

Iceland
Liechtenstein
Norway grants



KLIIMAMINISTEERIUM



Euroopa Majanduspiirkonna Finantsmehhanismi 2014–2021
programmi "Kliimamuutuste leevendamine ja nendega kohanemine"
rahastatud projekti „Invasiivsete võõrliikide tõrje Eesti magevetes“
lõpparuande osa

Laia- ja kitsapealiste angerjate potentsiaal vähi võõrliikide tõrjes

Aruande koostaja: Katrin Kaldre

Uuringu läbiviijad: Katrin Kaldre,

Paul Teesalu, Margo Hurt,

Siim Kahar, Mikk Rohtla

Tartu 2024

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
1. MATERJAL JA METOODIKA	4
1.1. Katsetingimused	4
1.2. Veeparameetrite jälgimine	6
1.3. Angerjate söötmine	6
2. TULEMUSED	8
2.1. I söötmiskatse	8
2.2. II söötmiskatse	8
2.3. III söötmiskatse	9
2.4. IV söötmiskatse	10
2.5. V söötmiskatse	11
2.6. VI söötmiskatse	12
2.7. I-V söötmiskatsete kokkuvõte	13
KOKKUVÕTE	15
KASUTATUD KIRJANDUS	16

SISSEJUHATUS

Invasiivsete võõrvähiliikide leviku tõkestamiseks on kasutatud mitmeid erinevaid meetodeid, aga suurt edu pole nendega saavutatud. Üheks võimalikuks meetodiks on bioloogiline tõrje ehk teatud liikide kasutamine võõrliikide leviku piiramiseks. Bioloogiline tõrje on üsna uudne ning veel vähe uuritud. Seetõttu on vajalik täiendavate uuringute teostamine, et hinnata meetodite sobivust ja vähendada riske veekeskkonnale. Jõevähi asurkondade kaitseks tuleb leida lahendusi vähi võõrliikide tõrjeks Eesti veekogudes. Üheks bioloogilise tõrje meetodiks kirjanduse põhjal on soovitatud kasutada euroopa angerjate (*Anguilla anguilla*) asustamist, kes aitaksid vähkidest toitudes piirata vähi võõrliikide levikut. Käesoleva projekti raames viidi 2023. aasta kevadel läbi katse kasvandusest pärit euroopa angerjatega, et hinnata, kas kasvandusest pärit ~400 g suurused angerjad, kes on üles kasvanud graanulsöödal, hakkavad toituma vähkidest (tulemustega on võimalik lähemalt tutvuda Raigo Nageli 2023. a bakalaureusetöös). Kuna katse tulemused andsid kinnitust, et angerjad toituvad ka väiksematest vähkidest, asustati Ropka järve ja Reo karjääri täiendava võõrvähkide tõrjena kokku 1200 kasvandusest pärit euroopa angerjat.

Looduslikes veekogudes kujuneb aga angerjatel sõltuvalt toitumistingimustest välja morfoloogiliselt erinev peakuju, vastavalt kas laia- või kitsapealine (Lammens & Visser 1988; Cucheroussete *et al.* 2011; De Meyer *et al.* 2016). Rohke väiksemapoolse toidu olemasolul kujuneb noor kala kitsapealiseks. Oludes, kus söödavad objektid on suuremad, moondub isend pigem laiapealiseks. Sellisel juhul võivad saagiks langeda kuni 15 cm pikkused kalad ja vähid. Samuti on täheldatud laiapealistel angerjatel tugevamat hammustusjõudu (De Meyer *et al.* 2018), mis aitab hõlpsasti purustada saakloomade, sh. vähkide kesta. Saaklooma suurus on limiteeritud angerja suuõõne mõõtmete tõttu. Kuna kasvanduse angerjate peakuju jääb tänu graanulsöödale valdavalt kitsapealiseks (Proman & Reynolds 2000), tekkis küsimus, kas angerjate asustamisel võõrvähkide tõrjeks tuleks kaaluda kitsapealiste angerjate asustamise asemel laiapealiste angerjate asustamist. Kirjandust läbi töötades selgus, et laia- ja kitsapealiste angerjate söömisaktiivsuse erinevusi vähkidest toitumisel pole varasemalt uuritud.

Käesoleva katsega hinnati morfoloogiliselt erinevate euroopa angerjate (laia- ja kitsapealiste) vähkidest toitumise aktiivsust.

1. MATERJAL JA METOODIKA

1.1. Katsetingimused

Katsed viidi läbi Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi vesiviljeluse õppetooli laboris. Ettevalmistustöödega alustati oktoobris 2023, et ühtlustada veetemperatuurid ja hapnikusisaldused angerjatele sobivaks. Kuus katses kasutatavat ühe kuupmeetri suurust plastikust konteinerit täideti AS Tartu Veevärgist pärineva veega, veetaseme kõrguseks oli 35 cm. Basseinid olid varustatud SunSun Health Water UV-C 4 väliste filtritega ning kaetud pealt võrkudega. Igasse basseini paigaldati veealused kaamerad ning basseini kohale sinine LED valgustus (15 lux), et angerjate toitumist oleks võimalik häiringuteta ööpäevläbi jälgida (joonis 1).

Joonis 1. Katsebasseinid



Joonis 1. Angerjate toitumise jälgimine vee alla paigaldatud kaameratega

Katses kasutatud angerjad olid püütud Võrtsjärvest ja toodi EMÜ basseinidesse 08.11.2023. Kuna kitsapealisi angerjaid oli vähem, oli katsegrupi suuruseks 21 kitsapealist ja 21 laiapealist angerjat, kes enne basseinidesse asustamist mõõtmise eesmärgil unitati (tabel 1). Kumbki katsegrupp jaotati kolme basseini vahel võrdselt, 7 angerjat basseini kohta.

Tabel 1. Angerjate täispikkus, mass ja pea laius katsegruppides katse alguses

Angerjad	Täispikkus, mm ± SD	Mass, g ± SD	Pea laius, mm ± SD
Laiapealised (21 tk)	645.4 ± 103.6	508.9 ± 270.5	19.2 ± 4.0
Kitsapealised (21 tk)	653.7 ± 63.4	542.8 ± 174.3	12.3 ± 1.6

Angerjate aklimatiseerumise periood kestis 8.11.2023 – 16.01.2024. Söötmisskatseid alustati 17.01.2024, kuna kaamerate tarne võttis loodetust kauem aega. Katsed kestsid 21. märtsini 2024. Kuna aklimatiseerumise perioodil suri laiapealisi angerjaid üksteise rünnakute tõttu, vähendati enne söötmisskatsete algust angerjate arvu neljani basseini kohta (12 angerjat katsegrupis) (tabel 2). Pärast katse lõppu angerjad külmutati basseinide kaupa ja mõõdeti uuesti üle.

Tabel 2. Söötmisskatses osalenud angerjate täispikkus, mass ja pea laius

Angerjad	Täispikkus, mm ± SD	Mass, g ± SD	Pea laius, mm ± SD
Laiapealised (12 tk)	655.3 ± 112.4	513.8 ± 244.4	18.9 ± 4.6
Kitsapealised (12 tk)	630.4 ± 64.8	463.3 ± 139.6	11.7 ± 1.9

Katses osalenud kitsapealiste ja laiapealiste angerjate täispikkuste ja masside vahel olulist erinevust ei olnud ($p>0,05$). Oluline erinevus ($p<0,05$) oli vaid pea laiuses.

Söötmisskatse alguses suri üks laiapealine ja üks kitsapealine angerjas, kes asendati uute angerjatega. Edasise söötmisskatse jooksul angerjaid ei asendatud, küll aga suri rünnakute tagajärjel laiapealiste katsegrupis katse lõpuks kokku viis angerjat, kitsapealiste basseinis oli ellujäämus 100%.

1.2. Veeparameetrite jälgimine

Igapäevaselt registreeriti järgmised veeparameetrid: veetemperatuur, hapnikusisaldus (mg/l) ning hapnikuküllastus (%) (tabel 3).

Tabel 3. Katsebasseinide veeparameetrite keskmised näitajad

Bassein	Temp °C ±SD	O ₂ mg/l ±SD	O ₂ % ±SD
1 Laiapealised	20.2 ± 0.6	8.6 ± 0.2	95.1 ± 2.3
2 Kitsapealised	20.0 ± 0.6	9.0 ± 0.2	99.0 ± 2.2
3 Kitsapealised	20.2 ± 0.6	8.4 ± 0.4	93.5 ± 4.4
4 Laiapealised	20.1 ± 0.6	9.0 ± 0.2	98.7 ± 2.3
5 Kitsapealised	20.1 ± 0.6	9.0 ± 0.2	99.1 ± 2.4
6 Laiapealised	19.7 ± 0.6	8.8 ± 1.0	96.4 ± 11.5

1.3. Angerjate söötmine

Aklimatiseerumise perioodil söödeti angerjaid külmutatud sääsevastetega. Söötmisskatseid elus marmor- ja signaalvähkidega alustati 17.01.2024 ning viidi läbi kuuel korral. Igasse basseini anti angerja kohta üks vähk, va VI söötmisskatses, kus angerjate kohta anti söödaks üks marmorvähk ja üks signaalvähk. Esimene söötmisskatse (I) viidi läbi kõige väiksemate marmorvähkidega ja kestis erinevalt järgmistest katsetest kuus päeva. Järgmiste söötmisskatsete (II-V) perioode pikendati kaheksale päevale ning viimane söötmisskatse (VI) 32-le päevale, et hinnata katseperioodi pikkuse otstarbekust. Söötmisskatsete kestused ja katses kasutatud vähkide arv ning suurused on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Söötmiskatsete perioodid ja katses osalenud vähkide suurused

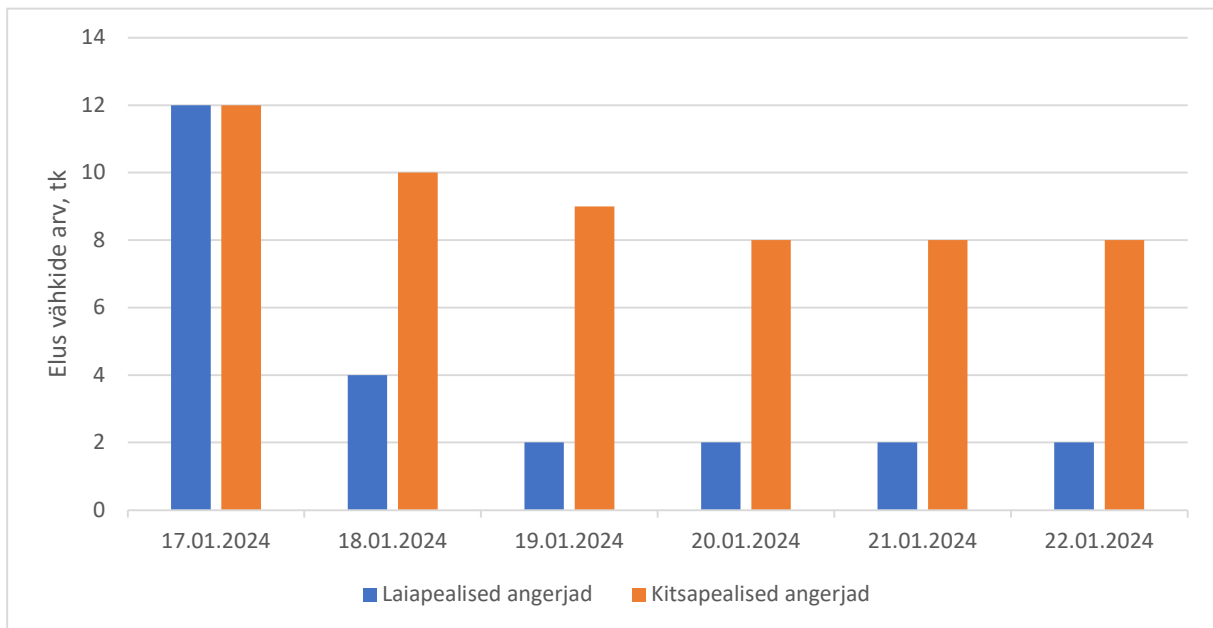
Katse nr	Katse kestus	Vähiliik	Vähkide arv katses	Pikkuse vahemik, mm	Keskmine mass, g
I	17. - 22.01.2024 (6 p)	Marmorvähk	24	25-35	1
II	22. - 29.01.2024 (8 p)	Marmorvähk	24	65-70	8
III	29.01. - 05.02.2024 (8 p)	Marmorvähk	24	77-103	20
IV	05. - 12.02.2024 (8 p)	Signaalvähk	24	64-82	13
V	12. - 19.02.2024 (8 p)	Signaalvähk	23	85-110	31
VI	19. – 21.03.2024 (32p)	Marmorvähk	22	70-81	12
		Signaalvähk	22	67-85	16

Angerjate söömust jälgiti igapäevaselt nii visuaalselt kui veealuste kaameratega. Igapäevaselt märgiti üles vähkide arv basseinis ja eemaldati angerjate rünnaku tagajärjel surnud vähid. Iga katseperioodi lõpus elus olnud vähid eemaldati basseinist ning asendati järgmise katsepartii vähkidega.

2. TULEMUSED

2.1. I söötmiskatse

Esimene söötmiskatse viidi läbi ~1 g ja 25-35 mm suuruste marmorvähkidega. Kummalegi katsegrupile anti 12 marmorvähki. Jooniselt 2 on näha, et laiapealised angerjad hakkasid juba esimesel päeval marmorvähkidest aktiivselt toituma.



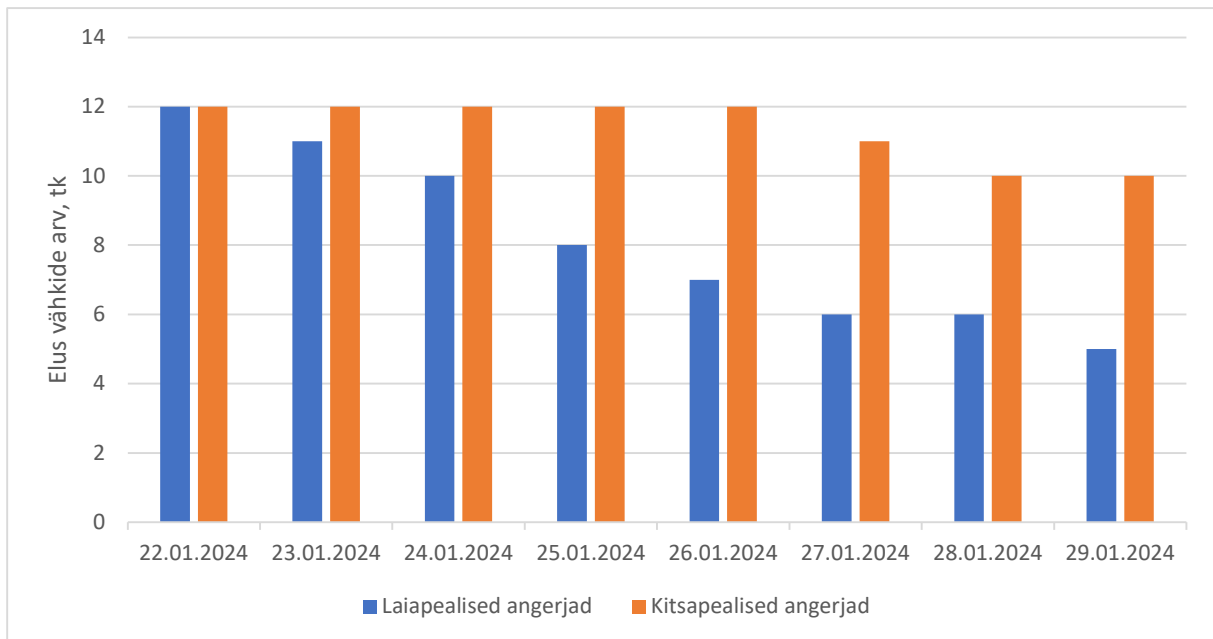
Joonis 2. Laia- ja kitsapealiste angerjate toitumine ~1 g ja 25-35 mm suurustest marmorvähkidest

Katse lõpuks olid laiapealised angerjad vähkidest 83% ära söönud, kitsapealised seevastu 33%. Kitsapealiste angerjate basseinides täheldati vähkide kestumist kolmel korral, laiapealiste angerjate basseinis ühel korral. Kuigi kestumise järgselt oleks vähkidest toitumine pehme kesta tõttu oluliselt lihtsam, siis kitsapealised angerjad ei olnud vähki kahel korral ära söönud. Küll aga täheldati kahel surnud vähil angerjate rünnaku märke koorikul.

2.2. II söötmiskatse

Teine söötmiskatse viidi läbi ~8 g ja 65-70 mm suuruste marmorvähkidega. Taas anti kummalegi katsegrupile 12 vähki. Erinevalt esimesest katsest, oli angerjate huvi suurematest

vähkidest toitumise vastu väiksem mõlemas katsegrupis. Katse lõpuks olid laiapealised angerjad 58% vähkidest vigastanud või ära söönud, kitsapealised seevastu 17% (joonis 3).

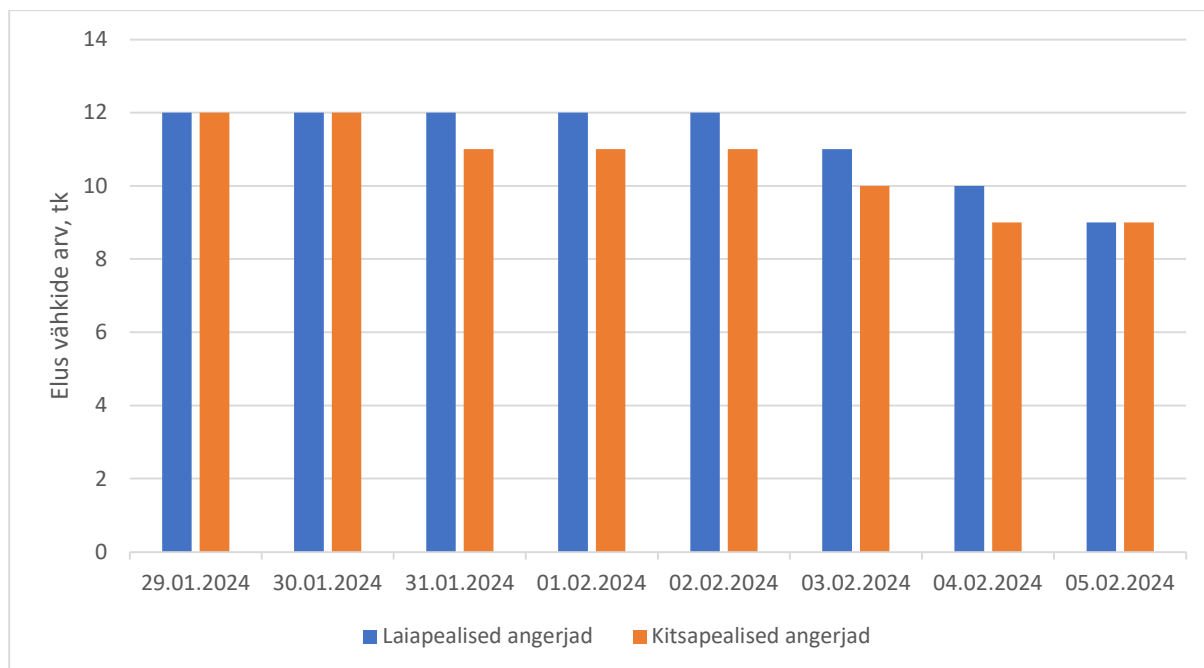


Joonis 3. Laia- ja kitsapealiste angerjate toitumine ~8 g ja 65-70 mm suurustest marmorvähkidest

Viiel korral täheldati laiapealiste angerjate rünnakuid vähkide vastu, kitsapealiste katsegrupis vaid ühel korral. Samuti ei tundnud kitsapealised angerjad huvi värskelt kestunud vähi vastu.

2.3. III söötmiskatse

Kolmandas söötmiskatses anti angerjatele söödaks ~20 g ja 77-103 mm suuruseid marmorvähke, 12 vähki kummalegi katsegrupile. Nende vastu oli angerjate huvi mõlemas katsegrupis oluliselt väiksem (25% olid vähkidest rünnaku tagajärjel surnud) kui eelmises kahes katses, kus vähid olid väiksemad (joonis 4).

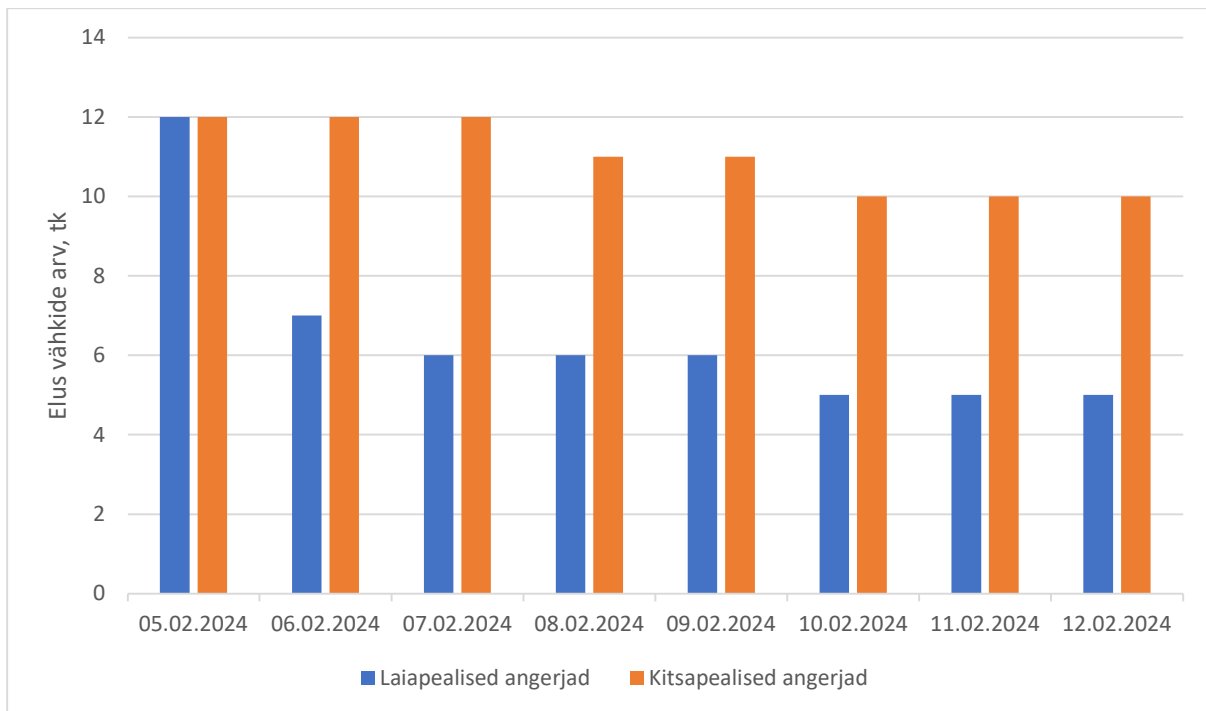


Joonis 4. Lai- ja kitsapealiste angerjate toitumine ~20 g ja 77-103 mm suurustest marmorvähkidest

Katse lõpuks olid mõlema katsegrupi vähid angerjate poolt rünnaku tagajärjel surnud, vaid üks vähk oli laiapealiste angerjate poolt ära söödud.

2.4. IV söötmiskatse

Neljandas söötmiskatses anti angerjatele ~13 g ja 64-82 mm suuruseid signaalvähke. Kummalegi katsegrupile 12 vähki. Katse lõpuks olid laiapealised angerjad kas ära söönud või tapnud 58% signaalvähkidest, kitsapealised vaid 17% (joonis 5).

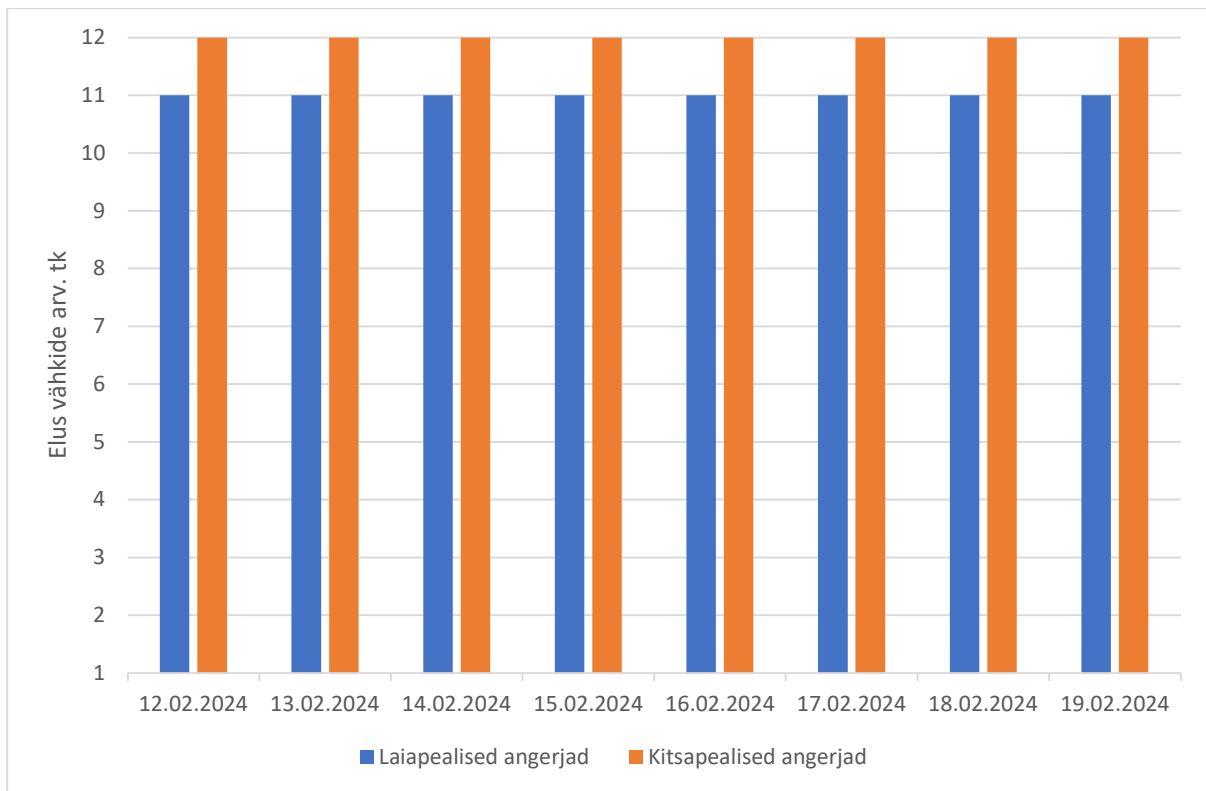


Joonis 5. Lai- ja kitsapealiste angerjate toitumine ~13 g ja 64-82 mm suurustest signaalvähkidest

IV katse tulemused sarnanesid II söötmiskatsega, kus kasutati sarnases pikkuse vahemikus marmorvähke. Samuti täheldati äsja kestunud vähkide mitte söömist ühel korral mõlemas katsegrupis.

2.5. V söötmiskatse

Viendas söötmiskatses anti angerjatele ~31 g ja 85-110 mm suuruseid signaalvähke. Laiapealistele angerjatele 11 vähki, kuna üks angerjas oli vahepeal rünnaku tagajärjel surnud. Kitsapealistele 12 signaalvähki. Katse lõpuks oli vähkide ellujäämus mõlemas katsegrupis 100% (joonis 6).

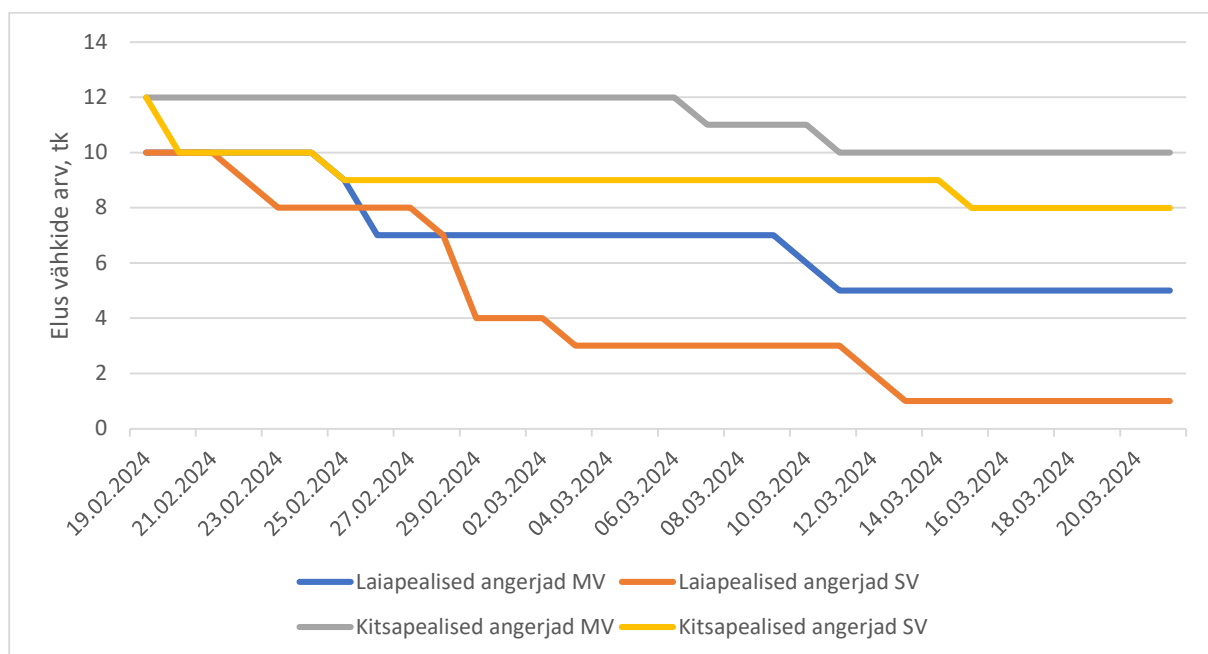


Joonis 6. Lai- ja kitsapealiste angerjate toitumine ~13 g ja 64-82 mm suurustest signaalvähkidest

V söötmiskatse tulemused sarnanevad kolmanda katsega, kus suuremate vähkide vastu on angerjate huvi oluliselt väiksem. Kuna siinses katses olid signaalvähid mõõtude poolest veidi suuremad kui kolmanda katse marmorvähid, siis katse lõpuks polnud kummagi katsegrupi angerjad vähke söönud ega rünnanud, ka kestunud vähki kitsapealiste grupis.

2.6. VI söötmiskatse

Kuuendas söötmiskatses anti kummalegi katsegrupile toiduks korraga nii marmorvähke kui signaalvähke, et vaadata, kas ja kumba vähiliiki angerjas parema meelega eelistab. Marmorvähid olid ~12 g ja 70-81 mm suurused, signaalvähid ~16 g ja 67-85 mm suurused. Kuna laiapealistest angerjatest oli vahepeal üks taas rünnaku tagajärjel surnud, anti laiapealiste katsegrupile 10 marmorvähki ja 10 signaalvähki, kitsapealised angerjad said vastavalt 12 ja 12 vähki. Laiapealised angerjad olid katse lõpuks ära söönud või tapnud 50% marmorvähkidest ja 90% signaalvähkidest. Kitsapealised angerjad olid taas vähem aktiivsed, süües ära vaid 17% marmorvähkidest ja 33% signaalvähkidest (joonis 7).

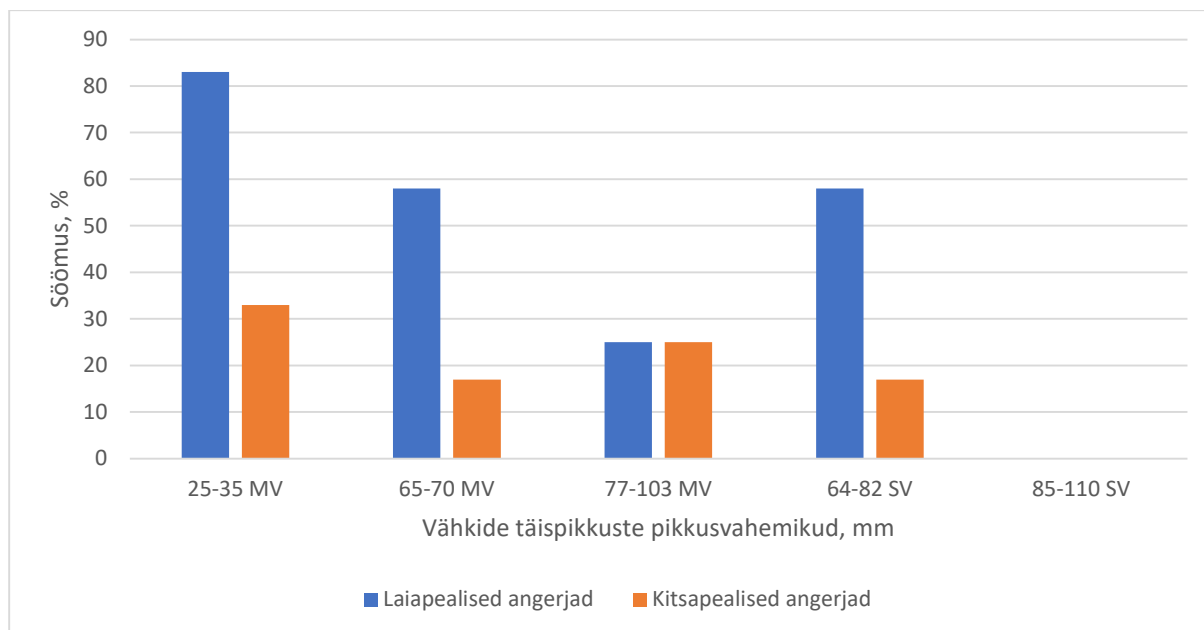


Joonis 7. Lai- ja kitsapealiste angerjate toitumine ~12 g ja 70-81 mm suurustest marmorvähkidest (MV) ja ~16 g ja 67-85 mm suurustest signaalvähkidest (SV)

Tulemused sarnanesid II ja IV söötmiskatsega, kus katsevähid olid samas suurusjärgus, kuid viimase katse tulemusena söödi signaalvähke parema meelega mõlema katsegrupi poolt. Katseperioodi pikkuseks oli 32 päeva, et vaadata, kas pikema perioodi jooksul süüakse vähke rohkem. Nagu jooniselt 8 näha, siis aktiivseim toitumine toimus 14 päeva jooksul ja katse teises pooles aktiivsus langes.

2.7. I-V söötmiskatsete kokkuvõte

I-V söötmiskatsed näitasid, et ~500 g suurused angerjad eelistavad kõige enam 25-35 mm suuruseid vähke (joonis 8). Mida suuremad vähid, seda vähem need angerjatele huvi pakkusid.



Joonis 8. Lai- ja kitsapealiste angerjate toitumine eri suuruses marmorvähkidest (MV) ja signaalvähkidest (SV) I-V katsetes

Selgelt on näha laiapealiste angerjate agaramat toitumist vähkidest, eriti kõige väiksematest vähkidest. 64-82 mm pikkuseid marmorvähke ja signaalvähke sõid samuti laiapealised angerjad võrreldes kitsapealistega agaramalt. Üle 85 mm suuruseid signaalvähke ei söödud kummagi katsegrupi poolt üldse, veidi väiksemaid marmorvähke (77-103 mm) söödi mõlema katsegrupi poolt 25%.

KOKKUVÕTE

Morfoloogiliselt erinevate laia- ja kitsapealiste angerjate toitumiskatsed marmor- ja signaalvähkidega näitasid laiapealiste angerjate oluliselt suuremat toitumisaktiivsust vähkidest võrreldes kitsapealiste angerjatega. Katses kasutatud ~500 g suurused angerjad toitusid kõige meelsamini alla 70 mm pikkustest vähkidest, üle 85 mm pikkuseid vähke ei söödud üldse. Toitumiskatse koos kahe vähiliigiga näitas angerjate suuremat huvi signaalvähkide vastu. Käesoleva katse põhjal võib soovitada angerjate asustamist võõrvähiliigi veekogudesse just alla 70 mm pikkuste vähkide tõrjeks, keda mõrrapüügiga kätte ei saa. Kuna laiapealised angerjad on tunduvalt agaramad vähkidest toitujad, võiks kaaluda juba varakult kasvanduse angerjatele suuremate graanulite söötmist, et areneksid välja laiapealised isendid, keda saaks loodusesse võõrliikide tõrjeks asusutada. Angerjate asustamisel tuleb aga arvestada veekogu omapäraga ning liigiliste kooslustega, mille tõttu oleks vaja teha eelnevalt täiendavaid uuringuid, et selgitada välja angerjate asustamiseks optimaalseim kogus efektiivseimaks vähi võõrliikide tõrjeks.

KASUTATUD KIRJANDUS

Cucherousset, J., Acou, A., Blanchet, S., Britton, J.R., Beaumont, W.R.C., Gozlan, R.E. (2011). Fitness consequences of individual specialisation in resource use and trophic morphology in European eels - *Oecologia* vol. 167: pp. 75–84.

De Meyer, J., Christiaens, J., Adriaens, D. (2016). Diet-induced phenotypic plasticity in European eel (*Anguilla anguilla*) - *J Exp Biol.* vol. 219: pp. 354–363.

De Meyer, J., Herrel, A., Belpaire, C., Goemans, G., Ide, C., De Keghel, B., Christiaens, J., Adriaens, D. (2018). Broader head, stronger bite: *In vivo* bite forces in European eel *Anguilla anguilla*: bite force in *a. anguilla* - *J Fish biol.* vol. 92: pp. 268–273.

E.R.R. Lammens, E., T. Visser, J. (1988). Variability of mouth width in European eel, *Anguilla anguilla*, in relation to varying feeding conditions in three Dutch lakes - *Environmental Biology of Fishes* vol 26: pp. 63-75.

Proman, J.M. & Reynolds, J.D. (2000). Differences in head shape of the European eel, *Anguilla anguilla* (L.) - *Fisheries Management and Ecology* vol. 7: pp. 349-354.