

VESIVILJELUSE INNOVATSIOONITOETUSE LÕPPARUANNE											
Toetuse saaja	Eesti Maaülikool										
Registri kood	7	4	0	0	1	0	8	6			
Taotluse viitenumber	8	2	1	1	7	7	8	0	0	0	1
Tegevuse nimetus	Säga (<i>Silurus glanis</i>) kui perspektiivse uue vesiviljelusliigi kunstliku paljundamise ja kasvatamise tehnoloogiate väljaarendamine ning parimate omadustega liinide väljaselgitamine										
Tegevuse läbiviimise periood	01.07.2017 - 30.11.2022										
Tegevuse rakendamise eest vastutav isik	Riho Gross, professor, vesiviljeluse õppetooli juht										
Aadress	51006 Tartu, Kreutzwaldi 46a										
Telefon	7313489										
e-post	riho.gross@emu.ee										



Euroopa Liit
Euroopa Merendus- ja Kalandusfond

Sisukord

Sissejuhatus	3
Tulemused	5
1. Säga kunstliku paljundamise tehnoloogia välja arendamine ja optimeerimine	5
2. Söötmis- ja keskkonnatingimuste mõju välja selgitamine sägavastsete ja noorkalade arengule korduva veekasutusega süsteemis.....	8
2.1. Vastsete esmase söötmise katse, 22. juuni – 16. juuli 2018 (24 kasvupäeva)	10
2.2. Vastsete üleminek kuivsöödale, 16. juuli – 31. juuli 2018 (15 kasvupäeva)	11
2.3. Maimude söötmisskatse, 31. juuli – 28. august 2018 (25 kasvupäeva).....	12
2.4. Öise ja ööpäevase söötmissrežiimi võrdluskatse, 28. august – 4. oktoober 2018 (37 kasvupäeva).....	12
2.5. Erineva rasvasisaldusega söötade võrdluskatse, 08.10.2018-08.01.2019 (92 kasvupäeva)	13
2.6. Erinevate keskkonnatingimustega RAS-ide võrdluskatse, 19.09.2019 – 20.12.2019.....	15
2.7. Säga vastsete ja noorkalade kasvatamine 20.07.2021 – 04.07.2022.....	16
3. Erineva päritoluga sägapopulatsioonide/liinide geneetilise mitmekesisuse ja isendite suguluse taseme hindamine DNA markerite abil.....	16
4. Erineva päritoluga sägapopulatsioonide produktiivtunnuste võrdlev hindamine korduva veekasutusega süsteemis	20
4.1. Sägalinide ja nende ristandite kasvukiiruse ja ellujäävuse võrdluskatsed 20.06.2019 – 16.06.2020 (362 kasvupäeva).....	21
4.2. Sägalinide ja nende ristandite kasvukiiruse ja ellujäävuse võrdluskatsed 16.06.2020 – 21.10.2020 (127 kasvupäeva).....	21
4.3. Sägalinide ja nende ristandite töötlemis- ja tarbimistunnuste võrdlev analüüs.....	23
5. Sägade tervisliku seisundi hindamine ja parasiitide tõrjemeetodite optimeerimine korduva veekasutusega süsteemis	25
6. Säga sugukarja moodustamine	26
7. Säga kunstliku paljundamise ja kasvatamise tehnoloogia praktilise juhendi koostamine.....	26
8. Muud projektiga seonduvad tegevused.....	26
8.1. Eesti kalakasvandustes läbiviidud tegevused.....	26
8.2. Anesteetikumide võrdluskatsed	28
8.3. Katsete läbiviimiseks vajaliku infrastruktuuri täiendamine	28
Kasutatud kirjandus.....	30
Kokkuvõte.....	31
Summary	32
Aruande lisad:.....	33

Sissejuhatus

Säga on Kesk- ja Ida-Euroopas kasvatatud peamiselt ekstensiivmeetodil koos karpkalalastega juba enam kui 100 aastat (Linhart et al. 2002). Säga kogutoodang Euroopas ja Aasias oli 2001.a. 645 tonni ja 2020. aastaks oli see suurenenud 2403 tonnini (FAO, 2022). Samas ulatus säga sugulasliigi, Amuuri säga toodangumaht 2020.a. Aasias 351468 tonnini (FAO, 2022). Suurimad sägatootjad Euroopas on Ukraina, Ungari, Bulgaaria, Saksamaa ja Poola ning Aasias Usbekistan, Kasahstan ja Türgi (FAO, 2022). Enamasti kasvatatakse säga tiikides või korduva veekasutusega viljelussüsteemides (RAS). RAS süsteemis kasvatamisel võib säga saavutada 1,5 kg kehamassi juba 7-8 kuuga (Linhart et al. 2002). Liha on valge, luudeta, madala rasvasisaldusega (6–8%) ning seda on kerge kulinaarselt töödelda. Enamasti kalad suitsutatakse või fileeritakse. Säga hind Euroopa restoranides on umbes sama, mis haugil ja kohal (Linhart et al. 2002). Säga on üks suurima kasvukiirusega röövkalasid Euroopas ja tänu oma kiirele kasvule ja suurepärasele tarbimisomadustele (maitsev väheste luudega liha, kõrge lihasaagis, puuduvad soomused) ka perspektiivne uus vesiviljelusliik Eestis. Tänu soojalembusele võiks säga olla eriti sobiv just korduva veekasutusega süsteemides (RAS) kasvatamiseks. Eesti kalakasvatajatel on olemas mõningane kogemus naabermaadest sisse toodud noorkalade turustamissuuruseni kasvatamise osas, kuid puuduvad kogemused, teadmised ja oskused säga kunstliku paljundamise ja mitmete kasvatamistehnoloogia oluliste aspektide osas. Samuti ei ole teada, kas erineva päritoluga sägapopulatsioonide produktiivtunnustes (näit. kasvukiirus, lihasaagis) esineb olulisi erinevusi. Säga kui uue perspektiivse vesiviljelusliigi kunstliku paljundamise ja kasvatamise tehnoloogia välja arendamine ja optimeerimine võimaldab suurendada ja mitmekesistada Eesti vesiviljelustoodangut ning võiks pakkuda huvi eriti korduva veekasutusega (RAS) süsteemidel põhinevatele soojaveelistele kasvandustele, mille muudel liikidel (näit. tuur, ahven, angerjas) põhinevad tootmismahud on erinevatel põhjustel seni jäänud tagasihoidlikuks ning samuti ka läbivoolavat sooja vett (näit. elektrijaamade jahutusvesi või ka soojem jõevesi) kasutatavatele kavandustele. Sellest tulenevalt oli toetatava tegevuse eesmärgiks arendada Eestis välja ja optimeerida säga kunstliku paljundamise ja kasvatamise tehnoloogiad ning selgitada välja parimate kalakasvatustilike omadustega ja geneetiliste näitajatega liinid. Eesmärgi saavutamiseks kavandati järgmised tegevused:

1. Säga kunstliku paljundamise tehnoloogia välja arendamine ja optimeerimine;
2. Söötmis- ja keskkonnatingimuste mõju välja selgitamine sägavastsete ja noorkalade arengule korduva veekasutusega süsteemis;
3. Erineva päritoluga sägapopulatsioonide produktiivtunnuste võrdlev hindamine korduva veekasutusega süsteemis;
4. Erineva päritoluga sägapopulatsioonide/liinide geneetilise mitmekesisuse ja isendite suguluse taseme hindamine DNA markerite abil;
5. Säga sugukarja moodustamine lähtudes geneetilise mitmekesisuse tagamise ja lähisuguluspaaritamisest tuleneva inbriidinguohu minimeerimise printsiipidest;
6. Sägade tervisliku seisundi hindamine ja parasiitide tõrjemeetodite optimeerimine korduva veekasutusega süsteemis;

7. Säga kunstliku paljundamise ja kasvatamise tehnoloogia praktilise juhendi koostamine.

Projekti tegevuste läbiviimisel lähtuti taotluses kavandatud tegevustest ja nende ajakavast, arvestades säga sugukalade ja katsematerjali (säga vastsed ja noorkalad) kättesaadavust ning katsete teostamise tehnilisi võimalusi. Projektis osalesid EMÜ vesiviljeluse õppetooli töötajad Riho Gross (toetatava tegevuse rakendamise eest vastutav isik), Heiki Jaanuska, Härmo Hiimäe, Priit Päck, Oksana Burimski, Lilian Pukk, Siim Kahar, Kerli Haugjärv ja Taigor Veevo.

Toetuse saaja hinnangul on toetatav tegevus olnud igati tulemuslik, luues eeldused säga kasvatamiseks ja kunstlikuks paljundamiseks eelkõige Eesti kalakasvanduste korduva veekasutusega süsteemides. Toetuse saaja hinnangul on kavandatud tegevused ellu viidud planeeritud mahus ja toetatava tegevuse eesmärk on saavutatud.

Tulemused

1. Säga kunstliku paljundamise tehnoloogia välja arendamine ja optimeerimine

Projekti taotlemise hetkel oli teada, et potentsiaalselt suguküpsed sägasid peeti Eestis kahes kalakasvanduses: Lapavira OÜ Rutikvere kalakasvanduses ja Kalatalu Härjanurmes. Mõlemad ettevõtted on ka projekti vesiviljelussektori poolseteks partneriteks. Lapavira OÜ Rutikvere kalakasvanduses korduva veekasutusega süsteemis (RAS) peetavate sägade suguküpsuse staadiumi ja suguproduktide küpsusastme välja selgitamiseks viisime läbi vastavad uuringud (ultraheliuuring ja kalade lahkamine) 2017.a. sügisel ja kunstliku paljundamise katse 2018.a. kevadel, stimuleerides EMÜ vesiviljeluse õppetooli RAS katselaborisse toodud kalade (2 emas- ja 2 isaskala) suguproduktide küpsemist sünteetilise hormoonpreparaadiga OVOPEL. Katse tulemusena õnnestus lüpsata mõlemalt emaskalalt marja ja saada ka hea liikuvusega sperme, kuid inkubeerimisel selgus, et marja viljastamine oli siiski ebaõnnestunud. Selle põhjuseks oli tõenäoliselt asjaolu, et ootsüüdid ei olnud veel viljastamiseks sobivas küpsusstaadiumis, sest RAS süsteemis peetavatel sugukaladel on looduslikest tingimustest väga erineva temperatuurirežiimi tõttu väga keeruline suguküpsuse saavutamise suurus/vanust hinnata ning suguproduktide küpsemist ajastada. Samasuguseid uuringuid tiigimajandi sugukaladega ei olnud kuni 2022. a. suveni võimalik Eestis läbi viia, sest tehnilistel põhjustel hukkusid 2017.a. sügisel sugukalade tiigi väljapüügil kõik Kalatalu Härjanurmes sägad (jäid kuivale) ja teistes kasvandustes ei olnud suguküpsed sägasid.

Säga kunstliku paljundamise oskusteabe ja praktiliste oskuste omandamiseks ning EMÜ RAS-is kavandatud söötmis- ja kasvatuskatsete teostamiseks vajalike sägavastsete saamiseks käisid kolm EMÜ vesiviljeluse õppetooli töötajat (Riho Gross, Heiki Jaanuska ja Siim Kahar) 2018. ja 2019. a. juunikuus Tšehhis, Lõuna-Böömi ülikooli vesiviljeluse uurimiskeskuses (South Bohemian Research Center of Aquaculture and Biodiversity of Hydrocenoses, Vodnany), kus osalesid tiigimajandi tingimustes peetavate säga sugukalade kunstliku paljundamise protsessis vastavalt Tšehhi kolleegide välja töötatud meetodikale, mida on detailsemalt kirjeldatud Linhart et al. (2004) artiklis. Vastavalt sellele meetodikale püüti säga sugukalad juunikuus sugukalatiikidest ning toodi marja ja niisa võtmiseks haudemaja basseinidesse, kus eraldati üksteisest noodalina abil tekitatud vaheseinte abil (joonis 1). Haudemaja veetemperatuur oli seejuures 22–23 °C.



Joonis 1. Sugukalade eraldamine noodalinade abil.



Joonis 2. Selgitamislahusega töödeldud marjaterad

Suguproduktide lõpliku küpsemise (ovulatsioon ja spermiatsioon) hormonaalseks stimuleerimiseks kasutati karpkala hüpofüüsilahust doosiga 5 mg/kg kehamassi kohta. Mari lüpsiti 500-510 kraadtundi pärast stimuleerimist ja niisk koguti vaakumpumba abil 20 ml kolbidesse, mis sisaldasid 10 ml spermide immobiliseerimislahust (200 mM NaCl, 30 mM Tris-HCl, pH 7). Nii emaskalad kui isaskalad uinutati suguproduktide kogumiseks etüleenglükool monofenüül eetri (2-fenoksüetanool) lahuses kontsentratsiooniga 1 ml/l. Lüpstud mari ja niisk segati kokku ja aktiveeriti haudemaja veega. 100 g marja kohta lisati 2 ml immobiliseerimislahuses niiska ja 50 ml vett. Need komponendid segati kokku 10 sekundi jooksul ja lasti seista 1-2 minutit. Seejärel lisati veel 25 ml vett ja segati marja aeglaselt plastiklabidakesega. Marja kleepuvus eemaldati alkalaasi ensüümi lahusega (20 ml alkalaasi ensüümi Merck EC 3.4.21.14 lahustatud 980 ml haudemaja vees), mis lisati 3 minutit pärast viljastamist suhtes 1 osa marja ja 1 osa alkalaasilahust. Pärast kaht minutit ensüümilahusega töötlemist loputati mari kiiresti haudemaja veega ja paigutati Weissi pudelitesse hauduma. Vastsete koorumist on 22-23 °C veetemperatuuri juures oodata 2,5-3 päeva (ca 60 kraadpäeva) pärast.

Tšehhis, Lõuna-Böömi ülikooli vesiviljeluse uurimiskeskuses läbi viidud paljundamikatsete tulemusena tarniti EMÜ vesiviljeluse õppetoolile 22.06.2018 kokku 15000 Hodonini liini sägavastset ja 20.06.2019 kokku 12000 sägavastset (4000 Hodonini liini vastset, 4000 Vodnany liini vastset ja 4000 Hodonini ja Vodnany liinide retsiprooksete (mõlemasuunaliste) ristandite vastset), mille saamiseks kasutati 5 Hodonini liini emaskala ja 5 Vodnany liini emaskala, kellest igaühe mari jagati 12 portsjoniks (igaüks 50 g), mis viljastati 6 Hodonini liini ja 6 Vodnany liini isaskala niisaga. Selle tulemusena saadi kokku 120 täisõveperekonda (Hodonini liinil 30, Vodnany liinil 30, Hodonin x Vodnany ristandil 30 ja Vodnany x Hodonin ristandil 30 täisõveperekonda) (joonis 3).

	HodM-1	HodM-2	HodM-3	HodM-4	HodM-5	HodM-6	VodM-1	VodM-2	VodM-3	VodM-4	VodM-5	VodM-6
HodF-1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HodF-2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HodF-3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HodF-4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HodF-5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VodF-1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VodF-2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VodF-3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VodF-4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VodF-5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Joonis 3. Säga sugukalade paaritamise skeem 2019. aastal. Hod – Hodonin, Vod – Vodnany; F – emaskala, M – isaskala.

2020. aastal moodustasime 2019. aastal imporditud Tšehhi sägaliinide baasil EMÜ vesiviljeluse katsebaasi RAS-is säga sugukarja (vt. punkt 6) ning teostasime nendega 2021. a. juulikuus kunstliku paljundamise katsed. Suguproduktide arenguks ja küpsemiseks vajaliku talvitamisperioodi jäljendamiseks langetasime sugukalade basseinides veetemperatuuri 22 kraadilt (10.11.2020) järkjärgult 12,2 kraadini (20.02.2021) ja alustasime 24.03.2021 veetemperatuuri järkjärgulist tõstmist kuni 20 kraadini (08.06.2021). Kaks päeva enne sünteetilise hormooniga (Ovopel) stimuleerimist tõsteti veetemperatuur 22 kraadini (07.07.2021) vastavalt Ulikowski (2004) artiklis toodud juhistele. Kunstliku paljundamise katsed teostati 08.07-10.07.2021 ja 14.07-16.07.2021, stimuleerides sugukalade suguproduktide küpsemist sünteetilise hormoonpreparaadiga OVOPEL vastavalt Brzuska (2001) artiklis toodud juhistele, mille kohaselt süstitakse emaskaladele kaks doosi 12 tunnise vahetega (1. doos 1/5 pelletit/kg kehamassi kohta ja 2. doos 1 pellet/kg kehamassi kohta) ja isaskaladele üks doos (1/2 pelletit/kg kehamassi kohta): 08.07.2021 süstisime kaks emaskala ja 6 ning 14.07.2021 neli emaskala ja viis isaskala. Marja ja niisa lüpsmisel, käitlemisel ja viljastamisel järgisime Linhart et al. (2004) artiklis kirjeldatud meetodikat ning meie enda õppereisidel (2018 ja 2019 Tšehhis, Lõuna-Böömi ülikooli vesiviljeluse uurimiskeskuses Vodnanys) omandatud know-howd. Esimeses katses õnnestus 10.07.2021 saada ühelt 6,3 kg kehamassiga emaskalalt 420,6 g marja, mis viljastati kahe isaskala spermaga, kuid inkubeerimine ebaõnnestus haudepudeli veevarustussüsteemi rikke tõttu. Teises katses õnnestus 16.07.2021 saada marja kahelt emaskalalt (4,7 ja 4,6 kg kehamassiga, vastavalt 148,7 g ja 93,8 g marja), mis viljastati kahe isaskala spermaga. Seekord õnnestus viljastatud marja inkubeerimine paremini ja kokku koorus tuhatkond elujõulist vastset, mida kasvasime edasi EMÜ vesiviljeluse katsebaasi basseinides (vt. punkt 2.7).

2022. aastal kordasime EMÜ vesiviljeluse katsebaasi korduva veekasutusega süsteemis peetava säga sugukarja kaladega kunstliku paljundamise katseid. Suguproduktide arenguks ja küpsemiseks vajaliku talvitamisperioodi jäljendamiseks langetasime sugukalade basseinides veetemperatuuri 24,7 kraadilt (25.11.2021) järkjärgult 13,5-14 kraadini (30.12.2021) ja alustasime 28.02.2021 veetemperatuuri järkjärgulist tõstmist 18 kraadini (07.03.2022), seejärel 20 kraadini (05.05.2022) ja 22 kraadini (08.05.2022). Kunstliku paljundamise katsed viisime läbi 08.05.-10.05.2022 ja 15.05.-17.05.2022, stimuleerides sugukalade suguproduktide küpsemist sünteetiliste hormoonpreparaatidega OVAPRIM ja OVOPEL vastavalt teaduskirjanduses toodud juhistele (Brzuska, Adamek, 1999; Brzuska, 2001). Eelnevalt hindasime marja biopsia põhjal munarakkude küpsust ehk ovulatsiooniastet (rakutuuma paiknemine ootsüüdis). 08.05.2022 süstisime ühe doosi OVAPRIMiga (0,33 ml/kg) viis emaskala ja 8 isaskala ning kahe doosi OVOPELiga 4 emaskala. Kontrollisime emaskalu marja lüpsmiseks kuni 10.

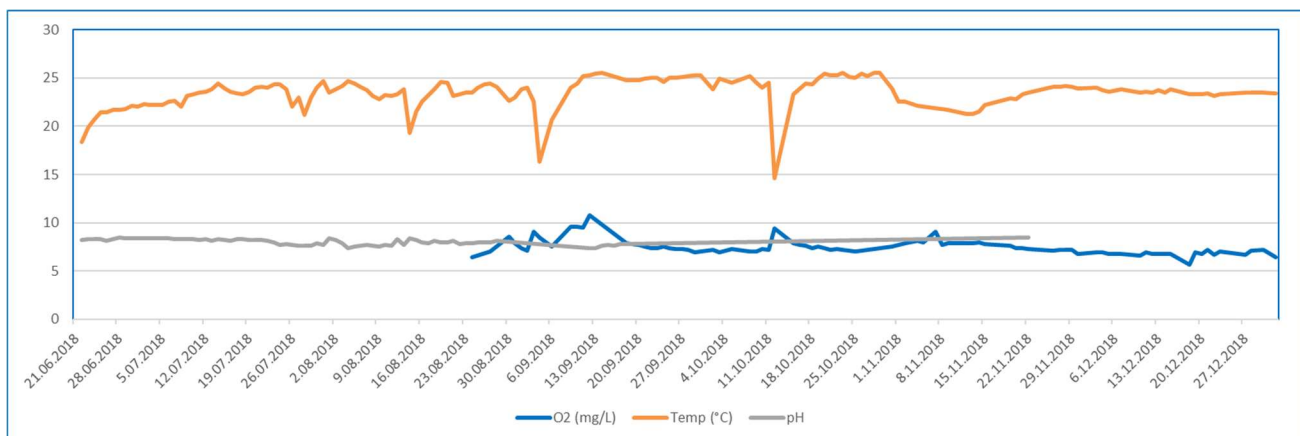
maini regulaarselt, kuid marja ei õnnestunud kahjuks saada. Siiski selgus, et 11. mail oli üks emaskala ise marja basseini heitnud. 15.05.2022 süstisime valimit samadest emaskaladest teistkordselt nii OVAPRIMI kui OVOPELIGA, kuid kahjuks jälle edutult. Marja lüpsmise ebaõnnestumise ühest põhjust on keeruline välja tuua. OVOPELi 'parim enne' tähtaeg oli küll möödas, aga see kehtis ruumitemperatuuril säilitamise korral, meie aga säilitasime OVOPELi külmkapis, mis tootja sõnul peaks säilitamisperioodi pikendama. Samas OVAPRIM oli värskelt hangitud ja oleks pidanud toimima. Võimalik on ka, et mari oli juba üleküpsenud, sest seda on visuaalselt rakutuuma paiknemist hinnates keeruline tuvastada. Sai kinnitust tõsiasi, et RAS süsteemis peetavatel sugukaladel on looduslikest tingimustest väga erineva temperatuurirežiimi tõttu väga keeruline suguproduktide saamist täpselt ajastada vaid küpsemiseks vajalike kraadpäevade põhjal.

2022. aastal viisime esmakordselt Eestis läbi paljundamiskatsed ka tiikides peetavate säga sugukaladega (Karilatsi Kalamajand OÜ) 21.06-27.06.2022 ja 28.06.-29.06.2022, stimuleerides sugukalade suguproduktide küpsemist sünteetilise hormoonpreparaadiga OVOPEL. Eelnevalt hindasime marja biopsia põhjal munarakkude küpsust ehk ovulatsiooniastet (rakutuuma paiknemine ovotsüüdis). 21.06.2022 süstisime kahe doosi OVOPELIGA 2 emaskala (8750 ja 9100 g). Kontrollisime emaskalu marja lüpsmiseks kuni 26. juunini regulaarselt, kuid marja ei õnnestunud kahjuks saada. 26.06.2022 õhtul süstisime emaskaladele veel 3. doosi OVOPELi ja 27. juuni õhtul kalu kontrollides selgus, et mõlemad emaskalad olid marja juba ise basseini heitnud. 28.06.2022 süstisime OVOPELi kahe doosiga (hommikul ja õhtul) veel kolme emaskala (4800, 5000 ja 8000 g), kuid 29.06.2022 hommikul selgus, et kõik 3 emaskala olid öösel marja juba välja heitnud. Seega ei õnnestunud ka Karilatsi Kalamajand OÜ sägadel kahjuks marja saada, kuid omandasime väärtusliku kogemuse edaspidiseks, et emaskalade kontrolli pärast hormooniga stimuleerimist tuleb läbi viia suurema sagedusega.

2. Söötmis- ja keskkonnatingimuste mõju välja selgitamine sägavastsete ja noorkalade arengule korduva veekasutusega süsteemis

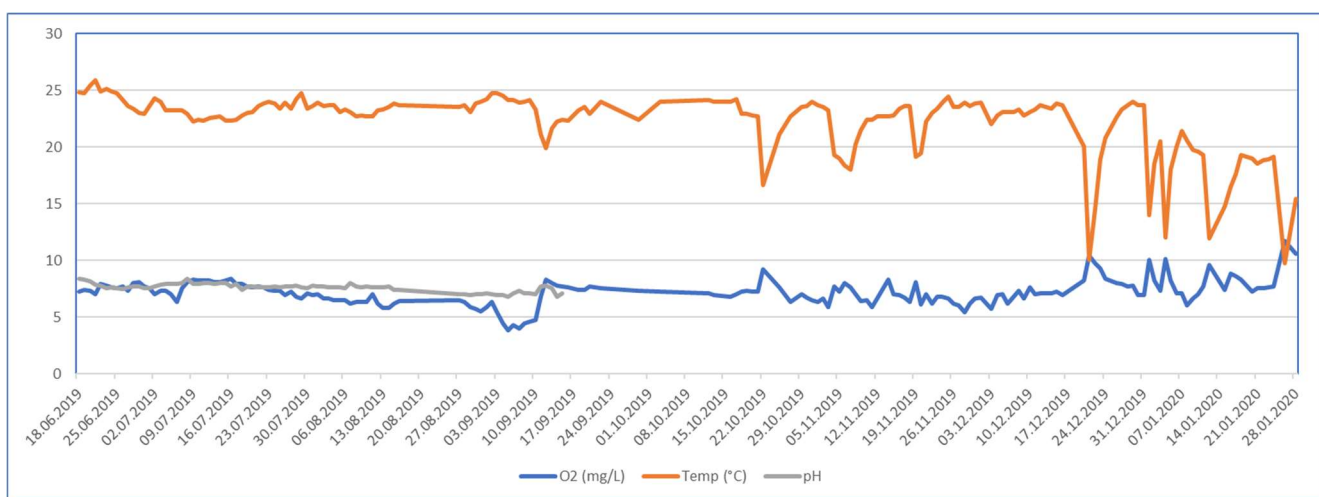
Sägavastsete ja noorkalade söötmis- ja kasvatamiskatsed viidi 2018. ja 2019. aastal läbi EMÜ vesiviljeluse õppetooli vanas katsebaasis (F.R. Kreutzwaldi 46a) kuuest IBC konteinerist (igaühe veemaht ca 0,8 m³) koosnevas RAS süsteemis, kasutades Tšehhist, Lõuna-Böömi ülikooli vesiviljeluse uurimiskeskusest hangitud sägavastseid (vt. punkt 1). Veeparameetrid 2018. ja 2019. aasta katsete läbiviimisel on esitatud joonistel 4 ja 5. Keskkonnatingimuste (eelkõige erineva veetemperatuuri) mõju välja selgitamiseks säga noorkalade kasvule korraldati 2019. a. võrdluskatse Järvamaa KHK Särevere kalamajandi RAS-is, mille veetemperatuuri võrdlus EMÜ katsebaasi RASiga on esitatud joonisel 6.

2021. aastal teostati sägavastsete ja noorkalade söötmis- ja kasvatamiskatsed EMÜ vesiviljeluse õppetooli uues katsebaasis (F.R. Kreutzwaldi 56/5) 0,8 m³ veemahuga basseinide RAS süsteemis, kasutades 2021.a. säga paljunduskatses saadud sägavastseid (vt. punkt 1). Veeparameetrid 2021. aasta katse läbiviimisel on esitatud joonistel 7.



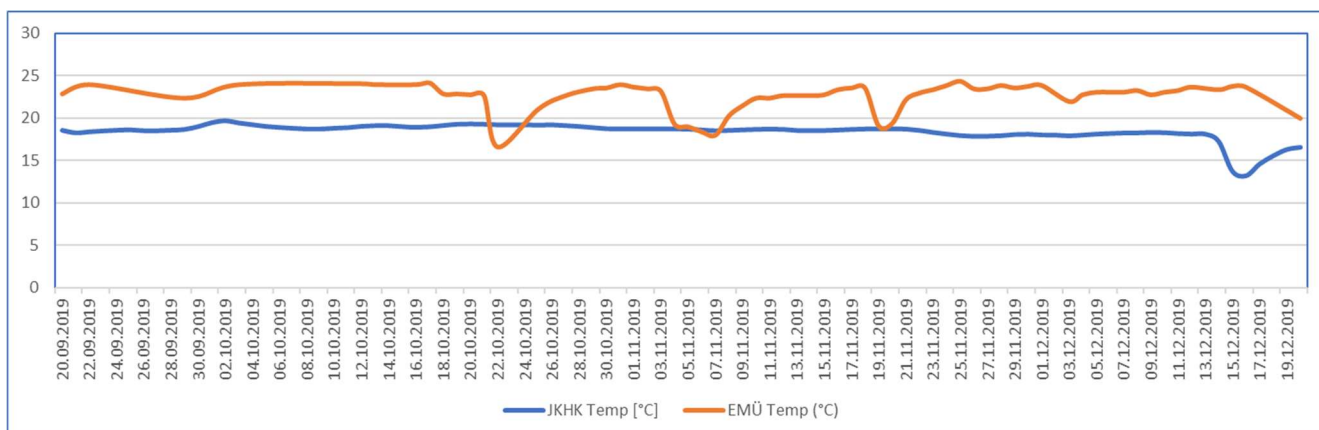
Joonis 4. Veeparameetrid (hapnikusisaldus, temperatuur ja pH) EMÜ vana vesiviljeluse katsebaasi RAS-is 2018.

a.

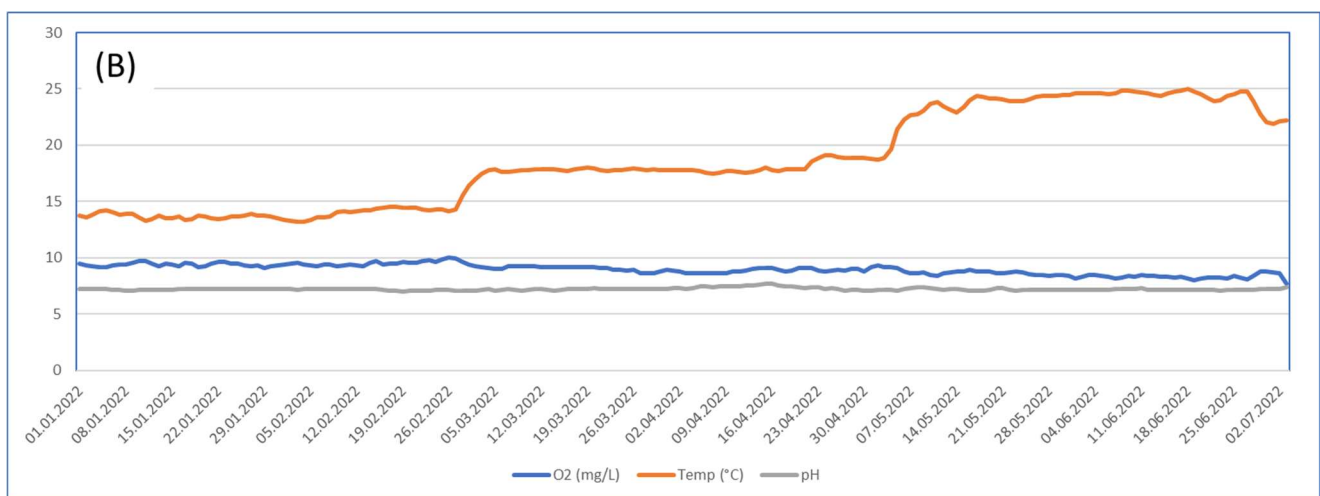
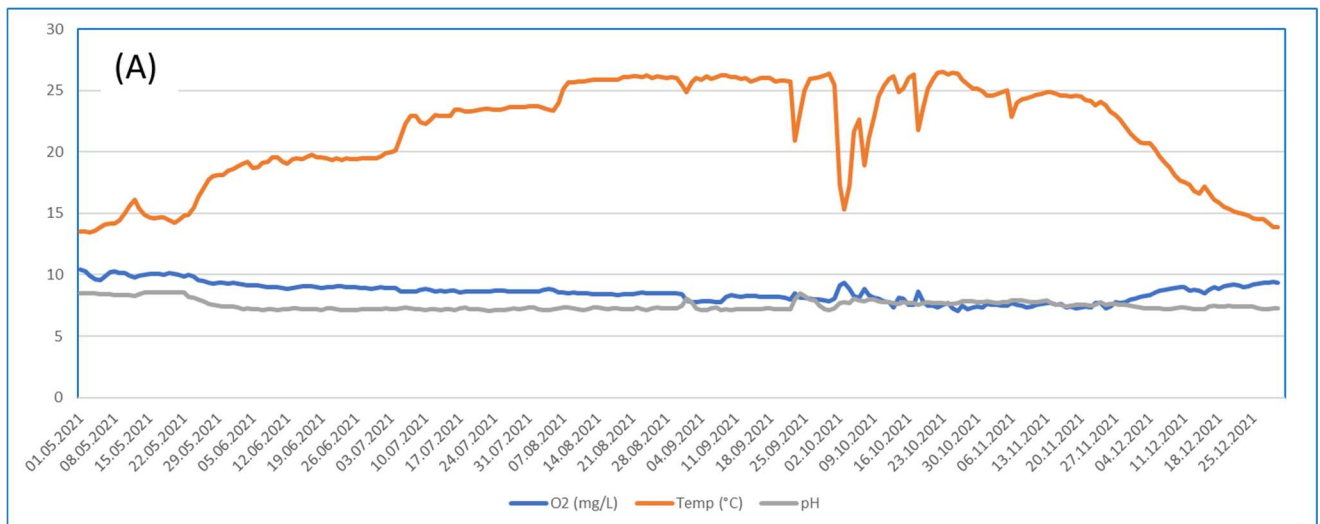


Joonis 5. Veeparameetrid (hapnikusisaldus, temperatuur ja pH) EMÜ vana vesiviljeluse katsebaasi RAS-is 2019.

a.



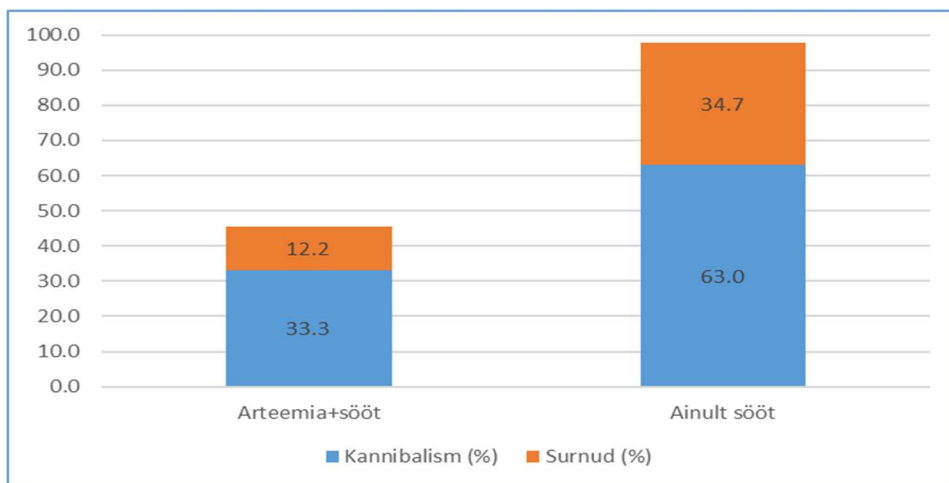
Joonis 6. Veetemperatuur EMÜ vana vesiviljeluse katsebaasi ja Järvamaa KHK Särevevere kalamajandi RAS-ides 2019. a. võrdluskatses.



Joonis 7. Veeparameetrid (hapnikusisaldus, temperatuur ja pH) EMÜ uue vesiviljeluse katsebaasi väikeste basseinidega RAS-is 01.05. - 31.12.2021. a. (A) ja 01.01.-04.07.2022 (B).

2.1. Vastsete esmase söötmise katse, 22. juuni – 16. juuli 2018 (24 kasvupäeva)

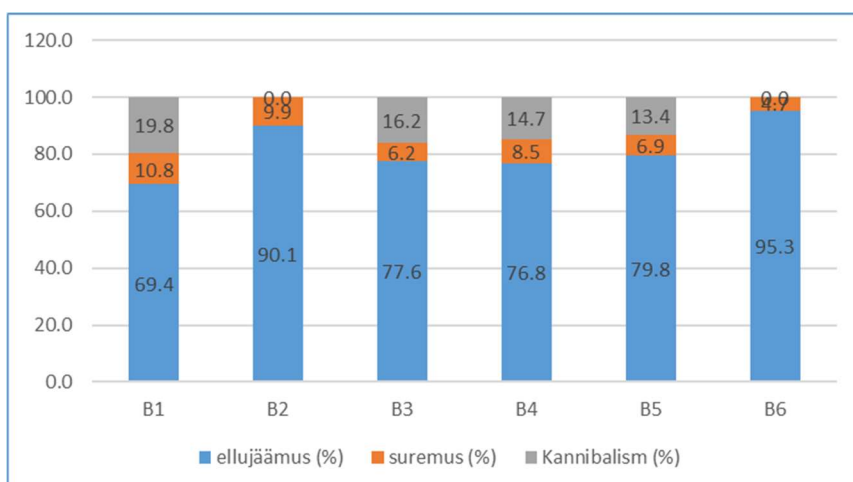
21. juunil 2018. a. saabusid EMÜ vesiviljeluse katselaborisse Tšehhist, Lõuna-Böömi ülikooli vesiviljeluse uurimiskeskusest hangitud 15000 Hodonini liini sägavastset, kellega alustati esmase söötmise katset, et hinnata erinevate söötade mõju vastsete kasvule ja ellujäävusele. Selleks moodustati kaks katsegruppi, mida kasvatati kumbagi kolmes korduses (igapäevaselt 2400-3000 vastset): 1) söötmine soolavähikeste (Artemia) ja kuiv sööda (Alltech Coppens Advance startersööt) graanulitega ja 2) söötmine ainult kuiv sööda (Alltech Coppens Advance startersööt) graanulitega. Söötmist ja basseinide hooldust teostati igapäevaselt, 4 korda päevas. Artemia+kuiv sööt grupis oli katse lõpuks ellujäävus 54,5% ja keskmine kehamass 0,99 g, ainult kuiv sööda grupis oli vastsete ellujäävus ja keskmine kehamass oluliselt madalam (vastavalt 2,2% ja 0,47 g). Vastsete kadu kannibalismi tõttu oli Artemia+kuiv sööt grupis peaaegu kaks korda väiksem kui ainult kuiv sööda grupis (joonis 8). Katse lõpul viidi läbi katsekalade sorteerimine. Kalad jagati kahte suurusrühma sorteerimissõela abil: suuremad kui 6 mm (161 tk.) ja väiksemad kui 6 mm (3935 tk.)



Joonis 8. Kannibalismist tingitud ja teadmata põhjusel surnud sägavastsete % katsegruppides (kolme tehnilise korduse keskmine) esimese 24 kasvupäeva jooksul.

2.2. Vastsete üleminek kuivsöödale, 16. juuli – 31. juuli 2018 (15 kasvupäeva)

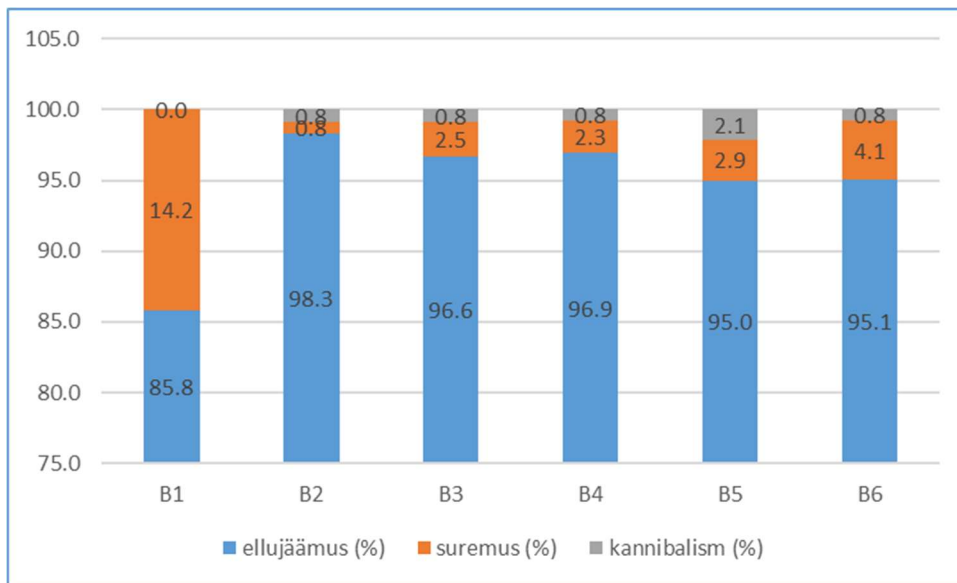
Teises katsetapis hinnati 1. katsegrupi kaladel (esmane söötmine soolavähikeste ja kuivsööda graanulitega) ainult kuivsöödale ülemineku mõju vastsete ellujäävusele ja kasvule. Katse teostati 6 korduses (kokku 4139 kala, keskmine algmass 1,1 g) ja kalu söödeti 17.07-26.07.2018 Alltech Coppens Advance startersöödaga söötmissnormiga 5,5% basseini biomassist päevas ning alates 27.07.2018 Alltech Coppens Start Premium kuivsöödagraanulitega söötmissnormiga 5,5% basseini biomassist päevas vastavalt Alltech Coppens soovitudele (lisa 1). Igapäevaselt loendati surnud kalad, et hiljem välja arvutada kui suur oli kannibalismi osatähtsus suremusest. Keskmine ellujäävus teise katseperioodi lõpuks oli 81,5% (variatsioon basseinides 69,4-95,3 %) ja kalade keskmine kehamass oli 5,3 grammi (basseinide keskmiste variatsioon 4,5-7,6 g) ehk keskmiselt kasvasid sägavastset 15 päevaga juurde 4,2 g. Vastsete kadu kannibalismi tõttu oli keskmiselt 10,7% (variatsioon basseinides 0-19,8%) ja suremuse tõttu keskmiselt 7,8% (variatsioon basseinides 4,7-10,8%) (joonis 9). Katse lõpul viidi läbi katsekalade sorteerimine. Kalad jagati kahte suurusrühma sorteerimissõela abil: suuremad kui 9 mm (1093 tk.) ja väiksemad kui 9 mm (2209 tk.). Ellujäävus sorteerimise käigus oli 100%.



Joonis 9. Vastsete ellujäävus (%) ja kadu (%) kannibalismi ja teadmata põhjusel suremuse tõttu 25.-40. kasvupäeva jooksul.

2.3. Maimude söötmiskatse, 31. juuli – 28. august 2018 (25 kasvupäeva)

Kolmanda katsetapi eesmärk oli hinnata maimude kasvukiirust ning kadu kannibalismi ja suremuse tõttu järgmise 25 kasvupäeva jooksul. Katse viidi läbi kuues korduses (kokku 764 kala, keskmine algmass 7,1 g). Kalu söödeti Alltech Coppens Start Premium kuivsöödagraanulitega söetmismnormiga 5,5% basseini biomassist päevas vastavalt Alltech Coppens soovitudele (lisa 1). Igapäevaselt registreeriti veeparameetrite näidud, sööda söömus ja surnud kalade arv. Keskmine ellujäävus kolmanda katseperioodi lõpuks oli 94,6% (variatsioon basseinides 85,8-98,3%) ja kalade keskmine kehamass oli 38,0 grammi (basseinide keskmiste variatsioon 29,1-46,2 g) ehk keskmiselt kasvasid sägavastsed 25 päevaga juurde 30,9 g. Maimude kadu kannibalismi tõttu oli keskmiselt vaid 0,9% (variatsioon basseinides 0-2,1%) ja suremuse tõttu keskmiselt 4,5% (variatsioon basseinides 0,8-14,2%).



Joonis 10. Maimude ellujäävus (%) ja kadu (%) kannibalismi ja teadmata põhjusel suremuse tõttu 41.-66. kasvupäeva jooksul.

2.4. Öise ja ööpäevase söötmissrežiimi võrdluskatse, 28. august – 4. oktoober 2018 (37 kasvupäeva)

Kuna säga on looduses öise eluviisiga kala, siis võiks eeldada, et öine toitumise aktiivsus on kõrgem ja sööda haaramine ning kasutamine parem. Katse eesmärgiks oli välja selgitada söötmissrežiimi mõju säga noorkalade kasvule ja ellujäävusele. Selleks moodustati kaks katserühma, kumbki kolmes korduses (igas basseinis 20 kala keskmise algmassiga 41 - 59 g, tabel 1): (1) öine söötmine kella 20:00 õhtust kuni 8:00 hommikuni, 12 söötmiskorda ja (2) ööpäevaringne söötmine, 24 söötmiskorda. Kalu söödeti Alltech-Coppens Supreme 10 söödaga. Päevane söödakogus oli kõigis katserühmades sama (3,7% basseini biomassist). Kalade keskmine kehamass perioodi lõpus oli 117,8 grammi ja ellujäävus 100%. Öise söötmissrežiimiga katsegrupi keskmine juurdekasv (62,5 g, basseinide keskmise varieeruvus 52,1-70,7 g) ei erinenud seejuures usaldusväärselt ööpäevaringse söötmissrežiimiga katsegrupi keskmisest juurdekasvust (71,4 g, basseinide keskmise varieeruvus 62,2-83,2 g) ehk söötmissrežiim ei mõjuta oluliselt säga noorkalade juurdekasvu.

Tabel 1. Kalade arv, keskmine kehamass ja selle standardhälve ning keskmine juurdekasv öise ja ööpäevase söötmisrežiimi võrdluskatses.

Kuupäev		Öine söötmine				24h söötmine			
		B1	B3	B5	Kokku	B2	B4	B6	Kokku
28.08.2018	Kalade arv (tk)	20	20	20	60	20	20	20	60
	Keskmine mass (g)	41.2	50.2	48.4	46.6	56.8	49.2	59.1	55.0
	Standardhälve	4.5	4.9	6.6	5.4	6.0	5.5	10.4	7.3
04.10.2018	Kalade arv (tk)	20	20	20	60	20	20	20	60
	Keskmine mass (g)	105.9	102.3	119.2	109.1	125.8	132.4	121.3	126.5
	Standardhälve	21.8	33.9	45.4	33.7	28.0	32.4	54.9	38.4
	Keskmine juurdekasv (g)	64.6	52.1	70.7	62.5	69.0	83.2	62.2	71.4

2.5. Erineva rasvasisaldusega söötade võrdluskatse, 08.10.2018-08.01.2019 (92 kasvupäeva)

Kuna säga toitainete vajadus korduva veekasutusega kasvatussüsteemi tingimustes ei ole täpselt teada, viidi läbi võrdluskatse kahe söödaga, mis erinevad üksteisest peamiselt rasvasisalduse poolest:

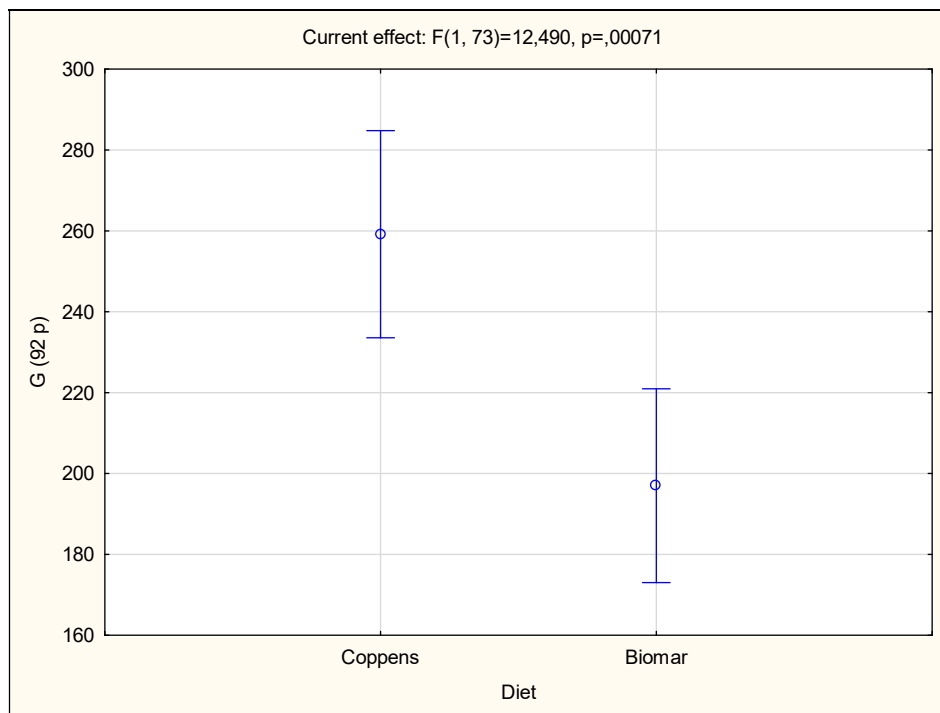
- 1) Biomar Efico Enviro 920 Advance – toorproteiin 43-46%, toorlipiid 30-33%, koguenergia 23-27 MJ/kg, seeduv energia 21,7 MJ/kg;
- 2) Alltech-Coppens Supreme 10 - toorproteiin 49%, toorlipiid 10%, koguenergia 20,1 MJ/kg, seeduv energia 17,5 MJ/kg.

Selleks moodustati kaks katserühma, kumbki kolmes korduses (igas basseinis 20 kala keskmise algmassiga 47 - 138 g): (1) 30% rasvasisaldusega Biomar Efico Enviro 920 Advance sööt (3 mm graanul) ja (2) 10% rasvasisaldusega Alltech-Coppens Supreme 10 sööt (3 mm graanul). Mõlemas katsegrupis oli ühe tehnilise korduse kalade keskmine algmass oluliselt kõrgem kui kahes teises tehnilises korduses (basseinid B1 ja B2, tabel 2). 13.11.2018 (38. katsepäeval) hinnati katsegruppide juurdekasvu ning mõlemas katsegrupis pandi kahe väiksema keskmise kehamassiga tehnilised kordused edasiseks kasvatamiseks kokku (Coppens sööda grupis basseinid B3 ja B5 ning Biomar sööda grupis basseinid B4 ja B6). Katseperioodi lõpus hinnati kummastki katsegrupist 15 kalal visuaalselt maksa seisundit ning määrati sisuserasva mass ja selle osatähtsus kogumassist.

38. katsepäeva vahekaalumisel määratud keskmist kehamassi kasutatud sööt statistiliselt oluliselt ei mõjutanud (ANOVA, $p > 0,05$). 30% rasvasisaldusega sööda katsegrupi keskmine juurdekasv (89,5 g, basseinide keskmiste varieeruvus 55,0-142,4 g) ei erinenud seejuures usaldusväärselt 10% rasvasisaldusega sööda katsegrupi keskmisest juurdekasvust (76,3 g, basseinide keskmiste varieeruvus 36,6-129,6 g) ehk sööda rasvasisaldus ei mõjutanud ka 38 katsepäeva juurdekasvu (tabel 2). Katse lõpul (92. katsepäeval) läbi viidud kaalumisel määratud keskmist kehamassi mõjutas kasutatud sööt statistiliselt oluliselt vaid väiksema keskmise algmassiga tehnilistes kordustes (Coppensi söödal pärast vahekaalumist kokku pandud basseinid B3 ja B5 ning Biomari söödal kokku pandud basseinid B4 ja B6 (ANOVA, $p < 0,001$), kusjuures 10% rasvasisaldusega katsegrupi (Coppens) keskmine kehamass (259,2 g) oli oluliselt suurem kui 30% rasvasisaldusega katsegrupil (Biomar, 197,0 g) (joonis 11). Samuti oli oluliselt suurem Coppensi söödagrupi juurdekasv (211,3 g) võrreldes Biomari söödagrupiga (149,8 g) (tabel 2). Suurema keskmise algmassiga tehnilistes kordustes (basseinid B1 ja B2) sööda mõju 92. katsepäeva kehamassile ja selle juurdekasvule ei olnud statistiliselt oluline (tabel 2, ANOVA $p > 0,05$).

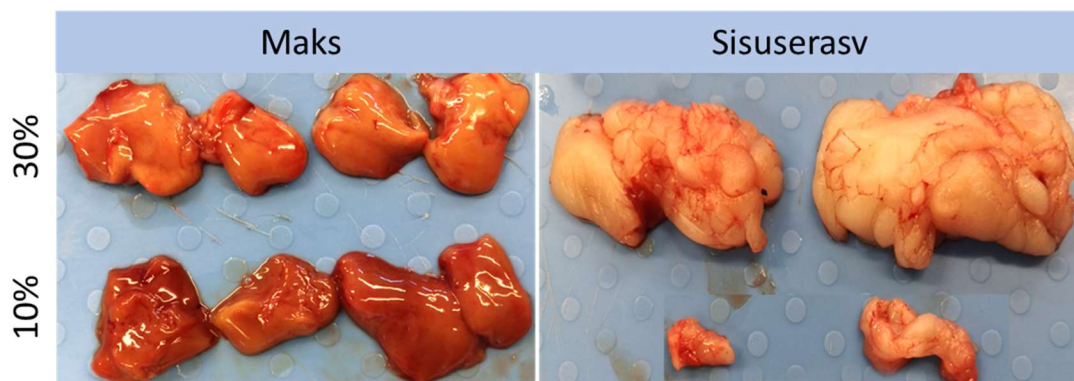
Tabel 2. Kalade arv, keskmine kehamass ja selle standardhälve ning keskmine juurdekasv erineva rasvasisaldusega söötade võrdluskatses.

Kuupäev		Coppens Supreme 10 (10% rasva)				Biomar Efico Enviro 920 (30% rasva)			
		B1	B3	B5	Kokku	B2	B4	B6	Kokku
08.10.2018	Kalade arv (tk)	20	20	20	60	20	20	20	60
	Keskmine mass (g)	124.2	47.5	48.3	73.3	138.3	46.9	47.6	77.6
	Standardhälve	27.5	9.4	5.1	14.0	31.2	9.4	10.2	16.9
13.11.2018	Kalade arv (tk)	20	17	20	57	20	20	20	60
	Keskmine mass (g)	253.8	84.1	111.1	149.7	280.8	117.9	102.6	167.1
	Standardhälve	67.2	31.8	23.8	40.9	59.0	25.5	28.0	37.5
	Keskmine juurdekasv (g)	129.6	36.6	62.8	76.3	142.4	71.1	55.0	89.5
08.01.2019	Kalade arv (tk)	20	35		55	18	40		58
	Keskmine mass (g)	452.3	259.2		355.8	468.9	197.0		333.0
	Standardhälve	129.4	96.3		112.9	138.4	49.3		93.9
	Keskmine juurdekasv (g)	328.2	211.3		282.4	330.6	149.8		255.4



Joonis 11. Väiksema algmassiga söödagruppide keskmine kehamass (g) ja selle usalduspiirid 92. katsepäeval.

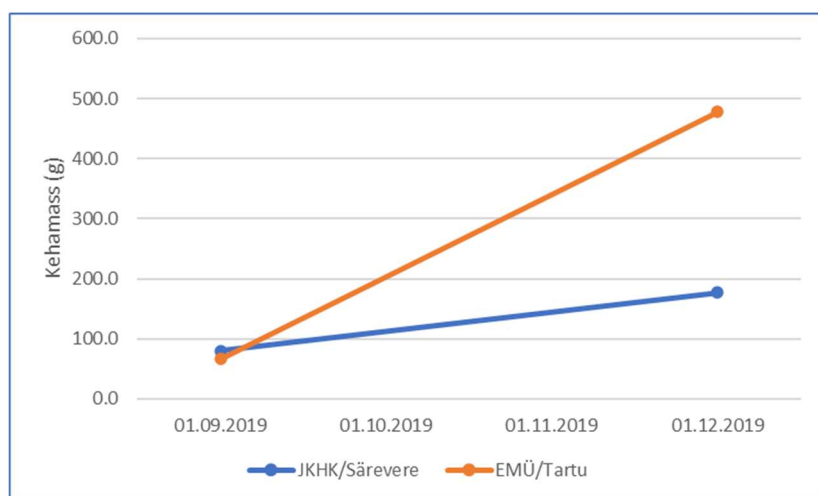
Katse lõpus määratud sisuserasva massi ja selle osatähtsust kogumassist mõjutas kasutatud sööt statistiliselt väga oluliselt (ANOVA, $p < 0,001$): Biomari söödagrupi keskmine sisuserasva % kehamassist ületas Coppensi söödagrupi näitajat ligi 10 korda (keskmine sisuserasva % vastavalt 3,42% ja 0,31%). Maksa massi ja selle osatähtsust sööt ei mõjutanud, kuid visuaalselt olid Biomari 30% rasvasisaldusega sööta saanud kalade maksad palju heledamad kui Coppensi 10% rasvasisaldusega sööta saanud kalade maksad (joonis 12).



Joonis 12. Sööda rasvasisalduse (10% vs 30%) mõju säga noorkalade maksa värvusele ja sisuserasva kogusele.

2.6. Erinevate keskkonnatingimustega RAS-ide võrdluskatse, 19.09.2019 – 20.12.2019

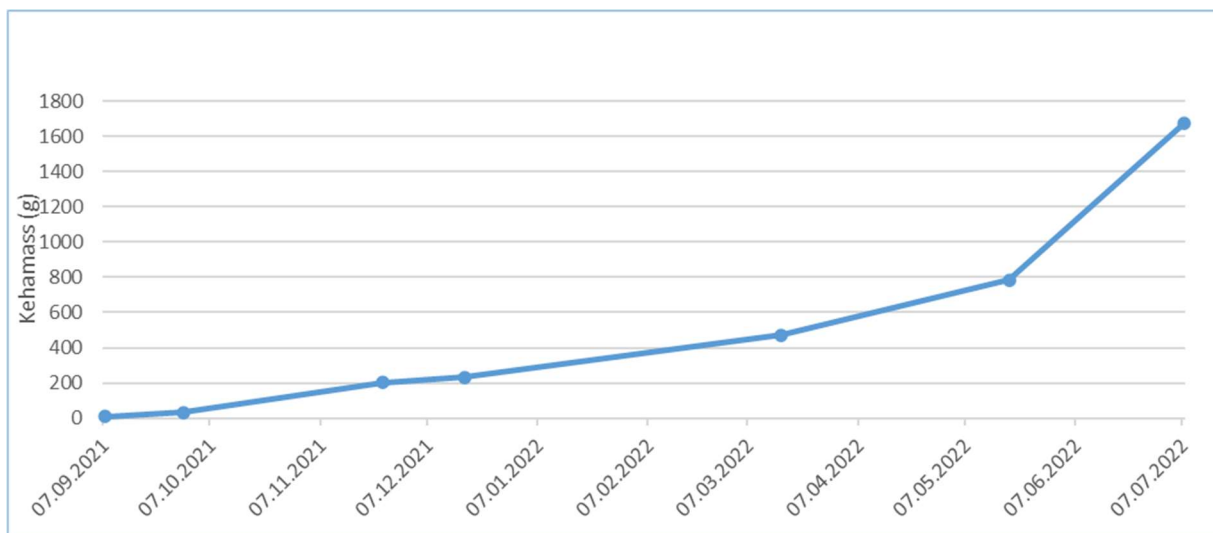
Et välja selgitada, kas ja kuidas erinevad keskkonnatingimused, nagu näiteks veetemperatuur ja lahustunud hapniku sisaldus vees, mõjutavad säga noorkalade kasvu, viisime 19.09.2019 – 20.12.2019 läbi kolm kuud kestnud võrdluskatse kahes erinevas RAS süsteemis (EMÜ vesiviljeluse õppetool Tartus ja Järvamaa Kutsehariduskeskus Säreveres). Katsematerjaliks olid Tšehhis, Lõuna-Böömi ülikooli vesiviljeluse uurimiskeskuses 2019. a. juunikuus läbi viidud paljundamiskatsete tulemusena EMÜ vesiviljeluse õppetoolile 20.06.2019 tarnitud sägavastsetest kasvatatud 3 kuu vanused noorkalad, kelle keskmine kehamass oli EMÜ RAS-is katse algul 66.8 g ja Särevere RAS-is 79.8 g. Mõlemas RAS süsteemis söödeti kalu Alltech-Coppens Supreme 10 söödaga vastavalt soovituslikule söötmissnormile. Kui EMÜ RAS süsteemis oli veetemperatuur vahemikus 21–25 °C (keskmiselt 23.8 °C), siis Särevere RAS süsteemis oli see oluliselt madalam (18–19 °C, keskmiselt 18.4 °C) (joonis 6). Vee keskmises hapnikusisalduses suuri erinevusi ei olnud (EMÜ RAS 7.3 mg/l ja Särevere RAS 7.9 mg/l). Katse lõpul oli EMÜ RAS-is sägade keskmine juurdekasv 411.1 g ja Särevere RAS-is 96.8 g, mis näitab, et kõrgemal (sägale optimaalsemal) veetemperatuuril kasvavad säga noorkalad oluliselt kiiremini (joonis 13). Katse tulemuste põhjal koostati ja kaitsti 8.06.2020 EMÜ-s edukalt kalakasvatuse ja vesiviljeluse õppekava üliõpilase Sten Saaremäel bakalureusetöö „Erinevate tegurite mõju Euroopa säga (*Silurus glanis* L.) juurdekasvule kahe erineva RAS-süsteemi näitel“, juhendajateks Heiki Jaanuska ja Riho Gross (Saaremäel, 2020).



Joonis 13. Sägade kasvukiirus EMÜ vesiviljeluse õppetooli ja Järvamaa Kutsehariduskeskuse RAS-ides.

2.7. Säga vastsete ja noorkalade kasvatamine 20.07.2021 – 04.07.2022

EMÜ vesiviljeluse katsebaasis 2021. aastal läbi viidud säga kunstliku paljundamise katse (vt. punkt 1) tulemusel saadud sägavastseid kasvasime EMÜ vesiviljeluse katsebaasi väiksemate (1 m³) basseinidega RAS süsteemis perioodil 20.07.2021 – 04.07.2022, mille veeparameetrid on esitatud joonisel 7. Söötmisel lähtusime Alltech Coppensi soovituslikust söötmistabelist säga jaoks (lisa 1). Kontrollkaalumiste tulemused (keskmine kehamass, g) on esitatud joonisel 14. Katse lõppes 04.07.2022 kalade hukkumisega trummelfiltri avarii tõttu (keskmise kehamass 1672,4 g). Seega õnnestus ligikaudu aastaga kasvatada EMÜ RAS süsteemis paljundatud sägavastsed keskmiselt 1,7 kilosteks. Kahtlemata ei ole see maksimaalne kasvukiirus säga kasvatamisel RAS süsteemis, sest 5 kuud kogu kasvuperioodist (05.12.2021 – 05.05.2022) oli veetemperatuur alla 20 °C ehk säga kasvatamiseks suboptimaalne (joonis 7). Selle põhjuseks oli vajadus korraldada samas ruumis peetavatele sugukaladele „talvitusperiood“, et jäljendada suguproduktide arenguks vajalikku looduslikku sesoonsust.



Joonis 14. Sägade noorkalade kasvukiirus (g) EMÜ uue vesiviljeluse katsebaasi RAS-is 2021-2022.

3. Erineva päritoluga sägapopulatsioonide/liinide geneetilise mitmekesisuse ja isendite suguluse taseme hindamine DNA markerite abil.

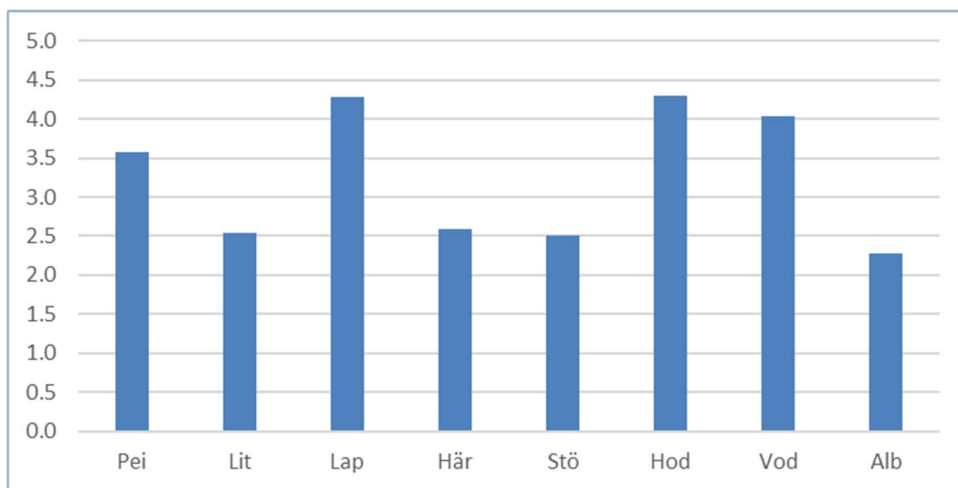
Erineva päritoluga sägakarjade geneetilise mitmekesisuse ja suguluse taseme hindamiseks kogusime koeproove Lõuna-Böömi ülikooli vesiviljeluse uurimiskeskuses peetavate Vodnany, Hodonini ja albiino liinide säga sugukaladelt, Eesti kalakasvanduste (Lapavira OÜ, Kalatalu Härjanurmes ja Störfisch OÜ) sägakarjadest ja Leedu Simnase kalamajandist toodud Neemeni jõe päritolu sägadelt (tabel 3). Võrdluseks kasutasime Peipsi-Emajõe vesikonnast kogutud sägaproove. Kogutud proovidelt eraldati DNA, mis amplifitseeriti ja genotüpiseeriti 20 DNA mikrosatelliitmarkeri abil (välja töötatud EMÜ vesiviljeluse õppetoolis) EMÜ vesiviljeluse õppetooli geneetikalaboris, kasutades meetodikat, mida on detailsemalt kirjeldatud Katrina Langi EMÜ-s kaitstud magistritöös (juhendajad Riho Gross ja Lilian Pukk), mis kasutas osaliselt projekti raames kogutud andmeid (Lang, 2018). Geneetilist mitmekesisust (muutlikkust) iseloomustati kõigi uuritud markerilookuste keskmise tegeliku ja teoreetiliselt oodatava heterosügootsusena (vastavalt H_0 ja H_E) ning markerilookustes esinevate erinevate DNA järjestuste

ehk alleelide keskmise arvuna (A) ja selle valimi suurusele korrigeeritud väärtusena ehk alleelirohkusena (A_R). Populatsioonide/karjade geneetilist diferentseeritust hinnati fikseerumisindeksi F_{ST} põhjal ning selle väärtused võivad olla vahemikus 0 kuni 1, kusjuures väärtus 0 näitab isendite täielikku vaba paarumist ehk panmiksiat (diferentseerumine puudub) ja väärtus 1 näitab kahe populatsiooni isendite täielikku isoleeritust ja ühise geneetilise diversiteedi puudumist (täielik diferentseerumine). Populatsioonide/karjade geneetilist sarnasust hinnati Nei D_A geneetilise distantsi põhjal, mille põhjal moodustati populatsioonide/karjade dendrogramm. Lähisuguluspaaritustest (õde- vend, vanem-järglane jne.) tingitud inbriidingu suurenemise tõenäosust iseloomustati inbriidingukoefitsiendi F_{IS} abil, mille väärtus võib olla vahemikus -1 kuni 1. F_{IS} negatiivne väärtus näitab autbriidingut, positiivne väärtus näitab inbriidingut ja $F_{IS} = 0$ näitab isendite juhuslikku paarumist ja genotüübisageduste vastavust Hardy-Weinbergi tasakaaluseadusele.

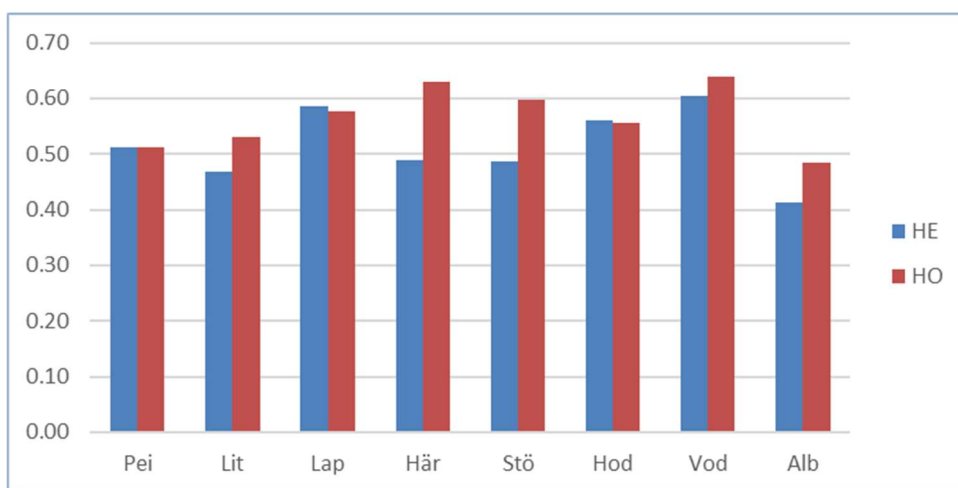
Tulemuste analüüs näitab, et uuritud sägapopulatsioonide ja kasvanduse karjade valimite geneetiline muutlikkus varieerub üsna oluliselt. Keskmiselt kõige rohkem erinevaid DNA järjestusi ehk alleele uuritud 20 markerlookuses oli Lapavira OÜ tõenäoliselt Leedu päritolu sägakarjas ning Tšehhi päritolu Hodonini ja Vodnany liinides (alleelirohkus A_r vastavalt 4,3, 4,3 ja 4,0) (tabel 3, joonis 15). Keskmiselt kõige vähem alleele markerlookustes oli aga Kalatalu Härjanurmes ja Störfisch OÜ sägakarjades (A_r vastavalt 2,6 ja 2,5), Leedu Simnase kalamajandi sägakarjas ($A_r = 2,5$) ja Tšehhi päritolu albiinosägade karjal ($A_r = 2,3$) (tabel 3, joonis 15). Tegelik heterosügootsus ehk heterosügootse genotüübiga isendite tegelik (vaadeldud) proportsioon analüüsitud markerlookustes oli samuti üsna kõrge Lapavira OÜ sägakarjas ning Tšehhi päritolu Hodonini ja Vodnany liinides (H_o vastavalt 0,58, 0,56 ja 0,64; tabel 3, joonis 16) ning kõige madalam Leedu Simnase kalamajandi sägakarjas ($H_o = 0,53$) ja Tšehhi päritolu albiinosägade karjal ($H_o = 0,49$; tabel 3, joonis 16), kuid tähelepanuväärne oli madala alleelirohkusega Kalatalu Härjanurmes ja Störfisch OÜ sägakarjades kõrge tegeliku heterosügootsuse esinemine (H_o vastavalt 0,63 ja 0,60), mis ületas oluliselt nende karjade teoreetiliselt oodatavat heterosügootsust (H_e mõlemal 0,49; tabel 3, joonis 16). Sellega kaasnes mõlemas karjas ka oluliselt nullväärtusest erinev negatiivne inbriidingukoefitsient (F_{IS} vastavalt -0,295 ja -0,231), mis on iseloomulik just juhule kui tegelik heterosügootus ületab oodatavat heterosügootsust ja on tõenäoliselt põhjustatud väga vähesel arvul sugukalade kasutamisest järglaskonna saamisel.

Tabel 3. Sägakarjade geneetilist muutlikkust iseloomustavad näitajad (n – isendite arv, A – keskmine alleelide arv, A_r – alleelide rohkus, H_e ja H_o – oodatav ja tegelik keskmine heterosügootsus, F_{IS} – inbriidingukoefitsient).

Populatsioon/kari	Lühend	Päritolu	Aasta	n	A	A_R	H_e	H_o	F_{IS}
Peipsi/Emajõgi	Pei	Eesti	2016, 2017, 2019	32	3.7	3.6	0.51	0.51	-0.002
Neemen/Simnas	Lit	Leedu	2019	60	2.6	2.5	0.47	0.53	-0.138
Lapavira	Lap	teadmata	2015, 2017, 2018	25	4.3	4.3	0.59	0.58	0.017
Härjanurme	Här	teadmata	2016	30	2.6	2.6	0.49	0.63	-0.295
Sörfisch	Stö	teadmata	2015, 2016	47	2.5	2.5	0.49	0.60	-0.231
Hodonini liin	Hod	Tšehhi	2018	24	4.3	4.3	0.56	0.56	0.008
Vodnany liin	Vod	Tšehhi	2018	75	4.3	4.0	0.61	0.64	-0.058
Albiino liin	Alb	Tšehhi	2018	31	2.3	2.3	0.41	0.49	-0.182



Joonis 15. Uuritud sägapopulatsioonide ja karjade alleelirohkus (lühendid vt. tabel 3).



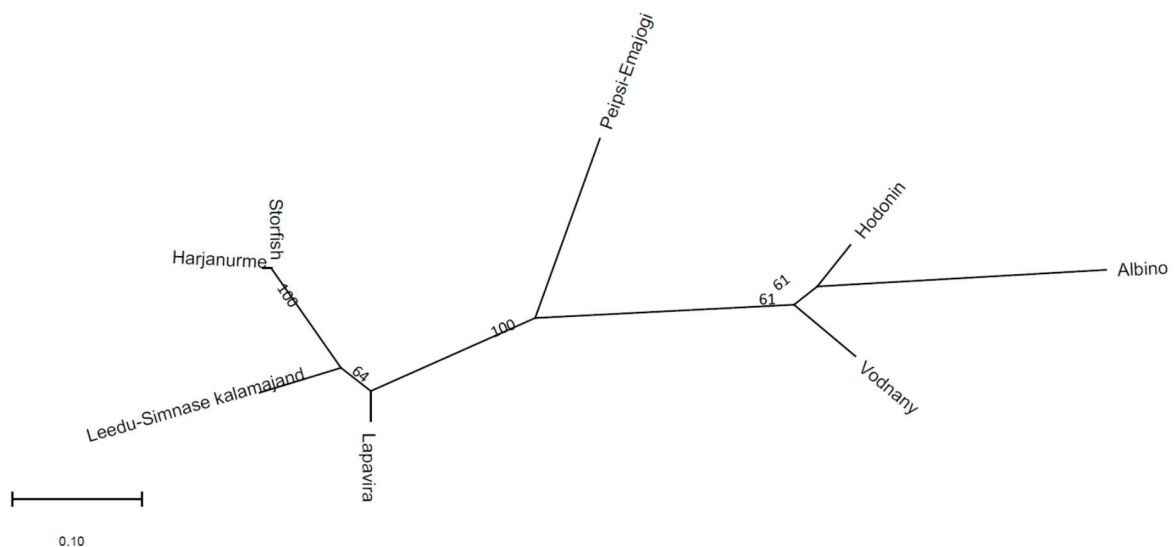
Joonis 16. Uuritud sägapopulatsioonide ja karjade keskmine oodatav (H_e) ja tegelik (H_o) heterosügootsus. (lühendid vt. tabel 3).

Uuritud sägapopulatsioonide ja kasvanduse karjade valimite geneetiline diferentseeritus, mida iseloomustatakse fikseerumisindeksiga F_{ST} , varieerub sarnaselt geneetilisele muutlikkusele üsna oluliselt. Äärmiselt vähesel määral olid teineteisest diferentseerunud Kalatalu Härjanurmes ja Störfisch OÜ sägakarjad ($F_{ST} = 0,0014$; tabel 4), mis on seletatav nende ühise päritoluga (mõlema kasvanduse sägad saadi Raivo Puuritsa vahendusel, nende algne päritolu on teadmata, kuid võib oletada Läti päritolu). Samuti olid suhteliselt vähe diferentseerunud teineteisest Lapavira OÜ ja Leedu Simnase kalamajandi sägakarjad ($F_{ST} = 0,084$; tabel 4), mis on jällegi seletatav asjaoluga, et Lapavira OÜ sägad toodi Eestisse Leedust. Kõige enam olid Eesti ja Leedu kasvanduste karjadest ning ka Eesti looduslikust Peipsi-Emajõe sägapopulatsioonist diferentseerunud Tšehhi päritolu albiinosägede kari ($F_{ST} = 0,43-0,51$; tabel 4). Eesti looduslik Peipsi-Emajõe sägapopulatsioon oli üsna tugevalt diferentseerunud ka kõigist teistest uuritud karjadest ($F_{ST} = 0,22-0,31$; tabel 4).

Tabel 4. Uuritud sägapopulatsioonide ja karjade diferentseerumismatriksi indeksi F_{ST} põhjal. Tausta värv näitab suhtelise diferentseerumise taset (roheline = vähem diferentseerunud, oranž = rohkem diferentseerunud). Populatsioonide/karjade lühendid vt. tabel 3.

	Pei	Lit	Lap	Har	Sto	Hod	Vod	Alb
Pei	0	0.2949	0.2215	0.3111	0.3115	0.2729	0.2642	0.4328
Lit	0.2949	0	0.0836	0.1812	0.1689	0.3914	0.3588	0.5069
Lap	0.2215	0.0836	0	0.1519	0.1437	0.2913	0.2799	0.4351
Har	0.3111	0.1812	0.1519	0	0.0014	0.3471	0.3256	0.4718
Sto	0.3115	0.1689	0.1437	0.0014	0	0.3529	0.3309	0.4713
Hod	0.2729	0.3914	0.2913	0.3471	0.3529	0	0.1175	0.2368
Vod	0.2642	0.3588	0.2799	0.3256	0.3309	0.1175	0	0.2102
Alb	0.4328	0.5069	0.4351	0.4718	0.4713	0.2368	0.2102	0

Populatsioonide geneetilist sarnasust iseloomustava D_a distantsimatriksi põhjal koostatud dendrogrammi põhjal (joonis 17) eristuvad selgelt kaks sägakarjade gruppi (Leedu-Läti päritolu sägakarjad ja Tšehhi päritolu sägaliinid, Eesti looduslik Peipsi-Emajõe sägapopulatsioon paikneb nende vahepeal ehk ei ole geneetiliselt kuigi sarnane kummagi grupi sägakarjadega.



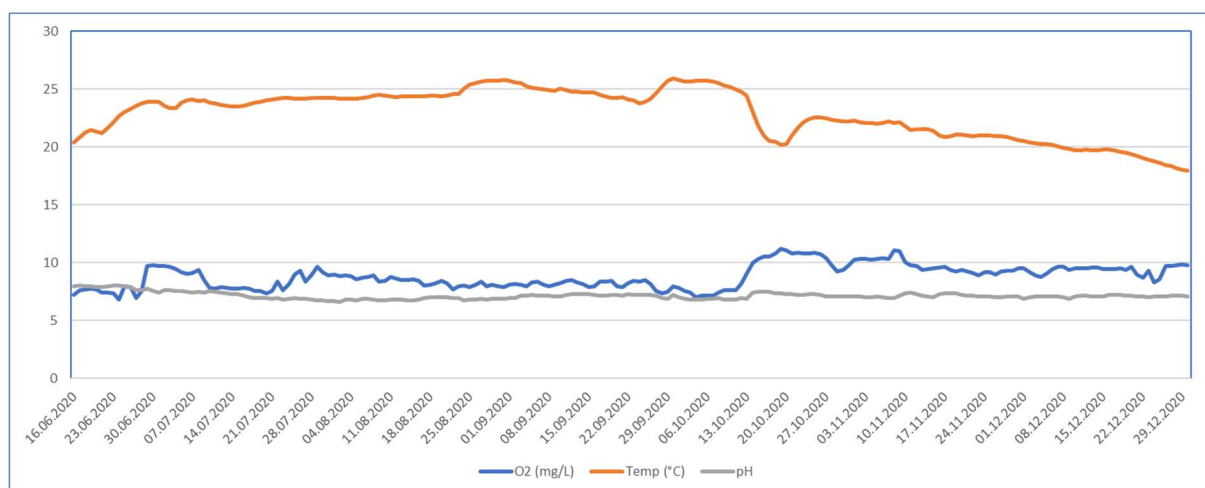
Joonis 17. Uuritud sägakarjade geneetilist sarnasust iseloomustav dendrogramm D_a geneetilise distantsi põhjal.

Lisaks erineva päritoluga sägakarjade geneetilise mitmekesisuse ja suguluse taseme uuringule mikrosatellitmarkerite abil määrasime koostöös Rootsi Põllumajandusülikooli kolleegidega esmakordselt maailmas säga genoomi DNA nukleotiidses järjestuses, kasutades selleks uudset meetodikat, mida olime edukalt kasutanud ahvena genoomi järjendamiseks (Ozerov et al., 2018).

Saadud info säga genoomi kohta on eelduseks näiteks produktiivtunnuseid kontrollivate genoomi piirkondade kaardistamisel ja genoomiinfo põhineva aretustöö läbiviimisel. Genoomi järjendamise tulemused kandsime ette rahvusvahelisel konverentsil "Aquaculture Europe 2019" (Berliin, 7.-10. oktoober, 2019) ja avaldasime teadusartikli kõrgetasemelises ajakirjas (Ozerov et al., 2020).

4. Erineva päritoluga sägapopulatsioonide produktiivtunnuste võrdlev hindamine korduva veekasvatusega süsteemis

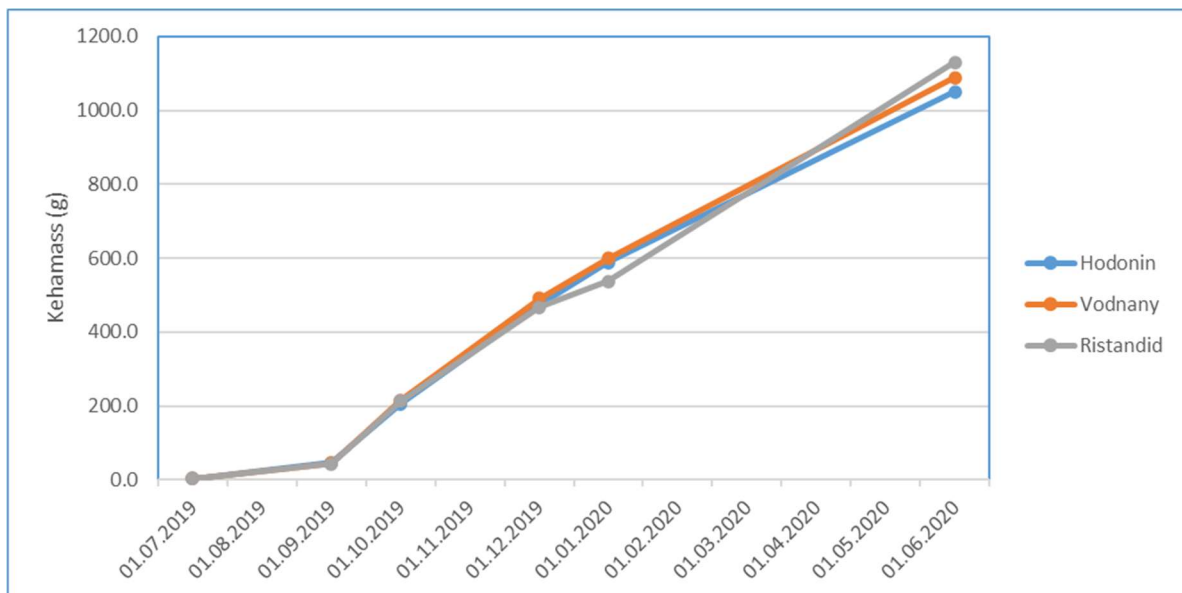
Erineva päritoluga sägapopulatsioonide produktiivtunnuste võrdlevaks hindamiseks hankisime 2019.a. juunikuus sägavastsed Leedust Simnase kalamajandist (Leedu Põllumajandus-ministeeriumi kalandusteenistus, Neemeni jõe päritolu sägad) ja Tšehhi Lõuna-Böömi ülikooli vesiviljeluse uurimiskeskusest (Hodonini ja Vodnany sägaliinid ning nende retsiprooksed (mõlemasuunalised: HxV ja VxH) ristandid) (vt. punkt 1). Kuna Leedu ja Tšehhi kalamajandites ei olnud võimalik säga paljundamist omavahel sünkroniseerida, siis ei olnud sägapopulatsioonide produktiivtunnuste võrdleva hindamise katsesse EMÜ vesiviljeluse katsebaasi RAS-is võimalik võtta Leedu Neemeni jõe päritolu sägasid, sest need olid kasvanud Tšehhi sägaliinide vastsete saabumise ajaks juba liiga suureks. Seetõttu viidi produktiivtunnuste (kasvukiirus, ellujäävus, lihasaagis ja teised töötlemistunnused) võrdleva hindamise katse 20.06.2019 – 21.10.2020 läbi vaid Tšehhi Hodonini ja Vodnany sägaliinide ning nende retsiprooksete ristanditega. Seejuures toimusid vastsete, maimude ja noorkalade kasvatamiskatsed perioodil 20.06.2019 – 16.06.2020 EMÜ vesiviljeluse vana katsebaasi RAS-is (kuus 1 m³ mahuga IBC konteinerit) ja nuumakatsed turustamissuuruse (ca 3 kg) saavutamiseni perioodil 16.06.2020 – 21.10.2020 EMÜ vesiviljeluse uue katsebaasi RAS-is (kolm 3,5 m³ mahuga basseini), mille veeparameetrid on esitatud joonistel 5 ja 18. Leedu päritolu sägavastsed asustati koostööpartneri Kalatalu Härjanurmes tiiki, et hinnata sägavastsete kasvu ja ellujäävust tiigimajandi tingimustes.



Joonis 18. Veeparameetrid (hapnikusisaldus, temperatuur ja pH) EMÜ uue vesiviljeluse katsebaasi suurte basseinidega RAS-is 2020. a.

4.1. Sägaliiinide ja nende ristandite kasvukiiruse ja ellujäävuse võrdluskatsed 20.06.2019 – 16.06.2020 (362 kasvupäeva)

Tšehhi sägaliiinide (Hodonin, Vodnany ja nende retsiprooksete ristandite grupp) vastsed asustati EMÜ vana vesiviljeluse katsebaasi RAS-i ca 0,8 m³ veemahuga IBC konteineritesse 20.06.2019, iga liin kahte eraldi konteinerisse, 2000 vastset konteineri kohta. Kontrollkaalumised ja loendamised teostati 29.07.2019, 10.-11.09.2019, 24.10.2019, 18.12.2019, 31.01.2020 ja 16.06.2020. Olulisi erinevusi sägaliiinide ja nende ristandite kasvukiiruses ja ellujäävuses kogu katseperioodi jooksul ei esinenud. Katseperioodi lõpuks oli Hodonini ja Vodnany liini ning nende ristandite keskmine kehamass vastavalt 1050,8, 1087,8 ja 1129,7 g (joonis 19). Kõige suurem kadu (keskmiselt 71,4%) esines 1. katseperioodil (20.06.-29.07.2019), 2. katseperioodil (29.07-10.09.2019) moodustas see 36,1%, 3. katseperioodil (10.09-24.10.2019) 13,7% ja 4. katseperioodil (24.10.-18.12.2019) vaid 1,5%.



Joonis 18. Hodonini ja Vodnany liini ning nende ristandite kasvukõver katseperioodil 20.06.2019 – 16.06.2020.

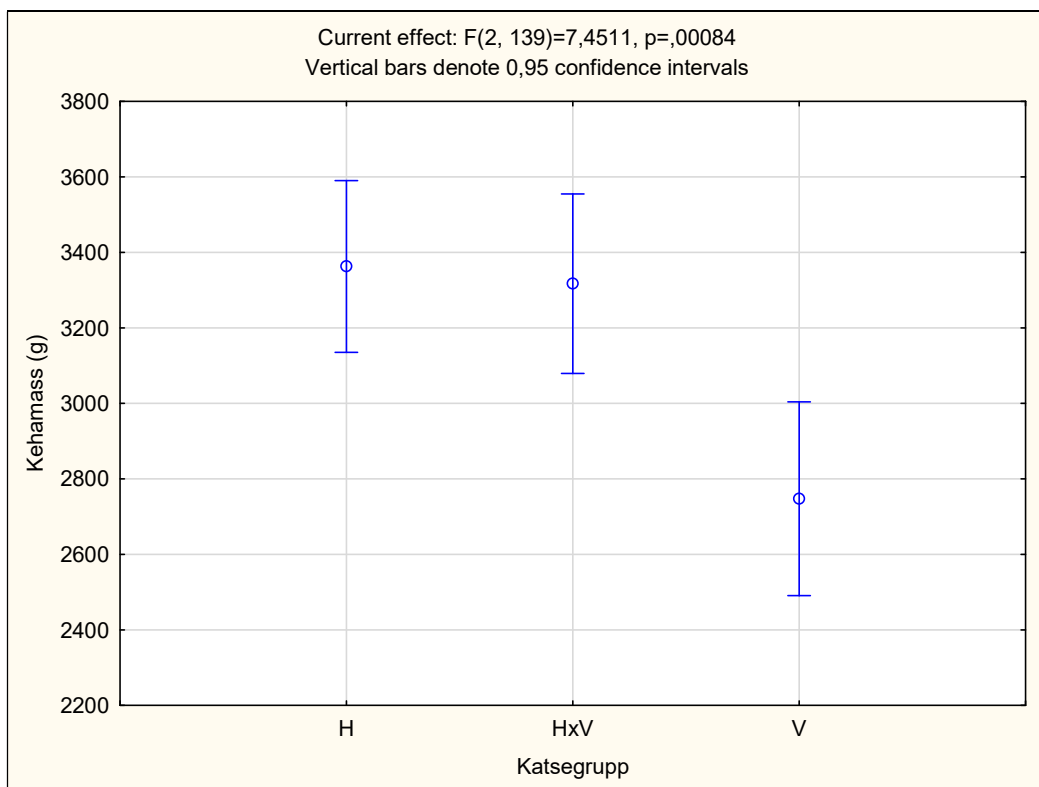
4.2. Sägaliiinide ja nende ristandite kasvukiiruse ja ellujäävuse võrdluskatsed 16.06.2020 – 21.10.2020 (127 kasvupäeva)

16.06.2020 märgistati katsekalad individuaalselt PIT kiipidega ning märgistatud sägad (keskmine kehamass 1140,6 g, kokku 161 isendit) viidi edasi kasvama EMÜ uue vesiviljeluse katsebaasi RAS süsteemi, kus katsegrupid asustati kolmes korduses ühistesse ca 3,4 m³ veemahuga basseinidesse, et vältida kasvukiiruse võrdleval hindamisel keskkonna erinevustest tingitud mõju. Produktiivomaduste võrdluskatseid jätkati 21.10.2020-ni, mil kalad identifitseeriti individuaalselt PIT kiipide põhjal ja määrati nende kehamass ning lahkamisel ka sugu ning kehaosade (rümp, pea, sisused, gonaadid) mass. Individuaalne kiibistamine võimaldas seejuures määrata kalade liinilise päritolu ja hinnata iga isendi individuaalset juurdekasvu. Kõigi katsekalade keskmine kehamass oli katse lõpul 3184,7 g ehk 127

kasvupäeva jooksul oli kehamassi keskmine juurdekasv 2096,1 g. Dispersioonanalüüs näitas, et statistiliselt oluliselt mõjutas kehamassi vaid kalade liiniline päritolu ($p < 0,001$), basseini ja kalade sugupoole mõju ei olnud statistiliselt oluline. Samuti ei mõjutanud kehamassi eelnimetatud faktorite koostoime. Seejuures oli Hodonini liini keskmine kehamass kõige kõrgem (3362,7 g) ja Vodnany liini keskmine kehamass kõige madalam (2747,4 g) ning ristandite keskmine kehamass oli vanemliinide vahepealne (3317,2 g) (tabel 5, joonis 19).

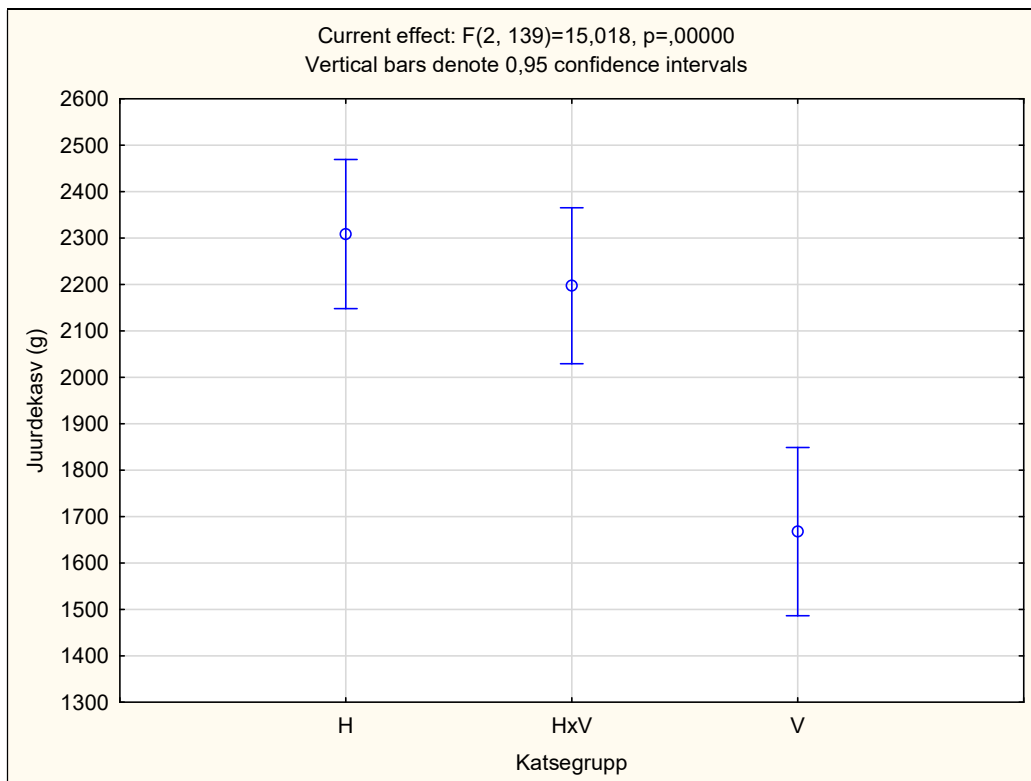
Tabel 5. Sägaliinide ja nende ristandite kasvukiirus katseperioodil 16.06.-21.10.2020.

Katsegrupp	16.06.2020				21.10.2020						
	Bassein	Arv (tk)	Mass (g)	SE	Arv (tk)	Mass (g)	SE	Juurde- kasv (g)	SE (juurde- kasv)	Ellujäävus (%)	
Hodonin (H)	S1	20	956.1	50.2	19	3122.1	206.5	2166.0	145.9	95.0	
	S2	18	1111.4	49.4	18	3538.1	198.5	2426.7	140.2	100.0	
	S3	19	1095.9	64.6	19	3428.0	192.3	2332.1	135.8	100.0	
	S1-S3	57	1054.5		56	3362.7		2308.3		98.3	
Vodnany (V)	S1	18	1184.9	65.7	18	2792.9	202.3	1608.0	142.9	100.0	
	S2	14	1078.5	54.0	14	2963.2	233.4	1884.7	164.9	100.0	
	S3	18	1011.2	76.7	18	2486.0	237.3	1474.8	167.6	100.0	
	S1-S3	50	1091.5		50	2747.4		1655.8		100.0	
HxV/VxH	S1	18	1162.6	70.0	17	3287.8	206.2	2125.2	145.7	94.4	
	S2	18	1007.5	79.8	17	3007.7	212.4	2000.2	150.0	94.4	
	S3	18	1188.4	81.2	17	3656.1	206.2	2467.7	145.7	94.4	
	S1-S3	54	1119.5		51	3317.2		2197.7		94.4	



Joonis 19. Hodonini ja Vodnany liini ning nende ristandite keskmine kehamass ja selle usalduspiirid katse lõpul.

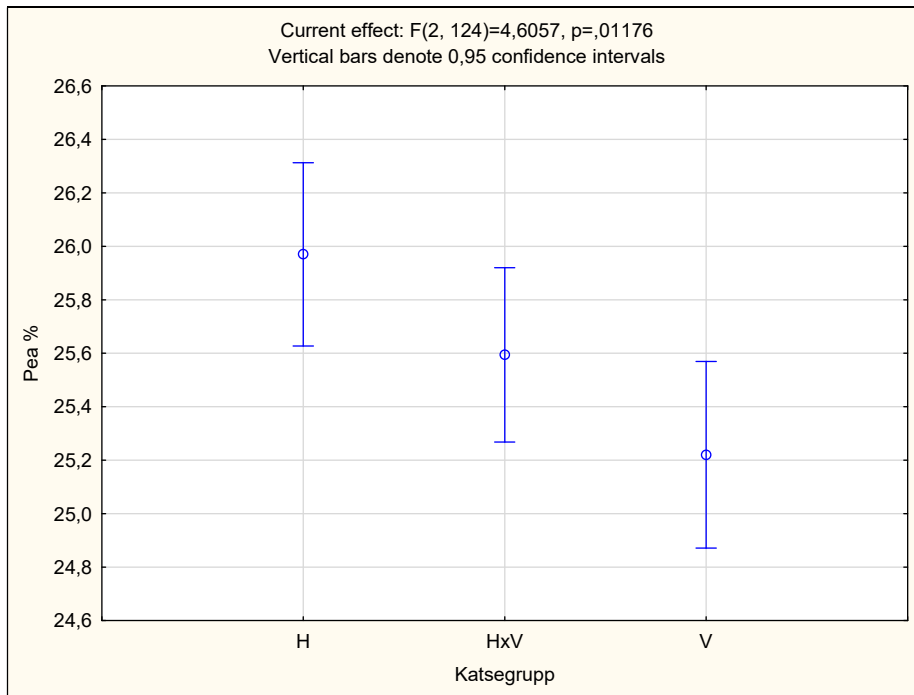
Kehamassi juurdekasvu dispersioonanalüüs näitas, et statistiliselt oluliselt mõjutas juurdekasvu sarnaselt kehamassile kalade liiniline päritolu ($p < 0,001$), kuid samuti ka nende sugupool ($p < 0,05$). Basseini ja faktorite koostoimete mõju juurdekasvule ei olnud statistiliselt oluline. Sarnaselt kehamassile katse lõpul oli suurim juurdekasv Hodonini liinil (2308,3 g) ja madalaim Vodnany liinil (1667,6 g) ning ristandite juurdekasv oli vanemliinide vahepealne (2197,2 g) (tabel 4, joonis 20). Isaste sagede juurdekasv oli suurem kui emastel sagedel (vastavalt 2173,8 ja 1941,9 g). Seega võib väita, et kasvukiiruse osas sobib Hodonini liin korduva veekasutusega süsteemis kasvatamiseks paremini kui Vodnany liin. Isaste sagede juurdekasv oli keskmiselt 232 g suurem kui emastel sagedel (vastavalt 2173,8 ja 1941,9 g).



Joonis 20. Hodonini ja Vodnany liini ning nende ristandite keskmine kehamassi juurdekasv 127 katsepäeva jooksul ja selle usalduspiirid.

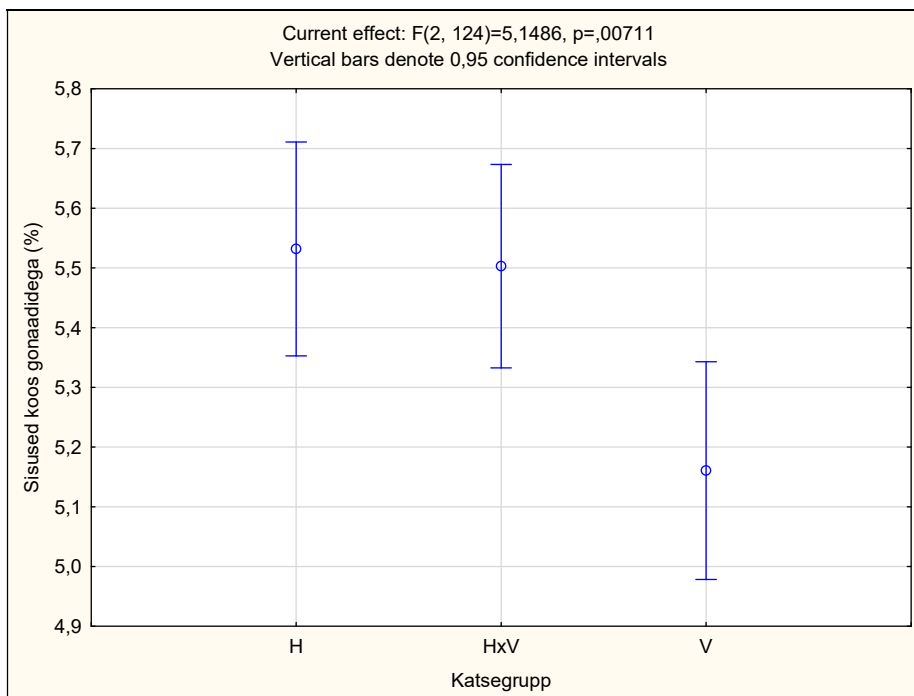
4.3. Sägaliiinide ja nende ristandite töötlemis- ja tarbimistunnuste võrdlev analüüs

21.10.2020 teostasime Hodonini ja Vodnany liini sagedel ning nende ristanditel (keskmine kehamass 3043 g, kokku 142 isendit) töötlemise ja tarbija seisukohalt oluliste tunnuste (pea, sisused, gonaadid ja rümp) protsentuaalse osatähtsuse võrdleva analüüsi ning hindasime liini, basseini ja sugupoole mõju vastavatele tunnustele. Dispersioonanalüüs näitas, et liinilisel päritolul oli oluline mõju nii pea ($p < 0,05$), sisuste ($p < 0,01$) kui peata rümba osatähtsusele ($p < 0,001$), kuid mitte sisusteta rümba (koos peaga) ja gonaadide osatähtsusele. Basseinil oli oluline mõju vaid rümba osatähtsusele ja sugupoolel oli oluline mõju sisuste ($p < 0,001$), gonaadide ($p < 0,001$) ja peata rümba ($p < 0,01$) osatähtsusele. Keskmine pea % oli kõige kõrgem Hodonini liinil (26,0%) ja kõige madalam Vodnany liinil (25,2%) ning ristanditel kahe vanemliini vahepealne (25,6%). Statistiliselt oluline oli pea % erinevus Hodonini ja Vodnany liini vahel (joonis 21). Samas on huvitav märkida, et pea % erinevus liinide vahel oli statistiliselt oluline vaid isaskaladel ning emaskalade pea % statistiliselt oluliselt ei erinenud.



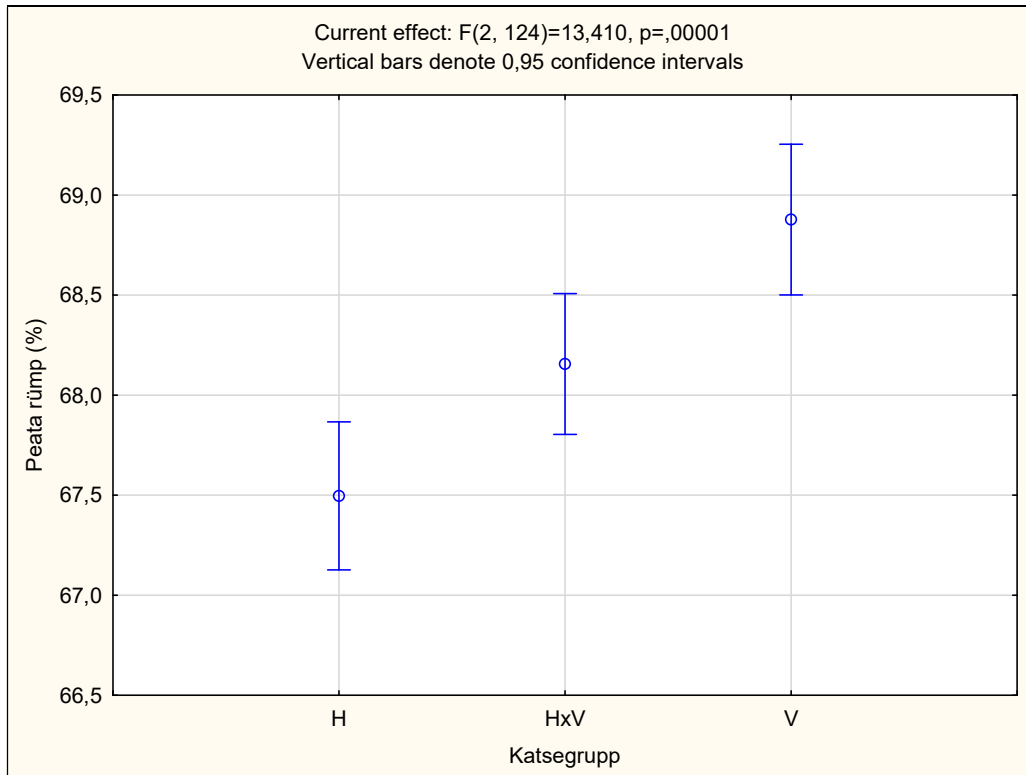
Joonis 21. Hodonini (H) ja Vodnany (V) liini ning nende ristandite (HxV) keskmine pea % ja selle usalduspiirid.

Keskmine sisuste % (koos gonaadidega) Hodonini liinil ja ristanditel oli samasugune (vastavalt 5,53% ja 5,50%), kuid statistiliselt usaldusväärset kõrgem kui Vodnany liinil (5,16%) (joonis 22). Gonaadide % oli kõigil katsegruppidel sarnane (0,48-0,55%) ja ei erinenud üksteisest statistiliselt usaldusväärset.



Joonis 22. Hodonini (H) ja Vodnany (V) liini ning nende ristandite (HxV) keskmine sisuste % (koos gonaadidega) ja selle usalduspiirid.

Peata ja sisusteta rümba keskmine % oli Vodnany liinil (68,9%) statistiliselt usaldusväärselt kõrgem kui ristaniditel (68,2%) ja Hodonini liinil (67,5%) (joonis 23). Seega vastupidiselt kasvukiirusele (vt. punkt 4.2) on töötlemistunnused tarbija seisukohalt kõige paremad hoopis Vodnany liinil ja kõige halvemad Hodonini liinil.



Joonis 23. Hodonini (H) ja Vodnany (V) liini ning nende ristanidite (HxV) keskmine peata ja sisusteta rümba % ja selle usalduspiirid.

Emaskalade sisuste (5,6%) ja gonaadide (0,7%) osatähtsus oli statistiliselt usaldusväärselt kõrgem kui isaskaladel (vastavalt 5,2% ja 0,3%). Samas oli isaskalade keskmine kehamass ja peata rümba osatähtsus usaldusväärselt kõrgem kui emaskaladel (vastavalt 3148,3 g ja 2888,7 g ning 68,5% ja 67,8%). Sellest järeldub, et isaskalad kasvavad kiiremini ja on turustamissuuruses suurema lihasaagisega kui emaskalad.

5. Sägade tervisliku seisundi hindamine ja parasiitide tõrjemeetodite optimeerimine korduva veekasutusega süsteemis

Paralleelselt säga paljundamis-, söötmis- ja kasvatamiskatsetega ning produktiivomaduste hindamise katsetega teostasime jooksvalt sägade tervisliku seisundi hindamist ja parasitoloogilisi uuringuid. Kuna järgisime EMÜ vesiviljeluse katsebaasis hoolikalt bioohutuse nõudeid ja ei toonud loodusest või teistest kalakasvandusest kalu katsebaasi, siis õnnestus täielikult vältida parasiitidega nakatumist ning ei toetatava perioodi kestel ei esinenud ka muid katsekalade tervist mõjutavaid probleeme. Koostööpartneri Jaesto OÜ RAS-is siiski esines veebruaris 2022 sägade massiline tabandumine parasiidiga *Ichthyophthirius multifiliis*, mistõttu kalad tuli hukata anesteetikumi üledoosiga (vt. punkt 8.1).

6. Säga sugukarja moodustamine

2020. a. sügisel moodustasime EMÜ vesiviljeluse katsebaasis 2019. aastal imporditud Tšehhi sägaliinide baasil sugukarja. Erineva päritoluga sägapopulatsioonide ja nende ristandite produktiivtunnuste võrdlevas katses osalenud kaladest (üles kasvatatud 20.06.2019. aastal Tšehhist imporditud sägaliinide ja nende retsiprooksete ristandite vastsetest, vt. punktid 1 ja 4) valisime 14.10.2020 sugukarja 15 keskmisest kõrgema kehamassiga isendit (keskmiselt 4527 g), s.h. 9 Hodonini liini säga, 3 Vodnany liini säga ja 3 ristandit, kellest 7 olid emased ja 8 isased. Kõik sugukalad kiibistati individuaalselt PIT-kiipidega ja genotüpiseeriti mikrosatelliitmarkeritega. 18.07.2022 seisuga oli sugukarjas alles 7 emaskala keskmise kehamassiga 9886 g ja 5 isaskala keskmise kehamassiga 11035 g. Kuna projekti lõppemise tõttu ei ole meil võimalik säga sugukarja EMÜ vesiviljeluse katsebaasi RAS-is edasi pidada, siis andsime kõik eelnimetatud sugukalad 18.07.2022 meie koostööpartnerile Kalatalu Härjanurmes säga sugukarja moodustamiseks ja edasiseks pidamiseks nende tiigimajandis.

EMÜ vesiviljeluse katsebaasi säga sugukarja täiendamiseks tõime 10.08.2021 Järvamaa Kutsehariduskeskuse Säreveere kalakasvatuse õppebaasist 21 säga keskmise kehamassiga 2170 g, kes märgistati individuaalselt PIT kiipidega ning kellel määrati mikrosatelliitmarkerite genotüübid. Need olid meie enda sugukarja kaladega identse geneetilise taustaga sägad (Hodonini ja Vodnany liin ning nende ristandid), kes viidi EMÜ katsebaasist 19.09.2019 Säreveresse säga kasvukiiruse võrdluskatsete läbiviimiseks RAS süsteemis erineval veetemperatuuril kasvatamisel (93 kala keskmise kehamassiga 79,8 g, vt. punkt 2.6). 18.07.2022 seisuga oli Säreverest toodud sägade sugukarjas alles 21 kala keskmise kehamassiga 5711 g ja nendest andsime 19.07.2022 projekti lõppemise tõttu 11 kala keskmise kehamassiga 5631 g sugukarja moodustamiseks ja edasiseks pidamiseks koostööpartnerile Karilatsi Kalamajand OÜ. Endale jätsime RAS süsteemis edasi pidamiseks 10 sugukala keskmise kehamassiga 5818 g.

7. Säga kunstliku paljundamise ja kasvatamise tehnoloogia praktilise juhendi koostamine

Toetatava tegevuse raames saadud kogemustele ja teadusajakirjades avaldatud artiklitele tuginedes koostasime praktilise juhendi „Euroopa säga (*Silurus glanis*) paljundamine ja kasvatamine vee korduvkasutusega süsteemis“ (autorid Härmo Hiiemäe, Priit Päck ja Riho Gross), mis on lisatud aruandele eraldi failina (lisa 3).

8. Muud projektiga seonduvad tegevused

8.1. Eesti kalakasvandustes läbiviidud tegevused

Kunstliku paljundamise katsed

Projekti taotlemise hetkel oli teada, et potentsiaalselt suguküpsed sägasid peeti Eestis kahes kalakasvanduses: Lapavira OÜ Rutikvere kalakasvanduses ja Kalatalu Härjanurmes. Mõlemad ettevõtted olid ka projekti vesiviljelussektori poolseteks partneriteks. Lapavira OÜ Rutikvere

kalakasvanduses korduva veekasutusega süsteemis (RAS) peetud sägade suguküpsuse staadiumi ja suguproduktide küpsusastme välja selgitamiseks viisime läbi vastavad uuringud (ultraheliuuring ja kalade lahkamine) 2017. a. sügisel ja kaks kunstliku paljundamise katset 2018.a. veebruaris (Lapavira OÜ Rutikvere kalakasvanduses) ja märtsis-aprillis (EMÜ vesiviljeluse katsebaasis). Esimeses katses valisime välise sugutunnuste põhjal välja 2 emas- ja 2 isaskala, kellele süstiti sünteetilist hormoonpreparaati Ovaprim (isased doosiga 0,15 ml/kg kehamassi kohta ja emaskalad 0,5 ml/kg kehamassi kohta). 24-30h möödudes võeti katsekalad basseinist ning uinutati MS-222 lahuses. Ühelt isaskalt õnnetus koguda niiska, kuid üheltki emaskalalt suguprodukte ei saadud. Katse ebaõnnestumise tõenäolisteks põhjusteks võis olla liiga madal veetemperatuur (16 °C) Rutikvere kalakasvanduse RAS süsteemis või kasutatud Ovaprim hormoonpreparaadi ebaefektiivsus aegumistähtaja ületamise tõttu. Teises katses valiti Lapavira OÜ Rutikvere kalakasvanduses välja 2 emas- ja 2 isaskala, kes transporditi EMÜ vesiviljeluse katsebaasi, kus hoiti neid kõrgemal veetemperatuuril (22-23 °C). Seejärel stimuleeriti suguproduktide küpsemist sünteetilise hormoonpreparaadiga OVOPEL. Katse tulemusena õnnestus lüpsata mõlemalt emaskalalt marja ja saada ka hea liikuvusega sperme, kuid inkubeerimisel selgus, et marja viljastamine oli siiski ebaõnnestunud. Selle põhjuseks oli tõenäoliselt asjaolu, et ovotsüüdid ei olnud veel viljastamiseks sobivas küpsusstaadiumis, sest RAS süsteemis peetavatel sugukaladel on looduslikest tingimustest väga erineva temperatuurirežiimi tõttu väga keeruline suguküpsuse saavutamise suurust/vanust hinnata ning suguproduktide küpsemist ajastada. Säge kunstliku paljundamise uuringuid tiigimajandi sugukaladega ei olnud kuni 2022. a. suveni võimalik Eestis läbi viia, sest tehnilistel põhjustel hukkusid 2017.a. sügisel sugukalade tiigi väljapüügil kõik Kalatalu Härjanurmes sägad (jäid kuivale) ja teistes kasvandustes ei olnud suguküpseid sägasid. 2022. aasta suvel Karilatsi Kalamajand OÜ-s läbi viidud paljundamiskatseid on kirjeldatud aruande punktis 1.

Kasvatamise katsed

2018-2022 jagasime säga vastseid ja noorkalu ka vesiviljelussektori koostööpartneritele kasvatuskatsete läbiviimiseks nende tiigimajandites või RAS süsteemides.

31.07.2018 OÜ Lapavira 1105 kala keskmine massiga 4,57 grammi.

28.08.2018 OÜ Lapavira 602 kala, kogumassiga 21,5 kg ja keskmise massiga 35,7 grammi.

Sägasid kasvatati Lapavira OÜ korduva veekasutusega süsteemis Viimsis optimaalsel temperatuuril 24-26 °C. Kontrollkaalumisel 13.12.2018 oli sägade keskmine mass 680, 6 g. Tootmiskatse lõpus 23.03.2019 analüüsiti 1232 kala kogumassiga 1474 kg. Keskmine kehamass oli 8,5 kuu vanustel kaladel 1,2 kg.

31.07.2018 Kalatalu Härjanurmes, 1367 kala keskmine massiga 4,08 grammi.

05.06.2019 Kalatalu Härjanurmes: Leedu Simnase kalamajandist toodud sägade vastsed ca 7500 tk., asustati kaubakarpkala tiiki; 23.09.2019 ja 03.10.2019 väljapüügil alles 255 tk., keskmine mass 63,5 g, asustati tiiki koos karpkala ja valge amuuri sugukaladega; kevadel alles vaid 2 säga.

10.09.2019 Kalatalu Härjanurmes:

- Hodonini liini sägad 652 tk., keskmine mass 45 g, pandi talvituma karpkalatiiki koos 1+ karpkaladega; kevadel (14.04.2020) alles 11 tk., keskmine mass 33,6 g; 19-21.10.2020 alles 9 tk., keskmise kehamaasiga 739 g.

- Vodnany liini sägad 598 tk., keskmine mass 45 g, pandi talvituma karpkalatiiki koos 1+ karpkaladega; kevadel (08.04.2020) alles 11 tk., keskmine mass 31 g.

09.07.2019 Carpio Riina Kalda, 1000 tk, keskmine mass 0.3 g, asustatud erinevatesse karpkala tiikidesse. Tagasiside puudub.

12.07.2019 Simuna Ivax OÜ, 1894 tk., keskmine mass 0.37 g, asustati karpkala tiiki ja karjääri. Tagasiside puudub.

23.07.2019 Krei-Jõe OÜ, 768 tk., keskmine mass 2 g. Tagasiside puudub.

12.09.2019 Simuna Ivax OÜ, 568 tk., keskmine mass 44 g, asustati karpkala tiiki ja karjääri. Tagasiside puudub.

20.09.2019 Järvamaa Kutsehariduskeskus Säreveres 93 tk., keskmine mass 79.8 g; RAS keskkonnatingimuste võrdluskatse (vt. aruande punkt 2.6).

17.12.2021 Jaesto OÜ, 107 tk., keskmine mass 230,6 g, asustati RASi; 04.02.2022 alles 101 tk, keskmine mass 239 g, surmatud anesteetikumi üledoosiga parasiidiga (*Ichthyophthirius multifiliis*) massilise tabandumise tõttu, tõenäoline nakkusallikas Kreekas toodud tuurad.

Säga sugukarja moodustamine koostööpartnerite tiigimajandites

18.07.2022 andsime partnerile Kalatalu Härjanurmes üle 7 emaskala keskmise kehamassiga 9886 g ja 5 isaskala keskmise kehamassiga 11035 g säga sugukarja moodustamiseks ja edasiseks pidamiseks nende tiigimajandis.

19.07.2022 andsime partnerile Karilatsi Kalamajand OÜ üle 11 kala keskmise kehamassiga 5631 g säga sugukarja moodustamiseks ja edasiseks pidamiseks nende tiigimajandis.

8.2. Anesteetikumide võrdluskatsed

Säga eluskalade käitlemisel (kaalumisel, mõõtmisel, paljundamisel) on oluline vältida kalade vigastamist ja neile stressi ja valu põhjustamist. Seetõttu on käitlemiseks vajalik kalade eelnev anesteetimine. Jaanuarist kuni maini 2019 viidi EMÜ vesiviljeluse katsebaasis läbi erinevate anesteetikumide võrdluskatsed säga noorkaladega. Kirjanduse põhjal katsetati sägale sobivaid anesteetikume MS-222, bensokaiin, etüleenglükool eeter ja propistsiin. Iga anesteetikumi puhul kasutati vähemalt viit erinevat kontsentratsiooni ja igas katsevariandis kasutati nelja kala. Määrati kalade anesteesiaseisundi saabumise ja anesteetikumi mõjust toibumise aeg. Kõige paremini sobisid säga noorkalade anesteetamiseks bensokaiin ja etüleenglükool eeter. Katse tulemuste põhjal koostati ja kaitsti 2019.a. EMÜ-s edukalt kalakasvatuse ja vesiviljeluse õppekava üliõpilase Ivo Sööt'i bakalureusetöö „Erinevate anesteetikumide mõju Euroopa säga (*Silurus glanis* L.) uinutamisel“ (juhendaja Heiki Jaanuska) (Sööt, 2019).

8.3. Katsete läbiviimiseks vajaliku infrastruktuuri täiendamine

Säga kunstliku paljundamise ja kasvatamise tehnoloogiate innovaatiliste tegevuste edukamaks läbiviimiseks valmis 2018.a. detsembris EMÜ vesiviljeluse õppetooli uus katsebaas (ehituslikud tööd EMÜ omavahendite abil), mille sisustamiseks kaasaegse haudemaja ja korduva veekasutusega (RAS) kasvatusüsteemiga teostati 2019.a. märtsis riigihange (nr 207317). Kahjuks laekus hankele vaid üks

pakkumus, mille maksumus ületas oluliselt innovatsioonitoetuse eelarves selleks ette nähtud rahalisi vahendeid ja seetõttu ei olnud hankelepingut võimalik sõlmida. Seetõttu viidi läbi uus riigihange (nr. 217209) vähendatud mahus (korduva veekasutusega (RAS) kasvatusüsteemid ilma haudemaja seadmeteta), mille võitjaks osutus Tiigitehnika OÜ, kellega sõlmiti leping 03.02.2020. Tööde üleandmise-vastuvõtmise akt allkirjastati 19.06.2020 ja seetõttu oli meil võimalik jätkata 2019. aastal alustatud sägapopulatsioonide produktiivtunnuste võrdleva hindamise katset ning moodustada säga sugukari juba uues katsebaasis, kus on sägade täistsükliliseks kasvatamiseks loodud optimaalsed tingimused, mis vanas katselaboris puudusid. Katsebaasis on kaks üksteisest sõltumatut korduva veekasutusega viljelussüsteemi: 1) 1 m³ mahuga basseinide süsteem (9 basseini) ja 2) 3,4 m³ mahuga basseinide süsteem (3 basseini). Katsebaas on nõuetekohaselt registreeritud katseloomade kasvatamise, katseloomadega varustamise ja katseloomade kasutuse ettevõtteks ka Põllumajandus- ja Toiduametis (tegevusluba nr. KL 1213, registreeritud 28.12.2020) ja PRIA-s.

Kasutatud kirjandus

- Brzuska, E. (2001). Artificial spawning of European catfish *Silurus glanis* L.: differences between propagation results after stimulation of ovulation with carp pituitary and Ovopel. *Aquaculture Research*, 32, 11-19.
- Brzuska, E., Adamek, J. (1999). Artificial spawning of European catfish, *Silurus glanis* L.: stimulation of ovulation using LHRH-a, Ovaprim and carp pituitary extract. *Aquaculture Research*, 30, 59-64.
- Lang, K. (2018). *Säga (Silurus glanis L.) loodusliku populatsiooni ja Eestisse imporditud kasvanduste karjade geneetilise iseloomustamine*. Magistritöö, Eesti Maaülikool. 74 lk.
- Linhart, O., Gela, D., Rodina, M., Kocour, M. (2004). Optimization of artificial propagation in European catfish, *Silurus glanis* L. *Aquaculture*, 235, 619-632.
- Ozerov, M., Flajšhans, M., Noreikiene, K., Vasemägi, A., Gross, R. (2020). Draft genome assembly of the freshwater apex predator wels catfish (*Silurus glanis*) using linked-read sequencing. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 10, November, 3897-3906).
- Saaremäel, S. (2020). *Erinevate tegurite mõju Euroopa säga (Silurus glanis L.) juurdekasvule kahe erineva RAS-süsteemi näitel*. Bakalaureusetöö, Eesti Maaülikool. 34 lk.
- Sööt, I. (2019). *Erinevate anesteetikumide mõju Euroopa säga (Silurus glanis L.) uinutamisel*. Bakalaureusetöö, Eesti Maaülikool. 53 lk.
- Ulikowski (2004). European catfish reproduction outside of the spawning season. *Archives of Polish Fisheries*, 12, 121-131.

Kokkuvõte

Säga on üks suurima kasvukiirusega röövkalasid Euroopas ja tänu oma kiirele kasvule ja suurepärasele tarbimisomadustele (maitsev väheste luudega liha, kõrge lihasaagis, puuduvad soomused) ka perspektiivne uus vesiviljelusliik Eestis, võimaldades suurendada ja mitmekesistada Eesti vesiviljelustoodangut. Tänu soojalembusele võiks säga olla eriti sobiv just korduva veekasutusega süsteemides (RAS) kasvatamiseks ning samuti ka läbivoolavat sooja vett (näit. elektri jaamade jahutusvesi või ka soojem jõevesi) kasutatavatele kavandustele. Sellest tulenevalt oli toetatava tegevuse eesmärgiks arendada Eestis välja ja optimeerida säga kunstliku paljundamise ja kasvatamise tehnoloogiad ning selgitada välja parimate kalakasvatustüüpide omadustega ja geneetiliste näitajatega liinid. Eesmärgi saavutamiseks viidi läbi järgmised tegevused:

1. Omandati ja kohendati RAS süsteemi jaoks Tšehhis, Lõuna-Böömi ülikooli vesiviljeluse uurimiskeskuses välja töötatud ja optimeeritud säga kunstliku paljundamise meetodika;
2. Selgitati välja erinevate söötmis- ja keskkonnatingimuste mõju sägavastsete ja noorkalade arengule korduva veekasutusega süsteemis;
3. Selgitati välja parimate produktiivtunnustega (kasvukiirus, ellujäävus, tarbimisomadused) sägaliinid korduva veekasutusega süsteemis kasvatamiseks;
4. Selgitati välja suurima geneetilise mitmekesisusega sägakarjad;
5. Tšehhi päritolu sägaliinide ja nende ristandite baasil moodustati säga sugukari, lähtudes geneetilise mitmekesisuse tagamise ja inbriidinguohu minimeerimise printsiipidest;
6. Hinnati sägade tervislikkuse seisundit korduva veekasutusega süsteemis;
7. Koostati säga kunstliku paljundamise ja vee korduvkasutusega süsteemis kasvatamise tehnoloogia praktiline juhend.

Summary

European catfish (wels) is one of the fastest growing predatory fish in Europe and thanks to its fast growth and excellent consumption characteristics (delicious meat with few bones, high meat yield, no scales) also a promising new aquaculture species in Estonia, allowing to increase and diversify Estonian aquaculture production. Due to its preference for warm waters, catfish could be especially suitable for growing in recirculating aquaculture systems (RAS) and also for fish farms using flowing warm water (e.g. cooling water from power plants or warmer river water). Hence, the goal of the supported activity was to develop and optimize the technologies of artificial reproduction and breeding of catfish in Estonia, and to identify strains with the best performance and genetic characteristics. To achieve the goal, the following activities were carried out:

1. The methodology of artificial reproduction of European catfish developed and optimized in the South Bohemian Research Center of Aquaculture and Biodiversity of Hydrocenoses, Vodnany, Czech Republic was adapted for catfish broodstock kept in RAS;
2. The effect of different feeding and environmental conditions on the development of catfish larvae and young fish in a RAS system was revealed;
3. Catfish strains with the best performance characteristics (growth rate, survival, consumption characteristics) were identified for breeding in a RAS system;
4. Catfish stocks with the highest genetic diversity were identified;
5. On the basis of catfish strains of Czech origin and their crosses, a catfish broodstock was formed based on the best available practices;
6. The health status of catfish in a RAS system was evaluated;
7. A practical guide to the technology of artificial propagation and cultivation of catfish in RAS systems was prepared.

Aruande lisad:

Lisa 1. Alltech Coppensi soovituslik söötmistabel euroopa sägale

Lisa 2. Tegevuste elluviimise etapid kvartalite ja aastate arvestuses

Lisa 3. Praktiline juhend „Euroopa säga (*Silurus glanis*) paljundamine ja kasvatamine vee korduvkasutusega süsteemis“ (eraldi pdf fail)

Lisa 1. Alltech Coppensi soovituslik söötmistabel euroopa sägale

European Catfish					
Fish size (g)	Pellet size (mm)	Water temperature			Feed type
		21 °C	23 °C	25 °C	
< 0,2	0,2-0,3/0,3-0,5	satiation			Artemia/Essence
0,2-0,5	0,5-0,8	6,75	8,16	9,87	Advance
0,5-2,0	0,8-1,2	5,47	6,62	8,00	Advance
2-4	1,5	4,39	5,31	6,42	Start Premium
10	2,0	3,45	4,17	5,05	Star Alevin
50	3,0	2,50	3,03	3,66	Supreme-10
100	3,0/4,5	2,18	2,63	3,18	Supreme-10
200	4,5	1,90	2,29	2,77	Supreme-10
350	4,5	1,48	1,79	2,17	Supreme-10
500	6,0	1,18	1,43	1,73	Supreme-10
750	6,0	1,00	1,21	1,46	Supreme-10
1000	8,0	0,86	1,04	1,26	Supreme-10
1250	8,0	0,74	0,89	1,08	Supreme-10
1500	8/10	0,63	0,77	0,93	Supreme-10
1750	8/10	0,61	0,74	0,90	Supreme-10
2000	8/10	0,60	0,72	0,87	Supreme-10

Feeding table in % BW/day, based on optimal farming conditions.

This feeding table is an indication only.

Lisa 2. Taotluses kavandatud tegevuste elluviimise etapid kvartalite ja aastate arvestuses

Tegevused	2017		2018				2019				2020				2021				2022			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Tegevuste planeerimine ja ettevalmistamine	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Õppereisid Taani ja Tšehhi Vabariiki		X		X				X														
Kunstliku paljundamise ja inkubeerimise katsed				X	X			X	X							X	X				X	X
Vastsete ja noorkalade söötiskatsed RAS-is	X				X	X			X	X							X	X	X	X		
Produktiivtunnuste võrdleva hindamise katsed RAS-is								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Geneetilised uuringud		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Parasiitide tõrjemeetodite optimeerimine ja kalade tervisliku seisundi hindamine				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sugukarja moodustamine												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sägakasvatuse praktilise juhendi koostamine															X	X	X	X	X	X	X	X
Andmeanalüüs		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Katsebaasi sisseseade täiendamine	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Konverentsidel osalemine										X												
Aruandluse koostamine ja esitamine			X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X	X	X	X