; 2021b). Također su određeni rasponi duljina (DR_x) pri kojima je vjerojatnost odbacivanja $x\%$ ($x = 5\%, 25\%, 50\%, 75\%$ i 95%). Za određivanje 95-postotnih Efronovih intervala povjerenja svih vjerojatnosti korištena je ranije opisana dvostruka *bootstrap* metoda (Herrmann i sur., 2016).

3.1.5. Predikcija ukupne selekcije škampa u ribolovu vršom za različite veličine mrežnog oka te različite kuteve između dvije stranice oka mrežnog tega

Vjerojatnosti bijega, odbacivanja i zadržavanja škampa dobivene na temelju podataka prikupljenih tijekom eksperimentalnog ribolova na moru specifične su za ispitivane komercijalne vrše korištene u ovom istraživanju. Kako bi odredili navedene vjerojatnosti za različite kombinacije veličine i kuta između susjednih stranica oka mrežnog tega komercijalnih vrša, korišten je prediktivni model CREELSELECT kojeg su razvili Brčić i sur. (2018b). Primjenom CREELSELECT modela moguće je odrediti selektivnosti vrše $r_{vrša} (DG, v_{vrša})$ za različite kombinacije veličina i kuta oka mrežnog tega vrše. Iako je CREELSELECT model već validiran s eksperimentalnim podacima iz Brčić i sur. (2018a), u ovom radu je izvršena dodatna validacija modela i to eksperimentalnim podacima prikupljenim tijekom ovog istraživanja. Cilj je validacije bio ispitati može li prediktivni model može vjerno reproducirati selekcijsku krivulju dobivenu iz eksperimentalnih podataka prikupljenih u svrhu određivanja selektivnosti komercijalne vrše korištene u ovom istraživanju. Obzirom da su ulazni podaci za CREELSELECT model veličina oka (VO) i kut otvora između dvije stranice oka mrežnog tega (K), komercijalnim vršama upotrijebljenim u ovom istraživanju izmjerena je veličina oka mrežnog tega pomoću OMEGA mjerača, a kut između susjednih stranica je izmjeren analizom fotografije mrežnog tega vrše uz pomoć FISHSELECT programskog paketa (Herrmann i sur., 2013). Izmjere su zatim upotrijebljene za određivanje prosječne veličine mrežnog oka ($\overline{VO}$) i prosječnog kuta ($\overline{K}$) između dvije susjedne stranice oka mrežnog tega komercijalnih vrša korištenih u ovom istraživanju. Dobivene prosječne vrijednosti su zatim ubačene u CREELSELECT model (Brčić i sur., 2018b):

$$\begin{aligned} L50 &= \alpha_1 \times \overline{VO} \times \overline{K} + \alpha_2 \times \overline{VO} \times \overline{K}^2 \\ SR &= \beta_1 \times \overline{VO} \times \overline{K} + \beta_2 \times \overline{VO} \times \overline{K}^2 \end{aligned} \quad (10)$$

Koeficijenti α_1 , α_2 , β_1 i β_2 su preuzeti za tablice 1 iz Brčić i sur. (2018b).

Predikcijom dobivena selekcijska krivulja je zatim prikazana zajedno sa eksperimentalno dobivenom krivuljom za komercijalne vrše iz ovog istraživanja kako bi se provjerilo da li se nalazi unutar 95-postotnih intervala povjerenja eksperimentalne krivulje. Ako se ustanovi da se nalazi, možemo zaključiti da je model uspješno validiran na još jednom setu

eksperimentalnih podataka te da se s još većom sigurnošću CREELSELECT model može koristiti za predikciju selektivnosti vrša $r_{vrša}(DG, v_{vrša})$ različitih kombinacija veličine oka (VO) i kuta (K) između susjednih stranica oka.

Ako je izvršena uspješna validacija modela, model će se iskoristiti za predikciju $r_{vrša}(DG, v_{vrša})$ za veličine oka mrežnog tega u rasponu od 30 do 46 mm, u koracima od 2 mm i kutove između susjednih stranica oka od 60° do 90° u koracima od 2°. Dobivene predikcije $r_{vrša}(DG, v_{vrša})$ će se zatim uvrstiti zajedno sa selekcijom ribara $r_{ribar}(DG, v_{ribar})$ (za koju pretpostavljamo da je konstanta) u jednadžbu (13) kako bi se odredila vjerojatnost bijega, odbacivanja i zadržavanja jedinki škampa pojedine duljine glavopršnjaka za gore definirani raspon veličine oka (30 do 46 mm, u koracima od 2 mm) i kuta između dviju susjednih stranica oka mrežnog tega (60° do 90° u koracima od 2°).

Svaka predikcija $r_{vrša}(DG, v_{vrša})$ će se zajedno s dužinskom strukturom škampa ulovljenih u kontrolnoj vrši (za koju se pretpostavlja da predstavlja reprezentativni uzorak populacije koja se nalazi na lovištu gdje je vršeno istraživanje) iskoristiti za određivanje specifične duljine glavopršnjaka škampa DG (LDp_{max}) pri kojoj je vjerojatnost odbacivanja maksimalna (Dp_{max}) (Mytilineou i sur. 2018; 2021b). Vrijednosti LDp_{max} i Dp_{max} će se za svaku kombinaciju VO i K vizualizirati izolinijskim grafom.

3.1.6. Analiza utjecaja veličine oka i kuta između dviju susjednih stranica oka mrežnog tega na eksploatacijski obrazac vrše

Kako bi se ispitao utjecaj različitih kombinacija veličine oka i kuta između dviju susjednih stranica oka mrežnog tega na eksploatacijski obrazac vrše za ribolov škampa, izračunate su vrijednosti sljedećih indikatora (Herrmann i sur. 2021):

$$\begin{aligned} nP- &= 100 \times \frac{\sum_{DG < MCRS\{r_{vrša}(DG, v_{vrša})\} \times nPop_{DG}} \{r_{vrša}(DG, v_{vrša})\} \times nPop_{DG}}{\sum_{DG < MCRS\{r_{vrša}(DG, v_{vrša})\} \times nPop_{DG}} \{r_{vrša}(DG, v_{vrša})\} \times nPop_{DG}} \\ nP+ &= 100 \times \frac{\sum_{DG > MCRS\{r_{vrša}(DG, v_{vrša})\} \times nPop_{DG}} \{r_{vrša}(DG, v_{vrša})\} \times nPop_{DG}}{\sum_{DG > MCRS\{r_{vrša}(DG, v_{vrša})\} \times nPop_{DG}} \{r_{vrša}(DG, v_{vrša})\} \times nPop_{DG}} \\ nDRatio &= 100 \times \frac{\sum_{DG < MCRS\{r_{vrša}(DG, v_{vrša})\} \times nPop_{DG}} \{r_{vrša}(DG, v_{vrša})\} \times nPop_{DG}}{\sum_{DG \{r(DG, DG50, SR)\} \times nPop_{DG}} \{r(DG, DG50, SR)\} \times nPop_{DG}} \end{aligned} \quad (11)$$

Gdje $r_{vrša}(DG, v_{vrša})$ predstavlja selekcijsku krivulju za pojedinu kombinaciju veličine oka mrežnog tega i kuta između susjednih stranica oka dobivenu primjenom CREELSELECT

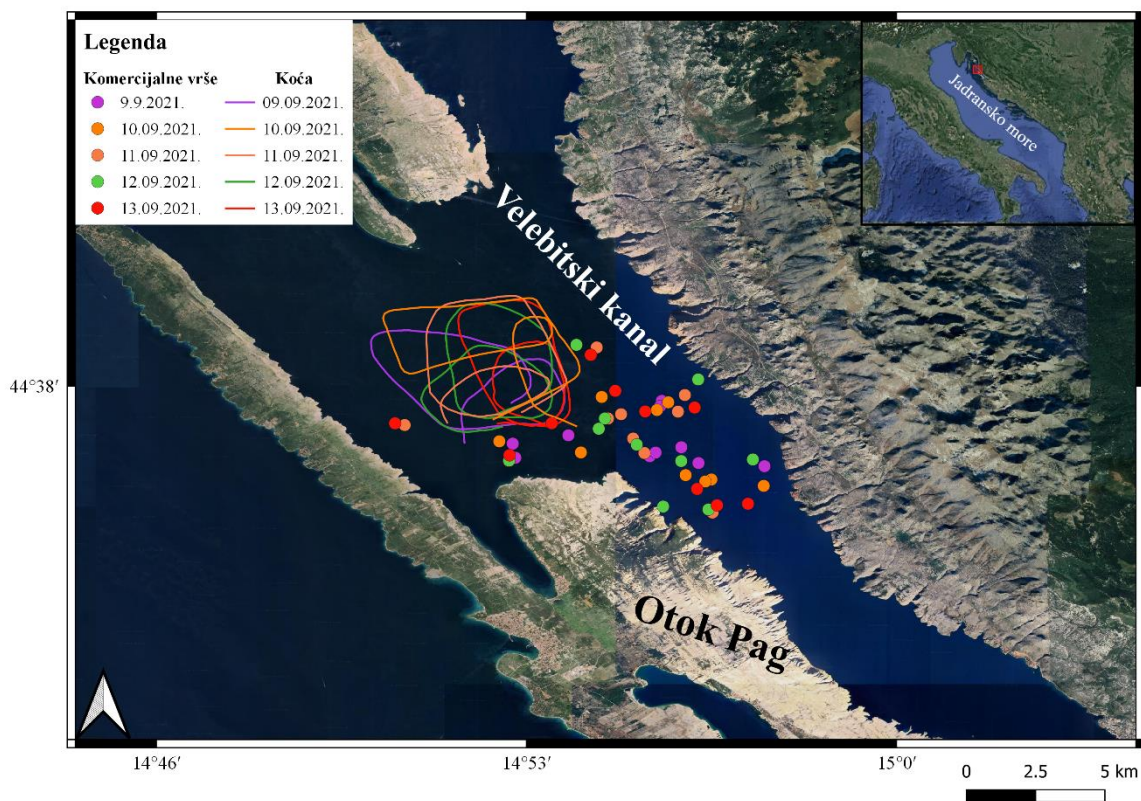
modela (Brčić i sur., 2018b); $nPop_{DG}$ označava strukturu populacije škampa koja se nalazi na području gdje se obavljao eksperimentalni ribolov, a u ovom istraživanju tu populaciju predstavljaju jedinke škampa koje su ulovljene i zadržane u kontrolnoj vrši. Indikator nP - predstavlja udio škampa ulovljenih i zadržanih u komercijalnoj vrši čija je dužina glavopršnjaka ispod MCRS; $nP+$ predstavlja udio škampa ulovljenih i zadržanih u komercijalnoj vrši čija je dužina glavopršnjaka iznad MCRS; $nDRatio$ predstavlja stopu odbacivanja, odnosno udio škampa dužine glavopršnjaka ispod MCRS ulovljenih i zadržanih komercijalnom vršom u ukupnom ulovu vrše.

Prema Uredbi vijeća (Uredba Vijeća (EZ) br. 2019/1241) MCRS za škampa iznosi 20 mm DG, međutim u slučaju da se ustanovi da ribar odbacuje određene jedinke iznad MCRS, odnosno ako se ustanovi da je selekcija ribara ($DG50_{ribar}$) veća od MCRS, u jednadžbi (11) će se umjesto MCRS-a koristiti vrijednost $DG50_{ribar}$ kako bi se odredilo koja kombinacija VO i K rezultira eksploatacijskim obrascem koji najbolje odgovara zahtjevima ribara. Generalno je poželjno da vrijednosti indikatora nP - i $nDRatio$ budu blizu 0 %, a indikatora $nP+$ bude blizu 100 % (Wienbeck i sur., 2014; Sala i sur., 2016; Brčić i sur., 2018c; Kalogirou i sur., 2019; Melli i sur., 2020; Herrmann i sur., 2021). Na ovaj će se način ustanoviti da li je moguće pronaći kombinaciju VO i K koja će poboljšati prvi selekcijskog proces (selektivnost vrše na morskom dnu) do te mjere da neće uopće biti potrebe za drugim selekcijskim procesom (selekcijom ribara).

3.2. Usporedba ribolova škampa vršom i pridnenom povlačnom mrežom koćom

3.2.1. Eksperimentalni ribolov

Za potrebe ovog eksperimenta, ribolov se odvijao u periodu od 9. rujna do 13. rujna 2021. godine, paralelno s dva različita plovila na istom ribolovnom području (Slika 3.2.1). Jednim plovilom (LOA 9,60 m, 59,6 kW) vršio se ribolov pridnenom povlačnom mrežom koćom (Slika 3.2.2.), a drugim (LOA 5,60 m, 22 kW) ribolov komercijalnim vršama za lov škampa (Slika 3.1.2.).



Slika 3.2.1. Mjesto i vrijeme obavljanja ribolova pridnom povlačnom mrežom kočom (linije) i komercijalnim vršama (točke).

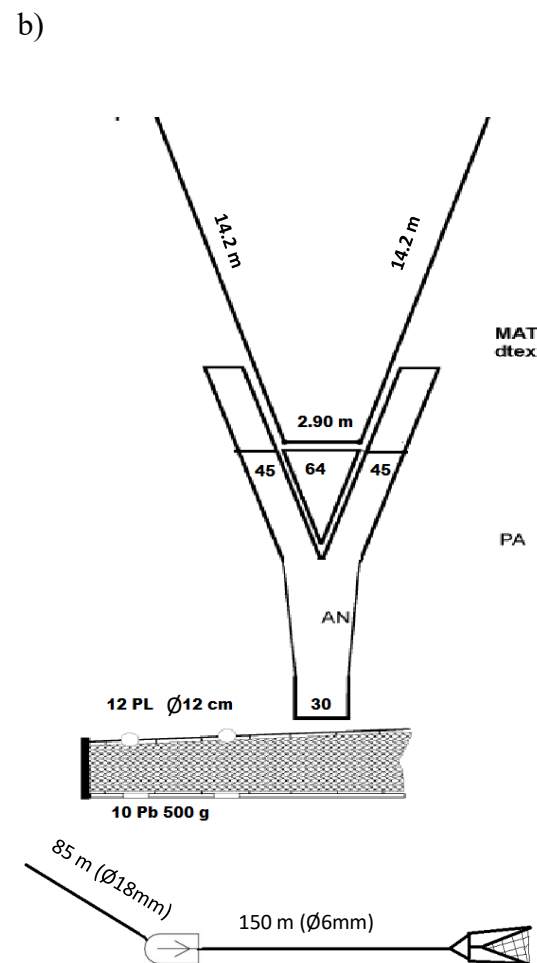
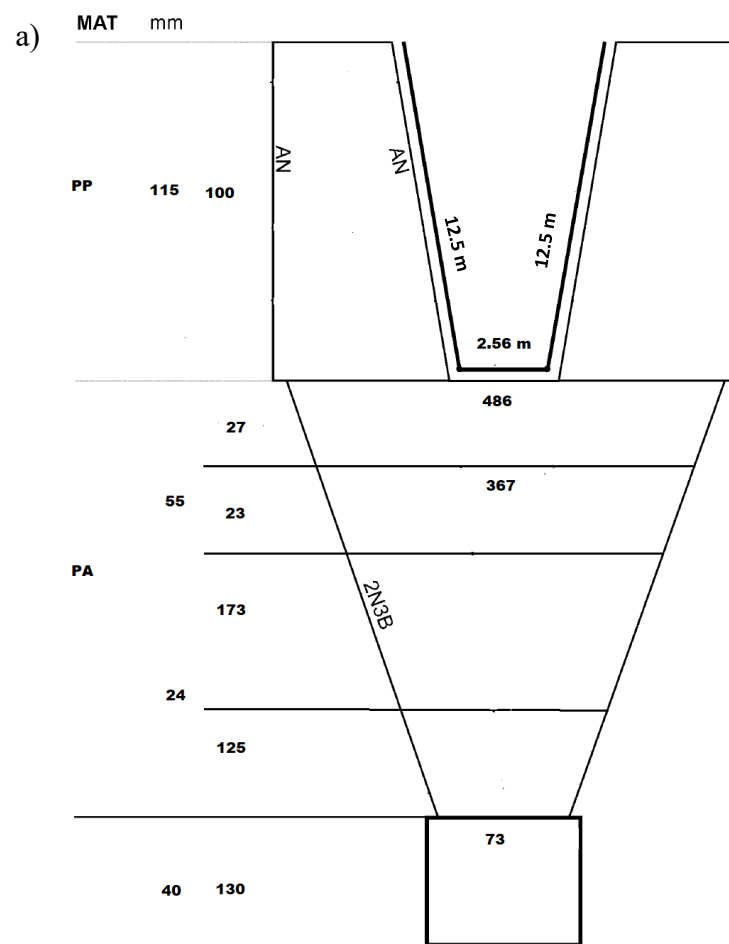


Slika 3.2.2. Ribarsko plovilo s kojim se vršio ribolov pridnom povlačnom mrežom kočom.

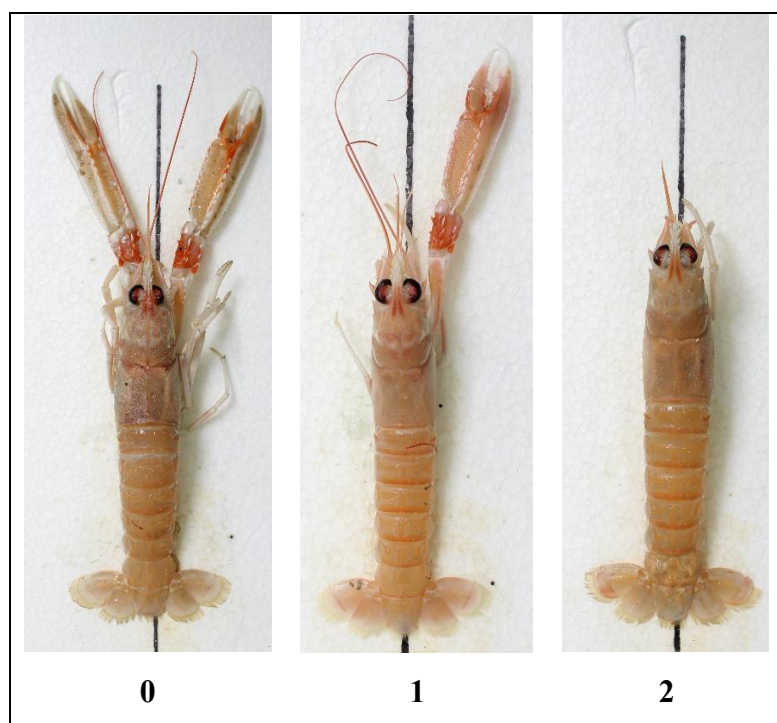
U ovom eksperimentu korišten je kočarski sustav koji se sastojao od povlačne užadi duljine 85 m ($\varnothing$ 18 mm), ovalnih širilica dimenzije 95 x 55 cm, težine 54 kg te strugara duljine 150 m ($\varnothing$ 6 mm) (Slika 3.2.3.b). Korišten je mediteranski tip pridnene povlačne mreže kočice tipa tartana i veličine kvadratnog oka mrežnog tega 40 mm na vreći mreže (prosječna veličina oka mrežnog tega iznosila je $40,06 \pm 0,80$ mm) (Slika 3.2.3.a). Svakog ribolovnog dana napravljen je jedan poteg između 15:00 i 20:00 h, uz brzinu povlačenja od $\sim 1,03$ m/s.

U ribolovu vršama korištene su vrše gotovo identične vršama čija je selektivnost ispitivana u prethodnom eksperimentu (Slika 3.1.3. u poglavlju 3.1.1.), osim što su u ovom eksperimentu bile presvučene mrežnim tegom duljine jedne stranice oka od 20 mm (prosječna veličina otvora oka mrežnog tega iznosila je $41,11 \pm 0,6$ mm te kuta između dvije susjedne stranice oka $82,72 \pm 5,45^\circ$). Komercijalne vrše su polagane i podizane između 5:00 i 15:00 h na uobičajeni način, kao što je opisano u poglavlju 3.1.1.

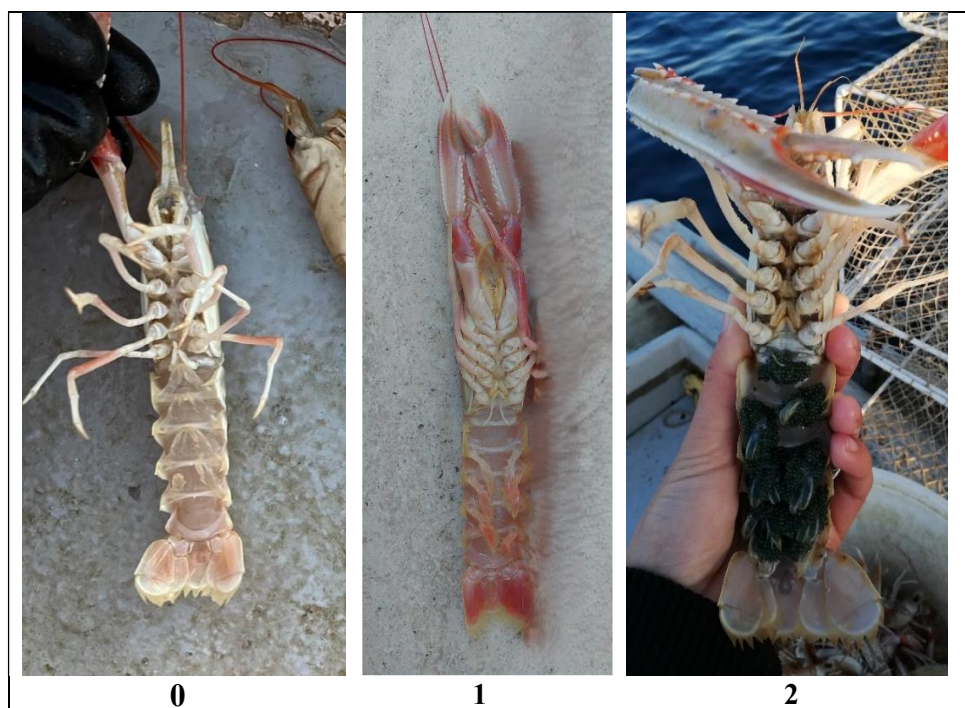
Nakon povratka iz ribolova oba ribara su sortirala ulov u dvije skupine: „zadržani“ i „odbačeni“. Za razliku od prethodnog eksperimenta, ovdje su zadržani ulov činili škampi i druge gospodarski važne vrste veličine iznad MCERS (Uredba Vijeća (EU) 2019/1241), a odbačeni ulov su činili škampi i druge gospodarski značajne vrste veličine ispod MCERS te organizmi koji nemaju gospodarskog značenja. Svim škampima je: izmjerena duljina glavopršnjaka pomičnom mjerkom (Slika 3.1.4.), zabilježen stupanj tjelesnog oštećenja klasificiran u tri kategorije: 0 (bez oštećenja), 1 (nedostaju jedna kliješta) i 2 (nedostaju dva kliješta) (Slika 3.2.4.), determiniran spol te je za svaku ženku zabilježeno nosi li jaja na zatku ili ne (Slika 3.2.5.). Jedinke svih ostalih vrsta u ulovu su izbrojane te sortirane u dvije kategorije: „zadržani“ ili „odbačeni ulov“.



Slika 3.2.3. Shematski prikaz pridnene povlačne mreže koće tipa tartana korištene tijekom istraživanja.



Slika 3.2.4. Vizualni pregled škampa u svrhu određivanja stupnja oštećenja: 0- bez oštećenja, 1- nedostaju jedna kliješta, 2- nedostaju dva kliješta.



Slika 3.2.5. Vizualni pregled ventralne strane škampa u svrhu determinacije spola te provjere prisutnosti jaja na zatku ženke: 0-mužjak , 1-ženka bez jaja na zatku , 2- ženka s jajima na zatku.

3.2.2. Usporedba sastava ulova vrše i pridnene povlačne mreže koč

Kako bi se usporedio sastav ulova vrše i pridnene povlačne mreže koč, odvojeno za svaki alat, određen je udio jedinki svake pojedine vrste u ukupnom broju jedinki svih vrsta (dominantnost) u zadržanom, odbačenom i ukupnom ulovu (Herrmann i sur., 2022; Patetta i sur., 2022; Cerbule i sur., 2022b, Cerbule i sur., 2023):

$$dn_i = \sum_{j=1}^h \left(\frac{n_{ij}}{\sum_{i=1}^S n_{ij}} \right) \quad (12)$$

Svakoj vrsti koja je ulovljena za vrijeme eksperimentalnog ribolova dodijeljen je jedinstveni identifikacijski broj i , a h označava ukupan broj ribolovnih dana; n_{ij} predstavlja broj jedinki vrste i u ulovu ribolovnog dana j , a S predstavlja ukupan broj zabilježenih vrsta.

Rezultati ove analize su iskorišteni za kreiranje kumulativnih krivulja dominantnosti koje nam pokazuju raspodjelu relativne dominacije svake vrste u zadržanom, odbačenom i ukupnom ulovu vrše i pridnene povlačne mreže koč (Herrmann i sur. 2022; Cerbule i sur. 2022b; Patetta i sur. 2022, Cerbule i sur., 2023):

$$Dn_I = \sum_{j=1}^h \left(\frac{\sum_{i=1}^I n_{ij}}{\sum_{i=1}^S n_{ij}} \right) \quad (13)$$

pri čemu vrijedi $1 \leq I \leq S$; jedinke vrsta se zbrajaju do identifikacijskog broja I , a zatim izražavaju kao udio u ukupnom broju jedinki svih vrsta u ulovu ribolovnog dana j (Patetta i sur., 2022; Herrmann i sur., 2022). Efronovi 95-postotni intervali povjerenja kumulativnih krivulja dominantnosti dobiveni su primjenom dvostruke *bootstrap* metode opisane u Herrmann i sur. (2022).

3.2.3. Analiza učinkovitosti ulova škampa vršom u odnosu na pridnenu povlačnu mrežu koč

S obzirom da se način ribolova škampa vršama i pridnenom povlačnom mrežom kočom bitno razlikuje, ulov jednog ribolovnog dana se koristio kao osnovna jedinica za analizu i

usporedbu. Usporedba ulova škampa komercijalne vrše i pridnene povlačne mreže koće odredila se minimalizacijom sljedećeg izraza (Herrmann i sur., 2017):

$$-\sum_{DG} \left\{ \sum_{i=1}^{dC} \{nC_{DG_i} \times \ln(cc(DG, \mathbf{v}))\} + \sum_{j=1}^{dT} \left\{ \frac{nT_{DG_j}}{qT_j} \times \ln(1.0 - cc(DG, \mathbf{v})) \right\} \right\} \quad (14)$$

gdje $\mathbf{v}$ predstavlja vektor parametara krivulje $cc(DG, \mathbf{v})$; DG duljina glavopršnjaka škampa; nC_{DG_j} broj jedinki škampa duljine glavopršnjaka DG ulovljenih vršom i -tog ribolovnog dana; nT_{DG_i} broj jedinki škampa duljine glavopršnjaka DG ulovljenih pridnenom povlačnom mrežom koćom j -tog ribolovnog dana; dC predstavlja ukupni broj ribolovnih dana vršom; dT predstavlja ukupni broj ribolovnih dana pridnenom povlačnom mrežom koćom.

Budući da je trajanje potega pridnene povlačne mreže koće variralo tijekom različitih ribolovnih dana, nT_{li} je standardiziran koeficijentom qT_j koji je dobiven na način da je vrijeme trajanja svakog potega pridnenom povlačnom mrežom koćom podijeljeno sa najdužim vremenom trajanja potega zabilježenim tijekom eksperimentalnog ribolova.

Udio ulova komercijalnom vršom u ukupnom ulovu vrše i koće, gdje DG označava duljinu glavopršnjaka škampa određen je prema Herrmann i sur. (2017) kao:

$$cc_{DG} = \frac{\sum_{i=1}^{dC} nC_{DG_i}}{\sum_{i=1}^{dC} nC_{DG_i} + \sum_{j=1}^{dT} \frac{nT_{DG_j}}{qT_j}} \quad (15)$$

Prema (15), ako je ulov vrše i koće jednak, vrijednost cc_{DG} iznosi 0,5. Prema Herrmann i sur. (2007), cc_{DG} se zatim modelira funkcijom $cc(DG, \mathbf{v})$ sljedećeg oblika:

$$cc(DG, \mathbf{v}) = \frac{\exp(f(DG, v_0, \dots, v_k))}{1 + \exp(f(DG, v_0, \dots, v_k))} \quad (16)$$

gdje je f polinom 4-tog reda s koeficijentima v_0, v_1, v_2, v_3 i v_4 , koji se određuju minimalizacijom izraza (14). Nakon što se odrede svi koeficijenti, izostavljanjem jednog ili više koeficijenata iz (16) dobije se 31 dodatni model koji su također razmatra kao potencijalni modeli za $cc(DG, \mathbf{v})$. Tradicionalno se kao finalni model uzima model koji ima najmanju vrijednost AICc-a (Akaike, 1974), međutim u ovom slučaju se za predikciju $cc(DG, \mathbf{v})$ koristila tehnika multi modelne inferencije koja uzima u obzir sve potencijalne modele (Burnham i Anderson, 2002; Herrmann i sur., 2017). Kakvoća prilagodbe kombiniranog modela eksperimentalnim podacima

procijenjena je na temelju p -vrijednosti i omjera varijance i stupnjeva slobode. Smatra se da model dobro opisuje eksperimentalne podatke ako je p -vrijednost $> 0,05$ i ako devijanca/DOF nije puno veća od $1,0$ (Lomeli i sur., 2021). U svrhu određivanja 95 % Efronovih intervala povjerenja (Efron, 1982) kombiniranog modela upotrijebljena je dvostruka *bootstrap* metoda (Herrmann i sur., 2017; Brčić i sur., 2017).

Obzirom da nam dobiveni $cc(DG, v)$ ne daje direktnu usporedbu efikasnosti ulova vrše i pridnene povlačne mreže kočice, za svaku jedinku škampa duljine glavopršnjaka DG određen je prosječni omjer ulova $cr(DG, v)$ koristeći se slijedećom jednadžbom (Herrmann i sur., 2017):

$$cr(DG, v) = \frac{dC \times cc(DG, v)}{dT \times (1 - cc(DG, v))} \quad (19)$$

Vrijednost $cr(DG, v) = 1,0$ bi značila da je efikasnost ulova škampa s ta dva alata jednaka, a primjerice $cr(DG, v) = 2$ bi značio da vrša lovi 100 % više škampa duljine glavopršnjaka DG u odnosu na kočicu. Kao i u prethodnoj analizi, dvostrukom *bootstrap* metodom određeni su 95-postotni Efronovi intervali povjerenja (Efron, 1982) krivulje (Herrmann i sur., 2017).

Uzimajući u obzir specifičnu dužinsku distribuciju škampa ulovljenog tijekom eksperimentalnog ribolova te znajući da ribari preferiraju efikasnost ulova izračunatu na temelju biomase, a ne broju škampa u ulovu, uz gore navedenu analizu također je izračunata i prosječna efikasnost ulova škampa za specifični broj vrša ($N_{vrša}$) i maksimalnu duljinu trajanja potega kočicom (T_{max}) zabilježenu tijekom eksperimentalnog ribolova:

$$BR_{Nvrša, T_{max}} = \frac{dT \times \sum_{DG > MCRS} \sum_{i=1}^{dC} \{n_{C_{DG_i}} \times a \times DG^b\}}{dC \times \sum_{DG > MCRS} \sum_{j=1}^{dT} \{n_{T_{DG_j}} \times a \times DG^b\}} \quad (20)$$

Gdje su a i b konstante specifične za dužinsko-maseni odnos škampa u Jadranu (Mašanović i sur., 2025). Identično kao i u prethodnim analizama, 95-postotni Efronovi intervali povjerenja (Efron, 1982) za $BR_{Nvrša, T_{max}}$ određeni su dvostrukom *bootstrap* metodom (Herrmann i sur., 2017). Uz pomoć (20) moguće je odrediti koliko je ukupno sati potrebno povlačiti pridnenu povlačnu mrežu kočicu identičnu onoj korištenom u ovom istraživanju, na identičnom ribolovnom području gdje je obavljan eksperimentalni ribolov, za postizanje ekvivalentne biomase ulova škampa određenog broja vrša na lovištu.

3.2.4. Analiza vjerojatnosti ulova škampa s različitim stupnjem oštećenja u ukupnom ulovu vrše i pridnene povlačne mreže koće

S obzirom da je svakom ulovljenom škampu zabilježen stupanj tjelesnog oštećenja klasificiran u tri kategorije: 0 (bez oštećenja), 1 (nedostaju jedna kliješta) i 2 (nedostaju dva kliješta) (Slika 3.2.4.), određena je vjerojatnost ulova škampa stupnja tjelesnog oštećenja s u ukupnom ulovu vršom ($Pvrša_s$) i kočom ($Pkoća_s$) prema metodologiji opisanoj u Brinkof i sur. (2021) te Cerbule i sur. (2023):

$$Pvrša_s = \frac{\sum_{j=1}^{dC} \sum_{i=1}^{eC_j} \text{jednako}(s, kC_{ij})}{\sum_{j=1}^{dC} eC_j}$$

$$Pkoća_s = \frac{\sum_{j=1}^{dT} \sum_{i=1}^{eT_j} \text{jednako}(s, kT_{ij})}{\sum_{j=1}^{dT} eT_j} \quad (21)$$

gdje je:

$$\text{jednako}(s, k) = \begin{cases} 1 & \forall k = s \\ 0 & \forall k \neq s \end{cases}$$

gdje eC_j predstavlja ukupni broj škampa ulovljenih vršom kojima je identificiran jedan od tri stupnja tjelesnog oštećenja j -tog ribolovnog dana; eT_j predstavlja ukupni broj škampa ulovljenih pridnenom povlačnom mrežom kočom kojima je identificiran jedan od tri stupnja tjelesnog oštećenja j -tog ribolovnog dana; kC_{ij} predstavlja stupanj oštećenja koji je identificiran na škampu i j -tog ribolovnog dana vršama; kT_{ij} predstavlja stupanj oštećenja koji je identificiran na škampu i j -tog ribolovnog dana pridnenom povlačnom mrežom kočom. Za dobivene vrijednosti vjerojatnosti $Pvrša_s$ i $Pkoća_s$ izračunati su 95-postotni intervali povjerenja (Efron, 1982) dvostrukom *bootstrap* metodom (Brinkof i sur., 2018; Tveit i sur., 2019).

Jednom kad se odrede $Pvrša_s$ i $Pkoća_s$, moguće je odrediti kako bi se prijelaz ribara s koće na vršu odrazio na promjenu vjerojatnosti ulova škampa tjelesnog oštećenja s ($\Delta\%_s$):

$$\Delta\%_s = 100 \times \frac{Pvrša_s - Pkoća_s}{Pkoća_s} \quad (22)$$

Efronovi 95-postotni intervali povjerenj za $\Delta\%_s$ dobiveni su na temelju *bootstrap* populacije rezultata izračunate neovisno za vjerojatnost ulova škampa sa stupnjem tjelesnog oštećenja s za svaki ribolovni alat ($Pvrša_s$ i $Pkoća_s$) kao:

$$\Delta\%_{sm} = 100 \times \frac{Pvrša_{sm} - Pkoća_{sm}}{Pkoća_{sm}} \quad m \in [1 \dots 1000] \quad (23)$$

gdje m označava indeks *bootstrap* iteracije. Ako dobiveni 95-postotni intervali povjerenja sadrže vrijednost 0,0, smatra se da prelazak ribara s koće na vršu nema statistički značajan utjecaj na vjerojatnost ulova škampa tjelesnog oštećenja s .

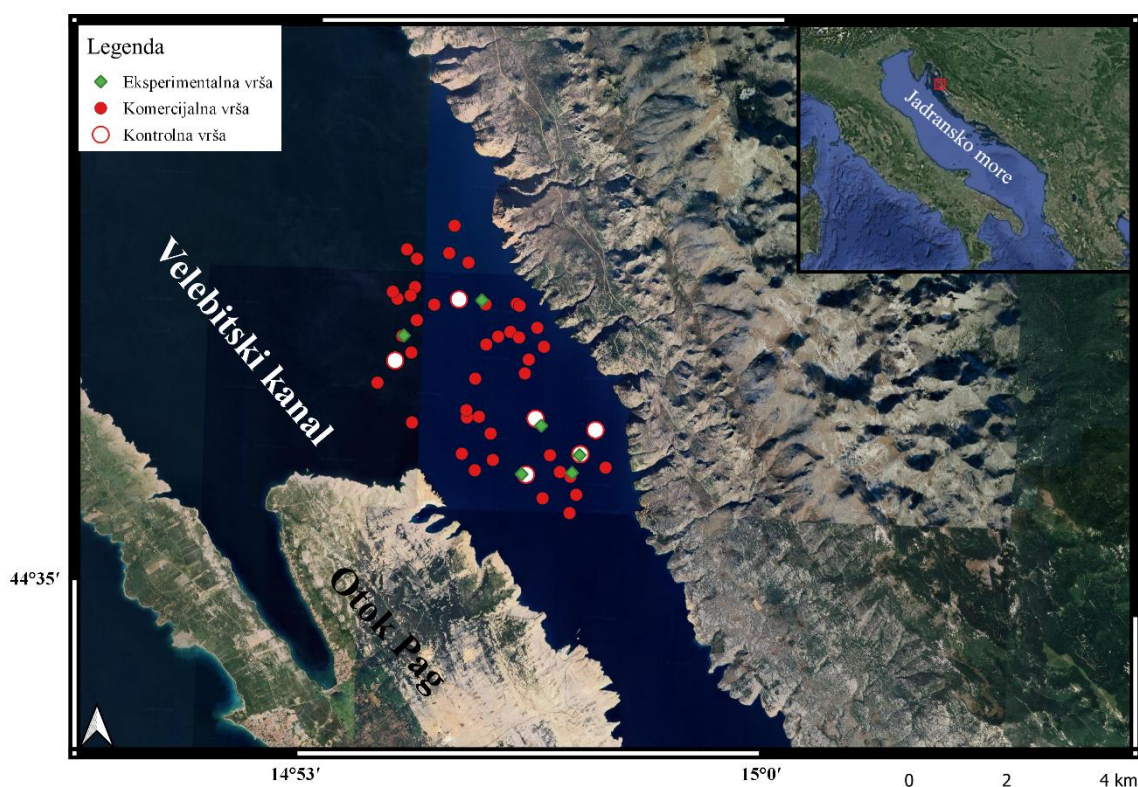
3.2.5. Analiza vjerojatnosti ulova mužjaka, ženki bez jaja na zatku te ženki s jajima na zatku u ukupnom ulovu vrše i pridnene povlačne mreže koće

Svakom ulovljenom škampu determiniran je spol te je svakoj ženki škampa identificirano da li nosi vanjska jaja na zatku ili ne. Tako je svaki škamp klasificiran u jednu od tri kategorija: 0 (mužjak), 1 (ženka bez jaja na zatku) i 2 (ženka s jajima na zatku) (Slika 3.2.5.). Slijedeći metodologiju opisanu u prethodnom poglavlju 3.2.4, odredila se vjerojatnost ulova škampa svake od navedenih kategorija u ukupnom ulovu vrše i pridnene povlačne mreže koće te je ustanovljeno kako bi se potencijalni prijelaz ribara s koće na vršu odrazio na promjenu vjerojatnosti ulova škampa svake od navedenih kategorija.

3.3. Usporedba učinkovitosti ulova i selektivnosti eksperimentalne vrše sa šest vršnjaka i standardne komercijalne vrše s dva vršnjaka

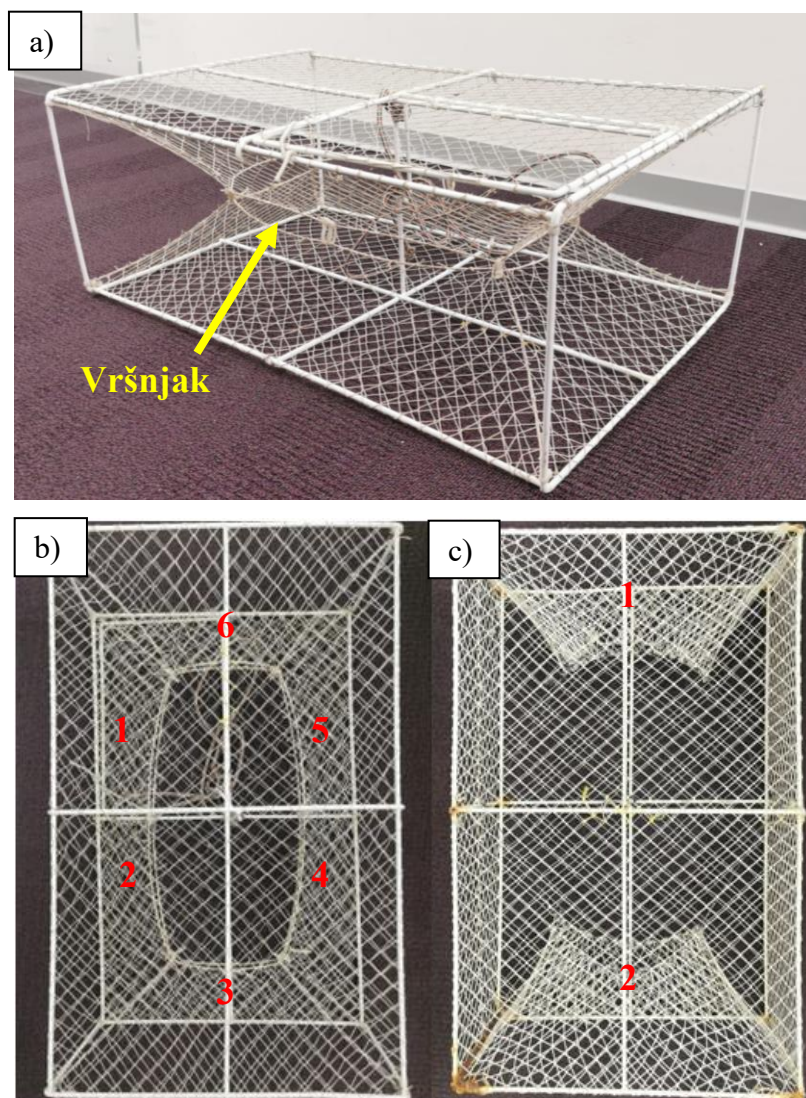
3.3.1. Eksperimentalni ribolov

Eksperimentalni ribolov obavljao se u ribolovnoj zoni E (podzona E3) na području Velebitskog kanala u periodu od 8. travnja do 5. lipnja 2021. godine (Slika 3.3.4.). Uzorkovanje je obavljano na plovilu za gospodarski ribolov na moru (LOA 5,60 m, 22 kW) u vlasništvu profesionalnog ribara (3.1.2.).



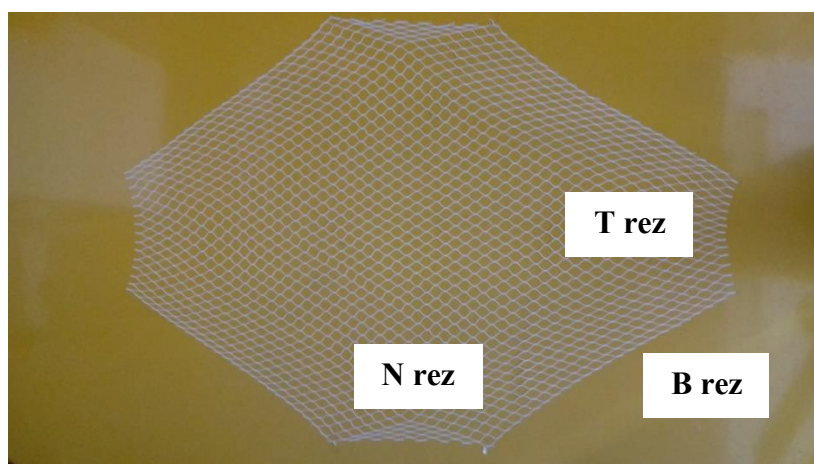
Slika 3.3.1. Mjesto obavljanja eksperimentalnog ribolova škampa eksperimentalnim (zelene točkice), standardnim komercijalnim (crvene točkice) i kontrolnim vršama (bijele točkice).

Tijekom ribolova uspoređena je učinkovitost ulova i selektivnosti eksperimentalne vrše sa šest vršnjaka i standardne komercijalne vrše s dva vršnjaka. Stoga je ribar, osim komercijalnih i eksperimentalnih vrša polagao i kontrolne vrše koje su nužne kod ispitivanja selektivnosti (detaljni opis metodologije se nalazi u poglavlju 3.1.2.). Eksperimentalna vrša upotrijebljena u eksperimentu bila je istog oblika i veličine kao komercijalna vrša (Slika 3.3.2.c), osim što je umjesto standardna dva ulaza (vršnjaka) imala šest vršnjaka (Slika 3.3.2 a i b). Duljina jedne stranice oka mrežnog tega na eksperimentalnim i komercijalnim vršama iznosila je 20 mm (prosječna veličina otvora oka mrežnog tega iznosila je $41,11 \pm 0,80$ mm a prosječni kut između dvije susjedne stranice oka iznosio je $82,72 \pm 5,45^\circ$).



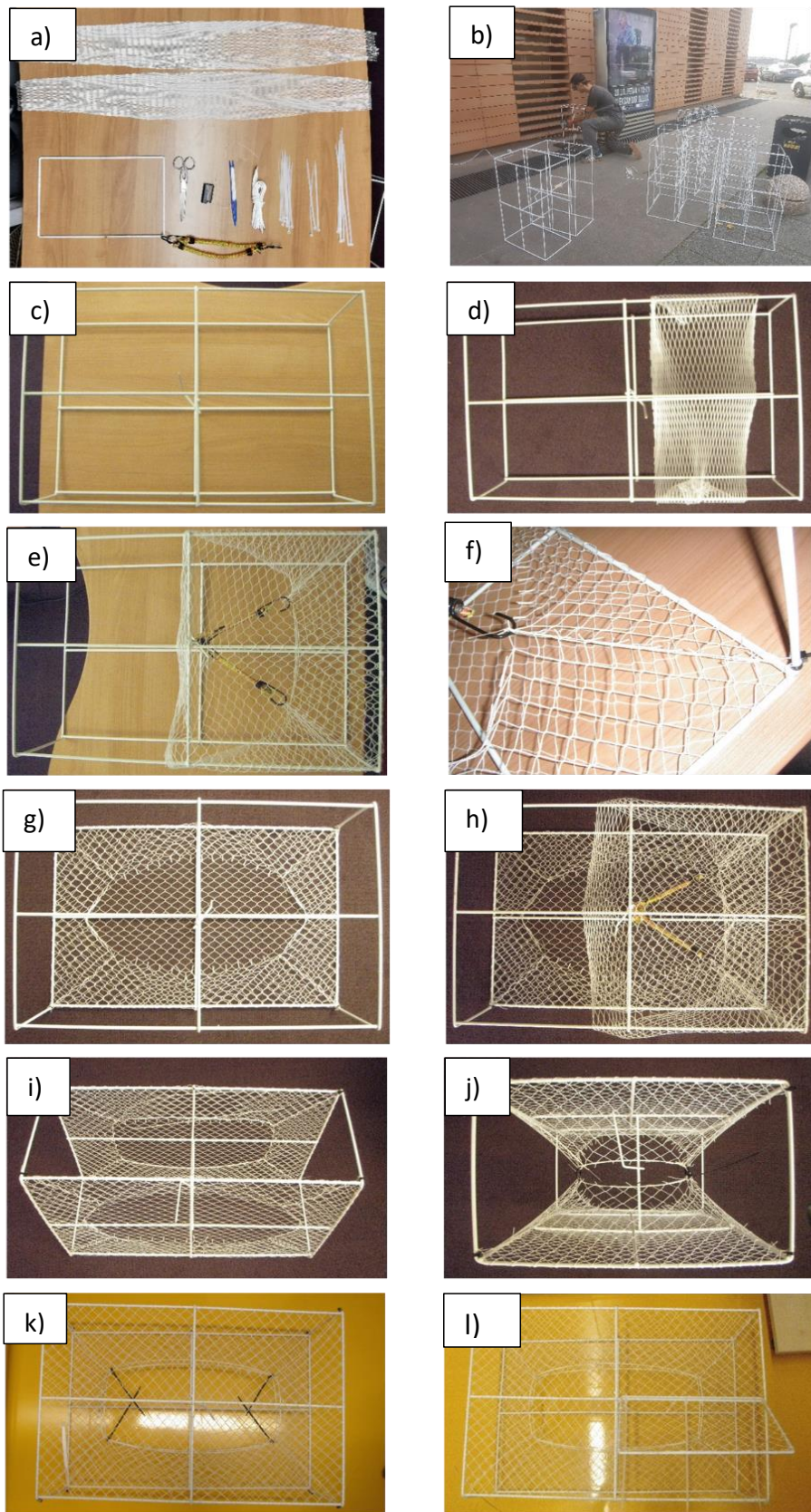
Slika 3.3.2. Eksperimentalna vrša sa šest ulaza (vršnjaka) (a i b) i komercijalna vrša sa dva ulaza (c)).

Za izradu eksperimentalnih vrša modificiran je željezni okvir kakav se inače koristi u ribolovu škampa vršom tako da je s bočnih strana okvira uklonjen po jedan željezni profil kako bi elemente mrežnog tega s gornje i donje strane okvira bilo moguće rastegnuti i spojiti te tako dobiti dodatna četiri vršnjaka (Slika 3.3.4. a, b, c, d). Način izrade gornjeg i donjeg mrežnog elementa razapetog na okvir eksperimentalne vrše podrazumijevao je primjenu uzdužnog (T), okomitog (N) i kosog reza (B) (Slika 3.3.3.). Od mrežnog tega su izrezana dva pravokutna mrežna elementa primjenom uzdužnog i okomitog reza (27 x 36 mrežnih oka). Nakon toga su se kosim rezom odrezali uglovi mrežnog elementa (19 mrežnih oka) te je dobiven mrežni element na slici 3.3.3.



Slika 3.3.3. Mrežni element dobiven korištenjem T, N i B reza.

Ovako iskrojen mrežni element se razapeo preko gornje i donje strane okvira vrše na način da se koso izrezana strana mrežnog elementa točno na pola rastegnula preko kuta okvira vrše (Slika 3.3.4. d, e) te su mrežna oka spojena, odnosno zašivena ribarskim koncem (Slika 3.3.4.f). Kroz rubna oka donjeg i gornjeg mrežnog elementa provučeno je obrubno uže. Plastičnim vezicama je na šest mjesta povezana obrubna užad gornjeg i donjeg elementa te su tako formirana šest vršnjaka (Slika 3.3.4.j). Spomenute vezice, osim što formiraju vršnjake, drže i mrežni teg nategnutim na način da oka poprime kvadratni oblik. S gornje strane vrše su ugrađena vrata pravokutnog oblika tako što su pričvršćena za željezni profil vrše s tri plastične vezice (Slika 3.3.4.l). Vrata omogućavaju lakše vađenje ulova iz vrše, a kako se ne bi otvarala za vrijeme ribolova, pričvršćena su rastezljivom gumom na kutu okvira vrše. Cijeli postupak izrade eksperimentalne vrše prikazan je na slici 3.3.4.



Slika 3.3.4. Postupak izrade eksperimentalne vrše.

Kao i u prethodnim eksperimentima, svim jedinkama škampa iz ulova komercijalnih, eksperimentalnih i kontrolnih vrša pomičnom je mjerkom izmjerena duljina glavopršnjaka (Slika 3.1.4).

3.3.2. Analiza učinkovitosti ulova škampa eksperimentalnom vršom sa šest vršnjaka u odnosu na komercijalnu vršu s dva vršnjaka

Analiza učinkovitosti ulova škampa eksperimentalnom vršom u odnosu na komercijalnu vršu izvršena je korištenjem metodologije opisane u poglavlju 3.2.3, osim što se u ovo slučaju, umjesto jednog ribolovnog dana, ulov jednog parangala smatrao kao jedna ulovna jedinica u analizi. Iz tog razloga je izraz (14) bilo potrebno modificirati u:

$$- \sum_{DG} \{ \sum_{i=1}^{ne} nE_{DG_i} \times \ln(1.0 - cc(DG, v)) + \sum_{j=1}^{nk} nK_{DG_j} \times \ln(cc(DG, v)) \} \quad (24)$$

gdje DG predstavlja duljinu glavopršnjaka; nE_{DG_i} predstavlja broj škampa duljine DG ulovljenih u i -tom parangalu eksperimentalnih vrša; nK_{DG_j} predstavlja broj škampa duljine DG ulovljenih u j -tom parangalu komercijalnih vrša; ne predstavlja ukupni broj upotrijebljenih parangala na kojima su se nalazile eksperimentalne vrše; nk predstavlja ukupni broj upotrebljavanih parangala na kojima su se nalazile komercijalne vrše.

Udio ulova škampa u eksperimentalnoj vrši u ukupnom ulovu (eksperimentalna + komercijalna), je kao i u poglavlju 3.2.3 određen kao:

$$cc_{DG} = \frac{\sum_{i=1}^{ne} nE_{li}}{\sum_{j=1}^{nk} nK_{lj} + \sum_{i=1}^{ne} nE_{li}} \quad (25)$$

U slučaju da je $ne=nk$ u (25), očekivani cc_{DG} bi iznosio 0,5, međutim obzirom da se u ovom eksperimentu nije istovremeno lovilo s jednakim brojem parangala s eksperimentalnim i komercijalnih vršama, usporedba efikasnosti ulova eksperimentalnih i komercijalnih vrša se odredila prema tome da li je cc_{DG} veći, manji ili jednak od $ne/(ne+nk)$ (Herrmann i sur., 2017). Metodologija određivanja $cc(DG, v)$ i $cr(DG, v)$ te procjena sposobnosti kombiniranog modela da opiše eksperimentalne podatke identična je onoj opisanoj u poglavlju 3.2.3.

Uzimajući u obzir specifičnu strukturu populacije škampa iznad MCRS-a koja se lovila tijekom istraživanja, izračunat je i prosječni omjer ulova eksperimentalnih vrša u odnosu na komercijalne vrše (Herrmann i sur., 2023):

$$cr_{avr+} = 100 \times \frac{\frac{1}{n_e} \sum_{DG \geq MCRS} \sum_{i=1}^{n_e} n_{E_{DG_i}}}{\frac{1}{n_k} \sum_{DG \geq MCRS} \sum_{j=1}^{n_k} n_{K_{DG_j}}} \quad (26)$$

I u ovom slučaju su dvostrukom *bootstrap* metodom određeni 95- postotni Efronovi intervali povjerenja (Efron, 1982).

Prema Uredbi vijeća (Uredba Vijeća (EZ) br. 2019/1241) MCRS za škampa iznosi 20 mm DG, međutim u slučaju da se u prvom eksperimentu ustanovi da je selekcija ribara ($DG50_{ribar}$) veća od MCRS, u jednadžbi (26) će se u obzir uzeti škampi $\geq DG50_{ribar}$. Na ovaj način će se ustanoviti koliko je u prosjeku eksperimentalna vrša efikasnija u izlovu škampa željene veličine u odnosu na standardnu komercijalnu vršu.

3.3.3. Analiza selektivnosti eksperimentalne vrše sa šest vršnjaka i komercijalne vrše sa dva vršnjaka

Selektivnost eksperimentalne i komercijalne vrše određena je na način opisan u poglavlju 3.1.2. Kako bi utvrdili postoji li razlika u selektivnosti između eksperimentalnih i komercijalnih vrša korištena je delta metoda za utvrđivanje razlika u vjerojatnosti ulova i zadržavanja škampa određene duljine glavopršnjaka na način kako je opisano u poglavlju 3.1.2.

3.4. Softver korišten u analizi podataka

Za potrebe mjerenja kuta između susjednih stranica oka mrežnog tega vrša korišten je FISHSELECT programski paket (Herrmann i sur., 2013). Svi podaci prikupljeni tijekom eksperimentalnog ribolova uneseni su u MS Office Excel bazu podataka. Manipulacija, formatiranje i vizualizacija podataka napravljena je pomoću R programskog jezika (R Core Team, 2024). Modeliranje selektivnosti, usporedba efikasnosti ulova škampa različitim alatima, usporedba vjerojatnosti ulova škampa s različitim stupom oštećenja te usporedba vjerojatnosti

ulova mužjaka, ženki bez i s jajima na zatku između različitih alata napravljena je uz pomoć SELNET softvera (Herrmann i sur., 2013). Karte su izrađene pomoću QGIS softvera verzije 3.4.6., uz korištenje podloge Google Satellite 2024 (Koordinatni referentni sustav EPSG:3857-WGS 84).

4. REZULTATI

4.1. Selekcija škampa u ribolovu vršom

4.1.1. Prvi selekcijski proces

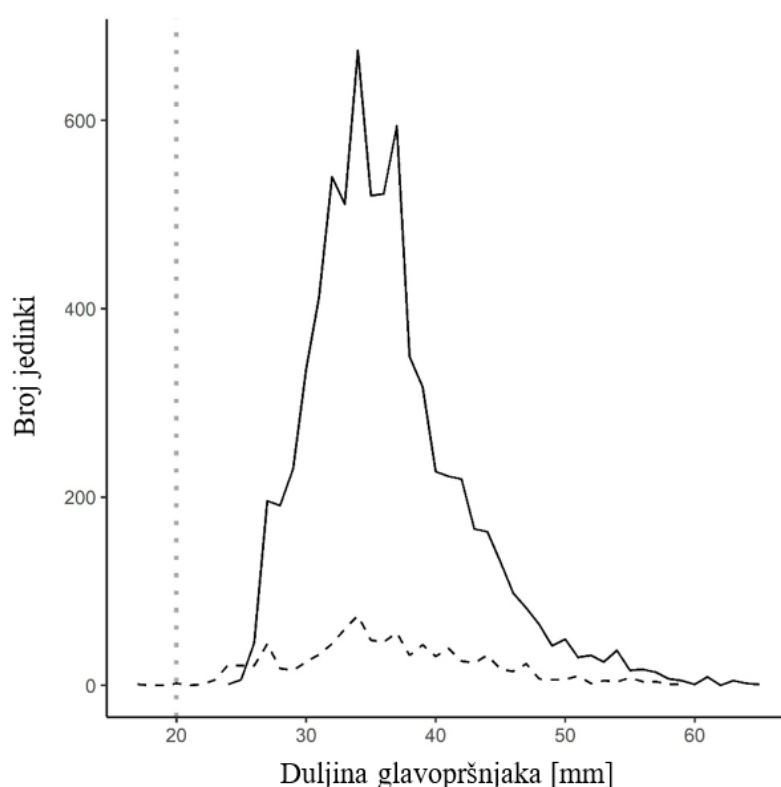
Eksperimentalni ribolov s ciljem određivanja selektivnosti vrše za vrijeme dok nepomično leži na morskom dnu (prvi selekcijski proces), obavljao se ukupno 17 dana te je analiziran ulov iz 126 komercijalnih i 15 kontrolnih parangala (Tablica 1). Prosječna dubina na području gdje se obavljao ribolov iznosila je 77 ± 6.98 m. Ukupno je ulovljeno 7306 jedinki škampa. Duljina glavopršnjaka ulovljenih škampa komercijalnim parangalima kretala se od 24 mm do 65 mm, a kontrolnim parangalima od 17 mm do 59 mm. Dužinska distribucija lovljenih primjeraka škampa komercijalnim i kontrolnim parangalima prikazana je na slici 4.1.1.

Tablica 1. Ukupan broj škampa (N) ulovljenih komercijalnim i kontrolnim vršama svakog ribolovnog dana.

Datum	Tip vrše	Broj vrša	Broj parangala	Vrijeme ribolova (u danima)	N
05/04/2019	komercijalna	266	8	2	418
	kontrolna	30	1	2	35
06/04/2019	komercijalna	266	8	1	402
	kontrolna	30	1	1	35
17/04/2019	komercijalna	266	8	1	402
18/04/2019	komercijalna	266	8	1	440

	kontrolna	30	1	1	54
20/04/2019	komercijalna	266	8	2	470
	kontrolna	30	1	2	49
30/04/2019	komercijalna	137	4	2	221
	kontrolna	29	1	2	36
01/05/2019	komercijalna	137	4	1	207
	komercijalna	129	4	3	187
	kontrolna	29	1	1	43
02/05/2019	komercijalna	266	8	1	428
	kontrolna	27	1	1	48
04/06/2019	komercijalna	266	8	1	389
	kontrolna	29	1	1	53
05/06/2019	komercijalna	96	3	1	130
07/06/2019	komercijalna	64	2	2	75
	komercijalna	169	5	3	268
	kontrolna	29	1	3	48
08/06/2019	komercijalna	266	8	1	397
	kontrolna	29	1	1	55
12/06/2019	komercijalna	266	8	4	428
	kontrolna	29	1	4	63
14/06/2019	komercijalna	266	8	2	434
	kontrolna	29	1	2	45
19/06/2019	komercijalna	266	8	4	434
	kontrolna	29	1	4	43

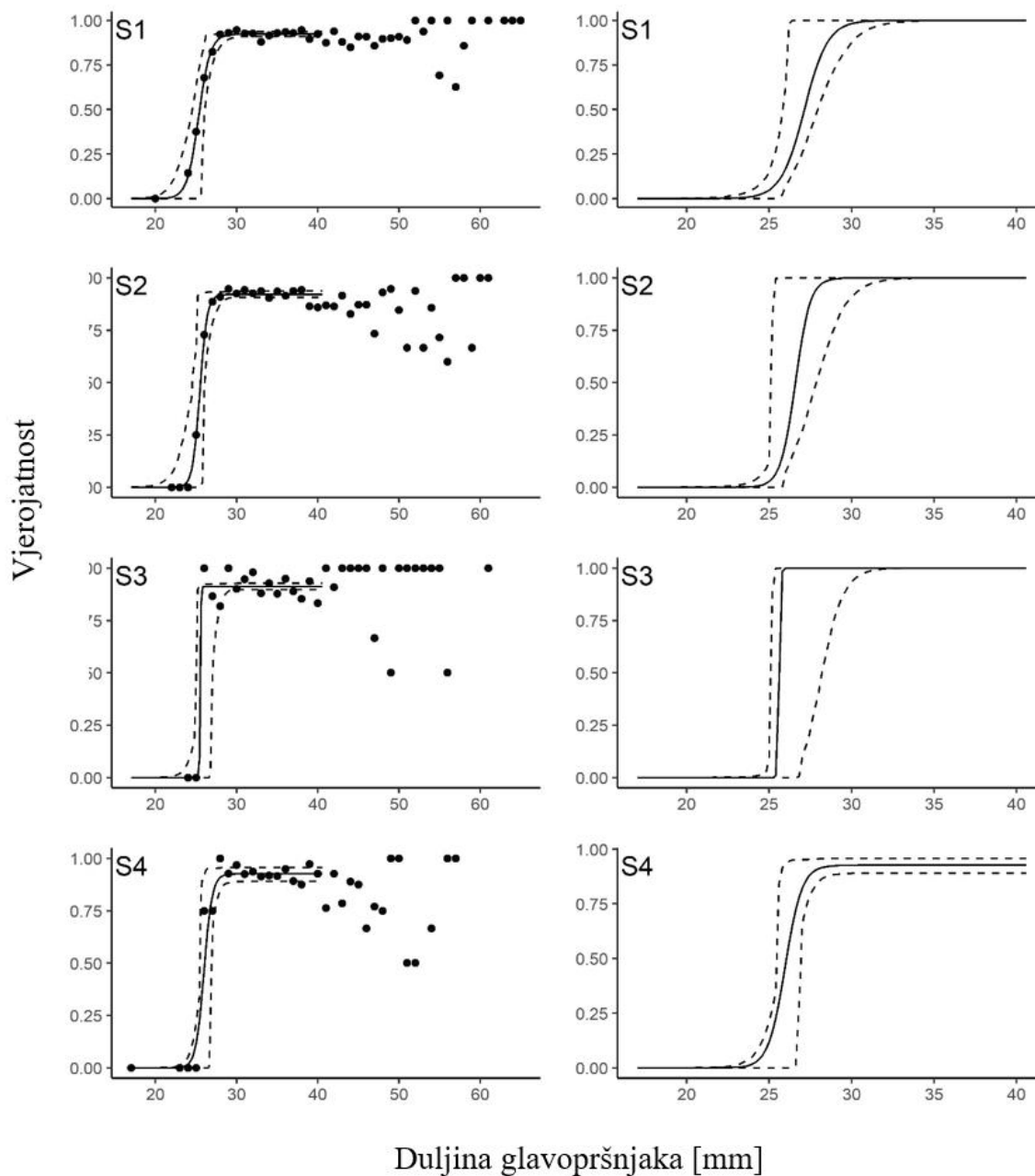
21/06/2019	komercijalna	266	8	2	396
	kontrolna	29	1	2	55
04/07/2019	komercijalna	266	8	2	468
	kontrolna	29	1	2	50



Slika 4.1.1. Dužinska distribucija škampa ulovljenih komercijalnim (puna linija) i kontrolnim vršama (isprekidana linija). Okomita isprekidana siva linija predstavlja minimalnu referentnu veličinu očuvanja za škampa (MCRS = 20 mm DG).

Za opisivanje selektivnosti komercijalne vrše upotrebljen je *logit* model (8) odvojeno za parangale koji su u moru proveli jedan (S1), dva (S2), tri (S3) i četiri (S4) dana. Obzirom da su indeksi kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima ukazivali na to da *logit* modeli ne opisuju dobro eksperimentalne podatke, vizualnim pregledom je utvrđeno da je to slučaj samo kod većih jedinki. Iz tog razloga su iz analize isključene sve jedinke škampa čija je dužina glavopršnjaka bila veća od 40,69 mm. Navedena dužina je odabrana tako što je pomoću

CREELSELECT modela (Brčić i sur., 2018b) određena vrijednost $DG99_{vrša}$ (duljina pri kojoj je 99 % primjeraka te duljine ulovljeno vršom) za najveću izmjerenu veličinu oka mrežnog tega vrše $VO = 36 \text{ mm} + SD + 10 \text{ mm}$ i kuta između susjednih stranica oka $K = 90^\circ$. Nakon što su iz analize izdvojene najveće jedinke škampa te je po drugi put upotrijebljen *logit* model za opisivanje selekcije vrša koje su u moru proveli jedan (S1), dva (S2), tri (S3) i četiri (S4) dana, vizualno je utvrđeno da *logit* model dobro opisuje eksperimentalno dobivene podatke (Slika 4.1.2) u svim slučajevima, što je potvrđeno i indeksima kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima (p -vrijednosti $> 0,05$; povoljan omjer devijance i stupnjeva slobode) (Tablica 2).

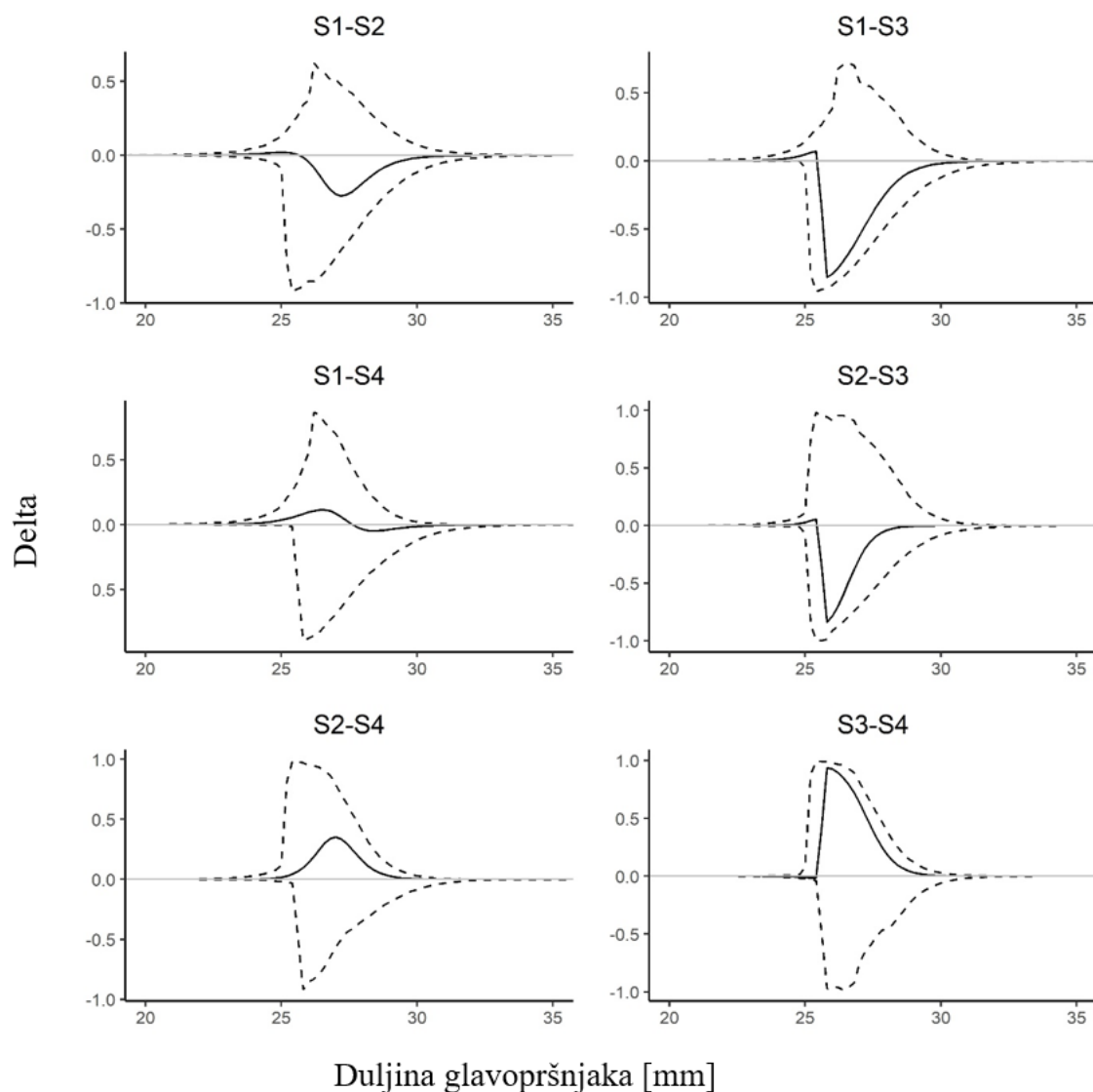


Slika 4.1.2. Modeli raspodjele ulova između komercijalnih i kontrolnih vrša (lijevo) te pripadajuće selekcijske krivulje (desno) za vrše koje su u moru provele jedan (S1), dva (S2), tri (S3) i četiri (S4) dana. Pune crne točke predstavljaju eksperimentalne podatke dobivene za svaki dužinski razred škampa. Isprekidane linije predstavljaju 95-postotne intervale povjerenja.

Tablica 2. Prosječne vrijednosti parametara $DG50$, SR , SP s 95-postotnim intervalima povjerenja (u zgradama) te indeksi kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima p -vrijednost, devijanca i stupnjevi slobode (DOF).

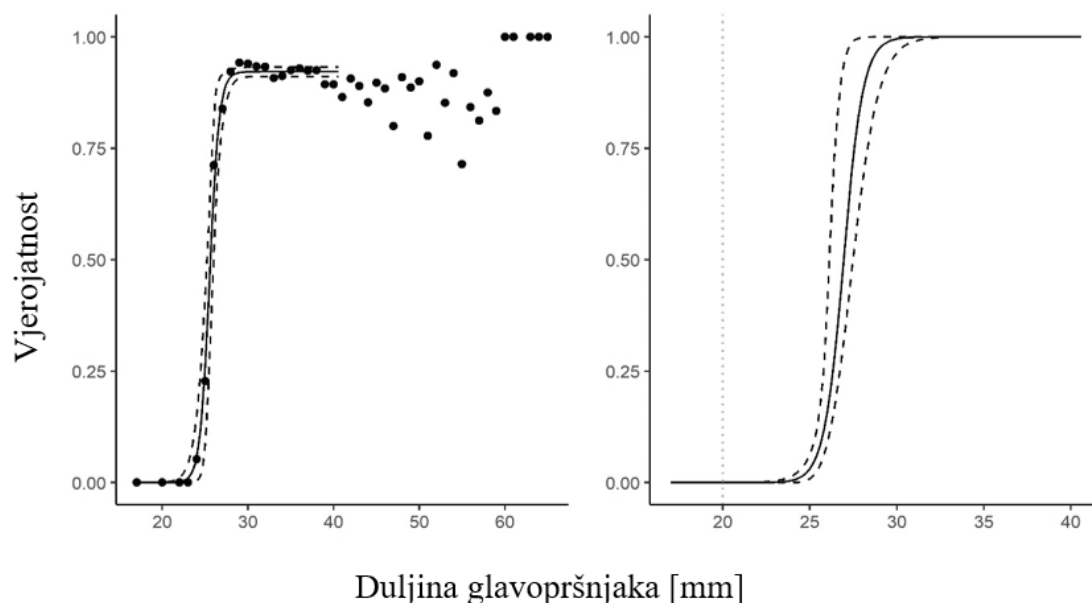
	S1	S2	S3	S4
$DG50$	27,13 (25,82– 27,95)	26,57 (25,13– 27,86)	25,61 (25,11– 28,20)	27,28 (25,59– 27,81)
SR	1,57 (0,10– 2,47)	0,98 (0,10–2,21)	0,1 (0,10–1,61)	1,1 (0,10–1,50)
SP	0,92 (0,91– 0,94)	0,92 (0,91–0,94)	0,91 (0,90–0,93)	0,93 (0,89–0,96)
p -vrijednost	0,84	0,51	0,46	0,33
Devijanca	9,65	15,27	13,9	17,81
DOF	15	16	14	16

Pri utvrđivanju postoji li statistički značajna razlika u selektivnosti vrša koje su moru provele jedan (S1), dva (S2), tri (S3) i četiri (S4) dana, inspekcijom delta grafova (Slika 4.1.3) ustanovljeno je da u svim slučajevima 95-postotni intervali povjerenja razlike uključuju vrijednost $0,0$, što ukazuje na to da nema statistički značajne razlike u selektivnosti vrša koje su u moru provele jedan različiti broj dana. Podaci o ulovu testnih i kontrolnih parangala su stoga ujedinjeni te je provedena identična analiza na objedinjenim podacima kako bi se odredila prosječna selektivnost komercijalnih vrša.



Slika 4.1.3. Razlike u vjerojatnosti zadržavanja škampa između parangala s različitim vremenom zadržavanja na morskom dnu (pune linije). Isprekidane linije predstavljaju 95-postotne intervale povjerenja. S1: jedan dan; S2: dva dana; S3: tri dana; S4: 4 dana.

Model raspodjele ulova između komercijalnih i kontrolnih vrša dobiven iz objedinjenih eksperimentalnih podataka te pripadajuća selekcijska krivulja prikazani su na slici 4.1.4. Vizualnim pregledom *logit* krivulje je utvrđeno da model dobro opisuje eksperimentalno dobivene podatke, što je potvrđeno indeksima kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima (p -vrijednost $> 0,05$; povoljan omjer devijance i stupnjeva slobode) (Tablica 3). Prosječna vrijednost SP faktora je gotovo identična očekivanoj (0,91), što je dobar pokazatelj obzirom da je korišten nejednak broj testnih i kontrolnih parangala u eksperimentu.



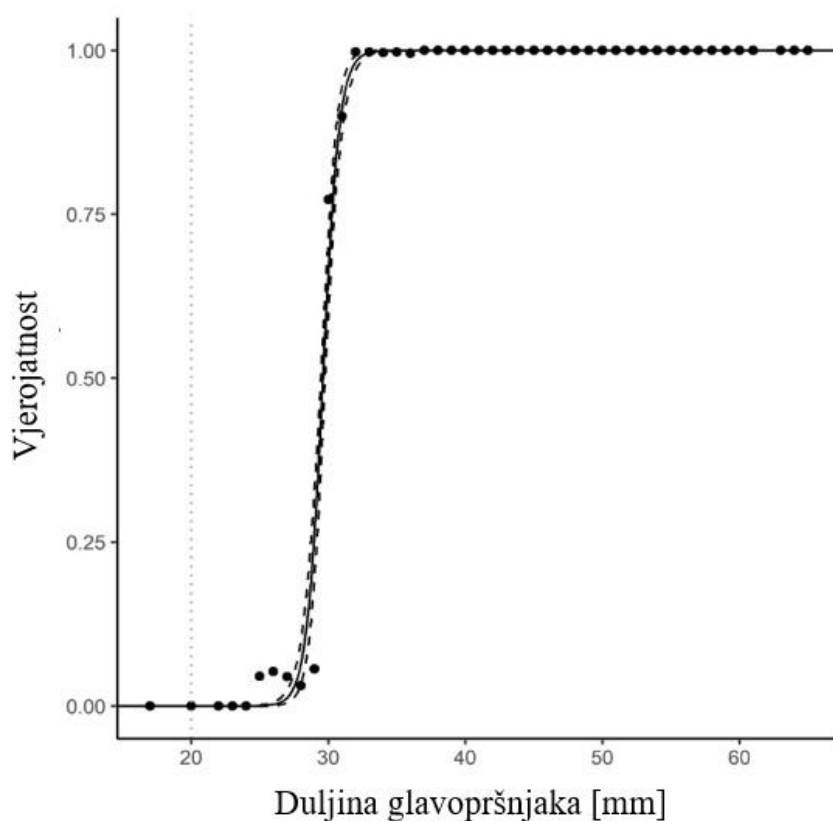
Slika 4.1.4. Model raspodjele ulova između komercijalnih i kontrolnih vrša dobiven iz objedinjenih eksperimentalnih podataka (lijevo) te pripadajuća selekcijska krivulja (desno). Pune crne točke predstavljaju eksperimentalne podatke dobivene za svaki dužinski razred škampa. Isprekidane linije predstavljaju 95-postotne intervale povjerenja. Vertikalna siva isprekidana linija predstavlja minimalnu referentnu veličinu očuvanja za škampa (MCRS=20 mm DG).

Tablica 3. Prosječne vrijednosti parametara $DG50$, SR i SP s 95-postotnim intervalima povjerenja (u zagradama) te indeksi kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima: p -vrijednost, devijanca i stupnjevi slobode (DOF).

	Prosječna vrijednost (95 % IP)
$DG50_{vrša}$	26,94 (26,10–27,49)
$SR_{vrša}$	1,24 (0,62–1,70)
SP	0,92 (0,91–0,93)
p -vrijednost	0,5991
devijanca	15,91
DOF	18

4.1.2. Drugi selekcijski proces

Selektivnost ribara je također modelirana *logit* krivuljom (Slika 4.1.5.). Sa slike je evidentno da model dobro opisuje dobivene eksperimentalne podatke, no dobivena p-vrijednost $<0,05$ te nepovoljan omjer devijance i stupnjeva slobode (Tablica 4) mogu indicirati da model ne opisuje dobro eksperimentalne podatke. Kako inspekcijom reziduala nije utvrđen nikakav trend odstupanja eksperimentalnih podataka od krivulje, takve vrijednosti indeksa kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima su najvjerojatnije rezultat prevelike disperzije podataka (Wileman i sur., 1996), stoga je *logit* model ipak korišten za opisivanje selektivnosti ribara.



Slika 4.1.5. Selektivnost ribara (puna linija) s pripadajućim 95-postotnim intervalima povjerenja (isprekidane linije). Pune crne točke predstavljaju udio škampa svakog dužinskog razreda koje je ribar zadržao iz ukupnog ulova vrša. Vertikalna siva isprekidana linija predstavlja minimalnu referentnu veličinu očuvanja za škampa (MCRS = 20 mm DG).

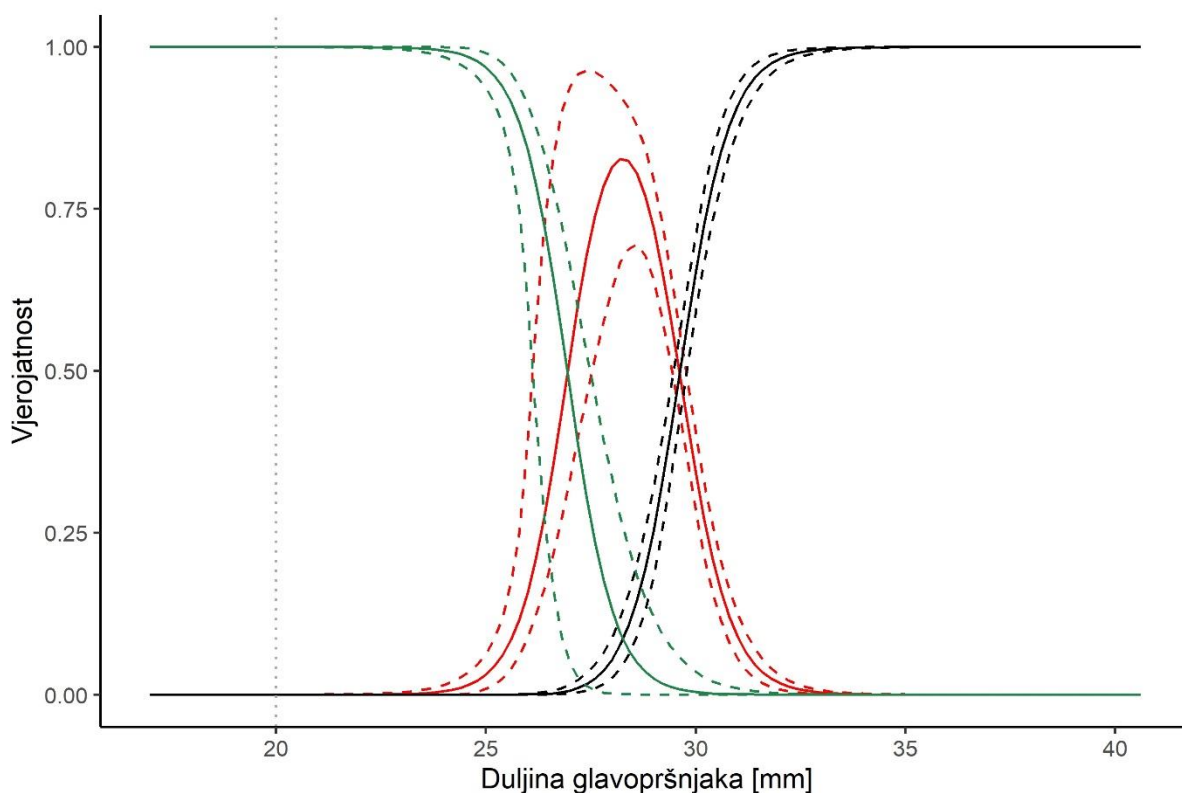
Obzirom da se 95-postotni intervali povjerenja parametara $DG50_{ribar}$ i $DG50_{vrša}$ međusobno ne preklapaju (Tablica 3. i 4.), možemo reći da se vrijednosti tih dvaju parametara statistički značajno razlikuju, te da je vrijednost parametra $DG50_{ribar}$ statistički značajno veća od vrijednosti parametra $DG50_{vrša}$. Također je evidentno da su obje vrijednosti statistički značajno veće od minimalne referentne veličine očuvanja za škampa (MCRS =20 mm DG).

Tablica 4. Prosječne vrijednosti parametara selektivnosti ribara ($DG50$, SR) s pripadajućim 95-postotnim intervalima povjerenja (u zagradama) te indeksi kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima: p -vrijednost, devijanca i stupnjevi slobode (DOF).

	Prosječna vrijednost (95 % IP)
$DG50_{ribar}$	29,62 (29,46–29,77)
SR_{ribar}	1,31 (1,08–1,51)
p -vrijednost	<0,001
devianca	138,53
DOF	43

4.1.3. Ukupna selekcija populacije škampa nakon ulaska u vršu

Kombinacijom dva prethodno opisana selekcijskih procesa, prvog koji se odvija u vrši za vrijeme dok stoji postavljena na morskom dnu te drugog koji vrši ribar (selekcija ribara) opisan je ukupni selekcijski proces kroz koji prolazi populacija škampa nakon što uđe u vršu. Na slici 4.1.6., za svaki dužinski razred, prikazana je vjerojatnost bijega $P_{bijeg}(DG, v_{vrša})$, vjerojatnost zadržavanja $P_{zadržavanja}(DG, v_{vrša}, v_{ribar})$ te vjerojatnost odbacivanja od strane ribara $P_{odbacivanja}(DG, v_{vrša}, v_{ribar})$.



Slika 4.1.6. Vjerojatnost bijega (zeleno linija), zadržavanja (crna linija) i odbacivanja (crvena linija) škampa duljine DG s pripadajućim 95-postotnim intervalima povjerenja (isprekidane linije). Vertikalna siva isprekidana linija predstavlja minimalnu referentnu veličinu očuvanja za škampa (MCRS = 20 mm DG).

Lijeva strana krivulje odbacivanja (Slika 4.1.6.) ovisi o vjerojatnosti bijega škampa za vrijeme dok vrša stoji položena na morskom dnu, a desna strana o selekciji ribara. Za škampe duljine $DGDp_{max} = 28,26$ mm zabilježena je maksimalna vjerojatnost odbacivanja (Dp_{max}) od 83 % (Slika 4.1.6, Tablica 5).

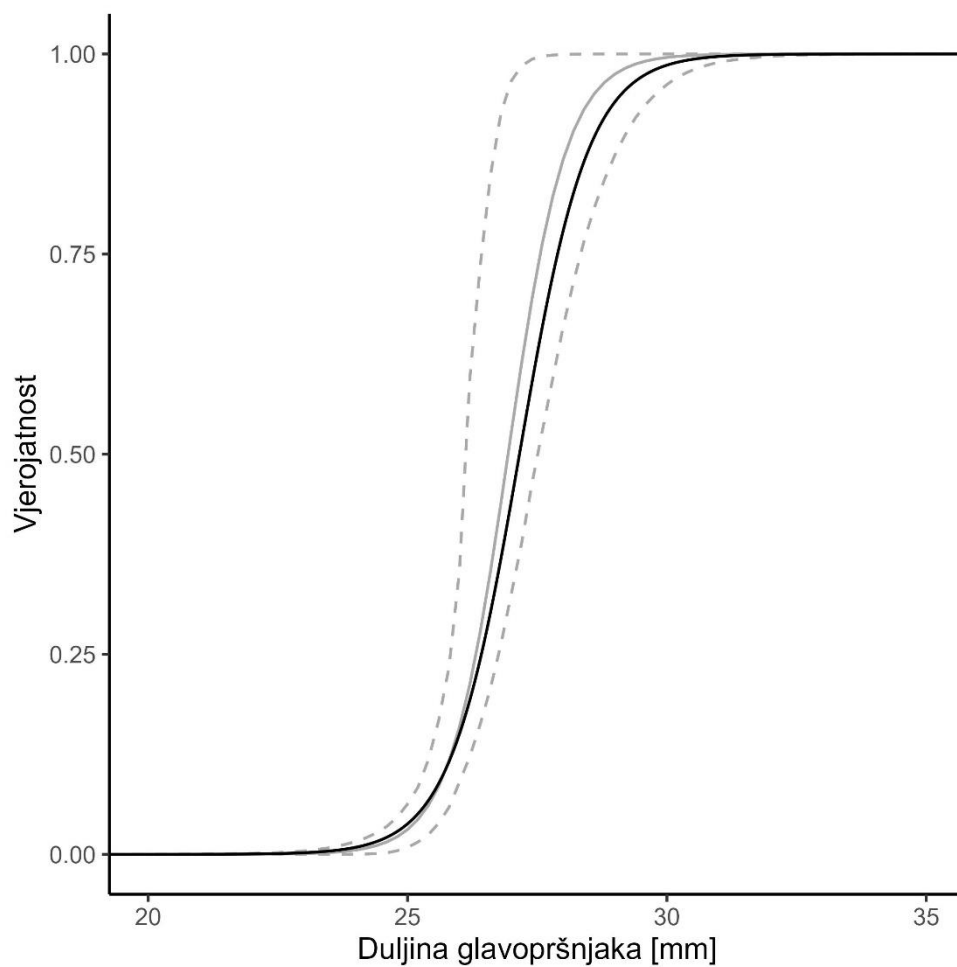
Tablica 5. Duljina glavopršnjaka škampa (LDp_{max}) pri kojoj je vjerojatnost odbacivanja maksimalna (Dp_{max}) te rasponi duljina (DR_x) pri kojima je vjerojatnost odbacivanja x % (x= 5 %, 25 %, 50 %, 75 % i 95%). 95-postotni intervali povjerenja navedeni su u zagradama.

	Vrijednost (95 % IP)
$DR_{0.05}$	60,11 (55,71–66,32)
$DR_{0.25}$	39,54 (34,92–45,26)

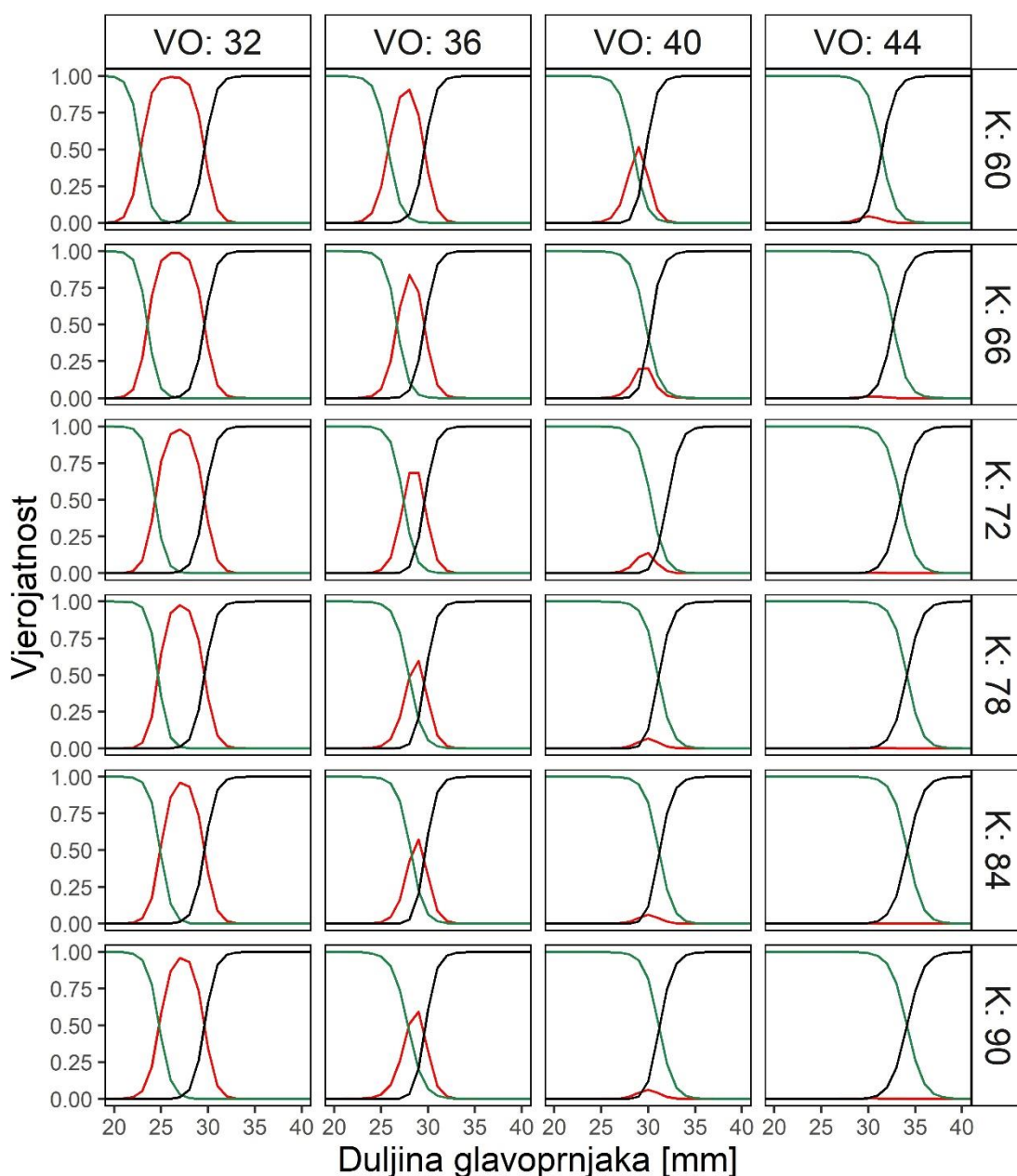
$DR_{0,50}$	26,55 (19,98–35,18)
$DR_{0,75}$	12,31 (0,00–25,10)
$DR_{0,95}$	00,0 (0,00–07,87)
Dp_{max}	83 % (70 %–97 %)
$DGDp_{max}$	28,26 (27,43–28,60)

4.1.4. Predikcija vjerojatnost bijega, odbacivanja i zadržavanja populacije škampa nakon ulaska u vrše različitih kombinacija veličina oka i kuteva između susjednih stranica oka

Kako bi odredili vjerojatnost bijega, odbacivanja i zadržavanja populacije škampa za različite kombinacije veličine i kuta između susjednih stranica oka mrežnog tega, prvo je CREELSELECT model (10) (Brčić i sur., 2018b) validiran na podacima prikupljenim tijekom eksperimentalnog ribolova. Na slici 4.1.7. prikazana je usporedba selekcijske krivulje dobivene CREELSELECT modelom za prosječni otvor oka od 34.89 mm i kuta između dvije stranice oka od $82,15^\circ$ (što su prosječne vrijednosti izračunate za komercijalne vrše u ovom istraživanju) te selekcijska krivulje komercijalne vrše određena iz podataka prikupljenih za vrijeme eksperimentalnog ribolova na moru (Slika 4.1.4.; Tablica 3). Sa slike 4.1.7. se jasno vidi da se selekcijska krivulje dobivena CREELSELECT modelom (crna linija) u potpunosti nalazi unutar 95-postotnih intervala povjerenja eksperimentalne krivulje (siva isprekidana linija) te možemo zaključiti da model vjerno reproducira krivulju dobivenu eksperimentalnim ribolovom na moru. CREELSELECT model je zatim korišten za predikciju selektivnosti vrša različitih kombinacija veličina oka i kuteva između susjednih stranica oka kako bi se zajedno s eksperimentalno dobivenom selekcijom ribara (za koju je pretpostavljeno da je konstantna) kako bi se odredila vjerojatnost bijega, odbacivanja i zadržavanja škampa duljine glavopršnjaka DG za odabrane kombinacije veličine mrežnog oka i kutova između susjednih stranica oka (Slika 4.1.8.). Sa slike 4.1.8. jasno je da vidljivo kako veličina oka mrežnog tega i kut između susjednih stranica oka utječu na vjerojatnost bijega, odbacivanja i zadržavanja populacije škampa nakon ulaska u vršu.

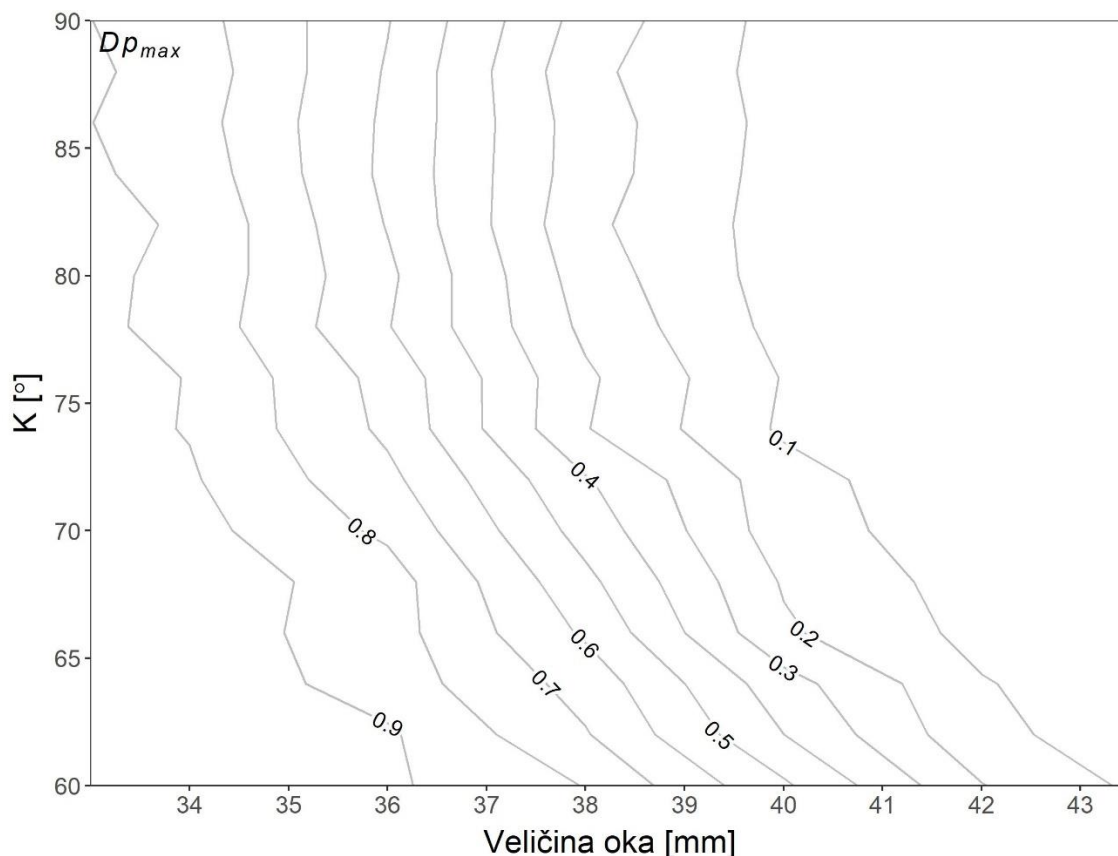


Slika 4.1.7. Usporedba selekcijske krivulje dobivene eksperimentalnim ribolovom na moru (siva krivulja) i selekcijske krivulje dobivene prediktivnim modelom CREELSELECT (10) (Brčić i sur., 2018b) (crna krivulja). Isprekidane sive linije predstavljaju 95-postotne intervale povjerenja selekcijske krivulje dobivene eksperimentalnim ribolovom.



Slika 4.1.8. Vjerojatnosti bijega (zelena linija), zadržavanja (crna linija) i odbacivanja (crvena linija) škampa duljine glavopršnjaka DG za različite kombinacije veličine oka mrežnog tega (VO) i kuta između susjednih stranica oka (K).

Slika 4.1.9. prikazuje izolinijski graf gdje svaka izolinijska linija predstavlja maksimalnu vjerojatnost odbacivanja (Dp_{max}) škampa duljine DG za određenu kombinaciju veličine oka mrežnog tega i kuta između susjednih stranica oka (K). Sa slike 4.1.9. se vidi da je vjerojatnost odbacivanja ulova manja za veličinu oka mrežnog tega 40 mm u usporedbi sa okom veličine 36 mm.

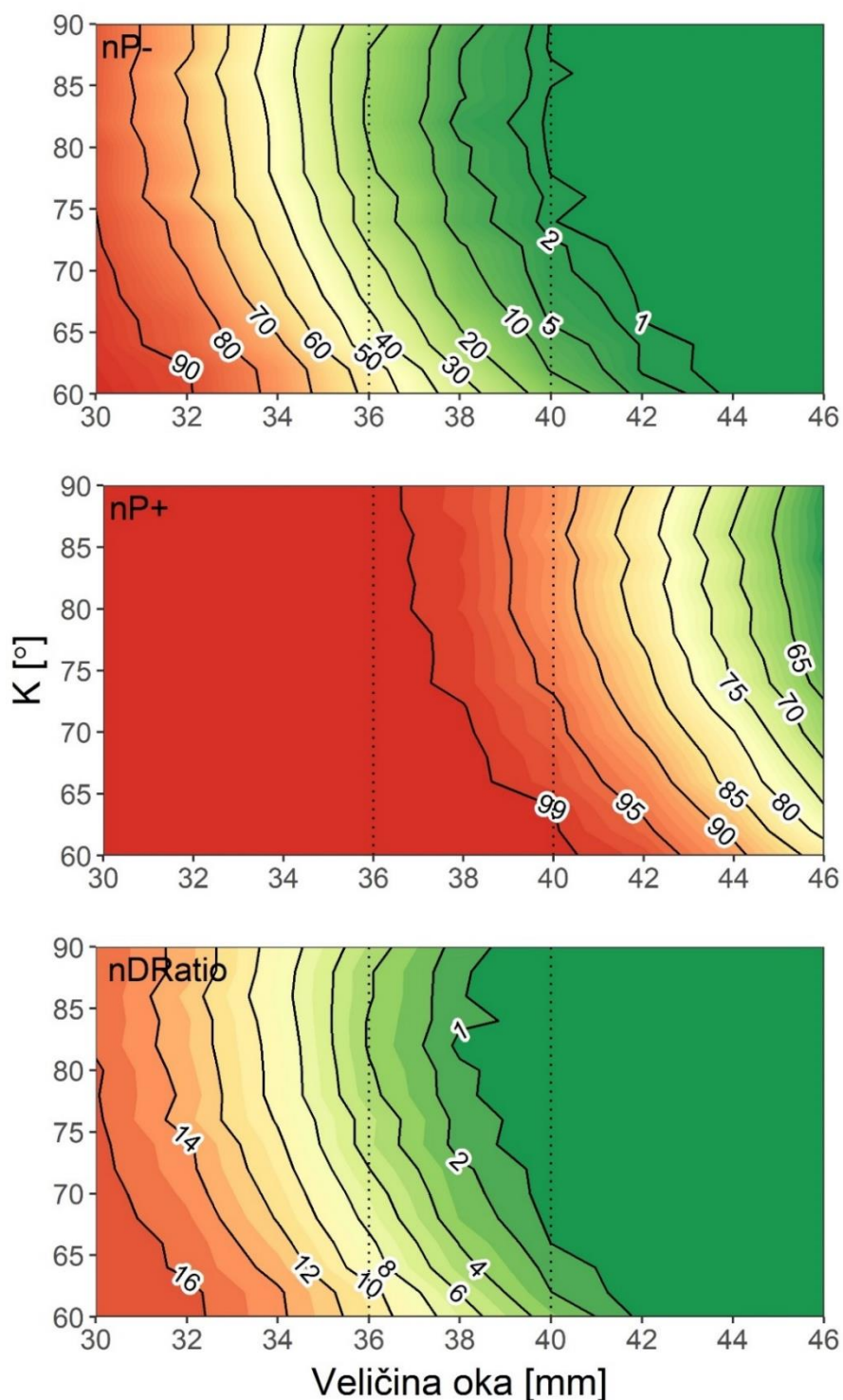


Slika 4.1.9. Predikcija maksimalne vjerojatnosti odbacivanja (Dp_{max}) za različite kombinacije veličine oka mrežnog tega (VO) i kuta između susjednih stranica oka (K) na vrši.

4.1.5. Utjecaja veličine oka i kuta između dviju susjednih stranica oka mrežnog tega na eksploatacijski obrazac vrše

Izolinijski grafovi (Slika 4.2.0.) prikazuju vrijednosti nP^- , nP^+ , $nDRatio$ predviđene za različite kombinacije veličine oka mrežnog tega i kuta između susjednih stranica oka. Sa slike 4.2.0 je vidljivo da vrša veličine oka mrežnog tega od 36 mm i kutom između susjednih stranica od 90° zadržava gotovo sve jedinke škampa iznad $DG50_{ribar}$ ($nP^+ > 99\%$), međutim zadržava i određeni broj škampa ispod te veličine. Udio odbačenih jedinki škampa za ovu veličinu oka i kut između susjednih stranica iznosio približno 4 %. Ovdje treba naglasiti da je za potrebe ove predikcije pretpostavljeno da je struktura škampa koji je ušao u vršu identična onoj ulovljenoj kontrolnim vršama za vrijeme eksperimentalnog ribolova na moru. S druge strane, vrše s veličinom oka mrežnog tega od 40 mm te kutom između susjednih stranica oka 90° zadržale bi

gotovo sve jedinke škampa ($nP+ \approx 92\%$) koje i ribar namjerava zadržati ($\geq DG50_{ribar}$), a odbačeni dio ($nDRatio$) bi činio približno 1 %.



Slika 4.2.0. Vrijednosti $nP-$, $nP+$, $nDRatio$ za različite kombinacije veličine oka mrežnog tega (VO) i kuta između susjednih stranica oka (K). Okomite isprekidane linije označavaju veličine oka mrežnog tega (36 i 40 mm) koje su dozvoljene u ribolovu škampa vršom u RH.

4.2. Usporedba ribolova škampa vršom i pridnenom povlačnom mrežom kočom

4.2.1. Kvalitativni i kvantitativni sastav ulova komercijalne vrše i pridnene povlačne mreže kočice

Tijekom eksperimentalnog ribolova na moru, u ulovima komercijalnih vrša i pridnene povlačne mreže kočice zabilježeno je ukupno 45 vrsta morskih organizama. Komercijalnim vršama je ulovljeno ukupno 2871 jedinki morskih organizama, od čega je 2280 jedinki zadržano, a 591 odbačeno. Dok je pridnenom povlačnom mrežom kočicom ukupno ulovljeno 3349 jedinki morskih organizama, od čega je 1933 jedinki zadržano, a 1416 odbačeno. U Tablici 6. je prikazana brojčana zastupljenost svake vrste u ukupnom, zadržanom i odbačenom dijelu ulova komercijalne vrše i pridnene povlačne mreže kočice.

Tablica 6. Brojčana zastupljenost vrsta u ukupnom, zadržanom i odbačenom ulovu iz komercijalnih vrša i pridnene povlačne mreže kočice tijekom eksperimentalnog ribolova na moru.

Vrsta	ID	Ukupni ulov		Zadržani ulov		Odbačeni ulov	
		Vrša	Kočica	Vrša	Kočica	Vrša	Kočica
<i>Nephrops norvegicus</i>	1	2229	785	2229	761	0	24
<i>Liocarcinus depurator</i>	2	530	252	0	0	530	252
<i>Loligo spp.</i>	3	0	309	0	309	0	0
<i>Plesionika edwardsii</i>	4	0	307	0	0	0	307
<i>Merluccius merluccius</i>	5	0	293	0	205	0	88
<i>Sepiidae, Sepiolidae</i>	6	0	279	0	279	0	0
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	7	0	261	0	0	0	261
<i>Cepola macrophthalma</i>	8	0	187	0	0	0	187
<i>Rossia macrosoma</i>	9	1	133	0	133	1	0
<i>Todarodes sagittatus</i>	10	0	110	0	110	0	0
<i>Eledone moschata</i>	11	9	88	9	88	0	0
<i>Munida rugosa</i>	12	43	46	0	0	43	46
<i>Synchiropus spp.</i>	13	0	49	0	0	0	49
<i>Asteroidea</i>	14	3	44	0	0	3	44

<i>Trisopterus minutus</i>	15	35	28	35	21	0	7
<i>Citharus linguatula</i>	16	0	35	0	0	0	35
<i>Serranus hepatus</i>	17	0	34	0	0	0	34
<i>Mullus barbatus</i>	18	1	27	1	19	0	8
<i>Cassidaria echinophora</i>	19	0	15	0	0	0	15
<i>Trachurus trachurus</i>	20	0	10	0	0	0	10
<i>Pagellus erythrinus</i>	21	0	9	0	3	0	6
<i>Serranus cabrilla</i>	22	0	9	0	0	0	9
<i>Spicara maena</i>	23	2	7	0	0	2	7
<i>Aphrodita aculeata</i>	24	0	6	0	0	0	6
<i>Spicara flexuosa</i>	25	6	0	0	0	6	0
<i>Chelidonichthys lastoviza</i>	26	0	5	0	0	0	5
<i>Spicara smaris</i>	27	1	4	0	0	1	4
<i>Maja squinado</i>	28	2	1	0	1	2	0
<i>Goneplax rhomboides</i>	29	2	0	0	0	2	0
<i>Lophius budegassa</i>	30	0	2	0	0	0	2
<i>Octopus vulgaris</i>	31	2	0	2	0	0	0
<i>Raja clavata</i>	32	0	2	0	2	0	0
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	33	0	2	0	0	0	2
<i>Trachinus draco</i>	34	0	2	0	0	0	2
<i>Zeus faber</i>	35	0	2	0	2	0	0
<i>Conger conger</i>	36	2	0	2	0	0	0
<i>Eledone cirrosa</i>	37	1	0	1	0	0	1
<i>Engraulis encrasicolus</i>	38	0	1	0	0	0	0
<i>Holothurioidea</i>	39	1	0	0	0	1	0
<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	40	0	1	0	0	0	1
<i>Merlangius merlangus</i>	41	1	0	1	0	0	0
<i>Sardina pilchardus</i>	42	0	1	0	0	0	1
<i>Scomber scombrus</i>	43	0	1	0	0	0	1
<i>Spongia officinalis</i>	44	0	1	0	0	0	1
<i>Torpedo marmorata</i>	45	0	1	0	0	0	1

Kako su ribari za vrijeme eksperimentalnog ribolova odbacivali gospodarski značajne jedinke ispod MCRS, neke od vrsta prikazane u tablici 6. su zabilježene u zadržanom i u odbačenom ulovu.

U tablici 7. je prikazana zastupljenost svake pojedine vrste u ukupnom, zadržanom i odbačenom ulovu koji je ostvaren komercijalnom vršom i pridnenom povlačnom mrežom kočom u eksperimentalnom ribolovu na moru. Dobivene vrijednosti su grafički prikazane kumulativnim krivuljama dominantnosti (slika 4.2.1.).

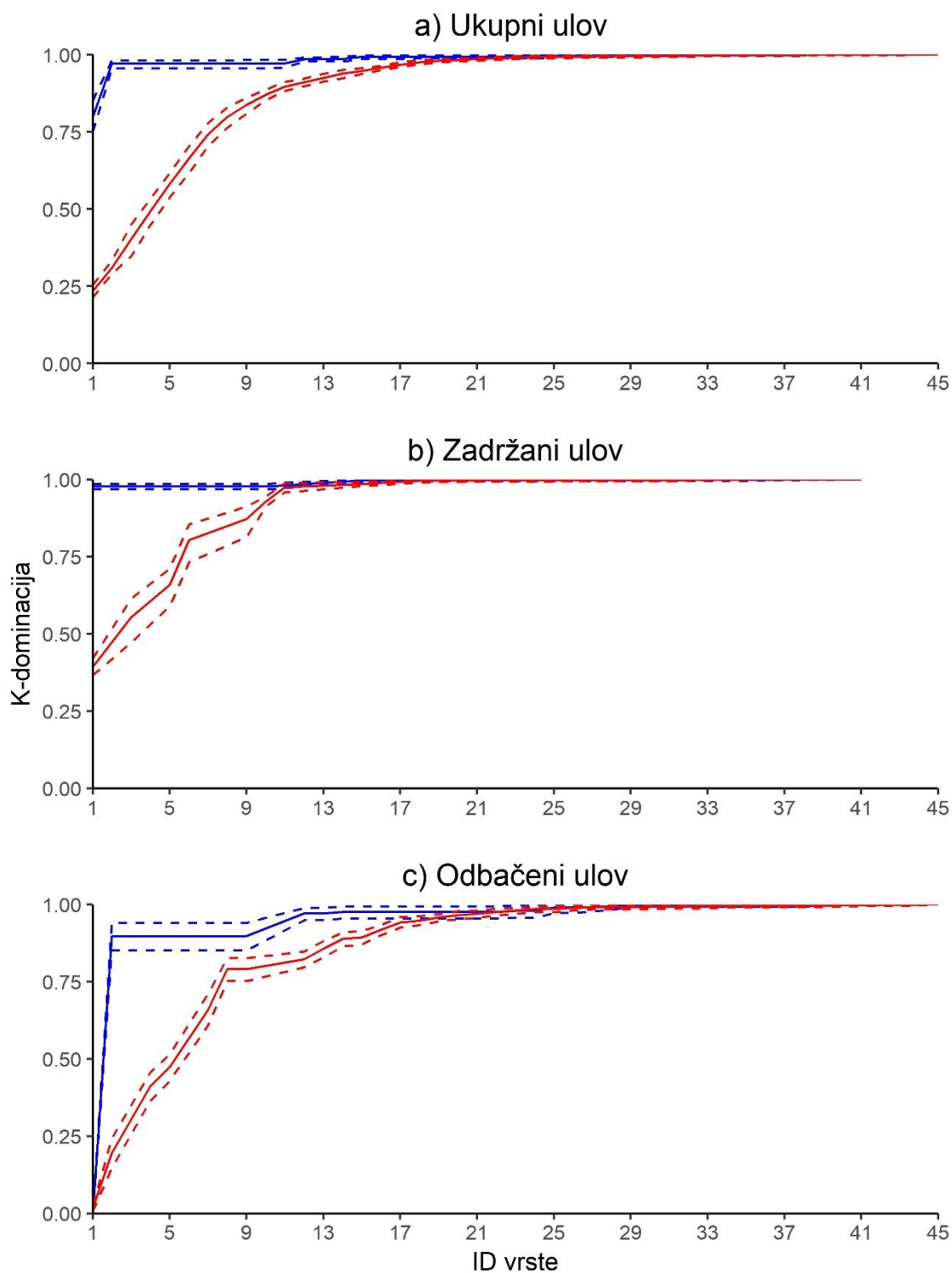
ulovu komercijalne vrše iznosio je 79,8 % (95 % IP: 75,1–85,2), dok je u pridnenoj povlačnoj mreži koči iznosio 23,4 % (95 % IP: 21,4–25,5) (Slika 4.2.1a). Nakon sortiranja, u zadržanom dijelu ulova vršara, škamp je činio 97,8 % (95 % IP: 96,9–98,6), dok je kod kočara činio 39,4 % (95 % IP: 36,7–42,1) (Slika 4.2.1b). U ribolovu komercijalnim vršama ribar nije odbacio ni jednu jedinku škampa, a najzastupljenija vrsta u odbačenom dijelu ulova bila je rakovica loptašica (*L. depurator*) što se jasno vidi sa slike 4.2.1c. po naglom porastu kumulativne krivulje dominantnosti s 0 na 90 % (95 % IP: 85,1–94,0) kod te vrste (ID vrste 2). Dok kumulativna krivulja dominantnosti vrsta u odbačenom dijelu ulovu za pridnenu povlačnu mrežu koču pokazuje da porastu krivulje do 90 % (95 % IP: 89,9–91,4) doprinosi čak 12 vrsta (Slika 4.2.1c).

Tablica 7. Zastupljenost vrsta izražena u postotcima sa pripadajućim 95- postotnim intervalima povjerenja (u zagradama) u ukupnom, zadržanom i odbačenom ulovu komercijalne vrše i pridnene povlačne mreže kočice iz eksperimentalnog ribolova na moru.

Ukupni ulov			Zadržani ulov		Odbačeni ulov	
ID	Vrša	Koča	Vrša	Koča	Vrša	Koča
S1	79,8 (75,1–85,2)	23,4 (21,4–25,5)	97,8 (96,9–98,6)	39,4 (36,7–42,1)	0 (0–0)	1,7 (0,8–2,6)
S2	17,2 (12,8–21,2)	7,5 (5,4–9,5)	0 (0–0)	0 (0–0)	89,7 (85,1–94)	17,8 (12,8–22,6)
S3	0 (0–0)	9,2 (4,5–12,8)	0 (0–0)	16 (8,4–21,8)	0(0–0)	0(0–0)
S4	0 (0–0)	9,2 (7,2–11)	0 (0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	21,7 (17,9–25,3)
S5	0 (0–0)	8,7 (6,7–10,7)	0 (0–0)	10,6 (8,4–13,1)	0 (0–0)	6,2 (2,5–9,9)
S6	0 (0–0)	8,3 (6,8–10)	0 (0–0)	14,4 (11,9–16,8)	0(0–0)	0(0–0)
S7	0 (0–0)	7,8 (5,9–9,5)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	18,4 (14,9–22)

S8	0 (0–0)	5,6 (4,1–7)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	13,2 (9,8–16,5)
S9	0 (0–0,2)	4 (2,7–5,4)	0 (0–0)	6,9 (4,6–9,3)	0,2 (0–0,8)	0 (0–0)
S10	0 (0–0)	3,3 (0,8–7)	0 (0–0)	5,7 (1,6–12,5)	0(0–0)	0(0–0)
S11	0,2 (0–0,4)	2,6 (2,1–3,3)	0,4 (0,1–0,7)	4,6 (3,6–5,6)	0(0–0)	0(0–0)
S12	1,3 (0,4–2,7)	1,4 (0,7–2,1)	0(0–0)	0(0–0)	7,3 (2,6–12,4)	3,2 (1,5–5,1)
S13	0 (0–0)	1,5 (1–2)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	3,5 (2,3–4,6)
S14	0,1 (0–0,3)	1,3 (0,7–2)	0(0–0)	0(0–0)	0,5 (0–1,7)	3,1 (1,5–4,8)
S15	0,7 (0,4–1,1)	0,8 (0,1–1,8)	1,5 (0,9–2,3)	1,1 (0–2,7)	0 (0–0)	0,5 (0–1,7)
S16	0 (0–0)	1 (0,6–1,6)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	2,5 (1,3–3,7)
S17	0 (0–0)	1 (0,4–1,7)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	2,4 (1–4)
S18	0 (0–0,2)	0,8 (0,4–1,3)	0 (0–0,2)	1 (0,4–1,6)	0 (0–0)	0,6 (0–1,4)
S19	0 (0–0)	0,4 (0,1–0,8)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	1,1 (0,4–1,8)
S20	0 (0–0)	0,3 (0,1–0,6)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,7 (0,2–1,3)
S21	0 (0–0)	0,3 (0,1–0,6)	0 (0–0)	0,2 (0–0,6)	0 (0–0)	0,4 (0–1,2)
S22	0 (0–0)	0,3 (0–0,8)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,6 (0–1,9)
S23	0,1 (0–0,2)	0,2 (0–0,5)	0(0–0)	0(0–0)	0,3 (0–1)	0,5 (0–1,2)
S24	0 (0–0)	0,2 (0,1–0,4)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,4 (0,1–0,8)
S25	0,2 (0–0,6)	0 (0–0)	0(0–0)	0(0–0)	1 (0–3,1)	0 (0–0)
S26	0 (0–0)	0,1 (0–0,4)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,4 (0–1)
S27	0 (0–0,1)	0,1 (0–0,4)	0(0–0)	0(0–0)	0,2 (0–0,8)	0,3 (0–0,8)
S28	0,1 (0–0,2)	0 (0–0,1)	0 (0–0)	0,1 (0–0,3)	0,3 (0–0,9)	0 (0–0)
S29	0,1 (0–0,3)	0 (0–0)	0(0–0)	0(0–0)	0,3 (0–1,4)	0 (0–0)
S30	0 (0–0)	0,1 (0–0,2)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,1 (0–0,5)
S31	0,1 (0–0,3)	0 (0–0)	0,1 (0–0,3)	0 (0–0)	0(0–0)	0(0–0)
S32	0 (0–0)	0,1 (0–0,2)	0 (0–0)	0,1 (0–0,3)	0(0–0)	0(0–0)
S33	0 (0–0)	0,1 (0–0,2)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,1 (0–0,5)
S34	0 (0–0)	0,1 (0–0,2)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,1 (0–0,5)
S35	0 (0–0)	0,1 (0–0,2)	0 (0–0)	0,1 (0–0,3)	0(0–0)	0(0–0)
S36	0 (0–0,1)	0 (0–0)	0,1 (0–0,3)	0 (0–0)	0(0–0)	0(0–0)
S37	0 (0–0,1)	0 (0–0)	0 (0–0,2)	0 (0–0)	0(0–0)	0(0–0)
S38	0 (0–0)	0 (0–0,1)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,1 (0–0,4)
S39	0 (0–0,2)	0 (0–0)	0(0–0)	0(0–0)	0,2 (0–0,7)	0 (0–0)
S40	0 (0–0)	0 (0–0,1)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,1 (0–0,3)

S41	0 (0–0,1)	0 (0–0)	0 (0–0,2)	0 (0–0)	0(0–0)	0(0–0)
S42	0 (0–0)	0 (0–0,1)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,1 (0–0,3)
S43	0 (0–0)	0 (0–0,1)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,1 (0–0,3)
S44	0 (0–0)	0 (0–0,1)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,1 (0–0,4)
S45	0 (0–0)	0 (0–0,1)	0(0–0)	0(0–0)	0 (0–0)	0,1 (0–0,3)



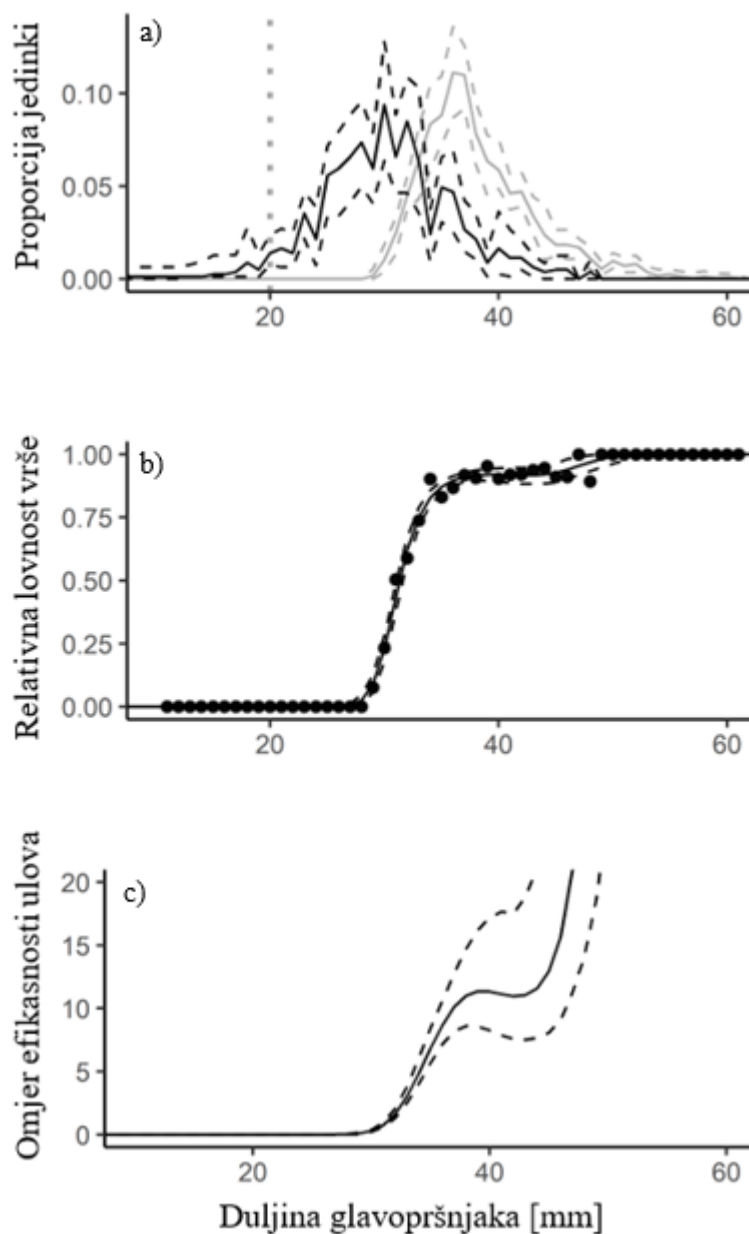
Slika 4.2.1. Kumulativne krivulje dominacije vrsta u ukupnom (a), zadržanom (b) i odbačenom (c) ulovu komercijalne vrše (plave linije) i pridnene povlačne mreže koće (crvene linije) s pripadajućim 95-postotnim intervalima povjerenja (isprekidane linije). Ukupni ulov- jedinke svih vrsta prije sortiranja; Zadržani ulov- jedinke škampa ≥ 20 mm DG i druge gospodarski značajne vrste; Odbačeni ulov- jedinke škampa < 20 mm DG i druge odbačene jedinke bez ili sa gospodarskim značajem.

4.3.2 Učinkovitost ulova škampa vršom u odnosu na pridnenu povlačnu mrežu koču

Tijekom pet dana eksperimentalnog ribolova na moru analizirao se ulov iz ukupno 50 parangala s komercijalnim vršama i pet potega pridnene povlačne mreže kočice. Ukupno je ulovljeno 2229 jedinki škampa vršama i 785 jedinki pridnenom povlačnom mrežom kočicom.

Na slici 4.2.2a prikazana je dužinska zastupljenost škampa u ulovu komercijalnim vršama i pridnenom povlačnom mrežom kočicom dobivena iz eksperimentalnim podacima prikupljenim za vrijeme ribolova. Usporedba ribolovne efikasnosti dva alata prikazana je krivuljama $cc(DG, v)$ i $cr(DG, v)$ (slike 4.2.2b i 4.2.2c). Vizualnom inspekcijom utvrđeno je da korišteni modeli dobro opisuju trend u eksperimentalnim podacima, što je također potvrđeno indeksima kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima (Tablica 8).

Sa slike 4.2.2. se jasno uočavaju razlike u dužinskoj distribuciji škampa lovljenog vršama i kočicom te se iz toga i iz $cc(DG, v)$ i $cr(DG, v)$ krivulja jasno vidi da kočica lovi značajno veći broj jedinki čiji je glavopršnjak manji od 31 mm DG, uključujući i jedinke ispod minimalne veličine za očuvanje (MCRS), dok vrše love isključivo jedinke iznad MCRS (Slika 4.2.2.).

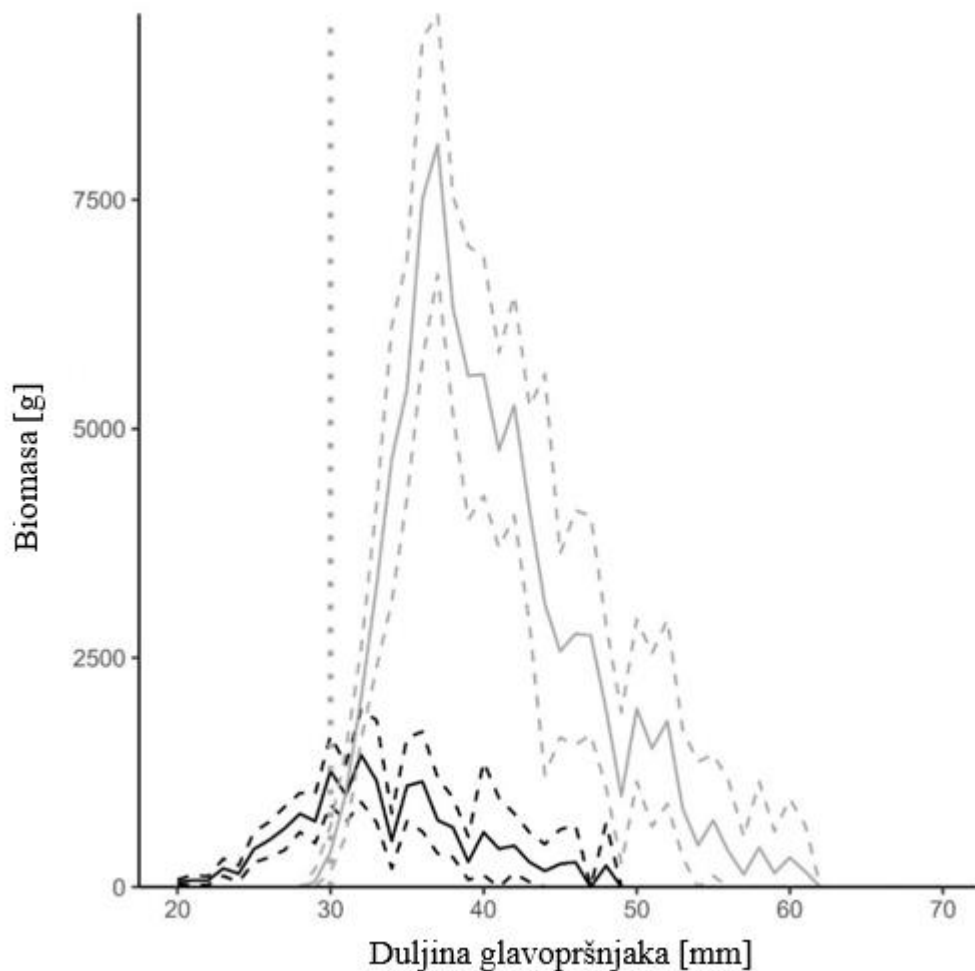


Slika 4.2.2. Dužinska zastupljenost škampa u ulovu vrše i pridnene povlačne mreže koće (a), relativna lovnost vrše (b) te omjer efikasnosti ulova između vrše i koće (c). Krivulja (puna linija) pod a) predstavlja proporciju jedinki duljine DG s pripadajućim 95-postotnim intervalima povjerenja (isprekidane linije) ulovljenim vršama (siva) i pridnenom povlačnom mrežom kočom (crna); vertikalna točkasta siva linija predstavlja MCRS za škampa. Krivulje (pune linije) pod b) i c) predstavljaju srednje vrijednosti relativne lovnosti vrše (b) i omjera efikasnosti ulova između koće i vrše (c) s pripadajućim 95-postotnim intervalima povjerenja (isprekidane linije). Točke u grafu pod b) predstavljaju eksperimentalne podatke za svaki dužinski razred.

Tablica 8. Indeksi kakvoće prilagodbe modela usporedbe relativne lovnosti vrše i pridnene povlačne mreže koće $cc(DG, \nu)$ eksperimentalnim podacima: p-vrijednost, devijanca i DOF (stupnjevi slobode).

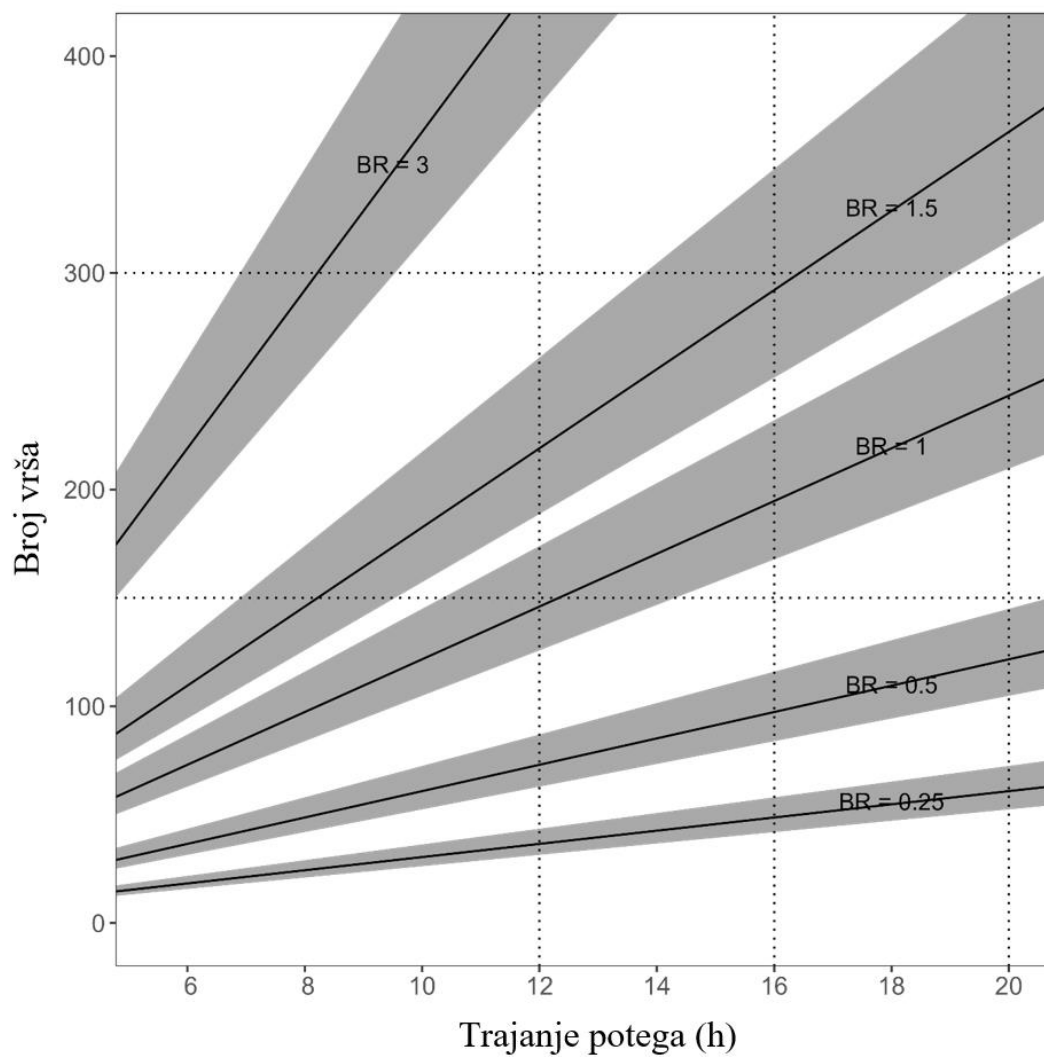
Parametar	Vrijednost
p-vrijednost	0,9113
devijanca	34,55
DOF	47

S obzirom da se u ribarstvu i među ribarima u praksi više koristi masa kao mjerna jedinica ulova, na slici 4.2.3. je prikazana dužinska distribucija biomase škampa ulovljenog vršama i pridnenom povlačnom mrežom koćom u eksperimentalnom ribolovu na moru. Sa slike 4.2.3. se jasno vidi da vrše love značajno veću količinu škampa iznad 31 mm DG, što premašuje prethodno utvrđenu vrijednost $DG50_{ribar}$ (duljina DG pri kojoj je 50 % jedinki te duljine ulovljeno vršom i zadržano od strane ribara tijekom procesa sortiranja) koja je ranije određena u poglavlju 4.1.2.



Slika 4.2.3. Duljinska distribucija biomase škampa ulovljenih vršama (pune sive linije) i pridnenom povlačnom mrežom kočom (pune crne linije) s pripadajućim 95-postotnim intervalima povjerenja (isprekidane linije). Vertikalna točkasta siva linija označava duljinu $DG50_{ribar}$ (30 mm) - ribarevu selekciju koja je ranije određena u poglavlju 4.1.

Prosječne vrijednosti biomase dobivene iz eksperimentalnih podataka ulova vrše i pridnene povlačne mreže kočice omogućile su određivanje omjera ulova biomase između ta dva alata za različite kombinacije ribolovnog napora, odnosno broja vrša i trajanje potega tijekom jednog ribolovnog dana (Slika 4.2.4.). Iz slike 4.2.4. može se vidjeti da ribar koji koristi 300 vrša može uloviti veću količinu škampa u usporedbi s ribarom koji kočari 20 sati. Međutim kad bi ribar u ribolovu škampa koristio kočicu koja je 50 % efikasnija u ulovu od kočice koja je korištena u ovom eksperimentu, vrijeme trajanje potega potrebno da nadmaši ulov ostvaren s 300 vrša smanjio bi se na približno 16 sati.



Slika 4.2.4. Omjer ulova biomase (BR) za različite kombinacije broja vrša i vremena trajanja potega pridnene povlačne mreže koće (crne izolinije) s pripadajućim 95-postotnim intervalima povjerenja (siva područja).

4.2.4. Utjecaj vrše i pridnene povlačne mreže kočice na stupanj oštećenja škampa te mužjake, ženke bez jaja na zatku i ženke s jajima na zatku

Ukupno je komercijalnim vršama ulovljeno 2229 jedinki škampa, od čega je 107 jedinki nedostajalo jedno od kliješta a 19 jedinki oba kliješta. Ulov se sastojao od 975 mužjaka i 1254 ženke škampa, od kojih je 267 imalo vidljiva jaja na zatku (Tablica 9).

Tablica 9. Ukupni broj jedinki škampa, jedinki bez jednog kliješta, bez dva kliješta, mužjaka, ženki i ženki s vanjskim jajima koji su ulovljeni komercijalnim vršama pojedinog ribolovnog dana.

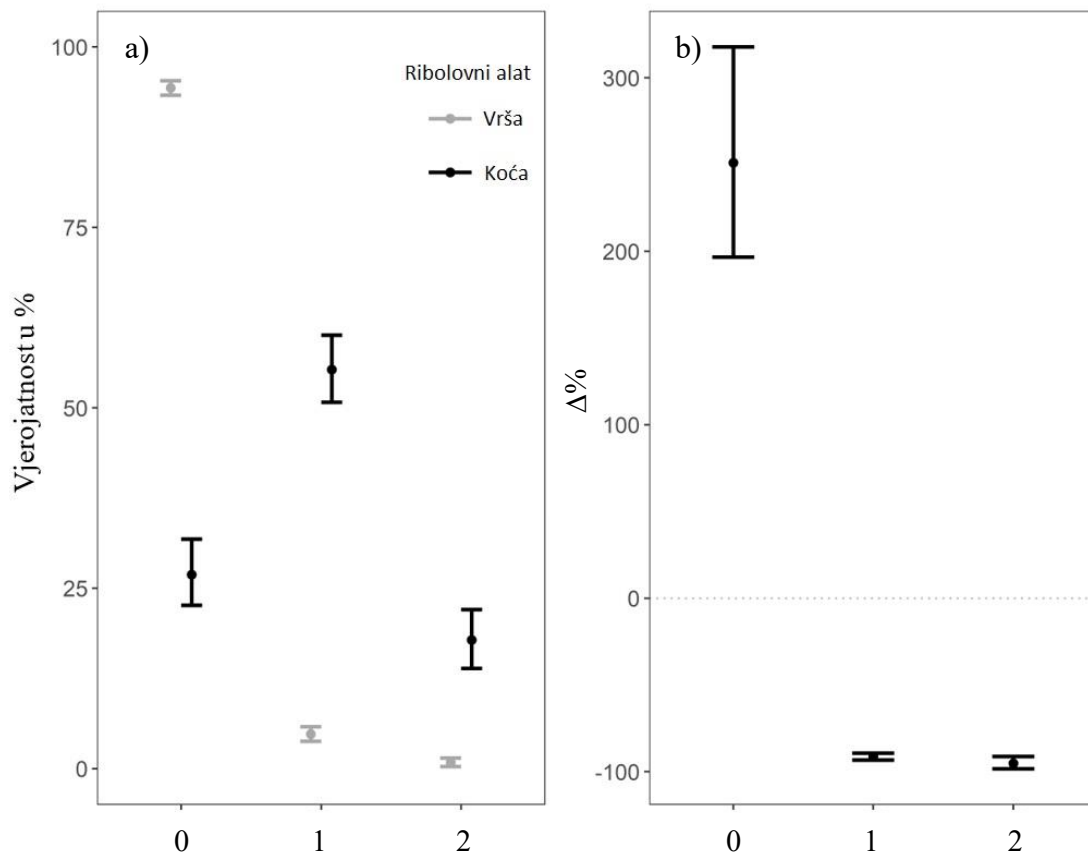
Datum	9.9.2021.	10.9.2021.	11.9.2021.	12.9.2021.	13.9.2021.
Broj jedinki škampa	475	391	497	427	439
Bez jednog kliješta	27	17	25	20	18
Bez dva kliješta	0	5	5	3	6
Mužjaci	204	167	232	198	174
Ženke	206	173	211	189	208
Ženke s vanjskim jajima	65	51	54	40	57

Pridnenom povlačnom mrežom kočicom ukupno je ulovljeno 785 jedinki škampa od čega su 434 jedinke bile bez jednog kliješta, a 104 jedinke bez oba kliješta. Ulov se sastojao od 367 mužjaka i 365 ženki od čega su 53 jedinke imale vidljiva vanjska jaja na zatku (Tablica 10).

Tablica 10. Ukupni broj jedinki škampa, jedinki bez jednog kliješta, bez dva kliješta, mužjaka, ženki i ženki s vanjskim jajima koji su ulovljeni pridnenom povlačnom mrežom kočicom pojedinog ribolovnog dana.

Datum	9.9.2021.	10.9.2021.	11.9.2021.	12.9.2021.	13.9.2021.
Broj jedinki škampa	148	150	181	144	162
Bez jednog kliješta	89	78	106	76	85
Bez dva kliješta	21	25	32	23	39
Mužjaci	59	69	92	76	71
Ženke	81	74	77	56	77
Ženke s jajima	8	7	12	12	14

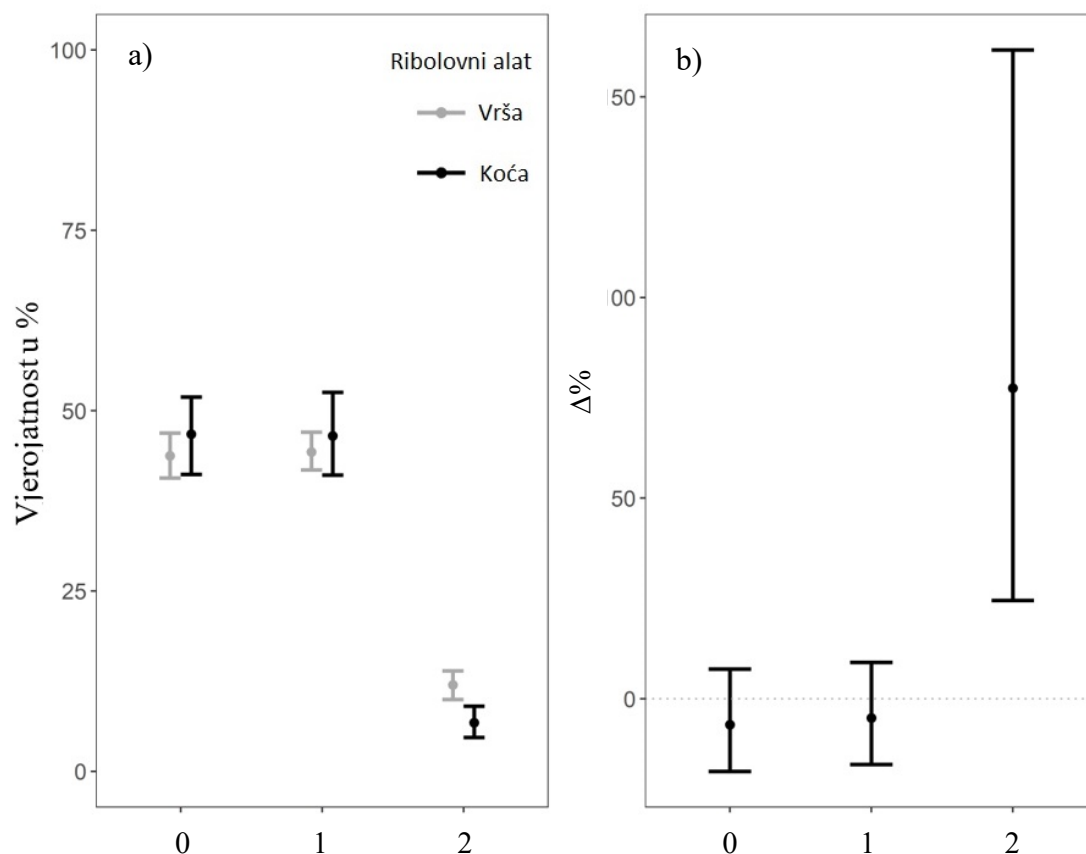
Utjecaj korištenih ribolovnih alata, komercijalne vrše i pridnene povlačne mreže kočice na kvalitetu škampa određen je na temelju zabilježenog stupnja oštećenja škampa (0-neoštećeni, 1-bez jednog kliješta i 2-bez oba kliješta) u ulovu pojedinog alata. Na slici 4.2.5a prikazane su srednje vrijednosti za vjerojatnost ulova škampa određenog stupnja oštećenja te na slici 4.2.5b povećanje vjerojatnosti ulova škampa određenog stupnja oštećenja pri prelasku ribara iz kačarskog ribolova na ribolov vršom. Eksperimentalno dobivene srednje vrijednosti za vjerojatnost ulova neoštećenog škampa, bez jednog i bez oba kliješta komercijalnim vršama iznosile su 94,3 % (95 % IP: 93,3–95,3), 4,8 % (95 % IP: 3,8–5,8) i 0,86 % (95 % IP: 0,3–1,49). Dok su navedene vrijednosti za pridnenu povlačnu mrežu kočicu iznosile 26,8 % (95 % IP: 22,6–31,8), 55,2 % (95 % IP: 50,8–60,1) i 17,8 % (95 % IP: 14–22). Sa slike 4.2.6a je jasno vidljiva statistički značajna razlika u vjerojatnostima ulova škampa različitog stupnja oštećenja između vrše i kočice (nema preklapanja 95-postotnih intervala povjerenja). Utvrđena je 251 % veća vjerojatnost ulova neoštećenog škampa vršama u odnosu na pridnenu povlačnu mrežu kočicu (slika 4.2.6b). Dok je vjerojatnost ulova škampa bez jednog i bez oba kliješta bila 91,32 % (95 % IP: -93,23–(-89,26)) i 95 % (95 % IP: -98,26–(-91,20)) manja za vrše u usporedbi s pridnenom povlačnom mrežom kočicom (slika 4.2.5b). Sve navedene postotne razlike su statistički značajne jer 95-postotni intervali povjerenja ne prelaze baznu liniju, odnosno ne uključuju nulu (Slika 4.2.5b).



Slika 4.2.5. a) Vjerojatnost ulova neoštećenog škampa (0), bez jednog kliješta (1) i bez oba kliješta (2) komercijalnim vršama (sivo) i pridnenom povlačnom mrežom kočom (crno). b) Postotna promjena vjerojatnosti ulova škampa pojedinog stupnja oštećenja između dva ribolovna alata (vrše su referentna vrijednost). Vodoravna isprekidana siva linija označava baznu liniju (bez razlike između alata). Srednje vrijednosti označene su točkama, dok vertikalne linije prikazuju pripadajuće 95-postotne intervale pouzdanosti.

Utjecaj korištenih ribolovnih alata, komercijalne vrše i pridnene povlačne mreže kočice na mužjake (0), ženke bez (1) i sa vidljivim vanjskim jajima (2) prikazan je na Slici 4.2.6. Eksperimentalno dobivene srednje vrijednosti za vjerojatnost ulova mužjaka, ženki bez i sa vidljivim jajima komercijalnim vršama iznosile su 43,7 % (95 % IP: 40,7–46,9), 4,3 % (95 % IP: 1,8–47,0) i 11,9 % (95 % IP: 10–14). Dok su navedene vrijednosti za pridnenu povlačnu mrežu kočicu iznosile 46,8 (95 % IP: 41,2–52), 46,5 % (95 % IP: 41,1–52,5) i 6,8 % (95 % IP: 4,7–9). Slika 4.2.6a ukazuju na sličnu vjerojatnost ulova mužjaka i ženki bez vanjskih jajica između komercijalne vrše i pridnene povlačne mreže kočice. Međutim, za ženke s vanjskim jajima utvrđena je statistički značajno veća vjerojatnost ulova komercijalnim vršama (95-

postotni intervali povjerenja se preklapaju). Na slici 4.2.6b vidljivo je značajno povećanje ulova ženki s vanjskim jajima komercijalnim vršama (77,42 % (95 % IP: 24,51–161,7)) u odnosu na koću (95-postotni intervali povjerenja ne uključuju nulu).



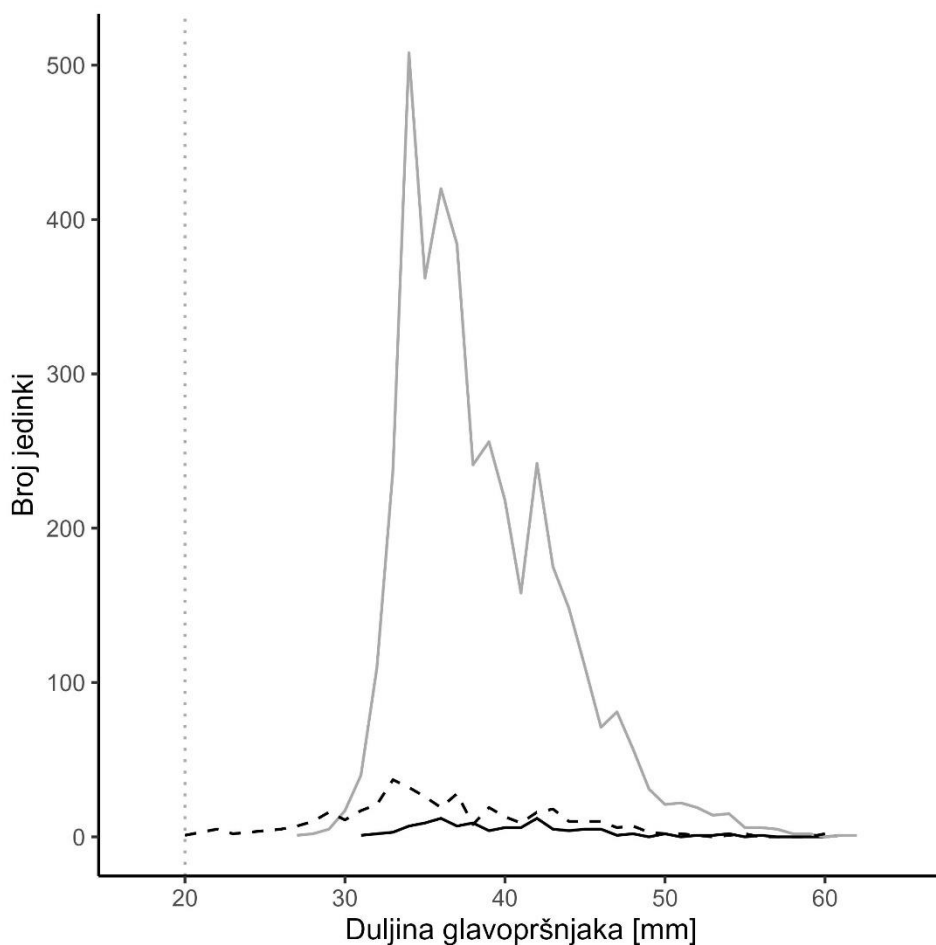
Slika 4.2.6. a) Vjerojatnost ulova mužjaka (0), ženke bez vanjskih jaja (1) i ženke sa vidljivim vanjskim jajima (2) komercijalnim vršama (sivo) i pridnenom povlačnom mrežom kočom (crno). b) Postotna promjena vjerojatnosti ulova između dva ribolovna alata (vrše su referentna vrijednost). Vodoravna isprekidana siva linija označava baznu liniju (bez razlike između alata). Srednje vrijednosti označene su točkama, dok vertikalne linije prikazuju pripadajuće 95-postotne intervale pouzdanosti.

4.3. Usporedba učinkovitosti ulova škampa i selektivnosti eksperimentalne vrše sa šest vršnjaka i komercijalne vrše s dva vršnjaka

Ribolov eksperimentalnim, komercijalnim i kontrolnim vršama za potrebe ovog eksperimenta obavljan je ukupno šest dana. Svakog dana izmjeren je ulov sedam komercijalnih parangala te jednog eksperimentalnog i jednog kontrolnog parangala. Ukupno je ulovljeno 3278 jedinki škampa (Tablica 11). Prosječna dubina na ribolovnom području iznosila je $79.9 \text{ m} \pm 2,7$). Duljina glavopršnjaka ulovljenih jedinki škampa eksperimentalnim vršama kretala se od 31 mm do 61 mm, a komercijalnim vršama od 27 mm do 60 mm, a kontrolnim 20 do 60 mm. Dužinska distribucija ulovljenih primjeraka škampa eksperimentalnim i komercijalnim i kontrolnim vršama prikazana je na slici 4.3.1.

Tablica 11. Ukupan broj škampa ulovljenih komercijalnim i eksperimentalnim vršama svakog ribolovnog dana.

Datum	Tip vrše	Broj parangala	Broj vrša	Broj jedinki škampa
08/04/2021	komercijalna	7	277	369
	eksperimentalna	1	22	23
	kontrolna	1	29	23
16/04/2021	komercijalna	7	275	439
	eksperimentalna	1	22	15
	kontrolna	1	29	60
20/04/2021	komercijalna	7	278	481
	eksperimentalna	1	22	16
	kontrolna	1	29	93
21/04/2021	komercijalna	7	278	523
	eksperimentalna	1	22	17
	kontrolna	1	29	83
26/04/2021	komercijalna	7	276	421
	eksperimentalna	1	22	23
	kontrolna	1	29	76
05/06/2021	komercijalna	7	277	551
	eksperimentalna	1	22	14
	kontrolna	1	29	51

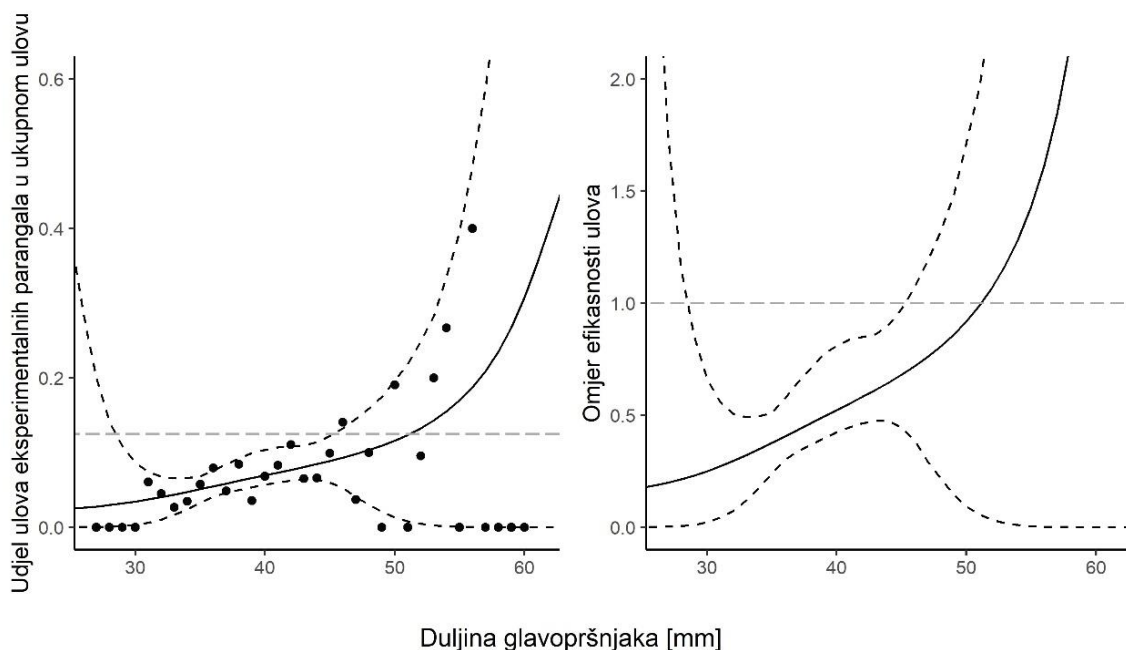


Slika 4.3.1. Dužinska distribucija škampa ulovljenih eksperimentalnim (puna crna linija), komercijalnim (puna siva linija) i kontrolnim vršama (isprekidana crna linija), vertikalna isprekidana linija predstavlja MCRS za škampa (20 mm DG).

4.3.1. Usporedba učinkovitosti ulova škampa eksperimentalnim i komercijalnim vršama

Rezultati usporedbe efikasnosti eksperimentalnih i komercijalnih parangala prikazani su na slici 4.3.2. Krivulja $cc(DG, v)$ opisuju udio ulova eksperimentalnih parangala u ukupnom ulovu. Sa slike 4.3.2. je vidljivo da $cc(DG, v)$ model dobro opisuje eksperimentalno dobiveni udio ulova eksperimentalnih parangala u ukupnom ulovu (eksperimentalna+komercijalna), što je potvrđeno i indeksima kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima (Tablica 12). Također je vidljivo da se gornja granica 95-postotnih intervala povjerenja krivulja $cc(DG, v)$ i

$cr(DG, v)$ nalaze ispod bazne linije (vodoravna isprekidana linija) za dužinske razrede škampa od 29 do 45 mm DG, što znači da je eksperimentalni parangal bio statistički značajno manje efikasan u ulovu škampa navedenog raspona dužina u odnosu na komercijalni parangal. Izvan tog raspona ne možemo izvesti nikakav zaključak obzirom da su 95-postotni intervali izrazito široki, što i ne čudi obzirom da je s jednim i drugim vršama jako malo škampa ulovljeno koji su bili manji od 29 mm ili veći od 45 mm (Slika 4.3.1.).



Slika 4.3.2. Udjel ulova škampa eksperimentalnim parangalima u ukupnom ulovu (lijevo) i omjer efikasnosti ulova između eksperimentalnog i komercijalnog parangala (desno) za svaku duljinu škampa DG. Točke predstavljaju eksperimentalne podatke za svaki dužinski razred, isprekidane crne linije predstavljaju 95-postotne intervale povjerenja, vodoravna isprekidana siva linija predstavlja baznu vrijednost prema kojoj se utvrđuje postoji li razlika u efikasnosti ulova između eksperimentalnih i komercijalnih parangala.

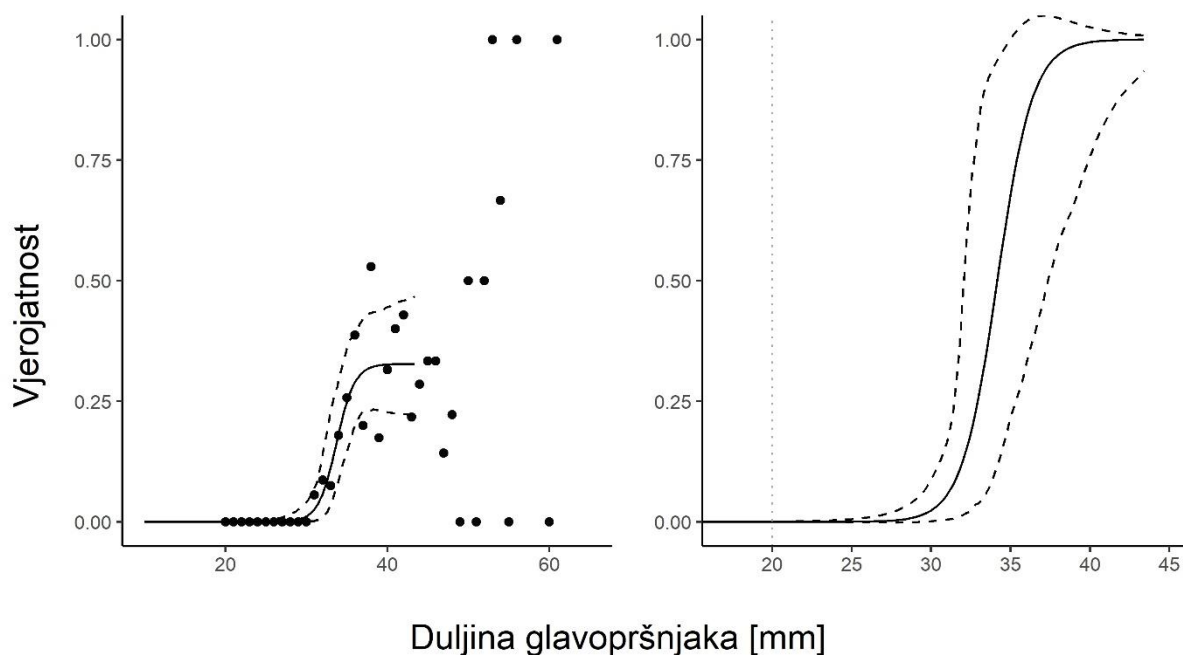
Tablica 12. Indeksi kakvoće prilagodbe modela $cc(DG, v)$ eksperimentalnim podacima. DOF: stupnjevi slobode.

	Vrijednost
p -vrijednost	0,3038
devijanca	33,4
DOF	30

Vrijednost cr_{avr+} iznosi 49,29 % (95% IP: 42,00–62,89) što ukazuje na to da je vjerojatnost ulova škampa duljine glavopršnjaka iznad $DG50_{ribar}$ značajno niža u eksperimentalnim vršama u usporedbi s komercijalnim vršama.

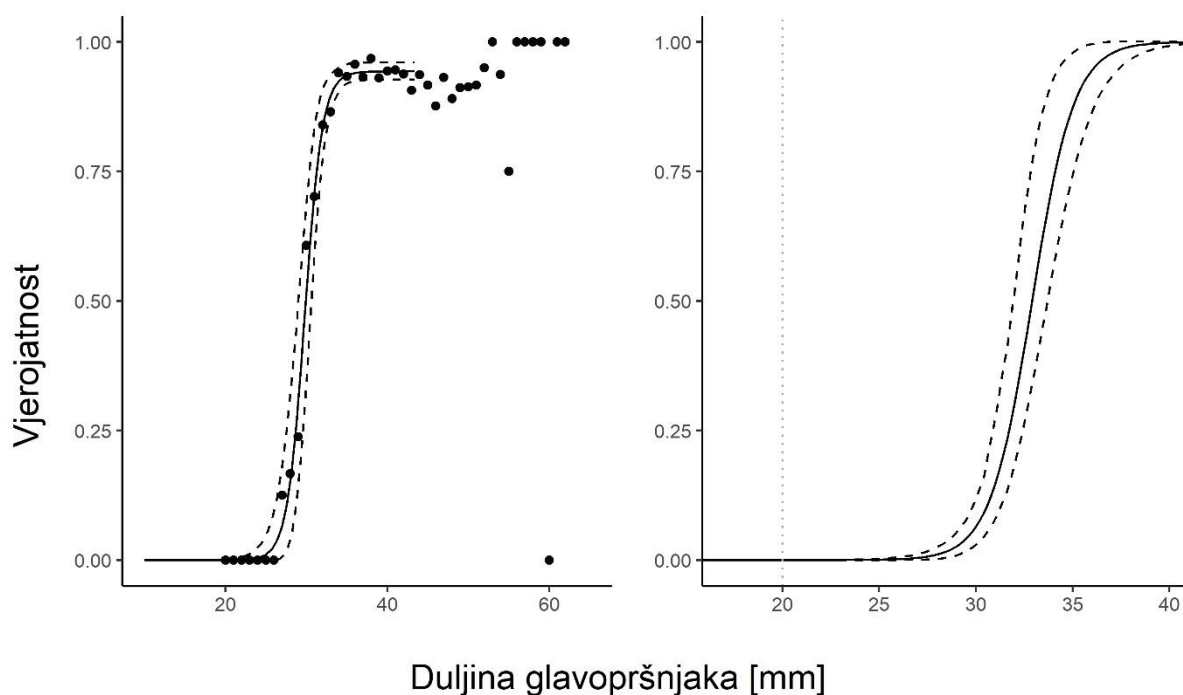
4.3.2. Usporedba selektivnosti eksperimentalnih i komercijalnih vrša

Analiza selektivnosti eksperimentalne i komercijalne vrše veličine oka mrežnog tega 20 mm (duljina jedne stranice oka) provedena je u dva koraka, kao što je prikazano u rezultatima analize selektivnosti komercijalne vrše veličine oka mrežnog tega 18 mm u Poglavlju 4.1.1. Seleksijska krivulja eksperimentalne i komercijalne vrše prikazane su na Slikama 4.3.3. i 4.3.4. *logit* krivulje u oba slučaja dobro opisuju eksperimentalno dobivene podatke, što je potvrđeno indeksima kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima (p -vrijednosti $> 0,05$; povoljan omjer devijance i stupnjeva slobode) (Tablica 13). Razlika u selektivnosti eksperimentalne i komercijalne vrše prikazana je na slici 4.3.5. Na slici je vidljivo kako 95-postotni intervali povjerenja uključuju vrijednost 0,0 za sve dužinske razrede škampa što ukazuje na to da ne postoji statistički značajna razlika u selektivnosti tih dvaju alata.



Slika 4.3.3. Model raspodjele ulova između eksperimentalnih i kontrolnih vrša (lijevo) te pripadajuća seleksijska krivulja (desno). Pune crne točke predstavljaju eksperimentalne

podatke dobivene za svaki dužinski razred škampa. Isprekidane linije predstavljaju 95-postotne intervale povjerenja. Vertikalna siva isprekidana linija predstavlja minimalnu referentnu veličinu očuvanja za škampa (MCRS=20 mm DG).

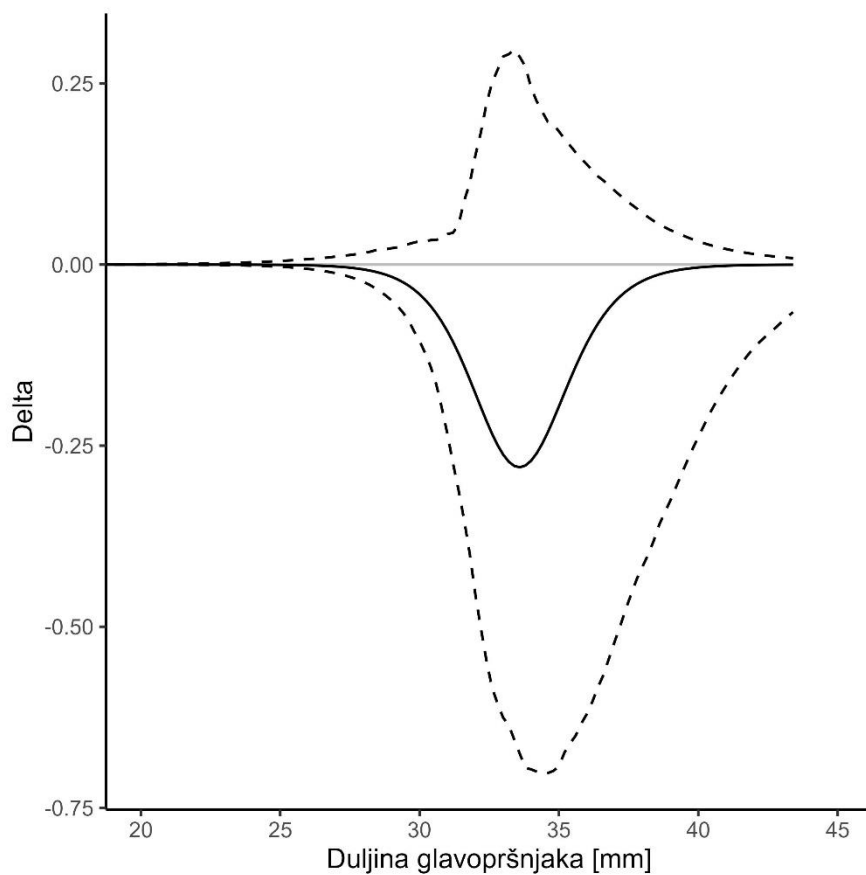


Slika 4.3.4. Model raspodjele ulova između komercijalnih i kontrolnih vrša (lijevo) te pripadajuća selekcijska krivulja (desno). PUNE crne točke predstavljaju eksperimentalne podatke dobivene za svaki dužinski razred škampa. Isprekidane linije predstavljaju 95-postotne intervale povjerenja. Vertikalna siva isprekidana linija predstavlja minimalnu referentnu veličinu očuvanja za škampa (MCRS=20 mm DG).

Tablica 13. Prosječne vrijednosti parametara $DG50$, SR , SP s 95-postotnim intervalima povjerenja (u zagradama) te indeksi kakvoće prilagodbe modela eksperimentalnim podacima p -vrijednost, devijanca i stupnjevi slobode (DOF).

Parametar/Tip vrše	Eksperimentalna	Komercijalna
$DG50$	34,16 (31,84–37,54)	32,90 (31,85–33,61)
SR	2,46 (0,05–5,16)	2,38 (1,61–3,03)
SP	0,33 (0,22–0,47)	0,94 (0,93–0,96)
p -vrijednost	0,861	0,606

devijanca	14,20	18,66
DOF	21	21



Slika 4.3.5. Razlika u vjerojatnosti zadržavanja škampa između parangala s eksperimentalnim i komercijalnim vršama (puna crna linija). Isprekidane linije predstavljaju 95-postotne intervale povjerenja.

5. RASPRAVA

U hrvatskom gospodarskom ribolovu škampa vršom, pravilnikom je definirana najmanja dozvoljena veličina oka u ribolovnoj zoni G 20 mm te 18 mm u ostalim ribolovnim zonama (Anonymus, 2023). Odabir odgovarajuće veličine oka mrežnog tega trebao bi doprinijeti održivom upravljanju škampom te bi idealno bilo kad bi alat zadržavao samo ciljane veličine škampa, a istodobno omogućio bijeg nedoraslim jedinkama čija je duljina ispod minimalne referentne veličine za očuvanje škampa (MCRS = 20 mm DG). Dok su u ulovima pridnene povlačne mreže koće na Jadranu zabilježene jedinke ispod MCRS, u ulovima vrša, neovisno o veličini oka mrežnog tega do sad nije zabilježena prisutnost nedoraslih jedinki (Morello i sur., 2009; Brčić i sur., 2018a). Vrijednosti selekcijskih parametara ($DG50_{vrša}$ i $SR_{vrša}$) dobivenih za ispitivanu komercijalnu vršu veličine oka 18 mm dobivenih u ovom radu iznosili su $DG50_{vrša} = 26.9$ mm (95 % IP: 26,1–27,5) i $SR_{vrša} = 1,24$ mm (95 % IP: 0,62–1,70). Mala vrijednost parametra $SR_{vrša}$ te uski intervali povjerenja oba parametra ukazuju na oštru i preciznu selekciju, što je donekle i očekivano obzirom da je mrežni teg čvrsto razapet preko metalnog okvira vrše te se geometrija oka tijekom ribolova ne mijenja (Brčić i sur., 2018a). Osim toga, kruti egzoskelet škampa se ne deformira prilikom prolaska škampa kroz oko mrežnog tega te škamp nema dovoljnu snagu da promijeni oblik mrežnog tega (Brčić i sur., 2018b). Kod tako oštire i precizne selekcije, kakva je utvrđena u ovom istraživanju, promjenom veličine oka mrežnog tega moguće je utjecati na selektivnost i eksploatacijski obrazac vrše. Dobivena vrijednost parametra $DG50_{vrša} = 26,9$ mm (95 % IP: 26,1–27,5) za komercijalnu vršu u ovom radu je značajno manja od vrijednosti $DG50_{vrša} = 31,8$ mm (95 % IP: 17,8–33,2) koju su Brčić i sur. (2018a) naveli za vršu veličine oka mrežnog tega od 20 mm (95-postotni intervali povjerenja se ne preklapaju), no i dalje je vrijednost $DG50_{vrša}$ dobivena u ovom eksperimentu značajno veća od minimalne referentne veličine za očuvanja škampa (MCRS= 20 mm DG). To ukazuje na odstupanje od eksploatacijskog obrasca koji podrazumijeva zadržavanje svih jedinki iznad MCRS-a. Međutim, unatoč tome što su sve jedinke škampa ulovljene komercijalnom vršom u ovom eksperimentu imale duljinu glavopršnjaka veću od 20 mm i što je vrijednost parametra $DG50_{vrša}$ bila značajno veća od MCRS-a za škampa, ribar je i dalje odbacivao određeni dio škampa. Odbacivanje u ovom slučaju nije bilo prouzrokovano regulativom, obzirom da je $DG50_{ribar} > DG50_{vrša} > \text{MCRS}$. Prema navodima ribara (G. Peranić, osobna komunikacija), razlog odbacivanja je niža tržišna vrijednost manjih primjeraka škampa, što nije prvi put zabilježeno obzirom da su do sličnog zaključka došli Catchpole i sur. (2005) analizom odbacivanja škampa ulovljenog pridnenom povlačnom mrežom kočom na području

sjeveroistočne obale Velike Britanije. Interesantno je da, unatoč kratkom vremenu kojeg ribar ima za procjenu veličine svakog škampa te donošenje odluke hoće li ga zadržati ili odbaciti, mala vrijednost parametra SR_{ribar} od 1,31 mm (95 % IP: 1,08–1,51) te uski intervali povjerenja dobiveni za $DG50_{ribar} = 29.62$ mm (95 % IP: 29,46–29.77) i SR_{ribar} ukazuju na oštru i preciznu selekciju drugog selekcijskog procesa. Ipak, treba napomenuti da je selektivnost ribara u ovom istraživanju procijenjena za samo jednog ribara pa se može razlikovati među različitim ribarima, a moguće su i varijacije u selektivnosti ribara tijekom sezone ovisno o tržišnoj vrijednosti škampa.

Prema Pravilniku o obavljanju gospodarskog ribolova na moru mrežama stajaćicama, klopkastim, udičarskim i probodnim ribolovnim alatima te o ribolovu tramatom (Anonymus, 2023), u ribolovu škampa vršom dozvoljeno je odstupanje od idealnog kvadratnog oblika oka mrežnog tega od najviše 10 %. Međutim, rezultati simulacije su pokazali da za raspon kutova od 81° do 90° , što odgovara ± 10 % odstupanju od idealnog kvadratnog oblika, nije zabilježena značajna razlika u vjerojatnosti zadržavanja škampa $>DG50_{ribar}=29,62$ ($nP-$, $nP+$) te vjerojatnosti odbacivanja škampa $<DG50_{ribar}$ ($nDRatio$). Na temelju toga se može zaključiti da je regulacija po pitanju dopuštenog odstupanja od idealnog kvadratnog oblika oka mrežnog tega veličine 18 mm opravdana. Sličan zaključak su donijeli Brčić i sur. (2018b) za vrše u zoni G (veličina oka 20 mm), gdje su utvrdili da se selektivnost vrše ne bi značajno promijenila čak ni pri dodatnom smanjenju kuta između susjednih stranica za do 30° .

Prema rezultatima ovog istraživanja, vrše veličine oka 20 mm zadržavaju zanemariv broj organizama manjih od $DG50_{ribar} = 29,62$ u usporedbi s vršama veličine oka 18 mm. Što znači da bi se upotrebom vrša veličine oka mrežnog tega 20 mm na ispitivanom području, omogućio bijeg većini jedinki škampa neciljane veličine tijekom prvog selekcijskog procesa, odnosno za vrijeme dok je vrša postavljena na morskom dnu. Na takav je način moguće eliminirati potrebu za dodatnim sortiranjem škampa na palubi broda. Jednostavnom zamjenom mrežnog tega vrše veličine oka 18 mm s tegom veličine oka 20 mm smanjilo bi se odbacivanje škampa te potencijalno neželjeni mortalitet odbačene lovine prouzrokovan nepotrebnim izlaganjem škampa atmosferskim utjecajima, što je već i zabilježeno u različitim studijama (Campos i sur., 2015; Albalat i sur., 2016; Fox i sur., 2020; García-De-Vinuesa i sur., 2020). Osim toga, jedinke koje se vraćaju u more često postaju lak plijen morskim pticama (Evans i sur., 1994; Eskelund i sur., 2019) i drugim predatorima na putu prema morskom dnu, čime smanjuje mogućnost njihovog preživljavanja i budućeg doprinosa obnovi populacije. Povećanjem veličine oka mrežnog tega, ribar koji inače koristi vrše veličine oka 18 mm mogao bi kratkoročno pretrpjeti financijske gubitke zbog troška nastalog uslijed promijene mrežnog

tega na svim vršama, ali bi dugoročno ostvario željeni eksploatacijski obrazac i održivije gospodarstvo populacijom škampa na ispitivanom lovištu. Štoviše, danas su dostupne različite mjere Europske unije u svrhu uspostave održivog ribolova koje podržavaju projekte o alternativnim alatima koji povećavaju selektivnost ili smanjuju na najmanju moguću mjeru negativan utjecaj ribolovnih aktivnosti na morski okoliš (Uredba Europskog Parlamenta i Vijeća (EU) br. 1380/2013, Uredba Vijeća (EZ) br. 1241/2019). Ribarima se putem Europskog fonda za pomorstvo i ribarstvo (EMFF) pruža financijsku podršku prilikom prelaska na selektivnije ribolovne alate, čime se olakšava provedba održivih praksi i smanjuje ekonomski teret prilagodbe. Primjerice, ribar s kojim su provedena istraživanja u ovoj disertaciji je nakon prezentacije rezultata prvog eksperimenta (Poglavlje 4.1.) dobrovoljno povećao veličinu oka mrežnog tega na svojim vršama s 18 mm na 20 mm, a nakon njega su drugi ribari iz ribarske zadruge „Velebitski škampioni“ aplicirali na natječaj Operativnog programa za pomorstvo i ribarstvo (OPPR) te im je putem mjere I.1. Inovacije financirana nabava vrša s veličinom oka mrežnog tega 20 mm.

Metodologija koja je korištena u ovom istraživanju omogućila je određivanje ukupne selekcije populacije škampa u ribolovu vršom tako što je po prvi put uz selekciju škampa koja se odvija u moru (dok vrša leži na morskom dnu), određena i selekcija škampa koja se odvija na palubi broda prilikom procesa sortiranja. Navedena metoda prethodno je primijenjena u ribolovu pridnenom povlačnom mrežom kočom (Mytilineou i sur., 2018; 2020; 2021a; 2021b), a ovim radom je potvrđeno da se može primijeniti i u drugim vrstama ribolova gdje se proces selekcije odvija u moru i na palubi ribarskog broda. Poznavanje oba selekcijska procesa pruža vrijedne informacije regulatornim tijelima za donošenje mjera kojim će se izbjeći odbacivanje ulova te bi buduća istraživanja selektivnosti alata trebala, gdje god je to moguće, uključiti oba procesa te postati standard u istraživanjima ukupne selekcije populacije jedne ili više vrsta u određenom ribarstvu.

Međutim, ono što je specifično za mnoge gospodarski važne vrste, pa tako i za škampa, jest što se ne izlovljava samo vršama, već i pridnenom povlačnom mrežom kočom (Lucchetti i sur., 2021; Patetta i sur., 2022). Ono što je poznato je da ta dva alata u potpunosti na drukčiji princip love škampa (Aguzzi i Sardà., 2008; Bjordal, 1986), zbog čega se i njihov stupanj utjecaja na okoliš razlikuje (Ziegler i Valentinsson, 2008; Eno i sur., 2001). Osim toga, često se javlja konflikt među ribarima koji izlovljavaju škampa različitim ribolovnim alatima na istom ribolovnom području, pa se posljednjih godina u sve više država nastoji kočare udaljiti na otvoreno more, a obalna područja rezervirati za ribolov škampa vršom (Leocadio i sur., 2012; Unfgors i sur., 2013; Søvik i sur., 2016; Eichert i sur., 2018). Područje na kojem su obavljena

istraživanja za potrebe izrade ovog rada je specifično po tome što se svake godine u određenom vremenskom periodu na navedenom području ribolov škampa istodobno odvija s oba alata te ga to čini idealnim područjem za provedbu usporedbe ribolova škampa navedenim alatima.

Usporedbom ulova vrše i pridnene povlačne mreže kočice utvrđene su značajne razlike u kvalitativnom i kvantitativnom sastavu ukupnog, zadržanog i odbačenog dijela ulova. Iako je škamp bio najzastupljenija vrsta u ulovu oba alata, vrše su se pokazale kao puno učinkovitiji alat u izlovu ciljane vrste jer je škamp činio 80 % ukupnog ulova, dok je udio škampa u ukupnom ulovu kočice iznosio svega 23 %. Veliki broj drugih vrsta u ukupnom ulovu kočice može se pripisati nesavršenoj selekciji kočice te samoj prirodi ribolova koja cilja više vrsta istodobno (Ungfors i sur., 2013). Nakon procesa sortiranja, 98 % zadržanog ulova vršara činio je škamp, dok je kod kočice škamp sačinjavao svega 39 % zadržanog ulova. Frakcija odbačenog ulova još je više naglasila razliku između dvaju alata. Za ulov 761 jedinki škampa kočica je odbacio čak 1416 jedinki 30 različitih vrsta, dok je u ribolovu vršom ulovljeno 2229 jedinki škampa, a odbačeno 591 jedinki 10 različitih vrsta, od čega je rakovica loptašica *L. depurator* činila čak 90 % odbačenog ulova. Rakovica loptašica je česta vrsta u prilovu oba alata (Brčić i sur., 2018a; Patetta i sur., 2023) s tim da je u ribolovu vršom ribari znaju koristiti i kao mamac u kombinaciji sa šarunom *T. trachurus* (G. Peranić, osobna komunikacija) ili haringom *Clupea harengus* (Andersson, 2014). Veliki broj odbačenih vrsta iz ulova kočice u odnosu na vršu nije iznenađujući, slično je zabilježeno u ranijim istraživanjima na Jadranu (Morello i sur., 2009) te u drugim Europskim ribolovnim područjima (Ziegler i Valentinsson, 2008; Marques, 2015). Uzimajući u obzir mali udio škampa u ukupnom ulovu kočice na istraživanom području (39 %), postavlja se pitanje ekonomske opravdanosti takve vrste ribolova, ako bi se promatrala isključivo s aspekta ciljanog ulova škampa. Dok se poslovanje vršara u potpunosti oslanja na ulov jedne ciljane vrste (škampa), financijska korist kočice ne dolazi samo od škampa već i od drugih gospodarski važnih vrsta koje može plasirati na tržište. Za pretpostaviti je da unatoč malim ulovima škampa, rastuće cijene gospodarski važnih vrsta poput lignji (*Loligo* spp.), oslića (*Merluccius merluccius*) i crnog muzgavca (*Eledone moschata*) (FAO-GLOBEFISH, 2021) dodatno motiviraju ribare na nastavak ribolovnih aktivnosti.

Rezultati usporedbe učinkovitosti ulova vrše i pridnene povlačne mreže kočice ukazuju na značajne razlike u eksploatacijskom obrascu ta dva alata. Dok su u ulovima pridnene povlačne mreže kočice zabilježene jedinke čija je duljina (*DG*) ispod MCRS-a, vrše su lovile isključivo jedinke iznad MCRS, što je očekivano s obzirom na preciznu selekciju vrše veličine oka mrežnog tega 20 mm (Brčić i sur., 2018a), koju je ribar koristio u ovom eksperimentu. Općenito, vrše su poznate po ulovu većih jedinki škampa u usporedbi s kočicom te je sličan

obrazac zabilježen i na drugim ribolovnim područjima u Jadranu, Portugalu i Švedskoj. (Portugal - Marques, 2015; Leocadio i sur., 2012; Švedska - Janson, 2008; Srednji Jadran - Morello i sur., 2009). Učinkovitost vrše u izlovu većih jedinki škampa može predstavljati prednost za ribolov škampa vršom jer veće jedinke često postižu i višu cijenu na tržištu (Leocadio i sur., 2012; Eichert i sur., 2018; FAO-GLOBEFISH, 2021) te je za isti prihod potrebna manja količina škampa (Ungfors i sur., 2013; Eichert i sur., 2018). Iako, selekcija prema većim jedinkama u intenzivno iskorištavanim ribolovnim područjima može potencijalno dovesti do prelova odraslih jedinki i dovesti do smanjenja reproduktivne učinkovitosti vrste (Pauly, 1999).

Prema rezultatima ovog istraživanja, za ulov iste količine škampa koju bi kočar ulovio tijekom 12 sati kočarenja (koćom identičnoj onoj korištenoj za potrebe izrade ovog rada), dovoljno je dnevno loviti s 150 vrša. Što bi značilo da se ista količina škampa može eksploatirati selektivnijim alatom i samim time smanjiti negativan utjecaj kočice na pridnene zajednice (Ziegler i Valentinsson, 2008). Nadalje, prelaskom ribara s ribolova škampa kočicom na ribolov vršom potencijalno bi se smanjila potrošnja goriva, jer su plovila koja koriste vrše manjih dimenzija (do 15 m dužine) i obavljaju ribolov na područjima blizu obale (Ungfors i sur., 2013; Søvik i sur., 2016; Leocadio i sur., 2012; Eichert i sur., 2018). Pored toga, Europska unija sama potiče oživljavanje tradicionalnog i malog ribolova te pruža financijsku podršku ribarima kroz fondove poput Europskog fonda za pomorstvo i ribarstvo (EMFF) kako bi zaštitila obalna područja. Prikazani rezultati mogu poslužiti tijelima upravljanja u stvaranju novih strategija za ribolov škampa, posebno u promicanju vrša kao alternativnih alata.

Važno je napomenuti da su rezultati usporedbe ulova iz ovog istraživanja specifični za područje obavljanja eksperimentalnog ribolova koje podliježe posebnoj prostornoj i vremenskoj regulaciji (Anonymus, 2022). Zapadni dio Velebitskog kanala povremeno je zatvoren za pridnenu povlačnu mrežu kočicu te ribari koji love vršama tijekom ljetnih mjeseci dobrovoljno premještaju svoje vrše kako bi omogućili pristup pridnenoj povlačnoj mreži kočice. S druge strane, istočni dio kanala zatvoren je za ribolov pridnenom povlačnom mrežom kočicom tijekom cijele godine od 1997., te se škamp tu izlovljava samo upotrebom vrša. Stoga, visoka ribolovna efikasnost vrša u ovom istraživanju može biti rezultat različitih regulacija ribolova u susjednim područjima. Iako je eksperimentalni ribolov u ovom istraživanju proveden na način da je većina vrša polagana odmah do područja obavljanja kočarskog ribolova (Slika 3.3.1.), poznato je da se škampi ne udaljavaju previše od svojih rupa (Power i sur., 2019; Chapman i Rice, 1971), tako da drugačija regulacija može imati utjecaj na količinu dostupnog škampa za ribolov na pojedinom ribolovnom području.

Iz literature je poznato je da su škampi ulovljeni vršom često neoštećeni ili živi (Bergmann i sur., 2001; Merder i sur., 2020, Adey, 2007), a to je potvrđeno i rezultatima ovog istraživanja. Čak 94 % (95 % IP: 93–95) jedinki iz ulova vršom je bilo neoštećeno. Vjerojatnost ulova škampa bez jednog ili oba kliješta bile su značajno veće za škampa iz pridnene povlačne mreže koće nego iz vrše. To se može objasniti dugim trajanjem potega (~5 sati) u ovom eksperimentu, tijekom kojeg može doći do pojačanog kontakta između jedinki i alata (Evans i sur., 1994; Ridgway i sur., 2006; Milligan i sur., 2009) . Evans i sur. (1994) su pokazali da se udio ozlijeđenih jedinki škampa u ulovima pridnene povlačne mreže koće povećava sa 28 % kod potega u trajanju 15 min, na 37 % nakon potega od 20 minuta te na čak 59 % nakon potega od 30 minuta. Tijekom kočarskog potega u mreži se istovremeno nađe veliki broj jedinki drugih vrsta te u takvim uvjetima dolazi do fizičkog kontakta sa ulovljenim škampima te gubitka kliješta (Bergmann & Moore, 2001). Nasuprot tome, vrše su pasivan alat gdje nakon postavljanja na morsko dno škamp privučen mirisom mamca ulazi u vršu. Prosječan broj jedinki po vrši je mali pa su međusobni kontakti rijetki, zbog čega većina jedinki ostaje neoštećena (Morello i sur., 2009). Tržišna vrijednost škampa ne ovisi samo o njihovoj veličini, već i o njihovom općem stanju te prisutnosti oba kliješta (Marques, 2015; Søvik i sur., 2016). Gubitak kliješta rezultira gubitkom hemolimfe što može utjecati na nutritivni sastav škampa (Eriksson, 2006), zbog čega današnji kupci pokazuju sve veći interes za neoštećenim i živim jedinkama škampa te su spremni platiti i višu cijenu (Albalat i sur., 2010; Søvik i sur., 2016).

Rezultati ispitivanja također pokazuju značajno veću vjerojatnost ulova ženki s vanjskim jajima u vrši u odnosu na koću (77,42 % (95 % IP: 24,51–161,7)). Uzrok tako velike razlike u udjelu ženki s vanjskim jajima između ta dva alata može se objasniti specifičnim reproduktivnim ponašanjem škampa. Tijekom perioda inkubacije jaja, ženke se zadržavaju u svojim rupama i stoga izostaju iz kočarskih ulova, dok ih s druge strane miris mamca privlači iz rupa u unutrašnjost vrše (Aguzzi i sur., 2007). Ovo se često smatra negativnim aspektom ribolova škampa vršom (Ungfors i sur., 2013), koji bi se mogao umanjiti zabranom iskrcavanja ženki s vidljivim jajima, kao što je to slučaj za vrste poput jastoga (*Palinurus* spp.) i hlapa (*Homarus gammarus*) u Sredozemnom moru (Regulacija (EU) 2019/1241). Neki od ribara s istraživnog područja već su provodili takvu praksu i dobrovoljno vraćali ženke s vidljivim vanjskim jajima nazad u more (G. Peranić, osobna komunikacija), a u vrijeme pisanja ove disertacije ta je praksa postala obavezna u ribolovu škampa vršom (Anonymus, 2024).

Temeljem rezultata ovog istraživanja može se zaključiti da je vrša zaista obećavajuća alternativa kočarskom ribolovu na istraživnom području, osobito ako uzmemo u obzir negativan trend ulova škampa pridnenom povlačnom mrežom kočom, koji je zabilježen u

hrvatskom ribarstvu, ali i drugim Europskim zemljama (Søvik i sur., 2016; Leocadio i sur., 2012; Cardinale i sur., 2012). Vrše su se pokazale učinkovite u ulovu većih i kvalitetnih jedinki škampa s minimalnim utjecajem na druge vrste prisutne na ribolovnom području. Zbog svog malog utjecaja na bioraznolikost, prelazak na ribolov škampa vršom u skladu je sa ciljevima Strategije EU-a za bioraznolikost do 2030. godine (Europska Komisija, 2020) koja naglašava potrebu za održivim ribolovnim praksama i očuvanjem morskih ekosustava. Ipak, važno je napomenuti da je pridnena povlačna mreža koća koja je korištena u ovom eksperimentu bila manjih dimenzija pa je za očekivati da bi veća koća mogla ostvariti veće ulove. Buduća istraživanja bi stoga trebala uključiti koće većih dimenzija te bi uzorkovanje trebalo provoditi tijekom više ribolovnih sezona i na različitim lovištima. Na takav način dobio bi se bolji uvid u razlike između vrše i pridnene povlačne mreže koće.

Iako se vrša čini kao dobra alternativa pridnenom kočarskom ribolovu, zbog manjeg ukupnog ulova u usporedbi s kočom, i dalje je mali broj ribara koristi u ribolovu škampa (Leocadio i sur., 2012; Eichert i sur., 2018; Hammarlund i sur., 2021). Kako bi se potaknula šira primjena vrše, ovim istraživanjem pokušalo se dodatno poboljšati učinkovitost ulova vršom. Budući da je prema Uredbi Europskog Parlamenta i Vijeća (EU) br. 1380/2013 ograničeno povećanje ribolovnog napora, a prema Zakonu o morskom ribarstvu nije dozvoljena upotreba više od 300 vrša u gospodarskom ribolovu škampa (Anonymus, 2023), ribolovnu efikasnost vrše bilo je moguće unaprijediti samo izmjenom njenih konstrukcijsko-tehničkih osobina unutar zakonskih okvira. Prethodna istraživanja o ponašanju škampa te utjecaju okolišnih faktora na aktivnost i kretanje škampa u blizini vrše služili su kao podloga prilikom osmišljavanja odgovarajućeg dizajna nove eksperimentalne vrše. Kod tradicionalnog dizajna vrše za lov škampa s dva vršnjaka, ukoliko jedan od vršnjaka nije postavljen u smjeru strujanja morske struje, postoji velika vjerojatnost da škamp neće pronaći ulaz u vršu te doći do izvora mirisa koji ga je prvobitno privukao (Bjordal, 1986; Adey, 2007). Kako bi se škampu olakšao pronalazak ulaza u vršu, odabran je dizajn eksperimentalne vrše sa šest vršnjaka koji će mu omogućiti ulaz sa svake strane vrše, bez obzira na smjer dolaska. Prilikom odabira konstrukcijsko-tehničkih osobina eksperimentalne vrše uzete su u obzir tehničke specifikacije definirane Pravilnikom o obavljanju gospodarskog ribolova na moru mrežama stajaćicama, klopkastim, udičarskim i probodnim ribolovnim alatima te o ribolovu tramatom (Anonymus, 2023) kao i zahtjevi te preporuke ribara koji izlovljavaju škampa vršama. Tu se prvenstveno misli na dimenzije vrše. Ribari u gospodarskom ribolovu škampa vršom koriste brodice na kojima se s bočne strane nalazi nosač na kojem prenose vrše s jednog ribolovnog područja na drugo. Zbog toga je bilo važno da su eksperimentalne vrše istog oblika i veličine kao

komercijalna vrša, te je zapravo minimalnom izmjenom karakteristika komercijalne vrše izrađena eksperimentalna vrša.

Međutim, rezultati usporedbe učinkovitosti eksperimentalne vrše u odnosu na komercijalnu pokazuju da veći broj vršnjaka ne znači nužno i povećanje učinkovitosti ulova škampa. Iako ranija istraživanja Bjordal (1979; 1986) sugeriraju veću vjerojatnost ulaska škampa zbog lakšeg pronalaska ulaza, eksperimentalne vrše iz ovog istraživanja su bile manje efikasne u odnosu na komercijalne. Jedan od razloga manje učinkovitosti eksperimentalne vrše bi mogao biti potencijalno olakšan ulaz i drugim vrstama, koje mogu prve ući te konzimirati mamac u kratkom vremenu od postavljanja vrše na morsko dno. Vrša bez mamca više ne privlači škampa te samim time postaje manje lovna (Adey i sur., 2008). Slabiju lovnost vrše s većim brojem vršnjaka su zabilježili i Jørgensen i sur., (2017) kod usporedbe lovnosti vrše za ribolov bakalara *Gadus morhua* s jednim i dva vršnjaka, te su razliku u ulovu prepisali većoj stopi bijega iz vrše. Moguće je da veći broj vršnjaka uistinu olakšava škampu pronalazak ulaza u vršu, ali nakon što mamac prestane djelovati, isto tako olakša i pronalazak izlaza iz vrše. Obje vrše, eksperimentalna i komercijalna, presvučene su identičnim mrežnim tegom (duljina jedne stranice 20 mm) pa nije utvrđena razlika u dužinskoj selekciji škampa između ta dva dizajna. Međutim, razlika u učinkovitosti ulova između eksperimentalnih i komercijalnih vrša se smanjuje s povećanjem duljine glavopršnjaka škampa. Iako se ne može sa sigurnošću utvrditi razlog, moguće je da veće jedinke teže ulaze ili bježe kroz otvore vršnjaka. Iz literature je poznato da škamp bježi iz vrše krećući se unazad brzim pokretima repne peraje (Lecoadio i sur., 2012, Adey, 2007), pa je moguće da manje jedinke škampa lakše pogađaju izlaz zbog manjih tjelesnih dimenzija. Ako uzmemo u obzir da je vrijednost $DG99_{vrša} = 43,41$ mm (duljina pri kojoj je 99 % jedinki te duljine ostaje zadržano u vrši) te da škamp veći od te duljine ne može pobjeći kroz otvore oka mrežnog tega, jedini način za bijeg je kroz vršnjake. S obzirom da su oba dizajna vrše bila presvučena identičnim mrežnim tegom, može se pretpostaviti da izraženo slabija učinkovitost eksperimentalne vrše u zadržavanju manjih jedinki proizlazi iz većih mogućnosti bijega škampa $< DG99_{vrša}$ iz eksperimentalne vrše u odnosu na komercijalne vrše, gdje osim kroz otvore oka mrežnog tega, bježe i kroz veći broj vršnjaka. Budući da u ovom eksperimentu nisu korištene podvodne kamere za snimanje, nije bilo moguće precizno odrediti točan uzrok slabije lovnosti eksperimentalnih vrša u usporedbi s komercijalnim vršama. Ipak, dobiveni rezultati ukazuju na to da veći broj vršnjaka nije dobro rješenje te da bi se buduća istraživanja trebala usmjeriti na pronalazak učinkovitih načina za primamljivanje škampa u unutrašnjost vrše kao i mehanizama za sprječavanje izlaska iz vrše. Škotski tip vrše, opisan u Ungfors i sur. (2013) koji u unutrašnjosti ima pregradu i dodatni odjeljak, mogao bi

biti obećavajuće rješenje za povećanje efikasnosti ulova škampa vršom na Jadranu i Mediteranu. Pomoću pregrada i odjeljaka moguće je spriječiti izravan kontakt jedinki škampa koje prilaze vrši te pokušavaju ući, sa već ulovljenim jedinkama. Na takav način bi se potencijalno smanjila i vjerojatnost utjecaja većih i agresivnijih jedinki škampa na manje jedinke, čime bi se i eliminirala potreba manjih jedinki za bijeg iz vrše. Istraživanja su pokazala manju vjerojatnost bijega iz takvog tipa vrše, naročito kad su vrše duže vrijeme u moru (Ungfors i sur., 2013). S obzirom da mamac ima ključnu ulogu u primamljivanju škampa u unutrašnjost vrše, korištenje zaštite za mamac bi moglo produžiti njegovo djelovanje i time povećati lovnost vrše. Posebice u Jadranu gdje je zabilježena visoka aktivnost rakovice loptašice *L.depurator* i drugih izopoda u blizini vrše te čak 40 % mamca bude konzumirano u prvih 12 sati od postavljanja vrše na morsko dno (Morello i sur., 2009). Produženo djelovanje mamca dodatno bi doprinijelo zadržavanju škampa u unutrašnjosti vrše, budući da, potaknut mirisom mamca, nema razlog za napuštanje vrše.

Iako ovim eksperimentom nije razvijena učinkovitija vrša za ribolov škampa, prvi je put na Mediteranu ispitan novi dizajn vrše te utjecaj većeg broja vršnjaka na učinkovitost ulova škampa vršama. Ovo istraživanje omogućuje bolje razumijevanju ograničenja i potencijala vrše te ukazuju na potrebu za daljnjim istraživanjem kako bi se pronašlo konstrukcijsko-tehničko rješenje koje će ribarima omogućiti veće ulove, čime bi se dodatno ohrabrilo ribare na odabir vrše umjesto koće za ciljani ribolov škampa.

6. ZAKLJUČCI

H1:

- Prosječne vrijednosti parametara $DG50_{vrša}$ i $SR_{vrša}$ za ispitivanu komercijalnu vršu prosječne veličine oka mrežnog tega 34,89 mm i kuta između susjednih stranica oka $82,15^\circ$ iznosile su 26,9 mm (95 % IP: 26,1–27,5) i 1.24 mm (95 % IP: 0,62–1,70).
- Prosječna vrijednost parametara $DG50_{ribar}$ i SR_{ribar} iznosile su 29,62 mm (95 % IP: 29,46–29,77) i 1,31 mm (95 % IP: 1,08–1,51).
- Selektivnost ispitivane komercijalne vrše nije usklađena s željenim eksploatacijskim obrascem obzirom da je $DG50_{ribar} > DG50_{vrša} > \text{MCRS-a za škampa (DG = 20 mm)}$.
- Najveća vjerojatnost odbacivanja ($Dp_{max} = 83 \%$) zabilježena je za škampe čija je duljina glavopršnjaka 28,26 mm (95 % IP: 27,43 – 28.60).
- Vjerojatnost odbacivanja škampa je manja za veličinu oka mrežnog tega 20 mm u usporedbi s veličinom oka mrežnog tega 18 mm.
- Postotak odbačenih jedinki ispod $DG50_{ribar}(nDRatio)$ za vrše veličine oka mrežnog tega 20 mm (duljina jedne stranice oka) iznosi svega 1 %.
- Selektivnost komercijalne vrše se može uskladiti sa željenim eksploatacijskim obrascem jednostavnom modifikacijom veličine oka mrežnog tega na vrši, odnosno povećanjem veličine oka sa 18 mm na 20 mm.

H2:

- Utvrđena je statistički značajna razlika u kvalitativnom i kvantitativnom sastavu ukupnog, zadržanog i odbačenog ulovu između komercijalne vrše i pridnene povlačne mreže kočice.
- Udio škampa u ukupnom ulovu vrše iznosio je 79,8 %, a u ukupnom ulovu kočice 23,4 %. Udio škampa u zadržanom dijelu ulova ribara koji koristi vrše iznosio je 97,8 %, dok je udio škampa u zadržanom dijelu kočarskog ulova iznosio 39,4 %.
- Većinu u odbačenom dijelu ulova ostvarenog vršom činila je rakovica loptašica *L. depurator*, koja je činila 90 % odbačenog ulova, dok je u odbačenom dijelu kočarskog ulova zabilježeno čak 30 različitih vrsta.

H3:

- Eksploatacijski obrazac vrše i pridnene povlačne mreže koće se značajno razlikuje. U ulovima koće je značajno više jedinki škampa čija je duljina glavopršnjaka $DG < 31$ mm, uključujući i jedinki ispod MCRS ($DG = 20$ mm) vrijednosti.
- Ribar s 300 vrša može ostvariti veći ulov škampa nego ribar koji kočari 20 sati pod uvjetom da kočari s mrežom identičnom onoj upotrjebljenom u ovom radu.

H4:

- Utvrđena je 251 % veća vjerojatnost ulova neoštećenog škampa vršama u odnosu na pridnenu povlačnu mrežu koću.
- Utjecaj vrše i koće na ženke s vanjskim jajima se značajno razlikuje. Utvrđena je 77,42 % veća vjerojatnost ulova ženki s vanjskim jajima vršama u odnosu na pridnenu povlačnu mrežu koću.

H5:

- Prosječne vrijednosti parametara $DG50$ i SR za ispitivanu eksperimentalnu vršu prosječne veličine oka mrežnog tega $41,11 \pm 0,80$ mm te kuta između susjednih stranica oka $82,72 \pm 5,45^\circ$ iznosile su 34,16 (95 % IP: 31,84–37,54) i 2.46 mm (95 % IP: 0,05–5,16).
- Eksperimentalne vrše veličine oka mrežnog tega 20 mm su usklađene sa željenim eksploatacijskim obrascem ribara. Vrijednost parametra $DG50$ te pripadajući 95-postotni intervali povjerenja su iznad vrijednosti $MCRS_{ribar}$ ($L50_{ribar} = 29,62$ mm).
- Komercijalna vrša s dva vršnjaka bila je efikasnija u izlovu škampa od eksperimentalne vrše s šest vršnjaka.

7. LITERATURA

- Adey, J.M. 2007. Aspects of the sustainability of creel fishing for Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.), on the west coast of Scotland. PhD thesis. University of Glasgow, 474 p.
- Adey, J.M., Smith, I.P., Hawkins, A.D., Atkinson, R.J.A., Tuck, I.D., Taylor, A.C.. 2008. 'Ghost fishing' of target and non-target species by Norway lobster *Nephrops norvegicus* creels. Mar. Ecol. Prog. Ser. 366, 119–127
- Aguzzi, J., Company, J.B., Sardà, F., 2007. The activity rhythm of berried and unberried females of *Nephrops norvegicus* (Crustacea, Decapoda). Crustaceana 80 (9), 1121–1134.
- Aguzzi, J., Sardà, F., 2008. A history of recent advancements on *Nephrops norvegicus* behavioral and physiological rhythms. Rev. Fish Biol. Fisheries 18, 235–248
- Aguzzi, J., Sarrià, D., Garcìa, J.A., Del Rio, J., Sardà, F., Manuel, A., 2008. A new tracking system for the measurement of diel locomotor rhythms in the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.). J. Neurosci. Meth. 173, 215–224.
- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19(6), 716–723. DOI: 10.1109/TAC.1974.1100705
- Albalat, A., Collard, A., Brucem, C., Coates, C. J., & Fox, C. J. 2016. Physiological condition, short-term survival, and predator avoidance behavior of discarded Norway lobsters (*Nephrops norvegicus*). Journal of Shellfish Research, 35(4), 1053-1065.
- Albalat, A., SinDGair, S., Laurie, J., Taylor, A.C., Neil, D.M., 2010. Targeting the livemarket: recovery of Norway lobsters *Nephrops norvegicus* (L.) from trawl-capture as assessed by stress-related parameters and nuDGeotidebreakdown. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 395, 206–214.
- Andersson, E. 2014. Food attractants of *Nephrops norvegicus* (Doctoral dissertation, University of Gothenburg).
- Anonymus. 2017a. Pravilnik o obavljanju gospodarskog ribolova na moru pridnenom povlačnom mrežom-koćom NN102/2017.

- Anonymus. 2017b. Zakon o morskom ribarstvu NN 062/2017.
- Anonymus. 2022. Pravilnik o prostornom i vremenskom ograničenju obavljanja gospodarskog ribolova na moru pridnenom povlačnom mrežom - kočom u 2022. godini (NN 104/2022)
- Anonymus. 2023. Pravilnik o obavljanju gospodarskog ribolova na moru mrežama stajaćicama, klopkastim, udičarskim i probodnim ribolovnim alatima te o ribolovu tramatom. Narodne novine br.: 110.
- Baden SP., Pihl L., Rosenberg R. 1990. Effects of oxygen depletion on the ecology, blood physiology and fishery of the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. Marine Ecology Progress, 67: 141–155.
- Bauwmeester, R. 2018. Shedding light on alternative shrimp fishing. Master thesis, University Lysekil, 39 p.
- Bell MC., Redant F., Tuck I. 2006. *Nephrops* species. U: Phillips BF. (ur.), Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries. Blackwell Publishing, Oxford, str. 412–461.
- Bell, M., Tuck, I., & Dobby, H. 2013. *Nephrops* species. *Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries*, 357-413.
- Bergmann, M., & Moore, P. G. 2001. Survival of decapod crustaceans discarded in the *Nephrops* fishery of the DGYde Sea area, Scotland. *ICES Journal of Marine Science*, 58(1), 163-171.
- Bjoldal, Å . 1979. Factors effecting creel capture of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) and Northern shrimp (*Pandalus borealis*), investigations by fishery and baiting experiments (in Norwegian). Masters thesis, Department of Fisheries, University of Bergen, 97 pp.
- Bjoldal, Å. 1986. The behaviour of Norway lobster towards baited creels and size selectivity of creels and trawl. *FiskeridirSkr* 18:131–137
- Bjoldal, Å., i Løkkeborg, S. 1992. Improved catch rates and selection of Norway lobster (*Nephrops norvegicus* L.) by controlled release of fluid bait extract in pot fishing. ICES, 1992.

- Brčić, J., Herrmann, B., Mašanović, M., Krstulović Šifner, S., Škeljo, F. 2018b. CREELSELECT—A method for determining the optimal creel mesh: Case study on Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) fishery in the Mediterranean Sea, Fisheries Research, Volume 204, Pages 433-440, ISSN 0165-7836, <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.020>.
- Brčić, J., Herrmann, B., Mašanović, M., Baranović, M., Krstulović Šifner, S., Škeljo, F. 2018a. Size selection of *Nephrops norvegicus* (L.) in commercial creel fishery in the Mediterranean Sea, Fisheries Research, Volume 200, Pages 25-32, ISSN 0165-7836, <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.12.006>.
- Brčić, J., Herrmann, B., Mašanović, M., Šifner, S. K., & Škeljo, F. (2017). Influence of soak time on catch performance of commercial creels targeting Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in the Mediterranean Sea. *Aquatic Living Resources*, 30, 36.
- Brown, J., & Macfadyen, G. (2007). Ghost fishing in European waters: Impacts and management responses. *Marine Policy*, 31(4), 488-504
- Brown, J., Macfadyen, G., Huntington, T., Magnus, J. & Tumilty, J. 2005. Ghost fishing by lost fishing gear. Final Report to DG Fisheries and Maritime Affairs of the European Commission. Fish/2004/20. Institute for European Environmental Policy/Poseidon Aquatic Resource Management Ltd joint report, 151 p.
- Campos, A., Fonseca, P., Pilar-Fonseca, T., Leocádio, A.M., Castro, M. 2015. Survival of trawl-caught Norway lobster (*Nephrops norvegicus* L.) after capture and release Potential effect of codend mesh type on survival, Fisheries Research, Volume 172, 2015, Pages 415-422, ISSN 0165-7836. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.07.038>.
- Cardinale, M., Osio, G.C., Charef, A., 2012. Report of the scientific, technical and economic committee for fisheries on assessment of Mediterranean Sea stocks—part 1. EU: Report EUR 25602 EN.
- Carpi, P., Scarcella, G., i Cardinale, M. 2017. The saga of the management of fisheries in the Adriatic Sea: History, flaws, difficulties, and successes toward the application of the common fisheries policy in the Mediterranean. *Frontiers in Marine Science*, 4, 423.

- Catchpole, T.L, Frid, C.L.J., Gray, T.S. 2005. Discarding in the English north-east coast *Nephrops norvegicus* fishery: the role of social and environmental factors, *Fisheries Research*, Volume 72, Issue 1, 2005, Pages 45-54, ISSN 0165-7836, <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.10.012>.
- Cerbule, K., Grimaldo, E., Herrmann, B., Larsen, R. B., Brčić, J., & Vollstad, J. 2022a. Can biodegradable materials reduce plastic pollution without decreasing catch efficiency in longline fishery?. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113577.
- Cerbule, K., Herrmann, B., Brčić, J., Grimaldo, E., & Bak-Jensen, Z. (2024). Selectivity in snow crab (*Chionoecetes opilio*) pot fishery: Effect of escape gap shape and size for conservation of fishery resources. *Journal for Nature Conservation*, 79, 126616.
- Cerbule, K., Herrmann, B., Trumbić, Ž., Petrić, M., Šifner, S. K., Grimaldo, E., Larsen, R.B., & Brčić, J. 2023. Use of biodegradable materials to reduce marine plastic pollution in small scale coastal longline fisheries. *Journal for Nature Conservation*, 126438.
- Cerbule, K., Savina, E., Herrmann, B., Larsen, R. B., Feekings, J. P., Krag, L. A., & Pellegrinelli, A. 2022b. Quantification of catch composition in fisheries: A methodology and its application to compare biodegradable and nylon gillnets. *Journal for Nature Conservation*, 70, 126298.
- Cetinić, P. i Swiniarski, J., 1985. Alati i tehnika ribolova. Logos, Split: 655p
- Chapman, C.J. i Rice, A.L. 1971. Some direct observations on the ecology and behaviour of the Norway Lobster *Nephrops norvegicus* using different methods. *Mar. Biol.* 10 (4), 321–329.
- Chiarini, M., Guicciardi, S., Angelini, S., Tuck, I. D., Grilli, F., Penna, P., Domenichetti, F., Canduci, G., Belardinelli, A., Santojanni, A., Arneri, E., Milone, N., Medvešek, D., Isajlović, I., Vrgoč, N. i Martinelli, M. 2022. Accounting for environmental and fishery management factors when standardizing CPUE data from a scientific survey: A case study for *Nephrops norvegicus* in the Pomo Pits area (Central Adriatic Sea). *PLOS ONE*, 17(7), e0270703. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270703>

- Cristo, M., Cartes, J.E. 1998. A comparative study of the feeding ecology of *Nephrops norvegicus* (L.), (Decapoda: Nephropidae) in the bathyal Mediterranean and the adjacent Atlantic. *Scientia Marina*, 62: 81–90.
- DecaNet eds. (2025). *DecaNet*. World List of Decapoda. Dostupno na <https://www.decanet.info> Pristupljeno 12.4.2025. DOI: 10.14284/600.
- Dellinger, A., Plotkin, J., Duncan, B., Robertson, L., Brady, T. & Kepley, C. 2016. A synthetic crustacean bait to stem forage fish depletion. *Global Ecology and Conservation*, 7: 238-244.
- Dickey-Collas M, Briggs RP, Armstrong MJ, Milligan SP. 2000. Production of *Nephrops norvegicus* larvae in the Irish Sea. *Marine Biology*, 137: 973–981.
- Efron, B. 1982. The jackknife, the bootstrap and other resampling plans. Society for industrial and applied mathematics. SIAM Monograph No. 38, CBMS-NSF
- Eichert, M., Campos, A., Fonseca, P., Lopes, P., Marques, L., & Castro, M. 2018. Effects of reallocating fishing effort from trawling to creels in a Norway lobster fishery. *Marine Policy*, 93, 142-149. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.03.026>
- Eno, N.C., D.S. MacDonald, J.A.M. Kinnear, S.C. Amos, C.J. Chapman, R.A. DGark, F.S.P.D. Bunker & C. Munro. 2001. Effects of crustacean traps on benthic fauna. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 58: 11-20
- Eriksson, S.P. 2006. Differences in the condition of Norway lobsters (*Nephrops norvegicus* (L.)) from trawled and creeled fishing areas. *Mar. Biol. Res.*, 2: 52-58.
- Eskelund, M., Methling, C., Vilhelm Skov, P., & Madsen, N. 2019. Survival of discarded plaice (*Pleuronectes platessa*) from Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) otter-trawl fishery. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(3), 645-654.
- Europska komisija. 2020. Komunikacija Komisije Europskom parlamentu, Vijeću, Europskom gospodarskom i socijalnom odboru te Odboru regija: Strategija EU-a za bioraznolikost do 2030. - Vraćanje prirode u naše živote (COM(2020) 380 final). Bruxelles: Europska unija. Preuzeto s: https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_en

- Evans, S. M., Hunter, J. E., & Wahju, R. I. 1994. Composition and fate of the catch and bycatch in the Farne Deep (North Sea) *Nephrops* fishery. ICES Journal of Marine Science, 51(2), 155-168.
- FAO, 2023a. *Nephrops norvegicus* Linnaeus, 1758. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. [Cited Monday, March 27th 2023]. <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2647/en>
- FAO, FishStatJ. 2023. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2021 (FishStatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated 2023. www.fao.org/fishery/en/statistics/software/fishstatj
- FAO. 2003. Management, Co-management, Or No Management? Major Dilemmas in Southern African Freshwater Fisheries. FAO. Fisheries technical paper. Eyolf, J.L., Food and Agriculture Org. 266 p.
- FAO. 2016. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Report of the Eighteenth Session of the Scientific Advisory Committee on Fisheries; FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1154, Nicosia; Rome.
- FAO. 2020. *The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries 2020*. Rome: General Fisheries Commission for the Mediterranean.
- FAO. 2023b. *The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries 2023 – Special edition*. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc8888en>
- FAO. 2024a. <https://www.fao.org/figis/geoserver/factsheets/species.html>, pristupljeno 26.8.2024. u 13:27.
- FAO. 2024b. FishStat: Global capture production 1950-2022. In: FishStatJ. Dostupno na www.fao.org/fishery/en/statistics/software/fishstatj. Licence: CC-BY-4.0. Pristupljeno 29.3.2024 u 20:47.
- FAO. 2024c. FishStat: GFCM capture production 1970-2022. In: FishStatJ. Dostupno na www.fao.org/fishery/en/statistics/software/fishstatj. Licence: CC-BY-4.0. Pristupljeno 31.3.2024 u 18:15.
- FAO. 2024d. Dostupno na <https://www.fao.org/gfcm/data/maps/gsas/en/> Pristupljeno 20.10.2024. u 14:47

- FAO-GLOBEFISH. 2021. Globefish Price Dashboard. In: FAO Fisheries Division [online]. Rome. <https://www.fao.org/in-action/globefish/prices/en/>
- Farmer ASD. 1974. Reproduction in *Nephrops norvegicus* (Decapoda: Nephropidae). Journal of Zoology, 174: 161–183.
- Farmer, A. S. D. 1975. Synopsis of Biological Data on the Norway Lobster *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). FAO Fisheries Synopsis 112: 1–97.
- Fauconnet, L. 2024. Research for PECH Committee – Increasing selectivity in EU fisheries - State of play and best practices, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels. <https://bit.ly/4bDPuaS>
- FLAG Tri mora. 2023. *Lokalna razvojna strategija u ribarstvu FLAG Tri mora 2021.-2027*. Dostupno na: <https://www.lagurtrimora.hr/source/LRSR%202021-2023%20pdf.pdf>
- Fox, C. J., Albalat, A., Valentinsson, D., Nilsson, H. C., Armstrong, F., Randall, P., & Catchpole, T. 2020. Survival rates for *Nephrops norvegicus* discarded from Northern European trawl fisheries. ICES Journal of Marine Science, 77(5), 1698-1710.
- Frandsen, R., Eliassen, S. Q., Lövgren, J., Søvik, G., Feekings, J. P., Ulmestrand, M., Lund, H., Andersen, B. S., Axelsen, B. E., Bastardie, F., Berg, C. W., Bichel, N., Furevik, D., Jacobsen, J. B., Johansen, T., Jonasdottir, S., Jonsson, P., Jørgensen, T., Karlsen, J. D., ... Westgaard, J-I. 2015. Sustainable development of the Nephrops fishery in the Kattegat-Skagerrak region. National Institute of Aquatic Resources, Technical University of Denmark. DTU Aqua Report, No. 298-2015
- Frandsen, R., Eliassen, S.Q., L"ovgren, J., Søvik, G., Feekings, J.P., Ulmestrand, M., Lund, H., Andersen, B.S., Axelsen, B.E., Barstardie, F., Berg, C.W., Bichel, N., Furevik, D., Jacobsen, J.B., Johansen, T., Jonasdottir, S., Jonsson, P., Jørgensen, T., Karlsen, J.D., Kleiven, A.R., Løkkeborg, S., Lundgren, B., Madsen, N., Munch- Petersen, S., Nielsen, A., Nielsen, J.R., Reeh, L., Westgaard, J.I., 2015. Sustainable development of the Nephrops fishery in the Kattegat-Skagerrak region. DTU Aqua Report no. 298–2015, 213 pp.

- García-De-Vinuesa, A., Breen, M., Benoît, H. P., Maynou, F., Demestre, M. 2020. Seasonal variation in the survival of discarded *Nephrops norvegicus* in a NW Mediterranean bottom-trawl fishery. *Fisheries Research*, 230, 105671.
- GFCM. 2023. *MedFish4Ever Programme: Transformative actions to address new challenges*. Conference held in Malta, October 3-4. Dostupno na: https://gfcmsitestorage.blob.core.windows.net/website/3.MedFish4Ever/programme/Final/MedFish4Ever_Programme_ENG-final.pdf
- Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., & Sertić Perić, M. 2021. *Protista – Protozoa; Metazoa – Invertebrata: strukture i funkcije* (2. izd.). Alfa.
- Hammarlund, C., Jonsson, P., Valentinsson, D. i Waldo, S. 2021. Economic and environmental effects of replacing bottom trawling with fishing with creels. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 65(1), 94-118.
- Hammarlund, C., Jonsson, P., Valentinsson, D., & Waldo, S. (2018). Economic effects of reduced bottom trawling-the case of creel and trawl fishing for *Nephrops* in Sweden. *Agric. Work. Pap.*, 4, 26.
- He, P. 2011. Behavior of marine fishes: capture processes and conservation challenges. John Wiley & Sons.
- Herrmann B, Sistiaga M, Rindahl L, Tatone I. 2017. Estimation of the effect of gear design changes in catch efficiency: methodology and a case study for a Spanish longline fishery targeting hake (*Merluccius merluccius*). *Fish Res* 185: 153–160.
- Herrmann, B., Cerbule, K., Brčić, J., Grimaldo, E., Geoffroy, M., Daase, M., & Berge, J. 2022. Accounting for uncertainties in biodiversity estimations: A new methodology and its application to the mesopelagic sound scattering layer of the high Arctic. *Front Ecol Evol.* 2022; 10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.775759>
- Herrmann, B., Grimaldo, E., Brčić, J., Cerbule, K. 2021. Modelling the effect of mesh size and opening angle on size selection and capture pattern in a snow crab (*Chionoecetes opilio*) pot fishery, *Ocean & Coastal Management*, Volume 201, 2021, 105495, ISSN 0964-5691. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105495>.

- Herrmann, B., Sistiaga, M., Larsen, R.B., Nielsen, K.N., and Grimaldo, E. 2013. Understanding sorting grid and codend size selectivity of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). Fish. Res. 146: 59-73.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.04.004>
- Herrmann, B., Sistiaga, M., Santos, J., Sala, A., 2016. How Many Fish Need to Be Measured to Effectively Evaluate Trawl Selectivity? PLoS ONE 11, e0161512.
- Homen, Z. 1983. Analiza lova škampa (*Nephrops norvegicus*, L.) vršama u Velebitskom kanalu. Morsko ribarstvo XXXV (4) 131-123. Zagreb.
- Hornborg, S., Jonsson, P., Sköld, M., Ulmestrand, M., Valentinsson, D., Ritzau Eigaard, O., Feekings, J., Nielsen, R., Bastardie, F. & Lövgren, J. (2017). New policies may call for new approaches: the case of the Swedish Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) fisheries in the Kattegat and Skagerrak. *ICES Journal of Marine Science*, 74(1), 134-145.
- Horton, T. W., Enever, R., Godley, B. J., Kibel, P., Malone, D., McAndrew, D., i Doherty, P. D. 2025. Effects of illumination and pot design on catch and bycatch when targeting northern shrimp (*Pandalus borealis*) using white LED PotLights. *Ocean & Coastal Management*, 267, 107663.
- ICES. 2008. Report of the Study Group on the Development of Fish Pots for Commercial Fisheries and Survey Purposes (SGPOT), 19–20 April 2008, Tórshavn, Faroe Islands. ICES CM 2008/FTC:01. 48 p.
- Isajlović, I. 2012. *Sastav pridnenih zajednica dubokoga Jadrana i struktura populacija gospodarski najvažnijih vrsta*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:040970>
- Johnson, M. P., Lordan, C., & Power, A. M. 2013. Habitat and ecology of *Nephrops norvegicus*. *Advances in marine biology*, 64, 27-63.
- Jørgensen, T., Løkkeborg, S., Furevik, D., Humborstad, O. B., & De Carlo, F. (2017). Floated cod pots with one entrance reduce probability of escape and increase catch rates compared with pots with two entrances. *Fisheries Research*, 187, 41-46.

- Kalogirou, S., Pihl, L., Maravelias, C. D., Herrmann, B., Smith, C. J., Papadopoulou, N., Notti, E. & Sala, A. 2019. Shrimp trap selectivity in a Mediterranean small-scale fishery. *Fisheries Research*, 211, 131-140.
- Karlovac, O. 1953. An ecological study of *Nephrops norvegicus* (Linnaeus) of the high Adriatic. Izv. Rep. Rib.-biol.Eksp."Hvar" 1948-49, 5(23C): 1-50.
- Karlovac, O. 1959. Istraživanja naselja riba i jestivih beskralježnjaka vučom u otvorenom Jadranu. Izvj. Rib.-Biol.Exp."Hvar":1949-49.,5(1), 203p.
- Kinnear, J.A.M., Barkel, P.J., Mojsiewicz, W.R., Chapman, C.J., Holbrow, A. J., Barnes, C., Greathead, C.F.F. 1996. Effects of *Nephrops* creels on the environment. Fisheries Research Services report no. 2/96, 12 p.
- Kopp, D., Coupeau, Y., Vincent, B., Morandeau, F., Méhault, S., and Simon, J. 2020. The low impact of fish traps on the seabed makes it an ecofriendly fishing technique. PLoS ONE 15(8), e0237819. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237819>
- Larsen, R.B., Herrmann, B., Sistiaga, M., Brinkhof, J., Grimaldo, E., 2018. Bycatch reduction in the norwegian deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery with a double grid selection system. Fish. Res. 208, 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.08.007>.
- Leocádio, A.M., D. Whitmarsh i M. Castro. 2012. Comparing Trawl and Creel Fishing for Norway Lobster (*Nephrops norvegicus*): Biological and Economic Considerations. PLoS ONE, 7: e39567.
- Letschert, J., Stollberg, N., Rambo, H., Kempf, A., Berkenhagen, J., i Stelzenmüller, V. 2021. The uncertain future of the Norway lobster fisheries in the North Sea calls for new management strategies. *ICES Journal of Marine Science*, 78(10), 3639-3649.
- Lomeli, M.J.M., W.W. Wakefield, B. Herrmann, C.L. Dykstra, A. Simeon, D.M. Rudy i J.V. Planas. 2021. Use of artificial illumination to reduce Pacific halibut bycatch in a U.S. West Coast groundfish Bottom trawl. Fish. Res., 233: 105737.
- Lucchetti, A., Petetta, A., Bdioui, M., Gökçe, G., Saber, M., Sacchi, J., Özbilgin, H., Carlson, A. & Carpentieri, P. 2023. *Catalogue of fishing gear in the Mediterranean and Black Sea region* (Vol. 695). Rome, FAO.

- Lucchetti, A., Virgili, M., Vasapollo, C., Petetta, A., Bargione, G., Veli, D. L., Brčić, J. i Sala, A. 2021. An overview of bottom trawl selectivity in the Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*, 22(3), 566-585.
- Madsen, N., Frandsen, R., Holst, R., i Krag, L. A. 2010. Test of improved escape window concepts to minimise cod catches in Norway lobster fisheries.
- Marques, L. A. A. 2015. *Trawling and Creeling for Nephrops: Impacts on Biodiversity and Populations Structure* (Doctoral dissertation, Universidade do Algarve (Portugal)).
- Martinelli, M., Zacchetti, L., Belardinelli, A., Domenichetti, F., Scarpini, P., Penna, P., Medvešek, D., Isajlović, I., Vrgoč, N. 2023. Changes in Abundance and Distribution of the Sea Pen, *Funiculina quadrangularis*, in the Central Adriatic Sea (Mediterranean Basin) in Response to Variations in Trawling Intensity. *Fishes* 2023, 8, 347. <https://doi.org/10.3390/fishes8070347>
- Mašanović, M., Bubić, T. Š., Žuvić, L., Vrgoč, I. Ž., Grubišić, L., i Talijančić, I. 2025. Sexual shape and size dimorphism in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) from the Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 109434.
- Mašanović, M., Žuvić, L., Žužul, I., Talijančić, I., Šegvić-Bubić, T. 2024. Seascape genetics and distinct intraspecific diversification of the decapod *Nephrops norvegicus* in the Adriatic Sea. *Ecology and Evolution*, 14(10), e70358. <https://doi.org/10.1002/ece3.70358>
- Melli, V., Krag, L. A., Herrmann, B., & Karlsen, J. D. 2018. Investigating fish behavioural responses to LED lights in trawls and potential applications for bycatch reduction in the *Nephrops*-directed fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 75(5), 1682-1692.
- Merder, J., Browne, P., Freund, J. A., Fullbrook, L., Graham, C., Johnson, M. P., ... & Power, A. M. 2020. Density-dependent growth in ‘catch-and-wait’ fisheries has implications for fisheries management and Marine Protected Areas. *Ambio*, 49, 107-117.
- Miller, R.J., 1990. Effectiveness of crab and lobster traps. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47, 1228–1251.

- Milligan, R. J., Albalat, A., Atkinson, R. J. A., & Neil, D. M. (2009). The effects of trawling on the physical condition of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* in relation to seasonal cycles in the Clyde Sea area. *ICES Journal of Marine Science*, 66(3), 488-494.
- Moller, T. H., & Naylor, E. 1980. Environmental influence on locomotor activity in *Nephrops norvegicus* (Crustacea: Decapoda). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 60(1), 103-113.
- Morello, E.B., Antolini, B., Gramitto, M.E., Atkinson, R.J.A., & Froggia, C. 2009. The fishery for *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) in the central Adriatic Sea (Italy): Preliminary observations comparing bottom trawl and baited creels. *Fish. Res.*, 95: 325-331.
- Mori, M., Biaga, F., de Ranieri, S. 1998. Fecundity and egg loss during incubation in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in the North Tyrrhenian Sea. *Journal of Natural History*, 32: 1641–1650.
- Mytilineou, C., Castro, M., Gancho, P., & Fourtouni, A. 1998. Growth studies on Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.), in different areas of the Mediterranean Sea and the adjacent Atlantic. *Scientia Marina*, 62, 43-60.
- Mytilineou, C., Herrmann, B., Kavadas, S., Smith, C., & Megalofonou, P. 2020. Combining selection models and population structures to inform fisheries management: a case study on hake in the Mediterranean bottom trawl fishery. *Mediterranean Marine Science*, 21(2), 360-371.
- Mytilineou, C., Herrmann, B., Mantopoulou-Palouka, D., Sala, A., and Megalofonou, P. 2018. Modelling gear and fishers size selection for escapees, discards, and landings: a case study in Mediterranean trawl fisheries. – *ICES Journal of Marine Science*, doi:10.1093/icesjms/fsy047
- Mytilineou, C., Herrmann, B., Mantopoulou-Palouka, D., Sala, A., and Megalofonou, P. 2021a. Escape, discard, and landing probability in multispecies Mediterranean bottom-trawl fishery. – *ICES Journal of Marine Science*, doi:10.1093/icesjms/fsab048.
- Mytilineou, C., Herrmann, B., Sala, A., Mantopoulou-Palouka, D., Megalofonou, P. 2021b. Estimating overall size-selection pattern in the bottom trawl fishery for four economically important fish species in the Mediterranean Sea, *Ocean & Coastal*

- Nguyen, K.Q., Winger, P.D., Morris, C. & Grant, S.M. 2017. Artificial lights improve the catchability of snow crab (*Chionoecetes opilio*) traps. *Aqua. And. Fish.* 2: 124-133.
- Notti E, Brčić J, Carlo FD, Herrmann B, Lucchetti A, Virgili M, Sala A. 2016. Assessment of the relative catch performance of a surrounding net without the purse line as an alternative to a traditional boat seine in small-scale fisheries. *Mar Coast Fish* 8: 81–91.
- Obradović J., Bačić, G., Slavica, A. 1993. Utjecaj lova vrša na populaciju škampa *Nephrops norvegicus* L. Poseban otisak Pomorskog zbornika, knjiga 31/93. Rijeka.
- Olsen, L. Hermann, B., Grimaldo, E. & Sistiaga, M. 2019b. Effect of pot design on the catch efficiency of snow crabs (*Cionoecetes opilio*) in the Barents Sea fishery. *PLoS ONE* 14(7): e0219858.
- Olsen, L., Herrmann, B., Sistiaga, M., Grimaldo, E. 2019a. Effect of gear soak time on size selection in the snow crab pot fishery. *Fish. Res.* 214, 157-165.
- Parslow-Williams, P., Goodheir, C., Atkinson, R.J.A., Taylor, A.C. 2002. Feeding energetics of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* in the Firth of DGYde, Scotland. *Ophelia* 56, 101–120.
- Pauly, D. 1999. "Fishing Down Marine Food Webs." *Science*, 279(5352), 860-863.
- Pérez Roda, M.A. (ed.), Gilman, E., Huntington, T., Kennelly, S.J., Suuronen, P., Chaloupka, M. and Medley, P. 2019. A third assessment of global marine fisheries discards. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 633*. Rome, FAO. 78 pp
- Petetta, A., Herrmann, B., Li Veli, D., Virgili, M., De Marco, R., & Lucchetti, A. (2023). Every animal matters! Evaluating the selectivity of a Mediterranean bottom trawl fishery from a species community perspective. *Plos one*, 18(3), e0283362. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283362>
- Petetta, A., Virgili, M., Guicciardi, S., & Lucchetti, A. 2021. Pots as alternative and sustainable fishing gears in the Mediterranean Sea: an overview. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31(4), 773-795.

- Powell, A., & Eriksson, S. P. 2013. Reproduction: life cycle, larvae and larviculture. *Advances in marine biology*, 64, 201-245.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410466-2.00006-6>
- Power, A. M., Merder, J., Browne, P., Freund, J. A., Fullbrook, L., Graham, C., Kennedy, R. J., O'Carroll, J.P.J., Wieczorek, A.M., & Johnson, M. P. (2019). Field-recorded data on habitat, density, growth and movement of *Nephrops norvegicus*. *Scientific Data*, 6(1), 7.
- R Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rees, A., Sheehan, E. V. & Attrill, M. J. 2018. The Lyme Bay experimental potting study: A collaborative programme to assess the ecological effects of increasing potting density in the Lyme Bay Marine Protected Area. A report to the Blue Marine Foundation and Defra, by the Marine Institute at the University of Plymouth.
- Relini, L. O., Zamboni, A., Fiorentino, F., & Massi, D. 1998. Reproductive patterns in Norway lobster (*Nephrops norvegicus* L., Crustacea Decapoda Nephropidae) of different Mediterranean areas. *Scientia Marina*, 62(S1), 25-41.
- Ridgway, I. D., Taylor, A. C., Atkinson, R. J. A., Chang, E. S., & Neil, D. M. (2006). Impact of capture method and trawl duration on the health status of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 339(2), 135-147.
- Risk, J.R., McAllister, D.E. & Behnken, L. 1998. Conservation of cold and warm water seafans: Threatened ancient gorgonian groves. *Sea Wind* 12 (1). Ocean Voice International.
- Sala, A., Depestele, J., Gümüş, A., Laffargue, P., Nielsen, J. R., Polet, H., Smith, C.J., Zengin, M., Bastardie, F., Eigaard, O.R., Hamon, K.G., Jensen, F., Lucchetti, A., Mehault, S., Notti, E., Papadopoulou, N., Patetta, A., Skold, M., Cincin, B. & Rijnsdorp, A. D. (2023). Technological innovations to reduce the impact of bottom gears on the seabed. *Marine Policy*, 157, 105861.
- Santos, J. 2021. *Bycatch reduction and alternative exploitation patterns in demersal trawl fisheries of the Baltic Sea and the north Sea*. UiT The Arctic University of Norway

- Sardá, F. 1995. A review (1967–1990) of some aspects of the life history of *Nephrops norvegicus*. ICES Marine Science Symposia, 199: 78–88.
- Sistiaga, M., B. Herrmann, E. Grimaldo & F.G. O'Neill. 2016. Estimating the selectivity of unpaired trawl data: a case study with a pelagic gear. *Sci. Mar.*, 80: 321-327.
- Soldo, A., Cetinic, P., Dulčić, J. (1999) Catch of Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.), with lobster pot of different mesh size in the Eastern Adriatic. In: International symposium on responsible fisheries & fishing techniques, pp 281–287
- Søvik, G., Furevik, D., Jørgensen, T., Bakke, S., Larssen, W. E., Thangstad, T., Woll, A.K., & Thu, B. J. (2016). The Norwegian Nephrops fishery—history, exploitation and management. *Sustainable bio-resources. Management, product development and raw material quality*, 89-112.
- Sparre, P., & Venema, S. C. 1998. Introduction to tropical fish stock assessment-Part 1: Manual. FAO Fisheries Technical paper 306/1 Rev.2.
- Stiansen, S., Fernö A., Furevik, D., Jørgensen, T. & Løkkeborg, S. 2008. Efficiency and catch dynamics of collapsible square and conical crab pots used in the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) fishery. U.S. National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin 106:40–46.
- Stiansen, S., Fernö, A., Furevik, D., Jørgensen, T. & Løkkeborg, S. 2010. Horizontal and Vertical Odor Plume Trapping of Red King Crabs Explains the Different Efficiency of Top- and Side-Entrance Pot Designs. *Transactions of the American Fisheries Society*, 139:2, 483-490.
- Thomsen, B., Humborstad, O.B., & Furevik, D.M. 2010. Fish Pots: Fish Behavior, Capture Processes, and Conservation Issues, in: He P. (ed.), *Behavior of Marine Fishes Capture Processes and Conservation Challenges*. Blackwell Publishing Ltd., Iowa, pp. 143-154.
- Thomsen, B., Humborstad, O.B., & Furevik, D.M. 2010. Fish Pots: Fish Behavior, Capture Processes, and Conservation Issues, in: He P. (ed.), *Behavior of Marine Fishes Capture Processes and Conservation Challenges*. Blackwell Publishing Ltd., Iowa, pp. 143-154.

- Ungfors, A., Bell, E., Johnson, M. L., Cowing, D., Dobson, N. C., Bublitz, R., & Sandell, J. (2013). Nephrops fisheries in European waters. *Advances in marine biology*, 64, 247-314. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410466-2.00007-8>
- Ungfors, A., Bell, E., Johnson, M.L., Cowing, D., Dobson, N.C., Bublitz, R., Sandell, J. 2013. Chapter Seven - Nephrops Fisheries in European Waters, Editor(s): Magnus L. Johnson, Mark P. Johnson, *Advances in Marine Biology*, Academic Press, Volume 64, Pages 247-314, ISSN 0065-2881, ISBN 9780124104662
- Uredba (EU) br. 1343/2011. Uredba (EU) br. 1343/2011 Europskog parlamenta i Vijeća od 13. prosinca 2011. o određenim odredbama za ribolov u području primjene Sporazuma GFCM-a (Opća komisija za ribarstvo Sredozemlja) i izmjeni Uredbe Vijeća (EZ) br. 1967/2006 o mjerama upravljanja za održivo iskorištavanje ribolovnih resursa u Sredozemnom moru.
- Uredba (EU) br. 1380/2013. Uredba Europskog Parlamenta i Vijeća (EU) br. 1380/2013, od 11. prosinca 2013. o zajedničkoj ribarstvenoj politici, izmjeni uredaba Vijeća (EZ) br. 1954/2003 i (EZ) br. 1224/2009 i stavljanju izvan snage uredaba (EZ) br. 2371/2002 i (EZ) br. 639/2004 i Odluke Vijeća 2004/585/EZ
- Uredba (EU) br. 2019/1241. Uredba (EU) 2019/1241 Europskog Parlamenta i Vijeća od 20. lipnja 2019. o očuvanju ribolovnih resursa i zaštiti morskih ekosustava putem tehničkih mjera, o izmjeni uredbi Vijeća (EZ) br. 1967/2006, (EZ) br. 1224/2009 i uredbi (EU) br. 1380/2013, (EU) 2016/1139, (EU) 2018/973, (EU) 2019/472 i (EU) 2019/1022 Europskog parlamenta i Vijeća te o stavljanju izvan snage uredbi Vijeća (EZ) br. 894/97, (EZ) br. 850/98, (EZ) br. 2549/2000, (EZ) br. 254/2002, (EZ) br. 812/2004 i (EZ) br. 2187/2005 .
- Uredba Vijeća (EZ) br. 1967/2006, od 21. prosinca 2006. o mjerama upravljanja za održivo iskorištavanje ribolovnih resursa u Sredozemnom moru, o izmjeni Uredbe (EEZ) br. 2847/93 te stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 1626/94
- Valentinsson, D., & Nilsson, H. C. 2015. Effects of gear and season on discard survivability in three Swedish fisheries for Norway lobster (*Nephrops norvegicus*). *Swed. Univ. Agric. Sci*, 2, 1-11.
- Vrgoč, N., Arnen, E., Jukić-Peladić, S., Krstulović Šifner, S., Mannini, P., Marčeta, B., Osmani, K., Piccinetti, C., Ungaro, N., 2004. Review of current knowledge on shared

demersal stocks of the Adriatic Sea. FAO-MiPAF Scientific Cooperation to Support Responsible Fisheries in the Adriatic Sea. GCP/RER/010/ITA/TD. Adria. Med. Tech. 12, 1–9

- Wienbeck, H., Herrmann, B., Feekings, J.P., Stepputtis, D., Moderhak, W. 2014. A comparative analysis of legislated and modified Baltic Sea trawl codends for simultaneously improving the size selection of cod (*Gadus morhua*) and plaice (*Pleuronectes platessa*). Fish. Res. 150, 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.10.007>.
- Wileman, D., Ferro, R.S.T., Fonteyne, R., Millar, R.B. 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Coop. Res. Rep. No. 215.
- Winger, P. D., & Walsh, P. J. 2011. Selectivity, efficiency, and underwater observations of modified trap designs for the snow crab (*Chionoecetes opilio*) fishery in Newfoundland and Labrador. Fisheries Research, 109(1), 107-113.
- Xu, X. & R.B. Millar. 1993. Estimation of Trap Selectivity for Male Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Using the SELECT Modeling Approach with Unequal Sampling Effort. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50: 2485-2490
- Zeller, D., Pauly, D., & Sue Wing, S. 2018. Global marine fisheries discards: A synthesis of reconstructed data. *Fish and Fisheries*. doi:10.1111/faf.12233
- Zhang, J., Shi, X., He, P., & Shi, J. (2022). *Effectiveness of escape vent shape in crab pots for releasing swimming crab Portunus trituberculatus in the East China Sea. Aquacultural Fish.*, 8(3), 332–340. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.12.007>.
- Ziegler, F., Valentinsson, D., 2008. Environmental life cycle assessment of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) caught along the Swedish west coast by creels and conventional trawls—LCA methodology with case study. Int. J. Life Cycle Assess. 13, 487–497.

ŽIVOTOPIS

Rođena sam 30. listopada 1989. godine u Splitu. Odrasla sam u Baškoj Vodi, gdje sam završila osnovu školu. Srednju školu sam pohađala u Makarskoj gdje sam maturirala 2008. godine. Iste godine upisujem preddiplomski Studij Morskog ribarstva pri Odjelu za studije mora Sveučilišta u Splitu. Akademске godine 2011/2012 završavam preddiplomski studij te sljedeće ak. god. upisujem diplomski Studij Morsko ribarstvo pri Odjelu za studije mora Sveučilišta u Splitu. U ak. god. 2012/2013 dobivam nagradu Rektora prof. dr. sc. Ivana Pavića sa Sveučilišta u Splitu za izvanredne rezultate postignute tokom studija te sam 2015. godine magistrirala s radom na temu „Lov škampa *Nephrops norvegicus* vršama u Jadranskom moru“ te stekla zvanje magistra inženjerka morskog ribarstva.

Za vrijeme studija bila sam član udruge studenata Odjela za studije mora te nositelj nekoliko znanstveno-istraživačkih projekata. Ak.god. 2011/2012 dobivam priznanje udruge „Oceanus“ za aktivan rad, nesebičan trud i izniman doprinos radu i razvoju udruge. Na sjednici Skupštine Podvodno istraživačkog kluba Sveučilišta u Splitu održane 2015. godine sam izabrana za predsjednicu kluba te sam obnašala tu funkciju do kraja 2023. godine. U tom periodu sam bila nositelj i sudjelovala u nizu znanstveno-istraživačkih projekata kao i pružanju tehničke podrške Odjelu za studije mora pri izvođenju nastave iz kolegija Tehnike podvodnih istraživanja.

Od studenog 2015. do listopada 2018. godine sam bila zaposlena kao stručni suradnik u visokom obrazovanju, asistent u nastavi na Odjelu za studije mora pri Sveučilištu u Splitu gdje sudjelujem u izvođenju nastave na preddiplomskom i diplomskom studiju Morskog ribarstva (Kolegiji: Alati i tehnike ribolova, Opća biologija, Metode u biološkoj oceanografiji). Tijekom rada na Odjelu za studije mora sudjelovala sam na projektima „Ispitivanje selektivnosti vrša za lov škampa“ i „Kartiranje podmorja Natura 2000 Splitsko-dalmatinske županije“.

Ak. god. 2017/2018 upisujem interdisciplinarni doktorski studij Oceanologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu pri Sveučilištu u Zagrebu.

Od kolovoza 2019. godine do danas radim samostalno, zaposlena u vlastitom obrtu „NEPHROPS“ te surađujem sa stranim i domaćim znanstvenicima na projektima koji uključuju ispitivanje lovnosti i selektivnosti vrše za ribolov škampa te paralelno istražujem genetsku i morfološku strukturu populacije škampa u Jadranu sa kolegama iz Laboratoriju za akvakulturu pri Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu.

2021. godine odlazim na istraživački brod R/V Mário Ruivo u sklopu EUROFLEETS projekta gdje sudjelujem u istraživanju rasprostranjenosti populacije škampa u Atlantskom oceanu.

Danas surađujem sa nevladinom organizacijom WWF Adria na projektima koji uključuju očuvanje populacije škampa u Jadranu, prezentiram rezultate istraživanja široj zajednici te pružam ribarima i tijelima upravljanja znanstvenu savjete u svrhu uspostave dugoročno održivog ribolova škampa u Jadranu.

ZNANSTVENA AKTIVNOST I PUBLIKACIJE

Mašanović, Marina; Šegvić Bubić, Tanja; Žuvić, Luka; Žužul Vrgoč, Iva; Grubišić, Leon; Talijančić, Igor prilog u časopisu
Sexual shape and size dimorphism in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) from the Adriatic Sea // Estuarine, coastal and shelf science, 323 (2025), 109434, 11. doi: 10.1016/j.ecss.2025.109434

Mašanović, Marina; Žuvić, Luka; Žužul Vrgoč, Iva; Talijančić, Igor; Šegvić-Bubić, Tanja prilog u časopisu
Seascape Genetics and Distinct Intraspecific Diversification of the Decapod *Nephrops norvegicus* in the Adriatic Sea // Ecology and evolution, 14 (2024), 10; e70358, 16. doi: 10.1002/ece3.70358

Mašanović, Marina; Herrmann, Bent; Brčić, Jure prilog u časopisu
Escape, discard, and landing probability of *Nephrops norvegicus* in the Mediterranean Sea creel fishery // Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 80 (2023), 4; 719-731. doi: 10.1139/cjfas-2022-0190

BRČIĆ, JURE; HERRMANN, BENT; MAŠANOVIĆ, MARINA; ŠIFNER, SVJETLANA KRSTULOVIĆ; BARANOVIĆ, MATEJA; ŠKELJO, FRANE prilog u časopisu
Mesh sticking probability in fishing gear selectivity: Methodology and case study on Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) and mantis shrimp (*Squilla mantis*) in the Mediterranean Sea creel fishery // Mediterranean Marine Science, 20 (2019), 3; 487-495. doi: 10.12681/mms.19018

Brčić, Jure; Herrmann, Bent; Mašanović, Marina; Krstulović Šifner, Svjetlana; Škeljo, Frane prilog u časopisu
CREELSELECT—A method for determining the optimal creel mesh: Case study on Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) fishery in the Mediterranean Sea // Fisheries research, 204 (2018), 433-440. doi: 10.1016/j.fishres.2018.03.020

Brčić, Jure ; Herrmann, Bent ; Mašanović, Marina ; Krstulović Šifner, Svjetlana ; Škeljo, Frane prilog u časopisu
Influence of soak time on catch performance of commercial creels

targeting Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in the Mediterranean Sea // Aquatic living resources, 30 (2017), 1-10. doi: 10.1051/alr/2017035

Brčić, Jure; Herrmann, Bent; Mašanović, Marina; Baranović, Mateja; Krstulović Šifner, Svjetlana; Škeljo, Frane
Size selection of *Nephrops norvegicus* (L.) in commercial creel fishery in the Mediterranean Sea // Fisheries research, 200 (2018), 25-32. doi: 10.1016/j.fishres.2017.12.006

prilog u časopisu

Mašanović, Marina ; Baričević, Josip ; Birčić, Ivana ; Crmarić, Petar ; Škeljo, Frane ; Krstulović Šifner, Svjetlana ; Torić, Marija ; Brčić, Jure
The impact of different creel dimensions on efficiency of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) fishing: preliminary results // Zbornik sažetaka 55. Hrvatski i 15. Međunarodni Simpozij Agronoma. Zagreb: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2020. str. 192-193

prilog sa skupa (u zborniku)

Mašanović, Marina ; Talijančić, Igor ; Šegvić Bubić, Tanja ; Žuvić, Luka ; Žužul Vrgoč, Iva
MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF NORWAY LOBSTER *Nephrops norvegicus* (LINNAEUS, 1758) POPULATIONS IN THE ADRIATIC SEA // 7th FACULTY OF SCIENCE PhD STUDENT SYMPOSIUM, BOOK OF ABSTRACTS. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2023. str. 93-93

prilog sa skupa (u zborniku)

Baranović, Matea ; Birčić, Ivana ; Brčić, Jure ; Mašanović, Marina ; Mimica, Luka ; Krstulović Šifner, Svjetlana ; Škeljo, Frane
Preliminarni rezultati ispitivanja novog dizajna vrše za lov škampa // Zbornik sažetaka 54. Hrvatski i 14. Međunarodni Simpozij Agronoma. Zagreb: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2019. str. 147-148

prilog sa skupa (u zborniku)

Tomaš, Marina
Lov škampa *Nephrops norvegicus* vršama u Jadranskom moru / Vrgoč, Nedo (mentor); Isajlović, Igor (neposredni voditelj) . Split, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za studije mora, 2015

ocjenski radovi

Tomaš, Marina ; Soldo, Alen
Pot fishery of *Nephrops norvegicus* (L.) in the channels of the Eastern Central Adriatic // Rapport Commission International pour l'exploration scientifique de la Mer Mediterranee. 2016

prilog sa skupa (u zborniku)

Tomaš, Marina ; Heneberg, Petr ; Mladineo, Ivona
Intraspecific genetic diversity of *Didymosulcus katsuwonicola* parasitising bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) gills // Abstract book of the 16th International Conference of Fish and Shellfish Diseases. Helsinki: Nykypaino, 2013. str. 356-356

prilog sa skupa (u zborniku)

Mladineo, Ivona ; Tomaš, Marina ; Stanić, Rino
Cross-fertilisation as a reproductive strategy in a tissue flukes *Didymosulcus katsuwonicola* (Platyhelminthes: Didymozoidae) inferred

prilog u časopisu

by genetic analysis // Parasitology (London), 142 (2015), 11; 1422-1429.
doi: 10.1017/S0031182015000839

Šegvić-Bubić, Tanja ; Bušelić, Ivana ; Tomaš, Marina ; Grubišić, Leon ; Peharda, Melita
Genetic diversity and population structure of European flat oyster (*Ostrea edulis*) in the eastern Adriatic Sea // 11. Hrvatski biološki kongres : zbornik sažetaka. Zagreb: Hrvatsko biološko društvo, 2012. str. 163-164
prilog sa skupa (u zborniku)

Šegvić-Bubić, Tanja ; Tutman, Pero ; Grubišić, Leon ; Tomaš, Marina ; Anastasi, Gianfranco
Preliminary study on feeding rates and growth of striped sea bream *Lithognathus mormyrus* fingerlings in captivity // AQUA 2012 : Global Aquaculture - Securing Our Future Prag, Češka Republika, 01.09.2012-05.09.2012
prilog sa skupa (neobjavljen)

Mašanović, Marina ; Glavičić, Igor ; Kurtović Mrčelić, Jelena
NEW METHODS USED IN HABITATS MAPING AT THE ANCHORS OF THE SPLIT DALMATIA COUNTY // Zbornik sažetaka (Hrvatski biološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem). Zagreb: Hrvatsko biološko društvo, 2018. str. 88-89
prilog sa skupa (u zborniku)