



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 95/2023

Patoaltaiden kalayhteisöt

Kolmen seurantamenetelmän vertailu.

Teppo Vehanen, Ari Huusko, Riina Huusko ja Pauliina Louhi

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 95/2023

Patoaltaiden kalayhteisöt

Kolmen seurantamenetelmän vertailu.

Teppo Vehanen, Ari Huusko, Riina Huusko ja Pauliina Louhi



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment



Maa- ja metsätalousministeriö
Jord- och skogsbruksministeriet
Ministry of Agriculture and Forestry

Viittausohje:

Vehanen, T., Huusko, A., Huusko, R. & Louhi, P. 2023. Patoaltaiden kalayhteisöt : Kolmen seurantamenetelmän vertailu. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 95/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 55 s.

Teppo Vehanen ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0003-3441-6787>



ISBN 978-952-380-798-3 (Painettu)

ISBN 978-952-380-799-0 (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-799-0>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Teppo Vehanen, Ari Huusko, Riina Huusko ja Pauliina Louhi

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2023

Julkaisu vuosi: 2023

Kannen kuva: Oulujoen Montan voimalaitoksen ympäristöä, Luonnonvarakeskus

Tiivistelmä

Teppo Vehanen¹, Ari Huusko², Riina Huusko³ ja Pauliina Louhi³

¹ Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

² Luonnonvarakeskus, Manamansalontie 90, 88300 Paltamo

³ Luonnonvarakeskus, Paavo Havaksentie 3, 90570 Oulu

Tässä työssä testattiin verkkokoekalastuksen, venesähkökalastuksen ja eDNA-menetelmän soveltuvuutta patoaltaiden kalayhteisöjen seurantaan sekä tuotiin esille eDNA-menetelmän jatkokehittämiseen tarvittavia toimenpiteitä ja suosituksia. Samalla rakennettiin tietopohjaa vesipuitedirektiivin mukaisissa kalastoseurannoissa käytettyjen indeksien kehittämistyöhön.

Menetelmien väliseen vertailuun valittiin Kemijoen, Iijoen, Oulujoen ja Vuoksen vesistöalueiden alaosien kaksi patoallasta, missä jokaisessa toteutettiin venesähkökalastus, koeverkkokalastus sekä eDNA-näytteenotto vuosina 2021–2023. Kolmesta menetelmästä eniten, eli 26 taksonia havaittiin eDNA-menetelmällä. Näihin taksoneihin sisältyi kuitenkin myös heimo- tai sukutasolle jääneitä tuloksia, joten todellinen lajimäärä on pienempi. Koeverkkokalastuksessa havaittiin 15 lajia ja sähkökoekalastuksessa 14 lajia, ja näissä lajimääritys on varmempaa. eDNA-menetelmällä havaittiin kuitenkin myös tavallisesti kalastoseurantojen ulkopuolelle jääviä lajeja, esimerkiksi ankerias. Vaikka lajimäärät ovat pienempiä sähkö- ja verkkokalastuksessa, niissä saadaan samalla tietoa myös kalaston runsaussuhteista sekä ikärakenteesta.

eDNA-menetelmien käyttäminen vaatii vielä toteutustapojen vertailua ja vakioimista erilaisissa ympäristöissä sekä erityisesti kansallisen kalatietokannan toteuttamista ennen menetelmien käyttämistä esimerkiksi biodiversiteettitutkimuksissa tai VPD:n mukaisissa seurannoissa.

Työssä sovellettiin myös luonnonvesiin kehitettyjä ekologisen luokittelun indeksejä patoaltaiden tilan arviointiin. Koeverkkokalastukseen pohjautuvalla ELS4-indeksillä laskettuna patoaltaat vastasivat hyvää tai erinomaista tilaa, kun vertailuarvoina käytettiin suurten humusjärvien arvoja. Sähkökalastukseen pohjautuvalla FiFI-jokikalaindeksillä laskettuna tarkastellut alueet luokittoivat välttävään tai tyydyttävään ekologiseen tilaan. Näissä arvioissa täytyy kuitenkin muistaa, että voimakkaasti muutetuissa vesissä tilatavoitteet ovat erilaisia kuin luonnonvesissä ja tässä raportissa esitetyt luvut eivät ole todellisia arvioita tai laskelmia patoaltaiden tavoitellusta. Vastaavia indeksejä ei vielä ole olemassa eDNA-menetelmälle, joten laskelmia ei voitu siihen pohjautuen tehdä. Em. jokikalaindeksiä kehittämällä voitaisiin kuitenkin saavuttaa myös eDNA-menetelmiin tai venesähkökalastukseen pohjautuvia indeksejä perinteisten menetelmien rinnalle.

Työn toteutti Luonnonvarakeskus kuitenkin siten, että alueelliset konsultit vastasivat verkkokalastuksen käytännön toteutuksesta. Työn rahoittajina toimivat Fortum Power and Heat Oy, Kemijoki Oyj, PVO-vesivoima Oy, Energiateollisuuden ympäristöpooli, Ympäristöministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö sekä Luonnonvarakeskus.

Asiasanat: Rakennetut joet, vesipuitedirektiivi, ekologinen luokittelu, ympäristön tilan arviointi, näytteenotto, kalasto

Sisällys

1. Tutkimuksen tausta	6
2. Tutkimuksen toteutus	8
2.1. Koeverkkokalastus.....	9
2.2. Sähkökalastus.....	11
2.3. eDNA näytteenotto.....	12
2.4. Indeksien laskenta	14
2.4.1. Järvi-indeksi.....	14
2.4.2. Joki-indeksi.....	14
2.4.3. eDNA-indeksi.....	15
3. Menetelmien tulokset	16
3.1. Koeverkkokalastus.....	16
3.1.1. Kemijoki	16
3.1.2. Iijoki	18
3.1.3. Oulujoki.....	19
3.1.4. Vuoksi	21
3.1.5. Koeverkkosaaliin vertailu jokien välillä	23
3.2. Sähkökalastukset	26
3.2.1. Kemijoki	26
3.2.2. Iijoki	26
3.2.3. Oulujoki.....	27
3.2.4. Vuoksi.....	28
3.2.5. Sähkökalastussaaliin vertailu jokien välillä	30
3.3. YmpäristöDNA-menetelmä	31
3.4. Menetelmien tulosten vertailu.....	32
3.5. Ekologinen luokittelu	34
3.5.1. Järviluokittelu.....	34
3.5.2. Jokiluokittelu.....	35
4. Tulosten tarkastelu	36
4.1. Tavoitteena hyvä ekologinen potentiaali	36
4.2. Patoaltaiden kalastosta	36
4.2.1. Koeverkot.....	37
4.2.2. Venesähkökalastus	37
4.2.3. eDNA-menetelmä	38
4.2.4. Käytetyt indeksit.....	39

5. Yhteenveto ja suositukset.....	41
Viitteet.....	43
Liitteet	47

1. Tutkimuksen tausta

Suomen vesistöalueiden joissa esiintyy niille luonteenomainen kalasto, jonka monimuotoisuuden vaikuttavat ennen kaikkea kaloille tarjolla olevat ympäristöolosuhteet. Esimerkiksi virtavesissä viihtyvät luontaisesti lohi, taimen ja harjus, kun taas hidasvirtaisemmissa tai järviältaissa viihtyvät myös vesistöjemme yleislajit hauki, särki, lahna tai ahven. Näiden lisäksi sisävesissä esiintyy myös enemmän pohjan läheisyydessä viihtyviä kalalajeja, kuten kivenuolainen, kivi- ja kirjoeväsimplu sekä made. Yleistäen voidaan todeta, että mitä isompi joki on luonnontilassaan, sitä enemmän siinä on myös erilaisia elinympäristöjä ja siten myös kalalajeja.

Jokien patoaminen ja siihen liittyvä säännöstely ovat muuttaneet niiden elinympäristöä syvemmiksi ja hidasvirtaisemmiksi kuin aikaisempi, vielä vapaana virtaava koskiympäristö tarjosi kalastolle, joten myös niiden kalalajisto ja lajien väliset runsaussuhteet ovat muuttuneet vuosikymmenien aikana. Jokien patoaltaiden kalalajistoa on Suomessa selvitetty vain harvoissa, erillisissä tutkimushankkeissa (esim. Vehanen 1995). Usein patoaltaihin on myös istutettu esimerkiksi kirjolohta tai kuhaa korvaamaan kadonnutta alkuperäistä lajistoa ja lisäämään kalastusmahdollisuuksia. Valtaosa kalalajien esiintymistiedoista patoaltaissa perustuu kuitenkin kalastus-, istutus- tai muihin asiantuntijatietoihin varsinaisten kalastoa kuvaavien seurantojen sijaan.

Euroopan unionin alueella vesipolitiikan puitedirektiivi (VPD) asettaa vesienhoidolle yhteiset tavoitteet. Eri kalalajien tai kalayhteisön seurantamenetelmä tulisi aina valita asetetun tavoitteen sekä kalojen käyttämän elinympäristön mukaan siten, että menetelmä mahdollistaa luotettavien kvali- tai kvantitatiivisten aineistojen keräämisen. Virtavesissä VPD:n mukaista kalastoseurantaa toteutetaan Suomessa sähkökalastamalla jokien matalampia ja kahlattavissa olevia koskialueita. Sähkökalastusvenettä ei ole Suomessa systemaattisesti käytetty, vaikka se on Euroopassa yleisesti käytetty menetelmä syvien jokialueiden kalaston näytteenotossa. Järviympäristössä kalastoseurantaa tehdään NORDIC-verkoilla tehtävin verkkokoekalastuksin (Olin ym. 2014).

Edellä mainitut perinteisemmät menetelmät ovat olleet laajassa käytössä jo vuosikymmenien ajan (Salminen & Böhring 2019). Menetelmien kuitenkin tiedetään olevan valikoivia lajien pyydystettävyyden suhteen ja riippuvaisia käytännön olosuhteista. Lisäksi niiden toteuttaminen edellyttää tavallisesti huomattavasti maastotyöresursseja.

Viime vuosikymmenenä genomien eli eliöiden perimäaineksen analysoimiseen liittyvät tekniikat ovat kehittyneet huimaa vauhtia tuoden myös ekologiaan ja luonnonsuojeluun liittyvään tutkimukseen aivan uusia mahdollisuuksia. Esimerkiksi kaloista ja muista vesieliöistä veteen päätynyt DNA-materiaali voidaan suodattaa vesinäytteestä, ja suodattimelle kertyneestä DNA:sta määrittää siinä esiintyvät lajit. Uusi ympäristöDNA-menetelmä (environmentalDNA; eDNA) voisikin täydentää tai parhaimmillaan jopa korvata perinteisemmät kalastoseuranta-menetelmät tietyissä ympäristöissä.

Eurooppalaisia tutkimuksia eDNA-menetelmän ja perinteisten menetelmien tuottamien tulosten keskinäisestä vertautumisesta on jo runsaasti saatavilla, ja ensimmäisiä arvioita eDNA-menetelmän soveltavuudesta myös VPD-seurantoihin on julkaistu (Pont ym. 2019). Menetelmänä eDNA on kuitenkin Suomessa vielä uusi ja sen käyttöön liittyy paljon epävarmuuksia

pohjoisissa olosuhteissa, joten ennen sen käyttämistä esimerkiksi biodiversiteettitutkimuksissa tai VPD:n mukaisissa seurannoissa, tulee sen soveltuvuutta testata erilaisissa ympäristöissä.

Luonnonvesissä VPD:n mukainen ekologisen tilan määrittäminen perustuu biologisiin muutuksiin sekä niitä tukeviin kemiallisiin ja hydrologismorfologisiin tekijöihin. Jokien kalasto on piilevien ja pohjaeläimien ohella yksi biologinen laatutekijä, jolla ekologista tilaa arvioidaan. Sen sijaan voimakkaasti muutetuissa vesimuodostumissa, kuten rakennetuissa joissa, ympäristötavoitteet voivat olla lievempiä kuin luonnonvesissä. Näiden vesimuodostumien tavoiteta, hyvä ekologinen potentiaali, tai hyvä saavutettavissa oleva ekologinen tila on tyypillisesti luonnonvesien hyvää tilaa lievempi tavoite, jossa tilan määrittelyssä otetaan huomioon vesistön hydrologismorfologinen muuttuneisuus ja siitä johtuvaa ekologisen tilan heikentyminen vesistön tärkeän käytön vuoksi.

EU:n jäsenmaille antama ohjeistus (CIS Guidance Document No. 37, 2019) ohjeistaa valitsemaan parhaat toimenpiteet hyvän ekologisen potentiaalin (Good Ecological Potential = GEP) saavuttamiseksi siten, että niissä huomioidaan vesimuodostuman hydromorfologiset muutokset sekä muodostuman muut olosuhteet suhteessa eliöstön rakenteeseen, joilla päästään mahdollisimman lähelle ekologista jatkumoa. Vesimuodostuman olosuhteet vaikuttavat esimerkiksi kalayhteisön rakenteeseen ja ohjeistus esittääkin toimenpiteiden vaikutuksien seuranta keskittyen biologisiin laatutekijöihin, kuten juuri kalastoon. Ohjeistuksen mukaan biologisten laatutekijöiden määrittäminen voisi olla yksi vaihe tilaluokittelussa (CIS working group ECOSTAT 2020). Suomessa tavoiteta VPD:n mukaisesti voimakkaasti muutetuissa vesimuodostumissa on määritetty asiantuntija-arviona, eikä biologista seuranta ole käytetty. Suomessa ei ole siten ollut käytössä menetelmää VPD:n mukaisesti voimakkaasti muutetuiksi vesistöiksi nimettyjen patoaltaiden biologiseen seurantaan kyseisen vesimuodostuman hyvän ekologisen potentiaalin seuraamiseksi tai määrittämiseksi.

Tämän työn tavoitteena oli testata koeverkkokalastuksen, venesähkökalastuksen ja eDNA-menetelmän soveltuvuutta patoaltaiden kalayhteisöjen seurantaan sekä rakentaa tietopohjaa VPD-kalastoseurannoissa käytettyjen indeksien kehittämistyöhön. Menetelmien välisessä testauksessa pyrittiin tuomaan esille eDNA-menetelmän jatkokehittämiseen tarvittavia toimenpiteitä ja suosituksia. Työ ei siis pyri esittelemään valmista suunnitelmaa tai menetelmää uudenlaiseen kalastonseurantaan vaan jo työn suunnitteluvaiheessa oli ilmeistä, että lisävertailuja esim. näytteenottotapojen, laboratoriotyöskentelyn ja tuloksien tulkinnan välillä tullaan tarvitsemaan vielä jatkossakin. Työn rahoittajina toimivat Fortum Power and Heat Oy, Kemijoki Oy, PVO-vesivoima Oy, Energiateollisuuden ympäristöpooli, Ympäristöministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö sekä Luonnonvarakeskus.

2. Tutkimuksen toteutus

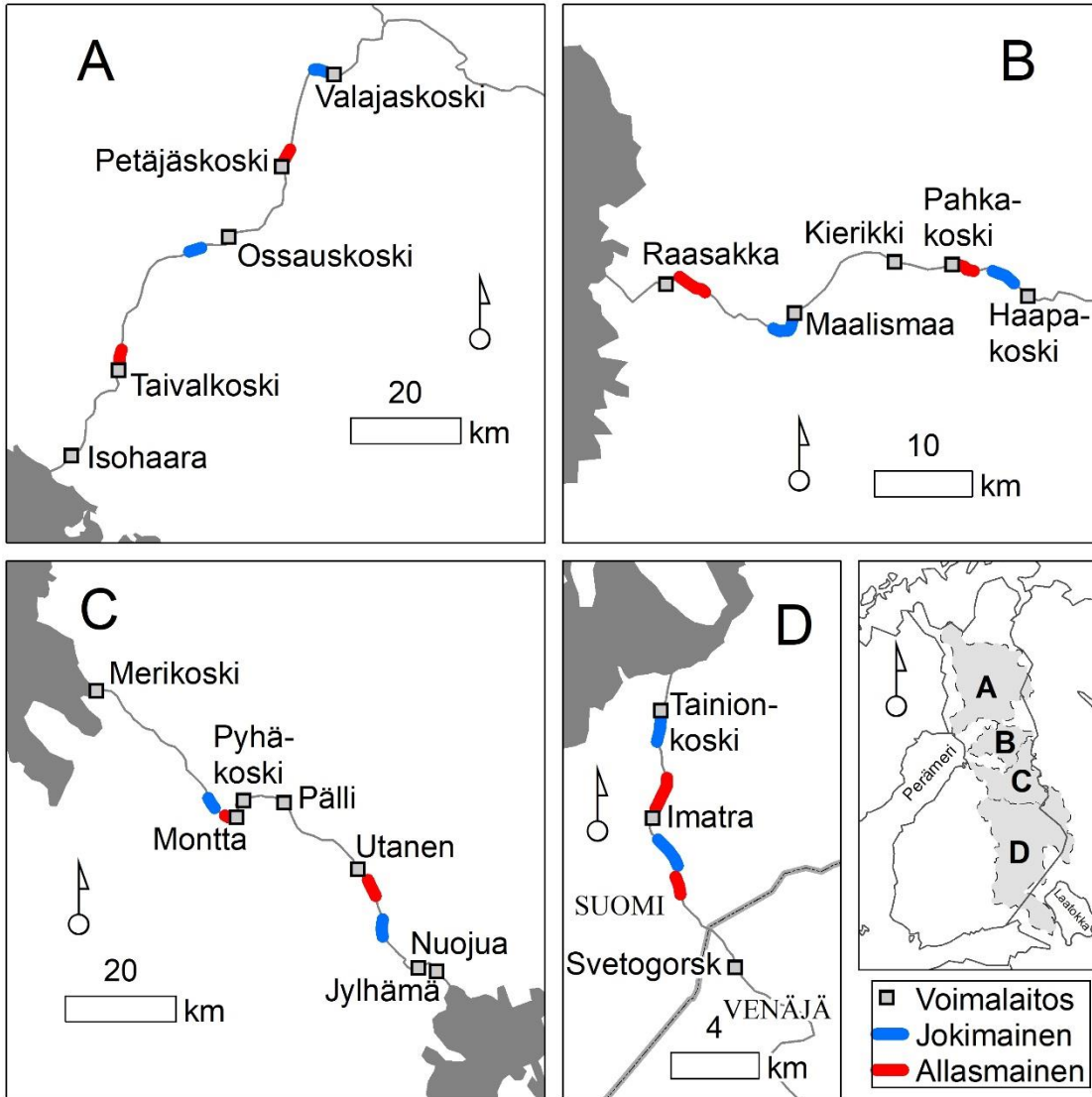
Työn toteutti Luonnonvarakeskus kuitenkin siten, että alueelliset konsultit vastasivat verkkokalastuksien käytännön toteutuksesta vuosina 2021–2023. Menetelmien väliseen vertailuun valittiin Kemijoen, Iijoen, Oulujoen ja Vuoksen vesistöalueiden alaosien kaksi patoallasta (yhteensä kahdeksan patoallasta) ja näistä kustakin kaksi erillistä aluetta huomioiden altainen erilaiset hydromorfologiset suhteet: A) jokimainen, nopeammin virtaavan veden alue, ja B) järvimäisempi, hitaammin virtaavan veden alue (yhteensä 16 tutkimusaluetta, Liitteet 1–4). Sopivien kohdealueiden valintaan vaikutti myös menetelmien toteuttamismahdollisuudet käytännössä.

Seurannassa olleet patoaltaat olivat (Kuva 1):

1. Kemijoki: Petäjäinen-Valajaskoski ja Taivalkoski-Ossauskoski (Liite 1),
2. Iijoki: Pahkakoski-Haapakoski ja Raasakka-Maalismaa (Liite 2),
3. Oulujoki: Utanen-Nuojua ja Merikoski-Montta (Liite 3), sekä
4. Vuoksella Tainionkoski-Imatrankoski ja Imatrankoski-rajavyöhyke (Liite 4).

Kaikilla alueilla toteutettiin koeverkkokalastus, venesähkökalastus sekä eDNA-näytteenotto. Näytteet kerättiin ajallisesti samoihin aikoihin siten, että Kemijoen ja Iijoen vesistöissä kaikki näytteenotot tehtiin elo-syyskuussa 2021, ja Oulujoen ja Vuoksen vesistöissä näytteenotot tehtiin elo-syyskuussa 2022.

Vesipuitedirektiivin mukaisessa seurannassa seurannan täytyy perustua standardoituun tai sen tasoiseen menetelmään. Kaikilla kolmella tässä työssä vertaillulla menetelmällä on eurooppalaiset standardit (EN 14757:2015 Sampling of fish with multi-mesh gillnets, EN 14011:2003 Sampling of fish with electricity ja EN 17805:2023 Sampling, capture and preservation of environmental DNA from water), joihin näytteenotto perustuu. Näihin perustuen Nordic-verkkokalastus järvissä ja kahlaten tapahtuva virtavesien sähkökalastus on ohjeistettu luonnonvesiä koskien (Olin ym. 2014).



Kuva 1. Yleiskuva seurannassa mukana olleista vesistöistä ja alueiden (jokimainen, allasmainen) sijainnista A) Kemijoen, B) Lijoen, C) Oulujoen ja D) Vuoksen vesistön patoaltaissa.

2.1. Koeverkkokalastus

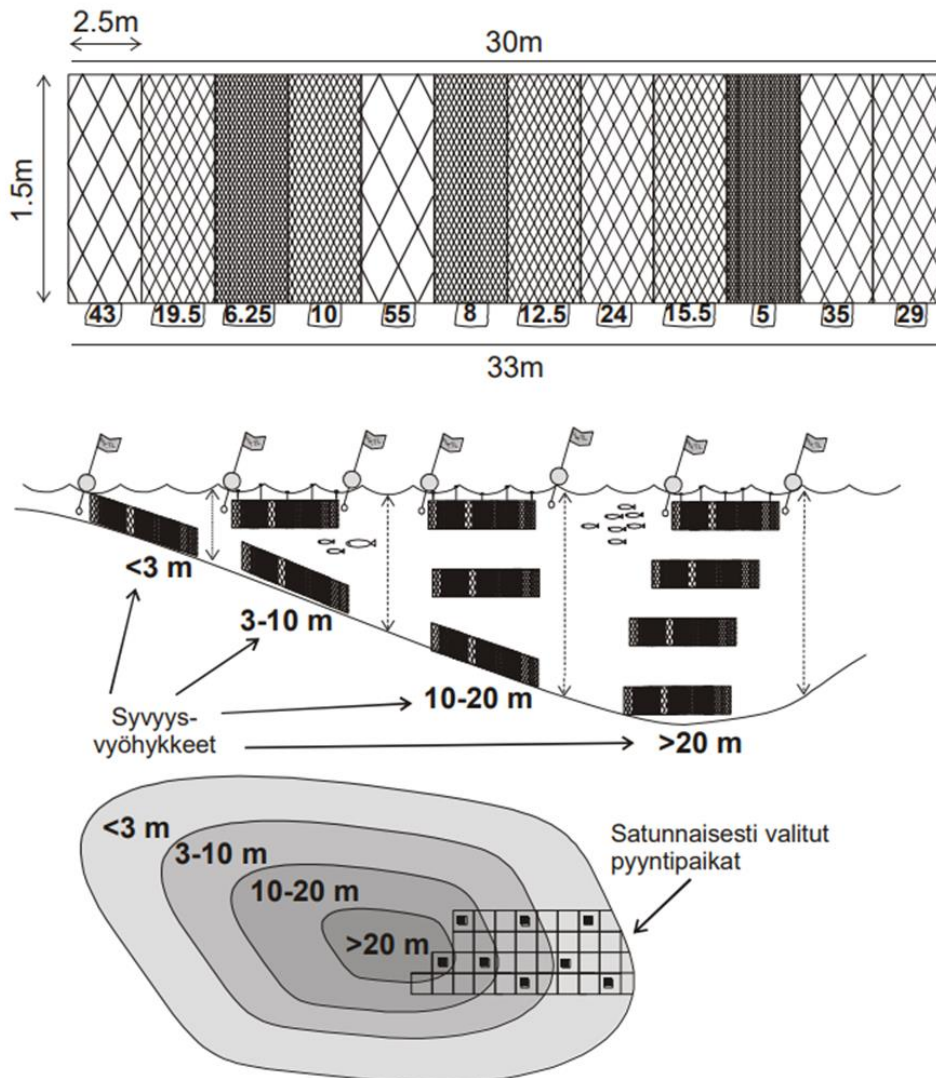
Koeverkkokalastukset toteutettiin VPD-kalastuksessa olevan ohjeistuksen mukaisesti (Olin ym. 2014). Järvien koeverkkokalastuksissa noudatetaan eurooppalaista CEN-standardia (SFS-EN 14757) ja käytetään NORDIC-verkkoa. NORDIC on yleiskatsausverkko, kooltaan 1,5 m x 30 m, jossa samassa verkossa on 2,5 metrin pituisina kaistaleina 12 eri solmuväliä (5; 6,25; 8; 10; 12,5; 15,5; 19,5; 24; 29; 35; 43 ja 55 mm) verkon suunnittelun yhteydessä satunnaistetussa järjestyksessä (Kuva 2).

Pyyntivuorokausien määrä riippuu tutkittavan vesialueen pinta-alasta ja syvyyssuhteista. Verkköiden määrä jaetaan eri syvyyssyöhykkeille (<3 m, 3–10 m, 10–20 m ja >20 m) niiden pinta-alojen mukaisessa suhteessa. Pyyntipaikkojen valinta tehdään satunnaisotannalla. Koeverkkokalastuksen kohteeksi valittava alueen kartta jaetaan ruutuihin (Kuva 2), jotka numeroidaan ja ruuduista arvotaan verkkopaikat. Pyyntiajaksi suositellaan verkkojen laskua illan suussa ja nostoa seuraavana aamuna, jolloin pyyntiajaksi tulee n. 12 tuntia. Verkkokoekalastuksissa saalis käsitellään verkko- ja solmuvälikohtaisesti. Järvillä ja rannikkovesissä

verkkokoekalastukset tehdään kesäkerrostuneisuuden aikana, viimeisimpänä kalastusajan kohtana on käytännössä pidetty syyskuun ensimmäistä viikkoa.

Tässä tutkimuksessa patoaltailla kalastukset tehtiin syys-lokakuussa (Liite 5). Patoaltaiden vesi ei virtauksen vuoksi yleensä kerrostu, mutta veden lämpötilat olivat osassa kohteista kesäkalastuksia alhaisempia. Jokimaisilla tutkimusalueilla lisättiin ohjeistukseen verkkojen määrää noin 1,5 kertaiseksi, mikä ei kuitenkaan aina toteutunut vaikeiden kalastusolosuhteiden vuoksi.

Vuoksessa voimakkaiden virtaama vaihteluiden ja pohjassa olevien kantojen yms. materiaalin vuoksi konsultti sijoitti verkot ranta-alueilla sijaitseviin suojaisempiin alueisiin kaikissa neljässä kohteessa (Liite 4). Näin joen kohteiden välinen (järvimäinen/jokimainen) vertailu ei siten Vuoksella koeverkkokalastuksen osalta täysin toteutunut.



Kuva 2. NORDIC-verkon rakenne ja syvyysvyöhykkeittäin ositetun satunnaisotannan periaate (Olin ym. 2014).

2.2. Sähkökalastus

Sähkökalastuksessa käytettiin F.A.S.T.:in ([Fiskeresursgruppen](#)) sähkökalastusvenettä. Vene oli Smith-Rootin valmistama kahdella ponttonilla ja alumiinirungolla varustettu 5,95 m pitkä tasapohjainen malli (Smith-Root 96 pp) (Kuva 3). Veneessä oli sähkövirran virtalähteenä polttomoottorilla toimiva aggregaatti, joka tuotti 9 kW:n antotehon. Molemmiin puoliin keulaa oli "sateenvarjo" tyyliset anodit, joiden kautta veteen johdettiin noin 1,3 ampeerin pulssitettua tasavirtaa 120 Hz taajuudella ja noin 680 V jännitteellä. Kalastuksessa oli veneen kuljettajan lisäksi kaksi haavihenkilöä, jotka haavivat taintuneet kalat säilytysastioihin käsittelyä varten.



Kuva 3. Sähkökalastuksessa käytetty vene. Veneessä oli kuljettajan lisäksi kaksi henkilöä haavimassa taintuneita kaloja säilytysastioihin. Kuva: Teppo Vehanen.

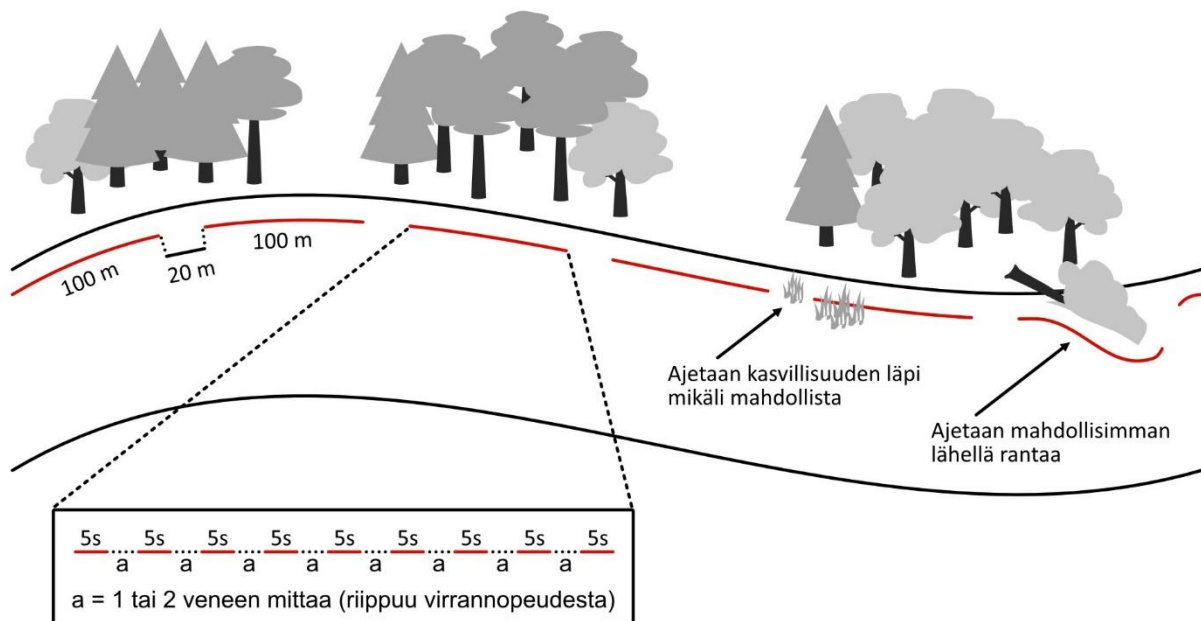
Näytteenotossa seurattiin Ruotsissa käytettävää semi-kvantitatiivista menetelmää (Havs- och Vattenmyndigheten 2022). Menetelmässä sähkökalastetaan vesistön rantaviivaa myötäillen linjoja. Linja koostuu sarjasta jaksoja, joista kunkin jakson pituus on noin 100 m (Kuva 4). Jaksojen välinen etäisyys on 20 m ja niiden yhteenlaskettu kalastettu pinta-ala tulee olla 10–20 kertaa vesistön leveys ja vähintään 1000 m². Saaliiksi saatujen kalayksilöiden määrä tulisi olla mieluiten vähintään 200 kalaa, johon tämän tutkimuksen patoaltaiden kalastuksissa ei kuitenkaan aina päästy.

Kalastus tapahtuu vastavirtaan ajaen, veneen nopeuden ollessa mahdollisuuksien mukaan hieman yli veden virtausnopeuden. Esteet ja rakenteet, jotka työntyvät veteen rannasta tai jotka estävät veneen suoraan etenevän kalastuksen kierretään ympäri, koko ajan mahdollisimman lähellä rantaviivaa (Kuva 4). Kussakin jaksossa kalastus tapahtuu niin että sähköä

johdetaan veteen viiden sekunnin pulssien sarjoina. Sähköisku kestää siis viisi sekuntia, jonka jälkeen virta katkaistaan ja venettä siirretään noin yhdestä kahteen veneen pituutta eteenpäin uuden iskun kohtaan. Sama toistuu, kunnes koko jakso on kalastettu (Kuva 4).

Sähkökalastuslaitteen asetukset säädetään ennen kalastuksen aloittamista kohteen olosuhteiden mukaan niin, että anodin ympärille muodostuu yhden metrin tehollinen kenttä. Käytettäessä kahta anodia anodioiden välisen etäisyys on 2 m, jotka yhdessä muodostavat noin 4 m leveän tehokkaan sähkökentän. Kalojen reaktioita sähkövirtaan seurataan kalastuksen aikana ja asetuksia voidaan tarvittaessa säätää. Suurissa vesistöissä, joissa kalastus ei vaikuta kalojen käyttäytymiseen vastarannalla, voidaan kalastaa joen molemmat rannat. Näin toimittiin myös tässä tutkimuksessa.

Yhden linjan kaikkien jaksosten saalis yhdistetään yhdeksi näytteeksi. Saaliiksi saatuja kaloja ei siis lasketa tai mitata jokaisen jakson välillä, vaan tämä tehdään, kun koko linja on kalastettu. Jokaisesta yksittäisestä jaksosta mitataan kuitenkin syvyys (jakson lopussa), kalastettu pituus (mukaan lukien veneen siirrot sähköiskujen välillä) ja kirjataan kokonaisaika, jonka sähkövirta oli päällä. Lisäksi kirjataan kultakin jaksolta 1) havaittujen, mutta pyydystämättä jääneiden, kalojen lajit ja yksilömäärät, ja 2) kalahavainnot anodioiden ympärillä, jos saalista ei saatu, eli oliko jakso kokonaan kalaton.



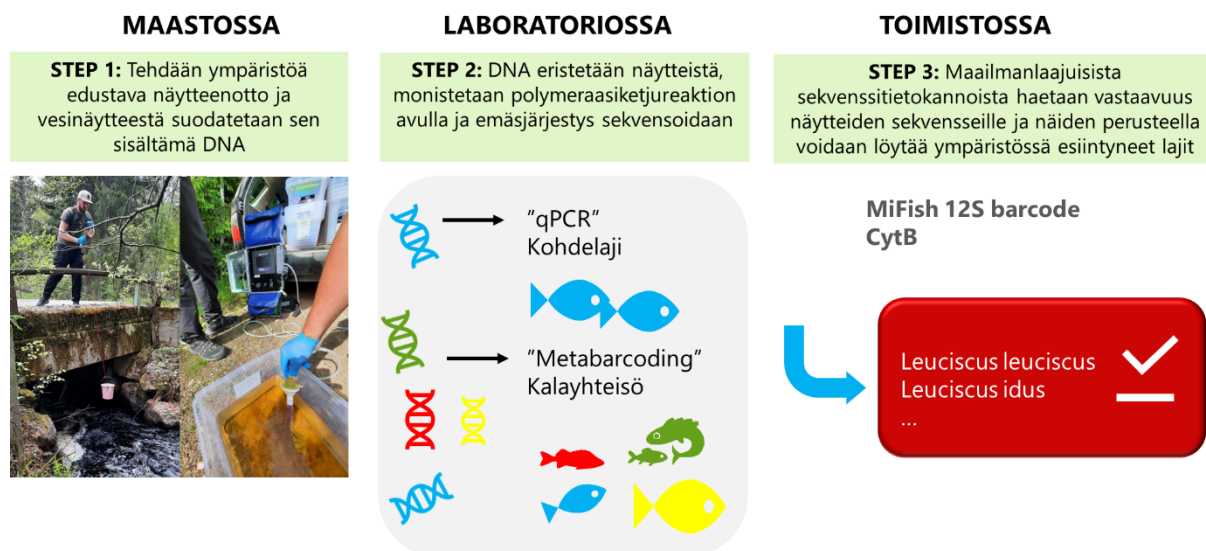
Kuva 4. Kaavakuva sähkökalastusveneen näytteenottolinjasta. Piirretty uudelleen Havs- och Vattenmyndigheten (2022) mukailleen.

Tutkimuksen sähkökalastukset ajoittuivat syksyllä 2021 syyskuulle ja syksyllä 2022 elokuulle (Liite 6). Sähkökalastuslinjoja tehtiin jokaisella joella kahdella alueella (Liitteet 1–4, Liite 6). Lisäksi lijoella Raasakka-Maalismaa patoaltaan järvimäisen alueen lähellä olevalta jokimaiselta alueelta kalastettiin 3600 m² (Liite 2: Kuva 1).

2.3. eDNA näytteenotto

YmpäristöDNA:lla eli eDNA:lla tarkoitetaan eliöiden ympäristöönsä levittämää DNA:ta ja sitä on kaikkialla ympäristössämme. Näytteitä voidaan siis kerätä muun muassa vedestä, maaperästä, lumesta tai ilmasta ilman suoraa kontaktia eliöihin. Esimerkiksi kalalajien esiintymistä

vesistössä voidaan selvittää keräämällä joesta tai järvestä vesinäytteitä ja suodattamalla niistä lajeista irronnut DNA, mikä on tyypillisesti kalojen erittämiä aineenvaihduntatuotteita, limaa ja suomuja. Suodatusnäytteiden sisältämä DNA eristetään ja DNA-juosteiden emäsjärjestys selvitetään sekvensoimalla laboratoriossa (Kuva 5). Näytteestä saaduille sekvensseille haetaan vastaavuutta maailmanlaajuisista sekvenssitietokannoista, ja näiden vastaavuuksien avulla voidaan saada selville lajit, jotka esiintyvät tutkimuksen kohteena olevassa vesistössä.



Kuva 5. Esimerkinomainen kuvaus eDNA-näytteenotosta ja sen eri työvaiheista maastossa, laboratoriossa sekä toimistossa.

Tässä tutkimuksessa eDNA-näytteitä suodatettiin yhteensä 12 jokaisesta patoaltaasta (Liite 7). Näiden lisäksi suodatettiin vielä neljä puhtaan veden näytettä kontrolloimaan maastonäytteenoton puhtautta. Kuhunkin patoaltaaseen tehtiin joen poikkileikkaussuunnassa kaksi linjaa sekä jokimaiselle että järvimäiselle alueelle (Liite 1–4, Liite 7). Näytteenotto tapahtui liikkumalla veneellä joen poikki kulkevaa linjaa, jolta otettiin tasavälein yhteensä 12 ämpärillistä (5 l) pintavettä puhtaaseen astiaan (yhteensä 60 litraa). Koontiastian vesi sekoitettiin huolellisesti ja astian vedestä suodatettiin kolme, noin kahden litran, osanäytettä käyttäen Smith-Rootin eDNA-näytteenottolaitetta ja itsesäilöiviä suodattimia (5µm). Vesistöillemme tyypillisen humuspitoisuuden vuoksi osanäytteiden suodatetut vesimäärät vaihtelivat 0,9–3,4 litran välillä (Liite 7). Iijoen ja Kemijoen tutkimusalueiden DNA-eristykset tehtiin alkuvuodesta 2022 Luken laboratoriossa. Oulujoen ja Vuoksen vesistöistä kerättyjen näytteiden DNA-eristykset sekä kaikkien neljän vesistöalueen sekvensoinnit ja vastaavuudet kalatietokannoista tehtiin [Sinsoma GmbH:lla](#) vuodenvaihteessa 2022–2023.

Kaikkia näytteessä esiintyviä sekvenssejä ei kyetty tunnistamaan lajitasolle vaan määrittäystaso jäi osittain suku- tai heimotasolle. Tässä raportissa näistä käytetään siksi yhteisesti nimitystä taksonit (taksoni = mikä tahansa sukulaisuussuhteiden mukaan nimetty eliöryhmä, joka on virallisesti kuvattu tieteelle taksonomisias tasoja käyttäen). Sekvensoinnit suoritettiin Sinsoman moniivivakoodausanalyysissä (metabarcoding) taksonin luotettavan tunnistuksen kriteereinä oli, että taksonin sekvenssien samankaltaisuus kalatietokannan referenssisekvensseihin tuli olla yli 99 %, ja lisäksi taksonikohtaisen sekvenssimäärän tuli olla yli 10 % näytteessä löydettyjen sekvenssien kokonaismäärästä. Kriteeriä täyttämättömien määrityksen tuloksia ei voida pitää täysin luotettavina ja niiden vahvistamiseksi tulisi tehdä erilliset taksonikohtaiset määritykset ((qPCR), Kuva 5), mutta näitä ei tässä tutkimuksessa toteutettu.

2.4. Indeksien laskenta

2.4.1. Järvi-indeksi

Järvien kalaston tilan arviointi perustuu ns. ELS4-menetelmään, jonka neljä muuttujaa ovat biomassayksikkösaalis, lukumääräyksikkösaalis ja särkikalojen biomassan osuus (%) saaliissa, sekä indikaattorilajien esiintyminen (Ruuhijärvi & Olin 2019).

Biomassa-muuttujan arvot perustuvat verkkokoekalastuksen kokonaisyksikkösaaliin painoon. Biomassa on kaksisuuntainen muuttuja: sekä luonnontilaa suuremmat että pienemmät muuttujan arvot voivat ilmaista ihmistoiminnan rehevöittävä vaikutusta (esim. särkikalojen tuotannon kasvu tai rehevöitymisen aiheuttamat happikadot ja kalakuolemat) (Ruuhijärvi & Olin 2019). Yksilömäärä-muuttujan arvot perustuvat verkkokoekalastuksen kokonaisyksikkösaaliin lukumäärään. Yksilömäärä on, biomassamuuttujan tapaan, kaksisuuntainen muuttuja (Ruuhijärvi & Olin 2019). Särkikalojen biomassaosuus -muuttujan arvot perustuvat rehevöitymisestä hyötyvien särkikalojen (särki, salakka, sorva, lahna, pasuri, sulkava, ruutana ja suutari) prosentiosuuteen verkkokoekalastuksen kokonaisyksikkösaaliin painosta. Muuttujan arvot kasvavat ihmistoiminnan vaikutuksesta.

Indikaattorilajit-muuttujan arvot perustuvat verkkokoekalastuksen lisäksi kaikesta saatavilla olevasta kalayhteisöaineistosta tehtävään asiantuntija-arvioon. Luokitusasteikko on hierarkkinen. Ensin tarkistetaan, onko järvestä erinomaisen luokituksen antavia lajeja. Mikäli ei ole, siirytään hyvän luokituksen lajiryhmään jne. (Ruuhijärvi & Olin 2019). Tieto indikaattorilajin häviämisestä aiheuttaa aina ELS-arvon putoamisen alempaan luokkaan. Esimerkiksi tietoa nieriän häviämisestä pudottaa luokituksen erinomaisesta hyvään, vaikka järvestä olisi vielä jäljellä erinomaisen luokituksen lajeja. Hävinneen lajin uudelleenistuttaminen nostaa luokitusta vasta, kun järveen on muodostunut lisääntyvä kanta, jota ei tarvitse tukea istutuksin.

Indikaattorilajit-muuttujaa lukuun ottamatta kalayhteisömuuttujista vertailuarvojen ja luokkarajojen laskennassa on käytetty tyyppikohtaista vertailujärviaineistoa. Tässä työssä vertailuarvoina käytettiin suurten humusjärvien (Sh) arvoja, jotka olivat vedenlaadultaan (veden väriarvot) lähinnä patoaltaita, ja joille on määritetty raja-arvot.

Vertailuarvot ja luokkarajat on interkalibroitu Pohjoismaiden menetelmien kanssa. Ekologisen tilan laskemiseksi muuttujakohtaiset luokitukset yhdistetään (Ruuhijärvi & Olin 2019). Ensin muuttujat yhteismitallistetaan skaalaamalla kertoimien avulla asteikolle 0–1 (Olin ym. 2013). Tämän jälkeen lasketaan näiden keskimääräinen ELS. Näin ollen, kalaperusteinen ekologinen tila suhteessa rehevöitymispaineeseen saadaan muuttujien "biomassa", "yksilömäärä", "särkikalojen biomassaosuus" ja "indikaattorilajit" keskiarvona (ELS4).

2.4.2. Joki-indeksi

Jokien kalaston tilan arviointi perustuu viiden kalastomuuttujan perusteella laskettuun kalaindeksiin (FiFI, Finnish Fish Index; ks. Vehanen ym. 2006 ja 2010). Nämä muuttujat ovat herkkien kalalajien osuus (%), kestävien kalalajien osuus (%), särkikalaryhmän tiheys (yks/100 m²), lohen ja taimenen kesänvanhojen (0+) poikasten tiheys (yks/100 m²) sekä kalalajien lukumäärä. Ympäristömuutoksille herkkiksi kalalajeiksi on luokiteltu 8 kalalajia, kestäviksi 11 ja särkikalojen ryhmään 12 kalalajia (Sutela & Vehanen 2019). Neljän kalaindeksin muuttujan arvo lasketaan yhtälöillä, jotka pohjautuvat kertymäfunktion käyttöön luokittelukauden aineistossa (Sutela &

Vehanen 2019). Tuolloin kullekin muuttujalle laskettiin pistearvo (0–1) vertaamalla niitä kertymäfunktion avulla muihin saman jokityypin arvoihin. Viidennelle muuttujalle, lajilukumäärälle, määritetään indeksiarvo annettujen arvojen perusteella (Sutela & Vehanen 2019). Kalaindeksin arvo lasketaan edellä mainittujen viiden muuttujan aritmeettisena keskiarvona (Sutela & Vehanen 2019).

Tyypikohtaiset luokkarajat perustuvat yhteispohjoismaiseen interkalibrointiin (Vehanen 2012, Euroopan yhteisö 2013). Jos voimakkaasti kuormitetusta tai pahoin happamoituneesta joesta ei vuosi toisensa jälkeen saada sähkökalastamalla saalista, niin joen ekologinen tila voidaan kalaston perusteella arvioida huonoksi.

Ympäristömuutoksille herkäät lajit indikoivat sekä virtajaksojen hyvää rakenteellista tilaa että myös vedenlaatua. Varsinkin simput ja lohikalat ovat herkkiä rehevöitymiselle ja happamoitumiselle. Esimerkiksi lohen ja taimenen kesänvanhojen poikasten esiintyminen kertoo useimmiten luontaisen lisääntymisen onnistumisesta alueella osoittaen joen hyvää rakenteellista tilaa sekä vedenlaadusta erityisesti korkeaa happipitoisuutta. Ympäristömuutoksille kestäviksi lajeiksi on luokiteltu esimerkiksi ruutana, joka kestää alhaisia happipitoisuuksia, sekä niin sanotut yleislajit kuten ahven ja särki (Vehanen ym. 2010). Särkikalajien suuri osuus saaliissa kuvastaa erityisesti rehevöitymistä, mutta voi kuvastaa myös muita, esimerkiksi rakenteellisia (mm. virrannopeus, vesisyvyys) muutoksia.

Vähäinen lajimäärä koekalastusalalla voi olla luontaista erityisesti pohjoisille oligotrofisille virtavesikohteille, mutta muualla alhainen lajimäärä yleensä viittaa joen tilassa tapahtuneisiin muutoksiin. Näitä voivat olla esimerkiksi rakenteelliset muutokset (mm. perkaus, vaellusesteet) tai veden happamoituminen. Toisaalta suuret lajimäärät voivat olla merkinä tilan heikkenemisestä erityisesti rehevöitymisen alkuvaiheessa.

Suomalaisten virtavesien lajimäärä on keskimäärin alhainen verrattuna eteläisempään Eurooppaan. Jokivesien näyteaineiston keruu tehdään sähkökalastamalla sellaisissa koski- tai virtapaikoissa, joissa kahlaaminen on mahdollista.

2.4.3. eDNA-indeksi

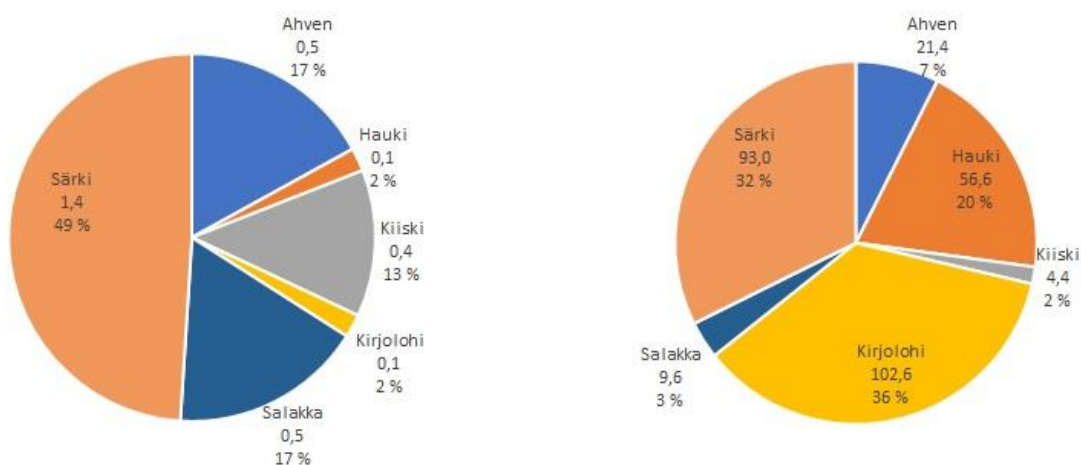
Järvi- ja joki-indekseihin verrattavia eDNA-pohjaisia indeksejä ei toistaiseksi ole käytössä, joten näitä ei ole voitu laskea eDNA-menetelmälle. Tässä raportissa eDNA-analyysien tulokset esitellään lajilistoina ja näytteissä havaittujen sekvenssien suhteellisina runsauksina eri patoalaskohteissa.

3. Menetelmien tulokset

3.1. Koeverkkokalastus

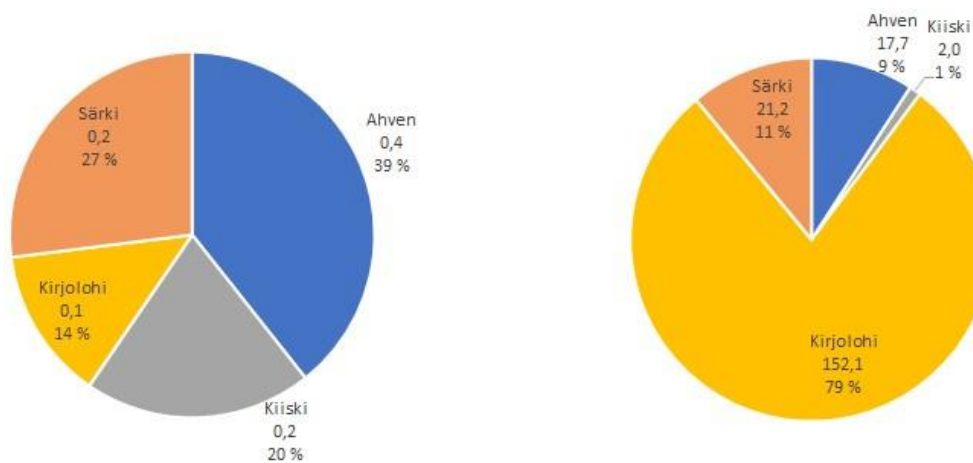
3.1.1. Kemijoki

Petäjaskoski-Valaskoski välisellä patoaltaalla alaosan järvimäisellä alueella (Liite 1: Kuva 1) koeverkkosaaliin yhteispaino oli 4 602 g ja kokonaisyksilömäärä 47 kpl. Kappalemääräisestä saaliista eniten saatiin särkeä ja salakkaa, painossa mitaten kirjolohta, särkeä ja haukea (Kuva 6).



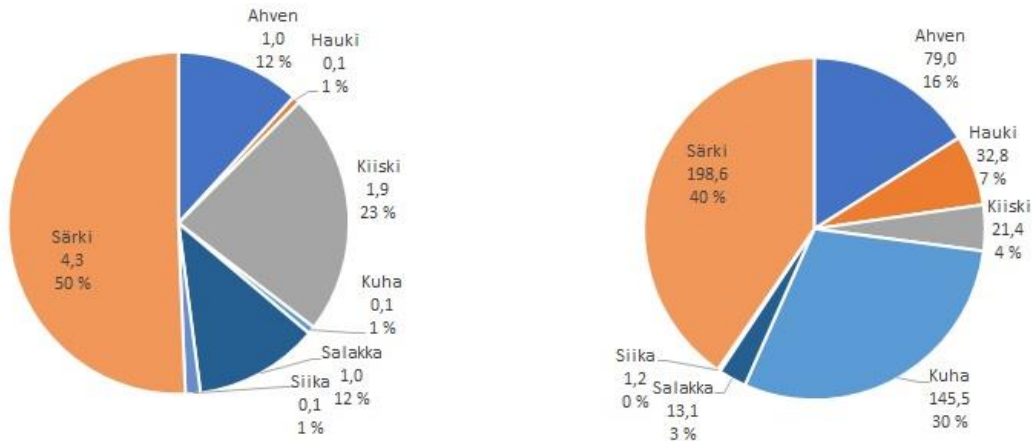
Kuva 6. Koeverkkosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkko-yötä kohden Kemijoen Petäjaskoski-Valajaskoski välisen patoaltaan alaosan järvimäisellä tutkimusalueella.

Petäjaskoski-Valajaskoski välisen patoaltaan jokimaisemmalla osuudella (Liite 1: Kuva 1) saalis oli niukka vain 15 kalayksilöä ja 3 282 g. Kappalemääräisesti eniten saatiin ahvenia, kiiskiä ja särkiä (Kuva 7). Painossa dominoivat saaliiksi saadut kirjolohet.



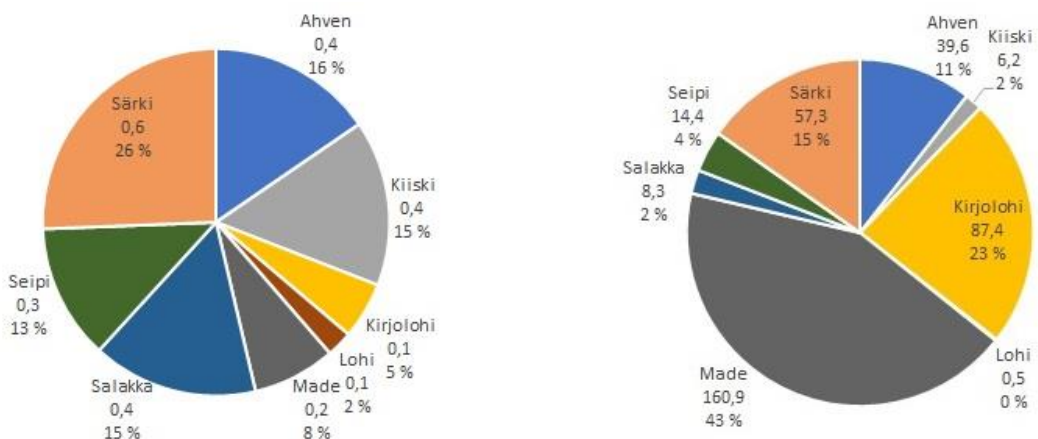
Kuva 7. Koeverkkosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkko-yötä kohden Kemijoen Petäjaskoski-Valajaskoski välisen patoaltaan yläosan jokimaisella tutkimusalueella.

Kemijoella Taivalkoski-Ossauskoski välisen patoaltaan järvimäisemmältä alaosalta (Liite 1: Kuva 2) saaliiksi saatiin 144 kalaa seitsemästä eri lajista (Kuva 8), joiden yhteenlaskettu paino oli 8 356 g. Särki oli sekä kappaleissa että painossa mitaten hallitseva laji, tosin saaliin painossa korostui myös saaliiksi saatu kookas kuha (Kuva 8).



Kuva 8. Koverkkosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden Kemijoen Taivalkoski-Ossauskoski patoaltaan alaosassa järvimäisellä tutkimusalueella.

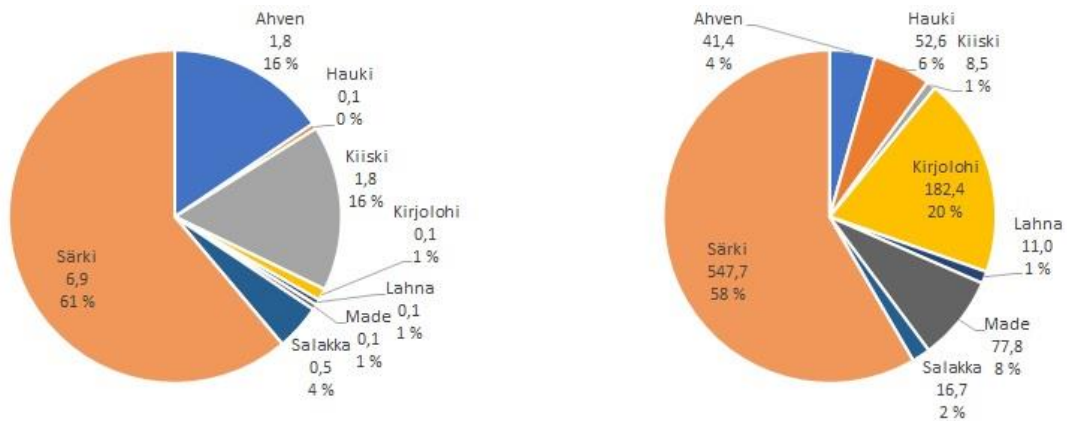
Taivalkoski-Ossauskoski välisen patoaltaan virtaavammalta, jokimaiselta yläosalta saalista tuli 39 kalaa kahdeksasta lajista, mukaan lukien lohi (Kuva 9). Koekalastussaaliin yhteenlaskettu paino oli 5 992 g. Lajijakauma oli huomattavasti tasaisempi kuin altaan alaosassa, särkikalasta särki, salakka ja seipi sekä ahvenkaloista ahven ja kiiski muodostivat suurimman osuuden kalayksilöistä (Kuva 9), painossa mitaten taas mateet ja kirjolohi suuren kokonsa vuoksi (Kuva 9).



Kuva 9. Koverkkosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden Kemijoen Taivalkoski-Ossauskoski patoaltaan yläosassa jokimaisella tutkimusalueella.

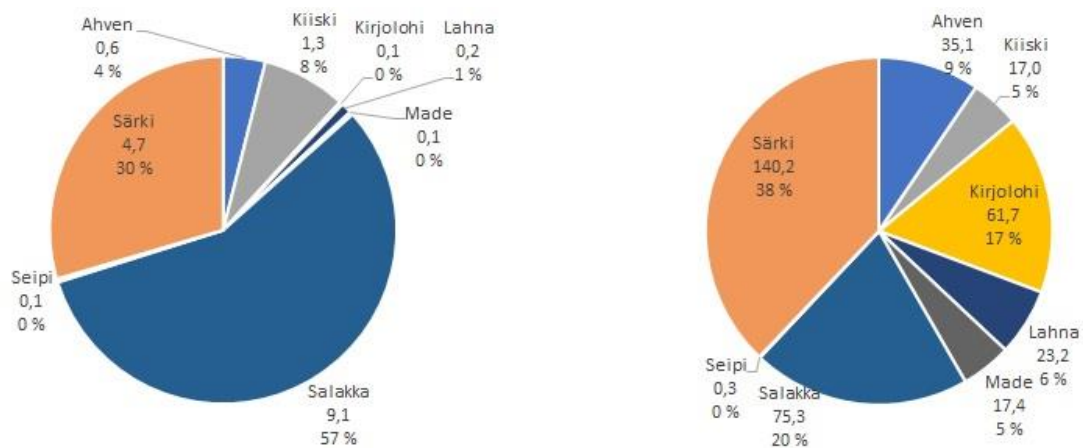
3.1.2. Iijoki

Iijoen Raasakka-Maalismaa välisen patoaltaan järvimäisellä alaosan tutkimusalueella (Liite 2: Kuva 1) saatiin saalista 180 kalayksilöä kahdeksasta lajista. Koekalastussaaliin yhteispaino oli 15 008 g. Särki muodosti suurimman osuuden sekä yksilöistä että painosta (Kuva 10).



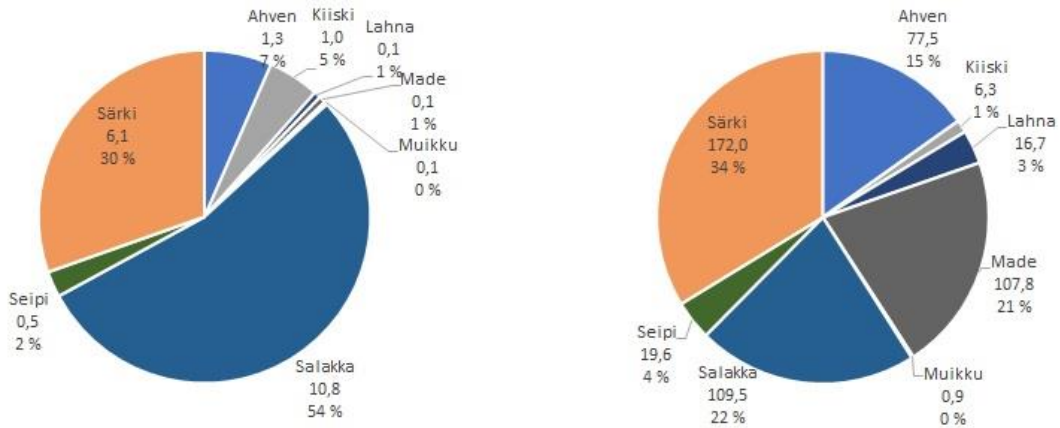
Kuva 10. Koeverkkoalaan jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden Iijoen Raasakka-Maalismaa patoaltaan alaosalla järvimäisellä tutkimusalueella.

Raasakka-Maalismaa välisen patoaltaan virtaavampi, jokimainen tutkimusalue sijaitsi lähellä Martimojokisuuta (Liite 2: Kuva 1). Saaliiksi saatiin 305 kalayksilöä kahdeksasta lajista ja saaliin yhteispaino oli 7 032 g. Tämä alueen yleisin kalalaji oli salakka, painossa mitaten särki ja salakka (Kuva 11).



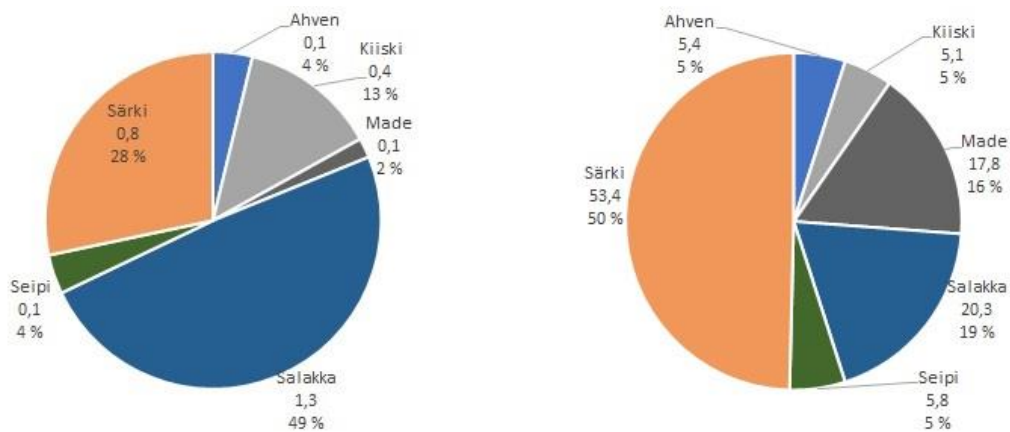
Kuva 11. Koeverkkoalaan jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden Iijoen Raasakka-Maalismaa patoaltaan yläosalla.

Iijoen Pahkakoski-Haapakoski välisellä patoaltaalla järvimäiseltä alaosalta saatiin saalista yhteensä 319 kalayksilöä kahdeksasta lajista. Koeverkkokalastussaaliin yhteispaino oli 8 164 g. Salakka ja särki muodosti suurimman osuuden sekä yksilöistä että painosta (Kuva 12).



Kuva 12. Koeverkkosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden lijoen Pahkakoski-Haapakoski patoaltaan järvimäisellä alaosan tutkimusalueella.

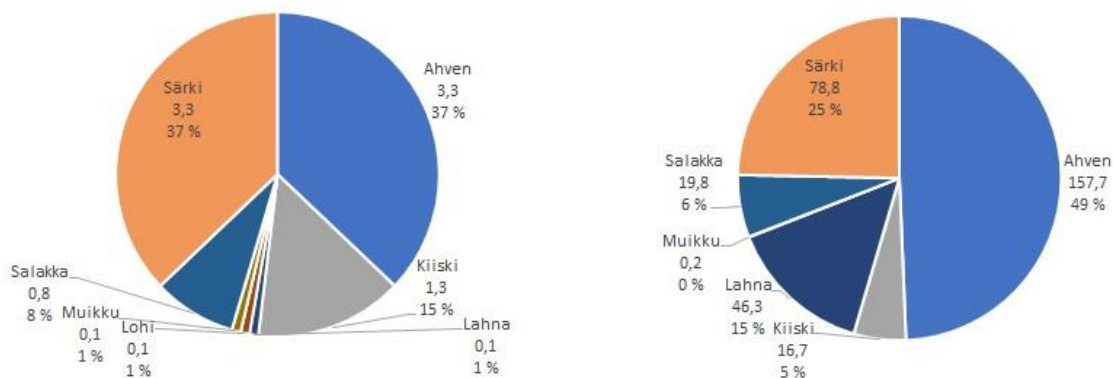
Pahkakoski-Haapakoski välisen patoaltaan jokimaisella tutkimusalueelta saaliiksi tuli 6 kalalajia, yhteensä 53 kalayksilöä, joiden yhteispaino oli 2 151 g. Salakka dominoi kappaleissa ja särki painossa mitaten (Kuva 13).



Kuva 13. Koeverkkosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden lijoen Pahkakoski-Haapakoski patoaltaan jokimaisella alueella.

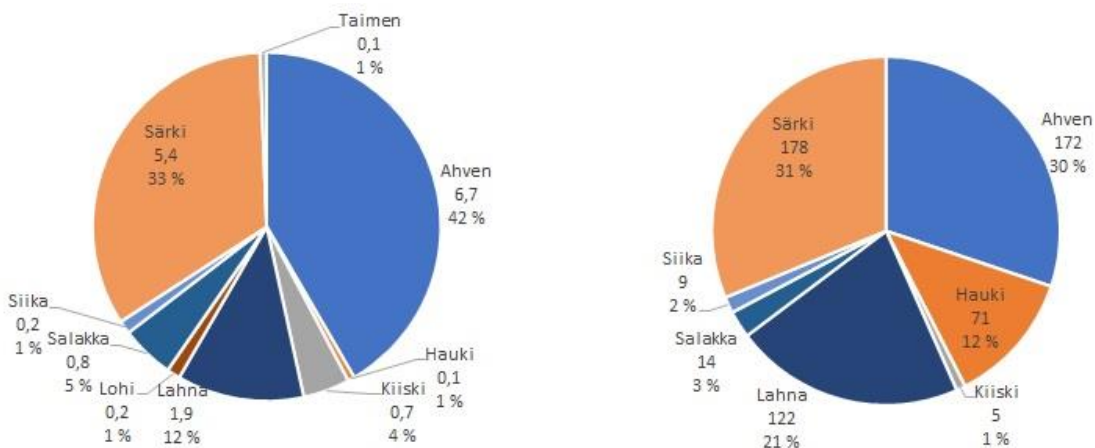
3.1.3. Oulujoki

Oulujoen Merikoski-Montta välisen patoaltaan jokimaiselta tutkimusalueelta (Liite 3: Kuva 1) saaliiksi tuli 7 kalalajia, yhteensä 107 kalayksilöä, joiden yhteispaino oli 3 834 g. Saaliiksi saatiin yksi lohi, joka vapautettiin elävänä. Lohi on mukana lajiluettelossa, mutta ei painossa. Lohta ei punnittu, mutta silmämääräinen painoarvio oli noin 2,5 kiloa. Lohi on mukana lajiluettelossa, muttei painossa (Kuva 14). Ahven ja särki dominoivat kappaleissa ja ahven saaliin painossa mitaten (Kuva 14).



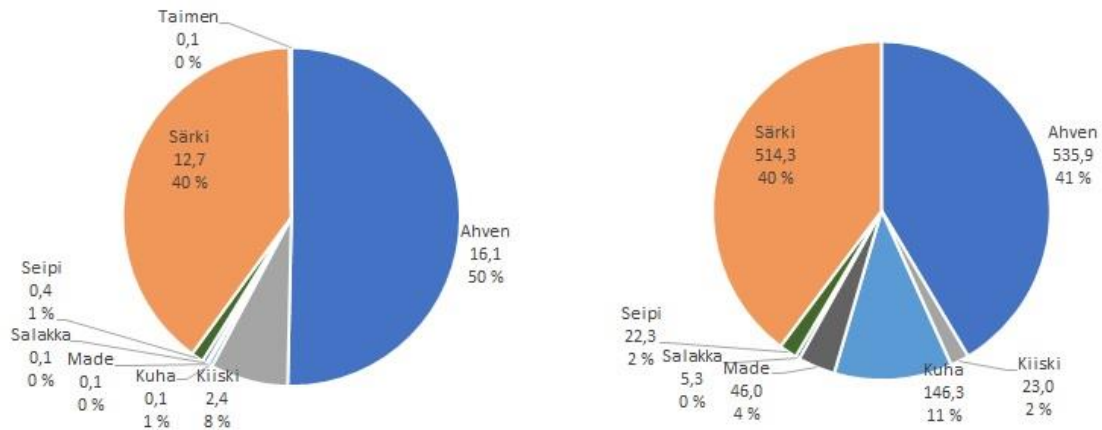
Kuva 14. Koeverkkoosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden Oulujoen Merikoski-Montta patoaltaan jokimaisella tutkimusalueella.

Merikoski-Montta välisen patoaltaan järvimäisellä tutkimusalueella ahven ja särki muodostivat pääosan saaliista, painossa mitaten myös lahna oli merkittävä laji (Kuva 15). Saaliiksi saatiin 9 kalalajia, yhteensä 158 kalayksilöä, joiden yhteispaino oli 5 705 g. Lisäksi saaliiksi saatiin kaksi lohta ja yksi meritaimen. Nämä kalat vapautettiin elävänä ja niitä ei punnittu. Lajit ovat mukana lajiluettelossa, mutta ei painossa (Kuva 15). Lohien painoksi arvioitiin noin 4,5 ja 2 kg, taimenen painoksi arvioitiin 2 kg.



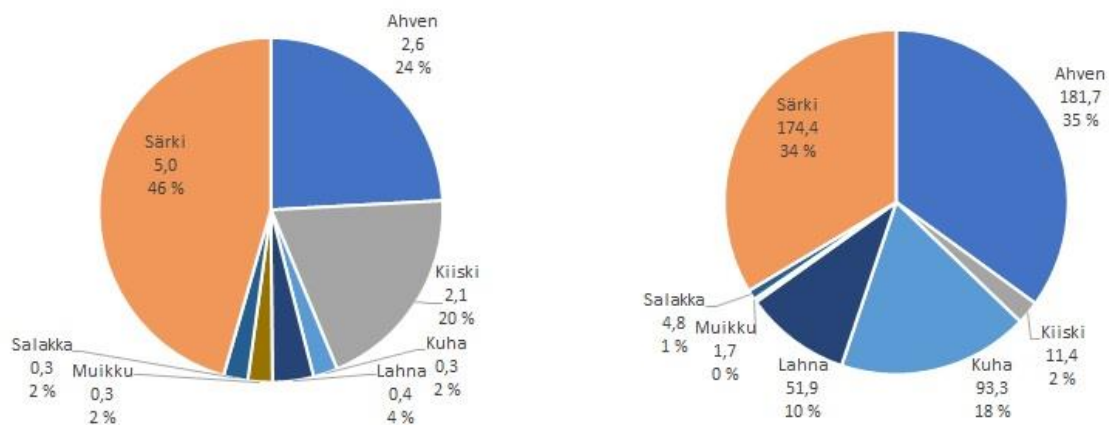
Kuva 15. Koeverkkoosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden Oulujoen Merikoski-Montta patoaltaan järvimäisellä alueella.

Oulujoen Utanen-Nuojua välisellä patoaltaalla kalastettiin Keski-Niskan virtaavampi, jokimainen tutkimusalue (Liite 3: Kuva 2). Kalayksilöitä saatiin 509 kappaletta ja painossa yhteensä 20 686 g. Saalis koostui kahdeksasta kalalajia, joihin sisältyy vapautettu taimen (n. 2 kg). Vapautettua taimenta ei laskettu saaliin painoon. Ahven ja särki dominoivat sekä kappaleissa että painossa (Kuva 16).



Kuva 16. Koeverkkosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden Oulujoen Utanen-Nuojua patoaltaalla jokimaisella tutkimusalueella.

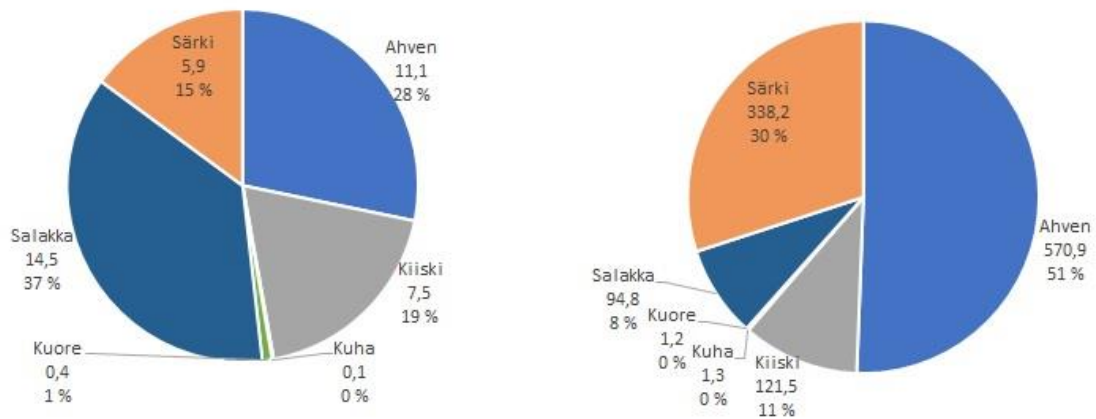
Utanen-Nuojua välisen patoaltaan järvimäiseltä Ala-Niskan tutkimusalueelta (Liite 3: Kuva 2) kaloja saatiin seitsemästä lajista yhteensä 261 kappaletta, joiden yhteispaino oli 12 460 g. Särki ja ahvenkalat ahven ja kiiski muodostivat pääosan kappalemääräisestä saaliista, painossa mitaten myös kuhan osuus oli huomattava (Kuva 17).



Kuva 17. Koeverkkosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden Oulujoen Utanen-Nuojua patoaltaalla järvimäisellä tutkimusalueella.

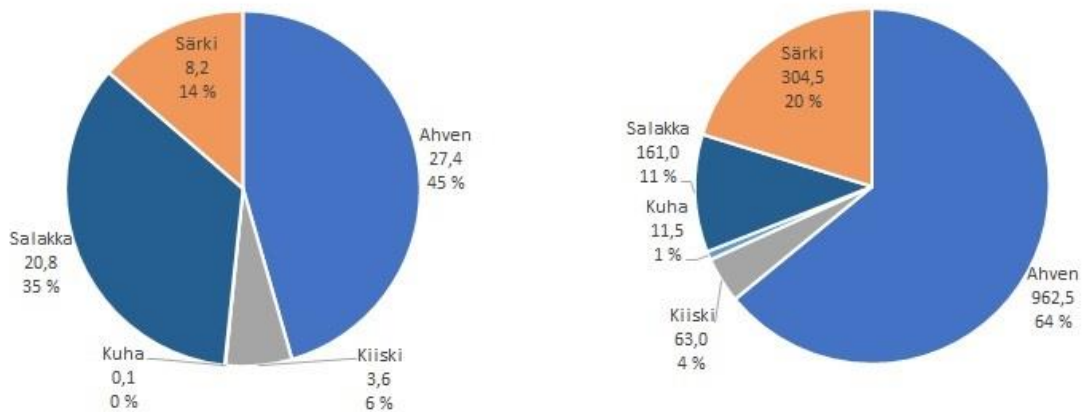
3.1.4. Vuoksi

Vuoksella Tainikoski-Imatrankoski välisellä patoaltaalla koeverkkokalastettiin Varpasaaren alue (Liite 4: Kuva 1), josta saaliiksi saatiin kuuden kalalajin lisäksi useita täplärapuja. Yhteensä saatiin 680 kalayksilöä, joiden yhteispaino oli 19 446 g. Salakka sekä ahven ja kiiski muodostivat pääosan kappalemääräisestä saaliista, painossa mitaten ahven haukkasi suurimman osuuden saaliista (Kuva 18).



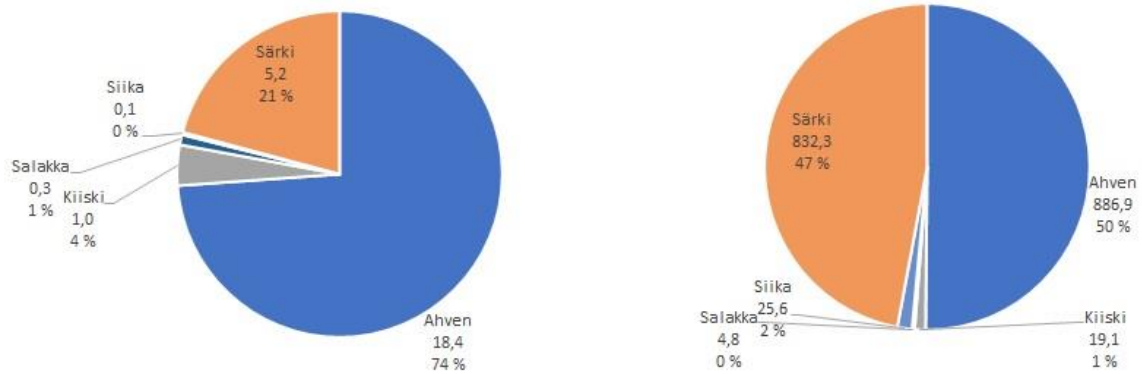
Kuva 18. Koeverkkoosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden Vuoksen Varpasaa- ren alueella.

Tainikoski-Imatrankosken välisen patoaltaan toisen alueen, Ritikkakoski, saalis oli yhteensä 1 142 kalaa ja yhteispaino 28 547 g. Lisäksi saatiin täplärapuja. Kalansaalis koostui viidestä kalalajista, ahven ja salakka muodostivat kappaleissa pääosan saaliista, painossa ahven oli valtalaji (Kuva 19).



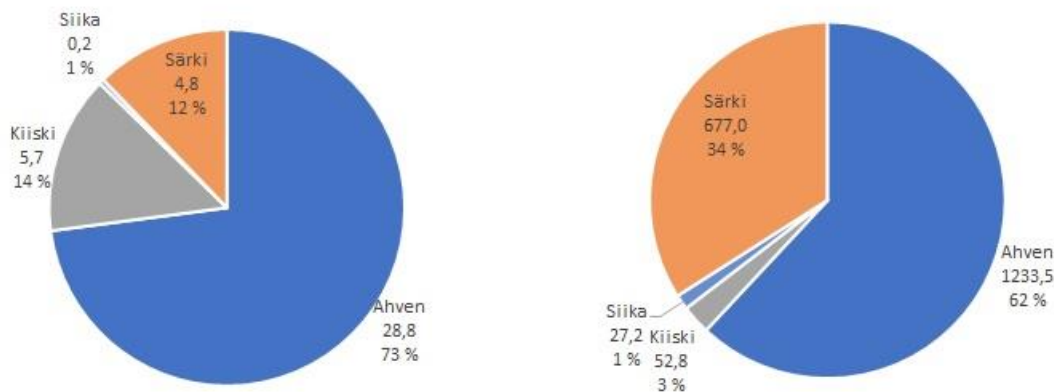
Kuva 19. Koeverkkoosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkkoyötä kohden Vuoksen Taini- koski-Imatrankoski patoaltaan Ritikkakosken tutkimusalueella.

Vuoksen Imatrankoski-rajavyöhyke välillä sijaitsevan Kuparin alueen (Liite 4: Kuva 2) saalis koostui viidestä kalalajista ja täpläravuista. Kalayksilöitä saatiin yhteensä 400 ja kalojen yhteis- paino oli 28 360 g. Kappaleissa ahven oli valtalaji, painossa mitaten ahven ja särki (Kuva 20).



Kuva 20. Koeverkkoosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkko-yötä kohden Vuoksen Imatrankoski-rajavyöhyke välillä Kuparin tutkimusalueella.

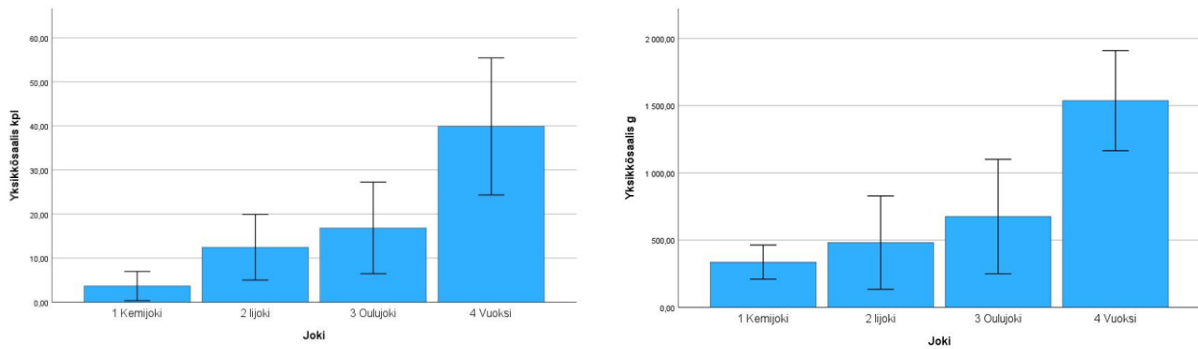
Imatrankoski-rajavyöhyke välillä sijaitsevalla Kyyrönkoskella (Liite 4: Kuva 2) saalis koostui neljästä kalalajista ja täpläruvuista. Kalayksilöitä saatiin yhteensä 473 ja kalojen yhteispaino oli 23 884 g. Kappaleissa ja saaliin painossa ahven oli valtalaji (Kuva 21).



Kuva 21. Koeverkkoosaaliin jakautuminen kalalajeihin kappalemääräisessä (vasen paneeli) ja painon mukaisessa (oikea paneeli) saaliissa laskettuna verkko-yötä kohden Vuoksen Imatrankoski-rajavyöhyke välillä Kyyrönkosken alueella.

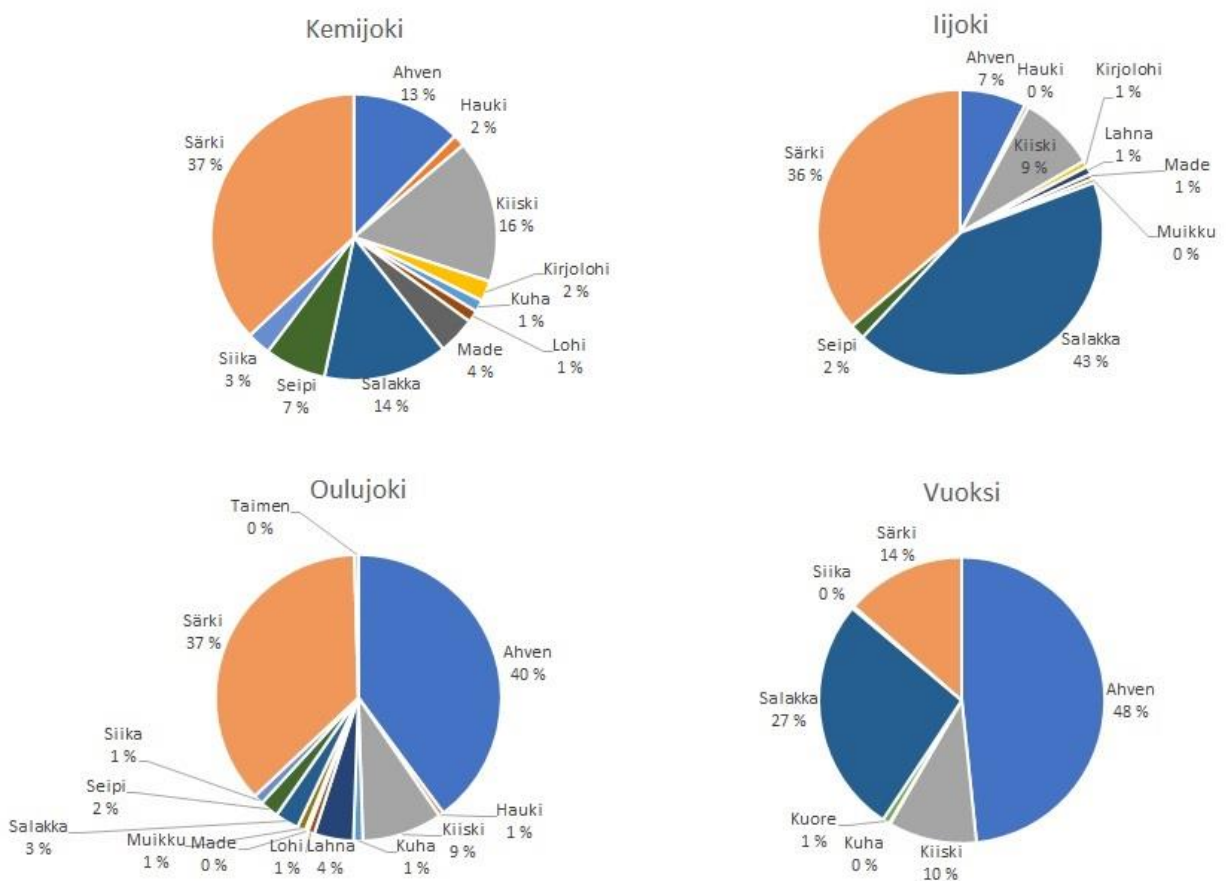
3.1.5. Koeverkkoosaaliin vertailu jokien välillä

Koekalastussaaliin määrässä oli eroja jokien välillä: sekä kappalemääräinen että painossa mitattu yksikkösaalis oli pienimmillään Kemijoella ja kasvoi etelää kohti Vuokselle (Kuva 22).



Kuva 22. Koeverkkokalastuksen yksikkösaalis kappaleissa (kpl/verkkoyö) ja painossa (g/verkkoyö) tutkituissa joissa. Joen sisällä kalastetut alueet on yhdistetty.

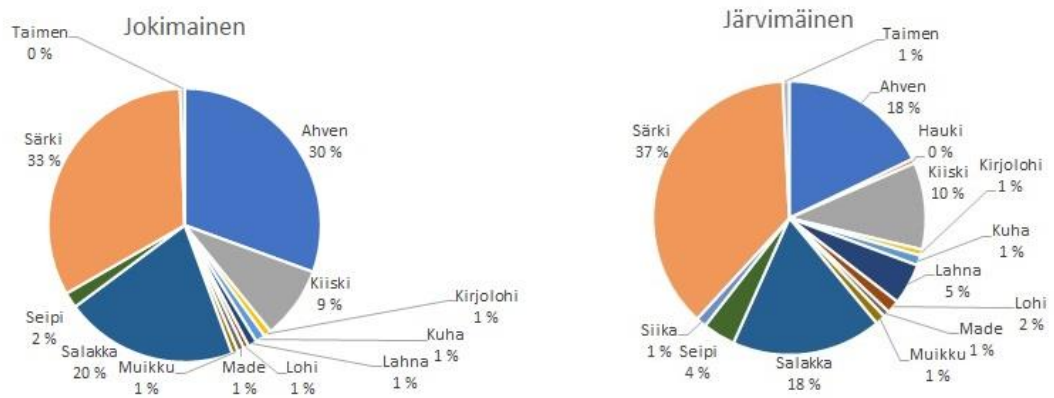
Koeverkkokalastuksen mukaan särkikalat muodostivat suuren osan koekalastussaaliista kaikissa tutkituissa joissa (Kuva 23). Jokien välillä oli koeverkotuksen tulosten mukaan myös eroja saalisosuudessa, esimerkiksi ahvenen saalisosuus oli suuri Oulujoella ja Vuoksella verrattuna muihin jokiin (Kuva 23).



Kuva 23. Kappalemääräisen yksikkösaaliin (kpl/verkkoyö) jakautuminen eri kalalajeihin koeverkkokalastuksessa tutkituissa joissa. Ympyräkaavion lohkot ovat keskiarvoja kunkin joen yhdistetystä aineistosta.

Kussakin joessa pyrittiin kalastamaan yksi järvimäinen, hidasvirtainen kohde, ja yksi jokimaisempi kohde. Tarkoituksena oli hakea eroja kalaston rakenteessa; miten sopeutuminen

erilaisiin ympäristöihin mahdollisesti näkyä lajisuhteissa. Koeverkotuksessa ei kuitenkaan ollut juurikaan eroja järvimäisten ja jokimaisten kohteiden välillä kalaston rakenteessa (Kuva 24).



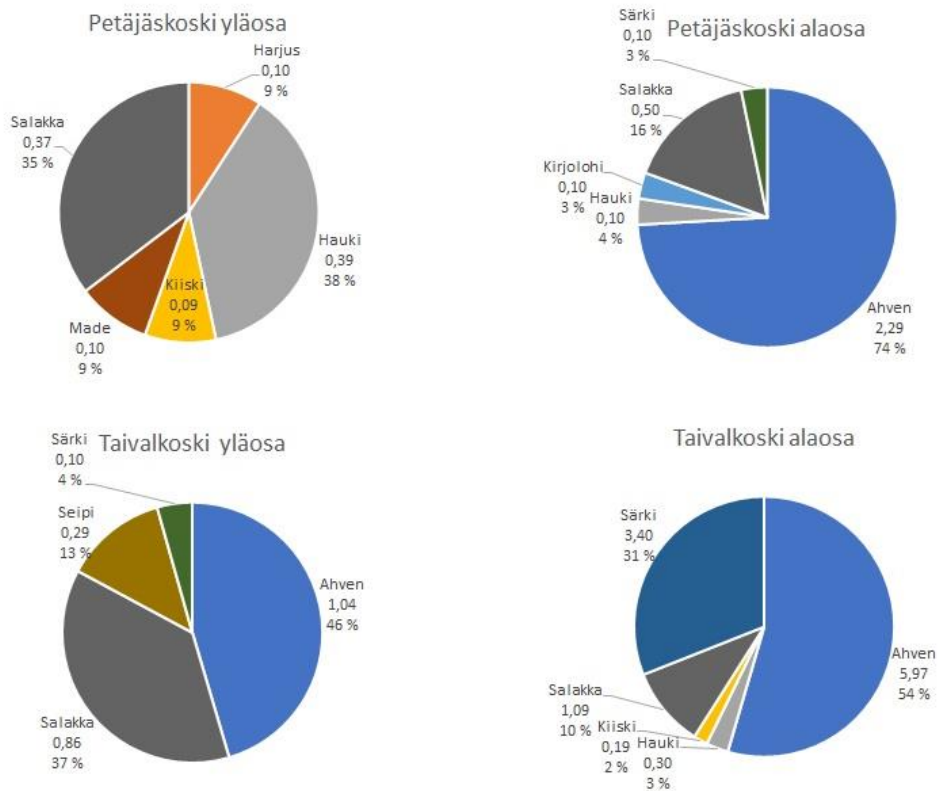
Kuva 24. Järvimäisten ja jokimaisten kohteiden kalaston jakautuminen yksikkösaaliiden perusteella (kpl/verkkoyö) eri lajeihin koeverkkokalastuksen saaliissa Kemi-, li-, ja Oulujoella. Ympyräkaavioiden lohkot ovat keskiarvoja yhdistetystä saaliista.

3.2. Sähkökalastukset

3.2.1. Kemijoki

Kokonaissaalis jäi Petäjäinen-Valajaskoski patoaltaalla (Liite 1: Kuva 1) niukaksi, alaosan järvimäiseltä alueelta saatiin 31 kalaa ja yläosalta vain 11 kalaa. Kemijoen Taivalkoski-Ossauskoski patoaltaalla (Liite 1: Kuva 2) alaosan saalis oli 111 kalayksilöä ja virtaavammasta yläosasta saatiin 24 yksilöä. Sähkökalastuskaloja ei punnittu, mutta kaikkien saaliiksi saatujen yksilöiden pituus mitattiin.

Sähkökalastusveneen saaliista ahven muodosti pääosan molempien kalastettujen voimalais-
tovalien järvimäisissä alaosissa (Kuva 25). Virtaavimmissa yläosissa erityisesti salakan osuus oli molemmissa huomattava (Kuva 25).

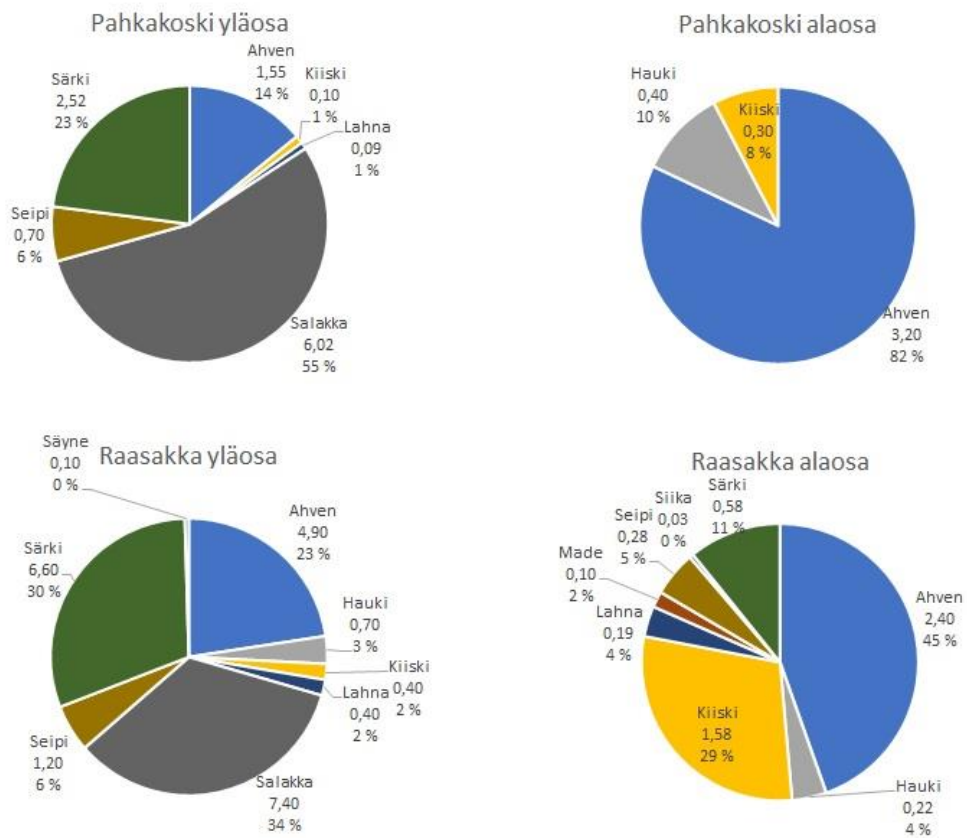


Kuva 25. Sähkökalastus saaliin jakautuminen eri kalalajeihin yksikkösaaliissa (tiheys kpl/kalastettu 100 m²) Kemijoen kalastetuilla neljällä alueella. Molemmilla patoaltailla yläosan tutkimusalue oli jokimainen ja alaosan järvimäinen. Kunkin kalastetun alueen kaikki sähkökalastuslinjat on yhdistetty.

3.2.2. Iijoki

Kokonaissaalis Raasakka-Maalismaa patoaltaan (Liite 2: Kuva 1) järvimäiseltä altaalta oli 107 kalaa ja yläosan virtaavalta alueelta 217 yksilöä. Pahkakoski-Haapakoski patoaltaalla (Liite 2: Kuva 2) järvimäisen altaan saalis oli vain 39 kalayksilöä ja jokimaisen alueen 125 yksilöä.

Molemmissa järvimäisissä altaissa ahven ja kiiski muodostivat pääosan kappalemääräiset yksikkösaaliista (Kuva 26). Virtaavimmissa yläosissa taas särkikalat, särki ja salakka, dominoivat (Kuva 26).

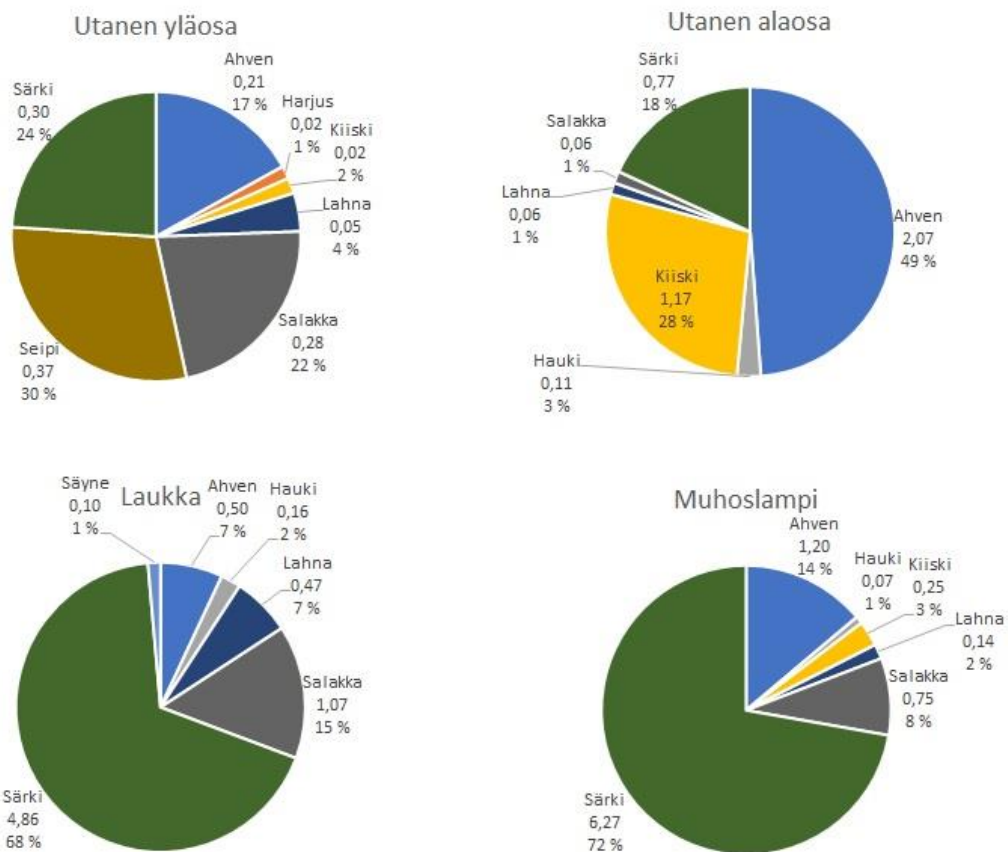


Kuva 26. Sähkökalastus saaliin jakautuminen eri kalalajeihin yksikkösaaliissa (tiheys, kpl/kalastettu 100 m²) lijoella kalastetuilla neljällä alueella. Molemmilla patoaltailla yläosan tutkimusalue oli jokimainen ja alaosa järvimäinen. Kunkin kalastetun alueen kaikki sähkökalastuslinjat on yhdistetty.

3.2.3. Oulujoki

Kokonaissaalis sähkökalastuksesta Merikoski-Montta patoaltaan (Liite 3: Kuva 1) jokimaiselta alueelta oli 173 kalaa ja järvimäisestä Muhoslammeista 138 kappaletta. Utanen-Nuojua patoaltaan (Liite 3: kuva 2) jokimaiselta alueelta saatiin puolestaan 63 kalaa ja järvimäiseltä alueelta 89 kappaletta.

Merikoski-Montta patoaltaalla särjen yksikkösaalis oli suurin molemmilla tutkimusalueilla (Kuva 27). Utanen-Nuojua patoaltaan järvimäisemmällä alueella ahvenkalat ahven ja kiiski dominoivat yksikkösaaliissa, jokimaisella alueella taas särkikalat, särki, seipi ja salakka (Kuva 27).

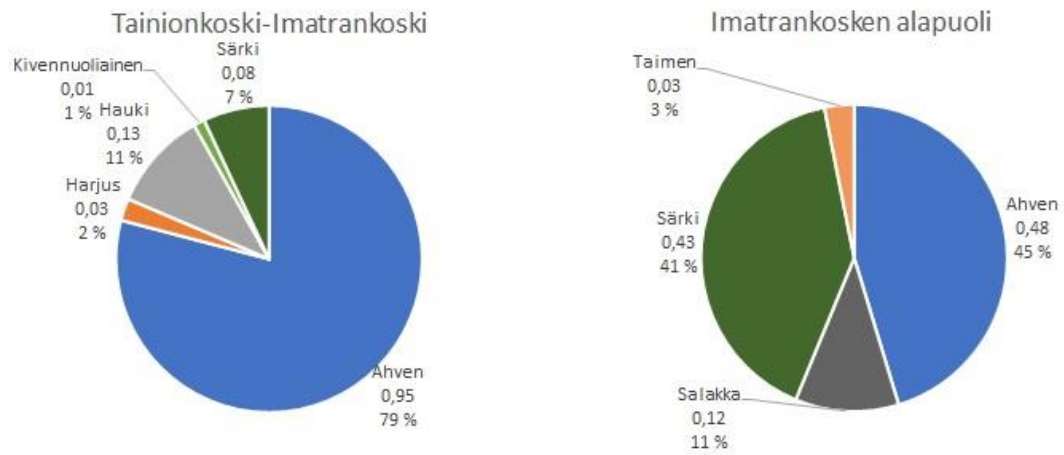


Kuva 27. Sähkökalastus saaliin jakautuminen eri kalalajeihin yksikkösaaliissa (tiheys, kpl/kalastettu 100 m²) Oulujoella kalastetuilla neljällä alueella. Utasen yläosa ja Laukka ovat jokimaisia ja Utasen alaosa ja Muhoslampi järvimäisiä tutkimusalueita. Kunkin kalastetun alueen kaikki sähkökalastuslinjat on yhdistetty.

3.2.4. Vuoksi

Tainionkoski-Imatrankoski patoaltaalta (Liite 4: Kuva 1) saatiin 86 kalaa ja Imatrankoski-raja-vyöhyke (Liite 4: Kuva 2) väliltä 64 kappaletta. Saaliin käsittelyssä ei eritelty eri alueita, joten jakoa järvimäisiin ja jokimäisiin kohteisiin ei tehty Vuoksella.

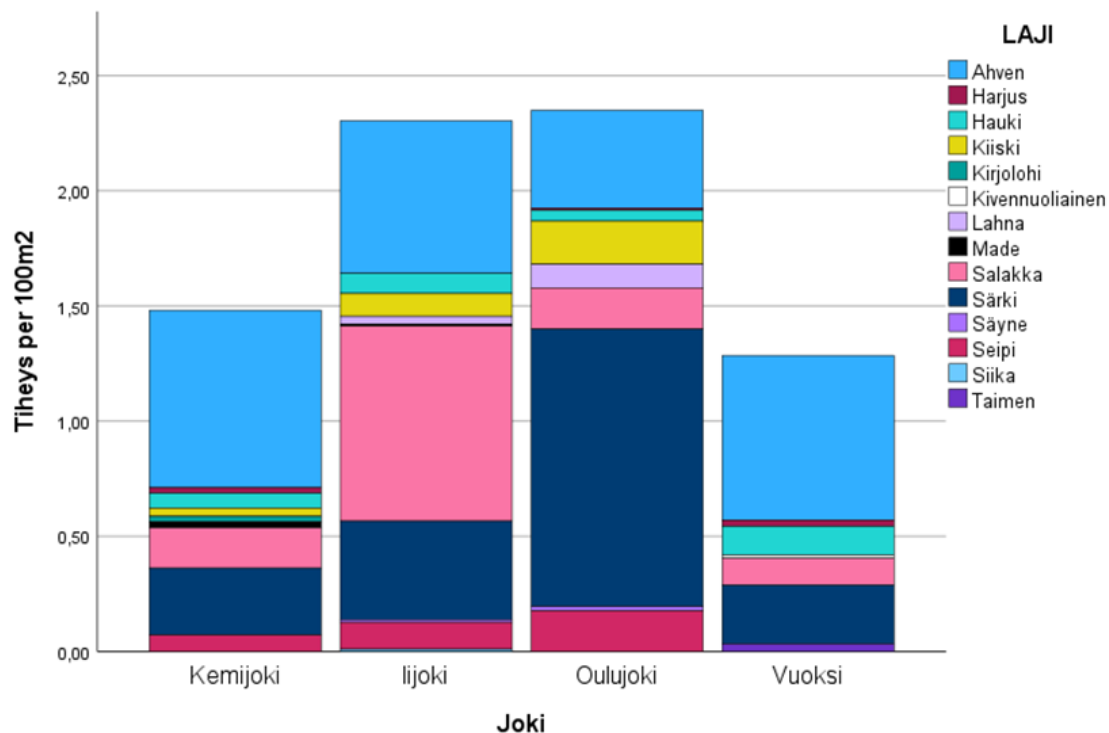
Ahven on yksikkösaaliin mukaan yleisin laji molemmissa kalastetuissa alueissa, Imatrankosken alapuolella myös särki oli yleinen (Kuva 28).



Kuva 28. Sähkökalastus saaliin jakautuminen eri kalalajeihin yksikkösaaliissa (tiheys, kpl/ka-
lastettu 100 m²) Vuoksella kalastetuilla alueilla. Molempien kalastettujen alueiden kaikki sähkökalastuslinjat on yhdistetty.

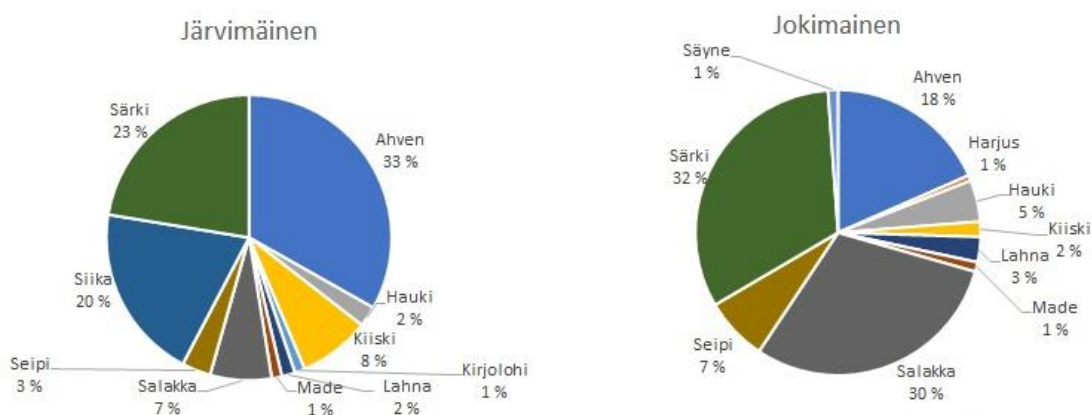
3.2.5. Sähkökalastussaaliin vertailu jokien välillä

Sähkökalastuksen keskimääräinen yksikkösaalis (kpl/kalastettu 100 m²) oli li- ja Oulujoella Kemijoella ja Vuoksesta suurempi (Kuva 29). Saaliiksi saatiin yhteensä 14 kalalajia. Yksikkösaaliin perusteella yleisin laji Kemijoella ja Vuoksella oli ahven, ja sitä seurasivat särki ja salakka. li- ja Oulujoella taas särkikalat, särki ja salakka, olivat runsaslukuisempia kuin ahvenkalat, ahven ja kiiski (Kuva 29).



Kuva 29. Sähkökalastuksen yksikkösaalis (kpl/kalastettu 100 m²) neljällä kalastetulla joella jaettuna eri kalalajeihin. Kalastetut linjat ja alueet on kunkin joen sisällä yhdistetty.

Järvimäiset ja jokimäiset kohteet erosivat toisistaan merkittävästi (Kuva 30). Näkyvin ero oli ahvenen suurempi osuus järvimäisissä osissa ja toisaalta salakan suuremmat yksikkösaaliit jokimäisissä osuuksissa (Kuva 30).



Kuva 30. Järvimäisten ja jokimäisten kohteiden kalaston jakautuminen yksikkösaaliiden perusteella (kpl/kalastettu 100m²) eri lajeihin venesähkökalastuksen saaliissa Kemi-, li- ja Oulujoella. Piirakkakuvioiden lohkot ovat keskiarvoja yhdistetystä saaliista.

3.3. YmpäristöDNA-menetelmä

Huomattava osa (61 %) moniviivakoodausanalyysissä saaduista taksonikohtaisista määrittelyistä ei saavuttanut analysoijan asettamia luotettavan määrittelyn kriteerejä (ks. kohta 2.3. eDNA näytteenotto). Valtaosa näytteistä oli kuitenkin hyvin lähellä esimerkiksi 99 %-kriteerin rajaa (eli taksonin sekvenssien samankaltaisuus kalatietokantojen referenssisekvensseihin nähden). Koska käytetty raja-arvo vaihtelee tutkimuksien välillä, esim. Goutte ym. (2020) käyttivät ko. raja-arvona 98 prosenttia, ja koska tämän aineiston osalta 95 % määrittelyistä ylitti tämän kriteerin, otettiin tässä tutkimuksessa mukaan kaikki tehdyt määrittelytulokset. Tuloksia tulkitessa on kuitenkin hyvä muistaa, että joidenkin taksonien esiintymiseen patoaltaissa liittyy epävarmuuksia.

eDNA-analyysien tuloksia tulkittaessa korostuu selvästi tarve tietämykselle kalaston esiintymisestä ja elinympäristöstä. Koska tietokannat ovat maailmanlaajuisia, lajiosumia (ns. vääriä positiivisia määrittelyjä, eli false positive) voi analyysissä tulla myös lajeista, joiden ei tiedetä esiintyvän Suomessa (kuten tässä aineistossa mainittu *Salmo obtusirostris*). Osumia voi tulla myös lajeista, joiden elinympäristö ei vastaa tiedossa olevaa. On esimerkiksi todennäköisempää, että tässä aineistossa esiintyvät tuulenkalat (Ammodytidae) ovat joko hyvin karkealle tasolle jääneitä Perciformes -lahkon (ahven-simppusukuiset) edustajia tai esimerkiksi kalastajien kalastuksessaan käyttämistä syöttikaloista peräisin olevia havaintoja tai jopa isompien petokalojen ulostamia kuin se, että niitä esiintyisi luontaisesti patoaltaissa. Koska meressä elävien tuulenkalojen luontainen esiintyminen ei kata makeita vesiä, poistettiin tuulenkalat-taksoni aineiston jatkokäsittelyistä kokonaan (Liite 8).

eDNA-menetelmällä tavattiin kolmesta tässä selvityksessä käytetystä menetelmästä eniten taksonia, 26 kappaletta (Kuvat 31 ja 32). Näistä kuusi oli suku- tai heimotason havaintoa ja 20 lajitason havaintoa. Oulujoella ja Vuoksella havaittiin molemmissa 22 taksonia, Kemijoella 15 ja Lijoella 14 taksonia (Liite 9). Yksinomaan eDNA-menetelmällä havaittuja lajeja olivat ankerias, kymmenpiikki, mutua, nahkiainen ja turpa. Suku- ja heimotason taksoneihin sisältyi mm. eri siikamuodot, joita ei erotella myöskään koeverkko- ja sähkökalastusaineistoissa. eDNA-aineistossa myös muikku sisältyy tähän ryhmään. Nahkiaista ja pikkunahkiaista ei tässä työssä voitu erottaa vaan ne käsiteltiin yhtenä taksonina. Samoin tehtiin simppulajien osalta.

Muita aineistossa esiintyneitä suku- ja heimotason havaintoja olivat ahvenkalat (Percidae), särkikalat (Leuciscidae) ja lohikalat (*Salmo* sp.). Näihin havaintoihin sisältyy todennäköisesti samoja lajeja kuin oli lajitasollekin määritettyjen joukossa, mutta näissä lajitason tunnistus on vain jäänyt saavuttamatta esimerkiksi osasta eristettyä DNA:ta sen heikon osumatarkkuuden tai alhaisen määrän vuoksi.

Lijoella havaittiin eniten lahnan, simppujen, kiiskan ja kivenuoliaisen sekvenssejä. Kemijoella havaittiin eniten ahvenen, salakan, särjen, lohen ja hauen, Oulujoella kiiskan, lahnan, simppujen, ahvenen ja särjen, sekä Vuoksessa ahvenen, särjen ja simppujen sekvenssejä (Kuva 31).



Kuva 31. Lämpökarttakuvaus eDNA-menetelmällä havaittujen taksonien sekvenssimääristä vesistökohtaisesti esitettynä. Kunkin taksonin sekvenssejä havaittiin sitä enemmän, mitä voimakkaampi väri kuvaajassa on: vaaleansininen: nolla tai näytteen minimiarvo, tummansininen: 30–60 %, punainen: >60 % sekvenssien yhteenlasketusta vesistökohtaisesta määrästä.

Jokaiselta näytepaikalta otettiin varsinaisten näytteiden lisäksi myös kontrollinäyte tislatus vedestä (N = 44). Kontrollinäytteissä ei tulisi olla lainkaan kalojen DNA:ta. Kolmessa kontrollinäytteessä havaittiin kuitenkin runsaasti kalasekvenssejä (kaksi paikkaa Oulujoella ja yksi Kemijoella), ja muissakin näytteissä havaittiin pieniä määriä kalasekvenssejä (keskimäärin 24 sekvenssiä per kontrollinäyte). Kontrollinäytteiden tulokset ilmentävät, että näytteenoton yhteydessä patoaltaan vettä on päässyt sekoittumaan kontrollivetenä käytetyn tislatus veden sekaan esimerkiksi käsineistä tai muina roiskeina näytteenottovälineitä käsiteltäessä. Oulujoella ja Kemijoella havaittuja runsaita sekvenssimääriä muutamissa kontrollinäytteissä on vaikea selittää, sillä havaitut sekvenssimäärät olivat samaa suuruusluokkaa kuin varsinaisissa jokivesinäytteissä.

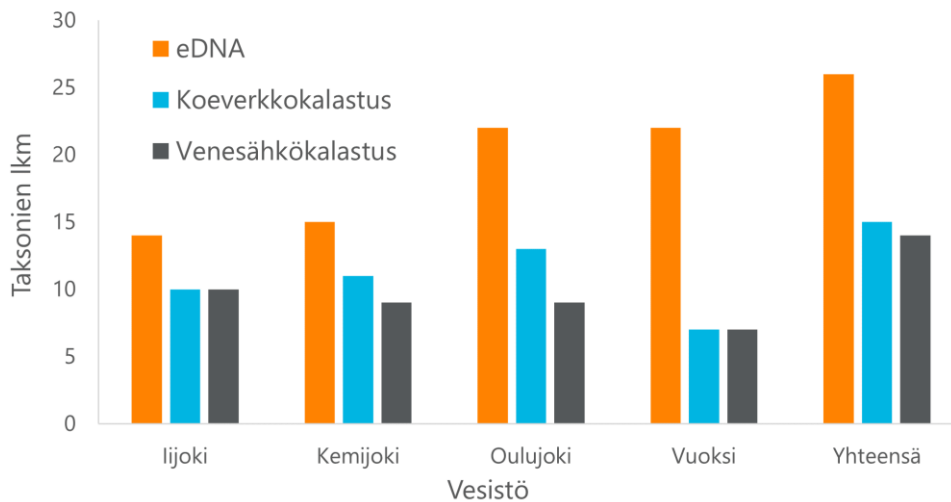
3.4. Menetelmien tulosten vertailu

Koeverkkokalastuksessa havaittiin 15 lajia ja sähkökoekalastuksessa 14 (Taulukko 1). Yleisimmät lajit saatiin molemmilla menetelmillä (Taulukko 1). Harjus, säyne ja kivenuoliainen olivat lajeja, jotka saatiin vain sähkökalastuksella. Kuha, lohi, muikku ja kuore tavattiin vain koeverkoilla. Pääasiassa molemmat menetelmät antoivat samanlaisen kuvan yleisimmistä lajeista, mutta lajien välisissä suhteissa oli jonkin verran eroja (Taulukko 1). Esimerkiksi molemmissa menetelmissä ahven ja särki olivat yleisimpiä lajeja, mutta niiden järjestys oli eri (Taulukko 1). Sähkökalastuksessa saatiin suhteellisesti enemmän salakoita ja haukia, verkolla taas suhteellisesti enemmän kiiskiä, lahnoja ja mateita.

Taulukko 1. Sähkökalastuksessa ja koeverkotuksessa saadut yhteenlasketut kalalajit kaikissa vesimuodostumissa. Lajit on järjestetty sen mukaan, kuinka usein laji esiintyi koekalastuksen saaliissa, tasatuloksessa on käytetty mediaanisaaalista. Vihreä teksti: lajit, jotka saatiin sekä sähkökalastuksessa että koeverkotuksessa, sininen teksti: kalalajit, jotka saatiin sähkökalastuksessa, mutta ei koeverkotuksessa, punainen teksti: lajit, jotka saatiin verkoilla, mutta ei sähköllä. Nuoli oikeassa sarakkeessa (Verkot vs. sähkö) vertailee verkkosaaliin osuutta verrattuna sähkökalastukseen: nuoli ylöspäin = verkoissa lajin saaliin osuus oli suhteellisesti suurempi kuin sähköllä, nuoli alaspäin = verkkosaaliissa osuus oli pienempi.

Sähkökalastus	Koeverkot	Verkot vs. sähkö
Ahven	Särki	↑
Särki	Ahven	↓
Salakka	Kiiski	↑
Hauki	Salakka	↓
Kiiski	Lahna	↑
Lahna	Made	↑
Seipi	Seipi	-
Harjus	Kirjolohi	↑
Made	Kuha	-
Säyne	Siika	↑
Taimen	Hauki	↓
Kirjolohi	Lohi	-
Kivenuoliainen	Muikku	-
Siika	Taimen	↓
	Kuore	-

Eniten taksoneita menetelmien välillä, eli 26 kpl, havaittiin eDNA-menetelmällä (Kuva 32). Menetelmällä tavoitettiin eniten taksoneita kaikissa vesimuodostumissa. Lisäksi osa havaituista lajeista oli harvinaisemmin seurannoissa tavattavia lajeja, kuten ankerias (Kuva 31).



Kuva 32. Sähkökalastuksessa ja koeverkkokalastuksessa havaitut lajimäärät sekä eDNA näytteenotolla havaitut taksonit Iijoen, Kemijoen, Oulujoen ja Vuoksen.

Sekvenssien määrää eDNA-näytteissä voidaan käyttää kuvaamaan taksonien runsaussuhteita. Sekvenssien määrällä mitattuna runsaimmat taksonit olivat simput-taksonia (Gottidae) lukuun ottamatta samoja kuin koeverkko- ja sähkökalastuksessa (Kuvat 31 ja 32). Simppuja ei tavattu perinteisten pyyntimenetelmien saaliissa lainkaan, mutta simput ovat kuitenkin mukana yhtenä herkkien lajien ryhmään kuuluvana taksonina mm. joki-indeksin laskennassa. Eri taksonien runsaussuhteiden määrittämiseen eDNA-näytteissä todettujen sekvenssien kokonaismäärän perusteella liittyy kuitenkin menetelmällisiä epävarmuuksia, eikä niitä ole syytä vertailla muilla näytteenottomenetelmillä saatuihin tuloksiin tässä työssä.

3.5. Ekologinen luokittelu

Tässä työssä sovellettiin luonnonvesiin, järviin ja jokiin, kehitettyjä ekologisen luokittelun indeksejä patoaltaiden tilan arviointiin. Voimakkaasti muutetuissa vesissä tilatavoitteet ovat erilaisia kuin luonnonvesissä, mutta tässä raportissa **ei tehty** arvioita tai laskelmia patoaltaiden tavoitetilaksi, vaan arvioitiin ainoastaan luonnonvesiin kehitettyjen menetelmien soveltuvuutta patoaltaiden olosuhteissa. Nämä menetelmät on kuvattu paitsi tämän raportin menetelmät osiossa, myös tarkemmin luokkarajoineen luokitteluohjeessa (Aroviita 2019).

3.5.1. Järviluokittelu

Koeverkkokalastuksen tulosten perusteella laskettiin ELS4-indeksi. Kunkin joen molemmat järvimäiset ja molemmat jokimäiset kohteet yhdistettiin luokittelua varten. Vertailuarvoina käytettiin järvityypin ”Suuret humusjärvet (Sh)” arvoja.

ELS4-järvikalaindeksin mukaan kaikki koekalastetut alueet sijoittuvat joko hyvään tai erinomaiseen luokkaan (Taulukko 2).

Taulukko 2. Patoallasalueiden ekologisen tilan luokittelu ELS4 – järvikalaindeksillä koeverkkokalastukseen perustuen neljällä vesistöalueella.

Vesistö	Alue	ELS4	Luokittelu
Järvimäiset			
Kemijoki	Petäjaskosken allas Taivalkosken allas	0,79	Hyvä
Iijoki	Raasakan allas Pahkakosken allas	0,70	Hyvä
Oulujoki	Muhoslampi Ala-Niska	0,79	Hyvä
Vuoksi	Kupari Varpasaari	0,64	Hyvä
Jokimäiset			
Kemijoki	Petäjaskosken yläosa Taivalkosken yläosa	0,91	Erinomainen
Iijoki	Martimojokisuu Haapakosken alakanava	0,69	Hyvä
Oulujoki	Laukka Keski-Niska	0,82	Erinomainen
Vuoksi	Ritikkakoski Kyyrönkoski	0,62	Hyvä

3.5.2. Jokiluokittelu

FiFI-jokikalaindeksi laskettiin perustuen yksittäiseen kalastukseen, eli kunkin alueen sisällä jokaiselle kalastetulle linjalle laskettiin indeksin arvo. Luokittelussa näistä esitetään sekä keskiarvo että mahdollinen vaihteluväli (Taulukko 3). Vuoksella saalis käsiteltiin allaskohtaisesti, joten indeksi laskettiin koko saaliille. Luokkarajoina käytettiin erittäin suurten turvemaiden jokien arvoja.

FiFI-jokikalaindeksin perusteella kaikki tarkastellut alueet luokituivat välttävään tai tyydyttävään ekologiseen tilaan (Taulukko 3).

Taulukko 1. Taulukko 3. Patoallasalueiden ekologisen tilan luokittelu FiFI – jokikalaindeksillä venesähkökalastuksen saaliisiin perustuen neljällä vesistöalueella. Taulukossa on esitetty indeksin keskiarvo ja tähän perustuva luokittelu, sekä indeksiarvon ja luokittelun vaihteluväli (suluissa) kaikista alueella kalastetuista linjoista.

Vesistö	Alue	FiFI	Luokittelu
Kemijoki	Petäjaskosken allas	0,33 (0,28–0,41)	Tyydyttävä (Välttävä-tyydyttävä)
	Petäjaskosken yläosa	0,47 (0,22–0,70)	Tyydyttävä (Välttävä-erinomainen)
	Taivalkosken allas	0,30 (0,24–0,33)	Välttävä (Välttävä-tyydyttävä)
	Taivalkosken yläosa	0,26 (0,18–0,30)	Välttävä
Iijoki	Raasakan allas	0,33 (0,27–0,41)	Tyydyttävä (Välttävä-tyydyttävä)
	Martimojokisuu	0,25 (0,19–0,29)	Välttävä
	Pahkakosken allas	0,39 (0,33–0,41)	Tyydyttävä
	Haapakosken alakanava	0,24 (0,23–0,25)	Välttävä
Oulujoki	Muhoslampi	0,27 (0,20–0,33)	Välttävä (Välttävä-tyydyttävä)
	Laukka	0,25 (0,24–0,26)	Välttävä
	Keski-Niska	0,26 (0,25–0,27)	Välttävä
	Ala-Niska	0,26 (0,24–0,27)	Välttävä
Vuoksi	Tainionkoski-Imatrankoski	0,40	Tyydyttävä
	Imatrankosken alapuoli	0,35	Tyydyttävä

4. Tulosten tarkastelu

4.1. Tavoitteena hyvä ekologinen potentiaali

Voimakkaasti muutetuissa vesissä, kuten tässä työssä tarkastelluissa patoaltaissa, hyvä ekologinen potentiaali, tai hyvä saavutettavissa oleva ekologinen tila, on vesistön tavoitetila vesiputedirektiivin liittyvässä tilaluokittelussa. Tässä tavoitetilassa lieventämistoimenpiteet, joilla voidaan selkeästi vaikuttaa ekologiseen potentiaaliin, ja joista ei aiheutuisi merkittävää haittaa tärkeälle käytölle, on tehty. Tavoitetila on siis tyypillisesti luonnonvesien hyvää tilaa lievempi tavoite, jossa tilan määrittelyssä otetaan huomioon vesistön hydrologismorfologinen muuttuneisuus ja siitä johtuvaa ekologisen tilan heikentyminen vesistön tärkeän käytön vuoksi. Tässä työssä tarkastelluissa patoaltaissa tärkeä käyttö on vesivoimantuotanto, joka otetaan huomioon tavoitetilaa määritettäessä, eikä tilaa parantavat toimenpiteet saa aiheuttaa merkittävää haittaa vesivoimantuotannolle. Suomessa voimakkaasti muutettujen vesistöjen tavoitetila määritetään toimenpiteiden (sekä vedenlaadun) kautta: voidaanko vesistössä toteuttaa toimenpiteitä (esim. kunnostukset, ohitusuomat) jotka merkittävästi parantavat ekologista potentiaalia aiheuttamatta merkittävää haittaa vesivoimantuotannolle? Jos tilaa voidaan merkittävästi parantaa, toimenpiteet tulee toteuttaa, jos ei voida, vesistö on hyvässä ekologisessa potentiaalissa.

Voimakkaasti muutettujen vesistöjen tavoitetilan arviointi on tehty käytännössä asiantuntijatyönä. Biologista seuranta ei ole juurikaan käytetty, eikä patoaltaiden biologiseen näytteenottoon ole Suomessa kehitetty omaa näytteenotto- ja luokittelumenetelmää. Ohjeistuksen mukaan biologisten laatutekijöiden määrittäminen voi olla yksi vaihe tilaluokittelussa (CIS working group ECOSTAT 2020). Hyvässä ekologisessa potentiaalissa biologisten laatutekijöiden arvot eroavat vain hieman verrattuna parhaaseen mahdolliseen potentiaaliin. Arvoja verrataan vertailuvesistöön, joka lähinnä muistuttaa tarkasteltavaa vesistöä. Patoaltailla tällaista vertailuvesistöä on vaikea löytää, mutta ohjeistus antaa mahdollisuuden ennustaa arvot hydromorfologisten ja fysikaaliskemiallisten olosuhteiden perusteella. Tilan arvioinnissa otetaan myös huomioon, että paras mahdollinen ekologinen jatkumo on saavutettu. Jatkumo mahdollistaa eliöstön liittymisen vesimuodostumien välillä. Biologiset laatutekijät, kuten kalaston rakenne, voidaan määrittää seurannalla. Seurannassa ja tilaluokittelussa on tärkeää, että käytetyt menetelmät reagoivat vesistöön kohdistuviin ihmistoiminnan paineisiin.

4.2. Patoaltaiden kalastosta

Sekä verkko- että sähkökalastuksen mukaan ahven ja särki olivat patoaltaiden yleisimmät kalalajit, tosin eri järjestyksessä. Muita yleisiä lajeja olivat molempien menetelmien mukaan särkikaloista salakka, lahna ja seipi, ahvenkaloista kiiski, ja yleisin petokala oli hauki. Samat taksonit esiintyivät runsaina myös eDNA-näytteissä. Vaikka yleisimpien lajien lista oli samankaltainen kaikkien menetelmien välillä, lajien järjestyksessä oli suuriakin eroja menetelmien välillä. Tässä saadut tulokset tukevat aiempia tutkimustuloksia, mitkä ovat osoittaneet, että patoaltaiden kalasto on patoamisen ja säännöstelyn vuoksi muuttunut virtavesille tyypillisestä kalastosta järvikalaston suuntaan, esimerkiksi juuri särkikalaistunut (Vehanen 1995,1997).

Harvemmin kalastoseurannoissa tavattujen lajien havaitsemisessa menetelmät erosivat toisistaan. Näillä harvemmin tavatuilla lajeilla ei ole kuitenkaan ratkaisevaa merkitystä luokittelun

kannalta. Näiden lajien esiintymisen toteamiseen voitaisiin käyttää myös muita menetelmiä, kuten eDNA-menetelmää.

Verkkokalastuksen mukaan ahvenen osuus oli suurempi Oulujoessa ja Vuoksessa, ja erityisesti kokonaisbiomassa verkkokalastuksen yksikkösaaliin mukaan kasvoi etelää kohti Kemijoelta Vuokselle. Aiemmin on todettu, että vaikka altaiden kalaston rakenteessa on selkeitä yhteneväisyyksiä, altaiden hydromorfologiset erot näkyvät myös eroina altaiden kalastossa (Vehanen ja Riihimäki 1999). Myös yksittäinen patoallas sisältää olosuhteiltaan erilaisia osia, kuten virtaavamman yläosan ja järvimäisemmän alaosan, joka vaikuttaa kalaston rakenteeseen altaan eri osissa on (Vehanen ym. 2005). Tässä työssä sähkökalastuksen tuloksissa näkyi erot kalastossa virtaavien ja järvimäisten koekalastuskohteiden välillä esimerkiksi salakan suurempana ja ahvenen pienempänä osuutena kalastuksen saaliissa. Esimerkiksi patolaissa virtaaman säännöstely, erityisesti lyhytaikasaato on ihmistoiminnan erityispaine, jonka vaikutus eliöstöön on suuri (Sinisalmi ym. 1997, Harby ym. 2001, Vehanen ym. 2022). Mahdollisen seurannan suunnittelussa nämä altaiden rakenteelliset erot ja tärkeimmät ihmistoiminnan paineet tulee ottaa huomioon.

4.2.1. Koeverkot

Patoaltaissa verkkojen käyttäminen on haastavaa, koska pyydysten likaantuminen, pohjassa olevat rakenteet sekä veden pinnan ja virtaaman vaihtelut haittaavat pyyntiä (Vehanen 1995). Järvissä pyyntipaikkojen valinta tehdään satunnaisotannalla. Tässä työssä esimerkiksi Oulujoella verkkoja ei aina voitu laskea tarkalleen ennalta määriteltyyn paikkaan, koska paikalla saattoi olla puita tai pohjanlaatu oli niin epätasainen, että verkot olisivat jääneet sinne kiinni. (Tahkola ym. 2022). Joillakin alueilla, kuten Oulujoen Muhoslammella, sijainti välittömästi voimalaitoksen alapuolella altisti verkot nopeille virtaamamuutoksille haitaten kalastusta niin että soveltuvia pyyntikohteita jäi vain vähän. Vuoksella suuri osa pyyntiruuduista hylättiin vaikeiden olosuhteiden vuoksi ja pyynti kohdistui verrattain pienelle alueelle. Siitäkin huolimatta muutama verkko jouduttiin hylkäämään repeytymisen tai likaantumisen (levää) vuoksi. Patoaltaiden olosuhteet vaikuttavat merkittävästi pyydysten sijoitteluun sekä niiden pyydystettävyyteen. Lisäksi järvillä verkkokoekalastukset tehdään kesäkerrostuneisuuden aikana, jolloin olosuhteet ja kalojen käyttäytyminen ovat mahdollisimman vakaita (Olin 2014). Patoaltailla tällaista kerrostumista ei yleensä synny. Verkkojen käyttö soveltuu vain järvimäisille jaksoille, joissa virtaamavaihtelut ja pohjan rakenteet eivät liikaa haittaa pyyntiä

4.2.2. Venesähkökalastus

Suomessa ei ole aiemmin juurikaan tehty määrällistä tai "semi-kvantitatiivista" arviota venesähkökalastuksella vesistön tilasta kalaston perusteella. Aiemmat arviot luonnonvesissä perustuvat sähkökalastukseen kahlaten, joka patoaltaissa kuitenkin soveltuu vain pieniin alueisiin patoaltaiden ja rantojenkin syvyyden vuoksi. Euroopassa keskisuurissa ja suurissa vesissä sähkökalastusveneen käyttö on yleistä, ja esimerkiksi kalaston avulla vesistön ekologista tilaa arvioiva Euroopan kalaindeksiä - EFI+ (EFI+ Consortium 2009) käyttää sähkökalastusveneen tuloksia. EFI+ on hyväksytty menetelmä Euroopan tasolla ja jotkut maat käyttävät sitä ekologisen tilan arvioinnissa. Voimakkaasti muutettuihin vesiin sitä ei kuitenkaan ole sovellettu.

Tässä työssä käytetty semi-kvantitatiivinen näytteenottomenetelmä sähkökalastusveneellä (Havs- och Vattenmyndigheten 2022) periaatteessa soveltuu kalaston näytteenottoon patoaltaissa. Kalaston näytteenotto kohdistuu kalastoon rantavyöhykkeessä ja sen läheisyydessä

(syvyydet noin 0,7–2,5 m, Havs- och Vattenmyndigheten 2022). Patoaltaissa veden virtausnopeus on useimmiten melko hidasta, mikä soveltuu veneelle, ja rannan läheisyydessä venettä pystyy hyvin ohjaamaan.

4.2.3. eDNA-menetelmä

eDNA ja muut molekyylibiologiset menetelmät (MB) tulevat muuttamaan biologisten seurantojen ja todennäköisesti myös kalastoseurantojen toteutuksen (Pont ym. 2019, Cordier ym. 2021, Wang ym. 2021). Parhaimmillaan niiden avulla voidaan toteuttaa helposti vertailtavia ja toistettavia lajintunnistuksia sekä tavoittaa monia vaikeasti havaittavia ja huonosti tunnettuja eliöryhmiä, jotka jäävät perinteisiin menetelmiin perustuvien seurantojen ulkopuolelle. Hyvin suunniteltuina ne voivat olla myös erittäin kustannustehokkaita. Useissa EU-maissa jo suunnitellaan menetelmien rutiininomaista käyttöönottoa.

MB-menetelmiä on kalastaselvityksissä käytetty lajien esiintymisen varmistamiseen ja kalojen biomassan ja tiheyksien arviointiin (esim. Rourke ym. 2022). Rourke ym. (2022) mukaan lohikalajien sukuiset lajit (lohi, taimen, nieriä, harjus) ovat useimmiten olleet seurantojen kohdelajeja. Tyypillisesti kalaseurantojen tavoitteena on ollut selvittää, esiintyvätkö nämä kohdelajit vesistöissä (viivakoodaus) kuin koko kalayhteisössä esiintyvien lajien selvittäminen (metaviivakoodaus).

MB-menetelmien tarkkuuteen vaikuttaa paljon näytteenoton toteutus sekä ajoitus. Myös kalalajin esiintymisrunsaus, levinneisyys ja elinkierron vaihe voivat vaikuttaa eDNA:n kertymiseen näytteisiin. Näytteenottoa tulee tehdä riittävän laajalta alueelta, eri vuodenaikoina ja tarvittaessa myös eri vedensyvyyksiltä ja eri vuorokaudenaikoina riippuen kulloisesta selvityksen kohteena olevasta aiheesta (esimerkiksi Jane ym. 2015, Carraro ym. 2018, Macher & Leese 2017).

Tässä selvityksessä taksoneita havaittiin käytetyistä seurantamenetelmistä eniten eDNA-metaviivakoodausmenetelmällä. Menetelmien välisiä eroja tulkitessa täytyy kuitenkin huomioida, että eDNA-aineistossa taksoneissa on mukana lajien lisäksi myös sukuja ja heimoja: esimerkiksi *Salmo* spp., *Salmo salar* ja *Salmo trutta* on laskettu kolmeksi eri taksoniksi, vaikka kyseessä on todennäköisesti kaksi lajia (*Salmo* spp. -taksonin jakautumisesta lajien kesken ei ole tietoa). Tästä huolimatta eDNA-menetelmällä havaittu pelkkä lajitason taksonien määrä oli suurempi kuin perinteisillä menetelmillä saatu tieto lajien määrästä. eDNA-menetelmien lajintunnistuksen tarkkuuteen vaikuttaa käytetty referenssitietokanta, jonka tulisi sisältää kotimainen kalasto satunnaiset lajit ja vieraslajit mukaan lukien. Tällöin lajimääritysten osumatarkkuus paranee ratkaisevasti.

Kokeellisista tutkimuksissa (esimerkiksi Thomsen ym. 2012, Karlsson ym. 2021) on saatu selville, että eliöistä veteen vapautunut DNA hajoaa muutamassa vuorokaudessa, jos DNA:n lähteet poistetaan vedestä. Jos sen sijaan kalat oleskelevat alueella pidempään, DNA:ta erittyy veteen jatkuvasti, mutta lukuisat bioottiset ja abioottiset tekijät (mm. suolapitoisuus, lämpötila, auringonvalo, veden pH, mikrobien aktiivisuus sekä entsyymaattiset toiminnot) vaikuttavat DNAn säilyvyyteen vesimassassa (Barnes & Turner 2016, Harrison ym. 2019, Thalinger ym. 2021). Lähtökohtaisesti eliöistä vapautuva DNA kulkeutuu vesistöissä muutoinkin esiintyvän hienon orgaanisen aineksen (FPOM, fine organic particulate matter) tavoin ja sen kulkeutumisetäisyyttä on pyritty myös mallintamaan (Pont ym. 2018.) Esimerkiksi pienissä puroissa kulkeutumismatkan on havaittu olevan muutamista sadoista metreistä kilometriin asti, kun

puolestaan isoissa joissa kulkeuma voi ylittää jopa kymmeneen kilometriin (Pont ym. 2018 Harrison ym 2019).

Esimerkiksi virtaavassa vedessä kokeellisesti häkissä pidettyjen lohien (*Salmo salar*) erittämä eDNA-konsentraatio oli suurin noin 70 metriä koehäkeistä alavirtaan (Wood ym. 2020), mutta tuloksiin vaikuttaa joen virtaama – tulos voi olla erilainen joen virtaaman ollessa alhainen tai tavallista suurempi. Asian ratkaisemiseksi on esitetty virtaamakorjauksen tekemistä havaituille DNA-konsentraatioille (esimerkiksi Levi ym, 2018). Puronieriän (*Salvelinus fontinalis*) on kokeellisesti havaittu erittävän enemmän eDNA:ta veteen noin 14-asteisessa kuin 7-asteisessa vedessä (Lacoursière-Roussel ym. 2016a), kun taas luonnollisissa olosuhteissa Kanadan järvi-alueella elävän harmaanieriän (*Salvelinus namaycush*) eDNA-konsentraatiot eivät muuttuneet ollenkaan alle 15-asteisessa vedessä (Lacoursière-Roussel ym. 2016b). Myös vesipatsaan syvyys sekä kalojen esiintymissyvyys voivat vaikuttaa eDNA-konsentraatioon (Littlefair ym. 2020).

Lisäksi kalojen luonnolliset tekijät, kuten koetun stressin määrä, kalan koko, yksilöiden esiintyminen, elinkierron vaihe ja perusaineenvaihdunta voivat vaikuttaa näytteiden sisältämään eDNA-konsentraatioon (Thalinger ym. 2021). Esimerkiksi syksyllä tapahtuvan kudun aikana lohet erittävät enemmän aineenvaihduntatuotteita veteen ja kevätkutuiset kalat vastaavasti keväällä, jolloin vedessä on todennäköisesti enemmän näiden kalaryhmien DNA:ta.

Edellä mainitut tekijät heijastuvat kaikki näytteenoton välisiin eroihin sekä huolelliseen tutkimuskysymyksen määrittämiseen. Mikäli tarkoituksena on esimerkiksi selvittää, esiintyykö taimenta vesistöissä, suoraviivainen viivakoodaus (qPCR) yhdistettynä ajallisesti ja alueellisesti kattavaan näytteenottoon on hyvä ratkaisu. Jos taas halutaan lisätietoa taimenen tiheyksistä, eDNA-näytteiden rinnalle tarvitaan referenssitieto erilaisten taimentiheyksien ja eDNA-näytteissä esiintyvän taimenen sekvenssimäärien/DNA-konsentraatioiden välisestä suhteesta, jonka avulla voidaan arvioida taimenten runsautta (esimerkiksi Yates ym. 2021). Epävarmuudet kasvavat, jos halutaan tietää kalayhteisössä esiintyvät lajit, jolloin menetelmänä olisi tässäkin työssä käytetty metaviivakoodaus.

Vaikka ympäristöDNA-menetelmän etuna on sen toteuttaminen ilman suoraa kontaktia eliöön, tässä voidaan myös menettää perinteisemmillä menetelmillä sujuvasti kerättävää informaatiota. Esimerkiksi kalojen pituuden, kehitysasteen, sukupuolen ja iän määrittäminen vaativat edelleen niiden käsittelyä. Myös saalistietoihin ja kalojen käyttäytymisseurantaan tarvittavien tietojen keräämiseksi vaaditaan tavallisesti kalojen käsittelemistä ainakin jossakin vaiheessa. Sen sijaan kalaston lajimääritykseen vesistöalueella eDNA-menetelmä soveltuu hyvin asiantuntijoiden käytössä.

4.2.4. Käytetyt indeksit

Työssä arvioitiin myös, miten Suomessa luonnonvesissä käytetyt näytteenottomenetelmät ja niihin perustuvat ekologisen luokittelun indeksit soveltuvat voimakkaasti muutettuihin patoaltaisiin. Laskelmat tehtiin sekä järvi- että joki-indeksillä. Vertailuvesistöinä käytettiin luonnonvesiä, ja niiden hyvää ekologista tilaa. On kuitenkin syytä muistaa, että arviota patoaltaiden hyvästä ekologisesta potentiaalista ei tehty tässä työssä, eikä tehty luokittelu vastaa voimakkaasti muutettujen vesistöjen todellista luokittelua.

Järvien ELS4 kalaindeksi on kehitetty nimenomaan rehevöitymispaineen mittaamiseen (Olin ym. 2013). Tutkittujen jokien patoaltaissa rehevöityminen ei ole pääasiallinen paine, ja siitä

kertoo myös ELS4 indeksin tulokset: patoaltaat luokittuivat pääasiassa hyvään ekologiseen tilaan. Patoaltaissa ihmistoiminnan aiheuttamat suurimmat muutokset ovat hydromorfologisia muutoksia: patoaminen, virtaamien säännöstely ja jokiuoman perkaaminen. Näihin ihmistoiminnan paineisiin järvikalaindeksi ei vastaa.

Jokiin kehitetty FiFI kalaindeksi ilmensi patoaltaiden kalaston välttävää tai tyydyttävää tilaa verrattuna luonnonvesiin. Syitä hyvää huonompaan tilaan luonnon jokien virtajaksoihin verrattuina olivat ympäristömuutoksille herkkien kalalajien puuttuminen tai vähäisyys, kestävien lajien suuri osuus, lohikalajien poikasten puuttuminen ja särkikalajien suuri osuus. Vaikka luokittelu ei vastaa voimakkaasti muutettujen jokien luokittelua, se kuitenkin kertoo, että jokikalaindeksi reagoi patoaltaiden hydromorfologisiin paineisiin. Indeksien soveltuminen hydrologisten paineiden aiheuttamien muutosten indikaattoriksi kalastolla on todettu myös aiemmin eurooppalaisten ekologista tilaa mittaavien jokikalaindeksien interkalibroinnin yhteydessä (Jepsen & Pont 2015, Pont 2013) ja aiempien tutkimusten yhteydessä (Vehanen ym. 2006, 2010, 2022). FiFI -indeksiin, tai sen kaltaiseen indeksiin, olisi siis jatkossa mahdollista rakentaa kalaston tilaluokittelu patoaltailla.

5. Yhteenveto ja suositukset

Kuehne ym. (2023) suosittelevat viittä biologista indikaattoria jokien tilan seurannan tulevaisuutta käsittelevässä artikkelissaan. Kaksi näistä on kalastoindikaattoreita: kalaston monimuotoisuus ja kalaston runsaus, lisäksi vieraslajit ja perustuotanto liittyvät läheisesti kalastoon, ja viides indikaattori on selkärangattomien monimuotoisuus. Kalasto on siis keskeisessä asemassa jokien tilan seurannassa myös tulevaisuudessa jokien, ja myös rakennettujen jokien, ekologisen tilan seurannassa.

Kalaston näytteenotossa eri pyyntimenetelmillä on erilainen pyydystettävyys, joka johtaa eri elinympäristöissä, eri tavoin käyttäytyvien, eri-ikäisten ja -kokoisten kalalajien erilaisiin saaliisiin. Yhdistelemällä eri pyydyksistä saatava tieto saadaan kokonaisvaltaisempi tieto lajistosta ja lajisuhteista, esimerkiksi pelagisista ja pohjan läheisyydessä esiintyvistä lajeista (Vehanen ym. 2005, Goffaux ym. 2005). Tällaista kattavaa tutkimusta ei seurannassa ole kuitenkaan mahdollista aina tehdä, vaan seuranta keskittyy tiettyihin indikaattoreihin kalastossa (Nicolas ym. 2007). Sekä verkkokalastuksella että sähkökalastuksella on omat etunsa ja rajoitteensa seurannan kannalta.

Järvillä ja rannikkovesissä toimiva koeverkkokalastus on ongelmallinen toteuttaa patoaltaissa. Pyyntiä haittaavat tekijät, erityisesti pinnan ja virtaaman vaihtelut ja pohjassa olevat rakenteet, haittaavat tai osin estävät menetelmään liittyvän pyyntipaikkojen satunnaistamisen. Virtaaman ja veden pinnan muutokset vaikuttavat verkkojen pyydystettävyyteen. Pyydystettävyyden vaihtelut aiheuttavat satunnaisuutta, joka vaikeuttaa tulosten vertailtavuutta. Koeverkkokalastus tuo kuitenkin tärkeää tietoa patoaltaiden kalastosta rantavyöhykkeen ulkopuolella, jossa kaikkien seisovien pyydysten käyttö on ongelmallista vaikeiden olosuhteiden vuoksi. Verkkopyyntiä voidaan seurannassa suositella käytettäväksi vain järvimäisillä osuuksilla tuomaan lisätietoa avoveden kalastosta.

Luonnonjärvien toimiva ekologisen tilan mittari Suomessa, ELS4-indeksi, on kehitetty mittaamaan rehevöitymisen vaikutuksia. Patoaltaissa ihmistoiminnan pääasialliset paineet ovat hydromorfologisia: patoamisesta johtuva virtaaman hidastuminen, patoamisesta ja perkauksista aiheutuvat uoman morfologiset muutokset sekä säännöstelyn, erityispiirteensä lyhytaikaisäädön, aiheuttamat virtaaman ja pinnanvaihtelut. ELS4 ei ilmennä näiden paineiden aiheuttamia muutoksia, eikä sitä tulisi patoaltaissa käyttää ekologisen tilan arvioinnissa. Lisäksi jokien osalta verkkokalastusta ei laajassa mielessä käytetä ekologisen tilan arvioinnissa Euroopassa, joten maiden välistä vertailua olisi vaikea tehdä.

Sähkökalastus veneellä soveltuu kalaston näytteenottoon patoaltaiden rantavyöhykkeessä sitäkin huolimatta, että menetelmässä on samat virhelähteet kuin kahlaamalla toteutetussa sähkökalastuksessa: eri kalalajien erilainen pyydystettävyys ja pyydystettävyyden vaihtelut eri ympäristöissä. Kuitenkin riittävän suurella pyyntiponnistuksella ja näytteenoton suunnittelulla näitä virhelähteitä voidaan pienentää ja varmistaa vertailtavuus paikkojen välillä. Venesähkökalastus on kuitenkin suunnattu syvemmille vesille kuin mitä kahlaamalla voi päästä, joten senkin puolesta menetelmä voisi tuoda lisätietoa patoaltaiden kalayhteisöstä. Tässä työssä käytettyä semi-kvantitatiivista näytteenotto protokollaa (Havs- och Vattenmyndigheten 2022) voidaan soveltaa myös rakennettuihin vesiin. Etuina olisi myös se, että tuloksia voidaan vertailla muiden maiden tuloksiin Euroopassa, jossa suurempien jokien seuranta tapahtuu venesähkökalastuksella. Tämän työn kokemusten perusteella pohjoisessa, Kemijoella,

pyyntiponnistusta tulisi lisätä tai kalastus tehdä korkeammassa vedenlämpötilassa riittävän saaliin saamiseksi tilan arviointia varten.

Luonnonjokiin kehitetty FiFI kalaindeksi reagoi patoaltaiden tärkeimpiin ihmistoiminnan paineisiin ja indeksiä, tai sen kaltaista indeksiä, voitaisiin käyttää myös rakennettujen jokien tilan arvioinnissa. Indeksien muuttujia ja niiden painotuksia voidaan tarkastella patoaltaiden olosuhteita varten ja tarvittaessa tehdä muutoksia, kuten poistaa tai lisätä muuttujia.

Patoaltaiden ekologisen potentiaalın biologista seuranta varten kalastolle tulisi kuitenkin määrittellä vertailutila, minkälainen patoaltaiden kalasto olisi parhaassa mahdollisessa ekologisessa potentiaalissa. Vertailu voidaan tehdä lähinnä vastaavaan vesimuodostumaan. Tällaista vertailuvesistöä voi olla vaikea löytää patoaltaille. Toinen mahdollisuus on ennustaa arvot hydromorfologisten ja fysikaaliskemiallisten olosuhteiden perusteella.

Ympäristö-DNA menetelmä on näytteenoton kannalta kalaston seurannassa suhteellisen nopea ja helppo menetelmä toteuttaa. eDNA metaviivakoodaustekniikkaan perustuvat menetelmät ovat lupaavia ja niiden ennustetaan tulevan vesipuitedirektiivin mukaisesti kalaseurantoihin tulevaisuudessa. Esimerkiksi Pont ym. (2019) visioi, että eDNA menetelmien kehittyttyä Euroopassa tarvitaan samankaltainen interkalibraatio -prosessi kuin perinteisiin menetelmiin perustuvien indeksien kohdalla tehtiin: noin 4 000 to 5 000 näytteenottopaikkaa eri puolilta Eurooppaa erilaisista joista vertailuolosuhteiden määrittämiseksi, sekä menetelmän testaaminen ihmistoiminnan paineiden toteamiseksi. Tulevaisuuden tarpeet huomioiden eDNA näytteille voisi perustaa yhtenäisen rekisterin, vastaavan kuin sähkökalastuksille ja koeverkkokalastukselle on perustettu.

Tässä työssä saatujen kokemusten mukaan eDNA-menetelmän käyttö seurannassa luonnonolosuhteissa vaatii vielä kehitystä eri vaiheissa. Näytteenotossa puhtauden noudattaminen on tärkeitä, useita näytteitä peräkkäin otettaessa kontaminaation riski on suuri. Tässäkin työssä näytteenotto tehtiin huolellisesti, mutta siitä huolimatta kävi ilmi, että parantamisen varaa on vielä oltava joissakin prosessin vaiheissa. Lisäksi on olemassa viitteitä siitä, että näytteenotossa suodatettavan veden määrä, käytettyjen suodattimien koko sekä erityisesti pohjoisen vesistöissä olevat korkea humuspitoisuus vaikuttavat tuloksien luotettavuuteen.

Myös laboratoriossa on oltava käytössä ehdottomasti puhtaat tilat koko prosessin aikana. Tehtyjen PCR-reaktioiden määrä, kontrollinäytteiden määrä ja kriittisten luottamusrajojen vakiointi vaikuttavat myös tuloksien luotettavuuteen. Luotettavan lajimäärityksen vuoksi kotimaisesta kalastosta tulisi analyysivaiheessa olla täydellinen vertailukirjasto, satunnaiset lajit ja vieraslajit mukaan lukien. Pohjoisissa olosuhteissa menetelmä ei vielä kuvaa lajien välisiä runsaussuhteita luotettavasti. Joki- ja myös järviympäristössä on epävarmuutta, kuinka kaukaa ja kuinka laajalta alueelta DNA:ta saadaan näytteisiin, ja miten olosuhteet vaikuttavat kulkeutumiseen/alueelliseen esiintymiseen. Lisäksi kalojen kehitysaste, kuten poikastuotannon onnistuminen herkillä lajeilla (esim. lohikalat), on tällä hetkellä yksi tärkeä indikaattori vesistöjen tilan arvioinnissa, mutta eDNA menetelmällä ei toistaiseksi saada tietoa kalojen kehitysasteesta ja populaation kalojen ikä- ja kokorakenteesta.

eDNA-menetelmien käytössä on siis useita houkuttelevia etuja, mutta laadunvarmistus pohjoisissa olosuhteissamme tulee vielä varmistaa ennen sen laajempaa käyttöä. Tätä tullaan tekemään esimerkiksi [Kymppi – Kalatalouden ympäristöohjelmassa](#) vuosina 2023–2026 ja useissa muissakin hankkeissa.

Viitteet

- Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen, S. (toim.) 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019.
- Barnes, M.A. & Turner, C.R. 2016. The ecology of environmental DNA and implications for conservation genetics. *Conservation Genetics* 17: 1–17. DOI: 10.1007/s10592-015-0775-4
- Carraro, L., Stauffer, J.B. & Altermatt, F. 2021. How to design optimal eDNA sampling strategies for biomonitoring in river networks. *Environmental DNA* 3: 157–172.
- Cordier, T., Alonso-Sáez, L., Apothéloz-Perret-Gentil, L., et. al. 2021. Ecosystems monitoring powered by environmental genomics: A review of current strategies with an implementation roadmap. *Molecular Ecology* 30: 2937–2958.
- CIS working group ECOSTAT 2020: Guidance No 37 – Steps for defining and assessing ecological potential for improving comparability of Heavily Modified Water Bodies.
- EFI+ Consortium 2009. Manual for the application of the new European Fish Index – EFI+, Improvement and spatial extension of the European Fish Index.
- Goffaux, D., Grenouillet, G. & Kestemont, P. 2005. Electrofishing versus gillnet sampling for the assessment of fish assemblages in large rivers *Archiv für Hydrobiologie* 162: 73–90. DOI: 10.1127/0003-9136/2005/0162-0073
- Goutte, A, Molbert, N, Guérin, S, Richoux, R. & Rocher, V. 2020. Monitoring freshwater fish communities in large rivers using environmental DNA metabarcoding and a long-term electrofishing survey. *Journal of Fish Biology* 97: 444–452.
- Harby, A., Alfredsen, K.T., Fjeldstad, H.P., Halleraker, J.H., Floodmark, L.E.W., Saltveit, S.J., Johansen, S.W., Vehanen, T., Huusko, A., Clarke, K. & Scruton, D.A. 2001. Ecological Impacts of hydro peaking in rivers. In: Honningsvag, B., Midttomme, G.H. & Repp, K. (eds.). *Hydropower in the New Millennium*. Lisse, Netherlands. Balkema.
- Harrison, J.B., Sunday, J.M. & Rogers, S.M. 2019. Predicting the fate of eDNA in the environment and implications for studying biodiversity. *Proceedings of the Royal Society. B.* 286: 20191409.
- Havs- och Vattenmyndigheten 2022. Fisk i rinnande vatten - elfiskebåt, version 1.0. Övervakningsmanual.
- Jane, S.F., Wilcox, T.M., McKelvey, K.S., Young, M.K., Schwatz, M.K., Lowe, W.H., Letcher, B.H. & Whiteley, A.R. 2015. Distance, flow and PCR inhibition: eDNA dynamics in two headwater streams. *Molecular Ecology* 15: 216–227.
- Jepsen N. 2007. Intercalibration of Fish-based Methods to evaluate River Ecological Quality. EUR 22878 EN. Luxembourg (Luxembourg): OPOCE; JRC38040.

- Karlsson, E., Ogonowski, M., Sundblad, G., Sundin, J., Svensson, O., Nousiainen, I. & Vasemägi, A. 2022. Strong positive relationships between eDNA concentrations and biomass in juvenile and adult pike (*Esox lucius*) under controlled conditions: Implications for monitoring. *Environmental DNA* 4: 881–893.
- Kuehne, L.M., Dickens, C., Tickner, D., Messenger, M.L., Olden, J.D., et al. 2023. The future of global river health monitoring. *PLOS Water* 2(9): e0000101.
<https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000101>
- Lacoursière-Roussel, A., Côté, G., Leclerc, V. & Bernatchez, L. 2016b. Quantifying relative fish abundance with eDNA: A promising tool for fisheries management. *Journal of Applied Ecology* 53: 1148–1157. DOI: 10.1111/1365-2664.12598
- Lacoursière-Roussel, A., Rosabal, M. & Bernatchez, L. 2016a. Estimating fish abundance and biomass from eDNA concentrations: Variability among capture methods and environmental conditions. *Molecular Ecology Resources* 16: 1401–1414. DOI: 10.1111/1755-0998.12522
- Levi, T., Allen, J.M., Bell, D., Joyce, J., Russell, J.R., Tallmon, D.A., Vulstek, S.C., Yang, C. & Yu, D.W. 2019. Environmental DNA for the enumeration and management of Pacific Salmon. *Molecular Ecology* 19: 597–608.
- Littlefair, J.E., Hrenchuk, L.E., Blanchfield, P.J., Rennie, M.D. & Cristescu, M.E. 2021. Thermal stratification and fish thermal preference explain vertical eDNA distributions in lakes. *Molecular Ecology* 30: 3083–3096.
- Nicolas, R., Grenouillet, G., Goffaux, D., Pont, D. & Kestemont, P. 2007. A review of existing fish assemblage indicators and methodologies. *Fisheries Management and Ecology* 13: 393–405. DOI: 10.1111/j.1365-2400.2007.00589.x
- Olin, M., Rask, M., Ruuhijarvi, J. & Tammi, J. 2013. Development and evaluation of the Finnish fishbased lake classification method. *Hydrobiologia* 713: 149–166
- Olin, M., Lappalainen, A., Sutela, T., Vehanen, T., Ruuhijärvi, J., Saura, A. & Sairanen, S. 2014. Ohjeet standardinmukaisiin koekalastuksiin. RKT:n työraportteja 21/2014. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Pont, D. 2013. Cross-GIG rivers – Fish Fauna, 2012 Intercalibration Technical Report.
[https://circabc.europa.eu/sd/a/e228c115-068e-4c13-a2a4-f0142296d4ef/CrossGIG - Fish Rivers 202013.doc](https://circabc.europa.eu/sd/a/e228c115-068e-4c13-a2a4-f0142296d4ef/CrossGIG_Fish_Rivers_202013.doc)
- Pont, D., Valentini, A., Rocle, M., Maire, A., Delaigue, O., Jean, P. & DeJean, T. 2019. The future of fish-based ecological assessment of European rivers: from traditional EU Water Framework Directive compliant methods to eDNA metabarcoding-based approaches. *Journal of Fish Biology* 98: 337–586. DOI: 10.1111/jfb.14176
- Pont, D., Pont, D., Rourke, M.L., Fowler, A.M., Hughes, J.M., Broadhurst, M.K., DiBattista, J.D., Fielder, S., Walburn, J.W. & Furlan, E.M. 2022. Environmental DNA (eDNA) as a tool for assessing fish biomass: A review of approaches and future considerations for resource surveys. *Environmental DNA* 4: 9–33. DOI: 10.1002/edn3.185

- Ruuhijärvi, J. & Olin, M. 2019. Järvien luokittelu, kalat. Teoksessa Aroviita, J., Mitikka, S. & Viennonon, S. (toim.). Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. s. 76–78.
- Salminen, M. & Böhling, P. (toim.) 2019. Kalavarojen käyttö ja hoito: A (3. korjattu painos). Luonnonvarakeskus. Helsinki. 289 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544906>
- Sinisalmi, T., Forsius, J., Muotka, J., Soimakallio, H., Riihimäki, J., Vehanen, T. & Yrjänä, T. 1997. Short-term regulation of hydro powerplants. Studies on the environmental effects (p. 132). Helsinki, Finland: Imatran Voima IVO-A--07/97.
- Sutela, T. & Vehanen, T. 2019. Jokien luokittelu, kalat. Teoksessa Aroviita, J., Mitikka, S. & Viennonon, S. (toim.). Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. s. 60–62.
- Tahkola, H., Tuukkanen, J., Satomaa, M. & Tikka, J. 2022. Oulujoen koekalastusraportti v. 2022. Pro Agria ja Oulun Kalatalouskeskus. Raportti.
- Thalinger, B., Rieder, A., Teuffenbach, A., Putz, Y., Schwerte, T., Wanzenböck, J. & Traugott, M. 2021. The effects of activity, energy use, and species identity on environmental DNA shedding of freshwater fish. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9: 623718.
- Thomsen, P.F., Kielgast, J., Iversen, L.L., Wiuf, C., Rasmussen, M., Gilbert, T.P., Orlando, L. & Eske, W. 2012. Monitoring endangered freshwater biodiversity using environmental DNA. *Molecular Ecology* 21: 2565–2573.
- Yates, M.C., Glaser, D., Post, J., Cristescu, M.E., Fraser, D.J. & Derry, A.M. 2021. The relationship between eDNA particle concentration and organism abundance in nature is strengthened by allometric scaling. *Molecular Ecology* 30: 3068–3082.
- Vehanen, T. 1995. Rakennettujen jokien kalataloudelliset edellytykset. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 91. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Vehanen, T. 1999. Fish and fisheries in large regulated peaking-power river reservoirs in northern Finland, with special reference to the efficiency of brown trout and rainbow trout stocking. *Regulated Rivers: Research & Management* 13: 1–11. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(199701\)13:1<1::AID-RRR419>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199701)13:1<1::AID-RRR419>3.0.CO;2-3)
- Vehanen, T. & Riihimäki, J. 1999. Environmental auditing: Integrating Environmental Characteristics and Fisheries Management in Northern Finland River Impoundments *Environmental Management* 23: 551–558. DOI: 10.1007/s002679900209
- Vehanen, T., Jurvelius, J. & Lahti, M. 2005. Habitat utilisation by fish community in a short-term regulated river reservoir. *Hydrobiologia* 545: 257–270. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-3318-z>
- Vehanen, T., Sutela, T. & Erkamo, E. 2022. Vuoksen kalataloudelle aiheutuneet vahingot ja kalatalousvelvoitteet. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 126 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-421-0>

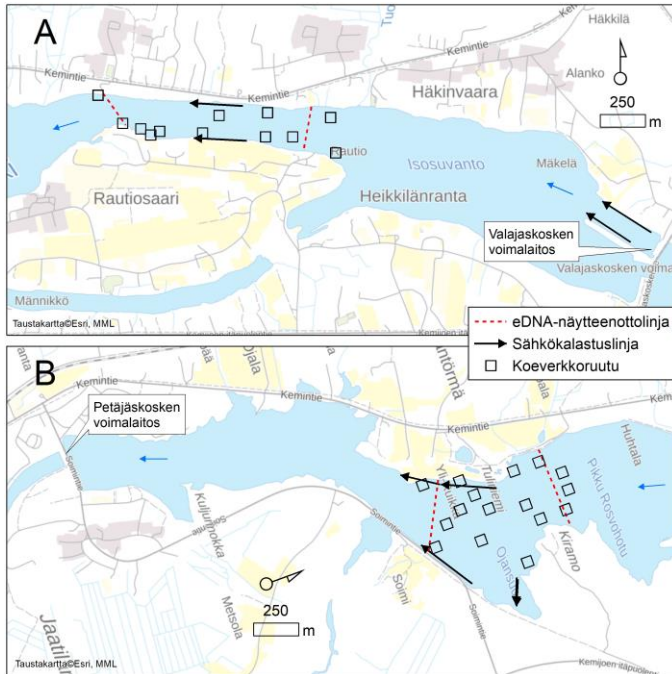
- Vehanen, T., Sutela, T. & Korhonen, H. 2006. Kalayhteisöt jokien ekologisen tilan seurannassa ja arvioinnissa. Kala- ja riistaraportteja 398. 36 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-776-547-9>
- Vehanen, T., Sutela, T. & Korhonen, H. 2010. Environmental assessment of boreal rivers using fish data – a contribution to the Water Framework Directive. *Fisheries Management and Ecology* 17: 165–175. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2009.00716.x>
- Vehanen, T., Sutela, T., Aroviita, J., Karjalainen, S.-M., Riihimäki, J., Larsson, A. & Vuori, K.-M. 2022. Land use in acid sulphate soils degrades river water quality -Do the biological quality metrics respond? *Ecological Indicators* 141(11): 109085. DOI: 10.1016/j.ecolind.2022.109085
- Wang, S., Yan, Z., Hänfling, B., Zheng, X., Wang, P., Fan, J. & Li, J. 2021. Methodology of fish eDNA and its applications in ecology and environment, *Science of The Total Environment* 755: 142622.
- Wood, Z.T., Erdman, B.F., York, G., Trial, J.G., & Kinnison, M.T. 2020. Experimental assessment of optimal lotic eDNA sampling and assay multiplexing for a critically endangered fish. *Environmental DNA* 2: 407–417. DOI: 10.1002/edn3.64

Kiitokset

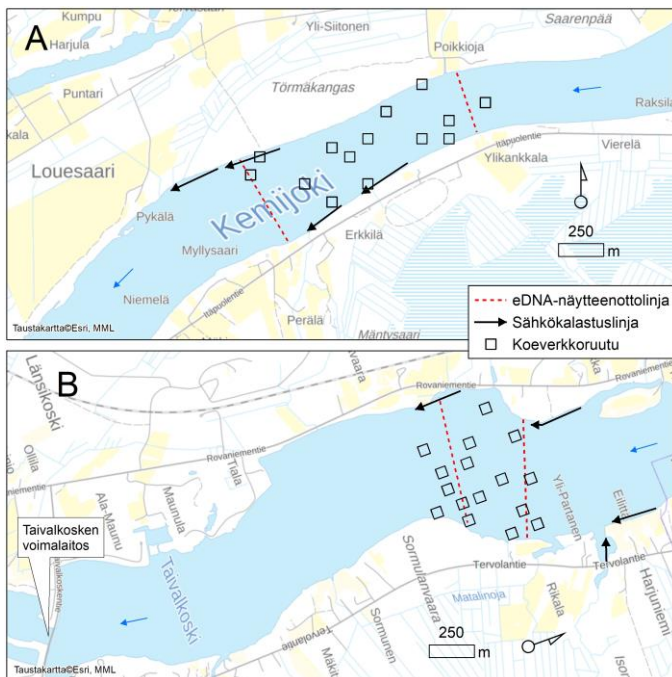
Suuret kiitokset Katja Kulolle ja Tapio Sutelalle avusta ekologisen luokittelun laskennassa sekä Olli van der Meerille karttakuvien tekemisestä.

Liitteet

LIITE 1.

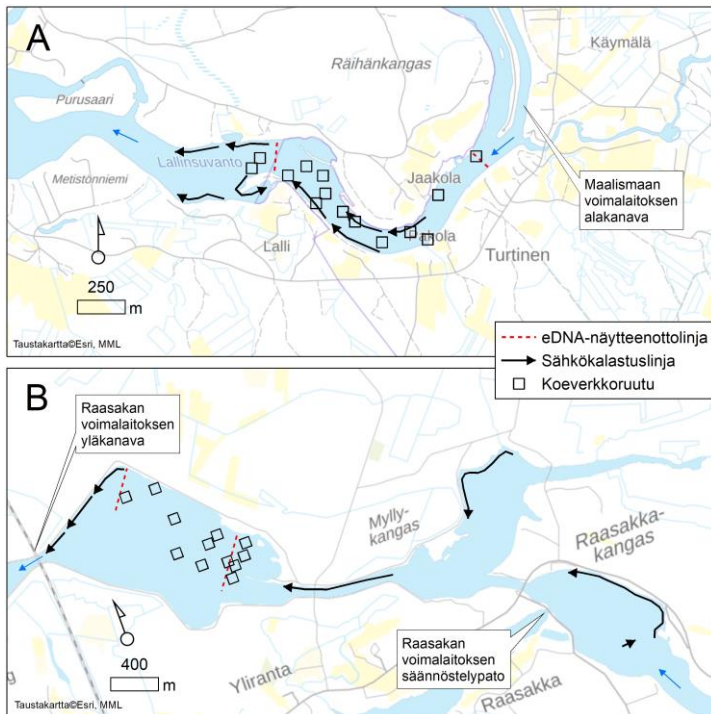


Kuva 1. Kemijoella Petäjäskosken ja Valajaskosken voimalaitosten välisen (Petäjäisen allas) A) jokimaisen ja B) järvimäisen koekalastetun alueen koeverkkojen, sähkökalastuslinjojen ja eDNA näytteenottolinjojen sijainnit.

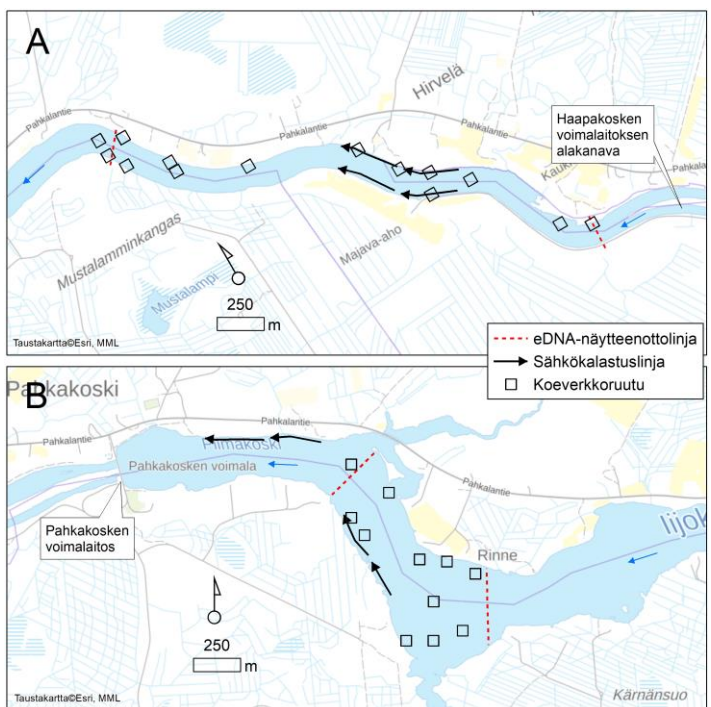


Kuva 2. Kemijoella Taivalkosken ja Osauskosken voimalaitosten välisen A) jokimaisen ja B) järvimäisen koekalastetun alueen koeverkkojen, sähkökalastuslinjojen ja eDNA näytteenottolinjojen sijainnit.

LIITE 2.

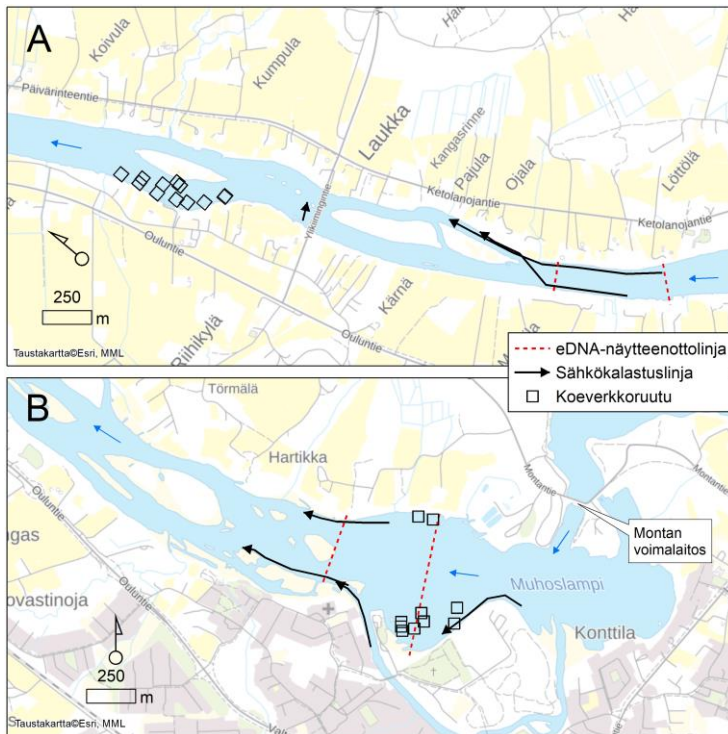


Kuva 1. Iijoella Raasakan ja Maalismaan voimalaitosten välisen A) jokimaisen ja B) järvimäisen koekalastetun alueen koeverkkojen, sähkökalastuslinjojen ja eDNA näytteenottolinjojen sijainnit.

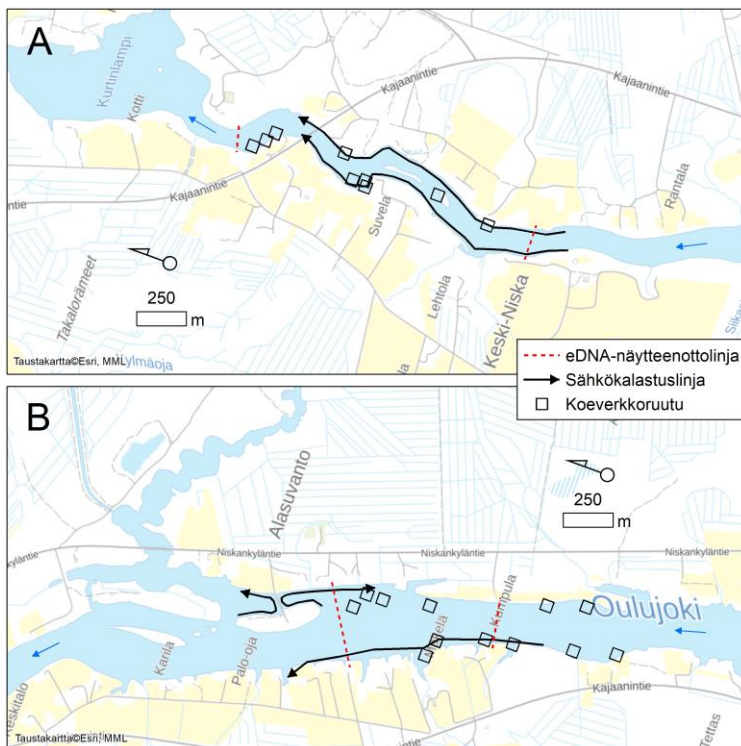


Kuva 2. Iijoella Pahkakosken ja Haapakosken voimalaitosten välisen A) jokimaisen ja B) järvimäisen koekalastetun alueen koeverkkojen, sähkökalastuslinjojen ja eDNA näytteenottolinjojen sijainnit.

LIITE 3.

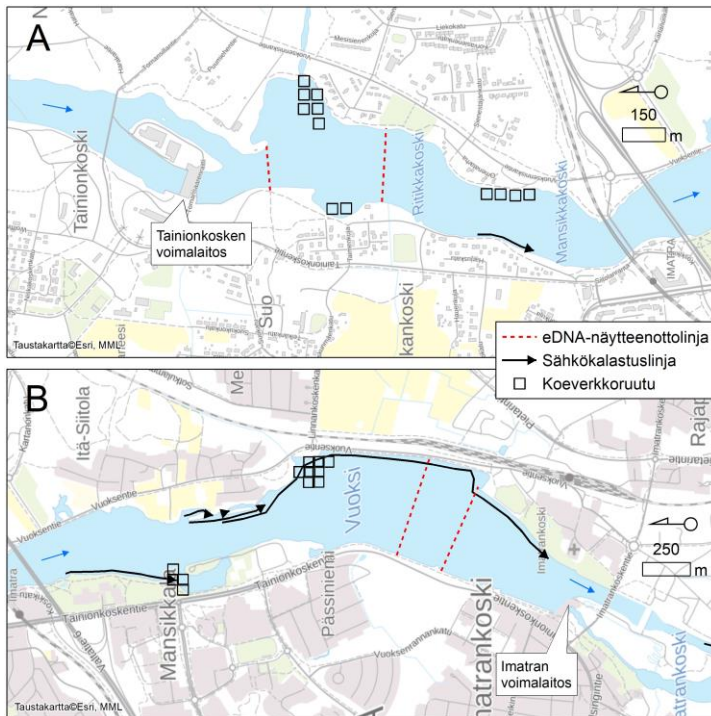


Kuva 1. Oulujoella Merikosken ja Montan voimalaitosten välisen A) jokimaisen ja B) järvimäisen koekalastetun alueen koeverkkojen, sähkökalastuslinjojen ja eDNA näytteenottolinjojen sijainnit.

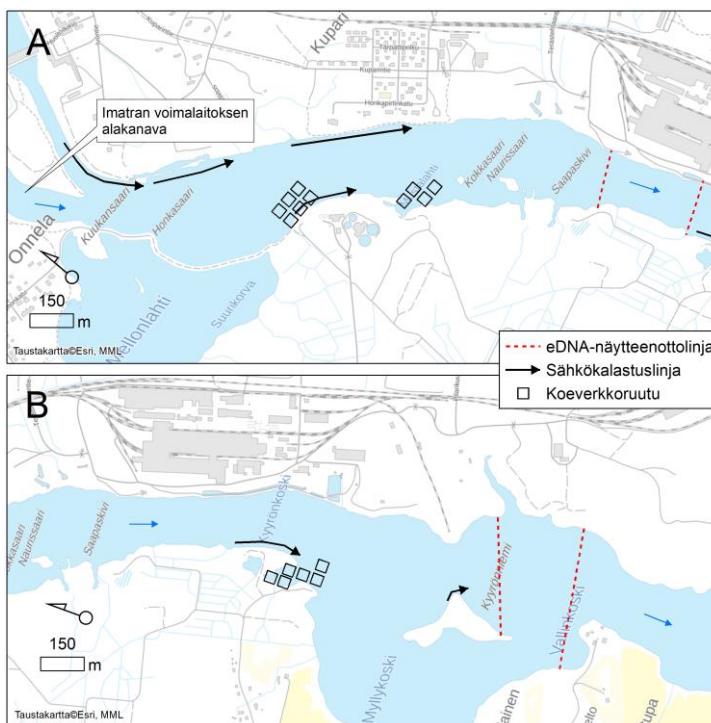


Kuva 2. Oulujoella Utasen ja Nuojuan voimalaitosten välisen A) jokimaisen ja B) järvimäisen koekalastetun alueen koeverkkojen, sähkökalastuslinjojen ja eDNA näytteenottolinjojen sijainnit.

LIITE 4.



Kuva 1. Vuoksella Tainionkosken ja Imatrankosken voimalaitosten välisen kahden koekalastetun alueen (Ritikkakoski ja Varpasaari) koeverkkojen, sähkökalastuslinjojen ja eDNA näytteenottolinjojen sijainnit.



Kuva 2. Vuoksella Imatrankosken voimalaitoksen ja rajavyöhykkeen välisen alueen kahden koekalastetun alueen (Kupari ja Kyrönkoski) koeverkkojen, sähkökalastuslinjojen ja eDNA näytteenottolinjojen sijainnit.

LIITE 5.**Taulukko 1.** Koeverkkokalastus tutkimusjoilla.

Joki	Patoallas	Alue	Kalastus-päivämäärä	Kokonaispyynti- ponnistus, verkkoyö	Veden lämpötila
Kemijoki					
	Petäjäinen-Valajaskoski	järvimäinen	20.–21.9.2021 22.–23.9.2021	16	8,3–8,8
	Petäjäinen-Valajaskoski	jokimainen	4.–6.10.2021	17	7,9
	Taivalkoski-Ossauskoski	järvimäinen	27.–30.9.2021	17	7,7
	Taivalkoski-Ossauskoski	jokimainen	28.9.–1.10.2021	16	7,7
Iijoki					
	Pahkakoski-Haapakoski	järvimäinen	29.–30.9.2021	16	7,4–8
	Pahkakoski-Haapakoski	jokimainen	30.9.–1.10.2021	20	7,4–8,3
	Raasakka-Maalismaa	järvimäinen	23.–24.9.2021 27.–28.9.2021	16	7,2–7,3
	Raasakka-Maalismaa	jokimainen	28.–29.9.2021 4.–5.10.2021	19	7,4–7,7
Oulujoki					
	Utanen-Nuojua	järvimäinen	5.–8.9.2022	24	12,1–13,2
	Utanen-Nuojua	jokimainen	8.–9.9.2022 11.–12.9.2022	16	11,0
	Merikoski-Montta	järvimäinen	5.–8.9.2022	10	13,8
	Merikoski-Montta	jokimainen	15.–16.9.2022 18.–19.9.2022	12	10,8–11,1
Vuoksi					
	Tainikoski- Imatrankoski	Varpasaari	22.–25.8.2022	17	20,0
	Tainikoski- Imatrankoski	Ritikkakoski	22.–25.8.2022	22	19,0–20,0
	Imatrankoski-rajavyöhyke	Kupari	21.–24.9.2022	16	12,0
	Imatrankoski-rajavyöhyke	Kyyrönkoski	21.–23.9.2022	12	12,0

LIITE 6.**Taulukko 1.** Sähkökalastus tutkimusjoilla.

Joki	Patoallas	Alue	Kalastus-päivämäärä	Tutkimus alue, m ²	Veden lämpötila
Kemijoki					
	Petäjäinen-Valajaskoski	järvimäinen	12.9.2021	4 200	11,1
	Petäjäinen-Valajaskoski	jokimainen	11.9.2021	4 040	11,1
	Taivalkoski-Ossauskoski	järvimäinen	16.9.2021	4 200	9,5–9,9
	Taivalkoski-Ossauskoski	jokimainen	15.9.2021	4 140	9,5–9,9
Iijoki					
	Pahkakoski-Haapakoski	järvimäinen	9.9.2021	3 000	10,6–12,5
	Pahkakoski-Haapakoski	jokimainen	9.9.2021	4 480	10,6–12,5
	Raasakka-Maalismaa	järvimäinen	3.9.2021	10 400	10,6–12,5
	Raasakka-Maalismaa	jokimainen	6.9.2021	8 000	10,6–12,5
Oulujoki					
	Utanen-Nuojua	järvimäinen	12.8.2022	4 430	16,7–16,9
	Utanen-Nuojua	jokimainen	12.8.2022	10 200	16,7–16,9
	Merikoski-Montta	järvimäinen	13.8.2022	4 640	18,0
	Merikoski-Montta	jokimainen	13.8.2022	5 450	18,0
Vuoksi					
	Tainikoski- Imatrankoski		17.8.2022	7 160	20,2–21,0
	Imatrankoski-rajavyöhyke		17.8.2022	6 080	20,2–21,0

LIITE 7.**Taulukko 1.** eDNA-näytteenotto tutkimus joilla.

Joki	Patoallas	Alue	Näytteenotto päivämäärä	Suodatus, l	Veden lämpötila
Kemijoki					
	Petäjäinen-Valajaskoski	järvimäinen	30.9.2021	linja 1: 3,03/3,08/3,01 linja 2: 3,03/3,04/3,02	7,7
	Petäjäinen-Valajaskoski	jokimainen	30.9.2021	linja 1: 3,05/3,04/3,01 linja 2: 3,07/3,08/3,01	7,5
	Taivalkoski-Ossauskoski	järvimäinen	29.9.2021	linja 1: 3,04/3,03/3,10 linja 2: 3,40/3,07/3,02	7,8
	Taivalkoski-Ossauskoski	jokimainen	29.9.2021	linja 1: 3,08/3,06/3,06 linja 2: 3,02/3,02/3,03	7,6
Iijoki					
	Pahkakoski-Haapakoski	järvimäinen	28.9.2021	linja 1: 1,68/1,98/2,15 linja 2: 1,76/1,74/2,11	6,7
	Pahkakoski-Haapakoski	jokimainen	28.9.2021	linja 1: 1,68/1,74/2,29 linja 2: 2,36/2,08/1,77	7,1
	Raasakka-Maalismaa	järvimäinen	27.9.2021	linja 1: 1,50/1,60/1,30 linja 2: 1,20/1,22/1,23	7,5
	Raasakka-Maalismaa	jokimainen	27.9.2021	linja 1: 1,65/1,49/1,47 linja 2: 1,47/1,22/1,50	6,8
Oulujoki					
	Utanen-Nuojua	järvimäinen	26.8.2022	linja 1: 2,49/2,41/2,56 linja 2: 2,21/2,44/2,39	18,5–19,1
	Utanen-Nuojua	jokimainen	26.8.2022	linja 1: 2,62/2,37/2,77 linja 2: 2,18/2,48/2,83	17,9–18,0
	Merikoski-Montta	järvimäinen	25.8.2022	linja 1: 1,05/1,08/1,18 linja 2: 1,20/1,25/1,32	18,6–18,8
	Merikoski-Montta	jokimainen	25.8.2022	linja 1: 0,89/1,02/0,94 linja 2: 1,07/1,12/1,08	18,9–19,0
Vuoksi					
	Tainikoski- Imatrankoski	järvimäinen	29.8.2022	linja 1: 2,99/2,99/2,99 linja 2: 2,99/2,98/2,98	18,2
	Tainikoski- Imatrankoski	jokimainen	29.8.2022	linja 1: 2,94/2,99/2,98 linja 2: 2,99/2,99/2,98	18,1
	Imatrankoski-rajavyöhyke	järvimäinen	29.8.2022	linja 1: 2,98/2,98/2,97 linja 2: 2,98/2,97/2,96	18,2–18,6
	Imatrankoski-rajavyöhyke	jokimainen	29.8.2022	linja 1: 2,98/2,99/2,98 linja 2: 2,98/2,97/2,98	18,2–18,7

LIITE 8.

Taulukko 1. eDNA-analyysituloksien antamat taksonit, selvityksessä käytetyt taksonit sekä mahdollisia lisätietoja aineiston yhdistämisestä.

eDNA-analyyseissä havaittu taksoni	Selvityksessä käytetty taksoni	Yleinen nimitys	Lisätietoja
<i>Abramis brama</i>	<i>Abramis brama</i>	Lahna	-
<i>Alburnus alburnus</i>	<i>Alburnus alburnus</i>	Salakka	-
Ammydytidae <i>Ammodytes</i>	Ammodytidae	Tuulenkalat	Pikkutuulenkala (<i>Ammodytes tobianus</i>) on koh-talaisen yleinen kaikilla rannikoillamme, myös Pohjanlahdella. On kuitenkin epätodennäköistä, että sitä todellisuudessa esiintyisi patoaltaissa, joten tätä ei käsitelty ollenkaan aineistossa.
<i>Anguilla</i> spp.	<i>Anguilla anguilla</i>	Ankerias	-
<i>Barbatula</i> spp. <i>Barbatula barbatula</i>	<i>Barbatula barbatula</i>	Kivenuoliai-nen	-
<i>Coregonus</i> sp. <i>Coregonus lavaretus</i>	<i>Coregonus</i> spp.	Siijat	Tietokanta ei kykene luotettavasti erottamaan siikamuotoja toisistaan. Myös muikku sisältyy tähän taksoniin.
Cottidae <i>Cottus</i> spp. <i>Cottus poecilopus</i>	<i>Cottus</i> spp.	Simput	Tietokanta ei kykene luotettavasti erottamaan meillä esiintyviä sisävesien simppejä toisistaan.
<i>Esox lucius</i>	<i>Esox lucius</i>	Hauki	-
<i>Gymnocephalus cer-nua</i>	<i>Gymnocephalus cer-nua</i>	Kiiski	-
Petromyzontidae <i>Lampetra</i> spp. <i>Lampetra fluviatilis</i>	<i>Lampetra</i> spp.	Nahkiaiset	Tietokanta ei kykene luotettavasti erottamaan meillä sisävesissä esiintyviä nahkiaisia toisistaan.
Leuciscidae	Leuciscidae	Särjet	Voivat olla mitä tahansa ko. vesistöissä esiintyviä särkikaloja.
<i>Leuciscus idus</i>	<i>Leuciscus idus</i>	Säyne	-
<i>Leuciscus leuciscus</i>	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Seipi	-
<i>Lota lota</i>	<i>Lota lota</i>	Made	-
<i>Oncorhynchus</i> spp. <i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Kirjolohi	Kirjolohi on toistaiseksi ainut tiedossa oleva Tyynenmeren lohilaji ko. vesistöissä.
<i>Osmerus eperlanus</i>	<i>Osmerus eperlanus</i>	Kuore	-
<i>Perca fluviatilis</i>	<i>Perca fluviatilis</i>	Ahven	-
Percidae	Percidae	Ahvenet	Voivat olla mitä tahansa ko. vesistöissä esiintyviä ahvenkaloja.
<i>Phoxinus phoxinus</i>	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Mutu	-
<i>Pungitius pungitius</i>	<i>Pungitius pungitius</i>	Kymmen-piikki	-
<i>Rutilus rutilus</i>	<i>Rutilus rutilus</i>	Särki	-
<i>Salmo salar</i>	<i>Salmo salar</i>	Atlantin lohi	-
Salmonidae <i>Salmo</i> spp. <i>Salmo obtusirostris</i>	<i>Salmo</i> spp.	Lohet	Voivat olla Atlantin lohia tai taimenia. Adrianmeren taimenta ei tiettävästi Suomessa esiinny.
<i>Salmo trutta</i>	<i>Salmo trutta</i>	Taimen	-
<i>Sander lucioperca</i>	<i>Sander lucioperca</i>	Kuha	-
<i>Squalius cephalus</i>	<i>Squalius cephalus</i>	Turpa	-
<i>Thymallus</i> sp. <i>Thymallus thymallus</i>	<i>Thymallus thymallus</i>	Harjus	Harjus on ainut meillä esiintyvä <i>Thymallus</i> -su-vun laji.

LIITE 9.**Taulukko 1.** eDNA-menetelmällä havaitut taksonit koealueittain Kemijoen, Iijoen, Oulujoen ja Vuoksen.

Vesistöalue	Patoallas	Havaitut lajit
Iijoki	Pahkakoski-Haapakoski	Lahna, salakka, kivenuoliainen, siiat, hauki, kiiski, nahkiaiset, särjet, seipi, ahven, ahvenkalat, särki, lohet,
	Raasakka-Maalismaa	Lahna, salakka, kivenuoliainen, simput, kiiski, särjet, seipi, ahven särki, turpa
Kemijoki	Petäjaskoski-Valajaskoski	Salakka, simput, hauki, kiiski, nahkiaiset, kirjolohi, ahven, lohi
	Taivalkoski-Ossauskoski	Lahna, salakka, siiat, simput, hauki, kiiski, särjet, ahven, ahvenkalat, särki, lohi, lohet, taimen
Oulujoki	Merikoski-Montta	Lahna, salakka, kivenuoliainen, siiat, simput, hauki, kiiski, nahkiaiset, särjet, seipi, made, kirjolohi, ahven, kymmenpiikki, särki, lohi, lohet, taimen
	Utanen-Nuojua	Lahna, salakka, siiat, simput, kiiski, hauki, nahkiaiset, särjet, seipi, made, kirjolohi, ahven, ahvenkalat, kymmenpiikki, särki, lohi, lohet, taimen, kuha, harjus
Vuoksi	Imatrankosken alapuoli	Lahna, salakka, ankerias, kivenuoliainen, siiat, simput, hauki, kiiski, särjet, seipi, made, kuore, ahven, ahvenkalat, mutu, särki, lohi, lohet, taimen, kuha, harjus
	Tainionkoski-Imatrankoski	Lahna, salakka, kivenuoliainen, siiat, simput, hauki, kiiski, särjet, seipi, made, kirjolohi, ahven, ahvenkalat, särki, lohi, lohet, taimen, kuha, harjus



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

