

# Procjena maksimalnog obroka podlanice (*Sparus aurata*, L.) u kaveznom uzgoju

---

Vitlov, Božena

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:162:784262>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-20**



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

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu  
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

**Božena Vitlov**

**Procjena maksimalnog obroka podlanice (*Sparus aurata*, L.) u kaveznom uzgoju**

**Diplomski rad**

Zadar, 2022.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu  
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Procjena maksimalnog obroka podlanice (*Sparus aurata*, L.) u kaveznom uzgoju

Diplomski rad

Student/ica:

Božena Vitlov

Mentor/ica:

izv. prof. dr. sc. Lav Bavčević

Komentor/ica:

doc. dr. sc. Slavica Čolak

Zadar, 2022.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Božena Vitlov**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Procjena maksimalnog obroka podlanice (*Sparus aurata*, L.) u kaveznom uzgoju** 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, 2022.

# SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Pregled literature .....	3
2.1. Podlanica ( <i>Sparus aurata L.</i> ).....	3
2.2. Hranidba.....	4
2.3. Procjena prirasta.....	8
2.3.1. Procjena maksimalnog obroka.....	9
2.4. Modeliranje i validacija modela.....	9
3. Cilj i svrha rada .....	12
4. Materijali i metode .....	13
4.1. Postavljanje pokusa.....	13
4.2. Procjena maksimalnog obroka modelom .....	16
4.3. Statistička obrada podataka .....	17
5. Rezultati.....	18
5.1. Temperatura .....	18
5.2. Rast i indeks kondicije podlanica 2017. generacije .....	18
5.3. Konverzija hrane .....	20
5.4. Procjena prosječne mase ribe .....	21
5.5. Procjena max obroka.....	25
5.6. Validacija modela.....	25
6. Rasprava .....	28
7. Zaključak.....	31
8. Literatura.....	32

## SAŽETAK

### **Procjena maksimalnog dnevnog obroka podlanice (*Sparus aurata L.*) u kaveznom uzgoju**

Akvakultura pripada jednoj od najbrže rastućih industrija u proizvodnji hrane. Uzgoj riba podrazumijeva osiguranje optimalnih uvjeta za održavanje životnih funkcija. Podlanica, *Sparus aurata*, predstavlja najvažniju i najzastupljeniju vrstu koja se uzgaja u Sredozemlju. Pripada porodici Sparidae (ljuskavke), koja je tijekom posljednja dva desetljeća pokazala najbrži i najznačajniji rast uzgojnog sektora. Jedan od najzahtjevnijih tehnoloških postupaka na kaveznom uzgajalištu riba je hranidba koja može znatno utjecati na zdravlje uzgajanih riba, kao i na kvalitetu proizvoda. Kako bi mogli izračunati potrebne količine hrane u određenom periodu (dnevni obrok) potrebno je znati biomasu ribe, prosječnu veličinu ribe te temperaturu uzgojnog medija. U idealnim prilikama, hranidba daje najbolje rezultate kada se riba hrani približno do sitosti. Hranidbom koja je dobro odmjerena uvelike se pridonosi postizanju optimalne konverzije hrane i prirasta riba, kao i na smanjenje utjecaja uzgoja na okoliš. Procjena maksimalnog obroka je jedan od temeljnih parametara u modelima za procjenu rasta i potrošnje hrane u akvakulturi, što je ujedno i cilj ovog rada tj. usporediti model sa postojećim modelima. Maksimalni obrok je procijenjen na temelju praćenja parametara rasta i potrošnje hrane kod jedne generacije podlanice od 6-350g. Model je uspoređen s modelom koji predlaže Seginer (2016.) na temelju rezultata istraživanja drugih autora. Validacija modela napravljena je na generaciji 2018. Riba je hranjena svaki dan 2-8x ovisno o veličini. Hranjenje se provodilo na način da je ribi više puta dnevno ponuđena hrana. Jednom tjedno provodilo se cjelodnevno hranjenje do sita, uz pomoć kojeg se odredilo 80 % od ukupne količine koje je riba pojela do sitosti za ostale dane hranjenja. Prikupljeni podaci obrađeni su statistički i obličeni u formalni model za procjenu maksimalnog obroka u uzgojnim uvjetima. Procjene temeljene na modelu ovom radu kao i mjerenja u provedenom pokusu daju znatno veće vrijednosti od preporuke koju je dao Seginer (2016.) na temelju literaturnih navoda.

**Ključne riječi:** akvakultura, podlanica, hranidba riba, procjena maksimalnog obroka

## SUMMARY

### **Estimation of the maximum daily ration of seabream (*Sparus aurata* L.) in cage culture**

Aquaculture belongs to one of the fastest growing industries in food production. Fish farming implies ensuring optimal conditions for maintaining vital functions. Sea bream, *Sparus aurata*, is the most important and abundant species cultivated in the Mediterranean. It belongs to the Sparidae family, which during the last two decades has shown the fastest and most significant growth in the breeding sector. One of the most demanding technological procedures at the cage fish farm is feeding, which can significantly affect the health of the farmed fish, as well as the quality of the product. In order to be able to calculate the required amount of food in a certain period (daily ration), it is necessary to know the biomass of the fish, the average size of the fish and the temperature of the breeding medium. Under ideal circumstances, feeding produces the best results when the fish are fed close to satiety. Well-measured feeding greatly contributes to achieving optimal feed conversion and fish growth, as well as reducing the impact of farming on the environment. Estimating the maximum ration is one of the fundamental parameters in models for estimating growth and food consumption in aquaculture, which is also the goal of this work, i.e. to compare the model with existing models. The maximum ration was estimated based on the monitoring of growth parameters and food consumption in one generation of sea bream from 6-350g. The model was compared with the model proposed by Seginer (2016.) based on the research results of other authors. Validation of the model was done on the generation of 2018. The fish were fed every day 2-8 times depending on the size. Feeding was carried out in such a way that the fish were offered food several times a day. Once a week, full-day feeding was carried out, with the help of which 80% of the total amount that the fish ate to satiety was determined for the rest of the feeding days. The collected data were statistically processed and converted into a formal model for estimating the maximum ration in growing conditions. Estimates based on the model in this paper as well as measurements in the conducted experiment give significantly higher values than the recommendation given by Seginer (2016.) based on literature references.

**Key words:** aquaculture, sea bream, fish feeding, assessment of maximum ration

## 1. UVOD

FAO (Food and agriculture organization) 1988. godine definira akvakulturu kao uzgoj akvatičnih organizama, koji uključuje uzgoj riba, rakova, školjki i makrofita. Uzgoj uključuje ljudsku intervenciju u uzgojnom procesu s ciljem povećanja proizvodnje, kao što je hranjenje, zaštita od predatora i nasad mladi. U europskim zemljama, akvakultura naglašava proizvodnju riba i mekušaca, dok je proizvodnja algi i makrofita zastupljena u azijskim državama (Fishwatch, What is Aquaculture, 2008.). Akvakultura je u posljednjih nekoliko godina postala jedna od najbrže rastućih industrija u proizvodnji hrane, navedeno u Nacionalnom strateškom planu razvoja akvakulture za razdoblje 2014.-2020. godine (Ministarstvo poljoprivrede, 2014.). Danas imamo dva oblika akvakulture: slatkovodna akvakultura i morska akvakultura. Slatkovodna akvakultura podrazumjeva uzgoj riba kojima je prirodno stanište rijeka, potok ili jezero. Proizvodnja se odvija u jezerima, recirkulacijskim sustavima ili ribnjacima. U morskoj akvakulturi uzgajaju se vrste kojima je prirodno stanište more ili ocean. Proizvodnja se odvija u kavezima u moru ili na kopnu u objektima koje je izradio čovjek (NOAA Fisheries, What is Aquaculture, 2008.).

U kaveznom uzgoju ribe su ograničene u smislu prostora i ne mogu migrirati. Dobivaju hranu djelovanjem uzgajivača, a svježiu vodu strujanjem morske vode kroz uzgajalište. Riba su vrlo dobro zaštićene od grabežljivaca iako okupljanje riba oko kaveza može privući velike ribe i sisavce koje mogu izazvati stres kod riba u kavezu (Bavčević, 2014.). Životne funkcije heterotrofnih organizama obuhvaćaju uzimanje tvari i energije iz okoliša, njihovo preoblikovanje i ugradnju u tkiva, zatim razgradnju radi oslobađanja potencijalne energije i na kraju njihovo izlučivanje u okoliš. Taj proces nazivamo izmjenom tvari i energije organizma s okolišem. Heterotrofnim organizmima potrebna je gotova hrana kako bi došli do korisne energije uskladištene u organskim spojevima što znači da su potpuno ovisni o datoj hrani (Bogut i sur., 2016.). U intenzivnoj akvakulturi hranidba ima bitan utjecaj jer utječe ne samo na troškove proizvodnje (otprilike 50% operativnih troškova), već i na rast i zdravlje organizama u uzgoju (Villeda, 2013.). Na optimalnu konverziju hrane i prirast riba te na smanjenje utjecaja uzgoja na okoliš, bitno utječe dobro upravljana hranidba (Bavčević, 2014; Bogut i sur., 2016.). Podlanica, *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758.), predstavlja najvažniju i najzastupljeniju vrstu koja se uzgaja na mediteranu. Industrija uzgoja podlanice smatra se sektorom koji ulazi u svoju zrelu fazu, ali još treba učinkovitiji proizvodni sustav i novije tehnologije (Villeda, 2013.). Pripada



porodici Sparidae (ljuskavke) koja je tijekom posljednja dva desetljeća pokazala najbrži i najznačajniji rast uzgojnog sektora (Pavlidis i Mylonas, 2011.).

Uspješnost proizvodnje povezana je s uspješnosti hranidbe koja ovisi o kvaliteti hrane i procjeni dnevnog obroka. Za izračun potrebne količine hrane u određenom periodu (dnevni obrok) potrebno je što točnije odrediti biomasu ribe u uzgojnoj jedinici, prosječnu veličinu ribe u proizvodnoj jedinici te temperaturu uzgojnog medija (Bogut i sur., 2016.).

# 1. PREGLED LITERATURE

## 1.1. Podlanica (*Sparus aurata* L.)

Podlanica možemo pronaći na cijelom Mediteranu, istočnom Atlantiku oko Britanskog otočja, Gibraltarskog prolaza pa sve do Capa Verde i oko Kanarskog otočja. Prisustvo je zabilježeno i u Crnom moru što je prikazano na slici 1. (Bauchot i sur., 1990.). Za podlanicu se u Hrvatskoj koristi još nekoliko naziva: orada, komarča, lovrata, zlatka, zlatnica itd. (Milišić, 2007.). Naseljavaju dubinu do 150 metara (Muus i Niesen, 1999.), ali najčešće se zadržavaju na dubini do 30 metara (Lloris, 2005.). Najčešće obitavaju na pjeskovitom morskom dnu ili na livadama morskih cvjetnica. Žive pojedinačno ili u malim skupinama.



Slika 1. Rasprostranjenost orade, *S. aurata*, Linnaeus, 1758.

(Izvor:[https://www.aquamaps.org/receive.php?type\\_of\\_map=regular](https://www.aquamaps.org/receive.php?type_of_map=regular))

Podlanica može najviše narasti do 70 cm duljine, a prosječno naraste od 33-40 cm (Muss i sur., 1999; Bauchot i sur., 1986.). Maksimalni životni vijek je 11 godina (Campillo, 1992.). Može doseći težinu od 17 kg. Ima ovalno tijelo, srebrno-sive boje. Na početku bočne pruge ima crnu mrlju. Tijelo joj je prekriveno malim ljuskama (Slika 2.). Podlanica je protoandrički dvospolac što znači da je u prve dvije godine života mužjak, a ženka postaje u trećoj godini života (Bauchot i sur., 1981; Buxton i Garratt, 1990.). Mrijesti se uglavnom od listopada do prosinca (Sadovy de Mitcheson i Lui, 2008.). Pretežito su mesojedi, ali jedu i hranu biljnog podrijetla (Sola i sur., 2006.). Hrane se školjkašima, najčešće dagnjama što im omogućuju njihovi brojni zubi, te rakovima, mekušcima i bodljikašima (Sola i sur., 2006.). Euritermna i eurihalina je vrsta što znači da dobro podnosi promjene temperature i saliniteta. Iako su euritermne vrste, pri

temperaturi od 4°C nastupa njihova smrt (Moretti i sur., 1999.). Maksimalna letalna temperatura za rast je oko 30°C, a minimalna letalna temperatura je oko 5°C. Za uzgoj, optimalna temperatura je od 22-26°C (Katavić i sur., 2005; Brigolin i sur., 2008.). Ispod 15°C jedinke znatno smanjuju potrebu za hranom, a potpuno prestaju jesti pri temperaturi manjoj od 13°C (Ibraz i sur., 2003.).



Slika 2. Podlanica (*S. Aurata*)

(Izvor: Vitlov, B.)

## 1.2. Hranidba

U intenzivnom uzgoju, hranidba se oslanja na gotove krmne smjese za ribe. U ponudi su ekstrudirani peleti koje na području Sredozemlja nude deseci proizvođača, ali glavninu proizvodnje za komercijalni uzgoj predstavlja 4 do 5 velikih proizvođača hrane. Ekstrudirana zrna u odnosu na peletiranu hranu omogućuju veći unos ulja tj. veću probavljivu energiju (DE) hrane. Strategija hranidbe u intenzivnom uzgoju riba, najčešće se temelji na metodi iskustvenog „analognog“ modeliranja. Analogni modeli oslonjeni su na eksponencijalni model ili na model termalnog koeficijenta rasta. Najčešće je to kombinacija tehničkih tablica i vodiča za hranidbu koje izrađuju proizvođači hrane za ribe. U tablicama se dnevni obrok računa kao maseni postotak na biomasu ribe koja se hrani prema njenoj prosječnoj veličini i temperaturi mora. Optimizacija dnevnog obroka izražena je u postocima ukupne biomase u uzgojnoj jedinici te ovisi o kvaliteti procjene promjene u biomasi koja nastaje kao posljedica hranidbe. Stoga je potrebno često ažurirati prosječnu veličinu i biomasu riba i na te vrijednosti primijeniti izračun veličine obroka. Prema njima se izrađuju tablice koje predstavljaju svakom uzgajivaču poslovnu tajnu. Na određenom uzgajalištu, za postavljanje strategije hranidbe potrebno je postaviti slijedeća polazišta: utvrditi faktore okoliša koji dugoročno i kratkoročno utječu na hranidbu riba, zatim odabrati tehniku hranidbe, izabrati hranu kojom će se riba hraniti, odrediti dnevni unos hrane kao i brzinu hranjenja kako ne bi došlo do gubitka hrane prelaskom u okoliš,

utvrditi resurse za provođenje hranidbe, što uključuje vrijeme transporta hrane do kaveza i najveću brzinu distribucije hrane s obzirom na prihvatni kapacitet uzgajanih riba. Broj riba u kavezu se najčešće utvrđuje odbijanjem prebrojanog mortaliteta od poznatog broja ribe u trenutku nasada u kavez. Veličina ribe i ugojenost temelji se na mjerenjima uzoraka riba iz kaveza. Kako bi navedena mjerenja bila korisna u smislu korekcije predviđanja samog prirasta riba, važno je izraditi program periodičkog uzorkovanja i mjerenja parametra uzorkovanih riba. Periodičko uzorkovanje vrlo je važno zbog uvida u gojidbeno i zdravstveno stanje uzgajanih riba. Nakon utvrđene biomase i prosječne veličine može se odabrati proizvođač, koji može osigurati potrebne količine hrane primjerene uzrasnoj kategoriji za koju se određuje veličina obroka. Proizvođači hrane najčešće u ponudi imaju više tipova hrane namijenjene hranidbi određene vrste ribe i kod svih ozbiljnih proizvođača se mogu pronaći odgovarajuće količine tražene hrane za ribe svih uzrasnih kategorija. Osim po veličini peleta i kemijskom sastavu koji je prilagođen veličini ribe, različite vrste hrane razlikuju se po sirovinskom sastavu i po posebnim dodacima koje mogu sadržavati (Bavčević i sur., 2016.). Veličina dnevnog obroka se utvrđuje iz dva ključna razloga: planiranje utroška hrane na razini mjeseca ili godine radi optimizacije troškova nabave i sigurnosti opskrbe i operativno utvrđivanje obroka na dan hranidbe. Utvrđivanje dnevnog obroka za uzgajane ribe se svakako temelji na odabranoj hrani za ribe i na procjeni: temperature uzgojnog medija (more, voda), prosječne veličine riba u proizvodnoj jedinici i biomase ribe u uzgojnoj jedinici (Bavčević i sur., 2016.).

U radu Klaoudatos i Grove (2005.) predložen je „lipostatski model“ za objašnjenje unosa hrane na osnovu ugojenosti ribe te predviđa da su izlučevine masnih stanica ključni signal mozgu za regulaciju hranjenja i taloženje tjelesne masti. Brojni čimbenici mogu utjecati na unos hrane uključujući trajanje razdoblja hranjenja (vrijeme zasićenja), veličinu pojedinog obroka (kapacitet želuca), vrijeme između obroka (interval hranjenja), nasadna gustoća, prostor i hijerarhijski učinci, i interakcija gore navedenog (Brett, 1979; Alvarez i sur., 2010.).

Okolišni uvjeti imaju veliki utjecaj na rast i preživljavanje podlanice, temperatura uzgojnog medija ima značajan utjecaj na metabolizam i na količinu hrane koju riba konzumira (Moksness i sur., 2004.). Za procjenu godišnje temperature, najčešće se koriste statistički obrađeni podaci o izmjerenim temperaturama mora na mjestu uzgoja ili u blizini. Na dnevnoj operativnoj razini koristi se podatak o temperaturi mora temeljen na svakodnevnom mjerenju. Ista mjerenja koriste se i za stvaranje baze podataka o kretanjima temperature mora na uzgojnoj lokaciji. U svom istraživanju Novosel (2019.) navodi da je najmanja temperatura zabilježena je u ožujku 2018. godine i iznosila je 10,25°C. Najveća vrijednost zabilježena je u srpnju 2017. godine i

iznosila je 24,73 °C. Istraživanje je provedeno na otoku Cresu, u Kvarnerskom zaljevu. U navedenom istraživanju zabilježeno je da podlanica prestaje jesti kada je temperatura mora iznosila ispod 13°C te ponovo počinje jesti kada je temperatura mora iznosila više od 18°C. Faktor konverzije hrane (FCR), definiran je kao potreba za hranom po jedinici prirasta tjelesne mase, obično se koristi kao osnova za cijenu koštanja proizvoda. FCR ukazuje koliko je potrošeno hrane za kilogram prirasta, a računa se prema navedenoj formuli:

$$\text{FCR} = I (\text{g}) / \text{WD} (1)$$

gdje je FCR faktor konverzije, I ukupna količina potrošene te WD ukupna masa prirasta ribe (Halver i Hardy, 2013.).

Za utvrđivanje dnevnog obroka potrebna je procjena biomase i prosječne veličine ribe u uzgojnoj jedinici te temperatura medija na kojoj će se riba hraniti. Utvrđivanje dnevnog obroka provodi se zbog optimizacije troškova hranidbe, usporedbe izračunatog obroka i ostvarenog obroka radi procjene zdrastvenog statusa jata, kontrole procjene prosječne veličine i ukupne biomase ribe u uzgojnoj jedinici. Na temelju procjene broja jedinki u uzgoju i procjene prosječne mase ribe, utvrđuje se biomasa. Procjena prosječne veličine uzgajanih riba bitan je parametar za utvrđivanje dnevnog obroka, što slijedi iz činjenice da je brzina metabolizma upravo proporcionalna veličini ribe. Procjenjen broj riba u uzgoju temeljen je na nasadnoj količini koja se s vremenom umanjuje za broj uginulih jedinki. Poznati ili procijenjeni broj jedinki zatim se množi se s prosječnom masom jedinke koja se dobiva modeliranjem prirasta ili na temelju biometrije uzorka iz uzgojne jedinice te se na temelju navedenih mjerenja dobiva procijenjena biomasa kojoj treba utvrditi veličinu obroka:  $\text{Biomasa} = (Nt \times Wt)$  gdje je N broj komada, a W srednja masa u vremenu t. Najčešća i najduže primjenjivana metoda utvrđivanja dnevnog obroka jesu tablice, koje uz svaku hranu daju proizvođači hrane za ribe. U tablicama se dnevni obrok izračunava kao maseni postotak na biomasu koja se hrani prema prosječnoj veličini i temperaturi mora. U uvjetima kada je metabolizam uzgajane vrste parametriziran, moguće je izračunati dnevni obrok pomoću faktorijalnog modela (Bavčević i sur., 2016.).

Klaoudatos i Grove (2005.) provodili su dva pokusa kojim su ispitali učinak prehrambenih makronutrijenata na unos hrane mlađi podlanice. Oba eksperimenta sugeriraju da je protein kontrolni čimbenik koji regulira unos hrane kod podlanice. Temperatura mora nije bila umjetno regulirana, već je varirala u skladu s prirodnim uvjetima okoliša. Ekstremna temperatura mora zabilježena je tijekom prvog eksperimenta (30,5°C). Tijekom prvog pokusa temperatura se kretala od 24,4°C do 30,5°C, a tijekom drugog od 24,1°C do 28,4°C. U oba eksperimenta se dnevni obrok (g/riba/dan) povećao povećanjem temperature.

Pretpostavlja se da ribe, kao homeotermne životinje (Kissileff i Van Itallie, 1982.) prilagođavaju unos hrane kako bi zadovoljile svoje probavljive energetske potrebe (Cho i Kaushik, 1985.). Energija i više od 40 hranjivih tvari dokazano su neophodni za rast, reprodukciju i zdravlje riba (National Research Council, 1993.). Proteini su jedna od najvažnijih kategorija hranjivih tvari za rast i najskuplja makro komponenta hrane za ribe zbog svoje velike količine u formuli za hranu (Pandian, 1989.; National Research Council, 1993.). Potrebe za proteinima uvijek se proučavaju za sve pojedine ribe u akvakulturi s ciljem izbjegavanja korištenja proteina za energiju te određivanja minimalne količine potrebne za postizanje maksimalnog rasta (Phillips, 1972.). Probavljiva energija se dijeli na metabolizam održavanja, rast, reprodukciju i skladištenje. Dio energije se gubi u okoliš tijekom transformacijskih reakcija, a metabolički nusproizvodi se eliminiraju kao otpad. Protok hranjivih tvari, od unosa do raspodjele, strogo je reguliran, a razrađeni mehanizmi koji uključuju mnoge hormonske sustave služe za koordinaciju i integraciju raspodjele energije.

Ekološki važno obilježje probave je brzina kojom se hrana može preraditi, jer to određuje gornju granicu unosa energije, a time i gornju granicu rasta (Pitcher i Hart, 1982.).

Brzina probave u skladu je s brzinom metaboličkih procesa u tijelu i ovisi o temperaturi okoliša (Bavčević, 2014.). Osim toga na brzinu probave uvelike utječe temperatura vode, učestalost uzimanja obroka i vrsta hrane (Alvarez i sur., 2010.). Vrijeme prolaska hrane započinje unosom u probavnu cijev, a završava izlučivanjem prvoga fecesa. Pražnjenje probavne cijevi je period tijekom kojeg cjelokupna ili približno cjelokupna količina pojedene hrane prođe kroz probavnu cijev. Vrijeme između uzimanja hrane i pojave fecesa smatra se vremenom probave. Prolaz i probava hrane prvenstveno ovise o temperaturi vode u kojoj riba živi. Na temperaturi vode od 10 °C prolazak hrane kroz probavnu cijev traje od 14 do 19 sati, a pri temperaturi vode od 25 °C od 5 do 7 sati. Općenito je usvojeno da kinetika pražnjenja želudca može biti opisana diferencijalnom jednačbom na koju utječe punjenje želudca. Što je želudac napunjeniji, prije će se isprazniti, no na određenoj razini napunjenosti organizmu se vraća apetit. Za neke vrste riba i neke vrste krmnih smjesa vrijeme pražnjenja želudca direktna je funkcija razine konzumiranja, a također je gotovo posve proporcionalna logaritmu tjelesne mase. Za istu razinu konzumirane hrane pražnjenje će biti brže u manjih riba. Spoznaja o količini hrane koja je voljno progutana tijekom jednoga obroka i kinetici pražnjenja želudca omogućuju izračunavanje broja obroka koje treba distribuirati, ali i ukupnu dnevnu količinu hrane (Bavčević, 2014.). Hranidbu podlanice u uzgoju karakterizira gubitak hrane u okoliš. U svom radu Brigolin i sur. (2014.) navodi kako otprilike 33% hrane dane podlanici bude ispuštena u okoliš kao nepojedena hrana ili feces. Te su vrijednosti mnogo više od onih danih u prethodnim

studijama za atlantskog lososa (Strain i Hargrave 2005, Stucchi i sur., 2005.), koje se kreću od 5 do 10%. Ova istraživanja sugeriraju da postoji prostor za poboljšanje učinkovitosti hranidbe podlanice kontroliranjem rasipanja hrane koja ne pridonosi rastu ribe. Autori su otkrili značajno organsko obogaćivanje bentosa na udaljenosti od 50 m oko kaveza (Brigolin i sur., 2014.).

### 1.3. Procjena prirasta

Modeli za procjenu prirasta se po pristupu dijele na empiričke i procesne. Empirički se modeli oslanjaju na podatke bez dubljeg razumijevanja međuovisnosti podataka kao što su rast i potrebna hranidba za ribu određene veličine. Računaju se provlačenjem krivulje kroz mjerenja napravljena za što sličniju ribu i uzgojne uvjete. Procesni modeli predviđaju hranidbu i rast kroz modeliranje fizioloških procesa i kao takvi su prikladniji za predviđanja u uvjetima uzgoja za koje ne postoje detaljnija mjerenja.

Studije u proteklih 30 godina proizvele su znatnu količinu podataka o rastu podlanice, posebno u morskim kavezima, što je rezultiralo nekoliko modela rasta ribe čiju dosljednost treba provjeriti. Odgovarajući modeli rasta ključni su za racionalno upravljanje akvakulturom, budući da usmjeravaju hranjenje i rukovanje ribom od trenutka poribljavanja do trenutka izlova (Seginer, 2016.).

Modele možemo podijeliti na ponudne i potražne. Ponudni modeli predviđaju rast ribe kao funkciju uvjeta okoliša (npr. hrane i temperature) tj. ribi se na temelju pojedene hrane procjeni koliko će narasti. Takav model je Davis-Warenov model koji se temelji na ukupnom budžetu energije iz kojeg slijedi da je prirast (P) razlika između unesene energije (C) i energije izgubljene u izmetu (F) i izlučivanju (U), te energiji za održavanje metabolizma (R):  
$$P = C - (F + U) - R \quad (3)$$

Nedostatak ovog modela je što zanemaruje niz važnih procesa poput smanjenja efikasnosti asimilacije energije i promjene metabolizma kao funkcije dostupnosti hrane (Seginer, 2016.).

Potražni modeli računaju zahtjeve za energijom, odnosno pomažu da se na temelju opaženog ili željenog rasta izračuna količina potrebne hrane pod pretpostavkom stalne veličine obroka (Bavčević i sur., 2016.).

Jednostavni empirički potražni modeli za procjenu prirasta i za veličinu dnevnog obroka razvijeni su statističkom obradom biometrijskih podataka i utroška hrane. Podaci o prirastu i hranidbi za statističku obradu najčešće su prikupljeni u uvjetima hranidbe blizu sitosti (Bavčević i sur., 2016.).

### 1.3.1. Procjena maksimalnog obroka

Maksimalni obrok u praksi je definiran količinom hrane koju riba može pojesti u zadanom broju obroka. Sastavni je dio većeg broja bioenergetskih modela za procjenu utroška hrane i rasta. Maksimalni obrok ( $F_s$ ) za podlanicu, prilagođen je jednostavnim modelima veličine ribe i temperature mora – linearni model i eksponencijalni model. Linearni model je najjednostavniji model za područje niskih temperatura (Seginer, 2016.), a formula glasi:

$$F_s = q_s (T - T_f) M^\alpha \quad (4)$$

Ovaj model je prilagođen dostupnim skupovima podataka i uspoređene su vrijednosti tri parametra  $q_s$ ,  $T_f$  i  $\alpha$ , gdje je  $T$  temperatura mora,  $T_f$  temperatura na kojoj riba prestaje jesti,  $M$  masa ribe, a  $q_s$  i  $\alpha$  su konstante.

Seginer (2016.) je parametizirao model iz izraza (4) za podlanicu na temelju rezultata istraživanja drugih autora (Kraljević, 1984; Petridis i Rogdakis, 1996; Andrade i sur., 1996; Jauralde i sur., 2013; Lupatsch i Kissil, 1998. i 2003; Liberalato i Solidoro, 2008; i Llorente i Luna, 2013.).

$$F_s = 0.007(T - 10.8) * M^{0.69} \quad (5)$$

gdje je  $q_s$  konstanta koja iznosi 0.007,  $T_f$  iznosi 10.8, a  $\alpha$  0.69.

### 1.4. Modeliranje i validacija modela

Općenito, razvoj ribe je funkcija fiziološkog stanja (veličine, stanja),  $S$ , i uvjeta okoliša (temperatura, hrana, kvaliteta vode). Opći model za procjenu stope rasta (Seginer, 2016.) je:

$$dS/dt = G\{S, E\} \quad (6)$$

gdje je  $t$  vrijeme, a  $G$  je stopa rasta.  $S$ ,  $E$  i  $G$  su vektori koji se mogu izraziti na različitim razinama detalja.

U modelima koji se primjenjuju u akvakulturi, stanje ribe je često predstavljeno samo tjelesnom masom ( $BM$ ) jedne ribe (u  $g[BM]/ribi$ ), dok se vektor okoliša često svodi samo od temperature,  $T$  (u  $^\circ C$ ) i veličine obroka  $F$  (u  $g[hrana]/(g[BM]dan)$ ). Detaljniji modeli mogu uključivati sastav tijela ribe i sadržaj energije (u  $kJ/g [BM]$ ) ali i parametre kvalitete vode, kao na primjer koncentracije otopljenog kisika i metabolita. Ovisno o ograničavajućim čimbenicima okoliša, funkcija rasta  $G$  može se prilagoditi, uz  $T$  i  $F_i$  na slanost, fotoperiod, gustoću ribe te na koncentracije  $CO_2$  (Seginer, 2016.).



Prvi teorijski model rasta koji se još uvijek upotrebljava u ribarstvenoj biologiji je potražni von Bertalanffijev model rasta. Prema ovom modelu prirast je razlika između brzine sinteze (anabolizma) i razgradnje (katabolizma) organske tvari u tijelu, a brzina ovosi o masi ribe. Ovaj model se redovito koristi u opisivanju rasta prirodnih populacija riba.

$$L(t) = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad i \quad W(t) = W_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})^3, \quad (7)$$

k-koeficijent brzine preostalog rasta, a  $t_0$  vrijeme potrebno da organizam naraste od nule do početne veličine ili težine ( $L(t=0)$  ili  $W(t=0)$ ).

U svom radu Mayer i sur. (2008.) navode da se rast ribe tradicionalno izražava kroz jednadžbu VB modela, koje su prikladne za proučavanje prirodnih populacija gdje riba dosegne veličinu odrasle ribe, ali ne i u akvakulturi jer je komercijalna masa ribe niža i dosegnuta prije nego li je to moguće u divljini.

Nadalje, nedostatak VB modela je izostanak varijable količine uzete hrane, te je model stoga primjenjiv samo u uvjetima kada organizam dobiva svu energiju potrebnu za opaženi rast (Bavčević, 2016.).

Seginer (2016.) u svom radu navodi kako modeli s većim brojem parametara imaju bolje rezultate. Mercier i sur. (2011.) zaključili su da ukupni životni vijek treba podijeliti u nekoliko razdoblja, u njihovom slučaju juvenilne i odrasle jedinke i da svako razdoblje ima svoj model. Sličan pristup promovirali su Gamito (1998.), Dumas i sur. (2007.) i Mayer i sur. (2012.). Može se zaključiti da cjeloživotni modeli s tjelesnom masom kao jedinim prediktorom rasta (von Bertalanffy jednadžba) nisu prikladni za potrebe upravljanja akvakulturom. Rast ribe u akvakulturi uglavnom pokriva samo prvih nekoliko godina života i iz razloga što je potrebno kontrolirati varijable okoliša kako bi se povećala produktivnost (Seginer, 2016.)

Uobičajen i jednostavan pristup ocjenjivanja modela je regresija predviđenih u odnosu na promatrane vrijednosti (ili obrnuto) i usporedba parametara nagiba i presjeka s linijom 1:1. Na temelju pregleda literature nema konsenzusa o tome koju varijablu (predviđenu ili promatranu) treba smjestiti u svaku os. Neki istraživači tvrde da je svejedno na kojoj su osi predviđena i promatrana varijabla, vjerojatno iz razloga što je  $r^2$  isti za obje regresije. Pineiro i sur. (2008.) u svom radu predstavljaju matematičke dokaze koji pokazuju da je regresija predviđenih (y-os) u odnosu na promatrane podatke (x-os) za procjenu modela netočna i trebala bi dovesti do pogrešne procjene nagiba i presjeka. Umjesto toga treba koristiti promatrane na y-osi u odnosu na predviđene na x-osi. Podcjenjivanje nagiba i precjenjivanje y-odsječka raste kako se  $r^2$  vrijednosti smanjuju.

Mjera koja se koristi za vrednovanje regresijskog odnosa promatrane i predviđene varijable je RMSD koja predstavlja srednje odstupanje predviđenih u odnosu na promatrane vrijednosti (Kobayashi i Salam, 2000; Gauch i sur., 2003.). RMSD treba analizirati u kontekstu vrijednosti u varijablama kako bi imao značenje.

$$\text{RMSD} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}$$

(8)

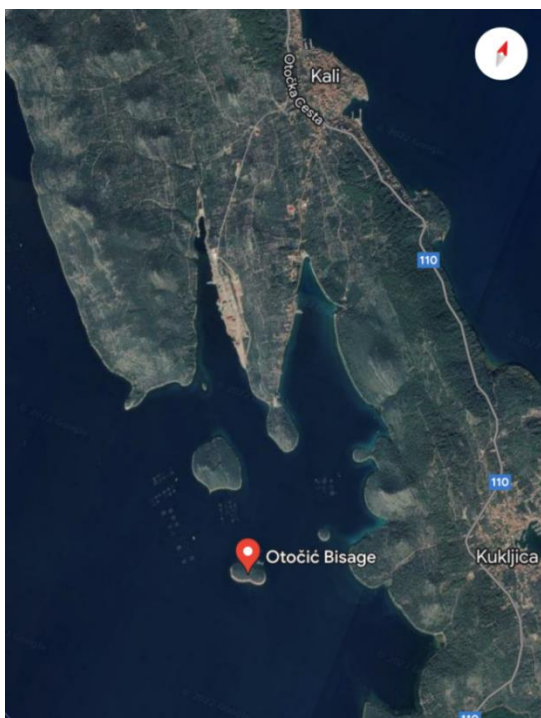
## **2. CILJ I SVRHA RADA**

Hranidba riba u idealnim prilikama daje najbolje rezultate kada se riba hrani približno do sitosti. Dobro upravljano hranidbom uvelike se pridonosi postizanju optimalnog prirasta riba, kao i na smanjenje utjecaja uzgoja na okoliš. Cilj uzgoja je brzi rast ribe sa što boljim proizvodnim rezultatima.

Osnovni cilj ovog rada je procijeniti maksimalni dnevni obrok podlanice, tj. usporediti model sa postojećim modelima.

### 3. MATERIJALI I METODE

Istraživanje se provodilo na uzgajalištu ribe na otoku Ugljanu. Otok Ugljan nalazi se u zadarskom području, sjeverozapadno od otoka Pašmana i jugoistočno od otoka Rivanj i Sestrunj. Svojom površinom od 50,21 km<sup>2</sup> (dug 22 km, širok do 3,8 km) ubraja se među veće hrvatske otoke. Od kopna je odjeljen Zadarskim kanalom, a s otokom Pašmanom povezuje ga most preko prolaza Mali Ždrelac. Srednjim kanalom odvojen je od otoka Iža. Uzgajalište se nalazi u uvali Mala Lamjana, firme Cromaris d.d. na poziciji 44°01'23.6"N 15°13'09.5"E (Slika 3.).



Slika 3. Kartografski prikaz Bisaga

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



Slika 4. Platforma kaveza 9x5x5 m

Izvor: Franov, Š.

#### 3.1. Postavljanje pokusa

Za provođenje pokusa odabrana je podlanica iz dvije generacije. Na generaciji 2017. su napravljena mjerenja potrebna za procjenu maksimalnog obroka, a mjerenja na generaciji 2018. su upotrijebljena za validaciju modela pomoću kojeg je napravljena procjena.

Podlanica generacije 2017. podijeljena je u 4 kaveza (MK1, MK2, MK3 i MK4) dimenzija 9x5x5 m, volumena 225 m<sup>3</sup> (Slika 4.). Pokus je trajao 14 mjeseci. Abiotički parametri bilježili su se svakodnevno, temperatura je mjerena živinim termometrom na dubini od 2,5m, a kisik

oksimetrom YSI a xylem na dubini od 2 m. Prikaz osnovnih ulaznih podataka prikazan je u tablici 1.

Tablica 1. Prikaz osnovnih ulaznih podataka za kaveze MK1, MK2, MK3, MK4

Kavez	Datum nasađivanja	Pros.j.masa (g)	Količina (kom)	Biomasa (g)
MK1	3/17/2017	6.79	10287	69848.7 3
MK2	3/17/2017	6.88	10316	70974.0 8
MK3	3/17/2017	6.87	10298	70747.2 6
MK4	3/17/2017	6.81	10311	70217.9 1

Pokus je ponovljen 2018. godine, također na podlanci. Riba je podijeljena u 2 kaveza (MK1 i MK2) dimenzija 9x5x5 m, volumena 225 m<sup>3</sup>. Pokus je trajao 16 mjeseci. Kisik i temperatura mjerili su se kao i u pokusu 2017. godine. Prikaz osnovnih ulaznih podataka prikazan je u tablici 2.

Tablica 2. Prikaz osnovnih ulaznih podataka za kaveze MK1, MK2

Kavez	Datum nasađivanja	Pros.j.masa (g)	Količina (kom)	Biomasa (g)
MK1	3/01/2018	2,64	9606	25,36
MK2	3/01/2018	2,66	9720	25,85

Jednom mjesečno iz svakog kaveza (generacija 2017. i 2018.) nasumično se uzimao uzorak za potrebe biometrije (100 komada) pomoću kojih se utvrđivala ukupna masa (g) i duljina (cm). Duljina jedinki se mjerila pomoću ihtimetra, a masa svake jedinke mjerena je baždarenom digitalnom vagom proizvođača Sartorius sa preciznošću 0.01g. Ugojenost ribe mjerila se indeksom kondicije (IK) koji opisuje njihovo fiziološko stanje. Računa se pomoću Fultonovog koeficijenta:

$$IK = (W/L)*100 \quad (2)$$

gdje je IK indek kondicije, W masa te L duljina jedinke (Ricker, 1975.). prema izrazu (2).

Hranjenje je počelo granuliranom hranom kojom se riba hranila u mrijestilištu (Perla plus 0 i Perla MPT), a zatim su podijeljeni u dvije grupe. Prva grupa (MK1 i MK2) je hranjena hranom Intro 1,9, Efico 854 3 i Efico 854 4.5 proizvođača hrane Biomar. Druga grupa (MK3 i MK4) hranjene su hranom Perla MPT, Optibream 1P i 2P proizvođača Skretting. Svaka hrana ima svoju granulaciju (Slika 5.).



Slika 5. Hrana različitih granulacija

Izvor: Kolega, M.

Izbor veličine granulacije mijenjao se po uputi proizvođača (Tablica 3.) ovisno o veličini ribe i varijaciji prosječne mase ribe. Svakodnevno su se bilježili podatci o utrošenoj količini hrane za svaki kavez. Riba je hranjena svaki dan 2-8 x ovisno o veličini. Hranjenje se provodilo na način da je ribi više puta dnevno ručno ponuđena hrana. Pelete su polagano raspoređene da bi se sve ribe mogle ravnomjerno hraniti. Jednom tjedno provodilo se cjelodnevno hranjenje do sita, na temelju kojeg je određen dnevni obrok za preostali dio tjedna, koji je iznosio 80 % od količine koje je riba pojela kada je bila hranjena do sitosti. Hranidba do sitosti je određena na temelju ponašanja ribe, odnosno podlanice u pokusu su hranjene dok više nisu pokazivale interes za hranu.

Tablica 3. Uputa proizvođača za promjenu granulacije hrane

HRANA	VELIČINA RIBE (g)
Perla plus 0	1,5-5
Perla MPT	7-20
Optibream 1P	15-70
Optibream 2P	70-220
Intro 1.9	15-20
Effico 854 3	20-50
Effico 854 4.5	50-350

Nutritivni sastav hrane kojom je hranjena podlanica u pokusu naveden je u tablici 4.

Tablica 4. Nutritivni sastav hrane

Indrustrijska hrana	Perla plus 0	PERLA MPT	OPTIBREAM 1P	OPTIBREAM 2P	Intro 1.9	Effico 854 3	Effico 854 4.5
Protein (%)	55	51	49	46	51	44-46	41-43
Lipid (%)	15	15	16	16	15	14-16	16-18
Energy- crude	20,85	21,1	21,1	20,9	21,7	19,8-21,8	19,8-21,8
Energy-DE	19	17,7	17	16,3	18,8	16,4	16,7
DP/DE (g/MJ)	27,6	28,7	24,6	23,6	26,9	24,2	22,1

Za vrijeme pokusa ronioci su redovito prikupljali uginule jedinke, a njihov broj se bilježio kako bi se moglo vidjeti koliko je preživljavanje.

### 3.2. Procjena maksimalnog obroka modelom

Za procjenu maksimalnog obroka korišten je linearni model (Seginer, 2016.) prema izrazu (4). Model za procjenu maksimalnog utroška hrane po ribi funkcija je njene mase i temperature mora. Mjerenja maksimalnog obroka u svrhu izrade modela su provedena jednom tjedno, a biometrije su rađene jednom mjesečno. Zato je bilo potrebno na temelju provedenih biometrija procijeniti prosječnu veličinu ribe u svakom kavezu, na dan mjerenja maksimalnog obroka.

Masa za potrebe modela procijenjena je izračunom iz vrijednosti za duljinu i indeks kondicije. Prosječna duljina ribe i IK na datum mjerenja maksimalnog obroka procijenjeni linearnom interpolacijom između dvije biometrije.

Procjena duljine  $L_p$  na dan mjerenja maksimalnog obroka procijenjena je linearnom interpolacijom između dvije biometrije prema izrazu:

$$L_p = L_1 + (L_2 - L_1) / N * N_i \quad (9)$$

gdje je  $L_1$  duljina ribe na početku odabranog vremenskog razdoblja,  $L_2$  je duljina ribe na kraju istog razdoblja,  $N$  broj dana između dvije biometrije, a  $N_i$  broj dana od prve biometrije do dana odabranog mjerenja maksimalnog obroka.

Procjena indeksa kondicije  $IK_p$  na dan mjerenja maksimalnog obroka procijenjena je linearnom interpolacijom između dvije biometrije prema izrazu:

$$IK_{L_p} = IK_1 + (IK_2 - IK_1) / N * N_i \quad (10)$$

Za svaki dan hranidbe do sita prosječna masa ribe je procijenjena na temelju procijenjenih vrijednosti za  $L_p$  i  $IK_p$  :

$$W_p = IK_p * L_p^3 / 100 \quad (11)$$

gdje je  $W_p$  procjenjena masa,  $IK_p$  procjenjeni IK, a  $L_p$  procjenjena duljina.

Na temelju procijenjene prosječne mase ( $W_p$ ) na dan hranidbe, temperature mora na dan hranidbe parametriziran je model prikazan u izrazu (4) pomoću nelinearne regresije.

### **3.3. Statistička obrada podataka**

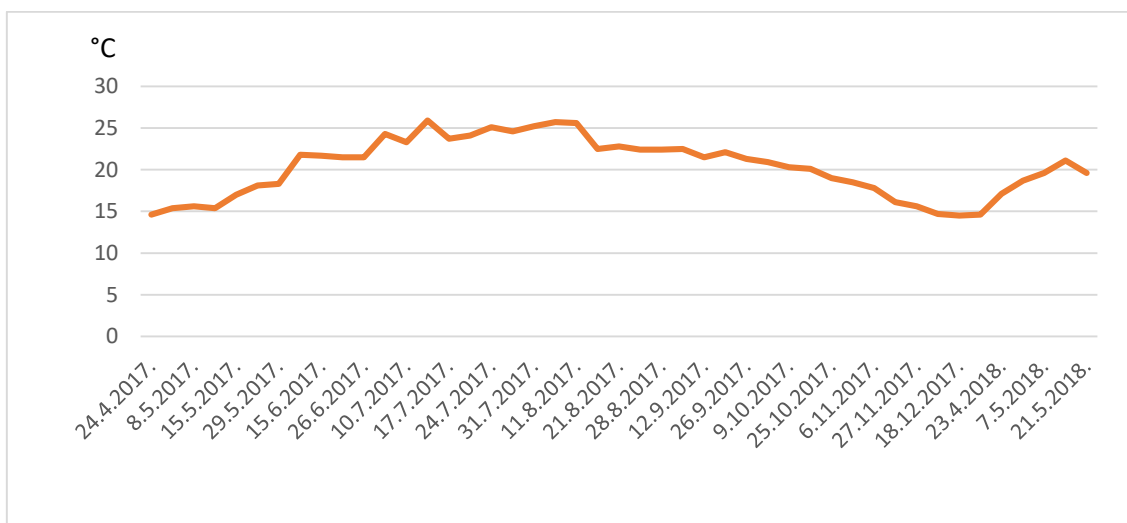
Deskriptivna statistika, grafički prikazi, linearna interpolacija duljine i indeksa kondicije, procjena mase ribe ( $W_p$ ) i validacija modela linearnom regresijom napravljeni su pomoću programa Excel. Parametrizacija modela za procjenu maksimalnog obroka je napravljena u programu Statistica 11.



## 4. REZULTATI

### 4.1. Temperatura

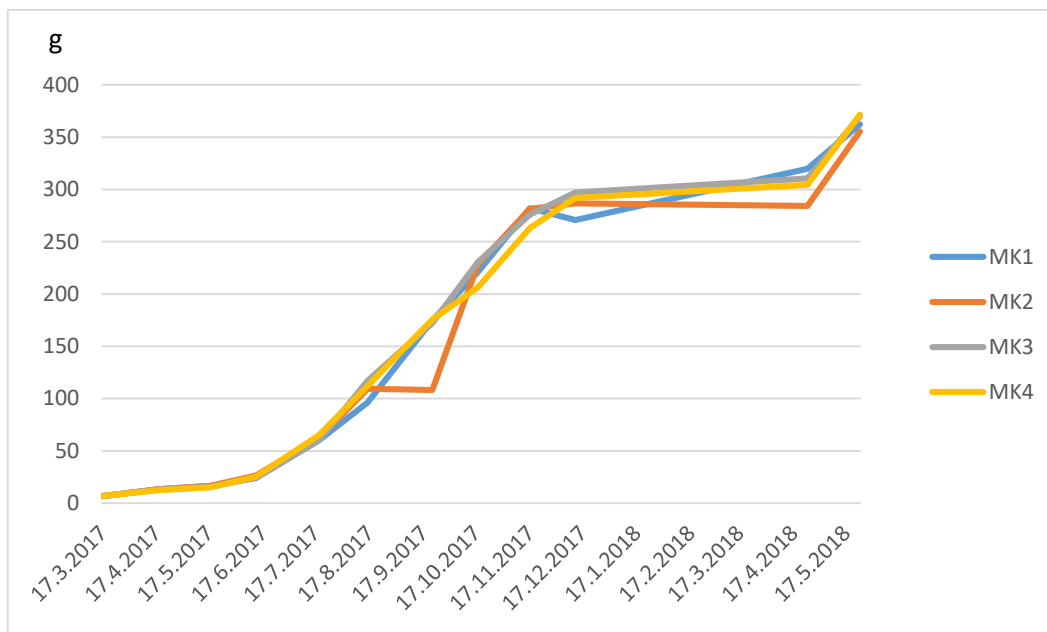
Temperature mora u danima kada je mjereno hranjenje do sitosti su prikazane Na slici 1. Tijekom pokusa temperatura mora kretala se od 14,5-25,6 °C. Najniža vrijednost zabilježena je u prosincu 2017. godine, te je iznosila 14,5°C. Najveća vrijednost zabilježena je u srpnju 2017. godine i iznosila je 25,6°C.



Slika 1. Temperature mora izmjerena na dan hranjenja do sita

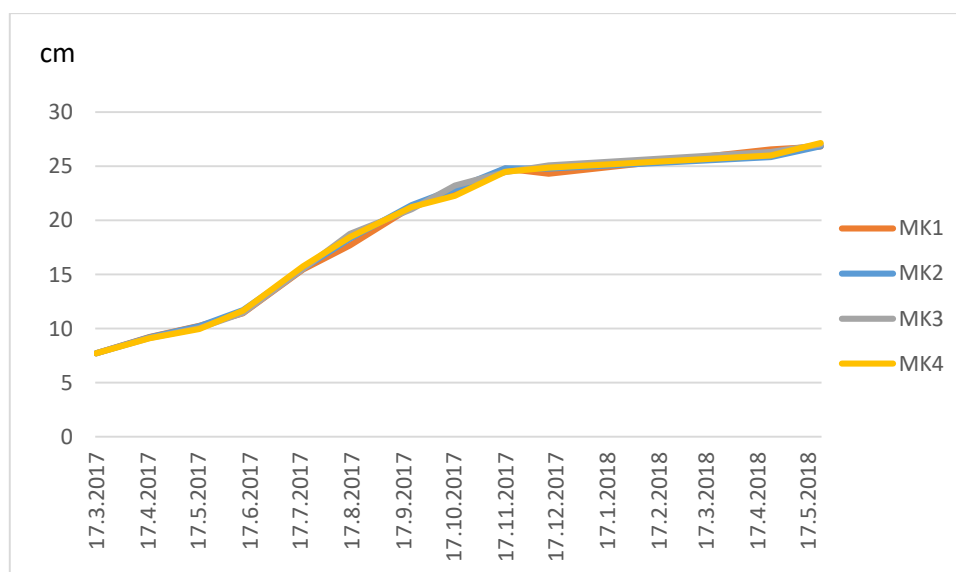
### 4.2. Rast i indeks kondicije podlanica 2017. generacije

Pokus je trajao 15 mjeseci kako bi se postigla konzumna težina od 350 g. Kretanje prosječne mase ribe u četiri kaveza prikazano je na slici 2. Prosječna masa ribe na nasadnoj biometriji iznosila je 6,83 g, a završna prosječna masa iznosila je 331 g. Kretanje prosječne duljine prikazano je na slici 2.



Slika 2. Promjena prosječne tjelesne mase jedinki podlanice u kavezima MK1-4

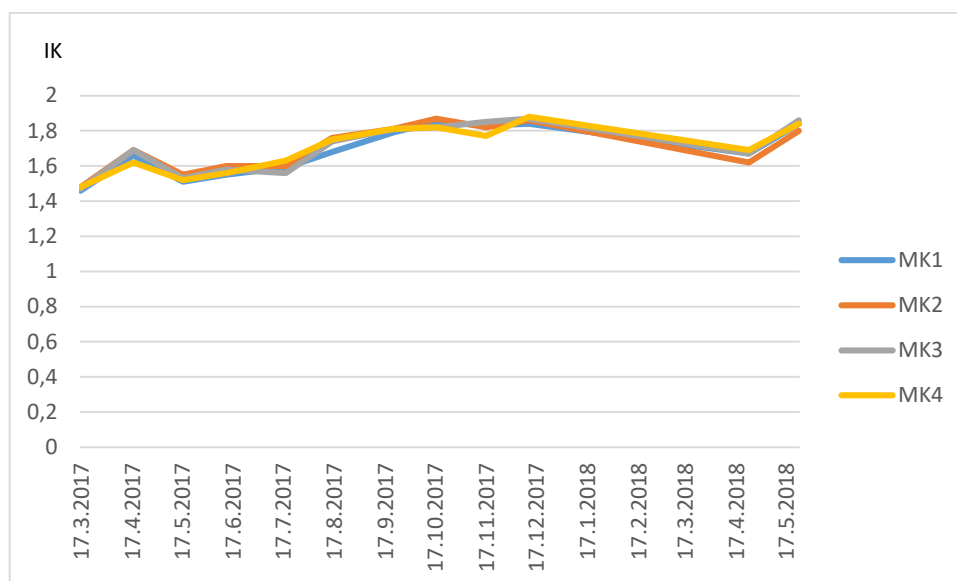
Prikaz rasta u duljinu prikazan je na slici 3.



Slika 3. Prikaz rasta ribe u duljinu

Iz grafa možemo vidjeti da su sva 4 kaveza imala približno jednak rast u duljinu od nasada do izlova kroz svaki mjesec.

Indeks kondicije kretao se u rasponu od 1,46-1,88. Kretanje indeksa kondicije prikazano je na slici 4.



Slika 4. Kretanje indeksa kondicije dobivenih na dane biometrije

### 4.3. Konverzija hrane

U tablici 5. prikazani su osnovni biometrijski podaci podlanice u uzgoju, 2017. generacija po svim kavezima. Iako su ribe iz istog nasada, u podjednakim uvjetima držanja i hranidbe, postoje razlike u evidentiranoj konverziji hrane.

Tablica 5. Prikaz osnovnih biometrijskih podataka, preživljavanje, faktora konverzije, standardne brzine rasta na početku i na kraju pokusa za kaveze MK1-4

KAVEZ	POČETNA MASA (g)	ZAVRŠNA MASA (g)	POČETNA DULJINA (cm)	ZAVRŠNA DULJINA (cm)	PREŽIVLJAVANJE (%)	FCR	SGR
MK1	6.69	340	7.72	26.84	82	1.71	0.92
MK2	6.88	322	7.71	26.85	83	1.71	0.91
MK3	6.87	335	7.72	27.01	87	1.66	0.92
MK4	6.81	329	7.72	27.17	85	1.66	0.92

Prikaz osnovnih biometrijskih parametara, preživljavanje, faktora konverzije i standardne brzine rasta za generaciju 2018. su prikazani u tablici 6.

Tablica 6. Osnovni biometrijski parametri, preživljavanje, faktor konverzije i standardna brzina rasta za kaveze MK1 i MK2 generacije 2018.

GENERACIJA	POČETNA MASA (g)	ZAVRŠNA MASA (g)	POČETNA DULJINA (cm)	ZAVRŠNA DULJINA (cm)	PREŽIVLJAVANJE (%)	FCR	SGR
2018.	2.65	377.20	5.97	27.5	82	1.67	0.96

#### 4.4. Procjena prosječne mase ribe

Procjena prosječne mase ribe u danu kada je mjerena maksimalna količina ponuđene hrane napravljeno je u periodu između dvije biometrije. Model procjene maksimalnog obroka u ovom radu, temelji se na prosječnoj masi ribe. U tablicama 7, 8, 9 i 10 prikazane su mjesečne biometrije koje su korištene za procjenu prosječne mase u dan između prikazanih biometrija.

Tablica 7. Biometrija kaveza MK1

MK1	Datum	masa (g)	duljina TL (cm)	IK
	17.3.2017	6.69 ± 1.55	7.72 ± 0.54	1,46
	18.4.2017	13.3 ± 3.02	9.23 ± 0.65	1,66
	18.5.2017	16.6 ± 4.30	10.25 ± 0.76	1,51
	13.6.2017	24.07 ± 8.02	11.42 ± 1.11	1,55
	19.7.2017	60.1 ± 16.24	15.46 ± 1.28	1,59
	16.8.2017	96.29 ± 30.98	17.69 ± 1.62	1,68
	22.9.2017	174.82 ± 39.68	21.24 ± 1.38	1,79
	18.10.2017	220.78 ± 52.07	22.69 ± 1.53	1,85
	17.11.2017	281.95 ± 48.43	24.79 ± 1.35	1,83
	13.12.2017	270.8 ± 63.53	24.33 ± 1.79	1,84
	25.4.2018	319.8 ± 73.70	26.58 ± 1.74	1,67
	25.5.2018	362.3 ± 81.78	26.84 ± 1.87	1,84

Tablica 8. Biometrija kaveza MK2

MK2	Datum	masa (g)	duljina TL (cm)	IK
	17.3.2017	6.88 ± 1.47	7.71 ± 0.52	1,48
	18.4.2017	13.39 ± 3.38	9.19 ± 0.66	1,69
	18.5.2017	16.82 ± 3.97	10.22 ± 0.65	1,55
	13.6.2017	26.58 ± 7.97	11.72 ± 1.06	1,6
	19.7.2017	61.93 ± 15.56	15.57 ± 1.27	1,6
	16.8.2017	109.5 ± 23.93	18.3 ± 1.21	1,76
	22.9.2017	108.35 ± 39.57	21.42 ± 1.40	1,81
	18.10.2017	227.95 ± 47.38	22.93 ± 1.38	1,87
	17.11.2017	281.59 ± 54.70	24.83 ± 1.35	1,82
	13.12.2017	286.8 ± 54.53	24.78 ± 1.36	1,86

25.4.2018	284.36 ± 63.42	25.86 ± 1.60	1,62
25.5.2018	355.54 ± 79.46	26.85 ± 1.62	1,8

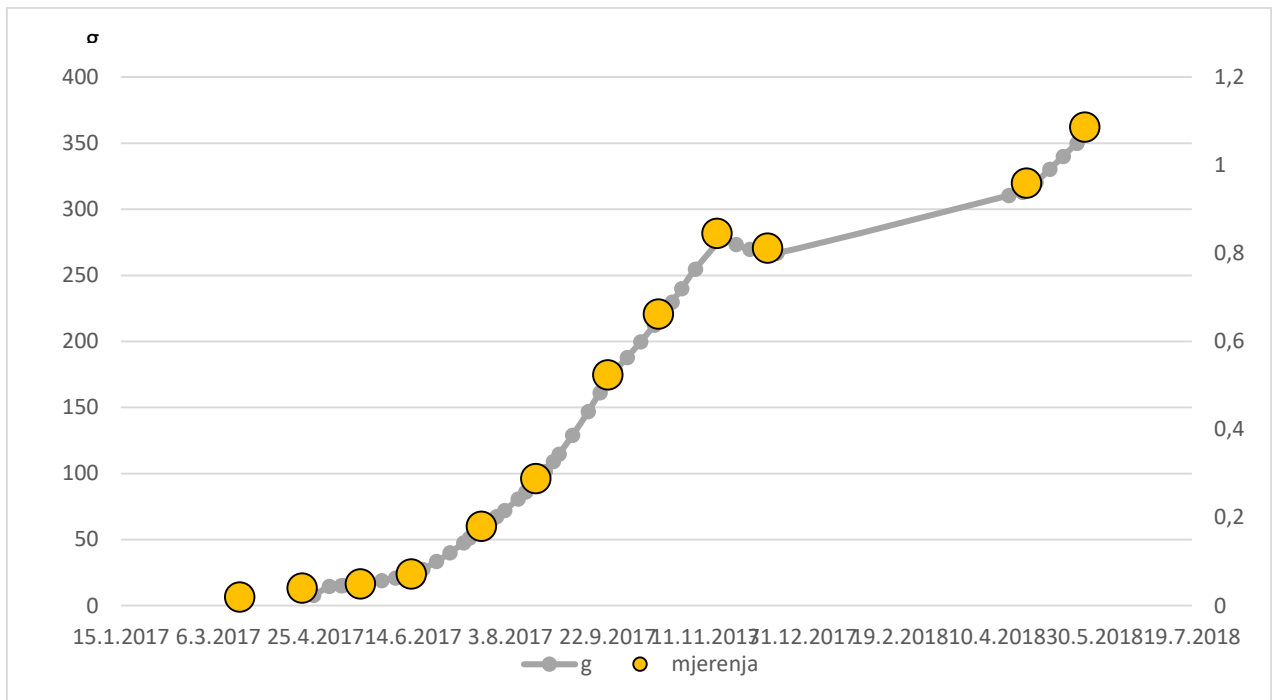
Tablica 9. Biometrija kaveza MK3

<b>MK3</b>	<b>Datum</b>	<b>masa (g)</b>	<b>duljina TL (cm)</b>	<b>IK</b>
	17.3.2017	6.87 ± 1.56	7.72 ± 0.53	1,47
	18.4.2017	13.09 ± 2.84	9.15 ± 0.62	1,69
	18.5.2017	15.93 ± 4.02	10.06 ± 0.75	1,53
	13.6.2017	24.75 ± 8.17	11.46 ± 1.51	1,58
	19.7.2017	60.36 ± 17.36	15.53 ± 1.49	1,56
	16.8.2017	117.18 ± 26.38	18.77 ± 1.25	1,74
	22.9.2017	172.1 ± 39.90	21.04 ± 1.60	1,81
	18.10.2017	230.45 ± 47.09	23.21 ± 1.40	1,82
	17.11.2017	276 ± 57.60	24.47 ± 1.58	1,85
	13.12.2017	297.06 ± 45.51	25.09 ± 1.25	1,87
	25.4.2018	310.59 ± 64.70	26.34 ± 1.71	1,67
	25.5.2018	369.85 ± 69.18	27.01 ± 1.55	1,86

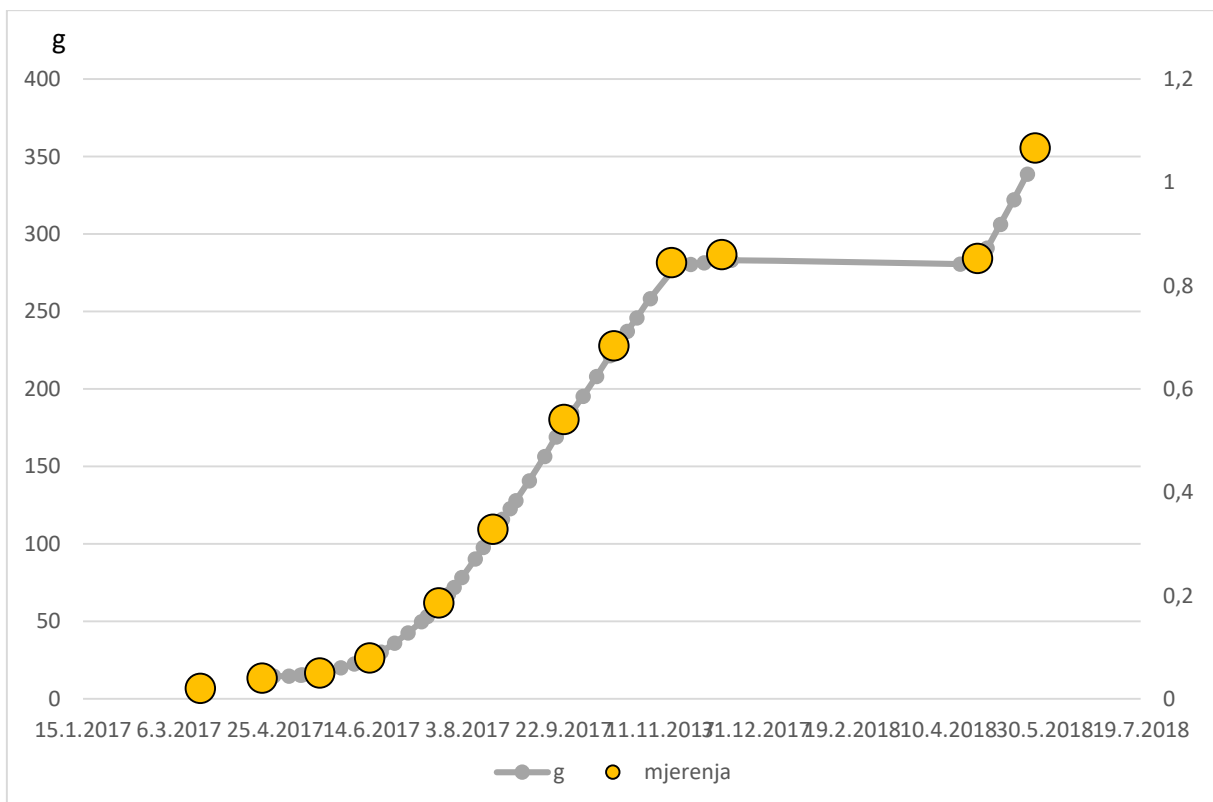
Tablica 10. Biometrija kaveza MK4

<b>MK4</b>	<b>Datum</b>	<b>masa (g)</b>	<b>duljina TL (cm)</b>	<b>IK</b>
	17.3.2017	6.81 ± 1.49	7.72 ± 0.56	1,48
	18.4.2017	12.49 ± 3.09	9.12 ± 0.70	1,62
	18.5.2017	15.24 ± 3.77	9.96 ± 0.75	1,52
	13.6.2017	25.46 ± 7.77	11.65 ± 1.06	1,56
	19.7.2017	65.05 ± 15.18	15.77 ± 1.15	1,63
	16.8.2017	112.25 ± 24.44	18.47 ± 1.21	1,75
	22.9.2017	175.63 ± 37.91	21.24 ± 1.38	1,81
	18.10.2017	206.3 ± 47.09	22.28 ± 1.40	1,82
	17.11.2017	263.03 ± 57.60	24.49 ± 1.58	1,77
	13.12.2017	291.85 ± 45.51	24.88 ± 1.25	1,88
	25.4.2018	304.4 ± 64.70	26.01 ± 1.71	1,69
	25.5.2018	371.5 ± 69.18	27.17 ± 1.55	1,84

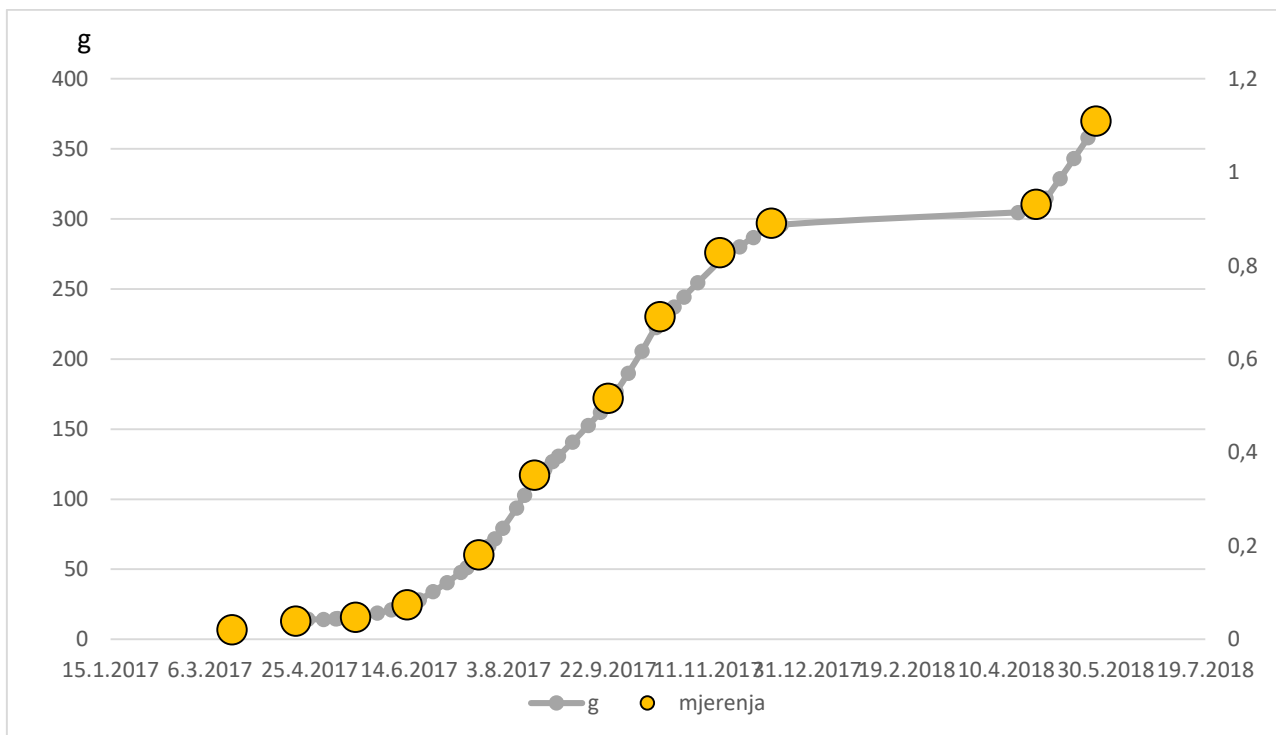
Prikaz kretanja prosječne mase ribe i procijenjenih vrijednosti prosječne mase između provedenih mjerenja za sva četiri kaveza prikazan je na slikama (5-8.).



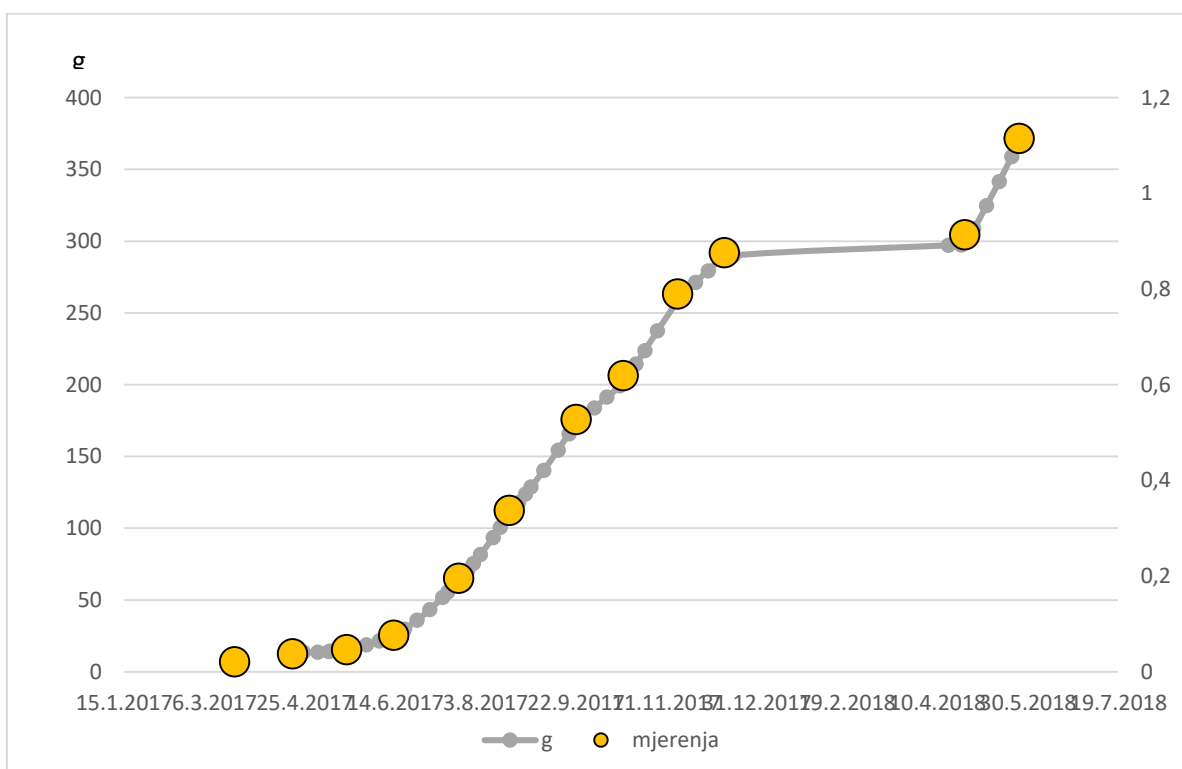
Slika 5. Prikaz procijenjenih vrijednosti prosječne mase ribe između mjerenja i prikaz prosječne mase dobivene na temelju biometrije u kavezu MK1.



Slika 6. Prikaz procijenjenih vrijednosti prosječne mase ribe između mjerenja i prikaz prosječne mase dobivene na temelju biometrije u kavezu MK2.



Slika 7. Prikaz procijenjenih vrijednosti prosječne mase ribe između mjerenja i prikaz prosječne mase dobivene na temelju biometrije u kavezu MK3.



Slika 8. Prikaz procijenjenih vrijednosti prosječne mase ribe između mjerenja i prikaz prosječne mase dobivene na temelju biometrije u kavezu MK4.

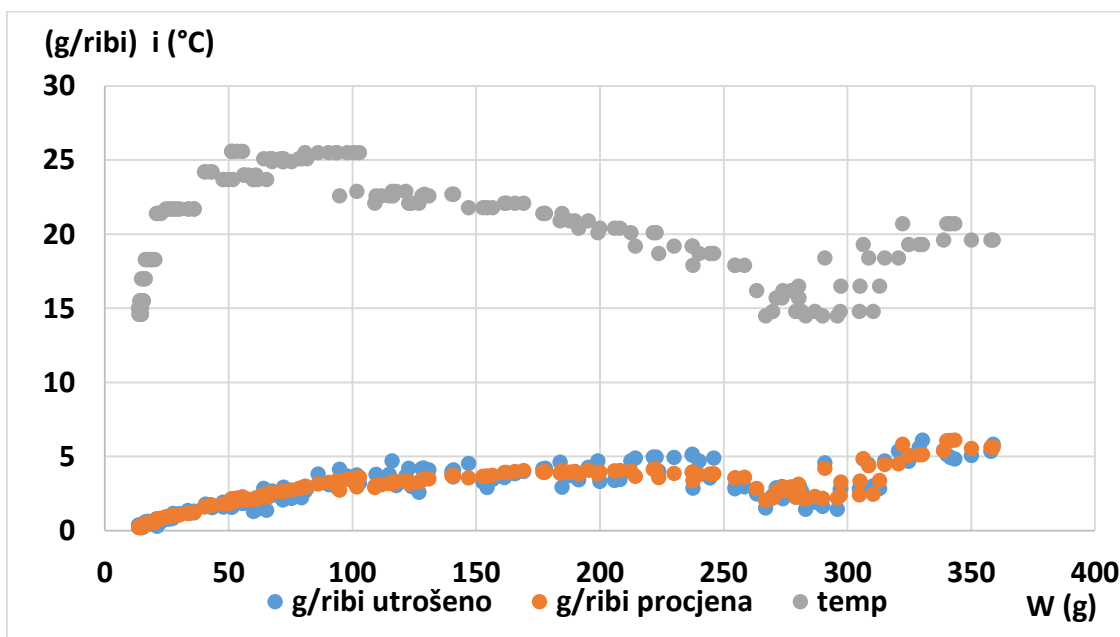
#### 4.5. Procjena max obroka

Rezultati procjene maksimalnog obroka nelinearnom regresijom prikazani su u tablici 11. Procijenjeni parametri modela su statistički značajni ( $p < 0.05$ )

Tablica 11. Rezultati procjene maksimalnog obroka za podlanicu nelinearnom regresijom pomoću modela iz izraza (4) po Segineru (2016.).

Model : $F_s \text{ (g/riba)} = q_s (T - T_f) M^\alpha$				
	Procjena	Stand.dev	t-vrijednost	p-vrijednost
$q_s$	0,00726	0,000851	8,53162	0,000000
$T_f$	10,28303	0,434219	23,68169	0,000000
$\alpha$	0,75155	0,025899	29,01861	0,000000

Na slici 9. su prikazani rezultati mjerenja maksimalnog obroka, rezultati procjene maksimalnog obroka i temperature mora u relaciji s prosječnom masom ribe ( $W_p$ ) na dan mjerenja maksimalnog obroka.



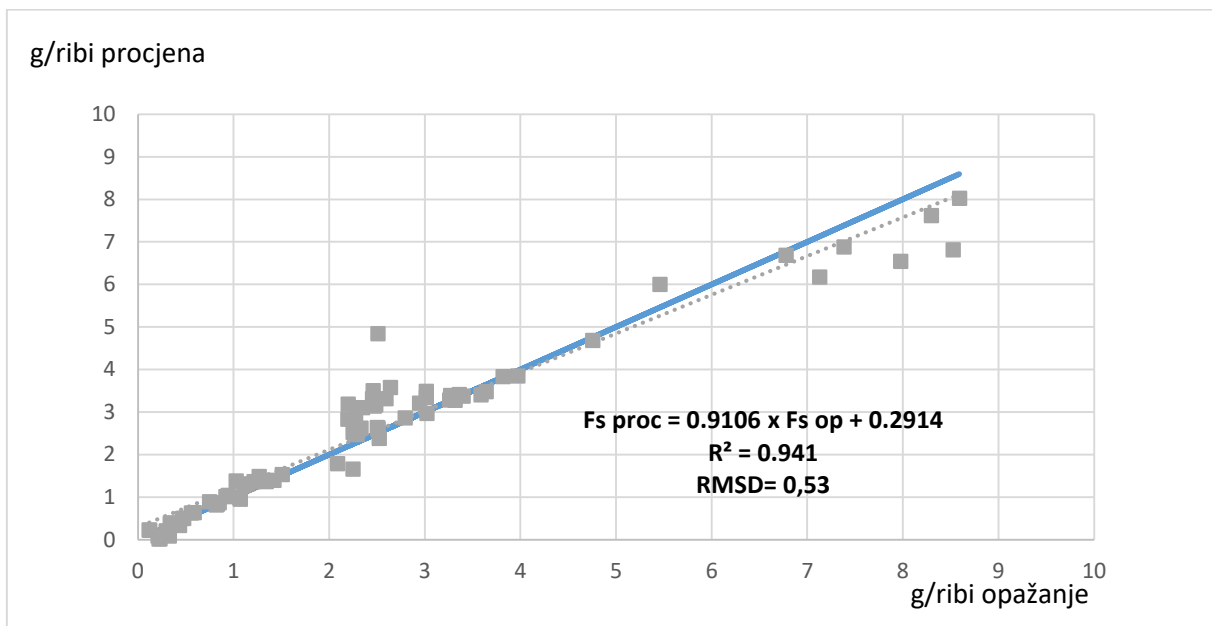
Slika 9. Prikaz odnosa prosječne mase ribe ( $W_p$ ), izmjenjenog i procijenjenog utroška hrane u dan mjerenja maksimalnog obroka. Na slici su prikazane i temperature mora koje dodatno objašnjavaju oscilacije maksimalnog obroka.

#### 4.6. Validacija modela



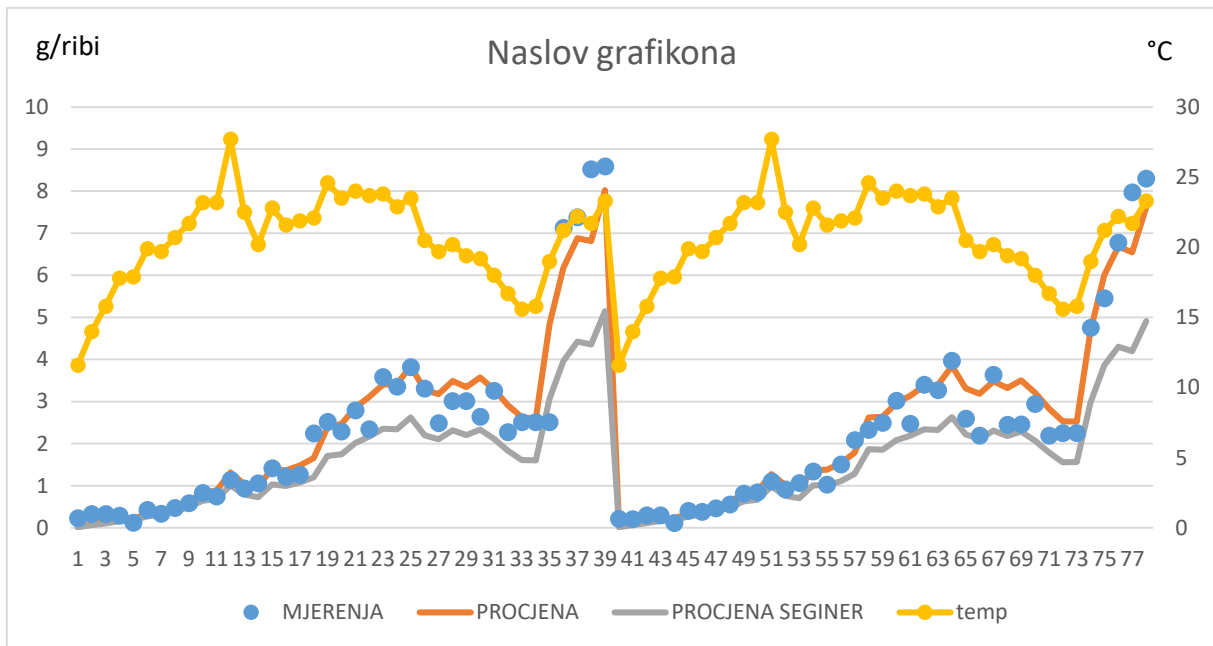
Procjena modela napravljena je na generaciji 2017., a validacija je rađena na 2018. generaciji podlanice. Procjenjena masa ribe procijenjena je istom procedurom kao i za generaciju 2017. za dan u kojem je mjereno maksimalni dnevni obrok.

Na slici 10. prikazana je validacija modela za procjenu maksimalnog obroka podlanice dobivenog u ovom radu (Tablica 11.). Validacija je napravljena pomoću linearne regresije između opažanja na kavezima iz generacije 2018. i procjene dobivene modelom. Linearna regresija ukazuje na snažnu korelaciju ( $R^2=0,94$ ) između opažanja i procjene.



Slika 10. Validacija modela procjene maksimalnog obroka podlanice linearnom regresijom odnosa između procjene modelom ( $Fs\ proc$ ) (tablica 11.) i opažanja ( $Fs\ op$ ) za svaki pojedini dan kad je opažanje provedeno.

Kako bi se dobiveni model mogao kompleksnije vrednovati uspoređene su procjene dobivene pomoću modela u ovom radu i procjene dobivene pomoću modela koji je parametrizirao Seginer (2016.) s mjerenjima na generaciji podlanice 2018. (Slika 11.). Veličina procijenjenog maksimalnog dnevnog obroka u ovom radu je veća od procjene koju je napravio Seginer (2016.), a razlika je veća u vrijeme visokih temperatura. Koristeći formulu za izračun (8), korjen srednje kvadratne devijacije (RMSD) u ovom istraživanju iznosio je 0.53, dok varijacija Seginerovog modela s našim podacima iznosi 1.2.



Slika 11. Prikaz mjerenja, prikaz procjene na temelju modela koji je prethodno izrađen, procjena po Segineru (2016.) i temperatura mora u 2018.

## 5. RASPRAVA

Velik utjecaj na duljinu trajanja uzgojnog ciklusa ima temperatura kao abiotički parametar. Rezultati praćenja temperature, rasta, indeksa kondicije i faktora konverzije (Slike 1.-4.), podlanica na uzgajalištu Lamjana u sklopu pokusnih kaveza na Bisagama ukazuju da se radi o lokaciji na kojoj su temperaturni raspon i godišnji temperaturni ciklus pogodni za uzgoj podlanice. Temperaturni uvjeti uzgoja su karakteristični za sjeverni Mediteran (u koji spada i Jadransko more) gdje je podlanici potrebno 16-20 mjeseci da postigne konzumnu veličinu (Moretti i sur., 1999.). Duljina uzgojnog ciklusa uz Afričku obalu Mediterana za brancina je 15 mjeseci, dok je za podlanicu od 10-12 mjeseci (Moretti i sur., 1999.). Sukladno očekivanju, podlanice u pokusu su najbrže su rasle tijekom toplijeg djela godine kada je evidentiran i veći utrošak hrane u maksimalnom obroku (Slika 9.). Prema Kataviću i sur. (2005.) te Brigolinu i sur. (2010.) optimalna temperatura za oradu je od 22 do 26°C, dok na temperaturi nižoj od 13°C jedinke potpuno prestaju konzumirati hranu.

Gojdbeni status ribe (IK) i brzina rasta (Slike 3. i 4.) tijekom eksperimentalnog razdoblja pokazuju da je hranidba bila dobro odmjerena. Indeks kondicije je rastao u vrijeme intenzivnijeg prirasta podjednako kod podlanice u svim kavezima, a u vrijeme usporenog rasta IK je stagnirao ili se čak smanjio. IK se kretao od 1,46-1,88. Najmanji IK bio je pri nasadu u kaveze jer je riba prije transporta pothranjena. Najveći IK bio je u prosincu kada je izašla iz sezone intenzivnog hranjenja i počela se pripremati za mrijest nakon kojeg se IK smanjuje.

Prosječni FCR za uzgajanu podlanicu u uvali Lamjana tijekom istraživanja kretao se u rasponu od 1,66-1,71 (Tablica 5.) što je niže od očekivanja u proizvodnim uvjetima (Hossu i sur., 2005.). Specifična brzina rasta (SGR) je prikladan indikator za procjenu prirasta samo kada su ulazni parametri različitih grupa jednaki (Mayer i sur., 2008.). U ovom istraživanju su nasadne prosječne težine podlanice u kavezima bile podjednake. Vremenski intervali provedenih mjerenja (opažanja) i uvjeti okoliša su bili isti u sva četiri eksperimentalna kaveza, a SGR na kraju pokusa je bio podjednak u svim kavezima (SGR= 0,91-0,92). To potvrđuje da su dobiveni rezultati procjene maksimalnog obroka, temeljeni na mjerenjima u sva četiri kaveza jednako valjani.

Hrana koja je korištena u pokusu odgovara literaturnim standardima hranidbe podlanice (Tablica 4.). Minimalni udio proteina prema Sabaut i Luquet, (1973.) u hrani za podlanicu je 45%. Kasnija istraživanja ukazuju da je s povećanjem prosječne veličine riba potreban manji udio proteina (Lupatsch, 2003.) Prema istoj autorici odnos probavljivih proteina i probavljive

energije ( DP/DE) za ribu od 50 g iznosio je 26,3 g/MJ dok je u ovom istraživanju taj koeficijent bio nešto niži i iznosio je 24,6 g/MJ. Kod veće ribe (300 g) razlika između literaturnog navoda (DP/DE=20,1) i hrane korištene u ovom pokusu (DP/DE= 22,1 g/MJ) je bila obrnuta, odnosno nešto je veći relativni udio proteina od preporuke u literaturi. Međutim u oba slučaja omjer proteina i energije se smanjuje s povećanjem granulacije i povećanjem veličine ribe (Tablica 4.).

Parametrizacija modela (izraz 4) za procjenu maksimalnog obroka, pomoću ovog istraživanja vrijedi za zadane uzgojne uvjete i za određenu recepturu hrane. Na slici 9. se jasno vidi ovisnost maksimalnog obroka s veličinom ribe i temperaturom okoliša, a također i da napravljena procjena dobro opisuje mjerenja. Dobiveni model za procjenu maksimalnog obroka (Tablica 11.) je validiran na mjerenjima generacije podlanice 2018. (Slika 10.). Procjena i mjerenja snažno koreliraju što ukazuje na mogućnost korištenja modela u razvoju tehnologije hranidbe. Procjene temeljene na modelu ovom radu kao i mjerenja u provedenom pokusu (Slika 11.) daju znatno veće vrijednosti od preporuke koju je dao Seginer (2016.) na temelju literaturnih navoda. Važno je raspraviti da je procjena je u ovom radu rađena na temelju cjelogodišnjeg praćenja potrošnje hrane ribe za cijeli raspon godišnjih temperatura i kroz cijeli uzgojni ciklus rasta što nije slučaj u svim istraživanjima koja Seginer koristi za procjenu maksimalnog obroka. Tako je u istraživanju Jauralde i sur. (2011.) najmanja početna masa ribe iznosila 23.6 g. U istraživanju Mayer i sur. (2008.) podlanica je narasla u 337 dana s 20 na 368 g, dok je u našem istraživanju u 434 dana narasla s 6,83 na 331 g. Njihova riba bila je hranjena 6 dana u tjednu, 2x na dan. Tijekom istraživanja, minimalna temperatura je iznosila 19°C, a maksimalna 23,7°C, dok je u našem istraživanju minimalna temperatura bila 14,5°C. Slabiji rast u našem istraživanju možemo pripisati izloženosti ribe temperaturi ispod 15°C kada podlanica smanjuje potrebe za hranom što rezultira sporijim rastom (Ibraz i sur., 2003.). Pored toga, u istraživanju Jauralde (2011.) testirani su različiti dnevni obroci od gladovanja do zasićenja, hranjeno je dva puta na dan dok je u našem istraživanju hranjeno u rasponu od 2 do 8x na dan. U istraživanju Lupatch (1998.) ribe su hranjene kao i u prethodno navedenom istraživanju, dva puta na dan do zasićenja, gdje je minimalna temperatura bila 19°C.

Procjena maksimalnog obroka može rezultirati s procjenama koje mogu imati značajne posljedice u zaključcima. Procjena indeksa konverzije za prirast ostvaren u ovom istraživanju, uz maksimalni obrok prema preporuci Seginera iznosi 1,1 što je daleko ispod opažanja u praksi i bilo kojeg literaturnog navoda, pa bi hranidba u tom režimu vodila u pothranjenost i smanjeni prirast. Također, na primjeru u kojem Brigolin (2014.) navodi da se izmjereni veći utrošak

hrane na uzgajalištu od procjene modelom koji je koristio, može smatrati hranom koja je propala na dno. To ima za posljedicu procjenu značajnog utjecaja na okoliš, što razlike između procjena prikazanim u ovom radu (Slika 11.) opravdano relativiziraju.

## 6. ZAKLJUČAK

Rezultati objavljeni u literaturi za procjenu hranjenja do sita mogu rezultirati pogrešnom procjenom obroka u kaveznom uzgoju i do pothranjivanja podlanice uz slabiji prirast

Maksimalan obrok se ne može jednoznačno procijeniti za vrstu, bez da se uzmu u obzir sastav hrane i uvjeti držanja. Što je veće odstupanje uvjeta u kojem je model parametriziran od uvjeta u proizvodnji to je veća vjerojatnost za pogrešnu procjenu maksimalnog obroka.

Model za procjenu maksimalnog obroka u ovom radu je koristan alat za upravljanje hranidbom u proizvodnji. Odstupanja opažanja od procjene se mogu iskoristiti za stvaranje baze podataka koja je temelj za adaptivno upravljanje hranidbom.

U budućim istraživanjima trebalo bi napraviti procjenu propadanja hrane za vrijeme hranidbe do sita radi korekcije modela koji bi tako imao dvije komponente, fiziološku i tehnološku.

## 7. LITERATURA

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.
2. 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
3. Bauchot, M. L., Hureau, J. C., Miguel, J. C. (1981.). Sparidae, In W. Fischer, G. Bianchi and W.B. Scott (eds.) *FAO species identification sheets for fishery purposes. Eastern Central Atlantic. (Fishing Areas 34, 47 (in part)).* volume 4. [var. pag.] FAO, Rome
4. Bavčević, L. (2014.). *Priručnik i vodič za dobru proizvođačku praksu Kavezni uzgoj lubina i komarče*, Savjetodavna služba. Str. 23-56
5. 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.
6. Brigolin, D., Pastres, R., Tomassetti, P., Porrello, S. (2008.). Modelling the biomass yield and the impact of seabream mariculture in the Adriatic and Tyrrhenian Sea (Italy), *Aquacult Int.*: 18:149-163
7. Brett, R.R. (1979.). Environmental factors and growth. In: *Fish Physiology, Bioenergetics and Growth*. Vol. 8, Hoar, W.S., Randall, D.J. and Brett, J.R. (eds). Academic Press, London, pp. 280-352.
8. Brigolin, D., Meccia, V. L., Venier, C., Tomassetti, P., Porrello, S., Pastres, R. Italy, 2014. Modelling biogeochemical fluxes across a Mediterranean fish cage farm.
9. Buxton, C.D., Garratt P.A. (1990.). Alternative reproductive styles in seabreams (Pisces: Sparidae). *Environ. Biol. Fish*: 28(1-4):113-124
10. Campillo, A. (1992.). *Les pêcheries françaises de Méditerranée: synthèse des connaissances*. Institut Francais de Recherche pour l'Exploitation de la Mer: 206 p
11. Cho, C.Y. and Kaushik, S.J. (1985.). Effects of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In: *Nutrition and Feeding in Fish*, Cowey, C.B., Mackie, A.M. and Bell, J.G. (eds). Academic Press, London, pp. 95-117.
12. Dumas, A., France, J., Bureau, D.P. (2007.). Evidence of three growth stanzas in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) across life stages and adaptation of the thermal-unit growth coefficient. *Aquaculture* 267, 139–146.

13. Fishwatch : What is Aquaculture, (2008.). Dostupno na: [http://www.fishwatch.gov/farmed\\_seafood/what\\_is\\_aquaculture.html](http://www.fishwatch.gov/farmed_seafood/what_is_aquaculture.html)
14. Gamito, S. (1998). Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. *Ecol. Modell.* 113, 83–94.
15. Gauch Jr., H.G., Hwang, J.T.G., Fick, G.W. (2003.). Model evaluation by comparison of model-based predictions and measured values. *Agron. J.* 95, 1442–1446.
16. Halver, J.E., Hardy, R.W. (2013.). *Fish nutrition*, 3ed, Elsevier
17. Hossu, B., Korkut, A.Y., Salnur, S. (2005.). Investigation on feeding tables for sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) in net-cage (Pinar Marine Company) culture. Ege University, Faculty of Fisheries, Turkey.
18. 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
19. Jauralde, I., Martinez-Llorens, S., Tomás, 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. *Aquacult. Res.* 44, 242–253
20. Katavić, I., Herstad, T.J., Kryvi, H., White, P., Franičević, V., Skakelja, N. (2005.). GUIDELINES to marine aquaculture planning, integration and monitoring in Croatia. Project „Coastal zone management plan for Croatia" Zagreb: pp.78
21. Kissileff, H.R. and Van Itallie, T.B. (1982.). Physiology of the control of food intake. *Ann. Rev. Nutr.*, 2: 371-418
22. Klaoudatos D.S, Grove D.J.(2005.). Voluntary food intake of gilthead sea bream, *Sparus aurata*. Pages 45-58.
23. Kobayashi, K., Salam, M.U. (2000.). Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components. *Agron. J.* 92, 345–352.
24. Kraljevic, M. (1984.). On the experimental feeding of sea bream (*Sparus aurata* L.) under aquarium conditions. *Acta Adriat.* 25 (1/2), 183–204.
25. Libralato, S., Solidoro, C. (2008.). A bioenergetic growth model for comparing *Sparus aurata*'s feeding experiments. *Ecol. Modell.* 214, 325–337
26. Llorente, I., Luna, L.(2013.). The competitive advantages arising from different environmental conditions in seabream, *Sparus aurata*, production in the Mediterranean sea. *J. World Aquacult. Soc.* 44 (5), 611–627.



27. Lloris, D. (2005.). A world overview of species of interest to fisheries, Chapter: *Sparus aurata*. Retrieved on 08 July 2005, dostupno na: [www.fao.org/figis/servlet/species?fid=2384](http://www.fao.org/figis/servlet/species?fid=2384). 3p. FIGIS Species Fact Sheets, Species Identification and Data Programme-SIDP, FAO-FIGIS
28. Lupatsch, I., Kissil, G.W. (1998.). Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. *Aquat. Living Resour.* 11 (4), 265–268.
29. Lupatsch, I., Kissil, G.W., Sklan, D. (2003.). Defining energy and protein requirements of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) to optimise feeds and feeding regimes. *Isr. J. Aquacult.—Bamid.* 55 (4), 243–257
30. Mercier, L., Panfili, J., Paillon, C., N'diaye, A., Mouillot, D., Darnaude, A.M. (2011.). Otolith reading and multi-model inference for improved estimation of age and growth in the gilthead seabream *Sparus aurata* (L.). *Estuarine Coastal Shelf Sci.* 92, 534–545
31. 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.
32. Milišić, N. (2007.). Sva riba Jadranskog mora prvi dio. Marijan tisak d.o.o. Split
33. Ministarstvo poljoprivrede (2014.): Nacionalni strateški plan razvoja akvakulture za razdoblje 2014.-2020. Godine. Dostupno na: <https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=5184>
34. Moksness, E. Kjørskvik, E., Olsen, Y. (2004.). Culture of cold-water marine fish. Fishing News Books, str. 528
35. Moretti, A., Pedini, Fernandez-Criado, M., Cittolin, G., Guidastrri, R. (1999.). Manual on Hatchery Production of Sea Bass and Gilthead Sea Bream. Volume 1. Rome, FAO: 194p
36. Muus, B.J., Nielsen J.G. (1999.). Sea fish. Scandinavian Fishing Year Book. Hedehusene, Denmark: 340 p
37. Nadilo, B. (2014.). Novo mrijestilište za uzgoj ribe u Ninu; Prvi započeli – sada nastoje biti i najkvalitetniji. *Stručna vijest: Gradilište. Građevinar* 66 (12): 141-153
38. National Research Council (1993.). Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington DC
39. NOAA Fisheries: What is Aquaculture. n.d. Dostupno na: [http://www.nmfs.noaa.gov/aquaculture/what\\_is\\_aquaculture.html](http://www.nmfs.noaa.gov/aquaculture/what_is_aquaculture.html)

40. Novosel, B. (2019.). Utjecaj vremena nasađivanja mlade orade, *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) i lubina, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758.) na rast i konverziju ghrane u kaveznom sustavu. Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, znanstveni rad, Pula.
41. Pandian, T.J. (1989.). Protein requirements of fish and prawns cultured in Asia. In: Fish Nutrition Research in Asia Proceedings of the third Asian Fish Nutrition Network Meeting, De Silva, S. (ed.). Asian Fisheries Society, Manila, pp. 11-22.
42. Pavlidis, Michail A., Mylonas, Constantinos C. (2011.). *Sparidae Biology and Aquaculture of Gilthead Sea Bream and Other Species*. Blackwell Publishing Ltd. str. 13-38
43. Petridis, D., Rogdakis, I. (1996.). The development of growth and feeding equations for sea bream, *Sparus aurata* L., culture. *Aquacult. Res.* 27, 413–419.
44. Phillips, Jr., A.M. (1972.). Calorie and energy requirement. In: *Fish Nutrition*, Halver, J.E. (ed.). Academic Press, New York, pp. 2-27.
45. Pineiro, G., Guerschman, J.P., Perelman, S., Paruelo, J. (2008.). How to evaluate models: Observed vs. Predicted or Predicted vs. Observed? Article in ecological modelling.
46. Pitcher, J.T. and Hart, J.B.P. (1982.). *Fisheries Ecology*. Chapman & Hall, London, 414p.
47. Ricker, W.E. (1975.). Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191, 382p.
48. Sabaut, J.J., Luquet, P. (1973.). Nutritional requirements of the gilthead seabream (*Chrysophrys aurata*). Quantitative protein requirements. *Mar. Biol.*, 18: 50-54.
49. Sadovy de Mitcheson, Y., Liu, M. (2008.). Functional hermaphroditism in teleosts. *Fish Fish* 9(1):1-43
50. Seginer, I. (2016.). Growth models of ghilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) for aquaculture. Haifa, Israel.
51. Sola, L., Moretti, A., Crosetti, D., Karaiskou, N., Magoulas, A., Rossi, A.R. Rye, M., Triantafyllidias, A., Tsigenipoulos, C.S. (2006.). Evaluation of genetic impact of a aquaculture activities on native populations. A European network, WP1, “Genetics of domestication, breeding and enhancement of performance of fish and shellfish“. Genimpact project. Viterbo. Italy: 6pp
52. Strain, P.M., Hargrave, B.T. (2005.). Salmon aquaculture, nutrient fluxes and ecosystem processes in southwestern New Brunswick. In: Hargrave BT (ed) *Environmental effects*

- of marine finfish aquaculture. Handbook of Environmental Chemistry, Vol 5. Springer-Verlag, Heidelberg, p 29–58
53. Stucchi, D., Sutherland, T.A., Levings, C., Higgs, D. (2005.) Nearfield depositional model for salmon aquaculture waste. In:Hargrave BT (ed) Environmental effects of marine finfish aquaculture. Handbook of Environmental Chemistry, Vol 5. Springer-Verlag, Heidelberg, p 157–180
54. Tacon, A.G.J. (1997.). Feeding tomorrow's fish: Keys for sustainability. In: Feeding Tomorrow's Fish, Proc. of the Workshop of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean, Tacon, A. and Basurco, B. (eds). Mazarr n (Spain), 24-26 June 1996. Cahiers Options M diterran ennes, Vol. 22: 11-33.
55. Villeda, C. (2013.). Effect of dietary essential oils supplementation on growth performance, protein digestibility and digestive enzymes in juvenile gilthead seabream fed a low fishmeal diet. Doktorska disertacija. Str. 7-25.

