

# Utjecaj kvalitete hrane na rast podlanice (*Sparus aurata*, L.) u zimskom periodu

---

Raljević, Josipa

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:431570>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-10**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



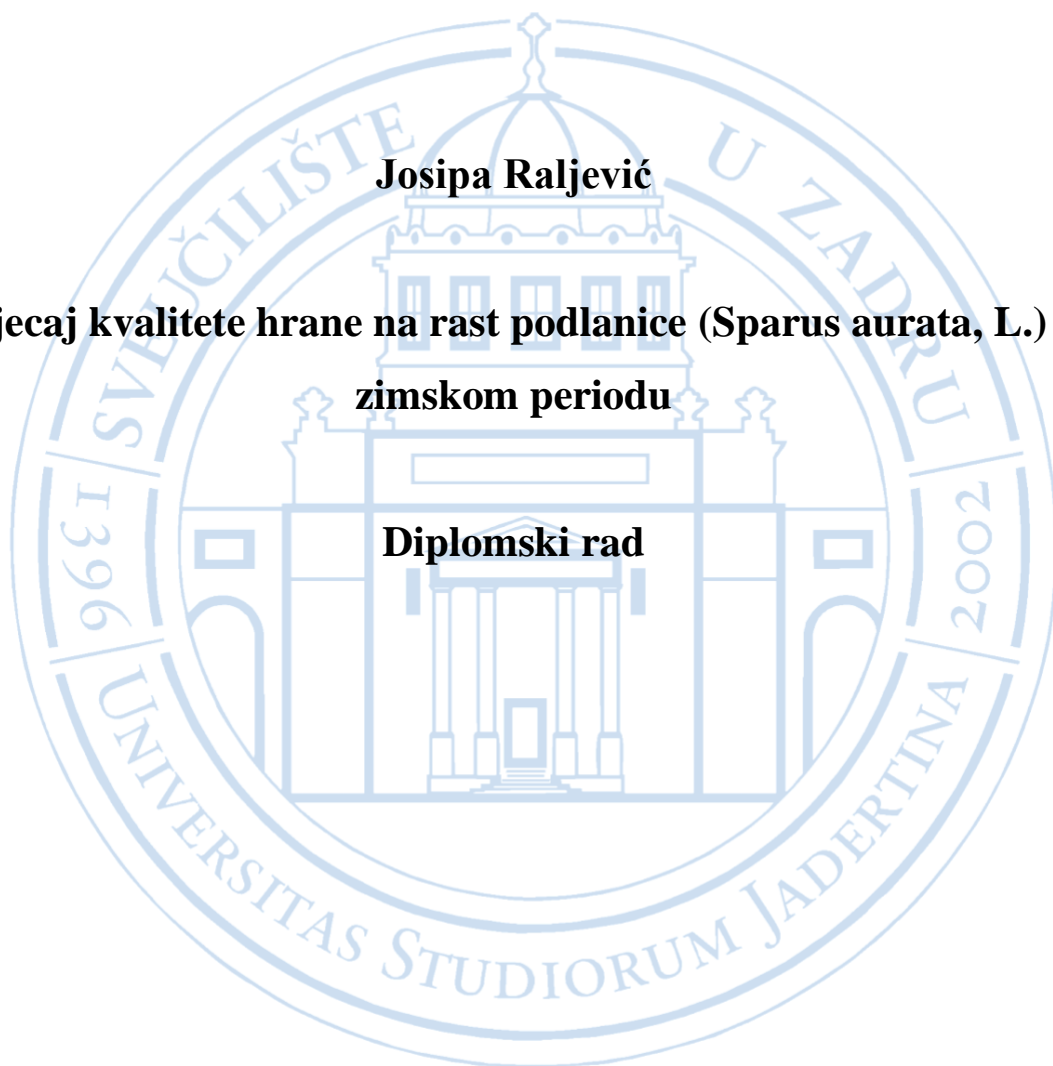
**Sveučilište u Zadru**

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu  
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

**Josipa Raljević**

**Utjecaj kvalitete hrane na rast podlanice (*Sparus aurata*, L.) u  
zimskom periodu**

**Diplomski rad**



Zadar, 2023.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu  
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Utjecaj kvalitete hrane na rast podlanice (*Sparus aurata*, L.) u  
zimskom periodu

Diplomski rad

Student/ica:

Josipa Rajević

Mentor/ica:

izv.prof.dr.sc. Lav Bavčević

Komentor/ica:

doc.dr.sc. Slavica Čolak

Zadar, 2023.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Josipa Raljević**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Utjecaj kvalitete hrane na rast podlanice (*Sparus aurata*, L.) u zimskom periodu** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 2023.

## ***Zahvala***

*Ovaj diplomski rad posvećujem svojem tati i svojim sestrama. Hvala Vam na svojoj podršci koju ste mi pružili tijekom mog studija.*

*Posebna zahvala mentoru izv.prof.dr.sc. Lavu Bavčeviću i komentorici doc.dr.sc. Slavici Čolak na pomoći tijekom pisanja ovog diplomskog rada i ukazanom povjerenju.*

*I zahvala mojim dragim prijateljima i kolegama koji su moje studiranje učinili ljepšim i zanimljivijim.*

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
2.1. Odabrana vrsta .....	3
2.2. Uzgoj.....	4
2.3. Hranidba u kaveznom uzgoju .....	6
2.4. Metabolizam podlanice.....	9
2.5. Kompenzacijski rast.....	10
2.6. Metabolizam podlanice u zimskom periodu .....	11
2.7. Teorija dinamičnih energetske budžeta .....	13
2.8. Pokazatelji uspješnosti hranidbe (konverzija i prirast) .....	15
3. CILJ I SVRHA RADA.....	17
4. MATERIJALI I METODE .....	18
4.2. Postavljanje pokusa .....	19
4.3. Statistička obrada podataka .....	20
5. REZULTATI .....	21
5.1. Temperatura .....	21
5.2. Usporedba proizvodnih parametara za podlanicu hranjenu različitim hranama u vrijeme niskih temperatura na početku i kraju pokusa .....	22
5.3. Promjene proizvodnih parametara podlanice u K1 tijekom uzgoja na niskim temperaturama .....	24
5.4. Promjene proizvodnih parametara podlanice u K2 tijekom uzgoja na niskim temperaturama .....	25
6. RASPRAVA.....	26
7. ZAKLJUČAK .....	29
8. POPIS LITERATURE .....	29

## Utjecaj kvalitete hrane na rast podlanice (*Sparus aurata*, L.) u zimskom periodu

### SAŽETAK

Akvakultura pripada jednoj od najbrže rastućih industrija koja je svoju popularnost postigla zahvaljujući promjenama u trendu ishrane. Podlanica (*Sparus aurata*) pripada obitelji ljuskavke (*Sparidae*). Predstavlja najvažniju i najzastupljeniju vrstu koja se uzgaja u Sredozemlju. Trajanje uzgoja različito je i ovisi od lokacije i temperature mora ali je najčešći period između 18 i 24 mjeseca za vrstu da dostigne 400 g od početnog stadija larve. Duljina trajanja uzgoja je najznačajnije određena temperaturom mora. Optimalna temperatura mora za uzgoj podlanice je 24°- 26°C. Kada je temperatura mora ispod 15°C jedinke znatno smanjuju potrebu za hranom, a potpuno prestaju jesti pri temperaturi manjoj od 13°C. Komercijalna hrana ne zadovoljava potrebe podlanice za bjelančevinama i energijom za vrijeme posta

Kako se podlanica zimi slabije hrani teško je odrediti koje su sve hranjive tvari u hrani potrebne kako bi riba mogla postići bolji prirast na nižim temperaturama. Za potrebe istraživanja formirana su dva kaveza podlanica koji su se hranili dvjema vrstama hrane različitog nutritivnog sastava. Temperatura se mjerila svakodnevno a uzorci za biometriju uzeti su na početku i na kraju pokusa, a obuhvatili su dužinu, težinu i indeks kondicije ribe. Rezultati ovog istraživanja su pokazali kako je kavez koji je hranjen poboljšanom recepturom zabilježio veći prirast u odnosu na drugi kavez čije su se jedinke hranile komercijalnom hranom. Dobiveni podatci mogu biti korisni u budućem odabiru hrane za uzgoj podlanice.

Ključne riječi: akvakultura, kavezni uzgoj, Sredozemlje, podlanica, temperatura, uzgojna hrana, bjelančevine

## **The influence of food quality on growth of gilt-head seabream (*Sparus aurata*, L.) in the winter period**

### ABSTRACT

Aquaculture belongs to one of the fastest growing industries that have achieved its popularity thanks to changes in the nutritional trend. Gilt-head seabream (*Sparus aurata*) belongs to *Sparidae* family. It represents the most important and widespread species cultivated in the Mediterranean. The duration of cultivation is different and depends on the location and sea temperature, but the most common period is between 18 and 24 months for the species to reach 400 g from the initial larval stage. The duration of cultivation is most significantly determined by the sea temperature. The optimal temperature of the sea for the cultivation of gilt-head seabream is 24°C - 26°C. When the sea temperature is below 15°C, the individuals significantly reduce their need for food, and completely stop eating at a temperature below 13°C. Commercial food does not meet the protein and energy needs of the gilt-head seabream during fasting.

As a gilt-head seabream feeds less in the winter, it is difficult to determine which nutrients are needed in the food so that the fish can achieve better growth at lower temperatures. For the purposes of the research, two cages of gilt-head seabream were formed, which were fed with two types of food with different nutritional composition. The temperature was measured daily and samples for biometrics were taken at the beginning and at the end of experiment, and include length, weight and condition index of the fish. The results of fish research showed that the cage that was fed with the improved recipe, recorded a higher increase compared to another cage, whose individuals were fed with commercial feed. The obtained data can be useful in the future selection of food for growing gilt-head seabream fish.

Key words: aquaculture, cage farming, Mediterranean, gilt-head seabream, temperature, breeding feed, protein



## 1. UVOD

Ribarstvo i akvakultura svjetski su priznati sektori proizvodnje zbog svog ključnog doprinosa svjetskoj sigurnosti hrane u 21. stoljeću. Uvelike svoju popularnost mogu zahvaliti trendu ishrane koji se počinje mijenjati u posljednjih nekoliko desetljeća. Čovjek je postao sve obzirniji prema hrani koju unosi u svoj organizam. Podrijetlo i sastav hrane presudni su pri odluci o izboru hrane koju konzumiramo. Riblje meso zbog svojih energetskih i bioloških kvaliteta ubraja se u hranu najviših prehrambenih vrijednosti. Niz čimbenika poput vrste i dobi ribe, kvaliteta uzgoja i hrane utječu na sveukupnu hranidbenu vrijednost riba. Meso ribe ima manje vezivnog tkiva čime je njegova probava lakša od mesa kopnenih životinja. Sadržaj bjelančevina u mesu ribe iznosi 16-24% s visokim udjelom esencijalnih aminokiselina, te kao takve spadaju u najkvalitetnije. Iskoristivost bjelančevina u mesu podlanice iznosi 19,8%. Mineralne tvari u ribama variraju između 0,9% do 1,7%, a količinom joda nadmašuje sve druge izvore ovog mikroelementa. Ugljikohidrati se u ribi nalaze u malim količinama dok je količina masti u ribi visoka do 22%, s visokim udjelom nezasićenih masnih kiselina (60-84%), koje su esencijalne u ljudskoj prehrani (Perović, 2000.). Postotak masti u podlanici iznosi 1,2%. Na sastav masnih kiselina u tkivu riba, uz količinu otopljenih soli u moru, uvelike utječe temperatura vodenog okoliša. Kod niskih temperatura koncentracija nezasićenih masnih kiselina raste a smanjuje se odnos omega 3 i omega 6 masnih kiselina. Primarni izvor omega 3 jesu fitoplankton i zooplankton (Bogut i sur., 1996.).

Zbog prevelike potražnje za ribom, iskorištavanje divljih populacija dovodi do prelova ribe što smanjuje sposobnost riba da se razmnoži i ujedno regenerira broj jedinki prelovljene vrste. Potreba za zadovoljavanjem prevelike potražnje riba, svoje je rješenje pronašla u akvakulturi. Akvakultura obuhvaća uzgoj vodenih organizama, rakova, mekušaca i vodenog bilja. Akvakultura iziskuje ljudsku angažiranost u proces uzgoja, čiji je cilj proizvodnja koja obuhvaća hranidbu, zaštitu i nasad mlađi (NOAA:Fisheries, 2023.). Ukupna svjetska proizvodnja u akvakulturi i komercijalnom ribarstvu je u 2020. godini prešla rekordnih 214 miliona tona. 178 miliona tona odnosi se na morske životinje, a 36 miliona tona na alge. Od ukupne količine 90,3 miliona odnosi se na ribolov što je pad od 4% u usporedbi sa prethodne tri godine (FAO, 2022.). Postoje dva oblika akvakulture: morska akvakultura i slatkovodna akvakultura. Slatkovodna akvakultura svoj uzgoj odvija u jezerima, recirkulirajućim

sustavima ili ribnjacima. U morskoj akvakulturi, vrste kojima je prirodno stanište more, uzgajaju se u kavezima u moru ili na kopnu (NOAA:Fisheries, 2023.). Marikultura u RH bazira se na uzgoju bijele ribe od kojih su najznačajnije podlanica (*Sprus aurata*) i brancin (*Dicentrarchus labrax*). Uzgoj plave ribe odnosi se na atlantsku plavoperajnu tunu (*Tunnus thynnus*), a od školjkaša uzgajaju se dagnja (*Myttilus galoprovincialis*) i kamenica (*Ostrea edulis*). Proizvodnja u marikulturi u 2021. godini iznosi 23.777 tona (Ministarstvo poljoprivrede, 2022.). Uzgoj riba u Sredozemlju bazirao se na dvije riblje vrste: podlanica (*Sparus aurata*) i brancin (*Dicentrarchus labrax*) (Lupatsch, 2005.). Proizvodnja podlanice u zemljama Sredozemlja povećala se od 30 000 tona 1996. godine do 90 000 tona u 2005. godini. Porast proizvodnje u akvakulturi se nastavlja zbog povećane potražnje za morskim plodovima. Hrana kojom se hrani riba u uzgoju složena je dijeta s visokim koncentracijama bjelančevina, koji je životinjskog ili biljnog porijekla. Riblje je brašno optimalan izvor bjelančevina i trenutno se u svijetu oko 60 posto ribljeg brašna koristi u hrani za ribe (Elhalfawy i Gaber, 2013.).

Uzgoj ribe u Jadranskom moru ima svoje prednosti i nedostatke. Diči se svojom čistoćom što je izuzetno važno kod uzgoja, kako bi na tržište plasirali samo ribu najveće kvalitete. Jedini nedostatak jesu niže temperature u zimskim mjesecima u usporedbi s ostatkom Sredozemlja zbog njegovog geografskog položaja. Kako bi se spriječili negativni utjecaji niskih temperatura na uzgajane ribe, proizvođači koriste hranu poboljšane recepture. Takva hrana osigurava rast u uvjetima kada riba prirodno ne raste ili je taj rast neznan, čime bi mogli smanjiti trajanje uzgoja.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Odabrana vrsta

Podlanica (*Sparus aurata*), u narodu poznata još kao komarča i orada, pripada razredu koštunjača (Osteichthyes) i obitelji Sparidae (Ijuskavke) (Basurco i sur., 2011.). Obitelj Sparidae pripada redu Perciformes, koji je najveći red riba sa 20 podredova, 160 obitelji, 1540 rodova i preko 10 000 vrsta. (Pavlidis i Mylonas, 2011.) Tijelo podlanice je izduženo i ovalno, bočno stisnuto (Dulčić i Kovačić, 2020.). Boja tijela je srebrnastosiva sa velikom crnom bočnom prugom koja se proteže na gornjem rubu operkuluma. (Pavlidis i Mylonas, 2011.) Podlanica je rasprostranjena duž Sredozemlja, iako je na nekim mjestima poput jugoistočnog dijela i u Crnom moru zastupljenost manja. Može se pronaći i sjevernije pokraj Velike Britanije i južno do Senegala (Angeles Gallardo i sur., 2003.). Riba je bento-pelagijala s demerzalnim ponašanjem i nastanjuje sve oblike morskog dna do dubine od 30 metara. Odrasle jedinke mogu se pronaći i na dubini od 150 metara (Pavlidis i Mylonas, 2011.). Sjedilačka je vrsta iako može migrirati na području istočnog Atlantika (Svasand i sur., 2007.). Žive pojedinačno ili stvaraju male skupine. Podlanica je omnivorna vrsta, što znači da se njeni obroci ne sastoje samo od namirnica životinjskog već i biljnog porijekla (Andrade i sur., 1996.). Protandrični je dvospolac što znači da je prve dvije godine života mužjak do veličine od oko 24-41 cm. Spolno sazrijevanje mužjaka je u drugoj godini života pri dužini od 20 cm. Većina jedinki promjeni spol prije druge sezone mrijesta, dužine oko 30 cm. Nakon prijeđene veličine od 33-40 cm postaju ženke. (Dulčić i Kovačić, 2020.). Za vrijeme muške faze, biseksualna spolna žlijezda ima funkcionalne testise s asinkronom spermatogenezom i nefunkcionalnim jajnicima. Vrijeme mrijesta je od listopada do prosinca (Svasand i sur., 2007.). Mogu narasti do duljine od 70 cm i doseći težinu od 17 kg. Maksimalni životni vijek podlanice je 11 godina (Campillo, 1992.). Eurihalina i eutermalna je vrsta, što znači da dobro podnosi promjene u salinitetu i temperaturi. Raspon temperature koji podnosi divlja podlanica je od 11°C zimi do 23°C u ljetnim mjesecima. Glavni nedostatak u uzgoju podlanica u plutajućim kavezima je nemogućnost migracije u povoljnija termalna područja tj. nemogućnost migracije u dubinu kada površinske temperature počnu opadati (Angeles Gallardo i sur., 2003.). Ispod 15°C jedinke znatno smanjuju potrebu za hranom, a potpuno prestaju jesti pri temperaturi manjoj od 13°C (Ibraz i sur., 2003.)

## 2.2. Uzgoj

Počeci uzgoja podlanice na Sredozemlju odvijali su se u lagunama i boćatim vodama u ekstenzivnoj akvakulturi. Danas se uzgoj najvećim dijelom odvija u plutajućim kavezima u intenzivnoj akvakulturi čiji su vodeći proizvođači sredozemne države (Svasand i sur., 2007.). Ribe u intenzivnom uzgoju zatočene su u određenom volumenu, gdje uzgajivači pokušavaju omogućiti najbolje uvjete za njihov rast i razvoj. Uzgoj u moru se obavlja koristeći uzgojne naprave koje omeđuju određeni uzgojni volumen i koje nazivamo kavez. Kavezi u moru mogu biti u potpunosti uronjeni, ograđeni sa svih strana ili površinski koji su u moru ograđeni s mrežnim tegom i imaju otvor na površini koja je ujedno prirodna barijera za uzgajane organizme. U užem smislu kavez predstavlja sam mrežni teg pričvršćen na konstrukciju koja održava njegov položaj u vodenom stupcu i uvelike određuje oblik kaveza. Materijali koji se koriste za izradu čvrste rešetke kaveza su metal, polimeri te se u primjeni može pronaći i bambus. Mrežni teg može biti žičani ili končani, a najčešći su materijali poliamid, poliester i polietilen. Mrežni teg može biti upleten čvorovima ili beščvorno. Češće se upotrebljava teg bez čvora zbog lakšeg održavanja i manje mogućnosti oštećenja uzgajane ribe. Za nasad mlađi podlanice (veće od 3 grama) koristi se mrežni teg veličine oka od 8 mm. Kod srednje težine podlanice od 180 g, oko mrežnog tega može biti veličine 24 mm (Bavčević, 2014.). Ferreira i sur. 2012. spominju kako su mnoge prednosti kada se kavez postavi dalje od obale (offshore). To su primjerice vizualni aspekt te bolja prostrujenost i veća dubina koje osiguravaju veću disperziju izmeta i nepojedene hrane zbog. Nedostaci postavljanja kaveza dalje od obale su veći troškovi prijevoza i manji prinosi zbog bržeg strujanja mora. Brzina strujanja mora jedan je od uvjeta koji se razmatra pri odabira lokacije offshore kaveza. Utječe na infrastrukturu kaveza i njihovo postavljanje i na rast uzgajanih jedinki, kvalitetu proizvodnje i čišćenje kaveza. Za brzo-plivajuće ribe poput brancina, lososa i podlanice, uzgoj na lokacijama s sporim strujanjem mora rezultira lošijom kvalitetom ribljeg mesa, što se manifestira kroz veći sadržaj mišićne masti. Naprotiv brze struje uzrokuju veliku potrošnju snage i masti (Ferreira i sur., 2012.). Podlanica se u intenzivnom uzgoju uzgaja s gustoćom nasada od 15 do 25 kg/m<sup>3</sup> i konverzija hrane je 1,5 do 2 kg po kilogramu prirasta. Trajanje uzgoja različito je i ovisi od lokacije i temperature mora ali je najčešći period između 18 i 24 mjeseca za vrstu da dostigne 400 g od početnog stadija larve (Pavlidis i Mylonas, 2011.). Podlanica se uzgaja na cijelom Sredozemlju. Duljina trajanja uzgoja je najznačajnije određena temperaturom mora. Klimatski gledano Sredozemno more je pretežno toplo more s rasponom temperatura duž obale od 13°- 29°C. Optimalna temperatura mora za uzgoj podlanice je 24°-

26°C. Podlanica iz uzgoja na tržište dolazi s težinom između 300 grama i 1 kilograma (Alvarez i sur., 2010.). U istraživanju Matte Remena i sur. (2015.) navedena su različita istraživanja koja temperaturu od 24°-26°C smatraju i optimalnom i letalnom. U vremenu trajanja uzgoja (18 i 24 mjeseci) uzgajane jedinice su izložene sezonskim promjenama temperature. Podlanica je izuzetno osjetljiva vrsta na niske temperature i njihova duža izloženost ne optimalnim temperaturama donosi razne promjene u organizmu. Za vrijeme zime, podlanica značajno smanjuje unos hrane, a potpuno se prestaje hraniti na temperaturi ispod 13°C (Teodosio i sur., 2021.). Jadransko se more nalazi sjevernije i samim time temperatura zimi može biti znatno niža nego na ostatku Sredozemlja. Uzgoj morskih riba u Hrvatskoj se provodi u kavezima (offshore tehnologija) zbog prirodnih osobina obale i zbog manjka infrastrukture na kopnu u kojoj bi se riba mogla uzgajati cijelu godinu u potpuno kontroliranim uvjetima. Uzgajivači u kaveznom uzgoju su suočeni s niskim temperaturama mora što značajno utječe na usporeni rast uzgajanih riba a samim time i na financijski rezultat djelatnosti. Kako se podlanica zimi slabije hrani teško je odrediti koje su sve hranjive tvari u hrani potrebne kako bi riba mogla postići bolji prirast na nižim temperaturama.

Zimski je period u uzgoju najmanje isplativ odnosno iako s jedne strane imamo uštedu na hrani zbog smanjenja hranjenja riba, imamo i manji rast ribe. Cjelokupnu situaciju možemo objasniti i s mrijestom koji se kod podlanice odvija u periodu od listopada do prosinca. Mnoge vrste riba smanjuju unos hrane za vrijeme mrijesta te se potrebna energija i hranjive tvari potrebne za rast i razvoj gonada uzimaju iz rezervi. Ženka podlanice nesmetano jede za vrijeme mrijesta koje se odvija u periodu od početka zime do sredine proljeća, proizvodeći tako biomasu jaja veću od njene tjelesne težine (Almansa i sur., 1999.).

### 2.3. Hranidba u kaveznom uzgoju

Hrana je jedna od komponenti uzgoja za koju uzgajivači troše najviše novca. Dostupnost u kvantiteti i kvaliteta hrane su presudni za nesmetanu proizvodnju riba. Prilagodba unosa hrane vodi ka rastu i dobrom sastavu tijela uzgajane ribe. Unos hrane u organizam riba regulirano je kompleksnom poveznicom između mozga i perifernih hormona koji reguliraju apetit (Assan i sur., 2021.). Kako navodi Volkoff i sur. (2010.) jednom kada uspijemo razumjeti mehanizme koji kontroliraju unos hrane u ribi, to će promijeniti pristup prema vremenu hranjenja i poboljšanju konverzije hrane kao i porast u samom uzgoju. Količina hrane koju riba unese u svoj organizam ovisi o vremenu gladovanja, potrebe za hranom i sitosti. Fiziološka potreba za hranom potiče promjenu u ponašanju pri hranjenju; traženje hrane i jedenje. Sitost je fiziološki osjećaj „punoće“ koji se pojavljuje kada je riba zadovoljila svoju potrebu za hranom (Assan i sur., 2010.). Hranidba riba u uzgoju se može provoditi ručno, kompjuterski upravljanim hranilicama ili hranilicama na zahtjev. Redovito hranjenje smanjuje rizik od kanibalizma unutar kaveza. Hranidba riba proučavana je na mnogim vrstama. Temperatura, sastav hrane, periodi izmjene dnevnog svjetla i gustoća nasada u kavezu glavni su faktori koji odlučuju o hranjenju riba (Paspatis i sur., 2000.).

Kestemont i Baras (2001.) navode da nije rijetko da više faktori u kombinaciji imaju utjecaj na ribu, te je u takvom slučaju teško raspoznati što točno izaziva stres i promjene u hranjenju. Uz temperaturu najvažniji abiotički faktori su svijetlost, dostupnost kisika, pH i salinitet. Biotički faktori koji se javljaju kao posljedica uzgajanja se odnose na gustoću nasadenih kaveza, socijalnu strukturu, predatore i manipuliranje ribom. Promjenu ponašanja ribe može uzrokovati promjena samo jednog od ovih faktora.

Riblja hrana je formulirana u suradnji s nutricionistima i uzgajivačima tako da zadovolji tehnološke i nutritivne potrebe riba. Za proizvodnju krmnih smjesa za uzgoj riba koriste se riblje brašno, žitarice, proizvodi uljne industrije, škrob i mješavine vitamina i minerala. Proizvodnja kompletne hrane za ribu obuhvaća različite tehnološke postupke, poput: priprema sirovina, pojedinačno mljevenje sirovina, vaganje, miješanje, ekstrudiranje, sušenje, hlađenje, pakiranje. Dobra priprema krmnih smjesa osigurava visok prirast i zdravlje riba za što je ključan uravnotežen odnos probavljivih tvari i energije (Plietić, 2016.). Hranidba riba u intenzivnom uzgoju se najčešće temelji na kompletnoj krmnoj smjesi. U uzgoju morskih riba najčešće se koriste ekstrudirani peleti koje proizvode 4 do 5 glavnih proizvođača. Strategija hranidbe kod intenzivnog uzgoja temelji se na metodi primjene „analognog“ modeliranja, koji se naslanjaju na eksponencijalni model ili na model termalnog koeficijenta rasta. Proizvođači

hrane izrađuju tablice u kojima se dnevni obrok računa kao maseni udio na biomasu ribe kojoj se daje hrana u usporedbi njene prosječne veličine i temperature mora. Optimizacija dnevnog obroka se iskazuje u postotku od ukupne biomase, a ovisi o kvaliteti procjene u promjeni biomase koja je posljedica hranidbe. Važno je često korigirati prosječnu veličinu riba i ukupnu biomasu te na osnovu dobivenih podataka mijenjati veličine obroka. Kako bi se postavila strategija hranidbe neophodno je predvidjeti faktore okoliša i njihov dugoročan i kratkoročan utjecaj na hranidbu riba, odabrati tehniku hranidbe i hranu, definirati dnevni unos i brzinu hranjenja kako bi se što više smanjili gubitci hrane koji završavaju u okolišu. Broj riba u kavezu utvrđuje se umanjivanjem poznatog broja jedinki za broj uginulih riba u svakom diskretnom periodu. Za procjenu prosječne veličine ribe važna su periodična mjerenja na reprezentativnom uzorku riba iz kaveza. Periodičko uzorkovanje je važno izraditi zbog mjerenja i korekcije prirasta riba, ali i zbog utvrđivanja gojidbenog i zdravstvenog stanja riba u uzgoju. Nakon što se utvrdi biomasa i prosječna veličina riba, odabire se proizvođač koji osigurava potrebnu količinu hrane koja je primjerena uzrasnoj kategoriji. Upravo zbog različitih uzrasnih kategorija, proizvođači u ponudi imaju različite tipove hrane (Bavčević i sur., 2016.). U raznim uzgajanim vrstama poput somova, kalifornijske pastrve i podlanice pokazalo se kako doba dana u kojem hranimo uzgajane vrste utječe na učinak rasta. Potreba za energijom i hranjivim tvarima određuje nekoliko faktora koji se mogu mijenjati tijekom dana, godine ili čitavog života jedinke. Održavanje unosa hrane regulira energetska vrijednost obroka iako nije u potpunosti sigurno da li unos ovisi o veličini obroka ili količini unesene energije (Velazquez i sur., 2006.). „Lipostatski model“ objašnjava unos hrane u odnosu na ugojenost podlanice i navodi kako su izlučevine masnih stanica važan signal mozgu za regulaciju uzimanja hrane i sakupljanja tjelesnih masti (Klaoudatos i Grove, 2005.).

Umjetna hrana sporije se probavlja zbog veće količine organskog sadržaja i inkapsulirane želatine (Andrade i sur., 1996.). Razlozi zbog kojeg je utvrđivanje dnevnog obroka važno jesu buduće planiranje potrošnje hrane na mjesečnoj ili godišnjoj bazi zbog organizacije troškova i nabave te utvrđivanje obroka na dan hranidbe. Određivanje dnevnog obroka temelji se na odabranoj hrani, prosječnoj veličini riba i biomase te temperature okoliša (Bogut, 2016.).

Iz perspektive proizvođača na upravljanje strategijom hranjenja utječu brojni indikatori koji mogu imati značajni utjecaj na zaradu. Troškovi hrane glavna su stavka uzgajališta te mogu obuhvaćati i do 60% rashoda. Stoga je izuzetno važno odrediti količinu obroka kako se uzgajane ribe ne bi previše ili premalo hranile (Attia i sur., 2011.).

Komercijalna hrana, za većinu uzgajanih vrsta, najčešće se sastoji od visoko energetskih suhih peleta čiji je sadržaj 43-50% bjelančevina, 12-25% masti i 20% ugljikohidrata. Količina masti

u hrani za podlanice je za 10 do 15% manja u usporedbi s hranom za ostale uzgajane vrste. Omjer probavljivih proteina i probavljive energije u hrani utječu na brzinu iskorištenja hrane. Podlanica ima sposobnost regulirati potrošnju hrane na temelju proteinskog i energetskog sadržaja obroka. Uzimajući u obzir visoku cijenu bjelančevina, u nekim se smjesama nalaze alternativni izvori bjelančevina. Većina je istraživanja pokazala da iako se dio ribljeg obroka može zamijeniti alternativnim izvorima bjelančevina, međutim njihova potpuna zamjena utjecala bi na rast i učinkovitost hrane (Olivia-Teles, 2000.).

Zahtjevi za energijom i bjelančevinama usko su povezani i iznimno zahtjevni. Ukoliko riba ne dobiva dovoljnu količinu bjelančevina ne dolazi do rasta. Međutim ni uz bjelančevine riba neće narasti ukoliko joj nedostaje energije. Bjelančevine ribi mogu služiti i kao izvor energije jednom kada je iscrpila sve ostale izvore. Minimalna količina bjelančevina u hrani za podlanicu iznosi 45% (Lupatsch, 2005.). Važnost poboljšanja recepture hrane kojom se podlanica hrani netom prije promjene temperature iznijeli su Tort i sur. (2002.). Podlanice koje se hrane hranom koja sadržava povećanu dozu vitamina (C, E, kolin i inozitol) i minerale u tragovima, povećanu ukusnost i postotak hranjivih tvari, visoko probavljive bjelančevine i masti, visoku razinu nezasićenih masnih kiselina i fosfolipida, riba povećava njen unos za vrijeme niskih temperatura. Uzeći u obzir mnoge komponente ove hrane teško je razaznati koja je točno komponenta ili više njih zaslužna za pozitivne rezultate. Općenito je poznato da povećana doza vitamina E i C pojačava nespecifičnu imunost podlanice (Tort i sur., 2002.).



## 2.4. Metabolizam podlanice

Ribe su poikilotermni organizmi čiji unos hrane u organizam, probava, metabolizam i rast uvelike ovisi o temperaturi okoliša (Teodosio i sur., 2021.). Poikilotermnim organizmima temperatura okoliša određuje temperaturu tijela. Kao posljedica toga, kod riba temperatura određuje brzine gotovo svih biokemijskih reakcija, a time i tempo fizioloških procesa. Budući da temperatura ima tako velik utjecaj na ribu, označena je kao glavni abiotički faktor. Kako brzina biokemijske reakcije raste s porastom temperature, standardna brzina metabolizma (SMR) se također povećava s porastom temperature. Metabolički opseg razlika je MMR (maksimalne metaboličke stope) i SMR-a, a višak energije je ona energija koja ostane u tijelu nakon što su završeni svi osnovni procesi u tijelu i njena se potrošnja odnosi na funkcije poput probave, kretanja, rast i reprodukciju. Uska poveznica između temperature i brzine fizioloških procesa utječe na unos hrane potreban za normalno funkcioniranje organizma. Unos hrane je funkcija energetske potrebe, uključujući i energiju koja je potrebna za rast (Volkoff i Ronnestad, 2020.). Nije sva energija uzeta iz hrane probavljena poput vlakana i celuloze iz biljnih sastojaka. Takve tvari samo prolaze neprobavljene kroz probavni sustav riba. Probavljiva se energija računa kao razlika ukupne energije i energije izgubljene izlučivanjem fecesa. Energija potrebna za održavanje predstavlja potrebu za kretanjem, osmo-regulaciju, krvotok. Prvenstveno u korištenju energije imaju navedeni procesi a preostala energija se može preusmjeriti u rast. Rast riba je kontinuiran ne prekida se i dostiže asimptotu (Lupatsch i sur., 2013.).

„Kompenzacijski rast“ je ubrzan rast organizama nakon razdoblja usporenog razvoja uzrokovanog nedostatkom nutritivnih tvari, odnosno prestankom hranjenja. Nicieza i Alvarez (2009.) u svom radu ističu dvije glavne značajke rasta koje mogu biti značajne za prepoznavanje kompenzacijskog rasta. Prva je ovisnost o veličini stope rasta koja uzrokuje nelinearnost trajektorije rasta i druga je privremeno preklapanje strukturnog rasta i ponovno obavljanje energetske rezervi nakon perioda gladi. Autori predstavljaju novu snažnu metodu „asinkroni pristup“ koji se temelji na točnom odabiru kontrolnih trajektorija i usporedbi kontrole i obrade stope rasta u različitim vremenskim periodima. Kako bi nesmetano rasle, uzgajane ribe imaju potrebu za određenom količinom bjelančevina i lipida, minerala i vitamina u hrani. Zahtjev za bjelančevinama proučavan je kod riba u uzgoju kako bi se odredila minimalna količina potrebna za rast kako se ne bi bjelančevine iskorištavale za ostale energetske potrebe. Ribe će prvenstveno iz hrane iskorištavati bjelančevine koje su najskuplja makro komponenta hrane. Podlanica primarno iz hrane iskorištava bjelančevine tek zatim

masti te pokazuje veću potrebu za hranom koja ima manji udio bjelančevina u sastavu (Klaoudatos i Grove, 2005.). Kako temperatura raste, biokemijske reakcije se odvijaju brže, a metabolički troškovi održavanja rastu. Kapacitet ishrane i rast riba raste s temperaturom dok se ne postigne toplinski optimum, a nakon toga opada (Remen i sur., 2015.). Von Bertalanffijev model rasta, prirast prikazuje kao razliku između sinteze (anabolizma) i razgradnje (katabolizma) organske tvari čija brzina ovisi o težini organizma. U uvjetima izomeričnog rasta, kada rastom organizmi ne mijenjaju oblik, u model se tada stavlja funkcija duljine tijela. Već postojeći potražni modeli koji se koriste u akvakulturi, pospješuju rezultate uzgoja, međutim imaju mnogo nedostataka zbog toga što ovise o raznim faktorima te najčešće koriste samo jednu biometrijsku veličinu (Klanjšček i Bavčević, 2016.).

## **2.5. Kompenzacijski rast**

Početak hranjenja za ribe koje su gladovale označava početak kompenzacijskog rasta koji je najčešće povezan s povećanim apetitom (hiperfagija), navodeći kako se kompenzacijski rast dešava uslijed hiperfagije a ne zbog bolje iskoristivosti hrane (Bavčević, 2010., Nikki, 2004.). Kompenzacijski rast možemo opisati kao povećanu stopu rasta nakon perioda gladovanja koja premašuje brzinu rasta neprekidno hranjene ribe. (Alvarez, 2011., Gurney, 2004.) Kompenzacijski rast često podrazumijeva promjene nastale u organizmu za vrijeme kompenzacije i nakon. Najčešći mehanizam na kojem se temelji kompenzacijski rast nakon razdoblja bez hrane je hiperfagija koja se kod pojedinih jedinki pokazuje tek nakon ponovne uspostave obroka (David Alvarez, 2011.). Unatoč dokazima povećanog rasta, Nicolas i sur. (2002.) otkrili su da poremećaji u rastu nastali uslijed perioda gladovanja nikada ne mogu u potpunosti biti nadomješteni. U akvakulturi se kompenzacijski rast izučavao promatrajući samo težinu, dok je samo nekolicina istraživanja promatrala i duljinu. Kompenzacijski se rast ostvaruje samo kada imamo rast u duljinu i težinu. Izgladnjela riba nikada ne može nadoknaditi izgubljeni rast u duljinu i samim time će trebati više vremena kako bi dostigla tržišnu veličinu (Bavčević i sur., 2010.).

## 2.6. Metabolizam podlanice u zimskom periodu

Za vrijeme niskih temperatura vodenog okoliša, uzgajana podlanica smanjuje količinu unesene hrane te se prirast smanjuje ili prestaje. Podlanice uzgajane na sjevernom Sredozemlju svoj unos hrane za vrijeme niskih temperatura smanjuju. Posljedično rast se zimi usporava. Slabiji rast može se očekivati u periodu od studenog do travnja. U zimskim uvjetima okoliša, podlanica razvija patološko stanje koje se naziva „winter disease“ ili zimska bolest, koja uzrokuje velike gubitke u uzgoju. Razumijevanje utjecaja zimske bolesti u poveznici s namjerno izazvanim gladovanjem, omogućilo bi uvid u to kako uzgajana podlanica pokazuje određeno patološko stanje bez specifičnog agensa (pokretača) (Ibraz i sur., 2007.). Pojava ove bolesti specifična je za područje Sredozemlja (Padros, i sur., 1998.). Pojava zimske bolesti kod podlanice pojavljuje se kod „prve zime“ koju riba doživi nakon nasada u kaveze (Tort i sur., 2002.). Padom imuniteta ribe može doći do pojave bakterija poput *Pseudomonas anguilliseptica* i parazita (Tort, 2002., Birincioglu, 2013.)

Ektotermnim organizmima okolišna temperatura uvjetuje potrošnju energije. Suočene s padom temperature podlanice troše svoje rezerve. Zaključno, prestanak hranjenja ima utjecaj na rezervu energije koja je proporcionalna s padom temperature, metabolizam lipida promijenjen je uslijed stresa zbog hladnoće (Ibraz i sur., 2007.). Hladnoća i gladovanje najviše utječu na lipide. Jedna od najuočljivijih promjena kod riba tijekom hladnih mjeseci je nakupljanje lipida u jetri. Ova promjena pokazuje prilagodbene mehanizme kao odgovor na pad temperature, koja olakšava difuziju kisika u mitohondrije. Nakupljanje lipida u jetri nije uzrok apsorpcije iz crijeva jer je već poznata stavka da riba ne uzima hranu na temperaturama ispod 13°C. Proučavanjem sezonskih promjena pokazalo se kako albumin dostiže svoju minimalnu vrijednost zimi. Jedinke koje pokazuju simptome bolesti ne mogu sačuvati razinu glukoze u krvi što nam potvrđuje pretpostavku da dolazi do poremećaja u jetri (Gallardo i sur., 2003.). Mogućnost disbalansa koji nastaje u organizmu uzgajane podlanice osim temperaturom može biti uzrokovan i promjenom saliniteta te se njihovo međudjelovanje primjećuje kod promjene razine glukoze i laktata iako ove promjene mogu nastati i uslijed prestanka hranjenja (Vargas-Chacoff i sur., 2009.).

Istraživanja pokazuju kako na pojavu zimske bolesti utječe nekoliko faktora. Stres, metabolički poremećaji, pad imuniteta i patogene koji su česta pojava uslijed ovih problema. Niske temperature mora su svakako početni problem koji za sobom povlače sve navedene poremećaje u organizmu. U periodu niskih temperatura riba slabo uzima hranu. Razlog tome je disbalans iona uzrokovan lošim radu škrge i probavnog sustava. Ibarz i sur. (2010.) u svom

istraživanju navode kako kada temperatura mora padne ispod 13°C podlanica u potpunosti prestaje uzimati hranu. Istraživanja sa poboljšanom hranom provedena su od strane mnogih znanstvenika. Ribe hranjene „zimskom“ hranom, koja je obogaćena potrebnim hranjivim tvarima, pokazuju veću otpornost na pad temperature, ne samo smanjenjem potrošnje rezervi već i smanjenje nakupljanja lipida u jetri. To nam ukazuje na korisne efekte koje bolje formulirana hrana ostavlja na ribu za vrijeme pada temperatura (Silva i sur., 2014.). Pri povećanju temperatura na početku proljeća, unos hrane kod podlanice još je uvijek slab te treba vremena kako bi se vratio na normalan unos (Teodosio, 2021.).

## 2.7. Teorija dinamičnih energetske budžeta

Teorija dinamičnih energetske budžeta, skraćeno DEB, jedna je od najpotpunijih i općeprihvaćenih ponudnih modela, građena na osnovama termodinamike i dinamike enzima. Zajednička osobina svih organizama je stalno trošenje energije na metaboličke procese, međutim konstantno unošenje ili stvaranje energije nije potrebno već je organizam sposoban preživjeti uz pomoć energetske rezervi. DEB teorija navodi da je jedina uloga energetske rezervi pokretanje metaboličkih procesa u strukturi. Još jedna pretpostavka ove teorije da se struktura može samo povećati te da je njeno trošenje energije proporcionalno veličini dok energetske rezerve ne traže energiju za održavanje. Homeostaza je sposobnost organizma da održava ravnotežu u organizmu te se ona u DEB teoriji odnosi na pretpostavku da se sastavi strukture i energetske vrijednosti ne mijenjaju. Izomorfnost podrazumijeva da se proporcija strukture ne mijenja s veličinom ribe. Uzimajući to u obzir duljine za karakterizaciju strukture ne ovise o količini energetske rezervi odnosno debljini. Hrana koju pojede riba asimilira se u energetske rezerve ili se u okoliš izbacuje u obliku fekalnih peleta i uree. Energiju koja se sprema u rezerve možemo podijeliti na somatsku (održavanje i rast strukture) i reproduktivnu. Asimilacija hrane nije linearna. Za vrijeme slabog hranjenja, ribe iz pojedene hrane uspiju asimilirati vrlo veliku količinu energije. Udio asimilirane hrane se smanjuje s povećanim hranjenjem. Preostalom energijom nakon somatskog održavanja ostvaruje se rast (Klanjšček i Bavčević, 2016.). DEB teorija dijeli organizam na dva dijela: strukturu i energetske rezervu. Struktura kao takva može samo rasti odnosno riba je ni u jednom slučaju ne može iskorištavati. Energetske rezerve iskorištavaju se zbog energije. Mišići ribe pripadaju i strukturi i energetske rezervi te organizam može iskorištavati mišićne proteine za vrijeme gladovanja. Povećanje težine u DEB teoriji ima dva sastavna dijela : porast strukture koja se mjeri duljinom i prirast energetske rezervi (Bavčević i sur., 2010.). Pojam strukture najlakše poistovjećujemo s nekom mjerom duljine organizma. Sastav biomase je konstantan dok se sastav rezervi i strukture razlikuje. Relativna masa se tijekom vremena može razlikovati, posebice za vrijeme gladovanja kada se udio od rezerve do strukture smanjuje, dovodeći do mogućih promjena u sastavu biomase (Nisbet i sur., 2011.).

Životni ciklus je u DEB teoriji podijeljen na tri faze: embrij, juvenilna faza i odrasla faza. Embrij asimilira majčinu rezervu za rast, razvoj i procese održavanja. Jednom kada embrij ostvari dovoljnu količinu energije za samostalan razvoj, započinje samostalno hranjenje što označava njegov prelazak u juvenilnu fazu (Nisbet i sur., 2011.).

Jednostavni pristup za poticanje rasta uzgajane ribe je bioenergetski model. Mnogo je modela izdano koristeći tradicionalni bioenergetski pristup koji primjenjuje različite formulacije. Pri formuliranju bioenergetskih modela važno je osigurati očuvanje energije. Lupatsch (2003.) dizajnira brojne eksperimente koji omogućuju dosljednu kvantifikaciju tokova energije i proteina kao funkcije tjelesne težine. Odnose se na unos hrane, probavljenu hranu (gubitci fecesom), metabolizam za vrijeme gladovanja (Nobre i sur., 2018.). Tradicionalni bioenergetski modeli započinju jednadžbom opisujući energiju i zahtjeve za ravnotežu bilance mase i govori o sudbini kemijske energije pohranjene u hrani. Jednadžbu možemo napisati kao energija po danu po jedinici (mokre ili suhe) težine (Nisbet i sur., 2011.). Računanje zahtjeva za energijom vršimo pomoću potražnih modela, koji na temelju opaženog rasta mjere potrebnu količinu hrane. Ponudni modeli utvrđuju rast na temelju ponuđene hrane i okolišnih faktora. (Klanjšček i Bavčević, 2016.).

## 2.8. Pokazatelji uspješnosti hranidbe (konverzija i prirast)

Procjena biomase u uzgoju određuje se na temelju procijene broja jedinki u uzgoju i procjene prosječne težine. Biomasa računamo kao umnožak poznatog broja jedinki s prosječnom težinom jedinke.  $N$  se odnosi na broj komada i  $W$  je prosječna težina u nekom vremenu  $t$ .

**Biomasa**  $= (N_t \times W_t)$  (Bogut i Bavčević, 2016.).

Ukupni prirast uzgajanih riba moguće je predvidjeti iskustvenim i teorijskim modelima. Prirast koji je donesen na osnovu periodičnih mjerenja riba, uvelike doprinosi poboljšanju teorijskog modela i ispravak procjene stanja riba u kavezima (Bogut i Bavčević, 2016.). Potpuno praćenje prirasta odnosi se na praćenje prirasta duljine i prirasta mase. Osobine uzgajane ribe poput mase i genetičkih svojstva također određuju brzinu rasta. Limitirajući čimbenici mogu se podijeliti na fizikalne, kemijske i biološke. Formiranje evidencijske skupine riba olakšava praćenje prirasta biomase.

„**Prirast uzgajane kategorije**  $= (N_{t+1} \times W_{t+1}) - (N_t \times W_t)$ “ (Bavčević, 2014.).

„ $N$  = broj komada;  $W$  = srednja masa;  $t + 1$  = na kraju perioda;  $t$  = na početku perioda „

„Ukupni prirast  $= \Sigma$  prirasta svih kategorije na uzgajalištu“ (Bavčević, 2014.).

Ukupni prirast prikazuje promjenu stanja kod uzgajane ribe i fiziološke procese kroz koje prolazi. Rast možemo podijeliti na **somatski rast**, **rast rezervi** i **reproduktivni rast**. Somatski rast odnosi se na rast strukturnih tkiva za nesmetan rast ribe. U ovom slučaju energetske trošak rasta odnosi se na rast strukturnog tkiva. Kod rasta rezervi podrazumijeva se skladištenje organske tvari u tkiva koja će organizam iskoristiti kada se smanji unos energije hranom. Rast rezervi kod riba se odnosi na povećanje razine lipida u tkivima. Reproductivni rast uključuje ulaganje tvari i energije u reproduktivnim organima. Rastom gonada raste i veličina rasplodnih stanica čiju rezervu energije u žumanjku iskorištava novi organizam do početka hranidbe. (Bogut i Bavčević, 2016.)

Izomorfan rast organizma podrazumijeva da organizam raste proporcionalno odnosno da su duljina i masa u stalnom i nepromjenjivom odnosu odnosno da je volumen strukture proporcionalan duljini ( $L$ ) na treću ( $L^3$ ). Ukoliko se sastav strukture ne mijenja s porastom ribe, onda je težina strukture također proporcionalna  $L^3$ . Odnos mase i duljine se procjenjuje s Fultonovim indeksom kondicije (IK) koji je jednak  $K=W/L^3$ . Gdje je  $W$  masa,  $L$  duljina je stalan dok rast u duljinu zahtijeva povećanje energetskih rezervi razmjerno strukturi. Kada

riba zahtijeva više energije nego li je dobije s hranom tada za uzdržavanje koristi energiju iz rezervi, smanjujući K i posljedično mršavi. Ukoliko riba prima više energije nego li je metabolizam zahtijeva tada se energija sprema u rezerve i povećava K. Potencijal povećanja težine ribe određene duljine i stanja (K) definiramo kao najveći mogući porast težine u određenom razdoblju. Ono se ostvaruje tek kada duljina ribe i K postanu maksimalni. Iz toga slijedi da svaki zaostatak u rastu, primjerice prestanak hranjenja, koji se ne može nadoknaditi dovodi do gubitka ukupnog potencijala povećanja težine. U akvakulturi to znači da će se uzgojni period riba biti dulji kako bi postigle željenu veličinu (Bavčević i sur., 2010.). Stopa hranjenja (feeding rate, FR) jedna je od najvažnijih faktora komercijalnom uzgoju i ima direktan utjecaj na omjer konverzije hrane (FCR) i na specifičnu stopu rasta (SGR). Znanje o optimalnom FR je važno za unaprjeđenje rasta FCR-a, kako bi se ribi davala dovoljna količina hrane, bez previše ostataka koji mogu pogoršati kvalitetu vode i okoliša koji okružuje kavez. Ukazano je na potrebe modeliranja rasta ribe u ovisnosti o tri glavna parametra koji na njega utječu: unos hrane, težina jedinke i temperatura mora. Većina modela koji predviđaju rast obično uzimaju u obzir samo tjelesnu težinu i temperaturu ali ne i FR. Von Bertalanffyeva jednadžba je najviše proučavana i primjenjivana jednadžba za opisivanje i predviđanje rasta ektoterma. Jedan je on najčešće korištenih parametara za opisivanje rasta iako na njega utječu tjelesna težina i temperatura. Razine hranidbe postavljaju se kako bi se poboljša odgovor rasta, smanjio FCR ili povećala profitabilnost (Jauralde i sur., 2013.).

FCR (feed conversion ratio, omjer konverzije hrane) izračun je udjela unesene hrane i povećanja težine ribe. U usporedbi s kopnenim, FCR vodenih životinja je nizak. Razlog tome je manja potrošnja energije za kretanje, te tjelesna temperatura koja je uvjetovana temperaturom okoliša. FCR ima limitirajuću stavku učinkovitosti jer ne uzima u obzir nutritivni sadržaj hrane i udio životinje koji je ne jestiv. Oslanja se na pretpostavku da su različite vrste u tom području iste (Fry i sur., 2018.). Važno je napomenuti da ovaj odnos između hrane i životinje ovisi o kvaliteti unesene hrane. Iako imamo linearni rast tjelesne mase i količinu pojedene hrane, oni nisu proporcionalni uzimajući u obzir pojedenu hranu koja ne ulazi u potrebe održivosti unutar organizma.



### 3. CILJ I SVRHA RADA

Temperatura mora oduvijek je bila ograničavajući faktor kod uzgoja riba. Komercijalna hrana nije pokazala zadovoljavajuće rezultate tijekom zimskog perioda kod rasta podlanice. Cilj uzgoja je brzi rast ribe sa što boljim omjerom utrošene hrane i rasta ribe. Osnovni cilj ovog rada je utvrditi da li poboljšana receptura hrane ima značajni utjecaj na prirast ribe, posebice u uvjetima snižene temperature mora.

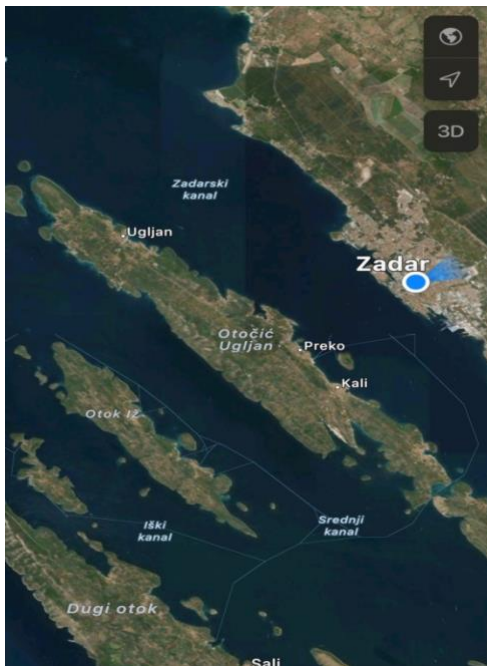
Cilj je usporediti kako različita receptura hrane utječe na rast ribe na niskim temperaturama.

Svrha ovog rada je bila dobiti rezultate i nove zaključke koji će biti korisni u budućnosti za ostvarivanje prirasta u periodu niskog unosa hrane.

## 4. MATERIJALI I METODE

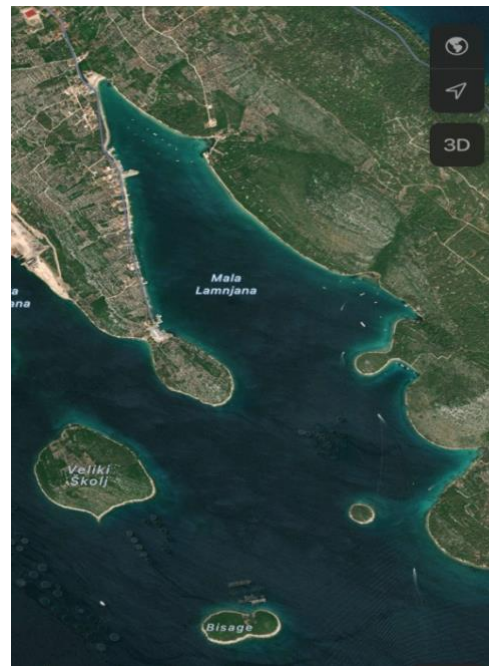
### 4.1. Lokacija

Pokus je započeo 17. ožujka 2023. godine, riba je nasađena u dva plutajuća kaveza. Kavezi su bili veličine 9 x 5 x 5 metara (volumena 225m<sup>3</sup>). Kavezi su se nalazili na uzgajalištu na otoku Ugljanu (Slika 1.), u uvali Mala Lamjana, uzgojna lokacija Bisage (Slika 2.) u vlasništvu firme Cromaris d.d. Ovo se uzgajalište nazali na južnoj strani otoka Ugljanani kavezi se nalaze na poziciji 44°01'23.6"N 15°13'09.5"E. Otok Ugljan smješten je u Zadarskom arhipelagu između otoka Pašmana s kojim je povezan s mostom preko prolaza Mali Ždrelec i s sjeverne strane otoka Rivanj i Sestrunj. Ukupna površina otoka iznosi 50,21 km. Temperatura mora na pokusnoj lokaciji godišnje varira od 13°C u veljači do 19°C u lipnju. Salinitet iznosi od 38,2 do 38,5.



Slika 1. Kartografski prikaz otoka Ugljana

Izvor: <https://www.google.com/maps>



Slika 2. Kartografski prikaz uvale Mala Lamjana i otočića Bisaga

Izvor: <https://www.google.com/maps>

## 4.2. Postavljanje pokusa

U svrhu provođenja ovog istraživanja odabrana je podlanica iz istog mriješta. Datum nasađivanja u kaveze je 13. ožujka 2023. U kavez K1 stavljeno je 622 jedinke, prosječne mase 173,17 grama. Biomasa ovog kaveza iznosila je 107.711,74 g. U kavezu K2 nasađena je 480 jedinki čija je prosječna masa iznosila 181,08 grama. Biomasa kaveza K2 na početku je iznosila 86.918,40 g. Riba u kavezu K1 je hranjena s hranom za ribe s većom probavljivom energijom („H1“) čiji se sastav može vidjeti u Tablici 2. Receptura H1 je napravljena za poticanje rasta s većim udjelom proteina i s mastima potpunog ribljeg porijekla. Riba u kavezu K2 je hranjena s komercijalom hranom za podlanicu H2 čiji se sastav može vidjeti u tablici 2. Pokus je trajao mjesec dana. Abiotički parametri na uzgajalištu su mjereni svakodnevno. Temperatura je mjerena živinim termometrom na 2,5 metara dubine, a kisik oksimetrom na dubini od 2 metra. Prosječna temperatura iznosila je 13,9°C. Osnovni ulazni podaci za podlanice nasađene u eksperimentalne kaveze su prikazani u tablici 1. Riba je hranjena jednom dnevno do sita.

Tablica 1. Prikaz osnovnih ulaznih podataka za kaveze K1 i K2

Kavez	Datum nasađivanja	Prosječna masa (g)	Količina (kom)	Biomasa (g)
K1	13.03. 2017.	173,17	622	107.711,74
K2	13.03.2017	181,08	480	86.918,40

Tablica 2. Nutritivni sastav hrane kojom je hranjena podanica u K1 i K2

	Pokusna hrana H1	Industrijska hrana H2
PROTEIN (%)	52.0	39,0
LIPID (%)	21.0	22.0
Vlažnost (%)	8,0	6,0
Vlakna (%)	0,7	3,0
Pepeo (%)	11,4	8,1
Ukupna energija (MJ/kg)	22,1	23,00
VITAMIN A (IU/kg)	15.000,0	10.000,0
VITAMIN D3 (IU/kg)	2.500,0	500,0
VITAMIN E (mg/kg)	300	100
VITAMIN C (mg/kg)	500	100

Osnovni biometrijski podaci za podlanice u pokusu su temeljeni na uzrokovanjima i mjerenjima koja su napravljena na početku i na kraju pokusa. Svim uzorkovanim jedinkama izmjerena je ukupna masa iskazana u gramima a ukupna dužina ribe, što se odnosi na vrh glave do vanjskog ruba repne peraje, iskazana je u milimetrima. Duljina ribe mjerena je ihtiomrom (cm), a masa ribe Sartorius digitalnom vagom s preciznošću 0,1 (g).

Indeks konverzije ili FCR je mjera životinjske učinkovitosti pri konverziji hrane u povećanju tjelesne mase. Ova mjera proizlazi iz količine pojedene hrane koja je podijeljena sa dobivenom masom u jedinici vremena.

$FCR = \text{ukupni iznos suhe hrane (g) pomnožen s prirastom u masi žive ribe (g)}$

FCR je nedimenzijaska mjera te se uz nju ne povezuju mjerne jedinice.

Za određivanje indeksa kondicije se koristila Fultonova formula:

$$I.k. = w(g)/L^3(cm) \times 100$$

w= masa uzorkovane ribe; L= dužina uzorkovane ribe

Za mjerenje specifične stope rasta (SGR) što je proizvodna mjera postotnog prirasta mase riba po danu koristila se formula:

$$SGRw(\%) = [\ln W1 - \ln W2 \times t1 - t0 - 1] \times 100$$

In W1 – Prirodni logaritam mase u vremenskom razdoblju t1

In W2 – Prirodni logaritam početne mase u vremenu t0

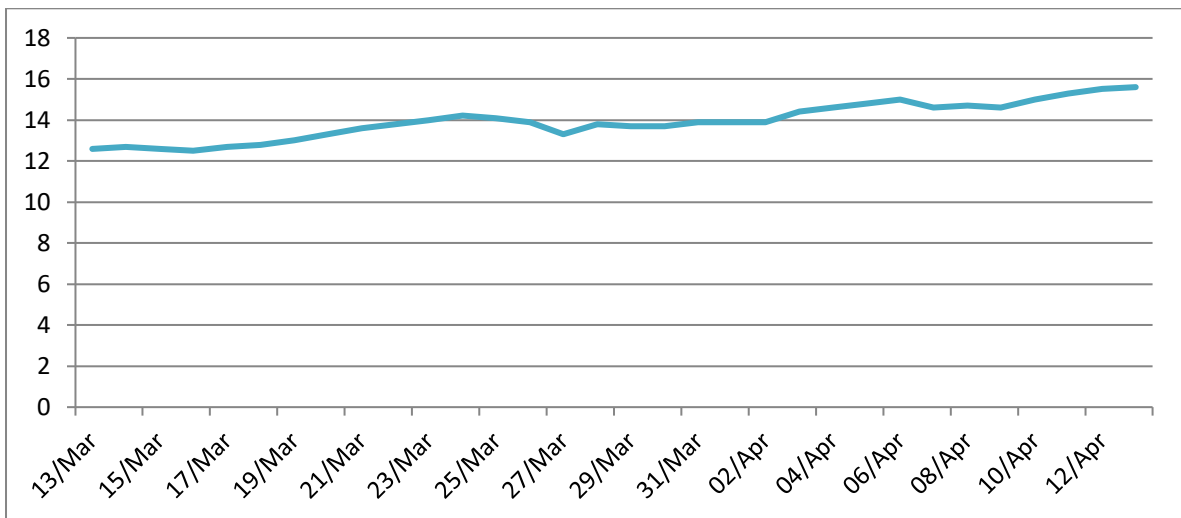
### **4.3. Statistička obrada podataka**

Microsoft Excelu napravljene su statističke tablice i linijski grafovi, izračuni srednjih vrijednosti, standardne devijacije, duljina, masa, indeks kondicije. Testiranje razlika srednjih vrijednosti za duljinu, masu i IK između eksperimentalnih grupa napravljeno je pomoću programa STATISTICA 11.

## 5. REZULTATI

### 5.1. Temperatura

Temperatura mora prikazana na slici 1. mjerena je svakodnevno na 2,5 metara dubine. Raspon temperature mora tijekom pokusa kretala se između 12° i 15°C. Prosječna je temperatura 13,9°C. Najniža zabilježena temperatura izmjerena je u ožujku i iznosila je 12,6°C. Najviša temperatura zabilježena je u travnju i iznosila je 15,9°C.



Slika 1. Temperatura mora za vrijeme trajanja pokusa

## 5.2. Usporedba proizvodnih parametara za podlanicu hranjenu različitim hranama u vrijeme niskih temperatura na početku i kraju pokusa

U tablici 3. prikazana je biomasa i relativni dnevni obrok (DFR) izračunat kao postotak hrane na prosječnu biomasu te ukupni gubitak riba za vrijeme trajanja pokusa. Utrošak hrane je ukupna količina hrane kojom su hranjene ribe iz oba kaveza za vrijeme trajanja pokusa.

Kavez	Biomasa	DFR	Mortalitet (g)	Utrošak hrane (g)	FCR
K1	107.711,74	0,6353	555,30	22.510	1,52
K2	86.918,40	0,6418	550,34	16.900	7,47

Tablica 3. Prikaz biomase i DFR za kaveze K1 i K2

U tablici 4. prikazani su osnovni proizvodni podatci podlanice u uzgoju, generacije 2016. u dva kaveza na različitim hranama u razdoblju niskih temperatura mora.

Tablica 4. Prikaz proizvodnih parametara za kaveze K1 i K2 na početku i na kraju pokusa

Kavez	Početna masa (g)	Završna masa (g)	Početna duljina (cm)	Završna duljina (cm)	Indeks kondicije na početku	Indeks kondicije na kraju	SGR	TGC
K1	173,77± 38,24	197,03± 42,16	21,53± 1,53	22,64±1,31	1,71	1,67	0,42	0,6
K2	181,08± 43,05	185,81± 40,33	22,17±1,43	22,48±1,36	1,63	1,61	0,08	0,1

Podlanica u K1 ima 4,9 puta manji indeks konverzije (FCR), 5,25 puta veću standardnu brzinu rasta odnosno 6 puta veći termalni koeficijent rasta za isto eksperimentalno razdoblje. Kako bi se detaljnije analizirale razlike između kaveza testirane su razlike srednjih vrijednosti između kaveza i kod svakog kaveza na početku i na kraju pokusa.

Testiranje razlike srednjih vrijednosti duljine, mase i indeksa kondicije na početku pokusa ukazuje (tablica 5.) da su podlanice u K2 signifikantno dulje, nesignifikantno teže i sa signifikantno manjim indeksom kondicije od podlanica u K1.

Tablica 5. Rezultati testiranja (T-test za neovisne uzorke) razlika duljine, mase i indeksa kondicije podlanica u kavezima K1 i K2 na početku pokusa.

	K1	K2	t	df	p	N
Duljina	21,53±1,53	22,17±1,43	-2,04	100	0,043	49
Masa	173,8±38,24	181,08±43,05		100	0,54	49
Indeks kondicije	1,71	1,63	3,062	100	0,003	49

Testiranje razlike srednjih vrijednosti duljine, mase i indeksa kondicije na kraju pokusa prikazani su u tablici 6. Na kraju pokusa podlanice u K1 su bile nesignifikantno dulje i nesignifikantno teže, sa signifikantno većim indeksom kondicije od podlanica u K2.

Tablica 6. Rezultati testiranja (T-test za neovisne uzorke) razlika duljine, mase i indeksa kondicije podlanica u kavezima K1 i K2 na kraju pokusa

	K1	K2	t	df	p	N1	N2
Duljina	22,66±1,31	22,48±1,36	0,83	160	0,41	65	97
Masa	197,7±42,16	185,8±40,33	1,8	160	0,073	65	97
Indeks kondicije	1,67	1,61	2,63	160	0,009	65	97

### 5.3. Promjene proizvodnih parametara podlanice u K1 tijekom uzgoja na niskim temperaturama

Osim usporedbe srednjih vrijednosti između kaveza, testirane su razlike između duljina mase i kondicije na početku i na kraju pokusa za svaki od dva pokusna kaveza.

Testiranje razlike srednjih vrijednosti duljine, mase i indeksa kondicije podlanice u K1 na početku i na kraju pokusa prikazani su u tablici 7. Na kraju pokusa riba u K1 je bila signifikantno dulja, signifikantno teža i sa nesignifikantno manjim indeksom kondicije.

Tablica 7. Rezultati testiranja (T-test za neovisne uzorke) razlika duljine, mase i indeksa kondicije podlanica u K1 na početku i na kraju pokusa

	Početna	Završna	t	df	p	N1	N2
Duljina	21,53±1,53	22,65±1,31	-4,33	116	0,000032	53	65
Masa	173,78±38,24	197,68±42,16	-3,19	116	0,0018	53	65
Indeks kondicije	1,71	1,67	1,39	116	0,17	53	65



#### 5.4. Promjene proizvodnih parametara podlanice u K2 tijekom uzgoja na niskim temperaturama

Testiranje razlike vrijednosti duljine, mase i indeksa kondicije podlanica u K2 na početku i na kraju pokusa prikazani su u tablici 8. Na kraju pokusa riba u K2 je bila nesignifikantno dulja, nesignifikantno teža i sa nesignifikantno manjim indeksom kondicije.

Tablica 8. Rezultati testiranja (T-test za neovisne uzorke) razlika duljine, mase i indeksa kondicije podlanica u K2 na početku i na kraju pokusa.

	Početna	Završna	t	df	p	N1	N2
Duljina	22,13±1,43	22,48±1,36	-1,44	144	0,15	49	97
Masa	178,57±43,05	185,81±40,33	-1,02	144	0,31	49	97
Indeks kondicije	1,63	1,61	0,39	144	0,69	49	97

## 6. RASPRAVA

Najzastupljenija vrsta u mediteranskoj akvakulturi je podlanica *Sparus aurata*, čiji uzgoj u posljednje vrijeme bilježi izniman rast. Trajanje uzgojnog ciklusa najčešće ovisi o temperaturi morskog okoliša. Ciklus u prosijeku traje između 16 i 20 mjeseci dok riba ne dostigne konzumnu veličinu. Jadransko more nalazi se na sjevernom dijelu Sredozemlja, čime je njegova temperatura u prosijeku niža od ostatka Sredozemnog mora, posebice za vrijeme zime (Jadras, 1996.). Rezultati praćenja temperature na uzgajalištu u Lamjani prikazuju prijelaz između kraja zime i početka proljeća gdje su temperature mora još uvijek stabilne i gdje unutar mjesec dana imamo razliku u temperaturi od 2°C s najnižom temperaturom od 12,6°C pri kojoj riba ne raste i ne jede. Naši rezultati temperature su u skladu s prijašnjim mjerenjima koje za isti period iznose od 13°C do 15°C stupnjeva (Uhoda, 2020.).

Faktor konverzije hrane (FCR) govori koliko je kilograma hrane potrebno za proizvodnju jednog kilograma ribe. Razlikujemo biološki i ekonomski FCR. Biološki FCR odnosi se na rezultat količine hrane koja se koristi za proizvodnju jednog kilograma ribe, dok ekonomski FCR uzima u obzir efekte gubitka hrane kao i mortalitet riba (Saeed i sur., 2005.). Visok FCR u isto vrijeme može biti rezultat prekomjernog i premalog dnevnog obroka. Maksimalno iskorištenje hrane se postiže hranidbom blizu sitosti dok se maksimalni rast postiže hranidbom iznad optimuma za FCR (Saeed i sur., 2005.). Prosječni FCR za K1 iznosi 1,52 dok je za K2 znatno veći i iznosi 7,47. Dobiveni rezultati pokazuju slabije iskorištenje hrane u K2 u odnosu na K1. TGC (termalni koeficijent prirasta) varira tijekom rasta te se procijenjeni TGC može koristiti za određeni raspon veličina. To znači da je za procjenu rasta pomoću TGC-a kroz uzgojni ciklus pojedine vrste potrebno utvrditi nekoliko težinskih razreda (Mayer i sur., 2008.). Izračunat je pomoću formule  $TGC = (W_{i+n}^{1/3} - W_i^{1/3}) / \sum_{j=1}^n T_j * 1000$  (Klanjšček i Bavčević, 2016). Na TGC u našem istraživanju nisu mogle utjecati varijacije u temperaturi jer je proveden u jednakim i stabilnim uvjetima temperature. Isto tako utjecaj veličine ribe na TGC je bio zanemariv jer razlika u početnoj masi nije bila statistički zbrajana (Tablica 4.). Dobiveni rezultati ukazuju da je riba iz K1 ostvarila znatni prirast, dok je riba iz K2 stagnirala u rastu što je u skladu sa dosadašnjim proizvodnim rezultatima na niskim temperaturama. Usporedba brzine rasta SGR među kavezima navodi na jednake zaključke kao i prijašnja usporedba pomoću TGC koeficijenta.

Tablice s rezultatima testiranja (Tablica 4. i 5.) prikazuju rezultate testiranja razlika između početne (Tablica 4.) i završna mjerenja (Tablica 5.) mase, duljine i indeksa kondicije.

Značajna statistička razlika može se primijetiti kod usporedbe početne duljine u kavezima pri čemu je K2 veći od K1. Prosječna početna duljina u K1 iznosi 21,53 cm dok je u K2 prosječna duljina veća i iznosi 22,17 cm.

Početna prosječna težina riba u K1 je 173,77 grama, a unutar K2 181,08. Mjerenja između početnih težina između K1 i K2 nisu se pokazala značajno razlikovala međutim primijećena je razlika kod početnog indeksa kondicije koji je u K1 iznosio 1,71, dok je u K2 ta vrijednost bila 1,63 i ona je statistički zbrajana.

Kod završnih mjerenja jedina signifikantna razlika prikazana je kod indeksa kondicije čija se vrijednost u oba kaveza smanjila u odnosu na početnu, te su te vrijednosti iznosile 1,67 za K1 i 1,61 za K2.

Zbog statistički značajnih razlika u duljini i indeksa kondicije između K1 i K2 na početku pokusa provedena je dodatna analiza prirasta duljine, mase i promjene indeksa kondicije za pojedini kavez. U K1 razlika u početnoj i završnoj duljini i masi je značajna. Indeks kondicije je pao ali razlika nije značajna (Tablica 7.) Nasuprot tome u K2 nije došlo do statistički značajnih promjena u duljini, masi i indeksu kondicije (Tablica 8.). Usporedna analiza rezultata prirasta i FCR nam ukazuje na utjecaj korištenja hrana različitog sastava. Hrana za K1 je imala više probavljivih bjelančevina i masti su bile isključivo biljnog porijekla. S obzirom da su znatne razlike u sirovinskom i kemijskom sastavu između H1 i H2 ne može se sa preciznosti utvrditi koji je faktor utjecao na značajne razlike u performansi obiju grupa. Ovi rezultati nam ukazuju na mogućnost poboljšanja prirasta podlanice u hladnim mjesecima promjenama u formulaciji hrane. Možemo pretpostaviti da je u zimskom periodu izbor sirovina i formulacija ograničavajući faktor rasta ribe što se specifično odnosi na probavljivost bjelančevina i kvalitetu masti.

Indeks kondicije u K1 (kavez u kojem su se jedinice hranjene H1) iznosi 1,71 što je nesignifikantno više od K2 (hranjen H2) koji iznosi 1,63. Važno je napomenuti da su se kavezi na samom početku razlikovali. Usprkos razlikama rezultati jasno pokazuju kako je K1, čija je početna težina bila manja, završnom težinom i duljinom prešao K2. Povećani indeks kondicije podupire činjenica da je riba iz K1 hranjena hranom koja ima bolja nutritivna svojstva.

Ukupni broj uginulih riba tijekom istraživanja je bio jednak u oba kaveza što isključuje utjecaj visoke razine dostupne energije i bjelančevina na preživljavanje.

U svom radu Lupatsch (2005.) navodi kako su zahtjevi ribe za proteinima i energijom usko povezani te određuju brzinu rasta. Bjelančevine osim svoje uloge za rast, imaju ulogu izvora energije. Također navodi kako je minimalna količina proteina u hrani za podlanicu 45%.

Postotak proteina u H1 kojom se hranio K1 iznosi 52%. Važno je napomenuti kako su gubitak proteina i energije za vrijeme gladovanja samo približni zahtjevi za održavanje i mora se uzeti u obzir učinkovitost iskorištenja energije i proteina iz prehrane (Lupatsch, 2005.). Važnost probavljive energije spominju i Klaoudatos i Grove (2005.) kao važnu stavku koja regulira unos hrane kod riba. Riba prilagođavaju hranjenje kako bi zadovoljile svoju potrebu za probavljivom energijom u skladu sa svojom stopom rasta. Rezultati njihovog istraživanja pokazali su kako se podlanica primarno hrani zbog bjelančevina a sekundarno za energiju, što podupire i naše rezultate.

## 7. ZAKLJUČAK

Naše istraživanje se provodilo od početka ožujka do početka travnja, kada riba nema značajnog napretka u rastu zbog hladnije temperature mora. K1 je usprkos tome zabilježio prirast zbog hrane čiji je nutritivni sastav kvalitetniji u usporedbi s komercijalnom hranom. Rast zabilježen u K2 prikazuje standardni rast podlanice u tom periodu.

U pokusu koji je proveden u ovom radu sastav hrane koji je dao rezultate na kojima se temelje prethodne tvrdnje je temeljen na sirovinama od ribe. Izvor bjelančevina i masti u pokusnoj hrani su riblje ulje i brašno za razliku od komercijalne hrane koja ima značajne udjele sirovine terestričkog porijekla. Izbor sirovina hrane ograničavajući je faktor rasta ribe u hladnijem dijelu godine.

Buduća istraživanja trebala bi trajati duže s istom ili sličnom poboljšanom recepturom hrane kako bi se vidjelo da li povećanje prirasta temeljeno na poboljšanoj formulaciji hrane ima ekonomsku opravdanost.

## 8. POPIS LITERATURE

1. Alvarez, A., Garcia, B., Jesus Cerezo Valverde, J. C., Felipe Aguado Gimenez F. A., Hernandez, M. D. (2010.). Gastrointestinal evacuation time in gilthead seabream (*Sparus aurata*) according to the temperature. *Aquaculture research*, 41.
2. Angeles Gallardo, M., Sala-Rabanal, M., Ibraz, A., Padros, F., Blasco, J., Fernandez-Borras, J., Sanchez, J. (2003.). Functional alterations associated with “winter syndrome” in gilthead sea bream (*Sparus aurata*).
3. Andrade, J.P., Erzini, K., Palma, J. (1996.). Gastric evacuation and feeding in the gilthead sea bream reared under semi-intensive conditions. *Aquacult. Int.* 4, 129–141.
4. Attia, J., Millot, S., Di-Poi, C., Begout, M.L., Noble, C., Sanchez-Vazquez, F. J., Terova, G., Saroglia, M., Damsgard, B. (2011.). Demand feeding and welfare in farmed fish. *Fish physiol biochem.*
5. Alamansa, E., Perez, M.J., Cejas, J.R., Badia, P., Villamandos, J.E., Lorenzo, A. (1999.). Influence of broodstock gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) dietary fatty acids on egg quality and egg fatty acid composition throughout the spawning season. *Aquaculture* 170, 323-336.
6. Assan, D., Huang, Y., Mustapha, U.F., Addah, M.N., Li, G., Chen, H. (2021.). Fish feed intake, feeding behavior, and the physiological response of apelin to fasting and refeeding. *Frontiers in endocrinology*, volume 12.
7. Bavčević, L., Klanjšček, T., Karamarko, V., Aničić, I., Legović, T. (2010.). Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. *Aquaculture* 301, 57-63.
8. Bavčević, L. (2014.). Priručnik i vodič za dobru proizvođačku praksu Kavezni uzgoj lubina i komarče, Savjetodavna služba. Str. 23-56
9. Bogut, I., Opačak, A., Stević, I., Bogut, S. (1996.). Nutritivna i protektivna vrijednost riba s osvrtom na Omega-3 masne kiseline. *Ribarstvo* 54, 21-37
10. Bogut, I., Bavčević, L., Stević, I., Adámek, Z., Franičević, V., Galović, D., Gjurčević, E., Klanjšček, T., Luzzana, U., Mareš, J., Mišlov-Jelavić, K., Pavličević, J., Plietić, S., Šterbić, I., Tibaldi, E., Župan, B. Mostar. (2016.). Hranidba riba. Str. 47-57, 236-237.
11. Bavčević, L., Franičević, V., Mišlov-Jelavić, K. (2016.). Hranidba morskih riba, iz knjige “Hranidba riba”, str. 395-457.
12. Birincioglu, S. S., Aydogan, A., Avci, H. (2013.). Pathological investigations of winter-like disease in cultured sea breams (*Sparus aurata*).

13. Campillo, A. (1992.). Les pêcheries françaises de Méditerranée: synthèse des connaissances. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer: 206 p
14. Dulčić, J., Kovačić, M. (2020.). Ihtiofauna Jadranskog mora. Tehnička knjiga, Zagreb, 531-532
15. Elhalfawy, M. M., Gaber, M. M. (2013.). Effect of different protein source on growth performance and body composition of seabream (*Sparus aurata* L.).
16. Ferreira, J.G., Saurel, C., Ferreira, J.M. (2012.). Cultivation of gilthead bream in monoculture and integrated multi-trophic aquaculture. Analysis of production and environmental effects by means of the FARM model. *Aquaculture*, 358-359, 23-24.
17. Fry, J.P., Mailloux, N.A., Love, D.C., Milli, M.C., Cao, L. (2018.). Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? *Environmental research letters* 13.
18. FAO, 2022. <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf> (pristupljeno 20.6.2023.)
19. Gurney, W.S.C, Nisbet, R.M. (2004.). Resource allocation, hyperphagia and compensatory growth. *Bulletin of Mathematical Biology* **66**, 1731–1753
20. Ibraz, A., Fernández-Borràs, J., Blasco, J., Gallardo, M.A., Sánchez, J. (2003.). Oxygen consumption and feeding rates of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) reveal lack of acclimation of cold. *Fish Physiol Biochem* 29:313-321
21. Ibraz, A., Blasco, J., Sala-Rabanal, M., Gallardo, A., Redondo, A., Fernandes-Borras, J. (2007.). Metabolic rate and tissue reserves in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) under thermal fluctuations and fasting and their capacity for recovery.
22. Ibraz, A., Beltran, M., Fernandez-Borras, J., Gallardo, M. A., Sanchez, J., Blasco, J. (2007.). Alterations in lipid metabolism and use of energy depots of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at low temperatures. *Aquaculture* 262, 470–480.
23. Ibraz, A., Padros, F., Gallardo, M. A., Fernandez-Borras, J., Blasco, J., Tort, L. (2010.). Low temperature challenges to gilthead sea bream culture: review of cold-induced alterations and „Winter Syndrome“. *Rev Fish Biol Fisheries*
24. Jauralde, I., Martinez-Llorens, S., Tomas, A., Ballestrazzi, R., Jover, M. (2013.). A proposal for modelling the thermal-unit growth coefficient and feed conversion ratio as functions of feeding rate for gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) in summer conditions. *Aquaculture Research*, 44, 242-253.
25. Klanjšček, T., Bavčević, L. (2016.). Modeliranje izmjene hranjivih tvari i protoka energije, iz knjige „Hranidba riba“, str. 267-287.

26. Klaoudatos D.S, Grove D.J. (2005.). Voluntary food intake of gilthead sea bream, *Sparus aurata*. Pages 45-58.
27. Lupatsch, Ingrid. (2013.). Bioenergetics- application in aquaculture nutrition. International aquafeed, 22-25.
28. Lupatsch, Ingrid. (2005.). Protein and energy requirements in Mediterranean species. Cahiers Options Méditerranéennes, Volume 63
29. Nobre, A. M., Valente, L. M. P., Conceicao, L., Severino, R., Lupatsch, I. (2018.). A bioenergetic and protein flux model to stimulate fish growth in commercial farms: Application to the gilthead seabream. Aquacultural engineering 84, 12-22.
30. Nicieza, A. G., Alvarez. D. (2009.). Statistical analysis of structural compensatory growth: how can we reduce the rate of false detection? Oecologia, 159:27–39
31. Nisbet, R.M., Jusup, M., Klanjšček, T., Pecquerie, L. (2011.). Integrating dynamic energy budget (DEB) theory with traditional bioenergetic models. The journal of experimental biology 215, 892-902.
32. Nicolas, M.A.E., Gonzalez, F.J.R., Lopez, M., Garcia, B.G. (2002.). Efecto de la realimentacion tras un periodo de ayuno sobre el crecimiento en el sargo picudo *Diplodus puntazzo*. Boletín instituto Español de oceanografía 18, 1-4.
33. Nikki, J., Pirhonen, J., Jobling, M., Karjalainen, J. (2004.). Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. Aquaculture 235, 285-296.
34. NOAA, Fisheries <https://www.fisheries.noaa.gov/topic/sustainable-seafood> (pristupljeno 20.6.2023.)
35. Mayer, P., Estruch, V.D., Jover, M. (2012.). A two-stage growth model for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) based on the thermal growth coefficient. Aquaculture 358–359, 6–13.
36. Pavlidis, M. A., Mylonas, C. C. (2011.). Sparidae: Biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species. Str. 4-10.
37. Perović, S. (2000.). Prehrana ribom u zdravlju i bolesti, str. 29
38. Olivia-Teles, A. (2000.). Recent advances in European sea bass and gilthead sea bream nutrition. Aquaculture International 8: 477–492.
39. Paspatis, M., Maragoudaki, D., Kentouri, M. (2000.). Self-feeding activity patterns in gilthead sea bream (*Sparus aurata*), red porgy (*Pagrus pagrus*) and reciprocal hybrids. Aquaculture, 190, 389-401.



40. Padros, F., Tort, L., Crespo, S. (1998.). Winter disease in gilthead sea bream *Sparus aurata*: some evidences of multifactorial etiology.
41. Remen, M., Nederlof, M. A. J., Folkedal, O., Thorsheim, G., Sitja-Bobadilla, A., Perez-Sanchez, J., Oppedal, F., Erik Olsen, R. (2015.). Effect of temperature on the metabolism, behaviour and oxygen requirements of *Sparus aurata*. *Aquacult Environ Interact* 7: 115–123.
42. Saeed, M., Salim, M., Noreen, U. (2005.). Study on the growth performance and feed conversion ratio of *Labeo rohita* fed on soybean meal, blood meal and corn gluten 60%. *Pakistan Vet. J.* 25(3).
43. Silva, T. S., da Costa, A. M. R., Conceicao, L. E. C., Dias, J. P., Rodrigues, P. M. L., Richard, N. (2014.). Metabolic fingerprinting of gilthead seabream (*Sparus aurata*) liver to track interactions between dietary factors and seasonal temperature variations.
44. Svasand, T., Crosetti, D., Garcia-Vazquez, E., Verspoor, E. (2007.). Genetic impact of aquaculture activities on native populations. *Str.* 40-47.
45. Tort, L., Rotllant, J., Liarte, C., Acerete, L., Hernandez, A., Culemans, S., Coutteau, P., Padros, F. (2002.). Effects of temperature decrease in feeding rates, immune indicators and histopathological changes of gilthead sea bream *Sparus aurata* fed with experimental diet. *Aquaculture* 229, 55-65.
46. Teodosio, R., Aragao, C., Colen, R., Carrilho, R., Dias, J., Engrola, S. (2021.). A nutritional strategy to promote gilthead seabream performance under low temperatures. *Aquaculture* 537.
47. Uhoda, A. (2020.). Uzjecaj jačine svjetlosti na rast i preživljavanje zubaca *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758), diplomski rad, Sveučilište u Zadru
48. Vargas-Chacoff, L., Arjona, F. J., Polakof, S., Martin del Rio, M. P., Soengas, J. L., Mancera, J. M. (2009.). Interactive effects of environmental salinity and temperature on metabolic responses of gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 154, 417–424.
49. Velazquez, M., Zamora, S., Martinez, F.J. (2006.). Effect of dietary energy content on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) feeding behaviour and nutritional use of the diet. *Aquaculture nutrition* 12, 127-133.
50. Volkoff, H., Ronnestad, I. (2020.). Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish.

51. Volkoff, H., Hoskins, L.J., Tuziak, S.M. (2010.). Influence of intrinsic signals and environmental cues on the endocrine control of feeding in fish: Potential application in aquaculture. *General and comparative endocrinology* 167, 352-259.