

Eesti Maaülikool  
Eesti Loodushoiu Keskus MTÜ



## Euroopa angerja (*Anguilla anguilla*) katadroomse rände edukuse uuring Peipsi vesikonnas

Tellijä: Kalanduse Teabekeskus

Tartu, 2021



**Aruande koostasid:**

**Meelis Tambets**

**[meelis.tambets@gmail.com](mailto:meelis.tambets@gmail.com)**

**Einar Kärgerberg**

**[einar.kargerberg@gmail.com](mailto:einar.kargerberg@gmail.com)**

**Priit Bernotas**

**[pbernotas@emu.ee](mailto:pbernotas@emu.ee)**

**Projekti täitmisel osalesid:**

**Mart Thalfeldt**

**Meelis Sepp**

**Ain Järvalt**

## Sisukord

Sissejuhatus .....	4
Kokkuvõte .....	6
Summary in English .....	6
Materjal ja metoodika .....	8
Uuringu ala .....	8
Märgistamine ja liikumiste jälgimine .....	9
TULEMUSED JA ARUTELU .....	11
Ränne Narva jõkke ja merre .....	11
Suremus rändel .....	11
Püügisurve .....	11
Suremus Narva hüdroelektrijaamas .....	11
Ränne Emajões .....	12
Ränne Peipsi järves .....	14
Kalade rändemustri ja bioloogiliste parameetrite seosed .....	15
Rännete ulatus aruande koostamise ajal .....	18
Kasutatud kirjandus .....	19

## Sissejuhatus

Euroopa angerjavarud on juba aastakümneid languses, mistõttu on võetud kasutusele erinevaid meetmeid, et varude võimalikult kiirele taastumisele kaasa aidata. Üheks põhiliseks instrumendiks angerjavarude kaitseks Euroopa liidu riikides on EN määrus 1100/2007, mis annab liikmesriikidele kindlad suunised oma angerjavarude majandamisel. Määruse kohaselt tuli liikmesriikidel koostada angerjamajanduskavad ning seada neis eesmärgid, mida seoses angerjavarude taastumisega tuleb täita. Eesti angerjamajanduskava (AMK, vastu võetud 2008.a.) kohaselt on Eesti jagatud kahte angerjamajandusüksusse (AMÜ) – Lääne-Eesti AMÜ ja Narva jõe vesikonna AMÜ. Eesti AMK näeb ette Lääne-Eesti AMÜs angerjapüügiks spetsiifiliste püügivahendite vähendamist 50% võrra aastaks 2013 ning Narva jõe vesikonna AMÜs tagada 40% hõbeangerja biomassi mere pääsemine võrreldes ajaga, mil inimõju angerjavarudele puudus.

Väljapääseva hõbeangerja biomassi hindamiseks on mitmeid võimalusi. Hetkel kasutatakse Narva jõe VK puhul erinevaid arvutusi (Bernotas, 2018; Bernotas et al., 2019), mis näitavad, milline kogus hõbeangerjaid aruandeaastal teoreetiliselt merre võiks jõuda. Antud meetodika lähtub Võrtsjärvest välja rändava angerja biomassist ning võtab arvesse põhilisi teadaolevaid inimtekkelisi mõjutegureid (kalastussuremus, suremus Narva Hüdrolektrijaama turbiinide läbimisel), mis hõbeangerjaid antud teekonnal mõjutavad. Siiski on väljarändava hõbeangerja biomassi pädevaks hindamiseks oluline teada, kuidas kalad looduses tegelikult käituvad.

Kalade liikumise uurimisel on üheks kõige levinumaks meetodiks akustiline telemeetria, mida on angerjate puhul kasutatud paljudes Euroopa riikides. Peamiselt on uuringute eesmärgiks olnud hüdrolektrijaamade mõju hindamine angerjate rändele (Behrmann-Godel & Eckmann, 2003; Økland et al., 2019; Trancart et al., 2019), aga ka rändemustrite hindamiseks mage- ja merevees (Barry et al., 2016; Huisman et al., 2016; Stein et al., 2016; Verhelst, Baeyens, et al., 2018; Verhelst, Buysse, et al., 2018).

Võrtsjärves ja angerjamajanduslikes väikejärvedes (Saadjärv, Kuremaa-, Kaiavere ja Vagula järv) on angerjaid märgistatud kuni 2018. aastani seljale kinnituvate füüsiliste märgistega (carlin- ja floy tüüpi märgised). Märgistatud angerjate seas on olnud nii kollaseid- kui hõbeangerjaid ning põhiosa teatatud tagasipüükidest on tulnud samadest veekogudest, kus kalad on märgistatud. Perioodil 2008-2011 on teatatud aga tagasipüükidest ka väljaspool Narva jõe vesikonda – kahel korral Soome lahest ning ühel korral isegi Taani väinadest. Kuigi taaspüügist teatamise protsent väljaspool magevett on olnud väga madal (alla 1 %), on eelmainitud märgistamise tulemusel teada, et angerjad on võimelised Narva jõe VK siseveekogudest Läänemerre pääsema.

Akustilisi märgiseid kasutades on läbi viidud uuring "Hõbeangerja ränne Narva jõel ning Narva Hüdrolektrijaama turbiinide läbitavus<sup>1</sup>", mille eesmärgiks oli välja selgitada angerjate võimalik suremus Narva HEJ turbiinide läbimisel. Selleks lasti kokku 45 VEMCO V9 märgisega varustatud angerjat Narva veehoidlasse ning jälgiti nende liikumist veehoidlas ning Narva jões HEJ paisust allavoolu. Uuringu tulemusel saadi teada, et angerjate suremus Narva HEJ turbiinides on 12% ning turbiinid edukalt läbinud angerjad jõuavad takistusteta ka Läänemerre.

Kuigi on teada, et angerjad pääsevad Narva jõe vesikonnast Läänemerre, on siiani vähe infot angerjate rände kohta Emajõe-Peipsi-Narva jõe süsteemis. Käesoleva projekti eesmärgiks oli võimalikult täpselt ära määrata Võrtsjärvest välja rändava angerja migratsiooni marsruut ning ajaline dünaamika ning

---

<sup>1</sup> <https://www.kalateave.ee/et/teadus-ja-arendustegevus/uurimused/303-2019-uurimused-arhiiv/8967-hobeangerja-ranne-narva-joel-ning-narva-hydroelektrijaama-turbiinide-labitavus-est-imaulikool-est-loodushoiu-keskus-mtu-2019>

hinnata nii kutselise kui ka harrastuspüügi poolt põhjustatud kalastussuremust rändel Emajões Läänemereni. Projekti tellija oli Kalanduse Teabekeskus ning projekti rahastati Euroopa Merendus- ja Kalandusfondist.

## Kokkuvõte

Käesolev uuring pakub ohtralt uusi teadmisi Võrtsjärvest pärinevate hõbestunud angerjate rännetest Emajões, Peipsi järves ja Narva jões. Rändemuster sellel vähemalt 240 km pikkusel teekonnal osutus väga keerukaks, see sisaldas mere suunas toimuvaid kiireid liikumisi, aga ka pikemaid ning lühemaid peatusi ning liikumisi vastassuunas.

Ootuspäraselt ilmnis osal kaladest ränne, mille käigus liiguti suunatult mere poole – mööda Emajõe allavoolu, läbi Peipsi järve ning mööda Narva jõge Läänemerre. Kaladel oli võimekus sooritada see ränne kolme nädala jooksul. Siiski oli niisuguste kalade osakaal uuringus üllatavalt väike – alla kümnendiku. Osa praeguseks Narva jõkke rännanud kaladest jäi märkimisväärseks ajaks, ligikaudu üheks aastaks Peipsi järve peatuma. Osa Peipsi järve rännanud kaladest on ka 1,5 aastat pärast Peipsi järves, mõned selle Emajõe suudme lähedases piirkonnas. Eriti ootamatu oli suhteliselt suure hulga Peipsi järve rännanud kalade naasmine Emajõkke ning ulatuslike ülesvoolu rännete sooritamine – ränded ulatusid isegi tagasi Võrtsjärveni.

Rände käigus osa kaladest hukub. Teada on faktid ligikaudu 2 % määrgistatud kalade püügist Emajõel, 6 % püügist Peipsi järvel ja 2 % hukkumisest (10 % sinnani rännanutest) Narva Hüdrolektriijaama läbimisel.

Kuidas niisugust rändemustrit ja suremust Võrtsjärvest pärineva angerja reproduktiivse panuse kujunemise kontekstis hinnata, sõltub mitmetest asjaoludest. Suremus Narva hüdrolektriijaamas on lubamatult suur, selle vähendamiseks peab edaspidi meetmeid rakendama. Peatumine Peipsi järves võib, vaatamata mõõdukale suremusele, Võrtsjärvest välja rändava kudekoondise reproduktiivset edukust suurendada. Kui Peipsi järves peatuvate isendite kasvukiirus on soodsate tingimuste tõttu suur, võib kudekoondise biomass ja summaarne viljakus kokkuvõttes suureneda ning sigimisedukus tõusta. Peipsi järves ja Emajões peatuvate kalade kasvuparameetrite kohta puuduvad praegu pädevad andmed, käesoleva projekti läbiviijad on projekti ESTRUSEEL raames vastavaid andmeid viimase kahe aasta jooksul kogunud ning nende analüüs viiakse läbi 2021. aasta sügisel.

Käesoleva aruande koostamise ja esitamise ajaks on oluline osa määrgistatud kaladest merre laskumata ja nende määrgised funktsioneerivad eelduste kohaselt veel ligikaudu pool aastat. Projekti läbiviijad jätkavad nende kalade jälgimist ja laekuvate andmete analüüsimist.

## Summary in English

This study provides new knowledge about the migration patterns of silver eels deriving from Lake Võrtsjärv in River Emajõgi, Lake Peipsi and River Narva system. The migration pattern on this journey of at least 240 km proved to be very complex, with rapid movements towards the sea, but also longer and shorter stops and movements in the opposite direction within the freshwater system.

As expected, some fish showed a clear pattern, during which they moved towards the sea – downstream along River Emajõgi, through Lake Peipsi and along River Narva to the Baltic Sea. Some specimens had the capacity to make such a migration as fast as within three weeks. However, the proportion of such fish in the study was surprisingly small - less than a tenth. Some of the eels that did migrate to River Narva by the end of the project stayed in Lake Peipsi for a considerable time, about one year. However some eels that migrated to Lake Peipsi are still in Lake Peipsi 1.5 years later, some in the area near the mouth of the River Emajõgi. The return of relatively large number of eels migrating back to River Emajõgi from Lake Peipsi and the completion of extensive upstream migrations were particularly unexpected - the migrations even extended back to Lake Võrtsjärv.

We observed that some of the eels were caught by fishermen during the migratory phase. About 2% of the tagged fish were caught on River Emajõgi, 6% of the eels on Lake Peipsi. 9% of the tagged eels died when passing through the Narva Hydroelectric Power Plant.

How to assess such a migration pattern and mortality in the context of silver eel escapement from Lake Võrtsjärv depends on several factors. Mortality at the Narva hydroelectric power plant is unacceptably high, measures must be taken to reduce it in the future. Stopping in Lake Peipsi, despite moderate mortality, may increase the escaping silver eel biomass through resuming feeding during the pause in migration that is if the growth rate of individuals stopping in Lake Peipsi is fast due to favorable conditions (good feeding conditions, low densities etc). While there has been a lack of eel growth related data from Lake Peipsi, there is an ongoing project ESTRUSEEL that fills this gap which is scheduled to conclude in the february of 2022.

At the time of writing and submitting this report, a significant proportion of the tagged eels have still not descended to the Baltic sea and their tags are expected to be operational for about half a year. Project implementers will continue to monitor these eels and analyze the data received.

# Materjal ja meetoodika

## Uuringu ala

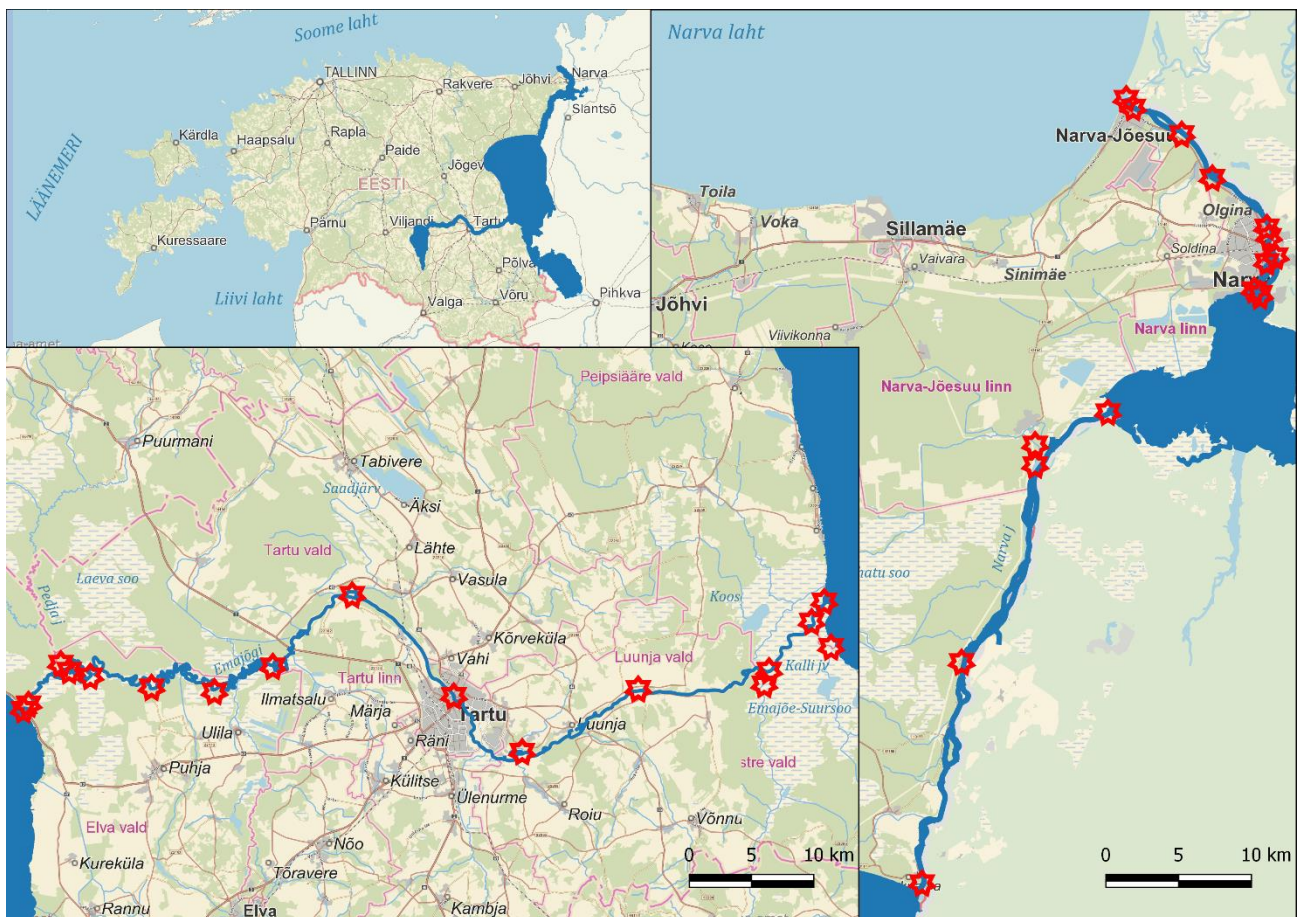
Emajõgi kuulub Eesti suurimate jõgede hulka (pikkus 101 km, keskmine vooluhulk 71.8 m<sup>3</sup>/s, voolukiirus keskmiselt 3.7 km/h; EE 2003). Emajõgi saab alguse Rannu-Jõesuust ning suubub Peipsisse Praagal. Jõe laius varieerub 20-145 meetrini. Jõe kalastik on liigirikas, erinevatel andmetel on Emajõesst tabatud 30-40 erinevat kalaliiki. 2020. aasta seisuga oli Emajõele väljastatud luba 88 kutselise püügivahendi kasutamiseks, millest arvukaimad olid jõemõrrad (69.3% püügivahenditest). 2020. a. andmetel saadi kutselise püügi käigus kokku 90,2 t kala, mille hulgas oli enim latikat (79 t), särge (5.9 t) ja haugi (2.6 t). Muid liike esines saagi hulgas marginaalselt. Angerja osa kogu kutselise saagi hulgas oli vaid 0.05% (48 kg). Emajõgi on ka populaarne kalastuskoht harrastuspüüdjate seas. Kahjuks puudub täpne ülevaade harrastajate arvust ning saakidest. 2012. ja 2016. a ilmunud uuringute kohaselt võib kalastajate arvuks olla ca 3500 erinimelist kalastajat aastas ning aastaseks püügimahuks ca 83 t (Jalak & Rakko, 2012; Vetemaa & Albert, 2016).

Narva jõgi on suurima vooluhulgaga jõgi Eestis (keskmine vooluhulk suudmes 380–400, lähtes 330 m<sup>3</sup>/s; EE 2003; Feršel ja Tuvi, 2010). Narva jõe pikkuseks on 72.5 km ning jõe laius varieerub 250 – 650 m vahel. Narva jõe lähe asub Peipsi põhjarannikul Vasknarvas ning suue Narva-Jõesuus. 1950ndatel rajatud Narva hüdroelektrijaama rajamise tulemusel tekkis HEJ paisust ülesvoolu Narva veehoidla ning kuna kogunev vesi juhiti jõesängi asemel HEJ kanalisse, jäid endine jõesäng suurema osa aastast koos karestikega kuivaks. HEJ rajamise järgselt puudub kaladel võimalus paisust ülesvoolu liikuda, mistõttu on Narva jõe kalakooslused vägagi erinevad. Kutselise kalapüügi võimaluste poolest on jõgi jagatud alam- ning ülemjooksuks (koos Narva veehoidlaga). Alamjooksul on püügivahenditest kasutusel vaid silmutorbikud. Ülemjooksul nakkevõrgud ning ääre-või avaveemõrrad. Kõige olulisemaks kutselise püügi objektiks on jõesilm, mida püütakse alamjooksul silmutorbikutega. 2020. aasta andmetel moodustas silmusaak (22.7 t) 82% kutselisest kogusaagist (27.7 t). Muudest liikidest püüti üle tonni veel latikat (1.5 t), linaskit (1.4 t) ja särge (1.2 t). Angerjat kutselise püügi statistikas ei esinenud. Harrastuspüügi saakide kohta täpsem info puudub, teada on, et peamised püütavad liigid on latikas, särge, ahven, linask ja särge (Järvekülg & Pall, 2017).

Peipsi järv on Eesti suurim siseveekogu (pindala 3555 km<sup>2</sup>). Peipsi järv jagatakse kolme osasse: Suurjärv (2611 km<sup>2</sup>), Pihkva järv (708km<sup>2</sup>) ja Lämmijärv (236 km<sup>2</sup>). Järve keskmine sügavus on 7.1 m, suurim sügavus 15.3 m (Lämmijärves). Peipsi on tänu oma suurusele ning rohketele sissevoolavatele jõgedele kalastiku osas liigirikas (püsivaid liike 34-37). 2020. aasta andmetel oli järve kalavaru heas seisus ning sellest tulenevalt ka püügikvoot suur (Vaino, 2021). Kutselistest püügivahenditest kasutatakse Peipsil väga erinevaid püüniseid. 2020. a. seisuga moodustasid suurema osa eritüübilised mõrrad (42.3%), nakkevõrgud (33%) ning mutnikud (24%; Vaino 2021). Kalaliikidest enim püüti ahvenat (1246 t), koha (908 t), latikat (574 t), särge (175 t), räabist (143 t) ja haugi (110 t). Angerjas moodustas tühise osa (0.001%) kogu kutselise saagi hulgas. Järv on ka rahvusvaheliselt hinnatud harrastuspüüdjate seas. Kuigi täpsed numbrid on teadmata, arvatakse, et Peipsi- ja Lämmijärvel võib käia püüdmas vähemalt 7000 harrastajat aastas (Vetemaa & Albert, 2016), kusjuures populaarseim on jääalune püük. Harrastajate poolt väljapüütud aastast kalakogust on hinnatud vähemalt 500 tonnile (Vaino, 2003).

## Märgistamine ja liikumiste jälgimine

Märgistatavad angerjad püüti Võrtsjärvest mõrdadega. Märgistatud kaladel mõõdeti täispikkus, mass, rinnauime pikkus, mõlema silma kõrgus ja laius. Kaladel määrati hõbestumise indeks (Durif jt, 2005; Durif jt 2009 järgi). Enne märgistamist kalad uinutati, anesteetikumina kasutati metomidaat hüdrokloriidi ( $40 \text{ mg l}^{-1}$ ; Aquacalm, Syndel Laboratories Ltd., Canada) või nelgiõli (eugenool; 20 isendi puhul). Kalade kõhuõõnde paigaldati individuaalseid akustilisi signaale emiteerivad telemeetrilised märgised (diameeter 9 mm, pikkus 24 mm, eluiga ligikaudu kaks aastat, signaalide vaheline intervall: 60-120 s.; tootja: Thelma). Lõige suleti kahe õmblusega. Kasutati ka väliseid, Floy tüüpi füüsilisi märgiseid. Täieliku toibumise järel vabastati kalad Võrtsjärve põhjaosas Rannu-Jõesuus algvasse Emajõkke. Märgistatud kalu jälgiti nii manuaalsete jaamagadega kaldalt kui ka paadiga veekogul liikudes (51 manuaalset jälgimist) ning automaatsete statsionaarsete jaamadega (vt. Joon. 1). Emajões oli automaatjaamu 17 tk ja Narva jões 15 tk.



**Joonis 1.** Uuringuala ja telemeetriliste saatjate signaalide automaatsete vastuvõtjate asukohad (punased heptagonid) Emajõel ning Narva jõel.

Akustilise telemeetria saatjatega märgistati kokku 103 isendit. Kolme saatjaga esinesid tehnilised probleemid, seega käsitletakse käesolevas aruandes 100 isendi (sh kontrollrühma kalade) liikumisi. Kontrollrühmana kasutati viit surnuna jõkke lastud kala. Kontrollrühma abil määrati kindlaks, milline on kalade allavoolu kandumise ulatus; see aitab eristada hukkunud kalade allavoolu kandumist elusate kalade liikumistest.

Märgistamine toimus kahel aastal, 2019. ja 2020. aastal. Esimesel aastal märgistati 56, teisel 47 isendit. Märgistamine viidi läbi põhilisel teadaoleval rändeperioodil. Esimesel aastal toimus märgistamine ühes arvukas grupis (55 isendit, 28.09.2019), teisel 4 väiksemas rühmas (4 isendit 1. juunil, 2 isendit 15. augustil, 18 isendit 23. septembril ja 21 isendit 16. oktoobril 2020).

Märgistatud angerjate keskmine pikkus oli 2019. aastal keskmiselt 660 mm (540-828 mm; min-max; N=50) ja 2020. aastal keskmiselt 685 mm (605-820; min-max; N=39). Angerjate keskmine mass oli 2019. aastal keskmiselt 587 grammi (348-1247 g; min-max) ja 2020. aastal 616 grammi (306-1150; min-max). Märgistatud angerjatest moodustasid emased isendid 95%. Lisaks kaasati 2019. aastal uuringusse kontrollgrupp, mille abil hinnati surnud isendite asukohamuutusi vooluvees (keskm. TL 672 mm, 615-731 mm (min-max); keskm. TM 620 g, 511-900 g (min-max); N=5).

## TULEMUSED JA ARUTELU

### Ränne Narva jõkke ja merre

Käesoleva aruande koostamise ajaks oli Narva jõest Läänemerre rännanud 10 märgistatud isendit. See on 21 % kõikidest Peipsi järve rännanud kaladest. Merre siirdunud kaladest annab ülevaate tabel 1. Kõik merre siirdumise sündmused toimusid sügisel, septembrist oktoobrini. 2019. aastal märgistatud kaladest jõudis samal aastal merre üks isend, järgmisel kolm isendit. 2020. aastal märgistatud kaladest jõudis samal aastal merre kuus isendit. Üks isend on peatunud Narva jõe ülemjooksul.

Kiireim ränne kala vette laskmise kohast Emajões mereni kestis kolm nädalat, enamuse märgistamisega samal aastal merre rännanud kaladest läbis selle teekonna viie nädala jooksul. Peipsi järves ja Emajõel peatuse teinud kalad rändasid järgmisel aastal merre taas sügisel rändeperioodil, enamasti koos järgmise aasta laskujatega.

**Tabel 1. Märgistatud angerjate ränne Narva jõest Läänemerre. rännanud angerjate**

Kala nr	Märgistamise Kuupäev	Vette laskmise asukoht	Siirdumine Narva lahte	Siirdumine Peipsi järve
6233	28.09.2019	Emajõgi	31.10.2019	19.10.2019
6225	28.09.2019	Emajõgi	10.09.2020	23.08.2020
6232	28.09.2019	Emajõgi	19.11.2020	22.10.2020
6245	28.09.2019	Emajõgi	19.11.2020	10.07.2020
6220	16.10.2020	Emajõgi	5.11.2020	19.10.2020
6303	16.10.2020	Emajõgi	8.11.2020	20.10.2020
6296	16.10.2020	Emajõgi	18.11.2020	13.11.2020
6307	16.10.2020	Emajõgi	22.11.2020	21.10.2020
6248	16.10.2020	Emajõgi	22.11.2020	27.10.2020
6293	16.10.2020	Emajõgi	23.11.2020	10.11.2020

### Suremus rändel

#### Püügisurve

Praeguseks on teada, et Emajõest on püütud üks märgistatud isend ja Peipsi järvest kolm isendit. Allavoolu rändavate st kaladest on seega teadaolevalt kinni püütud 8 % kaladest (2 % Emajõest ja 6 % Peipsi järvest).

Lisaks on ilmne, et ühe isendi signaal on (6285) Emajões kadunud. Kas tegemist on teatamata püügiga, on raske hinnata. Kala võib olla välja püütud, aga ta võib olla surnud ja jõest välja viidud (imetajate või lindude poolt), ka saatja võib olla tehnilise rikke tõttu seiskunud.

Ka Peipsi järves võib osa kaladest olla ilma meile teada andmata kinni püütud või surnud, samuti on võimalik (kuigi vähese tõenäosusega) saatjate seiskumine tehniliste rikete tõttu.

#### Suremus Narva hüdroelektrijaamas

Üks 2019. aastal märgistatud isend hukkus Narva hüdroelektrijaama läbimisel 2020. aasta oktoobrikuus. Märgis on endiselt aktiivne ja asub liikumatult hüdroelektrijaama läheduses sellest

allavoolu. Suremuse määra hindamisel võib kasutada kahte erinevat arvutuskäiku. Arvutatuna kõikide rändele asunud kalade kohta on suremus 2 %. Kõnekam on suremus arvutatuna hüdroelektrijaama läbinud isendite kohta – see suremus on 9 %.

## Ränne Emajões

Märgistatud kalad alustasid esimesi liikumisi vahetult pärast lahti laskmist. Osa kaladest suundus kohe allavoolu, osa liikus ülesvoolu (Tabel 2). Osa ülesvoolu liikuma asunud kaladest jõudis Võrtsjärve, osa neist liikus hiljem uuesti järvest välja.

**Tabel 2. Märgistatud angerjate rände esmane suunavalik pärast asustamist Emajõkke**

Kuupäev	Märgistatud kalade arv	Esmane ränne allavoolu	Esmane ränne vastuvoolu
28.09.2019	50	22	28
15.06.2020	3	0	3
15.08.2020	2	2	0
23.09.2020	18	11	7
16.10.2020	21	20	1
Kokku	95	55	39

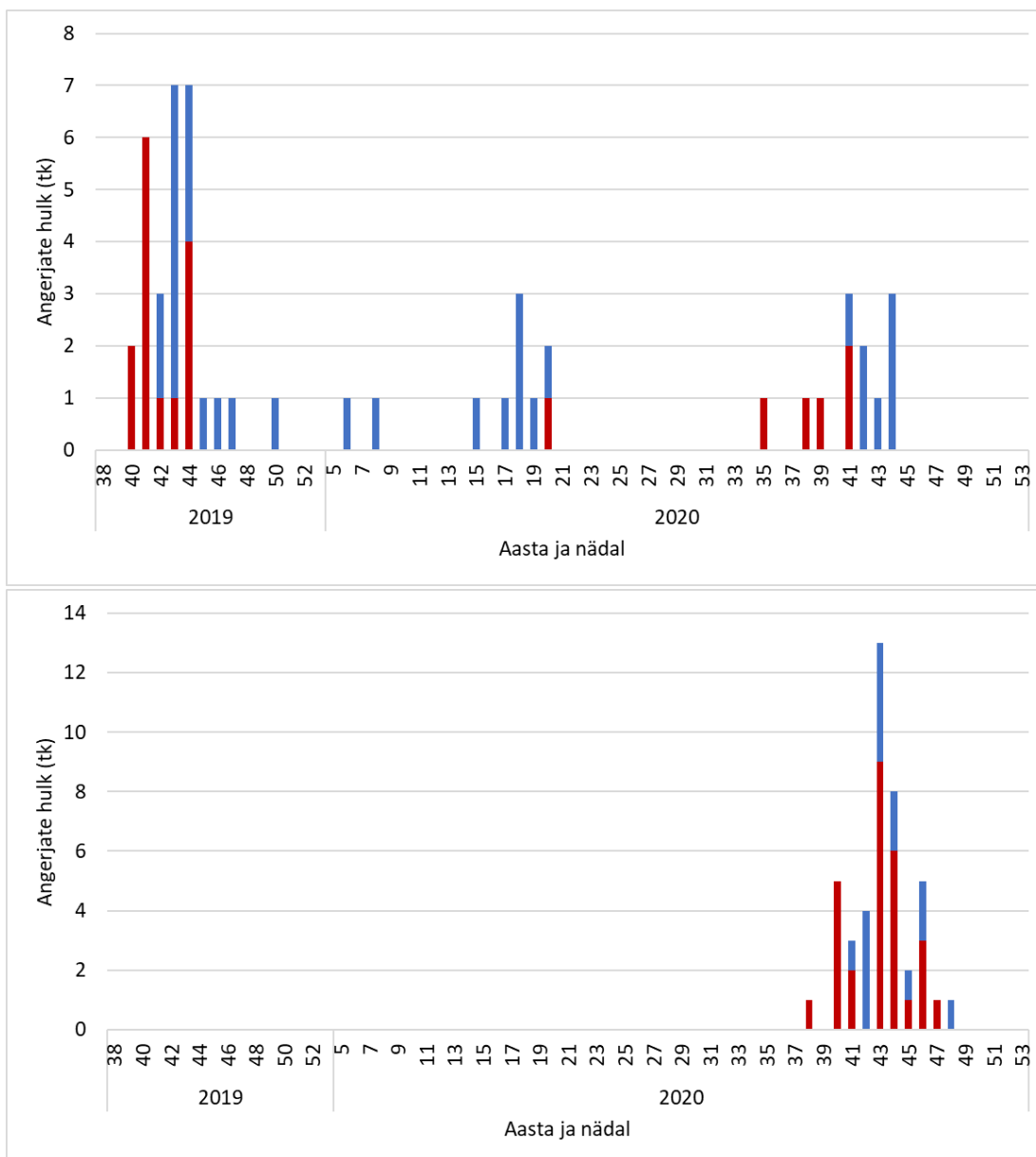
Allavoolu rändele asunud kalad liikusid Peipsi järve suunas väga erineva kiirusega. Kiiremaid liikumisi kirjeldab tabel 3. Kõige kiiremad kalad jõudsid Peipsi järveni kolme ööpäevaga, mitmed ka nelja ja viie päevaga.

**Tabel 3. Angerjate kiiremad liikumised mööda Emajõe Peipsi järveni**

Kala nr	Märgistamise Kuupäev	Saabumine Emajõe suudmesse	Rände kestus, päevi
6250	28.09.2019	3.10.2019	5
6236	28.09.2019	5.10.2019	7
6240	28.09.2019	6.10.2019	8
6272	23.09.2020	27.09.2020	4
6274	23.09.2020	27.09.2020	4
6291	23.09.2020	28.09.2020	5
6309	16.10.2020	19.10.2020	3
6220	16.10.2020	19.10.2020	3
6303	16.10.2020	20.10.2020	4

Vähem motiveeritud kalade ränne Peipsi järveni kestis oluliselt kauem. Seni viimased 2019. aastal märgistatud isendid jõudsid Peipsi järve järgmisel aastal, 5. ja 6. oktoobril 2020.

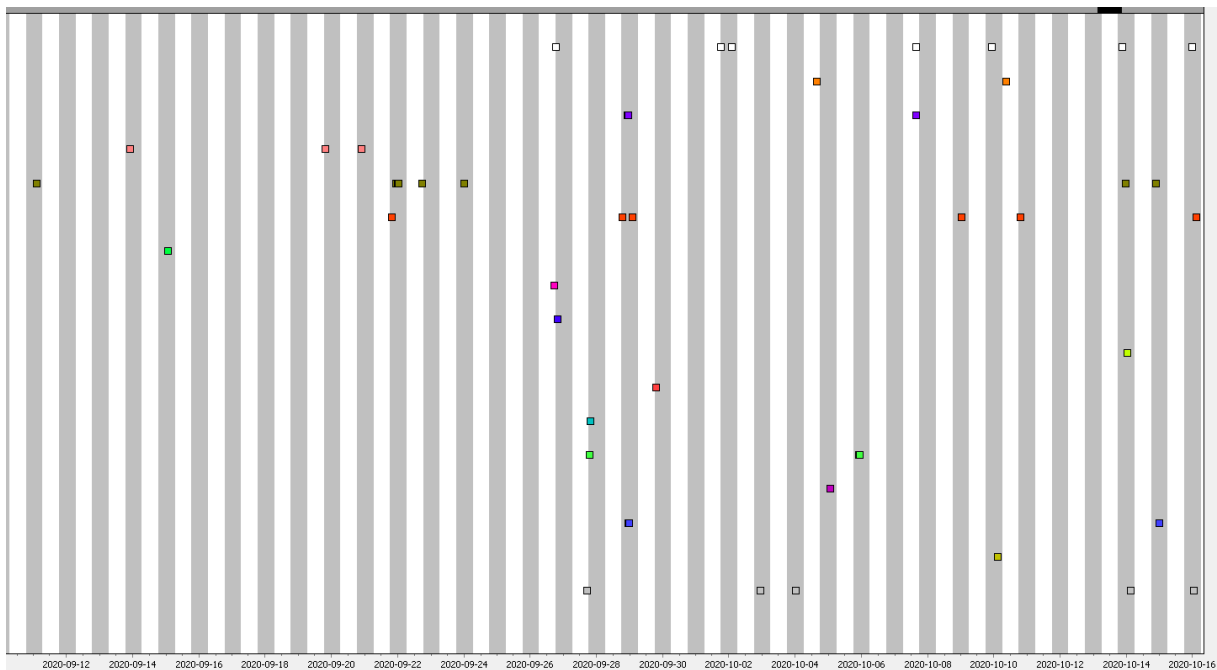
Kõikide kalade Peipsi järve jõudmisest annab ülevaate joonis 2.



**Joonis 2.** Angerjate liikumised Emajõe suudmes, aastal 2019 märgistatud isendid on ülemisel ja 2020 alumisel graafikul. Näidatud on laskumised Peipsi järve (punased tulbad) ja järvest jõkke tagasi rännanud kalade hulk (sinised tulbad) Emajões suudmealal nädalate lõikes.

Angerjad rändasid Emajõest Peipsi järve eelkõige sügisel. Talvel, aga ka suvel oli ränne Peipsi järve äärmiselt haruldane. 2019. aastal märgistatud ja Peipsi järve rännanud kalad, kes ei laskunud Peipsi järve samal sügisel, tegid seda valdavalt alles järgmise aasta sügisel.

Ööpäeva lõikes toimusid ränded valdavalt öösiti, pärast loojangut ja enne päikesetõusu. Seda mustrit kirjeldab ilmekalt joonis 3. Antud väljavõttelt on näha, et päevased liikumised on ülimalt haruldased. Öösel liikunud kalad jäävad päevaks paigale ja alustavad liikumisi uuesti öhtul.



**Joonis 3.** Märjstatud angerjate liikumiste jaotus öö - päeva lõikes ühes vaatluspunktis Emajõel. Värvilised riskülikud tähistavad kalade liikumisi (eri värvid näitavad eri isendeid), halliga viirutatud ala tähistab öist, valge päevast aega.

### Ränne Peipsi järves

Peipsi järveni jõudis 48 isendit. Motiveeritud kalad on võimelised Peipsi järve kiireks läbimiseks. Kiireim kala läbis teekonna Emajõe suudmest Peipsi järve edelaosas mereni viie päevaga (vt Tabel 1). Tabel 1 kirjeldab Peipsi järvest mere poole siirdunud kalade Peipsi järves veedetud aega. See võib kesta ka rohkem kui aasta.

Osa Võrtsjärvest Peipsi järve liikunud kaladest ei ilmuta ikka veel motivatsiooni mere suunas liikuda, nende peatumine Peipsi järves on märkimisväärselt pikaaegne. Mitmed 2019. aastal märjstatud kalad on siiani Peipsi järves, osa on isegi tagasi Emajõkke rännanud. Väga suure hulga Peipsi järve laskunud angerjate ränne tagasi Emajõkke oli üllatav. Sellest, palju Emajõe suudmealal kohtavatest angerjatest on rändel allavoolu ja palju ülesvoolu, annab ülevaate joonis 2. Angerjate ränded Peipsi järvest Emajõkke on arvukad aga kohati ka väga suure ulatusega. Emajõkke tagasi rännanud märjstatud angerjatest rändas kaks isendit Võrtsjärveni, 12 isendit Tartuni, 20 Mäksani ja 22 Ahja jõe suudmeni.

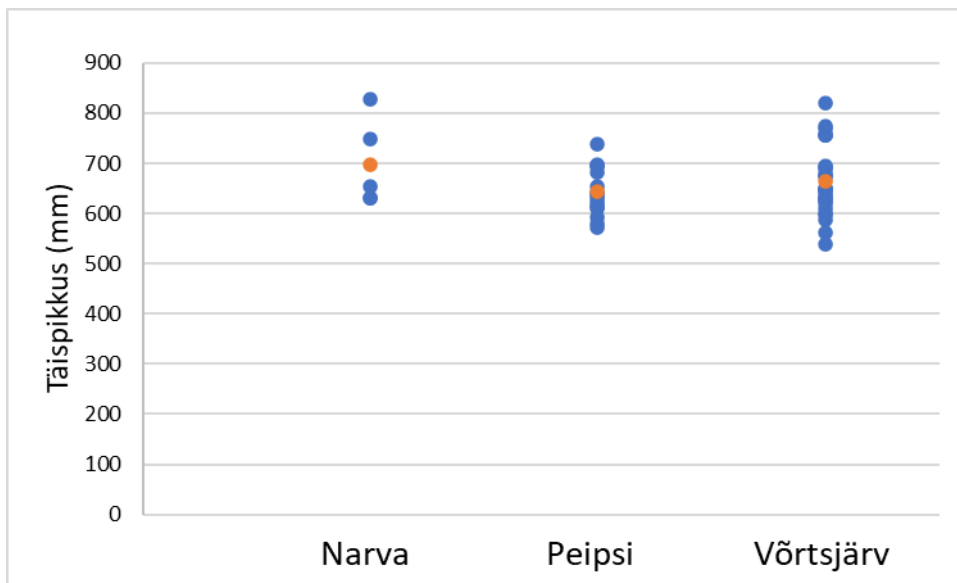
On teada, et mageveest kuderändele asunud angerjad võivad oma teekonnal Sargasso mere suunas teha peatuseid (Aarestrup *et al.*, 2008, Barry *et al.*, 2016, Béguer-Pon *et al.*, 2018, Sjöberg *et al.*, 2016, Stein *et al.*, 2016, Verbiest *et al.*, 2012,), mis kestavad isegi aasta või enam (Vøllestad *et al.*, 1994, Westin, 1998). Ühest küljest on angerjas sellisel pikenenud toitumisperiodil eksponeeritud täiendavalt erinevatele ohuteguritele, mis põhjustavad suremust. Samas on selline käitumine vajalik, et angerjas saaks parandada oma toitumust ja seeläbi paremini valmistuda kudemiseks (Svedäng & Wickstrom, 1997). Angerja viljakus on otseses seoses tema kehakaaluga. Seega on tegemist lõivsuhtega, kus strateegiliselt võib isendil olla optimaalsem riskida täiendava suremusega, et suurendada oma sigimisedukust. Seega ei saa ajaliselt pikenenud kuderännakut (nt peatumisi Peipsi järves) angerja puhul käsitleda üheselt kui ebasoodsat faktorit ellujäämisele.

Kogutud andmed lubavad oletada, et osa angerjatest võib peatuda Peipsi järves ja/või Emajões pikemalt kui vaid kahe aasta jooksul. Selle hüpoteesi kontrollimiseks sobib telemeetriline uuring

pikema elueaga märgistega kombineerituna uuringuga, mis analüüsib Peipsi järvest või Narva jõest püütud kalade otoliitide mikrokeemiat. Selleks, et hinnata, kuidas mõjub peatumine Peipsi järves ja Emajões Võrtsjärvest merre rändava angerja kudekoondise biomassile on vaja määrata angerjate kasvuparameetrid nendes veekogudes. Kiire kasv võib kompenseerida kaod isendite arvukuses.

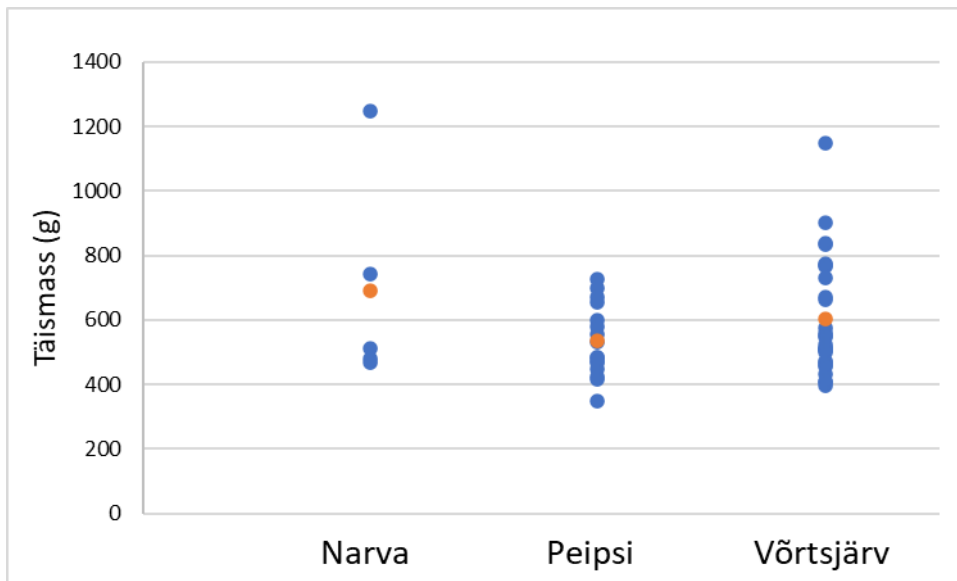
### Kalade rändemustri ja bioloogiliste parameetrite seosed

Märgistatud angerjad liikusid üldstatult kolme veekogusse: tagasi Võrtsjärve, allavoolu Peipsi järve või sealt edasi Narva jõkke. Uuriti, kas mõni bioloogiline parameeter (pikkus, mass või hõbestumise indeks) seletab vabastatud angerjate liikumise ülesvoolu Võrtsjärve või allavoolu Peipsisse (sh Narva jõkke). Samasuguste parameetrite alusel võrreldi Peipsisse saabunud ja jäänud kalu Narva jõkke suundunud kaladega. Selleks kasutati logistilise regressiooni mudeleid; statistilist olulisust testiti tõepärasuhte testiga (LRT).



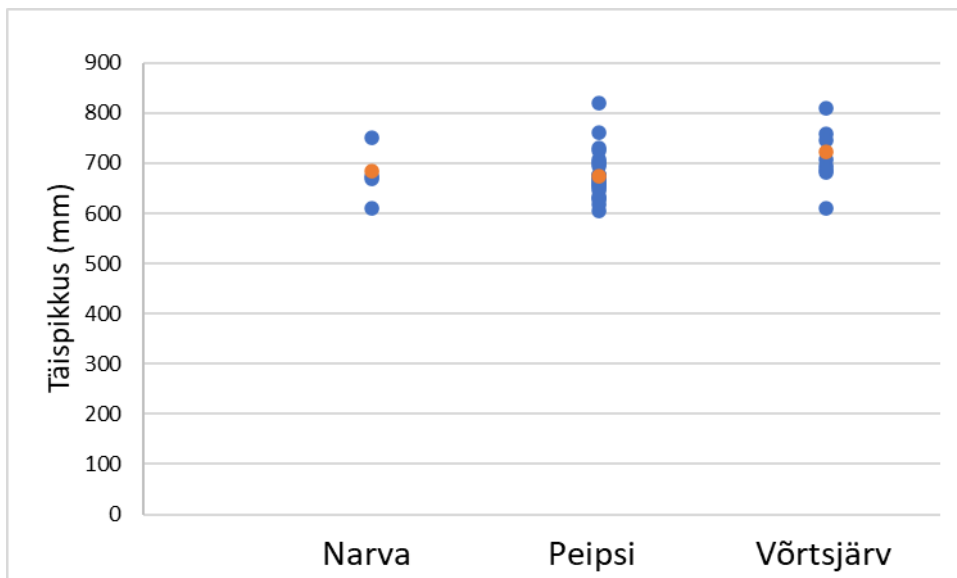
**Joonis 4.** 2019. aastal Emajõe ülemjooksul vabastatud angerjate pikkus rände sihtveekogude kaupa. Toodud on isendite (sinine) ja grupi keskmised (oranž) pikkused.

2019. aastal märgistatud angerjate puhul ei seletanud isendite pikkus, mass ega hõbestumise indeks kalade jaotumist veekogude vahel (LRT, kõigil testidel  $p > 0,05$ ).



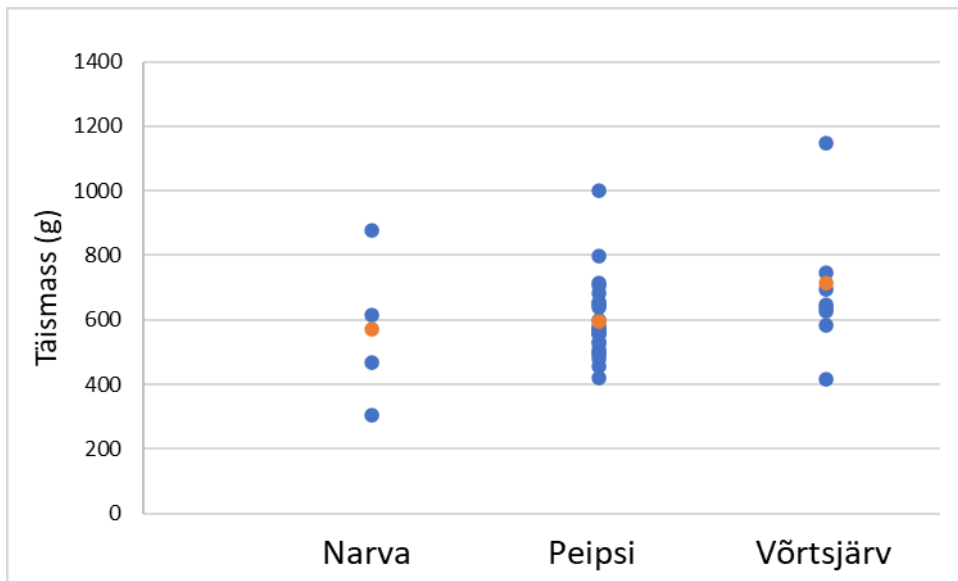
**Joonis 5.** 2019. aastal Emajõe ülemjooksul vabastatud angerjate mass rände sihtveekogude kaupa. Toodud on isendite (sinine) ja grupi keskmised (oranž) massid.

2020. aastal märgistatud angerjate puhul ilmnes, et Emajõkke vabastatud ja tagasi Võrtsjärve ujunud kalad olid keskmiselt pikemad kui allavoolu suundunud kalad (LRT,  $p=0,021$ ). Peipsi järve grupi ja Narva jõe grupi pikkuste vahel statistiliselt oluline erinevus puudus (LRT,  $p>0,05$ ).



**Joonis 6.** 2020. aastal Emajõe ülemjooksul vabastatud angerjate pikkus rände sihtveekogude kaupa. Toodud on isendite (sinine) ja grupi keskmised (oranž) pikkused.

Massierinevus polnud 2020. aastal märgistatud kalade kahel grupil (Võrtsjärve liikunud vs allavoolu ujunud) statistiliselt oluline (LRT,  $p=0,055$ ). Samuti, Peipsi järve grupi ja Narva jõe grupi masside vahel statistiliselt oluline erinevus puudus (LRT,  $p>0,05$ ).



**Joonis 7.** 2020. aastal Emajõe ülemjooksul vabastatud angerjate mass rände sihtveekogude kaupa. Toodud on isendite (sinine) ja grupi keskmised (oranž) massid.

Hõbestumise indeks erines statistiliselt oluliselt vaid 2020. aastal märgistatud angerjate grupi puhul ehk Peipsi järve ja Narva jõe grupi isenditel (LRT,  $p=0,00072$ ). Peipsisse jõudnutest suurema hõbestumise indeksiga isendid liikusid Narva jõkke. Teistel gruppidel statistiliselt oluline erinevus puudus (LRT, kõigil testidel  $p>0,05$ ).

**Tabel 4.** 2019. aastal Emajõe ülemjooksul vabastatud angerjate jaotumine hõbestumise määra ja rände sihtveekogu põhjal.

	FIV		FV		MD		Kokku	
Narva	4	80%	1	20%	-	0%	5	100%
Peipsi	11	69%	4	25%	1	6%	16	100%
Võrtsjärv	20	71%	5	18%	3	11%	28	100%
<b>Kokku</b>	<b>35</b>	<b>71%</b>	<b>10</b>	<b>20%</b>	<b>4</b>	<b>8%</b>	<b>49</b>	<b>100%</b>

**Tabel 5.** 2020. aastal Emajõe ülemjooksul vabastatud angerjate jaotumine hõbestumise määra ja rände sihtveekogu põhjal.

	FII		FIII		FIV		FV		Kokku	
Narva	0%	1	17%	1	17%	4	67%	6	100%	
Peipsi	2	8%	20	80%	1	4%	2	8%	25	100%
Võrtsjärv	0%	4	50%	1	13%	3	38%	8	100%	
<b>Kokku</b>	<b>2</b>	<b>5%</b>	<b>25</b>	<b>64%</b>	<b>3</b>	<b>8%</b>	<b>9</b>	<b>23%</b>	<b>39</b>	<b>100%</b>

### Rännete ulatus aruande koostamise ajal.

Käesoleva uuringu käigus on selgunud paljud väga uudsed küljed Võrtsjärvest pärineva angerja rännete kohta. Üheks üllatuseks olid kalade väga pikka aega kestvad peatused. Ootamatult paljud märgistatud isendid on siiani (taas) Emajões, Võrtsjärves ja Peipsi järves. Kalade praegustest asukohtadest annab ülevaate tabel 6.

**Tabel 6.** Allavoolu rändele asunud kalade asukohad seisuga 1. mai 2021

Märgistamise aasta	Läänemeri	Narva jõgi	Peipsi järv	Emajõgi	Võrtsjärv
2019	4	1	8	5	2
2020	6	1	17	7	0
<b>Kokku</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>25</b>	<b>12</b>	<b>2</b>

Nende kalade edasised liikumised pakuvad suurt huvi. Telemeetrilised märgised funktsioneerivad veel ligikaudu pool aastat ja praeguse uuringu läbiviijad jätkavad ka pärast käesoleva projekti lõppu nende kalde jälgimist. Kindlasti koostame ka lõplike tulemuste alusel täiendavad analüüsid ja raporti.

Käesoleva uuringu tulemustest tõukuvalt, tuleb edaspidi hinnata Peipsis peatuvate kalade peatuste kestust ja kasvukiiruste mustreid, selleks et, kombineerituna suremuse andmetega, analüüsida Peipsis peatumise mõju merre siirduva angerjakoondise biomassile. Praeguste andmete põhjal ei saa hinnata, kas see mõju on positiivne või negatiivne, ega mõju ulatust, rääkimata pädevast analüüsist mõju ulatuse kohta. Ei saa välistada, et see mõju võib olla positiivne.

## Kasutatud kirjandus

- Aarestrup, K., E. B. Thorstad, A. Koed, N. Jepsen, J. C. Svendsen, M. I. Pedersen, C. Skov, F. Økland, Survival and behaviour of European silver eel in late freshwater and early marine phase during spring migration. *Fish. Manag. Ecol.* **15**, 435–440 (2008).
- Barry, J., Newton, M., Dodd, J. A., Lucas, M. C., Boylan, P., & Adams, C. E. (2016). Freshwater and coastal migration patterns in the silver-stage eel *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology*, *88*(2), 676–689. <https://doi.org/10.1111/jfb.12865>
- Béguier-Pon, M., J. J. Dodson, M. Castonguay, D. Jellyman, K. Aarestrup, K. Tsukamoto, Tracking anguillid eels: Five decades of telemetry-based research. *Mar. 297 Freshw. Res.* **69**, 199–219 (2018).
- Behrmann-Godel, J., & Eckmann, R. (2003). A preliminary telemetry study of the migration of silver European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the River Mosel, Germany. *Ecology of Freshwater Fish*, *12*(3), 196–202. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0633.2003.00015.x>
- Bernotas, P. Uudse angerjamõrrasüsteemi katsetamine Võrtsjärvel. (2018). P. Bernotas (vastutav täitja) Aruanne. Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja Keskkonnainstituut, Limnoloogiakeskus. Tartu 2018. 31pp.
- Bernotas, P., Silm, M., Järvalt, A., (2019). Võrtsjärve kalavarude seisund ja Eesti Angerjamajandamiskava täitmise analüüs 2018. Aruanne. Tartu. 2019
- Durif, C., Dufour, S., & Elie, P. (2005). The silvering process of *Anguilla anguilla*: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage. *Journal of Fish Biology*, *66*(4), 1025-1043.
- Durif, C. M. F. , Guibert, A. Elie, P. (2009). Morphological Discrimination of the Silvering Stages of European eel, pp. 103–111.
- Eesti entsüklopeedia 12. köide. Eesti A-Ü. 2003. Toimetanud Anto Raukas. 718 lk. Eesti Entsüklopeediakirjastus. Tallinn
- Feršel, A., Tuvi, E. (2010). Hoiualadega jõed Virumaal 2. Narva jõgi. Püttsepp, J; Järv, E (Toimetajad). Monograafia. 176 lk. Keskkonnaamet 2010.
- Huisman, J., Verhelst, P., Deneudt, K., Goethals, P., Moens, T., Nagelkerke, L. A. J., Nolting, C., Reubens, J., Schollema, P. P., Winter, H. V., & Mouton, A. (2016). Heading south or north: Novel insights on European silver eel *Anguilla anguilla* migration in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, *554*(July), 257–262. <https://doi.org/10.3354/meps11797>
- Jalak, A. ja Rakko, A. (2012). Emajõe harrastuskalastuse püügivõimsuse hindamine. KIKi 2010. aasta kalandusalaste arendusprojektide alamprogrammi projekti nr 54 tulemuste aruanne.
- Järvekülg, R. ja Pall, P. (2017). Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamismetoodika arendamine ja ajakohastamine. KIKi Lihthanke nr 171309 täitmiseks 29.03.2016 sõlmitud töövõtulepingu 4-1/16/15 aruanne. Tartu 2017.
- Økland, F., Havn, T. B., Thorstad, E. B., Heermann, L., Sæther, S. A., Tambets, M., Teichert, M. A. K., & Borcharding, J. (2019). Mortality of downstream migrating European eel at power stations can be low when turbine mortality is eliminated by protection measures and safe bypass routes are available. *International Review of Hydrobiology*, *104*(3–4), 68–79. <https://doi.org/10.1002/iroh.201801975>

- Sjöberg, N. B., H. Wickström, A. Asp, E. Petersson, Migration of eels tagged in the Baltic Sea and Lake Mälaren-in the context of the stocking question. *Ecol. Freshw. Fish.* **26**, 517–532 (2016).
- Stein, F., P. Doering-Arjes, E. Fladung, U. Brämick, B. Bendall, B. Schröder, Downstream migration of the European eel (*Anguilla anguilla*) in the Elbe River, Germany: movement patterns and the potential impact of environmental factors. *River Res. Appl.* **32**, 666–676 (2016).
- Svedäng, H., H. Wickstrom, Low fat contents in female silver eels: Indications of insufficient energetic stores for migration and gonadal development. *J. Fish Biol.* **50**, 475–486 (1997).
- Trancart, T., Carpentier, A., Acou, A., Danet, V., Elliott, S., & Feunteun, É. (2019). Behaviour of endangered European eels in proximity to a dam during downstream migration: Novel insights using high accuracy 3D acoustic telemetry. *Ecology of Freshwater Fish*, October, 1–14. <https://doi.org/10.1111/eff.12512>
- Vaino, V. (2003). Harrastus- ja rannapüük Peipsi ja Lämmijärvel. SA Keskkonnainvesteeringute keskuse kalanduse programmi projekti nr 02-12-10/437 aruanne. Tartu.
- Vaino, V. (2021). Kalavarude uuringud Peipsi, Lämmi- ja Pihkva järves. Töövõtulepingu nr. 4-1/20/57 lõpparuanne. Tartu 2021.
- Verbiest, H., A. Breukelaar, M. Ovidio, J. C. Philippart, C. Belpaire, Escapement success and patterns of downstream migration of female silver eel *Anguilla anguilla* in the River Meuse. *Ecol. Freshw. Fish.* **21**, 395–403 (2012).
- Verhelst, P., Baeyens, R., Reubens, J., Benitez, J. P., Coeck, J., Goethals, P., Ovidio, M., Vergeynst, J., Moens, T., & Mouton, A. (2018). European silver eel (*Anguilla anguilla* L.) migration behaviour in a highly regulated shipping canal. *Fisheries Research*, 206(May), 176–184. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.05.013>
- Verhelst, P., Buysse, D., Reubens, J., Pauwels, I., Aelterman, B., Van Hoey, S., Goethals, P., Coeck, J., Moens, T., & Mouton, A. (2018). Downstream migration of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in an anthropogenically regulated freshwater system: Implications for management. *Fisheries Research*, 199 (April 2017), 252–262. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.10.018>
- Vetemaa, M ja Albert, A. (2016). Kutselise ja harrastuspüügi sektorite vahel võimalike vastuolude ja ühishuvide kaardistamine. Aruanne. 50 lk. Tartu 2016.
- Vøllestad, L. A., B. Jonsson, N. -A Hvidsten, T. F. Næsje, Experimental test of environmental factors influencing the seaward migration of European silver eels. *J. Fish Biol.* **45**, 641–651 (1994).
- Westin, L. The spawning migration of European silver eel (*Anguilla anguilla* L.) with particular reference to stocked eel in the Baltic. *Fish. Res.* **38**, 257–270 (1998).