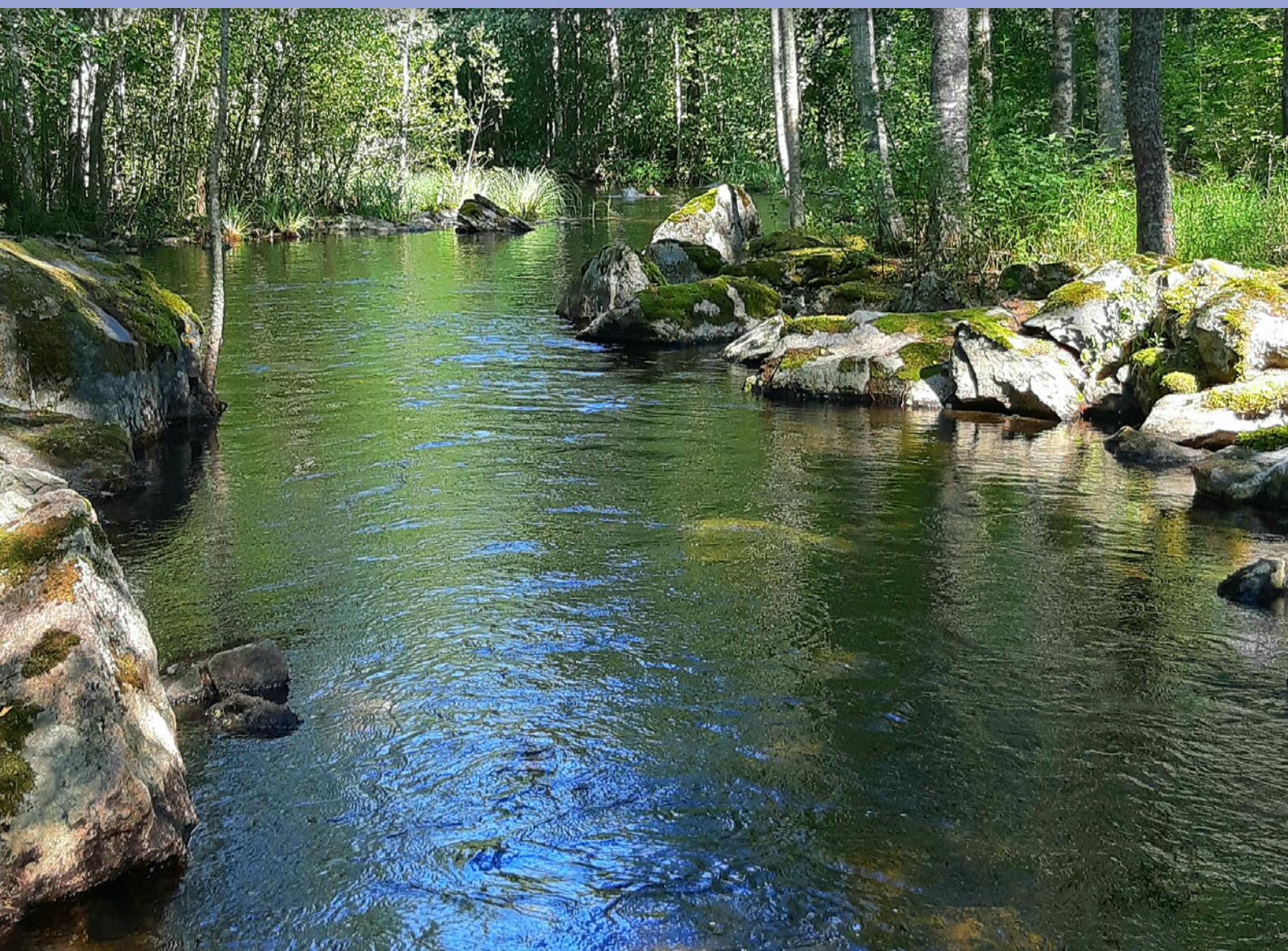


Vesistökunnostusten seurantojen toteuttaminen

Saija Koljonen, Ilkka Sammalkorpi, Annika Vilmi ja Seppo Hellsten



**Suomen ympäristökeskuksen raportteja
13 | 2020**

Vesistökuunnostusten seurantojen toteuttaminen

Saija Koljonen, Ilkka Sammalkorpi, Annika Vilmi ja Seppo Hellsten

Helsinki 2020

Suomen ympäristökeskus



Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13 | 2020
Suomen ympäristökeskus SYKE
Vesikeskus

Vesistökunnostusten seurantojen toteuttaminen

Kirjoittajat: Saija Koljonen, Ilkka Sammalkorpi, Annika Vilmi ja Seppo Hellsten

Vastaava erikoistoimittaja: Ahti Lepistö

Rahoittaja/toimeksiantaja: Freshabit Life IP (LIFE14 IPE/FI/023) hanke, YM

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus SYKE
Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Kansikuva: Saija Koljonen
Sisäsivujen kuvat: kuvaajatieto kuvien yhteydessä
Taitto: Marja Vierimaa

Julkaisu on saatavana internetistä: syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke
sekä ostettavissa painettuna SYKEN verkkokaupasta: syke.omapumu.com

ISBN 978-952-11-5151-4 (nid.)
ISBN 978-952-11-5152-1 (pdf)
ISSN 1796-1718 (pain.)
ISSN 1796-1726 (verkkoj.)

Julkaisuvuosi: 2020



Freshabit Life IP (LIFE14 IPE/FI/023)

Hanke on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Aineiston sisältö heijastelee sen tekijöiden näkemyksiä, eivätkä Euroopan komissio tai EASME ole vastuussa aineiston sisältämien tietojen käytöstä.

Projektet har fått finansiering av Europeiska Unionens LIFE-program. Materialet reflekterar synsätt av upphovsmannen, och Europeiska kommissionen eller EASME är inte ansvariga för användning av materialets innehåll.

The project has received funding from the LIFE Programme of the European Union. The material reflects the views by the authors, and the European Commission or the EASME is not responsible for any use that may be made of the information it contains.

Esipuhe

Vesien kunnostamiseen alkaa Suomessakin olla vahvat perinteet ja vankka historia. Olemme todistaneet menestystarinoita, kun puroon on saatu luontainen taimenkanta tai järven sinileväkukinnat ovat selvästi vähentyneet. Mutta on myös tehty paljon sellaista työtä ja toimenpiteitä, joiden vaikutukset eivät vesien tilassa lopulta ole näkyneet tai joiden vaikutuksesta ei ole saatu selvää käsitystä. Tietoa, tarpeita ja kykyä tehdä toimenpiteitä meillä jo on, mutta haasteeksi on jäänyt vesien tilan seurannan toteutus, jota tarvitaan toimenpiteiden valintaan ja mitoitukseen sekä kunnostusten vaikutusten arviointiin. Vain hyvin suunnitellulla ja toteutetulla seurannalla vesien tilasta saadaan tietoa kunnostusten vaikuttavuudesta ja tuloksellisuudesta ja lisätään yhteistä ymmärrystä.

Tähän raporttiin on koottu vesistö-kunnostusten seurannoille menetelmäkohtaisia ohjeita, joiden avulla voidaan arvioida kunnostustarvetta ja tehdä päätelmiä kunnostusten tuloksellisuudesta. Kunnostusten seuranta antaa hyvät lähtökohdat toimenpiteiden seuraaville vaiheille ja samalla kokemusten jakamiselle.

Seurantaohjeistus kattaa keskeiset vesistöjen ekologiseen tilaan ja vesiluonnon monimuotoisuuteen vaikuttavat kunnostustoimenpiteet. Seurantaohjeistus on tehty työkaluksi kunnostushankkeiden tilaajille, suunnittelijoille, toteuttajille ja rahoittajille. Seurannan saaminen osaksi kaikkia kunnostushankkeita tulee olla yhteinen päämäärä mennessämme kohti vaikuttavampia toimia.

Raportin laadinnassa hyödynnettiin useiden henkilöiden asiantuntemusta. Alkuperäistä seurantaohjeen runkoa on hyödynnetty Freshabit Life IP (LIFE14 IPE/FI/023) -hankkeen seurannan suunnittelussa ja hankkeen pohjalta on toteutettu tämä ohjeistus. Ohjeiden työstämiseen on osallistunut Suomen ympäristökeskuksen, Luonnonvarakeskuksen, alueellisten elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten, Helsingin yliopiston, Jyväskylän yliopiston ja Oulun yliopiston sekä Metsähallituksen asiantuntijoita. Suuret kiitokset kaikille keskusteluihin ja raportin kommentointiin osallistuneille!

Helsingissä, Jyväskylässä ja Oulussa 1.4.2020, tekijät

Tiivistelmä

Vesistökuunnostusten seuranta

Järviemme pinta-alasta 87 prosenttia ja jokivesistä 68 prosenttia on luokiteltu hyvään tai erinomaiseen ekologiseen tilaan, mutta vesistöjen kunnostuksille on silti tarvetta, sillä useita vesistöjä on heikossa tilassa tai riskissä heikentyä. Tilaltaan heikentyneitä virtavesiä ja järviä on alettu kunnostaa jo muutamia vuosikymmeniä sitten virkistys- ja muun käytön sekä vedenlaadun parantamiseksi, mutta kunnostustoimiin on enenevässä määrin ryhdytty vasta 2000-luvulla vesistöjen ekologisen tilan kohentamiseksi EU:n vesipuitelidirektiivin mukaisesti. Näiden kunnostustoimien seuranta ja niiden vaikutusten arviointi on kuitenkin jäänyt huomattavasti toimenpiteitä vähemmälle huomiolle.

Kunnostustoimenpiteet ovat aina riippuvaisia kunnostettavan kohteen ominaispiirteistä ja kunnostuksen tavoitteista. Vesistökuunnostuksen toteuttaminen on yleensä pitkäaikainen ja monitahoinen prosessi, jossa yhdellä toimenpiteellä ei välttämättä päästä lopulliseen päämäärään. Tähän raporttiin on koottu menetelmäkohtaiset ohjeet vesistökuunnostusten seurannoille, joiden avulla voidaan tehdä päätelmiä kunnostusten tuloksellisuudesta. Kunnostushankkeet on jaoteltu seurantaohjeistuksia varten neljään eri luokkaan: 1) virtavesien kunnostushankkeisiin, 2) pienten virtavesien kunnostushankkeisiin, 3) järvikunnostuksiin sekä 4) lintuvesikunnostuksiin. Vesistökuunnostushankkeiden seuranta kohdistuu sekä tehtäviin toimenpiteisiin että niiden vaikutusten arviointiin.

Jatkossa kaikenkokoisiin kunnostushankkeisiin tulee liittää vaikutuksia arvioiva seurantasuunnitelma. Seuranta ja sen toteutus varsinaisen kunnostuksen toimenpidevaiheen jälkeen tulisi jatkossa ottaa selkeästi huomioon myös rahoituspäätöksissä. Merkittävää julkista rahoitusta hakevissa hankkeissa tulisi budjetoida riittävästi myös seurantaan, ottaen huomioon hankkeen koko ja tavoite. Seurannan tulosten avulla voidaan jakaa kokemuksia hyvistä ja vältettävistä käytännöistä sekä kehittää toimintaa vaikuttavammaksi ja kustannustehokkaammaksi ja parhaimmassa tapauksessa jopa ennustaa tuloksia jatkotarpeita ajatellen.

Asiasanat:

Vesistökuunnostus, seuranta, virtavesikunnostus, järvikunnostus, lintuvesikunnostus

Sammandrag

Vägledning för uppföljning av vattenförekomsternas restaurering

I Finland klassificeras 87% av sjöareal och 68% av flodkilometer som god eller utmärkt ekologisk status. Således behöver många vattenförekomster som är i måttligt, otillfredställande eller dåligt skick eller riskerar att inte uppfylla kraven i vattenramdirektivets (WFD) återställningsåtgärder. Återställningsprojekt för sötvattendrag har genomförts under de senaste decennierna främst för att förbättra rekreations- och andra användningsområden av vattenförekomsterna men också för att förbättra deras vattenkvalitet. Även om fler återställningsinsatser har gjorts efter genomförandet av WFD, har uppföljningar och konsekvensbedömningar av återställningsåtgärder huvudsakligen lämnats ogjorda.

Restaureringsåtgärder är alltid beroende av platsspecifika funktioner och syftet med restaureringen. Återställningar av sötvattendrag är vanligtvis långsiktiga och ganska komplicerade processer där en åtgärd inte nödvändigtvis leder till målet. Denna rapport erbjuder uppföljningsriktlinjer för projekt för restaurering av sötvattendrag, vilket möjliggör utvärdering av framgång för restaurering. Restaureringsprojekt har delats in i fyra kategorier: 1) restaureringar av strömmar, 2) restaureringar av små strömmar, 3) restaureringar av sjöar och 4) restaureringar av fågelhabitat (sjö). Uppföljningar av dessa restaureringsåtgärder är inriktade på både fysiska åtgärder och konsekvensbedömningar.

Alla restaureringsprojekt bör i framtiden innehålla en plan för att utvärdera effekterna av restaureringsåtgärder. Planen för uppföljning efter restaurering bör också beaktas vid beslut om finansiering för restaureringsprojekt. Tillräcklig budget för uppföljning bör inkluderas åtminstone när ett projekt har ett betydande offentligt stöd, samtidigt med beaktande av projektets storlek och mål. Uppföljning och utvärdering hjälper till att dela kunskap om god eller undvikbar praxis, utveckla åtgärder för att bli mer effektiva och kostnadseffektiva och i bästa fall även förutsäga resultat som hjälper till att planera vidare åtgärder.

Nyckelord:

Restaurering, vattenförekomster, uppföljning, restaurering i vattendrag, restaurering i sjöar, fågelhabitat restaurering

Abstract

Monitoring guidance for freshwater restorations

In Finland, 87% of lake area and 68% of river kilometers are classified to good or excellent ecological status. Thus, numerous waterbodies which are in moderate, bad or poor state or are in the risk of failing to meet the requirements of the Water Framework Directive (WFD) need restoration measures. Freshwater restoration projects have been implemented during the past couple of decades mainly to enhance recreational and other uses of the waterbodies but also to improve their water quality. Although more restoration efforts have been made after implementing the WFD, monitoring and impact assessments of restoration actions have been mainly left unnoticed.

Restoration measures are always dependent on site-specific features and the aim of the restoration. Freshwater restorations are usually long-term and rather complex processes in which one measure of action does not necessarily lead to the goal. This report offers monitoring guidance for freshwater restoration project, enabling assessment of the restoration success. Restoration projects have been divided to four categories: 1) stream restorations, 2) small stream restorations, 3) lake restorations and 4) bird habitat (lake) restorations. Monitoring of these restoration measures is focused on both physical actions and impact assessments.

All restoration projects should, in the future, include a plan for assessing the effects of restoration measures. The plan for post-restoration monitoring should also be considered when making funding decisions for restoration projects. Decent budget for monitoring should be included at least when a project has a significant amount of public funding, simultaneously taking into consideration the size and the goal of the project. Monitoring and assessment will help to share knowledge on good or avoidable practices, develop actions towards being more effective and cost-efficient and, in the best case, even predict outcomes to help outline follow-up measures.

Keywords:

Restoration, freshwater, monitoring, stream restoration, lake restoration, bird habitat restoration

Sisällys

1 Johdanto	9
2 Seurantaohjelmien sisällön ja suunnittelun periaatteet	13
2.1. Seurantaohjelman vaiheet	13
2.1.1. Tarkasteltavat muuttujat – ongelmasta suunnitelmaan	14
2.1.2. Toteutuksen seuranta – suunnan varmistaminen	14
2.1.3. Vaikutusten seuranta – tavoitteiden saavuttaminen	15
2.2. Seurannan kesto, laajuus ja rakenne	16
2.3. Kustannukset ja tiedon kerääminen	17
3 Vesistökuunnostusten seurantaohjeisto	21
3.1. Virtavesien kunnostushankkeet	21
3.1.1. Uoman kulkukelpoisuuden parantaminen	23
3.1.2. Elinympäristöjen kunnostaminen	24
3.1.3. Hydrologiset toimenpiteet	26
3.1.4. Kalaston tilan parantaminen	26
3.2. Pienet virtavesien kunnostushankkeet	27
3.2.1. Uoman kulkukelpoisuuden parantaminen.....	27
3.2.2. Elinympäristöjen kunnostaminen.....	29
3.2.3. Uoman rakenteeseen liittyvät kunnostustoimet.....	29
3.3. Järvikuunnostushankkeet	31
3.3.1. Vedenlaadun parantaminen ja ravintoketjukunnostukset	31
3.3.2. Hydrologiset toimenpiteet	37
3.4. Lintuvesien kunnostushankkeet	38
4 Yhteenveto	41
Kirjallisuus	42



Kuva: Annika Vilmi

1 Johdanto

Ihmiset ovat muovanneet vesimuodostumia sekä valuma-alueiden maanpeitteitä ja hydrologiaa niin paljon, että useimmat Suomen vesistöistä eivät enää ole luonnontilaisia. Tällä hetkellä järviemme pinta-alasta 87 prosenttia ja jokivesistämme 68 prosenttia on luokiteltu hyvään tai erinomaiseen ekologiseen tilaan (Suomen vesien tila-arvio 2019). Luokittelun perusteella silti 735 järveä, yhteispinta-alaltaan noin 3500 km², ja yli 10 000 km virtavesiä kaipaavat kunnostustoimia.

Yleisimmin ihmisperäiset muutokset virtavesi- ja järviekosysteemeissä ovat seurausta maa- ja metsätaloudellisista toimenpiteistä tai vesirakentamisesta. Järvissä keskeinen haaste on rehevöityminen, jota ylläpitävät sekä ulkoinen kuormitus että sisäinen kuormitus, joka on aikaisemman ulkoisen kuormituksen aikana sedimentoituneen fosforin aiheuttamaa. Rehevöityminen lisää sinileväkukintoja, umpeenkasvua ja happikatoja sekä muuttaa järven kalastoa särkikalavaltaisemmaksi (Lappalainen 1990, Ulvi & Lakso 2005). Yksi suurimmista vesistövaikutuksista on edelleen ulkoinen maatalouden kuormitus, jonka määrä ei ole merkittävästi laskenut (Räike ym. 2020). Metsätalouden osalta suurimmat vesistöihin kohdistuvat haitalliset toimet tehtiin 1960–1990-luvuilla, jolloin laajoja alueita ojitettiin tehokkaamman puunkasvun toivossa. Ojitukset kasvattavat edelleenkin vesistöihin valuma-alueilta päätyvän kiintoaineksen ja ravinteiden määriä selvästi (Turunen ym. 2019a). Sotien jälkeen Suomeen rakennettiin energiantarpeen tyydyttämiseksi paljon vesivoimalaitoksia, joiden padot katkaisivat vaelluskalojen ylös- ja alasvaellukset ja aiheuttivat lukemattomien vaelluskalopopulaatioiden tuhoutumisen (Erkinaro ym. 2011). Vesirakentamisella ylipäätään on ollut vesieliöiden luontaisia elinolosuhteita ja -mahdollisuuksia heikentävä vaikutus.

Ihmistoimien muuttamia virtavesiä ja järviä on alettu kunnostaa jo muutamia vuosikymmeniä sitten virkistys- ja muun käytön sekä vedenlaadun parantamiseksi, mutta kunnostustoimiin on enenevässä määrin ryhdytty vasta 2000-luvulla vesistöjen ekologisen tilan kohentamiseksi EU:n vesipuitedirektiivin mukaisesti.

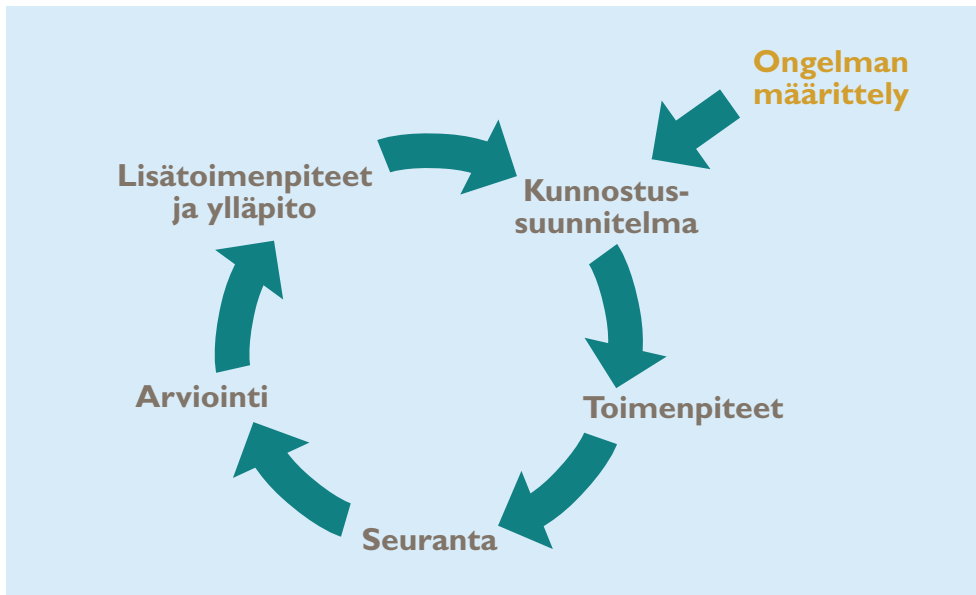
Kunnostustoimenpiteet ovat aina riippuvaisia kunnostettavan kohteen ominaispiirteistä ja kunnostuksen tavoitteista. Ne voidaan jakaa ns. aktiivisiin, suoraan vesimuodostumaan kohdistuviin toimiin ja epäsuoriin, välillisesti vesimuodostuman taustatekijöihin tai sääntelyyn vaikuttaviin toimiin. Aktiivisiin toimenpiteisiin voidaan lukea esimerkiksi koskikunnostus virtavesissä ja ravintoketjukunnostus järvillä, jolla tosin hoitokalastuksen biomass- ja ravinnepoistuman lisäksi on myös välillisiä vaikutuksia. Välillisen kunnostamisen keinoja vesistökunnostuksissa ovat esimerkiksi kalastuksen säätely ja maankäytön vaikutusten tai vesien käsittelyn ohjaaminen, etenkin jos ulkoinen kuormitus on merkittävää. Järvikunnostuksissa kalastuksen säätelyllä tähdätään petokalojen määrän ja yksilökoon kasvuun, jotta niiden ravintoketjuvaikutus ja luontainen lisääntyminen olisivat mahdollisimman tehokkaita (Ruuhijärvi ym. 2014). Virtavesikunnostuksissa kalastuksen säätelyllä on tärkeä osa etenkin vaelluskalojen luontaisen lisääntymisen turvaajana (Eloranta

2010). Kokonaisvaltaisena, virtavesiä ja järviä yhdistävänä esimerkkinä voidaan ajatella järvitaimenta, jonka elinkierron onnistumisen kannalta selviytyminen järvi- ja virtavesistä (verkko- ja vapakalastuksen tarpeenmukainen säätely) ja hyvät olosuhteet ("terve järvi" ja puhdas vesi) antavat parhaat lähtökohdat kunnostetussa virtavedessä luontaisesti lisääntyvälle kannalle. Tarkemmin kalaston lajikohtaisista hoitotoimista ja menetelmistä annetaan tietoa Kalavarojen käyttö ja hoito -oppaassa (Salminen & Böhling 2018).

Järvien ja virtavesien kunnostuksen suunnitteluun ja toimenpiteiden määrittelyyn löytyy paljon ohjeita ja kirjallisuutta, mutta toimenpiteiden ja niiden vaikutusten seuranta on yleensä jäänyt huomattavasti vähemmälle huomiolle. Järvikunnostusten ensimmäinen suomenkielinen opas ilmestyi jo vuonna 1973 (Seppänen 1973) ja laajamittaiset virtavesien kunnostukset alkoivat Suomessa 1980-luvulla (Eloranta 2010), mutta aiheesta löytyy kansainvälinen julkaisu jo 1800-luvulta (Van Cleef 1885). Hankkeissa tehty seuranta ja tiedonkeruu kohteista ennen kunnostustoimia ja niiden jälkeen on kuitenkin yhä hajanaista, vaikka kunnostusten seuranta on käsitelty useissa vesistö-kunnostuksia tarkastelleissa julkaisuissa sekä virtavesien (Muotka ym. 2002, Eloranta 2010, Louhi 2010, Koljonen 2011, Marttila 2017) että järvien (Ilma-virta ym. 1990, Jeppesen & Sammalkorpi 2002, Cooke ym. 2005, Ulvi & Lakso 2005, Rask ym. 2010, Sarvilinna & Sammalkorpi 2010) osalta. Ongelma ei kuitenkaan koske yksinomaan suomalaisia hankkeita. Esimerkiksi Yhdysvalloissa kootun kansallisen kunnostusarkiston hankkeista (yhteensä 37 099 kpl) vain 10 % sisälsi edes jonkinlaista seuranta (Bernhardt ym. 2005).

Vesistö-kunnostuksen toteuttaminen on yleensä pitkäaikainen ja monitahoinen prosessi, jossa yhdellä toimenpiteellä ei välttämättä päästä lopulliseen päämäärään. Vesistö-kunnostus alkaa ongelman määrittelystä, minkä jälkeen tehdään kunnostus-suunnitelma ja itse toimenpiteet. Seurantatietojen avulla pystytään valitsemaan oikeat toimenpiteet ja niiden mitoitus sekä arvioimaan saavutettua tulosta ja ylläpitävien tai parantavien toimenpiteiden tarvetta (Palmer ym. 2014). Seurannan tärkeyden ja hyödyllisyyden osoittaa se, että Suomessa parhaat tulokset on saatu kohteista, joihin on kohdistunut joko perusteellinen velvoitetarkkailu tai ympäristöhallinnon pitkäaikainen intensiiviseuranta (esimerkiksi Vesijärvi, Tuusulanjärvi, Littoistenjärvi). Kunnostuksen toteutumista toimenpiteiden yhteydessä saatetaan vielä seurata tarkasti, mutta pidemmän ajanjakson vaativa vaikutusten seuranta jää usein puutteelliseksi. Seurannan tulosten avulla voidaan jakaa kokemuksia hyvistä ja vältettävistä käytännöistä sekä kehittää toimintaa vaikuttavammaksi ja kustannustehokkaammaksi ja parhaimmassa tapauksessa jopa ennustaa tuloksia jatkotarpeita ajatellen. Valitettavan usein seurannan järjestämistä pidetään kuitenkin monimutkaisena, haastavana tai kalliina, jolloin se yritetään korvata vain kunnostuksen toteuttajan omalla arviolla toimenpiteiden vaikutuksista. Ilman seuranta kokemusperäinen ja dokumentoitu tieto hyvistä ja vältettävistä toimenpiteistä ei kartu.

Vesistö-kunnostustoimenpiteen seurannan tulee niin toteutuksen kuin vaikutustenkin osalta liittyä kiinteästi kunnostussuunnitelmassa määriteltyihin kunnostuksen tavoitteisiin. Kunnostusten onnistumisiin johtaneita tekijöitä on yleisemmällä tasolla tunnustettu virtavesien osalta (mm. Giller 2005, Palmer ym. 2005, Roni & Beechie 2008) ja ne ovat pääasiassa sovellettavissa myös järvikunnostushankkeisiin. Ensinnäkin kunnostustavoitteiden saavuttamista auttaa, jos alueesta on olemassa hyvä yleiskuva: tiedot lähtötilanteesta ja mahdollisesti luonnontilasta ovat arvokkaita, sillä niiden avulla saadaan parempi käsitys kohteen mahdollisuuksista ja rajoitteista. Pidempiaikaisten positiivisten vaikutusten kannalta olennaista on myös se, että kunnostustoimet kehittävät ekosysteemin paineiden sieto- ja palautumiskykyä. Tällöin herkkyys häiriöille vähenee ja kohde pystyy ylläpitämään luontaista toimintaa. Onnistuneille kunnostuksille yhteistä on myös se, että toimenpiteet eivät aiheuta pitkäaikaisia haittavaikutuksia. Näiden seikkojen lisäksi onnistuneissa kunnostus-



Kunnostuksen lähtökohtana on aina ongelman määrittely, mutta kokonaisuus jatkuvana prosessina antaa paremman mahdollisuuden mukauttaa toimia ja korjata suuntaa väliarviointien avulla. Onnistuneen kunnostuksen jälkeen kohteen seuranta kannattaa jatkaa ja tehdä ylläpitäviä toimenpiteitä sekä tarvittaessa suunnitella ja toteuttaa jatkotoimia.

hankkeissa on usein suunniteltu ja toteutettu riittävä ekologinen seuranta, jossa ekosysteemin tilaa on valikoitu kuvaamaan sellaisia muuttujia, joita mittaamalla voidaan oikeasti seurata ekosysteemin paranemista.

Tähän raporttiin on koottu menetelmäkohtaiset ohjeet vesistökuunnostusten seurannoille, joiden avulla voidaan tehdä päätelmiä kunnostusten tuloksellisuudesta. Kunnostushankkeet on jaoteltu seurantaohjeistuksia varten neljään eri luokkaan: 1) virtavesien kunnostushankkeisiin, 2) pienten virtavesien kunnostushankkeisiin, 3) järvikuunnostuksiin sekä 4) lintuvesikuunnostuksiin. Jaottelu perustuu kunnostettavan kohteen tyyppiin, kunnostusmenetelmiin ja hankkeiden kokoon. Hankkeiden koko on yleensä suhteessa kunnostettavan alueen pinta-alaan, tehtäviin toimenpiteisiin, hankkeen kustannuksiin ja rahoituspohjaan. Suurissa tai merkittävää julkista rahoitusta saavissa hankkeissa seuranta tulee toteuttaa suunnitelmallisesti ja riittävillä voimavaroilla. Pinta-alaltaan ja muilta vaikutuksiltaan pienillä hankkeilla ei ole useinkaan julkista rahoitusta, vaan työ tehdään pääosin vapaaehtoistyönä talukoovoimin, mahdollisesti paikallisella rahoituksella. Pienissä kunnostushankkeissa on kuitenkin se etu, että niiden rajoittavat tekijät ovat yleensä helpommin tunnistettavia ja näin ollen niiden tuloksellisuus on yleensä helpompi todentaa (Koljonen 2011). Työn tuloksellisuuden seuranta antaa hyvät lähtökohdat toimenpiteiden jatkolle ja kokemusten jakamiselle.

Raportissa esitelty ohjeistus kattaa keskeiset vesistöjen ekologiseen tilaan ja vesiluonnon monimuotoisuuteen vaikuttavat kunnostustoimenpiteet, mutta ei sellaisia toimenpiteitä, jotka tähtäävät ainoastaan käyttökelpoisuuden tai hyödynnettävyyden parantamiseen. Useimmiten kuitenkin ekologisen tilan, käyttökelpoisuuden ja hyödynnettävyyden parantamiseen tähtäävät kunnostustoimet ovat samansuuntaisia ja parantavat myös muita osa-alueita. Seurantaohjeistus on tehty työkaluksi kunnostushankkeiden tilaajille, suunnittelijoille, toteuttajille ja rahoittajille.



Kuva: Ilkka Sammalkorpi

2 Seurantaohjelmien sisällön ja suunnittelun periaatteet

Vesistökuunnostushankkeen seurantaohjelman suunnittelu alkaa, kun mietitään kunnostuksen tavoitteita ja suunnitellaan toteutettavia kunnostustoimenpiteitä. Kunnostustoimenpiteiden vaikuttavuutta ja tavoitteiden toteutumista suunnitellusti voidaan arvioida etukäteen valittuja muuttujia seuraamalla. Niillä saadaan selkeä, testattavissa oleva hypoteesi, ja kunnostustoimien vaikutusten arviointi voidaan perustaa mitattuihin muuttujiin. Ensiarvoisen tärkeää on, että muuttujia mitataan ja seuranta jatketään niin kauan, että tuloksista voidaan päätellä toimenpiteiden vaikutus. Kunnostusten seurantaohjelmia suunniteltaessa on hyvä huomioida seuraavat asiat:

- Seuranta aloitetaan tarpeeksi ajoissa ja tietoja käytetään jo toimenpiteiden suunnittelussa.
- Seuranta suunnitellaan samanaikaisesti kunnostustoimenpiteiden suunnittelun kanssa.
- Seurannan perustana käytettävät muuttujat valikoidaan tarkasti paikallisten olosuhteiden ja kunnostustavoitteiden perusteella.
- Kohteesta kerätään valokuvamateriaalia esimerkiksi kunnostusprosessin eri vaiheiden dokumentointia varten ja kunnostuksen tekijöiden oman työn arvioimiseen.
- Seuranta jatkuu, kunnes tuloksista voidaan päätellä toimenpiteiden vaikutus.
- Tulosten määrittelyn metodit, kuten tilastolliset testit, valitaan siten, että ne ovat suoraan liitettävissä kunnostushankkeen tavoitteisiin.
- Seurantaohjelma sisältää lähtötilannekatsauksen, kunnostuksen vaikutusten arvioinnin eli tulosten tarkastelun ja tarvittaessa kunnostustoimien mukauttamisen tuloksiin perustuen.
- Seurannan suorittaja pysyy mahdollisuuksien mukaan samana, jotta henkilöiden väliset erot esimerkiksi maastonäytteenotossa tai biologissa määrityksissä eivät vaikuta eri ajankohtien väliseen vertailtavuuteen.

2.1.

Seurantaohjelman vaiheet

Vesistökuunnostusten seurantaohjelmissa on kolme vaihetta: 1) ennen toimenpiteitä, 2) toimenpiteiden aikana ja 3) toimenpiteiden jälkeen. Ennen toimenpiteitä määritetään ongelma ja tehdään kunnostus- ja seurantasuunnitelmat. Toimenpiteiden aikana seurataan toteutusta ja varmistetaan suunta. Toimenpiteiden jälkeen todetaan kunnostuksen vaikutukset ja tavoitteiden saavuttaminen. Näin seuranta kattaa koko kunnostusprosessin, lähtötilanteesta kunnostuksen jälkeiseen aikaan.

2.1.1.

Tarkasteltavat muuttujat – ongelmasta suunnitelmaan

Kunnostamistarvetta aiheuttavien ongelmien syyt selvitetään jo ennen kunnostustoimenpiteitä alkutilan arvioinnin yhteydessä. Sopivat kunnostusmenetelmät valitaan vasta sen jälkeen. Koko vesistö on otettava huomioon harkittaessa yksittäisiä kunnostustoimia. Jos vedenlaadun parantamisen ongelmana on liian suuri ulkoinen kuormitus, pelkästään vastaanottavassa vesistössä tehtävät toimenpiteet eivät vaikuta syihin eivätkä riitä vesistön tilan parantamiseen tai niitä on tehtävä jatkuvasti.

Alkutilan arvioinnin ja kunnostustavoitteiden määrittämisen jälkeen päätetään mitä muuttujia ryhdytään systemaattisesti seuraamaan. Näiden muuttujien osalta kartoitetaan perustaso, jolloin selvitetään myös mahdollisuus käyttää vesienhoidon luokittelun tietoja kunnostustarpeen määrittämisessä tai vertailukohteina. Aiemmat tutkimus- tai seurantatulokset samalta paikalta tai lähellä sijaitsevalta samankaltaiselta alueelta, voivat toimia perustason määrittelyn työkaluna. Perustason tiedonkeruun vaiheen tulisi kestää vähintään vuosi (hoitokalastuksen nuottaus voi alkaa 1. seurantavuoden syksynä).

Kunnostustoimenpiteissä tarkasteltavat muuttujat liittyvät tehtyyn toimenpiteeseen, ei niinkään suoraan lopulliseen tavoitteeseen. Esimerkiksi vaelluskalojen palauttamiseen tähtäävien kunnostustoimien seuranta kannattaa ensin keskittää soveltuvan elinympäristön määrän lisääntymiseen tai vaellusyhteyden avaamiseen, ja vasta myöhemmin taimenen poikastiheyksiin. Näin toimenpiteen onnistumista voidaan paremmin arvioida ja määritellä samalla lisätoimenpiteiden tarve.

Virtavesikohteiden kunnostusten toimenpidelistä kattaa laajan joukon toimia, joilla tähdätään ekologisen tilan parantamiseen. Virtavesikunnostuksissa tarkasteltavia muuttujia tai kokonaisuuksia ovat esimerkiksi virtaaman vaihtelu, kutusoraikkojen määrä tai uomassa olevan puumateriaalin määrä. Virtavesien ja pienten virtavesien kunnostushankkeissa tarkasteltavia toimenpidekohtaisia muuttujia käsitellään yksityiskohtaisesti kappaleissa 3.1 ja 3.2.

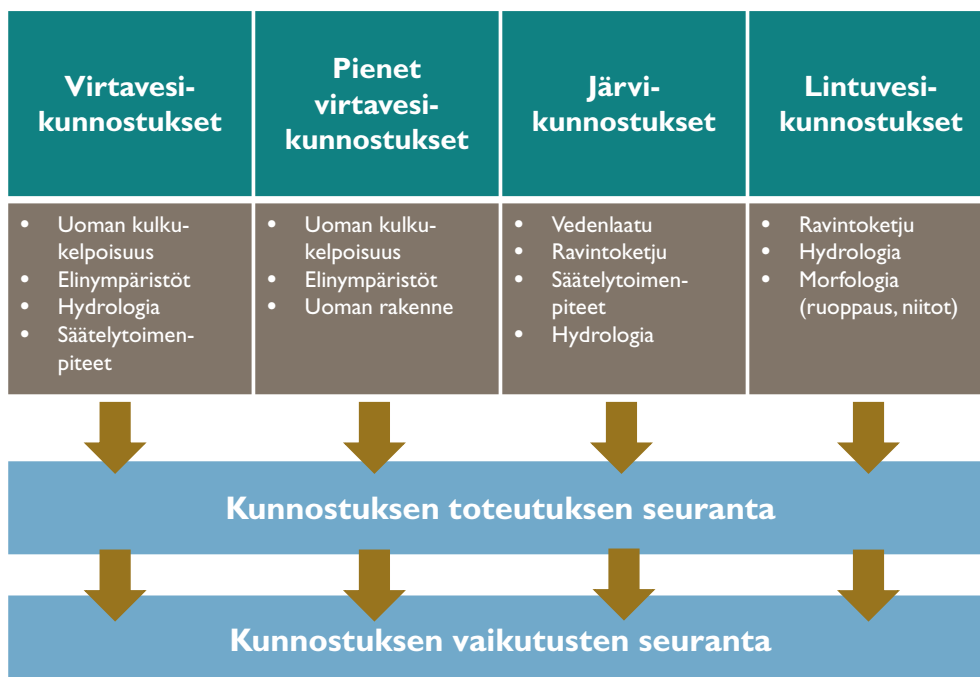
Järvikunnostuksien tärkeimmät arviointiperusteet ja seurantakohteet ovat ulkoista ja sisäistä ravinnekuormitusta, veden laatua, kasviplanktonia ja sinileväkukintoja sekä kalastoa koskevat tiedot. Vesinäytteiden vähimmäismääränä vuodessa voi pitää MaaMet-hankkeen seurannan ohjeistusta 1+3, eli yksi näyte talvikerrosteisuuden aikana ja vähintään kolme näytettä kesä-lokakuussa avovesikaudella (Aroviita ym. 2020). Muita seurattavia muuttujia ovat kohteesta ja tavoitteesta riippuen mm. vesikasvit, sedimentti, pohjaeläimet, vedenpinnan korkeus ja vesilinnut. Järvikunnostushankkeissa tarkasteltavia muuttujia käsitellään toimenpidekohtaisesti kappaleessa 3.3.

Lintuvesikunnostusten perusteena on rehevien järvien vesilintukantojen taantuminen (Lehikoinen ym. 2013), mitä on tapahtunut myös arvokkaimmissa ja tiukimmin suojelluissa Natura- ja Ramsar-kohteissa (Sammalkorpi ym. 2017). Toimenpiteiden tavoitteena on kunnostaa elinympäristöjä umpeenkasvuhaittojen vähentämiseksi tai vähentää biologisten paineiden kuten särkikalojen aiheuttaman ravintokilpailun tai pienpetojen aiheuttaman kuolleisuuden vaikutusta. Lintuvesiä kunnostetaan pääosin samoin menetelmin kuin järviä, mutta toimenpiteiden suunnittelussa ja vaikutusten seurannassa kiinnitetään erityistä huomiota pesivien ja muuttomatalla levähtävien lintujen määrään. Kunnostustoimenpiteet seurattavine muuttujineen ja teemoineen esitellään kappaleessa 3.4.

2.1.2.

Toteutuksen seuranta – suunnan varmistaminen

Kunnostuksen aikana seurataan, että toimenpiteet toteutetaan suunnitellusti, kirjataan käytetyt menetelmät, tiedot kunnostustyön määrällisten tavoitteiden toteu-



Vesistöjen kunnostushankkeet voidaan jaotella erityyppisiin toimenpiteisiin, joiden seuranta alkaa itse toimenpiteen toteutuksen seurannasta ja jatkuu vaikutusten arviointiin, jossa kaikki seuranta-tieto yhdistyy.

tumisesta ja mahdolliset erot suunnitelmaan, sekä arvioidaan työn välittömät vaikutukset ympäristöön. Toteutuksen seurantaan kuuluu usein myös työaikaisten vesistövaikutusten seuranta, jolloin lupaehtojen mukaisesti seurataan esimerkiksi vedenkorkeuden pysyvyyksiä, veden laatua tai tiettyjä eliölajeja.

Virtavesikohteissa kunnostustavoitteet ovat hyvin erilaisia: esimerkiksi uoman läpikulukelpoisuuden, hydrologisten olosuhteiden tai eliöiden elinympäristön parantaminen. Näiden osalta kunnostuksen toteutusta voi seurata esimerkiksi rakenteiden määrällä, vettyneen pinta-alan mittauksella tai tehtyjen kutosoraikkojen pinta-alojen mittauksilla.

Järvikohteissa kunnostuksen toteutuksen aikana seurattavia muuttujia voivat olla biologisen materiaalin poistoon liittyen esimerkiksi hoitokalastuksen pyyntiponnistus, saalin määrä ja lajijakautuma, niitetty ala sekä poistetun vesikasvillisuuden määrä ja lajikoostumus. Kalastosta voidaan seurata myös toteutuneita petokalaistutuksia ja kalastuksen ohjaustoimenpiteitä. Hapettimien määrä, sijainti, teho ja käyttöaika, vedenpinnan korkeus, kemikaalilla käsitelty pinta-ala, käytetyn kemikaalin määrä sekä mahdolliset vaikutukset kalastoon ovat esimerkkejä fysikaalis-kemiallisista muuttujista, joiden vaihtelua seurataan hapetus- tai kemikaalikäsittelyn toteutuksen aikana.

2.1.3.

Vaikutusten seuranta – tavoitteiden saavuttaminen

Vaikutusten seurannan avulla on tarkoitus arvioida kunnostustavoitteiden toteutumista toimenpiteiden jälkeen ja seuranta tulee jatkaa suunnitellusti. Tavoitteena on pystyä tilastollisin menetelmin vertailemaan tilannetta ennen toimenpiteitä toimenpiteiden jälkeiseen tilanteeseen. Karttunutta tietoa käytetään mahdollisten jatkotoimenpiteiden suunnittelun pohjana, mikäli kunnostustavoitteita ei ole aiemmillä toimilla saavutettu tai tulokset ovat olleet lyhytaikaisia. Tieto toimenpiteiden vaikutuksista on keskeinen osa kokemuksperäisen tiedon karttumista, joka auttaa



Ihmistoiminnan vaikutukset näkyvät vesiympäristössä monella tapaa valuma-alueen muutoksista vesireittien muokkaukseen.

myös seuraavien hankkeiden suunnittelua ja toteutusta. Virtavesikohteissa vaikutusten seuranta voi alkaa ajallisesti vasta jonkin ajan päästä kunnostustoimenpiteestä, mutta sen suunnittelu ja lähtötilaa edustavan aineiston kerääminen on tehtävä osana koko kunnostushankkeen suunnittelua ennen toimenpiteitä. Järvikunnostuskohteissa ekologiseen tilaan liittyvä seuranta on jatkuvaa tai toistetaan esimerkiksi kolmen vuoden välein (Aroviita ym. 2020).

2.2.

Seurannan kesto, laajuus ja rakenne

Seurannan kesto, kohdealueet ja seurattavat muuttujat riippuvat hankkeen kohteesta ja tavoitteista. Seuranta alkaa lähtötilanteen arvioinnista ja toimenpiteen valinnasta, jatkuu toimenpiteiden toteutuksen seurantaan, ja lopuksi kunnostuksen pitkäaikaisen vaikutusten arviointiin. Kunnostus voi olla pitkäkestoinen prosessi, jossa yhdellä toimenpiteellä ei välttämättä päästä lopulliseen päämäärään. Samoin osaa kunnostustoimenpiteistä tulisi pitää väliaikaisina etappeina kohti luontaisesti toimivaa ja palautuvaa ekosysteemiä, jolloin niiden seurannan tulisi keskittyä välitavoitteiden arviointiin.

Seurannan toteutus pitää ajoittaa oikein: mitattavien muuttujien osalta on tiedettävä milloin, mistä ja kuinka pitkään seuranta tulee jatkaa. Seurannan kesto ja tuloksellisuuden arviointi määritellään tavoitteiden perusteella. Jos kunnostustavoite sisältää lajistoa, lajiyhteisöjä tai ekosysteemin toiminnan parantamista, seurantajakson tulisi olla pidempi. Toiminnallisten muuttujien seuranta kannattaa virtavesikohteissa aloittaa, kun systeemi on hiukan palautunut toimenpiteistä. Seurantaohjelmassa tulee huomioida jokaisen muuttujan osalta tarpeellinen havaintojen määrä ja mittauksien oikea ajankohta (vuorokaudenaika, kuukausi). Esimerkiksi järven vedenlaatua ei voi arvioida yhdestä näytteestä, eikä syyskuun alun jälkeen

tehdyn koeverkkokalastuksen tuloksista voi päätellä hoitokalastuksen tarvetta tai vaikutusta. Jos kunnostuksen tavoite on fyysinen (rakenteet, penkkojen stabilisointi, ruoppaus), seuranta tulisi aloittaa heti ja sen tulee jatkua useamman vuoden ajan, jotta vaikutus voidaan varmistaa.

Virtavesissä uoman geomorfologiset eli rakenteelliset muutokset näkyvät nopeasti, mutta ekologisten muutosten havaitseminen voi viedä vuosia ja luonnollisen vuosien välisen vaihtelun vuoksi niiden erottaminen muista tekijöistä on lyhyellä aikavälillä vaikeaa (Brooks ym. 2002, Hillman & Brierley 2005). Luontaisesti hyvin vaihteleva virtavesiekosysteemi vaatii laajan ja ajallisesti pitkäkestoisen seurantaohjelman ja kontrollikohteita, koska vuosien välinen vaihtelu esimerkiksi sadannassa on suurta. Koko valuma-alueen muutoksilla on suuri merkitys järvien ja virtavesien ekologiaan (Eloranta 2005, Matthews ym. 2010, Miller ym. 2010, Louhi ym. 2011), joten valuma-alueen tilan ja muutosten tunteminen on kokonaisuuden kannalta tärkeää. Lyhyen aikavälin seurannalla ei virtavesissä todennäköisesti pystytä tuottamaan luotettavaa tietoa toimenpiteen ekologisesta vaikutuksesta.

Järvissä toimenpiteiden vaikutus voi näkyä nopeammin, mutta etenkin liian suuren ulkoisen ravinnekuormituksen takia ekologisen tilan paraneminen voi jäädä ohimeneväksi tai vaatia jatkuvia hoitotoimenpiteitä (Olin & Ruuhijärvi 2002, Sammalkorpi & Horppila 2005, Olin ym. 2006, Hanson ym. 2017). Petokalavaltaisuuden säilyttäminen tai voimistaminen särkikalavaltaiseksi muuttuneessa järvessä voi lisäksi olla vaikeaa esimerkiksi petokaloihin kohdistuvan kalastuksen takia (Ruuhijärvi ym. 2010, Olin ym. 2006). Myös järvikunnostuksien vaikuttavuuden arvioinnissa on keskeistä seurannan riittävä kesto-aika. Vuosien välinen ulkoisen tai sisäisen kuormituksen ja veden laadun vaihtelu voi rehevissä järvissä olla niin suurta, että hajanaisella ja niukalla seurannalla on vaikea arvioida lähtötilaa ja todentaa toimenpiteiden vaikutuksia. Erityisen suuri merkitys on myös vuodenaikojen välisellä vaihtelulla ja sillä, mihin aikaan kasvukaudesta näytteet järvissä kerätään. Sisäisen kuormituksen merkitystä voi arvioida vain, jos näytteitä on sekä talvelta että kasvukaudelta (Saarijärvi & Sammalkorpi 2005). Kalaston seurannassa alueellinen kattavuus on tärkeä tekijä (Olin ym. 2013, Olin ym. 2014).

Ideaalitilanteessa kunnostusta seurataan toimenpide- ja vertailupaikkojen avulla, näin esimerkiksi sääolojen ajallinen vaihtelu ja paikalliset trendit saadaan eriteltä. Joissain virtavesihankkeissa voi kaksi vertailu-alueita olla paikallaan: toinen vakaasta, muuttumattomasta ympäristöstä ja toinen muutetusta, huonommasta ympäristöstä. Näin laaja seuranta pystytään yleensä toteuttamaan kuitenkin vain tutkimushankkeissa.

2.3.

Kustannukset ja tiedon kerääminen

Vesistö-kunnostuksen suunnitelman tilaajan tai hankevastaavan tulisi suunnitella tai suunnitelluttaa myös paikkakohtainen seurantaohjelma, samaan aikaan kunnostustoimenpiteiden suunnittelun kanssa. Seuranta nyky muodossa toteutetaan lähinnä ELY-keskusten tilaamana ja konsulttiyritysten tekemänä ja siihen on varattava tarvittavat resurssit.

Paikallisten vapaaehtoisten tai ns. kolmannen sektorin tekemä seuranta voi hyvin ohjattuna tuottaa luotettavaa tietoa ja pienentää kustannuksia, koska talkootyö laskeaan hankkeiden omarahoitusosuuteen. Lisäksi se kasvattaa hankkeen sosiaalista hyväksyttävyyttä ja lisää yleistä kiinnostusta elinympäristön parantamiseen (Thorpe ym. 2014). Vapaaehtoisten seuraamia muuttujia ovat olleet mm. näkösyvyys, veden lämpötila ja vedenpinnan korkeus. Näkösyvyyden avulla on mahdollista välillisesti arvioida myös esimerkiksi klorofyllin vaihtelua tiheimmin kuin perinteisellä

Taulukko 1. Seurantaan ja taustatietoihin soveltuvien toimenpiteiden tai näytteiden arvioituja kustannuksia.

Mitattava muuttuja/näyte	Arvioitu hinta (€)
Vesinäytteen suppea analyysipaketti, minimi n=4 (I–II I, V–IX 3)	60–80 (+ näytteenotto#)
Koeverkkokalastus Nordic*	alkaen n. 5000
Koeverkkokalastus Nordic (pieni järvi)	alkaen n. 2000
Automaattinen hydrologinen seurantakohte**	alkaen n. 3000
Hoitokalastussaaliin seuranta (10 näytettä)	1000
Eläinplanktonnäytteen analysointi***	170–250
Kasviplanktonnäytteen analysointi***	200–275
Pesivien vesilintujen määrä ja koostumus	alkaen n. 500
Muuttavien vesilintujen määrä ja koostumus	alkaen n. 5000
Sähkökoekalastus (joki, 3 näytealaa)	alkaen n. 1000
Pohjaeläinnäyte virtavesissä	150
Kutupesälaskenta (kohde/päivä)	alkaen n. 500
Kasvillisuuslinja	500
Järven kasvillisuusseuranta	2500
Näytteenottopäivä konsulttityönä #	alkaen n. 200–400

*) Vapaaehtoisten apu kalojen päästelyssä laskee jonkin verran kustannuksia

***) Asennus- ja tarkistuskustannukset erikseen

****) Planktonnäytteet on mahdollista ottaa vesinäytteenoton yhteydessä

vesinäyteanalyysiseurannalla. Hyvänä esimerkkinä ovat Pro Puruvesi ry:n tekemät kattavat aikasarjat näkösyvyydestä (<http://www.propuruvesi.fi/aikasarjat.php>).

Seurannan laajuus on sidoksissa kohteen ja toimenpiteiden suuruusluokkaan. Jos 1) toimenpide vaikuttaa laajalla alueella, 2) jos kunnostukseen on tarkoitus kokeilla uutta tekniikkaa, tai 3) jos kunnostuksella on tarkoitus vaikuttaa ekosysteemin toimintaan tai esimerkiksi uhanalaisiin lajeihin tai niiden elinolosuhteisiin, on hankkeen rahoituksessa varmistettava, että toteutettava seuranta riittää vaikutusten arviointiin.

On arvioitu, että seurantaohjelmaan kannattaa budjetoida vähintään 10–15% kunnostuskustannuksista, riippuen seurattavista muuttujista, seurantakertojen ja havaintopaikkojen määrästä ja seurannan kestosta (Bernhardt ym. 2005). Seurannan hintaa voidaan arvioida karkeasti esimerkkien avulla (Taulukko 1). Useissa seurantatavoissa työvoima- ja matkakustannusten osuus on suuri.

Seurantamenetelmät kehittyvät jatkuvasti ja uudet teknologiset innovaatiot voivat jatkossa merkittävästi tarkentaa tietoja esimerkiksi vedenlaadun lyhytaikaisesta tai järven eri alueiden välisestä vaihtelusta. Myös virtaamaa voidaan mitata jatkuvatoimisesti pienemmissäkin kohteissa. Automaattiset näytteenottimet ja seurantalaitteet ovat merkittävästi kehittyneet ja niiden hyödynnettävyyttä kannattaa pohtia kohteen tavoitteiden mukaisesti. Vedenlaadun jatkuvatoimiset mittalaitteet ovat aiempaa halvempia ja niiden avulla voi ajallista vaihtelua arvioida tarkemmin kuin perinteisellä näytteenotolla (Lepistö ym. 2018, Kämäri 2018). Satelliittikuviin ja muuhun kaukokartoitukseen (esim. ilmakuviin) perustuvat ilmakuvatulkinnat erityisesti järvien tilan arvioinnissa (klorofylli, leväkukinnat, kasvillisuuden kehitys) mahdollistavat myös laajojen tilannekatsauksien tekemisen vähällä näytteenotolla. Erilaiset kauko-ohjattavat dronit tai lautat tulevat myös yleistymään seurannan ja näytteenoton apuvälineinä.

Seurantatiedon kerääminen, tallentaminen ja hallinnointi tulee yhdistää olemassa olevaan ympäristöhallinnon tietojärjestelmään (VESLA, HERTTA, vaikutusten seuranta ja julkista rahoitusta saavat hankkeet) ja verkkopalveluun (Järviwiki, omaehto-

set hankkeet). Vapaaehtoisten tekemän seurannan tietojen tallennus ja hallinnointi pitäisi tehdä helpoksi osana kunnostustarpeen vaikutusten arviointia ja samalla mahdolliseksi ilman raskaita prosesseja. Näitä osa-alueita on kehitetty Monitor2020-ohjelmassa ja esimerkiksi SYKEN Hali-hankkeessa (Liikkuvan havaitsijan tiedonkeruu, varastointi ja jakelupalvelu, <https://www.syke.fi/hankkeet/hali>). Kunnostajan karttapalveluun on mahdollista tallentaa oman kunnostuskohteen tiedot, ja jatkossa karttapalveluun pyritään lisäämään myös seurantatietojen tallennusmahdollisuus (<https://www.proagriaoulu.fi/fi/vesistokunnostajan-karttapalvelu/>).



3 Vesistökunnostusten seurantaohjeisto

Kunnostushankkeiden seurantaohjeisto on tässä raportissa jaoteltu neljään luokkaan: 1) virtavesien kunnostuksiin, 2) pieniin virtavesien kunnostuksiin, 3) järvikunnostuksiin sekä 4) lintuvesikunnostuksiin. Jaottelu perustuu kunnostettavan kohteen tyyppiin, kunnostusmenetelmiin ja hankkeiden kokoon, joka on useimmiten sidoksissa myös kunnostuskustannuksiin.

Riippumatta siitä minkä tyyppinen ja minkä kokoluokan kunnostushanke on tarpeen, on aina hyvä perehtyä kunnostettavan kohteen paikallisolosuhteisiin, sillä kunnostustoimenpiteissä ja niiden seurannassa täytyy huomioida kohteen erityispiirteet. Samoin on hyvä huomioida, mitä kunnostettavan kohteen ympärillä tapahtuu. Onko pienen virtavesikohteen alapuolella kunnostusta vaativa isompi kohde? Mikä on kunnostettavan virtavesikohteen yläpuolisen valuma-alueen maankäyttö? Mitkä ovat järvi-kohteen läheisyyteen laskevan puron tai ojan olosuhteet? Erityyppiset virtavedet, järvet ja lammet ovat aina jollain tapaa yhteydessä muihin vesistöihin, joten alueen muista vesistöistä ja niiden tilasta on hyvä olla yleiskuva. Tämä on olennaista sekä ainevirtaamien että eliöiden levittäytymisen kannalta. Jos tavoitteena on kohentaa eliöiden olosuhteita ja esiintymistä kunnostamalla biologisilta arvoiltaan heikkotasoinen kohde, tulisi ensin miettiä, onko tavoitelluilla eliöillä pääsyä kunnostettavaan kohteeseen. Hankkeen koosta riippumatta kannattaa huomioida kaikki ohjeet, sillä osa kunnostustoimenpiteistä osuu pienten ja suurten hankkeiden välille.

Erityyppisten kunnostushankkeiden seurannoissa täytyy usein seurata esimerkiksi kala- tai pohjaeläinyhteisöjen rakennetta. Esimerkiksi pohjaeläinnäytteenotolla tai koeverkkokalastuksella saadaan selville tärkeimmät paikalla esiintyvät lajit ja niiden runsaussuhteet. Vesikasvillisuuden osalta tällainen tieto korvataan yleisyyksien ja peittävyysarvioilla. Lintujen osalta havainnoidaan paikalla pesivä tai muuttomatkalla pysähtyvä lajisto kunkin lajin yksilöiden lukumäärien perusteella.

3.1.

Virtavesien kunnostushankkeet

Virtavesien kunnostustarpeisiin sisältyy useimmiten lohen ja taimenen lisääntymis- ja poikashabitaattien kohentamiseen sekä uoman läpikulkukelpoisuuden parantamiseen, vaellusesteiden poiston sekä ohitusuomien ja kalateiden rakentamisen avulla. Virtavesissä tehdään paljon myös hydrologiaa muuttavia kunnostustoimenpiteitä, joilla voidaan lisätä virtavesiekosysteemin luontaisen kaltaista toimintaa ja parantaa samalla esimerkiksi lohikalojen elinympäristöjä. Taulukkoon 2 on koottu virtavesien kunnostushankkeiden toteutuksen ja vaikutusten seurannassa tarkasteltavat muuttujat, joita käsitellään tässä kappaleessa. Pienvesissä kunnostustoimet kohdistuvat uoman rakenteeseen, mutta rakenteen muutoksella on merkitystä myös suuremmissa joissa. Uoman rakennetta muokkaavia kunnostustoimenpiteitä

Taulukko 2. Virtavesien kunnostushankkeiden toimenpiteet ja niiden toteutuksen ja vaikutusten seuranta.

Toimenpide	Toteutuksen seuranta	Vaikutusten seuranta
Uoman kulkukelpoisuuden parantaminen		
Padon purkamisen tai muutostyöt	Arviointi teknisestä toimivuudesta (nousukelpoisuus), suunnitelman noudattaminen.	Lajikohtainen tarkastelu (lohikalat (aikuiset, jokipoikaset, poikaset sekä esim. ankerias) laskureilla, havainnointi. Avainlajien luontainen lisääntyminen. Elinympäristön määrän muutos.
Ohitusuoma	Ylä- ja alaosan suuaukon sijainnin tarkastelu (suhteessa suunnitelmaan ja kalojen hakeutuminen ohitusuomaan), soveltuminen alasvaellukseen huomioitava. Toimivuus eri virtaamilla (kynnysten korkeus ja uoman jyrkkyys).	Kalojen (lajit ja lukumäärä) seuranta ohitusuomassa esim. merkintäkokeilla. Muun lajiston esiintyminen ohitusuomassa. Suuaukon (alaosan) löydettävyy%, nousuviive sekä yläosan löydettävyy% alasvaelluksessa eri lajien kannalta. Kalojen lisääntyminen ohitusuomassa. Ympäristövirtaama avainlajiin kannalta.
Tekninen kalatie	Ylä- ja alapään sijainnin tarkastelu (suhteessa suunnitelmaan ja kalojen hakeutuminen kalatiehen). Soveltuminen alasvaellukseen. Toimivuus eri virtaamilla (kynnysten korkeus ja kalatien jyrkkyys).	Kalojen (lajit ja lukumäärä) seuranta. Suuaukon (alaosan) löydettävyy%, nousuviive sekä yläosan löydettävyy% alasvaelluksessa eri lajien kannalta.
Alasvaellusta helpottavat rakenteet	Onko alasvaellus mahdollista, tekninen tarkastelu.	Lajikohtainen tarkastelu (ankerias, lohikalat (aikuiset, smoltit, poikaset) laskureilla, havainnointi, merkintäkoheet.
Elinympäristöjen kunnostaminen		
Kutu- ja poikastuotantoalueiden kunnostaminen	Kohdelajille sopivan kutusoraikon pinta-ala, myös pysyvyyden tarkastelu. Poikastuotantoalueen pinta-ala (suojapaikat soraikon läheisyydessä).	Kutupesien lukumäärä, kohdelajin eri ikäluokkien (0+/1+/yli 2+) poikasmäärä, kalayhteisön rakenne.
Koski- ja virta-alueiden kunnostukset	Vettynyt koskipinta-ala, virtaama, linjoilta; syvyys, virrannopeus ja pohjanlaatu.	Kohdelajin eri ikäluokkien poikasmäärä (0+/1+/yli 2+), kalayhteisön rakenne, pohjaeläinyhteisön rakenne ja biomassa.
Kuivien tai vähävetisten uomien kunnostaminen	Vettynyt pinta-ala soveltuva elinympäristöä avainlajeille minimivirtaamalla (mahdollisesti myös keski- ja ylivirtaamalla). Kunnostetun uoman pituus.	Kalayhteisön rakenne, pohjaeläinyhteisön rakenne ja biomassa.
Puumateriaalin lisäys	Puumäärä (m ³ /100m ²), materiaalin pysyvyys.	Pohjaeläinyhteisön rakenne ja biomassa, kalayhteisön rakenne.
Hydrologiset toimenpiteet		
Ympäristövirtaama (virtaaman vaihtelu)	Virtaamamuutokset eliöstön kannalta kriittisinä ajanjaksoina (m ³ /s). Kriittiset ajanjaksot osittain jokikohtaisia, riippuen myös valitusta kohdelajista.	Avainlajin esiintyvyys (koekalastus/pohjaeläinnäytteenotto) ja elinympäristöjen määrä (lisääntymisen onnistuminen, soveltuva elinympäristö).
Ylivirtaamien pienentäminen	Ylivirtaaman muutos suhteessa keski- virtaamaan. Vettynyt pinta-ala ja sen muutokset.	Kohdekohtaisesti esim. eroosion ja sedimentaation luontainen toimivuus.
Lyhytaikais-säännöstelyn rajoittaminen	Lyhytaikaissäännöstelyn vähentyminen (virtaamavaihteluiden muutos tunti- tai vuorokausitasolla). Vettynyt pinta-ala ja sen muutokset.	Avainlajin esiintyvyys (koekalastus/pohjaeläinnäytteenotto) ja elinympäristöjen määrä (lisääntymisen onnistuminen, soveltuva elinympäristö).
Minimivirtaaman lisääminen	Minivirtaaman lisäys (m ³ /s), % muutos luontaiseen.	Avainlajin esiintyvyys (koekalastus/pohjaeläinnäytteenotto) ja elinympäristöjen määrä (lisääntymisen onnistuminen, soveltuva elinympäristö).
Säätelytoimenpiteet		
Kalastuksen säätely	Alamitat, kalastusrajoitukset (aika ja paikka).	Kalaston tila koekalastuksilla tai saalis- kirjanpidon avulla. Kohdelajin esiintyvyys, populaatiokoko ja ikäjakauma.



Puun lisäämisen vaikutuksia taimenkantaan voi seurata sähkökoekalastamalla. Seurannan perusteella Rautalammin Tyyrinvirtaan osakaskunnan toimesta lisätty puumateriaali houkutteli taimenet suojiinsa.

ja kunnostusten seurantoja käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.2. Pienet virtavesien kunnostushankkeet.

3.1.1.

Uoman kulkukelpoisuuden parantaminen

Virtavesien kulkukelpoisuutta voidaan parantaa esteenä olevan **padon purkamisella** tai tekemällä siihen sellaisia muutostöitä, että uintikyvyltään heikotkin eliöt pääsevät nousemaan sen yläpuolelle. Tämän tyyppisissä kunnostushankkeissa tarkasteltavat muuttujat ovat tapauskohtaisia ja riippuvat hankkeen tavoitteista. Padon purkamisen tai muutostöiden tavoitteina voivat olla esimerkiksi uoman kulkukelpoisuuden parantaminen tai luontaisen virtavesihabitaaatin lisäys. Kunnostushankkeen toteutuksen seurannassa arvioidaan toimenpiteen teknistä toimivuutta, eli käytännössä nousukelpoisuutta. Vaikutusten seuranta varten voidaan tehdä lajikohtaisia tarkasteluja joko laskureilla tai havainnoinnilla sekä tarkastella avainlajien luontaista lisääntymistä. Tarkastelun kohteena voi olla esimerkiksi jokin lohikala tai ankerias, joko aikuisten, smolttien ja/tai poikasten osalta. Merkittävänä lajina toimenpiteiden kannalta voi olla myös muut eliöt, kuin kalat. Jokihelmisimpukan eli raakun elinolosuhteiden ja liikkumismahdollisuuksien kannalta uoman kulkukelpoisuuden määrittely vaatii Usein merkittävien seurantamuuttujien vaikutusten arvioinnissa on taimenen esiintyminen sekä sen luontainen lisääntyminen esteen yläpuolella.

Jos estettä ei voida poistaa tai muokata, on toimenpiteenä ohitusuoman tai teknisen kalatien rakentaminen. **Ohitusuoma** on yleensä paras ratkaisu etenkin, jos putouk korkeus on suhteellisen pieni tai jos alueelle on mahdollista rakentaa luonnonmukainen ohitusuoma ilman liian suurta kaltevuutta. Ohitusuomat toimivat teknistä kalatietä paremmin useammalle kalalajille, tarjoten parhaassa tapauksessa myös esimerkiksi vesilinnuille, saukolle ja virtavesihyönteisille soveltuvaa elinympäristöä (Jormola ym. 2016, Koljonen ym. 2016, Landsman ym. 2018, Tamario ym.

2018). Jos kunnostushankkeessa rakennetaan ohitusuoma, toteutuksen seurannassa tarkastellaan mm. ohitusuoman ylä- ja alapään sijaintia suhteessa suunnitelmaan ja sitä kuinka hyvin kalat hakeutuvat ohitusuomaan. Toimivuutta pitää seurata eri virtaamatilanteilla. Myös soveltuminen alasvaellukseen on hyvä huomioida tässä vaiheessa. Alasvaelluksella on suuri merkitys erityisesti vaelluskaloille, kuten taimenelle, jonka jokipoikaset (smoltit) vaeltavat tyypillisesti keväällä alapuolisille syönösalueille. Ohitusuomahankkeiden vaikutusten seurannassa tarkastellaan kalojen lukumääriä ja lajeja ohitusuomassa ja havainnoidaan tarpeen mukaan myös muuta lajistoa. Tämän lisäksi seurataan ohitusuoman alaosan eli suuaukon löydettävyyttä, nousuviivettä ja yläosan löydettävyyttä alasvaelluksessa eri lajien osalta. Myös kalojen lisääntyminen ohitusuomassa on kunnostushankkeen vaikutusten seurannassa olennainen tieto. Avainlajien kannalta seurataan myös ympäristövirtaamaa.

Tekninen kalatie soveltuu usein hyvin taimenelle ja lohelle, mutta se toimii parhaiten hyvinä uimareina pidetyille suuremmille kaloille (Katopodis ym. 2001, Landsman ym. 2018, Noonan ym. 2012). Teknisen kalatien toteutuksessa tarkastellaan mm. kalatien ylä- ja alapään sijaintia suhteessa suunnitelmaan ja kalojen hakeutumista kalatiehen. Samoin kuin ohitusuoman osalta, myös teknisen kalatien toteutusvaiheessa huomioidaan toimivuus eri virtaamatilanteilla sekä soveltuminen alasvaellukseen. Teknisen kalatien vaikutusten seurannassa kiinnitetään huomiota kalatien alaosan eli suuaukon löydettävyyteen, nousuviiveeseen ja yläosan löydettävyyteen alasvaelluksessa eri lajien osalta. Avainlajien kannalta seurataan ympäristövirtaamaa.

Ohitusuoma tai tekninen kalatie eivät yleensä kuitenkaan palvele alasvaelluksen tarpeita. **Alasvaellusta helpottavat rakenteet** ovat myös uoman kulkukelpoisuutta parantavia toimenpiteitä ja niiden merkitys on korostunut viime vuosina etenkin kalatiestrategian toteutuksen yhteydessä. Alasvaelluksen pullonkaulat ovat yleensä jokikohtaisia, joten kunnostushankkeissa seurattava muuttuja valitaan kohteen perusteella. Alasvaellusta voidaan seurata esimerkiksi merkintäkokeella. Vaikutusten seurannassa voidaan tehdä lajikohtaisia tarkasteluja aikuisten tai smolttien osalta joko laskurien avulla tai havainnoimalla. Jos vaelluskalojen poikastuotanto saadaan käyntiin patojen yläpuolella, alasvaellusta helpottavien ratkaisujen merkitys kasvaa voimakkaasti.

3.1.2.

Elinympäristöjen kunnostaminen

Perinteiseen elinympäristöjen kunnostamiseen virtavesissä lasketaan erityisesti koski- ja virtapaikkojen **kutu- ja poikasalueiden kunnostaminen**. Aiemmin uitto-perattujen jokien kunnostamisessa pyrittiin saamaan joen penkoille siirrettyjä tai räjäytettyjä kiviä takaisin veteen, jolloin ympäristö muuttui luontaisemman näköiseksi. Suurin osa kivistä kuitenkin jäi yhä siirtämättä koskiin. Koskialueiden sora-materiaalin määrää on myös usein pidetty liian vähäisenä ja kutualueeksi soveltuva aluetta on pyritty lisäämään. Kutusora lisätäänkin yleensä kunnostuksissa koskiin ja se voi olla ainoa kunnostuksissa tehtävä toimenpide, jos soran määrän on arvioitu olevan kalojen onnistunutta lisääntymistä rajoittava tekijä. On kuitenkin huomioitava, että pienpoikasille sopivan alueen löytyminen soraikon välittömästä läheisyydestä on monin paikoin vielä rajoittavampi tekijä. Lisäksi vaikuttaa siltä, että suurin osa sorasta on tähän mennessä sijoitettu väärään mikroympäristöön eli liian hitaaseen virtaukseen, eivätkä lohikalat käytä tällaisia kutusoraikkoja (Syrjänen, julkaisematon). Kutu- ja poikastuotantoalueiden kunnostuksissa toteutuksen aikana on hyvä seurata kohdelajille sopivan kutusoraikon pinta-alaa ja sen pysyvyyttä jatkuvan virtauksen olosuhteissa. Vaikutusten seurannassa tarkastellaan kutupesien lukumääriä, kohdelajin eri ikäluokkien (0, 1, 2 v) poikasmääriä sekä kalayhteisön rakennetta.



Oulun Hupisaarten purot kunnostettiin ja vesitettiin ympärivuotisesti. Seurantojen perusteella useat kalalajit löysivät puroista soveltuvaa elinympäristöä. Vaelluskaloista lohi, taimen, siika ja harjus esiintyvät jo kunnostetuilla kohteilla. Kaupunkialueella sijaitseva viihtyisä alue on tärkeä myös virkistyskäytön kannalta.

Koski- ja virta-alueiden yleiskunnostuksissa hankkeiden toteutuksen aikana seurataan vedenpeitossa olevaa koskipinta-alaa ja virtaamaa ja mitataan ja määritetään poikkilinjoilta useammasta kohdasta uoman syvyys, virrannopeus ja pohjanlaatu. Vaikutusten seurannassa tarkastellaan kohdelajin eri ikäluokkien (0, 1, 2 v) poikasmääriä sekä kala- ja pohjaeläinyhteisöjen rakenteita ja biomassaa.

Kuivien ja vähävetisiksi jääneiden uomien kunnostaminen johtaa yleensä erittäin hyvään poikashabitaattiin melko pienilläkin toimenpiteillä. Kuivia tai vähävetisiä uomia on virtavesissä paljon joko vesivoiman tai uoman muun uudelleenjärjestelyn (uittoperkaus, tulvasuojelulliset tavoitteet) vuoksi. Tämäntyyppisten kunnostushankkeiden toteutuksessa seurataan veden peitossa olevan alueen pinta-alaa ainakin minimivirtaamalla, mutta mahdollisesti myös keski- ja ylivirtaamalla. Uoman pituus kannattaa mitata pinta-ala-arvioinnin yhteydessä. Vaikutusten osalta tarkastellaan kala- ja pohjaeläinyhteisöjen rakenteita sekä biomassaa.

Puumateriaali luo virtavesissä pohjan koko toimivalle ekosysteemille, tarjoamalla ravintoketjun perustuotantoon hyvän pohjan ja samalla suojapaikkoja kalastolle (Thompson ym. 2018). Puumateriaalia lisäävissä kunnostushankkeissa toteutuksen aikana mitataan käytettävän puumateriaalin määrä suhteessa kunnostettavan alueen pinta-alaan ($\text{m}^3/100\text{m}^2$) ja seurataan puumateriaalin pysyvyyttä uomassa. Yleensä puumateriaalin tilavuutta tarkastellaan isompien runkojen mittauksilla (yli 10 cm läpimitaltaan) ja pienemmistä voidaan laskea kappalemäärä ja pituudet, riippuen lisäystä puumateriaalista. Vaikutusten seurannassa tarkastellaan kala- ja pohjaeläinyhteisöjen rakenteita sekä pohjaeläinten biomassaa.

3.1.3.

Hydrologiset toimenpiteet

Riittävän **ympäristövirtaaman määrittely** on merkittävin hydrologinen toimenpide, jolla voidaan parantaa virtavesiekosysteemin tilaa, yleensä vesivoiman tarpeiden mukaan säännöstelyissä vesissä (Euroopan komissio 2014). Ympäristövirtaaman tarkoituksena on ylläpitää määrällisesti, laadullisesti ja ajallisesti riittävää virtaamaa, jotta joen ekosysteemin hyvä tila turvataan. Myös virtaaman vaihtelu luontaisen kaltaisesti on ekosysteemille tärkeä tekijä. Tarkastelun kohteena ympäristövirtaaman sääntelyhankkeissa ovat virtaamamuutokset (m^3/s) eliöstön kannalta kriittisinä ajanjaksoina. Kriittiset ajanjaksot ovat osittain joki- ja lajikohtaisia vaihdellen vuodenajan ja kohdelajin elinkierron mukaisesti, joten toteutuksessa ja sen seurannassa täytyy aina käyttää tapauskohtaista harkintaa. Vaikutusten seurannassa tarkastellaan avainlajin esiintyvyyttä esimerkiksi koekalastuksin tai pohjaeläinnäytteenotoin, sekä mitataan tai arvioidaan elinympäristöjen määrää ja luontaisen lisääntymisen mahdollisuuksia avainlajin kannalta.

Virtaamaan kuuluvia toimenpiteitä ovat myös ylivirtaamien pienentäminen, minimivirtaaman lisääminen ja lyhytaikaisäännöstelyn rajoittaminen. Näitä toimenpiteitä voidaan käsitellä osana ympäristövirtaaman määrittelyä ja käyttöönottoa. Usein juuri lyhytaikaisäännöstely ja erittäin alhaiset minimivirtaamat, jopa nolla-virtaamat, aiheuttavat säännöstelyssä suurimmat haitat eliöstölle.

Ylivirtaamia pienennettäessä seurataan ylivirtaaman muutosta suhteessa keskivirtaamaan. Vaikutusten osalta tarkastelun kohteena ovat esimerkiksi eroosion ja sedimentaation luontaiset toimivuudet, mutta tarkasteltavat muuttujat valitaan kohdekohtaisesti.

Lyhytaikaisäännöstelyn rajoittamisessa seurataan lyhytaikaisäännöstelyn vähentymistä virtaamavaihteluiden muutosten (lyhytaikaisäännöstelyä voidaan mitata pinnankorkeuden muutoksen avulla; cm/h tai cm/vrk) kautta. Vaikutusten seurannassa tarkastellaan elinympäristöjen määrää avainlajien kannalta ja lyhytaikaisäännöstelyn vaikutuksia lisääntymisalueisiin. Vaikutusten seurannassa voidaan tehdä myös eroosio- tai virrannopeusmittauksia.

Minimivirtaamaa lisäävissä toimenpiteissä toteutuksen aikana seurataan minimivirtaaman lisäyksen (m^3/s) prosentuaalista muutosta aiempaan ja luontaiseen minimivirtaamaan. Vaikutusten seurannassa tarkasteltavat kokonaisuudet ovat samoja kuin lyhytaikaisäännöstelyn rajoittamisen osalta: elinympäristöjen määrä avainlajien kannalta, lyhytaikaisäännöstelyn vaikutukset lisääntymisalueisiin, ja eroosio- tai virrannopeuden mittaukset.

3.1.4.

Kalaston tilan parantaminen

Kalastuksen säätelyllä voidaan vaikuttaa ravintoketjun toimintaan. Kalastusta voidaan säädellä esimerkiksi antamalla joillekin lajeille ala- tai ylämitat, joita pienempi-



Tierumpujen muutostöiden osalta seurataan nousuesteen korkeutta suhteessa vedenpintaan eri virtaamatilanteissa.

en tai suurempien kalojen kalastus tai saaliiksi ottaminen on kiellettyä. Kalastusta voidaan rajoittaa myös ajan ja paikan mukaan. Kalastuksen säätelyä seurataan kohdelajin esiintyvyyden ja populaatiokoon havainnoilla tai mittauksilla. Kalastuksen säätelyn vaikutuksia voidaan tarkastella koekalastuksilla tai saaliskirjanpidon avulla. Kohdelajin populaation ikäjakauma antaa myös tärkeää tietoa kunnostustoimenpiteen vaikutuksista.

3.2.

Pienet virtavesien kunnostushankkeet

Pienissä virtavesien kunnostushankkeissa tavoitellaan uoman kulkukelpoisuuden tai elinympäristöjen parantamista. Niissä tehdään myös uoman rakenteeseen liittyviä kunnostustoimia, joilla pyritään muovaamaan uomaa luonnollisemmaksi. Pienet hankkeet ovat kustannusrakenteeltaan keveitä ja toteutus nojautuu pääasiassa vapaaehtoiseen talkootyöhön. Pientenkin kunnostushankkeiden avulla voidaan kuitenkin aikaansaada merkittäviä parannuksia pienemmissä virtavesisysteemeissä. Taulukkoon 3 on koottu pienten virtavesikunnostushankkeiden toteutuksen ja vaikutusten seurannassa tarkasteltavat asiakokonaisuudet, joita käsitellään tarkemmin tässä kappaleessa.

3.2.1.

Uoman kulkukelpoisuuden parantaminen

Pienissä hankkeissa uoman kulkukelpoisuutta voidaan parantaa tarpeettomia patoja purkamalla tai tierumpujen parannus- tai muutostöillä. Kunnostuksissa tulee aina huomioida kunnostettavan kohteen olosuhteet ja kunnostuksen tavoitteet. **Patojen purkamisen** yhteydessä, toteutuksen ja vaikutusten seurannassa yleensä keskitytään elinympäristöjen pinta-alan lisäämiseen (3.2.2). Toteutuksen aikainen seuranta tulee tehdä suunnitelman ja luvan mukaisesti.

Tierummun parannusta koskevissa toimenpiteissä täytyy huomioida kunkin tierummun osalta nousuesteen korkeus ja kaltevuus (Eloranta ja Eloranta 2016). Toteutuksen osalta seurataan nousuesteen korkeutta (cm) minimivirtaamalla, tierummun

Taulukko 3. Pienten virtavesikunnostusten toimenpiteet sekä toteutuksen ja vaikutusten seuranta.

Toimenpide	Toteutuksen seuranta	Vaikutusten seuranta
Uoman kulkukelpoisuuden parantaminen		
Padon purkaminen	Arviointi teknisestä toimivuudesta (nousukelpoisuus).	Soveltuvan elinympäristön lisäys kohdelajille. Lajiston seuranta. Uoman kulkukelpoisuuden muutos.
Tierummun parannus läpikulun turvaamiseksi	Minimivirtaamalla nousuesteen korkeus (cm), saavutettavuus alaosalla, alaveden nostaminen (cm). Toimivuus eri virtaamilla (kaltevuuden tarkastelu).	Kohdelajin poikasmäärän seuranta, koko kalayhteisön rakenne.
Elinympäristöjen kunnostaminen		
Kutualueiden ja poikastuotantoalueiden kunnostaminen	Kutusoraikkojen pinta-ala, pysyvyys (uusimistarve) ja luonnontilaisuus (sedimentin kertyminen). Poikasalueen (suojapaikkojen läheisyys) pinta-ala.	Kohdelajin poikasmäärän seuranta, koko kalayhteisön rakenne, kutupesien lukumäärä.
Koski- ja virta-alueiden kunnostukset	Lehtiuittomenetelmä tai yleiset ympäristömuuttajat (vettynyt pinta-ala ja virtaama, linjamittaukset; virrannopeus, syvyys ja pohjanlaatu).	Jos kyseessä kalastoa varten tehtävä kunnostus, kohdelajin poikasmäärän seuranta, koko kalayhteisön rakenne.
Kuivien tai vähävetisten uomien kunnostaminen	Vettynyt pinta-ala soveltuvaa elinympäristöä eri virtaamilla virtaama.	Jos kyseessä kalastoa varten tehtävä kunnostus, kohdelajin poikasmäärän seuranta, koko kalayhteisön rakenne.
Puumateriaalin lisäys	Puumäärän mittaus (m ³ /100m ²) ja materiaalin pysyvyys.	Keinolehtiuittomenetelmä, pohjelaänyhteisön rakenne ja biomass, kalayhteisön rakenne.
Uoman rakenteeseen liittyvät kunnostustoimet		
Uoman mutkittelun palauttaminen	Mutkittelun pysyvyyden seuranta, toteutuksen toimivuus.	Erosion ja sedimentaation seuranta. Uusien habitaattien muodostuminen (kalat ja pohjaeläimet).
Erosion vähentäminen	Suojauksen ja rantojen pysyvyyden seuranta, sortumien seuranta, uusimistarpeen määrittely.	Erosion pysähtyminen, kasvillisuuden seuranta. Uoman pohjan tason seuranta. Eroosiomateriaalin kulkeutuminen alaspäin.
Tulvasanteiden palauttaminen tai rakentaminen	Tulva-aikana lisääntynyt pinta-ala. Tulvien vähenemä yläpuolisella alueella. Kaltevuus tulvasanteelta uomaan.	Sedimentin kerrostuminen tulvasanteelle. Kasvillisuuden tila tulvasanteella.
Hiekoittumisen estäminen	Pysäyttävien rakenteiden määrä, pysyvyys.	Uoman pohjan tason (hiekan määrän) seuranta.
Erosio- ja rantasuojaukset (rantasuojausten pienimuotoinen purkaminen, suisteet, biologiset rannansuojausmenetelmät, vyörymärintojen suojaus ekologisista menetelmin)	Kunnostetun alueen pituus. Suojauksen ja rantojen pysyvyyden seuranta, sortumien seuranta, uusimistarpeen määrittely.	Erosion pysähtyminen, kasvillisuuden seuranta. Uoman pohjan tason seuranta. Eroosiomateriaalin kulkeutuminen alaspäin.
Suojavyöhykkeiden parantaminen	Suojavyöhykkeen leveys ja muutos aiempaan.	Varjostuksen seuranta (puustoisuuden peittävyys), kasvillisuuden tilan seuranta, kesäaikainen veden lämpötilan seuranta.

alaosan eli suun saavutettavuutta ja toimivuutta eri virtaamatilanteissa. Tierumpua koskevien toimenpiteiden jälkeen vaikutuksia seurataan niin kohdelajin poikasmäärän kuin koko kalayhteisön rakenteen kautta.

3.2.2.

Elinympäristöjen kunnostaminen

Myös pienissä virtavesissä elinympäristöjen kunnostaminen on tarpeen ihmisperäisten haittavaikutusten vähentämiseksi. Pienen mittakaavan **kutu- ja poikastuotantoalueiden kunnostushankkeissa** soran lisäys uoman pohjalle voi parhaimmillaan olla riittävä toimenpide kalojen onnistuneen lisääntymisen auttamiseksi. Tällaisissa hankkeissa toteutuksen aikana seurataan kohdelajille sopivan kutusoraikon pinta-alaa, sen pysyvyyttä ja siihen kertyvän sedimentin määrää. Kutusoraikon pysyvyyden seuranta on tärkeää kunnostuksen uusimistarpeen selvittämiseksi. Samalla tulee kuitenkin kiinnittää huomiota myös poikasalueeseen eli sopivien suojapaikkojen läheisyyteen. Joissain tapauksissa liiallinen soran lisääminen voi jopa heikentää poikasten selviytymistä (Syrjänen, julkaisematon). Vaikutusten seurannassa tarkastellaan kutupesien lukumääriä, kohdelajin eri ikäluokkien poikasmääriä sekä kalayhteisön rakennetta.

Pienissä **koski- ja virta-alueiden kunnostuksissa** hankkeiden toteutuksen seurannassa kannattaa käyttää keinolehtiuttomenetelmää (Koljonen ym. 2012), joka antaa tietyllä virtaamatasolla hyvän kuvan tehdystä muutoksesta ja uoman monipuolisuuden lisääntymisestä. Lehtiuttomenetelmä on halpa ja helposti toteutettava seurantatapa, jonka pystyy tekemään ilman mittalaitteita vapaaehtoisvoimin. Vaihtoehtoisesti voidaan mitata yleisiä ympäristömuuttujia kuten vettynyt pinta-ala, virtaama ja linjamittauksiin perustuen uoman syvyys, virrannopeus ja pohjanlaatu. Jos kyseessä on kalastoa varten tehtävä kunnostus, vaikutusten osalta seurataan kohdelajin poikasmääriä ja koko kalayhteisön rakennetta.

Kuivien ja vähävetisten uomien kunnostuksissa seurataan veden peitossa olevan alueen pinta-alaa ainakin keskivirtaamalla, samalla tarkastellen sen soveltuvuutta elinympäristöksi. Jos kyseessä on kalastoa varten tehtävä kunnostus, toimenpiteiden vaikutusten toteamiseksi seurataan kohdelajin poikasmääriä ja koko kalayhteisön rakennetta.

Puumateriaalin merkitys etenkin pienissä virtavesissä on erittäin tärkeä, tosin vasta viime aikoina asiaan on kiinnitetty erityistä huomiota ja puun määrää on pyritty lisäämään (esim. Turunen ym. 2017). Puumateriaalia lisäävissä pienissä kunnostushankkeissa toteutuksen aikana mitataan käytettävän puumateriaalin määrä suhteessa kunnostettavan alueen pinta-alaan ($m^3/100m^2$) ja seurataan puumateriaalin pysyvyyttä uomassa. Vaikutusten seurannassa voidaan käyttää lehtiuttomenetelmää ja/tai tarkastella kalaston tai pohjaeläinyhteisön rakennetta ja biomassaa.

3.2.3.

Uoman rakenteeseen liittyvät kunnostustoimet

Uoman rakenteeseen liittyvät kunnostustoimet ovat useimmiten pienten virtavesien, latvapurojen ja maatalousuomien kunnostustoimenpiteitä. Yleisesti uoman mutkitte-lun palauttaminen, eroosion vähentäminen, tulvatasanteiden palauttaminen ja hiekoittumisen estäminen ovat pienten uomien toimenpiteitä (esim. Turunen ym. 2019a). Näissä toimenpiteissä vaikutuksia arvioidaan eroosion ja sedimentaation seurannan avulla. Suojavyöhykkeen parantaminen koskee sen sijaan kaikenkokoisia virtavesiä, mutta se on kuitenkin huomattavasti yleisempi kunnostustoimenpide pienempien kuin suurempien virtavesien varsilla. Suojavyöhykkeillä voidaan parantaa vedenlaa-tua ja ranta-alueen varjostuksen lisääntymisen kautta saada etuja myös kalastolle.



Pienten purojen rakenteellista tilaa voi seurata helposti tekemällä keinolehdillä uittokokeita. Suorassa ja rakenteellisesti yksinkertaisessa uomassa lehdet uivat nopeasti koalueen läpi, kun taas kunnostetussa purossa ne jäävät matkan varrelle.

Uoman mutkittelun palauttamisen toteutuksessa seurataan kuinka hyvin mutkat säilyvät virtaavan veden olosuhteissa. Toteutuksen toimivuutta on tärkeää tarkastella eri virtaamilla ja sen pysyvyyttä tulee tarkastella pidemmällä aikavälillä, useina tulvakausina. Kunnostustoimenpiteiden vaikutusten seurannassa arvioidaan eroosion ja sedimentaation määrää ja kohdentumista. Samalla seurataan uusien habitaattien muodostumista kaloille ja pohjaeläimille.

Eroosion vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet liittyvät ensisijaisesti penkkojen pysyvyyteen. Toteutuksen yhteydessä seurataan suojauksen ja rantojen pysyvyyttä ja sortumia. Samalla mietitään mahdollisia uusimistarpeita. Näiden toimenpiteiden jälkeen vaikutusten seurannassa tarkastellaan eroosion vähenemistä ja kasvillisuutta. Myös uoman pohjan tasoa ja eroosiomateriaalin kulkeutumista alaspäin seurataan.

Tulvatasanteiden palauttaminen tai rakentaminen on osa tulvaelinympäristöjen kunnostustoimenpiteitä. Tulvatasanteet ovat luonnollisia ja eliöstöltään erikoisia habitaatteja, jotka ovat tärkeitä osia virtavesisysteemien dynamiikassa. Kunnostustoimenpiteiden toteutuksen aikana seurataan tulva-aikana lisääntyneitä pinta-alaa, tulvien vähenemistä yläpuolisella valuma-alueella sekä kaltevuutta tulvatasanteelta uomaan. Myöhemmin, kunnostustoimenpiteiden vaikutusten seurannassa, tarkastellaan tulvatasanteella kasvavaa kasvillisuutta ja sedimentin kerrostumista tulvatasanteelle.

Hiekoittumisen estämisellä pyritään takaamaan uoman luonnollisten, monipuolisten habitaattien esiintyvyys. Liian suuri hiekkamäärä voi olla haitallinen esimerkiksi kalojen onnistuneelle lisääntymiselle. Hiekoittumista estävien toimenpiteiden toteutuksessa seurataan pysäyttävien rakenteiden lukumäärää ja niiden pysyvyyttä, jos toimenpide on tehty purossa. Toimenpiteitä tulee tehdä myös valuma-alueella erityisesti metsätalouden vesiensuojelurakenteiden yhteydessä. Vaikutusten osalta seurannassa on uoman pohjan taso eli käytännössä hiekan määrä.

Eroosio- ja rantasuojauksilla tarkoitetaan tässä rantasuojausten pienimuotoista purkamista, suisteita, biologisia rannansuojausmenetelmiä ja vyörymärintojen suojauksia ekologisista menetelmin. Kunnostuksen toteutuksen yhteydessä seurataan suojauksen ja rantojen pysyvyyttä sekä sortumia. Samalla mietitään mahdollisia kunnostuksen uusimistarpeita. Eroosio- ja rantasuojaustoimenpiteiden jälkeen kunnostusvaikutusten seurannassa tarkastellaan eroosion pysähtymistä ja kasvillisuutta ja seurataan uoman pohjan tasoa ja eroosiomateriaalin kulkeutumista alaspäin.

Suojavyöhykkeiden parantamiseen tähtäävissä toimenpiteissä olennaista on suojavyöhykkeen leveys. Toteutuksen seurannassa tarkastellaan nimenomaan suojavyöhykkeen leveyttä pitkin uoman vartta. Suojavyöhykkeen vaikutuksia seurataan kasvillisuuden, kesäajan veden lämpötilan ja varjostuksen kautta. Varjostus kertoo puuston peittävydestä, jolla on vaikutuksia uoman eliöstön kasvuolosuhteisiin ja ravintoketjuun. Toisaalta suojavyöhykkeen toivotaan vaikuttavan vedenlaatuun, joten vedenlaatumuuttujien seuranta voi myös tulla kysymykseen.

3.3.

Järvikunnostushankkeet

Kunnostuksen tarpeessa olevat järvet ovat yleensä kooltaan pieniä tai keskisuuria. Esimerkiksi välttävän ekologisen tilan järvien keskikoko on 2,7 km² ja tyydyttävän tilan järvien 5,4 km². Kunnostusten tavoitteet liittyvät virkistyskäytön mahdollisuuksien tai ekologisen tilan paranemiseen (Aronsoo 2016). Järvikunnostushankkeet ovat usein monitavoitteisia, sillä järven ekologinen tila on yleensä suoraan yhteydessä järven virkistyskäyttöarvoon, luonnon monimuotoisuuteen ja rantakiinteistöjen arvoon. Ekologisen tilan kohentamiseksi toteutettavia järvikunnostustoimia ovat vedenlaadun parantamiseen tähtäävät, ravintoketjuun liittyvät sekä hydrologiset toimenpiteet (taulukko 4).

Järvikunnostushankkeita suunniteltaessa on aluksi selvitettävä järven valuma-alueelta tuleva ulkoisen ravinnekuormituksen määrä ja arvioitava sisäisen kuormituksen merkitys. Rehevissä järvissä on yleensä sedimenttiin sitoutuneena suuri määrä fosforia vesipatsaan pitoisuuteen tai ulkoiseen kuormitukseen verrattuna. Pelkästään järveen kohdistettujen toimenpiteiden vaikutukset eivät kuitenkaan ole pitkäaikaisia, jos valuma-alueelta valuu järveen jatkuvasti runsaasti ravinteita, jotka voimistavat biologista tuotantoa ja kasvattavat järven ravinnevaroja.

Mikäli kunnostuksella tavoitellaan vedenlaadun ja eliöiden elinolosuhteiden parantamista, on suoraan vedenlaadun parantamiseen tähtäävien ja järvien hydrologiaa muokkaavien kunnostusten vaikutusten seurannan oltava pitkäkestoista. Seuranta-jakson tulisi olla yhtä pitkä kuin toivottujen vaikutusten kesto.

3.3.1.

Vedenlaadun parantaminen ja ravintoketjukunnostukset

Vedenlaadun parantamiseen tähtäävät hankkeet voivat ottaa tavoitteeksi hyvää ekologista tilaa kuvaavat vedenlaatuarvot, joiden lisäksi on usein myös saatavilla koelastustietoja (Taulukko 5). Useimpien järvien tila on luokiteltu ja viimeisimmän,

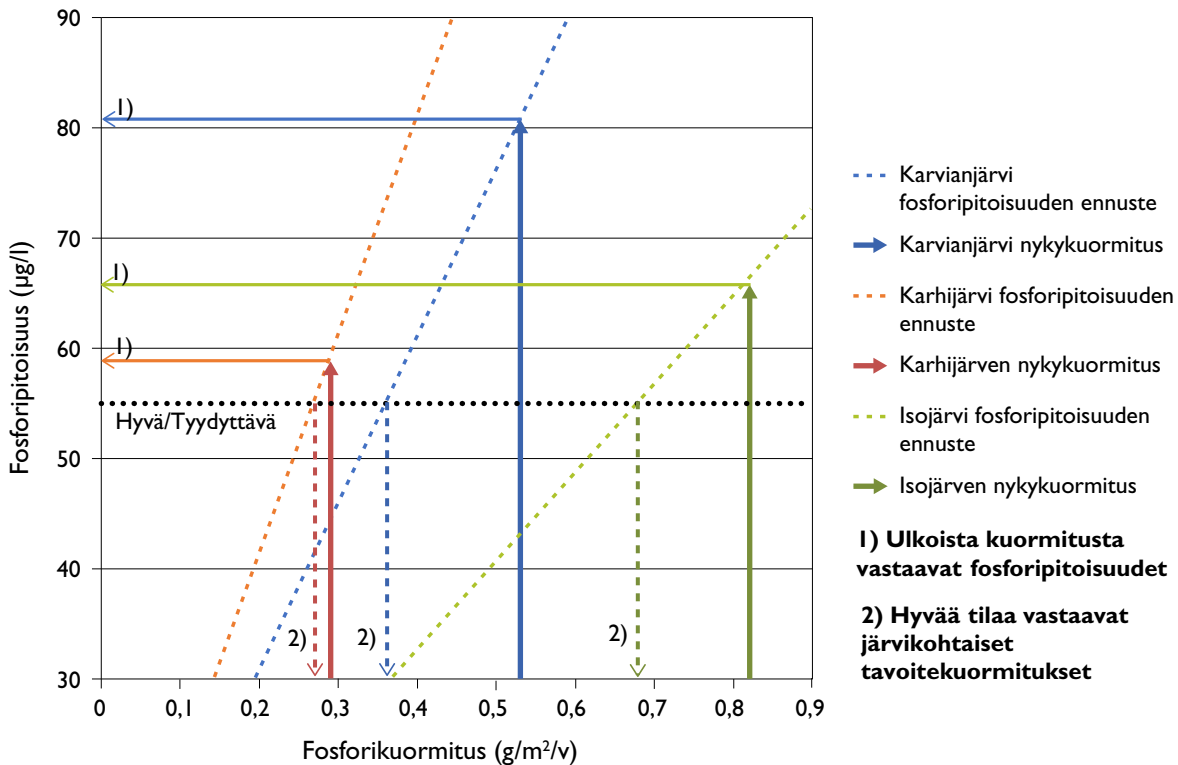
Taulukko 4. Järvikunnostushankkeiden toimenpiteet sekä niiden toteutuksen ja vaikutusten seuranta.

Toimenpide	Toteutuksen seuranta	Vaikutusten seuranta
Vedenlaadun parantaminen (valuma-alueen vesiensuojelua täydentävät toimenpiteet järvestä)		
Hoitokalastus (tehokalastus kunnostusvaiheessa, hoitokalastus ylläpitovaiheessa)	Kalastuksen pyyntiponnistus (menetelmä), saaliin määrä ja koostumus, valtalajien kokojakautuma ja keskipaino, pyyntipaikat, poistettu fosfori- ja typpimäärä. Kalastuksen aikana lämpötila, näkösyvyys, vedenpinnan korkeus.	Saaliin määrän ja yksikkösaaliin kehitys lajeittain, koeverkkokalastus, vedenlaatu (näkösyvyys, klorofylli-a, ravinteet, lämpötila, pH ja happi). Kasvi- ja eläinplankton lajisto ja biomassa (lähinnä tutkimushankkeet).
Petokalakantojen hoito ja kalastuksen säättely	Toteutetut kalastuksen ohjaustoimenpiteet ja niiden valvonta, istutettujen petokalojen määrä, hoitokalastuksessa vapautettujen petokalojen määrä.	Saaliin määrän ja yksikkösaaliin kehitys lajeittain, koeverkkokalastus tai saaliskirjanpito, Kohdelajin esiintyvyys, kasvu, populaatiokoko ja ikäjakauma. Kasvi- ja eläinplankton lajisto ja biomassa (tutkimushankkeet).
Vesikasvillisuuden poistaminen	Laitteiston laatu ja lukumäärä, opeointiaika. Käsitelty pinta-ala, poistettu biomassa ja lajisto, poistettu fosfori- ja typpimäärä.	Vesikasvillisuuden peittävyuden ja lajiston seuranta, mahdollisen toistotarpeen arviointi. Mahdolliset muutokset järven veden laadussa.
Fosforin kemiallinen saostus	Näkösyvyys, vedenlaatu; pH, alkaliniteetti, lämpötila, veden ja sedimentin fosfori- (kok. P ja liukenevuusjakeet), rauta- ja alumiinipitoisuus. Mahdollisten kalakuolemien havainnointi.	Seuranta kolme vuotta käsittelyn jälkeen, vedenlaatu; fosforipitoisuus, pH, alkaliniteetti, klorofylli, näkösyvyys, lämpötila. Sedimentin fosfori- (kok. P ja liukenevuusjakeet), rauta- ja alumiinipitoisuus.
Hapetus	Toimenpiteestä käytettyjen laitteiden laatu ja lukumäärä, opeointiaika. Happi- ja lämpötilaprofiili syvänteessä (kerrostuneisuus, anturilla tai vesinäytteinä).	Vedenlaatu: happi, pH, ravinteet, klorofylli. Leväkukintojen esiintyvyys. Kalaston tila (riippuen kunnostuksen tavoitteesta ja ajankohdasta).
Haitallisten aineiden vähentäminen	Pitoisuudet kohteissa vedessä tai sedimentissä (ainekohtainen, kokonaispitoisuus ja vapaa pitoisuus).	Passiivikeräimet (vedessä), pitoisuudet kaloissa, kalayhteisön rakenteen muutokset. Ravintoketjuvaikutukset.
Hydrologiset toimenpiteet		
Vesistöjen säännöstelyn kehittäminen	Vedenkorkeuden muutokset talvialenemassa ja kevättulvan suuruudessa. Erillisen ohjeen mukaan, riippuen tavoitteista.	Rantavyöhykkeen vesikasvillisuuden, pohjaeläinten ja kalaston tila. Erillisen ohjeen mukaan, riippuen tavoitteista.
Vedenpinnan nostaminen	Hankkeen lupaehtojen mukainen eteneminen ja rakenteiden valmistuminen. Vedenpinnan korkeus, keski- tai alivedenkorkeuden muutos.	Happipitoisuus talvella, vesikasvillisuuden pinta-ala ja vyöhykkeellisyys, vedenlaatu (ravinteet ja klorofylli) kesällä. Koekalastus kolmen vuoden kuluessa.
Alusveden poisjohtaminen	Johdetun lisäveden määrä suhteessa järven (tai alusveden) tilavuuteen sekä sen fosforipitoisuus, järviseden fosforipitoisuus (alus- ja päällysvesi).	Veden ravinne- ja klorofyllipitoisuus, pH, näkösyvyys, happi- ja lämpötilaprofiili syvänteestä, pintasedimentin kiintoaineen rautasidonnaisen fosforin ja huokosveden liukoksen fosforin pitoisuus
Lisäveden johtaminen	Johdetun lisäveden määrä ja sen ravinnepitoisuus. Järviseden ravinnepitoisuus.	Veden laatu (ravinteet, klorofylli, happi, pH), leväkukintojen esiintyvyys, tarvittaessa kalaston tila.

Taulukko 5. Kunnostustarvetta indikoivia hyvän ja tyydyttävän tilan järvityyppikohtaisia raja-arvoja, joihin havaittuja arvoja verrataan (Aroviita ym. 2019; TP = fosforin keskipitoisuus, Chl = klorofylli-a:n keskipitoisuus, CPUE_{kpl} = koekalastuksen lukumääräyksikkösaalis, CPUE_g = koekalastuksen painoyksikkösaalis, Särki-% = särkikaloiden osuus koekalastuksen painoyksikkösaaliista. Järvien tyyppin määritysperusteet on esitetty ympäristöhallinnon Pintavesien tyypittely -sivulla (https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_tyyppittely).

Muuttuja	*Vh	Ph	Kh	SVh	Sh	Rh	MVh	Mh	MRh	RR,Rk
TP µg L ⁻¹	1820	28	28	18	25	45	25	40	45	55
Chl µg L ⁻¹	7	11	11	7	11	20	8	20	25	20
CPUE _{kpl}	42	47	37	47	37	41	70	65	61	112
CPUE _g	1095	1163	992	1048	992	1011	2105	1983	1579	2338
Särki-%	49	59	44	40	44	54	53	57	67	68

*Järvityypit; Vh= Pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet, Ph= Pienet humusjärvet, Kh= Keskikokoiset humusjärvet, SVh= Suuret vähähumuksiset järvet, Sh= Suuret humusjärvet, Rh= Runsashumuksiset järvet, MVh = Matalat vähähumuksiset järvet, Mh= Matalat humusjärvet, MRh= Matalat runsashumuksiset järvet, RR= Runsaravinteiset järvet



Kuva 1. Esimerkki LLR-työkalun arvioimasta ulkoisen fosforikuormituksen vähentämistarpeesta kolmelle Karvianjoen vesistön järvelle (Marttunen ym. 2012). Vaaka-akseli kuvaa järveen tulevaa ulkoista kuormitusta ja pystyakselilla on kuormitusta vastaavat pitoisuudet. Eri värisillä nuolilla ylöspäin kuvataan järveen keskimääräisesti saapuvaa kuormitusta ja vaakasuora nuoli (1) kuvaa kuormitusta vastaava fosforipitoisuutta. Järvien hyvän tilan fosforipitoisuuden tulisi olla alle 55 µg/l (matalat ja rehevät humusjärvet). Eri väriset katkoviivanuolet (2) kuvaavat ulkoisen kuormituksen tasoa, jolla tavoitepitoisuus olisi järven ulkoisen kuormituksen puolesta mahdollinen. Pystynuolien erotus vaaka-akselilla kuvastaa ulkoisen kuormituksen vähentämistarvetta. Suurin fosforikuorman vähentämistarve on Karvianjärvellä ja Isojärvellä, pienin Karhijärvellä. Tavoitepitoisuustason ylittävää nuolen osa kuvaa sisäisen kuormituksen vähentämistarvetta, joka on suurin Karvianjärvellä ja pienin Karhijärvellä.

vuoden 2019 luokittelun tiedot on esitetty Vesikartassa (paikkatieto.ymparisto.fi/vesikartta). Taulukon 5 lukuarvot on esitetty eri järvityypeille ja tyyppien määrityksen kriteerit on esitetty vesienhoidon tyypittelyohjeessa (Aroviita ym. 2019).

Ulkoisen ja sisäisen kuormituksen vähentämistarve

Arvio ulkoisen kuormituksen määrästä kertoo, edellyttääkö järven fosforipitoisuuden tavoitetilan saavuttaminen ulkoisen kuormituksen vähentämistä tai onko ulkoisen kuormituksen vähentäminen jopa ensisijainen toimenpide. Tämä ohjeisto rajoittuu kunnostushankkeessa tarpeelliseen ulkoisen kuormituksen määrän arviointiin. Vesien suojeletoimenpiteitä joilla kuormitusta vähennetään valuma-alueilta on esitetty muissa raporteissa (mm. Puustinen ym. 2019).

Ulkoisen ja sisäisen kuormituksen merkitystä voidaan arvioida vertaamalla kuormitustarkkailuun perustuvaa arviota tai Suomen ympäristökeskuksen Vemala-mallilla arvioitua ulkoisesta kuormituksesta laskettua fosforipitoisuutta:

- 1) järven tyyppiä edustavaan tavoitepitoisuuteen, eli hyvän ekologisen tilan suurimpaan sallittuun fosforipitoisuuteen (kuva 1) ja
- 2) seurannassa havaittuun keskimääräiseen fosforipitoisuuteen.

Jos mallinnettu tai seurannan perusteella arvioitu fosforipitoisuus ylittää hyvää tilaa kuvaavan tavoitepitoisuuden, on kunnostushankkeessa pyrittävä vähentämään ul-

koista kuormitusta. Suomen ympäristökeskuksen Lake Load Response (LLR) -työkälyllä (Kotamäki ym. 2015) voi arvioida paljonko ulkoista kuormitusta tulisi vähentää, jotta tavoitepitoisuus saavutettaisiin (nuolet alaspäin kuvassa 1).

Jos seurannassa havaittu fosforipitoisuus on selvästi suurempi kuin sen "pitäisi" ulkoisen kuormituksen perusteella olla, järvi on sisäkuormitteinen ja fosforipitoisuuden alentaminen edellyttää järveen kohdistuvia toimenpiteitä. Jos molemmat edellä mainitut pitoisuudet ovat liian korkeita, pitäisi toimenpiteitä kohdentaa sekä järveen että valuma-alueeseen. Sisäkuormitteisessa järvessä loppukesän fosforipitoisuus voi olla jopa 4–5 kertaa niin suuri kuin alkukesällä. Siksi järven fosforipitoisuuden arvioimiseen tarvitaan useampi näyte kesän ajalta.

Ravintoketjukurunnostus on ulkoisen kuormituksen rajoittamisen ohella yksi keskeisistä keinoista vähentää sinileväkukintoja (Sammalkorpi & Horppila 2005, Olin ym. 2006, Søndergaard ym. 2008, Bernes ym. 2015, Triest ym. 2016). Särkikalajien biomassaa ja lukumäärä kasvavat yleensä fosforipitoisuuden nousun myötä ja rehevän, sinileväkukintojen vaivaaman järven kalabiomassa on yleensä runsas ja särkikalavaltainen. Tehokkaasti kalastuksen aiheuttama ravinnepoistuma järvestä voi myös olla merkittävä, koska särkikalajien tuorepainosta on fosforia noin 0.8 % ja tyyppiä yli 2 % (Sarvala & Jumppanen 1988). Ravintoketjukurunnostus voi vähentää keskimääräistä fosforipitoisuutta jopa 20–50 % ja klorofyllipitoisuutta yli 50 %. Ravintoketjukurunnostuksella voidaan myös parhaimmillaan ylläpitää kunnostuksen jälkeen saavutettua hyvää tilaa (esim. Lahden Vesijärvi; Horppila & Peltonen 1994) tai hillitä tilan huononemista järvissä, joihin kohdistuu jatkuva ulkoinen kuormitus (esim. Säkylän Pyhäjärvi; Ventelä ym. 2007). Laajassa kansainvälisessä yhteenvetoraportissa todettiin hoitokalastusten näkösyvyyttä parantavien ja klorofyllipitoisuuksia laskevan vaikutuksen näkyvän vielä kolme vuotta hoitokalastuksen jälkeen (Bernes ym. 2015). Vaikutus on kuitenkin harvoin pysyvä ilman ylläpitävää hoitokalastusta tai vahvoja petokalakantoja. Jos järven sisäinen kuormitus nousee kesällä fosforipitoisuuden 4- tai 5-kertaiseksi, on paikallaan harkita myös muita menetelmiä, lähinnä fosforin kemiallista sitomista sedimenttiin esimerkiksi alumiinikloridilla (Sarvala 2017).

Tyyppillinen **teho- tai hoitokalastukseen** soveltuva kohde on sisäkuormitteinen järvi, jonka fosforipitoisuus on korkeampi kuin ulkoisen kuormituksen mukaan arvioitu ja jonka levämäärä on ravinnetasoon nähden korkea (Sarvala ym. 2000, Søndergaard ym. 2007, Jeppesen ym. 2011). Kun klorofylli-a:n ja kokonaisfosforin suhdeluku on 0,4 tai suurempi, tehokkaammin levää ravinnokseen käyttävät vesikirput ovat vähentyneet kalojen saalistuksen vuoksi (Mazumder 1994). Koekalastuksen yksikkösaalis on tällöin yleensä särkikalavaltainen petokalajien osuuden ollessa pieni, kuvastaan tyydyttävää tai sitä heikompaan ekologista tilaa (taulukko 5). Hoitokalastusmenetelmä (yleensä rysä) valitaan aina kohteen lajiston ja olosuhteiden mukaan. Toteutuksessa tarkkaillaan pyyntiponnistusta, saaliin määrää, koostumusta, valtalajien kokojakaumaa ja keskipainoa, vapautettujen petokalajien määrää sekä näkösyvyyttä, vedenpinnan korkeutta ja lämpötilaa. Kasvi- ja eläinplanktonin lajistoa ja biomassaa voi seurata resurssien salliessa, lähinnä tutkimushankkeissa.

Petokalakantojen hoidolla voi niin ikään vaikuttaa järven ravintoketjun toimintaan (Hulkko ym. 2019). Kannanhoidollisten toimenpiteiden aikana tarkkaillaan vapautettujen ja istutettujen petokalajien määriä ja toteutuneita kalastuksen ohjaustoimenpiteitä. Petokalakantojen hoidon vaikutusten arviointia varten seurataan esimerkiksi hoitokalastuksen ja koeverkkokalastuksen yksikkösaaliin kehitystä lajeittain sekä vedenlaatumuuttujia kuten näkösyvyyttä, lämpötilaa, happamuutta ja happipitoisuutta. **Kalastuksen säätelyllä** pyritään vaikuttamaan ravintoketjun toimintaan, mutta säätely ei sisällä mitään yksittäisiä suurenluokan toimenpiteitä, vaan se tukeutuu kalastusrajoitusten noudattamiseen. Kalatalousalueen kalastuksenvalvojat seuraavat säätelyn toteutumista. Kalastuksen säätelyn vaikutuksia voidaan seurata koekalastuksella tai muulla saaliskirjanpidolla. Myös kohdelajin populaatiokoon ja



Tehokalastuksen saaliissa särkikalavaltaisuus kertoo toimenpiteen tarpeellisuudesta.

ikäjakauman dokumentointi ovat mukana vaikutusten arvioinnissa. Yleisesti sekä petokalakantojen hoito että kalastuksen säätely liittyvät myös hoitokalastuksen tuloksellisuuden seurantaan, joten ne kannattaa ottaa seurannoissa laajasti huomioon.

Vesikasvillisuuden poistaminen on myös yksi vesieliöiden hallintaan liittyvä kunnostustoimenpide. Ravinnekuormituksen ja mataluuden aiheuttama umpeenkasvu on paikallisesti merkittävä ongelma erityisesti järvien virkistyskäytölle, hauen ja todennäköisesti mateen lisääntymiselle ja esimerkiksi suojelualueiden monimuotoisuuden kuten erilaisten lintuvesien kannalta. Vesikasvillisuuden poiston yhteydessä tarkkaillaan käsitellyn alueen pinta-alaa, poistettua biomassaa ja lajistoa. Vaikutusten arvioimiseksi seurataan vesikasvillisuuden peittävyyttä ja lajistoa. Laajoissa poistoissa voidaan käyttää päävyöhykelinjä menetelmää (Kuoppala ym. 2008), mutta pienialaisissa yksittäisten lahtien kunnostuksessa riittää ilmakehävaiva esim. droonilla tehtynä. Vesikasvien poiston toistaminen tulee arvioida aina tapauskohtaisesti, mutta usein poisto toistetaan pari–kolme kertaa ilmaversoisten lajien taannuttamiseksi. Paikallisella kasvillisuuden poistolla voidaan parantaa erityisesti virkistyskäytön edellytyksiä. Matalissa järvissä voi voimakas kasvillisuuden poistaminen kuitenkin voimistaa sinileväkukintoja; kun sedimenttiä sitovaa kasvillisuutta on vähemmän, aallokon ja virtauksien vaikutukset voimistuvat ja ravinnekierto pohjasta vesipatsaaseen tehostuu (Horppila ja Nurminen 2005).

Kemiallinen saostus vähentää helposti vapautuvan fosforin aiheuttamaa sisäistä kuormitusta (Søndergaard ym. 2002). Vesilaitoksilla raakaveden sisältämän humuksen ja kiintoaineen saostuksessa käytettyjä alumiini- ja rautasuoloja voidaan käyttää myös rehevissä vesistöissä saostamaan fosforia vesimassasta ja/tai estämään sen vapautumista sedimentistä takaisin veteen. Suomessa on käytetty eniten alumiinikloridia ($AlCl_3$; Oravainen 2005, Huser 2017, Sarvala 2017, Heikkilä ym. 2019). Myös

lantaanipitoista savea (Phoslock) tai paikallisia saviaineksia on käytetty fosforin sitomiseen (Mackay ym. 2014). Biopolymeerit voivat olla hyödyllisiä erityisesti maatalousmailta tulevan fosforin saostuksessa (Turunen ym. 2019b).

Tyypillinen kohde, jossa fosforia sitomalla voi parantaa veden laatua, on pienehkö, voimakkaasti sisäkuormitteinen järvi, jonka sedimentissä on suuret varastot helposti liukenevaa, raudan sitomaa fosforia. Tällaisissa kohteissa kokonaisfosforin pitoisuus nousee alkukesän matalista arvoista yleensä enintään 30–40 mikrogrammaan litrassa eli noin 4–5 kertaa korkeammaksi (esim. Sarvala 2017).

Fosforin kemiallinen saostus voi olla vaikutukseltaan pitkäkestoinen toimenpide. Suuri ulkoinen kuormitus, särkikalabiomassa tai humuspitoisuus ja järven mataluus lyhentävät vaikutuksen kestoaikaa. Vaikutusta tehostaa, jos järvi on niin syvä, että siihen muodostuu kesällä lämpötilakerrosteisuus.

Fosforin kemiallisessa saostuksen toteutusvaiheessa kirjataan kemikaalin ja mahdollisen puskurin annostelu sekä käsitellyn alueen koko. Toteutuksen aikana seurataan veden kokonais- ja fosfaattifosforin pitoisuuksia, happamuutta ja alkaliniteettiä sekä näkösyvyyttä, alumiinikloridikäsittelyssä myös veden alumiinipitoisuutta ja alumiiniin sitoutuneen fosforin pitoisuutta sedimentissä. Samalla havainnoidaan mahdollisia kalakuolemia. Kunnostustoimenpiteen jälkeen vaikutuksia seurataan kemiallisen käsittelyn jälkeen useamman vuoden ajan. Vaikutusten seurannassa huomioidaan ainakin veden kokonais- ja fosfaattifosforin pitoisuudet, happamuus, alkaliniteetti, näkösyvyys ja lämpötila sekä $AlCl_3$ -käsittelyissä alumiiniin sitoutuneen fosforin määrä sedimentissä. Kalaston seuranta kannattaa yleensä liittää osaksi vaikutusten arviointia.

Hapetuksella voidaan vähentää happikatoja sekä hapettomaan alusveteen vapautuvan fosforin määrää. Menetelmää käytetään järvissä, jotka ovat niin syviä, että niissä tapahtuu ainakin ajoittain lämpötilakerrostumista ja kerrostuvan alueen osuus järven pinta-alasta on merkittävä (Lappalainen & Lakso 2005). Ekologinen tavoite olisi estää sellaista hapettomaan alusveteen tapahtuvaa fosforin vapautumista, josta aiheutuu kasvukaudella myös päällysveden fosforipitoisuuden ja sitä kautta levämäärän kasvua. Alusveden hapetuksella ei kuitenkaan välttämättä ole vaikutusta päällysveden kokonaisfosfori- ja klorofyllipitoisuuksiin (Horppila ym. 2017). Hapettamalla voidaan myös tehostaa ammoniumtyypen nitrifikaatiota järvissä, joihin johdetaan jätevedenpuhdistamossa käsiteltyjä vesiä. Sama vaikutus on havaittu myös Lahden Vesijärvellä, jonne ei kohdistu jätevesikuormaa (Holmroos ym. 2016). Hapetuksesta löytyy useita suomalaisia ja kansainvälisiä käytännön kokemuksia (Ulvi ja Lakso 2005, Sassi ja Keto 2005, Bormans ym. 2016).

Hapetus on jatkuvaluonteinen kunnostustoimenpide. Hapetusta ei kannata harvita kesäaikana matalissa järvissä, jos syvännealue muodostaa vain pienen osan järven pinta-alasta. Happikadon ja kohonneen fosforipitoisuuden esiintyminen ei automaattisesti merkitse tarvetta hapettaa järveä. Matalissa järvissä voi olla tarvetta talvihapettamiselle arvokkaan kala- tai rapukannan säilyttämiseksi. Esimerkiksi kuha on herkkä talvisille happikadoille (Ruuhijärvi ym. 2010).

Hapetusta tehdessä kirjataan käytetyt laitteet sekä niiden lukumäärä, sijainti ja operointiajat. Toteutusta seurataan happipitoisuuden ja lämpötilan avulla. Ne mitataan joko vesinäyttein tai anturein koko vesipatsaasta pinnasta pohjaan. Näin saadaan tieto veden mahdollisesta kerrostuneisuudesta. Hapetuksen vaikutusten seuranta perustuu – riippuen kunnostuksen tavoitteista ja ajankohdasta – joko vedenlaatuun, leväkukintojen esiintyvyyteen tai kalastoon. Vedenlaadun muuttujista tärkeimpiä ovat kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori. Vesinäytteet täytyy ottaa koko vesipatsaasta, syvänteen vertikaaliprofiilista, sillä pelkän alusveden liukoisen fosforin pitoisuuksien seuraaminen ei riitä.

Haitallisten aineiden vähentäminen joko sedimentistä tai vedestä tehdään joko ruoppauksella, adsorbenttien lisäämisellä, sekä tietenkin päästöjen lopettamisella.



Haitallisen vieraslajin kanadanvesiruton korjuuta Vuotunkijärvellä Kuusamossa.

Adsorbenttien avulla haitta-aineita imeytetään synteettisiin tai luonnosta peräisin oleviin materiaaleihin (Rashed 2013). Ennen konkreettisiin toimenpiteisiin ryhtymistä on kuitenkin hyvä huomata, että vanhat, syvemmällä olevat korkeita haitta-ainepitoisuuksia sisältävät sedimentit ovat mahdollisesti vuosien saatossa peittyneet puhtaammalla sedimentillä ja tällöin hyvä vaihtoehto on pitää sedimentti stabiilina haitta-aineiden kulkeutumisen estämiseksi. Toimenpiteen toteutuksen yhteydessä seurataan haitallisen aineen kokonais- ja liuenneita pitoisuuksia vedessä tai sedimentin huokosvedessä. Kunnostuksen jälkeen toimenpiteen vaikutuksia voidaan seurata passiivikeräimillä, jotka havaitsevat kohdeaineen pitoisuudet (Siimes ym. 2019). Tämän lisäksi seurataan kalayhteisön rakenteen muutoksia ja analysoidaan laskevatko kohdeaineen pitoisuudet kaloista.

3.3.2.

Hydrologiset toimenpiteet

Vedenpinnan nostoa tulee pitää kertaluontoisena toimenpiteenä, joka suunnitellaan niin hyvin, ettei toimenpidettä tarvitse uusia. Seurannan merkitys vedenpinnan pysyvyyden osalta on erittäin tärkeää. Toteutuksen osalta seurataan keski- tai alivedenkorkeuden muutosta kesällä ja huomioidaan lupaehtojen toteutuminen. Vedenpinnan nostamisen vaikutuksia seurataan mittaamalla veden korkeutta sekä järven syvänteen vertikaaliprofiilin happipitoisuuksia talvisin ja ravinne- ja klorofyllimäärittäyksillä. Seuranta täydennetään koekalastuksella noin 3–5 vuoden kuluttua pinnan nostosta sekä määrittämällä vesikasvillisuuden vyöhykkeet ja pinta-alat.

Alusveden johtaminen pois järvestä on jatkuvaluonteinen kunnostusmenetelmä, jolla pyritään vähentämään sekä vesipatsaan että lopulta sedimentin labiilin fosforin määrää siten, että järven sisäinen kuormitus laskee ja vedenlaatu paranee. Toteutuksen aikana seurataan järveden fosforipitoisuuksia ja järveen mahdollisesti johdetun lisäveden määrää suhteessa järven tai poisjohdetun alusveden tilavuuteen, sekä lisäveden fosforipitoisuuksia. Vaikutusten osalta seurataan syvänteen vertikaalipro-

fiilista happi- ja fosforipitoisuuksia sekä lämpötilaa. Näiden lisäksi voidaan seurata syvänesedimentin huokosveden liukoisen fosforin pitoisuuksia sekä pintasedimentin fosforijaetta, joka voi vapautua hapettomissa oloissa (lähinnä rautasidonnainen fosfori). Koska sedimentin fosforivarannot ovat suuret, pitoisuusmuutokset ovat hitaita ja seurannan on siksi oltava pitkäjänteistä. Pitoisuuksien seuranta sedimentissä on työläämpää kuin vesipatsaan osalta, mutta muutokset sedimentin pitoisuuksissa voivat olla selvä merkki kunnostustoimenpiteen tavoitteiden saavuttamisesta. Myös poisjohdettavan veden fosforimäärää olisi hyvä seurata, jotta se voidaan suhteuttaa esimerkiksi ulkoiseen kuormitukseen tai alusveteen kertyvään fosforimäärään. Tällainen tietämys auttaa arvioimaan mahdollisuuksia onnistua kunnostuksissa kyseisen menetelmän avulla. Huomionarvoista on myös se, että poisjohdettava alusvesi tulee tarpeen mukaan käsitellä, mikä asettaa rajoitukset veden määrälle.

Lisäveden johtaminen järveen on jatkuva toimenpide ja voi olla samanaikainen alusveden poisjohtamisen kanssa. Lisäveden johtamisen tarkoituksena on vähentää veden kerrostuneisuutta ja parantaa vesipatsaan happitilannetta, johdettavan lisäveden tulisi olla laimeampaa ja hapekkaampaa. Toisaalta vedenlaadun kannalta voi olla toivottavampaa olla rikkomatta kerrostuneisuutta liikaa, sillä vaikka happitilanne pohjan lähellä paranisikin, etenkin kasvukaudella tapahtuva kerrostuneisuuden purkautuminen voi johtaa voimakkaaseen ravinteiden kiertoon sedimentistä vesipatsaseen. Näin on havaittu tapahtuneen jopa sekoitushapetuksissakin (Niemistö ym. 2019). Lisävettä järveen johdettaessa tarkkaillaan sen ravinnepitoisuuksia ja määrää sekä järiveden ravinnepitoisuuksia. Vaikutusten seurannassa vedenlaatu muuttujat kuten ravinteet, klorofylli, happi ja pH ovat avainasemassa. Myös leväkukintojen yleisyyttä ja tarvittaessa kalaston tilaa havainnoidaan.

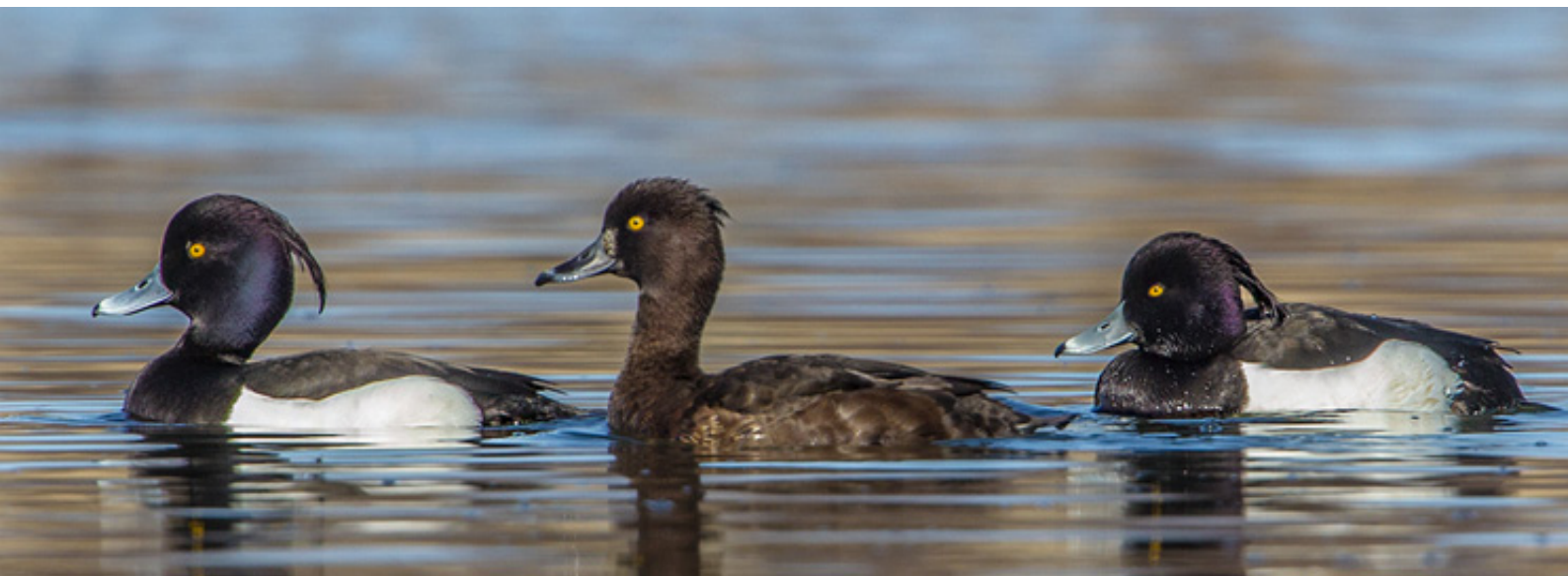
Vesistöjen säännöstelyn kehittämällä on laajoja vaikutuksia järven hydrologiaan ja eliöstöön. Järvien säännöstelyn kehittämishankkeita on toteutettu vuosikymmenten aikana useita. Niiden seurannan osalta noudatetaan aiempia ja yleensä paikallisia ohjeita. Tiivistettynä toteutuksen yhteydessä seurataan vedenkorkeuden muutoksia talvialenemassa ja kevättulvan suuruudessa. Vaikutusten osalta seurataan rantavyöhykkeen vesikasvillisuutta ja pohjaeläimiä sekä kalaston tilaa.

3.4.

Lintuvesien kunnostushankkeet

Lintuvesikunnostuksia tehdään valtakunnallisesti, alueellisesti tai paikallisesti merkittäviksi luokitelluilla lintujärvillä ja -kosteikoilla (Mikkola-Roos & Niikkonen 2005, Mikkola-Roos & Väänänen 2005). Toimenpiteet ovat pääasiassa samoja kuin järvikunnostuskohteissa. Hajakuormituksen vähentäminen olisi myös lintuvesillä tärkeää erityisesti umpeenkasvuhaittojen vähentämiseksi. Toimenpidekohtaisiin seurantoihin voi pääosin käyttää järvikunnostuksille esitettyä ohjeistoa (taulukko 4). Vesilintujen pesinnän turvaaminen tai metsästyskauden aloitus 20. elokuuta rajoittavat toimenpiteitä tai niiden ajoittamista. Kalaston seurantatieto on tärkeää myös lintuvesissä. Mataluus ja kasvillisuus rajoittavat koekalastuksia, mutta tieto tärkeimmistä valtalajeista tai kalattomuudesta riittää kunnostustarpeen arviointiin. Tärkeimpiä toimenpiteitä ovat ravintoketjukurkennus, niitto, vedenpinnan nosto ja pienimuotoinen ruoppaus sekä usein myös vieraslajina esiintyvien pienpetojen määrän vähentäminen.

Toimenpiteen vaikutuksia arvioidaan ensisijaisesti vesilintuseurannalla, joka suojeluperusteista riippuen kohdentuu joko pesiviin lintuihin tai muutolla levähtäviin, parhailla kohteilla molempiin (taulukko 6). Vesilintujen parimäärästä tai yksilömäärästä laskettu biomassa soveltuu hyvin vuosien tai järvien väliseen vertailuun (Sammalkorpi ym. 2014). Pienpetojen pyynnissä kirjataan pyyntiponnistus, pyydysten



Tukkasotka on voimakkaasti taantunut pohjaeläinravintoa käyttävä vesilintulaji, jonka määrä on vähentynyt sekä särkikalojen aiheuttaman ravintokilpailun että suojaan tarjoavien naurulokkiyhdyksien vähenemisen takia.

sijainti ja saaliin määrä. Usein esimerkiksi niitto, paikallinen ruoppaus tai hoitokalastus voivat olla tarpeellisia sekä lintuvesien suojeluarvon säilyttämiseksi että järven tilan parantamiseksi. Seurantaan kannattaa panostaa erityisesti Natura-ohjelmaan kuuluvissa kohteissa, joissa valtion rahoituksen osuus voi olla suurempi kuin 50 %.

Ravintoketjukurannostus on lintuvesillä lähinnä kalaston poistoa, jos on arvioitu, että suuri kalamäärä vähentää ravintokilpailun vuoksi vesilinnuston määrää. Toimenpiteiden toteutuksen aikana tarkkaillaan pyyntiponnistusta (esim. pyyntivuorokaudet tai apajien lukumäärät) ja saaliin koostumusta ja määrää. Kunnostuksen vaikutuksia kuvaavat pesivien ja/tai muuttomatalla levähtävien vesilintujen määrissä havaitut muutokset.

Taulukko 6. Lintuvesien kunnostamisen toimenpiteet sekä toteutuksen ja vaikutusten seuranta.

Toimenpide	Toteutuksen seuranta	Vaikutusten seuranta
Lintuvesien kunnostaminen		
Ravintoketjukurannostus	Pyyntiponnistus (pyydys vrk tai apajien määrä), pyyntipaikat ja saalis (ks. taulukko 4).	Pesivän ja/tai muutolla levähtävien vesilintujen lajisto ja lukumäärä. Mahdollisen ylläpitävän hoitokalastuksen saaliin määrä ja koostumus, koekalastus (kalastuselvytys) kolmen vuotta teho- kalastuksen jälkeen.
Pienpetojen pyynti	Pyyntiponnistus ja saalis.	Pesivien vesilintujen määrä ja poikastuotto.
Vedenpinnan nosto	Hankkeen lupaehtojen mukainen eteneminen, rakenteiden valmistuminen.	Vedenkorkeuden muutos. Talvisen happipitoisuuden muutos, vedenlaadusta ravinteet, klorofylli ja näkösyvyys. Pesivien ja/tai muutolla levähtävien vesilintujen määrä. Vesikasvillisuuden pinta-ala ja vyöhykkeisyys. Koekalastus 3–5 vuoden kuluttua.
Ruoppaus	Käytetty menetelmä, ajan- kohta, ruopattujen massojen määrä, kohdealueiden sijainti, syvyys ja pinta-ala.	Pesivän ja/tai muutolla levähtävien vesilintujen määrä ja lintujen esiintyminen kohdealueella.
Vesikasvillisuuden poistaminen	Käytetty laitteisto, käsitelty pinta-ala ja työaika. Poistetun kasvillisuuden määrä (tilavuus tai paino).	Kasvillisuuden peittävyden ja lajiston muutokset. Avovesialueen määrän kasvu. Pesivän ja/tai muutolla levähtävien vesilintujen määrä ja lintujen esiintyminen kohdealueella.

Lähinnä vieraslajeja edustavien **pienpetojen määrän rajoittaminen** on tarpeellista, jos niiden on todettu lisäävän poikaskuolevuutta. Pyynnin tehokkuutta ja saalismääriä seurataan toteutuksessa ja vaikutuksen arvioinnissa, pesivien lintujen parimäärää ja poikastuotantoa vaikutusten arvioinnissa.

Hydrologisista toimenpiteistä kertaluonteinen **vedenpinnan nosto** on ollut yleinen tapa kunnostaa lintuvesiä. Menetelmää on käsitelty kappaleessa 3.3. Vedenpinnan noston vaikutuksia seurataan tarkkailemalla linnuston kehitystä, vedenkorkeuksia, kalastoa ja talviajan happipitoisuuksia.

Ruoppaus on myös kertaluonteinen toimenpide, jolla voidaan tähdätä lintuvesien kunnostamiseen. Ruoppauksessa kirjataan käytetty menetelmä, poistetun massan tilavuus sekä kohdealueiden syvyys ja pinta-ala. Ruoppauksen vaikutuksia arvioidaan seuraamalla pesivien ja/tai muuttomatkalla levähtävien vesilintujen määriä ja ruopattujen alueiden tilaa.

Vesikasvillisuuden poisto on lintuvesillä lähinnä niittämistä. Pesivälle linnustolle tärkeät alueet rajataan pois suunnitteluvaiheessa. Vesikasvillisuutta joudutaan usein poistamaan 2–3 peräkkäisenä vuotena, jatkoniittojen tarve arvioidaan myöhemmin. Toimenpidevaiheessa kirjataan käytetty niittolaitteisto, käsitelty pinta-ala, niiton ajankohta sekä poistetun kasvillisuuden määrä (tilavuus/paino). Vaikutusten seurannan osalta tarkastellaan pesivien ja/tai muuttomatkalla levähtävien vesilintujen määriä, kasvillisuuden peittävyys ja lajiston muutoksia, avovesialueen pinta-alaa ja veden laatua.

4 Yhteenveto

Vesistökuunnostushankkeiden seuranta kohdistuu sekä tehtäviin toimenpiteisiin että niiden vaikutuksien arviointiin. Hankkeiden tuloksellisuuden toteamiseksi seurannan on aina oltava mahdollisimman pitkäkestoista, jotta luontainen, esimerkiksi sääolosuhteista johtuvan vuosivälisen vaihtelun vaikutukset voidaan ottaa huomioon ja erottaa kunnostuksen vaikutuksista. Seuranta on jatkettava mahdollisuuksien mukaan useiden vuosien ajan järjestelmällisesti, samoilla menetelmillä ja tarkasteltavilla muuttujilla. Vain riittävän pitkä seurantajakso sekä tarkoituksenmukaiset näytteenotot ja havainnoinnit mahdollistavat luotettavan arvion siitä, onko kunnostushankkeen tavoitteet saavutettu. Kunnollisen seuranta-aineiston avulla voidaan tarvittaessa tehdä johtopäätöksiä lisätoimenpiteiden tarpeesta. Kerätty tieto hyödyttää myös tulevien kunnostushankkeiden suunnittelua, toteutusta, seuranta- ja arviointia.

Kunnostuseurantojen vakiintuminen yleiseksi käytännöksi vaatii tiettyjen periaatteiden noudattamista. Kaikenkokoisiin kunnostushankkeisiin tulee jatkossa liittää vaikutuksia arvioiva seurantasuunnitelma. Pienissäkin talkookunnostuksissa saadut tulokset kartuttavat yhteistä kokemusta ja voivat auttaa seuraavien vastaavien hankkeiden toteutuksessa. Seuranta ja sen toteutus varsinaisen kunnostuksen toimenpidevaiheen jälkeen tulisi jatkossa ottaa selkeästi huomioon rahoituspäätöksissä. Merkittävää julkista rahoitusta hakevissa hankkeissa tulisi budjetoida riittävästi myös seurantaan, ottaen huomioon hankkeen koko ja tavoite. Kunnostushankkeiden rahoitushakemuksissa tulee ilmetä, miten rahoitus riittävän pitkälle seurannalle voidaan varmistaa.

Tutkimusrahoitusta tulisi kohdistaa muutamaan edustavaan kunnostusten seurannan kärkihankkeeseen, jolloin kokemukseräinen seuranta- ja tutkimustieto lisääntyy (esim. Olin ym. 2006, Ventelä ym. 2007, Turunen ym. 2019, Heikkilä ym. 2019). Jatkossa seurantatieto tulee koota yhteen, jotta sen hyödynnettävyys avoimen tiedon periaatteita käyttäen olisi mahdollisimman suuri. Kunnostuseurantojen järjestämisen apuna toimivat tämän raportin yleisohjeet, mutta menetelmäkohtaisia tarkennuksia on vielä tehtävä ja niitä pyritään päivittämään vesistökuunnostusverkoston tietopankkiin (<https://www.ymparisto.fi/vesistokunnostusverkosto>).

Kirjallisuus

- Aronsuu, K. (toim.) 2016. Vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelun ohjeistus v. 2016–2021. Vesistöjen kunnostus, säännöstely ja rakentaminen. Ohjeisto 42 s. 10.6.2013, päivitetty 31.1.2016.
- Aroviita, J., Mitikka, S., Vienonen, S. 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019.
<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/306745>
- Aroviita, J., Juvonen, J., Siimes, K., Taskinen, A., Mitikka, S. 2020. Ohjeet Maa- ja metsätalouden vesistövaikutusten seurantaan (MaaMet) vuodelle 2019. <https://www.syke.fi/hankkeet/maamet>
- Bernes, C., Carpenter, S.R., Gårdmark, A., Larsson, P., Persson, L., Skov, C., Speed, J.D.M., van Donk, E. 2015. What is the influence of a reduction of planktivorous and benthivorous fish on water quality in temperate eutrophic lakes? A systematic review. *Environmental Evidence* 4: 7. DOI: 10.1186/s13750-015-0032-9
- Bernhardt, E.S., Palmer, M.A., Allan, J.D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C., Follstad-Shah, J., Galat, D., Gloss, S., Goodwin, P., Hart, D., Hassett, B., Jenkinson, R., Katz, S., Kondolf, G.M., Lake, P.S., Lave, R., Meyer, J.L., O'Donnell, T.K., Pagano, L., Powell, B., Sudduth, E. 2005. Synthesizing U.S. river restoration efforts. *Science* 308: 636–637.
- Bormans, M., Maršálek, B., Jančula, D. 2016. Controlling internal phosphorus loading in lakes by physical methods to reduce cyanobacterial blooms: a review. *Aquatic Ecology* 50: 407–422.
- Brooks, S.S., Palmer, M.A., Cardinale, B.J., Swan, C.M., Ribblett, S. 2002. Assessing stream ecosystem rehabilitation: limitations of community structure data. *Restoration Ecology* 10: 156–168.
- Cooke G. D., Welch E. B., Peterson S. A., Nichols S. A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. Lewis Publishers, 3rd ed. ISBN 1-56670-625-4.
- Eloranta, A. 2010. Virtavesien kunnostus. Kalatalouden keskusliitto, julkaisu nro 165.
- Eloranta, A., Eloranta, A. 2016. Rumpurakenteiden ympäristöongelmat, niiden ehkäisy ja korjaaminen: Keski-suomalainen pilottitutkimus. Keski-Suomen ELY-keskus raportti.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-262-6>
- Eloranta, P. 2005. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet. Teoksessa Ulvi, T., Lakso, E. 2005. Järvien kunnostus, s. 13–30.
- Erkinaro, J., Laine, A., Mäki-Petäys, A., Karjalainen, T.P., Laajala, E., Hirvonen, A., Orell, P., Yrjänä, T. 2011. Restoring migratory salmonid populations in regulated rivers in the northernmost Baltic Sea area, Northern Finland – biological, technical and social challenges. *Journal of Applied Ichthyology* 27: 45–52.
- Euroopan komissio. 2014. CIS guidance document n°31 - Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive.
<https://circabc.europa.eu/w/browse/764dcfed-6e09-4683-be61-951647df760a>
- Giller, P. 2005. River restoration: seeking ecological standards, Editor's introduction. *Journal of Applied Ecology* 42: 201–207.
- Hanson, M., Herwing, B., Zimmer, K., Hansel-Welch, N. 2017 Rehabilitation of shallow lakes: time to adjust expectations? *Hydrobiologia* 787: 45–59.
- Heikkilä, J., Laaksonen, R., Sarvala, J., Vepsäläinen, M., Wichmann, A. 2019. Littoistenjärvi Litsa 207-2018 Projektin loppuraportti.
http://www.littoistenjarvi.fi/wp-content/uploads/2013/06/Litsa_loppuraportti_Final10_22032019.pdf
- Hillman, M., Brierley, G. 2005. A critical review of catchment-scale stream rehabilitation programmes. *Progress in Physical Geography* 29: 50–76.
- Holmroos, H., Horppila, J., Laakso, S., Niemistö, J., Hietanen, S. 2016. Aeration-induced changes in temperature and nitrogen dynamics in a dimictic lake. *Journal of Environmental Quality* 45, 1–8. DOI 10.2134/jeq2015.09.0455
- Horppila, J., Peltonen, H. 1994. The fate of a roach *Rutilus rutilus* (L.) stock under an extremely strong fishing pressure and its predicted development after the cessation of mass removal. *Journal of Fish Biology* 45: 777–786.
- Horppila, J. & Nurminen, L. 2005. Effects of different macrophyte growth forms on sediment and P resuspension in a shallow lake *Hydrobiologia* 545: 167–175.
- Horppila, J., Holmroos, H., Niemistö, J., Massa, I., Nygrén, N., Schönach, P., Tapio, P., Tammeorg, O. 2017. Variations of internal phosphorus loading and water quality in a hypertrophic lake during 40 years of different management efforts. *Ecological Engineering* 103: 264–274.
- Hulkko, H-M., Knuutila, S., Urho, L., Oraluoma, M., Saari, O. 2019. Haukitehtaat. Suomen Vapaa-ajan kalastajien keskusjärjestö.
- Huser, B.J. 2017. Aluminum application to restore water quality in eutrophic lakes: Maximizing binding efficiency between aluminum and phosphorus. *Lake Reserv Manage* 33(2): 143–151.
- Ilmavirta, V. (toim.) 1990. Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino.
- Jeppesen, E., Sarmalkorpi, I. 2002. Lakes. In: Davy, A.J., Perrow, M.R. (eds.). *Handbook of ecological restoration*. Vol. II. Restoration in practice. Cambridge University Press. Pp. 297–324.
- Jeppesen, E., Nöges, P., Davidson, T., Haberman, J., Nöges, T., Blank, K., Lauridsen, T., Søndergaard, M., Sayer, C., Laugaste, R., Johansson, L., Bjerring, R., Amsinck, S. 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 676: 279–297.

- Jormola, J., Koljonen, S., Koskiaho, J., Tammela, S., Tapaninen, M. 2016. Planning and construction of compensative reproduction channels for salmonid fish. In: 11th International Symposium on Ecohydraulics (ISE 2016). Barton, ACT: Engineers Australia, 2016: 240–247.
- Katopodis, C., Kells, J. A., Acharya, M. 2001. Nature-like and conventional fishways: Alternative concepts? *Canadian Water Resources Journal* 26(2): 211–232. <https://doi.org/10.4296/cwrj2602211>
- Koljonen, S. 2011. Ecological impacts of in-stream restoration in salmonid rivers. The role of enhanced structural complexity. A 580 Oulun yliopisto.
- Koljonen, S., Louhi, P., Mäki-Petäys, A., Huusko, A., Muotka, T. 2012. Quantifying the effects of in-stream habitat structure and discharge on leaf retention: implications for stream restoration. *Freshwater Science* 31(4): 1121–1130.
- Koljonen, S., Jormola, J., Koskiaho, J. 2016. Bypass channels can serve as compensative reproduction habitat for salmonids. In: 11th International Symposium on Ecohydraulics (ISE 2016). Barton, ACT: Engineers Australia, 2016: 232–239.
- Kotamäki, N., Pätynen, A., Taskinen, A., Huttula, T., Malve, O. 2015. Statistical dimensioning of nutrient loading reduction: LLR assessment tool for lake managers. *Environmental Management* 56(2): 480–491.
- Kuoppala, M., Hellsten, S., Kanninen, A. 2008. Sisävesien vesikasviseurantojen laadunvarmennus. *Suomen ympäristö* 36/2008.
- Kämäri, M., Tattari, S., Lotsari, E., Koskiaho, J., Lloyd, C.E.M. 2018. High-frequency monitoring reveals seasonal and event-scale water quality variation in a temporally frozen river. *Journal of hydrology* 564: 619–639.
- Landsman, S.J., McLellan, N., Platts, J., van den Heuvel, M.R. 2018. Nonsalmonid versus Salmonid Passage at Nature-Like and Pooland-Weir Fishways in Atlantic Canada, with Special Attention to Rainbow Smelt. *Transactions of the American Fisheries Society* 147: 94–110. <https://doi.org/10.1002/tafs.10019>
- Lappalainen, K.M. 1990. Julkaisussa: Ilmavirta, V. (toim.), Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino.
- Lappalainen, K.M., Lakso, E. 2005. Järvien hapetus. Teoksessa Ulvi, T., Lakso, E. (toim.) Järvien kunnostus. *Ympäristöopas* 114: 151–168.
- Lehikoinen, A., Pöysä, H., Rintala, J., Väisänen, R.A. 2013. Suomen sisävesien vesilintujen kannanvaihtelut 1986–2012. *Linnut-vuosikirja* 2012: 95–101.
- Lepistö, A., Kallio, K., Pitkänen, H., Raateoja, M., Röman, E., Seppälä, J., Suomela, J., Tarvainen, M., Tattari, S. 2018. Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien valtakunnallinen verkosto - toteuttamissuunnitelma. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 32.
- Louhi, P. 2010. Responses of brown trout and benthic invertebrates to catchment-scale disturbance and in-stream restoration measures in boreal river systems. A 565 Oulun yliopisto.
- 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(6): 1950–1961.
- Mackay, E., Maberly, S., Pan, G., Reitzel, K. ym. 2014. Geoengineering in lakes: welcome attraction or fatal distraction? *Research Brief. Inland Waters* 4: 349–356.
- Marttila, M. 2017. Ecological and social dimensions of restoration success in boreal river systems. A 703 Oulun yliopisto.
- Marttunen, M., Dufva, M., Martinmäki, K., Sammalkorpi, I., Hjerppe, T., Huttunen, I., Lehtoranta, V., Joensuu, E., Seppälä, E., Partanen-Hertell, M. 2012. Vesienhoidon vuorovaikutteinen ja kokonaisvaltainen suunnittelu. Yhteenveto Karvianjoen tulevaisuustarkastelut- hankkeen tuloksista. *Suomen Ympäristö* 15/2012.
- Matthews, J., Reeze, B., Feld, C.K., Hendriks, A.J. 2010. Lessons from practice: assessing early progress and success in river rehabilitation. *Hydrobiologia* 655: 1–14.
- Mazumder, A. 1994. Phosphorus-chlorophyll relationships under contrasting herbivory and thermal stratification: predictions and patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51: 390–400.
- Mikkola-Roos, M., Niikonen, T. 2005. Kosteikkojen kunnostuksen ja hoidon parhaat käytännöt kuudella Life-kohteella Suomessa Life CO-OP -hankkeen tulokset. *Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja*, Sarja A 149.
- Mikkola-Roos, M., Väänänen, V.-M. 2005. Lintuvesien kunnostaminen. Teoksessa Ulvi, T., Lakso, E. (toim.) Järvien kunnostus. *Ympäristöopas* 114: 287–296.
- Miller, S.W., Budy, P., Schmidt, J.C. 2010. Quantifying macroinvertebrate responses to in-stream habitat restoration: applications of meta-analysis to river restoration. *Restoration Ecology* 18 (1): 8–19.
- Muotka, T., Paavola, R., Haapala, A., Novikmec, M., Laasonen, P. 2002. Long-term recovery of stream habitat structure and benthic invertebrate communities from in-stream restoration. *Biological Conservation* 105: 243–253.
- Niemistö, J., Silvonen, S. & Horppila, J. 2019. Effects of hypolimnetic aeration on the quantity and quality of settling material in a eutrophied dimictic lake. *Hydrobiologia*, DOI: 10.1007/s10750-019-04160-6
- Noonan, M. J., Grant, J. W. A., Jackson, C. D. 2012. A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries* 13(4): 450–464. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00445.x>
- Olin, M., Ruuhijärvi, J. 2002. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset. Kala- ja riistaraaportteja 262.

- Olin M., Rask M., Ruuhijärvi J., Keskitalo J., Horppila J., Tallberg P., Taponen T., Lehtovaara A. ja Sammalkorpi I. 2006. Effects of biomanipulation on fish and plankton communities in ten eutrophic lakes of southern Finland. *Hydrobiologia* 553: 67–88.
- Olin, M., Rask, M., Ruuhijärvi, J., & Tammi, J. (2013). Development and evaluation of the Finnish fish-based lake classification method. *Hydrobiologia*, 713(1): 149–166.
<https://doi.org/10.1007/s10750-013-1499-4>
- Olin, M., Lappalainen, A., Sutela, T., Vehanen, T., Ruuhijärvi, J., Saura, A., Sairanen, S. 2014. Ohjeet standardinmukaisiin koekalastuksiin. RKTL:n työraportteja 21/2014.
- Oravainen, R. 2005. Fosforin kemiallinen saostus. Teoksessa Ulvi, T., Lakso, E. (toim.) Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114: 191–202.
- Palmer, M.A., Bernhardt, E.S., Allan, J.D., Lake, P.S., Alexander, G., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C., Follstad, Shah, J., Galat, D., Gloss, S., Goodwin, P., Hart, D.H., Hassett, B., Jenkinson, R., Kondolf, G.M., Lave, R., Meyer, J.L., O'Donnell, T.K., Pagano, L., Srivastava, P., Sudduth, E. 2005. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology* 42: 208–217.
- Palmer, M.A., Hondula, K.L., Koch, B.J. 2014. Ecological restoration of stream and rivers: shifting strategies and shifting goals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-120213-091935. Practical river restoration appraisal guidance for monitoring options (PRAGMO), The River Restoration Centre, UK.
- Puustinen, M., Tattari, S., Väisänen, S., Virkajärvi, P., Rätty, M., Järvenranta, K., Koskiahio, J., Röman, E., Sammalkorpi, I., Uusitalo, R., Lemola, R., Uusi-Kämppe, J., Lepistö, A., Hjerpe, T., Riihimäki, J., Ruuhijärvi, J. 2019 Ravinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan: KiertoVesi-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 22, 2019.
- Rashed, M.N. 2013. Adsorption technique for the removal of organic pollutants from water and wastewater. *Organic pollutants – Monitoring, Risk and Treatment*. DOI: 10.5772/54048
- Rask, M., Olin, M. & Ruuhijärvi, J. 2010. Fish-based assessment of ecological status of Finnish lakes loaded by diffuse nutrient pollution from agriculture. *Fisheries Management and Ecology* 17: 126–133.
- Roni, P., Hanson, K., Beechie, T. 2008. Global review of the physical and biological effectiveness of stream habitat rehabilitation techniques. *North American Journal of Fisheries Management* 28: 856–890.
- Ruuhijärvi, J., Rask, M., Vesala, S., Westermark, A., Olin, M., Keskitalo, J. & Lehtovaara, A. 2010. Recovery of the fish community and changes in the lower trophic levels in a eutrophic lake after a winter kill of fish. *Hydrobiologia* 646:145–158.
- Ruuhijärvi, J., Olin M., Malinen, T., Ala-Opas, P., Westermark, A., Lehtonen, H. 2014. Kuhan kalastuksen ohjaus ja sen ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset vaikutukset sisävesillä. RKTL:n työraportteja 43/2014.
- Räike, A., Taskinen, A., Knuutila, S. 2020. Nutrient export from Finnish rivers into the Baltic Sea has not decreased despite water protection measures. *Ambio* 49: 460–474
<https://doi.org/10.1007/s13280-019-01217-7>
- Saarijärvi, E., Sammalkorpi, I. 2005. Kunnostustarpeen määrittäminen. Teoksessa V. Ilmavirta (toim.): Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino, Helsinki, s. 61–74.
- Salminen, M., Böhling, P. 2018. Kalavarojen käyttö ja hoito.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-655-1>
- Sammalkorpi, I., Horppila, J. 2005. Ravintoketjukurkennostus. Teoksessa Ulvi, T., Lakso, E. (toim.) Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114: 169–189.
- Sammalkorpi, I., Mikkola-Roos, M., Lammi, E., Aalto, T. 2014. Ravintoketjukurkennostus lintuvesien hoidossa. *Linnut-vuosikirja* 2013: 154–163.
- Sammalkorpi, I., Mikkola-Roos, M., Pöysä, H., Rask, M. 2017. Miksi suojele ei auta lintuvesillä? *Linnut-vuosikirja* 2016: 112–121.
- Sarvala, J., Helminen, H., Karjalainen, J. 2000. Restoration of Finnish lakes using fish removal: changes in the chlorophyll-phosphorus relationship indicate multiple controlling mechanisms. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 1473–1479.
- Sarvala, J., Jumppanen, K. 1988. Nutrients and planktivorous fish as regulators of productivity in Lake Pyhäjärvi, SW Finland. *Aqua Fennica* 18: 137–155.
- Sarvala, J. 2017. Littoistenjärven kemikaalikäsittely. *Suomen kalastuslehti* 7/2017.
- Sarvilinna, A., Sammalkorpi, I. 2010. Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito. *Ympäristöopas* 2010.
- Sassi, J., Keto, A. 2005. Järvien kunnostuksen menetelmät. Hapetuslaitteiden laboratorio- ja kenttäkoeket. Espoo. VTT Tiedotteita 2307.
- Seppänen, P. 1973. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet ja toteutusmahdollisuudet. *Vesihallituksen julkaisuja* 3. Vesihallitus, Helsinki.
- Siimes, K., Vähä, E., Junttila, V., Lehtonen, K., Mannio, J. 2019. Haitalliset aineet Suomen vesissä: tilanne ja seurannan suuntaviivat. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2019.
- Suomen vesien tila-arvio. 2019.
[https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Suomen_vesien_tilaarvio_Jarvien_ja_jokie\(51384\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Suomen_vesien_tilaarvio_Jarvien_ja_jokie(51384))
- Syrjänen, J. 2020. Julkaisematon aineisto pitkäaikaisista seurannoista.
- Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L., Skov, C., Van Nes, E.H., Røijackers, R., Lammens, E., Portielje, R. 2007. Lake restoration: successes, failures and long-term effects. *Journal of Applied Ecology* 44: 1095–1105 doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01363.x
- Søndergaard M., Liboriussen, L., Pedersen, A.R., Jeppesen E. 2008. Lake Restoration by Fish Removal: Short- and Long-Term Effects in 36 Danish Lakes. *Ecosystems* 11: 1291–1305.

- Søndergaard M., Wolter K.-D., Rippl W. 2002. Chemical treatment of water and sediments with special reference to lakes. Julkaisussa: Perrow, Martin R. & Davy, Anthony J. (ed.) 2002. Handbook of ecological restoration. Vol. 1: Principles of restoration. Cambridge University Press 2002. 444 s. ISBN 0-521-79128-6
- Tamario, C., Degerman, E., Donadi, S., Spjut, D., Sandin, L. 2018. Nature-like fishways as compensatory lotic habitats. *River Research and Applications* 34: 253-261. <https://doi.org/10.1002/rra.3246>
- Thompson, M.S.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. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13013>.
- Thorpe, A., Jones, J., Obrecht, D. 2014. Extending regional reservoir trophic state assessment with volunteer data. <http://acwi.gov/monitoring/conference/2014/2ConcurrentSessions/C1/C1Thorpe.pdf>
- Triest, L., Stiers, I., van Onsem, S. 2016. Biomanipulation as a nature-based solution to reduce cyanobacterial blooms. *Aquatic Ecology* 50: 461-483. doi:10.1007/s10452-015-9548-x
- 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.
- Turunen, J., Marttila, H., Kämäri, H., Saari, M., Heikkinen, K., Postila, H., Koljonen, S. 2019a. Kiintoaineen eroosio ja sedimentaatio virtavesissä – luonnollisesta prosessista virtavesien ongelmaksi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 46.
- Turunen, J., Karppinen, A. & Ihme, R. 2019b. Effectiveness of biopolymer coagulants in agricultural wastewater treatment at two contrasting levels of pollution. *SN Applied Sciences* 1, 210.
- Van Cleef, J.S. 1885. How to restore our trout streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 14: 50–55.
- Ventelä, A.-M., Tarvainen, M., Helminen, H., Sarvala, J. 2007. Long-term management of Pyhäjärvi (southwest Finland): eutrophication, restoration–recovery? *Lake and Reservoir Management* 23: 428–438.
- Ulvi, T., Lakso, E. 2005. Järvien kunnostus. *Ympäristöopas* 114.



ISBN 978-952-11-5151-4 (nid.)

ISBN 978-952-11-5152-1 (pdf)

ISSN 1796-1718 (pain.)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)