

Suunnitelmallinen tavoitteenasettelu puron kunnostamisessa
- esimerkkinä Hämeenkosken Kumianoja

Liisa Hämäläinen
Pro gradu -tutkielma
Helsingin yliopisto
Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta
Akvaattisten tieteiden koulutusohjelma
Akvaattiset tieteet



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Akvaattisten tieteiden koulutusohjelma	
Tekijä – Författare – Author Liisa Hämäläinen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Suunnitelmallinen tavoitteenasettelu puron kunnostamisessa - esimerkkinä Hämeenkosken Kumianoja			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Akvaattiset tieteet			
Työn laji – Arbetets art – Level Pro gradu -tutkielma		Aika – Datum – Month and year Elokuu 2019	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 71 + liitteet
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>Joulukuussa 2018 julkaistussa valtakunnallisessa luontotyypin uhanalaisuuden arvioinnissa Suomen purojen tila arvioitiin koko maan tasolla heikoksi. Huonoin tilanne on savimaiden uomilla, jotka sijaitsevat pitkään maatalouskäytössä olleilla alueilla ja kärsivät suuresta ravinnekuormituksesta. Kunnostustarpeessa olevien purovesistöjä on kymmeniätuhansia kilometrejä. Toteutettujen kunnostusten ongelmana on toimenpiteiden kohdistuminen yleensä vain tietyille uomaosuuksille. Kunnostusten vaikutuksista on vähän tietoa, koska kunnostuksiin ei yleensä sisälly seuranta.</p> <p>Suomen purovesistöjen tilan parantamiseksi valuma-alueelähtöisyyttä ja seurannan merkitystä korostaville, uusille suunnittelukäytännöille on tarvetta. Keski-Euroopassa ja Yhdysvalloissa kehitettyjen virtavesien kunnostussuunnittelumenetelmien keskiössä on kohteen ja sen valuma-alueen tarkastelu kokonaisuutena, ekosysteemin alkuperäisten ominaispiirteiden selvittäminen ja tavoitteiden monipuolinen määrittely. Suunnitelmallisissa tavoitteiden asettelussa seuranta rakennetaan osaksi suunnittelua.</p> <p>Tutkimuksessa selvitettiin voiko suunnitelmallinen tavoitteiden asettelu tarjota ratkaisuja purojen tilan parantamisen haasteisiin Suomessa. Tutkimuksessa testattiin tavoitekuvatarkastelun ja SMART-laatukriteerien toimivuutta kunnostussuunnittelussa. Tutkimus käsittelee puroja yleisesti, mutta esimerkkikohteen kautta keskittyy maatalousalueen purovesistön kunnostamiseen. Tutkimuksessa kuvataan Suomen ensimmäinen, laajamittainen maatalousalueen puro kunnostaminen, jossa Hämeenkoskella sijaitseva Kumianoja palautettiin noin kilometrin matkalta virtaamaan alkuperäiseen, mutkittelevaan linjaukseensa.</p> <p>Tutkimus osoittaa, että purolaakson luontoarvojen palauttaminen on mahdollista maatalouskäytössä olevalla alueella. Suunnitelmallinen tavoitteiden asettelu toi hankkeeseen laaja-alaisuutta ja auttoi hahmottamaan luontoarvojen palauttamisen realistiset mahdollisuudet jo hankkeen alkuvaiheessa. Eri näkökulmien huomioon ottaminen ja valuma-alueen ja uomajatkumon tarkastelun sisällyttäminen kunnostuksen suunnitteluun edesauttoi toivotun lopputuloksen saavuttamista. Osana tutkimusta luotiin suunnitelmallisen tavoitteenasettelun toimintamalli, jota voidaan hyödyntää virtavesikunnostuksien suunnittelussa valtakunnallisesti.</p> <p>Tutkimus oli osa Suomen ympäristökeskuksen ”Kuivatustoiminnassa muuttuneiden virtavesien kunnostus ja hoito (KURVI)” -hanketta (2016-2018), jota rahoitti ympäristöministeriö. Hankkeen päämääränä oli kehittää menetelmiä maatalouden kuivatustoiminnan heikentämien virtavesien tilan parantamiseksi vuonna 2015 julkaistun kansallisen pientvesien suojele- ja kunnostusstrategian ja vuonna 2011 uudistuneen vesilain tavoitteiden mukaisesti.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Tavoitteenasettelu, tavoitekuvatarkastelu, SMART-laatukriteerit, kunnostus, puro, monimuotoisuus			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Jukka Jormola, Jukka Horppila			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta/Viikki			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Faculty of Biological and Environmental Sciences		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Degree Programme in Aquatic Sciences	
Tekijä – Författare – Author Liisa Hämäläinen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Setting Goals for Brook Restoration – Case Study Brook Kumianoja in Hämeenkoski			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Aquatic Sciences			
Työn laji – Arbetets art – Level Master's thesis		Aika – Datum – Month and year August 2019	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 71 + appendices
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>In a national assessment of threatened habitat types published in December 2018, the state of brooks in Finland was evaluated poor throughout the country. The situation is the worst in the channels of clay rich areas that have a long history of agriculture and are suffering from excessive nutrient loads. The developmental direction of all flowing water habitat types is negative compared to the assessment given in 2008.</p> <p>Currently there are tens of thousands of kilometers of brooks in the need of restoration. The problem with the already accomplished restorations is that they are limited only to specific and short parts of the channels. Because the restorations usually do not include monitoring, the data available of the effects of the restorations is limited. The problem is global, which has led to only small development in the restoration methods in the past decades. In order to improve the condition of brooks in Finland, there is a need for new planning methods focusing on the drainage basins and the importance of monitoring. Methods developed in Central Europe and North America focus in considering the restoration area and its drainage basin as one unit, mapping of the original characteristics of the ecosystem and specifying the goals of restoration. In the presence of specific goals, the monitoring will become an integral part of the restoration plan.</p> <p>This study investigated the effect of setting specific goals for the restoration, and whether it could offer solutions in improving the situation of brooks in Finland. This study applies to brooks in general, but through the restoration example used, focuses especially in the restoration of channels in agricultural areas. This study describes the first extensive restoration of agricultural brook completed in Finland. Kumianoja, located in Hämeenkoski, was restored to flow in its original meandering shape of the channel in the length of approximately one kilometer. With the documentation of this restoration, this study creates an overview of brook restoration planning and the different stages of its execution.</p> <p>The study was part of the “Sustainable management and restoration of dredged agricultural streams (KURVI)”-project (2016-2018) of the Finnish Environment Institute that was funded by the Ministry of the Environment. The goal of the project was to develop methods for improving the state of the flowing waters damaged by the agricultural land drainage according to the Strategy for Protection and Restoration of Small Water Bodies published in 2015 and the goals of the Water act renewed in 2011.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Goal setting, guiding image, SMART-objectives, restoration, brook, diversity			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Jukka Jormola, Jukka Horppila			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Department of Environmental Sciences/ Viikki			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisällys

1. JOHDANTO	1
1.1. Purojen tila Suomessa	1
1.1.1. Purojen erityispiirteet	1
1.1.2. Ihmistoiminnan vaikutukset	3
1.1.3. Puroluonnon suojelu	6
1.2. Purojen kunnostaminen	8
1.2.1. Kunnostussuunnittelu	8
1.2.2. Kunnostusmenetelmät	9
1.2.3. Kunnostusten vaikuttavuus	11
1.3. Aikaisempi tutkimus	12
1.4. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet	14
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	16
2.1. Tutkimusalueen kuvaus	16
2.2. Tavoitekuvatarkastelu	18
2.3. SMART-laatukriteerit	20
2.4. Kumianojan kunnostuksen tavoitteenasettelu	22
2.4.1. Nykytilan määrittäminen	22
2.4.2. Luonnontilan määrittäminen	26
2.4.3. Luonnontilan vertaaminen nykytilaan	29
2.4.4. Kunnostuksen hyödyt	31
2.4.5. Kunnostuksen rajoitteet	33
2.4.6. Realististen tavoitteiden määrittely	35
2.5. Kunnostuksen suunnittelu	36
2.6. Kunnostuksen toteutus	39
2.7. Jälkivalvonta ja vaikutusten seuranta	43
3. TULOKSET	47
4. TULOSTEN TARKASTELU	52
5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET	56
6. KIITOKSET	59
7. KIRJALLISUUS	60
8. LIITTEET	72

1. JOHDANTO

1.1. Purojen tila Suomessa

1.1.1. Purojen erityispiirteet

Purovesistöt ovat tärkeä osa suurempia joki- ja valuma-aluekokonaisuuksia. Valtaosa joissa virtaavasta vedestä kertyy uomastoon latvapurojen kautta. Purot kuljettavat alavirtaan orgaanista ainetta ja ravinteita, joka luo perustan jokiekosysteemin toiminnalle (mm. Allan and Castillo 2007; Petts 1992). Purovesien laatuun, uomaston muotoon ja toimintaan vaikuttaa valuma-alueen luontaiset ominaisuudet, kuten kallio- ja maaperän kivilaji- ja raekoostumus, vedenjohtavuus ja topografia. Veden peruslaatuun vaikuttaa myös mm. veden virtausreitit ja pohjavalunnan määrä, laskeuma ja valuma-alueen puuston ja kasvipeitteisyyden määrä ja laatu (Downs ym. 2002). Suomen purovesistöt ovat tyypillisiä lauhkean ja kostean ilmastovyöhykkeen ja jäätiköityneiden peruskallioalueiden kalsiumbiokarbonaattipitoisia vesiä ja sisältävät luontaisesti varsin vähän liuenneita aineita. Ominaista Suomen purovesille on suuren humuspitoisuuden aiheuttama tumma väri ja raudan runsaus (Lahermo ym. 1996).

Luonnontilaisen virtaveden muoto muuttuu jatkuvasti, kun vesi kuluttaa, kuljettaa ja kasaa maa-ainesta. Uoman leveys ja syvyys vaihtelevat (pools and riffles) ja uomassa erilaisia habitaatteja muodostavia elementtejä. Sedimentin liikkuminen, lajittuminen ja varastoituminen ovat tärkeä virtavesien muutostilaa ja elinympäristöjä ylläpitävä prosessi (Allan & Castillo 2007; Downs ym. 2002; Brookes & Sear 2001; Carling 1992). Uomaan syntyy mutkia, kun virtaus keskittyy uoman toiseen laitaan kuluttaen rantatörmä ja muodostaen syvänteitä. Vastaavasti uoman sisälaidalla tapahtuu kasautumista ja syntyy särkkiä (Carling 1992). Uomia on jaettu eri luokkiin niiden mutkaisuuden perusteella. Mutkaisuutta kuvataan uoman ja purolaakson pituuden suhdelukuna. Uoman mutkittelu on vähäistä suhdeluvun ollessa alle 1,2 ja menderoivaksi uoma luokitellaan mutkaisuuden ollessa yli 1,5 (Charlton 2008). Laajaa mutkittelua syntyy alueilla, joilla on laajoja ja paksuja lajittuneen aineksen kerrostumia ja uomat ovat kaltevuudeltaan loivia (Koutaniemi 2000).

Suomen virtavedet ovat luonteeltaan pääosin suorahkoja, koska peruskallio on lähellä maanpintaa. Meandroivimpia uomat ovat Pohjois-Suomessa alueilla, jossa lajittuneiden maiden kerrostumat ovat paksuja (Koutaniemi 2000). Uomat meandroivat etenkin hiekan täyttämien laaksojen pohjilla ja loivasti viettävien hieta- ja hiekkamaiden virtavesissä, joissa veden virtaus on hidastunut. Pinnanmuodoiltaan jyrkkäpiirteisessä maastossa purot taas

virtaavat nopeasti ja niiden pohja kuluu muodostaen syvään uurtuneita ja suoria uomia (Johansson & Kujansuu 2005). Myös uoman poikkileikkauksen muoto määräytyy pitkälti maaperän mukaan. Hienojakoisessa tai runsaasti savea sisältävässä maaperässä uomat ovat yleensä jyrkkärinteisiä ja karkeammassa maaperässä loivempia (Aartolahti 1989).

Tulva-alueet ovat luontainen osa purolaaksoa ja niille on kehittynyt omaleimainen, toistuvaan häiriöön sopeutunut kasvi- ja eläinlajisto (Thoms 2003). Tulvien suuruuteen vaikuttaa uomien ja niiden valuma-alueen koko, järvisyys ja metsien ja soiden pinta-ala (Rantakokko 2002). Etenkin mutkittitelevilla uomilla on yleensä laajat tulva-alueet ja vesi nousee tulva-alueelle luonnontilaisissa uomissa usein jo pienellä ylivirtaamalla. Tulvan mukana kasvillisuuden sekaan pidättyy kiintoainetta hidastuneen virtauksen vaikutuksesta (Harjula ym. 2003).

Kasvillisuudella ja uomiin ajan mittaan kaatuneilla puurungoilla ja muulla kuolleella puuaineksella (woody debris) on tärkeä merkitys puroekosysteemin toiminnalle. Ne sitovat purojen penkkoja, toimivat eliöstön ravinnonlähteenä ja luovat suojapaikkoja ja virtausvaihtelua (mm. Roni ym. 2008; Roni ym. 2015; Zika & Peter 2002). Varjostus puolestaan vaikuttaa puronvarren kostean ja viileän pienilmaston säilymiseen. Puuaines toimii sammalten kasvualustana ja lehtikarikkeen ja muun orgaanisen aineksen pidättäjänä, joka puolestaan vaikuttaa mm. pohjaeläinten runsauteen ja tarjoaa suojapaikkoja taimenille (Gerhard & Reich 2000; Koljonen ym. 2012; Louhi ym. 2016). Sammalilla on havaittu olevan merkittävä vaikutus virtavesien eliöyhteisöjen koostumukseen ja ekosysteemin toimintoihin (Turunen 2018).

Rantapuuston lehtikarrike on tärkeä energianlähde purojen eliöstölle ja puroekosysteemi on sen kautta voimakkaasti riippuvainen ympäröivästä maaekosysteemistä (Allan ja Castillo 2007). Suurimmillaan riippuvuus on yläjuoksun pienissä metsäisten alueiden latvapuroissa, jossa valon puute rajoittaa niiden omaa perustuotantoa (Muotka ym. 2004; Yrjänä ym. 2011). Puroekosysteemi tarjoaa suotuisan elinympäristön sekä vesieliöstölle että maan ja veden rajapinnassa eläville eliöille. Rantavyöhykkeen kasvilajisto on riippuvainen tietyistä kosteus- ja valaistusolosuhteista (Downs ym. 2002). Purojen virtaamat voivat vaihdella nopeasti ja uomien eliöstö on sopeutunut dynaamiseen elinympäristöön (Petts 1992). Eliöt pääsääntöisesti joko välttävät tai hyödyntävät virtausta ja sen muutosta. Toistuvan häiriön omaavassa ympäristössä heikompia syrjäyttäväksi valtalajiksi nouseminen on vaikeaa, joka johtaa lajimäärän runsauteen (Muotka ym. 2004).

Purot ja niiden varret toimivat ekologisina käytävinä, joita pitkin eliöt voivat liikkua habitaattien välillä (Downs ym. 2002). Vaelluskaloille kuten esimerkiksi taimenelle (*Salmo trutta*) ja

nahkiaiselle (*Lampetra fluviatilis*) purovesistöt ovat tärkeitä lisääntymisalueita. Osa taimenista viettää koko elämänsä synnyinpurossa ja osa vaeltaa poikasvaiheen jälkeen mereen tai järveen (Jonsson & Jonsson 2006). Rannikkovesissä myös monet kevätkutuiset kalat kuten hauki (*Esox lucius*), ahven (*Perca fluviatilis*) ja särki (*Rutilus rutilus*) nousevat puroihin kutemaan (Salminen & Böhling 2002). Muita purovesistöjen kalalajeja ovat esimerkiksi pohjan tuntumassa elävät kivenuoliainen (*Barbatula barbatula*), kivisimppu (*Cottus gobio*), törö (*Gobio gobio*) ja turpa (*Squalius cephalus*) (Koli 1990).

Jokihelmisimpukka eli raakku on riippuvainen purojen taimenista, koska laji loisii osan elinkierrostaan lohikaloissa. Raakku elää vähäravinteisissa joissa ja puroissa ja sitä pidetään puhdasta elinympäristöstä ilmentävänä indikaattorilajina. Suomessa raakkuja on eniten Itä-Lapissa ja vähiten eteläisessä Suomessa, josta laji on pääsääntöisesti hävinnyt (Oulasvirta 2006).

1.1.2. Ihmistoiminnan vaikutukset

Joulukuussa 2018 julkaistussa valtakunnallisessa luontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnissa Suomen purojen tila arvioitiin koko maan tasolla heikoksi. Huonoin tilanne on savimaiden uomilla, jotka sijaitsevat pitkään maatalouskäytössä olleilla alueilla ja kärsivät suuresta ravinnekuormituksesta. Kaikkien virtavesiluontotyyppien kehityssuunta on heikkenevä verrattuna vuonna 2008 valmistuneeseen arviointiin. Keskeisiä purojen uhanalaistumisen syitä on arvioinnin mukaan ojitus, metsien uudistamis- ja hoitotoimet, vesirakentaminen, vesien rehevöityminen ja likaantuminen ja kemialliset haittavaikutukset. Uusia uhkia puoluonnolle aiheuttaa ilmastonmuutos ja vieraslajit (taulukko 1) (Kontula & Raunio 2018). Suomen purovesistöistä luonnontilassa arvioidaan olevan vain muutamia prosentteja. Kohteita, joissa sekä itse uoma, että koko valuma-alue olisi täysin luonnontilainen, ei Suomesta tietävästi löydy (Suomen ympäristökeskus 2014).

Taulukko 1. Purojen uhanalaisuusluokan, uhanalaistumisen syyt ja uhkatekijät koko maan tasolla arvioituna. (Kontula & Raunio 2018 mukaan).

Luontotyyppi	Luokka 2008	Luokka 2018	Uhanalaistumisen syyt	Uhkatekijät
Havumetsävyöhykkeen latvapurot	Silmälläpidettävä	Silmälläpidettävä	Ojitus, metsien uudistamis- ja hoitotoimet, vesirakentaminen, rakentaminen, kemialliset haittavaikutukset	Ojitus, metsien uudistamis- ja hoitotoimet, vesirakentaminen, rakentaminen, kemialliset haittavaikutukset
Savimaiden latvapurot	Vaarantunut	Erittäin uhanalainen	Vesien rehevöityminen ja likaantuminen,	Vesien rehevöityminen ja likaantuminen,

			ojitus, metsien uudistamis- ja hoitotoimet, rakentaminen, kemialliset haittavaikutukset, vesirakentaminen	ojitus, vieraslajit ja lajien siirrot, metsien uudistamis- ja hoitotoimet, rakentaminen, kemialliset haittavaikutukset, vesirakentaminen, ilmastonmuutos
Havumetsävyöhykkeen purot ja pikkujoet	Silmälläpidettävä -vaarantunut	Vaarantunut	Ojitus, vesien rehevöityminen ja likaantuminen, metsien uudistamis- ja hoitotoimet, vesirakentaminen rakentaminen, kemialliset haittavaikutukset	Ojitus, metsien uudistamis- ja hoitotoimet, vesien rehevöityminen ja likaantuminen, vesirakentaminen rakentaminen, kaivostoiminta, ilmastonmuutos, kemialliset haittavaikutukset
Savimaiden purot ja pikkujoet	Äärimmäisen uhanalainen	Äärimmäisen uhanalainen	Vesien rehevöityminen ja likaantuminen, vesirakentaminen, ojitus, metsien uudistamis- ja hoitotoimet rakentaminen, kemialliset haittavaikutukset	Vesien rehevöityminen ja likaantuminen, vesirakentaminen, ojitus, ilmastonmuutos, vieraslajit ja lajien siirrot, rakentaminen, kemialliset haittavaikutukset metsien uudistamis- ja hoitotoimet
Meanderoivat purot ja pikkujoet	Puutteellisesti tunnettu	Puutteellisesti tunnettu		Vesien rehevöityminen ja likaantuminen, metsien uudistamis- ja hoitotoimet, ojitus, ilmastonmuutos, vesirakentaminen, kemialliset haittavaikutukset, vieraslajit ja lajien siirrot
Tunturialueen latvapurot	Säilyvä	Säilyvä		Ilmastonmuutos, kemialliset haittavaikutukset
Tunturialueen purot ja pikkujoet	Säilyvä	Säilyvä		Ilmastonmuutos, kemialliset haittavaikutukset

Lähes kaikki peltoalueiden virtavedet on perattu ja suoristettu vedenjohtokyvyn parantamiseksi ja kuivatussyvyyden lisäämiseksi 1930 - 1980 -lukujen aikana ja uomia kunnossapitoperataan edelleen säännöllisesti (Näreaho ym. 2006; Pajula 2003). Metsäpurojen perkauksia on toteutettu uiton tarpeisiin ja metsätalousmaan kuivatuksen tehostamiseksi. Suomessa oli 1930-luvun lopulla 47 100 kilometriä uittoväyliä, joista suuri osa purovesistöjä (Kauppinen ym. 2013). Suomen virtavesistä on poistettu sinne luontaisesti kuuluvaa puuta, joka näkyy vertaamalla esimerkiksi Koitajokea Suomen ja Venäjän välillä. Venäjän puolella sijaitsevilla luonnontilaisilla osuuksilla puuta havaittiin olevan keskimäärin yli 300 m³/ha, Suomen puolella puuta oli jäljellä vain noin 16,8 m³/ha (Liljaniemi ym. 2002). Suoristaminen, perkaaminen ja puu- ja kiviaineksen poistaminen voimistavat veden virtausnopeutta, joka aiheuttaa luiskien eroosiota ja uoman pohjan syöpymistä. Toimenpiteet muuttavat uoman luontaista, kasautumiseen ja kulkeutumiseen perustuvaa kykyä lajitella, liikutella ja varastoida sedimenttiä (Brookes & Sear 2001).

Maa- ja metsätalous paitsi muuttavat purojen hydrologiaa ja ne lisäävät myös purojen kiintoaine-, ravinne- ja humuskuormitusta aiheuttaen rehevöitymistä sekä puroissa että niiden alapuolisissa vesistöissä (Aroviita ym. 2016; Ekholm 1992; Rekolainen 1992, Seuna 1990). Maatalouden hajakuormituksella on havaittu olevan erityisen suuri vaikutus virtavesien eliöyhteisöihin (Turunen 2018). Kiintoaines vähentää virtausvaihtelua ja eliöstön suojapaikkojen määrää, peittää alleen pilkkojapohjaeläinten ravintonaan käyttämää lehtikariketta, heikentää soraikoissa hautoituvien kalojen mätimunien aineenvaihduntaa ja samentaa vettä (Muotka & Laasonen 2002; Schwendel ym. 2011; Wood & Armitage 1997). Orgaanisen aineksen pitoisuuksien kasvun on havaittu vaikuttavan muun muassa veden lämpötilaan, väriin, valaistusoloihin, happamuuteen, kemialliseen hapenkulutukseen ja haitallisten aineiden kulkeutumiseen (Ahtiainen & Huttunen 1999; Palviainen & Finer 2013).

Puroja on padottu runsaasti mm. myllyjen, sahojen ja pienvesivoimatuotannon tarpeisiin. Vuonna 2011 Suomessa oli n. 150 sähköverkkoon kytkettyä pienvesivoimalaa, n. 200 käytöstä poistettua pienvesivoimalaa ja n. 100 pienvesivoimalaa, jotka tuottavat omistajalleen kotitarvesähköä (Larikka 2012). Ympäristöhallinnon Vesistötyöt- tietojärjestelmään oli alkuvuonna 2019 tallennettu tiedot 510:stä purovesistöjen padosta, mutta todellisuudessa luku on huomattavasti tätä korkeampi, koska kaikki padot eivät ole viranomaisten tiedossa (Suomen ympäristökeskus 2019). Patojen lisäksi purovesistöissä on runsaasti myös muita nousuesteitä, joista merkittävin ryhmä on tierummut. Suomen noin 90 000 vesistösummasta

kolmasosan arvioidaan muodostavan nousuesteen virtavesien eliöstölle (Eloranta ja Eloranta 2016).

Padot ja muut purovesien nousuesteet aiheuttavat uomajatkumon ja -käytävän pilkkoutumisen ja estävät sedimentin liikkumisen uomissa. Esteet ja elinympäristöjen pirstoutuminen vaikuttaa paitsi eliöiden liikkumiseen myös niiden ravintoverkostoihin ja määräsuhteisiin. Täydelliset nousuesteet tuhoavat purojen vaelluskalakannat estämällä emokalojen pääsyn kutualueille (Brink ym. 2017). Purojen pohjaeläimistö ja sitä kautta koko ravintoverkko muuttuu nousuesteiden vaikutuksesta, kun ryömimällä etenevien lajien liikkuminen estyy (Schmutz & Moog 2018).

Uoman rakenteellista tilaa ja vedenlaatua voidaan arvioida tarkastelemalla taimenen 0+ -ikäisten poikasten esiintymistä. Kesänvanhoja poikasia ei käytetä istutuksissa, joten niiden esiintyminen on merkki luontaisen lisääntymisen onnistumisesta (Vuori ym. 2009). Suomen purojen lajistosta taimenen (*Salmo trutta*) merivaelteiset kannat on luokiteltu äärimmäisen uhanlaisiksi. Ankerias (*Anguilla anguilla*), vaellussiika (*Coregonus lavaretus*) ja taimenen sisävesikannat napapiirin eteläpuolella on luokiteltu erittäin uhanalaisiksi ja nahkiainen (*Lampetra fluviatilis*) silmälläpidettäväksi (Raunio & Kontula 2018).

Suomen purojen lajeista erityisen herkkä elinympäristön muutoksille on jokihelmisimpukka (*Margaritifera margaritifera*) eli raakku. Aiemmin raakku tavattiin koko maan joki- ja purovesistöissä, mutta uomien kohonneiden kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksien, helmenkalastuksen, taimenkantojen taantumisen ja elinympäristöjen tuhoutumisen myötä laji on uhanalaistunut (Oulasvirta 2006).

Myös vieraslajit aiheuttavat ongelmia puoluonnolle. Suomen jokirapukannat ovat taantuneet 1960-luvun lopulla Suomen vesiin istutetun täpläravun (*Pacifastacus leniusculus*) levittämän rapuruton vuoksi. (Heinimaa & Pursiainen 2010). Alun perin Pohjois-Amerikasta peräisin oleva vieraslaji puronieriä (*Salvelinus fontinalis*) kilpailee taimenen kanssa samoista elinympäristöistä monissa purovesistöissä (Maa- ja metsätalousministeriö 2012).

1.1.3. Puoluonnon suojelu

Eri lakeihin sisältyy purojen luonnontilan säilyttämistavoitteita, mutta lait eivät tarkastele purovesistöjä kokonaisuutena. Purojen vedenlaatuun liittyvistä asioista säädetään ympäristönsuojelulaissa, uoman rakenteellisiin muutoksiin liittyvistä asioista vesilaissa, puron lähiympäristöstä metsä- ja maankäyttö- ja rakennuslaissa ja suojeltavien lajien elinympäristöjen

säilymisestä luonnonsuojelulaissa. Lisäksi kalastuslaissa on lohikalojen pyyntiin liittyviä, purovesiä koskevia säädöksiä (Hämäläinen 2015; Raunio ym. 2013).

Vesi- ja metsälakien uudistuksissa purojen luontoarvojen turvaaminen nostettiin aiempaa vahvemmin esille. Nykyisessä vesilaissa (2011) säädetään, että vesistön muutos edellyttää lupaa, jos se vaarantaa puron uoman luonnontilan (3:8 §). Perattua, mutta ajan myötä luonnontilaisen kaltaiseksi muuttunutta uomaa ei saa enää kunnossapitoperata vanhan suunnitelman pohjalta vaan mahdollisesta perkauksesta on pyydettävä lausunto ELY-keskukselta (5:8 §) (Hämäläinen ym. 2015). Purojen välittömät lähiympäristöt ovat metsälain 10 §:n tarkoittamia erityisen tärkeitä elinympäristöjä. Näiden kohteiden hoito- ja käyttötoimenpiteet tulee tehdä siten, että elinympäristöjen ominaispiirteet säilyvät (Saaristo & Vanhatalo 2015).

Luonnonsuojelulain luontotyyppisuojeleluku koskee osin myös puroja ja niiden lähiympäristöjä (tervaleppäkorvet) ja lain nojalla perustetuilla luonnonsuojelualueisiin ja luonnonsuojeluohjelmien kohteisiin sisältyy puroja ja niiden lähiympäristöjä (Ohtonen 2005). Pikkujoet ja -purot sekä tunturijoet ja -purot kuuluvat arvokkaisiin Natura 2000-luontotyyppisiin ja niitä on Natura 2000-alueilla. Puroja ja niiden rantoja on suojeltu myös Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelman (METSO) puitteissa ja osana soidensuojeluohjelmaa, lehtojensuojeluohjelmaa ja lintuvesiensuojeluohjelmaa (Hämäläinen 2015).

Purojen suojelua on pyritty tehostamaan, mutta vaikutukset ovat olleen toistaiseksi vähäisiä. Erillisen, pienvesien suojeluohjelman perustamista on esitetty eri yhteyksissä. Valtakunnallisen pienvesi-inventoinnin loppuraportissa painotettiin että ”Pienvesi-inventoinnin tuloksista olisi laadittava esitys luonnontilaisten pienvesiemme säilyttämiseksi”. (Räike 1994.) Myös muutamia vuosia myöhemmin perustettu erityissuojelua vaativien vesistöjen työryhmä totesi mietinnössään, että pienvesi-inventoinnin tietojen pohjalta tulisi valmistella pienvesien suojeluohjelma (Ympäristöministeriö 1992). Pienvesien suojelun tehostamistarve on sittemmin nostettu esiin useissa eri yhteyksissä, kuten ympäristöministeriön asettaman ennallistamistyöryhmän mietinnössä (Ympäristöministeriö 2003), uhanalaisten luontotyyppien tilan parantamisen toimintaohjelmassa (Ympäristöministeriö 2011), kansallisessa vesien kunnostusstrategiassa (Olin 2011) sekä pienvesien suojelu- ja kunnostusstrategiassa (Hämäläinen 2015).

1.2. Purojen kunnostaminen

1.2.1. Kunnostussuunnittelu

Suomessa virtavesien kunnostuksen suunnitteluun ei ole tiettyjä, vaihtuneita menetelmiä vaan suunnitelmien sisältö ja laajuus vaihtelee alueellisesti. Virtavesikunnostusten suunnittelumenetelmien käytöstä ja toimivuudesta Suomen olosuhteissa on varsin vähän julkaistua tietoa. Osassa hankkeita suunnitelma on ainoastaan kuvaus kunnostuksen periaatteista ja varsinainen kunnostustoimenpiteiden tarkka suunnittelu tehdään toimenpiteiden toteutusvaiheessa. Toisissa hankkeissa suunnitelma on yksityiskohtainen kuvaus toimenpiteistä ja niiden vaikutuksista ja suunnitelma sisältää esimerkiksi kulttuuri – luontoarvokartoituksen. Suunnitelman sisältöön ja laajuuteen vaikuttaa muun muassa toimenpiteiden mahdollinen luvanvaraisuus (Maa- ja metsätalousministeriö 2004).

Aiemmin virtavesien kunnostussuunnittelusta vastasi pääsääntöisesti alueellinen ympäristökeskus (nyk. ELY-keskus) tai konsultit (Maa- ja metsätalousministeriö 2004). Sitten valtiohallinnon kunnostussuunnittelun loppumisen myötä kunnostusten suunnittelua tekevät konsultit, kunnat, alueelliset vesienhoito-organisaatiot ja paikallistoimijat (Sarvilinna ym. 2012).

Valtiohallinnon vastuulla olleiden kunnostusten, kuten laajojen uittoperattujen uomien velvoitekunnostusten, suunnittelun tueksi oli käytössä valtakunnalliset suunnitteluohjeet. Muiden toimijoiden toteuttamien kunnostusten suunnitteluun on julkaistu yleispiirteisiä toimintamalleja ja ohjeistuksia, joita suunnittelijat soveltavat kukin parhaaksi katsomallaan tavalla. Ohjeissa painotetaan muun muassa valuma-alueen ja uomajatkumon ominaisuuksien selvittämistä ja seurantaa, mutta käytännössä ne eivät sisälly kaikkiin suunnitelmiin (Hämäläinen & Sarvilinna 2010).

Vesistön kunnostussuunnitelma sisältää yleensä vähintään kuvauksen kohteen ja sen valuma-alueen nykytilasta ja ongelmista, tietoja alueen luontoarvoista ja käyttötarpeista sekä esittelee hankkeen tavoitteet, kunnostusmenetelmät, osallistuvat tahot, budjetin, aikataulun ja tarvittavat luvat (Hämäläinen & Sarvilinna 2010; Martinmäki ym. 2010).

Purojen kunnostusrakenteiden sijoittelussa on käytetty esimerkiksi valokuvasuunnittelua, jossa suunnitelma laaditaan purosta otetun valokuvan päälle. Menetelmällä voidaan havainnollistaa toteutettavia toimenpiteitä esiteltäessä niitä eri sidosryhmille (Aulaskari

2008). Kunnostussuunnittelun avuksi on kehitetty myös habitaattimalleja, joilla voidaan ennakoita kalojen elinolosuhteiden kehittymistä virrannopeuden, syvyyden ja pohjan rakenteen perusteella (Yrjänä 2003).

Vedenkorkeuden muutoksia ja mahdollisia tulvariskejä ennakoidaan virtausmallinnuksen avulla. Virtausmallinnuksessa uoman vedenkorkeus lasketaan selvittämällä uoman virtaama ja pituus- ja poikkileikkausprofiilit sekä määrittämällä karkeuskertoimet. Suunnittelussa käytetään nykyisin apuna paikkatietoaineistoja, kuten uomien geometriatietoa, maaston korkeusmalleja ja maankäyttö- ja maaperäainestoja, jotka osaltaan vähentävät maastossa tehtävien mittausten ja selvitysten tarvetta (Häkkiä ym. 2015).

1.2.2. Kunnostusmenetelmät

Puron kunnostamisella tarkoitetaan toimenpiteitä, joiden lähtökohtana on parantaa puron ekologista ja rakenteellista tilaa. Kunnostusten tavoitteet vaihtelevat, mutta liittyvät useimmiten vedenlaadun, eliöstön elinolosuhteiden ja maiseman parantamiseen. Kunnostus voi olla myös passiivista, jolloin luontaisen elpymiskehityksen annetaan muovata ekosysteemiä kohti sen luontaista tilaa (Gillian ym. 2005; Jormola ym. 2013; Roni & Beechie 2012). Alla on esitelty muutamia tämän tutkimuksen kannalta keskeisiä menetelmiä purouomien tilan parantamiseksi.

Yleinen purojen uomarakenteen monipuolistamisessa käytetty menetelmä on uomien uudelleen kiveäminen ja soraistaminen. Kivien lisäämisen tavoitteena on tarjota suoja- ja ruokailupaikkoja eliöstölle, lisätä karikkeen pidätyskykyä, virtausvaihtelua ja uoman pohjan syvyysvaihtelua sekä hallita eroosiota (mm. Brookes & Sear 1996; O'Grady 2006). Pienempää kiviainesta lisäämällä uomaan pyritään luomaan lisääntymishabitaatteja virtavesikutuisille kaloille. Sora sijoitetaan uoman nopeasti virtaaville osuuksille kivien tai puunrunkojen äheisyyteen siten, että emokaloille ja kuoriutuville kalanpoikasille on tarjolla suojaa (Cowx & Welcomme 1998; Larsen 1994).

Suisteiden ja muiden virranohjaimien tarkoituksena on ohjata uoman luontaisia kulkeutumis- ja kasautumisprosesseja siten, että uomaan kehittyy syvyys- ja leveysvaihtelua sekä tarvittaessa suojata uoman rantoja eroosiolta (Brookes & Sear 1996, Jormola ym. 2003). Materiaalina käytetään kiviä, puunrunkoja tai puusta rakennettuja seinämiä (O'Grady 2006).

Kuolleella puuaineksella on todettu olevan tärkeä merkitys purojen ekologialle (esim. Gerhard & Reich 2000, Roni ym. 2015). Rantapuita voidaan kaataa uomaan juurineen, joka lisää rannan

monimuotoisuutta ja eliöstölle tärkeää varjostusta. Puunrunkoja tai oksaisia rungon osia voidaan jättää myös ajopuiksi, jotka vaihtavat paikkaa tulvien mukana (Järvenpää 2003; Moilanen 2008).

Pohjakynnykset ovat matalia, kivistä tai puusta tehtyjä luonnonkoskea tai virtapaikkaa muistuttavia rakenteita, jotka tasaavat vedenkorkeuden vaihtelua ja vähentävät virtausnopeutta (Halttunen & Lakso 1983). Uomarakenteen monipuolistamisen lisäksi ne voivat pidättää pohjalulkeumana liikkuvaa kiintoainetta ja vähentää eroosiota. Itse rakenne tarjoaa eliöstölle suojapaikkoja ja kiinnittymisalustoja. Pohjakynnykset suunnitellaan siten, etteivät ne aiheuta vaellusestettä eliöstölle ja niitä rakennetaan yleensä useita peräkkäin (Jormola ym. 2003).

Suoristettujen uomien mutkittelu voidaan palauttaa kaivamalla uomalinjaus uudelleen meanderoivaksi, hyödyntämällä uoman luontaista elpymiskehitystä tai johtamalla vesi takaisin vanhoihin mutkiin, jos ne ovat edelleen maastossa nähtävissä (Kondolf ym. 2006). Uomien uudelleenvesittäminen on mahdollista kohteissa, joissa alkuperäiset meanderit ovat maastossa paikannettavissa. Veden pääsy suoritettuun uomaan estetään rakentamalla patoja ja mutkittelevaa uoman suuaukkoa madalletaan tarvittaessa (Hartikainen ym. 2008).

Elpymiskehityksen hyödyntämisen periaatteena on välttää uomaan kohdistuvaa aktiivista kunnostamista ja antaa luonnon prosessien muovata uoma kohti luontaista tasapainotilaa (Brookes 1992; Roni & Beechie 2013; Gillian ym. 2005). Menetelmä on kustannustehokas, koska elpymiskehityksen käynnistämiseksi tarvittavat toimenpiteet voivat olla hyvin pienimuotoisia (Jungwirth ym. 2002). Tarvittaessa luontaisen elpymisen käynnistymistä voidaan nopeuttaa esimerkiksi asettamalla suoristetun uoman molemmille rannoille virranohjaimia, jotka edesauttavat mutkien kehittymistä. Kalaston ja kasvillisuuden on havaittu palaavan luontaisesti elpyneisiin uomiin verrattain nopeasti (Milner 1994).

Maatalousalueiden uomien tilan parantamiseksi kehitettyjen luonnonmukaisten peruskuivatusmenetelmien tarkoituksena on lisätä uomien ekologista monimuotoisuutta ja ylläpitää samanaikaisesti peltojen hyvää kuivatustilaa. Luonnonmukainen peruskuivatus perustuu uoman luontaisen elpymiskehityksen hyödyntämiseen (Näreaho ym. 2006). Veden virtaus ja eroosioprosessit aiheuttavat usein ylileveäksi kaivetussa uomassa luiskien sortumista. Sopivissa olosuhteissa kasvillisuus ja erodoitunut maa-aines muodostavat uoman pohjalle luontaisen tulvatasanteen, jonka keskelle syntyy mutkitteleva alivesiuoma (Hupp 1992; O'Grady 2006). Uomien uudelleenperkauksissa alivesiuoma jätetään koskematta ja uoman

poikkileikkausta laajennetaan uoman luiskaan kaivettavien tulvatasanteiden (myös terassi) avulla (Powell ym. 2007). Tulvatasanteiden on havaittu pidättävän uomissa liikkuvia kiintoaineista ja ne voivat toimia sopivissa olosuhteissa näin ollen myös vesiensuojelurakenteina (Västilä & Järvelä 2017; Västilä 2015).

1.2.3. Kunnostusten vaikuttavuus

Suomen purokunnostusten kokonaismäärästä ei ole tarkkaa tietoa, koska kunnostuksia toteuttavat monet eri tahot eivätkä toimenpiteet pääsääntöisesti ole luvanvaraisia. Laajimmassa mittakaavassa puroja on inventoitu ja kunnostettu lijoen alueella, jossa metsähallitus aloitti purojen tilan parantamisen 1990-luvun puolivälissä (Hyvönen ym. 2005). Vuoteen 2017 mennessä lijoen alueella oli kunnostettu yhteensä 150 kilometriä purouomia (Luhta & Moilanen 2018). Suomen metsäkeskus kerää tietoa yksityismailla KEMERA-rahoituksella ja osana METSO-elinympäristöjen hoitotoita toteutetuista metsäpurojen kunnostuksista, joita oli vuoteen 2013 mennessä toteutettu 45 kohteessa (Seppälä 2013). Taajama- ja kaupunkialueilla purojen ympärille on kehittynyt aktiivista vapaaehtoistoimintaa ja kunnostetuista kaupunkipuroista on muodostunut paikoin merkittäviä kalaston poikastuotantoalueita (Hämäläinen 2015). Maatalousalueiden purojen tilan parantamiseksi on kehitetty luonnonmukaisia peruskuivatusmenetelmiä, joissa uoman rakennetta monipuolistetaan heikentämättä ympäröivien peltojen kuivatustilaa (Jormola ym. 2003; Näreaho ym. 2006).

Suomessa virtavesikunnostusten vaikuttavuutta käsitteiden tutkimusten mukaan kunnostusten ekologiset vaikutukset vaihtelevat. Elinympäristökunnosten vaikutukset lohikalojen esiintymiseen ovat useiden tutkimusten mukaan jääneet vähäisiksi (Koljonen 2011; Louhi 2010; Muotka & Syrjänen 2007; Vehanen ym. 2010). Kunnostuksilla ei havaittu olevan myöskään selkeää vaikutusta pohjaeläinlajiston monimuotoisuuteen, mutta lehtikarikkeen pidätyskykyä kunnostuksilla on voitu selvästi parantaa (Koljonen 2011; Louhi 2010; Louhi ym. 2011; Muotka & Syrjänen 2007). Marttilan (2017) laajaan seuranta-aineiston analyysiin perustuvan tutkimuksen mukaan kunnostuksilla on kuitenkin saavutettu niille asetettujen tavoitteiden mukaisia tuloksia ja kasvatettu muun muassa lohikalojen poikasmääriä, joskin tutkimuskohteiden välillä havaittiin melko suuria eroja (Marttila 2017).

Puuaineksen käyttöä uomakunnostuksissa on suositeltu sen laajojen, monimuotoisuutta lisäävien vaikutusten vuoksi (Louhi & Koljonen 2016; Roni ym. 2015). Turusen (2018) mukaan kiviaines hyödyttää vesieliöstöä puurakenteita enemmän, mutta puuaineksen lisäämisellä

voidaan pidättää vettä ja vaikuttaa rannan kasvillisuuden kehittymiseen kiveä tehokkaammin (Turunen 2018). Valuma-alueen kuormituksen vähentäminen on kunnostusten kannalta tärkeää. Uomien hiekoittuminen, sedimentoituminen ja maa- ja metsätalouden hajakuormitus heikentävät eliöyhteisöjen tilaa, jota ei pelkillä uoman rakenteeseen kohdistuvilla kunnostustoimenpiteillä pystytä pysyvästi parantamaan (Koljonen 2011; Louhi 2010; Marttila 2017; Muotka & Syrjänen 2007; Turunen 2018).

Virtavesikunnostusten sosioekonimisia vaikutuksia on selvitetty Keski-Suomessa ja kunnostuksilla on havaittu olleen positiivisia vaikutuksia ihmisten asumisviihtyvyyteen, elinympäristön laatuun ja kylätoimintaan. Kunnostuksilla on myös pystytty aktivoimaan koskikalastusharrastusta ja vaikuttamaan merkittävästi alueen matkailuyritysten liiketoiminnan kasvuun (Olkio & Eloranta 2007). Suomen ympäristökeskuksen tutkimusten mukaan purovesistöillä on tärkeä merkitys niiden lähialueiden asukkaille (Lehtoranta ym.2012; Lehtoranta ym. 2013; Lehtoranta ym. 2017; Sarvilinna ym. 2017; Sarvilinna ym. 2018).

1.3. Aikaisempi tutkimus

Purojen ja muiden pienvesien tilan muuttuminen ja sen aiheuttamat ongelmat on tiedostettu Suomessa verrattain pitkään. Suomen luonto -lehti nosti aiheen esiin vuonna 1977 julkaisemalla artikkelin Etelä-Pohjanmaan pikkuvesien hätätilasta (Luhta & Sevola, 1977). Alueelliset vesi- ja ympäristöpiirit toteuttivat vuosina 1989-1994 laajan pienvesien valtakunnallisen inventointitutkimuksen, jossa suurin osa koko maan pienvesistä inventointiin maastossa. Tutkimusten tuloksista koottiin alueelliset raportit sekä valtakunnallinen yhteenveto (Räike 1993). Geologian tutkimuskeskus toteutti samoihin aikoihin myös laajan, valtakunnallisen tutkimuksen purovesien ja purosedimenttien geokemiallisesta koostumuksesta (Lahermo ym. 1996).

Keski-Euroopassa sovellettuja luonnonmukaisen vesirakentamisen menetelmien käyttöä Suomen virtavesien tilan parantamisessa alettiin tutkia 1990-luvun puolen välin jälkeen Teknillisessä korkeakoulussa ja Suomen ympäristökeskuksessa (mm. Jormola ym. 1998; Jormola ym. 2003; Järvelä ja Helmiö 2004; Järvelä 1998). Kokemuksia menetelmistä haettiin useilla Keski-Eurooppaan suuntautuneilla ekskursiolla (Hanski & Jormola 2000; Jormola & Pajula 1998; Järvelä & Vakkilainen 1996). Vuonna 1999 käynnistyi "Pohjoisten jokivesistöjen monimuotoisuus sekä luonnonmukaiset menetelmät (Luomujoki)"-hanke, jota seurasi pienten virtavesien tilan parantamiseen liittyviä tutkimus- ja kehityshankkeita. Tutkimusten pääpaino oli

menetelmien testaamisella eri olosuhteissa: Maatalousalueilla, taajamissa ja metsissä (Kerätär 2003, Niemelä ym. 2004, Näreaho ym. 2006, Sarvilinna ym. 2012).

Metsätalouden aiheuttaman hiekoittumista ja sen torjuntamekanismeja ja kunnostusten ekologisia vaikutuksia on selvitetty monissa pääsääntöisesti Pohjois-Suomeen sijoittuvissa tutkimuksissa (mm. Ahola & Havumäki 2008; Aroviita ym. 2016; Kocis 2018; Luhta ym. 2012; Marttila 2017; Muotka & Laasonen 2002, Muotka ym. 2002, Turunen ym. 2017; Turunen 2018). Metsäalueiden purot, niiden merkitys, suojelu ja kunnostus ovat esillä lukuisissa muissakin tutkimuksissa (mm. Ahtiainen 1991; Meriluoto & Soininen 1998; Muotka & Syrjänen 2007; Joensuu ym. 2006; Luhta ym. 2012; Ohtonen 2005; Rääpysjärvi ym. 2016; Vehanen ym. 2010).

Maatalousalueiden purojen tilan parantamiseksi kehitettyjä luonnonmukaisia peruskuivatusmenetelmiä ja niiden vaikutuksia on testattu SYKEN ja alueellisten ELY-keskusten tutkimushankkeissa (mm. Kerätär 2003; Näreaho 2006). Aalto-yliopisto on tutkinut luonnonmukaisten menetelmien vaikutuksia uomien kiintoaine- ja ravinnekulkeuman hallintaan (Västilä ym. 2011; Västilä 2015). Maatalousalueiden purojen laajamittaisia kunnostuksia ei ole Suomessa toteutettu eikä niihin liittyvää tutkimusta näin ollen ole toistaiseksi tehty.

Purojen kalakantoja ja niiden geneettistä alkuperää on tutkittu paikallisesti ja alueellisesti mm. kalataloushallinnon, ELY-keskusten ja vapaaehtoisjärjestöjen toimesta. Pienten virtavesien vertikaalisen jatkumon ekologisen merkityksen ja etenkin tierumpujen aiheuttaman ongelman nostaa esiin mm. Eloranta monissa aiheeseen liittyvissä tutkimuksissaan (mm. Eloranta 2000; 2003; 2007; 2010 ja 2016, Eloranta & Eloranta 2016; Eloranta & Kovanen 2006). Kunnostusten vaikutuksia lohikalakantoihin ovat tutkineet mm. Muotka ym. (2007), Vehanen ym. (2010), Louhi (2010) ja Koljonen (2011) (Koljonen 2011; Louhi 2010; Muotka ym. 2007, Vehanen ym. 2010).

Kaupunkipurojen tilaa, hydrologiaa ja kunnostustarvetta on tutkittu etenkin Helsingissä, jonka purovesistöt ovat olleet useiden tutkimusten kohteena (mm. Hjerppe 2010; Ketola 1996; Koho 2008; Ruth 2004; Sarvilinna ym. 2012; Tarvainen 2005). Useat kaupungit ovat tehneet pienvesiin liittyviä selvityksiä ja ohjelmia, joiden yhteydessä on kartoitettu pienten uomien tilaa ja kalastoa (mm. Helsingin kaupungin rakennusvirasto 2007; Janatuinen 2008, Janatuinen 2012).

Laajempien vesistöhankeiden kunnostuksen suunnittelusta ja siihen kehitetyistä työkaluista on julkaistu muutamia tutkimuksia, mutta pienten vesien osalta suunnittelua ja kunnostusprosessin läpivientiä on tutkittu Suomessa varsin vähän. Purojen kunnostushankkeen suunnitteluun liittyvää valuma-alueäkokulmaa käsittelevät Sarvilinna ym. Helsingin

Longinojaan keskittyvässä tutkimuksessaan (Sarvilinna ym. 2012). Virtavesien kunnostusten sosioekonomisia vaikutuksia on tutkittu melko laajasti 2000-luvun aikana. (mm. Lehtoranta ym. 2012, 2013, 2017; Olkio & Eloranta 2007, Sarvilinna ym. 2017, 2018). Tutkimuksiin sisältyy isompien virtavesien tarkastelun lisäksi myös puroluokan vesistöjä.

Virtavesikunnostusten suunnitelmalliseen tavoitteidenasetteluun Keski-Euroopassa kehitettyä tavoitekuvatarkastelumenetelmää ja sen soveltamista Suomessa alkoi 1990-lopulla selvittää Jormola ja Järvelä. Menetelmä on esillä luonnonmukaista vesirakentamista käsittelevissä julkaisuissa (Hanski 2000; Jormola ym. 1998; Jormola ym. 2003; Järvelä 1998; Niemelä ym. 2004). Järvelä (1998) käsittelee virtaveden tavoitekuva ja sen eurooppalaista syntyhistoriaa tutkimuksessa ”Luonnonmukaisen vesirakennuksen periaatteet ja hydrauliset näkökulmat” (Järvelä 1998). Laajimmin tavoitekuvatarkastelumenetelmän käyttöön paneutuu Järvenpää diplomityössään ja sen pohjalta laaditussa Suomen ympäristökeskuksen julkaisussa ”Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa – esimerkkinä Nuuksion Myllypuro” (2004). Tutkimuksessa kuvataan tavoitekuvatarkasteluprosessin teoreettinen tausta ja testataan menetelmää käytännön kohteessa (Järvenpää 2004).

1.4. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ylläpitämässä uomaverkostoaineistossa puroja on 52 000 km, mutta todellinen kokonaismäärä on tätä suurempi, koska uomaverkkoaineisto ei kata valuma-alueeltaan alle 10 km² uomia (Suomen ympäristökeskus 2018). Kunnostustarpeessa olevien purovesistöjä voidaan arvioida olevan kymmeniätuhansia kilometrejä. Huolimatta purovesistöjen heikosta ekologisesta tilasta on niiden arvostus viimeisten vuosikymmenten aikana noussut. SYKE on tutkinut kansalaisten suhtautumista lähialueensa puroihin ja osallistumishalukkuutta niiden tilan parantamisen kustannuksiin eri puolilla Suomea. Tutkimusten tulokset osoittavat, että purot ovat ihmisille tärkeitä ja purojen lähiympäristön asukkaan olisivat myös valmiita osallistumaan kunnostusten kustannuksiin (Lehtoranta ym. 2012, 2013, 2017; Sarvilinna ym. 2017, 2018).

Vesipolitiikan puitedirektiivin (VPD) tavoitteiden toteutuminen edellyttää pintavesien hyvän tilan saavuttamista vuoteen 2025 mennessä (Mäenpää & Olin 2011). Suomi on myös sitoutunut mm. maailmanlaajuiseen heikentyneiden ekosysteemien ennallistamisen vähintään 15 prosentin pinta-alaosuuden tavoitteen saavuttamiseen vuoteen 2020 mennessä. Pienvesien tilan parantamisesta linjataan vuonna 2015 julkaistussa, ympäristöministeriön ja maa- ja

metsätalousministeriön yhteistyönä laaditussa pienvesien suojelu- ja kunnostusstrategiassa (Hämäläinen 2015).

Virtavesien kunnostamisen ongelmana on toimenpiteiden kohdistuminen yleensä vain tietyille, lyhyehköille uomaosuuksille (Cowx 2004). Valuma-alueen maankäytöllä ja kuormituksella on suuri vaikutus puroihin ja niiden eliöyhtesöihin (Turunen 2018). Vesiensuojeluratkaisujen ja kunnostustoimien oikean sijoittamisen varmistamiseksi tulisi purojen tilan parantamisen aina lähteä liikkeelle valuma-alueen, tulva-alueen ja uomajatkumon tarkastelusta (Cowx 2004; Larsen 1994; Muhar 1996). Lyhyille uomaosuuksille kohdistuvilla kunnostuksilla ei välttämättä saada tuloksia, koska muualla uomastossa tai valuma-alueella toteutetaan samanaikaisesti vesistön tilaa heikentäviä toimenpiteitä. Hämeen ELY-keskuksen vuonna 2017 tilaamassa selvityksessä ilmeni, että lähes 40 % ELY-keskuksista on myöntänyt rahoitusta kunnostuskohteisiin, jotka kuuluvat ojitusyhtiön velvoitealueeseen. Käytännössä samoissa uomissa voidaan toteuttaa samanaikaisesti sekä kunnostuksia että kunnossapitoperkauksia (Laine 2017). Tarve valuma-alueelähtöisyyden kehittämiseen virtavesien tilan parantamisessa on ollut esillä useissa selvityksissä ja valtiohallinnon strategisissa linjauksissa (esim. Hanski 2000; Hämäläinen 2015; Olin 2013; Ympäristöministeriö 2007).

Kunnostusten vaikutuksista on myös varsin vähän tietoa, koska läheskään kaikkiin kunnostuksiin ei sisälly järjestelmällistä seuranta. Kunnostusten seurannan puutteet ovat olleet esillä jo 1990-luvun alusta alkaen (Mäki-Petäys ym. 1999). Ongelma on maailmanlaajuinen ja siitä johtuen pienten virtavesien kunnostusmenetelmät ovat kehittyneet vuosikymmenten saatossa varsin vähän (Kondolf & Micheli 1995; Kondolf 2006; Rubin ym. 2017). Seurantaan ei tutkimushankkeiden ulkopuolella suunnata voimavaroja, koska seuranta koetaan usein kalliiksi tai vaikeaksi toteuttaa eikä siihen panostamisen hyötyä nähdä. Kunnostusten tulokset eivät aina vastaa odotuksia ja niillä voidaan pahimmassa tapauksessa aiheuttaa haittaa ympäröivälle ekosysteemille (Agelopoulos ym. 2017; Ryder ym. 2008).

Keski-Euroopassa ja Amerikassa on käytössä virtavesien kunnostussuunnittelumenetelmiä, jotka perustuvat kohteen ja sen valuma-alueen tarkasteluun kokonaisuutena, ekosysteemin alkuperäisten ominaispiirteiden selvittäminen ja tavoitteiden monipuoliseen määrittelyyn. Seuranta ja kunnostuksen vaikutusten arviointi rakennetaan jo suunnitteluvaiheessa osaksi kunnostusprosessia (Kondolf ym. 2016; Muhar 2018; Palmer ym. 2005). Suunnitelmallisen tavoitteiden asettelu on havaittu edistävän kunnostusten onnistumista (Ryder ym. 2008).

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää voiko suunnitelmallinen tavoitteiden asettelu tarjota ratkaisuja purojen tilan parantamisen haasteisiin Suomessa. Tutkimuksessa testattiin Keski-Euroopassa käytössä olevien tavoitteidenasettelumenetelmien (tavoitekuvatarkastelu, SMART-laatukriteerit) toimivuutta kunnostussuunnittelussa. Tavoitteena oli kokemusten perusteella luoda toimintamalli, jota voidaan hyödyntää virtavesikunnostuksien suunnittelussa valtakunnallisesti. Tutkielma käsittelee puroja yleisesti, mutta esimerkkikohteen kautta keskittyy maatalousalueen purovesistön kunnostamiseen.

Tutkimuksessa kuvataan Suomen ensimmäinen, laajamittainen maatalousalueen purojen kunnostaminen, jossa Hämeenkoskella sijaitseva Kumianoja palautettiin noin kilometrin matkalta virtaamaan alkuperäiseen, mutkittelevaan linjaukseensa. Tutkimuksen tavoitteena oli suunnitelmallisen tavoitteenasettelun testaamisen lisäksi luoda kunnostuksen dokumentoinnin avulla kokonaiskuva purokunnostushankkeen suunnittelun ja toteuttamisen eri vaiheista. Keskeinen tavoite oli lisäksi kytkeä seurantaohjelman luominen osaksi kunnostussuunnittelua. Tutkimuksessa arvioidaan suunnitelmallisen tavoitteiden asetteluun toimivuutta ja kehittämistarpeita sekä kunnostuksen onnistumista heti toteuttamisen jälkeen.

Tutkimus ja Kumianojan kunnostaminen olivat osa Suomen ympäristökeskuksen ”Kuivatustoiminnassa muuttuneiden virtavesien kunnostus ja hoito (KURVI)” –hanketta (2016-2018). Hanketta rahoitti ympäristöministeriö ja se kuului Sipilän hallitusohjelman vesien- ja merenhoidon toimeenpanoa edistäviin kärkihankkeisiin. KURVI-hankkeen päämääränä oli parantaa maatalouden kuivatustoiminnan heikentämien virtavesien ekologista tilaa vuonna 2015 julkaistun kansallisen pienvesien suojele- ja kunnostusstrategian ja vuonna 2011 uudistuneen vesilain tavoitteiden mukaisesti. Uudessa vesilaissa turvataan luonnontilaisten ja luonnontilaisen kaltaisten uomien ominaispiirteiden säilyminen. Hanke oli jatkoa SYKEN aikaisemmille virtavesien kunnostamisen ja luonnonmukaisen peruskuivatustoiminnan edistämishankkeille (Hjerpe ym. 2018).

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

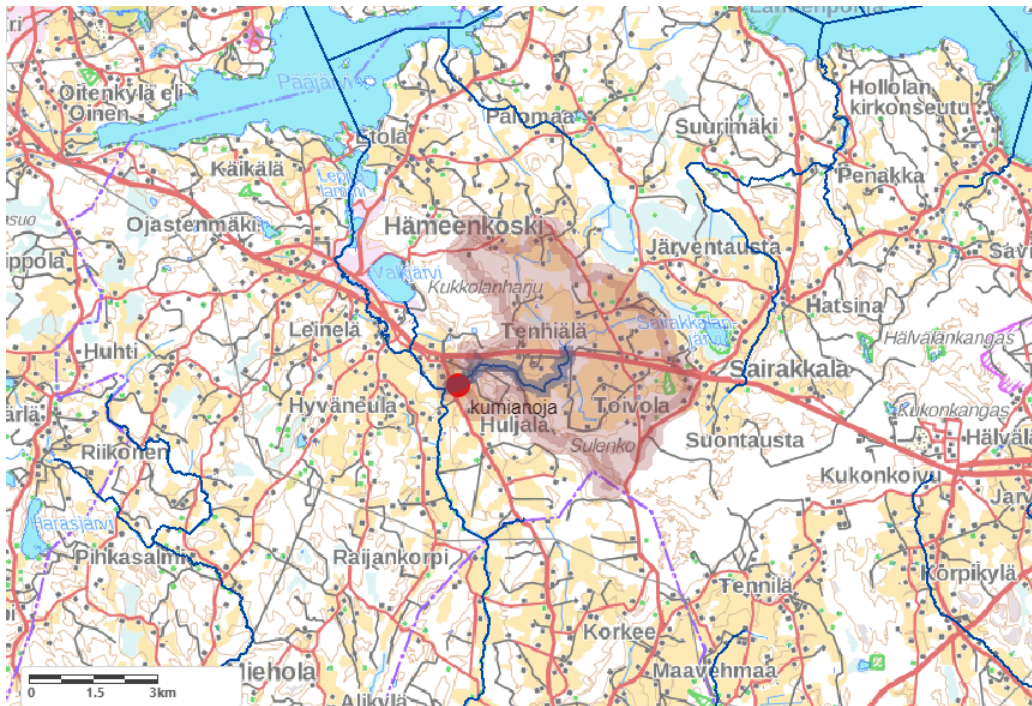
2.1. Tutkimusalueen kuvaus

Tutkimuksen kohteena oleva Kumianoja sijaitsee Päijät-Hämeessä Hollalan kuntaan kuuluvalla Hämeenkoskella. Puro saa alkunsa Toivolan-, Kastarin- ja Tenhiälän kylien laajoilta peltoalueilta ja laskee Vanajaveden reitin itäisimpään haaraan kuuluvaan Teuronjokeen. Kumianojan valuma-

alue on verrattain suuri, yläosassaan noin 17.18 km² ja alaosassaan noin 19.76 km² ja uoma määritellään vesilain mukaisesti puroksi (kuva 1) (Suomen ympäristökeskus 2017). Kumianoja kuuluu Kokemäenjoen vesistöalueeseen (35), Teuronjoen valuma-alueeseen (35 934), ja Kokemäenjoen Saaristomerren-Selkämeren vesienhoitoalueeseen (Westberg 2015). Kumianojan valuma-alueesta oli vuonna 2017 maatalousmaata 46,8 %, metsää, avoimia kankaita ja kalliota 48,9 % ja rakennettuja alueita 2,3 % (Suomen ympäristökeskus 2017).

Kumianoja puhkaisee I ja II Salpausselän väliin jäävän Kosken-Sulengon pitkittäisharjujakson virraten jyrkkärinteisen ja kanjonimaisen Helvetinrotkon pohjalla, Ilola-Kukkolanharjun ja Kukonkoivu-Hatsinan pohjavesialueiden rajalla (Ahonen & Valjus 2011; Lipponen 2001). Kumianoja on perattu ja suoristettu lukuottamatta Helvetinrotkon aluetta, jossa uoma virtaa luonnontilaisena.

Tutkimusalue sijoittuu Helvetinrotkon lounaispuolelle, jossa uoma virtaa peltoalueiden väliin jäävän laakson pohjalla (kuva 1). Puro suoristettiin 1980-luvun lopussa, kun maanomistaja suunnitteli niityn metsittämistä. Alkuperäistä, mutkittelevaa uomaa ei täytetty ja se säilyi osin näkyvissä maastossa. Myöhemmin metsittämissuunnitelmasta luovuttiin ja purolaakso otettiin laidunkäyttöön. Talvella 2018 uoma palautettiin takaisin mutkittelevaan linjaukseensa noin kilometrin matkalta. Tutkimusalueeseen kuuluu sekä purouoma, että sitä ympäröivä tulva-alue.



Kuva 1. Kumianojan tutkimusalueen sijainti ja valuma-alue VALUE-työkalulla rajattuna (Suomen ympäristökeskus 2017).

2.2. Tavoitekuvatarkastelu

Tavoitekuvatarkastelu (leitbild concept, quiding image) on virtavesien kunnostussuunnittelumenetelmä, joka perustuu virtaveden toivotuista ominaisuuksista laadittavien tavoitekuvien luomiseen (Larsen 1994; Palmer 2005). Lähtökohtana on määrittää kunnostettavan kohteen luonnontila ennen ihmisen toiminnan aiheuttamia muutoksia. Tätä virtaveden luonnollista toimintaa kuvaava tila toimii kunnostuksen ylätason päämääränä ja arviointiperusteena. Luonnontilan selvittämisen jälkeen määritellään kunnostuksen reunaehdot ja rajoitteet, jotka huomioon ottaen voidaan luoda realistiset kunnostustavoitteet ja toteuttamiskelpoinen kunnostussuunnitelma (Kern 1992; Kondolf ym. 2016; Muhar 2018).

Tavoitekuvatarkastelun juuret ovat Saksassa ja Itävallassa, jossa sitä hyödynnettiin ensimmäiseksi 1990-luvun alussa toteutettujen Kammbach-, Speltach- ja Gutenbach -jokien kunnostuksen suunnittelussa (Kern 1992). Sittenmin tavoitekuvatarkastelu on ollut käytössä Keski-Euroopassa ja Yhdysvalloissa monien eri kokoluokan virtavesien kunnostuksessa. Menetelmää on hyödynnetty esimerkiksi Tonavaan laskevan Drava-joen, saksalaisen Isar-joen ja kokoluokkaa pienemmän Vils-joen kunnostusten suunnittelussa (Binder 2004; Muhar ym. 2007).

Suomessa tavoitekuvatarkastelumenetelmää käsitellään luonnonmukaiseen vesirakentamiseen liittyvissä tutkimuksissa ja julkaisuissa. Järvelän (1998) mukaan tavoitekuva on kuvaus virtaveden toivotuista ominaisuuksista pitkällä tähtäyksellä ja se voi perustua virtavesiympäristön ”inventaarioon” tai johonkin historialliseen olotilaan. (Järvelä 1998.). Laajimmin tavoitekuvatarkastelua ja sen käyttöä Suomessa käsittelee Järvenpää (2004) tutkimuksessaan ”Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa – esimerkkinä Nuuksion Myllypuro”. Järvenpään tutkimuksessa tavoitekuvatarkastelumenetelmää sovelletaan käytännön kohteen ennallistamisen suunnittelussa ja toteuttamisessa (Järvenpää 2004).

Saksassa tavoitekuviin perustuva tarkastelumenetelmä on ollut käytössä virtavesikunnostusten lisäksi maankäytön suunnittelussa ja kaavoittamisessa. Menetelmässä on yhteneväisyyksiä virtavesikunnostuksissa käytettävän tavoitekuvatarkastelun kanssa, mutta konteksti on huomattavasti laajempi. Kaavoituksessa tavoitekuvia käytetään tietyn kohteen tai alueen kehittämisen suuntaviivojen luomiseen ja toimenpiteiden tarpeen arviointiin (Klug 2012; Potchin ym. 2010). Potchin ym. (2010) määrittelevät tavoitekuvan olevan laajaan tietopohjaan perustuva kokonaisnäkemys kohteen toivotusta tulevaisuuden tilasta, jossa otetaan huomioon

rajoitteet ja vaatimukset liittyen sosiaalisiin-, taloudellisiin-, kulttuurisiin-, poliittisiin- ja ympäristökysymyksiin. (Potchin ym. 2010).

Tavoitekuvatarkastelun keskiössä oleva luonnontilan käsite on ollut pohjana määriteltäessä vesipolitiikan puitedirektiivin mukaisen virtavesikohteiden ”hyvää ekologista tilaa”. Luonnontilan selvittäminen ja sen vertaaminen nykytilaan antaa vertailukelpoisen kuvan kohteen ekologisesta kokonaistilasta ja toimii mallina kunnostustoimenpiteiden suunnittelussa. Vertaamalla myöhemmin arvioitua luonnontilaa ja kunnostuksen lopputulosta voidaan arvioida toimenpiteiden onnistumista (Jungwirth ym. 2002; Muhar 2018).

Tavoitekuvatarkastelua on sovellettu eri kohteissa eri tavoin pääperiaatteiden säilyessä kuitenkin samankaltaisina. Tarkasteluun sisältyy seuraavat vaiheet:

- Kohteen nykytilan kartoitus.
- Luonnontilaisen uoman ja sen lähialueen ominaisuuksien selvittäminen.
- Nykytilan ja luonnontilan vertaaminen toisiinsa sekä kunnostustarpeen määrittely.
- Kunnostusten rajoitteiden ja reunaehtojen määrittely.
- Vaihtoehtojen vertailu, realististen tavoitteiden määrittely ja seurannan suunnittelu.
- Toteuttamiskelpoisen kunnostussuunnitelman laatiminen.

Kunnostuskohteen nykytilaa selvitetessä tarkastellaan sen ekologiaa, kuten kasvillisuutta ja eliöstöä (1). Morfologisten piirteiden tarkastelun kautta voidaan selvittää habitaattien tilaa ja maankäytön kautta kohteessa ja sen valuma-alueella tapahtuneita muutoksia. Luonnontilan määrittelyssä luodaan näkemys siitä, millainen kohde olisi, jos ihmistoiminnan aiheuttamia vaikutuksia ei olisi (Kern 1992; Kondolf ym. 2016; Palmer 2005).

Kohteen luonnontilan kuvaamisessa voidaan käyttää apuna vanhoja karttoja ja valokuvia sekä tarkastella maanpinnan muotoja ja maaperän laatua. Tarvittaessa luonnontilan määritteyksessä voidaan käyttää mallina kunnostuskohdetta muistuttavaa, mahdollisimman lähellä luonnontilaa säilynyttä referenssikohdetta, joka sijaitsee olosuhteiltaan samankaltaisessa uomassa (Järvenpää 2004). Luonnontilan määrittämisessä tarkastellaan vähintään seuraavia parametreja:

- kasvillisuus
- virtaama ja alueen vedenpidätys
- veden virtausreitti (suora, hieman mutkitteleva, meanderoiva).
- uoman poikkileikkauksen muoto

- habitaatit ja eliöyhteisöt uomassa ja sen lähiympäristössä
- vedenlaatu.

Luonnontilaa verrataan kohteen nykytilaan ja sitä kautta voidaan määritellä keskeiset ongelmat ja tunnistaa kunnostustarpeet. Luonnontilan täydellinen palauttaminen ei käytännössä ole mahdollista vaan ympäröivä maankäyttö ja muut reunaehdot, kuten esimerkiksi maanomistusolot tai tulvavaaran aiheutuminen, on otettava kunnostussuunnittelussa huomioon (Palmer ym. 2005).

Rajoitteiden ja reunaehtojen kartoittaminen luo edellytykset realististen kunnostustavoitteiden asettamiselle. Kunnostukselle määritetään päämäärät, joiden vuoksi kohde on päätetty kunnostaa. Vaikutusten seuranta on keskeinen osa tavoitekuvatarkastelua, jonka vuoksi määritetään yksilöidyt tavoitteet, jotka ovat mitattavissa tai selkeästi havainnoitavissa. Tavoitteiden määrittelyn jälkeen voidaan luoda toteuttamiskelpoisen kunnostussuunnitelma, jossa yhdistyy luonnontilan palauttamisen tavoite ja sen realistiset toteuttamismahdollisuudet. Kunnostusta voidaan arvioida vertaamalla luonnontilaa ja kunnostuksen lopputulosta keskenään (Kern 1992; Brookes & Shields 2001).

2.3. SMART-laatukriteerit

SMART-laatukriteerien tarkoituksena on selkeyttää kunnostuksen tavoitteenasettelua määrittelemällä tavoitteet ymmärrettävästi ja yksityiskohtaisesti, jotta niiden toteutumista voidaan arvioida ja seurata. Mitattavien ja realististen tavoitteiden asettaminen helpottaa sekä itse suunnitteluprosessia että kunnostuksen vaikuttavuuden arviointia (Roni & Beechie 2012). Alun perin SMART-laatukriteerit on kehitetty Yhdysvalloissa 1950-luvulla osana tavoitejohtamisen toimintamallia ja nykyisen ne ovat käytössä laajasti mm. markkinoinnin alalla (management by objectives, MBO) (Bogue 2005).

Asetettavien tavoitteiden tulee olla yksityiskohtaisia ja tarkoin määritettyjä (Specific), mitattavissa olevia (Measurable), saavutettavissa olevia (Achievable), järkeviä (Realistic) ja aikataulutettuja (Timeframe) (taulukko 2.) Hankkeen tavoitteiden yksilöiminen, arvioiminen ja toteutumisen mittaamisen suunnittelu auttaa luomaan kokonaiskuvan siitä mihin ollaan pyrkimässä ja karsii mahdolliset epärealistiset oletukset lopputuloksesta. Mitattavien tavoitteiden avulla seuranta rakentuu osaksi suunnittelua (Hammond ym. 2011).

Pääosin Iso-Britanniassa toimiva River Restoration Centre (RRC) on laatinut virtavesikunnostusten suunnittelun ja seurannan toimintamallin, jossa tavoitteidenasettelu toteutetaan SMART-laatukriteerien avulla. Toimintamallin vaiheet ovat seuraavat:

1. Kunnostusprojektin päätavoitteen asettaminen
 - esim. kalaston lisääntymisolosuhteiden parantaminen.
2. Kunnostusprojektin yksilöityjen tavoitteiden asettaminen
 - esim. padon poistaminen kalojen liikkumisen mahdollistamiseksi sen yläpuolisille soraikoille.
3. Mitattavien SMART-tavoitteiden määrittely
 - esim. padon ohi liikkuvien kalojen lukumäärän kasvattaminen, padon yläpuolisen soraikon kutukalojen lukumäärän kasvattaminen, uoman poikkileikkauksen kaventaminen tietyllä prosentilla.

(Hammond ym. 2011).

Taulukko 2. SMART-laatukriteerit kunnostuksen tavoitteiden asettelussa (Hammondin ym. 2011 mukaan)

SMART objectives	Kunnostuksen tavoitteet ovat:	Kuvaus
Specific	Yksityiskohtaisia ja tarkoin määriteltyjä	Tavoitteet on yksilöity, nimetty ja niiden sisältö on avattu.
Measurable	Mitattavissa olevia	Tavoitteet voidaan ilmaista suureilla (esim. uoman pituus, kalojen määrä, puuaineksen määrä) ja niiden toteutumista voidaan mitata.
Achievable	Saavutettavissa olevia	Tavoitteet ovat realistisia. Määrittelyssä voidaan käyttää apuna muita kunnostushankkeita tai luonnontilaista uomaosuutta mahdollisimman lähellä olevalta alueelta.
Realistic	Järkeviä	Tavoitteet on suhteutettu käytössä oleviin resursseihin (esim. rahoitus, henkilöt, aika) ja muihin reunaehtoihin. Esimerkiksi sidosryhmien näkemykset ja alueen maankäyttö voivat rajoittaa tavoitteiden asettamista.
Timeframe	Ajoitettu	Tavoitteiden toteuttamiselle on suunniteltu aikataulu, jossa on otettu huomioon projektin kesto ja kohteen kausittaiset ominaisuudet (esim. virtaama, eliöiden lisääntymisajat kasvillisuuden muodostuminen, maan kantavuus).

2.4. Kumianojan kunnostuksen tavoitteenasettelu

Tavoitteiden asettelua ei ole tarkoituksenmukaista toteuttaa kaikissa kohteissa tiukasti tiettyä kaavaa noudattaen vaan soveltaa sitä kohteesta ja projektien tavoitteista riippuen (Järvelä 1998; Palmer 2005). Kumianojan kunnostuksen tavoitteiden asettelu suunniteltiin alun perin toteutettavan tavoitekuvatarkasteluna, mutta suunnittelun edetessä päädyttiin yhdistämään tavoitekuvatarkastelumenetelmän ja SMART-kriteerien elementtejä (kuva 2). Molemmissa menetelmissä päämääränä on tarkastella kunnostettavaa kohdetta laajana kokonaisuutena ja luoda kunnostukselle tavoitteet, joiden toteutumista voidaan mitata ja seurata. Mitattavien tavoitteiden avulla seuranta voidaan rakentaa osaksi kunnostussuunnittelua.

Kumianojan kunnostuksessa testatun suunnitelmallisen tavoitteenasettelun vaiheet:

1. Kohteen nykytilan määrittäminen.
2. Kohteen alkuperäisen luonnontilan määrittäminen.
3. Luonnontilan vertaaminen nykytilaan.
4. Kunnostuksen tuottamien hyötyjen (ekosysteemispalvelut) arviointi.
5. Kunnostuksen reunaehtojen ja rajoitteiden määrittäminen.
6. Realististen tavoitteiden määrittäminen.
7. Kunnostussuunnitelman laatiminen.
8. Seurantasuunnitelman laatiminen.
9. Kunnostuksen toteuttaminen.
10. Seuranta ja arviointi.

Suunnitelmallinen tavoitteiden asetteluun testaaminen ja tavoitteiden määrittämistä varten tarvittuun tiedon hankintaan ja hyödyntämiseen on esitetty luvuissa 2.4.1.- 2.4.6.

2.4.1. Nykytilan määrittäminen

Kumianojan nykytila määriteltiin keskustelemalla maanomistajan kanssa, perehtymällä aiempiin tutkimuksiin ja kirjallisuuteen sekä tekemällä maasto- ja karttatarkasteluja. Nykytilaa selvitetessä tarkasteltiin uoman valuma-aluetta ja sen maankäyttöä, uomajatkumoa, uoman morfologiaa ja alueen ekologiaa, kuten kasvillisuutta ja eliöstöä. Uoman morfologisten piirteiden tarkastelun kautta selvitettiin habitaattien tilaa ja maankäytön kautta kohteessa ja sen valuma-alueella tapahtuneita muutoksia.

Valuma-alue ja maankäyttö

Valuma-alueen ja uomajatkumon tilaa selvitettiin karttatarkastelujen perusteella ja hyödyntämällä ympäristöhallinnon avoimen tiedon palveluita. Valuma-alueen koko ja maankäyttömuodot määritettiin SYKEN VALUE - valuma-alueen rajaustyökälulla. Valuma-alueen maankäyttömuodot perustuvat SYKEN CORINE2012 - maankäyttöluokitukseen (Suomen ympäristökeskus 2017).

Kumianojan valuma-alueen maaperä koostuu pääosin kivennäismaaleista: hiedasta, hienosta hiedasta ja hiesusta, pienillä aloilla on saraturvetta ja savea. Peltovaltainen (48,6 %) valuma-alue on haja-asutusalueetta eikä siellä ole merkittäviä pistekuormittajia. (Suomen ympäristökeskus 2017.) Kumianoja laskee Lammin Pääjärvestä Hausjärven Mommilanjärveen virtaavaan Teuronjokeen, joka on määritelty vesienhoidossa voimakkaasti muutetuksi vesimuodostumaksi (VoMu) säännöstelyn, patoamisen ja suoristamisen vuoksi (Westberg 2015). Teuronjoessa on viisi patoa, joista kaksi on kunnostettu kalastolle läpikulkukelpoiseksi (Hakala 2019).

Valuma-alueen peltovaltaisuus ja rinnepeltojen suuri osuus vaikuttaa Kumianojan vedenlaatuun ja uoman kiintoainekulkeuma ja veden ravinnepitoisuus on ajoittain suuri. Savisamennusta tai humuksen aiheuttamaa tummumista ei merkittävässä määrin esiinny, koska eloperäisten- ja savimaiden osuus valuma-alueen maaperästä on pieni. Voimakas lähteisyys laimentaa, kirkastaa ja viilentää Kumianojan vettä. Ilola-Kukkolanharjun pohjavesialue on määritelty ensimmäisen luokan pohjavesialueeksi ja siellä on arvioitu muodostuvan pohjavettä 7000 m³/d (Britschgi & Gustafsson 1996). Kumianoja saa osan vedestään Helvetinrotkon Helvetinlähteestä, jossa toimivalla Lahti Aquan vedenottamalla on oikeus pumpata vettä 4000 m³/d. Vesivaroja käytetään Lahden kaupungin, Hollolan ja Hämeenkosken kuntien vedenottotarpeisiin (Ahonen ja Valjus 2011).

Kumianojan pohjoispuolelle sijoittuu Lahden ja Tampereen välinen valtatie 12, jonka valumavedet päätyvät suoraan uomaan noin 300 metrin matkalta. Osa valumavesistä johdetaan pieneen laskeutusaltaaseen noin 100 metrin päähän uomasta.

Kumianoja kuuluu Kumianmäen perinnemaisema-alueeseen ja valtakunnalliseen Länsi-Hollolan kulttuurimaisema-alueeseen (Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy 1996). Uoman länsipuolelle sijoittuu Hyväneulan kulttuurimaisema ja keskiajalta peräisin oleva, Hämeen-, Turun- ja Viipurin linnojen välillä kulkenut Ylinen Viipurintie rajoittuu Helvetinrotkoon. (Hirvonen ym. 2013; Wager 2006). Helvetinrotko eteläpuolelle sijoittuva harjujakso kuuluu valtakunnalliseen

harjunsuojeluohjelmaan (Mäkinen 2013). Purolaakso on määritelty arvokkaaksi perinnebiotoopiksi ja Helvetirotko on maaperägeologiaaltaan, maisemaltaan ja eliöstöltään erityislaatuinen ympäristö (Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy 1996). Helvetinrotkon ainutlaatuinen ekologia ja maaperägeologia herättää ihmisten mielenkiintoa ja alueeseen käy tutustumassa säännöllisesti opiskelijoita, tutkijoita ja luontoharrastajia.

Hydromorfologia

Uoman hydromorfologiaa arvioitiin kartta-aineistojen ja maastotutkimusten avulla. Uoma valokuvattiin jatkoseurantaa varten. Tutkimusalueen maaperä on karkeaa ja hienoa hietaa, johon oli sekoittunut jonkin verran orgaanista- ja silttistä ainesta (Aho 2017). Kalliopinta sijaitsee tutkimusalueella 20-30 metrin syvyydessä (80-90 m mpy N60) ja pohjaveden pinta noin 40 metrissä (102-104 m mpy N60) (Ahonen ja Valjus 2011).

Kumianojan virtaamat määriteltiin vuonna 2017 valuma-alueeltaan ja kooltaan vastaavan Löytynojan vuodesta 1970 kerättyjen valuntatietojen perusteella (Aho 2017). Löytynojan valunta muutettiin Kumianojan virtaamaksi kertomalla valunta Kumianojan valuma-alueen pinta-alalla. Ahon mukaan ylivirtaamahavainto on vuodelta 2004, jolloin rankkasade nosti virtaaman heinäkuun lopussa. Ilman tuota tapahtumaa ylivirtaama olisi 3,28 m³/s (taulukko 3). Kumianojan valuma-alueen suuri peltovaltaisuus (49,8) vaikuttaa hydrologisiin olosuhteisiin.

Taulukko 3. Kumianojan virtaamat (m³/s) vuosina 1970-2017 (Aho 2017).

Alivirtaama (NQ)	0
Keskialivirtaama (NMQ)	0,09
Keskivirtaama (MQ)	0,18
Keskiylivirtaama (MHQ)	1,11
Ylivirtaama (HQ)	5,87

Ennen kunnostusta Kumianoja virtasi tutkimusalueella suoristetussa uomassa niityn laidassa. Karttatarkastelun perusteella uoma oli pituudeltaan 650 metriä ja sen mutkaisuusaste oli 1,03. Uoma oli suora sekä tasalevyinen ja - pohjainen ja siinä liikkui runsaasti hienoainesta. Uomassa oli tapahtunut hieman luontaista elpymiskehitystä, kun uoman reunat ovat paikoin sortuneet ja muodostaneet pohjalle kasaumia ja pientä virtaamavaihtelua. Virtavedelle tyypillinen vesi- ja rantakasvillisuus oli vähäistä eikä uomassa ollut puuainesta.

Yksi syy uoman suoristamiseen 1980-luvun lopulla oli ollut uoman voimakas erodoituminen. Maanomistajan mukaan uoman luontainen syöpymiseen ja kasautumiseen perustuva tasapaino oli häiriintynyt ja eroosio kohdistui purolaakson jyrkkään rinteeseen, jonka alareunaa uoma kulutti. Eroosio-ongelmien taustalla on valuma-alueen metsien hakkaamisen ja peltoviljelyn lisääntymisen äärevöittämät virtaamat. Ongelmat eivät poistuneet uoman suoristamisen jälkeen vaan jatkuivat suorassa uomassa ja sen yläpuolisella osuudella. Mutkien, kasvillisuuden ja puuaineksen puuttuminen sekä tulvimisen väheneminen lisäsivät entisestään sekä uomaeroosiota että rantojen kulumista.

Habitaatit

Kumianojan purolaakson kasvillisuuden ja eliöstön kehittymiseen on vaikuttanut sen pitkään jatkunut laidunkäyttö. Tulvaniityn kasvillisuuden seurantaan varten niitylle perustettiin koelohja kesällä 2017. Kartoituksen mukaan kasvillisuus oli tyyppillistä rehevän maan ruohovartista niittykasvillisuutta. Valtalajeina esiintyivät lehtovuohenputki (*Aegopodium podagraria*), niittykoiranheinä (*Dactylis glomerata*) ja isonokkonen (*Urtica dioica* L.) (liite 1). Aiemmissä kartoituksissa puronotkon laidunnetulta alueella tavattiin mm. kotkansiipeä, kevätlinnunsilmää ja kevätlehtoleinikkiä (Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy 1996).

Syksyllä 2017 suoristetussa uomassa ei juurikaan tavattu vesikasveja ja uoman penkoilla kasvoi pieniä kuusia ja heinävärtistä niittykasvillisuutta kuten niittykoiranheinää (*Dactylis glomerata*), niittyleinikkiä (*Ranunculus acris*), lehtovuohenputkea (*Aegopodium podagraria*). Kuivillaan olevan mutkauoman rantapuustona kasvoi harmaa- ja tervaleppiä, koivuja, pihlajia ja pieniä kuusia. Rantaviivan valtalajeina esiintyivät hiirenporras (*Athyrium filix-femina*), lehtovuohenputki (*Aegopodium podagraria*) ja huopaohdake (*Cirsium helenioides*). Uoman pohjalla kasvoi runsaasti rönsyleinikkiä (*Ranunculus repens*).

Kumianojaan nousee taimenia Teuronjoesta, jonka taimenkannan tila on arvioitu heikoksi (Mäkelä ym. 2015). Kumianojan kalakantaa on tutkittu vuosina 2011, 2016, 2017 ja 2018 sähkökoekalastusten avulla (Ranta & Puranen 2018). Vuonna 2011 tehdyn ensimmäisen sähkökoekalastuksen mukaan uoman alaosassa oli runsaasti taimenia (Ranta & Ruokolainen 2011). Helvetinrotkon alapuolella ollut nousueste poistettiin vuonna 2013, jonka jälkeen kalastolla oli mahdollisuus nousta tutkimusalueelle. Vuoden 2016 sähkökoekalastuksen ja maanomistajien näköhavaintojen perusteella taimenen elinalue oli laajentunut koko puron matkalle (Ranta & Mäkinen 2016). Suoran uoman pohjalla oli säännöllisesti haikaran jälkiä, joka viittasi siihen, että haikarat käyttivät suoraa uomaa ruokailupaikkanaan.

Syksyllä 2016 toteutettiin pohjaeläintutkimus, jossa näytteitä otettiin potkuhaavimenetelmällä neljältä koealalta, joista kaksi sijaitsivat suoristetussa uomassa, yksi ennallistetun alueen yläpuolisessa virtapaikassa ja yksi luonnontilaisella osuudella Helvetinrotkossa. Pohjaeläintutkimuksen tuloksista ilmeni, että huonoa veden laatua ilmentäviä mäkäreitä ja surviaissääskiä (*chironomidae*) oli suorassa uomassa selvästi uoman luonnontilaista osuutta enemmän. Monimuotoisuutta ilmentäviä päiväkörentoja ja vesiperhosia löytyi sekä suoristetun osuuden ylä-että alapuolelta hieman suorauomaa enemmän (liite 2).

2.4.2. Luonnontilan määrittäminen

Nykytilan tarkastelun jälkeen määritettiin uoman ja sen lähiympäristön oletettuja luonnontilaisia piirteitä. Kumianojan ja sen valuma-alueen luonnontilan selvittämisessä keskeisiä menetelmiä olivat kartta-aineistojen korkeusmalliin perehtyminen, keskustelun maanomistajan kanssa sekä tutustuminen kirjallisuuteen ja alueen vanhoihin karttoihin.

Tarvittaessa luonnontilan määrittämisessä voidaan käyttää mallina kunnostuskohdetta muistuttavaa, mahdollisimman lähellä luonnontilaa säilynyttä referenssikohdetta, joka sijaitsee olosuhteiltaan samankaltaisessa uomassa (Järvenpää 2004). Kumianojalla referenssikohteena käytettiin noin 200 metriä kunnostetun alueen yläpuolella olevaa uoman luonnontilaista osuutta.

Valuma-alue

Valuma-alueen luonnontilaisia piirteitä arvioitiin tutustumalla aiempiin tutkimuksiin, Päijät-Hämeen maankäytön historiaan ja vanhoihin karttoihin. Alueen kallioperää on kartoitettu ensimmäisiä kertoja jo 1800-luvulla. Kumianojan valuma-alue kuuluu A.F. Tigerstedtin vuonna 1888 julkaisemaan Hämeenlinnan geologiseen karttataalehteen, jota varten tehty kartoitus on ensimmäisiä Suomen kallioperän kartoituksia (Lehijärvi 1962).

Luonnontilaisen Kumianojan valuma-alue on koostunut pääosin metsästä. Valuma-alueen ominaispiirteisiin kuuluvat jääkauden synnyttämät reunamuodostumat ja harjut, joiden yhteydessä on runsaasti suppakuoppia ja osin vaikeakulkuista kangasmaastoa. Harjujaksot syntyivät 12 000 vuotta sitten mannerjäätikön perääntyessä I. Salpausselän alueelta. (Ahonen ja Valjus 2011.) Kumianoja näkyy vuoden 1855 Kalmberin kartastossa, jossa valuma-alueesta osa on jo raivattu pelloksi, mutta pääosin alue on vielä metsää tai kaskimaata (kuva 2).



Kuva 2. Kumianoja vuoden 1855 kartassa (www.vanhakartta.fi).

Alueen kallioperä on muodostunut pääosin mikrokliinigraniitista joka on yleinen kivilaji Suomen eteläosissa ja sen vaikutus vedenlaatuun on vähäinen (Suominen & Sipilä 1994). Metsävaltainen, pääosin kivennäismaalajeista muodostunut valuma-alue ja runsas pohjavesivaikutteisuus viittaavat siihen, että Kumianojan vesi on ollut ennen ihmistoiminnan vaikutusta kirkasta ja suhteellisen vähäravinteista.

Rakenne

Kumianoja on ollut luonnontilassa hienojakoisen maalajien uomille tyypillisesti mutkitteleva ja jyrkkärantainen. Vanhat meanderit olivat ennen kunnostusta tutkimusalueella edelleen maastossa nähtävissä ja ne näkyivät selvästi myös kartta-aineistojen korkeusmallissa (kuva 3). Uomalinjaus digitoitii korkeusmallin avulla kartalle, jonka perusteella saatiin selvitettyä uoman linjaus ja alkuperäinen pituus ennen suoristamista. Uoman kokonaispideksi saatiin 930 metriä ja mutkaisuusasteeksi 1,47.



Kuva 3. Kumianojan alkuperäinen uoma kuivillaan maastossa ennen uudelleenesittämistä. Kuva Liisa Hämäläinen

Kuivauoman kaarteisissa oli näkyvissä edelleen särkkiä, joka on merkki sedimentin pohjakulkeumasta. Uoman leveys vaihteli 1-2,5 metrin välillä, kun kasvillisuus ja puiden juurakot olivat kuroneet uomaan kaventumia, mutta kaarteet olivat muotoutuneet selvästi leveämmiksi. Rannalla oli puustoa, joiden juuret sitoivat töyrästä ja muodostivat siihen poukamia ja koloja. Kuivauoma oli täyttynyt orgaanisella aineksella eikä pohjanmuotoja ollut enää selvästi nähtävissä. Uomassa voidaan olettaa olleen melko suurta syvyysvaihtelua johtuen pohjan hienojakoisuudesta, uomat mutkaisuudesta ja uomassa olleesta puuaineksesta.

Habitaatit

Kumianoja virtaa kunnostusalueen alapuolella sijaitsevan Helvetinrotkon läpi pääosin luonnontilaisena. Helvetinrotko on määritelty metsälain erityisen arvokkaaksi elinympäristöksi (Hirvonen 2013). Helvetinrotkossa tavataan tyypillisen lähde- ja kosteikkokasvillisuuden lisäksi runsaasti mm. uhanalaiseksi luokiteltua purosätkintä (*Ranunculus trichophyllus* ssp. *trichophyllus*) ja harvinaista tihkuleväsammalta (*Plagionium elatum*). Alueella pesivät koskikara (*Cinclus cinclus*) ja liito-orava (Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy 1996).

Tutkimusalue poikkeaa kaltevuus- ja maaperäolosuhteiltaan Helvetinrotkosta, mutta oletettavasti myös tutkimusalueella on ollut merkittävää monimuotoisuutta uoman monimuotoisen rakenteen ja pohjavesivaikutuksen vuoksi. Purolaakso on ollut luontaista tulva- aluetta, jolle vesi on noussut kapeasta uomasta säännöllisesti, joka osaltaan on vaikuttanut alueen kasvillisuuteen ja eliöstöön. Luonnontilaisessa uomassa voidaan olettaa olleen puuaineista, joka on tarjonnut eliöstölle habitaatteja ja vaikuttanut mm. pohjaeläinlajiston runsauteen.

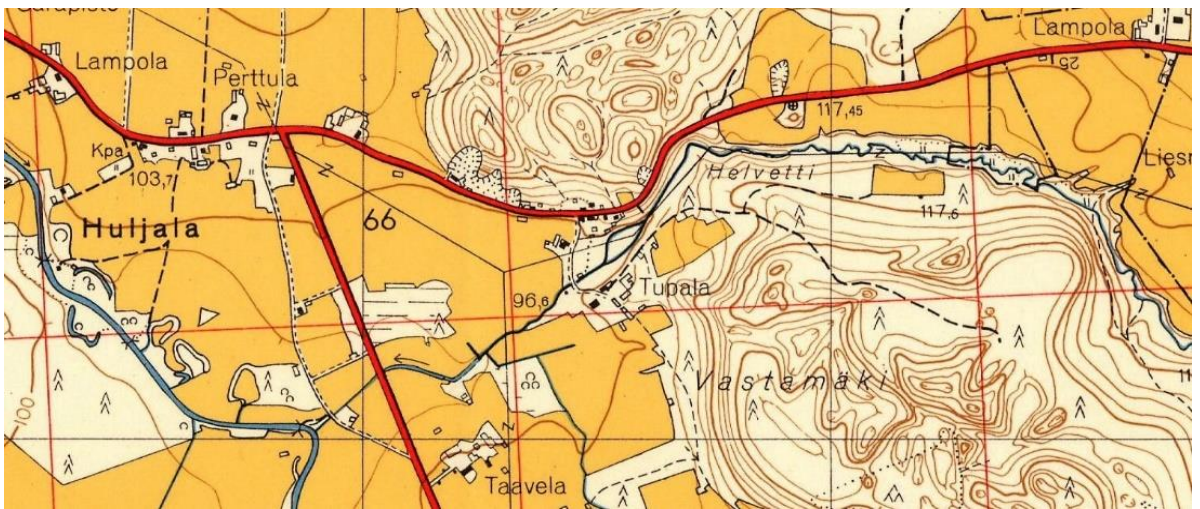
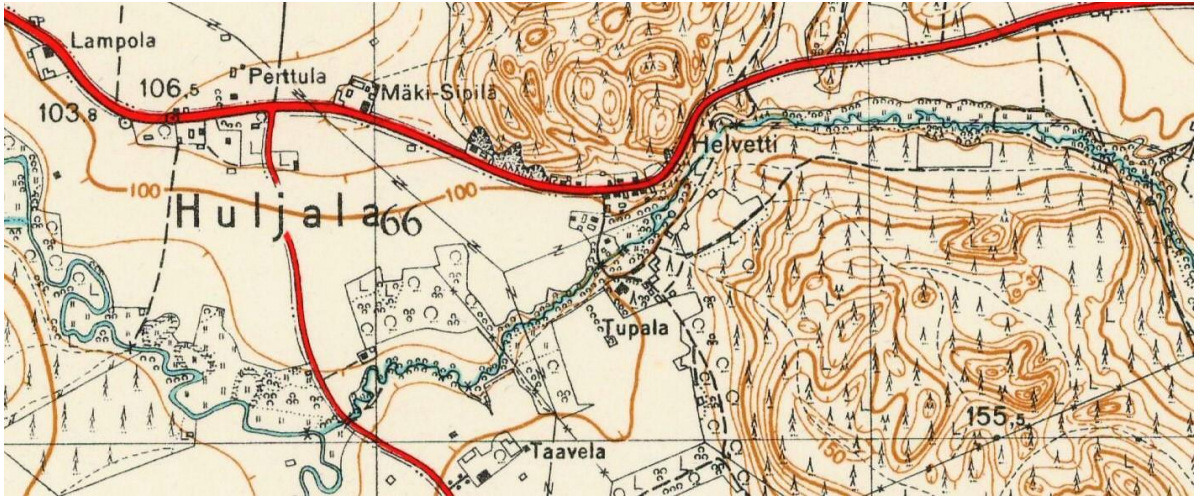
Ennen Teuronjoen patoamista ja perkauksia joessa on ollut vahva taimenkanta ja kalastolla on ollut vapaa pääsy Kumianojaan. Mutkitteleva, monimuotoinen ja lähdevaikutteinen uoma on todennäköisesti ollut taimenen lisääntymisaluetta.

2.4.3. Luonnontilan vertaaminen nykytilaan

Luonnontilaa verrattiin ennen kunnostusta vallitsevaan tilanteeseen ja sen avulla määriteltiin keskeiset ongelmat ja kunnostustarpeet.

Peltojen raivaamisella ja pyrkimyksellä niiden kuivatustilan parantamiseen on ollut suuria välillisiä ja välittömiä vaikutuksia Kumianojaan, jonka valuma-alueesta noin puolet on peltoa. Metsien hakkuut äärevöittävät virtaamaolosuhteita, jonka perusteella uomassa virtaavan veden kokonaismäärän voidaan olettaa kasvaneen. Kunnostussuunnitelmaa tehtäessä Kumianojan keskialivirtaamaksi arvioitiin 0,09 m³/s, keskivirtaamaksi 0,18 m³/s, keskiylivirtaamaksi 1,11 m³/s ja ylivirtaamaksi 5,87 m³/s (Aho 2017). Luonnontilaisen Kumianojan ylivirtaamien voidaan arvioida olleen merkittävästi pienemmät. Rotkon alueella toimiva Lahti Aquan vedenotto on pienentänyt virtaamia.

Eri vuosien karttoja vertaamalla voidaan nähdä uoman linjauksen muutos (kuvat 4-6). Vuoden 1947 kartassa sekä Kumianoja että Teuronjoki ovat voimakkaasti mutkittelevia. Sodan jälkeisessä Suomessa alkaneiden laajamittaisten maankuivatuksen tehostamistoimien seuraukset näkyvät vuoden 1964 kartassa, jossa sekä Teuronjoen että Kumianojan uomalinjaukset ovat jo pääosin suorat. Kartan oikeassa yläreunassa näkyvän kunnostusosuuden mutkat ovat vielä kuitenkin jäljellä suoristamisen ajoituttua 1980-luvun loppuun. Vuoden 2018 kartassa näkyy uomalinjaus ennen kunnostusta.



Kuvat 4-6. Kumianojan linjaus vuosina 1947, 1964 ja 2018 suoristettuna ennen kunnostamista. (Maanmittauslaitos).

Taulukossa 4 on esitetty arvio keskeisistä eroista luonnontilaisen ja suoristetun uoman välillä. Arvion avulla pyrittiin hahmottamaan Kumianojan kunnostustarpeen aiheuttamia ongelmia. Arviota käytettiin apuna kunnostuksen tavoitteiden asettamisessa.

Taulukko 4. Luonnontilaisen (oletetun) uoman ja suoristetun uoman erot.

	Luonnontilainen uoma	Suoristettu uoma
Vedenlaatu	Vesi kirkasta ja vähänravinteista, jonkin verran kiintoainekulkeumaa johtuen hienojakoisesta valuma-alueen maaperästä	Vesi etenkin ylivirtaamalla sameaa runsaan kiintoainekulkeuman vuoksi, ravinnepitoisuus kohonnut
Tulviminen	Tulvii säännöllisesti ympäröivälle tulvaniitylle	Ei tulvi lainkaan
Uoman poikkileikkaus	Leveys 1-2,5 m, luiskien kaltevuus noin 1,5:1-1:1	Leveys 2-3 m, luiskien kaltevuus 1:2
Uoman pituus	930 m	650 m
Mutkaisuusaste	1,47	1,03
Hydromorfologia	Uoma tasapainossa, luontaista syöpymistä ja kasautumista, selkeää syvyys- ja leveysvaihtelua, soraikoita ja pieniä virtapaikkoja	Äärevöityneet virtaamaolosuhteet, ranta- ja uomaerosio lisääntynyt, ei merkittävää syvyys- ja leveysvaihtelua, ei soraikoita
Kasvillisuus	Uomassa vesikasvillisuutta ja sammalia, luiskissa kosteikkokasvillisuutta	Ei vesikasvillisuutta, luiskissa niittykasvillisuutta
Rantapuusto	Runsaasti puustoa, juuret sitovat rantaluiskaa, lajeina leppä, koivu	Ei suuria rantapuita, luiskassa siellä täällä pieniä kuusia
Puuaines uomassa (debris)	Runsaasti puuainesta	Ei lainkaan puuaineista
Pohjaeläimet	Monipuolinen pohjaeläinlajisto, runsaasti mm. päiväkorentoja ja vesiperhosia	Runsaasti huonoa vedenlaatua ilmentäviä pohjaeläimiä (mm. chironomidae)
Kalasto	Taimenen elinympäristö	Yksittäisiä havaintoja taimenesta ja kivenuoliaisesta

2.4.4. Kunnostuksen hyödyt

Kumianojan kunnostamisen tuottamia hyötyjä arvioitiin määrittelemällä kunnostuksen vaikutuksia ekosysteemipalvelujen tuottamiseen (taulukko 5). Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan luonnon tarjoamia palveluita ja tuotteita, jotka ovat tärkeitä ihmisen hyvinvoinnille ja niitä on luokiteltu eri yhteyksissä eri tavoin. Kumianojan ekosysteemipalveluita arvioitaessa ne jaettiin kolmeen eri luokkaan eurooppalaisen luonnonvaratilinpidon näkökulmasta laaditun CICES-luokittelun (CICES: The Common International Classification of Ecosystem Services) mukaisesti: tuotantopalveluihin, säätely- ja ylläpitopalveluihin sekä kulttuurisiin ekosysteemipalveluihin (Haines-Young ja Potschin 2013).

Kumianojan tuotantopalveluihin kuuluu mahdollisuus käyttää uoman vettä kasteluvetenä, vedenotto alapuolisesta Helvetinlähteestä sekä alueen käyttö laidunmaana. Kunnostuksella arvioitiin pystyttävän parantamaan etenkin uoman käyttöä kasteluveden lähteenä, kun vedenjohtaminen ylileveästä suorauomasta vanhaan uomaan todennäköisesti ylläpitää kohtuullista vesitilannetta uomassa myös mahdollisina kuivina kausina. Kasteluveden otossa on otettava huomioon kaloille riittävän ympäristövirtaaman säilyttäminen uomassa. Mahdollisesti kasteluvettä voidaan jatkossa ottaa patojen välisistä suoran uoman altaista. Kunnostuksella ei ole vaikutusta Lahti Aquan vedenottoon ja uoman ja tulvaniityn käyttö laitumena jatkuu entiseen tapaan kunnostuksen jälkeen.

Säätely- ja ylläpitopalveluihin lukeutuviksi Kumianojan tarjoamiksi ekosysteemipalveluiksi määriteltiin eroosiontorjunta, vedenpidätys, ravinteiden pidätys, poikashabitaatit, eliöstön elinympäristöt ja pölytys. Kunnostuksen yhtenä keskeisenä tavoitteena on uoman tasapainotilan palauttaminen ja eroosion vähentäminen. Tulvaniityn palauttamisen kautta alueen vedenpidätyskapasiteetin arvioitiin lisääntyvän, joka voi tasata virtaamahuippuja myös alapuolisella alueella. Tulvaveden nousu niitylle voi pidättää myös ravinteita ja kiintoainetta, jolla puolestaan voi olla positiivisia vaikutuksia vedenlaatuun sekä Kumianojassa, että alapuolisessa Teuronjoessa. Kunnostetun uoman toivotaan muodostuvan taimenen poikastuotantoalueeksi ja monimuotoiseksi elinympäristöksi eri vesieliöille, linnuille, hyönteisille ja nisäkkäille. Kunnostus ja tulvaniityn ennallistaminen voivat lisätä pölyttäjien määrää alueella, mikäli kasvilajisto monipuolistuu.

Historiallisen uomalinjauksen ja tulvaniityn palauttamisen sekä kasvillisuuden ja eliöstön monimuotoisuuden lisääntymisen arvioitiin tuottavan merkittävää kulttuuristen ekosysteemipalvelujen tuotantokyvyn kasvua. Kumianojan kulttuurisiksi ekosysteemipalveluiksi määriteltiin virkistyskäyttö, maisema, kulttuuriperintö, imagohyödyt maanomistajan liiketoiminnalle sekä alueen tutkimus- ja opetuskäyttö.

Kunnostuksella arvioitiin olevan positiivisia vaikutuksia alueen maisemaan. Helvetinrotkossa käy retkeilijöitä ja luontomatkailijoita, joille kunnostettu purolaakso voi tarjota uusia luonto- ja kulttuurielämyksiä. Kunnostuksen vaikutuksia tullaan seuraamaan ja aluetta käyttämään opetus- ja tutkimuskohteena. Kunnostus ja sen saama näkyvyys voivat luoda imagohyötyjä maanomistajien liiketoiminnalle. Maanomistajat Mika ja Laura Hämäläinen ovat luomuviljeliöitä, jotka myyvät tilansa tuotteita osin suoramyyntinä tilalta ja panostavat tuotteiden ekologisuuteen ja puhtauteen. Tila järjestää säännöllisesti avointen ovien päiviä ja ennallistettu uoma sata voi muodostua tilalle uusi vetovoimatekijä.

Taulukko 5. Kumianojan ekosysteemipalvelut.

Luokka	Ekosysteemipalvelu
Tuotantopalvelut <i>eli ekosysteemeistä saatavat erilaiset hyödykkeet ja tuotteet.</i>	Kastelu, vedenotto, tuotantoeläimet, (kalat, vesilinnut).
Säätely- ja ylläpitopalvelut <i>eli ekosysteemin tuottamat hyödyt ympäristön säätelijänä ja ylläpitäjänä .</i>	Eroosiontorjunta, vedenpidätys, ravinteiden pidätys, poikashabitaatit, eliöstön elinympäristöt ja pölytyt.
Kulttuuriset ekosysteemipalvelut eli <i>ekosysteemien tuottamat aineettomat hyödyt.</i>	Virkistys, maisema, kulttuuriperintö, imagohyödyt liiketoiminnalle sekä tutkimus ja opetus.

2.4.5. Kunnostuksen rajoitteet

Realististen tavoitteiden määrittelemiseksi kartoitettiin kunnostuksen suunnittelua ja toimenpiteiden toteuttamista rajoittavat asiat. Reunaehdoista ja rajoitteista keskusteltiin maanomistajien, suunnittelijan ja myöhemmässä vaiheessa myös urakoitsijan kanssa. Kumianojan kunnostamisen keskeisiä reunaehtoja olivat lähialueen viljely- ja laidunkäyttö sekä hankkeen kustannukset. Työn toteutusvaihetta kuten koneiden ajoreittejä suunniteltaessa oli otettava huomioon maisema- ja luontoarvot sekä maan kantavuus.

Kumianojan sijoittuminen viljelykäytössä olevalle alueelle aiheutti reunaehtoja vedenkorkeuden muutoksille uoman muissa osissa. Vedenkorkeuden muutosten ennakoimiseksi osaksi suunnittelua päätettiin sisällyttää 2D-virtausmallin laatiminen. Mallin mukaan suoran uoman padottamisesta aiheutuisi pieni vedenpinnan nousu kunnostusalueen yläpuolella, mutta se ei tulisi aiheuttamaan kosteus- tai vettymishaittaa.

Maatalouskoneilla tulisi pystyä liikkumaan purolaaksossa myös jatkossa, jonka vuoksi koneille tuli suunnitella ajoreitti puron yli. Purolaakson laidunkäytön vuoksi suunnittelussa tuli ottaa huomioon lehmien liikkuminen alueella ja ohjata kulkua tietyille uoman ylityspaikoille. Lehmien liikkuminen voi aiheuttaa uoman penkkojen sortumista, jonka vuoksi eroosioherkimmät kohtien suojaaminen mm. aidoin oli otettava suunnitteluun mukaan.

Yksi merkittävin kunnostuksen reunaehto oli kustannusten pysyminen KURVI-hankkeen kokonaisbudjetin rajoissa. Toimenpiteet kuten maamassojen siirto ja kuljetus oli mitoitettava siten, ettei budjetti ylity.

Pitkän laidunnuksen seurauksena purolaaksoon on muodostunut monipuolinen kasvi- ja eliölajisto ja alue on määritelty arvokkaaksi perinnebiotoopiksi, ja maanomista on solminut perinnebiotoopin hoitosopimuksen ELY-keskuksen kanssa. Työn toteutus oli suunniteltava siten, että luontoarvoille aiheutettaisiin mahdollisimman vähän haittaa. Perinnebiotoopin

hoitosopimuksen mukaisesti tuli myös huolehtia maan kasvipeitteisyyden palautumisesta heti toteutuksen jälkeen.

Maan kantavuus oli otettava huomioon kunnostustöiden ajankohdasta päätettäessä. Purolaakson pehmeän maaperän vuoksi töiden toteuttaminen talvella osoittautui parhaaksi vaihtoehdoksi. Reunaehdot töiden toteuttamiselle ja koneiden kulkureittien suunnittelulle asetti myös purolaakson poikki kulkeva sähkölinja, joka tuli suojata vaurioilta.

Helvetinrotkon ainutlaatuinen ekologia ja maaperägeologia herättää ihmisten mielenkiintoa. Myös kunnostetun alueen arvioitiin jatkossa kiinnostavan ihmisiä, jonka vuoksi suunnitteluun sisällytettiin siltoja ja kulkureittejä.

Puro virtaa kahden pohjavesialueen rajalla ja alapuolisessa Helvetinlähteessä on Lahti Aquan vedenottamo (Lipponen 2001). Kunnostuksella ei todettu olevan vaikutuksia pohjaveteen eikä vedenottoon.

Ennallistamisen reunaehdot:

- 1) Purolaakson käyttö karjan laitumena
 - karjan kulkureittien suunnittelu ja tarvittavat eroosionsuojaustoimenpiteet uoman penkkojen sortumisen estämiseksi
- 2) Kustannukset
 - toimenpiteiden toteuttaminen KURVI-hankkeen budjetin rajoissa
- 3) Alueen eliöstö ja herkkä ympäristö
 - kaivutöiden toteuttaminen talvella, jolloin ei aiheuteta haittaa mm. taimenen kudulle,
 - merkittyjen reittien ja siltojen rakentaminen kohteesta kiinnostunutta yleisöä varten.
- 4) Perinnebiotoopin hoitosopimus
 - sitoutuminen purolaakson palauttamiseen kasvipeitteiseksi kaivua seuraavaan kesään mennessä
- 5) Maan kantavuus
 - raskaita koneita vaativien kaivutöiden toteuttaminen talvella maan ollessa roudassa
- 6) Purolaakson läpi kulkeva sähkölinja
 - kaivinkoneen reittien suunnittelu siten, ettei sähkölinja vaurioidu
- 7) Vedenotto ennallistusalueen alapuolella
 - ei vaikutuksia
- 8) Veden nousu kunnostusalueen yläpuolella
 - ei haitallisia vaikutuksia

2.4.6. Realististen tavoitteiden määrittely

Kunnostustarpeen, hyötyjen ja rajoitteiden tunnistamisen perusteella Kumianojan kunnostamiselle asetettiin toteutettavissa olevat tavoitteet.

Realististen tavoitteiden määrittely jaettiin kolmeen osaan (Hammond 2011):

1. Kunnostuksen päätavoitteiden määrittely -> miksi hanke toteutetaan?
2. Kunnostuksen yksilöityjen tavoitteiden määrittely -> mitä halutaan saavuttaa?
3. SMART-tavoitteiden määrittely -> miten saavutukset ovat mitattavissa?

Kunnostuksen päätavoitteiden määrittelyssä tunnistettiin tärkeimmät syyt, joiden vuoksi hanke oli päätetty toteuttaa. Päätavoitteiksi valittiin alueen ekologisen monimuotoisuuden lisääminen, purolaakson luontaisen tasapainotilan palauttaminen sekä tiedon ja kokemusten kokoaminen tutkimus-, valistus- ja opetuskäyttöön. Päätavoitteiden sisältö avattiin määrittelemällä yksilöidyt tavoitteet, eli asiat, joita kunnostuksella halutaan saavuttaa. Ekologisen monimuotoisuuden lisäämiseksi keskeinen merkitys on taimenhabitaatin pinta-alan kasvulla ja uomarakenteen-, kasvillisuuden-, eliöstön monimuotoisuuden lisäämisellä. Purolaakson luontaisen tasapainon palauttamisessa puolestaan tärkein rooli on eroosion hallinnalla ja tulva-alueen ennallistamisella.

Yksilöidyt tavoitteet jaettiin edelleen ns. SMART-tavoitteiksi, joiden toteutumista voidaan mitata suureilla (taulukko 6). Mitattavien tavoitteiden määrittely luo perustan kunnostuksen vaikutusten seurannalle ja kytkee tavoitteet käytäntöön. Kumianojan seurantaohjelma suunniteltiin käyttäen pohjana kunnostukselle määriteltyjä tavoitteita.

Taulukko 6. Kumianojan kunnostuksen tavoitteet.

Päätaavoite	Yksilöity tavoite	Mitattava tavoite (SMART)
Alueen ekologisen monimuotoisuuden lisääminen	Taimenhabitaatin pinta-alan kasvu	- Kutualueen lisääntyminen (m ²), - Taimenten kokonaismäärän kasvu (kpl) - Taimenen poikastiheyksien kasvu (kpl)
	Uomarakenteen monipuolistuminen	- Uomapituuden lisääntyminen (m) - Meandereiden palauttaminen (kpl) - Kuolleen puuaineksen määrän kasvu (kpl)
	Kasvillisuuden monipuolistuminen	- Puroille ominaisen vesi-, ranta- ja tulva-alueen kasvillisuuden lajimäärien kasvu (lajisto/peittävyys %)
	Eliöstön monipuolistuminen	- Puron hyvää tilaa ilmentävän pohjaeläimistön lajimäärien kasvu (tiheys/taksonien lkm)
Purolaakson luontaisen tasapainotilan palauttaminen	Eroosion hallinta	- Penkkojen syöpyymisen vähentäminen (m ²)
	Tulva-alueen ennallistaminen	- Tulva-alueen laajuuden kasvattaminen (m ²) - Veden nouseminen tulvaniitylle ylivirtaamalla (krt/v)
Tiedon ja kokemusten kokoaminen tutkimus-, valistus- ja opetuskäyttöön	Kunnostuksen vaikutusten arviointi	- Seurantaohjelman toteuttaminen (v) - Aiheen esille tuominen artikkeleissa ja esitelmissä (kpl)
	Purokunnostusten näkyvyyden lisääminen	- Kohteen esittely maastossa (krt/v)

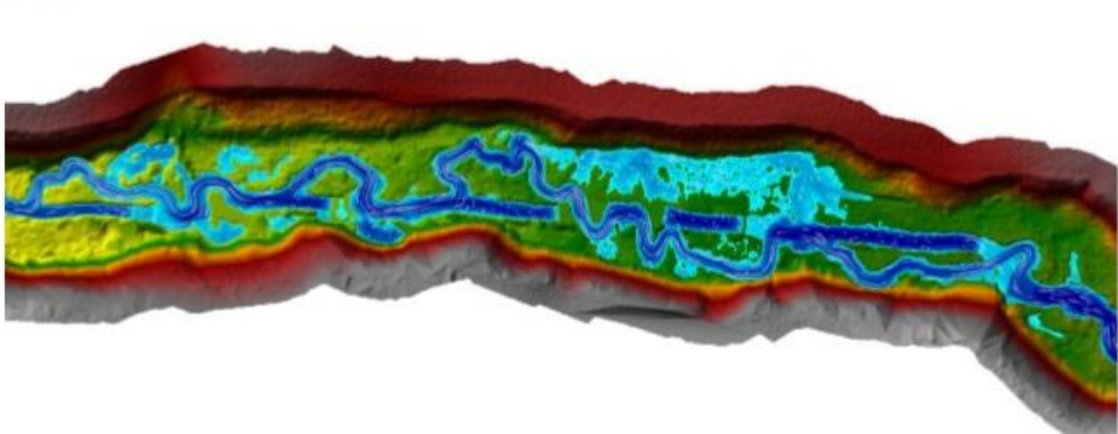
Seurantaohjelmassa mukana olevien, mitattavien tavoitteiden lisäksi Kumianojan kunnostamisen välillisiä tavoitteita on myös tuottaa imagohyötyjä maanomistajan liiketoiminnalle sekä parantaa alueen maisemaa.

2.5. Kunnostuksen suunnittelu

Kumianojan kunnostuksen suunnittelu aloitettiin vuonna 2016 Suomen ympäristökeskuksen ja maanomistaja Mika Hämäläisen yhteistyönä osana KURVI-hanketta. Toimenpidesuunnitelmat ja maasto- ja virtausmallit tilattiin Insinööritoimisto Jami Aho Oy:ltä. Maanomistaja osallistui toimenpidesuunnitelman laatimiseen ja toi esiin arvokkaita näkemyksiä paikallisista olosuhteista.

Uoman ja lähiympäristön korkeudet mitattiin takymetrillä (koordinaatisto ETRS-TM35FIN ja korkeusjärjestelmä N2000). Maaston mallinnuksessa käytettiin Autocad Civil3D 2014 -ohjelmaa. Mittauksista muodostettiin uoman maastomalli interpoloimalla mittauskohtien väliset osuudet ja yhdistämällä uoman maastomalli kansallisesta laserkeilausaineistosta muodostettuun maastomalliin. Laserkeilauksesta käytettiin tiheintä mahdollista pistepilveä (Aho 2017).

Veden liikkumisen ennakoimiseksi uomassa kunnostamisen jälkeisessä tilanteessa laadittiin Hec-Ras 5.0.3 -ohjelmalla 2D-virtausmalli, jonka pohjana käytettiin maastomallia (kuva 7). Manningin karkeuskertoimiksi arvioitiin uomassa 0.15 ja muualla 0.1. Karkeuskertoimet olivat korkeita, koska maasto ja uoma ovat rakenteeltaan vaihtelevia ja uomaan oli suunnitelmassa päätetty lisätä runsaasti kivi- ja puuainesta (Aho 2017).



Kuva 7. Virtausmallin tulokuva tulvatilanteessa (Aho 2017).

Lähtötietojen kartoituksen ja mallinnuksen jälkeen suunniteltiin yksilöidyt toimenpiteet, joiden avulla aiemmin määritellyt tavoitteet pyrittäisiin saavuttamaan (taulukko 7). Veden johtamiseksi alkuperäiseen uomaan suunniteltiin kymmenen patoa. Suoran uoman osat jätettiin suunnitelmassa osin täyttämättä, vaikka luonnontilassa niityllä ei ole ollut vastaavia seisovan veden altaita, koska täyttämisen kustannukset olisivat nousseet hankkeen budjetin kannalta liian suuriksi. Seisovan veden altaiden todettiin luovan uudenlaista monimuotoisuutta alueelle ja tukevan sitä kautta hankkeen tavoitteita. Tulvimisen lisäämiseksi kunnostusalueen yläosaan suunniteltiin pohjapato sekä pengerryksiä ja painaumia, joiden avulla tulvavesi nousisi uomaa ympäröivälle tulvaniitylle mallinnuksen mukaisesti.

Koko kunnostettavan uoman pituudelle suunniteltiin puuaineksen ja kivien lisäämistä. Uoman luonnontilaa selvitettyä pääteltiin, että luonnontilaisessa uomassa on ollut runsaasti puuta. Kookkaita kiviä on todennäköisesti esiintynyt vähemmän, jonka vuoksi kivimateriaalia suunniteltiin asetettavan pääosin vedenpinnan alapuolelle. Kiven käyttö koettiin perustelluksi uoman voimakkaan syöpymisen ehkäisemiseksi. Taimenhabitaatin palauttamiseksi uomaan suunniteltiin kutusoraikkoja ja poikaskivikoita, joita on jossain määrin esiintynyt myös luonnontilaisessa uomassa. Lisättävän soran (poikaskivikot ja eroosiosuojaukset) kokonaismäärä oli suunnitelmassa noin 270 tonnia ja kutusoran kokonaismäärä 30 tonnia.

Taulukko 7. Kumianojan kunnostuksen tavoitteet ja niiden toteuttamiseksi suunnitellut toimenpiteet.

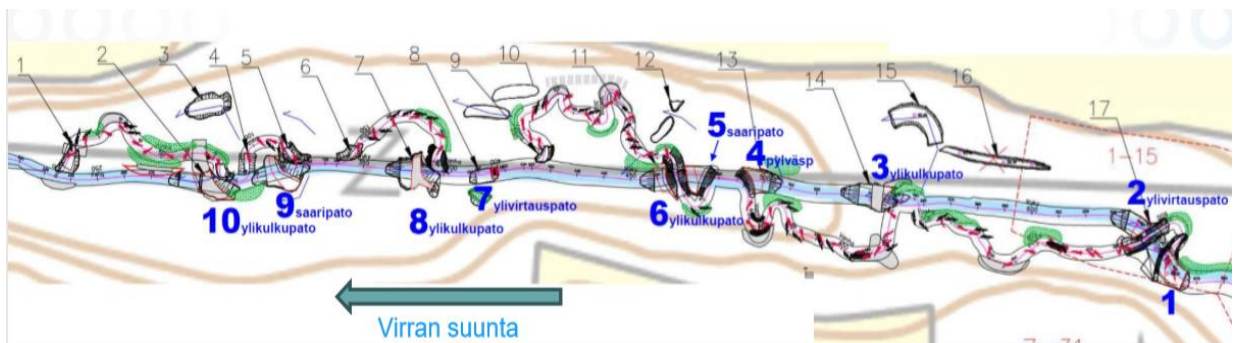
Pää tavoite	Yksilöity tavoite	Toimenpide
Alueen ekologisen monimuotoisuuden lisääminen	Taimenhabitaatin pinta-alan kasvu	<ul style="list-style-type: none"> - Veden johtaminen alkuperäiseen uomaan - Puuaineksen ja kivien lisääminen - Kutusoraikkojen ja poikaskivikkojen rakentaminen
	Uomarakenteen monipuolistuminen	<ul style="list-style-type: none"> - Veden johtaminen alkuperäiseen uomaan - Puuaineksen ja kivien lisääminen
	Kasvillisuuden monipuolistuminen	<ul style="list-style-type: none"> - Tulvimisen lisääminen - Suoran uoman jättäminen seisovan veden altaiksi
	Eliöstön monipuolistuminen	<ul style="list-style-type: none"> - Veden johtaminen alkuperäiseen uomaan - Puuaineksen ja kivien lisääminen - Kutusoraikkojen ja poikaskivikkojen rakentaminen - Tulvimisen lisääminen - Suoran uoman jättäminen seisovan veden altaiksi
Purolaakson luontaisen tasapainotilan palauttaminen	Erosion hallinta	<ul style="list-style-type: none"> - Veden johtaminen alkuperäiseen uomaan - Puuaineksen ja kivien lisääminen - Tulvimisen lisääminen
	Tulva-alueen ennallistaminen	<ul style="list-style-type: none"> - Tulvimisen lisääminen

Kunnostuksen suunnittelussa otettiin huomioon kunnostuksen reunaehdot (luku 2.3.5). Uomaan suunniteltiin karjaa ja maatalouskoneita varten kivettyjä ja soraistettuja ylitysreittejä, jotka voivat toimia myös taimenhabitaattina. Maaomistajan kanssa sovittiin, että uomaa suojataan tarvittaessa aidoin, mikäli näyttää, että karjan kulkeminen aiheuttaa uoman penkköjen sortumia.

Suunnittelussa selvitettiin toimenpiteiden mahdollisesti aiheuttamat riskit purolaakson läpi kulkevalle sähkölinjalle. Riskit linjan vaurioitumiseen todettiin suhteellisen vähäisiksi, koska sähkölinjan tolpat eivät sijoittuneet palautettavien meandereiden välittömään läheisyyteen. Tarvittaessa rakenteiden tai kaivun lähellä olevia sähköpylväitä suunniteltiin tuettavaksi teräksisillä vinotuilla. Kaivinkonetyöskentelyssä tulisi varoa vaurioittamasta sähkölinjaa.

Maan kantavuus oli myös yksi suunnittelussa huomioon otettava reunaehto, jonka vuoksi kunnostus suunniteltiin toteutettavaksi talvella maan ollessa roudassa. Raskaalla kalustolla ei pystyttäisi liikkumaan purolaaksossa kesäaikana ilman, että aiheutettaisiin vaurioita alueen ekosysteemille. Riskinä olisi myös koneiden uppoaminen pehmeään maahan. Talvella toteutetut kaivutyöt aiheuttaisivat eliöstölle häiriötä vähemmän kuin kesäaikainen kaivu. Talvityö oli näin ollen perusteltua, vaikka patojen rakentaminen olisi talvella kesää haastavampaa.

Toimenpiteet kuvattiin suunnitelmaselostuksessa ja sen lisäksi laadittiin kartat maastotöiden suorittamisen helpottamiseksi (kuva 8). Suunnitelmaan sisältyi myös alustava kustannusarvio, joka nousi heti suunnittelun alkuvaiheessa hankkeen budjettia suuremmaksi. Merkitävän osan kustannuksista aiheutti patojen ja eroosiosuojausten raaka-aineeksi hankittavaksi suunniteltu, muualta tuotava kiviaines. Kustannusten pienentämiseksi päätettiin hyödyntää lähellä sijaitsevaa Päijänne-tunnelin louhinnasta yli jäänyttä kivimateriaalia, jota maanomistaja voisi kuljettaa paikalle omalla kalustollaan. Patojen pinta-alaa ja massamääriä päätettiin myös pienentää.



Kuva 8. Kumianojan kunnostustoimenpiteet kartalla (Aho 2017).

2.6. Kunnostuksen toteutus

Kumianojan kunnostaminen aloitettiin valmistelevilla toimenpiteillä loppuvuonna 2017, kun maanomistaja raivasi puustoa ja valmisteli ajoreittejä tarvittavalle kalustolle. Periaatteena oli, että ainoastaan pakolliset puut poistetaan ja alueen maanpintaa rikotaan mahdollisimman vähän. Töiden valvojaksi valittiin luonnonhoitotöihin ja kosteikkojen suunnitteluun erikoistunut Juha Siekkinen Kosteikkomaailmasta. Urakoitsijana toimi paikallinen Nisulan maansiirto Oy.

Varsinaiset kaivutyöt toteutettiin 16.-25.1.2018. Työt ajoitettiin siten, että maa oli ehtinyt routaantua ja kantoj koneita. Kaivutöiden ajankohtaan vaikutti lisäksi urakoitsijan ja valvojan aikataulut. Työ toteutettiin suunnitelmaa soveltaen valvojan ja maanomistajan ohjauksessa ylävirrasta alavirtaan päin. Käytössä oli pitkäpuominen kaivinkone, jossa oli kääntyvä kauha. Materiaalia tuotiin paikalle kuorma-autoilla ja traktorin perävaunulla.

Kaivutöiden ensimmäisinä päivinä oli ajoittain kova pakkanen. Sää lauhtui nopeasti ja suojasää aiheutti veden nousua uomassa. Haastavat sääolosuhteet vaikeuttivat työn toteuttamista ja patoja jouduttiin korjaamaan useaan kertaan. Kaivinkoneella tehtyjen rakennustöiden jälkeen kunnostusta jatkettiin eroosiosuojausten viimeistelyllä, koneiden aiheuttamien kulkuväylien maisemoinnilla ja maan kasvipeitteisyyden palauttamisella. Viimeistelytoimenpiteet toteutti pääosin maanomistaja. Lokakuussa 2018 järjestettiin talkoot SYKEN ja Tupalan tilan yhteistyönä, joissa kunnostus viimeisteltiin rakentamalla poikaskivikoita ja lisäämällä uomaan kivi- ja puuaineista.

Veden johtaminen alkuperäiseen uomaan

Vesi ohjattiin virtaamaan alkuperäiseen linjaukseensa rakentamalla suoraan uomaan 10 patoa (kuva 9), joiden materiaalina käytettiin louhoskiveä ja 1990-luvun suoristuksesta peräisin olevaa pintamaata. Padot tiivistettiin suodatinkankaalla ja maisemoitiin luonnonkivellä. Kasvittumisen nopeuttamiseksi patojen päälle siirrettiin kasvillisuuspaakkuja. Osa padoista rakennettiin ylikulkupadoiksi, joiden kautta karja ja maatalouskoneet pystyvät ylittämään uoman. Patojen väliset suoran uoman osat jätettiin suvantomaisiksi seisovan veden altaiksi, joihin vesi nousee ainoastaan ylivirtaamalla.

Alkuperäiseen uomaan ei pääsääntöisesti koskettu, mutta uoman suuaukkoja madallettiin varovasti kunnostualueen alaosalla. Kuivillaan olleisiin meandereihin oli kertynyt orgaanista ainesta, mutta sitä ei poistettu kaivamalla, jotta pohjan luontaiset kivennäismaakerrokset eivät vaurioituisi. Ajan myötä virran arvioitiin vievän orgaanisen aineksen mukanaan.

Veden virtaamisen suoristettua uomaa kapeammassa alkuperäisessä uomassa arvioitiin hidastavan veden virtausnopeutta tutkimusalueen yläosassa ja vähentävän sitä kautta uoman alueen eroosiota. Veden johtaminen alkuperäiseen uomaan pideni uomapituutta 650 metristä 900 metriin.

Tulvimisen lisääminen

Kunnostusalueen yläosaan tehtiin pohjapato, jolla voidaan nostaa vedenkorkeutta ja ohjata vesi tulvatilanteessa niitylle. Lisäksi kaivettiin painanteita veden ohjaamiseksi uomasta tulva-alueelle. Painanteet ja tulvareitit kivettiin eroosion hillitsemiseksi. Pohjapadon toimivuudesta saadaan tietoa ajan kuluessa ja mikäli tulva ei nouse niitylle halutulla tavalla patoa on mahdollista muokata. Patoon voidaan tarvittaessa asentaa myös rumpu, jolla tulvakorkeus saadaan nousemaan ilman alimpien vedenkorkeuksien nousua (Aho 2017).

Tulvan nostamisella niitylle tavoiteltiin purolaakson luontaisen tasapainotilan palauttamista ja tulva- ja kosteikkokasvillisuuden kehittymistä alueelle. Purolaakson tulvimisen palautuminen voi tulevaisuudessa vaikuttaa myös uoman ja sen alapuolisen vesistön vedenlaatuun, mikäli tulvaveden mukana niitylle nousee ja pidättyy kiintoainetta.

Puuaineksen ja kivimateriaalin lisääminen

Uomaan lisättiin suunnitelman mukaisesti isoa kiviainesta ja puunrunkoja, jonka tarkoituksena oli vähentää eroosiota ja luoda uomaan monimuotoisuutta. Purolaakson maaperä on eroosioherkkää ja Kumianoja oli ennen kunnostusta voimakkaasti syöpynyt etenkin tutkimusalueen yläosassa. Alkuperäistä uomaa reunustava rantapuusto säästettiin, ainoastaan muutamia puita oli kaadettava koneiden kulkureiteiltä.

Puuaineksena käytettiin pääsääntöisesti lähialueelta kaadettuja kuusia. Erittäin eroosioherkän maaperän vuoksi myös kivimateriaalia käytettiin rannan suojaamisessa 2D-virtausmallin ja maanomistajan näkemysten mukaisesti määritellyissä, eroosiolle alttiimmista kohdista (kuva 9). Kivisuojuukset maisemoitiin puulla. Kiveä käytettiin lisäksi uoman pohjan suojaamisessa patojen yhteyteen tehdyillä tulvareiteillä sekä karjan ja koneiden kulkureiteillä.

Käytetyt eroosiosuojausmenetelmät:

- puumateriaali (terassoitu ranta, eri kokoiset puunrungot uomassa)
- kiveäminen (rantasuojuukset, patojen tulvareitit, karjan ja koneiden kulkureitit)
- suisteet (isot puunrungot virranohjaimina)
- kasvillisuus (laikutus, kylväminen, rantapuiden säästäminen).



Kuva 9. Puunrungot kiilattiin uoman ulkokurveihin ja kiinnitettiin uoman pohjaan upotetuilla puutolpilla. Kuva Turo Hjerpe.

Uomaa monipuolistettiin lisäksi soraistamalla ja kiveämällä pohjaa. Tavoitteena oli luoda lisääntymis- ja elinympäristöjä taimenille ja samalla parantaa myös muiden eliöiden elinolosuhteita. Kutu- ja poikasalueiden sijoittelu suunniteltiin yhteistyössä Hämeen kalatalouskeskuksen kanssa ja rakentaminen toteutettiin useassa vaiheessa. Materiaalina käytettiin luonnonsoraa ja -kiviä, jotka maanomistaja kuljetti uoman varteen traktorilla. Soraikot sijoitettiin uoman nopeasti virtaaville osuuksille ja niiden yhteyteen asennettiin puuaineista kiihdyttämään virtausta ja estämään alueen hiekoittumista. Varsinaisten kutusoraikoiden ja poikaskivikoiden lisäksi myös karjan kulkureitit kivettiin ja verhoiltiin luonnonsoralla (0/50 mm).

Kunnostustöiden viimeistelyn yhteydessä tutkimusalueen yläosaan rakennettiin rytö (constructed log jam). Rydön rakentamisen päämääränä oli nostaa vedenkorkeutta kunnostetulla alueella, monipuolistaa uomarakennetta ja tarjota eliöstölle suoja- ja ruokailupaikkoja. Rytö rakennettiin kiilaamalla uoman pohjaan isoja puunrunkoja siten, että pohjan ja rungon väliin jäi tilaa kalan liikkumiselle. Puunrunkojen päälle ja väliin asetettiin tukevasti risuja ja pienempiä puita. Ranta ja uoman pohja suojattiin kivellä ja rytöä tiivistettiin hiekalla (kuva 10).



Kuva 10. Rytö maisemoitiin siten, että se näyttäisi luonnon muovaamalta. Kuva Liisa Hämäläinen.

2.7. Jälkivalvonta ja vaikutusten seuranta

Kumianojan kunnostus onnistui pääosin suunnitelman mukaisesti, vaikka sääolosuhteet aiheuttivat haasteita kunnostustöiden toteuttamiselle. Kaivutöiden alkuvaiheen kova pakkanen hankaloitti patojen sydänten tiivistymistä. Sään nopea lauhtuminen aiheutti tulvan, joka nousi niitylle suunnitelman mukaisesti. Tulva kuitenkin syövytti patojen alaosan maamassoja, jonka seurauksena padot painuivat ja useassa padoista havaittiin vuotokohtia. Viisi padoista päätettiin korjata ja helmikuussa 2018 viiallisten patojen yläpuolelle rakennettiin kuivatyönä uudet padot. Suodatinkankaasta rakennettiin pussi, jonka sisälle muodostettiin louhoskivistä täyttämällä tiivis padon sydän. Padon päälle laitettiin louhetta ja pintamaata ja padot maisemoitiin luonnonkivellä. Patojen pinta-ala kasvoi uusien korjauspatojen rakentamisen seurauksena.

Toukokuussa maastokäynnillä havaittiin, että padot olivat jälleen madaltuneet kevättulvan seurauksena ja noin puolet uoman vesimassasta virtasi edelleen suorassa uomassa meandroivan uoman sijaan. Etenkin alin maapato vaati merkittävän korotuksen. Padot päätettiin jälleen korjata pääosin maanomistajan kustannuksella. Painuneita patoja korotettiin

louhosmassalla ja padot maisemoitiin luonnonkivellä. Meandroivan uoman suuaukkoa syvennettiin varovasti. Maanomistaja kylvi patojen päälle ja koneiden kulkureiteille heinänsiementä, jotta ympäristö kasvittuisi nopeasti ja sitoisi patojen maa-ainesta.

Maastokäynnillä todettiin, että kunnostusalueen alaosalle oli muodostunut suunnitelmasta poiketen melko pitkä koskimainen jakso, jonka seurauksena virtaus yläpuolisella, meandroivalla osuudella oli hidastunut. Koskialueen syntyminen johtui orgaanisen aineksen mataloittaman, meandroivan uoman ja kaivetun suorauoman korkeuserosta. Meandroivan uoman pohjan kaivamista haluttiin tietoisesti välttää, jotta pohjan luontaiset kivennäismaakerrokset eivät vaurioituisi. Kunnostuksen viimeistelyn yhteydessä syksyllä 2018 rakennettiin rytö, jolla tavoiteltiin vedenkorkeuden nousemista, alimman padon vakavuuden lisäämistä tulvatilanteessa sekä koskialueen vaikutuksen vähentämistä meandroivaan osuuteen.

Loppukatselmuksessa syksyllä 2018 vesi virtasi meandroivassa uomassa ja kunnostuksen lopputulos oli visuaalisesti pitkälti suunnitelman kaltainen. Edeltävä kesä oli erittäin kuiva eikä tulvan noususta niitylle eikä korjattujen patojen kestävydestä ylivirtaamatilanteessa saatu kokemuksia. Veden virtaaminen alkuperäisessä uomassa hidasti selvästi virtausnopeutta kunnostusalueen yläosalla ja sen yläpuolella, jonka havaittiin tasapainottaneen uomaa ja vähentäneen myös rannan syöpymistä.

Osana tutkimusta Kumianojalle laadittiin seurantaohjelma, jonka valmistelu kytkettiin tavoitteiden määrittelyyn. Uomassa ja sen lähiympäristössä seurataan biologisia ja fysikaalisia muuttujia ja niiden kehittymistä. Seurannan avulla arvioidaan kunnostuksen tavoitteiden toteutumista ja saadaan määriteltyä kokonaiskuva kunnostuksen onnistumisesta ja toimenpiteiden vaikuttavuudesta. Seurantatietoa ja sen perusteella vedettyjä johtopäätöksiä voidaan hyödyntää jatkossa kunnostusmenetelmien kehittämisessä. Seuranta aloitettiin vuonna 2016 ennen kunnostustöiden toteuttamista ja sitä jatketaan vähintään viisi vuotta kunnostuksen toteuttamisen jälkeen, mahdollisuuksien mukaan pitempään.

Kumianojan kunnostuksen seuranta toteutetaan noudattaen soveltuvilta osin BACI-asetelman (Before-After-Control-Impact) pääperiaatteita, jossa kunnostettavan uoman biologisia ja fysikaalisia ominaisuuksia seurataan ennen ja jälkeen kunnostuksen sekä suhteessa luonnontilaisiin uomaosuuksiin (Mäki-Petäys ym. 1999). Vaikutusten voidaan arvioida olevan todellisia, jos vaikutusalueen ennen-jälkeen-vaihtelu poikkeaa merkittävästi kontrollialueella

havaitusta ennen–jälkeen-vaihtelusta (Underwood 1994). Kumianojalla referenssikohteena käytetään uoman luonnontilaisena säilynyttä osuutta Helvetinrotkon alueella.

Kunnostuksen päätavoitteina oli lisätä uoman ja sen lähiympäristön monimuotoisuutta, laajentaa taimenelle soveltuvaa elinaluetta, palauttaa purolaakson luontainen tasapainotila ja parantaa alueen maisema-arvoja. Tavoitteiden toteutumisen seuraamiseksi määriteltiin mitattavissa alatavoitteet. Alla olevassa taulukossa on eriteltyä alatavoitteen toteutumisen arvioimiseksi seurattava muuttuja, seurantamenetelmä ja seurannan aikataulu. (taulukko 8). Kumianojan seurantaohjelman toteuttamisesta vastaavat SYKE ja maanomistaja Mika Hämäläinen.

Taulukko 8. Kumianojan kunnostuksen seurannassa käytettävät muuttujat, menetelmät ja aikataulu.

Yksilöity tavoite	Tarkasteltava muuttuja	Menetelmä	Aikataulu
Taimenhabitaatin pinta-alan kasvu	Kutualueet (m ²), taimenten kokonaismäärä (kpl), taimenen poikastiheddet (kpl)	Maastohavainnointi, sähkökoekalastukset	Kerran vuodessa
Uomarakenteen monipuolistuminen	Meanderien määrä (kpl), puuaineksen määrä (m ³), syvyys- ja leveysvaihtelu (m)	Karttatarkastelut, maastohavainnointi, valokuvaseuranta, poikkileikkaukset	Ennen/jälkeen toimenpiteiden, kerran vuodessa
Kasvillisuuden monipuolistuminen	Vesikasvillisuus, rantakasvillisuus, tulva-alueen kasvillisuus (lajisto/peittävyys %)	Kasvillisuuskartoitus	Kerran vuodessa
Eliöstön monipuolistuminen	Kalat, pohjaeläimet (lajisto, tiheys/100m ²)	Sähkökoekalastus, pohjaeläinkartoitus, maastohavainnointi	kerran vuodessa, kerran kolmessa vuodessa, kerran vuodessa
Erosion hallinta	Syöpyvät penkat (m ²)	Maastohavainnointi, valokuvaseuranta, poikkileikkaukset	Kerran vuodessa
Tulva-alueen ennallistaminen	Tulva-alueen laajuus (m ²), veden nousu tulvaniitylle (krt/v)	Karttatarkastelut, virtaamien tarkkailu	Jatkuva

Karttatarkastelut

Kumianojan uomalinjauksen ja korkeusprofiilin muutosta seurataan karttatarkastelujen avulla perehtymällä ilmakuviin ja laskemalla uoman korkeusprofiili KM2-korkeusmallin ja maastotietokannan virtavesiaineiston avulla. Uomalinjauksen muutosta ja sen pysyvyyttä seurataan vertaamalla eri vuosien ilmakuvia ja korkeusprofiileita toisiinsa.

Valokuvaseuranta

Uoman ja sen rakenteen kehitystä, eroosiosuojausten pysyvyyttä ja seurataan kuvaamalla uomaa säännöllisesti tietyistä kohdista. Vertaamalla eri vuosien valokuvia toisiinsa voidaan havainnollistaa uomassa tapahtunutta muutosta. Valokuvaseurannan avulla selvitetään uoman erodoitumista, kasvittumista ja meandereiden ja patorakenteiden pysyvyyttä. Valokuvaseuranta toteutetaan viidessä pisteessä kunnostetulla uomaosuudella.

Valokuvaseuranta aloitettiin ennen kunnostusta kesällä 2017 ja sitä jatketaan vuosittain vähintään viiden vuoden ajan. Valokuvaseuranta toteutetaan alkukesällä, jolloin kasvillisuutta on jo kehittynyt, mutta kasvusto ei peitä uoman rakenteen näkyvyyttä.

Poikkileikkausten mittaaminen

Uoman ja sen rakenteen kehitystä seurataan mittaamalla uoman poikkileikkauksia kahdelta koealalta yhteensä kuuden poikkileikkauslinjan avulla. Vertaamalla eri vuosina vaaittuja poikkileikkauksia keskenään saadaan tietoa uoman syvyyden ja leveyden kehittymisestä, jonka perusteella arvioidaan mm. eroosion voimakkuutta ja taimenhabitaattien tilaa. Poikkileikkaukset vaaittiin ensimmäisen kerran syksyllä 2018.

Kasvillisuuskartoitukset

Kunnostetun uoman kasvillisuutta ja sen kehitystä seurataan kartoittamalla uoman vesialueen valtalajisto ja kasvuston peittävyys (%) kunnostetulta uomaosuudelta. Valtalajit ja peittävyysprosentit merkitään karttapohjalle. Eri vuosien kartoja vertaamalla saadaan tietoa kasvilajiston muutoksesta ja kasvillisuuden määrän kehityksestä. Visuaalinen aineisto auttaa havainnollistamaan esimerkiksi uoman mahdollista umpeenkasvua ja arvioimaan sen aiheuttavia tekijöitä.

Palautetun tulva-alueen kasvillisuutta seurataan kahden kasvillisuuslinjan avulla, joille perustettiin neliömetrin kokoisia koealoja kesällä 2017. Kartoituksessa aloilta merkitään ylös havaitut kasvilajit ja niiden peittävyysprosentit. Toisen linjan kasvillisuus edustaa tyypiltään tuoretta suurruoho- ja heinäniittyä, joka vallitsee kunnostuskohteen itäosassa. Alueen länsiosassa on selvästi enemmän puustoa ja toisen linjan kasvillisuus onkin tyypiltään puustoista hakamaata, jossa tuoreen niittykasvillisuuden suurruohot vähenevät ja heinät runsastuvat.

Tulva-alueen kasvillisuuskartoitus toteutettiin ensimmäisen kerran kesällä 2017 ennen kunnostusta. Kunnostuksen jälkeinen kesä oli hyvin kuiva, eikä vesi noussut tulva-alueelle

kertaakaan, jonka vuoksi tulva-alueen kasvillisuusseuranta ei tehty. Jatkossa seuranta tehdään kahden vuoden välein kesäkaudella, jolloin kasvit ovat tunnistettavissa.

Sähkökoekalastus

Kumianojan kalastoa seurataan vuosittain tehtävien sähkökoekalastusten avulla. Sähkökoekalastuksissa kartoitetaan uomassa oleva kalalajisto, taimenen kokonaistiheys ja poikasten määrä. Kalastoseurannan avulla selvitetään taimenhabitaatin pinta-alan kehitystä ja kudun onnistumista. Kunnostetulta alueelta saatuja tuloksia verrataan referenssinä toimivaan luonnontilaiseen uomaosuuteen.

Pohjaeläinkartoitus

Uoman pohjaeläinlajiston koostumusta selvitetään potkuhaavimenetelmällä toteutettujen pohjaeläinkartoitusten avulla. Ensimmäinen kartoitus tehtiin vuonna 2016, jolloin näytteitä otettiin neljältä koealalta, joista kaksi sijaitsivat suoristetussa uomassa, yksi ennallistetun alueen yläpuolisissa virtapaikassa ja yksi luonnontilaisella referenssiosuudella. Pohjaeläinkartoituksia pyritään tekemään kolmen vuoden välein.

3. TULOKSET

Suunnitelmallinen tavoitteiden asettelu

Tutkimuksen tuloksena syntyi virtavesikunnostusten suunnitelmallisen tavoitteenasettelun toimintamalli, jossa yhdistettiin Keski-Euroopassa kehitetyn tavoitekuvatarkastelun ja SMART-laatukriteeristön elementtejä (kuva 11). Toimintamalli laadittiin Kumianojan kunnostamisen suunnitelmallisen tavoitteiden asettelun kokemusten perusteella.

Aluksi kartoitettiin Kumianojan ja sen valuma-alueen nykytila, jotta saatiin kokonaisnäkemys alueeseen vaikuttavista tekijöistä (1). Seuraavaksi selvittiin millainen puro ja sen lähiympäristö on ollut luonnontilassa ennen ihmisen aiheuttamia muutoksia (2). Kunnostuskohdetta, uomajatkumoa ja valuma-aluetta tarkasteltiin kokonaisuutena ja kohteen luonnontila toimi kunnostuksen ylätasoin päämääränä. Sekä nykytilan että luonnontilan tarkastelussa hyödynnettiin valtiosuunnitelman avoimen tiedon palveluita. Vertaamalla luonnontilaa ennen kunnostusta vallinneeseen tilanteeseen määritettiin kunnostustarve (3).

Kumianojalla tavoitteiden asetteluun sisällytettiin kunnostuksen ihmiselle tuottamat ekosysteemipalvelut, joiden esiintuomisen avulla on arvioitu pystyttävän lisäämään

kunnostuksen sosiaalista hyväksyttävyyttä ja sitä kautta edesauttavan kunnostusten tavoitteiden saavuttamista (Bouleau & Pont 2015). Kunnostuksen hyötynäkökulman korostamisen tavoitteena on saada käyntiin vastaavia purokunnostuksia myös muualla Suomessa (4). Toteutettavissa olevien, realististen kunnostustavoitteiden määrittämiseksi kartoitettiin hankkeen reunaehdot ja rajoitteet yhteistyössä hankkeen eri osapuolten kanssa (5). Hyötyjen ja reunaehtojen kartoittaminen loi edellytykset realististen tavoitteiden asettamiselle (6).

Tavoitteiden määrittelyn jälkeen laadittiin varsinainen kunnostussuunnitelma, jossa esitettiin kunnostuksen menetelmät, tarveittava kalusto, materiaalit, aikataulu ja kustannukset (7). Osana suunnittelua laadittiin 2D-virtausmalli, jonka perusteella ennakoitiin toimenpiteiden mahdollisesti aiheuttamaa vedennousua kunnostusalueen ulkopuolella (Aho 2017).

Toteutettavissa olevat tavoitteet yksilöitiin ja ilmaistiin siten, että niiden toteutumista voidaan mitata ja seurantaohjelman laatiminen sisällytettiin osaksi tavoitteiden asettelua (8). Kunnostus toteutettiin suunnitelman perusteella (9). Kunnostuksen toteuttamisen jälkeen toimenpiteiden välitöntä onnistumista arvioitiin vertaamalla asetettuja tavoitteita lopputulokseen. Seurantaohjelman luomisen tavoitteena on saada jatkossa tietoa kunnostuksen pitkäaikaisista vaikutuksista (10).



Kuva 11. Kumianojan tavoitteiden asettelun vaiheet (Kernin 1992 ja Muharin ym. 2018 mukaan)

Seuranta ja kunnostuksen vaikutusten arviointi

Osana suunnitelmallista tavoitteiden asettelua Kumianojalle laadittiin seurantaohjelma, jonka avulla SYKE selvittää kunnostuksen vaikutuksia uoman ja sitä ympäröivän tulvaniityn ekologiaan. Seurannalla tutkitaan kunnostuksen vaikutuksia taimenhabitaatin pinta-alaan, uomarakenteseen, kasvillisuuteen ja eliöstöön, eroosioon ja tulva-alueeseen. Kunnostuksen tuloksia voidaan arvioida luotettavasti vasta, kun seuranta tehdään useamman vuoden ajan. Kunnostuksen välittömät vaikutukset on esitetty taulukossa 9.

Kunnostuksen myötä tarkasteltavan uomaosuuden pituus kasvoi 650 metristä 900 metriin. Kutusoraikkoja rakennettiin noin 14 m² ja poikaskivikkoja noin 30 m². Vesipinta-ala laajeni, kun osa suorauomasta jäi seisovan veden altaiksi. Uomaan lisätyn puuaineksen määrä laskettiin maastossa kesällä 2018 ja kunnostetulla osuudella oli 118 puunrunkoa ja puuaineksesta rakennettu rytö. Tulva-alueen laajuudesta ei ensimmäisen vuoden vähäisen tulvimisen vuoksi ole toistaiseksi seurantatietoa.

Paikoin uomaan oli muodostunut myös vesikasvillisuutta. Hitaasti hitaasti virtaavilla osuuksilla esiintyi laajoja isosorsimokasvustoja.

Kunnostuksen vaikutuksia pohjaeläimiin seurataan 3-4 vuoden välein. Pohjaeläinkartoitus tehtiin vuonna 2016 suorassa uomassa, sekä kunnostetun alueen ylä- ja alapuolella. Seuraavan kerran pohjaeläintutkimus tehdään seurantaohjelman mukaan vuonna 2020.

Toimenpiteet vaikuttavat tasapainottaneen uomaa ja vähentäneen eroosiota. Veden virtaaminen meanderoivassa uomassa on hidastanut virtausnopeutta kunnostusalueen yläosalla ja sen yläpuolella ja vähentänyt rannan syöpymistä.

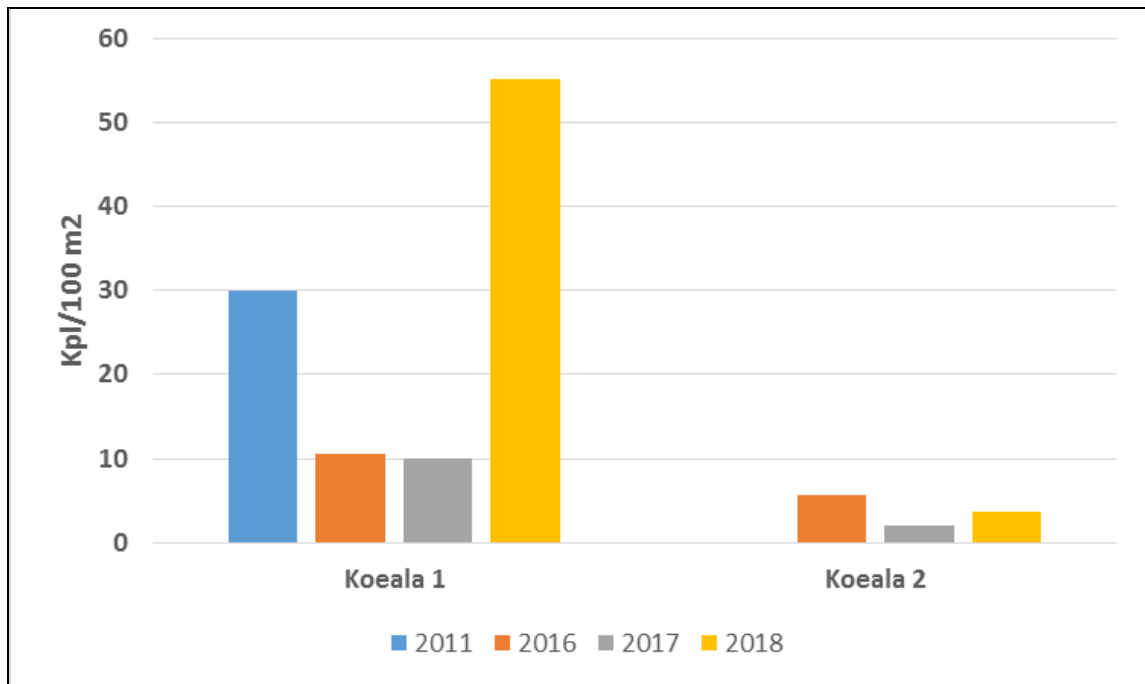
Kalastoa tutkittiin kunnostuksen jälkeen syksyllä 2018 sähkökoekalastuksella kahdella koealalla (kuva 12). Koealat sijoittuvat Helvetinrotkon alapuolisella osuudelle Tupalan tilalle vievän tien ala- ja yläpuolelle noin kilometrin päähän kunnostetulta uomaosuudelta. Sillan alapuolella (koeala 1) kesänvanhojen taimenten (0+) tiheys oli suuri, 55,13 kpl/100 m², ja taimenten kokonaistiheys 57,48 kpl/100 m². Sillan yläpuolella (koeala 2) taimenten poikastiheydet olivat huomattavasti pienemmät, kesänvanhoilla (0+) 3,59 kpl/100 m² kokonaistiheyden ollessa 9,16 kpl/100 m².

Pienemmät poikastiheydet voivat johtua kesän 2018 poikkeuksellisesta kuivuudesta ja siitä, ettei alueella ei ole ilmeisesti riittävästi poikasalueita eikä sopivia lisääntymisalueita. Koealoilta

ei tavattu muita lajeja. (Ranta & Puranen 2018). Tarkoituksena oli koekalastaa myös kunnostettu osuus, mutta uoman pohjan pehmeiden vuoksi meanderoivaa uomaosuutta ei pystytty sähkökoekalastamaan. Taimenesta tehtiin kuitenkin useita näköhavaintoja sekä kunnostetulla osuudella että sen yläpuolella (Ranta & Puranen 2018).

Taulukko 9. Kumianojan kunnostuksen ekologisen vaikutusten selvittämiseksi seurattavat muuttujat vuosi kunnostuksen jälkeen.

1. Taimenhabitaatin pinta-alan kasvu	Uomapituus (m) Kutusoraikot (m ²) Poikaskivikot Tulva-alueen laajuus (m ²) Seisovan veden altaat (kpl)	650 - > 900 0 -> 14 0 -> 30 0 -> Ei toistaiseksi seurantatietoa 0 -> 6
2. Uomarakenteen monipuolistuminen	Meandereiden määrä (kpl) Puunrunkojen määrä (kpl) Syvyys- ja leveysvaihtelu (m)	0 -> 14 0 -> 118 Ei toistaiseksi seurantatietoa
3. Kasvillisuuden monipuolistuminen	Vesikasvillisuus Rantakasvillisuus Tulva-alueen kasvillisuus (lajisto/peittävyys %)	Uomassa edelleen kuivanmaan kasvillisuutta, myös vesikasvillisuus alkanut palautua, peittävydestä ei toisaiseksi seurantatietoa Ei toistaiseksi seurantatietoa
4. Eliöstön monipuolistuminen	Kalat Taimenen poikastiheddet Pohjaeläimet (lajisto, tiheys/100m ²)	Taimenhavaintoja kunnostusosuudella kunnostusalueen alapuolella (koeala1) 55,13 kpl/100 m ² Ei toistaiseksi seurantatietoa
5. Eroosion hallinta	Syöpyvät penkat (m ²)	Veden virtausnopeuden hidastuinen tasapainottanut uomaa ja eroosio vähentänyt
6. Tulva-alueen palautus	Veden nousu tulvaniitylle (krt/v)	Vesi tulvaniitylle kevättulvalla



Kuva 12. Kesänvanhojen taimenten (0+) tiheydet (kpl/100 m²) vuosina 2011, 2016, 2017 ja 2018 koealoilla 1 ja 2 (Ranta ja Puranen 2018).

Kunnostuksesta kirjoitettiin useita artikkeleita paikallislehtiin ja se sai näkyvyyttä myös valtakunnan mediassa. Kunnostus ja sen saama julkisuus kiinnitti ihmisten huomiota Teuronjoen vesistön ja sen taimenkannan tilaan. Hankkeen seurauksena aloitettiin keskustelut Teuronjoen taimenkannan laajamittaisemmasta elvyttämisestä, joka on alkanut joessa olevien patojen purkamisen suunnittelulla (Hakala 2019).

Kumianojan kunnostus toi näkyvyyttä Tupalan luomutilalle. Kumianojan purolaakso on perinnebiotooppia ja se sijaitsee valtakunnallisesti arvokkaaksi määritellyllä maisema-alueella. Uoman palauttaminen vanhoihin mutkiinsa edistää maisema-arvojen suojelun tavoitteita ja tukee osaltaan perinnebiotoopin hoitoa.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Suunnittelmallisesta tavoitteenasettelua puron ennallistamisessa on testattu aiemmin Suomessa Nuuksion kansallispuistossa sijaitsevalla Myllypurolla, jossa vuonna 2002-2003 toteutetun mutkittelun palauttamisen ja tulvaniityn ennallistuksen suunnittelu perustui tavoitekuvatarkasteluun. Myllypuron tavoitekuvatarkastelu jaettiin kahteen osakokonaisuuteen, visionääriseksi ja toiminnalliseksi tavoitekuvaksi. Visionäärisellä tavoitekuva piti sisällään luonnontilaisen uoman ominaisuuksien selvittämisen ja sen vertaamisen vallitsevaan tilanteeseen. Toiminnallinen tavoitekuvassa otettiin huomioon ennallistuksen

reunaehdot ja se toimi pohjana kunnostuksen realististen toteuttamisvaihtoehtojen määrittämisessä. Myllypuron sijainti kansallispuistossa osaltaan mahdollisti luonnontilan palauttamisen ilman maankäytön asettamia reunaehdoja, mutta osaltaan loi omat rajoitteensa ja vaikutti työn lopputulokseen. Työn tilaaja ei halunnut alueelle tuotavan materiaalia muualta, jonka vuoksi Myllypuroa ei kunnostuksen yhteydessä eroosiosuojattu kiveämällä vaan materiaalina käytettiin ainoastaan puuta (Järvenpää 2004). Melko nopeasti kunnostuksen jälkeen kaivetun uomaosuuden havaittiin kärsivän eroosiosta etenkin alueen alaosalta. Vuonna 2017 tehdyissä seurannoissa eroosion havaittiin leventäneen uomaa voimakkaasti, joka on johtanut myös tulva-alan pienentymiseen (Törrönen 2017).

Kumianojalla tavoitteiden asettelussa tavoitekuvatarkastelumenetelmää sovellettiin osittain. Lähtötietojen tarkastelua ei tehty yhtä laajasti, kuin Myllypurolla, jossa visionäärinen tavoitekuva perustui kattavaan uoman ja valuma-alueen geomorfologiaa, hydrologiaa ja habitaattien rakennetta käsittelevään tarkasteluun. Kumianojalla alueen nyky- ja luonnontilaa selvitettiin pääpiirteisemmin ja pyrittiin luomaan malli, jossa määritellään keskeisimmät tekijät, jotka tavoitteiden asetteluvaiheessa on otettava huomioon. Selvitystyössä käytettiin kaikille avoimia kartta- ja tietopalveluja ja toimintamallia rakennettiin siten, että sitä voidaan soveltaa myös omaehtoisissa hankkeissa ilman pääsyä hallinnon sisäisiin tietojärjestelmiin. Tavoitekuvatarkastelumenetelmään yhdistettiin SMART-laatukriteerien ominaisuuksia, joiden avulla tavoitteet määritellään siten, että niiden toteutuminen on helposti mitattavissa. SMART-kriteeristö on käytössä muun muassa Iso-Britanniassa, jossa sitä on sovellettu menestyksekkäästi virtavesikunnostusten suunnittelun apuvälineenä (Hammond. ym 2011). SMART- kriteeristö ja tavoitekuvatarkastelumentelmä sisältävät samoja ominaisuuksia ja niiden yhdistämisen avulla toimintamalli rakentui selkeäksi.

Toimintamalliin sisällytettiin kunnostuksen ihmiselle tuottamien hyötyjen arviointi. Maailmalla kunnostussuunnittelu on kehittynyt suuntaan, jossa tavoitteiden asettelussa kiinnitetään aiempaa enemmän huomiota sosioekonomisen toimintaympäristön tarpeisiin. Ekosysteemien ennallistamisessa hankkeen sosiaalisen hyväksyttävyyden on havaittu olevan keskeinen onnistumisen edellytys (Mc Donald ym. 2004, Palmer ym. 2005). Kunnostamisen avulla voidaan esimerkiksi nostaa ympäröivien kiinteistöjen arvoa, parantaa vedenotto- ja virkistyskäyttömahdollisuuksia ja luoda edellytyksiä matkailulle (Ahtiainen 2008). Kumianojalla tarkasteltiin kunnostuksen vaikutuksia uoman ja sen lähiympäristön tarjoamiin ekosysteemipalveluihin.

Kumianoja on Suomen ensimmäinen edelleen maatalouskäytössä olevan alueen uoma, joka on palautettu vanhoihin mutkiinsa. Suomessa mutkittelevien puroomien ennallistamista ja uudelleenvesittämistä on tehty aiemmin Myllypuron lisäksi lähinnä metsäalueilla, joilla ennallistuksen vaikutukset maankäyttöön ovat maatalousalueita helpommin hallittavissa, kun tilapäinen tulviminen ei aiheuta ongelmia. Laajimmat purojen uudelleenvesitykset on tehty Iijoen valuma-alueella Metsähallituksen toimesta. Vuoteen 2017 mennessä uomaosuuksia oli uudelleenvesitetty yhteensä 8 km 19 purolla (Luhta 2018). Metsäalueilla alkuperäisen uoman viereen on usein kaivettu suora metsäoja eikä alkuperäistä uomaa ole täytetty, jolloin uudelleenvesitys onnistuu melko pienin toimenpitein ohjaamalla vesi puu- tai kivipadon avulla virtaamaan vanhoihin mutkiinsa. Alkuperäistä uomaa on tarvittaessa puhdistettu käsin tai kaivinkoneella riippuen uoman kaltevuudesta ja umpeenkasvuasteesta (Hartikainen ym. 2008). Kumianojalla uudelleenvesitys toteutettiin pääpiirteissään vastaavalla tavalla. Kumianojaa ei voida suoraan verrata maatalousalueiden tyyppisiin uomiin, koska peltoaluiden suoristettujen uomien vanhat meanderit on lähes poikkeuksetta täytetty.

Kumianoja lähiympäristöineen on monelta osin poikkeuksellinen puro, joka ei ole täysin verrattavissa muihin kunnostuskohteisiin. Uoman luonnontilan selvittäminen oli maastossa yhä näkyvien meandereiden vuoksi tavanomaista kunnostuskohdetta helpompaa. Tutkimusosuuden sijoittuminen yhden maanomistajan maille helpotti sekä tarkastelun että itse kunnostuksen toteuttamista. Kunnostus myös sai alun perin alkunsa maanomistajan aloitteesta ja maanomista osallistui aktiivisesti prosessin eri vaiheisiin ja antoi käyttöön laajan asiantuntemuksensa paikallisista olosuhteista ja alueen historiasta.

Suunnitelmallisen tavoitteidenasettelun mukaisesti kunnostuksen onnistumista voidaan arvioida vertaamalla kohteen oletettua luonnontilaa, kunnostusta edeltänyttä tilaa ja kunnostuksen jälkeistä tilaa toisiinsa (taulukko 10).

Keväällä 2018 uoma tulvi ensimmäisen kerran kunnostustoimien toteuttamisen jälkeen ja vesi nousi suunnitelman mukaisesti tulvaniitylle, joka kertoo kunnostuksen onnistuneen palauttamaan puron ja tulva-alueen yhteys. Tulva-alueen palauttamisen toivotaan parantavan Kumianojan ja alapuolisen Teuronjoen vedenlaatua kun kiintoainetta ja ravinteita nousee ja mahdollisesti myös pidättyy rantaniitylle.

Ensimmäisen vuoden havaintojen perusteella kunnostuksella on pystytty lisäämään uoman rakenteellista monimuotoisuutta ja eliöstölle potentiaalista habitaattia kasvattamalla

uomapituutta ja soraikoiden määrää, lisäämällä uomaan puuaineista ja luomalla vanhasta suorauomasta suvantomaisia, seisovan veden altaita. Meanderoiva uoma on poikkileikkaukseltaan huomattavasti suorauomaa vaihtelevampi ja rantapuiden juuret luovat rantatöyrään ja vesipinnan väliin eliöstön kannalta tärkeitä poukamia ja koloja.

Toistaiseksi kunnostuksen vaikutuksista pohjaeläimiin ei ole seurantatietoa, koska seurantasuunnitelman mukaisesti seuraava kartoitus tehdään vasta vuonna 2020 tutkimuksen korkeiden kustannusten vuoksi. Ensimmäisen vuoden kasvillisuuskartoituksessa uomassa oli vielä runsaasti kuvian maan kasvillisuutta, joka oli oletettavaa, koska vesitetyn uoman pohjaa ei kaivettu ja kasvillisuus jäi paikoilleen. Koillismaalla tehdyissä metsäpurojen uudelleenvesityksissä on havaittu virtavedelle tyypillisen kasvillisuuden palautuvan muutamassa vuodessa kunnostuksen jälkeen (Luhta 2018).

Taimenhavainnot kunnostetulla osuudelle antavat viitteitä siitä, että kalasto on löytänyt kunnostetun osuuden. Mendereiden palauttaminen ja uomarakenteen monipuolistaminen voi parhaimmillaan luoda aiemmin yksipuolisesta purosta merkittävän taimenen lisääntymishabitaatin, kuten Helsingin Longinoja osoittaa. Uoman kunnostaminen on luonut Longinojasta yhden Vantaanjoen merkittävimmistä taimenen poikastuotantoalueista (Sarvilinna ym. 2012).

Taulukko 10. Kumianojan eri ominaisuuksia luonnontilassa, kunnostusta edeltäneessä tilassa ja kunnostuksen jälkeisessä tilassa.

	Luonnontilainen uoma	Suoristettu uoma	Kunnostettu uoma noin vuosi kunnostuksen jälkeen
Vedenlaatu	Vesi kirkasta ja vähänravinteista, jonkin verran kiintoainekulkeumaa	Vesi etenkin ylivirtaamalla sameaa runsaan kiintoainekulkeuman vuoksi, ravinnepitoisuus kohonnut	Vesi alivirtaamalla silmämääräisesti arvioituna kirkkaampaa kuin ennen kunnostusta
Tulviminen	Tulvii säännöllisesti ympäröivälle tulvaniitylle	Ei tulvi lainkaan	Vesi nousee tulvatilanteessa tulvaniitylle
Uoman poikkileikkaus	Leveys 1-2,5 m, luiskien kaltevuus noin 1,5:1-1:1	Leveys 2-3 m, luiskien kaltevuus 1:2	Leveys 1,5-2,5 m, luiskien kaltevuus noin 1,5:1-1:1
Uoman pituus	930 m	650 m	900 m
Mutkaisuusaste	1,47	1,03	1,42
Hydromorfologia	Uoma tasapainossa, luontaista syöpmistä ja kasautumista, selkeää syvyys- ja leveysvaihtelua, soraikoita ja pieniä	Äärevöityneet virtaamaolosuhteet, ranta- ja uomaerosiota koko uoman matkalla, ei merkittävää syvyys- ja levysvaihtelua, ei sorakoita	Yläjuoksun eroosio vähentynyt, selkeää syvyys- ja leveysvaihtelua, soraikoita ja pieniä virtapaikkoja

	virtapaikkoja		
Kasvillisuus	Uomassa vesikasvillisuutta ja -sammalia, luiskissa kosteikkokasvillisuutta	Ei vesikasvillisuutta, luiskissa niittykasvillisuutta	Uomassa kuivan maan kasvillisuutta, myös vesikasveja, joista valtalajina ojasorsimo.
Rantapuusto	Runsaasti puustoa (leppä, koivu), juuret sitovat rantaluiskaa	Ei suuria rantapuita, luiskassa siellä täällä pieniä kuusia	Runsaasti puustoa (leppä, koivu), juuret sitovat rantaluiskaa
Puuaines uomassa (debris)	Runsaasti puuainesta	Ei lainkaan puuaineista	Runsaasti puuainesta
Pohjaeläimet	Monipuolinen pohjaeläinlajisto, runsaasti mm. päiväkorentoja ja vesiperhosia	Runsaasti huonoa vedenlaatua ilmentäviä pohjaeläimiä (mm. chironomidae)	Ei toistaiseksi seurantatietoa
Kalasto	Taimenen elinympäristö	Yksittäisiä havaintoja taimenesta ja kivenuolaisesta	Viitteitä taimenen palautumisesta

Jatkossa Kumianoja toimii esimerkkinä ja esittelykohteena, jonka toivotaan kannustavan vastaaviin toimenpiteisiin eri puolilla Suomea. Jakamalla tietoa kotimaisissa ja kansainvälisissä yhteyksissä tavoitellaan purokunnostusten näkyvyyden lisäämistä ja merkityksen korostamista. Tupalan tilalla vierailee säännöllisesti luomuviljelystä ja Helvetinrotkon alueesta kiinnostuneita ryhmiä ja mm. Lammin biologisen aseman opiskelijat tekevät harjoitustöitä alueella. Jatkossa vierailijoilla on mahdollisuus tutustua myös ennallistettuun puroon ja saada tietoa ja uusia näkemyksiä puroluonnon vaalimisen tärkeydestä ja ennallistamistoimien toteuttamisesta. Välillisesti Kumianojan kunnostaminen voi vaikuttaa positiivisesti Tupalan luomutilan liiketoimintaan

Tutkimus osoittaa, että purolaakson luontoarvojen palauttaminen on mahdollista maatalouskäytössä olevalla alueella. Suunnitelmallinen tavoitteiden asettelu toi hankkeeseen laaja-alaisuutta ja auttoi hahmottamaan luontoarvojen palauttamisen realistiset mahdollisuudet jo hankkeen alkuvaiheessa. Eri näkökulmien huomioon ottaminen ja valuma-alueen ja uomajatkumon tarkastelun sisällyttäminen kunnostuksen suunnitteluun edesauttoi toivotun lopputuloksen saavuttamista.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Suomen pienten virtavesien tila on heikko ja etenkin savimaiden pienten uomien tilanne hälyttävä (Kontula & Raunio 2018). Purovesistöjen tilan parantamiseksi kunnostuksia ja ennallistuksia tulisi tehdä nykyistä enemmän, ne tulisi suunnitella laaja-alaisesti valuma-alue ja uomajatkuma huomioon ottaen ja toimenpiteiden vaikutuksia tulisi seurata menetelmien

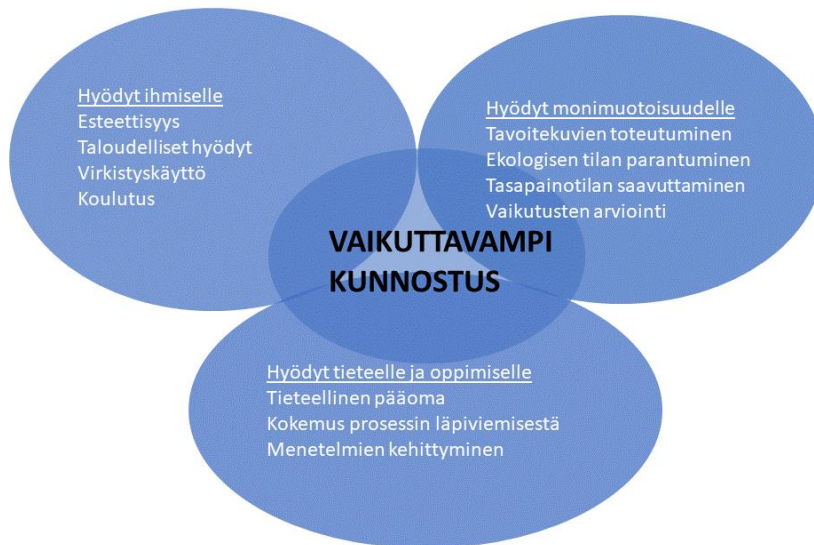
kehittämiseksi. Kunnostuksissa keskeisiä kehittämistarpeita ovat valuma-alueen kuormituksen vähentäminen, uomien läpikulkukelpoisuuden parantaminen, maatalousuomien arvostuksen parantaminen ja puuaineksen käytön lisääminen.

Suomen virtavesien tilan kokonaisvaltaisessa parantamiseksi suunnittelun painopisteen tulisi siirtyä yksittäisten uoman osien kunnostuksista laajempien kokonaisuuksien tarkasteluun.

Tutkimuksessa testattu suunnitelmallinen tavoitteenasettelu lähtee liikkeelle kunnostettavan kohteen valuma-alueen ja uomajatkumon ominaisuuksien selvittämisestä. Kumianojan lähtötietojen selvittäminen osoitti, että sähköiset tietojärjestelmät helpottavat valuma-alueen tarkastelua. Rajapinnoille tallennetut avoimen tiedon palveluiden kautta monet aiemmin työläästi selvitettävissä olevat tiedot ovat nykyisin helposti saatavilla. Kohteiden valuma-alueiden rajauksen ja esimerkiksi niiden maaperän, maanpinnan muotojen, kasvipeitteisyyden, maankäytön ja suojelun tarkastelun voi tehdä karttapalveluissa. Isompien vesistöjen osalta olemassa olevat vedenlaatu-, virtaama- ja kuormitustiedot ovat myös avointa tietoa, jota voidaan hyödyntää tavoitekuvia rakennettaessa. Myös valtaosa vanhoista kartoista löytyy sähköisenä.

Kumianojan lähiympäristö on laidunkäytössä, joka mahdollisti tulvaniityn ennallistamisen ja uoman mutkittelleen linjauksen palauttamisen. Viljelykäytössä olevien uomien kunnostuksessa voidaan hyödyntää luonnonmukaisia peruskuivatusmenetelmiä tai muuttaa entisiä tulvaniittyjä esimerkiksi laitumiksi, kosteikoiksi tai suojavyöhykkeiksi, joissa mutkittleva linjaus on mahdollista palauttaa. Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä ja maatilatalouden kehittämisrahasto (MAKERA) tarjoavat toimenpiteisiin taloudellisia kannustumia, joita on toistaiseksi kuitenkin hyödynnetty uomakunnostuksissa varsin vähän.

Kumianojan kunnostushanke osoitti, että uoman ja tulvaniityn ennallistamisella voidaan tuottaa erilaisia hyötyjä ja ekosysteemipalveluita, joilla voi olla positiivisia vaikutuksia maatalouden harjoittamiselle. Kunnostuksen suunnitteluun on näin ollen perusteltua kytkeä hyötynäkökulma, jonka kautta voidaan lisätä kunnostusten toteuttamisen houkuttelevuutta. Kunnostukset tulisi nähdä kokonaisuuksina, joissa kohteen ekologisen tilan parantaminen tuottaa taloudellisesti ja sosiaalisesti arvokkaita ekosysteemipalveluita sekä erilaisia hyötyjä tieteelle ja oppimiselle (kuva 13).



Kuva 13. Kunnostushanketta voidaan tarkastella ja arvioida hyötynäkökulman kautta. Onnistunut kunnostus tuottaa hyötyjä paitsi monimuotoisuudelle myös alueen ihmisille. Hankkeessa saatu tieto- ja kokemuspääoma hyödyttää tiedeyhteisöä ja auttaa menetelmien kehittämisessä (Palmerin ym. 2005 mukaan).

Kunnostusten vaikutuksia seurataan toistaiseksi Suomessa verrattain vähän, koska seuranta koetaan usein haastavaksi ja kalliiksi suunnitella ja toteuttaa. Kunnostusmenetelmien kehittämiseksi ja vaikuttavuuden parantamiseksi seurannan lisääminen on tärkeää.

Kumianojalla seuranta nostettiin osaksi kunnostuksen suunnittelua määrittelemällä tavoitteet siten, että niiden toteutumista voidaan mitata. Tavoitteet kirjattiin seurantaohjelmaan, jonka kautta kunnostuksen pitkäaikaisvaikutuksista saadaan koottua tietoa. Lopputuloksen vertaaminen alussa asetettuihin tavoitteisiin antoi myös kokonaiskäsityksen kunnostusprosessista ja sen välittömistä vaikutuksista.

Valtaosa pienten virtavesien kunnostuksista tullaan tulevaisuudessa toteuttamaan osin tai kokonaan paikallisten toimijoiden omaehtoisina hankkeina, joka asettaa reunaehdot ja haasteita kunnostuksille. Suunnitelmallisella ja vuorovaikutteisella tavoitteiden määrittelyllä voidaan luoda parempia edellytyksiä hankkeiden realistiselle toteuttamiselle ja seurantaohjelman luomiselle.

Koottava seurantatieto ja sen perusteella tehdyt johtopäätökset kunnostusmenetelmien toimivuudesta tulisi olla nykyistä laajemmin hyödynnettävissä. Kansalaishavainnointia ollaan parhaillaan kehittämässä useissa valtiohallinnon hankkeissa ja järvikunnostusten seurantatietoa voidaan tallentaa muun muassa SYKEN ylläpitämään, kaikille avoimeen Järviwikiin. Virtavesien

osalta avointa tietojärjestelmää ei toistaiseksi ole, joka vaikeuttaa mm. seurannan laajentumista ja menetelmien kehittämistä. Tiedonkulun tehostaminen ja tietojärjestelmän rakentaminen on nostettu yhdeksi kansallisen pienvesien suojele- ja kunnostusstrategian päämääräksi (Hämäläinen 2015).

Tiedonkulkua voidaan tehostaa myös hyödyntämällä Suomen ympäristökeskuksen koordinoimaa valtakunnallista vesistökuunnostusverkostoa ja eri puolelle Suomea perustettuja alueellisia verkostoja, joiden tavoitteena on jakaa tietoa luoda vuoropuhelua kunnostuksen eri toimijoiden välillä (Liuska & Rahkila 2014). Hankkeissa saatujen kokemusten jakamisen kautta voidaan edistää parhaiden käytäntöjen leviämistä ja välttää epäonnistumisia. Verkostoja ja niiden toimintaa tulisi edelleen laajentaa. Verkostoissa tulisi olla mukana nykyistä enemmän maatalouden toimijoita kuten etu- ja neuvontajärjestöjä, ojitusyhteisöjä ja yksittäisiä viljelijöitä.

Suunnitelmallisen tavoitteidenasettelun laajemmaksi hyödyntämiseksi Suomen virtavesien kunnostamisessa Kumianojan kokemukset julkaistaan osana KURVI-hankkeen tuloksia Suomen ympäristökeskuksen raportteja -sarjassa vuonna 2019. Raportin pohjalta tulisi laatia sähköinen toimintamalli suunnittelun toteuttamiseksi, joka olisi suunnattu etenkin omaehtoisia kunnostuksia toteuttaville tahoille. Virtavesiluonnon tilan parantamiseksi pienvesien suojele- ja kunnostustoiminnan lisääminen on ensiarvoisen tärkeää.

6. KIITOKSET

Lämpimät kiitokset työn ohjaamisesta pitkäaikaiselle työtoverilleni ja mentorilleni Jukka Jormolalle Suomen ympäristökeskuksesta sekä Jukka Horppilalle Helsingin yliopistosta. Suuri kiitos Kumianojan kunnostamisen mahdollistaneelle Mika Hämäläiselle pyyteettömästä avusta ja arvokkaista tiedoista. Kiitos kollegalleni Turo Hjerpelle ensiluokkaisesta yhteistyöstä ja Auri Sarvilinnalle tekstien läpikäynnistä ja kommentoinnista. Erityiskiitos perheelleni ja etenkin anopilleni Eeva Hämäläiselle, joka mahdollisti työn valmistumisen pientä Voittoa hoitaessaan.

7. KIRJALLISUUS

Aartolahti, T. 1989. Suomen geomorfologia. Helsinki, Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen opetusmonisteita. 150 s.

Aho, J. 2017: Kumianojan ennallistaminen. Suunnitelmaselostus. Suomen ympäristökeskus ja ympäristötekniikan insinööritoimisto Jami Aho. 16 s.

Ahola ja Havumäki (toim.) 2008: Purokunnostusopas – käsikirja metsäpuron kunnostajille. Oulu, Kainuun ympäristökeskus ja Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 89 s.

Ahonen, J. & Valjus, T. 2011: Pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys Ilola-Kukkolanharjun alueella. Helsinki, Geologian tutkimuslaitos. 40 s.

Ahtiainen, H. 2008. Vesistöjen tilan paranemisen hyötyjen arvottaminen. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 55 s.

Ahtiainen, M. 1991. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 122 s.

Ahtiainen, M. & Huttunen, P. 1999. Long-term effects of forestry managements on water quality and loading in brooks. *Boreal Environment Research* 4: 101–114.

Allan, J.D. & Castillo, M.M. 2007: Stream ecology: Structure and function of running waters. Springer, Netherlands. 436 s.

Angelopoulos, N.V., Cowx, I.G. & Buijseb, A.G. 2017: Integrated planning framework for successful river restoration projects: Upscaling lessons learnt from European case studies. *Environmental Science & Policy* 76: 12-22.

Aroviita, J., Karjalainen, S.M., Turunen, J., Muotka, T. & Rääpysjärvi, J. 2016. Metsätalouden ekologiset vesistövaikutukset ja purojen tilan arvioinnin kehitystarpeet. *Vesitalous* 1: 16–20.

Aulaskari, H. 2008: Restoration of small urban streams in Finland. Teoksessa: 4th ECRR Conference on River Restoration, 909–914. Venice, European Centre for River Restoration.

Binder, W. 2004: Die Isar. Teoksessa: Jurging, P. & Patt, H. (toim.), Flibgewässer- und Auenentwicklung: 416-428. Berlin, Springer.

Bogue, R. 2005: Use S.M.A.R.T. goals to launch management by objectives plan. TechRepublic. (Luettu 5.12.2018) Saatavilla: <https://www.techrepublic.com/article/use-smart-goals-to-launch-management-by-objectives-plan/>

Bouleau, G. & Pont. B. 2015: Did You Say Reference Conditions? Ecological and Socio-economic Perspectives on the European Water Framework Directive. *Environmental Science & Policy* 47: 32-41.

- Brink, K. Gough, J., Royte, P., Schollema, P. & Wanningen, H. 2018: From Sea to Source 2.0. Protection and restoration of fish migration in rivers worldwide. Groningen, World fish migration foundation. 360 s.
- Britschgi R. & Gustafsson, J. 1996: Suomen luokitellut pohjavesialueet. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 387 s.
- Brookes, A. & Sear, D.A. 1996: Geomorphological Principles for Restoring Channels. Teoksessa: Brookes, A. and Shields, F. (toim.) River channel restoration. Guiding principles for sustainable projects, 75-102. West Sussex, Wiley.
- Brookes, A. & Shields, F. (toim.) 1996: River channel restoration. Guiding principles for sustainable projects. West Sussex, Wiley. 433 s.
- Burt, T. P. 1992: The Hydrology of headwater catchments. Teoksessa: Calow & Petts (toim.), The River handbook 1, 3-28. Oxford, Blackwell Science.
- Carling, P. 1992: In-stream Hydraulics and sediment transport. Teoksessa: Calow & Petts (toim.), The River handbook 2, 101- 125. Oxford, Blackwell Science.
- Charlton, R. 2008: Fundamentals of fluvial geomorphology. New York, Routledge. 234 s.
- Cowx, I.G. 2004: Rehabilitation of freshwater fisheries: tales of the unexpected? Fisheries Management and Ecology 11, 243-249.
- Cowx, I.G. & Welcomme, R. 1998: Rehabilitation of Rivers for Fish. Oxford, Fishing News Books Ltd. 80 s.
- Downs, P., Skinner, K. & Kondolf, M. 2002: Rivers and streams. Teoksessa: Perrow, M. (toim.) Handbook of Ecological Restoration 2, Restoration in Practice: 267-296. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ekholm, P. 1992: Maataloudesta peräisin oleva fosfori vesien rehevöittäjänä. Teoksessa: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.), Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit: 39-46. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus.
- Eloranta, A. 2000. Tierumpu voi katkaista vaellusväylän. Suomen Kalastuslehti 107: 32–35.
- Eloranta, A., Harjula, H., Jormola, J., Meisalmi, T. & Nissinen, R. 2003: Eliöstön kulkumahdollisuuksien parantaminen. - Teoksessa: J. Jormola, H. Harjula & A. Sarvilinna (toim.), Luonnonmukainen vesirakentaminen. Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun: 88–105. Helsinki, Suomen ympäristökeskus.
- Eloranta, A. 2007: Towards better restoration results in Finland. Teoksessa: Savolainen, V. (toim.), Good Practices in Northern Watercourses – Community Development, River Restoration and Environmental Education: 158 – 180. Jyväskylä, Jyväskylä University of Applied Sciences.
- Eloranta, A. 2010: Virtavesien kunnostus. Vammala, Kalatalouden Keskusliitto. 278 s.
- Eloranta, A. 2016: Yksityistierummut – vesistöongelma? Yksityistie uutiset 1: 6–7.

- Eloranta, A.J. & Eloranta A.P. 2016: Rumpurakenteiden ympäristöongelmat, niiden ehkäisy ja korjaaminen. Keski-suomalainen pilottitutkimus. Jyväskylä, Keski-Suomen ELY-keskus. 190 s.
- Gerhard, M. & Reich, M. 2000: Restoration of Streams with large Wood: Effects of Accumulated and Built-in Wood on Channel Morphology, Habitat Diversity and Aquatic fauna. *Hydrobiology* 85: 123-137.
- Gillian, S., Boyd, K., Hoitsma, T., & Kaufmann, M. 2005: Challenges in developing and implementing ecological standards for geomorphic river restoration projects. *Journal of Applied Ecology* 42, 223–227.
- Haines-Young, R. & Potschin, M. 2010: The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. *Ecosystem Ecology: a new synthesis* 18: 110-139.
- Hakala, V. 2019: Jokelankosken pato kunnostettiin Hämeenkoskella. *Hollolan sanomat* 9.1.2019: 2.
- Halttunen, S. & Lakso, E. 1983: Selvitys rakennetuista pohjapadoista. Helsinki, Vesihallitus. 52 s.
- Hammond, D., Mant, J., Holloway, J., Elbourne, N. & Janes, M. 2011: Practical river restoration appraisal guidance for monitoring options (PRAGMO). Guidance document on suitable monitoring for river and floodplain restoration projects. Cranfield, The River Restoration Centre (RRC). 315 s.
- Hanski, M. 2000: Jokien rakenteellisen tilan arviointi. Taustaa EU:n vesipolitiikan puitteiden toteutukselle Suomen virtavesissä. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 94 s.
- Hanski, M. & Jormola, J. (toim.). 2000: Luonnonmukainen vesirakentaminen Sveitsissä ja Itävallassa. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 44 s.
- Harjula, H., Jormola, J., Pajula, H., Sampakoski, L. & Yrjänä, T. 2003: Tulvasuojelu ja peruskuivatus. Teoksessa: Jormola, J., Harjula, H. & Sarvilinna, A. (toim.). Luonnonmukainen vesirakentaminen - Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Suomen ympäristö 631. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 168 s.
- Hartikainen, E., Havumäki, M. & Moilanen, E. 2008: Kunnostusmenetelmät. Teoksessa: Opas metsäpuron kunnostajalle: 32-52. Oulu, Kainuun ympäristökeskus ja Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
- Heinimaa, S. & Pursiainen, M. 2010: Jokiravun ja täpläravun elinkierto ja levinneisyys. Helsinki, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 22 s.
- Helsingin kaupungin rakennusvirasto. 2007: Helsingin pienvesiohjelma. Helsinki. 168 s.
- Hirvonen, A., Kinnari, R., Koski, K. & Ruokolainen, J. 2013: Löytöretkiä Päijät-Hämeen kyliin: Hämeenkoski - kosken ja harjun huomassa. Padasjoki, Pro Agria Etelä-Suomi ry. 80 s.
- Hjerpe, T., Hämäläinen, L., Törrönen, J., Raitanen, H. & Jormola, J. 2018: Kuivatustoiminnassa muuttuneiden virtavesien kunnostus ja hoito (KURVI)-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskus. 42 s. Julkaisematon.

- Hjerppe, T. 2018: Suorat mutkiksi. Kumianojan ennallistaminen. Vesistökuunnostusverkoston vuosiseminaari Oulu, 12.6.2018. PPT-esitys. (Luettu 2.8.2018). Saatavilla: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesistokunnostusverkosto/Tapahtumat/Vuosiseminaarit/Vuosiseminaari_2018/esitykset_vesistokunnostusverkoston_vuos\(47219\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesistokunnostusverkosto/Tapahtumat/Vuosiseminaarit/Vuosiseminaari_2018/esitykset_vesistokunnostusverkoston_vuos(47219))
- Hjerppe, T. 2010: Näsinoja-Tuomarinkylänojan vedenlaatu ja kuormituksen erityispiirteet. Helsinki, Helsingin yliopiston geotieteiden ja maantieteen laitos. 85 s.
- Hupp, C. 1992: Riparian Vegetation Recovery Patterns Following Stream Channelization: A Geomorphic Perspective. *Ecology* 73, 1209-1226.
- Hyvönen, S., Suanto, M., Luhta, P.-L., Yrjänä, T. & Moilanen, E. 2005: Puroinventoinnit lijoen valuma-alueella vuosina 1998-2003. Oulu, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 94 s.
- Hämäläinen, L., Jormola, J., Järvenpää, L., Kasvio, P., Tertsunen, J. & Muilu, T. 2015: Luontoarvojen huomioon ottaminen ojitusten peruskorjauksissa ja kunnossapidossa. (Luettu: 2.11.2018) Saatavilla: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Maankuivatus_ja_ojitus/Luonnonmukainen_peruskuivatus
- Hämäläinen, L. (toim.) 2015: Pienvesien suojele- ja kunnostusstrategia. Helsinki, Ympäristöministeriö. 69 s.
- Hämäläinen, L. ja Sarvilinna, A. 2010: Purojen kunnostaminen - työkaluja pienvesien suojeeluun, *Ympäristö ja terveys* 41: 50-57.
- Häkkiä, K., Kuoppala, M., Heino, J., Ulvi, T. & Hämäläinen, L. 2015: Paikkatietopohjaisen purojen tilan arviointimenetelmän kehittäminen Menetelmän tarve, perusteet ja käyttömahdollisuudet. (Luettu 24.10.2018). Saatavilla: <https://www.syke.fi/hankkeet/Pienvesi-GIS>
- Insinööri-toimisto Paavo Ristola 1996: Kellonlähteen-Helvetinlähteen vedentoton ympäristövaikutusten arviointiselostus. Pääkaupunkiseudun vesi Oy. 61 s.
- Janatuinen, A. 2009: Espoon virtavesiselvitys. Osa 1: Espoon virtavesi-inventointi. Espoo, Espoon kaupunki. 65 s.
- Janatuinen, A. 2012: Vantaan virtavesiselvitys 2010-2011. Vantaa, Vantaan kaupunki. 163 s.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2006: Life History of the Anadromous Trout *Salmo Trutta*. Teoksessa: Graeme Harris & Nigel Milner (toim.), *Sea Trout Biology, Conservation & Management*, 196-223. Oxford, Blackwell Publishing Ltd.
- Joensuu, S., Makkonen, T. & Niskala, M.-L. 2006: Luonnontilaisten purojen suojele vesilaisissa - metsätaloudellisten vaikutusten selvitys. Hämeenlinna, Tapio. 36 s.
- Johansson, P. & Kujansuu, R. (toim.) 2005: Pohjois-Suomen maaperä. Maaperäkartojen 1:400 000 selitys. Espoo, Geologian tutkimuskeskus. 236 s.
- Jormola, J., Harjula, H. & Savilinna, A. 2003: Luonnonmukainen vesirakentaminen – Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 168 s.

Jormola, J., Järvelä, J., Lehtinen, A. & Pajula, H. 1998: Luonnonmukainen vesirakentaminen - mahdollisuudet ja erityispiirteet Suomessa. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 80 s.

Jormola, J. & Pajula, H. (toim.). 1999: Luonnonmukainen vesirakentaminen Saksassa ja Tanskassa. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 56 s.

Järvenpää, L. 2003: Uomien luonnontilan parantaminen. Teoksessa: Jormola, J., Harjula, H. & Savilinna, A., Luonnonmukainen vesirakentaminen – Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun: 61-71. Helsinki, Suomen ympäristökeskus.

Jungwirth, M., Muhar, S. & Schmutz, S. 2002: Re-establishing and assessing ecological integrity in riverine landscapes. *Freshwater Biology* 47: 867–887.

Järvelä, J. 1998: Luonnonmukainen vesirakennus: periaatteet ja hydrauliset näkökohdat virtavesien ennallistamisessa ja uudisrakentamisessa. Espoo, Teknillinen korkeakoulu. 129 s.

Järvelä, J. & T. Helmiö. 2004: Hydraulic considerations in restoring boreal streams. *Nordic Hydrology* 35: 223-235.

Järvelä, J. & Vakkilainen, P. 1996: Luonnonmukaisuus keskieurooppalaisessa vesirakentamisessa. *Vesitalous* 37: 10-16.

Järvenpää, L. 2004: Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa - esimerkkinä Nuuksion Myllypuro. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 96 s.

Kalmbergin kartasto R IV : List 7. (Luettu: 1.8.2018) Saatavilla: www.vanhakartta.fi

Kauppinen, J., Yrjänä, T. & Sarajärvi, K. 2013: Iijoen vesistön uittotoiminta ja sen jälkeiset entisöintityöt. Oulu, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus. 84 s.

Kern, K. 1992: Rehabilitation of streams in south-West Germany. Teoksessa: Boon PJ, Calow P. & Petts GE (toim.). *River conservation and management*, 321-335. Chichester, Wiley.

Kerätär, K. (toim.) 2003: Rakennettujen vesistöjen tila ja luonnonmukaiset kunnostusmenetelmät. Yhteenvedo Luomujoki-projektin tuloksista. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 109 s.

Ketola, T. 1996: Aineskuljetus ja veden laatu Mellunkylänpurossa, Itä-Helsingissä. Helsinki, Helsingin yliopisto. 90 s.

Klug, H. 2012: An integrated holistic transdisciplinary landscape planning concept after the Leitbild approach. *Ecological indicators* 23: 616-626.

Kocis, E. 2018: Success of stream channel restoration in the Iijoki catchment area. Jyväskylä, University of Jyväskylä. 31 s.

Koho, E. 2008: Helsingin purojen valuma-alueet: tarkastelussa maaperä, maankäyttö ja väestö. Helsinki, Helsingin yliopisto. 91 s.

Koli, L. 1990: Suomen kalat. Porvoo, WSOY. 357 s.

- Koljonen, S. 2011: Ecological impacts of in-stream restoration in salmonid rivers. Oulu, University of Oulu. 49 s.
- 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: 1121-1130.
- Kondolf, G. M. 2006: River Restoration and Meanders. *Ecology and Society* 11: 42.
- Kondolf, G. M., Piegay, H., Schmitt, L. & Montgomery, D. 2016: Geomorphic classification of river and streams. Teoksessa: Tools in fluvial geomorphology, 133-153. Oxford, Wiley Blackwell.
- Kondolf, G. M. & Micheli, E. 1995: Evaluating Stream Restoration Projects. *Environmental Management* 19: 1-15.
- Kontula, T. & Raunio, A. 2018: Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja. Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Helsinki, ympäristöministeriö. 388 s.
- Koutaniemi, L. 2000. Meanderointi ja sen yhdentoista vuoden seuranta Oulankajoella Kuusamossa. *Terra* 112: 217-228.
- Lahermo, P. Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen, R. 1996: Suomen geokemian atlas, osa 3. Ympäristögeokemia - purovedet ja sedimentit. Espoo, Geologian tutkimuskeskus. 149 s.
- Laine, E. 2017: Vesienhoidollisten toimenpiteiden ja vesioikeudellisten velvoitteiden yhteensovittaminen. Tapausesimerkki: Hausjärven Punkanjoen virtavesikunnostus. Hämeenlinna, Hämeen ammattikorkeakoulu. 56 s.
- Larikka, M. 2012: Pienvesivoima <1 MW ja sen mahdollisuudet Suomessa. Tampere, Tampereen ammattikorkeakoulu. 34 s.
- Larsen, P. 1994: Restoration of River Corridors, German Experiences. Teoksessa: Calow, P. & Petts, G. (toim.) *The Rivers Handbook* 2, 419-438. Oxford, Blackwell Science.
- Lehijärvi, M. 1962: Kärkölä. Kallioperäkartan selitys 1: 100 000, 2133. 26 s.
- Lehtoranta V., Sarvilinna, A. & Hjerpe, T. 2012: Purojen merkitys helsinkiläisille. Helsingin pienvesiohjelman yhteiskunnallinen kannattavuus. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 52 s.
- Lehtoranta V., Seppälä, E., Martinmäki, K. & Sarvilinna, A. 2013: Asukkaiden näkemykset ja halukkuus osallistua vesienhoitoon Kalimenjoen valuma-alueella. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 44 s.
- Lehtoranta, V., Sarvilinna, A., Väisänen, S., Aroviita, J. & Muotka, T. 2017: Public values and preference certainty for stream restoration in forested watersheds in Finland. *Water Resources and Economics* 17: 56–66.
- Liljaniemi, P., Vuori, K.-M., Ilyashuk, B. & Luotonen, H. 2002: Habitat characteristics and macroinvertebrate assemblages in boreal forest streams: relations to catchment silvicultural activities. *Hydrobiologia* 474, 239–251.

- Lipponen, A. 2001: Päijänne-tunnelin ympäristögeologia ja – riskit. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 68 s.
- Liuska, L. & Rahkila, R. 2014: Järjestäytynyt yhteistyö vesistökunnostusten edistämisen keinona. VYYHTI-hankkeen selvitys vesistökunnostusten välittäjäorganisaatioista. Oulu, ProAgria Oulu ja Oulun Maa- ja kotitalousnaiset. 79 s.
- Louhi, P. 2010: Responses of brown trout and benthic invertebrates to catchment-scale disturbance and in-stream restoration measures in boreal river systems. Oulu, University of Oulu. 49 s.
- Louhi, P. & Koljonen, S. 2016: Puu hyödyttää monipuolisesti virtavesien eliöstöä. *Vesitalous* 1: 12-15.
- Louhi, P., H. Mykrä, R. Paavola, A. Huusko, T. Vehanen, A. Mäki-Petäys, & Muotka, T. 2011: Twenty years of stream restoration in Finland: little response by benthic macroinvertebrate communities. *Ecological Applications* 21: 1950–1961.
- Louhi, P., Vehanen, T., Huusko, A., Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. 2016: Long-term monitoring reveals the success of salmonid habitat restoration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73: 1733-1741.
- Luhta, P-L., Huusko, A. & Louhi, P. 2012: Re-building brown trout populations in dredged boreal forest streams: in-stream restoration combined with stocking of young trout. *Freshwater Biology* 57: 1966–1977.
- Luhta, P-L. ja Moilanen, E. 2018: Tervetuloa retkelle kunnostettujen purojen ja rumpujen valtakuntaan lijoen vesistöalueelle. Vesistökunnostusverkoston vuosiseminaari 14.6.2018, Oulu. PPT-esitys. (Luettu 4.8.2018) Saatavilla: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesistokunnostusverkosto/Tapahtumat/Vuosiseminaarit/Vuosiseminaari_2018/Esitykset_vedistokunnostusverkoston_vuos\(47219\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesistokunnostusverkosto/Tapahtumat/Vuosiseminaarit/Vuosiseminaari_2018/Esitykset_vedistokunnostusverkoston_vuos(47219))
- Luhta, V. & P. Sevola. 1977: Etelä-Pohjanmaan pikkuvesien hätätila. *Suomen Luonto* 3, 181-185.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2004: Kalataloudellisten kunnostusten kehittämistyöryhmän raportti. Helsinki. 81 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2012: Kansallinen vieraslajistrategia. Helsinki. 126 s.
- Marttila, M. 2017: Ecological and social dimensions of restoration success in boreal river systems. Oulu, University of Oulu. 54 s.
- McDonald, A., Lane, S., Haycock, N. & Chalk, E. 2004: Rivers of dreams: on the gulf between theoretical and practical aspects of an upland river restoration. *Transactions of the institute of the british geographers* 23: 257-281.
- Meriluoto, M. & Soininen, T. 1998: Metsäluonnon tärkeät elinympäristöt. Hämeenlinna, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 192 s.

- Milner, A.M. 1994: System recovery. Teoksessa: Calow, P. and Petts, G.E. The Rivers Handbook. Hydrological and Ecological Principles 2, 76-97. Oxford, Blackwell Science.
- Moilanen, E. 2008: Puulla kunnostaminen. Teoksessa: Ahola ja Havumäki (toim.), Purokunnostusopas – käsikirja metsäpuron kunnostajille, 38-42. Oulu, Kainuun ympäristökeskus ja Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
- Muhar, S. 1996: Habitat improvement of Austrian rivers with regard to different scales. *Regulated Rivers Research & Management* 12: 471–482.
- Muhar, S., Schmutz, S. & Jungwirth, M. 1995: River restoration concepts — goals and perspectives. *Hydrobiologia* 303: 183–194.
- Muhar, S., Sendzimir, J., Jungwirth, M. & Hohensinner, S. 2018: Restoration in Integrated River Basin Management. Teoksessa: Schmutz, S. & Sendzimir, J. (toim.). *Riverine Ecosystem Management. Science for Governing Towards a Sustainable Future*, 262-289. Austria, Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management.
- Muhar, S. Jungwirth, M., Unfer, G., Wiesner, C. Poppe, M., Schmutz, S., Hohensinner, S. & Habersack, H. 2007: Restoring riverine landscapes at the Drau River: successes and deficits in the context of ecological integrity. Teoksessa: Helmut Habersack, Hervé Piégay & Massimo Rinaldi, *Gravel bed rivers 6, From Process Understanding to River Restoration: 1-817*. Elsevier Science.
- Martinmäki, K., Marttunen, M., Ulvi, T., Visuri, M., Dufva, M., Sammalkorpi, I., Ahtiainen, H., Lemmelä, E., Auvinen, H., Partanen-Hertell, M., Lehto, A., Väisänen, T., Mustajoki, J. & Ihme, R. 2010: Uusia menetelmiä järven kunnostushankkeen suunnitteluun. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 64 s.
- Muotka, T., Hyvärinen, M. & Siikamäki, P. 2004: Virtavesiekosysteemin rakenne ja toiminta. Teoksessa: Walls, M. & Rönkä, M. *Veden varassa – Suomen vesiluonnon monimuotoisuus*, 44-46. Helsinki, Edita.
- Muotka, T., & Laasonen, P. 2002: Ecosystem recovery in restored headwater streams: the role of enhanced leaf retention. *Journal of Applied Ecology* 39: 145–156.
- 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.
- Muotka, T. & Syrjänen, J. 2007: Changes in habitat structure, benthic invertebrate diversity, trout populations and ecosystem processes in restored forest streams: a boreal perspective. *Freshwater Biology* 52: 724–737.
- Mäenpää, M. ja Olin, S. 2011: Kooste vesienhoitoalueiden vesienhoitosuunnitelmista vuoteen 2015. Suomen ympäristökeskus. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 118 s.
- Mäkelä, H., Hiitiö, M., Horppila, P., Hulkko, H., Leino, J., Siiro, P. & Tasanko E. 2015: Hämeen vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2016 – 2021. Hämeenlinna, Hämeen ELY-keskus. 223 s.

- Mäkinen, J. 2013: Päijät-Hämeen maakunnallisesti arvokkaat harjualueet. Maakuntakaavan rajaustarkistukset. Päijät-Hämeen liitto. 20 s.
- Mäki-Petäys, A., Vehanen, T., Huusko, A. ja Muotka, T. 1999: Virtavesien kunnostuksen arviointi ja seuranta. Suomen kalastuslehti 7: 8-11.
- Niemelä, J., Helle, I. & Jormola, J. 2004: Purovesistöjen merkitys kaupunkiluonnon monimuotoisuudelle. Helsinki, Ympäristöministeriö. 116 s.
- Näreaho, T., Jormola, J., Laitinen, L. ja Sarvilinna, A. 2006: Maatalousalueiden perattujen purojen luonnonmukainen kunnossapito. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 64 s.
- O'Grady, M. 2006: Channels & channelges. Enhancing salmonid rivers. Dublin, Central Fisheries Board. 142 s.
- Ohtonen, A. 2005: Pienvesien suojelu metsätaloudessa. Joensuu, Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. 84 s.
- Olin, S. (toim.) 2013: Vesien kunnostusstrategia. Helsinki, ympäristöministeriö. 54 s.
- Olkio, K. & Eloranta, A. 2007: Virtavesikunnostusten sosioekonomisista vaikutuksista Keski-Suomessa. Jyväskylä, Keski-Suomen ELY-keskus. 56 s.
- Oulasvirta, P. (toim.) 2006: Pohjoisten virtojen raakat. Interreg-kartoitushanke Itä-Inarissa, Norjassa ja Venäjällä. Vantaa, Metsähallitus. 152 s.
- Pajula, H. (toim.) 2003: Ojitusoimitusopas. Helsinki, Maa- ja metsätalousministeriö. 80 s.
- Palmer, S., Bernhardt, J. Allan, D., Lake, P., G. Alexander, G., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C., Follstad Shah, J., Galat, D.L., Gloss, S., Goodwin, P., Hart, P., Hassett, B., Jenkinson, R., Kondolf, G. M., Lave, R., Meyer, J.L., O'Donnell, T., Pagano, L., Srivastava, P. & Sudduth, E. 2005: Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology* 42: 208-217.
- Palviainen, M. & Finér, L. 2013: Kunnostusojituksen vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen. Jyväskylä, TASO-hanke. 47 s.
- Petts, G.E. 1992: Rivers - Dynamic Components of Catchment Ecosystems. Teoksessa: Calow, P. & Petts, G. (toim.) *The Rivers Handbook* 2, 3-22. Oxford, Blackwell Science.
- Potschin, M., Klug, H. and Haines-Young, R. 2010: From vision to action: Framing the Leitbild concept in the context of landscape planning. *Futures* 42: 656-667.
- Powell, G.E., A.D. Ward, D.E. Mecklenburg, J. Draper & W. Word. 2007: Two-stage channel systems: Part 2, case studies. *Journal of Soil and Water Conservation* 62:286-296.
- Ranta, T. & Mäkinen, P. 2016: Kumianojan sähkökoekalastukset v. 2016. Hämeen kalatalouskeskuksen raportti 15/2016. 11 s.

- Ranta, T. & Puranen 2018: Kumianojan sähkökoekalastukset v. 2018. Hämeen kalatalouskeskuksen raportti. 13/2018. 9 s.
- Ranta, T. & Ruokolainen, J. 2011: Raportti sähkökoekalastuksista Hämeenkosken Teuronjoella ja siihen laskevilla puroilla vuonna 2011. Hämeen kalatalouskeskus raportti 12/2011. 11 s.
- Rantakokko, K. (toim.) 2002: Tulvavesien tilapäinen pidättäminen valuma-alueilla. Kartoitus mahdollisuuksista Suomen oloissa. Suomen ympäristö 563. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 85 s.
- Raunio, A., Anttila, S., Kokko, A. & Mäkelä, K. 2013: Luontotyyppisuojelelun nykytilanne ja kehittämistarpeet. Lakisääteisen turvaamiskeinot. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 276 s.
- Rekolainen, S. 1992: Maatalouden aiheuttama fosfori- ja typpikuorma vesistöihin. Teoksessa: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim). Maatalous ja vesien kuormitus, 9-15. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus.
- Roni, P. & Beechie, T. (toim.). 2012: Stream and Watershed Restoration: A Guide to Restoring Riverine Processes and Habitats. Wiley Blackwell.
- 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.
- Roni P., Pess G., Beechie T. & Hanson K. 2015: Wood placement in river restoration: Fact, fiction, and future direction. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 72: 466–478.
- Rubin, Z., Kondolf, M. and Rios-Touma, B. 2017: Evaluating Stream Restoration Projects: What Do We Learn from Monitoring? Water 9: 174.
- Ruth, O. 2004: Kaupunkipurojen hydrogeografia kolmen esimerkkivaluma-alueen kuvastamana Helsingissä. Helsinki, Helsingin yliopiston maantieteen laitos. 139 s.
- Ryder, D., Brierley, G., Hobbs, R., Kyle, G. & Leishman, M. 2008: Vision Generation: What do we see to achieve in river rehabilitation? Teoksessa: Brierley, G. & Fryirs, K. River Futures: An Integrative Scientific Approach to River Repair, 16-24. Washington, Island Press.
- Räike, A. 1994: Valtakunnallinen pienvesi-inventointi. Alustavat tulokset vuosilta 1989–1993. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 98 s.
- Rääpysjärvi, J., Karjalainen, S-M., Karttunen, K., Kuoppala, M. & Aroviita, J. 2016: Metsätalouden vaikutukset purojen ja jokien biologiseen tilaan – MEBI -hankkeen tulokset. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 38 s.
- Saaristo, L. & Vanhatalo, K. (toim.) 2015: Metsänhoidon suositukset talousmetsien luonnonhoitoon, työopas. Helsinki, Tapio. 98 s.
- Salminen, M. & Böhling, P. 2002: Kalavedet kuntoon. Helsinki, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 268 s.

- Sarvilinna, A., Lehtoranta, V. & Hjerpe, T. 2018: Willingness to participate in the restoration of waters in an urban–rural setting: Local drivers and motivations behind environmental behavior. *Environmental Science & Policy* 85: 11-18.
- Sarvilinna, A., Lehtoranta, V. & Hjerpe, T. 2017: Are Urban Stream Restoration Plans Worth Implementing? *Environmental Management* 59: 10-20.
- Sarvilinna, A., Hjerpe, T., Arola, M., Hämäläinen, L. & Jormola, J. 2012: Kaupunkipuron kunnostaminen. , Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 69 s.
- Seuna, P. 1990: Metsätalouden toimenpiteet hydrologisina vaikuttajina. *Vesitalous* 2: 38-40.
- Seppälä, M. 2013: Suomen metsäkeskuksen pienvesien kunnostushankkeet. Suomen metsäkeskus, julkiset palvelut. Pienvesien kunnostustyöryhmän sidosryhmätyöpaja 29.10.2013. PPT-esitys. Julkaisematon.
- Schmutz, S. & Moog, O. 2018: Dams: Ecological impacts and Management. Teoksessa: Schmutz, S. & Sendzimir, J. (toim.), *Riverine Ecosystem Management, Science for Governing Towards a Sustainable Future*: 111-127. Springer International Publishing.
- Suomen ympäristökeskus. 2014: Pienvesien tila. Yhteenveto ELY-keskuksille tehdyn kyselyn tuloksista. Pienvesien kunnostustyöryhmän raportti. 18 s. Julkaisematon.
- Suomen ympäristökeskus 2017: Valuma-alueen rajaustyökalu VALUE. Luettu 13.7.2017. Saatavilla: <http://paikkatieto.ymparisto.fi/value/>
- Suomen ympäristökeskus 2018: Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta. Luettu 12.7.2018. Saatavilla: http://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat
- Suomen ympäristökeskus 2019: Vesistötyöt tietojärjestelmä (VESTY). Luettu 15.9.2018.
- Suominen, V. & Sipilä, P. 1994: Uudenmaan kallioiden kiviaineksen inventointi. Helsinki, Geologian tutkimuslaitos. 15 s.
- Schwendel A., Death, R., Fuller I. & Joy M. 2011: Linking disturbance and stream invertebrate communities: How best to measure bed stability. *Journal of the North American Benthological Society* 30: 11-24.
- Tarvainen, V., Koho, E., Kouki, A-M. & Salo, A. 2005: Helsingin purot. Millaista vettä kaupungissamme virtaa? Helsinki, Helsingin kaupungin ympäristökeskus. 103 s.
- Thoms, M. 2003: Floodplain–river ecosystems: lateral connections and the implications of human interference. *Geomorphology* 56: 335-349.
- Turunen, J. 2018: Responses of biodiversity and ecosystem functions to land use disturbances and restoration in boreal stream ecosystems. Oulu: University of Oulu. 49 s.
- 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.

- Törrönen, J. 2017: Ennallistetun puron kehittyminen : Case Espoon Nuuksion Myllypuro. Lahti, Lahden ammattikorkeakoulu. 64 s.
- Underwood A. 1994: On beyond BACI, sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecological Applications* 4: 3–15.
- Ympäristöministeriö. 1992: Erityissuojelua vaativat vesistöt. Vesistöjen erityissuojelutyöryhmän mietintö. Helsinki. 176 s.
- Ympäristöministeriö. 2003: Ennallistaminen suojelualueilla. Ennallistamistyöryhmän mietintö. Helsinki. 220 s.
- Ympäristöministeriö. 2007: Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015. Helsinki. 90 s.
- Ympäristöministeriö, 2011: Toimintasuunnitelma uhanalaisten luontotyyppien tilan parantamiseksi. Helsinki. 112 s.
- Yrjänä, T. 2003: Restoration of riverine habitat for fisheries – analyses of changes in physical habitat condition. Oulu, University of Oulu. 125 s.
- Yrjänä, T., Luhta, P.-L., Hartikainen, E., Moilanen, E., Tammela, S., Marttila, H., Klöve, B., Suurkuukka, H., Virtanen, R. & Muotka, T. 2011: Liettyneiden metsäpurojen kunnostaminen. *Metsätieteen aikakauskirja* 2: 179-186.
- Zika, U. & Peter, A. 2002: The introduction of woody debris into a channelized stream - Effect on trout populations and habitat. *River Research and Applications* 18: 355-366.
- Vehanen, T., Huusko, A. Mäki-Petäys, A., Mykrä, H., Louhi, P. & Muotka, T. 2010: Effects of habitat rehabilitation on habitat and brown trout in boreal forest streams. *Freshwater Biology* 55: 2200–2214.
- Wager, H. 2006: Päijät-Hämeen rakennettu kulttuuriympäristö. Päijät-Hämeen liitto. 124 s.
- Westberg, V. (toim.) 2015: Vesien tila hyväksi yhdessä. Kokemäenjoen-selkämeren saaristomerän vesienhoitosuunnitelma vuosiksi 2016-2021. Seinäjoki, Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus.
- Wood, P. & Armitage, P. 1997: Biological Effects of Fine Sediment in the Lotic Environment. *Environmental Management* 21: 203-17.
- Vuori, K., Mitikka, S ja Vuoristo, H. (toim.). 2009: Pintavesien ekologisen tilan luokittelu. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 120 s.
- Västilä K. 2015: Flow–plant–sediment interactions: Vegetative resistance modeling and cohesive sediment processes. Espoo, Aalto University. 99 s.
- Västilä, K. & Järvelä J. 2017: Characterizing natural riparian vegetation for modeling of flow and suspended sediment transport. *Journal of Soils and Sediments* 18: 3114–3130.

8. LIITTEET

Liite 1. Kumianojan tulvaniityn kasvillisuuden seuranta

Tutkimuksen toteutus: Jukka Riihimäki, SYKE

Ennallistettavalle tulvaniitylle sijoitettiin osana SYKEN KURVI-hanketta kaksi linjaa, joille perustettiin 1 m² kokoisia koealoja.

Koealoilta merkittiin muistiin alalta havaitut kasvilajit ja niiden peittävyys prosenttiasteikolla. Mikäli kasvilajin peittävyys oli hyvin pieni (alle 1 %) peittävyysarvoksi merkittiin 0,5 %. Linjoja ei merkitty maastoon mutta linjojen alkupisteen koordinaatit mitattiin GPS-laitteella ja alkupisteeksi valittiin selkeä maastossa havaittava ja toivottavasti pysyvä kohde.

Koealan sijainti mitattiin maassa vapaasti olevalla suoraksi vedetyllä mittanauhalla. Kasvillisuustaulukoihin on merkitty koealan sijainti linjalla sekä se onko koeala mittanauhan ylä- vai alapuolella kun havaitsija seisoo kasvot ylävirran suuntaan.

Linjan 1. kasvillisuus (2018)

Koealan sijainti linjalla		Ruutu linjan yläpuolella							
Sijainti linjan alusta		9-10m	11-12m	16-17m	20-21m	24-25m	28-29m	37-38m	47-48m
Koealan nro		1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Achillea millefolium</i> L.	siankärsämö							1	
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	lehtovuohenputki	50	40	40	20	5	10	40	10
<i>Agrostis capillaris</i> L.	nurmirölli							2	
<i>Alchemilla acutiloba</i> Opiz	piennarpoimulehti					2		5	
<i>Anemone nemorosa</i> L.	valkovuokko								1
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	koiranputki	15	3	1	2		15	7	
<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	jokapaikansara			1					
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	pelto-ohdake	10		3	2		10		
<i>Dactylis glomerata</i> L.	niittykoiranheinä	5		50	30	40	1	5	
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	nurmilauha					40	60	3	70
<i>Equisetum arvense</i> L.	peltokorte								3
<i>Festuca rubra</i> L.	punanata						1		
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	niittymesiangervo				1	1			2
<i>Geum rivale</i> L.	ojakellukka	2						3	
<i>Phleum pratense</i> L.	nurmitähkiö					0,5	0,5		
<i>Plantago major</i> L.	piharatamo	1		5			1		
<i>Poa pratensis</i> L.	niittynurmikka	1	1		1		1	30	
<i>Prunella vulgaris</i> L.	ahoniittyhumala								2
<i>Ranunculus acris</i> L.	niittyleinikki						2	1	1
<i>Ranunculus repens</i> L.	rönsyleinikki		5	1		3	1	1	1
<i>Rumex longifolia</i> DC.	hevonhierakka		0,5			2		1	
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	pihatähtimö	1		0,5				0,5	
<i>Stellaria nemorum</i> L.	lehtotähtimö								10
<i>Taraxacum</i> F. H. Wigg.	voikukat	3				2	2	1	
<i>Trifolium repens</i> L.	valkoapila	5							
<i>Urtica dioica</i> L.	isonokkonen	10	50	1	40				
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	nurmitädyke			0,5		0,5		0,5	
<i>Vicia sepium</i> L.	aitovirna			1	3		0,5		

Linjan 2. kasvillisuus (2018)

Koealan sijainti linjalla		yläpuoli	alapuoli, 1m männystä	alap., matalin kohta notkoa	yläpuoli	yläp. Vanhan uoman törmä
Sijainti linjan alusta		8-9m	14-15m	20-21m	29-30m	40-41m
Koealan nro		1	2	3	4	5
Achillea millefolium L.	siankärsämö				1	
Aegopodium podagraria L.	lehtovuohenputki		50	15	2	
Agrostis capillaris L.	nurmirölli					
Alchemilla acutiloba Opiz	piennarpoimulehti				2	
Anemone nemorosa L.	valkovuokko		0,5			
Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm.	koiranputki		3	1	10	
Bryophyta Schimp.	lehtisammalet					3
Cardamine pratensis L.	luhtaliukka					0,5
Carex nigra (L.) Reichard	jokapaikansara					
Cirsium arvense (L.) Scop.	pelto-ohdake					
Dactylis glomerata L.	niittykoiranheinä	3			15	
Deschampsia cespitosa (L.) P. Beauv.	nurmilauha			5	20	3
Dryopteris carthusiana (Vill.) H. P. Fuchs	metsäälvejuuri			20		
Epilobium montanum L.	letohorsma		1			1
Equisetum arvense L.	peltokorte					
Festuca rubra L.	punanata					
Filipendula ulmaria (L.) Maxim.	niittymesiangervo	0,5	5	1	1	
Fragaria vesca L.	ahomansikka	3				
Galium triflorum Michx.	lehtomatara			0,5		
Geum rivale L.	ojakellukka					
Glyceria fluitans (L.) R. Br.	ojasorsimo					1
Scorzoneroideides autumnalis (L.) Moench	syysmaitiainen					1
Oxalis acetosella L.	metsäkäenkaali		0,5			
Phleum pratense L.	nurmitähkiö				1	
Plantago major L.	piharatamo			5	3	
Poa palustris L.	rantanurmikka	1				5
Poa pratensis L.	niittynurmikka	80	5	50	20	20
Prunella vulgaris L.	ahoniittyhumala				7	
Ranunculus acris L.	niittyleinikki				1	1
Ranunculus repens L.	rönsyleinikki			1		30
Rumex acetosa L.	niittysuolaheinä				1	3
Rumex longifolius DC.	hevonhierakka					
Stellaria media (L.) Vill.	pihatähtimö					
Stellaria nemorum L.	lehtotähtimö	7	30			
Taraxacum F. H. Wigg.	voikukat				2	3
Trifolium repens L.	valkoapila				2	
Urtica dioica L.	isonokkonen		2	2	2	
Veronica scutellata L.	luhtatädyke					0,5
Veronica chamaedrys L.	nurmitädyke				1	3
Vicia sepium L.	aitovirna		0,5			3
Viola palustris L.	suo-orvokki					0,5

Liite 2. Kumianojan pohjaeläintutkimuksen tulokset (2016)

Maastotyöt: Pinja Kasvio ja Liisa Hämäläinen (SYKE)

Määrittäjä: Kirsti Leinonen (SYKE)

Kumianojan pohjaeläimet 2016														
Paikka	Helvetti			Suorauoma								Yläp. virtapaikka		
	IK2	PK1	PK2	IK2	IK1	IK2	PK1	PK2	1	2	PK1	IK1	IK2	PK2
Näyte														
Simuliidae sp. (mäkärän toukka)	2	4		2	3	1		5				2	4	2
Chironomidae sp.	6	7	11	8	6	20	236	40	233	28	6	8	21	11
Elmis aena larva		10	30	5	22	19	27	12	9	1	8	10	32	23
Elmis aena adult	5	5	15	13	62	27	9	1			5	11	15	
Hydraena sp. adult	7	11	46	20	81	42	1	1		1	13	20	118	56
Asellus aquatus (vesisiira)	2	2	99	4	2	5	4	5	28	2	1	1	8	2
Dicranota			12		4	4	14	6	3	1	1	1	2	3
Pedicia			2											
Hydracarina			1		1	5	2	6	6	2		7	8	5
ceratopogonidae							2							1
Tipulidae sp.		1	5	1						1	4	1		
eiseniella tetraedra								2			1	1		
psychodidae	1		1	1									1	
tabanidae									1					
Nematoda		1	1				1							
Dytiscidae sp. Larva (sukeltaja)			1				1							
Limoniidae			3				1				1			
coleoptera larva sp											1			
Prinocera sp													1	
PÄIVÄKORENNOT														
Baetis rhodani	4	23	111	11	208	24	16	8	2	2	77	74	367	214
Baetis niger	14		1	6	6						24	10	20	35
KOSKIKORENNOT														
leuctra sp.	4	10	30	9	62	25	20	17	4		31	60	118	79
nemoura sp.	3	33	15	16	6	8	24	14	6	2	10	4	9	3
VESIPERHOSET														
Ryacophila fasciata		3	4	3	4	4	1						9	2
Sericostoma personatum			3			2	4	4						
Sericostomatidae sp (pieniä).		1					5				1	9	23	13
Limnephilidae sp.	1		14	5	1		8	2	2	1				2
Agapetus ochripes		9	71	3	1	3	8	4			1			
Silo pallipes		3	5				11	7	1	3		1		2
polycnetropodidae sp.								1						
polycentropus flavomaculatus			2											
kotilo			1		1									1
pisidium									1					