



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2024

Lyhyen aikavälin vaikutukset puroluontoon soiden ennallistamisen ja uomakunnostuksien jälkeen

PYRSTÖ-hankkeen loppuraportti

Pauliina Louhi, Joel Nyberg, Jussi Jyväsjärvi, Ari Huusko ja
Timo Muotka

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2024

Lyhyen aikavälin vaikutukset puroluontoon soiden ennallistamisen ja uomakunnostuksien jälkeen

PYRSTÖ-hankkeen loppuraportti

Pauliina Louhi, Joel Nyberg, Jussi Jyväsjärvi, Ari Huusko ja Timo Muotka



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment



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



Viittausohje:

Louhi, P., Nyberg, J., Jyväsjärvi, J., Huusko, A. & Muotka, T. 2024. Lyhyen aikavälin vaikutukset puroluontoon soiden ennallistamisen ja uomakunnostuksien jälkeen : PYRSTÖ-hankkeen lop-puraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 35 s.

Pauliina Louhi ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-8610-979X>



ISBN 978-952-380-917-8 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-917-8>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Pauliina Louhi, Joel Nyberg, Jussi Jyväsjärvi, Ari Huusko ja Timo Muotka

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisuvuosi: 2024

Kannen kuva: Pyrstö-hankkeen seurantakohte. Pauliina Louhi, Luke.

Tiivistelmä

Pauliina Louhi¹, Joel Nyberg², Jussi Jyväsjärvi^{3,2}, Ari Huusko⁴ ja Timo Muotka²

¹ Luonnonvarakeskus, Viikin toimipaikka, Tekniikankatu 1, 33720 Tampere

² Oulun yliopisto, ekologian ja genetiikan tutkimusyksikkö

³ Pohjois-Pohjanmaan Ely-keskus, Veteraanikatu 1, PL 86, 90101 Oulu

⁴ Luonnonvarakeskus, Kainuun kalantutkimus, Manamansalontie 90, 88300 Paltamo

Oulun yliopiston ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) toteuttamassa Pырstö-hankkeessa seurattiin ensimmäistä kertaa soiden ennallistamisen ja purouomien kunnostamisen kokonaisvaltaisia vaikutuksia virtavesien monimuotoisuuteen ja toimintaan. Seuranta toteutettiin välittömästi vuonna 2021 suoritettujen kunnostustoimenpiteiden jälkeen vuosina 2022–2023. Aikaväli toteutuksen ja seurannan välillä oli siis hyvin lyhyt, joten Pырstö-hankkeessa ja tässä raportissa tuodaan esille vain välittömiä, lyhytaikaisia vaikutuksia.

Seuranta-asetelma pyrittiin luomaan siten, että sen avulla voitaisiin vastata kahteen keskeiseen kysymykseen: 1) onko ennallistamistoimilla yleisesti positiivisia vaikutuksia puoluonnon monimuotoisuuteen, ekosysteemien toimintaan ja taimenen poikasvaiheiden esiintymistiheyteen, ja 2) riittääkö yksi kunnostusmenetelmä yksinään tuottamaan positiivisen vasteen vai tukevatko uoma- ja valuma-aluekunnostukset toisiaan, jolloin paras vaste saadaan paikoista, joissa toteutetaan molemmat kunnostustyyppit?

Eri tavoilla kunnostetut purot eivät useimmilla ekologisilla mittareilla juurikaan poikenneet luonnontilaisen kaltaisista puroista. Vaikka on ennen aikaista tulkita tätä todisteeksi kunnostusten onnistumisesta, on signaali selkeästi positiivinen varsinkin, kun havaitut positiiviset vasteet perustuvat varsin vähäiseen toistojen määrään.

Eri kunnostustyyppien välillä ei havaittu selkeitä eroja missään vastemuuttujissa. Tulosta ei voi tulkita siten, että se osittaisi kunnostustyyppien olevan tasavertaisia ja että kumpi tahansa kunnostusmenetelmä, uoma- tai valuma-aluekunnostus, riittäisi yksinään toivotun tuloksen saavuttamiseksi. On täysin mahdollista, että eri kunnostustyyppien väliset erot tulevat selkeämmin esille vasta ajan myötä, mikä korostaa pitkäaikaisen seurannan välttämättömyyttä.

Tämän tutkimuksen keskeinen vahvuus on monipuolinen, useita eri taksoniryhmiä hyödynnettävä, sekä rakenteellisiin että toiminnallisiin mittareihin perustuva kunnostusvaikutusten monitorointi.

Tutkimus sai rahoitusta Ympäristöministeriön ja Maa- ja metsätalousministeriön yhteisestä Helmi-elinympäristöohjelmasta sekä Maj ja Tor Nesslingin säätiöltä. Seuranta tullaan toistamaan osana Priodiversity LIFE-hanketta (LIFE22-IPN-FI-Priodiversity LIFE) todennäköisesti vuosina 2029–2030, jolloin voidaan selvittää suoluonnon ennallistamisen ja uomakunnostuksen hieman pidempiaikaisia vaikutuksia.

Asiasanat: ekosysteemitoinnot, purokunnostus, soiden entisöinti, taimenen poikasvaiheet, vesiluonnon monimuotoisuus

Sisällys

1. Johdanto	5
2. Seuranta-asetelma	7
2.1. Kunnostustoimenpiteet.....	8
2.2. Seurantamuuttujien tilastolliset analyysit	8
3. Vedenlaatu ja ympäristö	9
4. Monimuotoisuuden seuranta	13
4.1. Pohjaeläimet.....	13
4.2. Vesisammalet	13
4.3. Mikrobiyhteisöt	13
4.4. Kalasto.....	13
5. Ekosysteemitoinninnot.....	15
5.1. Leväbiomassan kertyminen	15
5.2. Pohjan orgaanisen aineksen biomassa	15
5.3. Orgaanisen aineksen hajoaminen.....	15
6. Tulokset.....	16
6.1. Pohjaeläimet.....	16
6.2. Biofilmin bakteeriyhteisöt.....	19
6.3. Ekosysteemitoinninnot	20
6.3.1. Päällykslevät	20
6.3.2. Pohjan orgaanisen aineksen biomassa ja hajoaminen	20
6.4. Kalaston esiintyminen seurantapuroissa	23
6.4.1. Taimenten poikasmäärät ja muu kalasto sähkökoekalastuksissa	23
6.4.2. eDNA-menetelmällä havaitut kalataksoneit.....	24
7. Johtopäätökset.....	26
Viitteet.....	29
Liitteet	32

1. Johdanto

Pienvesillä on nimeään suurempi vaikutus luonnon monimuotoisuuteen, veden kiertokulkuun ja ekosysteemien toimintaan. Purot kytkevät erilaiset ympäristöt, kuten metsä- ja vesiekosysteemit, kiinteästi toisiinsa. Ne ovat myös tärkeitä metsäluonnon monimuotoisuudelle: riistaeläimet ja linnusto hyödyntävät vesistöjä elin- ja pesintäpaikkoinaan ja rantametsissä elää lukuisia kosteaan mikroilmastoon sopeutuneita eläin- ja kasvilajeja. Vastavuoroisesti ilman rantametsistä tapahtuvaa luontaista orgaanisen aineksen ja ravinteiden kulkeutumista elämä puuroissa olisi huomattavasti köyhempää.

Suomessa purojen ekologista tilaa ja monimuotoisuutta ovat heikentäneet viime vuosikymmeninä niitä ympäröivien suometsien ojitukset. Uusimman tutkimustiedon mukaan ojitettujen suometsien ravinnepestöt alapuolisiin vesistöihin jatkuvat vuosikymmenien ajan (Nieminen ym. 2017). Myös vanhojen ojitusmetsien päästöt tulevat jatkossa lisääntymään, koska suometsien puusto jatkaa kasvuaan vettä haihduttaen ja ilmastonmuutos saa lämmön johtumaan yhä syvemmälle turvekerroksiin. Soiden turvekerros kuivuu ja hajoaa yhä syvemmältä, jolloin vesistöihin huuhtoutuva kuormitus kasvaa (Nieminen ym. 2017).

Ojitusten aiheuttaman ravinne- ja kiintoainekuormituksen hillitsemiseksi sekä suo- ja vesiluonnon monimuotoisuuden palauttamiseksi Suomessa ennallistetaan huomattavia määriä ojitettuja suometsiä (Aapala ym. 2013). Pitkällä aikavälillä ennallistamisen on arvioitu vähentävän valuma-alueilta vesistöihin kohdistuvaa ravinnekuormitusta, mutta lyhyellä aikavälillä kuormitus voi jopa ensin kasvaa poistettaessa suoluontoon kuulumatonta varttunutta puuta. Myös ennallistamiseen liittyvä ojien tukkiminen ja vedenpinnan nousu lisäävät hapettoman vyöhykkeen ulottuvuutta, mikä johtaa ravinteiden vapautumiseen aiemmin hapekkaista kerroksista (Nieminen ym. 2020).

Suoluonnon ennallistamiseen liittyvää vesistökuormitusta (esim. Nieminen ym. 2020) sekä kasvihuonekaasujen vapautumista (esim. Laine ym. 2019) on tutkittu Suomessa jonkin verran. Huomattavaa kuitenkin on, että seuranta ei ole vielä toistaiseksi kattanut lainkaan kuormitusta vastaanottavien virtavesiekosysteemien monimuotoisuutta.

Virtavesiä on kunnostettu Suomessa kohta 50 vuoden ajan (Huusko ym. 2021). Perinteisesti kunnostuksien tavoitteena on ollut parantaa taloudellisesti arvokkaiden lohikalojen elinympäristöjä. Kansallinen kalatiestrategiamme ohjaa myös kalavesien hoitoa tukemaan lohikalojen luonnollista elinkiertoa istutuksien sijaan. Viime vuosina virtavesikunnostuksia ovat ohjanneet myös vesipuitedirektiivissä asetetut tavoitteet saavuttaa vesistöjen hyvä ekologinen tila sekä pysäyttää vesiluonnon monimuotoisuuden heikkeneminen.

Virtavesikunnostuksien tuloksellisuuden on kuitenkin todettu vaihtelevan hyvin paljon kohteittain (Marttila ym. 2019; meta-analyysi suomalaisista kunnostustutkimuksista vuosilta 1978–2014). Taimenen varhaispoikasten tiheyksillä mitattuna kunnostuksilla on saavutettu positiivisia tuloksia valuma-alueeltaan keskikokoisissa sekä kivennäismaiden joissa. Suurissa ja turvemaiden läpi virtaavissa joissa tai pohjoisempana tulokset ovat olleet selvästi heikompia. Virtavesien monimuotoisuuden uomakunnostuksilla on havaittu olleen vain vähäinen vaikutus ja lisäksi vaikutuksien havaitseminen vie aikaa vuosia. Rantaluonto voi monipuolistua huomattavasti uomakunnostuksien jälkeen (Louhi ym. 2011, Turunen ym. 2017).

Syksy virtavesikunnostuksien vaihtelevaan ja toisinaan heikkoon vaikuttavuuteen on esitetty valuma-alueiden maankäytön aiheuttamaa kuormitusta tai muutoksia hydrologiassa ja elinympäristön laadussa, jotka saattavat peittää alleen uomakunnostuksista saavutettavat hyödyt. Tuoreimman tutkimustiedon (Brüsecke ym. 2023) mukaan turvemaiden ojitukset ovat ensisijainen metsäpurojen monimuotoisuutta heikentävä tekijä. Ilman kattavaa turvevaltaisten valuma-alueiden kunnostusta purouomien kunnostaminen yksistään ei riitä ja pienvesistrategian mukainen purojen ekologisen tilan kohentuminen voi jäädä saavuttamatta.

Perinteisesti virtavesiä on kunnostettu yksittäinen uoma tai uoman osa kerrallaan, ja valuma-alueilla toteutetut toimenpiteet ovat jääneet vähäisiksi tai toteutukset on tehty eri aikoina, jolloin kunnostuksien kokonaisvaltaiset vaikutukset kalastoon tai muuhun vesieliöistöön ovat jääneet vähäisiksi. Metsähallituksen toteuttamassa [Kala- ja riistaelinympäristöpainotteinen valuma-aluekunnostus valtion alueilla](#) -hankkeessa toteutettiin ensimmäistä kertaa kokonaisvaltaista valuma-alueiden ja virtavesiverkoston kunnostamista turvevaltaisilla valuma-alueilla. Kunnostustoimenpiteet toteutettiin vuosina 2020–2022.

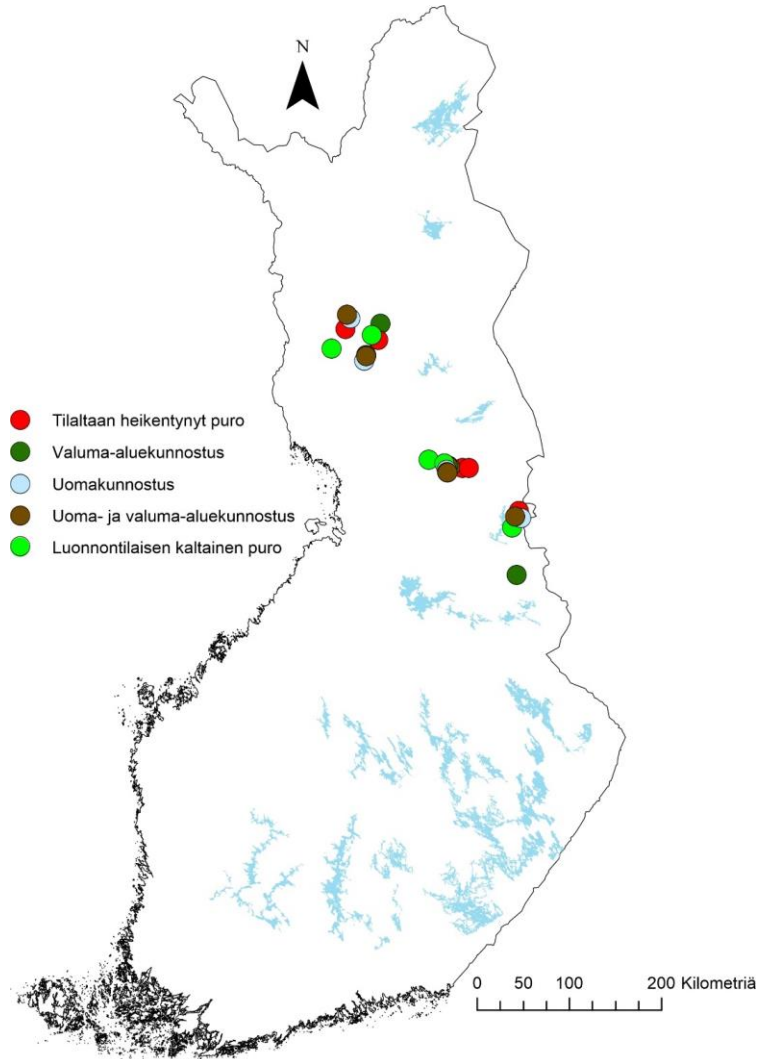
Oulun yliopiston ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) toteuttamassa Pyrstö-hankkeessa seurattiin ensimmäistä kertaa soiden ennallistamisen ja purouomien kunnostamisen kokonaisvaltaisia vaikutuksia virtavesien monimuotoisuuteen ja toimintaan. Seuranta toteutettiin välittömästi kunnostustoimenpiteiden jälkeen vuosina 2022–2023. Aikaväli toteutuksen ja seurannan välillä oli siis hyvin lyhyt, joten Pyrstö-hankkeessa ja tässä raportissa tuodaan esille vain välittömiä, hyvin lyhytaikaisia vaikutuksia.

Pyrstön seuranta-asetelma pyrittiin tekemään siten, että sen avulla voitaisiin vastata kahteen keskeiseen kysymykseen: 1) onko ennallistamistoimilla yleisesti positiivisia vaikutuksia puroluonnon monimuotoisuuteen, ekosysteemien toimintaan ja taimenen poikasvaiheiden esiintymistiheyteen, ja 2) riittääkö yksi kunnostusmenetelmä yksinään tuottamaan positiivisen vasteen vai tukevatko uoma- ja valuma-aluekunnostukset toisiaan, jolloin paras vaste saadaan paikoista, joissa toteutetaan molemmat kunnostustyyppit?

Seuranta tullaan toistamaan osana [Priodiversity LIFE-hanketta](#) (LIFE22-IPN-FI-Priodiversity LIFE) todennäköisesti vuosina 2029–2030, jolloin voidaan jo selvittää suoluonnon ennallistamisen ja uomakunnostuksien pidempiaikaisia vaikutuksia. Seurannan toistamisessa tullaan käyttämään samaa, Pyrstössä aloitettua seuranta-asetelmaa.

2. Seuranta-asetelma

Pyrstö-hankkeessa seurattiin suo- ja purokunnostustoimenpiteiden lyhytaikaisia erillis- ja yhdysvaikutuksia puroekosysteemien monimuotoisuuteen ja toimintaan. Seurannassa mukana olleet purot valittiin yhteistyössä Metsähallituksen hankehenkilöstön kanssa Taivalkosken, Suomussalmen ja Rovaniemen ympäristöstä (Kuva 1).



Kuva 1. Pyrstö-hankkeen seurantapurot käsittelyittäin eroteltuina.

Jokaiselta kolmelta alueelta valittiin yksi kohdepuro (tai osa purosta) edustamaan yhtä käsittelyä:

1. yksinomaan suon ennallistaminen puron lähivaluma-alueella (valuma-aluekunnostus, VAK),
2. yksinomaan purouoman ennallistaminen (uomakunnostus, UK),
3. sekä purouoman että soiden ennallistaminen (UKVAK),
4. mahdollisimman luonnontilaisen kaltainen puro valuma-alueineen ilman mitään kunnostustoimenpiteitä (luonnontilainen kontrolli, LuK),
5. ojitetulla lähivaluma-alueella sijaitseva kunnostamaton puro kontrollina ilman mitään toimenpiteitä (Heikennetty/HK).

Tämän asetelman avulla pyritään kontrolloimaan valuma-alueiden välisen vaihtelun vaikutusta tuloksiin, mikä voi parantaa mahdollisuuksia havaita käsittelyjen välisiä eroja.

Purokohteiden valinnan tavoitteena oli, että purot ja niiden valuma-alueet olisivat muutoin mahdollisimman samankaltaisia, jolloin ne eroaisivat toisistaan pääasiallisesti em. käsittelyjen suhteen. Oletuksena oli, että vertailemalla käsittelyjä 1.–3. keskenään sekä kahteen erilaiseen kontrollikäsittelyyn (4. mahdollisimman luonnontilaiset alueet ja 5. vielä ojitetut alueet), kyettäisiin erottamaan soiden ja purouoman ennallistamisen vaikutukset valuma-alueilla muutoin tapahtuneista muutoksista.

2.1. Kunnostustoimenpiteet

Eräpalveluiden projektisuunnittelijat inventoivat hankkeensa alkupuolella kunnostuksien tarpeessa olevia puroja käyttämällä Metsähallituksen inventointimenetelmää (Hyvönen ym. 2005). Soiden ennallistamiseen sekä purojen kunnostamiseen liittyvät toimenpiteet on kuvattu tarkemmin Metsähallituksen Eräpalveluiden loppuraportissa (2022), joten tässä niistä kuvataan vain pääpiirteet.

Soiden ennallistamisen toimenpiteet valuma-alueilla olivat lähinnä ojien tukkimisia ja pautoamisia sekä ja ojalinjojen raivaamista. Mikäli raivaus oli tarpeen, se toteutettiin kohteen mukaan metsurityönä tai kaivinkoneeseen kiinnitetyllä giljotiinikouralla. Mikäli ennallistettavan alueen puustoa ei ollut tarpeen käsitellä eikä puusto haitannut ojien tukkimistyötä, kaivinkoneurakoitsija pystyi aloittamaan ennallistamistyöt ilman korjuu- tai raivauskäsittelyä. Purouomien kunnostuksissa puroja kivettiin ja niihin lisättiin kutosoraikoita sekä puumateriaalia.

2.2. Seurantamuuttujien tilastolliset analyysit

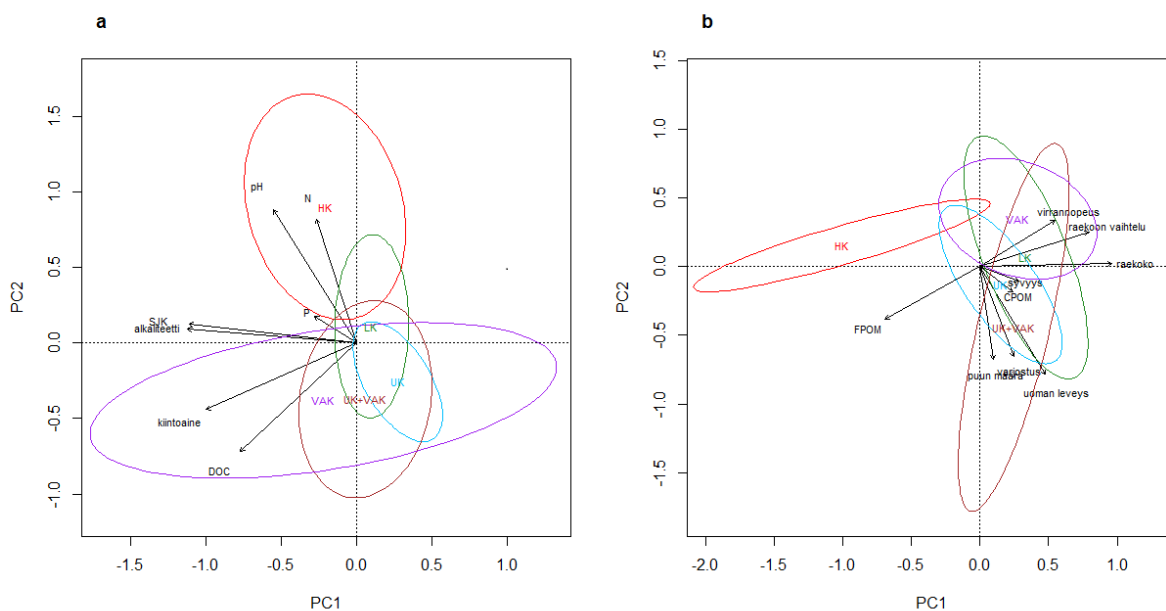
Käsittelyjen välisiä eroja muuttujissa analysoitiin lineaarisen sekamallin avulla, missä käsittelyt olivat kiinteinä ja vuodet sekä alueet satunnaisina muuttujina. Analyysit tehtiin R-ohjelmointiympäristön lme-funktiolla (nlme-paketti, v. R 4.3.1; R Core Team 2023).

Käsittelyjen välisiä eroja yhteisökoostumuksessa visualisoitiin NMDS-ordinaation (Non-metric Multidimensional Scaling) avulla ja testattiin PERMANOVA-menetelmällä (Permutational Multivariate Analysis of Variance) Bray-Curtis dissimilariteetti-indeksiä käyttäen. Tilastollinen testaus perustui permutaatioihin ($n = 9999$). Merkitsevän yleistestin jälkeen suoritettiin parittaiset vertailut parittaisen PERMANOVAn avulla. Käsittelyjen välisiä eroja purojen ympäristöoloissa kuvattiin pääkomponenttianalyysillä (Principal Components Analysis, PCA), erikseen vesikemia- ja uomamuuttujille. Käsittelyjen välisiä eroja testattiin PERMANOVAlla euklidisten etäisyyksien matriisia käyttäen. Kaikki yhteisöanalyysit suoritettiin R-ohjelmointiympäristön vegan-paketilla (Oksanen ym. 2019).

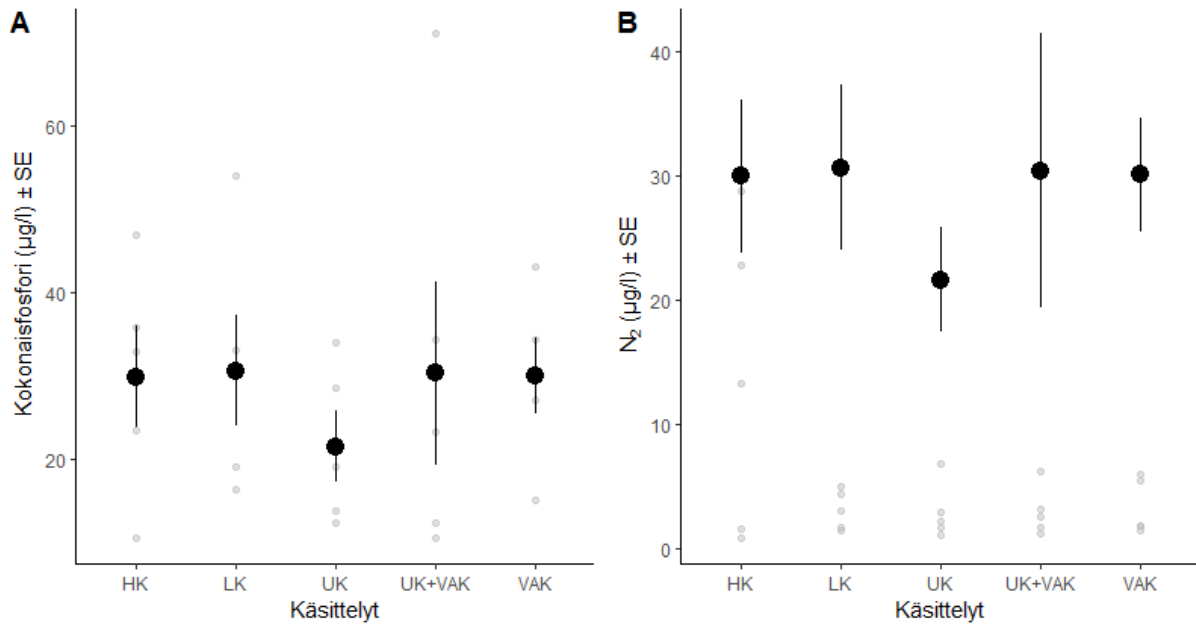
3. Vedenlaatu ja ympäristö

Jokaisesta kohteesta kerättiin vesinäyte (1 L), mistä määritettiin totaalifosfori, nitraattityppi, pH ja liukoinen orgaaninen hiili (dissolved organic carbon, DOC). Vesinäytteet kerättiin sekä elo- että syyskuussa molempina vuosina. Tutkimusalueilla tehtiin myös elinympäristökartoitukset mittaamalla veden syvyys (n = 30 mittausta), virtausnopeus (n = 30; Schiltknecht, MiniAir), pohjan raekoko (n = 10; Wentworthin asteikko: 1 = lieju, 2 = hienojakoinen sedimentti, 8 = suuri lohkar, 9 = kallioperä) ja pohjan kasvillisuuden peittävyys (n = 10). Mittaukset tehtiin säännöllisin välein tutkimusjaksolle asetetuilla uoman poikkilinjoilla, 2–5 mittausta/linja.

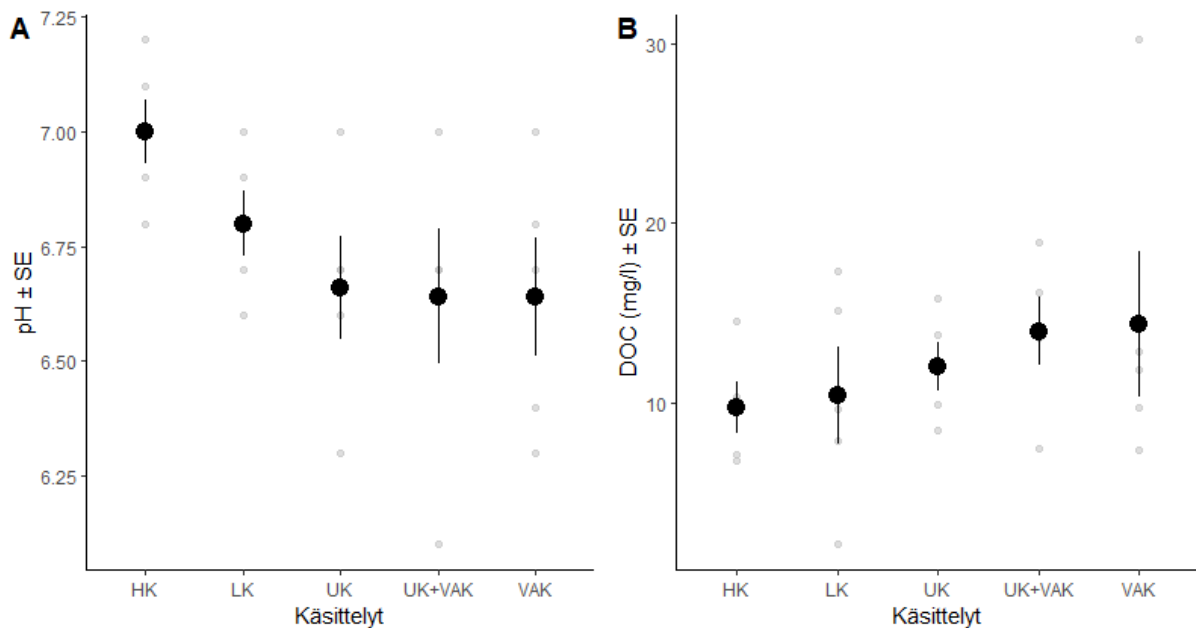
Pääkomponenttianalyysin perusteella tutkimuspurojen vesikemia ei eronnut (PERMANOVA $F_{4,20} = 0.588$, $p = 0.836$), vaikka heikentyneet purot korkeamman nitraattityypen pitoisuuden ja pH:n vuoksi näyttäisivätkin erovan muista käsittelyistä (Kuva 2a). Erot yksittäisissä vesikemiamuuttujissa olivat myös vähäisiä. Tutkimuspurot olivat yleisesti oligo-mesotrofisia: kokonaisfosforikonsentraatio vaihteli käsittelyittäin välillä 8–42 $\mu\text{g/L}$ ja nitraattikonsentraatio välillä 3–14 $\mu\text{g/L}$. Fosforipitoisuudet olivat heikentyneissä puroissa keskimäärin korkeampia kuin uoma- ja valuma-aluekunnostetuissa puroissa (Kuva 3A). Elokuun typpikonsentraatiot olivat marginaalisesti ($p=0.05$ – 0.10) korkeampia heikentyneissä puroissa muihin käsittelyihin verrattuna (Kuva 3B). Heikentyneiden purojen pH-arvot olivat merkitsevästi korkeampia kuin muiden käsittelyjen arvot ($p<0.05$), mutta erot pH:ssa olivat kokonaisuudessaan varsin vähäisiä (Kuva 4A). DOC:n suhteen merkitseviä eroja ei käsittelyjen välillä havaittu, vaan kaikkien käsittelyjen DOC-pitoisuudet olivat keskimäärin välillä 10–15 mg/L (Kuva 4B), eli tutkimuspurot olivat suomalaisille sisävesille tyypillisesti lievästi dystrofisia.



Kuva 2. Vesikemiamuuttujille (a) ja uoman rakennemuuttujille (b) tehdyn pääkomponenttianalyysin tulokset. Ellipsit ovat 95 % luottamusellipsit kunkin käsittelyn luokkakeskuksen ympärillä.

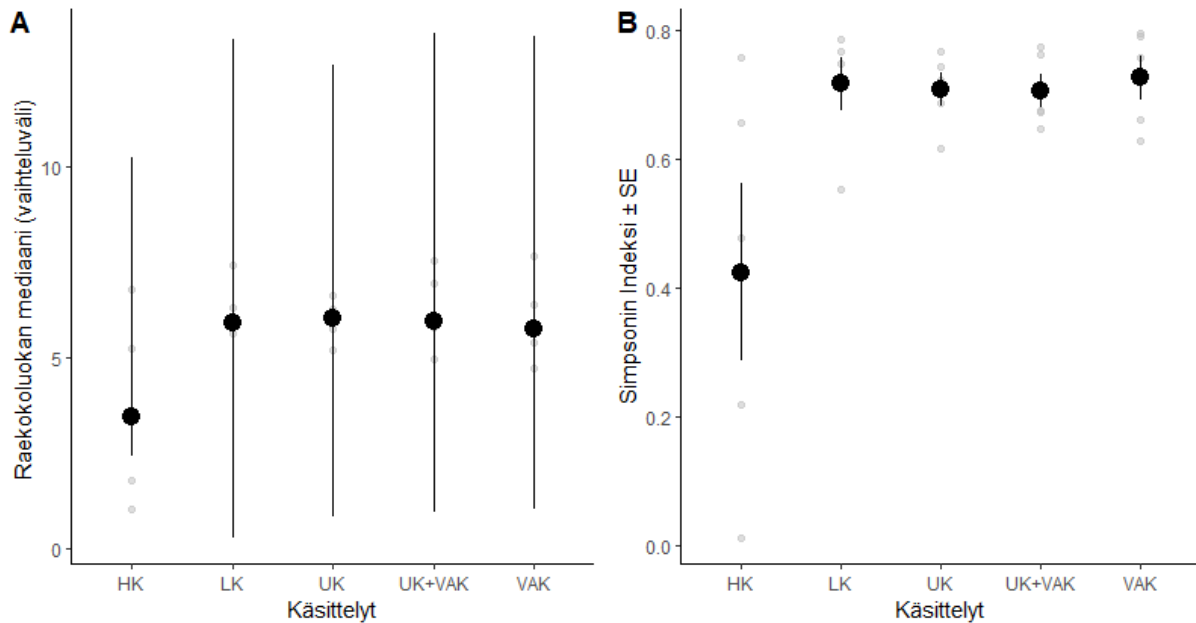


Kuva 3. Tutkimuspurojen A) kokonaisfosfori (µg/l) ± SE ja B) nitraattityppi (µg/l) ± SE. Taus-talle on harmailla pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.



Kuva 4. Tutkimuspurojen A) pH (± SE) ja B) liukoinen orgaaninen hiili (DOC; mg/l ± SE). Taus-talle on harmailla pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.

Myöskään uoman rakennemuuttujille tehdyn pääkomponenttianalyysin mukaan käsittelyt ei-vät eronneet toisistaan merkitsevästi ($F_{4,20} = 1.299$, $p = 0.292$). Parittaisten analyysien perus-teella heikentyneet purot kuitenkin erosivat uomakunnostetuista puroista ($p = 0,017$) (Kuva 2b). Huonokuntoisissa puroissa sekä pohjan raekoko että raekoon vaihtelu olivat muita alem-mat, joten ne olivat rakenteellisesti homogeenisempia ja pohja koostui suurelta osin hiekasta ja hienojakoisesta orgaanisesta aineksestä (FPOM) (Kuvat 5A ja B).



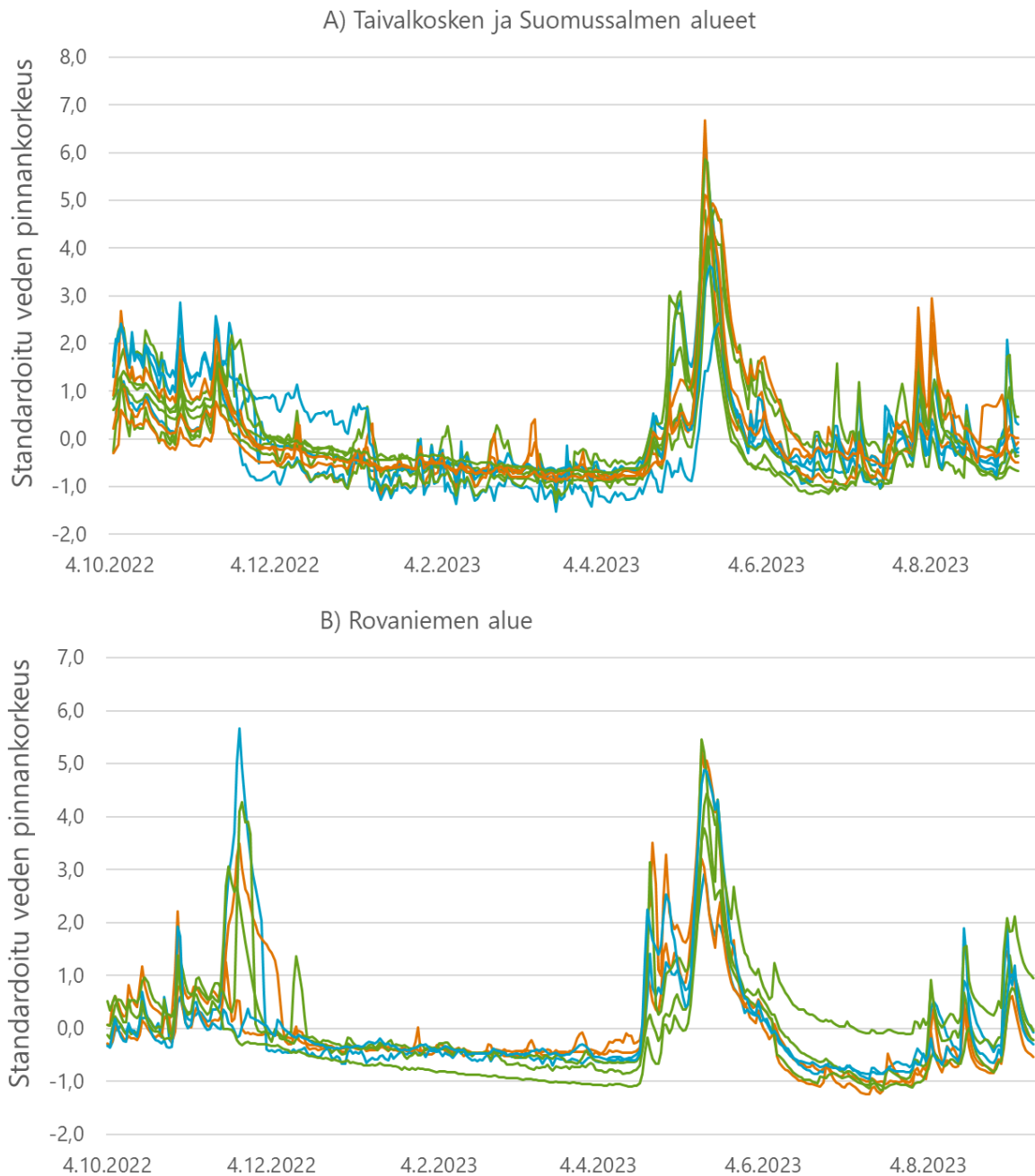
Kuva 5. Tutkimuspurojen A) raekokoluokkien mediaani (vaihteluväli) ja B) pohjan rakenteen vaihtelua kuvaava Simpsonin indeksi (keskiarvo \pm SE). Taustalle on harmailla pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.

Veden pinnankorkeuksia seurattiin tunnin välein noin 4.10.2022–4.10.2023 välisenä ajanjaksona Solinst Levellogger 5 -pinnankorkeus- ja lämpötilaloggereilla (Kuva 6). Ajankohdat vaihtelivat muutaman päivän tarkkuudella sen mukaisesti, miten loggereita pystyttiin viemään ja hakemaan puroista. Koska osa kunnostuskäsittelyiden seuranta-aloista sijaitsi samoissa puroissa, veden pinnankorkeutta seurattiin jokaisessa purossa eikä jokaisella seuranta-alalla (Kuva 6). Loggerit asetettiin seuranta-alueille siten, että ne todennäköisesti pysyisivät veden pinnan alla koko mittauskauden ajan, joten niiden syvyudet puroissa vaihtelivat. Tämän vuoksi kuvissa 7A ja B on käytetty vedenpinnankorkeuksien standardoitua arvoa.



Kuva 6. Veden pinnankorkeuden seurantaan käytetty loggeri kiinnitettiin betoniseen puutarhalaattaan ja asennettiin purojen pohjalle.

Kaikissa puroissa oli havaittavissa vedenpinnankorkeuksien nousu keväällä, Taivalkosken ja Suomussalmen alueen puroissa huhti-toukokuun vaihteessa (Kuva 7A), ja Rovaniemen alueen puroissa pienempi huippu huhtikuun ja isompi huippu toukokuun lopulla (Kuva 7B). Myös elokuussa oli kaikilla alueilla havaittavissa korkeampia vedenpinnan korkeuksia, ja Rovaniemen alueella myös joulukuussa. Alivirtaamakausi kesti puroissa tammikuun alusta huhtikuun puoleenväliin. Kunnostuskäsittelyjen eroa ei voida selkeästi mittauksissa havaita.



Kuva 7. Hankealueiden veden pinnankorkeudet (m) lokakuusta 2022 syyskuun alkuun 2023; A) Taivalkosken ja Suomussalmen alueet, B) Rovaniemen alue. Luonnontilaiset kaltaiset purot on merkitty kuviin sinisellä, kunnostetut vihreällä ja vielä heikentyneessä tilassa olevat purot oranssilla viivalla.

4. Monimuotoisuuden seuranta

4.1. Pohjaeläimet

Pohjaeläinnäytteet kerättiin kaikista paikoista syys-lokakuun vaihteessa 2022 ns. potkuhaavimenetelmää käyttäen. Kahden minuutin kokoomanäyte koostuu kuudesta 20 sekunnin mittaisesta osanäytteestä, jotka kerättiin häiritsemällä voimakkaasti pohjaa käsihaavin (verkon silmäkoko 0.5 mm) edessä. Osanäytteet sijoitettiin koko 50 metrin mittaiselle koskijaksolle siten, että ne kattoivat edustavasti kaikki kyseisellä jaksolla olevat pääasialliset elinympäristötyypit. Tällainen näyte kattaa noin 1.3 m² pohjan pinta-alasta ja se tavoittaa noin 75 % kaikista lajeista, jolloin havaitsematta jää lähinnä ns. turistilajeja, jotka esiintyvät virtavesissä vain satunnaisesti (Mykrä et al. 2005). Näytteet säilöttiin maastossa 75 %:een etanoliin ja pohjaeläimet poimittiin näytteistä myöhemmin laboratorioissa. Lajit määritettiin pääosin laji- tai sukutasolle, lukuun ottamatta kaksisiipisiä (Diptera) ja pieniä Limnephilidae-heimon vesiperhostoukkia, jotka määritettiin vain heimotasolle.

4.2. Vesisammalet

Vesisammalet määritettiin kymmenestä 0.5 x 0.5 m kokoisesta kasvillisuusruudusta, jotka sijoitettiin kattavasti koko näytejakson alueelle. Ruuduilta määritettiin kaikki akvaattiset ja semiakvaattiset lajit (Vitt & Glime 1984) ja niiden prosentuaalinen pohjan peittävyys.

4.3. Mikrobiyhteisöt

Pohjan biofilmin bakteerit kerättiin joen pohjalle viisi viikkoa aiemmin (elokuun lopulla) asetuilta kaakeleilta (10 x 10 cm, neljä kaakelia per paikka) pyyhkimällä kaakelien pintaa steriilillä sienellä (Speci-Sponge; Whirl-Pak, Nasco, USA). Kaakeleita käytettiin luonnon kivien sijasta, jotta näytteenotto olisi mahdollisimman standardoitua ja siten vertailukelpoista paikkojen välillä. Sieni asetettiin heti keräyksen jälkeen steriiliin koeputkeen ja kuljetettiin Ouluun autopakastimessa (-20 °C), missä ne siirrettiin syväjäähäpaka-timeen (-80 °C) odottamaan jatkokäsittelyä. DNA:n eristys, sekvensointi ja bioinformatiikka suoritettiin Malazarte ym. (2023) mukaisesti. Analyyseissa käytettiin tarkinta mahdollista taksonomista tasoa, 'amplicon sequence variant' (ASV).

4.4. Kalasto

Purojen kalaston laji- ja runsaussuhteita selvitettiin sähkökalastamalla purot kahtena peräkäisenä syksynä. Sähkökalastamalla saadaan tietoa erityisesti taimenen poikasten tiheysvaihteluista käsittelyjen välillä. Sähkökalastukset tehtiin kertakalastuksina polttomoottorilaitteella (Hans Grassl ELT 60 II GI), jonka avulla veteen sijoitettujen anodin ja katodijohdon väliin synnytetään pulssitettu tasavirtasähkökenttä. Anodin läheisyydessä kalat taintuvat hetkellisesti ja kulkeutuvat virran mukana, jolloin ne voidaan haavia talteen vedestä. Kertakalastuksella voidaan saada kerättyä talteen 50–80 % alueen lohikaloista ympäristöolosuhteitten mukaan (Nordwall 1999, Niemelä ym. 2000). Käsittelyn (mittaus, punnitseminen, suomunäytteenotto) jälkeen kalat vapautettiin takaisin niiden pyyntipaikalle. Poikasten ikämääritykset varmistettiin suomumäärityksillä muutamista yksilöistä (3–10 yksilöä per paikka). Aineiston käsittelyä

varten taimenten määrät laskettiin erikseen saman kesän (0+) ja vanhempien poikasten (1-vuotiaat ja vanhemmat) lukumäärinä aaria kohti.

Kalastonäytteenottoa täydennettiin suodattamalla jokaisesta kohteesta ympäristöDNA-näytteet syksyllä 2022 ja 2023 sekä keväällä 2023. YmpäristöDNA:lla eli eDNA:lla (environment-DNA) tarkoitetaan eliöiden ympäristöönsä levittämää DNA:ta ja sitä on kaikkialla ympäristösämme. 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. eDNA:n metabarcoding-menetelmästä on Suomessa kuitenkin vasta vähän kokemuksia ja siihen liittyy epävarmuuksia liittyen esimerkiksi näytteenoton ajoittamiseen ja sijoittamiseen. Suomen kalalajistosta on tekeillä kansallinen kalareferenssikirjasto, mutta toistaiseksi osa lajimäärityksistä (esim. simpukat, siikakalat, nahkiaiset, ajoittain myös ahven- ja lohikalat) joudutaan vielä jättämään sukutasolle (Vehanen ym. 2023).

Metabarcoding-menetelmässä suodatusnäytteiden sisältämä DNA eristetään ja DNA-juosteiden emäsjärjestys selvitetään sekvensoimalla laboratoriossa. Näytteestä saaduille sekvensseille haetaan vastaavuutta maailmanlaajuisista sekvenssitietokannoista, ja näiden vastaavuuksien avulla voidaan saada selville lajit, jotka esiintyvät tutkimuksen kohteena olevassa vesistössä.

eDNA-näytteenotto (Kuva 8) tapahtui ottamalla kolme ämpärillistä (5 L) pintavettä koontiastiaan (30 L) siten, että vettä otettiin purojen molemmilta reuna-alueilta sekä keskeltä uomaa. Koontiastian vesi sekoitettiin huolellisesti ja astian vedestä suodatettiin kaksi, noin kahden litran, osanäytettä käyttäen Smith-Rootin eDNA-näytteenottolaitetta ja itsesäilöiviä suodattimia (5µm). Näiden lisäksi suodatettiin yksi puhtaan veden näyte kontrolloimaan maastonäytteenoton puhtautta. Vesistöillemme tyypillisen humuspitoisuuden vuoksi osanäytteiden suodatetut vesimäärät vaihtelivat 0,9–3,4 litran välillä. Syksyllä 2022 kerättyjen näytteiden sekvensoinnit ja vastaavuudet kalatietokannoista tehtiin Sinsoma GmbH:lla, kun taas kaikki seuraavan vuoden näytteet käsiteltiin Luken omassa puhdistilaboratoriossa.



Kuva 8. eDNA-näytteenotto vaatii erityistä huolellisuutta, joten välillä on hyvä pysähtyä miettimäänkin.

5. Ekosysteemitoinnot

5.1. Leväbiomassan kertyminen

Tässä työssä käytettiin leväbiomassan kertymää aikayksikköä kohden perifytonlevien tuottavuuden indikaattorina (ks. Cardinale ym. 2006). Jokaiseen kohteeseen vietiin elokuun lopulla (sekä 2022 että 2023) viisi 10x10 cm:n kaakelia, joita käytettiin levien kolonisaatioalustana. Kaakelit kerättiin pois noin viiden viikon kuluttua ja niiden pintaan kiinnittynyt levästä harjattiin tislattuun veteen, joka suodatettiin 0.45 µm suodatinpaperin läpi. Näytteen klorofylli-a-konsentraatio mitattiin spektrofotometrisesti.

5.2. Pohjan orgaanisen aineksen biomassa

Puron pohjaan varastoituneen orgaanisen materiaalin biomassa mitattiin kahdeksasta 0.1 m² kokoisesta näytealasta jokaisessa kohteessa. Kerätty materiaali kuljetettiin laboratorioon, missä suurimmat pohjaeläimet poistettiin näytteestä ja jäljelle jäänyt materiaali suodatettiin kahden eri silmäkoon seulan läpi karkeajakoisen (> 1 mm) ja hienojakoisen (0,2–1 mm) aineksen erottelemiseksi. Seuloille kertynyt aines kuivattiin lämpöuunissa (60 °C, 48 h), punnittiin (kuivapaino), poltettiin polttouunissa (550 °C, 4 h) ja punnittiin uudelleen (tuhkaton kuivapaino).

5.3. Orgaanisen aineksen hajoaminen

Orgaanisen aineksen hajotuksen mittaamiseen käytettiin kahta rinnakkaista, toisiaan täydentävää menetelmää, lehtipusseja ja puuvillakangasta. Hajotuskokeet tehtiin sekä 2022 että 2023 elo-lokakuussa, jolloin puroihin alkaa luontaisestikin kertyä läheisen rantametsän puista putoavia lehtiä. Lehtipussimenetelmässä kuhunkin verkkopussiin punnittiin alkutilanteessa 3 g kuivattuja koivun lehtiä ja n. 35 vuorokauden jälkeen jäljelle jäänyt lehtikarikke kuivattiin (60 °C, 48 h) ja punnittiin uudelleen. Näin saatiin selville lehtikarikkeen hävikki kokeen aikana. Lehtipusseja oli kahta eri silmäkokoja, 2 mm ja 0.3 mm, joista edelliseen selkärangattomat pohjaeläimet pääsevät sisään ja osallistuvat lehtimateriaalin hajottamiseen, kun taas jälkimmäiseen pohjaeläimet eivät pääse. Näin pystytään arvioimaan pohjaeläinten ja mikrobien suhteellinen merkitys hajoamisnopeuteen.

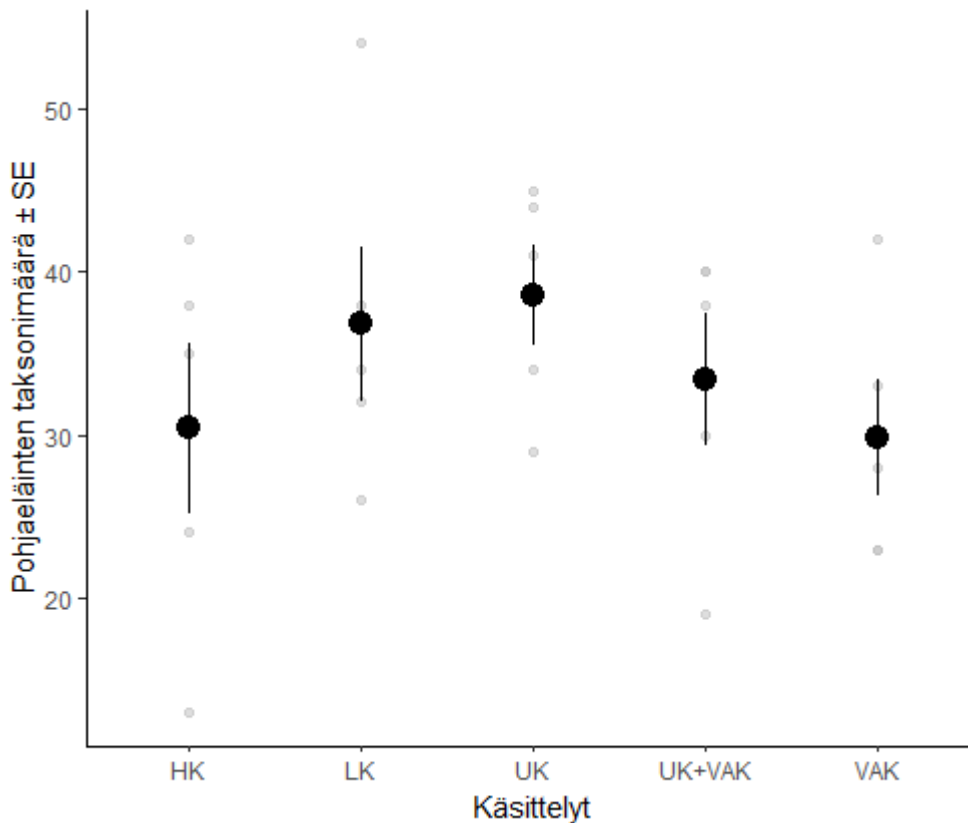
Puuvillakangasmenetelmässä puron pohjaan kiinnitettiin harjaterästangon avulla 4 kpl standardikokoisia (2,5 x 8 cm) puuvillakankaan kaistaleita, joita inkuboitiin puroissa 35 vuorokauden ajan. Tämän jälkeen kankaat kuivattiin (60°C, 48 h) ja selluloosan hajoaminen mitattiin tensiometrillä (Oulun yliopiston kuitu- ja partikkelitekniikan laboratorio) tehtyjen kankaan vetolujuuskokeiden avulla.

6. Tulokset

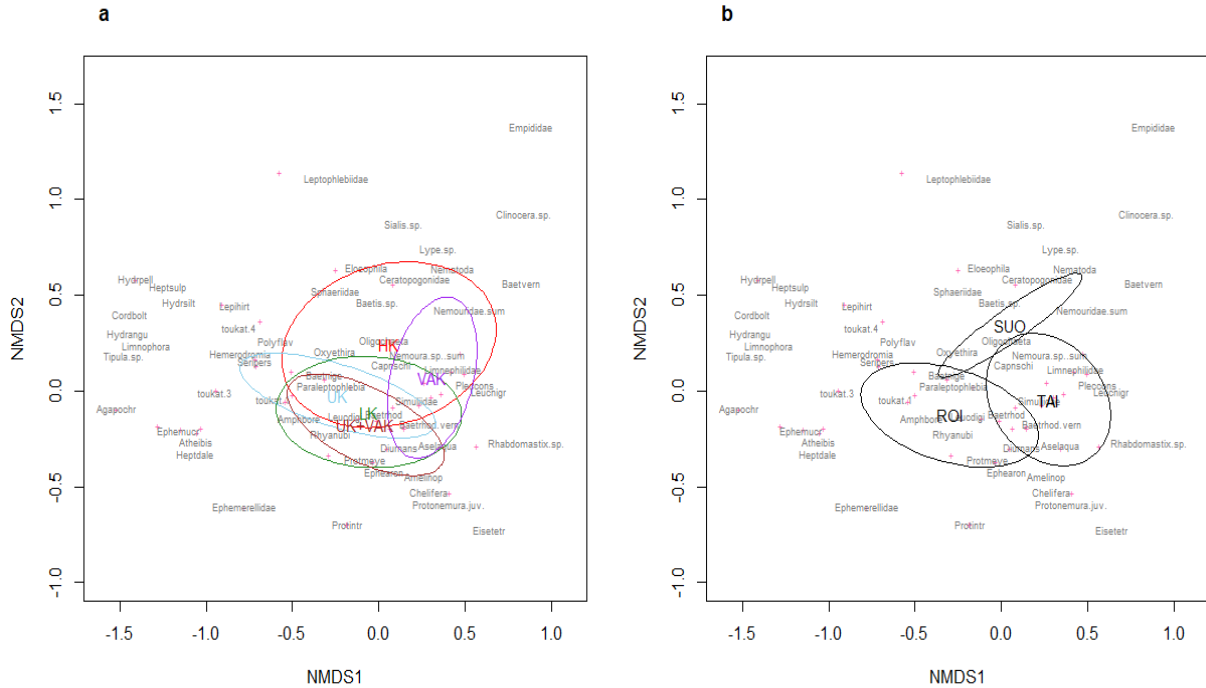
6.1. Pohjaeläimet

Yleisin aineistossa esiintynyt pohjaeläinlaji oli 23 tutkimuspuroissa esiintynyt *Diura nansenii*. Pohjaeläinten lajimäärä vaihteli käsittelyjen välillä verraten vähän eivätkä erot olleet tilastollisesti merkitseviä ($p > 0.05$). Korkein lajimäärä havaittiin uomakunnostetuissa kohteissa (keskiarvo ± 1 SD: 38.6 ± 6.5 lajia) ja alhaisin tilaltaan heikentyneissä (30.1 ± 10.1) ja valuma-aluekunnostetuissa (29.5 ± 8.9) uomissa (Kuva 9).

Myöskään NMDS-ordinaatiossa ei havaittu pohjaeläinyhteisöjen välillä merkitseviä eroja (Kuva 10a). Sen sijaan alueet (Rovaniemi, Taivalkoski, Suomussalmi) erosivat toisistaan kohtalaisen selvästi ja kaikki alueiden väliset erot olivat Permanova-testissä merkitseviä ($p < 0.05$) (Kuva 10b).



Kuva 9. Pohjaeläinten taksonimäärät (keskiarvo ± 1 SE) tutkimuspuroissa käsittelyittäin. Taustalle on harmailla pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.



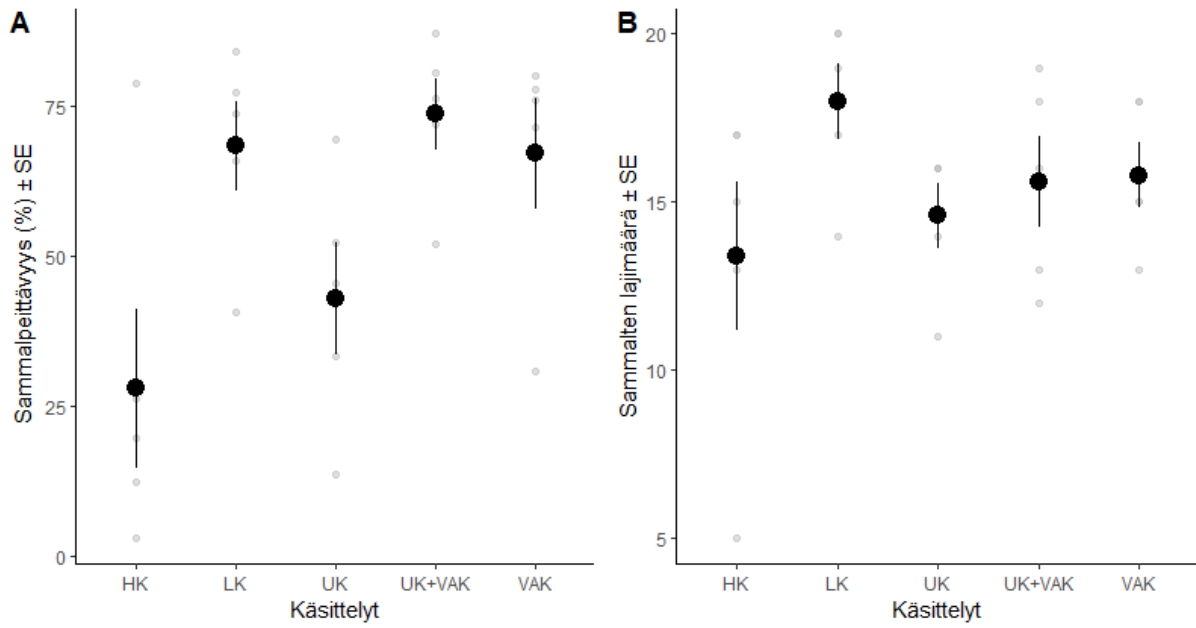
Kuva 10. Pohjaeläinyhteisöjen NMDS-ordinaatio. Kuvassa on esitetty ordinaatiotulos erikseen käsitte-lyyttäin (a) ja tutkimusalueittain (b); ROI = Rovaniemen, TAI = Taivalkosken ja SUO = Suomus-salmen alueen purot.

6.2 Vesisammalet

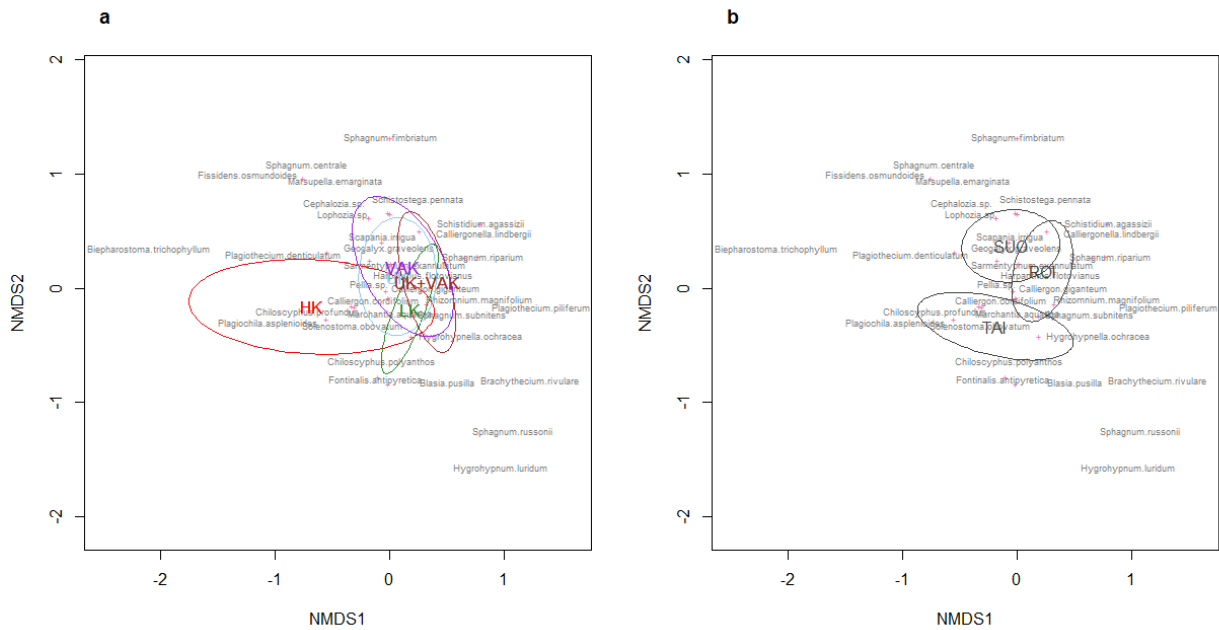
Yleisimpiä sammallajeja aineistossa olivat kaikissa tutkimuspuroissa esiintynyt lapasammal (*Pellia sp.*) ja lähes kaikissa puroissa esiintyneet luhtakuirisammal (*Calliergon cordifolium*) ja purokinnassammal (*Scapania undulata*). Uomalajeista yleisimmät olivat 22 kohteessa siintynyt purokinnassammal, 20 kertaa esiintynyt virtänäkinsammal (*Fontinalis dalecarlica*), 18 kertaa esiintynyt koukkupurosammal (*Hygrohypnum ochraceum*) sekä 14 kertaa esiintynyt isonäkinsammal (*Fontinalis antipyretica*).

Sammalpeittävyksien arvot erosivat merkitsevästi ($F_{4,20} = 4.395$, $p = 0.010$) käsittelyjen välillä. Heikentyneissä uomissa keskimääräinen sammalpeittävyys oli selkeästi muita käsittelyitä alhaisempi (Kuva 11A). Luonnontilaisissa, uoma- ja valuma-aluekunnostetuissa sekä valuma-aluekunnostetuissa uomissa keskimääräinen sammalpeittävyys oli lähes 80 prosenttia, mutta uomakunnostetuissa (UK) puroissa keskimäärin selvästi vähemmän, n. 50 %. Kokonaislajimäärissä käsittelyjen välillä ei ollut eroja ($p > 0.05$) (Kuva 11B).

NMDS ordinaatioissa käsittelyt eivät eronneet merkitsevästi toisistaan (PERMANOVA $F_{4,20} = 1.032$, $p > 0.05$). Heikentyneet purot kuitenkin erosivat ordinaatiokuvaajassa jokseenkin selkeästi muista käsittelyistä (Kuva 12a). Tutkimusalueet eivät eronneet merkitsevästi toisistaan ($p > 0.05$) (Kuva 12b).



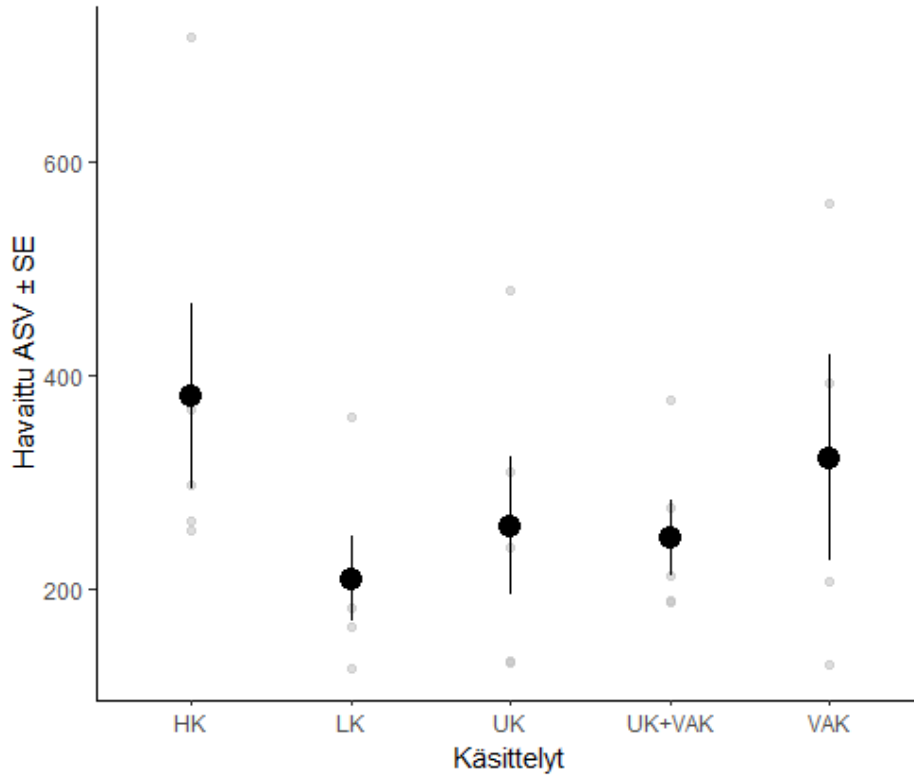
Kuva 11. Tutkimuspurojen vesisammalten A) kokonaispeittävyys (% ± 1 SE) ja B) lajimäärät (±SE). Taustalle on harmailta pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.



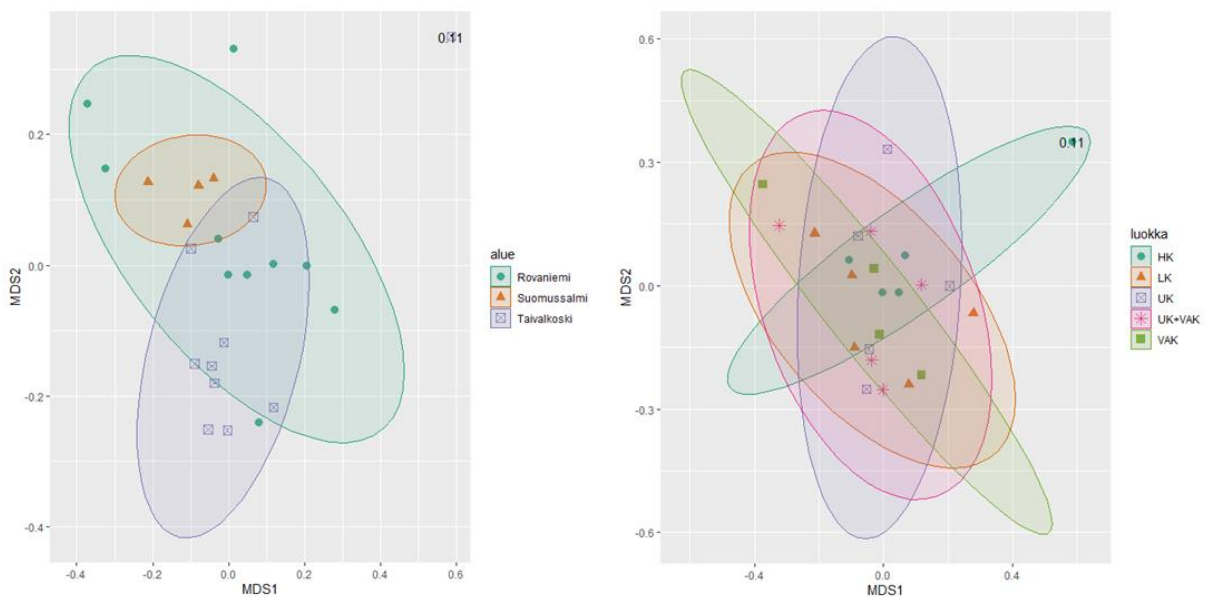
Kuva 12. Vesisammalten NMDS-ordinaatio a) käsittelyittäin ja b) tutkimusalueittain.

6.2. Biofilmin bakteeriyhteisöt

Biofilmin bakteerien taksonimäärässä (ASV) ei ollut käsittelyjen välillä eroja ($p > 0.05$) (Kuva 13). Myöskään bakteeriyhteisöjen rakenteessa ei havaittu eroja alueiden tai käsittelyjen välillä (Permanova, $p > 0.05$) (Kuvat 14 a ja b).



Kuva 13. Biofilmin bakteerien ASV-määrät (± 1 SE). Taustalle on harmailla pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.

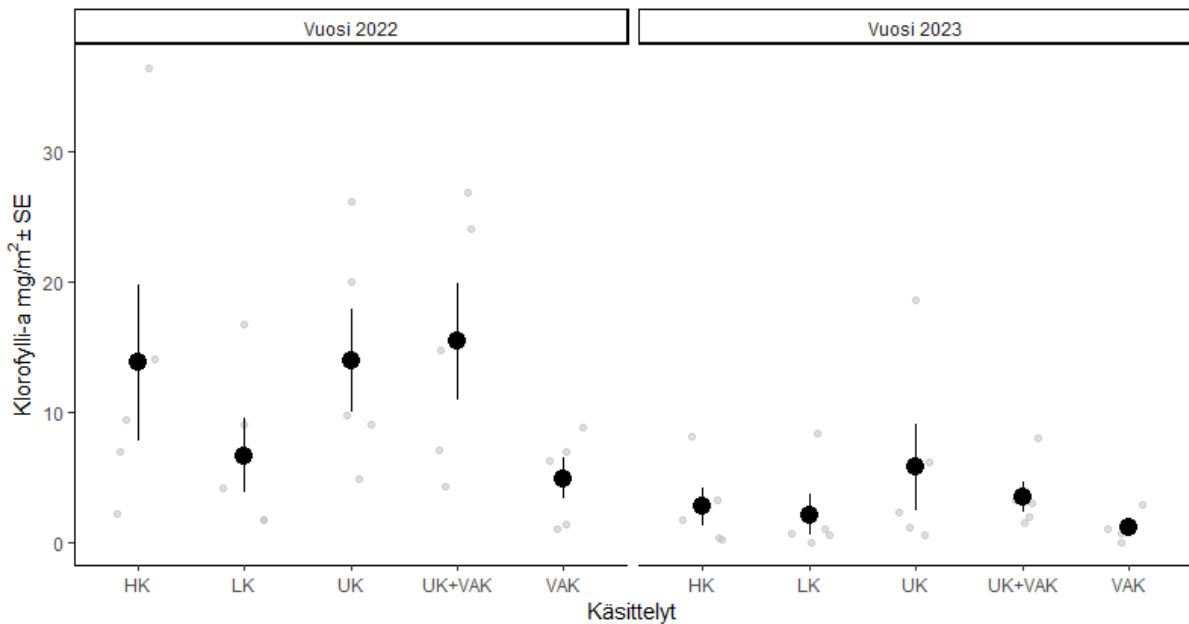


Kuva 14. Biofilmin bakteeriyhteisöjen NMDS-ordinaatio a) tutkimusalueittain ja b) käsittelyittäin.

6.3. Ekosysteemitoinninnot

6.3.1. Päällyslevät

Päällyslevien perustuotannon indikaattorina käytettiin puron pohjaan asetetuille alustoille kerääntyneen päällyslevästä klorofylli-a:n kertymää (mg/m^2). Leväbiomassa oli keskimäärin yli kolminkertaisesti suurempi 2022 kuin 2023, mutta käsittelyjen välillä ei kumpanakaan vuotena havaittu merkitseviä eroja ($p > 0.05$). Korkein biomassa havaittiin uoma+valuma-aluekunnostetuissa puroissa, mutta pelkästään uomakunnostetut ja myös heikentyneet purot olivat lähes samalla tasolla. Alin leväbiomassa havaittiin molempina tutkimusvuosina pelkästään valuma-alueeltaan kunnostetuissa uomissa (Kuva 15).

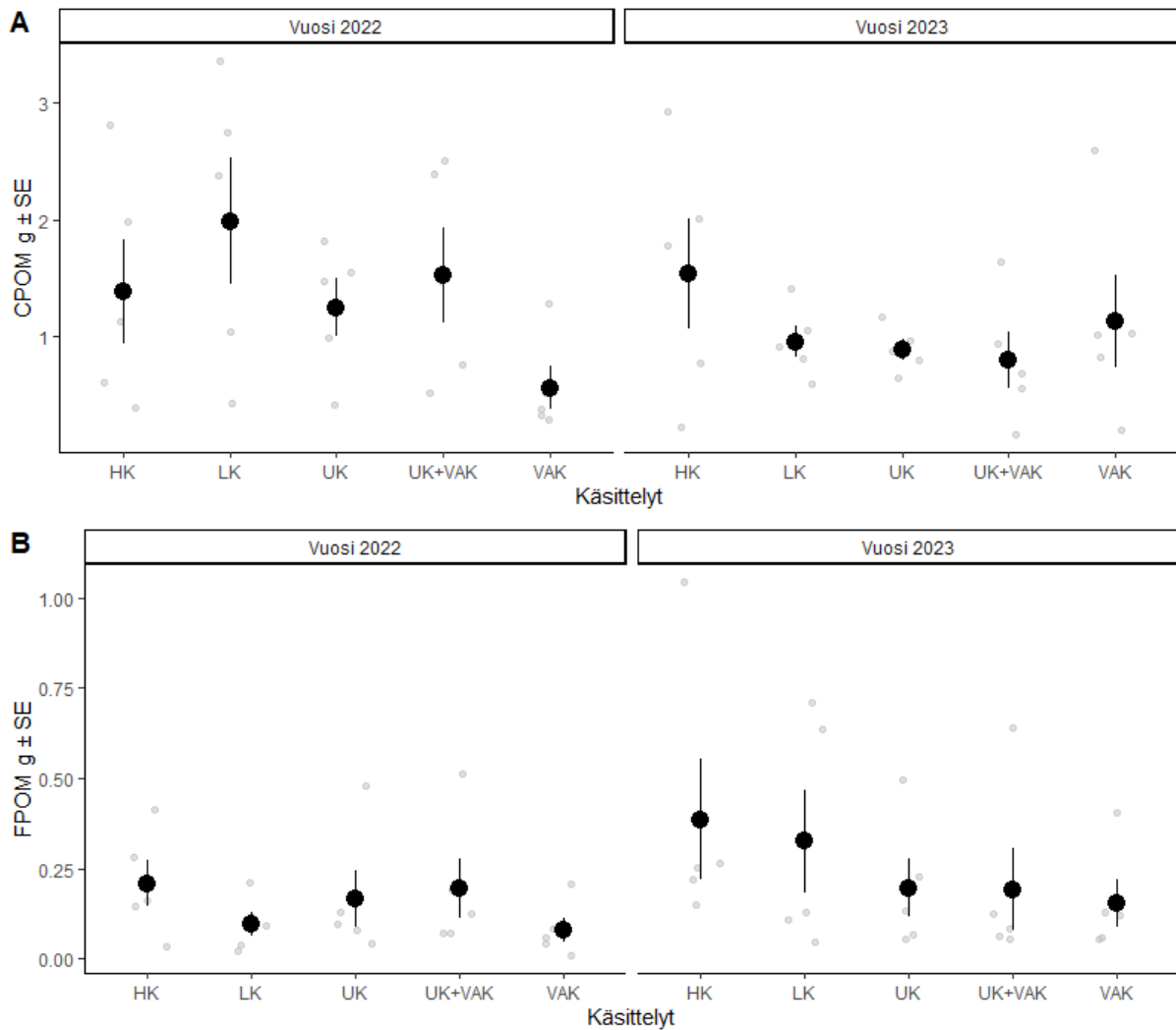


Kuva 15. Päällyslevien biomassa (klorofylli-a $\text{mg}/\text{m}^2 \pm \text{SE}$) molempina tutkimusvuosina. Taustalle on harmailla pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.

6.3.2. Pohjan orgaanisen aineksen biomassa ja hajoaminen

Puron pohjaan kerääntyneen karkeajakoisen ($> 1 \text{ mm}$) orgaanisen aineksen biomassa vaihteli varsin vähän kunnostustyyppien välillä. Korkein biomassa oli luonnontilaisissa puroissa (tuhkaton kuivapaino: $2.0 \pm 1.2 \text{ g}/0.1 \text{ m}^2$) ja matalin valuma-aluekunnostetuissa puroissa ($0.8 \pm 0.3 \text{ g}/0.1 \text{ m}^2$), molemmat vuodelta 2022 (Kuva 16A). Erot purotyyppien välillä eivät olleet merkitseviä kumpanakaan vuotena ($p > 0.05$).

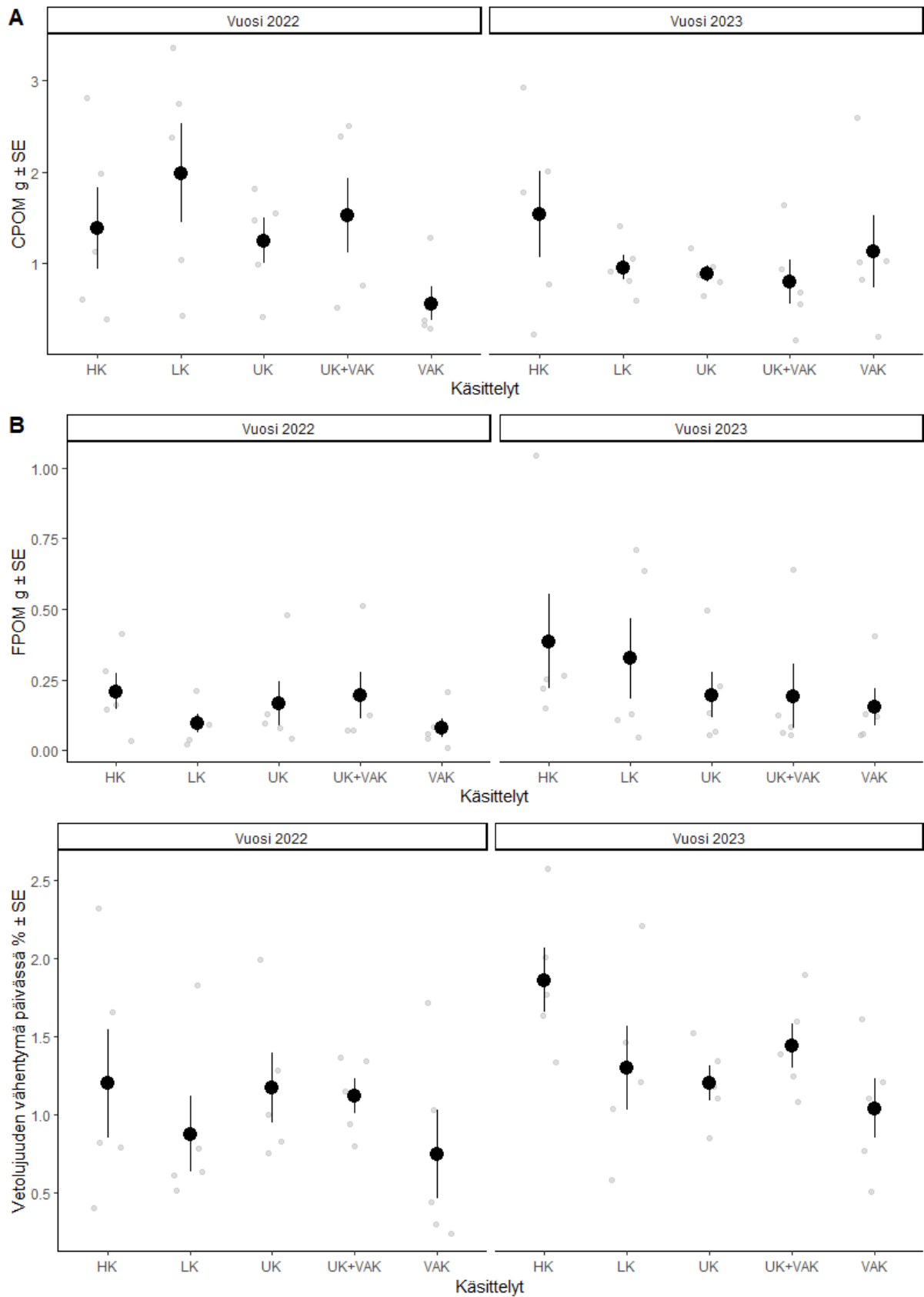
Hienojakoisen orgaanisen aineksen ($0.5\text{-}1.0 \text{ mm}$) osalta vaihtelu oli vielä vähäisempää: korkeimmat arvot havaittiin heikentyneissä puroissa vuonna 2023 ($0.40 \pm 0.19 \text{ g}/\text{m}^2$) ja matalimmat valuma-aluekunnostetuissa puroissa 2022 ($0.10 \pm 0.08 \text{ g}/\text{m}^2$) (Kuva 16B). Erot purotyyppien välillä eivät olleet merkitseviä kumpanakaan vuotena ($p > 0.05$).



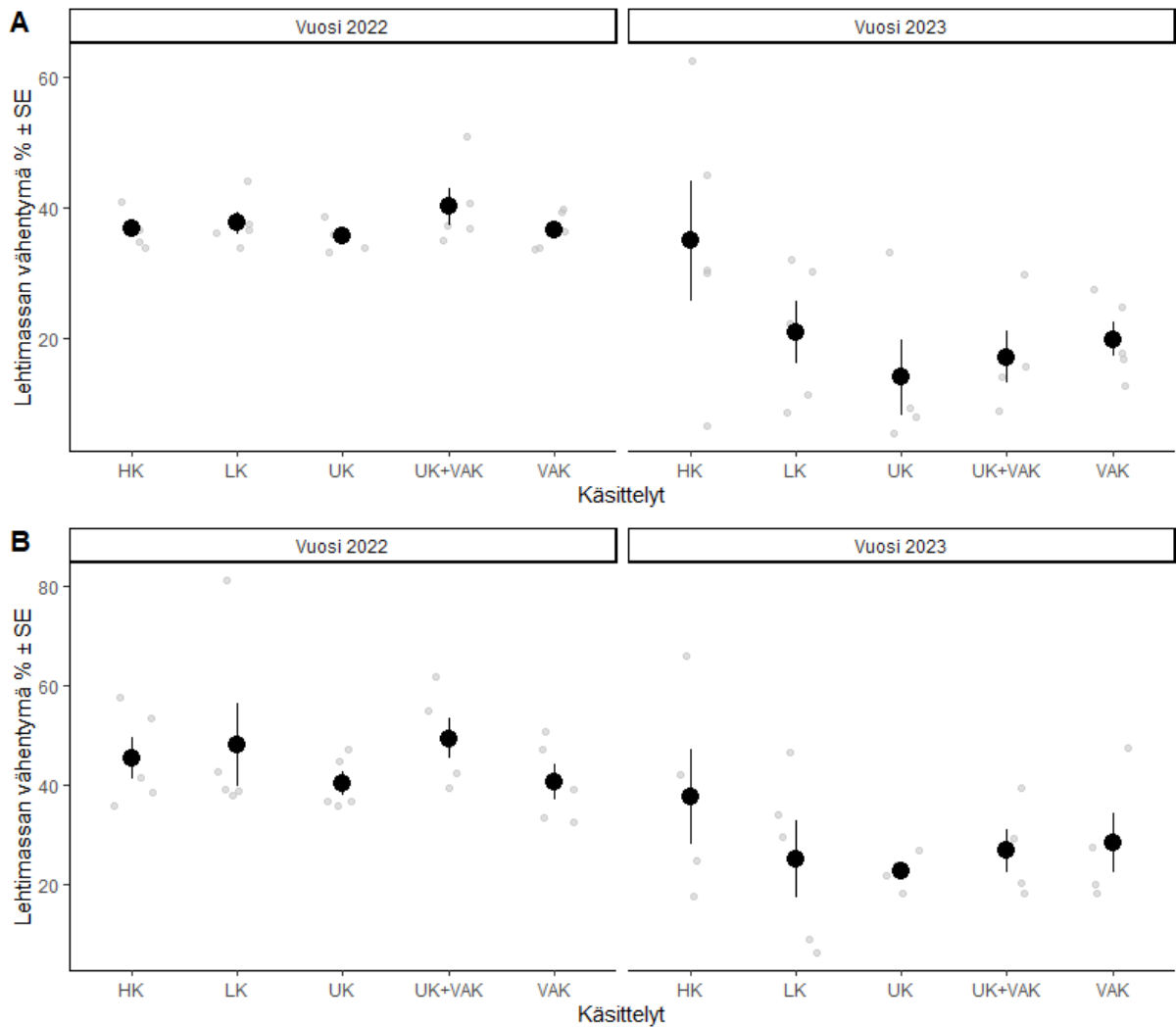
Kuva 16. Tutkimuspurojen A) karkeajakoisen (CPOM g ± SE) ja B) hienojakoisen (FPOM g ± SE) orgaanisen aineksen määrät. Taustalle on harmailla pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.

Puuvillanauhojen vetolujuuden vähenemisen avulla testattuna orgaanisen aineksen hajoaminen erosi merkitsevästi käsittelyjen välillä ($p < 0.05$) vuonna 2023, mutta ei vuonna 2022 (Kuva 17). Kontrasteista vain vertailu heikentyneiden purojen ja valuma-aluekunnostettujen purojen välillä oli merkitsevä, mutta hajoaminen oli yleisesti ottaen selvästi nopeinta tilaltaan heikentyneissä puroissa.

Koivun lehtien hajoamiskoe tuotti pitkälti samanlaisen tuloksen kuin vetolujuuskoe: hajoaminen oli nopeinta tilaltaan heikentyneissä puroissa molempina vuosina (Kuvat 18A ja 18B), mutta erot käsittelyjen välillä eivät olleet merkitseviä ($p > 0.05$).



Kuva 17. Orgaanisen aineksen hajoamisnopeus eri käsittelyissä kuvattuna puuvillanauhojen ('cotton strips') vetolujuuden hävikkinä (% alkuperäisestä) vuorokautta kohti. Taustalle on harmailla pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.

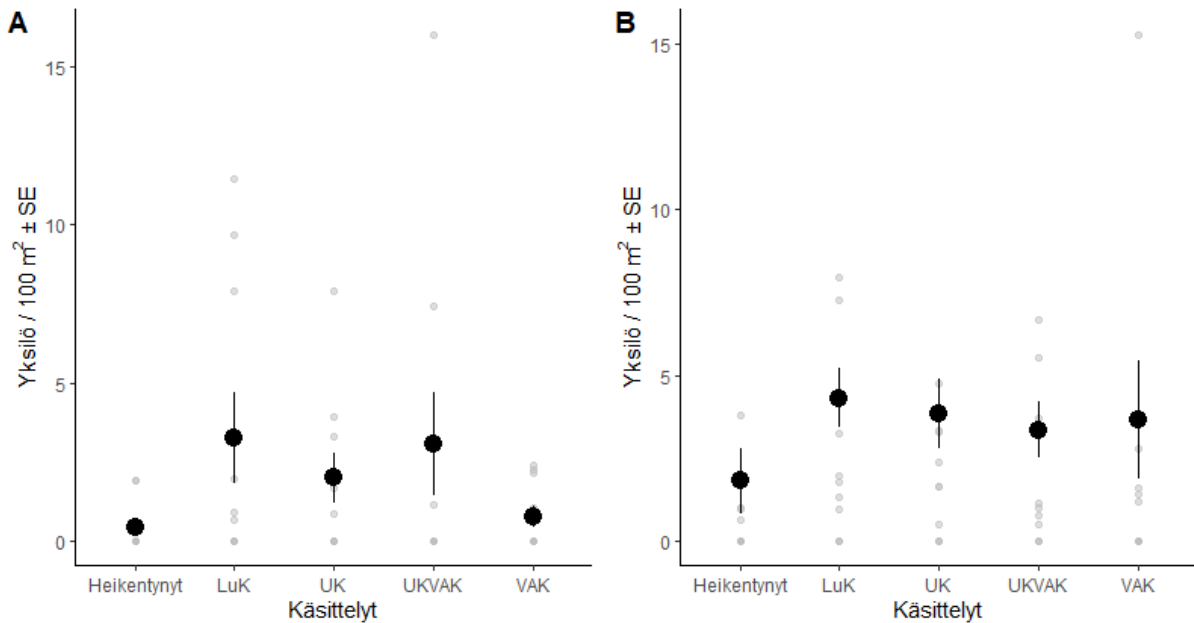


Kuva 18. Lehtipusseista mitattu lehtihävikki molempina seurantavuosina: A) hienot lehtipussit kuvaavat yksinomaan mikrobien aikaan saamaa hävikkiä ja B) karkeat lehtipussit kuvaavat kokonaishävikkiä, eli sekä mikrobien että selkärangattomien hajotustoimintaa. Taustalle on harmailla pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.

6.4. Kalaston esiintyminen seurantapuroissa

6.4.1. Taimenten poikasmäärät ja muu kalasto sähkökoekalastuksissa

Taimenen saman kesän poikasia (0+) oli vähiten heikentyneissä puroissa, seuraavaksi vähiten valuma-aluekunnostetuissa, uomakunnostetuissa ja luonnontilaisen kaltaisissa puroissa (Kuva 19A). Keskimääräisesti eniten taimenen saman kesän poikasia, eli 3,1 yksilöä aarilla, oli uoma- ja valuma-aluekunnostetuissa puroissa. Uoma- ja valuma-aluekunnostetuissa puroissa tavatut poikasmäärät myös erosivat melkein merkitsevästi heikentyneistä puroista ($t = 1,77$, $p = 0,085$). Hajonta taimenten poikastiheyksissä oli kuitenkin suurta purojen, alueiden ja käsittelyjen välillä (Kuva 19A).



Kuva 19. Taimenpoikasten A) 0+ -ikäiset ja B) >1-vuotiaiden määrät (yksilöä/aari ± SE) vuosina 2022–23. Taustalle on harmailla pisteillä merkitty kunkin seurantapisteen yksittäiset havainnot.

Myös taimenen vanhempia poikasia (>1+) oli vähiten heikentyneissä puroissa, seuraavaksi vähiten uoma- ja valuma-aluekunnostetuissa, valuma-aluekunnostetuissa ja uomakunnostetuissa puroissa (Kuva 19B). Keskimääräisesti eniten, eli 4,3 yksilöä aarilla, taimenen 1-vuotiaita poikasia oli luonnontilaisen kaltaisissa puroissa. Käsittelyjen välillä ei ollut merkitseviä eroja. Myös vanhempien taimenpoikasten poikasmäärissä oli suurta hajontaa purojen, alueiden ja käsittelyjen välillä (Kuva 19B).

Kalalajisto puroissa oli suppea. Sähkökalastamalla havaittuja lajeja olivat: taimen (ikäluokat 0+ - 4-vuotiaita), kirjoeväsimplu, kivisimplu, ahven, made, mutu ja puronieriä (Liite 1). Suomusalmen alueen Velli- ja Pitkävaaanpuroista ei koekalastamalla kaloja havaittu. Taimenista rasvaeväleikattuja, eli siis alkuperältään istutettuja, tavattiin Poikaloukusanojalla. Puronieriää tavattiin Poikaloukusanojalla ja Sorsaajalla.

6.4.2. eDNA-menetelmällä havaitut kalataksoneit

Eri kalalajeja tai taksonia havaittiin eDNA-menetelmällä 13 kpl: made, kirjoeväsimplu, simput, ahven, kiiski, ahvenkalat, harjus, taimen, lohi, lohikala, puronieriä, siikakalat ja kirjolohi (Liite 2). Taksoneihin sisältyi myös sukutasolle jääneitä tuloksia, joten todellinen lajimäärä on pienempi. Simput-taksoni tarkoittaa todennäköisesti kivisimplua, mutta määrittelyn varmuus on alhaisempi. Lohikaloissa on todennäköisesti valtaosa taimenta, mutta näitä ei kyetty kaikissa eDNA-määrittelyissä erottamaan. Myös todennäköisesti osa ahvenista jäi vain ahvenkalojen tasolle (Sotioja ja Poikaloukusanoja), kuten myös lohen (Haukioja, Perttausjoki, Silmäjoki, Sotioja ja Mätäsoja), esiintymiseen näytteissä liittyi epävarmuuksia. Epäselvää myös on, onko havainto kirjolohesta tullut vesistöjen varrella käyneiden retkeilijöiden eväistä vai voiko havainto olla oikea. Eri kunnostusmenetelmien tai ajankohtien väliset erot kalojen taksonimäärissä eivät eronneet toisistaan ($p > 0,05$; Taulukko 1).

eDNA-menetelmällä havaittiin kalalajeja myös Velli- ja Pitkävaaranpurolla, vaikka niissä ei koekalastamalla kalahavaintoja tehty (Liite 2). Vellipurolla havaittiin seipi, särki, hauki, ahven ja taimen. Pitkävaaranpurolla havaittiin seipi, mutua, särki, hauki, kirjoeväsimplu, ahven, taimen ja puronieriä. Useat näistä kalalajeista osuvat koekalastuksiin tyypillisesti vain satunnaisesti. Myös taimenesta, kirjoeväsimplusta ja puronieriästä on koekalastamalla haastavaa tehdä havaintoja, jos niiden määrät ovat alhaisia.

Puronieriää tavattiin koekalastushavaintojen (Poikaloukusanoja, Sorsaoja) lisäksi myös Rovaniemen alueen puroista Typpyrä-, Siika- ja Silmäojalla, Taivalkosken alueen puroista Soti- ja Mätäsöjällä sekä Suomussalmen puroista Raate- ja Pitkävaaranpurolla.

Taulukko 1. Seurantapuroista havaittujen kalataksoneiden lukumäärät (KA ± SD) käsittelyittäin eri näytteenottoajankohtina.

	Heikentynyt	LuK	UK	UKVAK	VAK
Syky 2022	4,4 ± 1,8	4,8 ± 3,1	4,8 ± 2,9	4,8 ± 1,3	4,8 ± 1,3
Kevät 2023	5,2 ± 1,6	4,2 ± 2,9	6,2 ± 2,6	5,0 ± 3,2	4,6 ± 1,8
Syky 2023	5 ± 1,9	4,2 ± 2,8	5,2 ± 3,1	6,6 ± 3,8	4,0 ± 2,1

7. Johtopäätökset

Tutkimuksen selkein tulos havaittiin verrattaessa tilaltaan heikentyneitä puroja eri tavoilla kunnostettuihin puroihin: heikentyneiden purojen monimuotoisuusindikaattorit, erityisesti vesisammalten osalta, olivat heikompia ja niiden eliöyhteisöt poikkesivat selkeästi kunnostuskohteiden yhteisöistä. Samankaltainen vaste havaittiin myös taimenen poikasvaiheiden tiheyksissä, jotka olivat lähes merkitsevästi alempia huonokuntoisissa puroissa, joissa sekä itse purouoma että lähivaluma-alue olivat heikentyneessä tilassa. Myös orgaanisen aineksen hajoamisnopeus oli selvästi suurinta heikentyneissä puroissa, mikä todennäköisesti heijastelee kohonneiden ravinnepitoisuuksien hajoamista stimuloivaa vaikutusta (Ferrera ym. 2015).

Eri tavoilla kunnostetut purot eivät useimmilla ekologisilla mittareilla juurikaan poikenneet luonnontilaisen kaltaisista puroista. Koska kunnostuksista oli seurantoja tehtäessä kulunut vasta 1–2 vuotta, on vielä ennen aikaista tulkita tätä todisteeksi kunnostusten onnistumisesta. Signaali on kuitenkin selkeästi positiivinen varsinkin, kun havaitut positiiviset vasteet perustuvat varsin vähäiseen toistojen määrään. Myöskään alueellinen vaihtelu ei juurikaan peittänyt alleen käsittelyjen välisiä eroja, eli kunnostustoimien aiheuttama signaali oli havaittavissa koko aineistossa.

Ehkä kaikkein yllättävintä oli taimenen poikasten tiheyksissä havaittu lähes merkitsevä vaste kunnostuksiin, vaikka on hyvin tiedossa, että lohikalojen poikasvaiheiden populaatiotiheydet vaihtelevat luontaisista syistä (mm. virtaamavaihtelut) hyvin voimakkaasti (Louhi ym. 2016.). Toisaalta esimerkiksi Thompson ym. (2018) tekivät samankaltaisen havainnon taimenen poikasvaiheen populaatioiden nopeasta vasteesta jokien uomakunnostuksiin Iso-Britanniassa.

Eri kunnostustyyppien välillä ei havaittu selkeitä eroja missään vastemuuttujissa. Tätäkään tulosta ei kuitenkaan voi tulkita siten, että se osoittaisi kunnostustyyppien olevan tasavertaisia tai että kumpi tahansa kunnostusmenetelmä, uoma- tai valuma-aluekunnostus, riittäisi yksinään toivotun tuloksen saavuttamiseksi. On täysin mahdollista ja jopa todennäköistä, että kunnostustyyppien väliset erot tulevat selkeämmin esille vasta ajan myötä, mikä korostaa pitkäaikaisen seurannan välttämättömyyttä.

Tämän tutkimuksen keskeinen vahvuus on monipuolinen, useita eri taksoniryhmiä hyödynnettävä, sekä rakenteellisiin että toiminnallisiin mittareihin perustuva kunnostusvaikutusten monitorointi. Monitoroinnin jatkuessa resursseja kannattanee kuitenkin keskittää niihin muuttujiin, jotka näyttäisivät herkimmin vastaavan kunnostustoimiin. Esimerkiksi pitkälle standardoitu ja verraten helppokäyttöinen 'cotton strip' menetelmä (Tiegs ym. 2013) vaikuttaisi erittäin hyvältä vaihtoehdolta. Menetelmän soveltuvuutta vielä korostaa se, että sen avulla saadaan tietoa aivan keskeisestä virtavesien ekosysteemitoinnosta, orgaanisen aineksen hajoamisesta.

Taksonomisista ryhmistä vesisammalet näyttivät reagoivan sekä elinympäristön heikkenemiseen että kunnostukseen selvästi pohjaeläimiä herkemmin. Tämä on merkittävä havainto, koska vesisammalia on tähän mennessä hyödynnetty melko vähän sisävesien tila-arvioinnissa ja monitoroinnissa, vaikka alhaisesta lajimäärästä huolimatta ne näyttäisivätkin soveltuvan hyvin ainakin kunnostusvaikutusten arviointiin. Myös Turunen ym. (2017) tekivät samankaltaisen havainnon pelkkien uomakunnostusten monimuotoisuusvaikutuksiin keskittyvässä tutkimuksessaan. Sammalten soveltuvuutta tila-arviointiin korostaa myös niiden keskeinen rooli monien ekosysteemitointojen (mm. orgaanisen aineksen pidätyminen; Muotka & Laasonen

2002, Turunen ym. 2020) ylläpitäjänä ja pohjaeläinyhteisöjen koostumuksen ja ajallisen va-
kauden säätelijänä (Huttunen ym. 2017). Sen sijaan biofilmin bakteeriyhteisöt eivät juurikaan
reagoineet kunnostukseen. Mikrobeja on usein ehdotettu kohderyhmäksi sisävesien tilan ar-
vioinnissa (Jyväsjärvi ym. 2020; Smucker ym. 2022), mutta ne vastaavat yleensä tehokkaimmin
nimenomaan veden laadun muutoksiin (Pin ym. 2012, Smucker ym. 2022), jotka tässä aineis-
tossa olivat lopulta melko vähäisiä.

Tämä tutkimus perustui ns. 'space-for-time substitution' asetelmalle. Tässä menetelmässä eri
käsittelyjä (esim. kunnostustyyppit) edustamaan valittuja paikkoja ei ole monitoroitu useana
ajankohtana, vaan samojen tekijöiden oletetaan aiheuttavan ekologisia muutoksia sekä ajan-
kohtien että paikkojen ja käsittelyjen välillä. Menetelmä käyttää siis staattista aineistoa kuva-
maan ekologisia ilmiöitä, jotka todellisuudessa muuttuvat dynaamisesti ajassa. Tästä syystä
menetelmää on usein kritisoitu (Damgaard 2013, Stetler ym. 2023), vaikka sitä on jo pitkään
käytetty ekologiassa hyvällä menestyksellä (mm. Lovell ym 2023). Vaikka kontrolli- ja kunnos-
tuskohdeiden monivuotinen seuranta (ns. Before-After-Control-Impact asetelma; esim. Louhi
ym. 2010) olisi epäilemättä ollut tehokkaampi lähestymistapa kunnostusvaikutusten selvittä-
miseksi, on se niin vaativa toteuttaa, että siihen harvoin päästää kunnostustutkimuksessa.

Seurannan suunnittelussa joudutaan usein tilanteeseen, jossa kunnostukset on jo toteutettu,
tai ne on toteutettu tavalla, joka estää niiden käytön tutkimuksessa, jolloin ajallista seuranta-
aineistoa ei yleensä ole käytettävissä. Lisäksi kunnostustyöt usein toteutetaan samankin kun-
nostustyyppin sisällä hyvin heterogeenisesti, esimerkiksi uomakunnostuksissa toisinaan käyte-
tään puuta, toisinaan ei, ja toisinaan taas 'kunnostus' on tarkoittanut lähinnä muutaman kiven
siirtämistä rannalta uomaan. Tästä syystä saman käsittelyn toistot voivat poiketa toisistaan
merkittävästi, joskus jopa enemmän kuin eri käsittelyjen toistot, mikä tuo aineistoon hallitse-
matonta vaihtelua. Siitäkin syystä on erityisen merkittävää, että tässä työssä suhteellisen pie-
nellä toistojen määrällä ($n = 5$ per käsittely) ja vain 1–2 vuoden palautumisajan jälkeen, ha-
vaittiin jo merkitseviä kunnostusvasteita. Tämä kertoo sen, että kunnostuksen vaikutuksen on
täytynyt olla varsin voimakas tullakseen havaituksi kaikesta aineiston sisältämästä vaihtelusta
huolimatta.

Tässä tutkimuksessa luotiin perusta ennallistamisvaikutusten pitkäaikaisseurannalle, jota on
suunniteltu jatkettavaksi Priodiversity LIFE –hankkeen yhteydessä. Ideaalitalanteessa seurantaa
suoritettaisiin vuosittain, mutta resurssien rajallisuuden vuoksi tämä ei liene mahdollista. Seu-
ranta olisi kuitenkin pyrittävä suorittamaan riittävän usein, jotta palautumisen aikajänteestä
saataisiin kunnollista tietoa. Esimerkiksi suon hydrologian on todettu palautuvan luonnontilai-
sen kaltaiseksi jo muutamassa vuodessa ennallistamistoimien jälkeen, kun taas veden laadun
parantuminen voi kestää kymmenen vuotta tai jopa enemmän (Haapalehto ym. 2014, Men-
beru ym. 2017). Niinpä näytteenotto olisi hyvä toistaa esimerkiksi viisi, kymmenen ja viisi-
toista vuotta kunnostuksien jälkeen. Vaikka tämän tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että
puroluonnon monimuotoisuus ja ekosysteemitoinnot osoittavat palautumisen merkkejä jo
parin vuoden kuluttua kunnostamisesta, eri kunnostustyyppien vaikutusten erottaminen, mikä
oli tämän hankkeen keskeisin päämäärä, edellyttää paljon pidempiaikaista seurantaa.

Kiitokset

Näinkin laaja ekologinen seurantahanke ei onnistuisi ilman lukuisia tekijöitä. Raportin tekijöiden lisäksi maastotöihin osallistuivat Nico Alioravainen, Teija Haataja, Rauno Hokki, tmi Olli van der Meer, Camilla Reinikainen, Riku Rinnevali ja Tatu Vaajala. Sihveri Ervasti ja Maria Rajakallio tekivät ison työn seurantoihin sopivien kohteiden löytämisessä. Terhi Iso-Touru ja Anneli Virta vastasivat eDNA-näytteiden analysoinnista. Teille kaikille isot kiitokset!

Viitteet

- Aapala, K., Similä, M. & Penttinen, J. (toim.) 2013. Ojitettujen soiden ennallistamisopas, Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja B188. 301 s.
- Brüsecke, J., Muotka, T., Huttunen, K.-L., Litjo, S., Lepo, W.-P. & Jyväsjärvi, J. 2023. Drainage-induced browning causes both loss and change of benthic biodiversity in headwater streams. *Limnology and Oceanography Letters* 8: 620–627.
- Cardinale, B.J., Hillebrand, H. & Charles, D.F. 2006. Gneographic patterns of diversity in streams are predicted by a multivariate model of disturbance and productivity. *Journal Ecology* 94: 609–618.
- Damgaard, C. 2019. A critique of the space-for-time substitution practice in community ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 34: 416–421.
- Eräpalvelut 2022. Kala- ja riistaelinympäristöpainotteinen valuma-aluekunnostus valtion alueille -hankkeen loppuraportti. 36 s. + Liitteet 1-3. <https://www.eraluvat.fi/erapalvelut/hankkeet/valuma-aluejulkaisut.html>
- Ferreira, V., Castagnyrol, B., Koricheva, J., Gulis, V., Chauvet, E. & Graca, M.A.S. 2015. A meta-analysis of the effects of nutrient enrichment on litter decomposition in streams. *Biological Reviews* 90: 669–688.
- Haapalehto, T., Kotiaho, J.S., Matilainen, R. & Tahvanainen, T. 2014. The effects of long-term drainage and subsequent restoration on water table level and pore water chemistry in boreal peatlands. *Journal of Hydrology* 519: 1493–1505.
- Huttunen, K.-L., Mykrä, H., Oksanen, J., Astorga, A., Paavola, R. & Muotka, T. 2017. Habitat connectivity and in-stream vegetation control temporal variability of benthic invertebrate communities. *Scientific Reports* 7: 1448.
- Huusko, A., Louhi, P., Marttila, M., Korhonen, P.K. & van der Meer, O. 2021. 40 vuotta koskikunnostuksia Suomessa. Yhteenveto seurantatutkimuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2021. Luonnonvarakeskus. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/547700>
- Hyvönen, S., Suanto, M., Luhta, P.-L., Yrjänä, T. & Moilanen, E. 2005. Puroinventoinnit lijoen valuma-alueella vuosina 1998–2003. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu. Alueelliset ympäristöjulkaisut 403. 94 s
- Jyväsjärvi, J., Lehosmaa, K., Aroviita, M., Turunen, J., Rajakallio, M., Marttila, H., Tolkkinen, M., Mykrä, H. & Muotka, T. 2021. Fungal assemblages in predictive stream bioassessment: A cross-taxon comparison along multiple stressor gradients. *Ecological Indicators* 121: 106986.
- Laine, A.M., Mehtätalo, L., Tolvanen, A., Frolking, S. & Tuittila, E.-S. 2019: Impacts of drainage, restoration and warming on boreal wetland greenhouse fluxes. *Science of the Total Environment* 647: 169–181.

- Louhi, P., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J., Paasivaara, A. & Muotka, T. 2010. Impacts of forest drainage improvement on stream biota: A multisite BACI-experiment. *Forest Ecology and Management* 260: 1315–1323.
- Louhi, P., Mykrä, H., Paavola, R., Huusko, A., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. 2011. Twenty years of stream restoration in Finland: little response by benthic macroinvertebrate communities. *Ecological Applications* 21: 1950–1961.
- Louhi, P., Mäki-Petäys, A., Huusko, A., Vehanen, T. & Muotka, T. 2016. Long-term monitoring reveals the success of salmonid habitat restoration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73: 1733–1741.
- Lovell, R.S.L., Collins, S., Martin, S.H., Pigot, A.L. & Phillimore, A.B. 2023. Space-for-time substitutions in climate change ecology and evolution. *Biological Reviews* 98: 2243–2270.
- Malazarte, J., Muotka, T., Jyväsjärvi, J., Lehosmaa, K., Nyberg, J. & Huttunen, K.-L. 2022. Bacterial communities in a subarctic stream network: spatial and seasonal patterns of benthic biofilm and bacterioplankton. *Molecular Ecology* 31: 6649–6663
- Malmqvist, B., Rundle, S., Brönmark, C. & Erlandsson, A. 1991. Invertebrate colonization of a new, man-made stream in southern Sweden. *Freshwater Biology* 26: 307–324.
- Marttila, M., Louhi, P., Huusko, A., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J., Syrjänen, J.T. & Muotka, T. 2019: Synthesis of habitat restoration impacts on young-of-the-year salmonids in boreal rivers. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*: 1–15.
- Menberu, M.W., Marttila, H., Tahvanainen, T., Kotiaho, J.S., Hokkanen, R., Kløve, B. & Ronkanen, A.-K. 2017. Changes in pore water quality after peatland restoration: Assessment of a large-scale, replicated BeforeAfter-Control-Impact study in Finland. *Water Resources Research* 53: 8327–8343.
- Muotka, T. & Laasonen, P. 2002: Ecosystem recovery in restored headwater streams: the role of enhanced leaf retention. *Journal of Applied Ecology* 39: 145–156.
- Mykrä, H., Ruokonen, T. & Muotka, T. 2006. The effect of sample duration on the efficiency of sampling in two streams with contrasting substratum heterogeneity. *SIL Proceedings* 29: 1351–1355.
- Niemelä, E., Julkunen, M. & Erkinaro, J. 2000. Quantitative electrofishing for juvenile salmon densities: assessment of the catchability during a long-term monitoring programme. *Fisheries Research* 48: 15–22.
- Nordwall, F. 1999. Movements of brown trout in a small stream: effects of electrofishing and consequences for population estimates. *North American Journal of Fisheries Management* 19: 462–469.
- Nieminen, M., Sallantausta, T., Ukonmaanaho, L., Nieminen, T. M. & Sarkkola, S. 2017. Nitrogen and phosphorus concentrations in discharge from drained peatland forests are increasing. *Science of the Total Environment* 609.

- Nieminen, M., Sarkkola, S., Tolvanen, A., Tervahauta, A., Saarimaa, M. & Sallantausta, T. 2020. Water quality management dilemma: Increased nutrient, carbon, and heavy metal exports from forestry-drained peatlands restored for use as wetland buffer areas. *Forest Ecology and Management* 465: 118089.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E. & Wagner, H. 2019. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5.4.
- Pin, L., Eiler, A., Fazi, S. & Friberg, N. 2021. Two different approaches of microbial community structure characterization in riverine epilithic biofilms under multiple stressors conditions: Developing molecular indicators. *Molecular Ecology Resources* 21: 1200–1215.
- R Core Team 2023. *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- Smucker, N.J., Pilgrim, E.M., Wu, H., Nietch, C.T., Darling, J.A., Molina, M., Johnson, B.R. & Yuan, L.L. 2022. Characterizing temporal variability in streams supports nutrient indicator development using diatom and bacterial DNA metabarcoding. *Science of the Total Environment* 154960.
- Stetler, J.T., Knoll, L.B., Driscoll, C.T. & Rose, K.C. 2021. Lake browning generates a spatiotemporal mismatch between dissolved organic carbon and limiting nutrients. *Limnology and Oceanography Letters* 6: 182–191.
- Thompson, M.A., Brooks, S.J., Sayer C.D., Woodward, G., Axmacher, J.C., Perkins, D.M. & Gray, C. 2018. Large woody debris rewilding rapidly restores biodiversity in riverine food webs. *Journal of Applied Ecology* 55: 895–904.
- Tiegs, S., Clapcott, J., Griffiths, N. & Boulton, A. 2013. A standardized cotton-strip assay for measuring organic-matter decomposition in streams. *Ecological Indicators* 32: 131–139.
- Turunen, J., Muotka, T. & Aroviita, J. 2020. Aquatic bryophytes play a key role in sediment-stressed boreal headwater streams. *Hydrobiologia* 847: 605–615.
- Turunen, J., Aroviita, J., Marttila, H., Louhi, P., Laamanen, T., Tolkkinen, M., Luhta, P.-L., Kløve, B. & Muotka, T. 2017. Differential responses by stream and riparian biodiversity to in-stream restoration of forestry-impacted streams. *Journal of Applied Ecology* 54: 1505–1514.
- Vehanen, T., Huusko, R., Huusko, A. & Louhi, P. 2023. Patoaltaiden kalayhteisöt. Kolmen seurantamenetelmän vertailu. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 95/2023. Luonnonvarakeskus. [Patoaltaiden kalayhteisöt : Kolmen seurantamenetelmän vertailu - Jukuri \(luke.fi\)](#)
- Vitt, D.H. & Glime, J. 1984. The structural adaptations of aquatic Musci. *Lindbergia* 10: 95–110.

Liitteet

Liite 1.

Koealueilta sähkökoekalastamalla tavatut kalalajit vuosina 2022–23. Kunnostukset: Heik = heikkennetty, LuK = luonnontilaisen kaltainen, UK = uomakunnostettu, UKVAK = uoma- ja valuma-aluekunnostettu, VAK = valuma-aluekunnostettu.

Alue	Kunnostus	Puro	Havaitut lajit	Lajeja yhteensä
Rovaniemi	Heik	Haukioja	Taimen	1
	Heik	Markkaoja	Taimen, mutu, kirjoeväsimppu	3
	LuK	Komottoaja	Taimen, mutu, kivisimppu	3
	LuK	Typpyräjoki	Taimen, kivisimppu	2
	UK	Perttausjoki	Taimen, made, kirjoeväsimppu	3
	UK	Silmäoja	Taimen	1
	UKVAK	Perttausjoki	Taimen, kirjoeväsimppu	2
	UKVAK	Silmäoja	Taimen	1
	VAK	Siikajoki	Taimen, kivisimppu	2
VAK	Silmäoja	Taimen	1	
Taivalkoski	Heik	Sorsaoja	Taimen (+REL), puronieriä, mutu	2
	Heik	Susioja	Taimen, made, ahven	3
	LuK	Sotioja	Taimen	1
	LuK	Myllyoja	Taimen	1
	UK	Poikaloukusanoja	Taimen (+REL), puronieriä	2
	UK	Mätäsoja	Taimen	1
	UKVAK	Poikaloukusanoja	Taimen, puronieriä	2
	UKVAK	Mätäsoja	Taimen, made	2
	VAK	Poikaloukusanoja	Taimen, puronieriä, kivisimppu	3
	VAK	Mätäsoja	Taimen	1
Suomus-salmi	LuK	Raatepuro	Taimen	1
	Heik	Vellipuro	-	0
	UK	Teeripuro	Taimen, made	2
	UKVAK	Turkkijoki	Taimen	1
	VAK	Pitkävaaranpuro	-	0

+REL = osa taimenista oli rasvaeväleikattuja

Liite 2.

ALUE	KUN- NOSTUS	PURO	AIKA	Nah- kiainen	Seipi	Mutu	Särki	Salakka	Hauki	Made	Kirjoevä- simppu	Simput	Ahven	Kiiski	Ahven- Harjus	Taimen	Lohi	Salmo sp.	Puro- nieriä	Core- gonus sp.	Kirjo- lohi	Yht.	
Rovaniemi	Heik	Haukioja	S22																			7	
			K23																				7
			S23																				6
	Heik	Markkaoja	S22																				4
			K23																				6
			S23																				7
	LuK	Komottaaja	S22																				1
			K23																				3
			S23																				4
	LuK	Typpyräjoki	S22																				8
			K23																				9
			S23																				9
UK	Perttausjoki	S22																				6	
		K23																				9	
		S23																				8	
UK	Silmäoja	S22																				9	
		K23																				9	
		S23																				9	
UKVAK	Perttausjoki	S22																				6	
		K23																				10	
		S23																				11	
UKVAK	Silmäoja	S22																				5	
		K23																				4	
		S23																				10	
VAK	Siikajoki	S22																				6	
		K23																				7	
		S23																				4	
VAK	Silmäoja	S22																				3	
		K23																				5	
		S23																				7	

Kuva 1. Rovaniemen alueen seurantapuroista eDNA-menetelmällä havaitut kalataksoneit kolmena eri ajankohtana (S22 = syksy 2022, K23 = kevät 2023, S23 = syksy 2023), sininen = lajihavainto, keltainen = ei lajihavaintoa.

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2024

ALUE	KUN- NOSTUS	PURO	AIKA	Nah- kiainen	Seipi	Mutu	Särki	Salakka	Hauki	Made	Kirjoevä- simppu	Simput	Ahven	Kiiski	Ahven- Harjus	Taimen	Lohi	Salmo	Puro- sp.	Puro- nierä	Core- gonus sp.	Kirjo- lohi	Yht.			
Taivalkoski	Heik	Susioja	S22																				4			
			K23																						6	
			S23																						5	
	LuK	Sotioja	S22																						4	
			K23																							4
			S23																						3	
	LuK	Myllyoja	S22																						8	
			K23																						1	
			S23																						2	
	UK	Poika- loukusanoja	S22																						4	
			K23																						5	
			S23																						3	
UK	Mätäsoja	S22																						1		
		K23																						4		
		S23																						2		
UKVAK	Poika- loukusanoja	S22																						4		
		K23																						3		
		S23																						3		
UKVAK	Mätäsoja	S22																						3		
		K23																						2		
		S23																						3		
VAK	Poika- loukusanoja	S22																						5		
		K23																						4		
		S23																						5		
VAK	Mätäsoja	S22																						4		
		K23																						2		
		S23																						2		

Kuva 2. Taivalkosken alueen seurantapuroista eDNA-menetelmällä havaitut kalataksoneit kol-mena eri ajankohtana (S22 = syksy 2022, K23 = kevät 2023, S23 = syksy 2023), sininen = lajihavainto, keltainen = ei lajihavaintoa.

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2024

ALUE	KUN- NOSTUS	PURO	AIKA	Nah- kiainen	Seipi	Mutu	Särki	Salakka	Hauki	Made	Kirjoevä- simppu	Simput	Ahven	Kiiski	Ahven-Harjus	Taimen	Lohi	Salmo	Puro- sp.	Core- nieriä	gonus	sp.	Kirjo- lohi	Yht.		
Suomussalmi	LuK	Raatepuro	S22																					3		
			K23																							4
			S23																							3
	Heik	Vellipuro	S22																						2	
			K23																							4
			S23																							5
	UK	Teeripuro	S22																						4	
			K23																							4
			S23																							4
	UKVAK	Turkkijoki	S22																						6	
			K23																							6
			S23																							6
	VAK	Pitkä- vaaranpuro	S22																						6	
			K23																							5
			S23																							2

Kuva 3. Suomussalmen alueen seurantapuroista eDNA-menetelmällä havaitut kalataksoneit kolmena eri ajankohtana (S22 = syksy 2022, K23 = kevät 2023, S23 = syksy 2023), sininen = lajihavainto, keltainen = ei lajihavaintoa.



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

