

Utjecaj mrijesta komarče (*Sparus aurata*) u kaveznom uzgoju na promjenu biomase i konverziju hrane u prirast

Perhat, Ema

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:162:162111>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-03**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Ema Perhat

**Utjecaj mrijesta komarče (*Sparus aurata*) u kaveznom
uzgoju na promjenu biomase i konverziju hrane u
prirast**

Diplomski rad

Zadar, 2022.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Diplomski sveučilišni studij održivo upravljanje vodenim ekosustavima

**Utjecaj mrijesta komarče (*Sparus aurata*) u kaveznom uzgoju na promjenu
biomase i konverziju hrane u prirast**

Diplomski rad

Student/ica:

Ema Perhat

Mentor/ica:

izv.prof.dr.sc. Lav Bavčević

Komentor/ica:

doc.dr.sc. Slavica Čolak

Zadar, 2022.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Emma Perhat**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski rad** po naslovom **Utjecaj mriješta komarče (*Sparus aurata*) u kaveznom uzgoju na promjenu biomase i konverziju hrane u prirast** 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 nijedan 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 uređenog rada.

Zadar, 27. 10. 2022.

Materijali korišteni pri izradi ovog diplomskog rada obrađeni su na odjelu veterinarske službe u sklopu tvrtke Cromaris d.d., pod voditeljstvom doc.dr.sc. Slavice Čolak.

ZAHVALA

Zahvaljujem svom mentoru izv.prof.dr.sc Lavu Bavčeviću koji je svojim znanjem, iskustvom, savjetima i ustupljenim materijalima doprinio izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem komentorici doc.dr.sc. Slavici Čolak na susretljivosti, savjetima i ustupljenim materijalima.

Također, zahvaljujem i zaposlenicima tvrtke Cromaris koji su mi pomogli u istraživanju.

Mojoj dragoj obitelji i prijateljima zahvaljujem na ljubavi i podršci kroz cjelokupno studiranje. Osobito roditeljima Aniti i Vladi, sestri Hani i bratu Vinku.

Naposljetku, hvala mom momku i najboljem prijatelju Katarinu na strpljenju, podršci i ljubavi.

Ovaj diplomski rad posvećujem svojim roditeljima i didi Mati.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE	4
2.1 Odabrana vrsta.....	4
2.2 Reproductivni sustav.....	6
2.3 Hranidba i sastav hrane za uzgajane komarče	8
2.3.1 Probava hrane.....	11
2.4 Rast riba u kaveznom uzgoju.....	11
2.4.1 Prirast ribe.....	13
2.4.2 Kompenzacijski rast	14
2.5 Modeliranje u akvakulturi	15
2.5.1 Faktorijalni model	16
2.6 Metabolizam uzgajanih riba	17
2.7 Morfometrijski pokazatelji	18
2.8 Kondicija ribe	19
2.9 Indeks kondicije (IK)	20
2.9.1 Fultonov indeks kondicije.....	20
2.10 Gonadosomatski indeks (GSI)	21
2.11 Hepatosomatski indeks (HSI)	22
2.12 Viscerosomatski indeks (VSI)	23
3. CILJ I SVRHA RADA	25
4. MATERIJALI I METODE	26
4.1. Uzorkovanje komarče za mjerenje.....	26
4.2 Mjerenja na uzorkovanoj komarči	27
4.3 Statistička obrada podataka	28
5. REZULTATI.....	29
5.1. Usporedba biometrijskih podataka između generacija 2018., 2019. i 2020.	29
5.2 Usporedba GSI, HSI i VSI između generacija 2018., 2019. i 2020.....	30
5.2. Rezultati modeliranja	36
5.2.1 Modeliranje prirasta i potrošnje hrane.....	38
5.2.1 Procjena gubitka biomase.....	41
6. RASPRAVA.....	43
7. ZAKLJUČCI.....	46
8. POPIS LITERATURE.....	47

Utjecaj mrijesta komarče (*Sparus aurata*) u kaveznom uzgoju na promjenu biomase i konverziju hrane u prirast

SAŽETAK

Komarča (*Sparus aurata*) je značajna vrsta za uzgoj u Sredozemlju. Protandrični hermafrodit je. Mužjaci dosežu spolnu zrelost između prve i druge, a ženke između druge i treće godine života. U drugoj ili trećoj godini ulazi s punom zrelošću što uključuje sazrijevanje gonada. Ukupna potrošnja hrane u akvakulturi mora osigurati dovoljnu količinu energije gradivnih tvari potrebnu za odvijanje metabolizam održavanja, metabolizam rasta i metabolizam proizvodnje rasplodnih stanica. Rezultati proizvodnje procjenjuju se kroz preživljavanje, prirast i potrošnju hrane. Učinkovitost hranidbe procjenjuje se faktorom konverzije hrane, a potrošnja hrane i prirast su usko povezani. Kod spolno zrelih jedinki prirast, osim somatskog tkiva, uključuje i prirast gonada. U fazi pripreme za mrijest, rast gonada doprinosi ukupnom prirastu biomase, a mrijestom se taj prirast gubi. Gubitak biomase zbog mrijesta ima utjecaj na porast efektivne/ekonomske konverzije hrane te na promjenu evidencijskog stanja uzgajane biomase. Analizirani su biometrijski podaci za tri različite dobne skupine komarče u vrijeme mrijesta. Izmjereni parametri su: duljina i masa ribe, masa utrobe i masa gonada, a uz to su prikupljeni podaci o biomasi i utrošku hrane. Procijenjeni ukupni utrošak hrane od trenutka nasada do kraja mrijesnog perioda za 2018. generaciju iznosi 1814,8 g hrane po ribi; za 2019. generaciju iznosi 1430,2 g hrane po ribi, a za 2020. generaciju ukupni utrošak hrane iznosi 475,4 g hrane po ribi. Za ribu generacije 2018. procijenjeni gubitak FCR zbog mrijesta je 9,94%, za ribu generacije 2019. gubitak je 5,15%, a za ribu iz 2020. gubitak FCR je 0,89%. Procijenjeni gubitak biomase kod ribe iz 2018. generacije je 4,63%; za ribu iz 2019. generacije gubitak biomase iznosi 2,73%, dok je gubitak biomase za 2020. generaciju svega 0,62%.

Ključne riječi: kavezni uzgoj, komarča, mrijes, rast, konverzija hrane, indeks kondicije, gonadosomatski indeks

Influence of gilthead seabream spawning in cage farming on the change of biomass and conversion of food into growth

SUMMARY

Gilthead seabream (*Sparus aurata*) represents an important species for cultivation in the Mediterranean. It is a protandric hermaphrodite. Males reach sexual maturity between the first and second year, and females between second and third year of life. At the age of 2 or 3, it enters with full maturity which implies maturation of the gonads. The total consumption of food in aquaculture must provide sufficient amount of energy building blocks needed for the maintenance metabolism, growth metabolism and reproductive cell production metabolism. Production results are assessed through survival, growth, and food consumption. Feeding efficiency is assessed by food conversion factor, and food consumption and growth are closely related. In sexually mature individuals, the increment, in addition to somatic tissue, also includes the growth of the gonads. In the phase of preparation for spawning, the growth of gonads contributes to the total growth of biomass, and with spawning this growth is lost. Biomass loss due to spawning has an impact on the increase of effective/economic conversion of food and on the change of the record state of cultivated biomass. Biometric data were collected for three different age groups of sea bream at spawning time. The measured parameters are: length and weight of the fish, the weight of the entrails and in addition, data on biomass and food consumption was collected. The estimated total consumption of food from the time of planting to the end of the spawning period for the 2018 generation is 1814.8 g of food per fish; for the 2019 generation, it is 1430.2 g of food per fish, and for the 2020 generation, the total consumption of food is 475.4 g of food per fish. For 2018 generation fish, the estimated FCR loss due to spawning is 9.94%, for 2019 generation fish the loss is 5.15%, and for 2020 fish the FCR loss is 0.89%. The estimated biomass loss in fish from the 2018 generation is 4.63%; for fish from the 2019 generation, the biomass loss is 2.73%, while the biomass loss for the 2020 generation is only 0.62%.

Key words: *Gilthead seabream, spawning, growth, feed conversion ratio, body condition index, gonadosomatic index*

1. UVOD

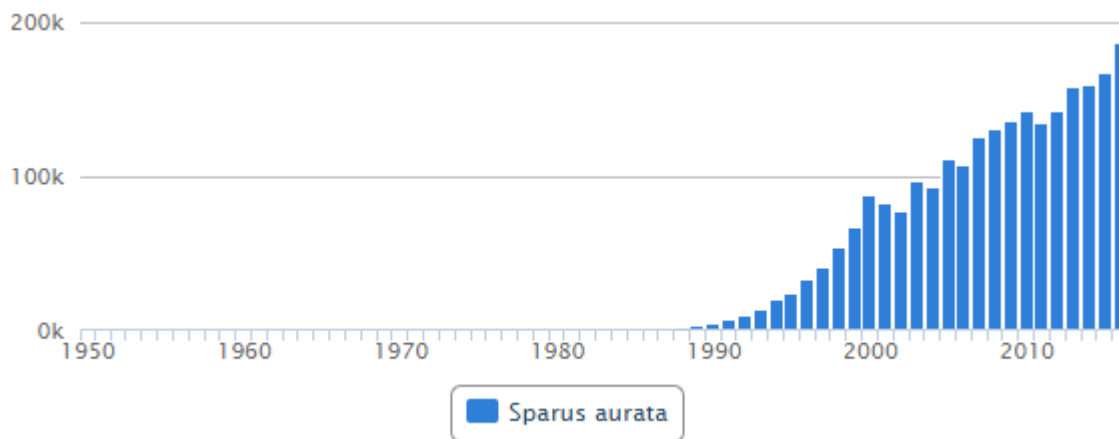
FAO (1988.) opisuje akvakulturu kao uzgoj vodenih organizama. Obuhvaćajući: ribe; rakove; gmazove; mekušce; vodene biljke i vodozemce. Trenutno se diljem svijeta uzgaja 567 vrsta morskih i slatkovodnih organizama. Prosječna godišnja stopa rasta akvakulture iznosi od 6-8% godišnje što je čini jednom od najbrže rastućih industrija u svijetu u proizvodnji hrane. Za ljudsku prehranu, na globalnoj razini, iz akvakulture dolazi polovica svjetske opskrbe vodenim organizmima. Budući razvoj akvakulture ovisi o održivom korištenju i dostupnosti prirodnih resursa u obalnom i kontinentalnom okolišu (Ministarstvo poljoprivrede, 2014).

Od 1997. do 2002. godine kavezna proizvodnja komarče *Sparus aurata* raste za gotovo 20% godišnje (Katavić, 2004). Prema istraživanjima organizacije FAO (2017.), Mediteran je vodeće područje po proizvodnji komarče, a vodeća zemlja s otprilike 50% ukupne proizvodnje je Grčka. Slijede je Turska (15%), Španjolska (14%) te Italija (6%). Od ostalih mediteranskih zemalja značajniji proizvođači su i: Hrvatska, Cipar, Egipat, Francuska, Malta, Maroko, Portugal i Tunis (Slika 1.).

DRŽAVA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TURSKA	31 670	28 362	28 157	32 187	30 743	35 701	41 873	48 000	67 612
GRČKA	94 000	90 000	74 000	63 000	72 000	75 000	71 000	65 000	59 000
ŠPANJOLSKA	23 930	23 690	20 360	16 930	19 430	16 800	16 230	16 231	13 740
ITALIJA	9 600	9 600	9 600	9 700	8 700	8 400	8 200	7 360	7 600
CIPAR	1 600	2 572	2 799	3 065	3 121	4 444	2 919	3 656	5 136
HRVATSKA	1 800	2 000	2 000	1 793	2 105	2 466	3 640	4 500	4 304
FRANCUSKA	1 636	1 648	1 377	1 500	1 300	1 477	1 105	1 502	1 671
PORTUGAL	1 635	1 383	851	1 200	1 000	1 500	1 500	1 400	1 500
UKUPNO	165 871	159 255	139 144	129 375	138 399	145 788	146 467	147 649	160 563

Slika 1. Proizvodnja komarče u zemljama Mediterana u periodu od 2008. do 2016. u tonama
(Izvor: FEAP, 2017).

Prema posljednjim istraživanjima provedenim 2016. godine ukupna proizvodnja za vrstu *Sparus aurata* iznosila je 185 000 tona, što čini znatno povećanje u odnosu na prethodne godine (Slika 2.) (FAO, 2019).

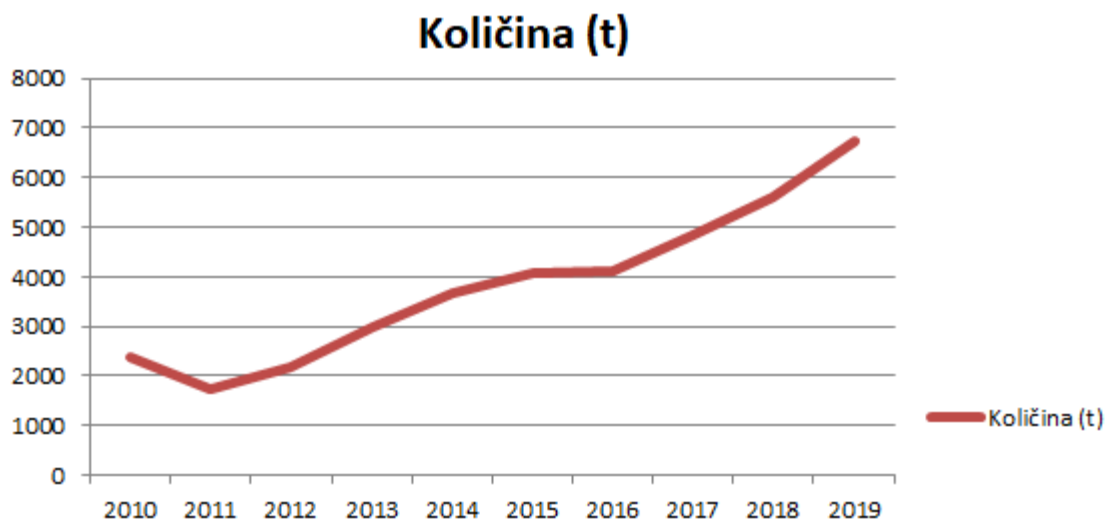


Slika 2. Prikaz ukupne globalne proizvodnje za vrstu *Sparus aurata* prikazan u tonama (Izvor: FAO, 2019).

Razvoj marikulture je doprinio stvaranju novog tržišta za malu plavu ribu, dodatni je razlog za obnovu i izgradnju infrastrukture za ribarstvo. Upotpunjava nedostatak ribe na tržištu proizvoda ribarstva te doprinosi smanjenju ribolovnog pritiska na naselja riba u prirodnim staništima (Katavić, 2004).

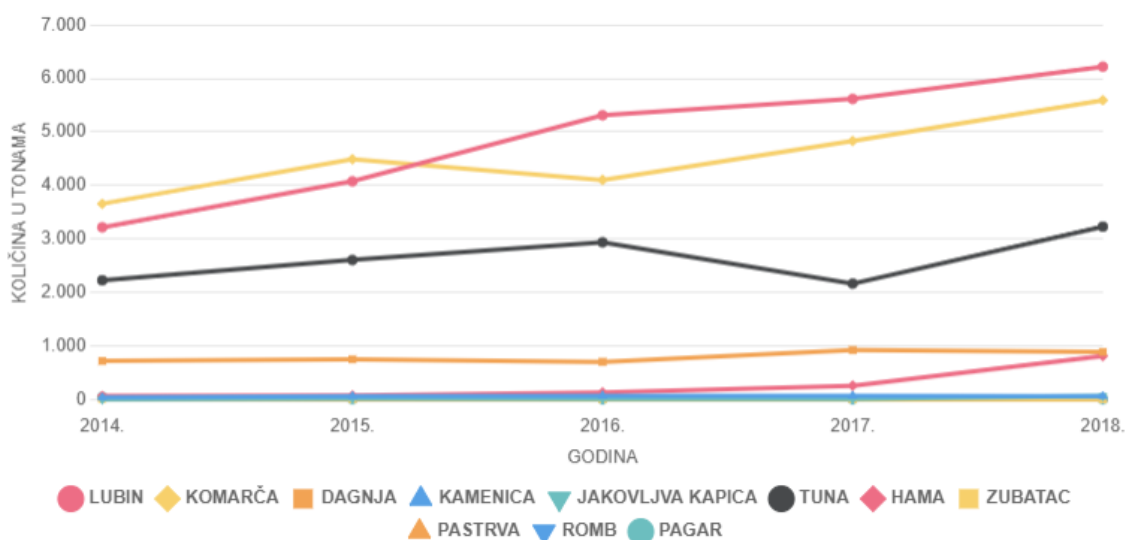
Losos čini 45% ukupnog volumena proizvodnje u marikulturi EU, a slijede ga komarča s 21% volumena proizvodnje te lubin s 20% volumena proizvodnje (Žužul Vrgoč, 2020). U akvakulturi EU, više od polovice ukupne europske proizvodnje čine Velika Britanija, Francuska i Španjolska. Vodeće zemlje u uzgoju ribe u Europi, od zemalja koje nisu članice EU, su: Norveška; Turska; Farski Otoci i Island te zajedno čine 77% (1,65 milijuna tona) ukupnog europskog uzgoja (Žužul Vrgoč, 2020).

Marikultura obuhvaća uzgoj plave ribe (tuna), bijele ribe i školjkaša u RH. Ukupna proizvodnja proizvoda iz marikulture u 2019. godini iznosi 17.343 tone. Gledajući ukupnu proizvodnju za vrstu *Sparus aurata*, u Hrvatskoj, kroz zadnjih 10 godina zabilježen je rast proizvodnje od čak 4 350 tona (Slika 3.).



Slika 3. Prikaz ukupne proizvodnje za vrstu *Sparus aurata* u Hrvatskoj prikazan u tonama u periodu od 2010.-2019. (Izvor: FAO, n.d).

Uz komarču, značajne vrste u uzgoju su lubin *Dicentrarchus labrax* i atlantska plavoperajna tuna *Tunnus thynnus*, a od školjkaša kamenica *Ostrea edulis* i dagnja *Mytilus galoprovincialis*. Ukupna proizvodnja organizama iz marikulture u RH prikazana je na slici 4., za period između 2014.-2018. godine (<https://ribarstvo.mps.hr/>).

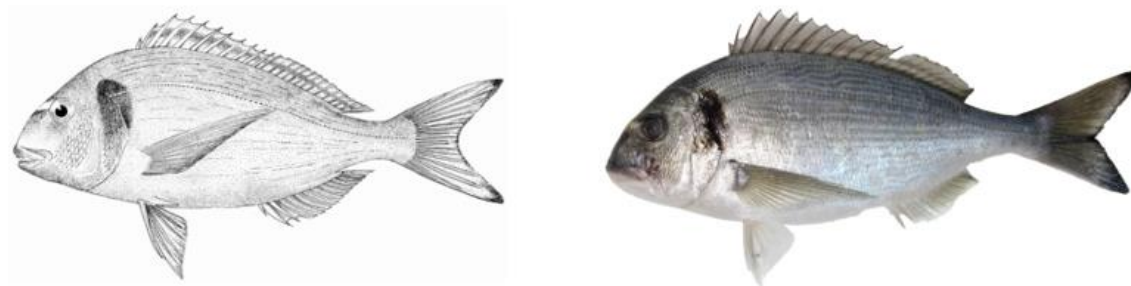


Slika 4. Prikaz proizvoda iz marikulture u tonama za razdoblje od 2014.-2018. godine u RH (Izvor: <https://ribarstvo.mps.hr/>)

2. PREGLED LITERATURE

2.1 Odabrana vrsta

Komarča *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) je odabrana za potrebe izrade ovog diplomskog rada. Jedini je predstavnik roda *Sparus* u Mediteranu, pripada porodici ljuskavki (Sparidae) (Jardas, 1996). U nastavku su predstavljeni osnovni ekološki, biološki i morfometrijski podaci za odabranu vrstu.



Slika 5. Vanjski izgled komarče *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) (FAO, 2019).

Komarča je vrsta koja pripada: razredu koštunjače (Osteichthyes), podrazredu Actinopterygii (zrakoperke), redu Perciformes (grgečke), porodici Sparidae (ljuskavke) (Basurco i sur. 2011). Ostali nazivi koji se koriste u hrvatskoj za ovu vrstu su i: „Lovrata, komarča, ovrata, ovratica, ovrat, obrata, obrat, urat, orada, zlatočnjak, zlatka, zlatulja, zvizdača, podlančica, panca, komorka, komljuša, komej, skomarča, sekulica, dinigla, gnigla, gnjigla, gilniga, gilinga, ježarica, beloglavka, šparica, škarnatica, štrigovica, strigavica, zvjezdača, ovratnica, zlatva, zlatobrov, zlatočica, zlatnica i obična lovrata (Milišić, 2007).”

Morfologija: Vrste koje pripadaju porodici Sparidae karakterizira bočno plosnato tijelo ovalnog oblika, s rijetkim iznimkama koje imaju tijelo vretenastog oblika. Jedno od obilježja porodice ljuskavki je i leđna peraja s prednjim bodljastim i stražnjim mekanim dijelom, te rascijepljena repna peraja. U Sredozemnom moru živi oko 25 vrsta porodice ljuskavki (Turk, 2011). Komarča je jedna od najpoznatijih vrsta iz porodice Sparidae. Tijelo komarče je karakterističnog ovalnog oblika te je bočno spljošteno („podlanica“). Ima veliku glavu s izraženim čeonim dijelom i malim očima (Slika 5.). Veličina gornje i donje čeljusti je različita, a u njima se nalaze četiri do šest očnjaka i kutnjaci. Gornja čeljust sastoji se od zubi poredanih u dva do četiri niza. Donja čeljust sastoji se od zubi poredanih u tri do četiri niza, od kojih su prvi i drugi značajno veći. Na prvom škržnom luku nalazi se jedanaest do trinaest škržnih

lamela koje su relativno kratke, dok se na ostalim lukovima nalazi sedam do osam škržnih lamela. Bočna pruga sastoji se od sedamdeset pet do osamdeset pet ljuski. Leđna peraja sadržava jedanaest tvrdih i trinaest mekih šipčica. Analna peraja ima tri tvrde i jedanaest do dvanaest mekih šipčica. Prsne peraje su duge i šiljaste, trbušne peraje su puno kraće od prsnih, a repna peraja je račvasta (Moretti i sur., 1999).

Boja: Srebrnosive je boje, a na početku bočne pruge nalazi se velika tamna mrlja (koja pokriva i gornji dio škržnog poklopca). Karakteristični zlatni most („orada“) nalazi se između očiju. Komarča je prepoznatljiva po plavosivo obojenoj leđnoj peraji s crnom crtom koja se nalazi u centralom djelu peraje. Repna peraja sadrži sivo-zelenkaste tonove obrubljene crnom bojom (Moretti i sur., 1999).

Veličina: Može narasti do 70 cm duljine te dostići masu do 10 kg. Srednja lovna masa iznosi oko 0,30 kg. Kod uzgajane ribe, potreban je period između 18 i 24 mjeseca kako bi jedinka dostigla 400 g mase od ličinke faze. Mase mužjaka kreću se oko 150-300 g, dok je optimalna masa ženke oko 1,5 kg. Komercijalna veličina može varirati od 250 g pa čak i do više od 1,5 kg (Basurco i sur., 2011).

Rasprostranjenost: Komarča je prirodno rasprostranjena duž Mediterana i istočnog Atlantika. Vrlo rijetko se može naći u Crnom moru (Sola i sur., 2007). U Jadranu je rasprostranjena svugdje zu obalu, te pretežno zu riječna ušća, zaljeve, uvale i luke (Jardas, 1996).

Stanište: Boravi iznad livada morskih cvjetnica na pjeskovitim ili stjenovitim područjima, ali može se pronaći i uzduž cijelog uzobalnog dijela primorja neovisno o vrsti dna. Prisutna je i u morskom i u bočatom okolišu, poput obalnih laguna i estuarijskih područja, s obzirom na to da je to vrsta koja preferira eurihalina i euritermna područja. Također je možemo pronaći i u blizini riječnih ušća te često svrati u mirne luke i uvale. Rijetko se nalazi uz obale koje se ruše u more velikom strminom i na grebenima te brakovima udaljenim od obale (Milišić, 2007). Na dubinama do 150 m obitavaju odrasle jedinke, a mlađe jedinke ostaju do dubine od 30 m. Vrste iz ove porodice pretežno su karnivori, a mekušci (sve vrste školjaka i puževa); razni glavonošci i rakovi te djelomično i morsko bilje obično predstavljaju njihov plijen. Zbog svoje prehrane vezana je za morsko dno te pripada životnoj zajednici bentosa. Za vrijeme mriještenja skuplja se u veća jata, dok ostatak vremena živi u skupinama od nekoliko komada ili pojedinačno (Sola i sur., 2007).

Ribolov i gospodarska važnost: „Lovi se mrežama potegačama, poponicama, tramatom (ludar, zagonica, fružata), parangalom i malim športskoribolovnim alatima. Uzgaja se u marikulturi. Prodaje se svježa (Jardas, 1996).“

2.2 Reproductivni sustav

Samostalni parni organi mužjaka (sjemenici) i ženki (jajnici) čine reproductivni sustav riba. Gonade riba usko su povezane sa sustavom bubrega te su mezodermalnog podrijetla. Komarča je protandrični hermafrodit što podrazumijeva da je prvo funkcionalni mužjak (najčešće prve dvije godine života), a postepeno kroz inverziju spola postaje funkcionalna ženka. U uzgojnim uvjetima, promjena spola je uvjetovana socijalnim i hormonalnim faktorima (Sola i sur., 2007).

Mužjaci dosežu spolnu zrelost između prve i druge, a ženke između druge i treće godine života. Rasplodni ciklus traje jednu godinu, a formira se nakon što komarča postane spolno zrela. Za vrijeme ciklusa, dio tvari i energije dobivenih iz hrane se ugrađuju u gonade (Sola i sur., 2007).

Fateh i sur. (2018.) u svom istraživanju su konstatirali da gonadosomatski indeks (GSI) i hepatosomatski (HSI) indeks ženki i mužjaka komarče ukazuju na jedno reproductivsko razdoblje. Razdoblje mrijesta kreće se od prosinca do siječnja. Sazrijevanje jajnih stanica događa se kada je HSI visok, a s druge strane, mrijest uzrokuje smanjenje hepatosomatskog indeksa. Veličina mužjaka pri prvoj spolnoj zrelosti iznosi 18,3 cm, dok veličina ženki iznosi 19,6 cm. Faze zrelosti gonada određene su pomoću tablice koju su predložili Hady-Taieb i suradnici:

Faza I - (nezrela): testisi su bjelkasti s okruglim presjekom i nekoliko krvnih žila, a jajnici su prozirni, blago ružičasti i nitasti s nježnom membranom; vaskularizacija je jedva vidljiva.



Slika 6. Prikaz gonada mužjaka komarče u fazi I zrelosti gonada (Izvor: Perhat, E.)

Faza II - (početak sazrijevanja): testisi su mliječno bijele boje s ravnim presjekom koji nema tekućine, dok su jajnici manje prozirni, bolje vaskularizirani i žućkaste boje; oociti su vidljivi golim okom.



Slika 7. Prikaz gonada mužjaka komarče tijekom faze II zrelosti gonada (Izvor: Perhat, E.)

Faza III - (potpuno sazrijevanje): testisi imaju veći volumen te ostavljaju bjelkastu tekućinu uz presjek. Jajnici su narančasto-žute boje, vrlo su veliki, a oociti su jasno vidljivi kao i mreža citoplazmatske membrane.



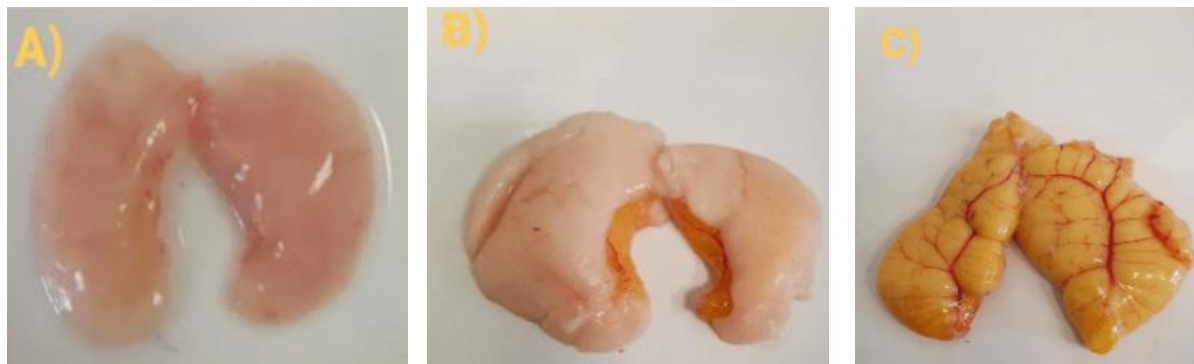
Slika 8. Prikaz gonada mužjaka komarče tijekom faze III zrelosti gonada (Izvor: Perhat, E.)

Faza IV - (mrijest): testisi su veliki i mekani, oslobađaju mliječ s mnogo grumena. Jajnici su visoko prokrvljeni.



Slika 9. Prikaz gonada ženke komarče tijekom faze IV zrelosti gonada (Izvor: Perhat, E.)

Faza V - (nakon mrijesta): testisi su ispražnjeni, bogato prokrvljeni te ostavljaju tekuće tragove sperme. Jajnici su mnogo prokrvljeni, prazni i mlitavi; tamno crvene su boje sa smeđim mrljama koje odgovaraju zonama skleroze ili atrezijskim ostacima jajne stanice.



Slika 10. Prikaz gonada vrste *Sparus aurata* (A) gonade mužjaka; B) gonade mužjaka u prijelaznoj fazi; C) gonade ženke) za vrijeme sezone mrijesta (Izvor: Perhat, E.)

Mrijest se događa tijekom kasne jeseni i prve polovice zime. U Sredozemlju mrijest traje od listopada do prosinca, a temperature se u to vrijeme kreću u rasponu od 13 do 17°C. Ženke višekratno izbacuju od 20 000-80 000 jaja u danu za vrijeme produžene reprodukcije sezone (može trajati i do 3 mjeseca). Jaja su pelagična i sferična. Promjer jaja iznosi do jedan mm te imaju jednu uljnu kap. Planktonska ličinačka faza okvirno traje pedesetak dana, na temperaturi između 17-18°C, nakon čega dolazi do metamorfoze (Sola i sur., 2007). Bavčević (2014.) u svom priručniku navodi kako energetska vrijednost ribljih jaja izmjerena na primjeru deset koštunjavki ima vrijednost 23,5 kJ/g suhe mase što bi bilo osam do petnaest posto energije cijelog tijela. To označava značajnu raspodjelu energije koja će za vrijeme trajanja mrijesta biti izbačena iz tijela (Bavčević, 2014).

2.3 Hranidba i sastav hrane za uzgajane komarče

U kaveznom uzgoju riba, hranidba predstavlja jedan od najsloženijih tehnoloških procesa te čini čak 40-60% troškova uzgoja. Hranidba je količinski proporcionalna potrošnji kisika koje uzrokuje disanje riba u kavezima. Može imati značajan utjecaj na zdravlje riba koje se uzgajaju te u konačnici i na samu kvalitetu proizvoda. Dobro upravljanje hranidbom ključno je za postizanje željenog prirasta riba i konverzije hrane te za smanjenje neželjenog učinka uzgoja na okoliš (Bavčević, 2014). Planiranje hranidbe u kaveznom uzgoju obavlja se na temelju prognoze temperature okoliša, vremenskih prilika te morskih struja koje određuju mogućnost

hranidbe (Bogut i sur., 2016). Hranidba podrazumijeva ukupnu radnu aktivnost koja je potrebna da se ribama u uzgoju omogući neophodna količina hrane. Dostupna hrana uključuje osnovni energijski izvor koji je potreban za obavljanje životnih funkcija riba u uzgoju te primarnu tvar iz koje riba raste, odnosno izgrađuje novo tkivo (Bavčević, 2014).

Tri temeljna parametra sastava hrane su: sirovinski sastav hrane, gustoća energije u hrani i osnovni kemijski sastav hrane. Optimalna gustoća energije u hrani za vrstu *Sparus aurata* kreće se između 21 do 24 MJ/kg (Bogut i sur., 2016). Hrana za ribe ima različiti sirovinski i kemijski sastav za različite uzrasne skupine riba. Završetkom juvenilne faze, zbog hrane se financijski i količinski značajno opterećuje proizvodnja. Proizvodnja hrane okreće se ekonomskoj efikasnosti prilikom čega se traže što jeftinije sirovine, ali da se zadrže željeni rezultati u prirastu i preživljavanju (Bavčević, 2014). Potreba za bjelančevinama definira se kao funkcija metaboličke mase, a relativna količina probavljivih bjelančevina u hrani ovisi o veličini ribe. Komarča ima potrebu za većom relativnom količinom probavljivih bjelančevina nego salmonidi jer prekomjerna gustoća energije u hrani kod komarče smanjuje iskoristivost bjelančevina, a moguće je i da poveća konverziju hrane (Bogut i sur., 2016).

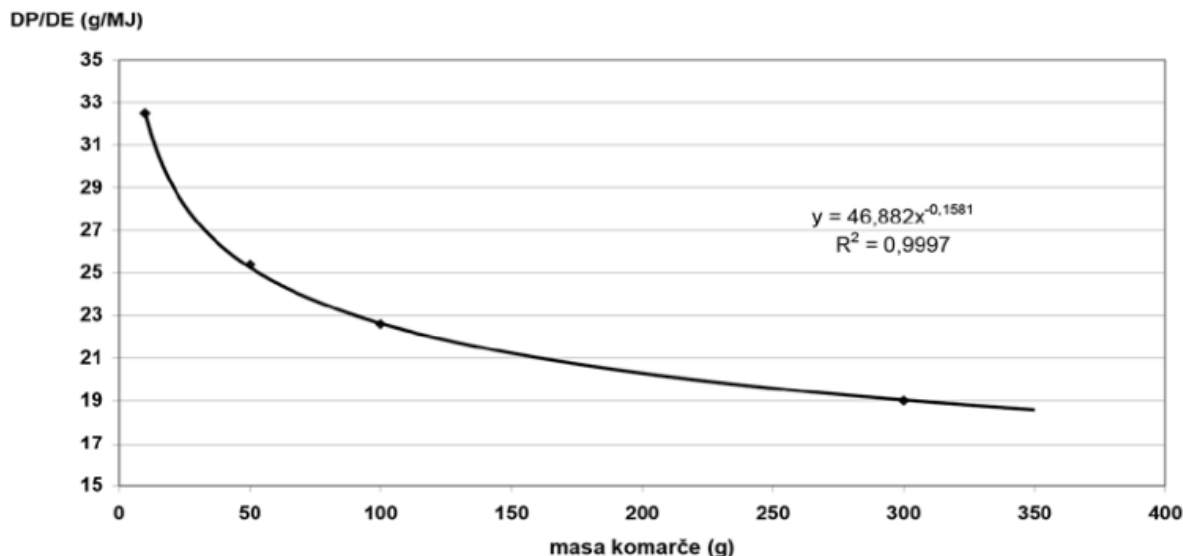
Pri uvjetima kada je temperatura optimalna za rast komarče, od 19°C do 23°C, Lupatsch i sur. (2003.) donose formulu za procjenu količine probavljivih bjelančevina u hrani:

„DP (g/riba/dan) = 0,62 × W (kg)^{0,7} + 2,13 × prirast bjelančevina“ (Bogut i sur., 2016).

u kojoj je DP oznaka za probavljive proteine, a W označava masu ribe. Također, donose i formulu za procjenu potrebne energije:

„DE (kJ/riba/dan) = 50,8 × W (kg)^{0,82} + 1,50 × energetski prirast“ (Bogut i sur., 2016).

gdje je DE oznaka za probavljivu energiju, a W je oznaka za masu ribe. Pomoću navedenih formula možemo izračunati omjer DP/DE za određeni uzrast uzgajane vrste, a Slika 11. prikazuje regresijsku analizu odnosa probavljivih bjelančevina i probavljive energije za komarču provedenu na temelju izračuna Lupatsch i sur. (2004.) (Bogut i sur., 2016).



Slika 11. Odnos između probavljive energije i probavljivih bjelančevina za komarču (Izvor: Bogut i sur., 2016).

Lupatsch (2004.) za metabolizam održavanja komarče izražava njezine energetske potrebe kao funkciju mase organizma (metabolička masa BW (kg) 0.82) i funkciju temperature okoliša te izračunava potrebe izražene u probavljivoj energiji hrane DE maint:

„DE maint. = [16.6 x exp (0.055 x Temp)] x BW (kg) 0.82“ (Bavčević, 2014).

Lupatsch (2004.) također opisuje i energiju koja je potrebna za rast komarče (iskazuje je kao probavljivu energiju hrane) koju opisuje kao funkciju energetske prirasta DE grow:

„DE grow. = prirast (kg) x energija tkiva (kJ/kg) x 1.49 (koef. troškova rasta)“
(Bavčević, 2014).

Uz uvjete dobre procjene indeksa kondicije, srednje duljine i biomase uzgajanih riba, moguće je primijeniti razvijenije hranidbene metode. Zbog varijacija u odnosu mase i duljine riba izrađen je dijagram s ciljem dorade za izračun dnevnog obroka. Kada je IK komarče veći od 1.75 riba se smatra pretilom te je potrebno smanjiti dnevni obrok za 10 do 20%. Kada je IK komarče manji od 1.6 riba se smatra mršavom te je potrebno uvećati dnevni obrok za 10 do 30% (Bavčević, 2014).

2.3.1 Probava hrane

Probava hrane definira se kao „proces razgradnje kompleksnih organskih spojeva u jednostavne organske spojeve“ (Bavčević, 2014). Odvija se u probavnom sustavu, a započinje u ustima gdje se nalaze zubi koji komarči služe za drobljenje skeleta plijena kojim se hrani. Usta i škržna šupljina ujedanjuju funkcije hranjenja i disanja (Bavčević, 2014). Nakon što se u želudac izluče enzimi i klorovodična kiselina započinje proces probave. Pilorički nastavci imaju ulogu u izlučivanju probavnih enzima uz koje se drže nakupine stanica gušterače, a smješteni su uz želudac. Poluprobavljena hrana nakon želuca ulazi u kratko crijevo odakle se nastavlja probava bjelančevina te se probavljaju masti i ugljikohidrati.

Osim probave hranjivih tvari u crijevu se događa apsorpcija probavljenih tvari u krv i limfu. Ostatci neprobavljene hrane idu u rektum, a zatim se preko analnog otvora ispuštaju u okoliš. Brzina probave odvija se u skladu s brzinom metaboličkih procesa u tijelu te ovisi o temperaturi okoliša. Probavom započinje iskorištavanje tvari i energije iz hrane za rast i ostale metaboličke procese. Ribe progutaju jedan dio dostupne hrane, a ostatak propada te prelazi u okoliš (otprilike do pet posto). Progutana hrana djelomično se probavi i ugradi u metaboličke procese organizma. U anaboličkim procesima se ugradi dio probavljene hrane za rast organizma, dok se preostali dio katabolizira radi dobivanja potrebne energije. Ovisno o veličini ribe i o temperaturi okoliša mijenja se brzina anabolizma i katabolizma (Bavčević, 2014).

2.4 Rast riba u kaveznom uzgoju

Seginer (2015.) definira rast i razvoj ribe (ili drugih organizama) kao funkciju njezine kondicije (veličina, stanje) (označeno slovom **S**) i stanja okoliša (temperatura, hrana, kvaliteta vode), označeno slovom **E**.

$$\frac{dS}{dt} = G \{S, E\}$$

Gdje je *t* oznaka za vrijeme (obično u danima), a *G* označava stopu rasta od *S*. *S*, *E* i *G* su vektori koji se mogu koristiti za različite vrste podataka.

Bogut i suradnici (2016.) definiraju rast riba kao odlaganje hranjivih tvari u vlastita tkiva što doprinosi rastu somatskog tkiva, rastu reproduktivnog tkiva i rastu pričuva. Povećanje biomase somatskoga tkiva riba obično se zadržava tijekom cijeloga života, dok odložene pričuve tvari u specijaliziranim tkivima mogu varirati za vrijeme uzgoja ovisno o okolišnim uvjetima i zdravstvenome stanju organizma. Reproductivna tkiva periodično proizvode rasplodne stanice koje zbog mrijesta napuštaju organizam što se prikazuje kao gubitak mase uzgajanog organizma. S obzirom na to da u različito vrijeme rastu različita tkiva nije ispravno promatrati samo bruto-maseni prirast ribe (Bogut i sur., 2016). Rast jedinki predstavlja najvidljiviju promjenu na ribama za vrijeme uzgoja, a rezultat je rast uzgajane biomase, što je u konačnici i cilj svakog uzgajivača. Prijenos energije i tvari iz probavljene hrane u organizam uzgajanih riba dovodi do povećanja biomase odnosno prirasta (Bavčević, 2014). Na rast ribe utječu razni vanjski čimbenici: temperatura vode, sadržaj kisika, osvjetljenje, gustoća držanja riba, količina i kakvoća hrane te ostali okolišni uvjeti. Korelacijom između ovih faktora može se predvidjeti stopa rasta ribe u kaveznom uzgoju, a tome se općenito pristupa kontroliranjem nekih od najvažnijih čimbenika koji utječu na povećanje rasta. Rast riba je vrlo složen proces koji se proučava primjenom različitih metoda i modela mjerenja. Modeli se izrađuju polazeći od informacija koje su prikupljane tijekom dugog razdoblja djelatnosti u uzgoju riba (Hernández i sur., 2003).

Rast riba može se podijeliti u tri komponente: somatski rast, rast rezervi i reproduktivni rast. Somatski rast (P_S) je rast strukturnih tkiva (živčanog, mišićnog, koštanog, žljezdanog, vezivnog) koja omogućuju normalan život organizma. Energetski trošak rasta većinom predstavlja trošak rasta strukturnih tkiva. Rast rezervi (P_{ST}) uključuje pohranu organske tvari u vlastita tkiva koju će organizam upotrijebiti kad unos energije hranom ne bude dovoljan za odvijanje metaboličkih procesa. Najveći dio rasta rezervi kod riba se odnosi na povećanje količine lipida u tkivima, ali postoje i vrste koje zahtijevaju pohranu značajne količine energije u obliku bjelančevina. Reproductivni rast (P_R) obuhvaća ulaganje tvari i energije u reproduktivne organe pomoću kojih organizam osigurava biološku održivost svoje vrste. U reproduktivni rast ubrajamo i rast gonada što rezultira rastom veličine i broja rasplodnih stanica, a posebno rezerve energije u žumanjku jaja koja je potrebna novom organizmu do početka hranidbe (Bogut i sur., 2016).

2.4.1 Prirast ribe

Promjena prosječne pojedinačne mase uzgajanih riba u odgovarajućem vremenu tj. promjena prosječne pojedinačne duljine uzgajanih riba predstavlja prirast riba u kaveznom uzgoju. Moderne teorije (DEB teorija) i novija istraživanja upućuju da je prirast mase kompozicija mase rezervi (rezerve) i prirasta strukturne mase (strukture). Praćenje prirasta duljine i praćenje prirasta mase smatra se potpunim praćenjem prirasta. Tehnološki gledano, praćenje prirasta uglavnom se procjenjuje temeljem mjerenja mase uzoraka uzgojenih riba. Osobine jedinke kao što su masa i genetička svojstva jedinke također utječu na brzinu rasta riba. Vanjske limitirajuće čimbenike možemo podijeliti na fizikalne, kemijske i biološke (Bavčević, 2014). Kako bi praćenje prirasta biomase na uzgajalištu bilo lakše potrebno je formirati evidencijske skupine riba. Važno je odvojeno pratiti broj i veličinu riba po generacijama i po vrstama, a također je preporučljivo i razdvajanje na svaki uzgojni kavez.

„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 = \sum prirasta svih kategorije na uzgajalištu“ (Bavčević, 2014).

Osim predviđanja prirasta neophodno je pratiti i prirast uzgajanih riba jer ni jedan objavljeni teorijski model ne objedinjuje sve parametre koji utječu na sam rast pa predviđanja rasta temeljenog na modelima često u manjoj ili većoj mjeri odstupaju od stvarnih mjerenja. Periodičnim mjerenjem uzoraka riba iz uzgoja dobije se prirast koji služi za vrednovanje i unapređenje teorijskog modela, ali i za ispravak procjene o stanju zaliha ribe u proizvodnji. Izrazito je važno periodično uzorkovanje kako bi imali uvid u gojidbeno i zdravstveno stanje riba u uzgoju (Bavčević, 2014).

Posljedica mijenjanja stupnja uhranjenosti kod uzgajanih riba dovodi do različitih maseno-duljinskih odnosa, što isključuje modele prirasta kojima se učinak rasta temelji samo na masi jedinke. U periodu kada imaju dovoljne količine hrane, mršavi organizmi pokušavaju povećati postotak zaliha za period u kojem potencijalno neće imati prilike za hranjenje što se očituje kao ubrzani rast koji nazivamo kompenzacijski rast. Ovaj rast dovodi do kompenzacije zaliha, a brzina rasta u duljinu događa se brzinom koja je neovisna o gojidbenom stanju, a uglavnom se tumači indeksom kondicije (Bavčević, 2014).

Danas postoje različiti modeli pomoću kojih se može izračunati prirast za komarču:

$$„\Delta W \text{ (g/ribi/dan)} = 0.024 \times \exp^{(0.06 \times \text{Temp})} \times \text{BW (kg)}^{0.514} \text{“ (Bavčević, 2014).}$$

$$„W_{\Delta t} = [W_0^{0.486} + 0.01166 \times e^{(0.060 \times \square \text{Temp})} \times t]^{2.058} \text{“ (Bavčević, 2014).}$$

2.4.2 Kompenzacijski rast

Ribe u kaveznom uzgoju mogu se hraniti u manjoj količini zbog mnogobrojnih razloga. Na primjer smanjenje hrane može biti dio strategije hranidbe radi uštede hrane; pogreška u procjeni potrebne hrane, nedostatak hrane zbog loših vremenskih uvjeta ili posljedica bioloških čimbenika poput odgovora na sezonske promjene i reproduktivni ciklus. Nakon što se ribe nastave hraniti normalno, izgladnjele ribe pokazuju razdoblje kompenzacijskog rasta koje je obično povezano s povećanjem apetita (hiperfagija). Nikki i suradnici (2004.) su utvrdili da je kompenzacijski rast jednostavno posljedica hiperfagije, a ne bolje iskorištenosti hrane (Bavčević i sur., 2010). Quinton i Blake (1990.) pripisuju kompenzacijski rast sintezi proteina dok Alvarez i Nicieza (2005.) smatraju da nadopunjavanje zaliha energije ima važnu ulogu u kompenzacijskom rastu. Tijekom kompenzacijskog razdoblja ribe dobiju na masi većom brzinom nego ribe koje se neprestano hrane. Ako kompenzacijski rast može potpuno nadoknaditi rast izgubljen tijekom gladovanja ribe, ovo bi mogla biti prilika za uštedu na hrani za ribe, izgladnjivanjem ribe i nadoknađivanjem izgubljenog rasta pri nastavku hranjenja. Korištenje kompenzacijskog rasta stoga se doživljava kao način povećanja profita od akvakulture. Međutim, postoje i brojni radovi koji su dokazali suprotno. Na primjer, Nicolás i suradnici (2002.) otkrili su da je zaostajanje u rastu rezultat smanjenog hranjenja koje se nikada ne može u potpunosti nadoknaditi, dok su Zhu i sur. (2004.) otkrili da ciklus hranjenja dovodi do smanjenja rasta. Ciklus hranjenja u istraživanju autora (Zhu i sur.) proveden je tako da su ribe bile nasumično odabrane i raspoređene u dvije skupine: kontrolnu skupinu riba (hranjena je do zasićenja dva puta na dan, u 09:00 i u 15:00 sati) i depriviranu skupinu riba. Deprivirana skupina riba hranjena je u četiri ciklusa: tjedan uskraćivanja (deprivacije) hrane nakon čega su slijedila dva tjedna ponovnog hranjenja, a zatim opet tjedan dana uskraćivanja hrane. Ovaj ciklus se ponovio još tri puta istim redoslijedom. Na početku eksperimenta nije bilo značajne razlike između kontrolne i deprivirane skupine riba, međutim svaki tjedan uskraćivanja hrane uzrokovao je gubitkom mase. Na kraju prvog tjedna deprivacije, srednja masa deprivirane skupine riba bila je značajno niža od mase u kontrolnoj skupini. Unatoč razdoblju ponovnog hranjenja, značajna razlika mase između dvije promatrane skupine zadržala se do kraja eksperimenta. Bavčević i suradnici (2010.) svojim istraživanjem su također došli do zaključka

da izglednije ribe nikada ne mogu nadoknaditi izgubljeni rast u duljini te da će im uvijek trebati više vremena da dostignu tržišnu veličinu, a koncept kompenzacijskog rasta objasnili su karakteristikom fiziologije riba (Bavčević i sur., 2010).

U hladnijem dijelu godine komarča u uzgoju ima poteškoća sa metabolizmom masti, a tada se ujedno povećava i rizik od zimskog sindroma ("winter disease") koji je povezan s nutritivnom etiologijom. Za prevladavanje nepovoljnog metaboličkog razdoblja moguće rješenje je ponuda poboljšane hrane ili ciljano gladovanje tijekom nekoliko tjedana. Masa koja se izgubi za vrijeme gladovanja poduzetoga radi sprječavanja razvoja zimskog sindroma nadoknađuje se kompenzacijskim rastom kada temperatura mora prijeći 17°C. Kompenzacijski rast kod komarče odnosi se na samo kompenzaciju indeksa kondicije. Sva kvantitativna istraživanja kompenzacijskog rasta bila su postavljena tako da se uspoređuje kompenzacijski rast s ribom koja je bila hranjena do sitosti kvalitetnom hranom (Bogut i sur., 2016).

2.5 Modeliranje u akvakulturi

Profitabilnost, ekološka održivost kao i kvaliteta proizvoda, od kojih je većina u konačnici povezana s hranidbom, predstavljaju izazove za akvakulturu. Odgovarajući modeli rasta ključni su za racionalno upravljanje akvakulturom jer se prema njima određuju hranidba i upravljanje ribom od trenutka nasada pa sve do trenutka izlova. Većina istraživanja provedenih na komarči podrazumijevaju kratkoročni rast (1-2 godine) u kaveznom uzgoju, gdje je kretanje ribe ograničeno i ribe se hrane tvorničkom hranom (Seginer, 2015).

U modelima za akvakulturu koriste se sljedeće oznake: stanje je često definirano slovom M, oznaka za tjelesnu masu svježe ribe je BM, a masa jedne ribe računa se pomoću sljedeće formule $g[BM]/ribi$. Vektor okoliša obično se sastoji od temperature T (u °C) i broja obroka hrane F (u g[hrane]/(g[BM] po danu)). Kondicija jedinke ovisi o njezinom sastavu tijela koji uključuje: sadržaj energije (u kJ/g [BM]), sadržaj proteina (u g [proteina]/g [BM]) te ekološki vektor koji podrazumijeva varijable kvalitete vode zbog promjene koncentracija kisika i metabolita. Ovisno o ograničavajućim čimbenicima okoliša, na funkciju rasta G mogu utjecati: temperatura, sastav hrane, salinitet, kisik, fotoperiod, CO₂, amonijak, gustoća riba te ostali lokalni ekološki čimbenici (Seginer, 2015).

Zbog potrebe predviđanja temeljnih tehnološko-ekonomskih parametara poput prirasta riba i utroška hrane započinje modeliranje u akvakulturi. Suvremenim metodama hranidbe ribama se najčešće daje 1-3% njihove mase suhe hrane dnevno koristeći upute proizvođača koje se modificiraju sukladno iskustvima na pojedinom uzgajalištu. S obzirom na to da troškovi prehrane predstavljaju približno polovicu troškova uzgoja, čak i najmanja ušteda na hrani može značajno doprinijeti isplativosti uzgajališta. Modeli korišteni za predviđanje rasta i potrebne hrane doprinose uštedi troškova uzgoja. Energijske modele prema osnovnoj strukturi možemo podijeliti na potražne (eng. *Demand side*) i ponudne (eng. *supply side*) (Bogut i sur., 2016).

2.5.1 Faktorijalni model

Lupatsch i suradnici razvili su faktorijalni model kako bi procijenili potrebnu hranu za uzgajane ribe u Mediteranu. Autori (Lupatsch i sur. 2001.) razdvajaju na dva segmenta hranidbene potrebe uzgajanih riba, tvari ili energiju potrebnu za rast te tvari ili energiju potrebnu za osiguranje troškova življenja organizma u uzgoju.

„Potrebe za hranom = M x BW(kg)^b + G x rast“ (Bavčević, 2014).

„BW(kg)^b = metabolička masa ribe“ (Bavčević, 2014).

M i G predstavljaju koeficijente efikasnosti korištenja energije hrane ili bjelančevina za troškove održavanja metabolizma (M) te troškove rasta (G).

Lupatsch (2004.) je dodatno implementirala i procjenu za potrebnom energijom unesenom iz hrane po ribi, za vrstu S.A., koja je opisana pomoću sljedećih formula:

„DE_{obrok} (kJ dan⁻¹(kg)^{-0,82} = DE_{maint} + DE_g x k“ (Bavčević, 2014).

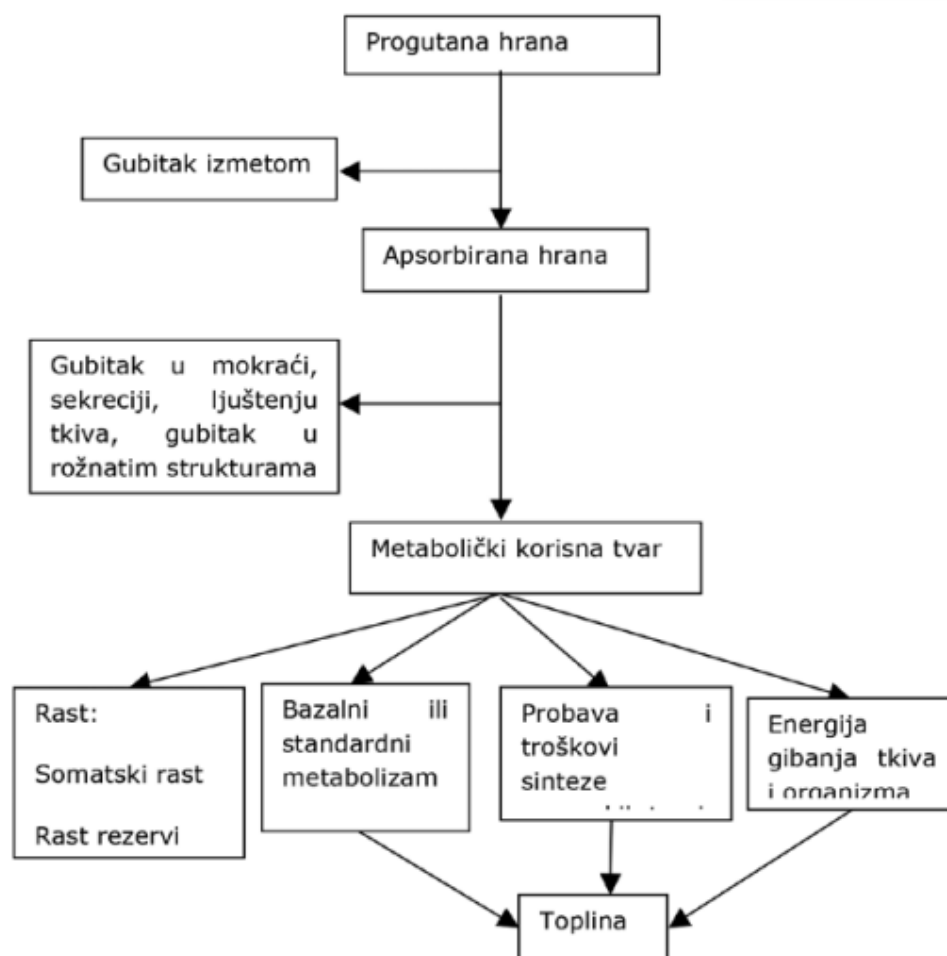
„DE = probavljiva energija hrane; DE_g = probavljiva energija hrane koja ide u prirast; k= koeficijent utroška ugradnje energije u prirast ≈ 1.49“ (Bavčević, 2014).

„DE_{maint} = [16.6 x exp^(0.055 x Temp)] x BW (kg)^{0.82}“ (Bavčević, 2014).

Omjer probavljive energije hrane (DE) i probavljivih bjelančevina u hrani (DP) znatno utječe na uspješnost primjene ovakvog modela. Procjena prirasta riba vrlo je važna kako bi se mogli primjeniti ovi ili slični modeli te da bi se prirastu dodala dimenzija ugrađene energije.

2.6 Metabolizam uzgajanih riba

Metabolizam uključuje sve fiziološke i biokemijske procese u živom organizmu te mehanička gibanja u organizmu. Temperatura okoliša utječe na brzinu metaboličkih procesa riba u uzgoju. Komarča je poikilotermni organizam, ne može kontrolirati svoju tjelesnu temperaturu već se ona prilagođava temperaturi okoliša što dovodi i do promjene brzine metaboličkih procesa (Bavčević, 2014). Gotovo sve metaboličke reakcije odvijaju se u stanicama organizma stoga se taj dio zove stanični metabolizam. Stanični metabolizam dijeli se na ispuštanje kemijske energije iz molekula koje su pohranjene hranom te na određenu upotrebu novonastale energije u bitne funkcije. Energija oslobođena za vrijeme metaboličkih procesa “skladišti” se u organske molekule koje mogu brzo prenijeti energiju na ciljane metaboličke procese. Slika 12. Prikazuje raspodjelu energije koju riba unosi hranom u tijelo (Bogut i sur., 2016).



Slika 12. Prikaz tijeka hrane od ulaska u tijelo do ugradnje u tkiva i dobivanja potrebne energije (Izvor: Bogut i sur., 2016).

Pri razgradnji organske tvari oslobađa se energija koja je potrebna za održavanje životnih funkcija organizma. Procjena putem mjerenja utroška kisika koji je u korelaciji s energijom dobivenom u staničnim oksidacijskim procesima predstavlja najčešće korištenu metodu procjene metaboličke aktivnosti (Bavčević, 2014).

Guinea i Fernandez (1997.) u svom istraživanju mjerili su potrošnju kisika komarče (37 do 99 grama) na različitim temperaturama i u različitim uvjetima hranidbe. Rezultatima su došli do zaključka da potrošnja kisika za vrijeme hranidbe i ostalih aktivnosti može biti dva do tri puta veća od potrošnje u mirovanju, a za vrijeme viših temperatura razlike su nešto veće. Potrošnja kisika proporcionalna je relativnom dnevnom obroku. Komarča koja je hranjena na 21°C oscilirala između 175 i 375 mgO₂/kg/h što pokazuje da je temperatura u ovom slučaju utjecala na potrošnju kisika. Vrijednosti metaboličkog utroška energije dobije se preračunavanjem izmjerene potrošnje kisika u oslobođenu energiju, pomoću oksokaloričke vrijednosti (Bavčević, 2014).

2.7 Morfometrijski pokazatelji

Morfometrijski pokazatelji koriste se kao najjednostavniji pokazatelji skladištenja energije kod riba. Sastavljeni su od podataka o masi i duljini ribe, do kojih se lako može doći putem pregleda ribe, uz potrebnu minimalnu opremu koja se sastoji od ihtimetra i vage. Smatra se da teže ribe određene duljine imaju i bolju kondiciju. Morfometrijski pokazatelji bazirani su na tezi da ribe određene vrste trebaju težiti onoliko koliko iznosi standard za njihovu duljinu. Riba čija masa odstupa od standarda uzimaju se kao pokazatelji relativne reproduktivne sposobnosti jedinke (Lloret i sur., 2014). Froese (2006.) daje određene preporuke, uključujući i smjernice za prikupljanje podataka i analizu odnosa mase i duljine, kojih bi se trebali pridržavati da bi prikaz morfometrijskih pokazatelja bio što točniji i precizniji. Prilikom određivanja pokazatelja kondicije ribe, na temelju podataka o njezinoj duljini i masi, poželjno je koristiti evisceriranu masu ribe (odnosno masu ribe kojoj je utroba izvađena), a ne ukupnu masu ribe. Razlog tome je što na ukupnu masu ribe ne utječu masa utrobe i gonada (Froese, 2006).

2.8 Kondicija ribe

Pojam kondicija ribe podrazumijeva opis fizičkog i tjelesnog stanja ribe te je važan pokazatelj zdravlja ribe. Nastaje kao posljedica duljinsko-masenog odnosa. Smatra se da riba dobre kondicije ima veće rezerve energije kao i bolje optimalno zdravlje. Zdravlje riba veoma je važno radi održavanja homeostaze organizma te za normalno funkcioniranje životnog ciklusa (prvenstveno rasta i reprodukcije), a zatim i očuvanja brojnosti i produktivnosti populacije (Lloret i sur., 2014). Kondicija ribe može se procijeniti pomoću niza različitih indikatora, a neki od njih su: morfometrijski (temelje se na duljini i masi ribe), morfofiziološki (temeljeni na masi jetre i gonada) te biokemijski (baziraju se na sadržaju lipida ili proteina; koncentraciji hemoglobina u krvi; koncentraciji mioglobina u crvenom mišiću; boji i volumenu žuči; enzimskoj aktivnosti tkiva; pH mišića nakon smrti; te sadržaju drugih tvari). Stručnjak mora procijeniti koja je najbolja metoda za korištenje u određenom trenutku, uzimajući u obzir ravnotežu između preciznosti metode, troškova i vremena. Morfometrijska mjerenja odličan su odabir pri terenskom istraživanju npr. na brodu ili u laboratoriju koji sadrži minimalnu opremu. Kod metode procjene morfometrijskog indeksa stavlja se naglasak na najprikladnije pokazatelje koji se obično koriste za procjenu kondicije riba, ekologiju riba te za svrhe održivog upravljanja. Kondicija ribe izražava se vrijednostima indeksa kondicije (IK) ili ponderalnog indeksa (Lloret i sur., 2014). Što je indeks tjelesne kondicije viši, to je veća masa po jedinici duljine. Promjena IK uglavnom je pod utjecajem stupnja ispunjenosti probavnoga trakta, spolnoga razvoja i stanja hranidbe. Faktor tjelesne kondicije komarče kreće se od 1,3-1,9 (Bogut i sur., 2016).

Duljina ribe mjeri se brže i točnije nego njezina masa. Masa ribe može biti prolazni pokazatelj rasta zbog toga što na nju može utjecati nekoliko čimbenika. Na primjer, sadržaj želuca i masa gonada predstavljaju dva moguća izvora varijabilnosti mase. U svom radu Le Cren (1951.) je utvrdio da masa hrane u želucu nije odgovorna za individualne varijacije u masi, međutim masa gonada bila je odgovorna za sezonske razlike između nezrelih i zrele ribe (Santos, 1997).

2.9 Indeks kondicije (IK)

Indeks kondicije opisuje fiziološko stanje kod riba, a izražava se koeficijentom. Svaka promjena koeficijenta, koji je izračunat za divlje i uzgojne jedinke, ukazuju na fiziološka stanja ribljih populacija te na abiotičke i biotičke sastavnice okoliša u kojima jedinke obitavaju. Također, promjenom se može dobiti i pregled u ekofiziološke procese analizirane vrste (npr. sezonska pohrana lipida, spolno sazrijevanje itd.) (Lloret i sur., 2014).

Sezonski rast IK otkriva značajne promjene kod oba spola komarče, što ukazuje na to da sazrijevanje spolnih organa utječe na IK komarče. Salem (2011.) je svojim istraživanjem provedenim u laguni Bardawil (Egipat) utvrdio da su za vrijeme prve spolne zrelosti mužjaci *Sparus aurata* dosegli duljinu od 20,5 cm, a ženke duljinu od 22,8 cm. Hadj-Taieb i sur. (2013.) izmjerili su u Gabeskom zaljevu (Tunis) da je duljina mužjaka *Sparus aurata* iznosila 17,6 cm, a duljina ženki 18,8 cm za vrijeme prve spolne zrelosti. Istraživanje provedeno od strane Fateha i sur. (2018.) izmjereno je da se za vrijeme prve spolne zrelosti duljina za oba spola kreće između 18,3 do 19,6 cm. Međutim, mužjaci spolno sazrijevaju brže od ženki zbog protandričnog hermafroditizma ove vrste (Fateh i sur., 2018).

2.9.1 Fultonov indeks kondicije

Fultonov indeks kondicije (K) bio je prvi morfometrijski pokazatelj za prikaz kondicije riba korišten za potrebe ribarstva, istraživanja u biologiji riba te za održivo upravljanje. Računa se prema sljedećoj formuli:

$$K = \frac{\text{masa ribe(g)}}{(\text{ukupna duljina tijela})^3(\text{cm})} \times 100 \quad (1)$$

Važno je napomenuti da navedena formula pretpostavlja izometrijski rast ribe, dakle b-varijabla odnosa masa-duljina mora biti 3 ili približno 3. Kod nekih vrsta riba, poput bakalara, ova je pretpostavka ispunjena, međutim, kod ostalih vrsta riba (kod kojih je b-varijabla različita od 3) to nije slučaj. Smatra se da postoji korelacija između faktora kondicije i duljine, pa se K povećava s povećanjem duljine (b varijabla veća od 3.0) i opada sa smanjenjem duljine (b varijabla manja od 3.0). U takvim slučajevima ograničava se primjena indeksa kondicije na ribe slične duljine unutar iste vrste. Stoga je tumačenje faktora kondicije sklono pogreškama

ukoliko rast ribe nije izometričan (Lloret i sur., 2014.). Kod alometrijskog rasta ribe, parametri koji utječu na vrijednost koeficijenta kondicije utječu i na vrijednost varijable b (starost, spol ili dostizanje spolne zrelosti). Međutim, na vrijednost koeficijenta kondicije utječu i parametri kao što su: različite biološke osobine (masnoća ribe, razvoj i rast gonada, prilagodljivost na uvjete okoliša), sezonske promjene učinka okoliša, promjene zbog količine dostupne hrane, stupanj parazitizma i hranjenja te povoljnost određenog područja (Lloret i sur., 2014).

2.10 Gonadosomatski indeks (GSI)

Spolna zrelost ribe ne ovisi o njenoj starosti već o duljini jedinke. Jedan od načina da se objasni utjecaj veličine tijela na veličinu gonada je predstavljanje mase gonada kao postotak tjelesne mase (Santos, 1997). Ovaj odnos izračunava se gonadosomatskim indeksom (GSI):

$$\text{GSI} = \frac{\text{masa gonada (g)}}{\text{masa tijela (g)}} \times 100 \quad (2)$$

Kod zrelih riba masa gonada raste s povećanjem tjelesne mase. Međutim, ovaj odnos mijenja se tijekom godine ovisno o stupnju razvoja gonada. Dinamika povećanja mase gonada proporcionalna je tjelesnoj masi te može varirati između populacija iste vrste, ali i između populacija različitih vrsta. Također, moguće je da vrijednost GSI varira kroz godinu ovisno o okolišnim čimbenicima kao što su dostupnost hrane i temperatura. Osim što masa gonada ovisi o sezonskim promjenama, razlikuje se i između spolova. Naime, muške gonade su u pravilu manje od ženskih gonada. GSI se može koristiti za razlikovanje zrelih i nezrelih riba, iako bi se za njihovo točno razlikovanje trebalo obaviti mjerenje kasno u sezoni mrijesta (Santos, 1997).

Fateh i suradnici (2018.) su pratili promjenu gonadosomatskog (GSI) i hepatosomatskog (HSI) indeksa kako bi opisali spolni ciklus i odredili razdoblje mrijesta prema sljedećoj formuli:

$$\text{GSI} = \frac{Wg}{We} \times 100$$

u kojoj je We oznaka za evisceriranu masu, a Wg označava masu gonada. Istraživanjem su izmjerili da je vrijednost GSI-a u listopadu veća nego u rujnu, a iznosi 0,29 za mužjake i

0,69 za ženke. U prosincu se vrijednost GSI-a kreće od 1,5 do 3,23, dakle u tom periodu su gonade najveće i najteže. Mrijest uzrokuje smanjenje GSI-a u siječnju i veljači.

2.11 Hepatosomatski indeks (HSI)

Riba pohranjuje masnoće kao glavni izvor energije. Takav tip energije predstavlja rezerve koje su neophodne za rast spolno nezrele ribe, a ujedno i za sazrijevanje gonada kod zrelih riba te za preživljavanje hladnijeg dijela godine. Energija može biti pohranjena kao visceralni depoi (prvenstveno se pohranjuju u lipidnim rezervama); u mišićnom tkivu ili u jetri. Velika važnost pridodaje se tkivu u kojem se skladišti energija jer nam to ukazuje na način hranidbe ribe, točnije jeli hranidba ribe tvorničkom hranom bila intenzivna. Relativna veličina jetre trebala bi biti u korelaciji s nutritivnim stanjem ribe i brzinom rasta (Santos, 1997). Hepatosomatski indeks (HSI) je neizravna mjera rasta, a izražava se kao:

$$\text{HSI} = \frac{\text{masa jetre (g)}}{\text{masa tijela (g)}} \times 100 \quad (3)$$

HSI se često koristi u istraživanjima o godišnjim promjenama u rastu ribe. Na hepatosomatski indeks, kod uzgojene ribe, može utjecati nekoliko čimbenika poput: razine energije, omjera obroka, temperature te učestalosti hranjenja. HSI daje točniji opis rasta nezrelih riba nego starijih i zrelih riba, dijelom zbog dodatnog opterećanje na jetru radi potrošnje energije za razmnožavanje. Srednja vrijednost HSI-a za komarču iznosi 1,92%, što je veoma slično i srednjoj vrijednosti HSI-a za komarču u intenzivnom uzgoju (1,73%) (Santos, 1997).

Na hepatosomatski indeks može utjecati nekoliko čimbenika stoga može doći do razlike u HSI-u među populacijama iste vrste. Generalno, povećanje ovog indeksa moguće je promatrati s povećanjem unesene energije; s povećanjem stope rasta i s povećanjem obroka. Fateh i suradnici (2018.) su za izračun HSI koristili sljedeću formulu:

$$\text{HSI} = \frac{W_f}{W_e} \times 100$$

gdje je W_e oznaka za evisceriranu težinu, a W_f oznaka za težinu jetre. Ustanovili su da hepatosomatski indeks kod ženki komarče ima najveću vrijednost u studenom (HSI iznosi 2,2)

prije sazrijevanja jajnika. Niska vrijednost hepatosomatskog indeksa (s vrijednošću od 0,9) uočava se u periodu od veljače pa do kraja razdoblja mrijesta. Kod mužjaka komarče najveća vrijednost hepatosomatskog indeksa pojavljuje se tijekom listopada, a procijenjeno je da iznosi 1,15. Mjesečne varijacije HSI-a kod oba spola komarče ukazuju na skladištenje zaliha energije u jetri u vrijeme kada dolazi do sazrijevanja gonada. Zadnja faza spolnog ciklusa završava s potrošnjom zaliha energije iz jetre (Fateh i sur., 2018).

2.12 Viscerosomatski indeks (VSI)

Za procjenu kondicije i "dobrobiti" ribe kao i za uvid u njeno zdravstveno stanje mogu se koristiti: viscerosomatski indeks (VSI); indeks visceralne masti (ili intraperitonealne masti (IPF)) te indeks crijeva. Masa različitih tkiva i organa iskazana je u odnosu na cijelo tijelo kao indeks, a računa se prema sljedećoj formuli:

$$\text{Indeks organa (\%)} = \frac{\text{masa organa (g)}}{\text{masa tijela (g)}} \times 100$$

Uz odgovarajuću masu svakog visceralnog organa izračunati su sljedeći indeksi:

$$\text{VSI} = \frac{\text{masa trbuha (g)}}{\text{masa tijela (g)}} \times 100 \quad (4)$$

$$\% \text{ Viscelarne masti} = \frac{\text{masa visceralne masti (g)}}{\text{masa tijela (g)}} \times 100$$

$$\text{Indeks crijeva} = \frac{\text{masa crijeva (g)}}{\text{masa tijela (g)}} \times 100$$

Visok udio masti u trbuhu rezultirat će visokim viscerosomatskim indeksom kod riba. Energija koja je pohranjena kao lipid u mezenteriji utrobe, važna je prije svega za dugotrajnu upotrebu energije (kao što su bazalni metabolizam tijekom zime te energija potrebna za sazrijevanje gonada). U akvakulturi, trbušna mast je otpadni proizvod, stoga bi trebalo smanjiti

količinu deponirane masti što bi u konačnici moglo poboljšati učinkovitost hrane za ribe. Smanjen udio trbušne masti, također može biti važan i sa marketinškog stajališta, jer se neke ribe prodaju bez iznutrica. Relativni udio visceralne masti u ukupnoj masti vrlo je važan za prinos prerade (utroba, filetiranje). Razvoj masti u mesu mogao bi imati važnu ulogu ne samo u vizualnom izgledu mesa i prinosu prerade već i u samom okusu mesa. Glavni čimbenici odgovorni za taloženje masti su veličina obroka i energetska sadržaj. Javlja se trend veće debljine riba s porastom njezine dobi. Kod spolno zrelih jedinki to je zaštita od prekomjernog iscrpljivanja u mrijestu zbog toga što postoji nekoliko ribljih vrsta koje postaju sve plodnije kako rastu. Kod komarče se visceralna mast lako odvaja od ostatka visceralnih organa jer je pronađena u trbušnoj šupljini kao posebno tkivo. Povećanje VSI uz povećanje tjelesne mase je odgovorno za smanjenje postotka mase trupa (dressed weight) kod komarče. VSI se kod komarče ne mijenja promjenom veličine tijela. Riba s najvećim faktorom kondicije imaju najveći postotak visceralne masti. Povećanje visceralne masnoće nije povezano samo s povećanjem tjelesne mase, već i s nutritivnim faktorima koji mogu utjecati na količinu taložene masti u trbušnoj šupljini. Visok sadržaj trbušne masti uzrokovat će i visok viscerosomatski indeks.

3. CILJ I SVRHA RADA

Svrha ovog diplomskog rada je ispitati promjene izazvane mrijestom komarče u kaveznom uzgoju, za tri uzrasne skupine riba, na promjenu konverzije hrane i biomasu. Pretpostavka je da će riba nakon što se izmrijesti izgubiti dio mase koju je ugradila u gonade, što ima utjecaj na efektivnu/ekonomsku konverziju hrane. Ovaj rad odnosi se na posljedice fizioloških procesa koje se očituju u rezultatima koje akvakultura koristi kao proizvodne indikatore (npr.: duljina, masa, iskorištenje prerade, itd.).

Cilj rada je kvantitativno procijeniti navedene promjene u odnosu na spol i uzgojnu starost.

4. MATERIJALI I METODE

Za analizu ovog diplomskog rada korištena je komarča redovne proizvodnje tvrtke Cromaris d.d. U studenom 2020. godine, prije sezone mrijesta, provedena je analiza na 144 komada komarče iz tri različite nasadne generacije (2018., 2019. i 2020). Za nasadnu generaciju 2018. analizirano je 50 komada ribe; za nasadnu generaciju 2019. analizirana su 44 komada ribe, a za nasadnu generaciju 2020. analizirano je 50 komada ribe. U razdoblju u kojem je predviđeno da je proces sazrijevanja gonada doveden pred sam mrijest, u skladu s iskustvom uzgajivača (osobna komunikacija) i literaturom (Sola i sur., 2007.; Fateh i sur.,2018.), uzeti su uzorci.

4.1. Uzorkovanje komarče za mjerenje

Komarča je uzorkovana u studenom 2020. godine iz proizvodnih kaveza s uzgajališta smještenog u uvali Lamjana (otoku Ugljan). Riba se uzgaja na otvorenom moru u plutajućim kavezima. Uzorci riba uzeti su 11. studenoga, 12. studenoga i 13. studenoga 2020.godine. Komarča uzorkovana 11.11.2020. nasađena je 15.2.2019., s 207 000 komada mlađi prosječne mase 2,9 grama. Postotak preživljavanja iznosi 84,46%; što znači da je preživjelo oko 174 833 komada ribe, čija prosječna masa iznosi 563 grama. Riba uzorkovana 12.11.2020. nasađena je 21.7.2018., s 356 916 komada mlađi prosječne mase 6,7 grama. Postotak preživljavanja iznosi 81,74% što znači da je preživjelo oko 291 757 komada ribe čija prosječna masa iznosi 650 grama. 13.11.2020. uzorkovana je komarča nasađena 21.2.2020., s 10 153 komada mlađi prosječne mase 3,1 grama. Postotak preživljavanja iznosi 84,46%, što znači da je preživjelo oko 8219 komada ribe čija prosječna masa iznosi 191 gram. Podaci o uzorkovanim kavezima prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Podaci o uzorkovanim kavezima: nasad, nasadna biometrija, nasadna količina, završna količina, potrošnja hrane, preživljavanje i broj uzorkovanih riba.

Generacija	Nasad	Nasadna biometrija	Nasadna količina (komada)	Završna količina (komada)	Potrošena hrana (kg)	Preživljavanje (%)	Datum biometrije	Broj riba u uzorku
S.A. 2018.	21.7.2018	6,7	356916	291757	393433	81,74	12.11.2020.	50
S.A. 2019.	15.2.2019	2,9	207000	174833	150682	84,46	11.11.2020.	44
S.A. 2020.	21.2.2020	3,1	10153	8219	2408	80,95	13.11.2020.	50

4.2 Mjerenja na uzorkovanoj komarči

Komarči uzorkovanoj u ovom radu prvo su pojedinačno izmjerene ukupna duljina i ukupna masa tijela. Nakon toga, za svaki je uzorak ribe posebno izmjerena masa trbuha, masa jetre i masa gonada. Za masu trbuha izvagani su svi unutarnji organi (jetra, gonade, probavni organi), osim škrga. Potom su na temelju izmjerenih parametara izračunati: indeks kondicije (1), viscerosomatski indeks (4), hepatosomatski indeks (3) te gonadosomatski indeks (2). Izmjereni biometrijski podatci bilježeni su u Excelu.



Slika 13. Mjerenje ukupne mase i ukupne duljine tijela komarče (Izvor: Perhat, E.)

Umjesto mjerenja za procjenu prirasta i izračun potrošnje hrane koristio se model. Za model je izabran Seginerov model rasta koji je parametriziran po radu „Modelling the environmental footprint of sea bream cage aquaculture in relation to spatial stocking design“ (Burić i sur., 2020.). Modeliranju se pristupilo jer je riba iz 2018. generacije bila za prodaju. Kada je riba za prodaju hrani se po posebnom režimu, te se za to vrijeme pred izlov iz uzgojnih kaveza kao sastavna tehnologija koristi izloženost ozbiljnoj redukciji hrane ili gladovanje što traje najmanje 24 sata. Kod velikih kaveza, proces izlova se ponavlja više dana za redom, pa je stoga nemoguće dobiti realne podatke o utrošku hrane. Također, za uzorkovanje se koristi riba iz jednog kavez na temelju čega je nemoguće dobiti precizne rezultate.

4.3 Statistička obrada podataka

U Microsoft Excelu napravljene su: statističke tablice, linijski i stupčasti grafikoni, osnovni izračuni srednjih vrijednosti, standardnih devijacija, duljine, mase, indeksa kondicije, gonadosomatskog indeksa, hepatosomatskog indeksa i viscerosomatskog indeksa, Seginerov model rasta te regresijska analiza utjecaja veličine ribe na gubitak mase uzrokovane mrijestom. Za testiranje značajnosti razlika između mužjaka i ženki korišten je t-test. Testiranje je provedeno pomoću programa STATISTICA 11. Prije izbora statističkog testa o utjecaju vrijednosti indeksa u odnosu na generaciju testirana je homogenost varijable s Levenovim testom. Zbog homogenih varijanci nastavljeno je testiranje razlika VSI i HSI između generacija pomoću testa jednosmjerne analize varijance (One-Way ANOVA). Kod nehomogene varijance za utvrđivanje razlike gonadosomatskog indeksa između generacija korišten je neparametrijski test (Meddian i Kruskal Wallis ANOVA test). Dodatno je napravljena i rang analiza višestruke usporedbe kako bi se vidjela usporedba značajnosti razlika GSI-a između svih generacija.

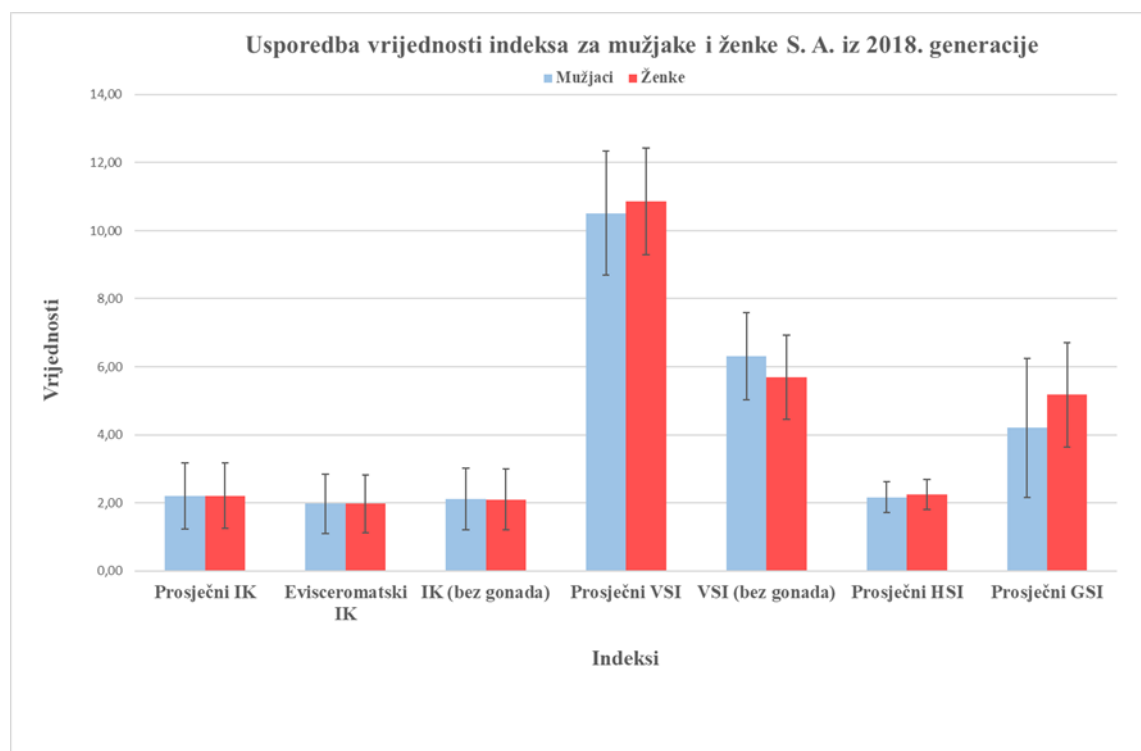
5. REZULTATI

5.1. Usporedba biometrijskih podataka između generacija 2018., 2019. i 2020.

Osnovni biometrijski podatci (duljina i masa) te izračuni srednjih vrijednosti i standardne devijacije kao i izračuni za gonadosomatski, hepatosomatski i viscerosomatski indeks prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Prikaz rezultata biometrijske analize za 3 generacije S.A.

Generacija	Totalna duljina ± SD	Masa ± SD	Gonadosomatski Indeks ± SD	Hepatosomatski Indeks ± SD	Viscerosomatski Indeks ± SD
S.A. 2018.	32,34 ± 1,03	649,52 ± 60,59	4,63 ± 1,89	2,20 ± 0,45	10,67 ± 1,71
S.A. 2019.	30,70 ± 1,75	562,63 ± 88,66	2,73 ± 1,43	2,24 ± 0,43	9,95 ± 1,39
S.A. 2020.	22,12 ± 1,40	190,93 ± 44,99	0,62 ± 0,35	2,24 ± 0,52	8,99 ± 1,56



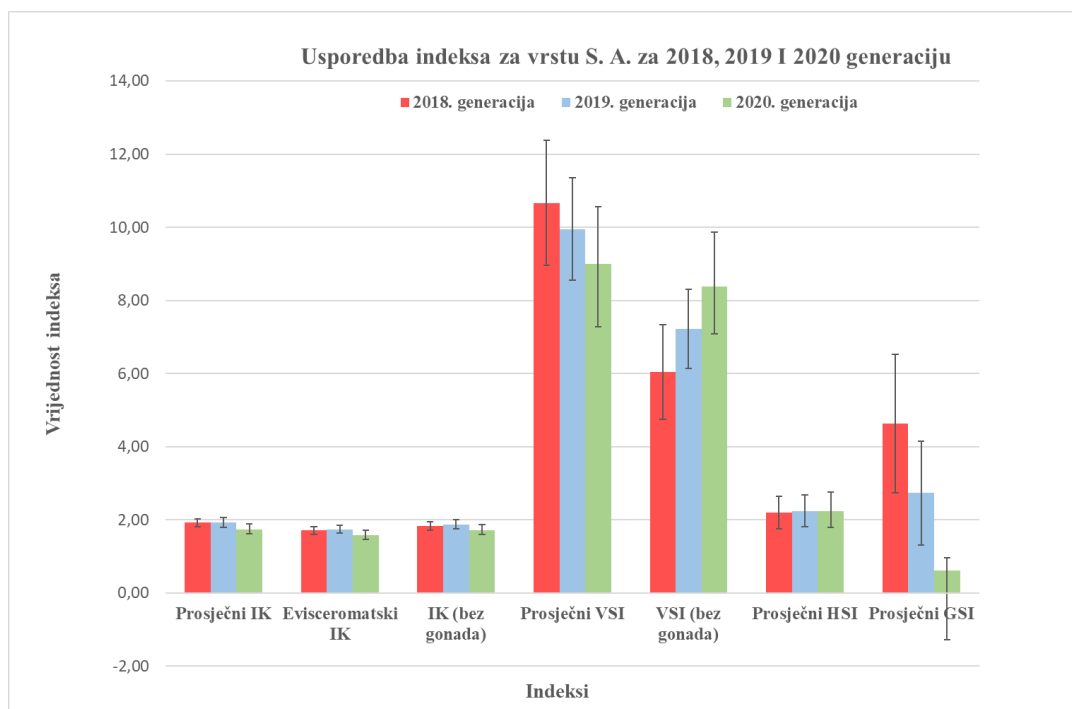
Slika 14. Usporedba indeksa između mužjaka i ženki S.A. iz 2018. generacije

Na slici 14 grafički je prikazana usporedba indeksa između mužjaka i ženki komarče. S obzirom na rezultate biometrije u prve dvije godine uzgoja (generacije 2019. i 2020.) nalaze

se samo mužjaci dok kod generacije 2018. dolazi do pojave riba koje su u fazi prelaska iz mužjaka u ženke, a ima i par ženki. Za ženke i za ribe koje su u fazi prelaska u ženke, u programu STATISTICA 11 napravljen je t-test kako bi se ustanovilo postoji li signifikantna razlika u odnosu na mužjake. T-testom se utvrdilo da razlika nije signifikantna, odnosno da se ženke i mužjaci ne razlikuju značajno po duljini ($p=0,58$) i masi ($p=0,59$). Zatim je napravljen t-test da bi se vidjelo ima li značajne razlike u indeksu kondicije i gonadosomatskom indeksu koji imaju važnu ulogu u potrošnji hrane. Rezultat t-testa pokazao je da se mužjaci i ženke ni po IK ($p=0,25$) i GSI ($p=0,17$) ne razlikuju značajno. Zbog toga će se u daljnjim analizama analizirati samo značajnost razlika indeksa između tri generacije kao da nema razlike između mužjaka i ženki.

5.2 Usporedba GSI, HSI i VSI između generacija 2018., 2019. i 2020.

Nakon što je utvrđeno da između mužjaka i ženki nema značajne razlike, može se nastaviti s daljnjim analizama usporedbe gonadosomatskog indeksa, hepatosomatskog indeksa i viscerosomatskog indeksa za sve tri generacije i njihov utjecaja na mrijest. Na slici 15 prikazana je usporedba vrijednosti indeksa između generacija. Također, vidljiva je razlika među generacijama za GSI i VSI koju uzrokuje različita masa gonada kod riba. Zbog toga su obavljena statistička testiranja koja upućuju na značajnost razlika izmjerenih i izračunatih parametara.



Slika 15. Usporedba vrijednosti indeksa vrste S.A. za tri generacije

S obzirom na temu ovog diplomskog rada, glavni faktor za vrednovanje rezultata utjecaja mrijesta komarče na promjenu indeksa konverzije je značajnost gonadosomatskog indeksa. Zbog toga je statistička obrada podataka započela testiranjem značajnosti GSI-a za tri generacije pomoću One-Way ANOVA univarijantnog testa značaja čiji je rezultat pokazao (Tablica 3.) da je vrijednost gonadosomatskog indeksa za tri generacije signifikantan ($p < 0,05$). Nakon što je utvrđeno da je razlika značajna potrebno je provjeriti homogenost varijance kako bi znali s kojim testom dalje možemo nastaviti. Levenov test koristi se za provjeru homogenosti varijance. Tablica 4. prikazuje rezultat Levenovog testa za homogenost GSI-a na osnovu kojeg je zaključeno da varijanca nije homogena jer je $p < 0,05$. Stoga se za testiranje razlika GSI među generacijama ne može nastaviti analizom varijance već se mora koristiti neparametrijski test „Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks“. Rezultati neparametrijskog testa prikazani su u tablici 5., gdje se vidi da je $p < 0,05$ što znači da je razlika gonadosomatskog indeksa za tri generacije signifikantna. Razlike GSI-a su prikazane pomoću box-plota (Slika 16.).

Tablica 3. Prikaz rezultata dobivenih One-Way ANOVA testom za razliku GSI-a za tri generacije S.A.

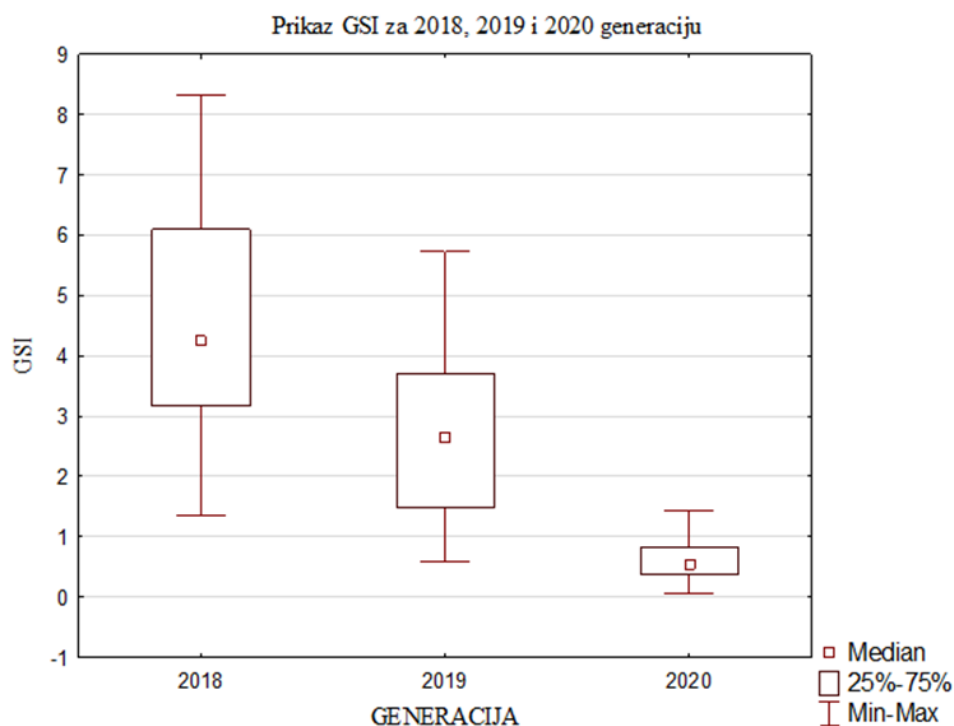
	Univariate Tests of Significance for GSI				
	Sigma-restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of	MS	F	P
Presjek	1026,506	1	1026,506	540,1479	0
Generacija	400,307	2	200,154	105,3209	0
Error	269,859	142	1,9		

Tablica 4. Prikaz rezultata Levenovog testa homogenosti varijable za razliku GSI-a za tri generacije S.A.

Levene-ov test homogenosti				
	MS - Effect	MS - Error	F	p
GSI	22,34786	0,545124	40,9959	0

Tablica 5. Prikaz rezultata dobivenih testom Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks za utvrđivanje značajnosti razlike GSI-a za tri generacije S.A.

Kruskal-Wallis				
H (2, N= 145) =100,2140 p= 0,000				
	Code	Valid – N	Sum of - Ranks	Mean – Rank
2018	2018	50	5528	110,56
2019	2019	45	3675	81,6667
2020	2020	50	1382	27,64



Slika 16. Box-plot prikaz značajnosti razlika za GSI za tri generacije S.A.

Rang analiza testa višestruke usporedbe između vrijednosti gonadosomatskog indeksa prikazane su u tablici 6. iz koje možemo zaključiti da se gonadosomatski indeksi za 2018., 2019. i 2020. generaciju međusobno značajno razlikuju.

Tablica 6. Rang analiza višestruka usporedba značajnosti razlike za GSI za tri generacije S.A.

Multiple Comparisons z' values			
	2018 - R:110,56	2019 - R:81,667	2020 - R:27,640
2018		3,347783	9,870962
2019	3,347783		6,259906
2020	9,870962	6,259906	

Nakon toga je napravljen Levenov test homogenosti za hepatosomatski, a zatim i za viscerosomatski indeks. Rezultat Levenovog testa za HSI (tablica 7.) pokazao je da je varijanca homogena ($p=0,46$), stoga se radio test analize varijance kojim je ustanovljeno da rezultati nisu signifikantni ($p>0.05$) te da hepatosomatski indeks nema utjecaja na svrhu i ciljeve ovog rada.

Tablica 7. Prikaz rezultata Levenovog testa homogenosti varijable za razliku HSI-a za tri generacije S.A.

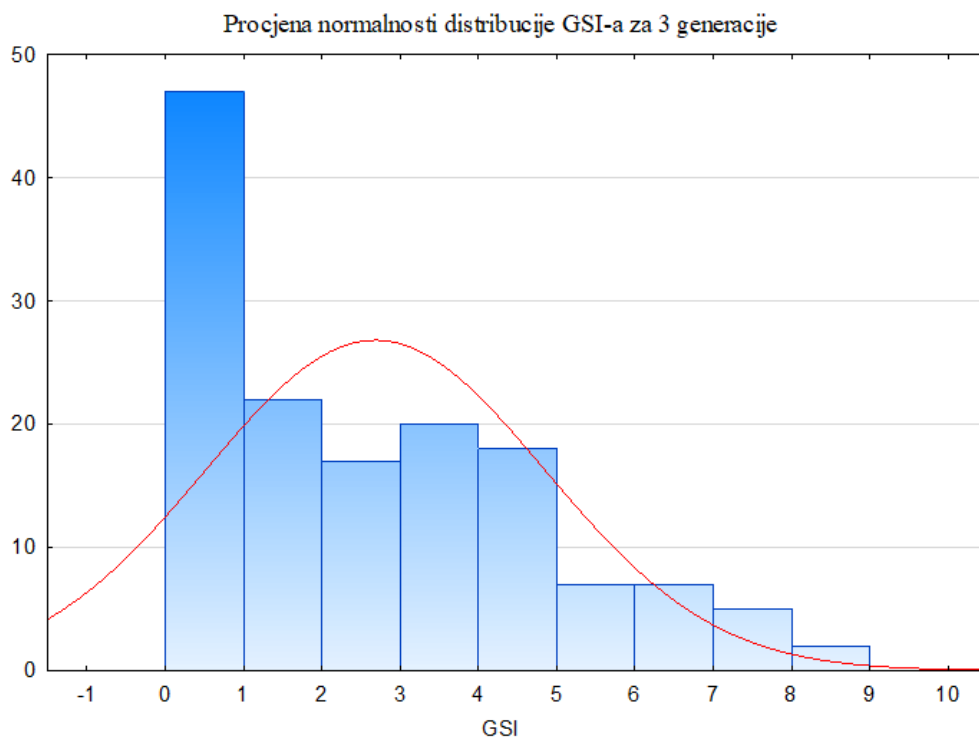
Levene-ov test homogenosti				
	MS - Effect	MS - Error	F	P
HSI	0,065469	0,083201	0,786873	0,457241

Tablica 8. Prikaz rezultata Levenovog testa homogenosti varijable za razliku VSI-a za tri generacije S.A.

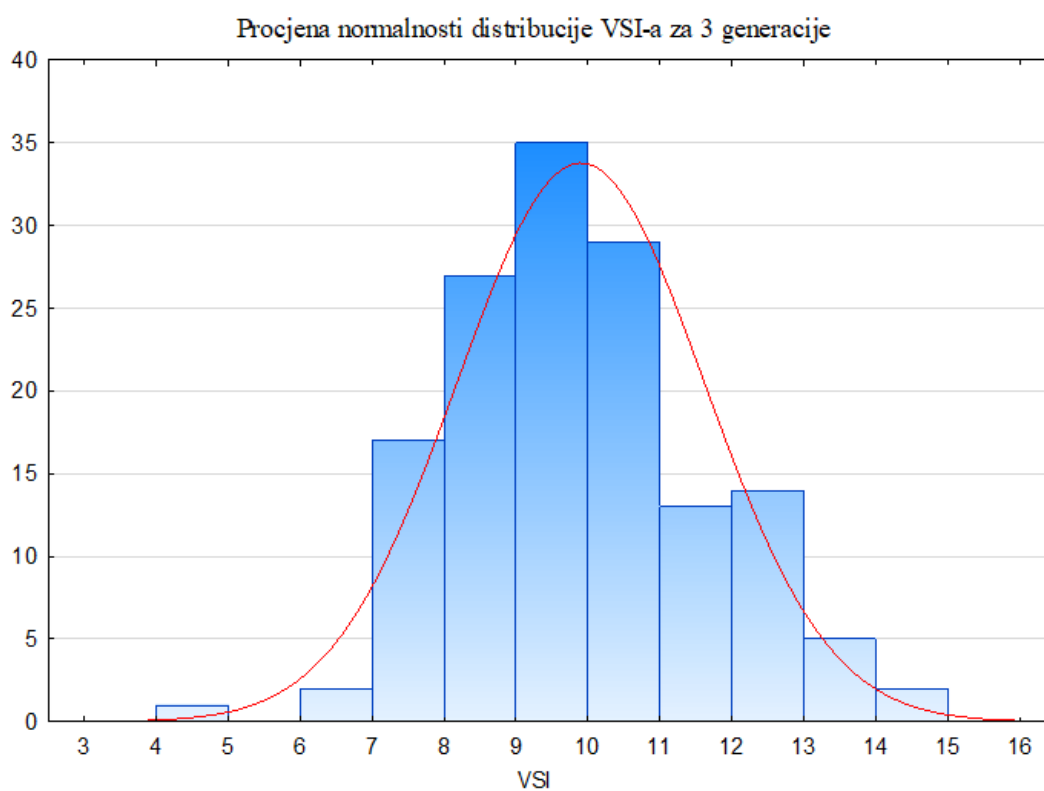
Levene-ov test homogenosti				
	MS - Effect	MS - Error	F	p
VSI	2,260324	0,863583	2,61738	0,076513

Iako je rezultat Levenovog testa za viscerosomatski indeks definiran kao neznačajan jer je $p > 0,05$, treba napomenuti da je vrijednost viscerosomatskog indeksa blizu značajnosti, $p = 0,077$ što je bitno za daljnju raspravu.

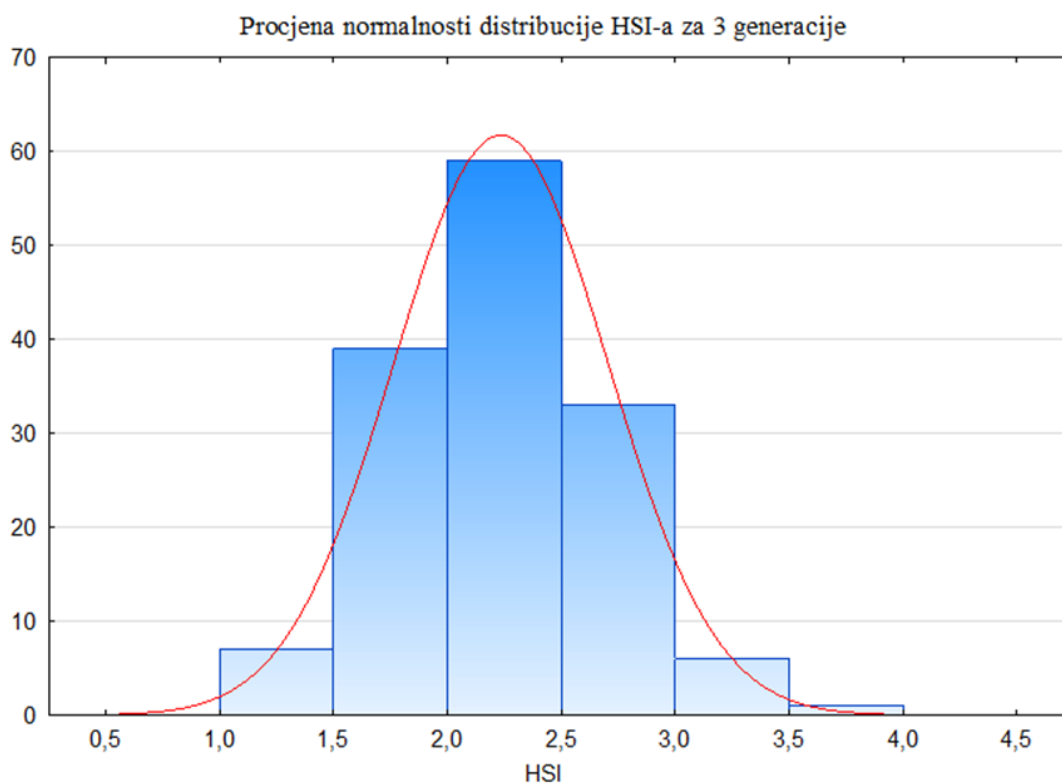
Histogram služi za procjenu prikazivanja normalnosti distribucije. Na slici 17. se vidi da distribucija nije normalna jer bi normalna distribucija bila simetrična i pravilna te bi u centru krivulje bila obuhvaćena najveća vrijednost kao što je primjer za HSI prikazan na slici 19. Zbog toga GSI za tri generacije nije homogen, a razlika među generacijama je značajna, dok je vrijednost HSI-a za tri generacije homogena, a razlika nije značajna. Također, na slici 18. gdje je prikazan histogram za VSI vidi se da je vrijednost homogenosti i normalne distribucije na samoj granici.



Slika 17. Procjena normalnosti distribucije oko dobivenih rezultata GSI-a za tri generacije S.A. putem histograma



Slika 18. Procjena normalnosti distribucije oko dobivenih rezultata VSI-a za tri generacije S.A. putem histograma



Slika 19. Procjena normalnosti distribucije oko dobivenih rezultata HSI-a za tri generacije S.A. putem histograma

5.2. Rezultati modeliranja

Za procjenu prirasta i izračun potrošnje hrane korišten je Seginerov model rasta (Seginer, 2015). Hipoteza je da će na kraju doći samo do tjelesnog rasta ribe što je ujedno i uvjet za pokretanje modela. Procijenjen je prirast ribe bez gonada i to zbog pretpostavke da je u gonade već uložena sva energija do početka mrijesta. Ulazni parametri potrebni za početak modeliranja su: prosječna masa ribe bez gonada, vrijednost probavljive energije (DE u MJ) kojom se riba hrani u zimskom periodu (za ribu mase 190-560 grama), prosječna tjedna temperatura za vrijeme trajanja mrijesta, tj. do kraja modeliranja za 22 tjedna. Za broj komada riba koji se nalazi u kavezu stavlja se broj 1 jer je poznata konverzija hrane do momenta pokretanja modela, za propad hrane stavlja se 0 te se za mortalitet pretpostavlja da ga nema. Ovaj model je potražni model jer se prvo procjenjuje koliko će riba narast, a zatim koliko je energije za to potrebno. Na temelju faktorijalnog modela (Lupatsch i sur. 2004) izračunata je tjedna potrošnja hrane u gramima po jednoj ribi. Tjedna potrošnja hrane u modelu dobivena je tako što probavljivu energiju pretvaramo u kilogram hrane te dobijemo koliko je hrane potrošeno taj tjedan.

Tablica 9. Prikaz prosječne mase ribe (s gonadama), potrošnja hrane za 1 ribu i FCR do trenutka modeliranja

RIBA PRIJE MRIJESTA			
Generacija	Prosječna Masa (g)	Potrošnja hrane (g)	Faktor konverzije (FCR)
2018	649,52	1459,79	2,25
2019	562,63	1104,58	1,96
2020	190,93	316,03	1,66

Tablica 9. napravljena je na temelju prethodno izračunatih biometrijskih podataka, a prikazuje prosječnu masu ribe (s gonadama), potrošnju hrane za jednu ribu i faktor konverzije hrane do početka mrijesta odnosno do trenutka pokretanja modela. Na temelju izračunatih podataka pokrenut je model da se vidi što bi se dogodilo s ovom ribom do kraja mrijesnog perioda koji će trajati, prema iskustvima uzgajivača, sljedeća 22 tjedna.

Tablica 10. sadrži podatke o prosječnoj masi ribe bez gonada na početku modeliranja te potrošnju hrane i FCR za vrijeme pretpostavljenog mrijesnog perioda, odnosno za vrijeme trajanja modela.

Tablica 10. Prikaz prosječne mase ribe bez gonada na početku modeliranja te potrošnja hrane za 1 ribu i FCR za vrijeme trajanja modela

RIBA BEZ GONADA			
Generacija	Prosječna masa (g)	Potrošnja hrane (g)	Faktor konverzije (FCR)
2018	619,68	355,04	3,42
2019	547,26	325,60	3,30
2020	189,70	159,35	2,46

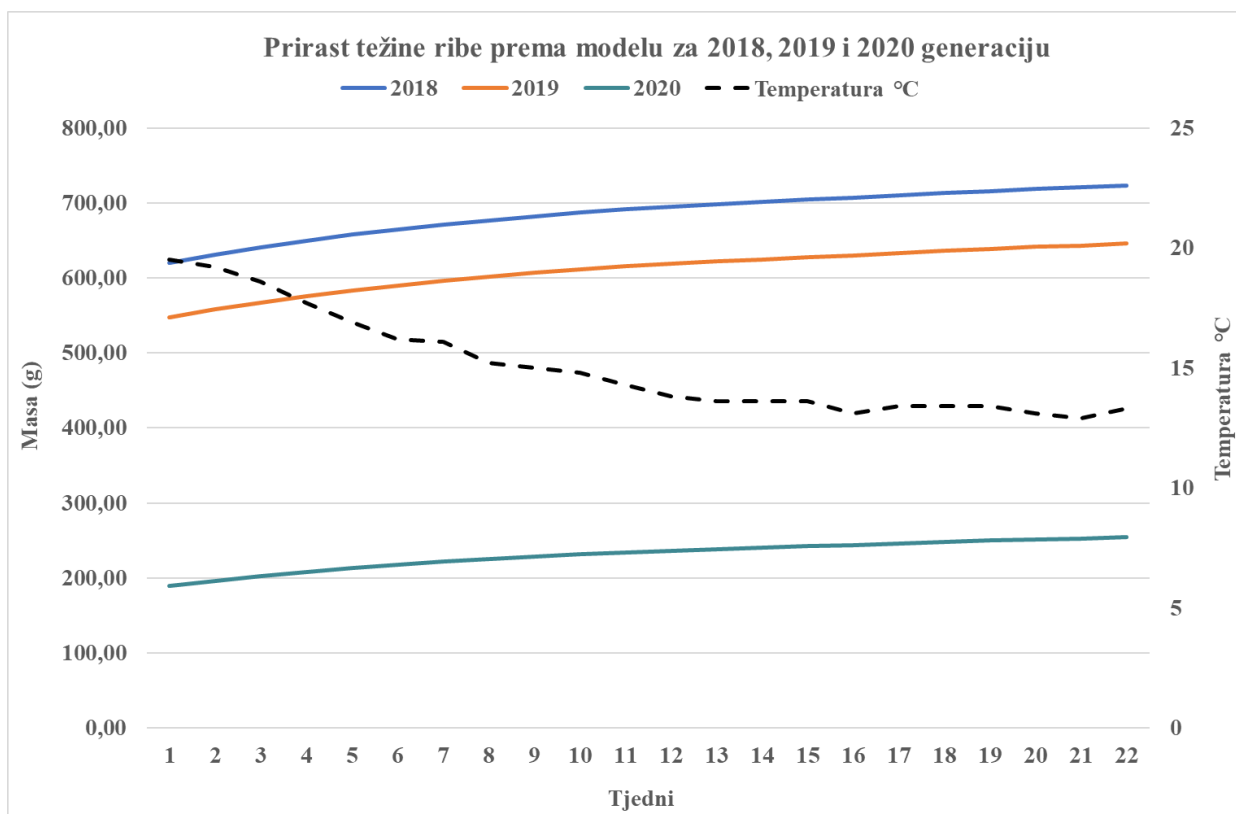
Tablica 11. Procijenjena prosječne mase ribe bez gonada nakon 22.tjedna modeliranja; potrošnja hrane za 1 ribu i FCR nakon mrijesta

RIBA NAKON MRIJESTA			
Generacija	Prosječna masa (g)	Potrošnja hrane (g)	Faktor konverzije (FCR)
2018	723,53	1814,84	2,51
2019	646,01	1430,19	2,21
2020	254,49	475,38	1,87

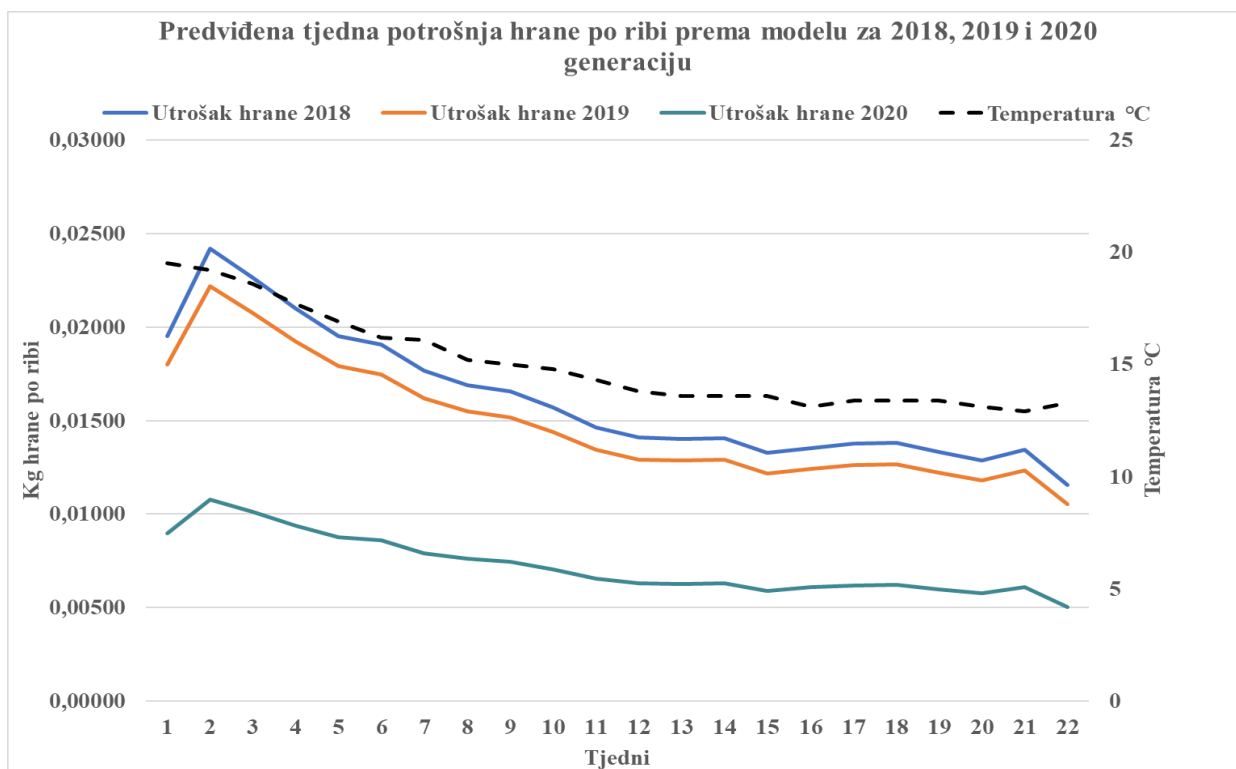
Nakon 22 tjedna dobije se procijenjena masa ribe (tablica 11.) koja se temelji na prirastu bez gonada, jer se očekuje da na kraju mrijesnog perioda riba više nema gonade, a pretpostavka je da u međuvremenu riba nije ulagala energiju za rast u gonade. U tablici 11 nalaze se i podaci o ribi nakon mrijesnog perioda, dakle nakon 22 tjedna trajanja modela. Ukupni utrošak hrane za ribu dobije se kada se ukupnoj potrošnji hrane prije mrijesta pribroji procijenjena potrošena hrane za vrijeme mrijesta (modeliranja) te se podjeli s masom ribe na kraju modela. Iz čega proizlazi da je za 2018. generaciju ukupno potrošeno 1814,8 g hrane po ribi od trenutka nasada do kraja mrijesnog perioda. Za istovremeni period, ukupni utrošak hrane za 2019. generaciju iznosi 1430,2 g hrane po ribi, a na ribu 2020. generacije ukupno je potrošeno 475,4 g hrane po ribi.

5.2.1 Modeliranje prirasta i potrošnje hrane

Na temelju modela napravljena su dva linijska grafa. Slika 20. prikazuje procjenu prirasta ribe prema modelu za tri generacije u odnosu na tjedne i temperaturu. Na slici 21 prikazana je procjena predviđene tjedne potrošnje hrane, izračunate u kilogramima za 1 ribu, za tri generacije u odnosu na tjedne i temperaturu.



Slika 20. Procijenjeni prirast mase ribe prema modelu za 2018., 2019., i 2020. generaciju



Slika 21. Procijenjena tjedna potrošnja hrane (kg) za 1 ribu za 2018., 2019., i 2020. generaciju prema modelu

Prema modelu je izračunato koliko će riba narasti i koliko će hrane potrošiti u periodu dok traje mrijest. Riba nasađena 2018. godine s prosječnom masom od 620 grama doći će do mase od 724 grama, a za to vrijeme rasta u periodu mrijesta potrošit će se 355 grama hrane za 1 ribu. Riba nasađena 2019. godine s prosječnom masom od 547 grama doći će do mase od 646 grama, a za to vrijeme rasta potrošit će se 326 grama hrane za 1 ribu; dok će riba nasađena 2020. godine s prosječnom masom od 190 grama doći će do mase od 255 grama, a za to vrijeme rasta potrošit će se 159 grama hrane za 1 ribu.

Tablica 12. Prikaz promjene faktora konverzije hrane (FCR) uzrokovane mrijestom

Generacija	FCR prije mrijesta	Procijenjeni FCR za vrijeme modela	FCR nakon mrijesta	Povećanje FCR nakon mrijesta (%)	Procijenjeni FCR nakon mrijesta (riba s gonadama)	Gubitak FCR zbog mrijesta (%)
2018	2,25	3,42	2,51	11,6%	2,41	-9,94%
2019	1,96	3,30	2,21	12,8%	2,16	-5,15%
2020	1,66	2,46	1,87	12,9%	1,86	-0,89%

FCR prije mrijesta izračunat je na osnovu dobivenih biometrijskih podataka na početku mjerenja, zatim se išlo procijeniti koliki bi bio FCR nakon 22.tjedna kada se riba izmrijestila što se dobilo na temelju podataka iz modela.

FCR za vrijeme modela izračunamo tako da utrošak hrane koji je izračunat za vrijeme modela podijelimo s izrazom u nazivniku (prosječna težina ribe na kraju modela (W nakon mrijesta) minus prosječna težina ribe na početku modela (W bez gonada)).

Povećanje faktora konverzije nakon mrijesta za 2018. generaciju iznosi 11,6% dok je za 2019. (12,8%) i 2020. (12,9%) generaciju postotak povećanja FCR-a nešto viši.

Procijenjeni FCR nakon mrijesta (riba s gonadama) predstavlja objektivni gubitak, dakle da su gonade ostale u težini ribe ali nisu rasle dok je riba rasla, dobili bi prirast uz potrošnju hrane. Zbog mrijesta i gubitka konverzije procijenjeni FCR nakon mrijesta (riba s gonadama) računamo prema sljedećoj formuli: $FCR \text{ zbog mrijesta} = \frac{\text{ukupni utrošak hrane}}{(\text{prosječna težina ribe nakon mrijesta} + (\text{prosječna težina ribe s gonadama} - \text{prosječna težina ribe bez gonada}))}$.

Nakon mrijesta dolazi do gubitka na konverziji hrane koji dobijemo tako što od procijenjenog FCR nakon mrijesta ribe s gonadama oduzmemo procijenjeni FCR nakon mrijesta (nakon 22.tjedna). Kao rezultat u % dobijemo koliki su gubitci FCR uzrokovani mrijestom. Za ribu generacije 2018. procijenjeni gubitak FCR zbog mrijesta je 9,94%, za ribu generacije 2019. gubitak je 5,15%, a za ribu iz 2020. gubitak FCR je 0,89%.

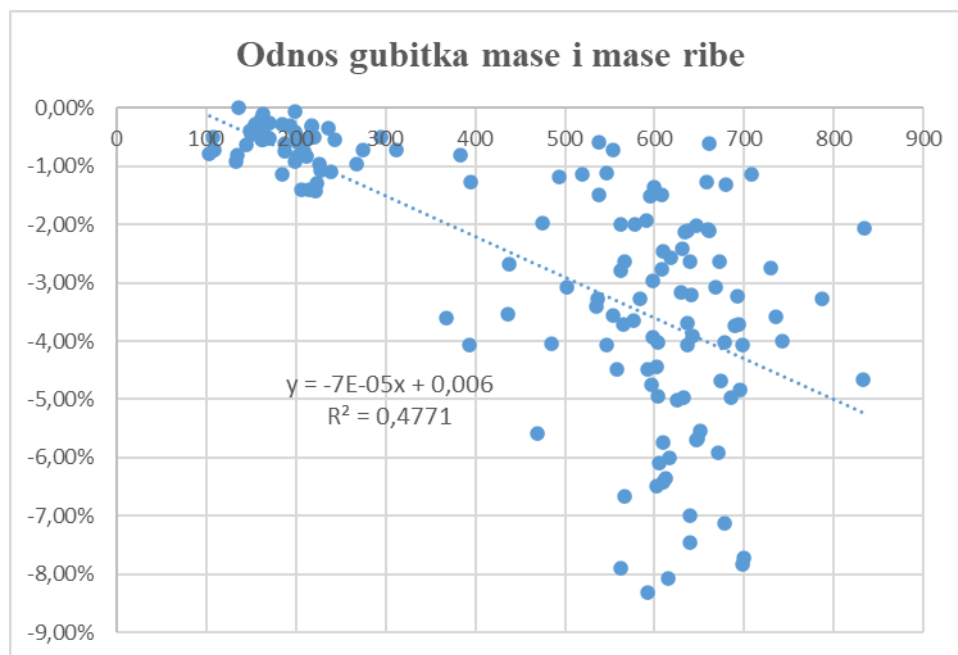
5.2.1 Procjena gubitka biomase

Procijenjeni gubitak biomase rezultat je izravnog gubitka mase ribe zbog gubitka gonada izražen u %, a prikazan je u tablici 13. Najstarija riba (2018. generacija) očekivano ima i najveći gubitak biomase od 4,63% dok riba iz 2019. generacije ima gubitak biomase od 2,73%, a riba iz 2020. generacije ima gubitak biomase od svega 0,62%.

Tablica 13. Prikaz relativnog gubitka mase vrste S.A. za 2018, 2019 i 2020 generaciju

Generacija	Prosječna masa (g)	Prosječna masa bez gonada (g)	% relativnog gubitka biomase ± SD
S.A. 2018.	649,52	619,68	-4,63% ± 0,0189
S.A. 2019	562,63	547,26	-2,73% ± 0,0143
S.A. 2020	190,93	189,70	-0,62% ± 0,0035

Pomoću Microsoft Excel programa napravljena je regresijska analiza procjene gubitka mase ribe uzrokovane mrijestom za sve tri generacije zajedno. Gubitak mase uzrokovane mrijestom ovisi o veličini ribe, a ovisnost je prikazana na slici 22 te je gubitak izražen u postotcima.



Slika 22. Prikaz regresijske analize utjecaja veličine ribe na gubitak mase ribe uzrokovane mrijestom

6. RASPRAVA

U Sredozemnom moru, razdoblje mrijesta komarče događa se u periodu od listopada do prosinca, kada se temperature kreću u rasponu od 13°C do 17°C. Talijančić (2022.) je u svom istraživanju utvrdio da komarče iz kaveznog uzgoja imaju bolju kondiciju u odnosu na prirodne populacije na cjelogodišnjoj razini. Glavni čimbenici odgovorni za raspodjelu energije u različitim fiziološkim procesima kod riba smatraju se dostupnost i kvaliteta hrane (Talijančić, 2022).

Eksperimentalni dio rada odrađen je na tri uzgojne generacije komarče (S.A. 2020., S.A. 2019. i S.A.2018.). Temeljem makroskopskog pregleda i razudbe utvrđen je spol uzorkovane ribe te su obavljena biometrijska mjerenja. Uzorkovanju se pristupilo u periodu kada je procijenjeno da je proces sazrijevanja gonada doveden pred sam mrijest.

Srednja vrijednost za totalnu duljinu (Tablica 2.) uzorkovane komarče iz 2018. generacije je 32,3 cm; za komarče iz 2019. generacije iznosi 30,7 te za komarče iz 2020. generacije iznosi 22,1 cm što znači da su sve tri generacije dosegle veličinu prve spolne zrelosti. Fateh i sur. (2018.) procjenjuju da se duljina komarče mora kretati između 18,3-19,6 cm da bi jedinke bile u fazi prve spolne zrelosti. Tumačenje veličine prve spolne zrelosti veoma je važno kako bi se mogla odrediti minimalna ulovna veličina ribe s ciljem racionalnog i održivog upravljanja ribljim stokom (Fateh i sur., 2018). S.A. 2018. i 2019. generacije dostigle su tržišnu veličinu u vrijeme mrijesta te im je GSI znatno velik stoga je moguć značajniji utjecaj mrijesta na konverziju hrane u masu konačnog proizvoda.

Proučavanjem IK može se ustanoviti određeno fiziološko stanje vrste kao i ovisnost o sezonskim oscilacijama koje utječu na brojne značajke vrste. Kondicija riba je pokazatelj zaliha energije u ribama. Usporedbom IK za tri generacije (Slika 15.) utvrđeno je da ribe s najmanjom duljinom tj. najmlađe ribe imaju niži indeks kondicije od onih s većom masom i duljinom. U ovom istraživanju, IK je rastao proporcionalno sa starošću ribe, zato što ribe kada su u spolnoj zrelosti veći dio svoje energije troše na dostizanje spolne zrelosti i na stvaranje gonada, a starije ribe sporije rastu i lakše se udebljavaju.

Treba naglasiti da je razlika vrijednosti viscerosomatskog indeksa (Tablica 8.) između tri generacije blizu značajnosti, $p=0,077$, što je uzrokovano različitom relativnom veličinom gonada, između tri generacije, koje su sastavni dio utrobe. Uhoda (2020.) u svom radu

objašnjava značajnost u ukupnoj razlici randmana fileta (izmjenog u jesenskom periodu) kao gubitak ukupne mase, uzrokovane mrijestom, koji uvećava vrijednost randmana fileta. Starije ribe talože više masti, za razliku od juvenilnih primjeraka koji upotrebljavaju više energije za rast mišića. Stoga veće ribe imaju veću tjelesnu masu te tako daju veći prinos fileta (Uhoda, 2020).

Faktor konverzije hrane (FCR) nam govori koliko kg hrane je potrebno da bi proizveli jedan kg ribe. Razlikujemo biološki i ekonomski FCR. Biološki FCR je rezultat količine hrane koja se koristi za proizvodnju jednog kg ribe, dok ekonomski FCR uz korištenu hranu uzima u obzir i efekte gubitaka hrane te mortalitet riba (Saeed i sur., 2005). Kada se riba hrani iznad granice sitosti, višak hrane propada što rezultira visokim FCR-om. Visok FCR može biti rezultat prekomjernog ali i nedovoljnog hranjenja. Hranjenje ribe u rasponu od 4- 6% tjelesne mase rezultira maksimalnim iskorištenjem hrane za rast (Saeed i sur., 2005). Povećanje faktora konverzije nakon mrijesta za 2018. generaciju iznosi 11,6%; za 2019. generaciju iznosi 12,8%, a za 2020. generaciju iznosi 12,9%. Dakle, na kraju mrijesta dolazi do povećanje faktora konverzije a uzrok tome su dva čimbenika. Prvi čimbenik koji utječe na povećanje FCR nakon mrijesta je gubitak mase ribe zbog pražnjenja gonada, a drugi je taj što zimi riba slabije raste pa je samim tim i konverzija hrane veća nego u periodu kada riba jače raste.

Metabolizam održavanja veći je kod male ribe po jedinici mase jer je omjer površine i volumena nepovoljniji te manja riba ima velike gubitke topline samim tim treba joj više energije da bi održavala homeostazu organizma. Metabolički gubitci potrebni za održavanje metabolizma mogu se definirati eksponentom koja određuje promjenu brzine metabolizma kao funkcije tjelesne mase (Lupatsch, 2004). Brzina metabolizma je mjera metaboličke aktivnosti koja je povezana sa masom, a smanjuje se s povećanjem veličine pri konstantnoj temperaturi. Odražava razliku između energije i proteina te povećanja mase tijela. Najbolja usklađenost između gubitka proteina i tjelesne mase kod komarče je postignuta pomoću izračunate metaboličke tjelesne mase s eksponentom 0,70. Proteini i energetski gubitak ne mogu se opisati istom metaboličkom tjelesnom masom (Lupatsch, 2004).

Energetski sadržaj cijele ribe ovisi o tjelesnoj masi i iznosi $11,35 \text{ kJ kg}^{-0,115}$. Potreba za dnevnim održavanjem DE je $55,8 \text{ kJ kg}^{-0,83}$, a učinkovitost iskorištavanja DE iznad održavanje je 0,46 (Lupatsch, 2004).

Procijenjeni gubitak biomase rezultat je izravnog gubitka mase ribe zbog gubitka gonada izražen u postocima, a prikazan je u tablici 13. Prosječna masa gonada za tri generacije

izračunata je na temelju biometrijskih podataka: za 2018. generaciju iznosi 29,8 g; za 2019. generaciju iznosi 15,4 g, a za za 2020. generaciju iznosi svega 1,2 g. Što rezultira da najstarija riba (2018. generacije) ima i najveći gubitak biomase od čak 4,63%, slijedi je riba iz 2019. generacije koja ima gubitak biomase od 2,73%, dok je gubitak biomase za 2020. generacije svega 0,62%. Na Slici 22. prikazana je regresijska analiza utjecaja veličine ribe na gubitak mase uzrokovane mrijestom. Koeficijent korelacije iznosi 0,48 što je statistički vrlo značajno.

7. ZAKLJUČCI

Na osnovu provedenog istraživanja, gdje su se vrednovale prosječne vrijednosti duljine i mase ribe te GSI, HSI i VSI za tri različite generacije riba, doneseni su sljedeći zaključci:

- Ovim istraživanjem nije ustanovljena značajna razlika u duljini i masi između mužjaka i ženki komarče. Treba naglasiti da su u ovom istraživanju uzorkovane tri različite starosne generacije komarče, od kojih je samo kod generacije nasađene 2018. godine (u trenutku uzorkovanja riba je bila stara dvije godine) utvrđeno par primjeraka ženki. Dakle, 2018. generacija bila je podijeljena na mužjake; mužjake u fazi prelaska i ženke, dok je kod 2019. generacije uočeno svega par primjeraka mužjaka u prijelaznoj fazi (nedovoljno za uspoređivanje vrijednosti između spolova), a kod 2020. generacije uočeni su samo mužjaci.
- Starost komarče u kaveznom uzgoju ima značajan utjecaj na relativnu masu gonada. Gonade kod starije generacije komarče značajno se razlikuju od gonada kod mlađih generacija. Postoje značajne razlike u gonadosomatskom indeksu između sve tri generacije. GSI komarči iz 2018. generacije se značajno razlikuje od GSI kod 2019. generacije kao i od GSI kod 2020. generacije. GSI za 2019. generaciju se također značajno razlikuje od GSI kod 2020. generacije.
- Kod najmanje ribe dolazi do najvećeg postotka povećanja faktora konverzije nakon mrijesta zbog metabolizma održavanja koji je veći kod male ribe po jedinici mase jer je omjer površine i volumena nepovoljniji.
- Procijenjeni gubitak faktora konverzije zbog mrijesta najveći je kod najstarije ribe zbog veličine gonada.
- Procijenjeni gubitak biomase uzrokovane mrijestom rezultat je izravnog gubitka mase ribe zbog gubitka gonada.

8. POPIS LITERATURE

1. Alvarez D., Nicieza A.G., 2005. Compensatory response “defends” energy levels but not growth trajectories in brown trout, *Salmo trutta* L., Proceedings of the Royal Society B 272, 601–607.
2. Basurco, B., Lovatelli A., i Garcia, B., 2011. Current status of Sparidae aquaculture. U: Pavlidis M, Mylonas C (ur.), Sparidae – biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species. Wiley – Blackwell, New Delhi, 1-16. <https://ug1lib.org/book/1209079/51433f?id=1209079&secret=51433f> (Pristupljeno: 17.7.2021.)
3. Bavčević L., 2014. Priručnik i vodič za dobru proizvođačku praksu - Kavezni uzgoj lubina i komarče. Savjetodavna služba, Zagreb
4. Bavčević L., Klanjšček T., Karamarko V., Aničić I. i Legović T., 2010. Compensatory growth in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. *Aquaculture International*, 301 (1/4), 57-63
5. Bogut I., Bavčević L., Stević I., 2016. Hranidba riba, Mostar
6. Burić M., Bavčević L., Grgurić S., Vresnik F., Križan J., Antonić O., 2020. Modelling the environmental footprint of sea bream cage aquaculture in relation to spatial stocking design
7. FAO, 1988. Definition of aquaculture, Seventh Session of the IPFC Working Party of Experts on Aquaculture, IPFC/WPA/WPZ, p.1-3, RAPA/FAO, Bangkok
8. FAO, 2017. Fisheries and aquaculture production, Main world producers https://ec.europa.eu/oceans-and-fisheries/facts-and-figures/facts-and-figures-common-fisheries-policy/fisheries-and-aquaculture-production_hr (Pristupljeno: 6.7.2021.)
9. FAO, 2019. FAO Species Fact Sheets: *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en (Pristupljeno: 12.7.2021)
10. Fateh C., Lyamine M. i Mostefa B., 2018. Reproductive cycle of the gilthead sea bream *Sparus aurata* Linnaeus, 1758 (Pisces Perciformes Sparidae) in the Gulf of Skikda (Algerian East coast).
11. Froese R., 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations, *Journal of Applied Ichthyology* 22: 241–253

12. Guinea J. i Fernandez F., 1997. Effect of feeding frequency, feeding level and temperature on energy metabolism in *Sparus aurata*. *Aquaculture*, 148(2-3), pp.125-42.
13. Jardas I., 1996. Jadranska ihtiofauna, Školska knjiga, Zagreb, 533 str.
14. Hadj-Taieb A., Ghorbel M., Hadj-Hamida N. B. & Jarboui O., 2013. Sex ratio, reproduction, and growth of the gilthead sea bream, *Sparus aurata* (Pisces: Sparidae), in the Gulf of Gabes, Tunisia. *Ciencias Marinas*, 39: 101–112
15. Hernández J. M., Gasca-Leyva E., León C. J. i Vergara, J. M., 2003. A growth model for gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Ecological Modelling*, 165(2-3), 265–283
16. Katavić I., 2004. Strateške smjernice za razvitak Hrvatske marikulture, 51 (1-2), 6-11
17. Le Cren E. D., (1951). The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20(2), 201–219.
18. Lloret J., Shulman g. i Malcolm Love R., 2014. Condition and Health Indicators of Exploited Marine Fishes, Wiley-Blackwell, Chichester, 262 str.
19. Lupatsch I., Kissl G. W., Sklan D., Pfeiffer E., 2001. Effects of varying dietary protein and energy supply on growth. Body composition and protein utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture nutrition* 7. p.p. 71-80.
20. Lupatch I., Kissil G. W., Sklan D., 2003. Comprison of energy and protein efficiency among three fish species gilthead sea bream (*Sparus aurata*), European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and white grouper (*Epinephelus aeneus*): energy expenditure for protein and lipid deposition, *Aquaculture* 225,175-189
21. Lupatsch I., 2004. Factorial Approach to Determining Energy and Protein Requirements of Gilthead seabream (*Sparus aurata*) for Optimal Efficiency of Production, Inaugural-Dissertation, Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
22. Milišić N., 2007. Sva riba Jadranskog mora, Marijan tisak, Split.
23. Ministarstvo poljoprivrede, 2014. Nacionalni strateški plan razvoja akvakulture za razdoblje 2014.-2020
https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/akvakultura/NSPA%202014-2020_hrv.pdf
(Pristupljeno: 12.7.2021)
24. Moretti A., Fernandez-Criado M., Cittolin G., i Guidastri R., 1999. Manual on Hatchery Production of Seabass and Gilthead Seabream Volume 1. FAO, Rim, 205 str.
<https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=OYUlvQ9DgWMC&oi=fnd&pg=PR11>

[&dq=manual+on+hatchery+production+of+seabass+and+gilthead+seabream+page](#)

(Pristupljeno: 17.7.2021)

25. Nicolás M.Á.E., González F.J.R., López M. i García B.G., 2002. Efecto de la realimentación tras un periodo de ayuno sobre el crecimiento en el sargo picudo *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). Boletín Instituto Español de Oceanografía 18 (1–4), 357–362.
26. Nikki J., Pirhonen J., Jobling M., Karjalainen J., 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. *Aquaculture* 235, 285–296.
27. Quinton J.C., Blake R.W., 1990. The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Biology* 37, 33–41.
28. 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%. From the journal *Pakistan Veterinary Journal* (Pakistan) ISSN: 0253-8318
29. Salem M.A., 2011. Population dynamics and fisheries management of Gilthead sea bream, *Sparus aurata* (f. Sparidae) from Bardawil lagoon, North Sinai, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 15: 57–69
30. Santos, E. C. D. (1997). Biometry and body chemical composition of some Japanese and European fish species in culture (Doctoral dissertation).
31. Seginer I., 2015. Growth models of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) for aquaculture: A review, *Aquacultural Engineering*, Volume 70, Pages 15-32
32. Sola L., Moretti A., Crosetti D., Karaiskou N., Magoulas A., Rossi A.R., Rye M., Triantafyllidis A. i Tsigenopoulos C., 2007. Gilthead seabream-*Sparus aurata*.
33. Talijančić, I., 2022. Fenotipska obilježja komarče *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) u prirodnim i antropogeno uvjetovanim okolišima istočnog Jadrana (Disertacija). Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:336832>
34. Turk T., 2011. Pod površinom Mediterana. Školska knjiga, Zagreb, 441 str.
35. Uhoda M., 2020. Randman fileta podlanice u relaciji s indeksom kondicije (Diplomski rad); Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:162:153700>
36. Zhu X., Xie S.T., Zou Z., Lei W., Cui Y., Yang Y. i Wootton R.J., 2004. Compensatory growth and food consumption in gibel carp, *Carassius auratus gibelio*, and Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris*, experiencing cycles of feed deprivation and re-feeding. *Aquaculture* 241, 235–247.

37. Žužul Vrgoč, I., 2020. Genetska varijabilnost i struktura populacija komarče *Sparus Aurata* (Linnaeus, 1758) u istočnom Jadranu (Disertacija).
Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:226:446676>

Izvori s weba:

1. <https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=14> (Pristupljeno: 6.7.2021)
2. Feap, 2017. Annual report 2017. https://issuu.com/feapsec/docs/feap_ar2017
(Pristupljeno: 12.7.2021)