

Võsu jõe ja selle kalastiku seisundi ning survetegurite uuring

Aruanne

Projekti number RE.4.03.22-0071



Eesti Loodushoiu Keskus

Vastutav täitja: Meelis Tambets

Tartu 2023

Sisukord

Sissejuhatus	3
Kokkuvõte	5
Uuringuala	7
Metoodika	10
Vee hapnikusalduse dünaamika Laviku paisjärves	14
Vee hapnikusalduse dünaamika Muike paisjärves	18
Vee hapnikusalduse võrdlus Võsu jõestiku paisjärvedes	20
Paisjärvede mõju jõevee hapnikusaldusele	22
Võsu jõestikus asuvate paisjärvede mõjud Võsu jõe looduslikule temperatuurirežiimile	26
Paisjärvede põhjustatud temperatuurireostuse olulisuse ja levikuanalüüs	33
Võsu jõe hüdro-morfoloogiline ja kalastikuline kirjeldus lõigus Laviku-Muike	37
Võsu jõe hüdro-morfoloogiline ja kalastikuline kirjeldus lõigus Oruveski paisjärve sissevoolust kuni Ojaäärse paisjärve väljavooluni	46
Võsu jõe hüdro-morfoloogiline ja kalastikuline kirjeldus lõigus Ojaäärse paisjärve sissevoolust kuni teetruubini Viitna-Palmse mnt. all	48
Paisjärvede poolt üleujutatud jõe- ja ojasängide kirjeldus Võsu jõestikus	50
Kalastik Võsu jõestikus, kalastiku seire tulemused.	56
Soovitused	69
Lisa 1. Võsu jõe paisjärvede radariuuring	71

Sissejuhatus

Lahemaal Lääne-Viru maakonnas Haljala vallas asuva Võsu jõe (pikkus 25 km) alamjooks on kuni esimese ületamatu paisuni väga väärtuslik jõesilmu ja meriforelli elupaik. Edasi ülesvoolu on Võsu jõe kalastik tänasel hetkel vaene, kalastiku seisund on tugevasti mõjutatud paisude poolt. Kokku on Võsu jõel ja lisavooluveekogudel 14 paisu (ja üks kalapääsuga varustatud pais). Toimuvad ettevalmistused hüdroenergia tootmise alustamiseks. Võsu jõel on viis esimest järku lisavooluveekogu ja üks teist järku lisaoja.

Paisjärved moodustavad Võsu jõe pikkusest ca 13%. Laviku paisust suubumiseni merre kuulub jõgi lõhe, jõeforell, meriforelli ja harjuse kudemis- ja elupaikade nimistuse ja on valdavas ulatuses kaitstud Natura 2000 võrgustiku Lahemaa loodusala koosseisus elupaigatüübina Jõed ja ojad (3260). Võsu jõgi on jaotatud kaheks veekogumiks – Võsu_1 lähtest Laviku paisuni ja Võsu_2 Laviku paisust (10,4 km merest) suudmeni. Veekogumite seisund on hinnatud halvaks, eesmärgiks on saavutada vähemalt hea seisund 2027. aastaks. Lahemaa loodusala kaitsekorralduskavaga on esinduslikkuse eesmärgiks aastaks 2025 seatud B ja 30 aasta perspektiivis on eesmärk saavutada esinduslikkus A. Elupaiga negatiivse mõjutegurina on toodud inimtekkelised paisud ja hüdroenergia tootmine. Veemajanduskavas on survetegurina välja toodud inimtekkelised paisud. Võsu jõel on peamise survetegurina, mis põhjustab veekogu kesist/halba seisundit, välja toodud inimtekkelised paisud. Kuna planeeritakse hüdroenergia tootmist (luba on väljastatud), mis ei vähenda paisutamise kahjulikke mõjusid vaid pigem suurendab negatiivset survet elupaikade kvaliteedile ja kalastikule, siis on vajalik uuringute läbiviimine paisude ja paisjärvede mõjude kohta.

Varasemalt on Võsu jõel uuritud kalastiku seisundit alamajooksul ja ülemjooksu üksikutes lõikudes. Käesolev projekt uuris lähemalt paisude mõju jõe ökosüsteemile, iseäranis kaladele. Jõeliste elupaikade inventuuri käigus teostati paikvaatluseid ja kirjeldati jõelõikude hüdmorfoloogiat, kalastiku elupaigalisi omadusi ja kvaliteeti, paisutuse mõjusid jõelistele elupaikadele ja hüdmorfoloogiale ning muid inimtegevuse mõjusid. Paisjärvedes kasutati jõesängi ja paisjärve põhja kirjeldamiseks radarit. Viidi läbi jõe ja paisjärvede füüsikalise-keemiliste parameetrite mõõtmine (veetase, temperatuur, hapnikusisaldus, pH, vee läbipaistvus ja erijuhtivus). Täpsema ülevaate saamiseks temperatuuri ja gaasirežiimi muutustest paigaldati jõe eri lõikudesse, samuti paisjärvedesse automaatsed mõõteseadmed

(logerid). Teostati kalastiku seiret paisjärvedes ja vooluveekogudes. Püükidel kasutatakse teaduslikku elektripüügiagregaati, silmutorbikuid ja paisjärvedes erineva silmasuurusega Nordic-tüüpi seirevõrkusid, noota ja kadiskaid.

Aruandes pakutakse välja lahendused survegurite negatiivsete mõjude minimeerimiseks ning kalastiku seisundi kaitseks ning parandamiseks.

Aruande koostasid Einar Kärgerberg, Mart Thalfeldt, Meelis Sepp ja Meelis Tambets. Aruandes käsitletud ja lisas 1 viidatud paisjärvede radariuuringu viisid läbi Argo Jõelet ja Kaidi Karro. Täname kõiki abiks olnud inimesi ja asutusi koostöö eest.

Tiitellehel on toodud Maa-ameti kaldaerofoto Muike paisjärvest ja sellest allavoolu jäävast Võsu jõe lõigust, pildistuse aeg 25.05.2022.

Kokkuvõte

Praegusel hetkel on Võsu jõestikus väga ulatuslikul alal hävinud jõesilm, ulatuslikult ka meriforell ja jõeforell. Püügid kinnitavad ka ojasilmu puudumist mitmetes vooluveekogu harudes ja lõikudes. Lisaks puuduvad ulatuslikel aladel teised tüübiomased liigid (nt lepamaim, luts, kohati isegi trulling jt). Lõiguti leidub jões vaid seisuveekogudele omaseid kalaliike. Peamiseks põhjuseks saab lugeda inimtekkeliste rändetõkete olemasolu ja elupaikade jäämist paisjärvede mõjuvälja.

Paisud on ülekaalukalt kõige olulisem survetegur Võsu jõestiku elupaikade ja elustiku jaoks. Arvukate paisjärvede alla jäävad erineva kvaliteediga, kuid tihtipeale väga heade eeldustega jõe- ja ojalõigud. Iseäranis suur potentsiaal on Muike paisjärve suubuvatel vooluveekogude harudel (sh Muike paisjärve mõjualas olevatel vooluveekogude osadel), aga ka näiteks Laviku paisjärve väljavoolu piirkonnal. Jõeoru lang jääb neis piirkondades sageli vahemikku 5-10 m/km, mis on tunduvalt kõrgem Võsu jõe alamjooksu näidust (3,1 m/km), mis on juba ise piisavalt hea näitaja, et antud lõik on võetud lõhe, jõeforelli, meriforelli ja harjuse kudemis- ja elupaikade nimistusse. Seejuures on vooluveekogude harud paisjärvede mõjualadest ülesvoolu jäävates piirkondades väga heade temperatuurinäitajatega, olles Pikapõllu ojas, Võsu jõe harus ja Paasojas suvekuude keskmisena vahemikus 14-15 °C, mis on märkimisväärselt soodne nt forelli elupaikade taastamise seisukohast.

Seevastu paisjärvedes toimub markantne vee soojenemine suvekuudel, olles Muike-Oruveski-Reooja järvestiku järvede kompleksi all jões suvekuudel keskmiselt 4,5 °C ja Laviku paisjärve all jões 3,4 °C kõrgem sellest väärtusest, mis võiks seal olla siis, kui paisjärve(stiku) asemel oleks looduslik jõelõik. Paisjärvedest allavoolu toimub veetemperatuuri kompensatoorne jahtumine, kuid negatiivne mõju ulatub siiski kilomeetreid allavoolu. See piirab oluliselt kõige kõrgemalt hinnatud kalade (nt jõe- ja meriforell) levikut jõestikus, olles kohati üheks potentsiaalseks põhjuseks alamasurkondade hävimisele kaasaaitamisel.

Jõelõikude iseeneslikku taastasustamist looduslikule jõele omase kalastiku poolt piirab asjaolu, et seni vaid ühe paisu puhul neljateistkümnest on kalade rändeteed avatud (Sae paiskärestik). Veel kahe suudmepoolse paisu puhul on kalade läbipääsu tagamiseks tööd käimas (Mere ja Metsa pais). Suurte paisjärvedega paisude puhul on küsitav nende korrektselt funktsioneerima hakkamine, kuna paisjärv võib ise kujuneda rändetõkkeks. Samuti võib kohati eeldada

negatiivseid mõjusid kalade rände ajastamisele vee temperatuuri mõjude tõttu. Vajalik on pikas perspektiivis liikuda paisjärvede likvideerimise, alternatiivina paisutuskõrguse vähendamise ja rändeteede avamise suunas. Vajalik on probleemi käsitleda komplekselt, võttes Võsu jõestiku puhul arvesse mõjusid tüübiomasele elustikule ja Natura elupaikadele paisjärvede all, paisjärvedest allavoolu ja ülesvoolu.

Paisjärvedega vooluveekogusid on Eestis registri järgi 325 tk, võrdlus kaardimaterjaliga kinnitab, et tegelik paisjärvede hulk on suurem. Ligikaudu üks viiendik vooluveekogudest on paisude mõjude suhtes tundlikumad, kuuludes lõheliste nimestiku vooluveekogude hulka. Analüüs viitas, et Võsu jõgi on Eesti kontekstis üks enim paisjärvede temperatuurireostuse poolt negatiivselt mõjutatud jõgesid, kuuludes lõheliste elupaikadena kaitstavate vooluveekogude seas viie protsendi enim mõjutatud vooluveekogu hulka. Paisjärved suurendavad Võsu jõe veepeegli pinda ligikaudu kolm korda, mis on eriti oluline jahedaveeliste kalade jaoks, kuna suur pind akumulatsioonil suvel päikesekiirgust soojusena ning mõjub nt forellile väga negatiivselt. Probleem on aktuaalne ka paljudel teistel lõheliste jõgedel, mõjutades ka lõhe, harjuse, aga ka teiste kalaliikide seisundit. Kriitilisemaks on paisjärvede temperatuurireostuse teema muutunud viimastel kümnenditel toimunud kliima üleüldine soojenemine, mis on tinginud vooluveekogudes temperatuuri tõusu suvekuudel kohati hinnanguliselt kahe kraadi võrra.

Lisaks negatiivsetele mõjudele läbi vooluveekogu vee temperatuuri tõstmise põhjustasid paisjärved ka vee hapnikusisalduse vähenemist paisust allavoolu jäävas vooluveekogu lõigus. Neid ilminguid oli märgata kevadest sügiseni. Väga madalad näidud olid paisude all suvekuudel, kui vee temperatuur saavutas haripunkte. Ööpäeva keskmine jõevee hapnikusisalduse näit võis siis olla kõigest 0,5 mg/l. Lisaks võib tõusta väga kõrgele vee pH väärtus, ulatudes mõnel aastal isegi väärtuseni 9,7 ja enam. PH > 9 viitab juba üksinda jõe väga halvale seisundile. Eeldada saab analoogsete olukordade teket hapniku ja pH näitude osas ka teiste paisude puhul väljaspool Võsu jõestikku, iseäranis väiksemate vooluveekogude ja suuremate paisjärvede korral.

Laviku paisule on planeeritud rajada hüdroelektrijaam. Jaam kasutaks ära olemasolevat põhjalasku, mille kaudu suunatakse vesi turbiini. Hüdrojaama rajamise planeerimisel polnud teada, millised on reaalsed vee hapnikusisalduse näidud Laviku paisjärve eri kihtides, anoksia tekkimise võimalust paisjärves pole adekvaatselt arvesse võetud. Käesoleva uuringu käigus

selgus hapnikulogerite abil teostatud mõõtmistega, et ligi poole aasta jooksul Laviku paisjärve põhja- ja keskveekihis valitseb anoksia. Täiendavad mõõtmised viitasid põhjalähedases veekihis protsesside toimumisele, mille tulemusel toitained ja toksilised ained vabanevad setetest veekeskkonda. Anoksilise, isegi hüpoksilise (ning ka teiste näitude suhtes ebakvaliteetse) vee suunamist põhjalasu kaudu allavoolu jäävasse jõelõiku tuleks elustiku seisukohast igal juhul vältida. Vajalik on muuta praegu kehtivat keskkonnakaitseeluba registrinumbriga KL-515480, mis hetkel sellist tegevust võimaldaks (võimalust pole teadaolevalt veel rakendatud).

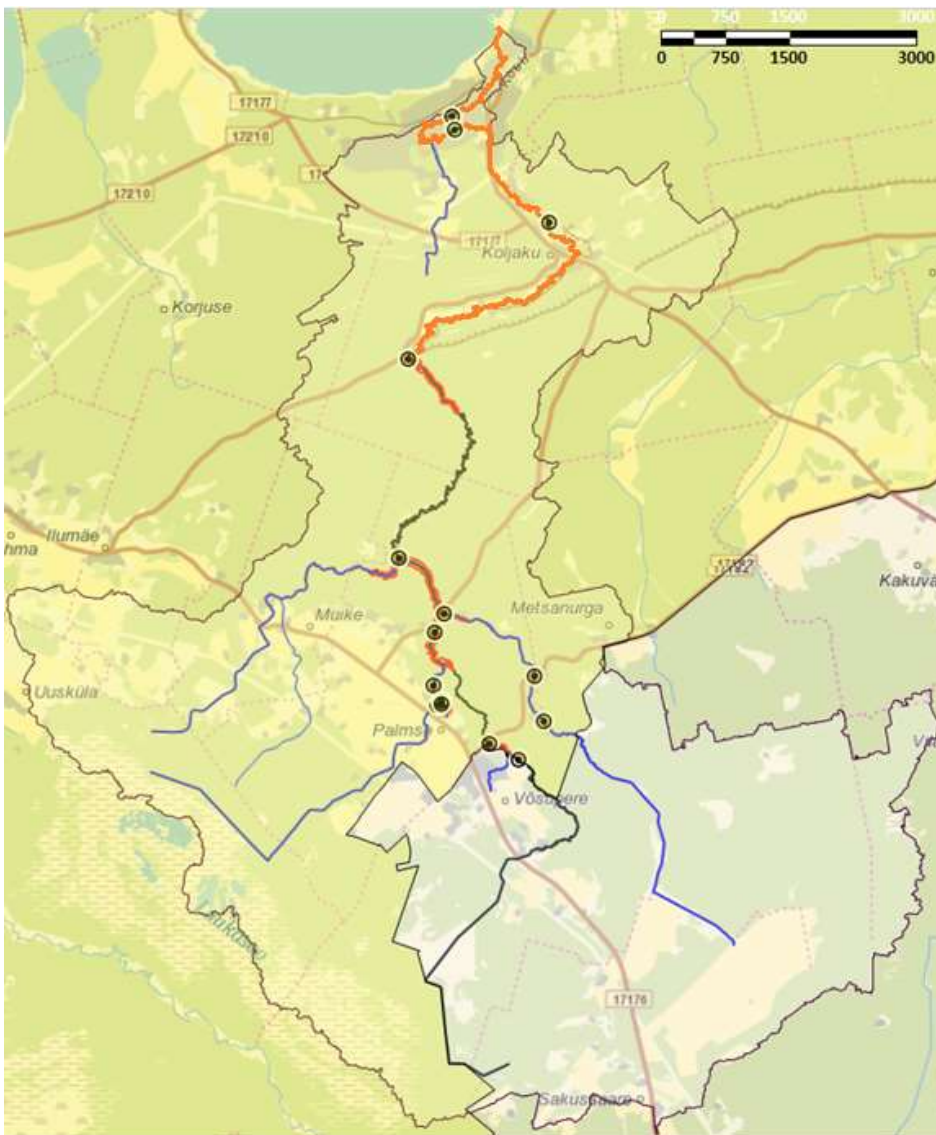
Uuringuala

Võsu jõgi asub Lääne-Viru maakonnas Haljala vallas, jõe pikkus on 24,7 km, valgala pindala 63,6 km². Võsu jõgi suubub Soome lahte, Võsu jõkke suubuvad mitmed vooluveekogud (Paasoja, Pikapõllu oja, Palmse oja, Areda oja ja Lemuselja oja. Võsu jõel asuvad järgmised paisud ja paisjärved (suudme poolt): Mere pais, Metsa pais, Sae pais (tehiskärestikuga), Laviku pais ja paisjärv, Muike pais ja paisjärv, Oruveski II pais ja paisjärv, Ojaäärse I pais ja paisjärv, Ojaäärse II pais ja paisjärv. Pikapõllu ojal asub kolm paisu, Palmse ojal neli paisu (joonis 1).



Joonis 1. Võsu jõe valgala, jõestiku vooluveekogud, paisud/kalapääsud ja paisjärved EELIS 2023 andmetel. NB: EELIS süsteemis toodud nimetused võivad kohati erineda Maa-ametis toodust (nt Palmse tiikide nimetused).

Võsu jõe alam- ja keskjooks ning oluline osa ülemjooksust jääb Lahemaa loodusala piiresse ja on seetõttu kaitstav Natura 2000 alana. Kaitstavaks elupaigatüübiks on jõed ja ojad (3260), samuti loodusdirektiivi liigid (jõesilm). Natura ala piiresse jäävad täies ulatuses lisavooluveekogud Lemuselja oja, Paasoja, Muike oja, Palmse oja (sh selle nimetu lisavooluveekogu); ligikaudu pooles ulatuses Pikapõllu oja ning Areda oja suudmelähedane ala. Võsu jõe 10,4 km pikkune lõik Laviku paisust suudmeni kuulub Keskkonnaministri määruse nr 73 (15.06.2004) alusel lõhe, jõeforelli, meriforelli ja harjuse kudemis- ja elupaikade nimistusse (joonis 2).



Joonis 2. Natura loodusala (Lahemaa loodusala, tähistatud kollasega) ja Võsu jõestiku vooluveekogude kattuvus. Võsu jõe lõik Laviku paisust suubumiseni merre (oranž) kuulub lõhe, jõeforelli, meriforelli ja harjuse kudemis- ja elupaikade nimistusse.

Metoodika

Välitoid (püügid, elupaikade inventuur, veeparameetrite mõõtmised) teostati aastatel 2022 ja 2023.

Elektripüük

Seirepüükidel elektriagregaadiga kasutati teaduslikuks otstarbeks mõeldud seljaskantavat alalis-impulssvoolul, reguleeritava pingega, impulsi kestuse ja sagedusega töötavat aparati. Püüke teostati kahlates vees vastuvoolu liikudes. Elektriagregaadiga toimusid püügid suvisel madalveeperioodil. Võsu jões toimusid püügid neljas lõigus, Pikapõllu ojas kahes, Paasojas ning Palmse ojas ühes lõigus. Püügi teostamisel anti hinnang püügitingimustele, sh kirjeldati põhja nähtavust, vee läbipaistvust. Kirjeldati püügilõigu paiknemist, mõõtmepunkte ja põhjasubstraati jne. Lähtuti Eesti jõgede kalastiku seire metoodikast¹. Püügil registreeritud kaladel määrati liigiline kuuluvus ja kirjeldati nende mõõtmepunkte – nt määrati kuuluvus vanusrühma (sama-, kahe- ja vanemad isendid). Kõrge kalade arvukuse korral kasutati lisaks loendusele ka hinnanguid. Lisaks mõõdeti või hinnati registreeritud kalade puhul üks või mitu järgmistest tunnustest: pikkus või kuuluvus pikkusrühma. Analüüsi järgselt püütud kalad vabastati kas pärast püügi lõppu või püügi käigus allavoolu jäävas jões osas välistamiseks nende kohest taaspüüki.

Võrgupüük

Töös kasutatud andmestik koguti viiest paisjärvest (Laviku paisjärv, Muike paisjärv, Oruveski paisjärv, Ojaäärse paisjärv ja Reoja järv). Seirepüükidel paisjärvedes kasutati järveliste elupaikade seireks mõeldud standardset metoodikat. Seiret teostati spetsiaalsete multisektsioonsete Nordic-tüüpi nakkevõrkudega (pikkus 36 m, kõrgus 1,5 m, silmasuurused 12 sektsioonis (sõlmest sõlmeni) 5-55 mm) ja täiendavalt suuresilmaliste (65 mm) nakkevõrkudega. Kasutati bentilisi (uppuvaid) võrke. Võrgud asetati püügile enne päikeseloojangut ja võeti välja järgmisel päeval pärast päikesetõusu. Püütud kaladel tehti

¹ Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamismetoodika arendamine ja ajakohastamine. Rein Järvekülg, Peeter Pall. Tartu, 2017.

ihtüoloogiline analüüs, määrati liigiline kuuluvus, mõõdeti täispikkus ja mass, osadel isenditel sugu. Kirjeldati ka kalade paiknemist võrgu kõrgustsoonides.

Noodapüük

Püügid tihedasilmalise noodaga (nn maimunoodaga) toimusid järgmistes Võsu jõestiku paisjärvedes: Muike paisjärv, Oruveski paisjärv ja Reooja järv. Ojaäärse paisjärves ja Laviku paisjärves maimunooda püügiks sobivat ala ei leidunud, järved olid liialt veetaimi ja muda täis. Igas paisjärves püüti läbi 135-210 m² suurune kaldalähedane ala. Püütud kaladel tehti ihtüoloogiline analüüs, misjärel kalad vabastati püügi alale. Püügil registreeritud kaladel määrati liigiline kuuluvus ja kirjeldati nende mõõtmeid – nt määrati kuuluvus vanusrühma, pikkus ja/või kuuluvus pikkusrühma.

Torbikupüük

Torbikupüük sobib mitmete angerjalaadse kehakujuga kalaliikide tuvastamiseks (ennekõike jõesilm, vingerjas, luts, trulling jt). Jõesilmu olemasolu kindlakstegemiseks kasutati spetsiaalseid jõesilmu püügiks mõeldud torbikuid (keskmise pikkusega ligikaudu 60 cm ja keskmise suu läbimõõduga 25 cm), mida kasutatakse ka kutseliste kalurite poolt. Torbikud paigaldatakse jadamisi veekogu põhja kiirema veevooluga kohtadesse. Püünise sees on vee voolukiirus väga aeglane ning jõesilmud kasutavad püünise sisemust optimaalseima ülesvoolu rändete leidmiseks ning varjepaigana. Kuna tegu on lõkspüünistega, siis pääs torbikusse on sõõrsuu või kala jaoks koonuse tõttu lihtsustatud, väljapääs raskendatud.

Püügid silmutorbikutega viidi läbi Laviku paisjärve väljavoolu lähistel. Püütud kaladel määrati liik ja mõõdeti pikkus, misjärel kalad vabastati püügikoha lähedale. Lisaks registreeriti teised püünistesse sattunud loomarühma esindajad (vähid, konnad, vesimutt).

Kadiskapüük

Püük kadiskatega (0.7 m x 0.5 m x 1 m) toimus viies paisjärves (Laviku paisjärv, Muike paisjärv, Oruveski paisjärv, Ojaäärse paisjärv ja Reooja järv). Kadiskad asetati püügile sügavusvahemikku 0,7-1,1 m. Püütud kaladel määrati liigiline kuuluvus, mõõdeti pikkus ja mass ning vabastati püügiialale.

Märgistamine T-ankurmärgistega

Kadiskatesse sattunud suuremad kalad märgistati T-ankurmärgistega. Kasutati individuaalse numbri ja kontaktandmetega varustatud ankurmärgiseid. Märgis kinnitati kala seljauime alusele spetsiaalse püstoli abil. Märgistamist viidi läbi püügisurve hindamiseks ning võimalusel ka rännete uurimiseks.

Veeparameetrite mõõtmine

Veeparameetrite manuaalseks mõõtmiseks kasutati multianalüsaatorit YSI ProDSS. Aparaat YSI ProDSS on varustatud nelja sondiga vee hapnikusisalduse, elektrijuhtivuse, pH ja hägususe mõõtmiseks (täiendavalt temperatuur). Vee hapnikusisaldust mõõdeti logeritega HOBO U26-001. Veetaseme mõõtmiseks kasutati HOBO U20 seeria veetaseme logereid. Vee temperatuuri mõõdeti mõlema eelnimetatud logeritüübiga. Logerite keskkonnaparameetrite registreerimise ajaline samm oli HOBO U26-001 puhul 15 minutit, HOBO U20 puhul 60 minutit.

Paisjärvede radariuuring

Kasutati georadarit Zond 12e koos 300 MHz antenniga. Andmeid töödeldi ja tõlgendati programmiga Prism2. Täpsem metoodika kirjeldus on toodud töö lisas olevas aruandes „Võsu jõe paisjärvede radariuuring“

Kaardiandmete töötlus

Vooluveekogude ja nende lõikude pikkuste mõõtmisel kasutati Maa-ameti ruumiandmeid² seisuga 06.11.2023 ning programmi QGis versiooni 3.0 (kui ei ole öeldud teisiti).

² <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Eesti-topograafia-andmekogu/Laadi-ETAK-andmed-alla-p609.html>

Taust

Jõgedele rajatud paisjärvedes on vee voolukiirus palju aeglasem kui see oli enne paisu rajamist looduslikus jões, samuti on vee sügavus palju suurem. Selle tulemusena võivad paisjärvedes moodustuda veekihid, mille hapnikusisaldus on erinev. Kihti, kus hapniku tase on alanenud, nimetatakse hüpoksiliseks, hapnikuvaba veekihti anoksiliseks veekihtiks. Reeglina väheneb vee hapnikusisaldus veekogu põhjasuunas. See tuleneb suuresti veekogu põhjas toimuvatest orgaanilise aine lagunemise protsessides, mis tarvitavad hapnikku. Madalama hapnikutasemega ala veekogu põhjas ei ole vee-elustikule sobiv ega soodne kasvukeskkond. Kui see hapnikuvaene või hapnikuvaba vesi suunatakse turbiini ja sealt edasi allavoolu jõkke, vähendab see ka allavoolu jääva jõevee hapnikusisaldust³. See on oluline probleem, kuna kasvõi üks minut kestev vee hapnikusisalduse langus põhjustab ökosüsteemi jaoks komplikatsioone. Täiendavalt põhjustab anoksia orgaanilise aine lagunemisel fosfori-, lämmastiku- ja väevliühendite (PO_4^{3-} , NH_4^+ ja H_2S) kuhjumist. Anoksiline, H_2S , PO_4^{3-} ja NH_4^+ rikas veesammas moodustab toksilise kihi, mis ohustab kogu ökosüsteemi tasakaalu⁴.

Mõnikord on kasutatud paisjärve põhjakihist vee suunamist allavoolu jõkke eesmärgiga tagada allavoolu jäävas jõeosas madalam vee temperatuur. Sellega soovitakse kompenseerida paisjärvede poolt põhjustatud vee soojenemist allavoolu jäävas jõeosas ning võimaldada jõelõigu taastasustamist jahedamat vett eelistavate liikide poolt. Paraku on uuringud näidanud, et see meede ei täida oma eesmärki.⁵ Tekivad probleemid hapnikuga ja orgaanilise reostusega. Hapnikuvaba vee suunamisel allavoolu võib ajutiselt vee hapnikusisaldus tõusta jõekalade jaoks anoksiliselt tasemelt hüpoksilisele tasemele, kuid edasi liikudes (nt läbides aeglasema veevooluga kohti) võib hapnikutase taas langeda. Seejuures võib põhjalasust allavoolu vee

³ Calgary Ülikooli Energiahariduse Entsüklopeedia.

https://energyeducation.ca/encyclopedia/Water_quality_degradation_from_hydropower

⁴ Gianni, A., & Zacharias, I. (2015, April). Anoxic monimolimnia: Nutrients devious feeders or bombs ready to explode?. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 7037).

⁵ Marshall, D. W., Otto, M., Panuska, J. C., Jaeger, S. R., Sefton, D., & Baumberger, T. R. (2006). Effects of hypolimnetic releases on two impoundments and their receiving streams in southwest Wisconsin. *Lake and Reservoir Management*, 22(3), 223-232.

suunamisel esineda lisaks hüpoksiale lühiajalist anoksiat allavoolu jäävas jõesas (Marshall et al. 2006).

Igal kalaliigil on omad füsioloogilised vajadused vee hapnikusisalduse suhtes. Lisaks kala liigile sõltub vajaduse konkreetne suurus ka muudest teguritest, nt kala suurusest ja aktiivsusest. Sõltuvalt liigist loetakse letaalselt madalaks vee hapnikusisalduseks 0,5-3 mg/l. Seejuures lõhelased on tundlikumad (2-3 mg/l). Nendest väärtustest veidi kõrgemate vee hapnikusisalduste korral on kalad võimelised ellu jääma, kuid peavad toime tulema raske hüpoksilise seisundiga, muutes oma ainevahetust ja käitumist. See on organismi jaoks lisakoormus ja limiteeriv tegur, mistõttu pidurdub kaladel näiteks kaalkasv. Lõhelaste jaoks saab hapnik limiteerivaks faktoriks vee hapnikusisalduse langedes väärtuseni 6-8 mg/l⁶.

Laviku paisule on planeeritud rajada hüdroelektrijaam⁷, rajamiseks on 2022. aasta juunis väljastatud keskkonkaitseluba registrinumbriga KL-515480⁸. Jaam kasutaks ära olemasolevat põhjalasku, mille kaudu suunatakse vesi turbiini. Põhjalasu sissevooluava ülemine serv asub ca 2,35 m sügavusel, alumine serv ca 3,1 m sügavusel paisjärve veepinnast. Hüdrojaama rajamise planeerimisel polnud teada, millised on reaalsed vee hapnikusisalduse näidud Laviku paisjärve eri kihtides, anoksia esinemise võimalust ja võimalikke mõjusid pole adekvaatselt arvesse võetud.

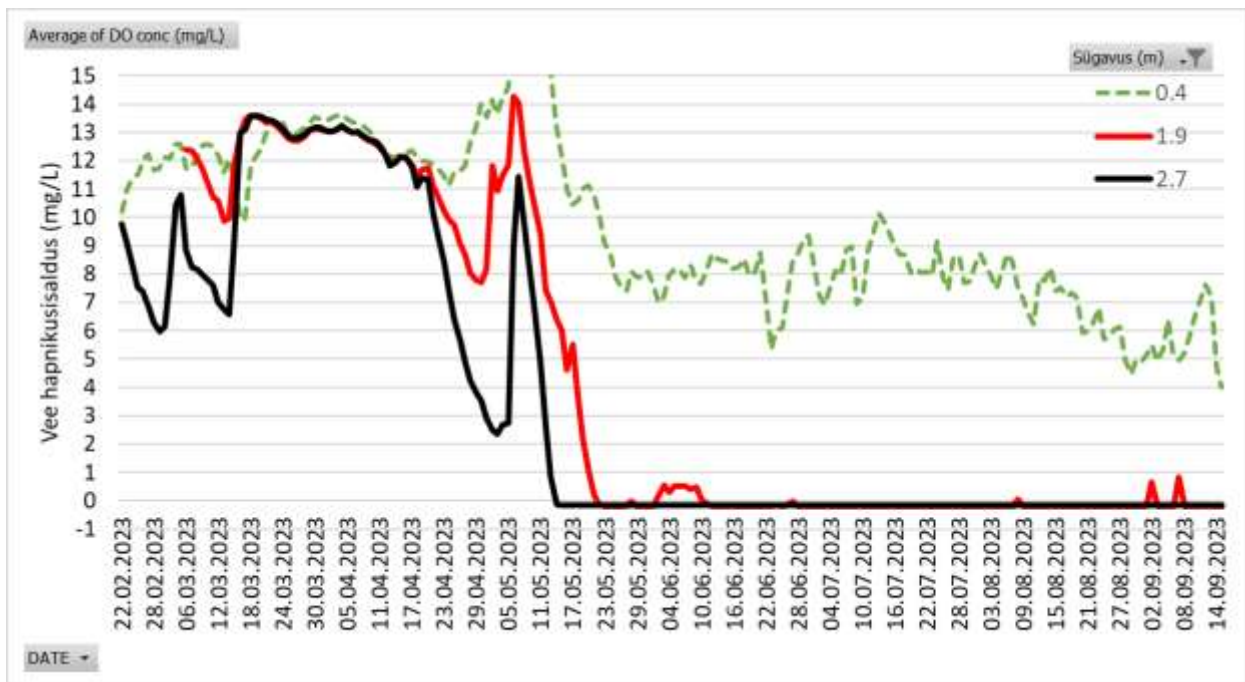
Käesoleva uuringu käigus läbi viidud mõõtmised

Vee hapnikusisalduse mõõtmine toimus Laviku paisjärves logerite abil perioodil 22.02.2023 kuni 15.09.2023. Logerid olid paigaldatud Laviku paisjärve väljavoolu lähiste kolme sügavusse: 0,4 m, 1,9 m ja 2,7 m paisjärve vee pinnast. Mõõtmised toimusid Laviku paisjärves iga logeri puhul 15 minutiliste intervallidega pea-aegu seitsme kuu jooksul (205 ööpäeva). Logerite paigaldamisel võeti arvesse turbiini sissevooluava paiknemissügavust (2,35-3,1 m).

⁶ Lefèvre, F., Aubin, J., Louis, W., Labbé, L., & Bugeon, J. (2007). Moderate hypoxia or hyperoxia affect fillet yield and the proportion of red muscle in rainbow trout. *Cybium*, 31(2), 247-253.

⁷ LAVIKU PAISULE HÜDROJAAMA RAJAMINE PROJEKT. Projekteerimisbüroo Maa ja Vesi. Tallinn 2020.

⁸ https://kotkas.envir.ee/permits/public_detail_view?represented_id=&search=1&permit_nr=KL-515480&owner_name=&issue_date_start=&issue_date_end=&valid_start_date_start=&valid_start_date_end=&permit_status=ISSUED&ehak_ac_long_id=&db_ahak_label=&object_name=&permit_id=132197

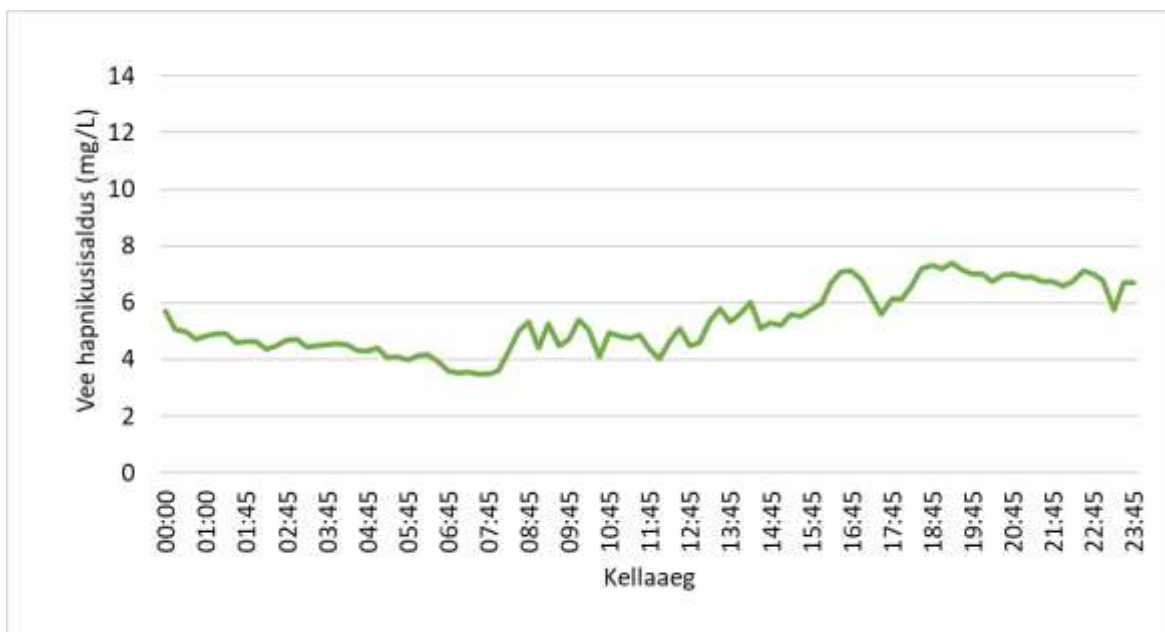


Joonis 3. Vee hapnikusisaldus Laviku paisjärves väljavoolu lähedal. Vee hapnikusisaldust mõõtvad logerid olid paigaldatud paisjärve pinnakihti (0,4 m veepinnast, roheline katkendjoon), põhjakihti (2,7 m veepinnast, must joon) ning vahepealsesse veekihti (1,9 m veepinnast, punane joon). Vee sügavus mõõtmiskohas oli 3,0 m. Joonisel on toodud ööpäeva keskmised näidud.

Laviku paisjärve põhjalähedastes veekihtides oli valdava osa mõõteperioodist vee hapnikusisaldus null. Anoksiline olukord esines 2,7 m sügavusel 61% mõõteperioodist alates mai keskpaigast kuni mõõtmiste lõpuni septembri keskpaigas (joonis 3). Kiire langus hüpoksiasse algas juba aprilli kolmanda dekaadi alguses ja kordus pärast lühiajalist hapnikusisalduse tõusu mai esimeses pooles.

Keskmites veekihtides 1,9 meetri sügavusel oli paisjärve vee hapnikusisaldus väga sarnane põhjakihtidele. Anoksiline olukord esines mõõteperioodi jooksul 54% päevadest. Anoksiliseks muutusid hapnikunäidud (ööpäeva keskmine näit) mai kolmanda dekaadi alguses. Sarnaselt põhjakihtidele ei paranenud hapnikunäidud keskmites veekihtides kuni mõõteperioodi lõpuni. Ainult üksikutel päevadel tõusis ööpäeva keskmine hapnikunäit maksimaalselt väärtuseni 0,8 mg/l.

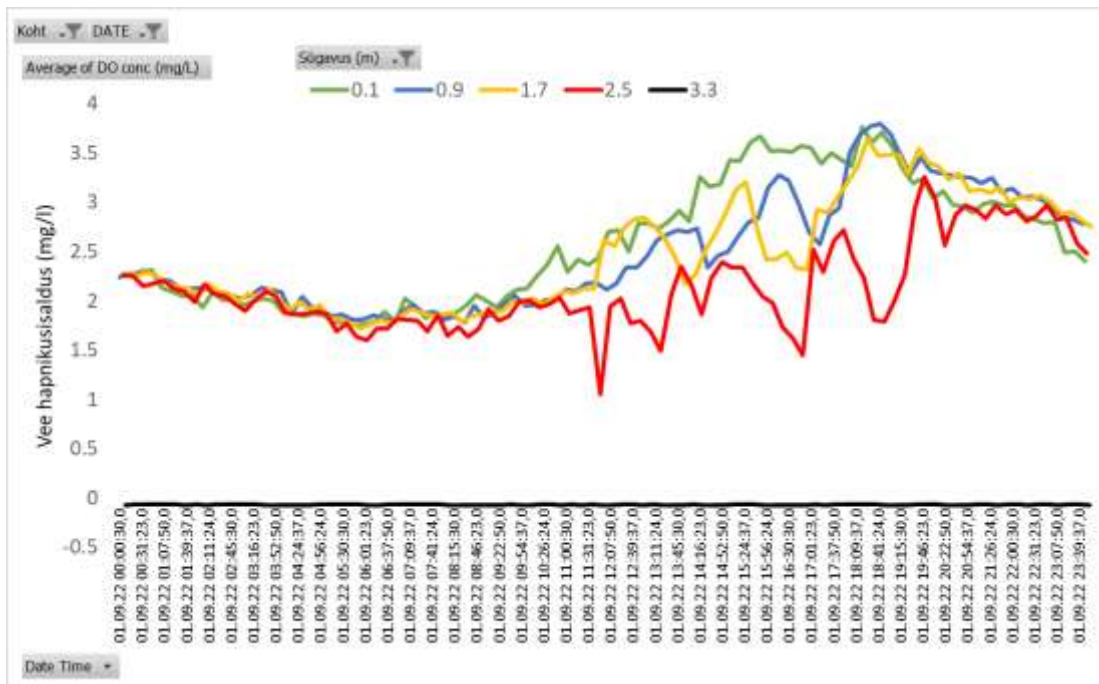
Pindmises veekihis 0,4 m sügavusel veepinnast oli vee hapnikusisaldus kõrgem kui keskmistes veekihtides (seda 94.3 % ajast). Pindmises kihis toimus vee kiire hapnikusisalduse langus mai keskpaigas. Mai viimasel dekaadil jäi vee hapnikusisalduse näit püsima väärtuste 7-8 mg/l juurde. Suve esimesel poolel kõikused ööpäeva keskmised näidud vahemikus ca 5-10 mg/l. Seejärel algas kerge langustrend ning hapnikusisalduse ööpäevane näit oli madalaim määteperioodi lõpul septembrikuus olles ööpäeva keskmisena määdetuna 4,0 mg/l ning tundide keskmisena ajuti lausa 3,4 mg/l. Laviku paisjärve pinnakihis esines hüppilisi perioode ka varem. Juuniku viimasel dekaadil langes ööpäevane näit 23. juuni varahommikul väärtuseni 3,5 mg/l, olles ööpäeva keskmisena 5,3-5,4 mg/l (joonis 4). Vaadeldes vee hapnikusisalduse trende on tõenäoline, et kõige madalam oli vee hapnikusisaldus hilissuvel/varasügisel (määteperioodi lõppedes). Seda oletust kinnitavad ka 2022. aasta määtmistulemused Muike paisjärves (vt järgmine ptk).



Joonis 4. Vee hapnikusisalduse ööpäevane dünaamika Laviku paisjärve pinnakihis, 0,4 m sügavusel veepinnast (23.06.2023).

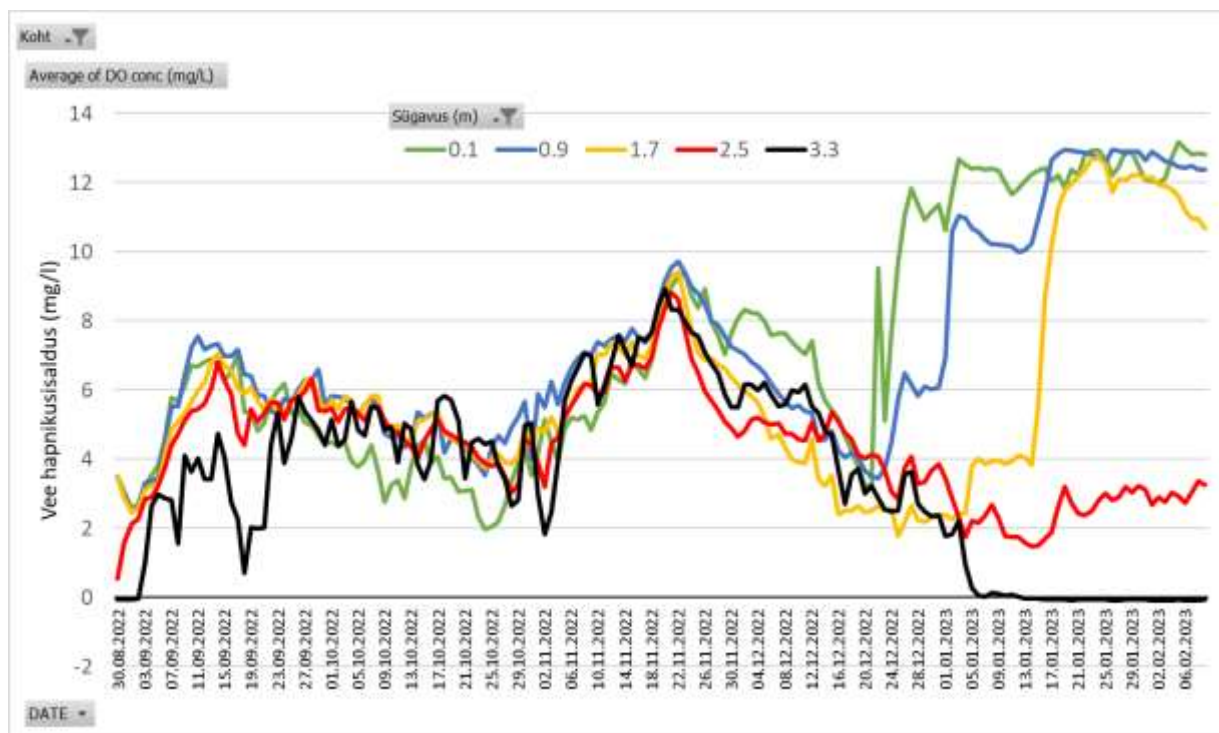
Vee hapnikusalduse dünaamika Muike paisjärves

Muike paisjärve kõigi veekihtide hapnikusaldus oli alarmeerivalt madal mõõteperioodi alguses ehk 2022. aasta suveperioodi lõpul (augusti lõpp ja septembri algus). Üheski veekihis (sh 0,1 m veepiirist) ei olnud mingil hetkel hapnikusaldus kõrgem kui 1.8 mg/l kohta, seejuures oli põhjakihis anoksiline olukord (joonis 5).



Joonis 5. Vee hapnikusalduse ööpäevane dünaamika Muike paisjärves viiel erineval sügavusel (01.09.2022).

Sellele järgnenud ilmade jahenemine sügise hakul põhjustas vee segunemise ning hapnikunäidud ühtlustusid ning anoksilisse põhjakihti lisandus veidi hapnikku (joonis 6).

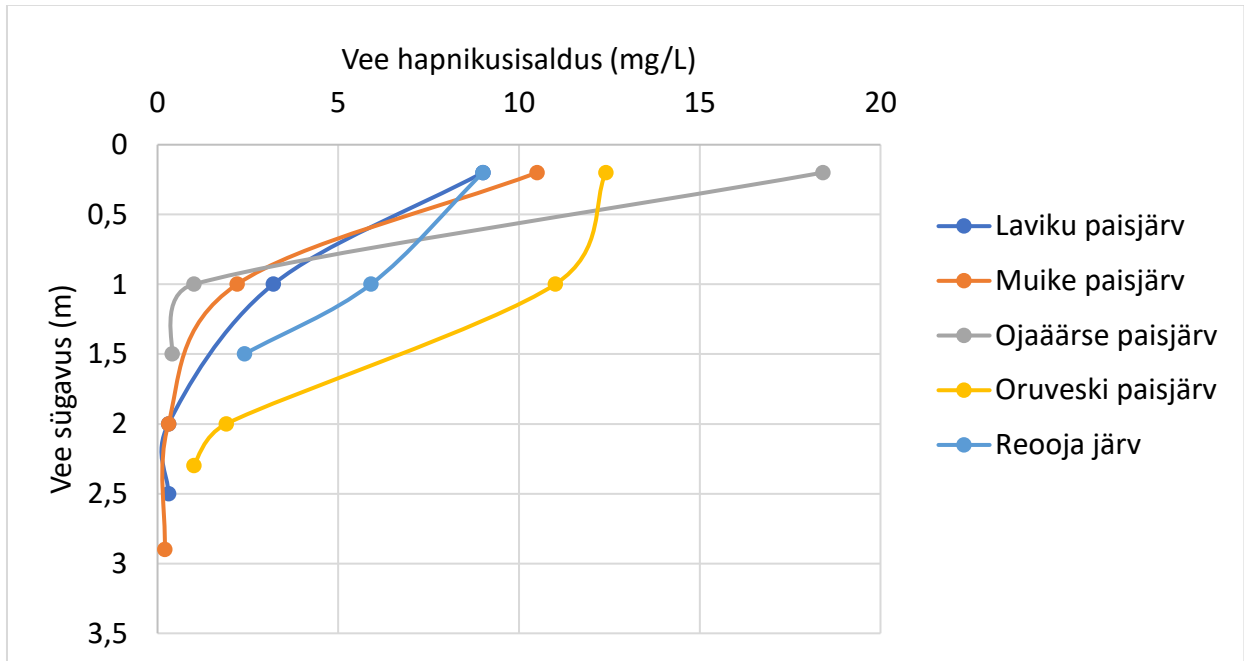


Joonis 6. Vee hapnikusisaldus Muike paisjärves perioodil 30.08.2022 kuni 09.02.2023. Paisjärve sügavus oli mõõtmiskohas 3,6 m.

Kuni detsembri lõpuni olid hapnikunäidud kõigis veekihtides suhteliselt sarnased, kuid siiski madalad, olles perioodil septembrist detsembrini kogu veekihi keskmisena leituna vastavalt 4.9, 4.5, 6.8, ja 5.0 mg/l. Seejuures septembri esimese dekaadi keskmine näit oli 3.7 mg/l, oktoobri kolmanda dekaadi näit oli 3.9 mg/l ja detsembri teise dekaadi näit oli 4.4 mg/l. Seejärel sügavusel pinnast kuni 1,7 m hapnikuolud paranesid hüppeliselt, 2,5 m peal jäi näit madalale tasemele püsima (kuu keskmine 2-3 mg/l), põhjakihis hapnik edaspidi puudus.

Vee hapnikusisalduse võrdlus Võsu jõestiku paisjärvedes

Võrdlevad mõõtmised viies paisjärves toimusid 2022. aasta augustis. Keskenduti Võsu jõe suudmepoolseimatele järvedele: Laviku, Muike, Oruveski, Ojaäärse paisjärv ning Pikapõllu oja kõige suudmepoolsemale järvele – Reooja järv.



Joonis 7. Vee hapnikusisaldus Võsu jõestiku paisjärvede erinevates veekihtides (august 2022).

Võsu jõestiku paisjärvede pinnakihi vee hapnikusisaldus oli kõigi järvede puhul üleküllastunud (103-206 %; 9-18,4 mg/l). Sügavamates veekihtides vee hapnikusisaldus langes järsult jõudes põhjalähedastes kihtides enamuse järvede puhul nullilähedasele tasemele. Kõige kiirem langus, vaadeldes näite ühe meetri sügavusel, toimus Muike ja iseäranis Ojaäärse paisjärve puhul (joonis 7).

Vee hapnikusisalduse profiilid viitavad järvede eutroofsusele, järvedes esineb toitesoolade ehk toitainete rohkus, mis põhjustab hüpoksiat ja anoksiat sügavamates veekihtides. Võsu jõe jaoks on see ebasoodne, Võsu jõgi on veetüübilt vähese orgaanilise aine sisaldusega jõgi (EELIS, 2023). Anoksilistes sügavamates veekihtides tekivad mikrobioloogiliste protsesside tulemusena H_2S ja NH_3 , muutes selle piirkonna hulkraksete organismide eluks ebasobivaks.

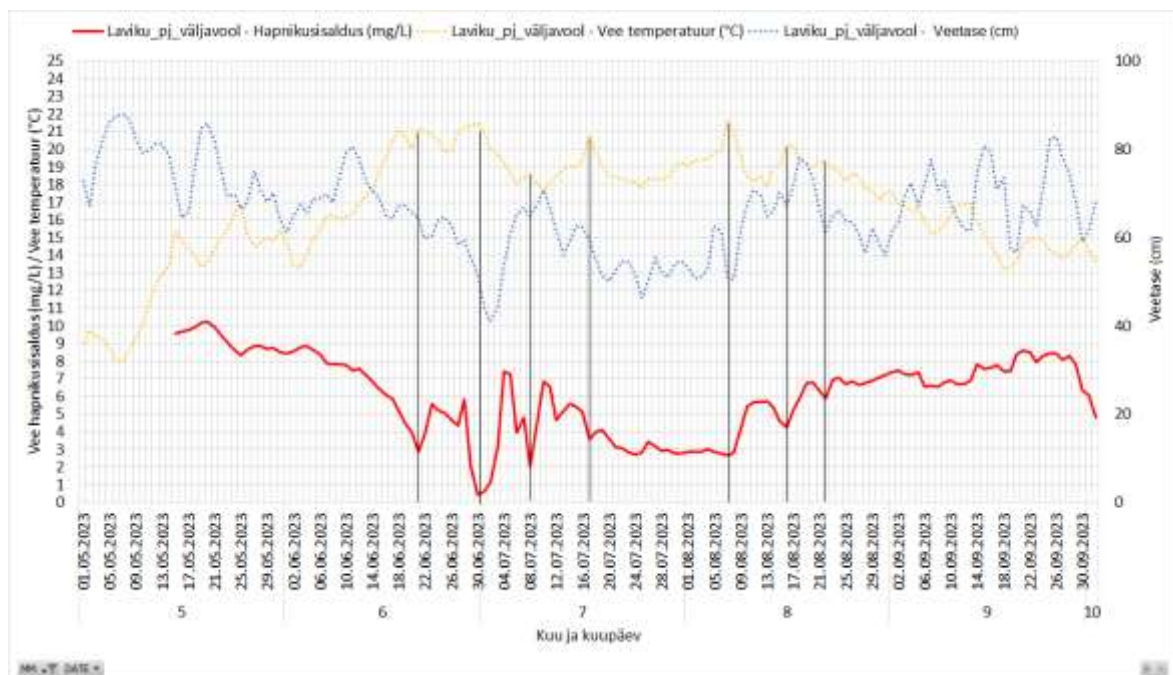
Lisaks leidub sellistel aladel hulgaliselt süsihappegaasi ja metaani, mis on samuti seotud anaeroobsete bakteriaalsete laguprotsessidega⁹.

⁹ Eesti järvede limnoloogiline tutvustus. 2012. I. Ott, K. Maileht.

Paisjärvede mõju jõevee hapnikusisaldusele

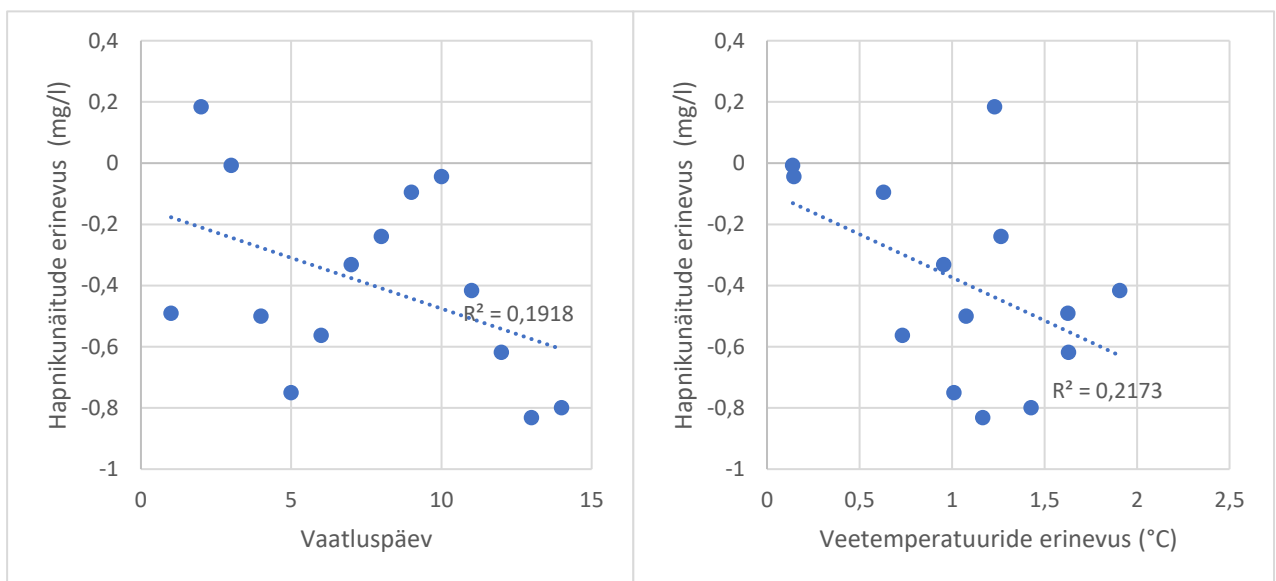
Paisjärvede mõju uurimiseks teostati vee hapnikusisalduse mõõtmisi nii manuaalse seadmega kui ka automaatsete hapnikulogeritega loodusliku ilmega jõelõikudes paisjärvede sissevooludel ning väljavooludel (täiendavad mõõtmised toimusid paisjärvedes). Samal perioodil koguti logerite abil andmeid ka vee temperatuuri ja veetaseme kohta. Hapnikulogeritega toimusid mõõtmised 15 minutiliste intervallidega ööpäevaringselt. Laviku paisjärve all jões toimusid mõõtmised logeritega paisust 140 meetrit allavoolu perioodil 15.05.2023 kuni 02.10.2023.

Laviku paisjärvest allavoolu jäävas jõelõigis kõikus vee hapnikusisaldus perioodil mai keskpaik kuni novembri algus vahemikus 0,4-10,2 mg/l. Toodud on ööpäeva keskmised näidud. Kriitiliselt madalad vee hapnikusisalduse näidud olid paisjärve all neil kuupäevadel, kui vee temperatuur jões tõusis rekordiliselt kõrgele (joonis 8). Kõige rängem hüpoksia oli perioodil, kui vee kõrgenenud temperatuuriga periood oli pikem ning ühtis madala veetasemega ehk vähenenud vooluhulkadega jões. Vooluhulka vähendab kuival perioodil veelgi paisjärvede pinnal toimuv täiendav vee aurustumine, mis meie piirkonnas võib ulatuda soojematel perioodidel 2-3 mm, arvutuslikult isegi 4,7 mm ööpäevas, vähendades antud juhul Võsu jõe vooluhulkasid kuuma ilmaga tõenäoliselt mitme(te) liitri(te) võrra sekundis (vt nt Hüdrolõigiline aastaraamat 2011; Vainu 2009 ja 2019).



Joonis 8. Vee hapnikusisalduse (punane joon) dünaamika Võsu jões Laviku paisjärve all ning selle võrdlus veetasemega (sinine punktiirjoon) ja vee temperatuuriga (kollane punktiirjoon) perioodil mai kuni oktoober 2023. Mustad vertikaalsed abijooned aitavad vaadelda vee temperatuuri tõusu ja sellega kaasneva hapnikusisalduse languse seoseid.

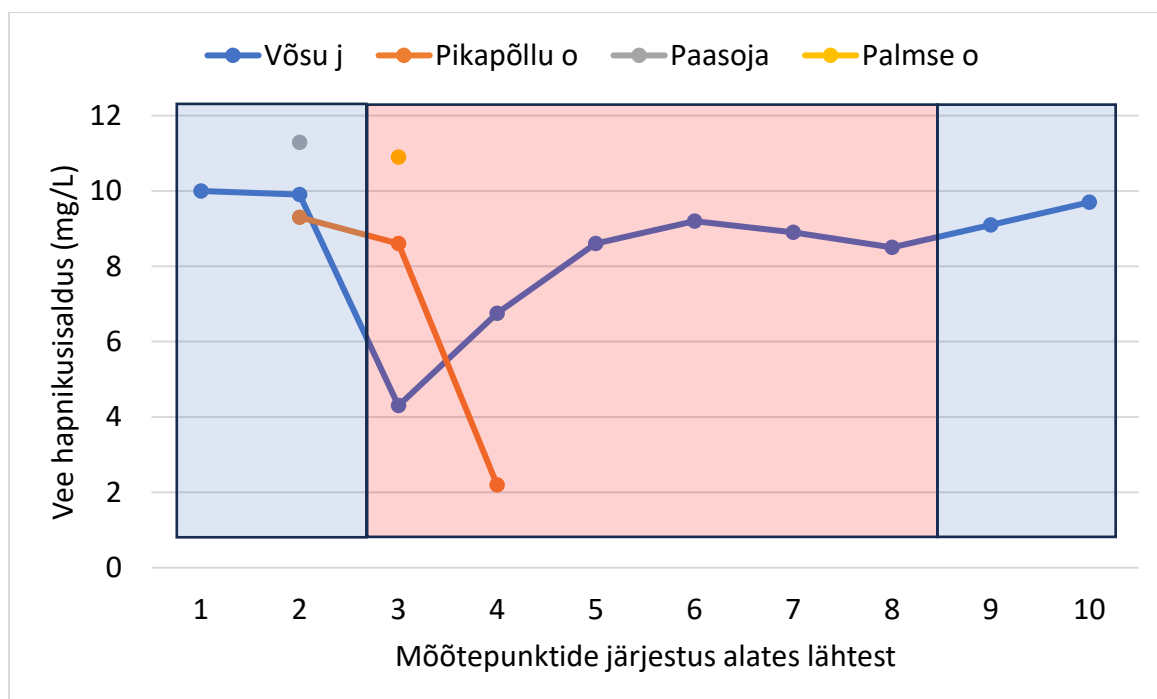
Võrdlevaid vee hapnikusisalduse mõõtmisi teostati logeri abil Laviku paisjärve sissevoolul perioodil 15.05.2023-28.05.2023 ehk maikuu teisel ja kolmandal dekaadil. Ilmnes, et juba maikuu on paisjärve väljavoolul vee hapnikusisaldus madalam kui paisjärve sissevoolul. Erinevus oli keskmiselt 0,5 mg/l kohta. Erinevus suurenes vaatlusperioodi lõpupoole ehk veetemperatuuri tõustes. Olukordades, kui paisjärvest väljavoolava vee temperatuur oli oluliselt kõrgem, kui paisjärve voolava vee temperatuur, oli ka vee hapnikusisaldus väljavoolul oluliselt madalam kui sissevoolul (joonis 9). Osalt seletub see asjaoluga, et gaaside lahustuvus vees on pöördvõrdeline temperatuuriga. Teisalt toimus hapnikutaseme langus ka protsentuaalselt, mis võtab arvesse vee temperatuuri mõjusid. Arvestades neid trende saab eeldada oluliselt suuremaid erinevusi suveperioodil.



Joonis 9. Vasakpoolne paneel: vee hapnikusisalduste erinevus paisjärve väljavoolul ja sissevoolul (väljavoolu näit miinus sissevoolu näit) maikuu vaatlusperioodi 14 ööpäeva jooksul. Parempoolne paneel: vee hapnikusisalduste erinevus maikuu paisjärve väljavoolul ja sissevoolul (väljavoolu näit miinus sissevoolu näit) ning selle sõltuvus vee temperatuurist paisjärve väljavoolul ja sissevoolul (väljavoolu näit miinus sissevoolu näit).

Vee temperatuur jäi eeltoodud võrdlusperioodil vahemikku 12,3-16,9 °C. Samas on teada, et kõrgemad veetemperatuurid ja kõige madalamad vee hapnikunäidud mõõdeti paisualuses jõesas hilisematel kuupäevadel – juuni- juuli- ja augustikuus (veetemperatuuride 18-22 °C juures). Sellal oli veetemperatuuride erinevus paisu all ja kohal kolme kuu jooksul keskmiselt 2,4 °C. Saab eeldada, et suvekuudel on paisjärve negatiivne mõju jõevee hapnikusaldusele oluliselt suurem kui maikuus toimunud võrdluskatses tuvastati. Tuleb arvestada ka, et Laviku paisjärve sissevool ei ole kontrollalana ideaalne, kuna see on vahetult ülesvoolu jäävate koprapaisude mõjualas, samuti jäävad ülesvoolu mitmed paisjärved.

Täiendavaid mõõtmisi manuaalse seadmega teostati ka jõestiku teiste paisjärvede sisse- ja väljavooludel, lisaks paisjärvedes (vt eelnev ptk). Ilmnes üldine tendents, kus kõige kõrgemad vee hapnikusaldused olid paisjärvede mõjualadest ülesvoolu või siis kõige alumisest paisjärvest kilomeetreid allavoolu (joonis 10).



Joonis 10. Vee hapnikusalduse keskmised näidud Võsu jõestikus hilissuvisel perioodil (23.08-22.09) enne paisude mõjuala (vasakpoolne sinine ala joonisel), mõjualas (punane ala) ning otsesest mõjualast allavoolu (parempoolne sinine ala punktid 9 ja 10 vastavalt 2,2 ja 3,9 km Laviku paisust allavoolu).

Hilissuvistel mõõtmistel ilmnes, et ka väiksemate paisjärvede all võib vee hapnikusisaldus olla elustiku jaoks ebasoodsalt madal. Võsu jõestiku kõige ülemisest paisjärvest ehk Ojaäärse II paisjärvest ülesvoolu oli jõevee hapnikusisaldus ligi 10 mg/l. Sealt allavoolu Ojaäärse II ja Ojaäärse I paisude all vastavalt 4,3 ja 6,8 mg/l. Pikapõllu oja kõige madalam hapnikunäit 2,2 mg/l oli seotud ülesvoolu jääva suure koprapaisu mõjualaga. Madalaimad olid näidud paisude all siis, kui vesi nirises paisude alla laudade vahelt (nt Ojaäärse II paisu all), kõrgeim siis, kui vesi langes ülevoolest voolates seejärel astanguliselt madala kihina (nt Palmse I paisu all). Tulemus on kooskõlas uuringuga, mille kohaselt võrreldes ülevoolu paisudega altvoolu paisud vähendasid jõevee hapnikusisaldust olulisel määral (kusjuures hapnikutaseme taastumine ei pruugi toimuda kiiresti).¹⁰

¹⁰ Ignatius, A. R., & Rasmussen, T. C. (2016). Small reservoir effects on headwater water quality in the rural-urban fringe, Georgia Piedmont, USA. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 8, 145-161.

Taust

Mitmesugused antropogeensed tegevused nagu paisude ja paisukaskaadide ehitamine, paisjärvede ja hüdroelektrijaamade rajamine viib vooluveekogu või kogu jõestiku olulise fragmenteerumiseni ning põhjustab elustiku ja elupaikade mitmekesisuse kadu. Väikesed paisud on üldlevinud maastikuelemendid, mis alandavad jões vee voolukiirust ning vähendavad veekogu pinna varjutatust puu- ja põõsaste võrade poolt. Paisude mõju jõe veetemperatuurile on erinev sõltudes konkreetsest asupaigast ja paisu parameetritest. Ühe USA uuringu kohaselt kaks kolmandikku paisudest põhjustasid vee soojenemist jões 0,2 kuni 5,25 °C ulatuses¹¹. Seejuures enim soojendavad allavoolu jäävat jõelõiku väikese vooluhulgaga jõgedel asuvad suured paisud. Soojenenud jõevesi avaldab konkreetse veetemperatuuriga kohastunud vee-elustikule negatiivset mõju, olles algpõhjuseks näiteks külmaveelembestel kaladel haiguste väljakujunemisel, arvukuse langusel ja asurkonna olulisel nõrgenemisel.¹²

Võsu jõe ja selle inimtekkelistest paisudest mõjutatud lisavooluveekogude (Pikapõllu oja, Paasoja, Palmse oja) kogupikkus on 42,6 km. Sellest pikkusest ligikaudu 10% on üle ujutatud paisude poolt. Näiliselt väikene osakaal omab pindalalises vaates väga olulist tähtsust. Tänaasel päeval asub Võsu jõestikus ametlikel andmetel 9 paisjärve (tabel 1). Jõestiku vooluveekogude pindala oleks paisjärvedeta ligikaudu 8 hektarit.¹³ Samas paisjärvede kogupindala on 22,5 hektarit.¹⁴ Antud paisjärved ujutavad üle vooluveekogude lõigud ligikaudse pindalaga 1 ha. Seega on kogu jõestiku pindala ligikaudu $8+22,5-1=29,5$ hektarit. Seega suurendavad Võsu jõestiku paisjärved nende poolt mõjutatud vooluveekogude pindala 3,7 korda. Lisanduvale seisuveelisele alale ei paku olulist varju kaldatimestik ega puud-põõsad, suur veepeegel on päikesekiirgusele avatud ning soojendab liigselt allavoolu jääva vooluveekogu vett.

¹¹ Zaidel, P. A., Roy, A. H., Houle, K. M., Lambert, B., Letcher, B. H., Nislow, K. H., & Smith, C. (2021). Impacts of small dams on stream temperature. *Ecological Indicators*, 120, 106878.

¹² Lauringson, M., Nousiainen, I., Kahar, S., Burimski, O., Gross, R., Kaart, T., & Vasemägi, A. (2021). Climate change-driven disease in sympatric hosts: Temporal dynamics of parasite burden and proliferative kidney disease in wild brown trout and Atlantic salmon. *Journal of Fish Diseases*, 44(6), 689-699.

¹³ Võttes aluseks 2022. aasta augustikuu mõõtmised välitöödel ning kameraalselt kogutud andmed.

¹⁴ Väiksemad paisutatud alad (nt Ojaäärse II paisu poolt üleujutatud ala) pole registris märgitud.

Tabel 1. Võsu jõestikus asuvad paisjärved ning nende pindala parameetrid (EELIS, 2023). Ametlikus registris puudub Ojaäärse II paisu poolt tekitatud paisutus (pindalaga 0,1 ha), samuti on arvestamata Muike ja Oruveski paisjärve vaheline paisjärveline ala (0,3 ha).

Vooluveekogu	Paisjärve (PJ) nimi	Muud nimed	PJ valgala pindala (km ²)	PJ veepeegli pindala (ha)
Võsu jõgi	Laviku järv	Laviku paisjärv, Laviku veehoidla	52	4,9
Võsu jõgi	Muike järv	Muike paisjärv	45,8	9
Võsu jõgi	Oruveski järv	Oruveski paisjärv, 2. Oruveski paisjärv, Oruveski II veehoidla	19	3.5
Võsu jõgi	Ojaäärse paisjärv		NA	1,5
Pikapõllu oja	Reooja järv	Põhjakalda paisjärv, 1. Oruveski paisjärv	16,4	1,4
Pikapõllu oja	Reooja paisjärv	Revoja paisjärv	NA	0,2
Pikapõllu oja	Parkali paisjärv		14	0,7
Palmse oja	Ülemine tiik (Palmse Ülemine tiik)		7	0,7
Palmse oja	Alumine tiik (Palmse Alumine tiik)		NA	0,6

Kokku: 22,5

Käesoleva uuringu käigus läbi viidud mõõtmised

Võsu jõestikus toimusid veetemperatuuri mõõtmised nii peajõel kui selle lisaharudel. Peamine eesmärk oli mõõta suurte paisjärvede mõju vooluveekogu temperatuurile. Laviku paisjärve voolab üks vooluveekogu (Võsu jõgi), Muike paisjärve 4 vooluveekogu (Võsu jõgi, Paasoja, Palmse oja, Pikapõllu oja).

Madalaim keskmine suvine temperatuur mõõdeti **Paasojas**. Paasoja mõõtmiskohast ülesvoolu paisjärved puuduvad. Keskmine veetemperatuur perioodil juuni kuni august 2023 oli seal **14,1 °C**. See oli antud perioodil jõestiku kõige madalam näitaja.

Võsu jõestiku kõige ülemises mõõtekohas ehk 1,5 hektarilisest Ojaäärse paisjärvest 1,1 km allavoolu jäävas mõõtepunktis oli veetemperatuur samal perioodil keskmiselt **14,5 °C**. Nimetatud paisjärvest jääb ülesvoolu ka Ojaäärse II paisu poolt tekitatav paisjärv, mille pindala on 0.1 ha.

Pikapõllu ojas 0,2 hektari suurusest Reooja paisjärvest 1,1 km allavoolu mõõdeti keskmiseks temperatuuriks samal perioodil **15,0 °C**. Nimetatud paisjärvest ülesvoolu jääb 0,7 ha suurune Parkali paisjärv.

Palmse ojas mõõdeti mõlemast tiigist vahetult allavoolu jäävas lõigus samal perioodil keskmiseks temperatuuriks **16,4 °C**. Nimetatud tiikide (Palmse ülemine ja alumine tiik) kogupindala on 1,3 hektarit.

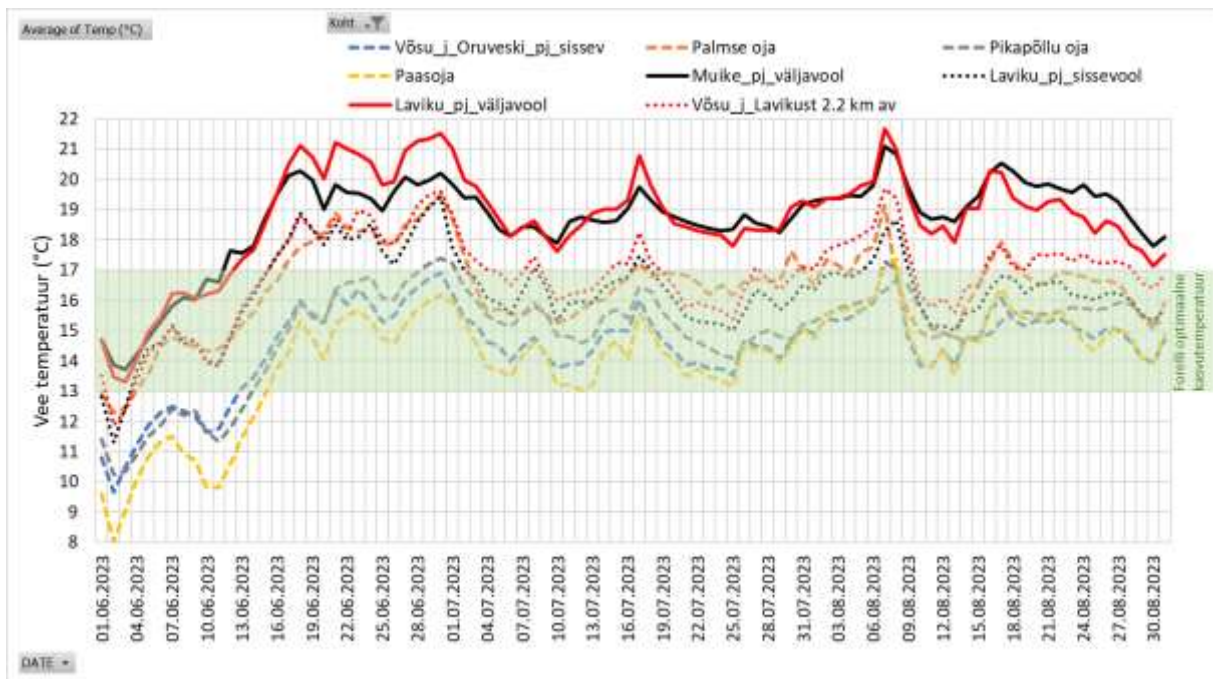
Muike paisjärvest, Oruveski paisjärvest ja Reooja järvest koosnevasse Muike-Oruveski-Reooja järvestikku suubuvate vooluveekogude keskmist temperatuuri on keerukas leida. Käesolevas aruandes kasutatakse kaalutud keskmist võttes arvesse valgalasid (tabelid 1 ja 2) mõõtekohtades.

Tabel 2. Võsu jõestiku paisutatud vooluveekogude pikkused ja pindalad (EELIS, 2023).

Vooluveekogu	Tüüp	Muud nimed	Vooluveekogu põhitelje pikkus (km)	Vooluveekogu pikkus lisaharudega (km)	Valgala pindala (km ²)
Võsu jõgi	Jõgi		25,5	25,5	62,9
Pikapõllu oja (Reooja)	Oja		6,5	6,6	16
Paasoja	Kraav	Muike kraav	4,5	5,1	11,3
Palmse oja	Oja		5,5	5,5	4

Võttes aluseks eeltoodud andmed oli perioodil juuni kuni august 2023 Muike-Oruveski-Reooja järvestikku suubuvate vooluveekogude keskmine temperatuur arvutuslikult **14,7 °C**.

Muike paisjärve väljavoolul (50 m paisregulaatorist allavoolu) mõõdeti perioodil juuni kuni august 2023 keskmiseks veetemperatuuriks **18,7 °C**. Seega soojendas Muike-Oruveski-Reooja järvestik, mille pindala on kokku 13,9 ha, kolme suvekuu vältel Võsu jõe temperatuuri igal ajahetkel keskmiselt **4 °C võrra** (joonis 11).



Joonis 11. Vee temperatuuri sõltuvus Võsu jõestikus asuvatest paisjärvedest perioodil 01.06.2023 kuni 30.08.2023. Vee temperatuuri mõõdeti Võsu jõestiku erinevates paikades enne paisjärvesid (Paasoja), väiksemate paisjärvede all (Võsu jõgi Palmse lähistel, Pikapõllu oja), mõõduka suurusega paisude kaskaadi all (Palmse osa), suurte paisjärvede vahel (Muike paisjärve all ja Laviku paisjärve sissevoolul) ning suurtest paisudest allavoolu (Laviku paisu all ja sealt allavoolu 2 km). Joonisel on toodud ööpäeva keskmised väärtused. Roheline osa graafikust viitab forelli optimaalse kasvutemperatuuri vahemikule.¹⁵

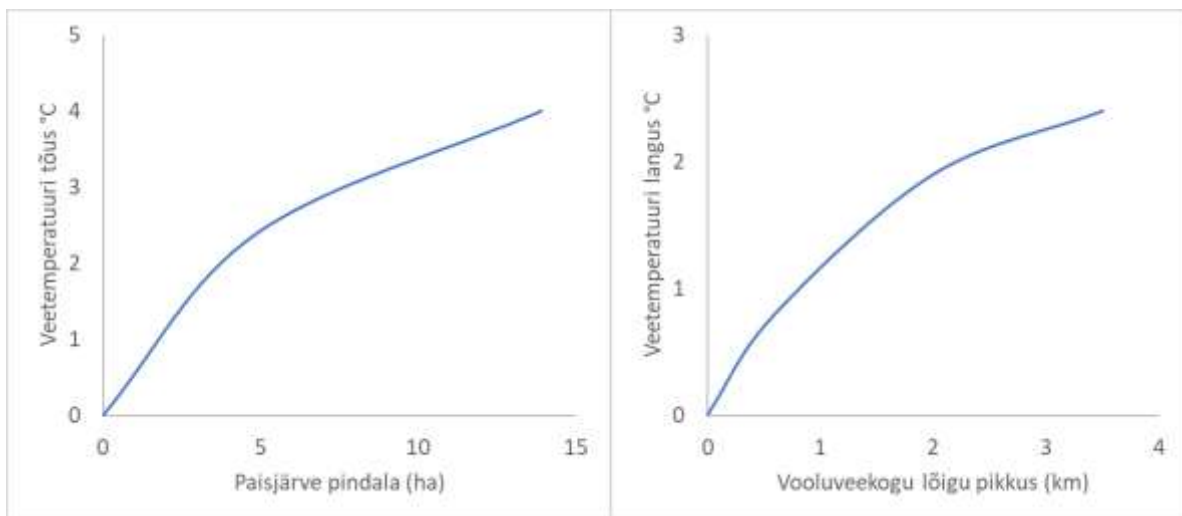
Muike paisust allavoolu jääb kaardi järgi 4,1 km pikkune Võsu jõe lõik, kus inimtekkelised paisud ja paisjärved puuduvad (Laviku paisu poolt mõjutamata jõelõik on märksa lühem). Lõigus asub 5 koprapaisu keskmise kõrgusega 34 cm, mis mõõdukalt suurendavad jõe laiust. Sisse voolavad mitmed allikad, mis jahutavad Muike paisjärvest jõkke voolavat vett. Selle lõigu allosas, 3,55 km Muike paisjärvest allavoolu, **enne suubumist Laviku paisjärve** oli keskmine veetemperatuur perioodil juuni kuni august 2023 **16,3 °C**. Seega langes veetemperatuur 3,5 km pikkusel looduslikul jõelõigil keskmiselt 2,4 °C võrra.

¹⁵ Jonsson, B., & Jonsson, N. (2009). A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. *Journal of fish biology*, 75(10), 2381-2447.

Laviku paisjärve all (150 m paisregulaatorist allavoolu) mõõdeti perioodil juuni kuni august 2023 keskmiseks veetemperatuuriks, sarnaselt Muike paisjärve väljavoolule, **18,7 °C**. Seega soojendas Laviku paisjärv, mille pindala on 4,9 ha, kolme suvekuu vältel Võsu jõe temperatuuri igal ajahetkel keskmiselt **2,4 °C võrra** (joonis 11). Seejuures eeldab antud arvutuskäik, et jõevee temperatuur püsiks ilma paisjärve mõjuta konstantne. See pole realistlik, vaid tõenäoliselt toimuks jõevee täiendav kompensatoorne jahtumine looduslikus jõesängis (vt täpsustav arvutuskäik allpool).

Laviku paisjärvest 2,2 km allavoolu asus kõige suudmepoolsem temperatuuriloger. Selle logeri piirkonnas oli keskmine veetemperatuur perioodil juuni kuni august 2023 **16,8 °C**. Seega langes Võsu jõe temperatuur paisjärvedest allavoolu jääval 2 km pikkusel looduslikul lõigul 1,9 °C võrra.

Eelkäsitletud jõevee temperatuuri sõltuvus paisjärve pindalast ja loodusliku jõelõigu pikkusest, on graafiliselt toodud alloleva joonise 12 paneelidel.



Joonis 12. Vooluveekogu temperatuuri sõltuvus paisjärve pindalast (vasakul) ja loodusliku vooluveekogu pikkusest paisjärvedest allavoolu (paremal). Võsu jõestiku näitel konstrueeritud suvekuudel (juuni-august) kehtiv põhimõtteline seos¹⁶.

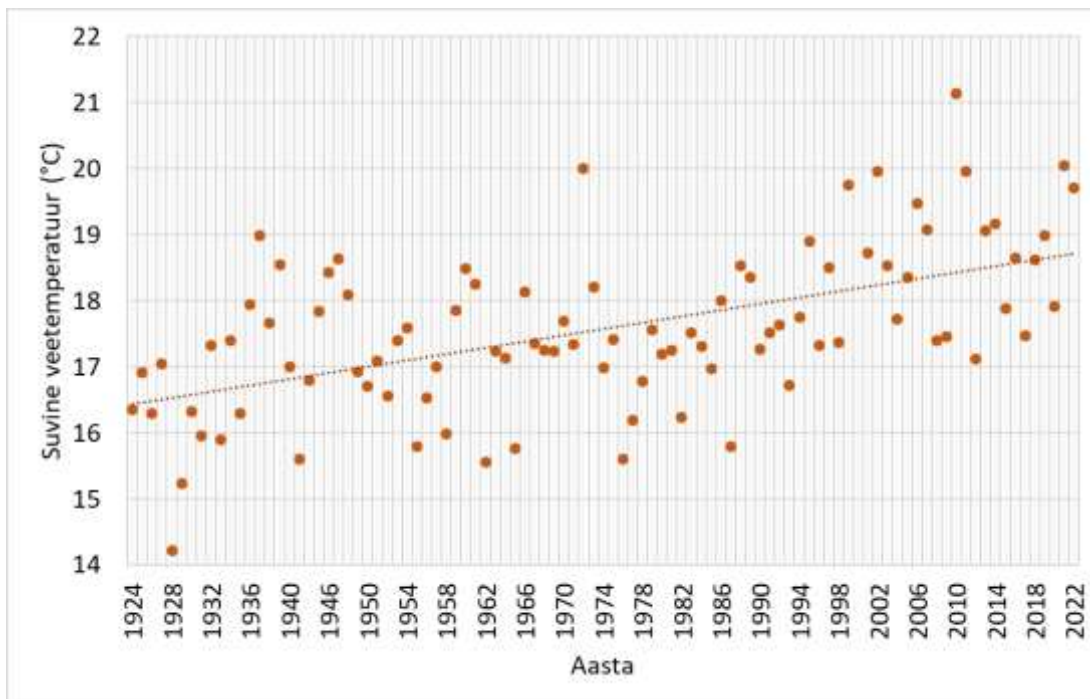
¹⁶ Vee soojenemise või jahtumise kiirus sõltub ka muudest parameetritest (nt veepinna varjutatus), mispärast teistes jõestikes või vooluveekogu lõikudes võivad seosed siintoodust erineda.

Kui lõigul Muike paisjärvest Laviku paisjärveni toimus jõevee temperatuuri mõningane langus, siis saab eeldada, et langus oleks jätkunud ka sealt allavoolu, kui Laviku paisjärve asemel oleks olnud looduslik jõelõik. Arvestades jõe looklevust antud piirkonnas võib 0,8 km pikkuse Laviku paisjärve poolt uputatud Võsu jõelõigu pikkus olla 1.6 km. Seega oleks antud lõigus toimunud veel täiendav vee jahtumine ca 1 kraad. Järelikult põhjustas Laviku paisjärv jõevee temperatuuri tõusu ligikaudu **3,4 °C**.

Muike-Oruveski-Reooja järvestiku järved pole Võsu jõestikus ülesvoolu suunal esimesed paisjärved. Ülesvoolu jääb veel 6 paisjärve kogupindalaga 3,8 ha. Võttes arvesse kogutud temperatuurandmeid, valgala pindalaid ja leitud seoseid, võib eeldada, et antud paisjärved tõstavad Muike-Oruveski-Reooja järvestikku suubuva vee temperatuuri keskmiselt umbkaudu 0,5 °C.

Saab eeldada, et lõigul, kus asuvad Muike-Oruveski-Reooja järvestiku järved, oleks toimunud looduslikes vooluveekogude lõikudes veetemperatuuri kompensatoorne langus (vt Laviku paisjärve käsitlev selleteemaline arutelu ülal). Seega on Muike-Oruveski-Reooja järvestiku järvede mõju Võsu jõe veele tegelikkuses tõenäoliselt 0,5 °C suurem kui eeltoodud väärtus, ligikaudu **4,5 °C**.

Vooluveekogudele paisude rajamine mõjutab vooluvete elustikku mitmeti. Rohkem on teadvustatud paisude kui rändetõkete kahjulikku mõju vooluveekogu elustikule ja normaalsele toimimisele. Järjest olulisem on tähelepanu pöörata ka mitmetele teistele mõjumehhanismidele. Soojenev kliima tõstab veetemperatuure Eesti jõgedes (vt näidet alloleval joonisel 13). Veetemperatuuri liigsele tõusule on tundlikud meie hinnatuimad kalaliigid (lõhe, forell, harjus jt). Kui selliste jahedaveelembeste kalade elupaikades asuvad ka paisjärved, mis omakorda päikesekiirguse soojust akumulatsioonivad ja seeläbi vooluveekogude vee soojenemisse panustavad, on tulemuseks jahedaveelembeste liikide asurkondade hääbumine ja kadu ning vooluveekogude seisundi halvenemine. Seepärast on oluline vooluvete temperatuurireostuse teematikat täpsemalt analüüsida, probleemiga tegeleda ja ära hoida liigne vee soojenemine seal, kus see on võimalik ja vajadus kõige pakilisem.



Joonis 13. Keskmine suvine veetemperatuur Narva jõe ülemjooksul viimase saja aasta jooksul. Antud joonis on illustreerimaks, et ainuüksi kliimamuutuste mõju meie vooluveekogude veetemperatuurile võib olla mitu kraadi. Lisandub veel paisjärvedest tingitud mõju, mis on näiteks Narva veehoidla puhul mõnel suvepäeval isegi 5 °C.

Eestis on registrisse kantud 657 paisjärve (EELIS, 2023). Neist 575-l juhul on välja toodud ka vooluveekogu nimetus, millel need asuvad. Sageli asub ühel vooluveekogul mitu paisjärve, mistõttu paisjärvedega vooluveekogusid on Eestis 325. Kõige sagedamini on paisutatud meie jõed ja ojad, 239st jõest 102 ehk 43 % ning 1047st ojast 150 ehk 14 % läbib ühte või mitut paisjärve. Teiste vooluveekogude tüüpide puhul, millel asub kokku ametlikult 73 paisjärve, on antud protsentuaalne näitaja väiksem: peakraavid, kraavid, kanalid ja tüüp „vooluveekogud“ vastavalt 2,6 %, 1,5 %, 4,3 % ja 2,2 %. Allikatel registri järgi paisjärvesid ei asu. Ametlikku registrit ja kaardandmestikku kõrvutades saab välja tuua, et paisjärvede ametlik hulk vooluveekogudel on alahinnatud.

Selliseid vooluveekogusid, mis on võetud jahedat vett vajavate kalade jaoks olulise elupaigana kaitse alla (kuulub osaliselt või täies ulatuses nimistusse „Lõhe, jõeforelli, meriforelli ja harjuse kudemis- ja elupaikade nimistu“), on Eestis 125 tk (nn lõheliste jõed). Ametliku registri järgi ligikaudu pooltel lõheliste jõgedest asub vähemalt üks paisjärv (maksimaalselt kaheksa tk jõe kohta; EELIS, 2024). Võrdlus aerofotode ja registri andmetega kinnitab, et tegelikkuses pole kaugeltki kõik paisjärved registreisse kantud ning paisjärved halvendavad elupaigalist kvaliteeti enamike lõheliste jõgede puhul. Lisaks on vooluveekogusid, mis ei kuulu antud nimekirja, kuid on samuti olulised lõhe, jõeforelli, meriforelli ja/või harjuse elupaigana (nt Purtse jõgi, Kohtla jõgi jne). Lõheliste jõgede puhul võib eeldada, et paisjärvede negatiivne mõju kalastikule ja vooluveekogu seisundile on kõige komplekssem ja kriitilisem.

Lõheliste nimestiku vooluveekogude puhul võivad paisjärved asuda kaitstaval lõigul, mõjutades ala otseselt. Või siis mõjutavad lõiku kaudselt, asudes alast üles- või allavoolu. Esimesel juhul tuleb arvestada, et paisjärvede mõjud vooluveekogu temperatuurile ulatuvad kilomeetreid paisust allavoolu (tihtipeale jõe suubumiseni). Teisel juhul võib vee temperatuuri muutustel mõju olla kalade rände ajastamisele (lisaks muud mõjud).

Enamik meie väärtuslikumatest külmaveelembeste kalade vooluveekogudest on mõjutatud ühe või mitme paisjärve poolt, seejuures igal paisjärvel on sellest läbi voolavale vooluveekogule erinev mõju suurus. Rääkides vee temperatuuri tõusust tingitud mõjudest võib öelda, et negatiivse mõju suurus sõltub ennekõike vooluveekogul asuvate paisjärvede kogupindalast, mis määrab ära päiksele avatud veepeegli pindala. Samuti on oluline mõju paisjärve asukohal, mis määrab ära, kui suur hulk vooluhulgast läbib paisjärve. Nende kahe

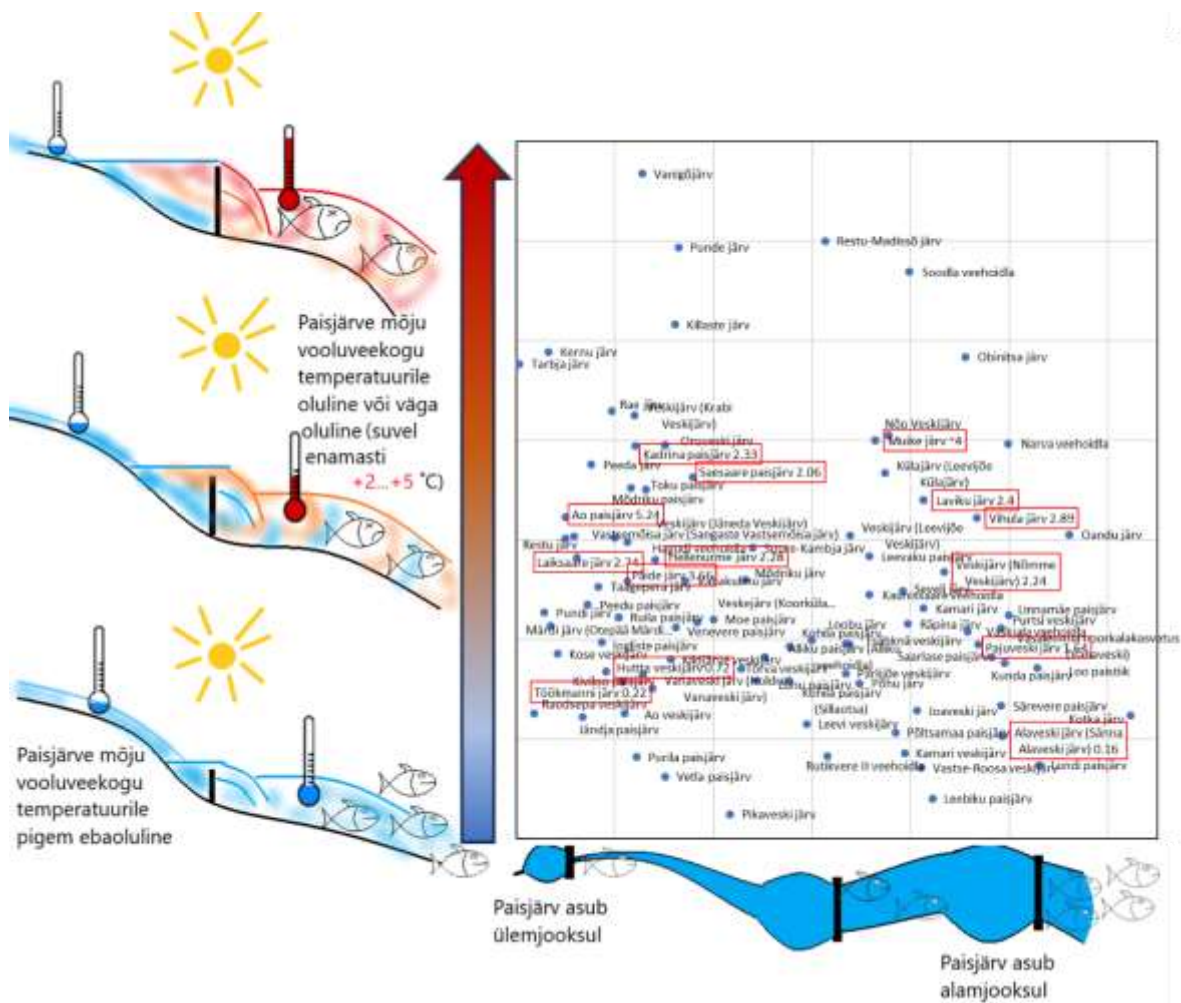
näitaja baasil saab ligikaudselt iseloomustada, kui olulist negatiivset mõju avaldab vooluveekogul asuv paisjärv (vt joonis 14).

Võttes aluseks kõige suudmepoolsema paisjärve valgala pindala ning kogu jõe valgala pindala, saab ligikaudselt hinnata, kui suur osa vooluveekogu vooluhulgast antud vooluveekogul asuvaid paisjärvi läbib. Antud näit vooluveekogudel, mille elustik on veetemperatuuri tõusu suhtes kõige tundlikum (lõheliste elupaikadena kaitstavad veekogud), on keskmiselt 66,8 %. Võsu jõe puhul on antud näitaja lausa 82 %. Ülejäänud vesi ei pruugi küll oma teel merre paisjärvesid läbida, kuid seda osa soojendab paratamatult juba paisjärvesid läbinud vesi. Kokkuvõtvalt saab öelda, lõheliste jõgedel läbib keskmiselt kaks kolmandikku jõeveest üht või mitut paisjärve ja on seepärast otseselt mõjutatud paisjärvedest tingitud vee liigse soojenemise poolt.

Selleks, et iseloomustada jõel asuvate paisjärvede negatiivset mõju vooluveekogule selle temperatuuri tõstmise läbi, on mitmeid võimalusi. Kõige otsesem ja parem on kasutada reaalseid vee temperatuuri mõõtmisandmeid suveperioodil vooluveekogu lõikudel paisjärvest üles- ja allavoolu. Mõõtmisandmete puudumisel võib esmase ülevaate saamiseks kasutada kaudsemaid meetodeid, näiteks jõe ja sellel asuvate paisjärvede kogupindala suhet jõe pindalasse, mis on intuiivselt hästimõistetav näitaja. Antud näitaja iseloomustaks, mitu korda on jõe veepeegli pindala suurenenud selle tõttu, et jõele on rajatud paisjärved. Samuti on sisukas kasutada jõe pindala asemel jõe valgala pindala andmeid (need andmed on registris enamasti saadaval). Mõlema kaudse meetodi puhul võetakse sisuliselt arvesse asjaolu, et mingi kindla pindalaga paisjärv tõstab suveperioodil vee temperatuuri väiksema vooluhulgaga jõel rohkem kui suurema vooluhulgaga jõel. Selliseid näitajaid kasutades saab näiteks öelda, et Võsu jõel asuvad paisjärved suurendavad jõe veepeegli pindala enam kui kolm korda. Paisudega lõheliste jõgedel suurendavad paisjärved jõe veepeegli pindala keskmiselt ligikaudu kaks korda ja maksimaalselt kuni kümme korda.

Soovides iseloomustada vooluveekogul asuva üksiku paisjärve mõju sellele samale vooluveekogule vee temperatuuri tõstmise läbi, kasutame järgnevalt vaatlusaluse paisjärve pindala suhet paisjärve valgalasse. Lõheliste elupaikadena kaitstavate veekogude puhul joonistub välja, et mitmed Võsu jõel asuvad paisjärved omavad jõevee temperatuurile suhteliselt suurt mõju (joonis 14). Seejuures paiknevad Muike ja Laviku paisjärv graafiku parempoolses ülemises servas, mis näitab, et lisaks olulisele mõjule jõevee temperatuuri

tõstmisel, asuvad nimetatud paisjärved suudmele suhteliselt lähedal ja mõjutavad valdavat osa jõeveest.



Joonis 14. Paisjärvede temperatuurireostuse eeldatav suurus lõheliste jõgedel. Horontaalskaala viitab paisjärve ligikaudsele asukohale vooluveekogul ehk kui suur hulk vooluveekogu veest paisjärve läbib. Vertikaalskaala kesk- ja ülaosas asuvad paisjärved, mille puhul saab eeldada suhteliselt suuremat paisjärve mõju sellest allavoolu jääva vooluveekogu lõigu veetemperatuurile, väiksema mõjuga paisjärved asuvad vertikaalskaala allosas. Joonise koostamisel on lähtutud paisjärve veepeegli pindala ja valgalade suuruste andmetest. Kui veetemperatuuri mõõtvate logerite abil on paisjärve vett soojendav mõju perioodil juuni-august kontrollitud (mõju = keskmine suvine paisjärvest välja voolava vee temperatuuri näit miinus keskmine suvine paisjärve sisse voolava vee temperatuuri näit (°C)), on need väärtused

toodud punases kastis paisjärve nime järel (käesolev uuring, Keskkonnaagentuur 2024; Lauringson ja Vasemägi, 2023¹⁷).

Asjaolu, kas paisjärve tekitatav temperatuurireostus on jõe jahedaveelembestele kalaliikidele negatiivse mõjuga, sõltub sellest, mis on paisjärvest väljavoolava vee temperatuur. Tuleb arvestada, et potentsiaalselt võib negatiivne mõju avalduda juba siis, kui veetemperatuur tõuseb üle 15 °C (veetemperatuur, mille ületamisel kujunevad välja vohandilise neeruhaiguse haigusnähud forellil)¹⁸. Lisaks pidurdub forelli kasv vee temperatuuri tõustes üle 17 °C ning lõhe kasv veetemperatuuri tõustes üle 20 °C. Keskmise letaaltemperatuur on lõhel ja forellil vastavalt 27.8 °C ja 24.7 °C (Elliott 1991¹⁹, Jonsson & Jonsson 2009²⁰).

Eeltoodut arvesse võttes ei pruugi erandkordadel paisjärves toimuv vee temperatuuri tõus olulist negatiivset mõju avaldada (juhul kui on tegu väga jahedaveelise vooluveekoguga). Paraku saab eeldada selliste olukordade küllaltki harva esinemist. Pigem tuleks arvestada, et kui paisjärve voolab sisse juba suhteliselt soe vesi, võib ka suhteliselt väikest vee temperatuuri tõusu lugeda lõheliste jaoks negatiivseks ilminguks.

¹⁷ Vohavat neeruhaigust põhjustava parasiidi *Tetracapsuloides bryosalmonae* leviku ja mõju uuring Eesti lõhilastel. Projekti T220023VLVI lõpparuanne. M. Lauringson ja A. Vasemägi. Eesti Maaülikool, Veterinaarmeditsiini- ja loomakasvatuse instituut, Vesiviljeluse õppetool. Tartu 2023.

¹⁸ Ros, A., Baer, J., Basen, T., Chucholl, C., Schneider, E., Teschner, R., & Brinker, A. (2021). Current and projected impacts of the parasite *Tetracapsuloides bryosalmonae* (causative to proliferative kidney disease) on Central European salmonid populations under predicted climate change. *Freshwater Biology*, 66(6), 1182-1199.

¹⁹ Elliott, J. M. (1991). Tolerance and resistance to thermal stress in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Freshwater Biology*, 25(1), 61-70.

²⁰ Jonsson, B., & Jonsson, N. (2009). A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. *Journal of fish biology*, 75(10), 2381-2447.

PH

Vee pH väärtus määrab, millised keemilised reaktsioonid vees toimuda saavad ja milline elustik selles vees on võimeline elama. Näiteks loetakse just kalu vee pH väärtuste muutuste suhtes eriti tundlikeks²¹. Väheste eranditega peetakse pikaajaliselt kalastikule ja muule vee-elustikule vastuvõetavaks pH vahemikuks 6,5-9. Seejuures kõige tervem, mitmekesisem ja produktiivsem on kalade ja suurselgroogsete kooslus looduslikes veekogudes, mille pH jääb vahemikku 6,5-8,5. Uuringud on näidanud, et vesi, mille pH jääb vahemikku 9-10, põhjustab osade jõeforellide, lõhede, ahvenate jt kalaliikide isendite suremist²². Näiteks leiti ühes USA uuringus, et vees, mille pH väärtus oli kõrgem kui 9,5, surid enamike kalaliikide isendid 4-22 tunni jooksul²³. Vee pH väärtus võib tõusta näiteks karbonaat- ja vesinikkarbonatioonide sissekande tulemusel, aga ka fütoplanktoni ja veetaimestiku fotosünteesi tagajärjel (viimase käigus seotakse veest CO₂)²⁴.

Võsu jõestikus teostati vee pH mõõtmisi kahekümne viiel korral. Mõõdetud väärtused jäid vahemikku 6.65-9.27. Kõige kõrgemad mõõdetud pH väärtused olid seotud Laviku paisjärvega. PH väärtus 9,27 mõõdeti paisjärvest allavoolu jões 2023. aasta maikuu. PH > 9 viitab juba üksinda jõe väga halvale seisundile.²⁵ Paisjärves septembri alguses teostatud mõõtmiste põhjal langes pH ühtlaselt Laviku paisjärve põhja suunas, viidates pH väärtust tõstvate protsesside aset leidmisele järve pinnakihis.

KESE andmebaasis on täiendavalt 20 mõõtmiskorra andmed Võsu jõe pH väärtuste kohta, need jäävad vahemikku 7,6-8,3 olles mõõdetud mujal kui paisjärvede otseses mõjualas (KESE 2024). Laviku paisjärve all on teostatud täiendavaid mõõtmisi, 27.05.2020 mõõdeti seal jõevee pH väärtuseks lausa 9,76 (Eesti Loodushoiu Keskuse ja Keskkonnaagentuuri andmed).

²¹ Londoni Ülikooli veebimaterjalid aadressil <https://www.qmul.ac.uk/chesswatch/water-quality-sensors/ph/>

²² PH Requirements of Freshwater Aquatic Life. Technical Memorandum. Robertson-Bryan, Inc. 2004.

²³ McCarraher, D. B. (1971). Survival of some freshwater fishes in the alkaline eutrophic waters of Nebraska. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 28(11), 1811-1814.

²⁴ Lerman, A., & Stumm, W. (1989). CO₂ storage and alkalinity trends in lakes. *Water Research*, 23(2), 139-146.

²⁵ Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/121042020061>

Paisjärvede all jões on täheldatud kõrgeenenud pH näite mujalgi. Näiteks mõõdeti 28.05.2020 Lemmjões Võlli seirekohas paisjärve ülevoolu all pH väärtuseks 8,93²⁶. Vooluveekogudes võib kõrgeid vee pH näite põhjustada ka looduslikes järvedes toimuvad protsessid. Näiteks on planktonirikkast Harku järvest välja voolava Tiskre oja pH väärtus küündinud väärtuseni 9,78 (juuli 2009), hiljem ka väärtuseni 8,9 (aprill 2020; KESE 2024).

Eeltoodud mõõtmisandmed viitavad, et vooluveekogudes võib vesi paisjärvede mõju tõttu elustiku jaoks ebasoodsalt aluseliseks muutuda. Mõõtmisandmete kohaselt toimub see eelkõige maikuus, tõenäoliselt ka suvekuudel. Mai lõpp on kalade kudemise seisukohalt väga oluline periood, kuderändel paisude ja ülevoolude alla tõusevad arvukalt paljude liikide isendid ning paisjärvedest tingitud pH ulatuslik kõikumine võib olla oluline negatiivne survetegur. Sellisele looduslikele vooluveekogudele täiendavat survet avaldavale paisjärvede mõjumehhanismile võiks rohkem tähelepanu pöörata.

Vee redokspotentsiaal (ORP)

Vee redokspotentsiaal iseloomustab vee oksüdeerivaid või redutseerivaid omadusi. Kui vee redokspotentsiaal on negatiivne, siis domineerivad vees redutseerivad omadused, kui redokspotentsiaal on positiivne, siis domineerivad oksüdeerivad omadused. ORP väärtus võib anda vihjeid teatud ebasoovitavate komponentide olemasolu kohta vees. Näiteks liigne kloorisisaldus heitvees annab suure positiivse väärtuse ja vesiniksulfiidi olemasolu suure negatiivse väärtuse.

Teatud keemilised reaktsioonid toimuvad mingis kindlas ORP väärtuste vahemikus. Metaan moodustub ORP väärtuste vahemikus -175 kuni -400 mV, fermentatsioon toimub väärtuste vahemikus -100 kuni -225 mV, fosfori vabanemine väärtuste vahemikus -100 kuni -250, sulfidi moodustumine väärtuste vahemikus -50 kuni -250, denitrifikatsioon väärtuste vahemikus +50 kuni -50, fosfori sidumine väärtuste vahemikus +25 kuni +250, cBOD lagunemine molekulaarse hapniku abil väärtuste vahemikus +50 kuni +250, nitrifikatsioon väärtuste vahemikus +100 kuni +350.²⁷

²⁶ Pärnu jõestiku elupaikade taastamise tulemuslikkuse hindamine (viitenumber 225569). Eesti Loodushoiu Keskus. Tartu, 2022.

²⁷ <https://www.ysi.com/parameters/orp-redox>

Võsu jõestikus mõõdeti ORP väärtuseid kahekümne viiel korral. Mõõdetud väärtused jäid vahemikku 295,5 kuni -116 mV. Kõige madalam näit -116 mV mõõdeti Laviku paisjärve põhjalähedases veekihis 2023. aasta septembrikuu alguses. Tulemus viitab, et Laviku järve põhjasetetest vabaneb vette fosforit ja sulfiidi. Kuna mõõtmised toimusid 0,2 m kõrgusel põhjast ning pinna- ja põhjakihi vahel esines ORP gradient, saab eeldada, et sette pinnakihis on ORP väärtus veelgi madalam ning toimuda võib ka metaani moodustumine.

Paisjärvede puhul, mille põhjakihtides puudub hapnik ja ORP väärtused on väga madalad, on väga oluline kriitiliselt hinnata asukohta, millisest veekihist suunatakse vesi allavoolu jõkke. Põhjalähedasest veekihist allavoolu suunatud vesi võib olla rikas toitainete ning mitmete toksiliste ainete, vesiniksulfiidi, metaani jt ühendite poolest. Sõltuvalt ühendist võib mõju ulatuda kümneid kilomeetreid allavoolu.²⁸²⁹ Nimetatud aspektidest lähtuvalt ei ole soovitatav põhjalähedase veevõtu kasutuselevõtt Laviku paisul.

Vee hägusus

Hägususe ehk turbiidsuse näit iseloomustab vee läbipaistvust. Käesolevas töös kasutatud multianalüsaatori hägususe mõõtühikuks on NTU (nephelometric turbidity unit ehk nefelomeetriline hägususühik). Mida sogasem on vesi, seda suurem on hägususe näit, selge ja hea läbipaistvusega vee korral läheneb hägususe näit nullile.

Vee hägusus sõltub vees olevast heljumi hulgast, see omakorda mõjutab vee temperatuuri ja produktiivsust. Reeglina soojeneb kehvema läbipaistvusega vesi kiiremini ja on produktiivsem kui parema läbipaistvusega vesi. Paisjärved mõjutavad jõevee hägusust, hägusus võib väheneda, kuna paisjärves toimub vee voolukiiruse vähenemine ja toimub hägusust põhjustavate osakeste väljasettimine. Teisalt võib paisjärves toimuva vee õitsengu tõttu jõevee hägusus suureneda. Altvoolu ehk põhjalähedase veevõtuga paisud juhivad allavoolu hägusemat vett kui ülevoolu paisud. Altvoolu paisude puhul voolab paisjärvest välja keskmiselt hägusem vesi, kui see on paisjärve sissevoolavas jõeosas. On leitud, et vee hägusus on

²⁸ Acreman, M., Farquharson, F. A. K., McCartney, M. P., Sullivan, C., Campbell, K., Hodgson, N., ... & Barbier, E. B. (2000). Managed flood releases from reservoirs: issues and guidance. Report to DFID and the World Commission on Dams. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, UK, 2000, p86.

²⁹ Kemenes, A., Forsberg, B. R., & Melack, J. M. (2007). Methane release below a tropical hydroelectric dam. *Geophysical research letters*, 34(12).

positiivses korrelatsioonis üldlämmastiku ja nitraadi sisaldusega vees.³⁰ Samuti võib kõrge hõõrdumise näit esineda paralleelselt kõrge hõõrdumise toitaine, setete, pestitsiidide või herbitsiidide sisaldusega vees.³¹

Võsu jõestikus mõõdeti vee hõõrdumist kahekümne viiel korral. Mõõdetud väärtused jäid vahemikku 1,7-22,3 NTU. Kõige suurem oli vee hõõrdumus Laviku järve põhjalähedases veekihtis (september 2023), olles 22,3 nefelomeetrilist hõõrdumise ühikut. See vastab Secchi ketta abil mõõdetud vee ligikaudsele läbipaistvusele 0,45 meetrit.³² Põhjalähedases veekihtis oli vee läbipaistvuse näit hüppeliselt „kehvem“ kui kõrgemates veekihtides (pinnakihtis 3-3,3 NTU ehk ca 1,2 m), seda sai seostada hapnikupuuduse mõjuga paisjärve põhjakihtis. Sarnaseid tingimusi on täheldatud ka teistes tehisjärvedes – nt Vesiloo järve (Mustnina tiigid) sügavamatel aladel, kus vesi oli juulikuus põhjakihtis anoksiline, redokspotentsiaaliga -274 mV ja hõõrdumise 28,1 NTU (Eesti Loodushoiu Keskuse andmed). Vähene vee läbipaistvus ei võimalda valguse jõudmist veekogu põhjakihtidesse ning on seotud redutseeriva keskkonna tekkega ning toitude ja toksiliste ainete vabanemisega põhjasetetest vette (vt ORP alaptk). Olukorda võimendavad suvised veeõitsengud, samuti arvukas linaski asurkond paisjärves.

Vee elektrijuhtivus

Vee elektrijuhtivuse näit iseloomustab vee võimet juhtida elektrivoolu ja sõltub peamiselt vees lahustunud ionide hulgast. Ionide hulk vees sõltub vooluveekogu toite tüübist ja valgala geoloogia omapäradest. Vooluveekogud, mis saavad oma toite vee voolamisel läbi graniitpinnase, on madalam elektrijuhtivuse näit paekivi ja savipinnast läbivatest vetest. Vihmavee, samuti soodest ja rabadest pärineva vee elektrijuhtivus on madal (10-250 $\mu\text{S cm}^{-1}$), maapinnalähedase põhjavee elektrijuhtivus keskmine (400-800 $\mu\text{S cm}^{-1}$), põhjavee elektrijuhtivus võib olla kõrge (> 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$).³³ Väga kõrge elektrijuhtivuse väärtus võib viidata reostusele. Näiteks võib väga kõrge elektrijuhtivuse näit olla prügilast nõrguval veel,

³⁰ Ignatius, A. R., & Rasmussen, T. C. (2016). Small reservoir effects on headwater water quality in the rural-urban fringe, Georgia Piedmont, USA. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 8, 145-161.

³¹ Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35, 257-284.

³² Xu, M., Liu, H., Beck, R. A., Reif, M. K., Emery, E. B., & Young, J. L. (2019). Regional analysis of lake and reservoir water quality with multispectral satellite remote sensing images.

³³ Juhend allikate vabatahtlikuks seireks. Terasmaa, J., Vainu, M., Koit, O., Puusepp, L., Sisask, K., Abreldaal, P. https://allikad.info/manuals/water_quality_manual_EST.pdf

ebaefektiivselt töötavast reoveepuhastist allavoolu (kõrgenenud kloriidi, fosfaadi, nitraadi sisaldus vees) ja nt linnadest pärineval sademeveel.³⁴ Kuivadel perioodidel vee elektrijuhtivuse näit suureneb, teisalt vooluveekogude võrdluses suhteliselt madalamad elektrijuhtivuse näidud võivad viidata suuremale veevaeguse tekke riskile.

Võsu jõestikus mõõdeti vee elektrijuhtivust kahekümne viiel korral. Vee elektrijuhtivuse (SPC) näidud jäid vahemikku 86 kuni 461 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Kõige madalamad näidud mõõdeti Võsu jõe ülemjooksul ja Pikapõllu ojas 2023. aasta novembrikuus, suhteliselt madalad näidud olid ilmselt seotud hilissügiseste vihmaperioodidega. Kõige kõrgemad elektrijuhtivuse näidud olid Palmse ojas, veidi madalamad Paasojas. Palmse oja puhul jäi mõõtekoht Palmse reoveepuhasti väljalasust allavoolu, näitu võib ilmselt suurendada kõrge fosfaatioonide kontsentratsioon vees. Palmse oja seisund üldfosfori osas on väga halb.³⁵

³⁴ <https://www.gov.nl.ca/ecc/files/waterres-rti-rtwq-csdr-nf02zm0009-waterford2013-09-30-to-2013-10-30.pdf>

³⁵ Operatiivseire korraldamine 2020. Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Tartu 2021

Võsu jõe hüdro-morfoloogilisi ja ihtüoloogilisi uuringuid lõigus Laviku paisjärvest Muike paisjärveni teostati suvisel madalveeperioodil. Lõigu alguseks valiti punkt, milleni ametlikult ulatub Laviku paisjärv kui pindobjekt (EELIS, 2023). Antud kohas on jõkke paigaldatud kaldast kaldani truubirõngad (BL: 59.54433, 25.96194). Need ei olnud paisjärve tavapärase veeseisu puhul kaladele rändetõkkeks. Sealt ülesvoolu on jõesäng looduslik, kuid tugevalt paisjärve poolt mõjutatud. Vee voolukiirus on aeglane, veetase suhteliselt kõrge ning põhi pehme ja peenete setetega kaetud (0,6 m sügav, 4-5 m lai säng, lausliivane ja veidi mudasetet sisaldav põhi). Kaladest registreeriti siin järvelisi liike - arvukalt mudamaimu, samuti särge. Silmuvastsed puudusid.

Truupidest mööda jõesängi 300 m ülesvoolu suubus paremkaldalt jõkke külmaveeline allikas ligikaudse vooluhulgaga 2 l/s (nähtavasti oli tegu vooluveekoguga, millele on antud ETAK ID 2258659). Sealt 180 m edasi ühineb jõgi paremkaldal oleva sonniga (BL: 59.54226, 25.96407) millel on pea-aegu samaväärne allikaline toide (1-2 l/s). Vahepealses osas on jõgi juba madalam, 20 cm sügavusega liivased alad vahelduvad sügavamatega (ca 80 cm). Sügavamates lõikudes registreeriti lisaks särjele ka teisi paisjärvedele omaseid liike nagu haug ja ahven.

Alles truupidest ja ametlikust paisjärve sissevoolust mööda jõesängi 660 m ülesvoolu lõppes paisjärve tegelik mõjuala, vesi voolas madala kihina. Ühtlasi registreeriti siin esimene puhtalt vooluveekogudele omane liik trulling. Samas sellest punktist juba 10 meetrit ülesvoolu (BL: 59.54150, 25.96432) asus lõigu esimene koprapais, mis tekitas veetasemete vahe 35 cm. Näha oli värskemaid oksti viidates kopra hiljutisele tegutsemisele. Jõelõik oli jätkuvalt lausliivane.

Sada meetrit ülesvoolu (770 m truupidest), alumise koprapaisu mõjualas, asus teine koprapais (BL: 59.54106, 25.96497), mis tekitas täiendavalt veetasemete vahe 25 cm. Pais ise oli vana, kuid näha oli kopra tegutsemisjälgi. Paisu all oli vee kukkumisel tekkinud väike peenkruusane ala. Ojasilmu jaoks potentsiaalselt sobivas elupaigas läbiviidud püügil silmuvastseid ei leidunud.

Ülesvoolu jätkus potamaalse ilmega jõelõik, mida asustasid kohati arvukalt mudamaimud. Punktis BL 59.54013, 25.96379 ühines jõega paremkaldal olev soot, mida toitis väikese vooluhulgaga allikas (0,5 l/s).

Sealt ülesvoolu punktis BL 59.53905, 25.96276 asus teise koprapaisu paisutuse mõjuala lõpp (1,27 km truupidest ülesvoolu), vee voolukiirus suurenes märgatavalt, jõe veepeegli laius oli 2-3 meetrit, jõepõhi oli kõva ja liivane. Liivale lisaks leidus siin-seal peenkruusaseid alasid. Püügil registreeriti lisaks mudamaimudele ja trullingule esmakordselt ka jõevähki (BL: 59.53835, 25.96311). Elupaigalist mitmekesisust lisas oksarisust ja palginottidest moodustunud rägu. Silmuvastseid ei registreeritud. Lähedal püügi alal nõrgus paremkaldalt jõkke järgmine allikas (0,1 l/s). Ülesvoolu liikudes leidus jõevähki kohati arvukalt, peamiselt noored isendid (TL 30-55 mm). Tunduvalt suurem oli jõe omase elustiku arvukus liivaste alade vahel asuva rägu vahel (just vähkide ja trullingu osas).

Esimene natuke suurem peenkruusaga ala asus piirkonnas BL 59.53814, 25.96178 (1,5 km truupidest). Selle all, hea potentsiaaliga detriidiseigusel sügavamal alal silmuvastseid siiski ei registreeritud (küll aga mudamaimu, veidi kõrgemal ka jõevähki ja trullingut). Edasi 100 m ülesvoolu asus 15 m² kruusaala, millest ülesvoolu jäi 60 cm kõrgune vana mõningate uuemate okstega koprapais (BL: 59.53779, 25.96140). Koprapaisu mõjualas paisust 30-50 meetrit ülesvoolu on laiem koht jões, kus jõepõhjas on tunda suurema fraktsiooniga kruusapadjad. Kopra üleujutusala takistab kruusapatjade kasutamist koelmualadena, kuid samas on patjade olemasolu märk hea potentsiaaliga koelmuala olemasolust antud jõelõigust. Kruusaala pindala ei saa määrata, kuna piirkond on lausaliselt üle ujutatud ja liiga sügav. Püügil registreeriti üleujutus alal mudamaimu erinevaid vanusjärke.

Koprapaisu mõjuala ulatus punktini BL: 59.53593, 25.95909 (asukohaga 2,1 km truupidest). Siit ülesvoolu pakkus jõgi jällegi elupaika jõevähile ja trullingule, antud liikide esindajad eelistasid varjuda jõesängis lebavate vanade puunottide varjus. Algas lõik kruusapõndakutega (kokku 100-150 m²), mis vaheldusid liivaste lõikudega. Kalastiku koosseisu lisandus taas haug, samuti olid esindatud trulling, mudamaim ja jõevähk (TL 90 mm).

Punktis BL 59.53489, 25.95794 ehk 2,3 km truupidest registreeriti antud lõigust esmakordselt ka ojasilmu vastne. Silmuvastsete elupaigad olid siin hea kvaliteediga, pehme liiv sisaldas küllaldaselt detriiti. Ülesvoolu jäävatel aladel kruusalaikude hulk vähenes (20 m²) ning need olid eelnevatest madalama kvaliteediga. Punktis BL 59.53414, 25.95382 asus lagunenu koprapais, mis vett ei paisutanud. Järgmine vana koprapais paisutuskõrgusega 10 cm oli punktis BL 59.53349, 25.95259. Lõik oli lai ja madal, sisaldas peenkruusa lappe.

Asukohas BL 59.53333, 25.95151 ehk 3,1 km truupidest algasid jällegi kvaliteetsema kruusaga alad (kokku 65 m²), mis vaheldusid peenkruusalõikudega (kokku 60 m²) ning liivaste aladega, mis kohati sisaldasid veidi muda. Silmuvastsete arvukus oli sobivates elupaikades kõrge. Lisaks leidis teisi liike (trulling, jõevähk).

Punktis BL 59.53056, 25.94794 ehk 4,0 km truupidest, asus koprapais paisutuskõrgusega 40 cm, mille mõjuala ulatas Muike paisu truubini. Paisutusala uputas kruusase lõigu, mille pindala oli ligikaudu 75 m². Kaladest registreeriti lõigus kuni paisu regulaatorini trullingut, ahvenat, haugi ja iseäranis särge. Särje arvukus oli kõrgeim truubitorus.

Kokkuvõttes jääb Laviku paisjärve (nn truupide) ja Muike paisjärve vahele 4,2 km pikkune jõelõik. Sellest 0,7 km jääb Laviku paisjärve pideva mõju alla, koprapaisude mõju all oli täiendavalt kokku 1,3 km pikkune lõik. Paisude poolt mõjutatud lõikudes registreeriti mudamaimu, särge, haugi ja ahvenat. Ülejäänud lõigus 2,2 km ulatuses voolas jõgi paisutamata sängis, leidis kruusapatju kogupindalaga 285 m², täiendavad kruusased lõigud on tunda kahlates piki jõesängi paisutatud alal. Sellistes lõikudes registreeriti silmuvastseid, trullingut, haugi, mudamaimu ja jõevähki.

Litofiilsete liikide jaoks asuvad soodsamad elupaigad uuritud lõigu ülemises pooles. Kruusaste alade hulk on piisav, et saaks edukalt sigida nt jõesilm, veetemperatuuri limiteeriva mõju puudumisel ka forell. Forelli jaoks jäävad soodsamad elupaigad ülesvoolu jäävasse Võsu jõe sängi ning selle lisadesse.

Võsu jõe hüdro-morfoloogiline ja kalastikuline kirjeldus lõigus Oruveski paisjärve sissevoolust kuni Ojaäärse paisjärve väljavooluni

Võsu jõe hüdro-morfoloogilisi ja ihtüoloogilisi uuringuid lõigus Oruveski paisjärve sissevoolust kuni Ojaäärse paisjärve väljavooluni (BL: 59.50954, 25.96582) teostati suvisel madalveeperioodil. Lõigu alguseks sai punkt BL 59.51662, 25.96008, kust oli võimalik kahlates hakata piki jõesängi ülesvoolu liikuma. Jõe laius alguspunkti juures oli 2-3m ja sügavus 0.05-0.3m. Jõelõik oli looduslik, aeglase vooluga, jõesängi kattis valdavalt liiva (pindalaliselt 75 %), vähesel määral kruus (10 %), detriit (10 %) ja kivid (5 %) ning jätkus sellisena kuni Palmse mõisa vana paekivist sillavareni (BL: 59.51551, 25.96050), milleni ulatub tõenäoliselt Oruveski paisjärve veetaseme reguleerimise mõju. Vähesel määral leidus kaldauurdeid ja puurisu vees. Elektripüük sillavarest allavoolu näitas ojasilmu vastsete ja ahvenate elutsemist paisjärve sissevoolu piirkonnas.

Palmse mõisa vana paekivist sillavareme põhi toimib paiskärrestikuna. Veetasemete vahe oli madalveeperioodil ca 0,6 m. Jõepõhi antud punkti juures koosneb paeplaatidest (70 %) liivast (20 %) ja detriidist (10 %) ja ulatub sellisena kuni 10 meetrit sillavarest allavoolu. Vee vooluhulk oli hinnanguliselt 10 l/s.

Sillavarest paisutuse mõju lõpeb punktis BL 59.51519, 25.96007, milles seni Oruveski paisjärve sissevoolule sarnanenud jõepõhi muutub kiviseks (30 %) ja kruusaseks (60%) väheste rahnude ja liivaga. Veevool on kiire ja jõepõhi sobilik kudealaks forellile ja jõesilmule, kui need vaid siia pääseksid (allavoolu on 3 kaladele ületamatut paisu - Oruveski, Muike ja Laviku).

Kiire veevool lõppes ülesvoolu minnes koprapaisuga (BL: 59.51461, 25.96011). Hiljuti osaliselt madalamaks lõhutud paisu, hetkel veetasemete vahega 0.5m, taha oli kogunenud ohtralt kergeid setteid - muda (10 %), liiva (80 %) ja detriiti (10 %). Muutunud veerežiimi tõttu oli kallastel hakanud puud surema, mis lisas jõesängile rohkem valgust ja aeglustunud veevoolus oli rohketes setetes hakanud kohati lausaliselt vohama jõgitakjas.

Edasi (ca 500 m) läks ülesvoolu koprapaisude kaskaad, millest enamik olid vanad hüljatud paisud ja seetõttu väikese veetasemete vahega. Kohati voolas vesi koprapaisust läbi. Sellegi poolest püsis veevool aeglane ja jõepõhi liivane/mudane, üksikute suurte kividega 0,1-0,5 m sügav ja 1-4 m lai. Leidus ka värsked kopra tegutsemise jälgi.

Käredamat veevoolu leidus uuesti punktis BL 59.51230, 25.96590, kus jõepõhi muutus kiviseks (30 %) ja kruusaseks (60 %), kuid seda mitte kauaks ja setteid koguvad koprapaisud jätkusid punktini BL 59.51149, 25.96585.

Edasi Ojaäärse paisjärve väljavooluni oli põhi kruusane (30 %) ja kivine (25 %), vähesemal määral leidus liiva (30 %), muda (10 %) ja detriiti (5 %). Veevool oli valdavalt ritraalne. Sügavus 0,05-0,4 m.

Vasakkaldalt suubus Võsu jõkke allikas, vooluhulgaga 3l/s (BL: 59.51013, 25.96531).

Ojaäärse paisjärve väljavoolust 10 m allavoolu asub vana sild, millest on jõkke pudenenud kive ja paeplaatide tükke. Veehulk väljavoolul oli hinnanguliselt 5 l/s.

Kokkuvõtvalt võib lugeda kogu lõigu Palmse mõisa sillavarest ülesvoolu kuni Ojaäärse paisjärveni (1 km) forellile ja jõesilmule hea kvaliteediga elupaigaks, milles on rohkelt potentsiaalseid koelmualasid. Suur osa kruusast põhjasubstraati on aga mattunud kergete setete alla (muda, liiv, detriit), mida on kogunud enda taha arvukad kasutuses olevad või vanad koprapaisud. Siirdekalade liikumist, vee hulka ja kvaliteeti reguleerivad alla ja ülesvoolu jäävad kaladele ületamatud paisud, mistõttu jääb kasutuseta ca 0,2 ha kudealasad. Positiivsena saab välja tuua lõigu looduslikku süngi ja metsaseid kaldaid, mis koos allikatega hoiavad jõge jahedapoolsena ning kuivale jäämast.

Võsu jõe hüdro-morfoloogiline ja kalastikuline kirjeldus lõigus Ojaäärse paisjärve sissevoolust kuni teetruubini Viitna-Palmse mnt. all

Võsu jõe lõiku Ojaäärse paisjärve sissevoolust kuni teetruubini Viitna-Palmse mnt. all (gps 59.49717, 25.97196) seirati suvisel madalveeperioodil. Ojaäärse paisjärve sissevool on ühtlasi Ojaäärse II ehk väiksema paisu väljavool. Viimasest nirises laudade vahelt vaid väike kogus vett (ca 0,5 l/s). Veetasemete vahe oli 115 cm. Voolava veega jõesängi pikkus kahe paisu vahel oli seiramise hetkel ca 80 meetrit, Ojaäärse paisjärv oli tavalasemest oluliselt madalam.

Elektripüügil paisude vahel tabati vaid luukaritsaid. Vee sügavus püügi ajal 0,05-0,2 m, laius 0,5-2 m, põhi valdavalt kivine, paetükkidega. Püük väikese paisjärve vasakkaldas, paisust ülesvoolu, näitas ojasilmu ja luukaritsate leidumist.

Ojaäärse II paisjärve paisutuse ulatust ülesvoolu oli raske hinnata kuna see lõppes koprapaisuga - veetasemete kõrguste vahe 65 cm. Jõepõhi oli rauaroostene liivsavi ja muda. Vesi praktiliselt ei voolanud.

Kobraste töö tulemusena oli jõesäng jagunenud mitmeks haruks, millel olid värsked kopra tegevuse jälgedega paisud.

Kõige ülemine ja ühtlasi kõige kõrgem koprapais (BL 59.50523, 25.97535), veetasemete vahega 1 m, oli samuti aktiivses kasutuses ja kogus vett, millest tulenevalt oligi allpool jõesängis vee vooluhulk väga väike.

Suure koprapaisu mõju lõppedes ülesvoolu (BL 59.50336, 25.97936) oli jõesäng keskmiselt 0,3-2 m lai ja 0,05-0,3 m sügav. Vooluhulk hinnanguliselt 3-5 l/s. Põhi peamiselt liivane, kohati kivine üksikute suurte kividega.

Punkti BL 59.50246, 25.98056 lähedal (vana palkidest silla koht) tehtud elektripüük näitas silmuvastsete ja luukaritsate leidumist.

Koordinaatidel BL 59.50041, 25.98417 lisandub paremkaldalt Võsu jõkke kraav, mille vooluhulk oli hinnanguliselt 1 l/s. Jõepõhi jätkus ülesvoolu peamiselt liivasena kui välja arvata üksikud lagununud koprapaisud, mille taga oli kogunenud muda ja detriit.

Kõige ülemised forellile ja silmudele potentsiaalse substraadiga kudealad algasid asukohas BL 59.49898, 25.98178 ja lõppesid 50 meetrit ülesvoolu järgmise vana koprapaisuga. Kogu vesi selles jõeosas pärines “keevallikast” (BL 59.49824, 25.98455), mis asus paremkalda servas. Vooluhulk allikast oli hinnanguliselt 2L/s. Allikast ülesvoolu vesi enam ei voolanud ja jõesäng jäi peagi kuivaks (BL 59.49805, 25.97520). Seal võis näha vett voolamas alles 2023. aasta novembri keskpaigast alates, kui tulid suuremad sajud.

Jõe looduslik säng lõpeb Võsuvere vana tee truubiga (BL 59.49807, 25.97539). Kogu jõgi ülesvoolu on sirgendatud ja süvendatud.

Siin alapeatükis toodud analüüs ja kokkuvõtte toetub suures osas käesoleva uuringu raames tellitud tööle „Võsu jõe paisjärvede radariuuring. 2023. A. Jõelaht, K. Karro. TÜ Geoloogia Osakond“ ning töö käigus kogutud andmetele ja teostatud analüüsidele. Nimetatud töös uuriti välitööde abil Laviku, Muike, Oruveski ja Ojaäärse paisjärvede ning Reooja järve põhjaprofile ja sette koostist. Samuti vaadeldi kameraalselt väljaspoole paisjärvesid jäävate jõelõikude oru kallakuid.

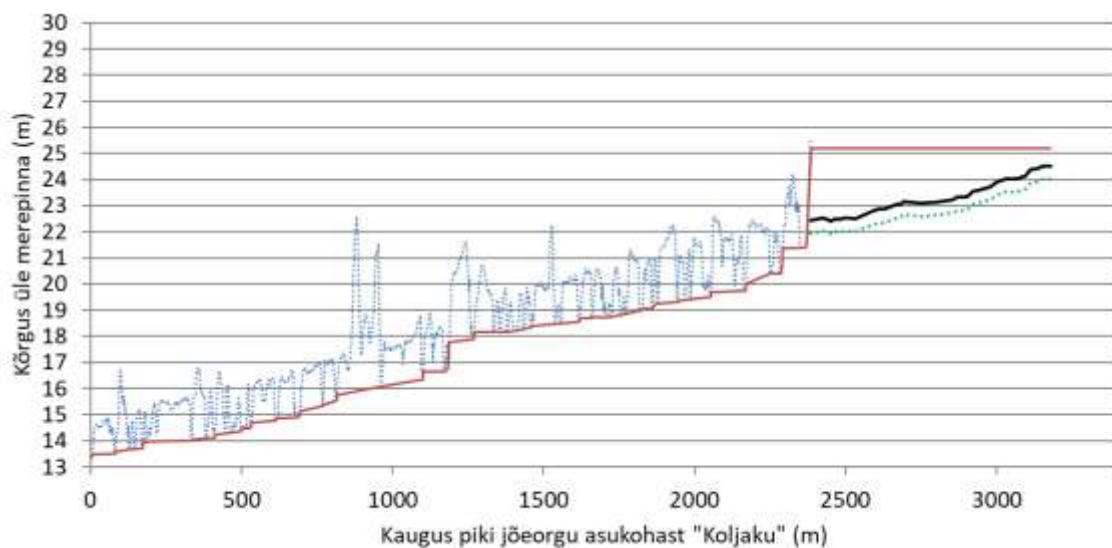
Üks uuringu üldistavaid järeldusi on, et paisjärvede põhjareljeef on sarnane Võsu jõe paisutamata lõikudele, kus liivasesse tasandikku on sisse lõikunud laiem orund, milles omakorda on kitsamad jõe ja haruojade sängid. Sängi laius on 4–12 meetrit, suhteline sügavus mõnest detsimeetrist kuni pooleteise meetrini. Puuduvad märgid, et paisjärve alla jäänud jõesängide morfoloogia oleks rikutud sängi sirgendamisega. Sirgemad jõeosad asuvad aladel, kus on ka omajagu langust (nt Muike alamjooks) ja on seetõttu looduslikkuse võtmes ootuspärased.

Laviku järve mõõdistati ligikaudu 800 m pikkusel lõigul. Veesügavus varieerub mõnest detsimeetrist sissevoolu lähedal kuni 2,8 meetrini Vesiveski tammi juures. Mineraalpinnasesse lõikunud sängi põhi asub väljavoolu lähedal 3,3 meetrit veepinnast, kõrgusel 21,9 m ümp (Maa-ameti 1 m kõrgusmudeli kohaselt on järve veetase ligikaudu 25,2 m ümp; veetase tammist vahetult allapoole jäävas jõelõigul ligikaudu 21,5 m ümp). Laviku järve põhjas kulgev säng on lookleva iseloomuga sarnanedes järvest üles- ja allavoolu jäävate Võsu jõe lõikudega.

Mudakihi paksus järve kesk- ja loodeosas on orundi lamedamas osas 0,1–0,3 m, sisselõikunud sängi osas veidi paksem ulatudes 0,4–0,5 meetrini. Järve sissevoolu-poolne 200–250 m pikkune osa tundub eristuvat ülejäänud järvest mineraali peal lasuva sette olemuse poolest. Radariläbilõigetel on mudase sette paksus muutlik olles sageli üle 0,5 m paksune. Muda ja vee piirilt tulev peegeldus on suhteliselt tugev, mis ühest küljest on selgitatav väikse veesügavusega (alla 1 m), kuid mis võib ka viidata sissekantud mineraalse komponendi suuremale sisaldusele settes.

Laviku paisjärvede põhja minimaalsete kõrguste pikiprofiil on toodud joonisel 15 (tähistatud musta joonega). Pikiprofiilide saamiseks projitseeriti georadari profiilide batümeetria andmed

paisjärve teljele ning seejärel ühendati minimaalse absoluutkõrgusega punktid, mis enamasti vastavad säängi põhjakõrgusele vastaval kaugusel paisjärve väljavoolust. Paisjärved olid oma sissevoolude lähistel madalad ja kinni kasvamas (v.a. Muike) ning seal ei pruukinud radariprofiilid sügavaimat säängi ületada. Tinglikult kirjeldab pikiprofiil Võsu jõe oru kallakut (ei arvesta jõe looklemisega). Sama põhimõtte alusel on koostatud ka teiste järvede pikiprofiilid. Võrdluse loomiseks nende aladega, kus jõe looklevas ja elupaikade mitmekesisus ning kvaliteet on looduses säilinud ja näha, koostati analoogsed võrdlusprofiilid ka kõrvalolevate orulõikude jaoks (joonise vasakpoolne osa).



Joonis 15. Võsu jõe oru lang jõesäängi piirkonnas asukohast Koljaku kuni Laviku paisjärve sissevoolu piirkond. Võsu jõe oru (sinine punktiirjoon) minimaalsed kõrguspunktid tähistavad Võsu jõe ligikaudset veetasapinda (punane joon). Must joon tähistab vee ja sette piiri paisjärve põhjas jõesäängi asukohtades, roheline punktiirjoon tähistab jõesäängi põhja kõrgust eeldusel, et sette paksus on säängi asukohas 0,5 m.

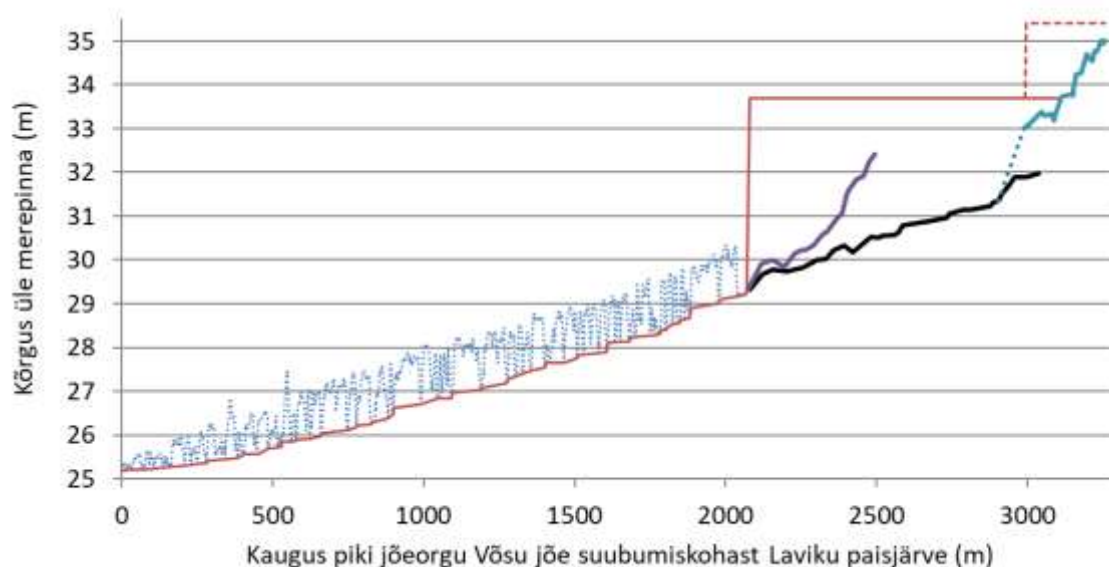
Eeltoodud joonise põhjal saab välja tuua, et suures osas on Võsu paisjärve põhjareljeef sarnane Võsu jõe paisutamata lõikudele allavoolu. Siiski tuleb tähele panna suuremat langu paisjärve väljavoolu piirkonnas, mis võiks tähistada kiirema veevooluga jõelõike loodusliku jõe puhul. Käsitledes Laviku paisjärve ja sellest vahetult allavoolu jäävat väiksema künnise poolt paisutatud jõelõiku ühise lõiguna, on paisutatud jõeoru lang isegi suurem, kui allavoolu jääval lõigul (4 m/km vs 3,1 m/km).

Lavikul on pikalt eksisteerinud vesiveski koos väikese paisjärvega, millel oli pikkust erinevate kaartide põhjal kuni mõnisada meetrit. Ajalooliste kaartide põhjal võib oletada, et Teise maailmasõja järgselt kuni 1970ndateni ei pruukinud paisjärve olemas olla. Seejärel paisud ning järved saavutasid oma tänapäevase suuruse. Need rajati maastiku ilmestamiseks ja kalakasvanduseks. Seoses kasvandusega lasti kohalike elanike mälestuste järgi järved iga paari aastase intervalliga tühjaks.

Muike järv on uuritud paisjärvedest kõige suurem ja sügavam. Maksimalne sügavus ulatub väljavoolu regulaatori lähedal kitsas sängis enam kui 4 meetrini, väljaspool sängi on sügavus 2,5–3,5 meetrit. Järve loodeosa Paasoja haru madaldub suhteliselt kiiresti ning ligikaudu 350 m kaugusel regulaatorist on sügavus alla meetri, järv kinni kasvav ja raskesti läbitav. Muike järve Võsu jõe haru on sügavam olles ka lõunapoolses otsa teljeosas 1,5–2 meetrit sügav.

Muike järve põhjas kulgev säng on suhteliselt sirge (Lisa 1) ja kitsas (4–6 m), kulgeb järve sügavamates osades peamiselt järve telje lähedal ning sängi suhteline sügavus on vahemikus 0,6–0,8 m. Järve madalamates osades (lõunaots ja Paasoja haru) on säng looklevam, võib esineda mitmeid haruojasid, sängi suhteline sügavus on alla 0,5 m ja kohati raskesti määratletav.

Muike järve põhi on kaetud õhukese mudakihiga, mille paksus on enamasti väiksem kui 0,2 m ja ainult sängiosas ulatub paksus maksimaalselt 0,5 meetrini. Mineraalpinnasesse lõikunud sängi põhi vahetult väljavoolu lähedal ei ole mudaga täidetud ja asub 4,3 meetri sügavusel järve pinnast, kõrgusel 29,4 m ümp (Maa-ameti 1 m kõrgusmudeli kohaselt on Muike järve veetase ligikaudu 33,7 m ümp; veetase tammist vahetult allapoole jäävas jõelõigus ligikaudu 29,2 m ümp).



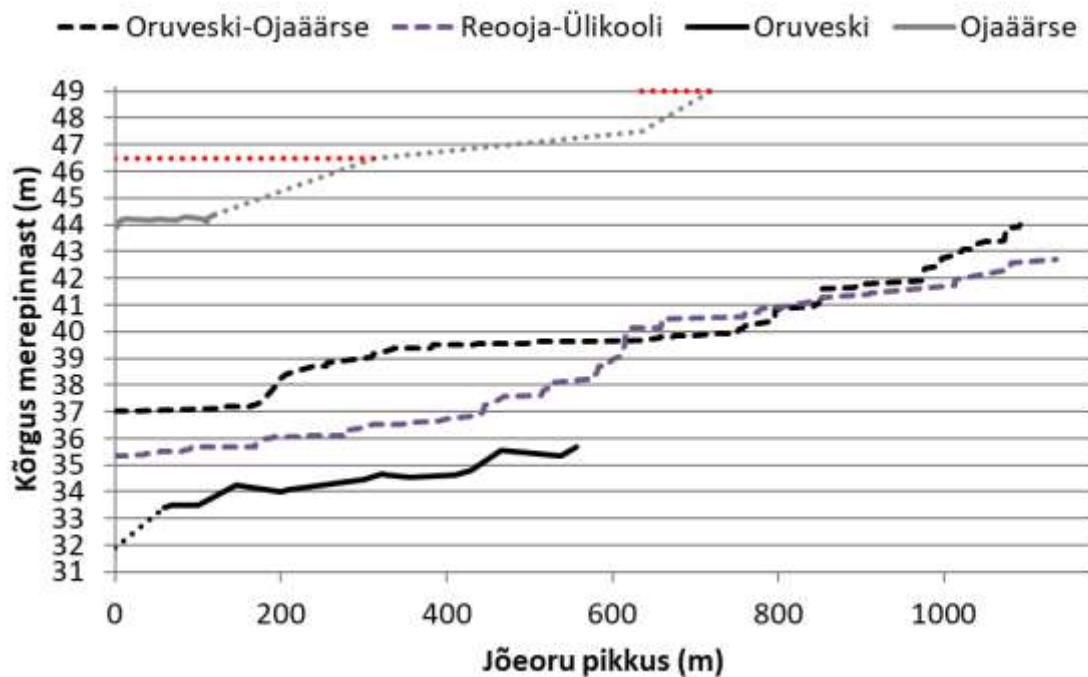
Joonis 16. Võsu jõe oru lang jõesängi piirkonnas Laviku paisjärve sissevoolust kuni Muike paisjärve sissevooludeni (mustaga on tähistatud Võsu jõe haru, lillaga Paasoja haru, helesinisega Reooja ehk Pikapõllu oja haru). Võsu jõe oru (tumesinine punktiirjoon) minimaalsed kõrguspunktid tähistavad Võsu jõe ligikaudset veetasapinda (punane joon), Reooja järve veetasapinda markerib punane katkendjoon. Must, lilla ja helesinine joon tähistavad vee ja jõesängi põhja/sette ligikaudset piiri paisjärves.

Eeltoodud joonisel 16 on näha, et Muike paisjärve alla jäävad eelduste poolest mitmed kiirema veevooluga ja sellest tulenevalt litofiilsete liikide jaoks kõrgema kvaliteediga jõe- ja ojalõigud. Võsu jõe haru puhul on suurim lang paisutuse all- ja ülaosas, Paasoja ja Pikapõllu oja harude puhul saab eeldada pea-aegu täies ulatuses suhteliselt kiire veevooluga ojalõigu jäämist paisjärvede (sh Reooja järv) mõjupiirkonna alla.

Oruveski järve sügavus on Muike järve poolses osas 3 meetrit, vahetult regulaatori lähedal sisselõikunud sängis kuni 3,8 meetrit (Oruveski järve tase ligikaudu 37,3 m ümp; Muike järve sügavus teisel pool tammi 1,8 m, veetase 33,7 m ümp). Järve sissevoolupoolne ots on madal sügavusega maksimaalse sügavusega vahemikus 0,5 kuni 1 meetrit. Sängiosa suhteline sügavus on vahemikus 0,6–0,8 m, kohati tundub säng olevat lameda põhjaga. Säng ei ole looklev. Oruveski järves esineb õhuke, maksimaalselt 0,1–0,2 m paksune muda kiht ainult järve sügavamas osas.

Reooja järves ei ole selgelt sisselõikunud sängi. Väljavoolu lähistel ulatub järve sügavus 2,5 meetrini (Reooja järve veetase u. 35,4 m ümp, sängi põhja kõrgus u. 32,9 m ümp; teisel pool tammi sängi põhi kõrgusel u. 31,1 m ümp), järve idaosas 0,3–0,5 meetrit. Sügavamas osas on mudakiht paksusega 0,1–0,2 m, kohati kuni 0,3 m. Järve madalamas osas esineb samuti kuni 0,2 m paksune kiht, kuid on ebaselge, kas tegu on mudaga või sisaldab see ka olulisel määral mineraalset materjali.

Ojaäärse paisjärves piiratud alal tehtud mõõtmiste andmetel oli vee sügavus 1,5–1,9 meetrit. Põhi on kergelt lainetav ja puudub selgelt sisselõikunud säng. Mudakiht on raskesti tõlgendatav. Kui see üldse esineb, siis laiguti väikeses (kuni 0,2 m) paksuses.



Joonis 17. Jõeoru lang jõesängi piirkonnas Võsu jõe lõikudel Oruveski paisjärv (must pidevjoon; punktiirjoon ühendab Muike järve ja Oruveski järve põhja kõrgused), Oruveski-Ojaäärse (must katkendjoon), Ojaäärse paisjärv (hall pidevjoon; hall punktiirjoon tähistab ligikaudseid põhjakõrguseid ülesvoolu aladel, sh Ojaäärse II paisjärve piirkonnas) ning Pikapõllu ojas lõigul Reooja järv-Reooja paisjärv (Ülikooli). Pidevjoon tähistab vee ja sette piirpinda paisjärves, katkendjoon ligikaudset veetasapinda jões. Oruveski paisjärve veetasapind on 37,3 m ümp, Ojaäärse paisjärvede ligikaudsed veetasapinna kõrgused on tähistatud punase punktiirjoonega.

Väga heade eeldustega litofiilse kalastiku seisukohast on Pikapõllu ojal asuvate paisude poolt mõjutatud lõigud (joonised 16 ja 17, tabel 3). Jõeoru lang jäi nendes piirkondades vahemikku 5,6-10,4 m/km. Sama saab öelda Paasoja alamjooksu kohta, mis jääb Muike paisjärve alla (lang 7.6 m/km) ning Võsu jõe Oruveski ja kohati ka Ojaäärse paisjärvede lõigus (lang 6,8 ja 3.5 m/km). Väga suur lang on Palmse oja piirkonnas.

Tabel 3. Võsu jõestiku vooluveekogude lõikude indikatiivne lang (jõeoru lang vooluveekogu sängi piirkonnas). V – vooluveekogu; p – paisu otsene mõjuala, pj – paisjärv; j – jõgi.

Tüüp	Lõik	Lang (m/km)
v	Võsu j Koljakust Lavikuni	3.1
p+p	Võsu j Laviku pj ja paisualuse künnise lõigus	4
v	Võsu j Laviku-Muike lõigus	2.1
p	Võsu j Muike pj lõigus	2.8
p	Paasoja Muike pj lõigus	7.3
p+p	Pikapõllu oja Reooja järve ja Muike pj lõigus	10.4
v	Pikapõllu oja Reooja järvest Reooja paisjärveni	7.6
p+v+p	Pikapõllu oja Reooja paisjärve alt Parkali paisjärve sissevooluni	ca 5.6
p	Võsu j Oruveski pj lõigus	6.8
v	Võsu j Oruveski-Ojaäärse lõigus	7.4
p+v+p	Võsu j Ojaäärse paisude lõigus	ca 3.5
p+p	Palmse I paisu alt Palmse kagupoolse tiigi sissevooluni	ca 19.5

Kalastik Võsu jõestikus, kalastiku seire tulemused.

Klass sõõrsuud

Selts silmulised

Sugukond silmlased

Jõesilm (*Lampetra fluviatilis*)

Jõesilm on merest jõkke kudema siirduv anadroomne liik, kudemiseks vajab kiirema veevooluga kruusaseid vooluveekogu lõike. Jõesilmu vastsed elavad aeglasema veevooluga lõikudes, kaevudes põhjasetetesse. Ületamatute rändetaksituste tekke korral hävib liik vooluveekogus takistustest ülesvoolu jäävatel aladel tavaliselt kolme aasta jooksul.

Kaitsestaatuselt on jõesilm EL loodusdirektiivi (92/43/EMÜ) lisas II ja V nimetatud liik, mille isendite elupaiku Lahemaa looduslal (Natura alal) ja ühtlasi selle koosseisu kuuluvas Võsu jõestikus kaitstakse. Jõesilm kuulub Võsu jõel tüübispetsiifiliste liikide hulka, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamine või säilitamine EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas jõesilmu seisundist. Seejuures on tegu indikaatorliigiga – häiringutele tundliku ja seisundi hindamisel kalastiku järgi esmatähtsa liigiga³⁶. Jõesilm kuulub kalamajanduslikult oluliste liikide hulka.

Võsu jõe alam- ja keskjooks ning oluline osa ülemjooksust jääb Lahemaa loodusala piiresse ja on seetõttu kaitstav Natura 2000 alana. Natura ala piiresse jäävad täies ulatuses lisavooluveekogud Lemuselja oja, Paasoja, Muike oja, Palmse oja (sh selle nimetu lisavooluveekogu); ligikaudu pooles ulatuses Pikapõllu oja ning Areda oja suudmelähedane ala. Natura 2000 kaitsealuseks elupaigatüübiks on jõgi kui elupaik, liikidest jõesilm. Tegevused, mis võivad halvendada jõe elupaigalist väärtust või jõesilmu asurkonna seisundit, pole Natura 2000 alal lubatud.

Jõesilm on Võsu jões levinud 10,4 km ulatuses ehk suudmest kuni Laviku paisuni. Laviku paisu all registreeriti jõesilmu 2017. aastal Eesti Loodushoiu Keskuse poolt läbiviidud püükidel³⁷.

³⁶ Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamismetoodika arendamine ja ajakohastamine. Leping 4-1/16/15 aruanne. Tellija: Keskkonnaministeerium. Täitjad: Rein Järvekülg, Peeter Pall. Tartu 2017.

³⁷ „Pisitigude ja sõõrsuude leviku täpsustamine 2016-2017. Osa 2: Ojasilmu ja jõesilmu leviku täpsustamine 2016-2017“. Projekti lõpparuanne. Eesti Loodushoiu Keskus. Tartu 2018

2019. aastal tuvastati, et suudmest 1,8 km kaugusel asuvat Mere paisu on tihendatud sedavõrd, et siirdelise eluviisiga kalaliikide jõudmine kõrgemale ülesvoolu oli oluliselt häiritud³⁸. Käesoleva uuringu käigus teostati püüke silmutorbikutega Laviku paisu all 2022. aasta sügistel, jõesilme ei registreeritud. Keskkonnaagentuuri poolt läbi viidava projekti CleanEst raames planeeritakse Mere ja Metsa paisul kalade rändetingimusi parandada, seetõttu jõesilmu võimalused rändel Laviku paisuni jõuda lähitulevikus paranevad.

Jõesilmule on ligipääsmatud Laviku paisust ülesvoolu jääv Võsu jõestiku lõigud lisavooluveekogud, mistõttu on jõesilm neil aladel hävinud staatusega liik. Jõesilmu elupaikade olemasolule ja potentsiaalsele sobivusele Laviku paisust ülesvoolu jäävatel aladel viitavad sarnaste elupaiganõudlustega ojasilmu registreeringud nendelt aladelt (vt ojasilmu alaptk).

Ojasilm (*Lampetra planeri*)

Ojasilm on magevees rändeid teostav potamodroomne liik, kudemiseks vajab kiirema veevooluga kruusaseid vooluveekogu lõike. Ojasilmu vastsed elavad aeglasema veevooluga lõikudes, kaevudes põhjasetetesse. Ületamatute rändetakistuste tekke korral vooluveekogu ojasilmu asurkond fragmenteerub alamasurkondadeks, kuid ei pruugi veel hävineda. Siiski on ojasilmu jaoks elupaikade sidusus oluline, kuna nt mingil põhjusel (nt reostus, veekogu läbikuivamine, koelmualade kadu, vee temperatuuri tõus) hävinud või oluliselt nõrgenenud alamasurkond ei suuda taastuda ilma, et rändeteed vooluveekogus oleksid sõltuvalt konkreetsest olukorrast üles- või allavoolu suunal avatud.

Ojasilm kuulub Võsu jõel tüübispetsiifiliste liikide hulka, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamine või säilitamine EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas ojasilmu seisundist. Seejuures on tegu indikaatorliigiga – häiringutele tundliku ja seisundi hindamisel kalastiku järgi esmatähtsa liigiga.

Ojasilm on Võsu jõestikus paisude ja suurte paisjärvede mõjul fragmenteerunud mitmeks alamasurkonnaks. Lõigul Võsu jõe suudmest kuni Laviku paisuni on ojasilmu registreeritud vähearvukalt Laviku paisu all 2017. aasta maikuus (Eesti Loodushoiu Keskuse andmed). Sealt

³⁸ Viru alamvesikonnas asuvate rändetakistuste aruanne (C.11). Keskkonnaagentuur. Tallinn 2021.

ülesvoolu jäävas Laviku paisjärve sissevoolu ja Muike paisu vahelises jõelõigus registreeriti ojasilmu vastseid käesoleva uuringu käigus (8 isendit, TL 50-65 mm). Vastseid leidis kirjeldatud lõigu kesk- ja ülaosas. Sealt ülesvoolu on jõgi 1,9 km ulatuses paisutatud järjestikku Muike ja Oruveski II paisude poolt, ojasilmu koelmualad on üle ujutatud. Oruveski II paisjärve sissevoolust kuni Ojaäärse I paisuni jäävas jõelõigus olid ojasilmu vastsed püükides esindatud. A kvaliteedilises elupaigas teostatud püügil hinnati ojasilmu seisund soodsaks. Ojasilme leidub arvukalt ning nende seisund on soodne ka Ojaäärse II paisust ülesvoolu jääval lõigul, püük toimus jõe ülemjooksul Lahemaa loodusala piirist ca 100 m ülesvoolu. Kolme ruutmeetri suurusel alal registreeriti 20 silmuvastset pikkusega 55-130 mm, lisaks üks ojasilmu metamorfeerunud isend. Püügiala kvaliteet oli A ja hinnanguline püügiefektiivsus 20%.

Ojasilmu seisundit hinnati lisaks Võsu jõele ka sinna suubuvates vooluveekogudes. Paasojal teostati püük alam- ja keskjooksu piiril Muike paisjärvest ca 800 m ülesvoolu. Paasoja on selles lõigus loodusliku sängiga ja pakub ojasilmule väga kvaliteetseid elupaiku. Ojasilmu seisund oli soodne, 1,5 ruutmeetrisel alal registreeriti 8 ojasilmu vastset (TL 40-90 mm). Seevastu Palmse oja alamjooksul Palmse I paisu aluses lõigus teostatud ojasilmu vastsete püügil ojasilme ei registreeritud. Selles lõigus on oja nii üles- kui allavoolu tugevalt paisjärvedest mõjutatud. Kord hävinud jõekalastikul on siin lõigus taastumine raskendatud suuresti seepärast, et Oruveski II paisu suur paisutuskõrgus ujutab üle Võsu jõe ja Palmse oja ühinemiskoha, mistõttu on jõekalastikul tugevalt häirunud Võsu jõest Palmse oja liikumine. Ojasilm puudus püükides ka Võsu jõe suurimas lisavooluveekogus ehk Pikapõllu ojas. Püügid teostati Reooja paisjärvest (Revoja paisust) üles- ja allavoolu kahel B kvaliteediga alal. Ei saa välistada, et ojasilm Reojas siiski elutseb, oja pakub selleks häid elupaiku. Hüdroloogilise režiimi sobivust kinnitab teiste kalaliikide olemasolu ojas (sh forell). Iseeneslikku taasasustamist ehk ojasilmu liikumist Võsu jõest Reooja taksitavad mitmed paisud ja paisjärved (Reooja järv, Oruveski järv, Muike järv).

Klass luukalad

Selts lõhelised

Sugukond lõhilased

Meriforell (*Salmo trutta morpha trutta*)

Meriforell on merest jõkke kudema siirduv forelli anadroomne vorm. Kudemiseks vajab meriforell kiirema veevooluga kruusaseid vooluveekogu lõike. Meriforelli noorjärgud elavad tavapäraselt kaks aastat vooluveekogu kiirema veevooluga lõikudes laskudes seejärel merre. Meriforelli levila piiresse jääva ületamatu rändetakistuse korral takistusest ülesvoolu meriforell kui liigisisene vorm hävib.

Meriforell kuulub Võsu jõel tüübispetsiifiliste taksonite hulka, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamine või säilitamine EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas meriforelli seisundist. Seejuures on tegu indikaatorliigiga – häiringutele tundliku ja seisundi hindamisel kalastiku järgi esmatähtsa liigiga. Meriforelli elupaigad Võsu jõe lõigul Laviku paisust suudmeni kuuluvad Keskkonnaministri määruse nr 73 (15.06.2004) alusel lõhe, jõeforelli, meriforelli ja harjuse kudemis- ja elupaikade nimistusse, ning on tänu sellele täiendavalt kaitstud. Meriforell kuulub kalamajanduslikult oluliste liikide hulka³⁹.

Võsu jõestikus asuvad meriforelli elupaigad on paisudest tingituna ligipääsetavad vaid 10,4 km ulatuses ehk suudmest kuni Laviku paisuni. Enamus ajaloolistest forelli koelmutest on paisude tõttu hävinud või siirdekaladele kättesaamatud⁴⁰. Ligipääsetavas jõelõigis asub 0,42 ha taastootmisalasid ning potentsiaalne meriforelli laskujate hulk on 402 isendit. 2007. aastal kogu alamjooksu hõlmava kalastiku püügi käigus selgus, et kõrgem on forelli arvukus jõe allosas ja madalam ülaosas⁴¹. Forelli registreeriti Laviku paisu all ka käesoleva uuringu käigus.

³⁹ KALAKASVATUSLIKU TAASTOOTMISE TEGEVUSKAVA 2017–2019, perspektiiviga kuni 2023. Ohustatud sh kaitsealuste ja vääriskalaliikide seisundi parandamiseks vajalikud meetmed ja eelistatud tegevused. Andrei Baikov, Riho Gross, Margo Hurt, Ain Järvalt, Heiki Jaanuska, Rein Järvekül, Martin Kesler, Kunnar Klaas, Teet Krause, Tiit Paaver, Meelis Tambets, Anti Vasemägi, Aare Verliin, Ene Saadre. Tartu 2017.

⁴⁰ EESTI KALANDUSSEKTORI RIIKLIKU TÖÖKAVA TÄITMINE 2024. AASTAL. Osa: Lõhe ja meriforell. TÜ Eesti Mereinstituut. Martin Kesler, Roland Svirgdsen, Imre Taal. Tartu 2023.

⁴¹ „Eesti meriforelli kudejõgede taastootmispotentsiaali hindamine ning võimalikud rehabilitatsioonimeetmed“. EMÜ PKI Limnoloogiakeskus / TÜ Eesti Mereinstituut. R. Järvekül, M. Kesler, M. Kangur. Tartu 2008.

Jõeforell (*Salmo trutta morfa fario*)

Jõeforell on magevees rändeid teostav potamodroomne forelli vorm. Samuti võib osa meriforelli järglaskonnast jääda paikseks, pannes jõeforelli asurkonnale seeläbi aluse või siis seda tugevdada. Jõeforell vajab kudemiseks kiirema veevooluga kruusaseid vooluveekogu lõike. Jõeforelli noorjärgud elavad kiirema veevooluga jõe- või ojalõikudes. Ületamatute rändetakistuste korral jõeforelli asurkond fragmenteerub alamasurkondadeks, kuid ei pruugi veel hävineda. Siiski on jõeforelli jaoks elupaikade sidusus oluline, kuna mingil põhjusel (nt reostus, veekogu läbikuivamine, koelmualade kadu, vee temperatuuri tõus) hävinud või oluliselt nõrgenenud alamasurkond ei suuda ise taastuda ilma, et rändeteed vooluveekogus oleksid sõltuvalt konkreetsest olukorrast üles- või allavoolu suunal avatud.

Jõeforell kuulub Võsu jõel tüübispetsiifiliste taksonite hulka, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamine või säilitamine EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas jõeforelli seisundist. Seejuures on tegu indikaatorliigiga – häiringutele tundliku ja seisundi hindamisel kalastiku järgi esmatähtsa liigiga. Jõeforelli elupaigad Võsu jõe lõigul Laviku paisust suudmeni kuuluvad Keskkonnaministri määruse nr 73 (15.06.2004) alusel lõhe, jõeforelli, meriforelli ja harjuse kudemis- ja elupaikade nimistusse ning on tänu sellele täiendavalt kaitstud. Jõeforell kuulub kalamajanduslikult oluliste taksonite hulka.

Võsu jõestik on teada jõeforelli olemasolu jõe alamjooksul, teateid on jõeforelli registreeringutest ka suurtest paisudest ülesvoolu jäävatel aladel. Käesoleva uuringu käigus keskenduti forelli puhul Laviku paisust ülesvoolu jäävatele piirkondadele. Lõigul Laviku paisjärv kuni Muike pais forelli ei registreeritud. Nähtavasti on sellel jõelõigul forell hävinud või on arvukus äärmiselt madal. Kudemisvõimalused sellel lõigul on piiratud ja sõltuvad koprapaisude poolt üleujutatavate alade paiknemisest. Oluline negatiivne mõjutegur forelli jaoks on paisjärvedest tulenev vee temperatuuri tõus. Forell ei registreeritud Võsu jões ka Oruveski II paisjärve sissevoolust kuni Ojaäärse I paisuni jäävas jõelõigus ning Ojaäärse II paisust ülesvoolu jääval lõigul. Lisavooluveekogudes teostatud püükidest (Paasoja, Pikapõllu oja, Palmse oja) registreeriti forelli vaid Pikapõllu ojas. Jõeforelli leidis Revoja paisust nii alla- kui ülesvoolu jäävates lõikudes.

Harjus (*Thymallus thymallus*)

Harjus on magevees rändeid teostav potamodroomne liik. Reofiilne liik, elutseb jaheda ja hapnikurikka veega jõgedes. Harjus vajab kudemiseks kiirema veevooluga kruusaseid vooluveekogu lõike. Harjuse noorjärgud elavad kiirema veevooluga jõe- või ojalõikudes. Ületamatute rändetakistuste korral harjuse asurkond fragmenteerub alamasurkondadeks, kuid ei pruugi veel hävineda. Siiski on harjuse jaoks elupaikade sidusus oluline, kuna mingil põhjusel (nt reostus, veekogu läbikuivamine, koelmualade kadu, vee temperatuuri tõus) hävinud või oluliselt nõrgenenud alamasurkond ei suuda ise taastuda ilma, et rändeteed vooluveekogus oleksid sõltuvalt konkreetsest olukorrast üles- või allavoolu suunal avatud.

Eesti Looduskaitseaduse kohaselt kuulub harjus III kaitsekategooriasse, rakendub isendikaitse ja osaliselt ka elupaikade kaitse. Harjuse elupaigad Võsu jõe lõigul Laviku paisust suudmeni kuuluvad Keskkonnaministri määruse nr 73 (15.06.2004) alusel lõhe, jõforelli, meriforelli ja harjuse kudemis- ja elupaikade nimistusse ning on tänu sellele täiendavalt kaitstud. Harjust on Võsu jõel käsitletud tüübispetsiifilise liigina, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamise või säilitamise EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas harjuse seisundist. Vaatamata Looduskaitseadusest tulenevale isendikaitsele on vastavalt kalakasvatustliku taastootmise tegevuskavale harjuse puhul olemas püügihuvi ja taastootmine koos levila laiendamisega asustamiste kaudu on piirkonniti vajalik ning võimaldab tulevikus püüki.

Käesoleva uuringu käigus harjust Võsu jões ei registreeritud. Võsu jõe harjuse asurkonna arvukust on loetud väga madalaks ning teadaolevalt on asuala väga piiratud⁴². Vajalik on selles jões uurida harjuse täpsemat levikut ja püüasurkonna väljakujunemise eeldusi.

⁴² Harjuse (*Thymallus thymallus*) kaitse tegevuskava. Thymallus OÜ, Eesti Loodushoiu Keskus, TÜ Eesti Mereinstituut.

Selts haugilased

Sugukond hauglased

Haug (*Esox lucius*)

Haug on nii magevees rändeid tegev aga ka mere ja magevee vahel liikuv amfidroomne kalaliik. Kuulub elupaika vähevalivate eurütoopsete kalade hulka, koeb taimestikule (fütofiilne). Pikemaid rändeid teostab kudemisperioodil, rändeteede avatus on oluline.

Haug on Võsu jões tüübispetsiifiline liik, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamine või säilitamine EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas haugi seisundist. Kalakasvatustliku taastootmise tegevuskava paigutab haugi liikide hulka, mis on kalamajanduslikult olulised, kuid mitte ohustatud liigid, mille püügivaru suurendamine taastootmise kaudu on soovitatav tööndusliku või harrastuspüügi arengu huvides või seisundi halvenemisel teatud piirkondades liigikaitse eesmärgil.

Haugi olemasolu on teada Võsu jõe alam- ja keskjooksul, kus seda liiki saab lugeda ka tüübiomaseks liigiks. Haugi on registreeritud Laviku paisu all (Järvekülg, Kesler, Kangur 2008), käesoleva uuringu käigus ka Laviku ja Muike paisjärvede vahelisest jõelõigust (4 isendit TL 25-30 cm). Paisjärvedes teostatud püükide käigus registreeriti haugi mitmes Võsu jõe paisutatud lõigus - Muike ja Oruveski paisjärves, samuti Pikapõllu ojal asuvas Reooja järves.

Selts karpkalalised

Sugukond karpkalalased

Särg (*Rutilus rutilus*)

Särg on magevees rändeid teostav potamodroomne kalaliik (esineb ka siirdelisi asurkondi). Kuulub elupaika vähevalivate eurütoopsete kalade hulka, koeb nii taimestikule kui ka kividele (fütolitofiilne). Särje jaoks on rändeteede avatus oluline, kuid vajalik on see tagada vaid nendele asurkondadele, kus särg on tüübiomane kalaliik.

Võsu jõe kui loodusliku veekogu puhul ei kuulu särge tüübiomaste kalaliikide hulka. Seega särje olemasolu ja seisund vooluveekogumi seisundit kalastiku järgi looduslike veekogude puhul ei mõjuta (nt lõigul Laviku paisust Võsu jõe suudmeni).⁴³

Särje olemasolu oli tõestatud Võsu jõe alamjooksul lõigul kuni Laviku paisuni (Järvekülg, Kesler, Kangur 2008; Pall jt 2011; Eesti Loodushoiu Keskuse püügid 2017. aastal) ning Laviku ja Muike vahelisel jõelõigul.⁴⁴ Käesoleva uuringu käigus registreeriti särge Laviku ja Muike vahelisel jõelõigul (4 is, TL 5-12 cm). Paisjärvedes oli särge suhteliselt levinud Laviku paisjärves, Muike paisjärves ja Oruveski paisjärves. Üksikuid isendeid leidis ka Ojaäärse paisjärves ja Reooja järves.

Roosärg (*Scardinius erythrophthalmus*)

Roosärg on magevees rändeid teostav potamodroomne kalaliik. Kuulub füto- ja limnofiilsete kalade sekka, koeb taimestikule ja vajab eluks seisuveelist või aeglase veevooluga elukeskkonda.

Võsu jõe kui loodusliku veekogu puhul ei kuulu roosärg tüübiomaste kalaliikide hulka. Seega roosärje olemasolu ja seisund vooluveekogumi seisundit kalastiku järgi looduslike veekogude puhul ei mõjuta.

Roosärje noorjärke registreeriti käesoleva uuringu käigus suhteliselt arvukalt Muike paisjärves. Varasemaid registreeringuid Võsu jõestikus pole teada.

Lepamaim (*Phoxinus phoxinus*)

Lepamaim on magevees rändeid teostav potamodroomne kalaliik. Kuulub lito- ja reofiilsete kalade sekka, eelistab jahedat vooluvett (15-20 °C), koeb kruusale.

⁴³ Võsu jõe kogum lähtest Laviku paisuni on määratud tugevasti muudetud veekogumiks, mis võib mõjutada sealset tüübispetsiifiliste kalaliikide nimestikku.

⁴⁴ Operatiivseire korraldamine 2020. Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Tartu 2021

Lepamaim on Võsu jõestikus (sh lisavooluveekogudes) tüübispetsiifiline liik, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamine või säilitamine EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas lepamaimu seisundist.

Lepamaimu on korduvalt registreeritud Võsu jõe alamjooksu lõigul kuni Laviku paisuni (Järvekülg, Kesler, Kangur 2008; Pall jt 2011; Eesti Loodushoiu Keskuse ja Keskkonnaagentuuri püügid 2017., 2019. ja 2020. aastal). Käesoleva uuringu käigus registreeriti lepamaimu jällegi ainult Laviku paisust allavoolu jäävas jõelõigis. Senised püügiandmed viitavad, et Laviku paisust ülesvoolu jäävas Võsu jõestiku osas on lepamaim hävinud või väga vähearvukas liik.

Mudamaim (*Leucaspis delineatus*)

Füto- ja limnofiilne potamodroomne kalaliik. Eelistab seisvat või aeglase vooluga vett, on paikse eluviisiga. Hoidub kergemini läbisoojenevatesse rikkaliku taimestikuga aladele.

Võsu jõe kui loodusliku veekogu puhul ei kuulu mudamaim tüübiomaste kalaliikide hulka. Seega mudamaimu olemasolu ja seisund vooluveekogumi seisundit kalastiku järgi looduslike veekogude puhul ei mõjuta.

Mudamaimu registreeriti käesoleva uuringu käigus suhteliselt arvukalt Laviku ja Muike paisjärvede vahelisest jõelõigust. Lisaks leidis mudamaimu Laviku, Muike ja Oruveski paisjärves ning Reooja järves. Ojaäärse paisjärves mudamaimu ei registreeritud. Varasemaid registreeringuid Võsu jõestikus pole teada.

Linask (*Tinca tinca*)

Linask on magevees rändeid teostav potamodroomne kalaliik. Eelistab hästi soojeneva seisva veega taimestikurikkaid mudase põhjaga alasid. Talub hapnikupuudust (kuni 0,3 mg/l) ja kõrget vee temperatuuri (kuni 40 °C).

Võsu jõe kui loodusliku veekogu puhul ei kuulu linask tüübiomaste kalaliikide hulka. Seega linaski olemasolu ja seisund vooluveekogumi seisundit kalastiku järgi looduslike veekogude puhul ei mõjuta. Kalakasvatustliku taastootmise tegevuskava paigutab linaski liikide hulka, mis on kalamajanduslikult olulised, kuid mitte ohustatud liigid, mille püügivaru suurendamine

taastootmise kaudu on soovitatav tööndusliku või harrastuspüügi arengu huvides või seisundi halvenemisel teatud piirkondades liigikaitse eesmärgil.

Linaskit registreeriti suhteliselt arvukalt Laviku paisjärves. Teistes paisjärvedes või jõestiku vooluveelistes osades linaskit ei registreeritud. Märgistatud linaskite kohta pole taaspüügiteateid saabunud, mis viitab madalale püügisurvele. Laviku paisjärv on avalikult kasutatav veekogu. Linaski rohkus võib võimendada hapnikuvaegust paisjärves setete suspenseerimise ja vee läbipaistvuse vähendamise teel.

Rünt (*Gobio gobio*)

Rünt on peamiselt magevees rändeid teostav potamodroomne kalaliik. Elab puhtaveelistes ojades, jõgedes, harvem ka järvedes. Koeb kividele ja veetaimede juurtele või isegi liivale.

Võsu jõe alamjooksul suudme eelses lõigus saab rünti pidada tüübiomaseks kalaliigiks. Võsu jõestikus on rünti registreeritud 2023. aasta sügisel Mere paisu all (Keskkonnaagentuuri andmebaas).

Sugukond hinklased

Trulling (*Barbatula barbatula*)

Trulling on magevees rändeid teostav potamodroomne kalaliik. Eelistab kiiret veevoolu ja kruusast-kivist põhja.

Trulling on Võsu jõestikus (sh lisavooluveekogudes) tüübspetsiifiline liik, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamine või säilitamine EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas trullingu seisundist.

Trullingut on korduvalt registreeritud Võsu jõe alamjooksu lõigul kuni Laviku paisuni (Järvekülge, Kesler, Kangur 2008; Pall jt 2011; Eesti Loodushoiu Keskuse ja Keskkonnaagentuuri püügiandmed 2016., 2017., 2019. ja 2020. aastal), samuti Laviku ja Muike vahelisel jõelõigul (EKUK 2021). Käesoleva uuringu käigus registreeriti trullingut nii Laviku paisust allavoolu jäävas jõelõigul kui ka Laviku ning Muike paisjärve vahelises jõelõigul. Samuti seal ülesvoolu Pikapõllu ojas. Teistes Võsu jõe lõikudes ja lisavooluveekogudes trullingut ei registreeritud.

Selts tursalised

Sugukond tursklased

Luts (*Lota lota*)

Jõgedes, järvedes ja rannikumeres elav kalaliik. Koeb liiva-kruusa-kividega kaetud kõval põhjal. Võib sooritada pikemaid rändeid, rändeteede avatus oluline.

Luts on Võsu jõestikus (sh lisavooluveekogudes) tüübispetsiifiline liik, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamine või säilitamine EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas lutsu seisundist.

Lutsu registreeringuid Võsu jõestikus pole teada. Ilmselt on lutsu arvukus Võsu jõestikus väga madal.

Selts ogalikulased

Sugukond ogaliklased

Ogalik (*Gasterosteus aculeatus*)

Kalaliik, millel osa asurkonnast on siirdelise eluviisiga. Kuulub laia ökoloogilise amplituudiga kalade hulka. Teostab rändeid merest jõgedesse, seetõttu vajab vooluveekogudes avatud rändeteede olemasolu.

Ogalik on Võsu jõe alamjooksul tüübiomane liik, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamine või säilitamine EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas ogaliku seisundist. Ogaliku olemasolu jões saab eeldada kevad- ja suvekuudel, tavapäraselt kuni juulikuuni.

Ogalikku on registreeritud 2023. aasta maikuus Mere paisu all läbiviidud püügi käigus (Keskkonnaagentuuri andmebaas).

Luukarits (*Pungitius pungitius*)

Elupaika vähevaliv kalaliik, kellel võib mõningatel andmetel esineda lisaks paiksematele vormidele ka (anadroomseid) rändeid tegevaid vorme⁴⁵.

Luukarits on Võsu jõestikus (sh lisavooluveekogudes) tüübispetsiifiline liik, mis tähendab, et vooluveekogu vähemalt hea ökoloogilise seisundi või potentsiaali saavutamine või säilitamine EL veeraamdirektiivi (2000/60/EÜ) mõistes sõltub muuhulgas luukaritsa seisundist.

Võsu jõe alamjooksul on luukaritsat registreeritud 2023. aasta maikuus Mere paisu all (Keskkonnaagentuuri andmebaas). Lisaks registreeriti luukaritsat käesoleva uuringu käigus Võsu jõe ülemjooksul Ojaäärse II paisu all, samuti antud paisu poolt paisutatud jõelõigust ülesvoolu jäävalt alalt. Luukaritsat leidis ka Võsu jõe lisades, Pikapõllu ojas ja Paasojas.

Selts ahvenalised

Sugukond ahvenlased

Ahven (*Perca fluviatilis*)

Elupaiga suhtes vähevaliv kalaliik. Sooritab ulatuslikke rändeid, mistõttu võib vooluveekogudes (sõltuvalt vooluveekogu tüübist) vajada rändeteede avatust.

Võsu jõe kui loodusliku veekogu puhul ei kuulu ahven tüübiomaste kalaliikide hulka. Seega ahvena olemasolu ja seisund vooluveekogumi seisundit kalastiku järgi looduslike veekogude puhul ei mõjuta.

Ahvenat on registreeritud Võsu jõe alamjooksu lõigul kuni Laviku paisuni (Järvekül, Kesler, Kangur 2008; Eesti Loodushoiu Keskuse püügiandmed 2017; Keskkonnaagentuuri püügiandmed 2023), samuti Laviku ja Muike vahelisel jõelõigul (EKUK 2021). Käesoleva uuringu käigus registreeriti ahvenat samuti Laviku ning Muike paisjärve vahelises jõelõigust aga ka Oruveski ja Ojaäärse paisjärvede vahelisest jõelõigust. Lisavooluveekogudes registreeriti ahvenat vooluveelistes elupaikades vaid Palmse ojas paisjärvedest allavoolu jäävas lõigus.

⁴⁵ Arai, T., Goto, A. Flexible Life History Strategies of Ninespine Sticklebacks, Genus *Pungitius*. *Environ Biol Fish* 74, 43–50 (2005). <https://doi.org/10.1007/s10641-005-3221-5>

Noort samasuvist ahvenat leidis seal ka astangutel, kuhu see liik sai sattuda vaid laskuva rände käigus. Paisjärvedes teostatud püükide kohaselt leidub ahvenat Laviku, Muike, Oruveski paisjärves ja Reooja järves

Teadmata staatusega kalaliigid ja jõevähk

On viiteid turva olemasolu kohta Võsu jões.⁴⁶ Teadaolevalt pole registreeritud Võsu jõestikus järgmisi liike, kuid nende olemasolu või sattumine antud jõestikku võib olla võimalik: teib, turb, vimb, võldas.

Kalastiku seire käigus registreeriti jõevähki Võsu jões Laviku paisu all (samuti suudme lähedal Mere paisu all, Keskkonnaagentuur, 2023). Jõevähk oli suhteliselt sage liik püügilõigul Laviku paisjärvest Muike paisjärveni. Küllaltki arvukalt oli jõevähk püükides esindatud Pikapõllu oja erinevates lõikudes ehk mõlemal pool Reooja paisjärve, samuti leidis jõevähki sealt allavoolu Reooja järves.

⁴⁶ A. Järvekülg. Eesti Jões. Tartu, 2001.

Soovitused

Võsu jõestik asub valdavas ulatuses Natura looduslal, kus kaitstavaks elupaigatüübiks on jõed ja ojad (3260). Jõestik on elupaigaks (reaalseks ja endiseks ehk potentsiaalseks) EL loodusdirektiivi liigile jõesilm. Alamjooks kuni Laviku paisuni kuulub lõhe, jõeforelli, meriforelli ja harjuse kudemis- ja elupaikade nimistusse. Võsu jõestik pakub elupaika kalamajanduslikult olulistele liikidele, mis enamuses vajavad eluks ritraalseid vooluveekogu lõike (meriforell, jõeforell, jõesilm). Võsu jõestiku vooluveekogude ning kalastiku ökoloogilist seisundit tuleb parandada ning ära hoida seisundi halvenemine. Võttes eeltoodut arvesse on äärmiselt oluline tegeleda Võsu jõestiku vooluveekogudele ja elustikule avalduvate surveteguritega.

Ülekaalukaim survetegur Võsu jõestikus on paisud, mis põhjustavad külgnevates lõikudes ulatuslikult vee temperatuuri tõusu, vee hapnikusisalduse langust, elupaikade kvaliteedi langust settereostuse tõttu, rännete tõkestatust vee-elustiku jaoks, kriitilistel perioodidel vooluhulkade vähenemist paisjärve pinnalt aurumise läbi.

Ennekõike on vajalik tegeleda paisude probleemistikuga. Oluline on pikemas perspektiivis võtta suund paisude eemaldamisele ja paisualuste jõelõikude looduslikkuse taastamisele. Eeldused looduslikkuse taastamiseks on head, radariuuringuga ei tuvastatud vooluveesängide rikkumist nt sirgendamise teel.

Paisude eemaldamine on parim viis tagamaks kalade rändeteede avatust ning loomulikku settetransporti allavoolu. Kaoks liigsest vee soojenemisest tekkinud probleemid külmaveelembestele kaladele (nt kalade võimalik haigestumine haigustekitaja *T. bryosalmonae* tõttu, aga ka stressi vähenemine ja toitumisperioodi pikenemine külmaveelembeste kalade jaoks). Samuti paraneksid allavoolu jäävates jõelõikudes hapnikuolud, mis hetkel võivad suviti langeda paisualustes lõikudes enamuse kalastiku jaoks vastuvõetamatult madalale.

Olukordades, kus paisu pole võimalik täielikult eemaldada, tuleks alternatiivina vähendada paisude paisutuskõrguseid. See võimaldaks vähendada paisjärvedest tingitud soojusreostust allavoolu jäävale jõelõigule, kohati taastada ka väärtuslikumaid elupaiku ja luua nende vahel ühendus (nt Muike paisjärve puhul). Vooluveekogude taastamine nende suubumiskohas soodustaks elustiku osalist iseeneslikku taastumist vooluveekogu kõrvalharudes. Kui paisjärv jääb nt osaliselt püsima, tuleb kalade rännete tagamiseks kaaluda kalapääsude rajamist.

Praeguse suurusega paisjärvede puhul (nt Laviku, Muike) võib paisjärv oluliselt langetada kalapääsu efektiivsust, kuna paisjärve ei pruugi rändel olevad kalad suuta läbida. Selguse saamiseks oleks vajalik läbi viia vastav uuring (keskendudes eelkõige jõesilmule).

Käesolev uuring toob välja, et vajalik on loobuda põhjalähedasest veevõtust planeeritava Laviku HEJ puhul. Laviku paisjärve põhjalähedane veekiht ja keskmine veekiht on ulatuslikult anoksilised. Vajalik on muuta keskkonnakaitseluba registrinumbriga KL-515480. Planeeritav Laviku HEJ kujutab ohtu allavoolu jäävale jõelõigule tervikuna ka täiendavatel põhjustel. Välistada ei saaks HEJ automaatikast tingitud rikkeid, jõe veevoolu täielikku katkemist või vooluhulkade vähenemist sagedusel ja ulatuses, mis mõjutavad allavoolu jäävat elustikku ja elupaiku negatiivselt ja olulisel määral.

Lisa 1. Võsu jõe paisjärvede radariuuring

(pdf fail lisatud eraldi aruandena)