

EESTI MAAÜLIKOOL
VETERINAARMEDITSIINI JA LOOMAKASVATUSE INSITUUT
VESIVILJELUSE ÕPPETOOL



Euroopa Merendus- ja Kalandusfondi (EMKF) 2014–2020 rakenduskava vesiviljeluse innovatsioonitoetuse
projekti nr 821017780002

RESSURSI- JA KESKKONNASÄÄSTLIKE LAHENDUSTE VÄLJATÖÖTAMINE JÕEVÄHKIDE SÖÖTMISEL, TAGAMAKS
VÄHIKASVATUSE EFEKTIIVSUSE JA TOODANGU SUURENAMIST EESTIS (01.09.2017–31.12.2022)

LÕPPARUANNE

Projektijuht ja vastutav täitja: Katrin Kaldre, *PhD*

Täitjad: Härm Hiiemäe, Taigor Veevo, Margo Hurt



Tartu 2022

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
1. SÖÖTMISKATSED EESTI MAAÜLIKOOLI AKVAARIUMIDES.....	4
1.1. I pilootkatse marmorvähkidega	4
1.1.1. Materjal ja meetodika.....	4
1.1.2. Tulemused.....	5
1.1.3. Kokkuvõte ja järeldused	6
1.2. II pilootkatse jõevähkidega	6
1.2.1. Materjal ja meetodika.....	6
1.2.2. Tulemused.....	9
1.2.3. Kokkuvõte ja järeldused	11
1.3. Söötmise põhikatsed samasuviste jõevähkidega	13
1.3.1. Materjal ja meetodika.....	13
1.3.2. Tulemused.....	17
1.3.3. Kokkuvõte ja järeldused	21
2. SÖÖTMISKATSED VÄHIMAJANDITES	22
2.1. Söötmisskatse samasuviste jõevähkidega FIE Kalatalus Härjanurme	22
2.1.1. Materjal ja meetodika.....	22
2.1.2. Tulemused.....	24
2.1.3. Kokkuvõte ja järeldused	25
2.2. Söötmisskatsed 1- kuni 4-aastaste jõevähkidega RMK Põlula kalakasvatusteskeskuses	25
2.2.1. Materjal ja meetodika.....	25
2.2.2. Tulemused.....	29
2.2.3. Kokkuvõte ja järeldused	34
2.3. Söötmisskatsed 3- ja 4- aastaste vähkidega OÜ TP Invest vähikasvanduses	35
2.3.1. Materjal ja meetodika.....	35
2.3.2. Tulemused.....	40
2.3.3. Kokkuvõte ja järeldused	44
3. LISAKATSED	45
3.1. Ofeedo karpkala söötade katse 1-aastaste jõevähkidega EMÜ akvaariumides	45
3.1.1. Materjal ja meetodika.....	45
3.1.2. Tulemused.....	48
3.1.3. Kokkuvõte ja järeldused	50
3.2. Sümbiootikumide söötmisskatse 1-aastaste jõevähkidega EMÜ akvaariumides	51
KOKKUVÕTE	52
Summary	54
Kasutatud kirjandus.....	56

SISSEJUHATUS

Eestis on vähikasvatusega tegeletud üle 20 aasta, kuid toodangu mahtusid ei ole vaatamata senistele investeeringutoetustele suudetud tõsta. Selle üheks põhjuseks võib pidada jõevähi kasvatamiseks sobivate söötade puudumist. Ka mujal maailmas on vähikasvatuse üheks peamiseks probleemiks peetud oluliste komponentide osas tasakaalustatud sööda puudumist, mis vähendaks kannibalismi ja kiirendaks kasvu (Kozak *et al.*, 2015). Kui algselt arvati, et jõevähid on aplad ja valimatud sööjad ja kasvavad hästi taimetoidul, siis viimase aja uuringud on näidanud, et vähid eelistavad loomset sööta, mille juures on ka kasv kiirem (Kaldre *et al.*, 2015, Kozak *et al.*, 2015, Rush, Füreder, 2015). Seni on Eesti vähikasvandustes vähisöödana kasutatud peamiselt madala proteiinisisaldusega karpkala sööta, teravilja ning lisaks söödetud värsket kala. Karpkala sööt ega teravili ei taga piisavat loomse proteiini vajadust vähkide kiiremaks kasvuks ning söötes värsket kala või muud värsket loomset sööta, suureneb kiiresti tiikide reostus ja eutrofeerumine, mida on kogunud mitmed Eesti vähikasvatavad. Teised kalasöödad, näiteks forellisööt, ei sobi vähkidele kõrge rasvasisalduse tõttu. Vähid vajavad pigem loomse päritoluga proteiinirikast kui rasvarikast sööta ja eri vanuses vähkide toitainete vajadus erineb (Kozak *et al.*, 2015), kuid optimaalse koostisega söötasid turul saada ei ole.

Järjest enam pööratakse tähelepanu polüfenoolide söödalisandina kasutamist, mis toimivad antioksüdantidena ja vähendavad organismis vabade radikaalide kahjustavat toimet parandades immuunsüsteemi (Parillo *et al.*, 2017).

Vähi bioloogilisi iseärasusi arvestavate optimeeritud koostisega vähisöötade välja töötamine ja kasutuselevõtt võimaldab säästlikumalt kasutada söötade valmistamiseks vajalikke ressursse ning erinevate vanusrühmade söötmissrežiimi optimeerimine võimaldab vähendada ka keskkonnareostust. Optimeeritud söötade ja söötmissrežiimi rakendamine annab lisandväärtuse kogu vähikasvatuse tarneahela ulatuses, võimaldades suurendada vähkide kasvukiirust, asustihedust ja ellujäämist, tagades seeläbi vähikasvatuse suurema efektiivsuse erinevatel kasvuetappidel ja suurema vähikasvatuse toodangu Eestis.

Käesoleva projekti eesmärgiks oli välja töötada optimaalse koostise ja struktuuriga ressursi- ja keskkonnasäästlik sööt jõevähi erinevate vanusrühmade jaoks. Granuleeritud vähisööt töötati välja koostöös Sannio Ülikooliga Itaalias, kus tegeletakse nii kalade kui vähkide söötamise alaste uuringutega. Projekti raames disainitud sööta võrreldi praegu vähikasvandustes kasutatavate söötadega ning turul saadaolevate profiili poolest sobivate teiste kalasöötadega kokku 15 erinevas söötmiskatses.

Söötmiskatsed, mille tulemusi käesolevas lõpparuandes esitletakse, viidi läbi eri vanuses jõevähkidega ning lisaks üks katse marmorvähkidega nii Eesti Maaülikooli vesiviljeluse õppetooli katsebaasi akvaariumides kui vähikasvandustes perioodil 2017-2022.

Autorid tänavad projektis osalenud endisi kolleege Marje Aidi, Kerli Haugjärve, Heiki Jaanuskat ja postuumselt Tiit Paaverit. Andmete kogumine ja katsed said võimalikuks tänu heale koostööle vähi- ja kalakasvandustega OÜ TP Invest, FIE Kalatalu Härjanurmes ja RMK Põlula Kalakasvatusteskus. Katsete läbiviimisel olid suureks abiks nii EMÜ kalakasvatuse üliõpilased Agnes Teorein, Marten Ojang, Ketter Kärp kui ka külalisdoktorant Serena Facchiano Sannio Ülikoolist. Vee-, sööda- ja vähkide keemiliste analüüside eest täname Anne Paaverit Tartu Ülikoolist ja EMÜ söötmisteaduse õppetooli. Suurepärase koostöö eest täname prof. Marina Paoluccit Sannio Ülikoolist Itaalias ning andmete statistilise analüüsi eest Mari Liivat.

1. SÖÖTMISKATSED EESTI MAAÜLIKOOLI AKVAARIUMIDES

1.1. I PILOOTKATSE MARMORVÄHKIDEGA

Projekti alguses olid Eesti Maaülikoolis olemas marmorvähid, kes kestuvad ja kasvavad akvaariumitingimustes aastaringiselt. Sobivate katseloomade olemasolu andis võimaluse esimene vähi söötmise pilootkatse läbi viia planeeritust varem, ajavahemikul 30.10.2017 – 20.02.2018 (114 päeva). Pilootkatse eesmärgiks oli välja selgitada vähkidele sobiv söödanorm ja -režiim ning söötmisskatseks vajalikud tingimused.

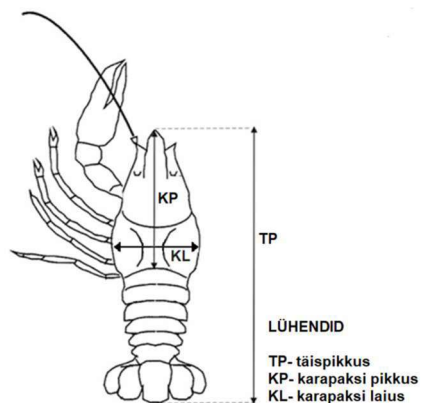
1.1.1. MATERJAL JA METOODIKA

Katse viidi läbi kuues 55 l suuruses akvaariumis, mis olid varustatud varjepaikade ja filtritega, põhjas tumehall kruus (joonis 1). Akvaariumides oli toatemperatuur ($22,3 \pm 1,4$ °C). Hapnikusisaldus $7,0 \pm 1,5$ mg/l ning pH $8,5 \pm 0,2$.



Joonis 1. Katseakvaariumid.

Katsesöötaideks valiti Eesti vähikasvandustes kasutatav karpkala sööt Carp Aller Classic Vitamax 2,0 mm, millele anti lisaks külmutatud särge ning teine katsegrupp sai JBL NovoPrawn krevetisööta. Katses osales kokku 80 vähki, 40 vähki kummaski söödagrupid, kolmes korduses. Karpkala + särge söödagrupi vähkide keskmine pikkus ja standardhälve (SD) oli katse alguses $52,6 \pm 21,8$ g, krevetisööda grupis $43,0 \pm 14,5$ g. Karpkala söödagrupi vähid olid suuremad, kuna esimese katsenädala nädalavahetusel oli seiskunud akvaariumi filter ning vähid surid hapnikupuudusesse. Surnud vähid asendati uute vähkidega, kes olid aga mõõtmel suuremad, kui esialgsed vähid. Vähke söödeti, hooldati ning veeparameetreid mõõdeti kolm korda nädalas (E, K ja R). Söödanormiks valiti kirjanduse soovitusel katse alguses 5% vähkide massist, kuid katse jooksul vähendati 2%-ni. Karpkala sööta anti 2 X nädalas ning 1 X nädalas külmutatud särge. Krevetisööta anti 3 X nädalas. Vähid kaaluti, mõõdeti täispikkus (TP) kui karapaksi (KP) pikkus (joonis 2) nii katse alguses (20.10.2017), keskel (20.12.2017) kui lõpus (20.02.2018).



Joonis 2. Vähi mõõtmise skeem.

Vähkide TP, KP ja kehamassi absoluutne juurdekasv arutati järgmiselt:

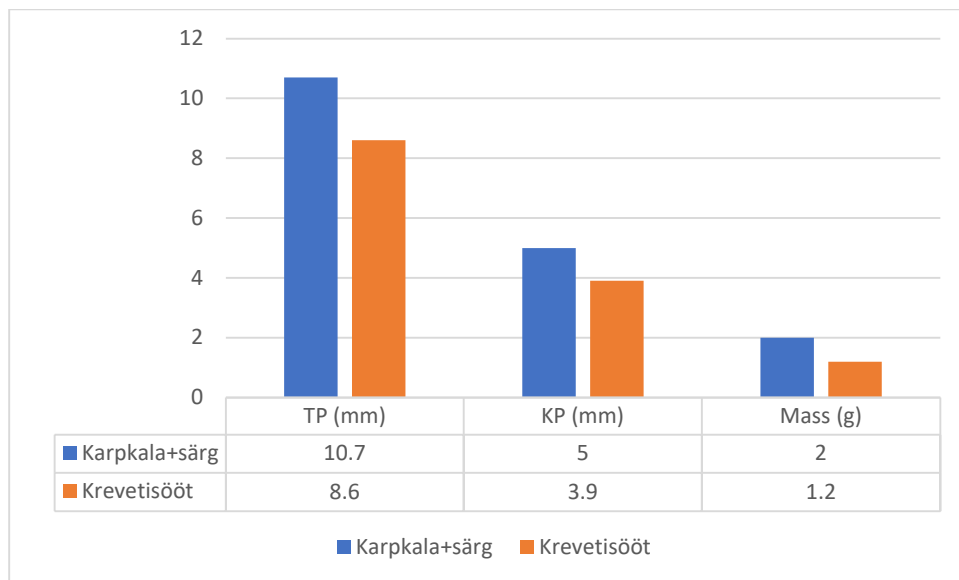
keskmise tunnuse väärtus katse lõpus – keskmise tunnuse väärtus katse alguses.

Statistilisi erinevusi hinnati T-testiga. Andmete analüüs teostati tabelarvutussüsteemiga Excel.

1.1.2. TULEMUSED

Ellujäämus oli parem krevetisöötla saanud vähkidel (73%). Karpkala + särge katsegrupi ellujäämus oli 53%.

Nii täispikkuse, karapaksi pikkuse kui massi absoluutne juurdekasv oli oluliselt kiirem ($p < 0,05$) karpkala + särge katsegrupis (joonis 3).



Joonis 3. Täispikkuse, karapaksi pikkuse ja massi absoluutne juurdekasv katsegruppides.

1.1.3. KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Karpkala+räim söödagrupi vähkide suuremat suremust võis tingida külmutatud räimega lisaks söötmine, mis akvaariumisse seisma jäädes halvendas veekvaliteeti ning akvaariume tuli ka põhjalikumalt puhastada. Samas karpkala+räim söödagrupi vähkide kasv oli krevetisööta saanud vähkide omast oluliselt kiirem, mille tõttu edaspidistes katsetes otsustati väga kalli (93 EUR/kg) krevetisööda asemel disainida kaks erineva koostisega spetsiaalset vähisööta, et neid võrrelda Carp Aller Classic Vitamax kalasöödaga. Katse käigus selgus ka, et kirjanduse soovitatud 5% söödanorm oli marmorvähkide jaoks liiga suur. Optimaalne on 2%.

1.2. II PILOOTKATSE JÕEVÄHKIDEGA

Pilootkatse jõevähkidega, mille eesmärk oli leida jõevähkide jaoks sobiv söötmisskatsete läbiviimise meetoodika vee korduvkasutussüsteemiga akvaariumitingimuste jaoks, viidi algselt planeeritud 1-aastaste vähkide asemel läbi 3-aastaste jõevähkidega, kuna tehnilistel põhjustel ei õnnestunud 2018. aasta suve alguses väiksemaid vähke tiikidest kätte saada.

1.2.1. MATERJAL JA METOODIKA

Katsetingimused

Katse viidi läbi Eesti Maaülikooli laboris ajavahemikul 25.06.2018 – 27.08.2018 Härjanurme Kalatalust toodud kolmeaastaste jõevähkidega (60 tk) keskmise kaaluga $12,08 \pm 2,72$ g ja keskmise täispikkusega (TP) $71,89 \pm 4,73$ mm. Katse jaoks kasutatud 54 jõevähki paigutati Eesti Maaülikooli vesiviljeluse õppetooli labori üheksasse klaasist põhjaga akvaariumisse, asustustihedusega 1,96 vähki m^2 -l (joonis 4). Igasse akvaariumisse paigutati üks emane ja viis isast vähki, kes märgistati mikrokiipmärgisega, kaaluti ning mõõdeti täispikkus (TP), karapaksi pikkus (KP), postorbitaalne pikkus (POP), laka laius (LL), parema sõra pikkus (PSP) ja laius (PSL) ning vasaku sõra pikkus (VSP) ja laius (VSL). Ülejäänud kuus jõevähki asustati kümnendasse akvaariumisse reservi. Ühe akvaariumi maht oli 112 liitrit, mõõtmetega 790x400x350 mm ja põhja suurus 0,32 m^2 . Akvaariumid on korduvveekasutuse süsteemiga, mille igapäevane veevahetus oli 30%. Igasse akvaariumisse paigutati 18 üheksa cm pikkust ja kahe cm läbimõõduga plastiktoru arvestusega kolm varjupaika vähi kohta. Pärast 27.08.2018 jälgiti kuni 08.10.2018 lisaks vähkide kestumisi ja suremusi, et hinnata vähkide juurdekasvu katsegruppide lõikes.

Katse jooksul põgenes akvaariumidest kokku 15 vähki 60-st (25%), neist kümme katse esimesel poolel, enne 3. augustit ja viis pärast 3. augustit. Arvesse võeti katse esimesel nädalal põgenenud nelja vähki, kes asendati reservis olevate vähkidega. Põgenemiste vältimiseks lisati 29. juunil akvaariumidele gofroplastist katted, mida algselt ei olnud. Igapäevaselt registreeriti veetemperatuur, hapniku kontsentratsioon ja pH ning lisaks viidi täiendavad veeanalüüsid läbi Tartu Ülikooli Keemialaboris neli korda katse jooksul. Katse läbiviimise meetoodika ja töö tulemused on detailsemalt esitatud valminud bakalaureusetöös (Lisa 1).



Joonis 4. Katseakvaariumid.

Söötade koostis ja söötmine

Marmorvähkidega läbi viidud pilootkatse tulemuste põhjal otsustati krevetisööda asemel töötada projekti raames välja kaks erineva koostisega vähisööta, mida võrreldi Eesti vähikasvandustes kasutatava söödaga (karpkala sööt ja lisatud kala). Kaks spetsiaalsööta olid arvestatud ökonoomseks kasutamiseks (Economy, odavam hind, vähem komponente) või võimalikult kvaliteetsemaks söötmiseks (Gold, kallim sööt, rikkalikum koostis). Söötiskatseks vajaminevad vähisöödad saadeti Itaaliast Sannio ülikoolist aprilli lõpus 2018.

Iga söödagrupp oli kolmes korduses. Kolmes esimeses akvaariumis (I-1;2;3) anti vähkidele söödaks karpkala sööta Carp Aller Classic Vitamax (tabel 1). Sama sööta said vähid kasvanduses, kust nad toodud oli. Lisaks anti kord nädalas külmutatud räime tükke. Järgmises kolmes akvaariumis (II-1;2;3) kasutati söödaks odavamat Economy DIET sööta, milles oli rohkem taimset päritolu koostisosasid ning lagunes kiiremini (tabel 2). Viimases kolmes akvaariumis (III-1;2;3) kasutati kallimat Golden DIET sööta, milles oli rohkem loomset päritolu koostisosasid ning lagunes vees vähem (tabel 2). Viimasesse kahte katsegruppi lisasööta (külmutatud räim) ei antud.

Esimese 40 päeva jooksul anti vähkidele sööta 4% (~3g) nende kehakaalust kolm korda päevas automaatsöötjatega (JBL 125 ml) kell 6:00, 14:00 ja 22:00. Esimesele söödagrupile anti lisaks külmutatud kalatükke (keskmiselt 10,46 g) kella 14:00 söötmiskorra ajal kolmapäeviti, järgmisel päeval korjati allesjäänud kala akvaariumidest välja ning kaaluti.

Alates 3. augustist arutati välja uued söödanormid ning sööta hakati kaaluma 0,05 g täpsusega kaaluga ja andma käsitsi üks kord päevas enne kella 14:00. Tarbimata sööt koguti akvaariumide põhjast kokku igapäevaselt kuni 27. augustini ja filtreeriti läbi kohvifiltri, mille peal oli kirjas akvaariumi number ja kuupäev. Kohvifiltrid asetati kuivama ning kuivanud kohvifiltrid kaaluti, et hinnata järele jäänud sööda kogust.

Tabel 1. Carp Aller Classic Vitamax sööda koostis

Carp Aller Classic Vitamax	
Veretooted	Tritikale
DDGS	Vitamiinid
Sulejahu	mineraalained ja eelsegu

Kalajahu	Nisu
Linnujahu	toorvalk 30%
Rapsiseemned	toorrasv 7%
Rapsiõli	toorkiud 5,5%
Soja	toortuhk 6,3%
päevalille proteiini kontsentraat	

Tabel 2. Economy DIET ja Golden DIET sööda koostis

Koostis	Economy DIET	Golden DIET
Kalajahu %	30	30
Sojajahu %	25	25
Linnaseidu pärm %	5	5
Nisujahu %	12,75	12,75
Linaseemne õli %	2	0
Kalaõli %	0	2
Rapsiõli %	2	2
Sojaletsitiini %	0,1	0,1
Kuivatatud arteemia kestad %	15	15
Vitamiini eelsegu %	2,1	2,1
Mineraalide eelsegu %	2,1	2,1
Karboksümenetüütselluloos %	2	2
Polüfenool %	0,3	0
Askorbüülmonofosfaat %	0	0,425
Koliinkloriid %	0	0,425
Dikaltsiumfosfaat %	0	1
Astaksantiin %	0	0,10

Andmete analüüs

Veetemperatuuri, pH ja O₂ seost vähkide suremuse ja akvaariumidest põgenemisega ning söötmise ja söötmissiivi mõju söötmissääkidele analüüsiti korrelatsioonanalüüsi abil. NH₄, NO₂ ning põhjasubstraadi mõju vähkide suremusele ja kestumistele on esitatud Exceli graafikutena.

Katse alguses määrati vastavalt 4%-lisele söödanormile automaatsöötjatele päevaseks sööda koguseks 3 g akvaariumi kohta, mida katse jooksul hakati vähendada. Vastavalt vähendatud sööda kogusele ja vähkide arvu ja kaalu muutustele akvaariumis arvutati söödanorm valemi abil:

Söödanorm % = antud sööda kogus akvaariumi kohta * 100 / vähkide kaal akvaariumis kokku

Vähkide kasvu kehamassi (kaal) ning morfoloogiliste tunnuste (täispikkus, karapaksi pikkus, post-orbitaalne pikkus, laka laius, vasaku ja parema sõra pikkus ja laius) osas hinnati suhteliste juurdekasvudena.

Suhteline juurdekasv protsentides leiti valemiga:

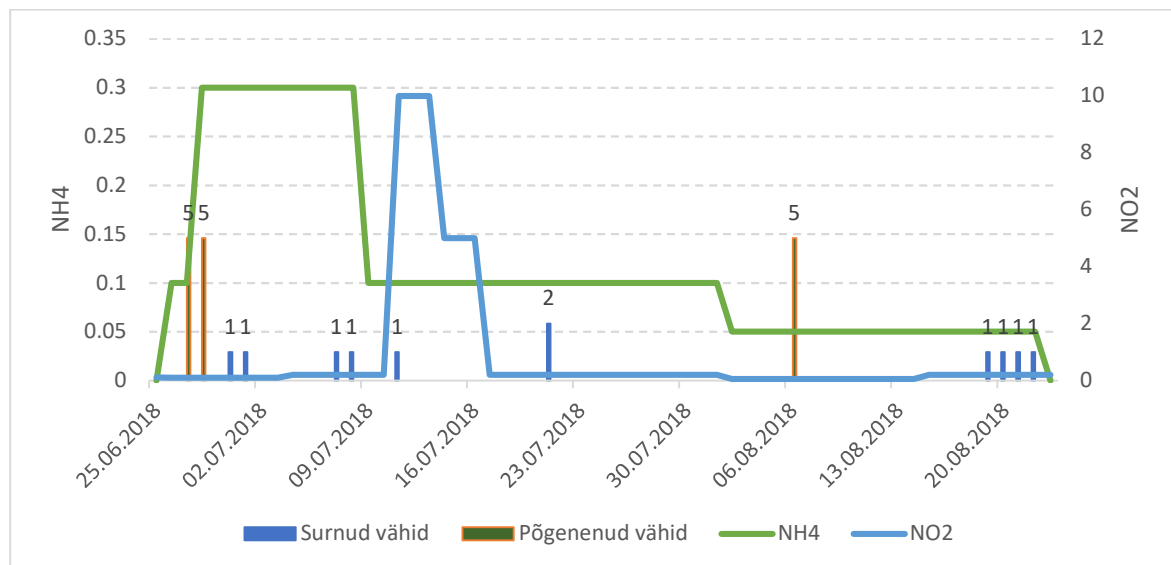
Mõõdetava tunnuse suhteline juurdekasv (%) = [(tunnuse väärtus katse lõpul – tunnuse väärtus katse algul)/tunnuse väärtus katse algul] * 100.

Andmete analüüs teostati tabelarvutussüsteemiga Excel.

1.2.2. TULEMUSED

Veekeemia mõju ellujäämusele

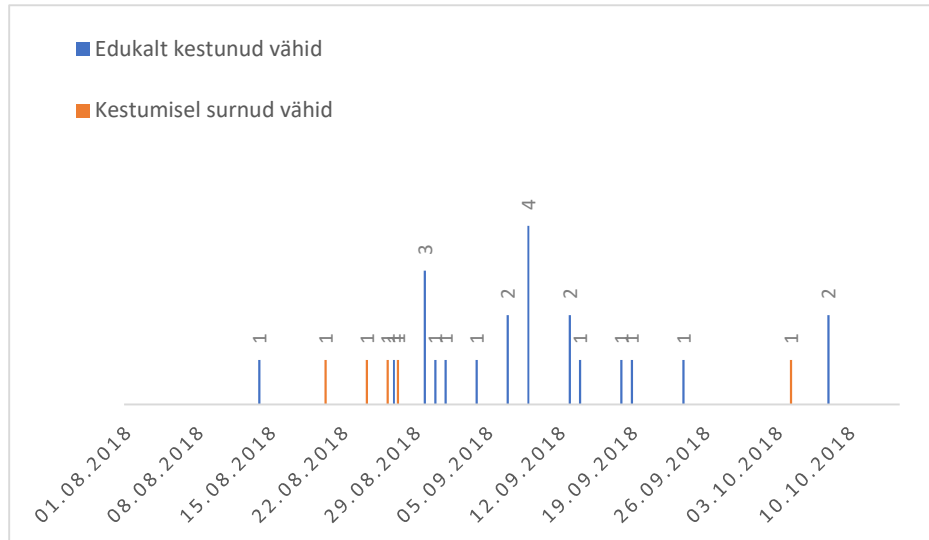
Pilootkatse tulemused on põhjalikumalt esitatud Lisas 1, kuid olulisem on esile tuua vähkide suur suremus katse alguses, mil ammooniumi NH₄ tase oli kõrge (0,3 mg/l) ning koos kõrge pH (8,45) tasemega tõusis ka ammoniaagi NH₃ kontsentratsioon vees, kuna biofilter ei olnud korralikult tööle hakanud. Sellel perioodil põgenes akvaariumidest 10 vähki ja suri viis (joonis 5), mis näitab kõrge ammooniumisisalduse mõju vähkide käitumisele ja suremusele. Augusti lõpus surid vähid ebaõnnestunud kestumise tulemusel.



Joonis 5. Vee NH₄ ja NO₂ sisalduse muutus ning surnud ja põgenenud vähkide arv katse vältel ajavahemikul 25.06.-27.08.2018.

Põhjasubstraadi mõju kestumisele

Katse alguses olid akvaariumide põhjad klaasist, ilma põhjasubstraadita, et oleks võimalik söödajääke kokku koguda. Klaasist sile põhjapind ei olnud aga soodne vähi kestumisele, kuna kesta vahetades polnud kusagile kinnituda. Pärast kruusa lisamist akvaariumide põhja (29.08.2018) hakkasid ka vähid edukalt kestuma (joonis 6), mida jälgiti kuni 08.10.2018. Algselt hoiti vähke loodusliku valguse käes, kuid kestumiste soodustamiseks lülitati 13.08 sisse valgustid akvaariumide kohal režiimiga 12h valge, 12h pime.



Joonis 6. Katse jooksul edukalt kestunud ja kestumisel surnud vähkide arv (25.06.-08.10.2018).

Söötmine ja söötmissrežiim

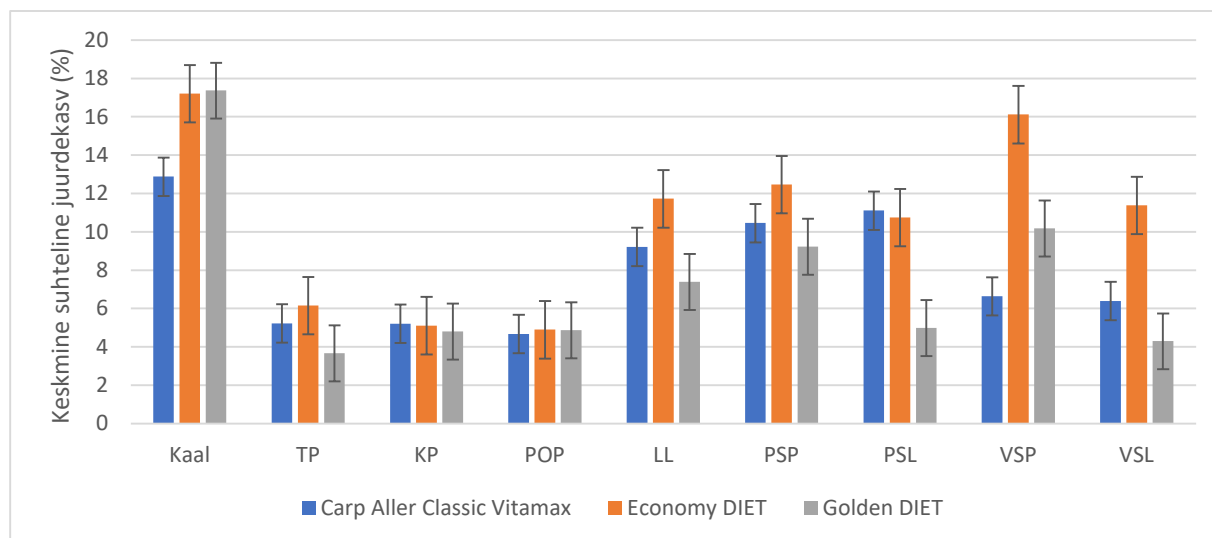
Käesolevas katses kasutatud automaatsöötjatel ei olnud võimalik seadistada antava sööda täpset kogust grammides vaid söötjatel oli kaheksa taset, mis tuli kogusele vastavalt seadistada. Seemann *et al.* (2014) ja Mazlum *et al.* (2011) söötmiskatse andmetele tuginedes alustati vähkide söötmist söödanormiga ~4% keskmisest massist, mis jaotati kolme söötmiskorra peale ööpäevas. Sööda kogus akvaariumi peale tuli ~3 g.

Söötjad olid mõeldud söödale suurusega 3 mm. Antav sööt oli söötja jaoks liiga suur, ning vajalik oli eelnev sööda purustamine. Sööt tuli purustada ühtlasteks tükkideks, et vältida ebatäpseid söödakoguseid ja söötjate kinni kiilumist. Samuti olid söötjad väga tundlikud, lisades akvaariumisse sööta ka õrnema käepuudutuse korral, mida tuli akvaariumeid puhastades sageli ette. Söötjate kasutamine osutus ebavajalikuks, kuna antavat kogust vähendati miinimumini ja sööta jäi endiselt liiga palju söömata. Alates 3. augustist käsitsi söötmisele üle minnes sai söödakoguseid täpsemini reguleerida ja peale nädalapikkust katsetamist vähenes söödakadu. Seega söötmissviis mõjutab oluliselt söötmisjääkide teket (joonis 10 Lisas 1). Söötjate kasutamine lõpetati Carp Aller Classic söödal 2,1%-lise söödanormi juures (joonis 11 Lisas 1), Economy DIET söödal 2%-lise söödanormi juures (joonis 13 Lisas 1) ja Golden DIET söödal 2,3%-lise söödanormi juures (joonis 14 Lisas 1).

Kasv ja ellujäämus

Edukalt kestus 22 vähki, kellel sai mõõta juurdekasvu. I söödagrupid võeti juurdekasv kaheksalt vähilt, II söödagrupid viielt vähilt ja III söödagrupid üheksalt vähilt. Kahel edukalt kestunud vähil ei suudetud kestumise kuupäeva fikseerida. Viis vähki surid kestumise ajal. Samuti suri viis vähki vahetult pärast kestumist, kuid juurdekasv jäi kõikidel mõõtmata, kuna üks vähk põgenes akvaariumist, ühel vähil oli puudu vasak sõrg, ühel olid puudu mõlemad sõrad ning kaks olid poolenisti söödud. Vähkide kestumiste jälgimise lõpetasime 08.10.2018, selleks ajaks ei olnud kolm vähki veel kestunud.

Carp Aller Classic Vitamax katsegrupi kõikide suhteliste juurdekasvude keskmine oli 7,98%, Economy DIET katsegrupil oli 10,65% ja Golden DIET katsegrupis oli 7,42% (joonis 7).



Joonis 7. Katsegruppide keskmised suhtelised juurdekasvud ± standardhälve (SD) kaalus, täispikkuses (TP), karapaksi pikkuses (KP), post-orbitaalses pikkuses (POP), laka laiuses (LL), parema sõra pikkuses (PSP), parema sõra laiuses (PSL), vasaku sõra pikkuses (VSP) ja vasaku sõra laiuses (VSL) katseperioodi jooksul (25.05.-08.10.2018).

Katse lõppedes oli Carp Aller Classic Vitamax+räim katsegrupi ellujäämus 33,3%, Economy DIET katsegrupi ellujäämus oli 27,8%, ja Golden DIET katsegrupi ellujäämus oli 44,4%.

1.2.3. KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Katse näitas, et veekorduvkasutusega süsteemiga akvaariumides, kus vesi puhastub läbi filtrite, on vajalik, et biofilter enne vähkidega asustamist korralikult käivituks. Vähkide suremus (7 vähki) juba katse alguses oli tingitud ammoniaagi kontsentratsiooni tõusust vees. Selle põhjustas kõrge ammooniumi sisaldus ($\text{NH}_4=0,3 \text{ mg/l ppm}$) ja pH väärtus üle 8. Enne katse algust oleks vajalik olnud mõnda aega toita biofiltri baktereid lämmastikuühenditega (NH_4Cl), kuni söötmisest tulenevad vähkide ainevahetusjäägid ja söömata jäänud sööt hakkavad neid süsteemi ise lisama. Paigast ära veekeemia katse alguses oli ilmselt ka vähkide põgenemise peamine põhjus. Selle edaspidiseks takistamiseks asetati akvaariumidele peale gofroplastist katted. Soovitav on akvaariumidel katteid peal hoida ka ideaalsete keskkonnatingimuste korral, kuna jõevähid on osavad ronijad ja võivad läbi pugeda ka üsna kitsastest avadest.

Kirjanduse järgi on vähile soovitatav temperatuurivahemik 18-21 °C. Käesolevas katses tõusis 2018. a. suve kõrgete õhutemperatuuride tõttu ka vähkide veetemperatuur juulikuus üle optimumi (27 °C-ni), sest jahutusüsteem puudus. Kõrgema veetemperatuuri perioodil aga vähkide suremus ei suurenenud ning pideva lisaareerimise- ja veevahetusega hoiti hapnikusisaldus normi piires (üle 6 mg/l). Jõevähkide pidamiseks neile sobivas temperatuurivahemikus on soovitatav tagada sama õhutemperatuuriga ruum, kus katset läbi viiakse, sest sage veevahetus ei ole soodne biofiltrile.

Vee pH väärtus katse jooksul (8 ja 9 vahel) oli vähkidele sobiv. Mõju avaldas see vaid katse alguses, biofiltri käivitumise ajal, kui samal ajal kõrge ammooniumisisaldus tõstis ka ammoniaagi kontsentratsiooni vees. Pärast

ammooniumi sisalduse langust jäi aga pH samale tasemele, kuid vähkide suremusele see mõju ei avaldanud. Kuna vähkidele sobib kare vesi, siis pH sisaldus 8.5 juures ei ole neile otseseks probleemiks.

4-5% söödanorm ei ole 3- aastastele vähkidele sobilik, kuna sööta jääb palju tarbimata. Katse lõpuks oli keskmine söödanorm 1,7%, mille juures oli söödajääke kõige vähem ~0,4 g.

Söödajääkide paremaks ja täpsemaks kokku kogumiseks ei lisatud katse alguses akvaariumi põhjale substraati. Tuli välja, et see oli kestumiste ebaõnnestumiste põhjus, kuna vähkidel ei olnud kestumisel kusagile kinnituda. Pärast kruusa lisamist põhja hakkasid vähid edukalt kestuma. Seega vähkidega läbiviidavates söötmisskatsetes tuleb tagada neile kare põhjapind. Söödakasutuse täpsemaks hindamiseks on soovitatav akvaariumidesse lisada spetsiaalsed söödaalused.

Vähkidel soodustas kestumist ka valgus. Pärast valgustite sisse lülitamist akvaariumide kohal, režiimiga 12h valge, 12h pime, hakkasid vähid edukalt kestuma.

Automaatsöötjate kasutamine ei õigustanud ennast. Tekkis probleeme söötjate seadistamisega ning nende ebatäpsusega. Söötjad olid väga tundlikud, andes sööta peale ka õrnema puudutuse korral. Samas pidid söödatükid olema paraja suurusega, et söötja kinni ei kiiluks. Selle probleemi lahenduseks oli käsitsi söötmisele üle minek, kus söödakoguseid sai täpselt reguleerida ja katsetada.

Kokku suri katse jooksul 65% vähkidest. Põhilised suremuse põhjused olid põgenemine (25%), veekeemia (8,3%) ja kestumisjärgne suremine (11,7%). 11,7% vähkidest surid teadmata põhjustel ning 8,3% suri kestumise ajal. Edukalt kestus ja mõõdud sai võtta 22 vähilt. Kolm katse lõppedes elus olnud vähkidest ei kestunudki. Enne kruusa lisamist kestus kaks vähki edukalt ning neli vähki surid kestumisel, pärast kruusa lisamist kestus edukalt 20 vähki ning ainult üks suri. See näitab, et kruusa lisamine oli vajalik.

Carp Aller Classic Vitamax katsegrupi ellujäämus oli 33,3%, Golden DIET katsegrupi ellujäämus 44,4% ja Economy DIET katsegrupi ellujäämus 27,8%. Kuigi Economy DIET katsegrupis suri kõige rohkem vähke, oli seal siiski keskmine suhteline juurdekasv ~3% suurem kui Carp Aller Classic Vitamax ja Golden DIET katsegruppides.

Kõige suurem suhteliste juurdekasvude keskmine oli Economy DIET katsegrupil (10,65%), mis võib viidata 3-aastaste vähkide suuremale taimse koostisega sööda sobivusele. Väikseim suhteliste juurdekasvude keskmine oli aga Golden DIET katsegrupil (7,42%), kus oli suurem loomse koostise osakaal. Carp Aller Classic Vitamax katsegrupi suhteliste juurdekasvude keskmine oli 7,98%.

Katsetulemused oleksid söötmise ja juurdekasvu seisukohalt paremad, kui suremus oleks väiksem olnud ning kõiki katsegruppe oleks võrdselt hinnata saanud. See-eest saab anda soovitusi ellujäämuse suurendamiseks. Vähkide põgenemiseks tuleks tõkestada kõik lahtised osad. Põhjasubstraat on vähkidele kestumisel oluline, ilma selleta pole neil kuskile kinnituda ning suremus suureneb. Vajalik oleks enne vähkide akvaariumidesse asustamist toita biofiltri baktereid lämmastikuühenditega, et biofilter korralikult tööle saada.

1.3. SÖÖTMISE PÕHIKATSED SAMASUVISTE JÕEVÄHKIDEGA

Söötmise põhikatsed akvaariumitingimustes oli esialgu planeeritud läbi viia erinevates vähi vanuserühmades ja suveperioodil, kuid eelnevate katsete põhjal selgus, et akvaariumitingimustes on kõige sobivam viia katsed läbi oktoobrist maikuuni samasuviste jõevähekidega. Samasuviste vähkide kohanemisvõime on oluliselt parem kui suurematel vähkidel ning kasv kiirem, mis tagab usaldusväärsemad tulemused söötade mõjust vähkide kasvule ja ellujäämusele. Katsete eesmärk oli hinnata projekti käigus välja töötatud söötade mõju samasuviste jõevähekide kasvule ja ellujäämusele.

1.3.1. MATERJAL JA METOODIKA

Katsete läbiviimise aeg ja koht

Eesmärgi täitmiseks viidi perioodil 2018 – 2022 Eesti Maaülikooli laboris ja katsebaasis läbi neli söötiskatset 0+ jõevähekidega (tabel 3).

Tabel 3. 0+ vähkidega läbi viidud söötiskatsete aeg ja kestus ning katsevähkide keskmine mass \pm SD katsete alguses

Katse number	Katse läbiviimise aeg	Katse kestus päevades	Keskmine mass (g) \pm SD
I	23.10.2018 – 21.05.2019	211	0.27 \pm 0.01
II	21.10.2019 – 20.05.2020	212	0.32 \pm 0.01
III	17.11.2020 – 10.06.2021	205	0.18 \pm 0.01
IV	25.10.2021 – 19.05.2022	207	0.43 \pm 0.01

Kõik katsed viidi läbi samasugustes tingimustes, EMÜ vesiviljeluse õppetooli laboris vee korduvkasutusega akvaariumikompleksis, mis koosnes üheksast 112 l suurusest akvaariumist (akvaariumi mõõt 790x400x350 mm ja põhja suurus 0,32 m²). Akvaariumide põhi oli kaetud kruusaga ning igas akvaariumis kasutati vähkide varjupaikadeks 2 cm läbimõõduga ja u 15 cm pikkuseid PVC torusid. Söötmiseks oli igasse akvaariumi põhja jäetud kruusata ala, et paremini näha ja hinnata vähkide söömust. Akvaariumide kohal olev automaatne valgustussüsteem töötas režiimil 12 valge : 12 tundi pime. Pimedaks ja valgeks läks valgus tunni aja jooksul (joonis 4).

Veeparameetrite jälgimine

Iganädalaselt registreeriti veetemperatuurid, hapniku kontsentratsioonid ja küllastused, pH, NO₃ ja NO₂ sisaldused. Lahustunud hapniku sisalduse mõõtmiseks kasutati HANNA HI9147 hapnikumõõturit, veetemperatuuri ja pH parameetreid jälgiti akvaariumikompleksi mõõteseadmega, NO₃ ja NO₂ sisaldus määrati JBL EasyTestiga 6in1.

Tabel 4. Keskmised veeparameetrid ja standardhälbed (\pm SD) läbi viidud 0+ akvaariumikatsetes I-IV

Veeparameetrid	I	II	III	IV
Temperatuur °C	23,3 \pm 2,5	22,0 \pm 0,8	20,4 \pm 0,6	21,4 \pm 1,1
O ₂ mg/l	7,7 \pm 0,6	8,4 \pm 0,5	8,6 \pm 0,2	8,7 \pm 0,6
O ₂ %	89,4 \pm 6,7	97,1 \pm 5,2	87,4 \pm 13,3	99,2 \pm 9,0
pH	8,7 \pm 0,2	7,4 \pm 0,4	8,6 \pm 0,2	8,4 \pm 0,1
NO ₃	Normi piires			
NO ₂	Normi piires			

Katsevähid

Katsed viidi läbi ~kolme kuu vanuste samasuviste (0+) jõevähkidega, kes olid pärit Härjanurme Kalatalust. Keskmised massid katse alguses on toodud tabelis 3.

Katseks valiti välja 180 puudevate sõrgade ja jäsemeteta vähki, kes jagati 20 kaupa kolme katsegruppi kolmes korduses asustustihedusega 62,5 vähki m²-l. Igas akvaariumis olid katsetingimused täpselt ühesugused.

Söötade koostis, söötmissrežiim ja söödanorm

Vähid jaotati kõigis neljas katses kolme söödagruppi kolmes korduses. Katsetes kasutatud söödad, nende koostised ja toitainelised väärtused on toodud tabelis 5.

Tabel 5. Söötiskatsetes kasutatud katsesöödate koostised ja toitainelised väärtused

Sööda number	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C	C	C	D	E				
Akvaariumikatsete söötiskatse number	I	II	III	IV	I	II	III	I	II	III	IV	IV				
Koostisosade sisaldus	% söödas															
Anšoovise jahu	30				30											
Kalajahu		5	5	5		5	5	X	X	X	X					
Sojajahu	25	30	25	25	25	30	25									
Destilleerimisel tekkinud teravilja jäägid	5	5	5	5	5	5	5	X	X	X	X					
Nisujahu	12.75	13	13		12.75	13	13									
Kalmaarijahu			3			3	3									
Maisjahu		10		19		7										
Rapsiseemnejahu		6				6		X	X	X	X					
Lupiinijahu		10	10	10		10	10									
Hernejahu		10	14	14		10	14									
Linaseemnejahu		4	4	4		4	4									
Sulejahu								X	X	X	X					
Linnujahu								X	X	X	X					
Kalaõli					2											
Linaseemneõli	2															
Canola õli	2				2											
Rapsiseemne õli								X	X	X	X					
Sojaletsitiin	0.1				0.1											
Soja								X	X	X	X					
Päevalilivalgu kontsentraat								X	X	X	X					
Tritikale								X	X	X	X					
Askorbüül monofosfaat					0.425	0.05	0.15									
Maksajahu			1	1			1									
Krevetijahu			5	5			5									
Verejahu			6				6									
Veretooted								X	X	X	X					
Koliinkloriid					0.425											
Dikaltsiumfosfaat	1.3	2			1	1										
Astaksantiin					0.1	0.1										
Kuivatatud arteemia kestad	15				15											
Vitamiinide eelsegu ¹	2.1	1.9	2	2	2.1	1.9	2	X	X	X	X					
Mineraalainete eelsegu ²	2.1	1.9	2	2	2.1	1.9	2	X	X	X	X					
Vitamin C				0.5												
Nisugluteen			4.85	6.15			4.85									
Nisu								X	X	X	X					
Karbonsümenetüütselluloos	2	2			2	2										
Hüdroksüürosool	0.35															
Polüfenoolid	0.3	2.2	0.15	0.3												
Proteiinid (arvutuslikud)	34	31	38.72	38.3	42	33	38.72									
Rasvad (arvutuslikud)	10	4.25	8.57	6.17	10	4.35	8.57									
Süivesikud (arvutuslikud)	34				19											
Seedimist soodustavad ensüümid ³			X	X			X									
Söödalisand ⁴											X					
Weende analüüs EMÜ laboris								Tootja andmed		Weende analüüs EMU laboris		Tootja andmed		Weende analüüs EMÜ laboris		
		2019	2020	2021		2019	2020		2019	2020	2021		2019	2020	2021	
Kuivaine (%)		89.9	89.2	86.5		90.4	89.6		91.1	91.2	92.7				92	
Toorproteiin (%)		28.4	38.7	40.2		29.7	39.1	30	33.4	33.9	33.1	40			40.3	
Toortuhk (%)		7.5	7.7	5.8		7.5	7.7	6.5	6.6	6.5	6.4	6.9			9.6	
Toorkiud (%)		3.8	3.4	3.9		3.2	2.2	5	4	6.9	7	1.7			1.6	
Toorrasv (%)		10.8	12.2	4.1		10.5	13.3	7	7	7.2	6.8	10			11.8	
N-ta e-a. (%)		49.5	38	46		49.1	37.7	43.5	49	45.5	46.7				36.7	
Ca (g/kg)		14.7	13.6	8.1		15.9	14.2		7.6	7.7	6.1				28.1	
P (g/kg)		10.4	10.3	9.2		9.8	10.5	1	12.4	12.5	13.2	1.18			18.7	
Brutoenergia (MJ/kg)		20.5	19.7			20.5	19.5	18.2	20.1	20.3		19.6				

¹ Vitamin premix contains (mg kg⁻¹) E. 30; K. 3; thiamine. 2; riboflavin. 7; pyridoxine. 3; pantothenic acid. 18; niacin. 40; folacin. 1.5; choline. 600; biotin. 0.7 and cyanocobalamin. 0.02.

² Mineral premix contains (mg kg⁻¹) Mg. 100; Zn. 60; Fe. 40; Cu. 5; Co. 0.1; I.0.1; and antioxidant (BHT). 100.

³ Seedimist soodustavad ensüümid (mix of amylase, lipase and protease) (0,85 g/kg of feed) and phytase (150 FUI/Kg of feed= 75 µl).

⁴ Söödalisand karpkalasöödale: 0.6% (6 g/Kg) (Tannins from chestnut 2 g, Olive mill waste water extract 2 g, Articoke extract 2g).

A ja B söödad on projekti raames välja töötatud söödad. C on karpkalasööt Aller Aqua Classic Vitamax. D on sama karpkalasööt Aller Aqua Classic Vitamax, millele on lisatud projekti raames välja töötatud polüfenoole sisaldav söödalisand. E on tuurasööt Alltech Coppens Intensiv.

Projekti käigus disainiti kaks vähisööta (joonis 8), mis on tabelis 5 tähistatud vastavalt A ja B. A sööt oli soodsam sisaldades esialgu vähem loomseid komponente ja immuunsust tugevdavaid polüfenoole. B sööt oli kallim loomsete söodakomponentide suurema sisalduse poolest ning immuunsust tugevdavaid polüfenoole ei sisaldanud. Immuunsust tugevdava ainega lisati B söödale askorbüül monofosfaati. Loomseteks komponentideks A1 ja B1 söötades olid anšoovise jahu (30%) ja kuivatatud arteemia kestad (15%), B söödas lisaks kalaõli (2%) ja astaksantiin (0,1%). A2 ja B2 söötades asendati anšoovise jahu kalajahuga (5%) ning B2 sisaldas lisaks kalmaarijahu (3%) ja astaksantiini (0,1%). A2 sööt sisaldas loomsete komponentide asemel rohkem maisijahu

(10%) ja polüfenoolide (2,2%). A3 ja B3 söödad sarnanesid omavahel rohkem kui varem, sisaldades mõlemad lisaks kalajahule (5%) ka kalmaarijahu (3%), maksajahu (1%), krevetijahu (5%) ja verejahu (6%). Põhiliseks erinevuseks oli polüfenoolide (0,15%) sisaldus A3 ja askorbüül monofosfaat (0,15%) B3 söödas. Toitainete paremaks imendumiseks lisati nii A3, B3 kui A4 söödale lisaks seedimist soodustavaid ensüüme. A4 söödas asendati seni kasutatud nisujahu maisijahuga (19%) ning söödast jäeti välja verejahu. A4 söödale lisati ka C-vitamiini, mis parandab organismi immuunsüsteemi.



Joonis 8. Projekti raames välja töötatud söödad, mis purustati vähkide jaoks väiksemateks tükkidks. Üleval sööt A ja all sööt B.

Kontrollgrupp sai turul saadaolevat ja vähikasvandustes kasutatavat karpkala sööta Aller Aqua Classic Vitamax, mis on tabelis 5 tähistatud C tähega. Kuna karpkalsööda täpseid koostisosade sisaldusi ei ole teada, on tabelisse märgitud tootja poolt avaldatud söödakomponentide esinemine ristikestega. Tabelis 5 toodud sööt D on sama karpkala sööt, millele lisati juurde projekti käigus välja töötatud polüfenoolide sisaldav söödalisand. Katses IV vahetati katsesööt B välja turul saadaoleva tuurasöödaga (Alltech Coppens Intensiv), mis oma koostise poolest võiks vähkidele samuti sobida. Tabelis 5 on tuurasööda tähiseks E ning erinevalt karpkalsöödast, pole tootja oma andmeid söödakomponentide osas avaldanud.

Lisaks lasti määrata söötade keemiline koostis Weende analüüsiga EMÜ VLI sööda ja ainevahetuse uurimise laboris (tabel 5). Weende analüüs on söödas olevate makrotoitainete kvantitatiivne analüüsi meetod, millega määratakse söödas toorproteiin, toorrasv, toorkiud, toortuhk, niiskus ja lämmastikuvabad ekstraktid (seeditavad süsivesikud).

Söödanormiks valiti eelnevate pilootkatsete tulemustel selgunud sobivaim söödanorm akvaariumitingimustes, milleks oli 2% vähkide massist. Sööta anti üks kord päevas viis korda nädalas pärastlõunasel ajal akvaariumi nurka tekitatud kruusavabale söödaplatsile. Enne uue sööda andmist puhastati söödaplats söödajääkidest.

Juurdekasvu ja ellujäämuse hindamine

Katse alguses vähid kaaluti gruppide kaupa. Kontrollkaalumisi tehti igakuiselt. Neli kuud pärast katse algust hakati vähkidel määrama ka sugu ning nad olid piisavalt suured individuaalseks kaalumiseks ja mõõtmiseks (täispikkus, karapaksi pikkus ja karapaksi laius) (joonis 2). Pikkuse mõõtmiseks kasutati digitaalset nihikut. Kuna nii väikeste vähkide puhul annab karapaksi mõõtmine nihikuga täpsema tulemuse kui täispikkuse mõõtmine joonlaual, siis on pikkuse juurdekasv arvatud vaid karapaksi pikkuse järgi. Samuti hinnati vähkidel puudevate ja taastuvate jäsemete olemasolu. Igapäevaselt registreeriti ka nähtavad vähkide kestade vahetused ja suremused. Kestad ja surnud vähid eemaldati akvaariumidest.

Kasvuparameetrid ja suremus arvatati järgmiselt:

$$\text{Suhteline juurdekasv (\%)} = \frac{\text{mass}_f - \text{mass}_i}{\text{mass}_i} \times 100$$

$$\text{Individuaalne kasvukiirus (\% päevas)} = \frac{\ln(\text{mass}_f) - \ln(\text{mass}_i)}{\text{aeg}} \times 100$$

$$\text{Ellujäämus (\%)} = \frac{\text{vähkide arv katse lõpus}}{\text{vähkide arv katse alguses}} \times 100$$

$$\text{Fultoni indeks} = \frac{\text{mass}}{\text{täispikkus}^3} \times 100$$

Ülaltoodud võrrandites on toodud täispikkus (cm), mass (g), mass_i (g), mass_f (g) ja t (päevade arv).

Vähkide absoluutne juurdekasv arvatati järgmiselt:

keskmine tunnuse väärtus katse lõpus – keskmine tunnuse väärtus katse alguses.

Massi arvestamisel jäeti välja puuduvate ja taastuvate jäsemetega isendid. Pikkuse kasvuerinevusi (KP ja KL) hinnati katse lõpus mõõdetud keskmiste väärtuste põhjal söödagruppide kaupa, kuna katse alguses olid vähid mõõtmiseks liiga väikesed.

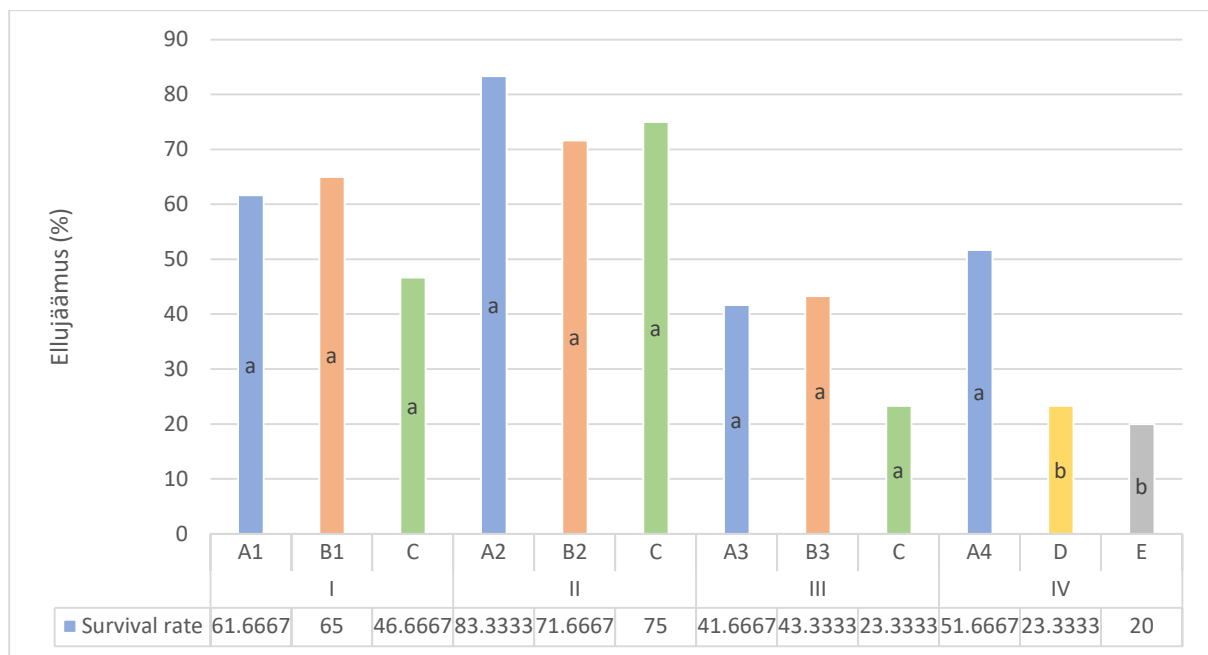
Iga-aastaseks söödagruppide võrdlemiseks kasutati ANOVAt ning statistilise olulisuse hindamiseks Tukey testi. Esialgse ANOVA ja ka hilisema Tukey testi jaoks kasutati $\alpha = 0,05$. Aastaid omavahel ei võrreldud.

Katseandmete statistiliseks analüüsiks kasutati tarkvara R 4.2.0 ja Excel.

1.3.2. TULEMUSED

Söötade mõju ellujäämusele

0+ jõevähkide söötiskatsete I-IV ellujäämused on toodud joonisel 9 ja tabelis 6, kust on näha karpkala söödagrupi (C ja D) väiksem ellujäämus võrreldes projekti raames välja töötatud A söödaga kõikidel katseaastatel, kuid statistiliselt oluline erinevus ilmnes viimasel katsel (IV), kus karpkala söödagrupi ellujäämus oli katse lõpuks 23,3% ja A4 katsegrupil 51,7%.



Joonis 9. 0+ vähvide ellujäämus söödagruppide lõikes läbi viidud söötmiskatsetes I-IV. Tähed tulpadel (a ja b) tähistavad söödagruppide vahelist olulist erinevust ($p < 0,05$).

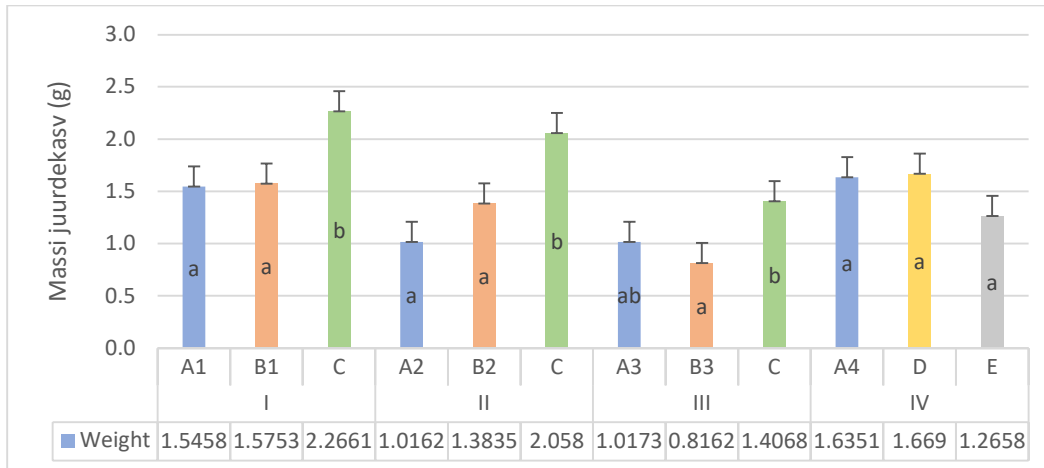
Tabel 6. 0+ jõevähkide keskmised kasvunäitajad ja ellujäämus \pm SD erinevates söödagruppides neljas söötmiskatses

Katse nr	Sööda-grupp	Algne mass (g)	Lõppmass (g)	Suhteline juurdekasv (%)	Individaalne kasvukiirus (% päevas)	Ellujäämus (%)	Fultoni tüsedusindeks (%)
I	A1	0.27	1.82 \pm 0.82*	571.62 \pm 302.06*	0.86 \pm 0.20*	61.67 \pm 38.50	20.67 \pm 1.38
	B1	0.27	1.85 \pm 0.82*	578.93 \pm 298.18*	0.87 \pm 0.21*	65.00 \pm 39.18	20.92 \pm 1.22
	C	0.28	2.55 \pm 1.27	813.74 \pm 455.48	1.01 \pm 0.21	46.67 \pm 34.37	20.39 \pm 2.72
II	A2	0.32	1.34 \pm 0.47*	317.47 \pm 151.28*	0.65 \pm 0.16*	83.33 \pm 34.31	20.13 \pm 1.53*
	B2	0.31	1.69 \pm 1.21*	446.31 \pm 388.95	0.72 \pm 0.25*	71.67 \pm 38.47	20.99 \pm 1.28
	C	0.32	2.37 \pm 1.41	648.57 \pm 453.97	0.89 \pm 0.22	75.00 \pm 37.82	21.50 \pm 1.43
III	A3	0.18	1.19 \pm 0.64	589.77 \pm 355.65	0.89 \pm 0.23	41.67 \pm 32.09	20.45 \pm 0.97*
	B3	0.18	0.99 \pm 0.49*	464.11 \pm 268.77	0.79 \pm 0.23	43.33 \pm 32.90	19.54 \pm 1.70*
	C	0.19	1.59 \pm 0.75	772.18 \pm 379.10	1.01 \pm 0.24	23.33 \pm 20.60	21.59 \pm 1.03
IV	A4	0.43	2.07 \pm 0.79	378.92 \pm 182.00	0.73 \pm 0.19	51.67 \pm 36.22*	21.90 \pm 1.28
	E	0.43	1.70 \pm 0.67	293.73 \pm 155.75	0.63 \pm 0.20	20.00 \pm 18.04	19.76 \pm 1.36*
	D	0.43	2.10 \pm 1.28	384.67 \pm 297.95	0.69 \pm 0.28	23.33 \pm 20.60	21.46 \pm 2.32

*erinevus on kontrollgrupist statistiliselt oluline ($p < 0,05$)

Söötade mõju massi juurdekasvule

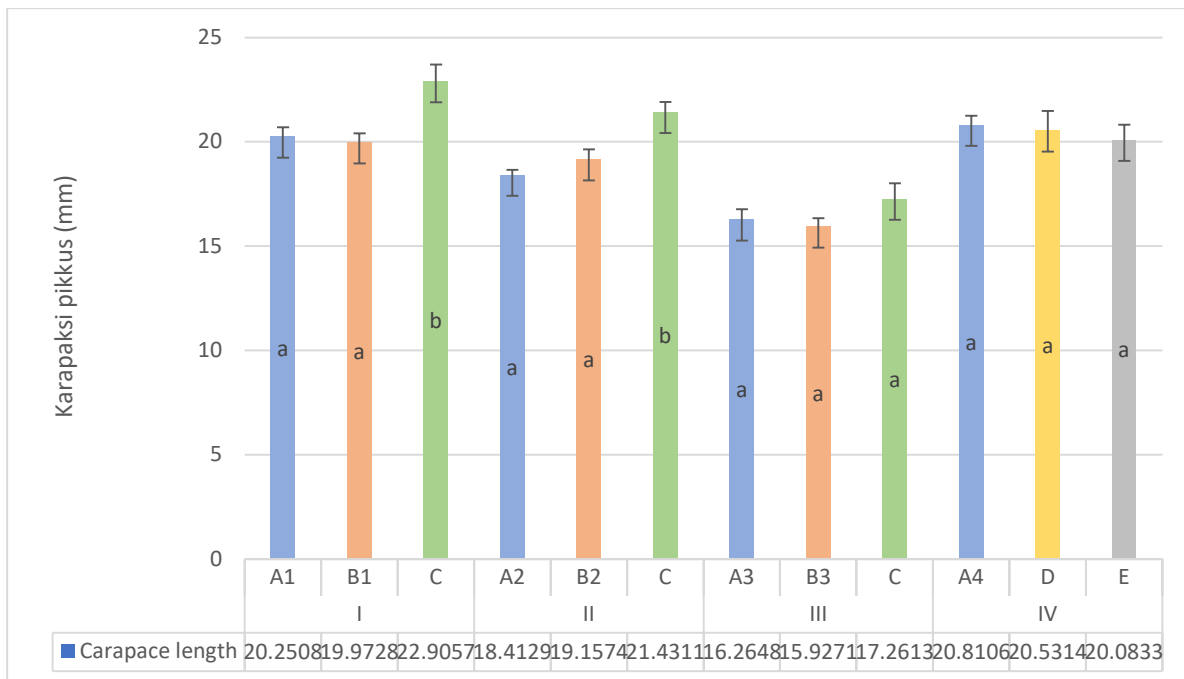
0+ vähkide juurdekasv oli I ja II söötmiskatses oluliselt suurem karpkala söödagrupid, kuid vahe hakkas vähenema pärast söötade täiustamist loomsete proteiinidega (maks-, kreveti-, kalmaari- ja verejahu lisamisega) (tabel 5, joonis 10) ning viimases (IV) söötmiskatses on nii vähkide individuaalne kasvukiirus (%) kui Fultoni tusedusindeks A4 katsegrupis veidi kõrgem kui karpkala + söödalisand (D) katsegrupis (tabel 6). Paremaks söödaks ei osutunud ka IV katses testitud tuurasööt (E) (joonis 10).



Joonis 10. 0+ vähkide absoluutne massi juurdekasv (vähkide mass katse lõpus – mass katse alguses) \pm SD söödagruppide lõikes läbi viidud söötmiskatsetes I-IV. Tähed tulpadel (a ja b) tähistavad söödagruppide vahelist olulist erinevust ($p < 0,05$).

Söötade mõju pikkuse kasvule

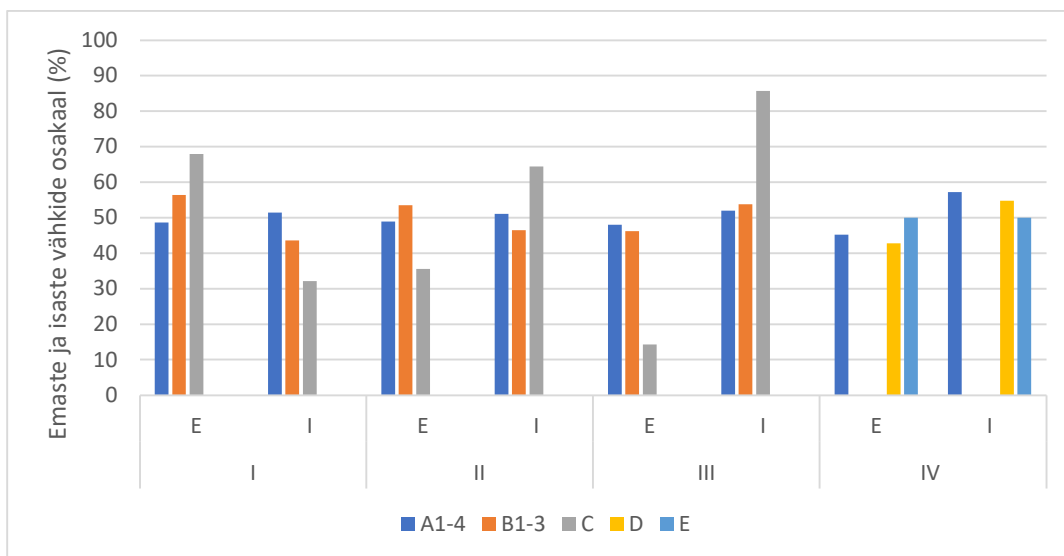
Keskmesid karapaksi pikkused erinesid oluliselt vaid I ja II söötmiskatses, kus karpkala sööta saanud vähid olid katse lõpuks oluliselt pikemad kui A ja B sööta saanud vähid (joonis 11). III ja IV katses söödagruppide vahel olulisi erinevusi ei olnud ($p > 0,05$), kuigi massi juurdekasv oli III katses karpkala sööta saanud vähkidel oluliselt suurem võrreldes A3 ja B3 söödagrupiga (joonis 10). Karpkala sööta saanud vähkide suurem mass tulenes tõenäoliselt isaste oluliselt suuremast ülekaalust karpkala söödagrupid (joonis 12).



Joonis 11. 0+ vähkide keskmine karapaksi pikkus \pm SD söödagruppide lõikes läbi viidud söetmiskatsete I-IV lõpus. Tähed tulpadel (a ja b) tähistavad söödagruppide vahelist olulist erinevust ($p < 0,05$).

Emaste ja isaste vähkide osakaal

Katse alguses olid vähid soo määramiseks liiga väikesed, mistõttu jaotati vähid katsegruppidesse juhuslikult. Katse lõpus oli vähkide sooline jaotus katsegruppide lõikes erinev. Suurim erinevus isaste ja emaste vähkide osakaalus oli III katse karpkala söödagrupis, kus isaseid vähke oli emastest oluliselt rohkem (joonis12).

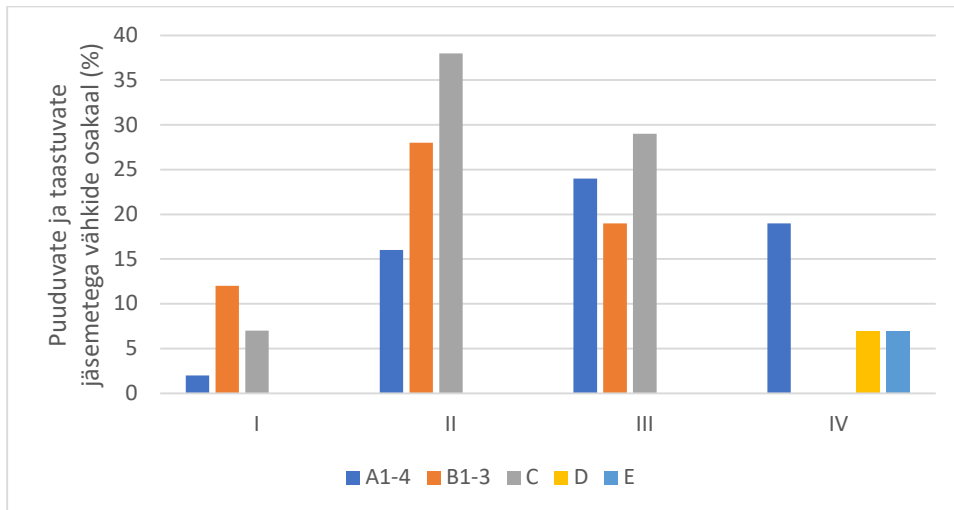


Joonis 12. 0+ emaste ja isaste vähkide osakaal söetmiskatsete I-IV lõpus söödagruppide (A-E) lõikes.

Puuduvate ja taastuvate jäsemetega vähkide osakaal

Selget seost vähkide kannibalistliku käitumise ja sööda vahel välja tuua ei saa, kuigi II ja III katses on näha, et karpkala söödagrupi (D) vähkiel esineb puuduvate ja taastuvate jäsemetega vähke rohkem kui teistes söödagruppides (joonis 13). Samas oli vähkide kasv oluliselt parem karpkala söödagrupis I-III katses võrreldes

teiste söödagruppidega (joonis 10). IV katses, kus kasv oli võrdne nii A4 kui D katsegruppides, oli kannibalism suurem A4 söödagrupis (joonis 13). Vähkide kannibalistliku käitumise põhjuseks võib olla ka ebaühtlane sooline jaotus katsegruppide lõikes. Vaadates jooniseid 12 ja 13, on näha, et suurema isaste osakaaluga katsegruppides on puuduvate ja taastuvate jäsemetega vähkide osakaal enamasti suurem.



Joonis 13. 0+ vähkide puuduvate ja taastuvate jäsemetega vähkide osakaal söötmiskatsete I-IV lõpus söödagruppide (A-E) lõikes.

1.3.3. KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Söötmiskatsete tulemusel osutus samasuvistele jõevähkidele sobivaimaks söödaks projekti käigus välja töötatud sööt A4, mille katsegrupi vähid saavutasid karpkalasööta saanud vähkidega samaväärse kasvukiiruse, kuid oluliselt parema ellujäämuse. Samasuviste jõevähkide kiiremaks kasvuks on sobilik sööt, mille proteiinisaldus on 40% ja rasvasisaldus 4%. Parema ellujäämuse A4 katsegrupis võisid tingida ka söödale lisatud polüfenoolid, kuna projekti käigus välja töötatud polüfenooli sisaldav sööt A on karpkala söödast olnud kõikidel katseaastatel ellujäämuse poolest parem. Lisaks võisid positiivset mõju avaldada ka söödale lisatud seedimist soodustavad ensüümid ja C-vitamiin. C-vitamiini positiivset mõju noorvähkide ellujäämusele ja kasvule on kirjeldatud ka üksikutes uuringutes (Celada *et al.*, 2012). Polüfenoolide sisaldus oli kõige suurem A2 söödas, mille katses oli 0+ vähkide ellujäämus samuti kõige parem A2 söödagrupis. Seega võib läbi viidud akvaariumikatsete põhjal täheldada polüfenoolide ja C-vitamiini positiivset mõju vähkide immuunsüsteemile ja paremale ellujäämusele.

Samas karpkala söödale lisatud polüfenoolide lisand vähkide ellujäämusele aga mõju ei avaldanud, kuna vähkide suremus oli suurem kui varasematel katseaastatel. Ilmselt võis mõju avaldada söödalisandi kasutamise tehnoloogiline pool (lisand võis vees enne vähkideni jõudmist lahustuda) ja kaaluda tuleks polüfenoolide lisamist söödale juba tootmise käigus.

Lisaks karpkala söödale ja projekti raames välja töötatud söödale testiti turul saadaolevat tuurasööta (E) kui võimalikku alternatiivset kalasööta jõevähile. Kuna tuurasööta (E) saanud vähkide kasv ja ellujäämus jäid nii karpkala kui projekti käigus välja töötatud söötasid saanud vähkide kasvule alla ning täheldati ka tuurasööda kiiremat lagunemist vees, mis halvendab veekvaliteeti, ei saa katses kasutatud tuurasööta kui turul saadaolevat karpkalasööda alternatiivi vähikasvatajatele soovitada.

Akvaariumikatsete põhjal valmis kaks teaduslikku posterettekannet, mida esitleti rahvusvahelistel vähiuurijate konverentsidel (Lisa 2 ja 3).

2. SÖÖTMISKATSED VÄHIMAJANDITES

2.1. SÖÖTMISKATSE SAMASUVISTE JÕEVÄHKIDEGA FIE KALATALUS HÄRJANURME

Söötiskatse läbiviimise eesmärk samasuviste (0+) jõevähkidega Härjanurme Kalatalus oli hinnata projekti raames välja töötatud spetsiaalse vähisööda mõju samasuviste vähkide kasvukiirusele ja ellujäämusele tootmistingimustes. Ühes maimutiigis söödeti vähke projekti raames välja töötatud vähisöödaga ning teises tiigis toitustid vähid looduslikul toidubaasil, nagu seni vähikasvatuse praktikas on rakendatud.

2.1.1. MATERJAL JA METOODIKA

Katsetingimused

Söötiskatse samasuviste jõevähkidega Kalatalus Härjanurme viidi läbi 2019. a. juuli-september kahes 150 m² suuruses vähimaimude tiigis (katse- ja kontrolltiik) (Joonis 14).



Joonis 14. Söötiskatse tiigid Kalatalu Härjanurmes.

06. juunil 2019 täideti tiigid veega ning 14. juunil 2019 valiti nii katse- kui kontrolltiiki võimalikult võrdse suuruse ja viljastatud marja kogusega emased vähid. Kumbagi tiiki pandi samal päeval 168 emast vähki (kokku 336 vähke), kes olid paigutatud üksikult puuridesse kuni marja koorumise ja vastsete lahkumiseni emade laka alt. 29. juunil 2019 täheldati vähipoegade masskoorumist ning 5. juulil 2019 võeti emased vähid maimutiikidest puuridega välja. Kummaski tiigis oli üks emane vähk surnud (ilmselt mehaanilised vigastused püügil) ning teises vähimaimutiigis (VMT2) oli üks emane vähk puurist lahti pääsenud.

8. oktoobril alustati kontrolltiigi tühjendamise. 11. oktoobril püüti kontrolltiigist välja kokku 7596 vähipoega, neist kaaluti kolm gruppi (2 x 1000 tk ja 1 x 1217 tk, kokku 3217 vähipoega) ja arvutati vähi keskmine mass.

14. oktoobril alustati katsetiigi tühjendamise. 17. oktoobril püüti katsetiigist välja kokku 8385 vähipoega, neist kaaluti neli gruppi (2 x 1000 tk ja 2 x 1217 tk, kokku 4434 vähipoega) ja arvutati vähi keskmine mass.

Vähisööt ja söötmine

Katsesöödaks kasutati Itaalias Sannio Ülikoolis valmistatud sööta A2 (Tabel 5).

31. juulil 2019 väetati nii katse- kui kontrolltiiki hobusesõnniku (2 kg tiigi kohta) ja põllumullaga (1 l) (mõlemad hajutatult, peeneks pudistatud) loodusliku (zoo)planktoni kasvu soodustamiseks, mis on tavapärase praktika.

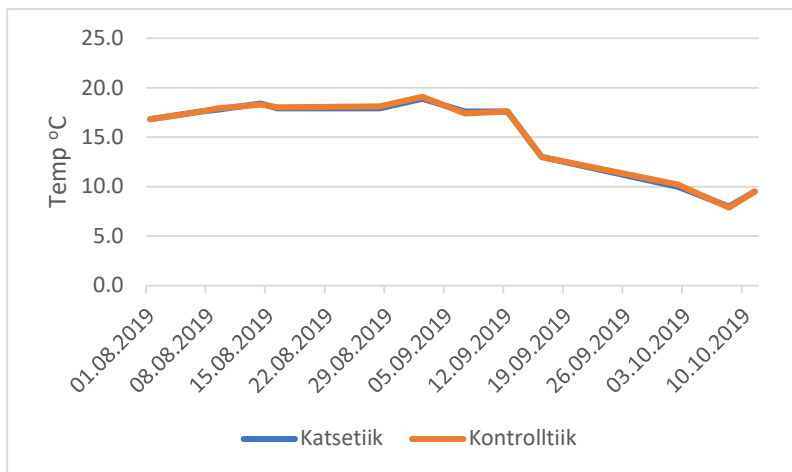
30. juulil 2019 hakati katsetiigis vähimaime söötma. Esiatgu anti üks graanul (~3-5 mm suurune, ~0,05 g) sammuga 0,5 m, kuid tiigi põhjas oli graanulit raske märgata. Et söömust paremini jälgida, tehti 1. augustil prooviks kolm söödaplatsi ning 2. augustil lisati tiiki kokku 50 purgikaantest tehtud söödaplatsi sammuga üks meeter ca 30 cm sügavusel vees. Sööda kogus tiigi peale ~20-25 g (söödanormiks ~2%)

Algselt oli plaan vähimaime sööta igapäevaselt, aga 30. juulist kuni 18. augustini ei lisatud uut sööta enne, kui vähemalt pool eelmisest portsust oli söödud (või söödaaluselt ära veetud).

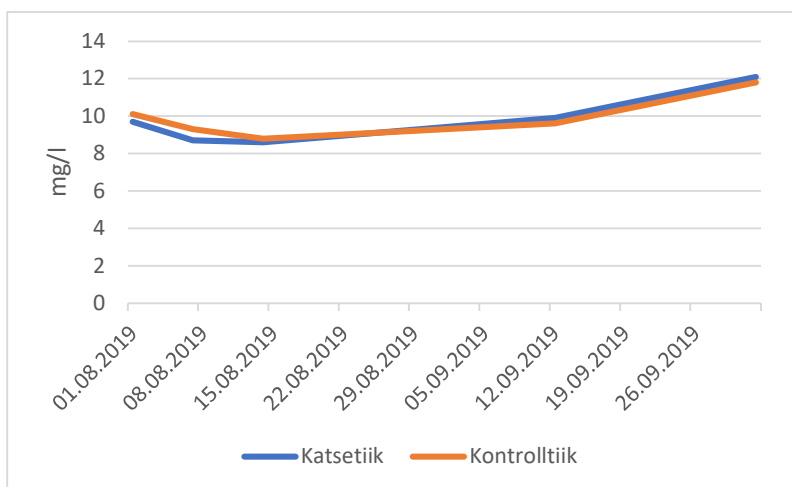
Alates 18. augustist kuni katse lõpuni 02. oktoober anti sööta kõikidel päevadel kl 15-16 ajal ja ei arvestatud, kui eelmistel päevadel antud sööt oli söömata.

Veeparameetrid

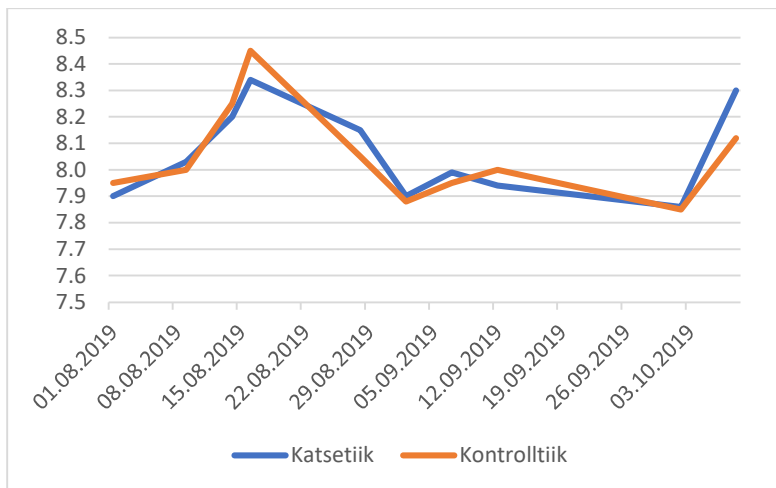
Veetemperatuuri, hapnikusisaldust ja pH-d mõõdeti kord nädalas (Joonis 15, 16 ja 17).



Joonis 15. Veetemperatuur katse- ja kontrolltiigis katseperioodi vältel.



Joonis 16. Hapnikusisaldus katse- ja kontrolltiigis katseperioodi vältel.



Joonis 17. pH sisaldus katse- ja kontrolltiigis katseperioodi vältel.

2.1.2. TULEMUSED

Söötiskohtadel katsetiigis oli näha mõnede vähkide liikumist, kes haarasid söödagraanuli, kuid üldiselt oli neid öisel ajal liikvel vähe näha (ca 4-6 tk/m², iga söödaaluse peal 1-2 vähipoega). Näiteks kontrolltiigis oli öisel ajal näha 2-4 korda rohkem vähipoegi ringi uitamas kui katsetiigis. Ilmselt toidu otsingul, sest neile lisasööta ei antud.

Ehkki väga suur osa antud söödast jäi söömata, ei avaldanud see vee kvaliteedile (hapnikusisaldus, pH, ka vee visuaalsed tunnused) tuvastatavat mõju. Muidugi oli ka antud sööda kogus pika perioodi kohta väga väike.

Katsetiigis oli (suure) zooplanktoni arvukus silmnähtavalt (mitu korda) suurem kui kontrolltiigis ja vähkide aktiivsus nii öösel kui päeval (toidu otsimisel?) väiksem.

Katseks olev sööt vähkidele maitses, puuduseks võis olla graanulite liiga suur suurus. Vähipoegadel oli liiga pikk teekond üksikute suurte graanulite otsimiseks. Samas graanulite mehaanilisel purustamisel tekib eri suurusega osasid palju. Kui nendest kõige suuremad ja väiksemad osad välja sõeluda (anda söötmiseks keskmine fraktsioon), on ära söödud sööda kogust tiigis raskem hinnata, liiatigi kui vähipojad väiksemad osad (mida suudavad) tassivad varjepaikadesse. Kui enamus varjepaikadesse viidud söödast jääks alles, ei oleks see parim lahendus. Ideaalis peaks samasuvistele vähipoegadele söödagraanuli läbimõõt olema mitte üle 0,5..0,6 mm (see paisub vees).

Kontrolltiigist püüti katse lõpus kokku 7596 vähipoega (45,7 tk emavähi kohta), katsetiigist 8385 vähipoega (50,5 tk emavähi kohta). Võimalik, et arvude erinevus tuleneb tiiki pandud marjaterade erinevast arvust, neid ei ole võimalik eelnevalt lugeda. Kummaski tiigis oli käesoleval aastal vähipoegi vähem kui tavaliselt, s.t. kaod olid tavalisest kuni ca 1/3 võrra suuremad. Põhjuseks võis olla ca kuni 2 cm pikkuste selgsõudurite suur arvukus, eriti kontrolltiigis. Selgsõudurid on röövtoidulised (imevad suiste abil saaklooma hemolümfi ära). Selgsõudurite ründeid ja värskest surnud üksikuid vähipoegi oli tiikides väga hoolikal vaatlusel ka näha.

Katsetiigis söödetud vähipoegade summaarne biomass oli 2222 g (0,265 g/tk), mis oli 41,4% suurem, tükia arv üle 10% suurem (kuid võis olla tingitud mitmetest muudest põhjustest), vähipoegade keskmine tükikaal 28% suurem kui kontrolltiigis, kus oli summaarne biomass 1572 g (0,207 g/tk).

2.1.3. KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Katse samasuviste vähipoegadega Kalatalu Härjanurmes õnnestus ning tulemus näitas, et lisa söötisega kasvavad vähimaimud kiiremini. Katsetiigis söödetud vähipoegade summaarne biomass oli 2222 g (0,265 g/tk), mis oli 41,4% suurem, tükiarv üle 10% suurem ja vähipoegade keskmine tükikaal 28% suurem kui kontrolltiigis, kus oli summaarne biomass 1572 g (0,207 g/tk). Katseks olev sööt vähkidele maitses, kuid puuduseks oli graanulite ebahütlane suurus. Sobivaim graanuli läbimõõt vähipoegadele oleks 0,5 – 0,6 mm. Söömata jäänud sööt veekvaliteeti ei halvendanud.

2.2. SÖÖTMISKATSED 1- KUNI 4-AASTASTE JÕEVÄHKIDEGA RMK PÕLULA KALAKASVATUSKESKUSES

Koostöös RMK Põlula kalakasvatusekeskusega viidi nelja aasta vältel (2019-2022) läbi jõevähi söötmiskatsed betoontiiki paigutatud sumpades, et hinnata söötade mõju eri vanuses jõevähkide kasvukiirusele ja ellujäämusele.

2.2.1. MATERJAL JA METOODIKA

Katsetingimused

Söötiskatsed I – IV viidi läbi neljal järjestikusel aastal ajavahemikul 19.06.2019 – 11.10.2020 RMK Põlula kalakasvatusekeskuses (tabel 7). 10. oktoobril 2018 toodi Härjanurme Kalatalust ~1500 samasuvist (0+) vähipoega ja peeti ületalve võrkaiaga kaitstud ja nõrga läbivooluga betoonbasseinis (3x18 m) (joonis 18).

Tabel 7. RMK Põlula kalakasvatusekeskuses läbi viidud söötmiskatsetes kasutatud söödad, söötmisperioodid, vähkide tihedus sumpades, katserühmade kordused ja vanused 2019-2022

Katse nr	Sööt*	Söötiskatse läbiviimise aeg	Vähkide tihedus (m ²)	Katserühmade kordused	Vähkide vanus
I (2019)	A2, B2, C	19.06.2019 – 15.10.2019 (119 päeva)	20	A2, B2, C=6	1 a
II (2020)	A3, B3, C	29.06.2020 – 15.10.2020 (109 päeva)	11	A3, B3, C=6	2 a
III (2021)	A4, C, D, E	27.05.2021 – 20.10.2021 (147 päeva)	10	A4, E=6; C, D=3	3 a
IV (2022)	A4, C, D, E	12.05.2022 – 11.10.2022 (153 päeva)	9	A4, E=6; C, D=3	4 a

*Söötade koostised on toodud tabelis 5



Joonis 18. Samasuviste vähipoegade talvitustiik RMK Põlula kalakasvatusteskeskuses.

2019. aasta kevadel ehitati söötmiskatse läbiviimiseks sobivad sumbad (18 tk) mõõtmatega 2,15 X 0,8 X 0,5 m (põhjapind 1,5 m²), mis paigutati läbivooluga betoonbasseini (joonis 19). Tiigi läbivool oli minimaalne ning vett lisati juurde vaid aurustumise kao jagu, kuna vesi tuleb Lavi ohvriallikast, mille veetemperatuur oleks pideva läbivoolu korral vähkide kasvaks liiga madal.



Joonis 19. 18 sumbaga katsetiik ja katsesump.

Veetemperatuuri, hapnikusaldust ja –küllastust mõõdeti söötmisperioodide (mai kuni oktoober) jooksul üks kord päevas. Keskised veetemperatuurid ja hapnikusaldused kuude lõikes on toodud tabelis 8.

Tabel 8. RMK Põlula kalakasvatusteskeskuses 2019 – 2022 läbi viidud söötmiskatsete keskised veetemperatuurid ja hapnikusaldused (O₂) kuude lõikes

Vee- parameetrid kuude lõikes	I (2019)		II (2020)		II (2021)		IV (2022)	
	°C	O ₂ , mg/l	°C	O ₂ , mg/l	°C	O ₂ , mg/l	°C	O ₂ , mg/l
Mai			10	10.5	12	9.5	10.6	10.2
Juuni	16.8	8.1	16.3	9.7	16.4	9.5	14.6	9.8
Juuli	15.7	8.6	14	10.4	15.4	9.7	14.9	10.9
August	15.7	8.4	13.4	10	13.3	8.5	14.2	11.1
September	12.1	9.1	10.9	9.5	9.4	9.5	9.3	10.5
Oktoober	8.7	10.3	9.5	9.7	6.9	9.9	7.8	11.2
Keskmine	14.8	8.7	12.8	10	12.7	9.4	11.9	10.6

Katsegruppide paiknemine sumpades

I ja II katses oli igas söötmiskatse grupis kuus kordust, kuhu jõevähid olid jaotatud juhuslikult joonisel 20 toodud skeemi alusel. III katse (2021) söötmiskatseks moodustati 4 katsegruppi. C söödagrupp jagati pooleks, neist kolme sumba katsevähid (kokku 43 tk) said sama C sööta kolmes korduses, teised kolm sump (46 tk) said D sööta samuti kolmes korduses. A katsegrupp (90 tk) jäi samaks (kuues korduses) ning B söödagrupi vähkide (88 tk) sööt asendati kommertssöödaga (E) kuues korduses (tabel 5 ja 7).

Sissevool

⊕	⊕	⊖
12	11	18
⊖	○	⊖
17	6	16
⊕	⊖	○
10	15	5
○	⊖	⊕
4	14	9
○	⊖	⊕
3	13	8
○	⊕	○
2	7	1

Väljavool

Joonis 20. Katsegruppide paiknemine sumpades. „+“ A1-A4 söödagrupp, „-“ B2-B3 söödagrupp ja „O“ C söödagrupp.

I katse 2019 1- aastaste vähkidega

14. ja 19. juunil 2019 asustati 540 talvitustiigis olnud üheaastast jõevähki 18-sse katsesump, igasse 30 isendit (asustustihedus 20 vähki/m²). Katse alguses vähid loendati ja kaaluti katsesumpade kaupa (tabel 9). Pikkuse mõõtmiseks olid vähid katse alguses liiga väiksed, aga keskmiselt ~ 20 mm pikkused. Esimese aasta söötmiskatse lõpus vähid loendati, määrati sugu ning puudevate ja taastuvate jäsemetega isendite arv, kaaluti ning mõõdeti (täispikkus ja karapaksi pikkus) individuaalselt. Katsest eemaldati 72 vähki, keda kasutati rasvhappelise koostise analüüsiks. Ülejäänud vähid pandi pärast mõõtmisi samadesse sumpadesse talvitumisperioodiks tagasi.

Katseperioodi jooksul söödeti vähke kolme erineva söödaga (tabel 5 ja 7) üks kord päevas seitse päeva nädalas. Söödanormiks arvestati ~2% vähkide kehamassist (0,3 g sööta sumba kohta). Igapäevasel söötmisel jälgiti visuaalselt ka vähkide söömisaktiivsust sumpades. Kommertssööta, mida kasutavad vähikasvatavad, anti sumpades 1-6. Projekti raames välja töötatud sööta A2 ja B2 anti sumpades vastavalt 7-12 ja 13-18 (joonis 20).

Talvitumisperioodil vähke ei söödud. Talvise vähese toitumisaktiivsuse tõttu lisati sumpadesse mõned peotäied lepalehti.

Tabel 9. Vähkide arv, keskmine mass, täispikkus (TP) ja karapaksi pikkus (KP) ja laius (KL) söötmiskatsete alguses ± standardhälve söötmiskatsete I-IV alguses

Söötmisskatse nr	Sööt	Vähkide arv katse alguses	Isaste arv	Emaste arv	Mass (g ± SD)	TP (mm ± SD)	KP (mm ± SD)	KL (mm ± SD)
I	A2	180			0.40 ± 0.02			
	B2	180			0.38 ± 0.04			
	C	180			0.42 ± 0.02			
II	A3	96	48	48	1.88 ± 0.74	39.3 ± 5.1	19.7 ± 2.6	1.9 ± 0.7
	B3	96	48	48	1.81 ± 0.74	39.0 ± 4.9	19.4 ± 2.5	9.2 ± 1.3
	C	96	48	48	2.03 ± 0.62	40.9 ± 3.8	20.3 ± 1.9	9.7 1.1
III	A4	90	47	43	5.85 ± 2.56	55.0 ± 8.5	27.8 ± 4.4	13.8 ± 2.4
	C	43	15	28	6.63 ± 2.61	57.7 ± 7.3	29.1 ± 3.8	14.5 ± 2.2
	D	46	15	31	6.76 ± 2.40	58.2 ± 6.0	29.7 ± 3.2	14.9 ± 1.9
	E	88	45	43	5.48 ± 2.37	54.3 ± 7.7	27.5 ± 4.0	13.5 ± 2.4
IV	A4	82	42	40	11.20 ± 5.26	66.5 ± 11.2	34.1 ± 5.9	17.0 ± 3.3
	C	39	14	25	12.95 ± 4.96	70.4 ± 9.0	36.1 ± 4.8	18.6 ± 3.0
	D	41	27	14	11.79 ± 4.51	69.2 ± 7.5	35.8 ± 4.2	18.0 ± 2.4
	E	80	40	40	10.05 ± 4.45	65.1 ± 9.1	33.4 ± 5.1	16.7 ± 2.8

II katse 2020 2- aastaste vähkidega

7. mail 2020 hinnati vähkide talvitumist ning loendati ja mõõdeti vähid sama meetodika järgi kui 2019. aasta katses. Vähkide kasvuparameetrid II katse alguses on toodud tabelis 9. 2- aastaste vähkide kasvuperioodiks jäeti katsesse kokku 288 vähki, igasse söödagrupperi 96 vähki, 16 vähki sumbas, igas 8 emast ja 8 isast isendit (asustustihedus ~11 vähki/m²). 25 jõevähki kõrvaldati rasvhappelise koostise analüüsiks. 7. maist – 29. juunini 2020 söödeti kõiki katsegruppe C söödaga kuna COVID pandeemia tõttu ei jõudnud projekti raames välja töötatud A3 ja B3 söödad õigeks ajaks Itaaliast Eestisse. Kolme erineva söödaga jätkati alates 29. juunist.

Vähkide söötmisnorm, -režiim ja sumpade asetus oli sama, mis 2019. aasta katses, küll aga erinesid oma koostise poolest A3 ja B3 söödad A2 ja B2 söötadest, mille retsepte 2020. a katse jaoks muudeti (tabel 5). C sööt jäi samaks, mis 2019. aasta katses.

III katse 2021 3- aastaste vähkidega

Katse algas 27.05.2021 267 3-aastaseks saavate jõevähkidega, kes enne uue katse algust loendati ja mõõdeti (tabel 9). Lisaks sorteeriti vähid söödagrupperi põhiselt soo kaupa eraldi sumpadesse, et vältida vähkide paaritumist ja isaste domineerimist. Seetõttu varieerus vähkide arv sumpades, kuid keskmine asustustihedus oli ~10 vähki m² kohta. Katse kestis 147 päeva, mille lõpus vähid loendati ja mõõdeti. Katsest kõrvaldati 18 vähki rasvhappelise koostise analüüsiks. Ülejäänud vähid asustati samadesse sumpadesse tagasi, kus nad talvitusid kuni 2022. aasta katse alguseni.

III katses moodustati neli söötmiskatse gruppi (tabel 7). Katset otsustati jätkata vaid ühe projekti raames välja töötatud söödaga (A3), mille proteiinisaldust tõsteti ja rasvasisaldust vähendati maisijahu sisalduse suurendamisega kalmaari- ja nisujahu arvelt. Seni katsesöödaks disainitud B sööt asendati turul saadaoleva jõevähile toitaineliste väärtuste poolest sobiva tuurasöödaga Alltech Coppens Intensiv 3.0 mm. Senine karpkala (Aller Aqua Classic Vitamax) söödagrupp C jagati pooleks, neist kolme sumba katsevähid said sama C sööta, teised kolm sumpasid said sama C sööta koos projekti raames välja töötatud polüfenoole sisaldava söödalisandiga.

Vähkide söötmisnorm, -režiim ja sumpade asetus oli sama, mis varasematel katseaastatel.

IV katse 2022 4- aastaste vähkidega

Katse 4- aastaste jõevähkidega algas 12.05.2022 ja kestis 153 päeva (tabel 7). Katses osales kokku 242 jõevähki keskmise asustustihedusega 9 vähki m²-l. Söödagrupid, katsesöödad ja söödanormid olid samad, mis III katses (tabel 5 ja 7). Katse lõpus, 11.10.2022 vähid mõõdeti ja kaaluti ning 16 vähki kõrvaldati rasvhappelise koostise analüüsiks. Ülejäänud vähid jäid sumpadesse talvituma.

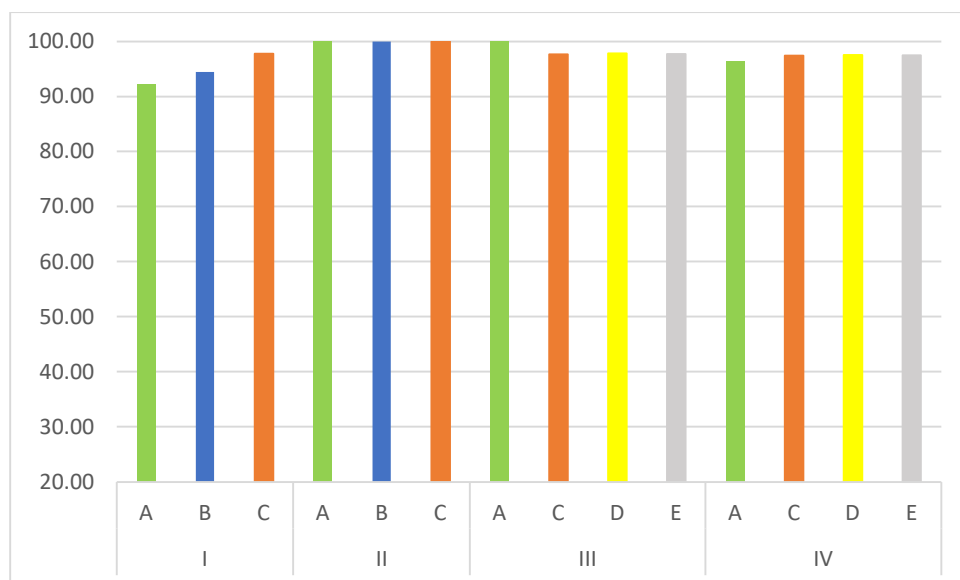
Andmete analüüs

Andmete statistilise analüüsi meetoodika oli sama, mis akvaariumikatsetel (peatükk 1.3.1).

2.2.2. TULEMUSED

Söötade mõju ellujäämusele

Ellujäämused olid kõikides söötmiskatsetes (I-IV) väga kõrged, üle 90% ja statistiliselt olulisi erinevusi söödagruppide vahel ei olnud. I söötmiskatses oli väikseim ellujäämus projekti raames välja töötatud sööta saanud vähkidel (92%) ja parim ellujäämus karpkala sööta saanud vähkidel (98%) (joonis 21, tabel 10). Samas III katses oli tulemus vastupidine. Erinevused olid siiski liiga väikesed, et söötade mõju ellujäämusele oleks olnud statistiliselt oluline.



Joonis 21. Söötiskatsete I-IV vähkide ellujäämus (%) katsegruppide lõikes.

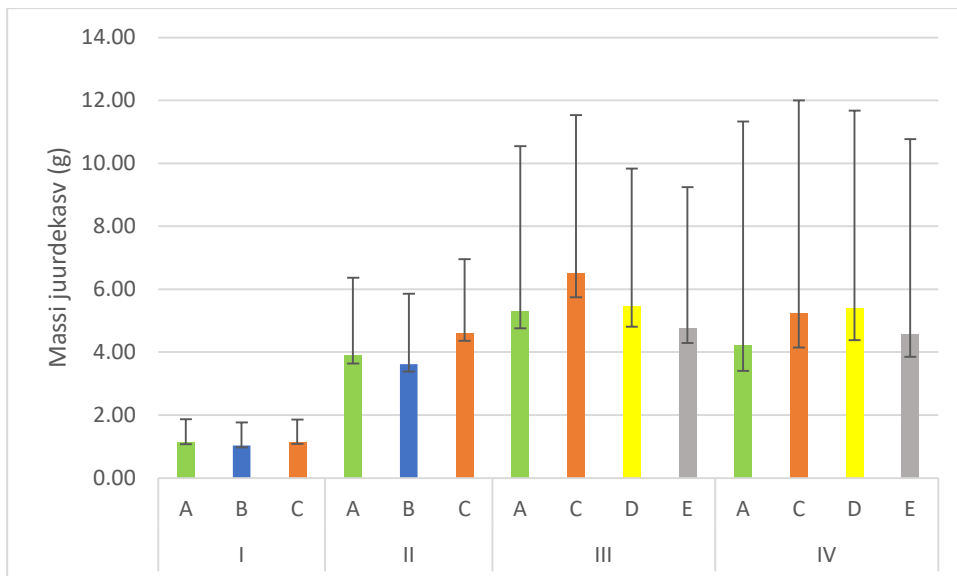
Tabel 10. Jõevähkide keskmised kasvunäitajad ja ellujäämus \pm SD erinevates söödagruppides neljas söötmiskatses

Katse nr	Sööt	Mass katse alguses (g \pm SD)	Mass katse lõpus (g \pm SD)	Suhteline 30uurdekasv (% \pm SD)	Individaalne kasvukiirus (% päevas \pm SD)	Ellujäämus (%)	Fultoni tusedusindeks (% \pm SD)
I	A	0.40 \pm 0.02	1.53 \pm 0.74	285 \pm 187	1.03 \pm 0.47	92	21.4 \pm 2.5*
	B	0.38 \pm 0.04	1.4 \pm 0.75	273 \pm 197	1.00 \pm 0.47	94	21.5 \pm 2.3*
	C	0.42 \pm 0.02	1.57 \pm 0.72	271 \pm 170	1.02 \pm 0.4	98	22.2 \pm 1.8
II	A	1.88 \pm 0.74	5.76 \pm 2.49	207 \pm 132	0.62 \pm 0.34	100	24.32 \pm 1.49*
	B	1.81 \pm 0.74	5.42 \pm 2.26*	200 \pm 124	0.62 \pm 0.29	100	24.09 \pm 1.47*
	C	2.03 \pm 0.62	6.62 \pm 2.37	227 \pm 117	0.69 \pm 0.24	100	25.12 \pm 1.61
III	A	5.85 \pm 2.56	11.17 \pm 5.27	91 \pm 89	0.35 \pm 0.39	100	25.19 \pm 4.6
	C	6.63 \pm 2.61	13.14 \pm 5.08	98 \pm 76	0.41 \pm 0.31	98	25.81 \pm 1.36
	D	6.76 \pm 2.40	12.23 \pm 4.42	81 \pm 65	0.36 \pm 0.24	98	25.33 \pm 1.51
	E	5.48 \pm 2.37	10.26 \pm 4.50	87 \pm 82	0.35 \pm 0.34	98	25.12 \pm 1.81
IV	A	11.20 \pm 5.26	15.41 \pm 7.17	38 \pm 64	0.13 \pm 0.33	96	25.48 \pm 1.89*
	C	12.95 \pm 4.96	18.20 \pm 6.85	41 \pm 52	0.17 \pm 0.27	97	26.79 \pm 1.90
	D	11.79 \pm 4.51	17.18 \pm 6.39	46 \pm 53	0.20 \pm 0.24	98	26.40 \pm 1.53
	E	10.05 \pm 4.45	14.61 \pm 6.25	45 \pm 62	0.18 \pm 0.31	98	25.62 \pm 1.96*

*erinevus on kontrollgrupist (C) statistiliselt oluline ($p < 0,05$)

Söötade mõju massi juurdekasvule

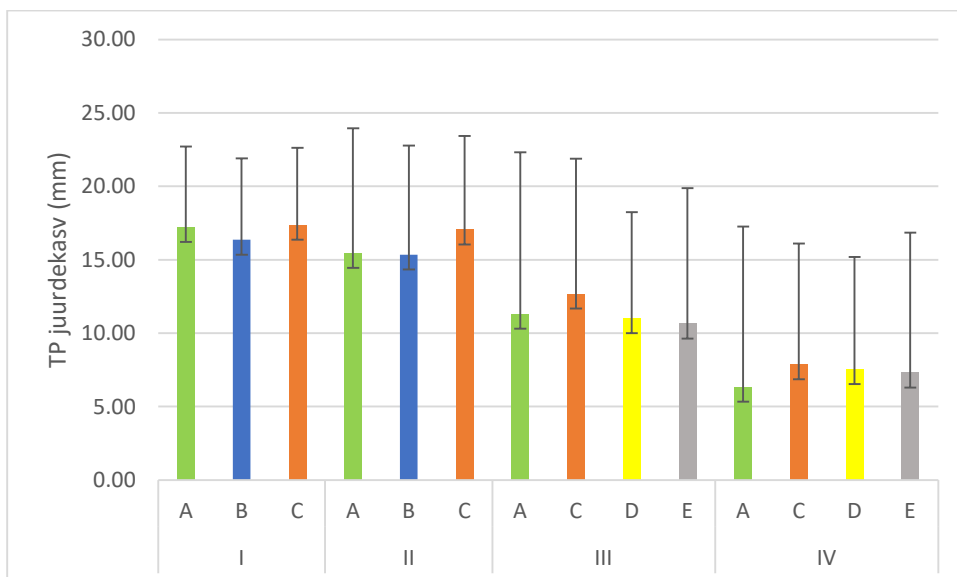
Vähkide kasv on kõige kiirem esimesel kolmel eluaastal, mida iseloomustab tabelis 10 toodud massi suhteline juurdekasv ja individuaalne kasvukiirus katsegruppide ja aastate lõikes. 4-aastase söötmiskatse järel vähkide mass katsegruppide lõikes oluliselt ei erinenud, va II katses C ja B katsegruppides. Fultoni tusedusindeksi põhjal olid veidi raskemad vähid karpkala ja karpkala + polüfenoolide lisand (D) söödagruppides (tabel 10). Projekti raames välja töötatud A söödagrupi ja tuurasööt (E) saanud vähid olid katse lõpuks veidi kergemad ja juurdekasv väiksem. Joonisel 22 on toodud vähkide absoluutne juurdekasv söödagruppide ja aastate lõikes, mis näitab juurdekasvu aeglustumist pärast kolmandat eluaastat.



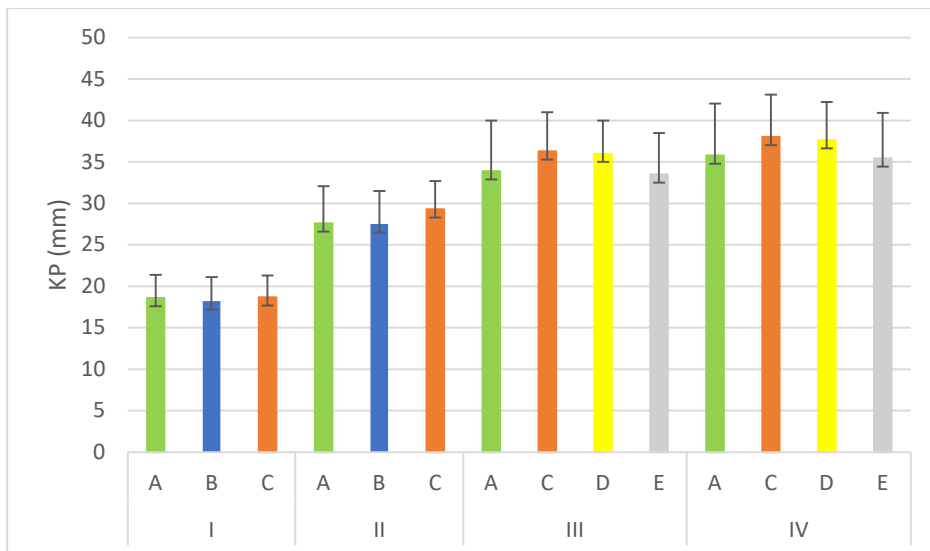
Joonis 22. Vähkide absoluutne massi uurdekasv (vähkide mass katse lõpus – mass katse alguses) \pm SD söödagruppide lõikes läbi viidud söötmiskatsetes I-IV.

Söötade mõju pikkuse kasvule

Täispikkuse absoluutne juurdekasv oli samuti kõige suurem karpkala ja karpkala + polüfenoolide lisand (D) söödagruppides ja väiksem A söödagrupis (joonis 23), kuid statistiliselt olulisi erinevusi ei olnud. Karpkala söödagrupi vähkide keskmine karapaksi pikkus oli kõikide söötmiskatsete (I-IV) lõpuks veidi suurem kui teiste söödagruppide vähkidel (joonis 24), kuid samuti statistiliselt olulisi erinevusi ei ilmnunud.



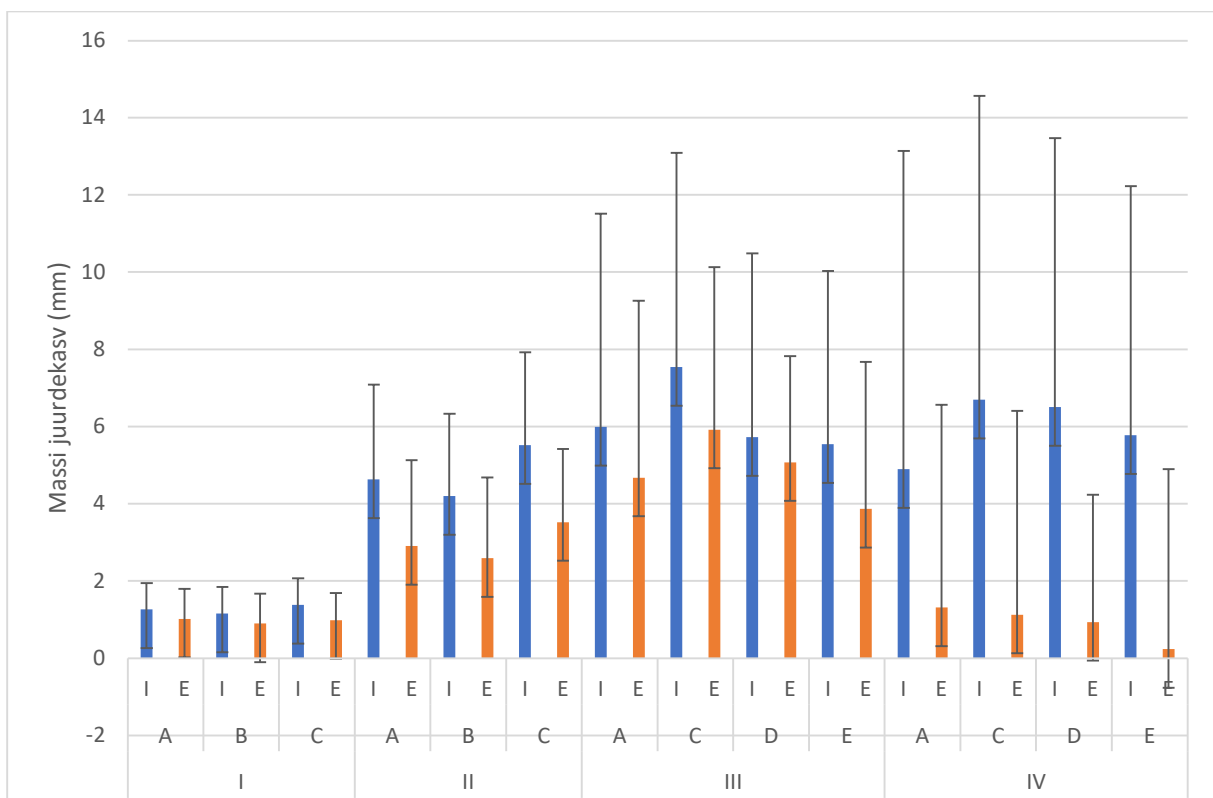
Joonis 23. Vähkide absoluutne täispikkuse juurdekasv (TP katse lõpus – TP katse alguses) \pm SD söödagruppide A-E lõikes läbi viidud söötmiskatsete I-IV lõpus.



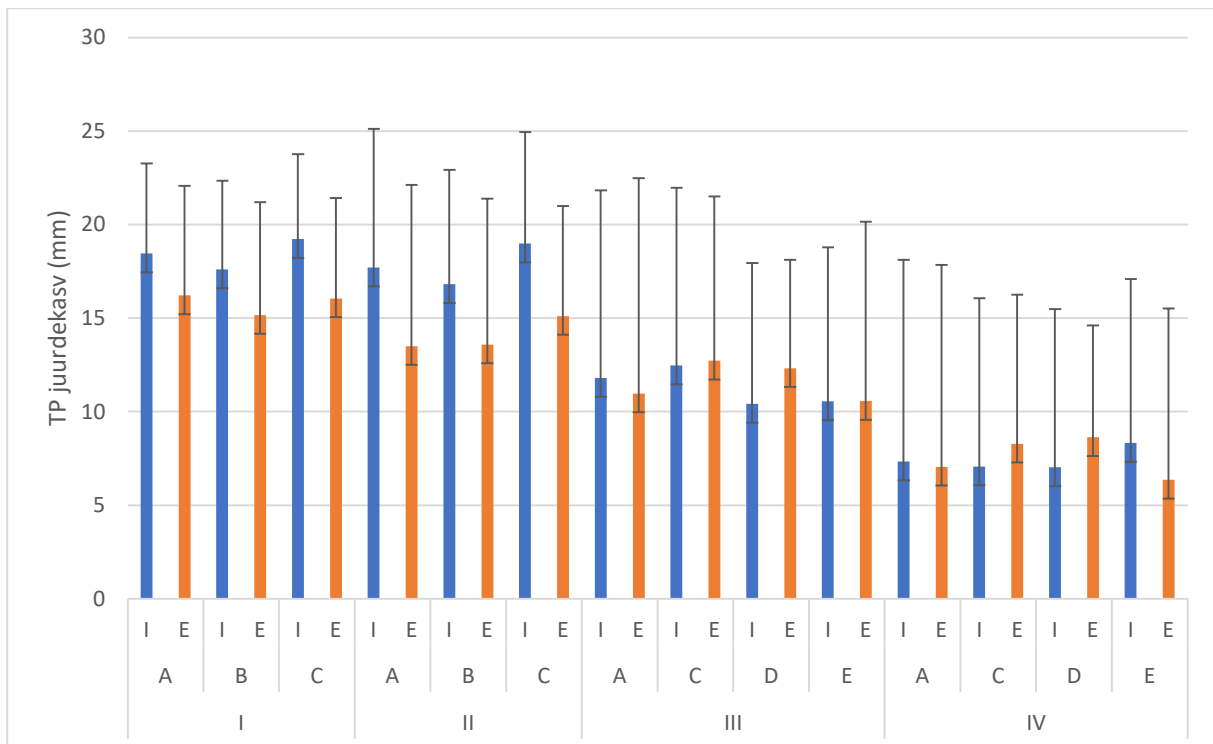
Joonis 24. Vähkide keskmine karapaksi pikkus \pm SD söödagruppide A-E lõikes läbi viidud söötmiskatsete I-IV lõpus.

Emaste ja isaste vähkide juurdekasvude erinevused

Emaste ja isaste vähkide absoluutsed massi ja täispikkuse juurdekasvud on toodud vastavalt joonisel 25 ja 26. Isaste kasv on emaste omast suurem kõikides söödagruppides ja söötmiskatsetes. Pärast kolmandat eluaastat (suguküpsuse saabudes) pidurdub emaste vähkide massi juurdekasv võrreldes isastega märgatavalt (joonis 25).



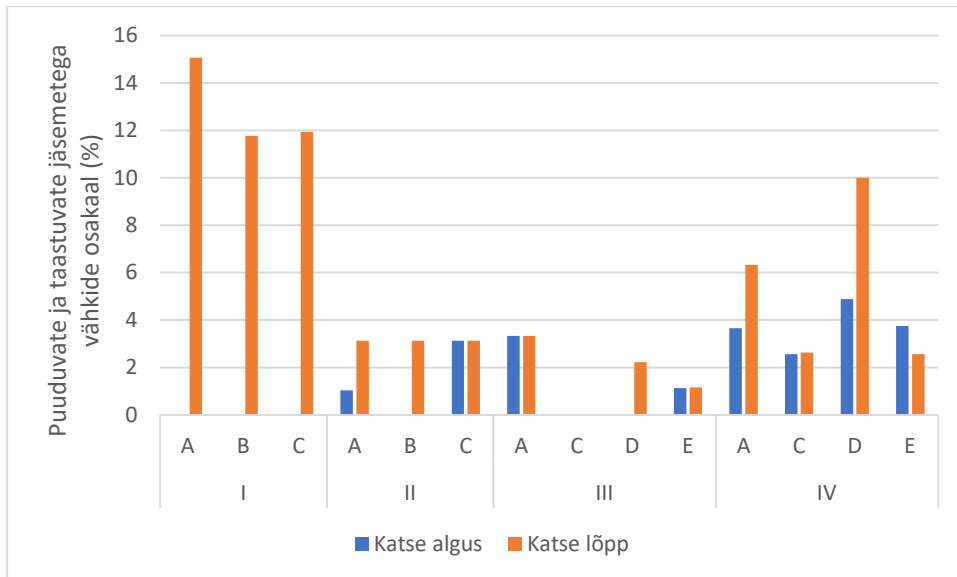
Joonis 25. Isaste ja emaste vähkide absoluutne massi juurdekasv (mass katse lõpus – mass katse alguses) \pm SD söödagruppide A-E lõikes läbi viidud söötmiskatsete I-IV lõpus.



Joonis 26. Isaste ja emaste vähkide absoluutne täispikkuse juurdekasv (TP katse lõpus – TP katse alguses) ± SD söödagruppide A-E lõikes läbi viidud söötmiskatsete I-IV lõpus.

Puudevate ja taastuvate jäsemetega vähkide osakaal

Puudevate ja taastuvate jäsemetega vähke oli kõige rohkem esimesel katseaastal kõigis katsegruppides (joonis 27), kuid kõige suurem oli see projekti raames välja töötatud sööda (A) grupis (15%). See tulenes tõenäoliselt liiga suurest asustustihedusest sumbas (20 vähki m²-l), mida teisel katseaastal vähendati 11 vähile m²-l. Edasistes katsetes oli puudevate ja taastuvate jäsemetega vähkide osakaal alla 10%, mis näitas, et asustustihedus sumpades oli optimaalne. Veidi suuremat kannibalismi võis täheldada projekti raames välja töötatud sööda (A ja B) ja tuurasööda (E) katsegruppides (joonis 27).



Joonis 27. Puuduvate ja taastuvate jäsemetega vähkide osakaal katse alguses ja katse lõpus söödagruppide A-E lõikes läbi viidud söötmiskatsetes I-IV.

2.2.3. KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

RMK Põlula kalakasvatustes aastatel 2019-2022 läbi viidud söötmiskatsetes sumpades näitasid seni Eesti vähikasvandustes kasutatava karpkala sööda sobivust jõevehi kasvatamiseks, mis osutus projekti raames välja töötatud söödaga A4 samaväärseks nii vähkide kasvukiiruse kui ellujäämise poolest. Karpkala (A4) söödagrupi vähid olid võrreldes katsegrupi vähkidega küll veidi tüsedamad. Projekti raames disainitud söödad olid algselt proteiinivaesemad ja rasvarikkamad kui karpkala sööt, mis võis esimestel katseaastatel vähkide kasvukiirust pidurdada. Sööta A täiustati kolmandaks katseaastaks jõevehi toitainete vajadustele vastavamaks, kuid esimestel aastatel maha jäänud kasv hilisema proteiinirikka söödaga ei taastunud. Katses III ja IV asendati kallimate koostisosadega projekti raames välja töötatud sööt (B) turul saadaoleva tuurasöödaga Intensiv (E), mis profiili poolest võiks samuti vähkidele sobida. Intensiv sööt (E) ei omanud siiski paremat mõju vähkide kasvukiirusele ja ellujäämisele kui karpkala sööt C, mis võis tuleneda ka kahe varasema aasta väikesest kasvust maha jäämisest. Lisaks täheldati tuurasööda liiga kiiret lagunemist vees, mis vähkidele ei sobi ja rikub veekvaliteeti. Projekti raames välja töötatud sööt A sisaldas ka immuunsust parandavaid polüfenoole, mida lisati III katses ka karpkalasöödale (D). Kuna katsetingimused olid head ja suurem katsete jooksul väga väike, siis olulist erinevust söödagruppide ja ellujäämise vahel ei olnud. Samas oli polüfenoole sisaldava sööda mõju ellujäämisele võrreldes teiste katseteadega oluliselt parem akvaariumikatsetes samasuviste ja 1-aastaste vähkidega.

Käesoleva katse ja paralleelselt akvaariumikatsete tulemustest saab järeldada, et proteiinirikkam ja väiksema rasvasisaldusega sööt on esimestel eluaastatel vähkide kiiremaks kasvaks väga oluline, mida hilisema söötamisega ei korva. Vähkide kasvukiirus pidurdub suguküpsuse saabumisega ning siis võib üle minna madalama proteiinisaldusega söödale, mis on soodsam.

Vähkide kasv on väga varieeruv, mis näitab vajadust vähke sorteerida juba esimestel eluaastatel. Lisaks pikkusele tuleks vähke sorteerida ka soo järgi, kuna isaste vähkide kasv on emaste omast oluliselt kiirem. Sorteerimisega on võimalik vähendada kannibalismi ja säilitada turustatavate vähkide kaubanduslikku väärtust.

Kahe esimese katseaasta põhjalikum kokkuvõtet saab lugeda Agnes Teoreini 2021. aastal kaitstud magistritööst teemal „Kolme erineva sööda mõju ühe- ja kaheaastaste jõevehi (*Astacus astacus*) kasvule ja ellujäämisele“ (Lisa 4)

2.3. SÖÖTMISKATSED 3- JA 4- AASTASTE VÄHKIDEGA OÜ TP INVEST VÄHIKASVANDUSES

Koostöös TP Invest OÜ vähikasvandusega viidi kahe aasta vältel (2021-2022) läbi jõevähi söötmiskatsed kahes tootmistiigis, et hinnata söötade mõju 3- ja 4-aastaste isaste jõevähkide kasvule. Algselt planeeriti ühes tiigis kasutada projekti raames välja töötatud granuleeritud vähisööta ja teises tiigis kasvanduses kasutatavat sööta, kuid 2021. aastaks polnud projekti käigus välja töötatav sööt veel paremaid tulemusi näidanud kui karpkala sööt. Seetõttu otsustati käesolevas katses kasutada teist turul saadaolevat kalasööta (Alltech Coppens tuurasööt Intensiv), mis võiks karpkala sööda kõrval alternatiivset valikut pakkuda.

2.3.1. MATERJAL JA METOODIKA

Katse läbiviimise aeg ja koht

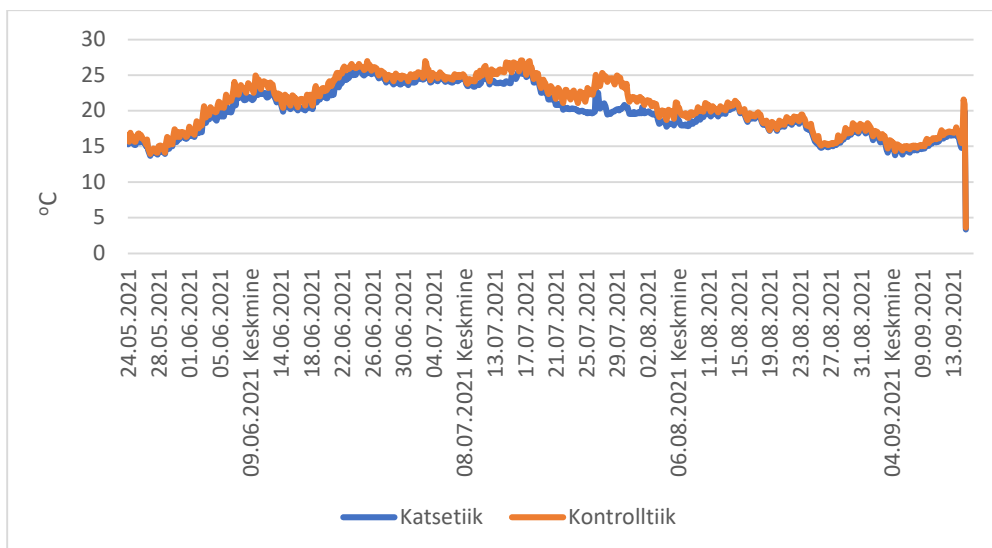
Katsed viidi läbi ajavahemikul 24.05.2021 kuni 05.10.2022 OÜ TP Invest Aru talu vähikasvanduses Harjumaal kahes 2 X 750 m² suuruses tiigis (katse- ja kontrolltiigis), kus oli takistatud röövloomade ja –lindude ligipääs ning tagatud turvalisus, sh bioturvalisus. Vähitigid olid varustatud vähkidele vajalike varjupaikade ja aereerimissüsteemiga ning tagatud veepuhastus (joonis 28).



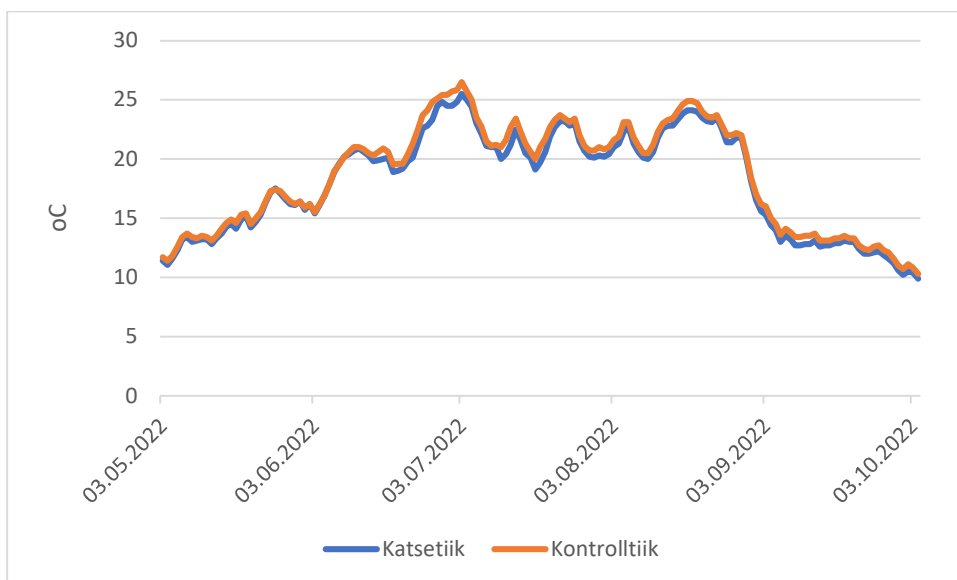
Joonis 28. Söötiskatse tiigid.

Veeparameetrite jälgimine

Katse- ja kontrolltiikide keskosa põhjale, ca 1.9 meetri sügavusele, paigutati katse alguses HOBO temperatuuri logerid (UA-001-08), mis registreerisid veetemperatuure iga nelja tunni järel (joonis 29 ja 30).

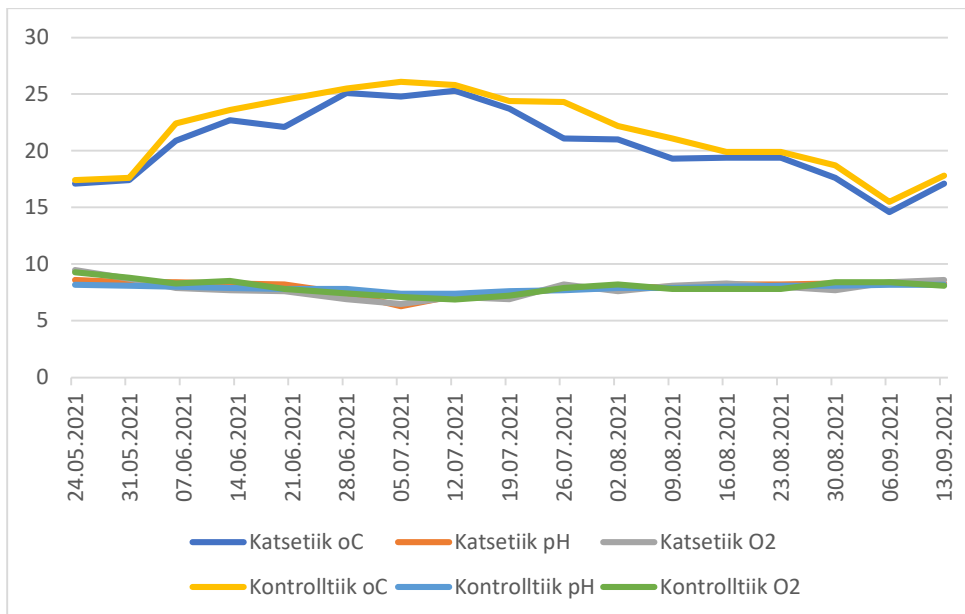


Joonis 29. Katse- ja kontrolltiigi veetemperatuurid HOB0 logerite andmetel 2021. aasta söötmissperioodil.

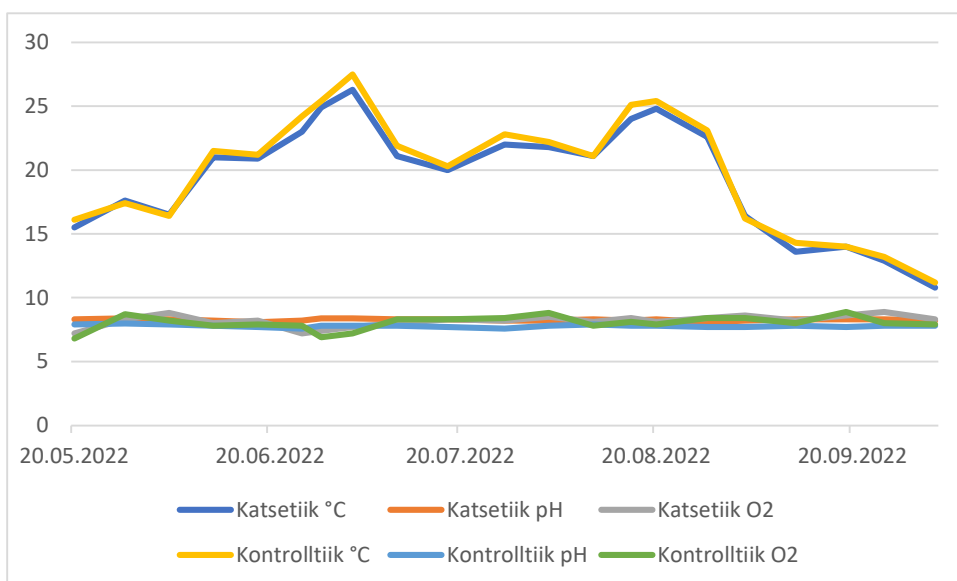


Joonis 30. Katse- ja kontrolltiigi veetemperatuurid HOB0 logerite andmetel 2022. aasta söötmissperioodil.

Lisaks logeritele mõõdeti vähikasvataja poolt veetemperatuuri, pH-d ja hapnikusisaldust kord nädalas (joonis 31 ja 32).



Joonis 31. 2021. a söötmiskatse jooksul vähikasvataja poolt kord nädalas mõõdetud katse- ja kontrolltiigi veetemperatuurid (°C), pH ja hapnikusisaldused (O₂).



Joonis 32. 2022. a söötmiskatse jooksul vähikasvataja poolt kord nädalas mõõdetud katse- ja kontrolltiigi veetemperatuurid (°C), pH ja hapnikusisaldused (O₂).

Mõõtmised teostati vähikasvatajale kuuluva multimeeter HACH HQ30D -ga ja pH testerite Milwaukee pH600-ga. Multimeetriga teostati mõõtmised tiigivees sügavuselt 0.7 – 0.8 meetrit. Multimeetriga mõõdetud temperatuurid olid nii kontrolltiigis kui ka katsetiigis ootuspäraselt kõrgemad kui logeritega mõõdetud näidud ning seda 0,5 – 2,5 °C ulatuses. Multimeetriga mõõdetud temperatuurid jäävaba ajal olid nii kontrolltiigis kui ka katsetiigis ootuspäraselt kõrgemad kui tiiki paigutatud logeritega mõõdetud näidud ning seda ca 0.5 – 1.5 °C ulatuses. Temperatuuride ühtlustumist võis täheldada vaid siis, kui multimeetriga mõõtmine toimus samaaegselt aeratsiooniga, mille tulemusel segunesid erinevate temperatuuridega veekihi. Talveperioodil olid multimeetriga mõõdetud temperatuurid mõnevõrra madalamad logerite näitudest, mis on ka loogiline, sest mõõtmistulemusi mõjutab jää jahutav toime.

Katsete keskmised veetemperatuurid, pH ja hapnikusisaldused on toodud tabelis 11.

Tabel 11. Keskmised veeparameetrid katse- ja kontrolltiigis 2021. ja 2022. a. söötmiskatse jooksul

Veeparameetrid	2021		2022	
	Katsetiik	Kontrolltiik	Katsetiik	Kontrolltiik
Veetemp °C loger ± SD	19.9 ± 3.4	20.9 ± 3.6	18.1 ± 4.4	18.6 ± 4.5
Veetemp °C multim ± SD	20.5 ± 3.2	21.6 ± 3.4	19.6 ± 4.4	20.0 ± 4.6
pH ± SD	8.0 ± 0.6	7.9 ± 0.3	8.3 ± 0.1	7.8 ± 0.1
O ₂ mg/l ± SD	7.9 ± 0.8	8.0 ± 0.6	8.2 ± 0.5	8.0 ± 0.6

Katsevähid

2017. a. sügisel asustati nii katse- kui kontrolltiiki Härjanurme Kalatalust toodud 0+ vähke arvestusega, et 2021. a. kevadel oleks kummaski tiigis ~2250 tk 3+ vanusega jõevähki (asustustihedusega 3 vähki m²-l).

Vähkide arvukuse määramisel kasutati märgistamise-tagasipüügi meetodit, mille rakendamise ajal vähke tiikides ei söödetud. Vähiõrrad paigutati tiigi veepiirist ca 2 meetri kaugusele ja ca 10 meetrite vahedega. Söödaks kasutati räime. Mõrrad paigutati tiiki videviku saabumisel ja võeti välja varavalges. Väljapüütud vähkide seljakilp kuivatati ning veekindla heledatoonilise markeriga tehti kilbile ca 5 mm läbimõõduga „punkt“. Markeeringu kuivamise järgselt lasti vähid ühtlases jaotuses tiiki tagasi, kohtades, kus olid paiknenud ka vähimõrrad.

Selleks, et vähkide söötmises ei tekiks vähkide elutegevust mõjutavat pausi, alustati nn tagasipüügiga juba järgmise päeva õhtul. Vähiõrrad paigutati tiigi veepiirist ca 2 meetri kaugusele ja ca 10 meetrite vahedega. Söödaks kasutati räime. Mõrrad paigutati tiiki videviku saabumisel (samadesse kohtadesse nagu eespool kirjeldatud) ja võeti välja varavalges. Märgistamise-tagasipüügi põhjal vähi absoluutse arvukuse leidmiseks kasutati Chapman'i (1951) valemit: $N = (M+1)*(C+1)/(R+1)$, kus N on kalkuleeritud populatsiooni arvukus, M on eelnevalt märgistatud vähkide arv, C on saagis esinenud vähkide arv ja R on tagasipüütud märgistatud vähkide arv. Näiteks: Kui esimesel püügil on märgistatud 500 vähki ja tagasipüügil on saak 250 vähki, nendest 125 märgisega, siis on tiigis: $(500+1)*(250+1)/(125+1) = 998$ vähki. Teadlased kasutavad ka Chapman'i valemi lihtsustatud varianti, kus $N = M*C/R$.

2021. aasta katse alguses moodustati valim (~10% vähkide koguarvust tiigis) isastest vähkidest, kes püüti välja mõrdadega. Vähid kaaluti ning mõõdeti nii täispikkus (TP) kui karapaksi (KP) pikkus. Samuti registreeriti puuduvate ja taastuvate sõrgade esinemine ning lapihaiguse olemasolu (tabel 12). Mõõdetud vähid lasti tagasi tiiki, va lapihaiged, kes läksid hävitamisele. 2-aastase katse jooksul toimus vähkide väljapüük mõõtmisteks kolmel korral (tabel 12).

Tabel 12. 2021.-2022. a söötiskatsete alguses mõõdetud isaste vähkide andmed

Mõõtmise kuupäev	Sööda-grupp	Vähkide arv	TP, mm	KP, mm	Mass, g	Puuduvate ja taastuvate jäsemetega vähkide osakaal (%)	LH osakaal (%)
24.05.2021	Kontroll	261	80.8 ± 5.1	41.8 ± 3.7	17.6 ± 4.0	6	16
	Intensiv	260	81.0 ± 5.6	42.2 ± 3.6	18.4 ± 4.3	18	6
14.09.2021	Kontroll	205	96.5 ± 5.0	51.1 ± 3.1	33.4 ± 6.4	17	43
	Intensiv	189	96.1 ± 6.7	50.6 ± 3.8	33.7 ± 7.2	13	24
05.10.2022	Kontroll	44	104.5 ± 6.9	55.0 ± 3.6	43.7 ± 9.5	11	68
	Intensiv	54	100.4 ± 7.01	52.9 ± 3.93	38.5 ± 10.1	15	91

Mõjutatuna 2021. ja 2022. aasta ülikuumast suvest ning üha agressiivsemalt levivast lapihaigusest ilmnes 13. ja 14. augustil 2022 läbi viidud märgistamise-tagasipüügi meetodi rakendamisel, et kontrolltiigis oli 2022. aasta katse lõpuks elus 340 vähki ja katsetiigis 420 vähki. Nii oli 2022. aastal moodustatud valim (13% vähkide koguarvust tiigis) oluliselt väiksem esialgset planeeritust (tabel 12).

Söötmine

Kontrolltiigis söödeti vähke varasemalt kasvanduse praktikas kasutatud söödaga. Kasvanduse sööt koosnes varakevadel püütud räimest ja pastast, mille koostiseks on hakklühastatud räim, erinevad jahud, kaerahelves ja mahenisu. Söödad olid enne tiiki viskamist eelnevalt sügavkülmutatud (- 24 °C). Söötmine toimus reeglina üle päeva või veelgi harvemini, sõltuvalt sellest, kuidas vähid sööta söid. Sulatatud räimed paigutati enne tiiki viskamist spetsiaalsete restide vahele, et vähid ei saaks terveid räimi varjupaikadesse lohistada (kust kala söömist on kasvatajal võimatu kontrollida) ning järgmist sööta ei visatud tiiki enne, kui söödarest oli tühjaks söödud. Pastast sööta visati tiiki vaheldumisi räimesöötamise kordadega, kusjuures pasta visati sügavkülmutatult tiiki samadesse kohtadesse, kuhu visati räimerestid, kuid kaldale lähemale, et ka visuaalselt oleks näha sööda söömist. Sügavkülmutatud pasta visati tiiki arvestusega, et külmutatud pasta jõuaks enne videviku saabumist (vähkide söömisaja algust) sulada. Mahenisuga söötmine toimus 2-3 korda kuus, arvestusega et nisu oleks hommikuks vähkidel söödud. Mahenisu keedeti enne vette viskamist, et tagada nisu parem söödavus ja vältida aganate ulpimist veepinnal, mis meelitab koheselt veelinde tiikidele. Vähkide kirjeldatud viisil söötmise suurimaks puuduseks on suur töömahukus.

Katsetiigis söödeti vähke Alltech Coppensi granuleeritud tuurasöödaga Intensiv 3.0 mm igapäevaselt (va juulikuu, kui veetemperatuurid olid liiga kõrged) üks kord päevas õhtuti. Söödanormiks ~3% vähkide keskmisest kehamassist. Söötmine kavandati ja teostati õhtuti ja valdavalt igapäevaselt. Nagu kontrolltiigis nii ka katsetiigis asusid söötiskohad ca 10 m vahedega. Veendumaks sööda söömist vähkide poolt, visati sööt tiigi veepiirist sellisele kaugusele, et sööt oleks kasvatajale nähtav. Peatumata siinkohal granuleeritud tuurasööda kasutamise tulemuslikkusele, tuleb nimetada, et graanulsööda kasutamine võrreldes eelpool kirjeldatud Aru talu traditsiooniliste söötadega on vähikasvataja aega oluliselt säästvam ja mugavam.

Söötiskatses kasutatud söötade toitainelised väärtused määrati EMÜ söötamise laboris (tabel 13).

Tabel 13. Söötiskatses kasutatud söötade toitumisalane teave

Koostis	Tootja andmed	EMÜ Weende analüüs nov 2021	
	Tuurasööt INTENSIV 3.0 mm	Tuurasööt INTENSIV 3.0 mm	TP Invest OÜ kasvanduse sööt
Kuivaine (%)		92	42.5
Toorproteiin (%)	40	40.3	32.1
Toorrasv (%)	10	11.8	3
Toorkiud(%)	1.7	1.6	2.5
Toortuhk (%)	6.9	9.6	5
NFE (%)		36.7	57.4
Ca (%)		28.1	9.1
P, g/kg	1.18%	18.7	8.9
Brutoenergia(MJ/kg)	19.6		

Kuna nii kontrolltiik, kui ka katsetiik on ehitatud kaheksa aastat tagasi, siis tuleb arvestada, et tiikides asuvad ka vähkidele söögiks sobivad veetaimed.

Kasvuerinevuste hindamine

Andmete statistiline analüüsimetoodika oli sama, mis EMÜ akvaariumikatsetel ja RMK Põlula katsetel (peatükk 1.3.1), v.a. Tukey test, mida kahe grupi võrdlemiseks ei kasutatud.

2.3.2. TULEMUSED

2021. aasta katsetingimuste probleemid

2021. aasta suvi oli pikalt kestnud kõrge(t)e temperatuuri(d)e ja suuresti sellest tekkinud probleemide tõttu vähikasvatuseks väga raske ning finantsiliselt äärmiselt kulukas (jahutusvee tiikidesse pumpamine, sage aereerimine, tiikide korduv puhastamine tekkinud vetikatest ja liialt vohavatest veetaimedest, surnud vähkide eemaldamine jm). Arvatavasti süvendas suviseid probleeme ka ülikuumale suvele eelnenud jahe kevad. Kui tavapäraselt on juba maikuu alguses veetemperatuur tiikides üle 10 °C ja saab alustada vähkide söötmist, siis 2021. aastal lükkus söötamise algus enam kui kaks nädalat edasi. Keskkonnaagentuuri Riigi Ilmateenistuse andmetel oli maikuu esimese dekaadi keskmine õhutemperatuur ka ainult 6.1 °C, mis ei võimaldanud tiigiveel vajalikul määral soojeneda. Vähisööda katsega alustati 24.05.2021, sest maikuu teise dekaadi õhutemperatuur (keskmine 13.8 °C) akumuleerus vähkide söötamiseks sobivaks tiigivee temperatuuriks alles nimetatud dekaadi lõpus. Katse alguse kuupäevaks oli veetemperatuur tõusnud kontrolltiigis, kus söötmine toimus Aru talus juba aastaid kasutatud söödaga, 16.3 °C-ni. Katsetiigis oli veetemperatuuriks 15.6 °C. Kui võrrelda kontrolltiigi ja

katsetiigi veetemperatuure pikemas aegreas, siis ilmneb, et kontrolltiigi veetemperatuur oli valdavalt ca 3 – 5% kõrgem. Selle põhjuseks oli asjaolu, et Aru talu sissesõidutee ääres paiknev tammeallee varjutab just varajastel hommikutundidel päikest katsetiigi veepeeglile.

Multimeetriga mõõdetud temperatuurid olid nii kontrolltiigis kui ka katsetiigis ootuspäraselt kõrgemad, kui logeritega mõõdetud näidud ning seda 1.5 – 2.5 °C ulatuses. Kuna vähkide elukeskkond on aga valdavalt sügavamas vees, siis ei olekski kaldaääre kõrgemast veetemperatuurist probleemi, kui sellega ei oleks kaasnenum, erinevalt 2010. aasta kuumast suvest, vetikate ulatuslikku vohamist.

Veetemperatuuri tõus tiigis toimub õhutemperatuuri tõusu järgselt alati mõningase viitega, mis jätab vähikasvatavale vastavate tehnosüsteemide olemasolul võimalusi meetmete (jahutusvee suunamine tiiki, aereerimine jm) rakendamiseks, et hoida veetemperatuuri ca 24 °C allpool. Suvel 2021, Aru talu vähikasvanduses, kokkuvõttes see aga ei õnnestunud, sest õhutemperatuur tõusis korduvalt ja pikkadeks perioodideks liialt kõrgele. Kui kuumalaine saabumisel (17.06.2021) kompenseeris kõrgeid päevaseid õhutemperatuure veel suhteliselt jahedad ööd, siis olukord muutus 19.06.2021 järgselt, kui maksimaalne õhutemperatuur kerkis üle 30 °C (23.06.2021 oli temperatuuriks 33.8 °C) ning keskmine õhutemperatuur tõusis ööpäevadeks 25 °C kõrgemale. Kõrge õhutemperatuur põhjustas veetemperatuuri tõusu kontrolltiigis 23.06 – 26.06.2021 üle 26 °C. Ka katsetiigis jäid ööpäevased keskmised veetemperatuurid nimetatud ajavahemikul kõrgemaks kui 25 °C. Veetemperatuurid kontrolltiigis ja katsetiigis oleksid tõusnud suure tõenäosusega ka 30 °C kõrgemale, kui ei oleks juba 17.06.2021 alustatud nimetatud tiikide vee jahutust põhjaveega, mille võtuks on OÜ TP Invest keskkonnaluba L.VV/327990.

Vaatamata tiigivee jahutuse ja aereerimise jätkumisele ka juulikuus, jäid veetemperatuurid tasemele, mis põhjustas juba kuu alguses niitja rohevetika tekke, millesse vähid takerduvad, ja sellele järgnenud vohamise. Enam tekkis vetikat katsetiigi kaldaäärses vees, kus toimus ka vähkide söötmine graanulsöödaga. Alustati vetika mehaanilist eemaldamist tiikidest, kasutades selleks spetsiaalselt valmistatud rehasid, kuid vaatamata tööjõukulukale pingutusele ei andnud töö oodatud tulemust. Riisunud vetika asemele „tekkisid“ tiikidesse vetikate uued massid. Selleks, et vähke „hoida“ eemal kaldaäärses veest, viidi söötmine sügavamale vette, kuid kuna üha rohkem vähke takerdus ikkagi vetikatesse, siis alustati juulikuu esimese dekaadi keskel vähkide väljapüüki kontrolltiigist ja katsetiigist. Vähid paigutati (kokku ca 950) markeeritud sumpadesse (kokku 12), mis viidi Aru talu vähikasvanduse tiiki nr 1, kuhu tiikide veepeegli kohale on ehitatud rajatised koos sumpade sügavamasse vette paigutamist võimaldavate horisontaalsete alustega. Intensiivistati tiik nr 1 aereerimist ning suunati jahutavat põhjavett sumpade vahetusse lähedusse. Tiigivee temperatuuri suudeti hoida alla 25 °C, pH jäi vahemikku 7.9 – 8.2 ning hapnik hoiti ca 7.5 mg/l tasemel. Vetikaid sumpadesse ei tekkinud ning vähkidest surid tavapäraselt ainult üksikud. Vähkide söötmist jätkati ka sumpades. Sumpadesse paigutatud kontrolltiigi vähke söödeti jätkuvalt räime ja vähesel määral mahenisuga. Keerukam oli sööta sumpadesse paigutatud katsetiigi vähke. Vältimaks (vähendamaks) tiigipõhja reostumist graanulsöödast, mis vajub läbi sumba põhja katva võrgu ja jäetakse vähkide poolt osalt söömata, vähendati söötmisnormi ca 40%. Tehti ka sumpades olevatele katsetiigi vähkidele kontrollsöötmist räimega, et mitte eksida graanulsööda vajalike koguste määramisel. Nii katsetiigis (ainult graanulsööt) kui ka sumpades ei söödunud juulikuus vähke igapäevaselt.

Vähkide sumpadesse paigutamise järgselt jätkati kontrolltiigi ja katsetiigi puhastamist vetikatest ning tiikide aereerimist ja põhjaveega jahutamist. Jätkati ka tiikidesse jäänud vähkide söötmist, arvestades sumpadesse paigutatud vähkide kogust. Vetikate mass tiikides hakkas vähenema juba juulikuu viimase dekaadi alguses, mis võimaldas juulikuu lõpuks sumpades elanud vähid paigutada tagasi tiikidesse.

2022. aasta katsetingimuste probleemid

2022. aasta söötmiskatse oli võrreldes eelmise aastaga küll „rahulikum“, kuid juba aastal 2021 käivitunud negatiivsed protsessid süvendasid varasemaid probleeme. Esimesed tõsisemad probleemid tekkisid 2022. a

juunikuu lõpu kuumalainega, kui veetemperatuur kerkis tiikides üle 25 °C ning seda vaatamata tiikide pidevale jahutamisele põhjaveega ja tiikide aereerimisele.

Kontroll- ja katsetiigi vee vajalik hapnikusisaldus tagati aereerimissüsteemi ja tiikidesse vee lisamise koostoimes. Aereerimissüsteem koosneb Aru talus madalsurve õlivabadest puhuritest ja iga tiigi põhjal paiknevast 7 aeraatorist. Süsteemi on võimalik kasutada aastaringsest. Vee lisamisel tiikidesse kasutati valdavalt põhjavett, mida suveperioodil pihustati aeratsiooni eesmärgil tiikide veepinnale. Kuigi vähk on eriti talveperioodil vähese hapnikutarbimisega, siis ikkagi hoiti tiikides aastaringsest hapniku tase valdavalt 6.5 mg/l ja 9 mg/l vahel. Tiikidesse lisatava vee parameetrite väärtusi analüüsiti ning vajadusel puhastati vett Aru talu veepuhastussüsteemis.

Kontroll- ja katsetiigi veetemperatuuri reguleerimisel tuleb eristada talvist ja suvist perioodi. Kuna uurimisobjektiks oli isaste vähkide kasvu jälgimine, siis veetemperatuur sügisel, talvel ja varakevadel ei oma olulist tähtsust. Seevastu hiliskevadel oleks vaja varakult saavutada veetemperatuuri tõus ca 20-22 °C-ni ning suvekuudel on oluline tagada, et temperatuur ei tõuseks kestvalt üle ca 25 °C. Nimetatust kõrgema temperatuuriga suureneb oluliselt just ca 10 cm pikemate vähkide suremus, mis muutub pea fataalseks, kui sellisel veetemperatuuril peaks toimuma vähkidel kooriku vahetus. Kui veetemperatuuri muutust varakevadel vähikasvataja praktiliselt mõjutada ei saa, siis veetemperatuuri tõusu pidurdamine suvekuudel on võimalik eelkõige jaheda põhjavee pumpamisega tiikidesse. Sellise tegevuse edukus sõltub eelkõige suurkaevu tootlikkusest ja veeloas lubatud pumbatava vee kogustest ning vähikasvataja majanduslikust võimekusest (kiiresti kasvanud ja kõrgete elektrihindade juures).

Veetemperatuuri tõusuga kaasnes mitte ainult veetaimede, vaid ka vetikate vohamine ning seda eeskätt soojemas kaldaäärses vees, kus toimus ka vähkide söötmine. Vähid takerdusid vetikate niitjasse struktuuri nii, et see põhjustas arvukalt vähkide surma, mis siiski võrreldes 2021. aasta suvega ei olnud nii mastaapne. Kindlasti võimaldas seda ennetavalt alanud tiikide vee jahutus ning vetikate ja veetaimede pidev mehaaniline eemaldamine.

Vähikasvatuse korraldus kontroll- ja katsetiigis arvestas eelpool nimetatuga, kuid sellele vaatamata tekkisid probleemid, mis pärssisid söötmiskatse läbiviimist. Probleemid said alguse juba 2021. aasta rekordkuumast suvest, mis põhjustas tavapäraselt suuremat suremust ning mis võimendas oluliselt ka lapihaguse levikut tiikides.

Kuna Aru talu tiikide põhjakatted on looduslikust kruusast (st värvilt pruunikad), siis katsetiigis vette visatud granuleeritud sööta (värvilt pruun) oli üsna raskesti märgata sh keerukas on tuvastada, kas sööt on täielikult söödud või mitte. Tiigi veetemperatuuri tõusuga aktiveerus ka vähkide elutegevus ning selle tulemusel tekkis vette rohkelt hõljuvaint, mis halvendas aga tiigivee läbipaistvust. Kuna söötmiskohtade paigutamine vahetult veepiiri lähedusse suurendab aga oluliselt vähkide „väljapüüki“ lindude (eeskätt varesed) poolt, siis eelpool esitatud arvestades paigaldati katsetiiki, 2022. aasta juulikuus roostevabast plekist valmistatud vannid (vt lisatud fotot), millele tuurasööt visati. Nimetatu võimaldas oluliselt paremini kontrollida graanulsööda söömist vähkide poolt. Kuigi Aru talus kasutatakse erinevaid vahendeid veelindude (eeskätt pardid ja kajakad) tõrjeks, siis ikkagi on oht, et osa vähkidele paigaldatud söödast tarbitakse veelindude poolt. Veelindude aktiivsuse perioodidel kaeti eelpool nimetatud vannid roostevaba võrguga (vt lisatud fotot), mis võimaldas vähkidel söödale ligi pääseda, veelindudel aga mitte.

Vaatamata osaühingu poolt tehtule, sh kulutustele (jahutusvee tiikidesse pumpamine, sage aereerimine, tiikide korduv puhastamine tekkinud vetikatest ja liialt vohavatest veetaimedest, surnud vähkide eemaldamine jm) ja bioturvalisuse tagamisele, ei õnnestunud vältida lapihaguse üha ulatuslikumat levikut kontroll- ja katsetiigis, mis kahtlematult mõjutas söötmiskatse tulemuslikkust.

Söötade mõju vähkide juurdekasvule

Lapihaigus ja ekstreemsed ilmastikuolud vähendasid vähkide arvukust tiikides, mille tõttu valimi arvukus vähenes ja katse lõpus mõõdetud vähkide arv oli plaanitust väiksem.

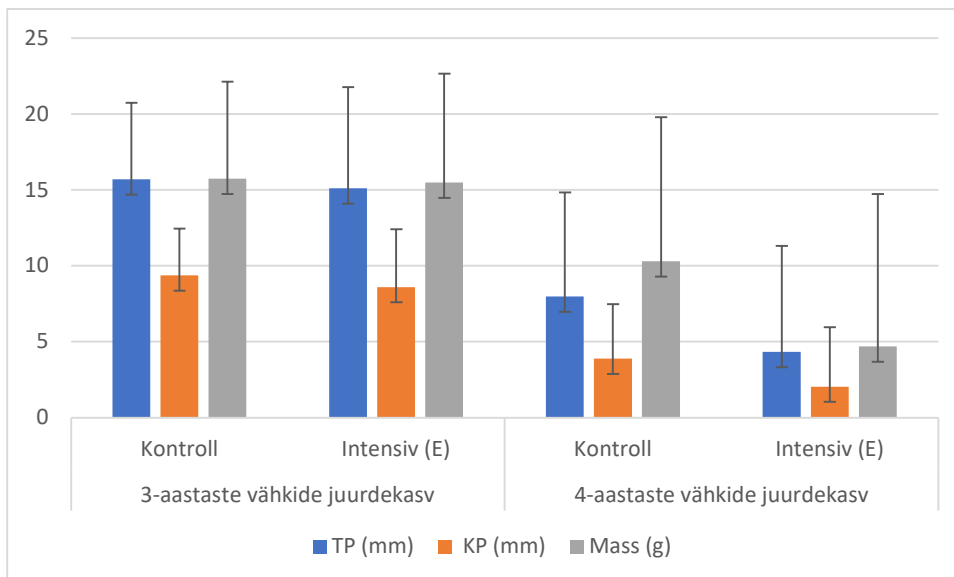
Andmete analüüsist selgub, et tuurasööta saanud 3-aastaste vähkide absoluutsed juurdekasvud nii täispikkuse (TP) kui karapaksi pikkuse (KP) ja massi osas olid veidi väiksemad kui kontrollgrupi juurdekasvud (joonis 33, tabel 14), kuid tulemused statistiliselt oluliselt ei erine. Olulist erinevust ei olnud ka individuaalses kasvukiiruses ja vähkide tuseduses (tabel 14).

4-aastaste vähkide suhteline juurdekasv ja individuaalne kasvukiirus oli oluliselt suurem talu (kontroll) söödagrupid. Vähkide tuseduses olulisi erinevusi ei olnud. Samas oli valim ka oluliselt väiksem, et saaks teha söötade mõju osas olulist järeldust.

Tabel 14. 3- ja 4- aastaste vähkide kasvunäitajad \pm SD kontroll- ja katsegruppides.

Katse	Sööt	Suhteline juurdekasv (%)	Individaalne kasvukiirus (% päevas)	Fultoni tusedusindeks (%)
3-aastaste vähkide juurdekasv	Kontroll	89.15 \pm 36.3	0.55 \pm 0.17	25.22 \pm 2.56
	Intensiv (E)	84.42 \pm 39.1	0.52 \pm 0.19	26.09 \pm 8.16
4-aastaste vähkide juurdekasv	Kontroll	30.86 \pm 28.49	0.06 \pm 0.05	25.65 \pm 1.99
	Intensiv (E)	13.82 \pm 29.73*	0.03 \pm 0.07*	25.59 \pm 1.47

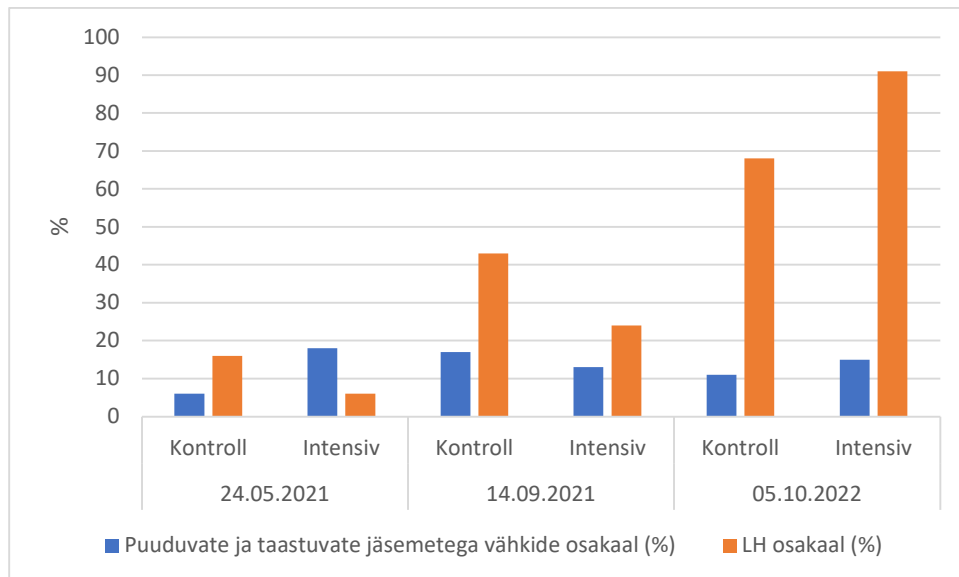
*erinevus on kontrollgrupist statistiliselt oluline ($p < 0,05$)



Joonis 33. 3- ja 4- aastaste vähkide absoluutsed juurdekasvud \pm SD kontroll- ja katsegruppides.

Lapihaiguse ning puuduvate ja taastuvate jäsemetega vähkide osakaal

Lapihaigusega nakatunud vähkide osakaal suurenes igal vähkide loendamise ja mõõtmise korral (joonis 34). Kui katse alguses oli lapihaigeid isendeid rohkem kontrollgrupis (16%), siis teise aasta katse lõpuks oli lapihaigete vähkide osakaal suurem katsegrupis (91%). Puuduvate ja taastuvate jäsemetega vähkide osakaal jäi mõlemas katsegrupis alla 30% (joonis 34).



Joonis 34. Puuduvate ja taastuvate jäsemetega ning lapihaigete vähkide osakaal katsepüükides.

2.3.3. KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

2021. aasta tiigi söötmiskatse 3-aastaste jõevähkidega ei näidanud olulist erinevust tuurasööt ja kasvanduse sööt saanud vähkide kasvu vahel, kuid 4-aastaste vähkide katses oli juurdekasv parem talu söödal olnud vähkidel. Samas mõjutas katset olulisel määral 2021. ja 2022. aasta suvede ekstreemsed ilmastikuolud ja lapihaiguse laialdane levik, mille tõttu esines algsest kavandatud katseplaanist kõrvalekaldeid. Samas ei näidanud tuurasööt olulist mõju ka RMK Põlula kalakasvatusekeskuses läbi viidud sumbakatse 3- ja 4-aastaste vähkide kasvukiirusele. EMÜ söödalaboris läbi viidud söötade analüüs näitas, et kasvanduse enda sööt madala rasvasisalduse (3%) ja optimaalse proteiinisalduse poolest (32,1%) on samuti vähile sobilik. Samas kaltsiumi ja fosfori sisaldused olid oluliselt madalamad kui tuurasöötas. Fosfor ja kaltsium on aga koorkloomade jaoks olulised makroelemendid. Kaltsiumi kompenseerib osalt tiigivee kõrge kaltsiumisisaldus. Tuurasöötade analüüs EMÜ laboris erines aga mõningal määral tootja andmetest. Rasva, toortuha ja fosfori sisaldused olid tootja lubatust veidi suuremad. Samuti täheldati nii akvaariumikatsetes kui TP Invest OÜ kasvanduses läbi viidud katsetes tuurasöötade liiga kiiret lagunemist vees, mis halvendab veekvaliteeti. Seetõttu ei saa tuurasöötade vähkide söötamiseks muude kalasöötade alternatiivina soovitada.

3. LISAKATSED

3.1. OFEEDO KARKKALA SÖÖTADE KATSE 1-AASTASTE JÕEVÄHKIDEGA EMÜ AKVAARIUMIDES

2020-2021 viidi Eesti Maaülikooli katsebaasis läbi täiendav söötmiskatse, mille eesmärk oli hinnata kolme erineva proteiinisaldusega (25%, 30% ja 35%, 2,5 mm) Ofeedo karpkalasööda (toodetud Leedus) mõju üheaastaste (1+) jõevähkide juurdekasvule ja ellujäämusele ning leida turul saadaolevate kalasöödade näol vähisööda alternatiive.

3.1.1. MATERJAL JA METOODIKA

Katse läbiviimise aeg ja koht

Katse viidi läbi ajavahemikul 8.10.2020 kuni 29.04.2021 (kestus 204 päeva) EMÜ vesiviljeluse õppetooli katsebaasis vee korduvkasutusega akvaariumikompleksis, mis koosnes üheksast 112 l suurusest akvaariumist (akvaariumi mõõt 790x400x350 mm ja põhja suurus 0,32 m²). Akvaariumide põhi oli kaetud kruusaga ning igas akvaariumis kasutati vähi varjupaikadeks 3 cm läbimõõduga ja u 15 cm pikkuseid PVC torusid. Söötmiseks oli jäetud igasse akvaariumi nurka 10 X 10 cm suurune sile põhi, et paremini näha ja hinnata vähkide söömust. Akvaariumide kohal olev automaatne valgustussüsteem töötas režiimil 12 valge : 12 tundi pime. Pimedaks ja valgeks läks valgus tunni aja jooksul (joonis 35). Igas akvaariumis olid katsetingimused täpselt ühesugused.

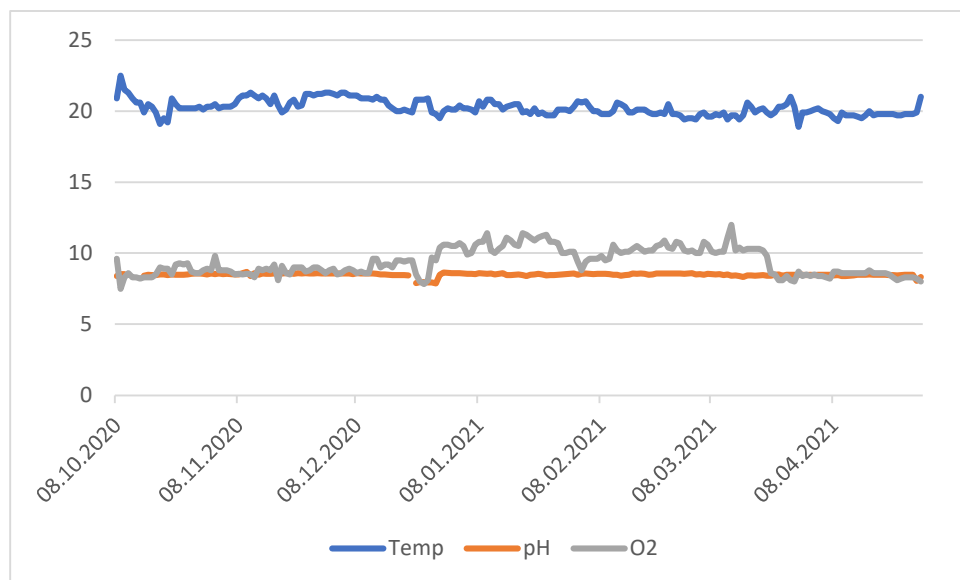


Joonis 35. Söötiskatse akvaariumikompleks ja katses kasutatud Ofeedo söödad.

Veeparameetrite jälgimine

Iganädalaselt registreeriti veetemperatuur, hapniku kontsentratsioon ja küllastus, pH, NO₃ ja NO₂ sisaldus. Veeparameetreid jälgiti akvaariumikompleksi mõõteseadmega, NO₃ ja NO₂ sisaldus määrati JBL EasyTestiga 6in1.

Katse keskmine veetemperatuur $20,2 \pm 0,5$ °C, pH $8,5 \pm 0,1$ ja hapnikusisaldus $9,4 \pm 1,0$ mg/l (joonis 36). Keskmine hapnikuküllastus oli $105 \pm 10,3$ % ning NO₃ ja NO₂ sisaldused jäid lubatud normi piiresse.



Joonis 36. Veetemperatuur, pH ja hapnikusisaldus söötmiskatse jooksul.

Katsevähid

Katsesse valiti kokku 54 1+ a vanust jõevähki (tabel 15), kes olid pärit 2019/20 lõppenud söötmiskatsesest 0+ jõevähkidega. Vähid jagati kuuekaupa kolme katsegruppi kolmes korduses asustustihedusega 19 vähki m²-l.

Tabel 15. Karpkala söötmiskatses osalenud vähkide mõõdud (TP, KP, KL) ja mass ning puuduvate ja taastuvate sõrgadega vähkide arv katse alguses

	I (25%)		II (30%)		III (35%)	
	Keskmine	±SD	Keskmine	±SD	Keskmine	±SD
Kokku, tk	18		18		18	
Täispikkus (TP), mm	46.4	4.1	48.6	5.1	49.0	8.8
Karapaksi pikkus (KP), mm	23.7	2.2	24.4	2.8	24.0	2.7
Karapaksi laius (KL), mm	10.8	1.3	11.0	1.6	11.0	1.5
Mass, g	2.8	0.9	3.3	1.3	3.0	1.3
Emased, tk	9		9		9	
Täispikkus (TP), mm	45.2	4	48	5	46.3	4.5
Karapaksi pikkus (KP), mm	23.1	2.1	23.8	2.6	23.3	2.4
Karapaksi laius (KL), mm	10.3	0.9	10.8	1.3	10.5	1.3
Mass, g	2.6	0.7	3.1	1.3	2.3	0.4
Puuduvate ja taastuvate sõrgadega emaste arv	0		1		2	
Isased, tk	9		9		9	
Täispikkus (TP), mm	47.7	4.2	49.1	5.4	51.7	11.3
Karapaksi pikkus (KP), mm	24.4	2.2	25.1	2.9	24.7	3
Karapaksi laius (KL), mm	11.3	1.5	11.1	1.9	11.4	1.7
Mass, g	3.2	1.1	3.6	1.5	3.6	1.5
Puuduvate ja taastuvate sõrgadega isaste arv	1		2		0	

Söötmine

Vähid jaotati kolme söödagrüppi kolmes korduses. Katsegrupid said kolme erineva proteiinisaldusega (25%, 30% ja 35%), kuid muu koostise poolest samasuguseid Ofeedo Extracarp (2,5 mm) karpkala söötasid (tabel 16, joonis 37).

Tabel 16. Karpkala söötade akvaariumikatses kasutatud katesöötade koostised ja toitainelised väärtused

Koostisosad	Ofeedo Extracarp 2.5 mm		
	0.25	30	0.35
Kuivaine (%)	25 (± 2.5 %)	30 (± 2.5 %)	33 (± 2.5 %)
Toorproteiin (%)	7.5 (± 1.1 %)	7.5 (± 1.1 %)	7.5 (± 1.1 %)
Toorkiud(%)	5 (± 0.8 %)	5 (± 0.8 %)	5 (± 0.8 %)
Toortuhk (%)	6 (± 0.6 %)	6 (± 0.6 %)	6 (± 0.6 %)
Toorrasv (%)	0.8 (± 0.2 %)	0.8 (± 0.2 %)	0.8 (± 0.2 %)
NFE (%)	1 (± 0.2 %)	1 (± 0.2 %)	1 (± 0.2 %)
Ca (%)	0.5 (± 0.2 %)	0.5 (± 0.2 %)	0.5 (± 0.2 %)
P (%)	46.5	41.5	41.5
Brutoenergia(MJ)	16.9 MJ (± 0.5 %)	17.23 MJ (± 0.5 %)	17.23 MJ (± 0.5 %)



Joonis 37. Katses kasutatud Leedus välja töötatud Ofeedo karpkalsöödad Extracarp 25, 30 ja 35 (2,5 mm).

Söödanorm oli 2% vähkide massist. Sööta anti igapäevaselt üks kord päevas pärastlõunal. Enne uue sööda andmist puhastati söödaalus söödajääkidest.

Kasvuerinevuste ja ellujäämuse hindamine

Katse alguses vähid kaaluti (mass) ja mõõdeti (täispikkus TP, karapaksi pikkus KP ja laius KL) individuaalselt ning määrati sugu. Kuna 1+ vähid ei kestu enam igakuiselt, siis kontrollmõõtmisi teostati harvem – 27. novembril 2020, 19. jaanuaril 2021, 12. märtsil 2021 ja 29. aprillil 2021.

Samuti hinnati vähkidel puuduvate ja taastuvate jäsemete olemasolu. Igapäevaselt registreeriti ka nähtavad vähkide kestade vahetused ja suremused. Kestad ja surnud vähid eemaldati akvaariumidest.

Vähkide kasvuerinevusi söödagruppide lõikes nii kehamassi kui karapaksi pikkuse osas hinnati absoluutse juurdekasvu (lõppmõõt – algmõõt) ning suhteliste juurdekasvudena. ((lõppmõõt–algmõõt)/lõppmõõt*100%). Massi arvestamisel jäeti välja puuduvate ja taastuvate jäsemetega isendid. Emaste ja isaste vähkide andmed analüüsiti eraldi. Kasvuerinevusi hinnati T-testiga.

Andmeanalüüs teostati tabelarvutussüsteemiga Excel.

3.1.2. TULEMUSED

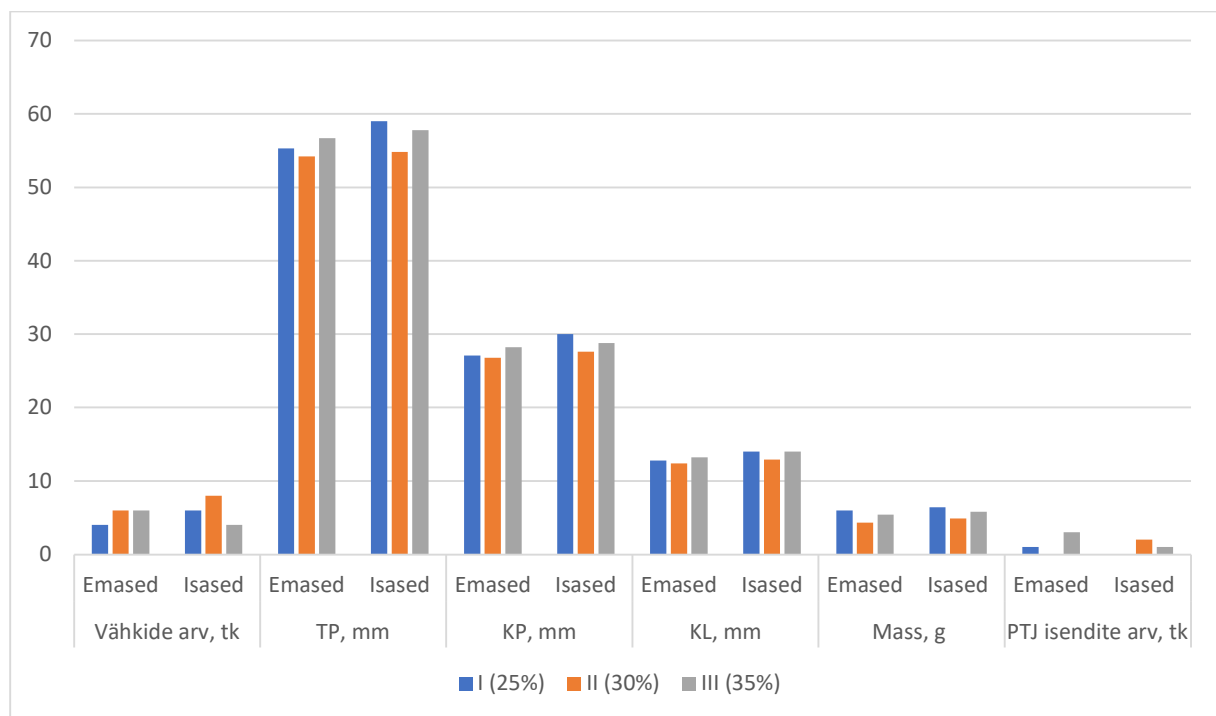
Katse lõpuks oli suurim ellujäämus Ofeedo Extracarp 30 katsegrupis (78%), teistes katsegruppides oli ellujäämus 56%. Isaste vähkide ellujäämus oli parem kui emastel (tabel 17, joonis 38).

Nii emastel kui isastel vähkidel oli suurim juurdekasv kõige madalama proteiinisaldusega Extracarp 25 söödagrupis ja oluliselt väiksem juurdekasv Extracarp 30 söödagrupis ($p < 0,05$). Olulist erinevust juurdekasvudes kõige madalama (Extracarp 25) ja kõige proteiinirikama (Extracarp 35) söödagrupi vahel ei olnud ($p > 0,05$).

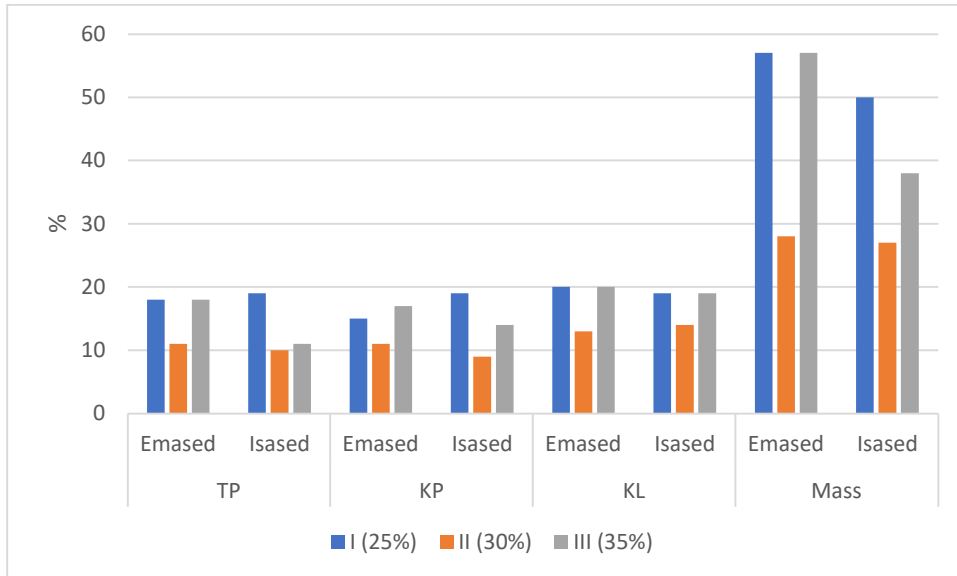
Söötmisskatse tulemused on esitatud tabelis 17 ning joonistel 38 ja 39.

Tabel 17. Vähkide keskmised kasvuparameetrid, absoluutne ja suhteline juurdekasv, ellujäämus ja puuduvate ning taastuvate jäsemetega (PTJ) vähkide arv kokku ja soo lõikes eraldi söötmisskatse lõpus erinevates söödagruppides

	I (25%)			II (30%)			III (35%)		
	Keskmine (±SD)	Absoluutne juurdekasv	Suhteline juurdekasv (%)	Keskmine (±SD)	Absoluutne juurdekasv	Suhteline juurdekasv (%)	Keskmine (±SD)	Absoluutne juurdekasv	Suhteline juurdekasv (%)
Kokku, tk	10			14			10		
TP, mm	57.5 (±5.2)	11.1	19	54.5 (±5.9)	5.9	11	57.1 (±2.6)	8.1	14
KP, mm	28.8 (±2.6)	5.1	18	27.3 (±2.8)	2.9	11	28.5 (±1.3)	4.5	16
KL, mm	13.5 (±1.6)	2.8	20	12.7 (±1.8)	1.7	13	13.5 (±0.9)	2.6	19
Mass, g	6.3 (±1.6)	3.4	56	4.6 (±1.5)	1.3	28	5.58 (±1.0)	2.5	46
PTJ %	1			2			4		
Ellujäämus %	56			78			56		
Emased, tk	4			6			6		
TP, mm	55.3 (±6.3)	10.1	18	54.2 (±5.2)	6.2	11	56.7 (±2.7)	10.4	18
KP, mm	27.1 (±2.2)	4	15	26.8 (±2.7)	3	11	28.2 (±1.2)	4.9	17
KL, mm	12.8 (±1.6)	2.5	20	12.4 (±1.4)	1.6	13	13.2 (±0.7)	2.7	20
Mass, g	6 (±1.3)	3.4	57	4.3 (±1.2)	1.2	28	5.4 (±0.6)	3.1	57
PTJ %	1			0			3		
Ellujäämus %	44			67			67		
Isased, tk	6			8			4		
TP, mm	59 (±4.2)	11.3	19	54.8 (±5.7)	5.7	10	57.8 (±2.6)	6.1	11
KP, mm	30 (±2.2)	5.6	19	27.6 (±2.6)	2.5	9	28.8 (±1.6)	4.1	14
KL, mm	14 (±1.5)	2.7	19	12.9 (±1.9)	1.8	14	14 (±0.9)	2.6	19
Mass, g	6.4 (±1.8)	3.2	50	4.9 (±1.6)	1.3	27	5.8 (±1.4)	2.2	38
PTJ %	0			2			1		
Ellujäämus %	67			89			44		



Joonis 38. Vähkide arv, keskmised kasvuparameetrid ja puuduvate ning taastuvate jäsemetega (PTJ) vähkide arv soo lõikes söötmisskatse lõpus erinevates söödagruppides.



Joonis 39. Vähkide suhteline juurdekasv (%) mõõdetud kasvuparameetrite ja soo lõikes erinevates katsegruppides.

Puuduvate ja taastuvate jäsemetega vähke esines kõige rohkem proteiinirikkasmas Extracarp 35 söödagrupis, kõige vähem madalaima proteiinisaldusega Extracarp 25 söödagrupis.

3.1.3. KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Käesolev Ofeedo Extracarp karpkala söötade katse, mille söödad erinesid vaid proteiinisalduse poolest, kuid olid muu koostise poolest samad, andis võimaluse võrrelda proteiinisalduse mõju 1+ aastaste vähkide kasvule. Katse tulemusena oli vähkide juurdekasv oluliselt suurem nii kõige madalama proteiinisaldusega (25%) kui ka kõige suurema proteiinisaldusega söödaga (35%) söõdetud söödagrupis. Oluliselt väiksem juurdekasv oli 30%-lise proteiinisaldusega sööta saanud vähkidel. Samas oli selles katsegrupis ellujäämus kõige parem ning kannibalism väiksem kui proteiinirikamat sööta saanud vähkidel. Antud katse põhjal võib 1+ vähkide söötamiseks soovitada Ofeedo karpkala söötadest kõige madalama proteiinisaldusega Extracarp 25 sööta, mis tagab kõrgema proteiinisaldusega söödaga võrreldes sama kiire kasvu. Ellujäämuse suurendamiseks on soovitatav vähid soo järgi sorteerida ja eraldi kasvatada nii varakult kui võimalik. Samas täheldati Ofeedo karpkala söötade kiiret lagunemist vees, mis teeb selle sööda kasutamise vähkide jaoks vähem sobivaks. Vähid tulevad sööma viibega ning veekogu põhja seisma jääv sööt peaks püsima kauem koos ning ei tohiks hakata halvendama veekvaliteeti.

3.2. SÜNBIOOTIKUMIDE SÖÖTMISKATSE 1-AASTASTE JÕEVÄHKIDEGA EMÜ AKVAARIUMIDES

31.08.2021 – 23.11.2021 viidi läbi eraldi täiendav söötmiskatse 1-aastaste jõevähkidega EMÜ akvaariumitingimustes, millega hinnati baktereid ja polüfenoole sisaldavate sümbiootikumide mõju jõevähi kasvule, ellujäämusele ja soolestiku mikrobiotale.

Uuringus kasutati polüfenooliderikast oliivilehtede ekstrakti prebiootilise ainaena koos *Lactobacillus Reuteri* ja *Bacillus clausii* bakteritega sümbiootikumide väljatöötamiseks. Oliivilehtede ekstrakti prebiootilisi tüvesid testiti kontsentratsioonides 0, 50, 100, 400, 1000 µg/ml ja 20 ning 40 mg/ml.

Oliivilehtede ekstrakt annusega 40 mg/ml näitas parimat prebiootilist toimet *Lactobacillus Reuteri* ja *Bacillus clausii* bakteritega, millest valmistati kaks erineva kontsentratsiooniga katsesööta. Kontrollgrupile anti sümbiootikumivaba sööta. Söötmiskatse viidi läbi EMÜ katsebaasi akvaariumides 1+ jõevähkidega 84 päeva jooksul hinnates vähkide kasvu ja ellujäämust.

Katse tulemus näitas, et sümbiootikumid parandavad oluliselt vähkide kasvukiirust ja ellujäämust. Lisaks oli enterobakterite arvukus, mille kasulik toime soolestiku tervisele ja loomade üldisele heaolule on tõestatud, sümbiootikumidega söödetud vähkide soolestikus oluliselt kõrgem kui kontrollgrupis.

Katse tulemused on kokku võetud Serena Facchiano doktoritöös (Lisa 5) ja avaldamisel rahvusvahelise teadusartiklina „Phytocompound-based synbiotics in crustacean diet: benefits on growth performance and gut microbiota of *Astacus astacus*“ autorite Daniela Sateriale, Serena Facchiano, Katrin Kaldre, Giuseppina Forgione, Giuseppa Anna De Cristofaro, Caterina Pagliarulo, Marina Paolucci poolt.

KOKKUVÕTE

Käesoleva projekti eesmärk oli välja töötada optimaalse koostise ja struktuuriga ressursi- ja keskkonnasäästlik sööt jõevähi erinevate vanuserühmade jaoks. Granuleeritud vähisööt töötati välja koostöös Sannio Ülikooliga Itaalias, mida võrreldi seni Eesti vähikasvandustes kasutatavate söötadega (karpkala sööt kombineeritult külmutatud kalaga). Projekti raames viidi läbi 15 erinevat söötmiskatset akvaariumi- ja tootmistingimustes aastatel 2017-2022.

Söötmise põhikatsetele eelnes kaks pilootkatset, mille käigus töötati välja söötmiskatsete läbiviimiseks kohane meetodika. Pilootkatsete tulemusena selgus, et jõevähkide erinevate vanuserühmade jaoks sobiv söödanorm on väiksem kirjanduses soovitatust (4-5% vähkide massist). Kuna pilootkatsetes jäi sööta liiga palju järele, mis hakkas halvendama veekvaliteeti, arvestati edasistes söötmise põhikatsetes vähkide söödanormiks 2%. Samuti loobuti plaanist kasutada akvaariumides läbi viidavates söötmiskatsetes külmutatud kala, kuna see hakkas vees kiiresti roiskuma ja põhjustas veekvaliteedi halvenemist. Vajalike söötmiskatsete tingimuste osas sai selgeks ka valgusrežiimi (12 h valge:12 h pime) ja kruusa lisamise olulisus, mis on vajalik vähkide edukaks kestumiseks. Samuti leiti, et akvaariumitingimustes on kõige sobilikum söötmise põhikatseid läbi viia samasuviste ja 1-aastaste jõevähkidega.

Söötmiskatsetes planeeriti algselt ühe alternatiivse söödana karpkala sööda kõrval kasutada turul saadaolevat JBL NovoPrawn krevetisööt. Kuna esimeses pilootkatses ei osutunud krevetisööt paremaks kui Carp Aller Classic Vitamax karpkala sööt, siis otsustati projekti raames välja töötada kaks erineva koostisega vähisööt - soodsam sööt (A) sisaldas rohkem taimseid komponente ja kallim sööt (B) sisaldas rohkem loomseid komponente.

Söötmise põhikatsete tulemusel osutus samasuvistele jõevähkidele sobivaimaks söödaks projekti jooksul välja töötatud sööt A4 (40% proteiine ja 4% lipiide), millest toitunud vähkide kasv oli samaväärne karpkala sööta saanud vähkidega, kuid oluliselt parema ellujäämusega. Parema ellujäämuse A söödagrupid võisid tagada söödale lisatud polüfenoolid, mis tugevdavad vähkide immuunsüsteemi. Lisaks võisid positiivset mõju avaldada ka söödale lisatud seedimist soodustavad ensüümid ja C-vitamiin. C-vitamiini positiivset mõju noorvähkide ellujäämusele ja kasvule on kirjeldatud ka üksikutes uuringutes (Celada *et al.*, 2012). Polüfenoolide kasulikku toimet vähkide immuunsüsteemile ja ellujäämusele kinnitas ka täiendav katse 1-aastaste jõevähkidega. Katse polüfenoolide sisaldavate sümbiootikumidega näitas vähkide paremat kasvukiirust ja ellujäämist võrreldes kontrollgrupiga, kes sümbiootikume ei saanud.

Söötmiskatse samasuviste vähkidega Kalatalu Härjanurmes näitas, et lisa söötamisega kasvavad vähimaimud kiiremini, kui seni praktikas kasutatud tiikide väetamisega. Kuna söömata jäänud sööt ei halvendanud ka veekvaliteeti, võib samasuviste vähimaimude lisa söötmist granuleeritud söödaga kasvanduse tingimustes kasvu kiirendamiseks soovitada.

RMK Põlula kalakasvatustes aastatel 2019-2022 läbi viidud söötmiskatsed 1-4- aastaste jõevähkidega sumpades näitasid seni Eesti vähikasvandustes kasutatava Carp Aller Classic Vitamax karpkala sööda sobivust jõevähi kasvatamiseks nii vähkide kasvukiiruse kui ellujäämuse poolest. Projekti raames disainitud söödad olid algselt proteiinivaesemad ja rasvarikkamad kui karpkala sööt, mis võis esimestel katseaastatel vähkide kasvukiirust pidurdada. Söödas A vähendati kolmandaks katseaastaks küll lipiidide sisaldust ja suurendati proteiinide hulka (A4), kuid esimestel aastatel maha jäänud kasv hilisema proteiinirikkama söödaga ei taastunud. Sumbakatsete ja paralleelselt akvaariumikatsete tulemustest saab järeldada, et proteiinirikkam ja väiksema rasvasisaldusega sööt on esimestel eluaastatel vähkide kiiremaks kasvuks väga oluline. Vähkide kasvukiirus pidurdub suguküpsuse saabumisega ning siis võib üle minna soodsamale madalama proteiinisaldusega söödale. Sumbakatsetes olid ellujäämused kõikides katsegruppides üle 90%, mis kinnitas, et katsetingimused olid sobivad.

Seega ei ilmnenud ka olulist erinevust söödagruppide ja ellujäämuste vahel. Samas oli polüfenoole sisaldava sööda mõju ellujäämusele võrreldes teiste katsesöödadega oluliselt parem akvaariumikatses samasuviste ja 1-aastaste vähkidega, mis näitab, et ebasobivamate keskkonnatingimuste korral võib immuunsust parandavast söödalisandist kasu olla.

Läbi viidud söötmiskatsete põhjal võib soovitada samasuviste ja kuni 3- aastaste vähkide kasvatamisel kasutada projekti raames välja töötatud A4 sööta ja üle 3-aastastel vähkidel A2 sööta, mille proteiinisaldus on madalam (28,4%) ja polüfenoolide sisaldus kõrgem. Samas tagab piisava kasvukiiruse jõevähkidele ka turul saadaolev Carp Aller Classic Vitamax karpkala sööt, kuid ellujäämus ebasoodsamates keskkonnatingimustes on polüfenoole sisaldavat sööta saanud vähkidel parem.

Projekti raames hinnati ka teisi turul saadaolevaid kalasöötasid nii akvaariumi- kui tootmistingimustes (TP Invest OÜ vähikasvanudses), mis võiksid jõevähile toidainete vajadustest lähtuvalt sobida. Katsete tulemusel selgus, et nii Leedus toodetud Ofeedo Extracarp karpkalasöödad kui Alltech Coppens Intensiv tuurasööt lagunevad vees jõevähi jaoks liiga kiiresti, mis seeläbi halvendavad veekvaliteeti. Seega ei leitud seni turul saadaolevatest kalasöödadest alternatiivi seni kasutatavale Carp Aller Classic Vitamax karpkalasöödale.

Katsete käigus ilmnis, et vähkide kasv on väga varieeruv, mis näitab vajadust vähke sorteerida juba esimestel eluaastatel. Lisaks pikkusele tuleks vähke sorteerida ka soo järgi, kuna isaste vähkide kasv on emaste omast oluliselt kiirem. Sorteerimisega on võimalik vähendada kannibalismi ja säilitada turustatavate vähkide kaubanduslikku väärtust.

Projekti jooksul valmis üks bakaleureusetöö (Lisa 1) ja üks magistritöö (Lisa 4), kaks posterettekannet rahvusvahelistel teaduskonverentsidel (Lisad 2 ja 3) ning üks doktoritöö (Lisa 5).

SUMMARY

The aim of this project was to develop a resource- and environmentally sustainable feed with an optimal composition and structure for different age groups of crayfish. Granulated crayfish feed was developed in cooperation with the University of Sannio in Italy, which was compared with the feeds used in Estonian crayfish farms (carp feed combined with frozen fish). As part of the project, 15 different feeding experiments were carried out in aquariums and crayfish farm conditions in the years 2017-2022.

The main feeding experiments were preceded by two pilot experiments, during which a suitable methodology for conducting the feeding experiments was developed. As a result of the pilot tests, it was revealed that the proper feed rate for different age groups of crayfish is lower than recommended in the literature (4-5% of crayfish weight). Since there was too much feed remaining, which started to deteriorate the water quality, the feed rate for crayfish was considered to be 2% in further main feeding experiments. Also, the plan to use frozen fish in feeding experiments in aquariums was abandoned, as they started to spoil quickly in the water and caused a decrease in water quality. The importance of the light regime (12 h light:12 h dark) and the addition of gravel, which is necessary for the successful survival of crayfish, also became clear regarding the conditions of the required feeding experiments. It was also found that it is most suitable to conduct main feeding experiments with summerlings and 1-year-old crayfish in aquarium conditions.

In the feeding trials, it was initially planned to use JBL NovoPrawn shrimp feed, which is available on the market, as an alternative feed alongside the carp feed. Since in the first pilot experiment the shrimp feed did not turn out to be better than the Carp Aller Classic Vitamax feed, it was decided to develop two crayfish feeds with different compositions within the project - the cheaper feed (A) contained more plant components and the more expensive feed (B) contained more animal components.

As a result of the main feeding experiments, feed A4 (40% proteins and 4% lipids) developed during the project turned out to be the most suitable feed for the summerling crayfish. Better survival in feed group A might be ensured by polyphenols added to the feed, which strengthen the crayfish's immune system. In addition, digestive enzymes and vitamin C added to the feed may have had a positive effect. The positive effect of vitamin C on the survival and growth of juvenile crayfish has also been described in some studies (Celada et al., 2012). The beneficial effect of polyphenols on the immune system and survival of crayfish was also confirmed by an additional experiment with 1-year-old crayfish. An experiment with synbiotics containing polyphenols showed a better growth rate and survival of crayfish compared to a control group that did not receive synbiotics.

A feeding experiment with summerling crayfish in Kalatalu Härjanurme showed that summerling crayfish grow faster with additional feeding than with fertilization of the ponds used in practice so far. Since the uneaten feed did not deteriorate the water quality, supplemental feeding of crayfish summerlings with granulated feed can be recommended to accelerate growth in farm conditions.

In RMK Põlula Fish rearing department in 2019-2022 conducted feeding experiments with 1-4-year-old crayfish in ponds indicated the suitability of the Carp Aller Classic Vitamax carp feed used in Estonian crayfish farms for crayfish feeding both in terms of crayfish growth rate and survival. The feeds designed as part of the project were initially lower in protein and richer in lipid than carp feed, which could slow down the growth rate of crayfish in the first years of testing. In feed A, the content of lipids was reduced and the amounts of proteins were increased (A4) by the third year of the experiment, but the growth lost in the first years was not recovered with a feed higher in protein. It can be concluded from the results of the cage experiments and parallel aquarium experiments that a feed with higher protein content and lower lipid content is very important for the faster growth of crayfish in the first years of life. The growth rate of crayfish slows down with the arrival of sexual

maturity, and then they can switch to more affordable feed with lower protein content. In the cage experiments, the survival rates in all experimental groups were over 90%, which confirmed that the experimental conditions were suitable. Thus, there was no significant difference between feed groups and survival rates. At the same time, the effect of feed containing polyphenols on survival was significantly better compared to other tested feeds in aquarium experiments with summerlings and 1-year-old crayfish, which indicates that the immune-enhancing feed supplement can be useful in more unfavorable environmental conditions.

Based on the conducted feeding experiments, it can be recommended to use A4 feed developed within the project for juvenile crayfish and A2 feed for crayfish over 3 years old, which has a lower protein content (28.4%) and a higher polyphenol content. At the same time, the Carp Aller Classic Vitamax feed available on the market also ensures a sufficient growth rate for crayfish, but survival in less favorable environmental conditions is better for crayfish fed with feeds containing polyphenols.

As part of the project, other fish feeds available on the market in both aquarium and farm conditions (TP Invest OÜ crayfish farm) were also evaluated, which could be suitable for crayfish based on their nutrient needs. As a result of the experiments, it was found that both Ofeedo Extracarp carp feed produced in Lithuania and Alltech Coppens Intensiv sturgeon feed decay too quickly in water for crayfish, which thereby deteriorates water quality. Thus, no alternative to the Carp Aller Classic Vitamax carp feed used until now was found among the fish feeds available on the market.

During the experiments, it became apparent that the growth of crayfish is very variable, which shows the need to sort crayfish already in the first years of life. In addition to length, crayfish should also be sorted by gender, as male crayfish grow significantly faster than female crayfish. Sorting can reduce cannibalism and preserve the commercial value of marketable crayfish.

One Bachelor's thesis (Appendix 1) and one Master's thesis (Appendix 4), two poster presentations at international scientific conferences (Appendices 2 and 3), and one Doctoral thesis (Appendix 5) were composed during the project.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Celada, J. D., Fuertes, J. B., Carral, J. M., Sáez-Royuela, M., González, Á., González-Rodríguez, Á.** (2012). Effects of vitamin C inclusion in practical diets on survival and growth of juvenile crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana, *Astacidae*) from the onset of exogenous feeding. *Aquaculture Nutrition* 19, 110-116.
- Kaldre, K., Haugjärv, K., Liiva, M., Gross, R.** (2015). The effect of two different feeds on growth, carapace colour, maturation and mortality in marbled crayfish (*Procambarus fallax* f. *virginialis*). *Aquaculture International*, 23 (1), 185–194.
- Kozák, P., Duriš, Z., Petrusek, A., Buřič, M., Horká I., Kouba, A., Kozubíková-Balcarová, E., Polícar, T.** (2015). Crayfish Biology and Culture. Faculty of Fisheries and Protection of Waters. Vodňany. University of South Bohemia in České Budějovice. 452 lk.
- Mazlum, Y., Güner, Ö., Şirin, S.** (2011). Effects of Feeding Interval on Growth, Survival and Body Composition of Narrow-Clawed Crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 Juveniles- *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 11, lk. 283-289.
- Parrillo L., Coccia, E., Volpe, M.G., Siano, F., Pagliarulo, C., Scioscia, E., Varricchio, E., Safari, O., Erol Dogan, T., Paolucci M.** (2017). Olive mill wastewater-enriched diet positively affects growth, oxidative and immune status and intestinal microbiota in the crayfish, *Astacus leptodactylus* *Aquaculture*, 473, lk. 161-168.
- Rusch, J.C., Füreder, L.** (2015). Assessing the importance of food for improving noble crayfish culture conditions- *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. Vol. 28, Nr. 416, lk. 12.
- Seemann, U.B., Lorkowski, K., Slater, M.J., Buchholz, F., Buck, B.H.** (2014). Growth performance of Noble Crayfish *Astacus astacus* in recirculating aquaculture systems-*Aquaculture International*. Vol. 23, Nr. 4, lk. 997-1012.