



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Kirsi-Maria Mykkänen

Puuaines ja rytöjen rakentaminen osana Nuuksion Myllypuron kunnostusta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

11.9.2019

Tekijä Otsikko	Kirsi-Maria Mykkänen Puuaines ja rytöjen rakentaminen osana Nuuksion Myllypuron kunnostusta
Sivumäärä Aika	41 sivua + 8 liitettä 11.9.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	Ympäristötekniikka
Ohjaajat	Suunnittelija Liisa Hämäläinen Lehtori Kaj Lindedahl
<p>Opinnäytetyöllä oli kaksi tavoitetta: 1) suunnitella Nuuksion Myllypuron kunnostusta puuaineksen ja erityisesti rakennettujen rytöjen osalta, 2) laatia ensimmäinen suomenkielinen rakennettuihin rytöihin keskittyvä kirjallisuuskatsaus puuaineksen käytöstä osana purokunnostusta. Työn tilasi Suomen ympäristökeskus.</p> <p>Nuuksion Myllypuron vuosina 2002–03 ennallistettu osuus kärsii liiallisesta eroosiosta, jonka seurauksena uoma on syventynyt ja leventynyt sekä paikoitellen alkanut suoristumaan. Uoman laajentumisen vuoksi vettä ei nouse toivottuun tapaan tulva-alueelle. Rydöillä ja muulla puuaineksella on tarkoitus lisätä puron virtausvastusta, pysäyttää liiallinen eroosio ja lisätä veden nousemista tulvaniitylle. Sekä tulvaniityt että luonnontilaiset purot ovat Etelä-Suomessa uhanalaisia luontotyyppejä. Näitä luontotyyppejä suojelemalla on mahdollista vaikuttaa useiden lajien elinolosuhteisiin. Lisäksi purokunnostus voi vaikuttaa alavirranpuoleisten vesistöjen veden laatuun.</p> <p>Kunnostuksen suunnitteluvaiheessa tutustuttiin kunnostusosuuden lisäksi puron luonnontilaiseen osuuteen, purolla tehtyihin aikaisempiin kunnostuksiin sekä puuaineksen käyttöön ja rytöjen rakennukseen muissa kunnostuskohteissa. Kunnostettavan puron kehityksen seuranta jatkettiin ja kehitettiin piirtämällä kunnostusosuudesta aiempaa tarkemmat karttakuvat inventointia ja seuranta varten, päivittämällä seurantakuvasarjat ja mittaamalla jatkoseurannan kannalta oleelliset poikkileikkaukset. Myös seurannan jatkosta esitettiin suosituksia ja kehitysideoita.</p> <p>Kunnostussuunnitelman toteutusta aloitettiin kesällä 2019 rakentamalla kuusi rytöä. Muun puuaineksen osalta kunnostusta on tarkoitus jatkaa mahdollisimman pian. Rytöjen välitöntä vaikutusta mitattiin vertaamalla vedenkorkeuksia kunkin rydön molemmin puolin. Varmempaa tietoa rakenteiden toimivuudesta ja vaikutuksista saadaan rankkasateiden ja kevättulvien aikaan, parhaiten vasta usean vuoden seurantajaksolla.</p>	
Avainsanat	ennallistaminen, eroosio, eroosiosuoja, kunnostus, liekopuu, monimuotoisuus, puro, puuaines, rytö, suiste, tulvaniitty

Author Title	Kirsi-Maria Mykkänen Large Wood and Engineered Log jams as part of the Rehabilitation of Myllypuro at Nuuksio
Number of Pages Date	41 pages + 8 appendices 11 September 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Engineering
Professional Major	Environmental Engineering
Instructors	Liisa Hämäläinen, Planner Kaj Lindedahl, Lecturer
<p>Aim of this thesis was to plan stream rehabilitation with large wood (LW) and engineered log jams (ELJ) at the Nuuksio national park. Another aim was to write a literature review of using LW and ELJ in river rehabilitation. The thesis was ordered by Finnish Environment Institute (SYKE).</p> <p>The rehabilitation target called Myllypuro was restored 2003. It suffers from erosion, stream bed incision and straightening of the meanders, which all decreases the volume and frequency of the water rising on the floodplain. Rehabilitation with large wood and engineered log jams aims to restrain erosion and increase the amount of water rising on the floodplain area, including a meadow. Natural stream habitats and flood meadows are both threatened habitat types in Southern Finland. Protecting these habitats helps to protect various species. Stream rehabilitation may also affect the water quality of the downstream water bodies.</p> <p>Rehabilitation planning stage included reviewing the rehabilitation history of Myllypuro, observing the pristine part of Myllypuro and excursions to other stream restoration sites with LW and ELJ. Monitoring the rehabilitation area was continued and developed by drawing new, more detailed maps for inventory and monitoring purposes, updating the series of the monitoring photographs and measuring the cross-section areas which were evaluated as the currently most important ones when continuing the monitoring. Suggestions on future monitoring were also presented.</p> <p>Rehabilitation plans were partly executed by building six ELJ during the summer in 2019. The rest of the plan is aimed to be executed in the near future. The immediate effect of the ELJs was observed by measuring the differences of the height of water across the ELJ's. The real effects of the ELJ and LW can be proved during heavy rain or flood season. More reliable results can be expected after years of observation.</p>	
Keywords	stream, rehabilitation, restoration, engineered log jam, large wood, flood plain, erosion, biodiversity

Kiitokset

Kiitän Suomen ympäristökeskusta tämän työn tukemisesta. Erityisesti haluan kiittää Jukka Jormolaa tietojensa jakamisesta ja asiantuntevasta avusta suunnittelutyössä sekä Turo Hjerppeä etenkin yhteistyöstä uoman poikkileikkauksien mittauksessa. Lisäksi kiitoksen ansaitsevat työni viralliset ohjaajat (Liisa Hämäläinen ja Kaj Lindedahl) sekä Kristina Laine, joka piirsi puita ja oksia havainnekuvia varten. Nuuksion Myllypuron kunnostuksen osalta kiitokset kuuluvat kaikille varsinaiseen kunnostustyöhön tai sen suunnitteluun osallistuneille. Lisäksi kiitosta ansaitsisivat kaikki aiemmin Nuuksion Myllypuron parissa työskennelleet sekä purokunnostusmenetelmistä, etenkin puuaineksesta purokunnostuksessa kirjoittaneet, joiden kirjallisesti tai suullisesti jakamaa tietoa sain työssäni hyödyntää.

Helsingissä 11.9.2019 Kirsi Mykkänen

Sisällys

Lyhenteet

Kiitokset	4
1 Johdanto	1
2 Purojen kunnostus ja ennallistaminen	2
2.1 Kunnostuksen suunnittelu	5
2.2 Lainsäädäntö	5
2.3 Kunnostuksen ajankohta	6
2.4 Seuranta	6
3 Rydöt ja muu puuaines virtavesien kunnostuksessa	7
3.1 Erilaisia rytöjä ja muita virtavesien luonnonmukaisia puurakenteita	10
3.2 Rytöjen suunnittelu ja rakennus	12
3.3 Riskit	14
3.4 Rytöjen materiaalit ja rakenne	15
3.5 Sopivat kohteet ja sijainnit	18
3.6 Rytöjen ja muun lisätyn puuaineksen aiheuttama eroosiosuojan tarve	19
3.7 Kokemuksia rakennetuista rydöistä ulkomailla	19
3.8 Puuaineksen käyttö ja rakennetut rydöt Suomessa	20
4 Nuuksion Myllypuro	22
5 Nuuksion Myllypuron kunnostustöiden suunnitelma 2019	23
5.1 Taustaa	24
5.2 Kesän 2019 kunnostuksen tavoitteet	25
5.3 Rajoitteet ja riskit	26
5.4 Suunnitelman ja seurannan pohjatyöt	27
5.5 Rytöjen, suisteiden ja eroosiosuojien sijainnit	28
5.6 Materiaalit	31
5.7 Eroosiosuojien ja suisteiden kiinnittäminen	31
5.8 Rytöjen rakentaminen	32
5.9 Tarvittavat työvälineet	34
6 Kesän 2019 kunnostuksen toteutus	34

7	Seuranta Myllypurolla	35
8	Yhteenveto	40
	Lähteet	42
	Liitteet	
Liite 1.	Myllypuron kunnostettavan osuuden inventointikartta	
Liite 2.	Myllypuron kunnostussuunnitelma 2019 karttana	
Liite 3.	Ensimmäisen rydön rakennekuva	
Liite 4.	Toisen rydön rakennekuva	
Liite 5.	Seurantakartta	
Liite 6.	Seurantakuvat kuvasarjoina	
Liite 7.	Uudet rydöt	
Liite 8.	Uoman poikkileikkaukset	

Lyhenteet

ELJ	Engineered Log Jam. Virtavesien kunnostuksessa käytettävä luonnonmukaista puukasaumaa jäljittelevä rakennelma.
FESWMS-2DH	Finite Element Surface Water Modeling System. Hydraulisessa mallinnuksessa käytettävä kaksiulotteinen mallinnusohjelma.
SYKE	Suomen ympäristökeskus.
VPD	Vesipolitiikan puitedirektiivi 2000/60/EY.

1 Johdanto

Suomessa on niukasti luonnontilaisia puroja ja kaikki purotyypit on arvioitu Etelä-Suomessa uhanalaisiksi [1, s. 10–11; 2, 111]. Uudellamaalla ei ole jäljellä ainuttakaan koko matkaltaan luonnontilaista puroa [3, s. 64]. Vuonna 2015 laaditun Pienvesien suo-
jelu- ja kunnostusstrategian mukaan täysin luonnontilaiset tai luonnontilaisen kaltaiset
purot tulee säilyttää ja niiden muuttuneet osat ennallistaa [1, s. 21]. Vuoden 2018 luon-
totyyppien uhanalaisuusselvityksen perusteella tulisi turvata luonnontilaisten ja luon-
nontilaisten kaltaisten lisäksi myös muilta ominaisuuksiltaan arvokkaat Etelä-Suomen
virtavedet [2, s. 342]. Vesipolitiikan puitedirektiivi (VPD) puolestaan edellyttää purojen,
kuten muidenkin pintavesien hyvää tilaa vuoteen 2025 mennessä [4].

Ennallistamis- ja kunnostustoimilla voidaan vaikuttaa suotuisasti vesistön ja sen lä-
hiympäristön ekologiseen monimuotoisuuteen, virkistysarvoon sekä kalatalouteen. [1,
s.10–11.] Purojen kunto vaikuttaa myös pitkälle niiden alapuolisiin vesistöihin, kuten
jokiin ja järviin – lukuisien purojen yhteisvaikutuksena osaltaan jopa meriinkin [5, s. 9].
Virtavesien kunnostusten tuloksellisuus vaihtelee paljon, jonka vuoksi kunnostukset on
tärkeää suunnitella huolellisesti sekä lisätä järjestelmällisen seurannan avulla ymmär-
rystä erilaisten kunnostustoimenpiteiden sopivuudesta kuhunkin kunnostuskohteeseen
[6, s. 17].

Nuoksion kansallispuiston järviylängöllä sijaitseva Myllypuro on menettänyt monimuo-
toisuuttaan peltojen raivauksen ja metsien kuivatusten vuoksi tehdyissä suoristuksissa
ja perkauksissa. Puron kunnostus aloitettiin jo Nuoksion kansallispuiston perustamisen
jälkeisenä vuonna 1995. [7, s. 60–62.] Nuoksion Myllypuroa voidaan pitää luonnonmu-
kaisen vesirakentamisen sekä suoristettujen purojen ennallistamisen pioneerikohteena
Suomessa [8, s. 12; 9, s. 5]. Metsähallitus jatkoi puron kunnostustöitä jälleen kesällä
2019. Kunnostus suunniteltiin osana tätä opinnäytetyötä Suomen ympäristökeskuksen
asiantuntijoiden ohjauksessa.

Myllypuron Maulaanniitun alueella on havaittu voimakasta eroosiota, jonka seuraukse-
na mutkittlevaksi ennallistettu puro on vaarassa suoristua. Eroosiota on ehdotettu
torjuttavaksi soraistuksella ja puuaineksella, esimerkiksi rakennetuilla rydöillä [10, s.
52]. Rytöjen rakentamisen tavoitteena on vaikuttaa suotuisasti myös puron luontaiseen

tulvimiseen ja elvyttää tulvaniitty, joka on Suomessa erittäin uhanalainen luontotyyppi [11; 2, s. 243].

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Myllypuron kunnostusta rytöjen rakentamisen ja muun puroon lisättävän puuaineksen osalta sekä luoda tiettävästi ensimmäinen suomenkielinen kirjallisuuskatsaus rytöjen rakentamisesta. Lisäksi työssä annetaan katsaus kunnostusosuuden tilasta ennen kesän 2019 kunnostusta. Lopuksi raportoidaan kesän aikana toteutetut kunnostustoimet sekä kunnostusten jälkeen suoritettut mittaukset ja esitetään ehdotus kunnostuksen vaikutusten seurannasta.

2 Purojen kunnostus ja ennallistaminen

Purolla tarkoitetaan jokea pienempää virtaavan veden vesistöä, jonka valuma-alue on 10 ja 100 neliökilometrin väliltä (VL 2011/587, 3. § 2). Myös valuma-alueeltaan tätä pienemmät virtavedet luokitellaan puroiksi, jos niissä virtaa jatkuvasti vettä ja kulkee merkittävässä määrin kalaa. [12.] Suomessa on yhteensä yli 100 000 km puroja, joista harvat ovat luonnontilaisia. Etelä-Suomen kaikki purotyypit on arvioitu joko uhanalaisiksi (69 %) tai puutteellisesti tunnetuiksi (31 %). Koko Suomen alueella savimaiden purot on arvioitu äärimmäisen uhanalaisiksi, savimaiden latvapurot erittäin uhanalaisiksi ja havumetsävyöhykkeen purot vaarantuneiksi. Purojen kunnolla on kauaskantoiset seuraukset, koska ravinteet kulkeutuvat niiden kautta suurempiin vesistöihin. [1, s. 9–11; 2, s. 92, 96.] Purot toimivat myös ekologisina käytävinä eli eläinten kulkureitteinä sekä vaelluskalojen lisääntymisalueina [1; s. 44; 13; 15, s. 102, 164]. Luontodirektiivin luontotyyppien suojelutason raportoinnissa purot käsitellään osana virtavesiluontotyyppejä eikä vesienhoidon ekologisten tilan luokittelu kata pienvesiä. Pienvesien suojelun ja kunnostuksen suuntaviivoiksi on laadittu ympäristöministeriön sekä maa- ja metsätalousministeriön yhteistyönä vuonna 2015 Pienvesien suojelu- ja kunnostusstrategia. [1, s. 10.] Pienten purojen kunnan arvioinnin tueksi kehitetään parhaillaan Freshabit LIFE IP -hankkeen puitteissa paikkatietopohjaista kartoitusmenetelmää yhdistämällä pilotti-alueen purojen inventointiaineistoa paikkatietojärjestelmään. Inventointiaineisto sisältää tietoa esimerkiksi purojen rakenteesta, rantavyöhykkeestä sekä ekologisesta tilasta. [2, s. 92–93; 14.]

Purot ovat kärsineet etenkin maankuivatuksen aiheuttamista hydrologisista ja rakenteellisista muutoksista, maa- ja metsätalouden ravinnekuormituksesta sekä uittoper-

kauksista ja veden otosta. Uomien suoristuksilla on menetetty ekosysteemeille tärkeää monimuotoisuutta sekä vesistöissä että niiden lähiympäristöissä. Lisääntynyt virtausnopeus heikentää usein veden laatua [1, s. 9–11; 15, s. 9–10, 32.] Kalakannatkin ovat heikentyneet monimuotoisuuden vähentymisen ja nousuesteiden, kuten erilaisten rumpurakenteiden ja patojen myötä. [17, s. 13–15; 43, s. 19].

Virtavesien olosuhteet muuttuvat lisäksi ilmastonmuutoksen seurauksena virtaamien ja vedenkorkeuksien vuoden kierron mukaisen vaihtelun muuttuessa. Roudattoman ajan pidentyessä ja talvisateiden runsastuessa vesistöjen ravinne-, kiintoaines- ja humuskuormitus lisääntyy entisestään. Vastaavasti kesäaikaan yleistyvät vesieliöstölle haitalliset kuivuustilanteet alivirtaamakausien pidentyessä ja niiden aikaisten virtaamamäärien niukentuessa. [3, s. 13; 18.] Tulvien ennustetaan lisääntyvän talvisin sekä kesäisten rankkasateiden myötä. Sen sijaan kevättulvien oletetaan pienentyvän talven lumipeitteiden vähentymisen myötä [3, s. 13].

Virtavesien kunnostusta on aloitettu jo tukinuiton käytyä taloudellisesti kannattamattomaksi 1970-luvun loppupuolella. Kunnostuksissa on usein ollut tavoitteena kalakantojen ja kalastusmahdollisuuksien elvyttäminen. [15, s. 10; 19, s. 243–244; 24, s. 13.] Suomessa ensimmäiset monimuotoisuuteen ja ekologisiin kunnostusmenetelmiin liittyvät selvitykset käynnistyivät 1990-luvun loppupuolella [20, s. 7–8]. Peltojen ja metsien kuivatuksissa puroja on kuitenkin suoristettu vielä 2000-luvulle asti. Perkauksiin on kehitetty luonnonmukaisia menetelmiä ja puroja on alettu ennallistaa etenkin metsätalousalueilla. [1, s. 28–31; 15, s. 9–10; 20, s. 7–8.] Purojenkunnostusta on tehty paljon vapaaehtoisvoimin, etenkin taajamissa [5, s. 7, 19].

Ennallistaessa puron uomalinjaus, rakenne sekä hydrologia palautetaan niin lähelle luontaista tilaansa kuin mahdollista. Käytännössä purojen kunnostus tapahtuu ympäröivien alueiden maankäytön ehdoilla. [5, s. 9–10.] Täydellinen ennallistaminen on usein mahdotonta myös sen vuoksi, ettei kaikkia muutoksia ole mahdollista peruuttaa [21, s. 25]. Kunnostuksella voidaan kuitenkin parantaa puron ja sen ympäristön ekologista tilaa sekä parhaimmillaan tuottaa taloudellisia ja sosiaalisia hyötyjä. Kunnostuksesta on toisinaan hyötyä myös tulvien hallinnassa, sillä luonnontilaisen kaltainen monimuotoinen uoma tasaa rankkasateista aiheutuvia virtaamapiikkejä paremmin kuin suoristettu ja perattu uoma. [5, s. 9.]

Kunnostuksella voidaan tavoitella virtaveden vyöhykkeisyyttä ja monipuolista morfologiaa virtaus-suvantovaihteluineen sekä syvyysvaihteluineen, joiden myötä mahdollistetaan eliöstön runsaus ja monipuolisuus. Tärkeiksi osiksi ravintoketjua on todettu muun muassa sammalet ja selkärangattomat, joiden määrä vaikuttaa myös kalakantoihin. [6, s. 32–33; 8, s. 30–33; 21, s. 18, 38, 69.] Virtaveden ekosysteemiä tulee tarkastella rantapenkkojen ja läheisen ranta-alueen sisältämänä kokonaisuutena. Rantojen muodolla ja rantavyöhykkeessä kasvavalla kasvillisuudella, etenkin pensastolla ja puustolla on keskeinen vaikutus uoman ekologisiin olosuhteisiin vesieliöstön kannalta. Puut tarjoavat suojaa ja ravintoa kalastolle ja hidastavat varjostuksellaan vesistön lämpenemistä kesällä. Puu- ja pensaskasvillisuus toimii myös luontaisena eroosiosuojana, ja veteen kasvava juuristo voi muodostaa suojapaikkoja eliöstölle. [8, s. 28–29, 37; 15, s. 25.]

Kunnostusten avulla on mahdollista myös lisätä tulvimista, joka lisää monimuotoisuutta monella tapaa. Tulvan myötä hukkuva rantakasvillisuus tarjoaa runsaasti ravinteita mikrobeille ja niitä syöville hyönteisille, joiden runsaudesta hyötyvät puolestaan useat lintulajit. Tulvat voivat monipuolistaa lajistoa myös toimimalla kohtuullisena ja satunnaisena häiriötekijänä. Muuttumattomissa olosuhteissa lajisto saavuttaa yleensä vähitellen niin sanotun kliimaksivaiheen, jossa tilaa valtaavat vain muutamat kilpailussa pärjäävät lajit. Voimakkaiden häiriöiden vallitessa pärjäävät puolestaan vain harvat, kyseisiin olosuhteisiin erikoistuneet lajit. Kohtuulliset häiriötekijät, kuten tulvat, voivat sen sijaan ylläpitää monipuolista lajistoa. [22; s. 22–26.] Luontaisen kausittaisen tulvimisen palauttaminen ennallistaa Suomessa uhanalaisia luontotyypppejä, kuten tulvaniittyjä, tulvaisia suotyypppejä ja erilaisia luhtia, tarjoten näin elinympäristöjä monille harvinaisille eliölajeille [23, s. 151, 183].

Kosteikko, jonka vesipinta vaihtelee, tasaa alapuolisen uoman vesiolosuhteita [15, s. 24; 22, s. 50]. Lisäksi tulviminen pidättää yläpuoliselta valuma-alueelta tulveden mukana tulevia ravinteita ja kiintoainetta tulva-alueella, parantaen mahdollisesti vedenlaatua [11; 22, s. 50]. Veden laatu voi parantua myös kunnostusten aikaansaaman hidastuneen virtausnopeuden ja vähentyneen eroosion myötä [7, s. 40]. Kunnostuksissa voidaan sijoittaa puuta myös tulvivalle maa-alueelle ohjaamaan tulveden mukana kulkevaa kiintoainetta sivummalle uomasta [24, s. 38].

2.1 Kunnostuksen suunnittelu

Kunnostuksella on mahdollista saada aikaan niin hyötyä kuin haittaakin [8, s.109]. Kunnostuksen onnistumisen takaava suunnittelu vaatii jokaisen kunnostuskohteen erityisominaisuuksien ymmärtämistä niin geomorfologian, hydrologian, hydraulikan kuin ekologiankin näkökulmasta. Kokonaisuuden kannalta on tärkeää ottaa huomioon virtaveden ja sen lähiympäristön vuorovaikutus. [16, s. 8, 55–57.]

Purokunnostukselle voidaan luoda järkeviä ja realistisia tavoitteita muun muassa tavoittekuvatarkastelun periaatteiden mukaisesti, vertaamalla puron nykytilaa sen oletettuun luonnontilaan sekä kartoittamalla mahdolliset kunnostusta rajoittavat reunaehdot, kuten ympäröivän maankäytön vaatimukset tai kunnostustoiminnan resurssit. [7, s. 47–53; 15, s. 13–19.] Kunnostukselle asetettavien tavoitteiden on hyvä olla selkeitä ja suureilla mitattavissa, jotta niiden saavuttamista voidaan seurata luotettavasti [9, s. 6–8]. Vuosikymmeniä kestävien ennallistamisprosesseissa on oleellista asettaa lopullisen päämäärän lisäksi välitavoitteita [21, s. 23–24].

2.2 Lainsäädäntö

EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin (VPD) edellyttää jäsenvaltioita suojelemaan ja kunnostamaan kaikkia pintavesiä [4]. Myös vesilaki 2011 vahvistaa purojen asemaa ja suojelua [12; 25, s. 155–156]. Purojen välittömiä lähiympäristöjä suojellaan puolestaan metsälaissa, jonka määrittelee ne erityisen tärkeiksi elinympäristöiksi, jotka on huomioitava metsänsäilytyksessä [26]. Vesistöjä suojellaan myös ympäristönsuojelulaissa, jossa säädetään muun muassa vesistöihin vaikuttavien toimien luvanvaraisuudesta [27]. Monet purot lähiympäristöineen kuuluvat myös luonnonsuojelulain piiriin muun muassa harvinaisten tai uhanalaisten lajien elinympäristönä [28]. Pienvesiä voidaan turvata myös muiden lakien, kuten maankäyttö- ja rakennuslain sekä maa-aineslain mukaisesti päätöksenteossa.

Vesistöjen kunnostusta varten tarvitaan aina vesialueen omistajan ja usein myös rannanomistajan lupa [29]. Vesilain (2011/587, 3:2 ja 5:1-3) mukaan hankkeella on oltava lisäksi lupaviranomaisen lupa, jos hanke voi muuttaa vesistön asemaa, syvyyttä, vedenkorkeutta tai virtaamaa, rantaa tai vesiympäristöä taikka pohjaveden laatua tai määrää ja tämä muutos aiheuttaa tulvan vaaraa tai haittaa kalastukselle tai kalakan-

noille. Luvan myöntäjä on aluehallintovirasto (AVI). Vesilain (2011/587) 3 luvun § 3 mukaan lupa tarvitaan myös, jos hanke supistaa valtaväylää. [12.] Tämä koskee virtavesien kunnostuksen yhteydessä vain jokia, koska puroissa ei ole valtaväyliä [22, s. 45]. Luvan tarpeen voi tarkistaa ELY-keskukselta, kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta tai rakennusvalvonnalta [29, 30].

2.3 Kunnostuksen ajankohta

Paras kunnostusajankohta on vähäisen virtaaman aika talvella tai kesällä. Silloin uoma on nähtävissä ja virtauksen aiheuttama eroosio sekä kiintoaineen kulkeutuvuus virran mukana on mahdollisimman vähäistä. [31.] Kalakantojen näkökulmasta paras ajankohta kunnostuksille on yleensä keski- ja loppukesä. Taimen- ja harjuspuroissa kunnostustöiden aiheuttamat samentumat ja liikkuminen purouomassa voivat haitata mäti- ja ruskuaispussivaiheen poikasia. Myöhemmin kesällä kunnostustöistä ei aiheudu merkittävää haittaa poikasille. Toisaalta purovarren kasvillisuuden kannalta koneelliset kunnostustyöt olisi parasta hoitaa kasvukauden ulkopuolella ja suurempien koneiden käyttö saattaa joissain kohteissa olla mahdollista vain routaisen maan aikaan, jolloin maa kantaa paremmin. Vaikka varsinainen kunnostus toteutettaisiin kesällä, voidaan vaikeakulkuisiin kohteisiin kuljettaa painavimmat materiaalit helpommin jo edellisellä talvena esimerkiksi moottorikelkalla tai traktorilla. [24, s. 30, 40–41, 51.]

2.4 Seuranta

Kunnostuksen vaikutusten luotettava seuranta on tärkeä ja usein puutteellinen osa purokunnostusta. Varsinkin pitkäkestoisesta seurannasta on pulaa. [15, s. 20, 29; 19, s. 243; 20, s. 43, 48.] Usein unohdetaan myös työn toteutuksen aikainen seuranta, josta olisi hyötyä seuraavien vastaavien hankkeiden suunnittelussa [20, s. 43, 48]. Kunnostushankkeen luonteesta ja resursseista riippuen seuranta voi olla hyvinkin pienimuotoista, esimerkiksi valokuvien avulla toteutettua kvalitatiivista tai semikvantitatiivista seurantaa [21, s. 23–24]. Joskin kunnostusmenetelmien kehittymisen ja niiden toimivuuden luotettavan arvioinnin kannalta on suurempi hyöty tarkasta, tieteellisestä ja hyvin suunnitellusta seurannasta, joka on ollut purojen kunnostuksen yhteydessä toistaiseksi valitettavan harvinaista. [32, s.10.]

Seurannan luotettavuus voidaan saavuttaa esimerkiksi riittävän pitkällä BACI-periaatteen (Before After Control Impact) mukaisella seurannalla, jossa kunnostettavan uoman biologisia ja fysikaalisia ominaisuuksia seurataan ennen ja jälkeen kunnostuksen sekä suhteessa luonnontilaisiin uomaosuuksiin [21, s. 23, 24; 9, s. 12; 20, s. 43]. Vaikutusten voidaan arvioida olevan todellisia, jos vaikutusalueen ennen–jälkeen-vaihtelu poikkeaa merkittävästi kontrollialueella havaitusta ennen–jälkeen-vaihtelusta [9, s. 12].

Uoman luontaisessa dynamiikassa tapahtuvien muutosten, virtausolosuhteiden ja aineksen kulumis-, kuljetus- ja kasautumisprosessien seuranta on erityisen tärkeää, sillä ne muokkaavat ja monimuotoistavat uomaa, luoden uusia elinympäristöjä eri kasvi- ja eläinlajeille. Muita merkityksellisiä seurannan kohteita ovat muutokset veden laadussa, kasvillisuudessa, pohjaeläimistössä ja kalastossa. [20, s. 43, 48.] Useimpien seurattavien muuttujien osalta seurantajakson kestoksi on suositeltu vähintään kuutta vuotta, josta puolet toteutetaan ennen kunnostusta ja puolet sen jälkeen [24, s. 66].

3 Rydöt ja muu puuaines virtavesien kunnostuksessa

Virtavesien kunnostukseen on suositeltavaa käyttää sekä kiviä että puuainesta, koska ekosysteemi hyötyy niistä eri tavoin. Jopa rannan kasvillisuuden on arveltu hyötyvän puuaineksen avulla toteutetusta virtavesien kunnostuksesta. [6, s. 30–32.] Puuaineksen käyttö kunnostuksissa on usein verrattain edullinen keino [21, s. 11; 33]. Puuaines on todettu erityisen tehokkaaksi silloin, kun tavoitteena on lisätä uoman vedenpidätyskykyä tai tulvimista [6, s. 30–32].

Tulva-alueita on mahdollista palauttaa muun muassa tukkimalla ojia, rakentamalla joki- tai puroumiin patoja tai kunnostamalla vanhoja uittopatoja. [22, s. 33–34, 44.] Vettä patoavia rakenteita voi muodostua jokiin ja puroihin luonnostaankin virran mukanaan kuljettamien kaatuneiden puiden ja risujen kasautuessa [16, s. 3]. Pienissä puroissa on luonnontilassaan enemmän puukasaumia kuin suuremmissa, joskin ne ovat luonnollisesti pienempiä kuin suurempien virtavesien ryteiköt [24, s. 17; 35, s. 1111].

Näitä luonnollisia kasaumia ja niiden jäljitelmiä kutsutaan tässä opinnäytetyössä rydöiksi. Englanniksi niistä käytetään termiä ”log jam”, jolle useimpien sanakirjojen tarjoama käännös on ”tukkisuma”. Rytö lienee sanana kuvaavampi, koska kyseessä ei ole

tukkikasa, vaan monimuotoisempi luonnon puuaineksesta koostuva patomainen muodostelma. Rakennetuista rydöistä käytetään englanniksi termiä ”engineered log jam” (ELJ), joka on merkitykseltään laajempi kuin rakennettu rytö ja pitää sisällään myös erilaiset suuret puista ja risuista koostetut suisteet, pohjakynnykset ja eroosiosuojat. Rydöistä näytetään käyttävän jossain yhteyksissä myös termejä puupato tai ryteikkö, joskin puupadolla viitataan ilmeisesti useammin sahatuista tukeista rakennettuun tiiviiseen patoon [15, s. 84; 24, s. 34].

Puuainesta voidaan käyttää uomassa luonnostaan esiintyvän eroosion ja kasautumisen ohjailuun muokaten näin puron uomalinjausta. Liiallista syöpymistä ehkäistään eroosiosuojauksella sekä suisteilla eli virranohjaimilla. Kasautumista on mahdollista edistää suisteiden sekä pohjakynnysten avulla. Myös satunnaisemmin asemoituneet liekopuut lisäävät syvyysvaihtelua sekä muutakin morfologian ja elinympäristöjen monipuolisuutta. [15, s. 33, 36, 44, 51; 21, s. 4.] Erilaiset uoman puumateriaalit vaikuttavat lisäksi tulvatasanteen muotoutumiseen ja hydrologiaan sekä vesistön ravinnetasapainoon ja koko ravintoverkkoon [36, s. 3].

Virtavesien oma tuotanto on pientä, joten ne ovat riippuvaisia muualta tulevista riittävän tasaisista aine- ja energiavirroista [8, s. 33]. Siinä missä rydöt ja muu puuaines voivat vähentää vesistöön suurilla virtaamilla kulkeutuvia haitallisia ravinnekuormia, ne myös tarjoavat vesiekosysteemiin sopivaa ravintoa keräämällä ympärilleen pienempiä oksia ja lehtiä, jotka nopeasti hajoavina ovat tärkeä osa ravintoverkkoa [36, s. 7; 15, s. 84]. Uoman puuaineksen on todettu lisäävän sekä selkärangattomien määrää että lajiston monipuolisuutta [37, s. 123; 38, s. 764, 774]. Monimutkaiset puiset kasaumat keräävät ympärilleen eniten lehtiä ja lisäävät näin eniten selkärangattomien määrää. Toisaalta mitä tiheämmin virtavedessä on puutavaraa, sitä enemmän yksittäinenkin puu kerää orgaanista materiaalia hidastuneen virtauksen ansiosta. [38, s. 773.] Vesistöön voi kulkeutua hyödyllisiä ravinteita myös rytöihin tarttuneiden raatojen mukana [36, s. 7].

Purojen puuaines on lisäksi sopiva kasvualusta sammalille, jotka toimivat ravintona selkärangattomille ja luovat muutenkin suotuisat olosuhteet pohjaeläimistölle [24, s. 18, 38; 19, s. 244]. Kohtalaisen vakaasti paikoillaan pysyvät liekopuut tai rydöt ovat erityisen hyviä kasvualustoja myös monipuolisille biofilmeille eli enimmäkseen sienistä ja bakteereista koostuville limakerroksen ympäröimille organisoituneille mikrobiyhteisöille. Biofilmit ovat tärkeä osa niin virtavesien kuin koko maapallonkin ekologista verkostoa

[39; 40, s. 438, 448; 41]. Lisäksi biofilmit lisäävät osaltaan uoman karheutta ja virtausvastusta eli hidastavat virtausta [39].

Joenpenkkojen haitallinen eroosio voi vähentyä rytöjen ja muun sopivasti sijoitellun puuaineksen ansiosta, koska merkittävä osa veden liike-energiasta kohdistuu puuainekseen ja sen lähiympäristöön. Näin uomaan muodostuu paikallisia syvänteitä ja leveysvaihtelua, eli vesistön morfologia monipuolistuu [36, s. 1–3; 21, s. 10; 35, s. 1104–1105]. Virtapaikkojen ja suvantojen sekä veden maksimisyvyyden vaihtelun on todettu tarjoavan kaloille ja pohjaeläimille sopivia habitaatteja ja siten lisäävän sekä lajimäärää että yksilötiheyksiä. [16, s. 16–17; 8, s. 31.] Pienissä ja keskisuurissa metsäpuroissa rydöt ja virtaan kaatuneet puut ovat tärkeimpiä ja välillä jopa ainoita syvänteiden muodostajia [16, s. 15; 24, s. 17].

Vesistön saaliseläimet tarvitsevat sekä fyysisistä että visuaalista suojaa. Mitä monimutkaisempi rytörakennelma on, sitä useammalle eliölajille se tarjoaa piilopaikkoja ja sopivia mikrohabitaatteja [36, s. 6 ja 16, s. 15.] Suojapaikoista hyötyvät ainakin useat eri kalalajit, sammakkoeläimet ja selkärangattomat. Myös sivu-uomissa ja tulva-alueella sijaitsevat liekopuut ovat etenkin tulva-aikaan tärkeitä hidastaen virtauksia ja luoden suojapaikkoja. Tulvatasanteiden puolella sijaitsevat maapuut luovat matalamman veden aikaan suojaa ja suotuisia elinympäristöjä myös useille maaeläimille matelijoista nisäkkäisiin. [36, s. 6–7.]

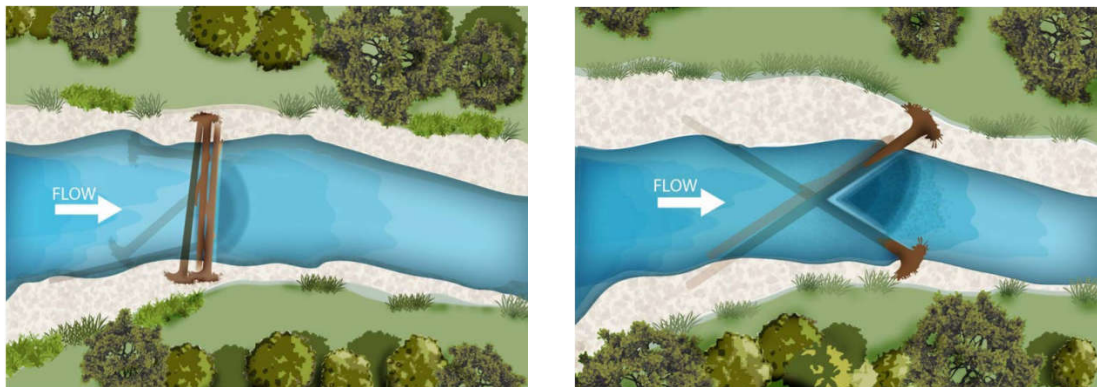
Virtavesien puuaineksen aikaansaama rakenteellinen ja hydrologinen monimuotoisuus tarjoaa sopivia elinympäristöjä kalojen kudulle, poikasille ja varttuneemmille yksilöille. Uusi rytö saattaa tosin väliaikaisesti jopa heikentää kutumahdollisuuksia, koska kutemiseen sopivat ympäristöt siirtyvät, mutta pitkän aikavälin hyödyt näyttävät olevan selvästi väliaikaisia haittoja merkittävämpiä. Jos vesistössä on kutemisosuhteiden kannalta liiankin voimallinen virtaus, rydöt tai suuret liekopuut voivat vakauttaa kutusoraikoita kuluttamalla ja hajauttamalla huippuvirtauksien liike-energiaa, jolloin kutu ei hautaudu liikkuvan soran uumeniin. Puuaineksen aikaansaamat syvänteet voivat puolestaan parantaa nuorien lohikalojen elinolosuhteita [36, s. 6–7.] Kalojen lisääntymistä voi osaltaan edistää myös rytöjen ja liekopuiden vaikutuksesta parantunut pohjaveden ja pintaveden vaihtuvuus, joka tasaa veden lämpötilaa [42, s. 25, 51; 21, s. 6–8].

Lähinnä metsien hakkuun ja tukinuiton seurauksena muodostuneet tukkisumat saattavat toisinaan tukkia kalojen kulkureittejä, jonka seurauksena virtavesistä on aiemmin

purettu myös luonnollisia rytöjä, ennen kuin huomattiin kalojen pääosin hyötyvän niistä [36, s. 2; 43, s. 7–8]. Yleensä kalat löytävät kulkureittinsä ryteikköjen läpi ainakin korkean virtauksen aikaan, jolloin vettä voi kulkea rydön yli tai ohi, tai rytö voi kellua siten, että sen alle jää kulkuväylä [43, s. 7–8].

3.1 Erilaisia rytöjä ja muita virtavesien luonnonmukaisia puurakenteita

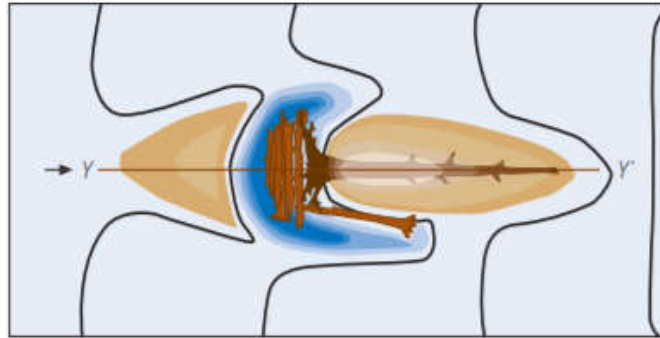
Kunnostuksissa voidaan käyttää puuainesta ainakin *suisteisiin* eli virran ohjaimiin, *eroosiosuojiiin*, *kynnyksiin* sekä *padottaviin rytöihin*. Uoman poikki rakennetuilla patomaisilla rydöillä (esim. kuva 1 a) ja pohjakynnyksillä (kuva 1 b) voidaan vähentää niiden alavirran puolella veden virtausenergiaa, uoman eroosiota sekä sedimenttien ja soran kulkeutumista. Padottavilla rydöillä ja jossain määrin pohjakynnyksilläkin on mahdollista myös lisätä tulvimista ylävirran puolella ja pienentää samalla alavirranpuoleisia huippuvirtaamia sekä niiden aiheuttamia tulvia [15, s. 24; 16, s. 34; 22, s. 31; 44, s. 3]. Padottavien rytöjen kaltaisilla, uoman poikki kulkevilla, lähelle pohjaa ulottuvilla rakenteilla (esim. poikkisuisteet tai -padot) tavoitellaan toisinaan pohjaan kertyneen aineksen liikkeelle saavaa voimakasta virtausta rakenteen ali. Silloin rakennetta voidaan kutsua altakaivajaksi. Virtauksen taipumus kaivaa kuoppa uoman poikki kulkevan rakenteen ali heikkenee, jos näitä rakenteita on useampi tiheästi peräkkäin. [24, s. 38–39.]



Kuvat 1 a ja b. Pelkistetty uoman poikki kulkeva osittain padottava rytö (vas.) ja pohjakynnys (oik.) [45, s. 33].

Uoman keskelle rakennettava rytö (bar apex jam, kuva 2) tai keskelle uoman pohjaa kiillautunut liekopuu hajauttaa veden virtausenergiaa ja monipuolistaa uoman morfologiaa sekä habitaatteja muodostamalla särkän ja syvänteitä sekä suojapaikkoja. Samalla ne voivat edistää yhteyttä tulva-alueelle. Uoman keskellä olevissa rydöissä tukipuut

ovat yleensä osittain pohjaan hautautuneena. Yksikin tukipuu voi riittää, jos juurakko on ylävirran suuntaan. Tällöin loput rydön osat kiinnittyvät tukipuun juurakkoon. Tämän tyyppiset rydöt muodostavat yleensä kaksi särkkää, joista jälkimmäinen on puunrungon päällä. Särkkien väliin jää syväneallas. [16, s. 34.]



Kuva 2. Uoman keskellä sijaitseva rytö muodostaa usein syvänteen ja kaksi särkkää [21, s. 46].

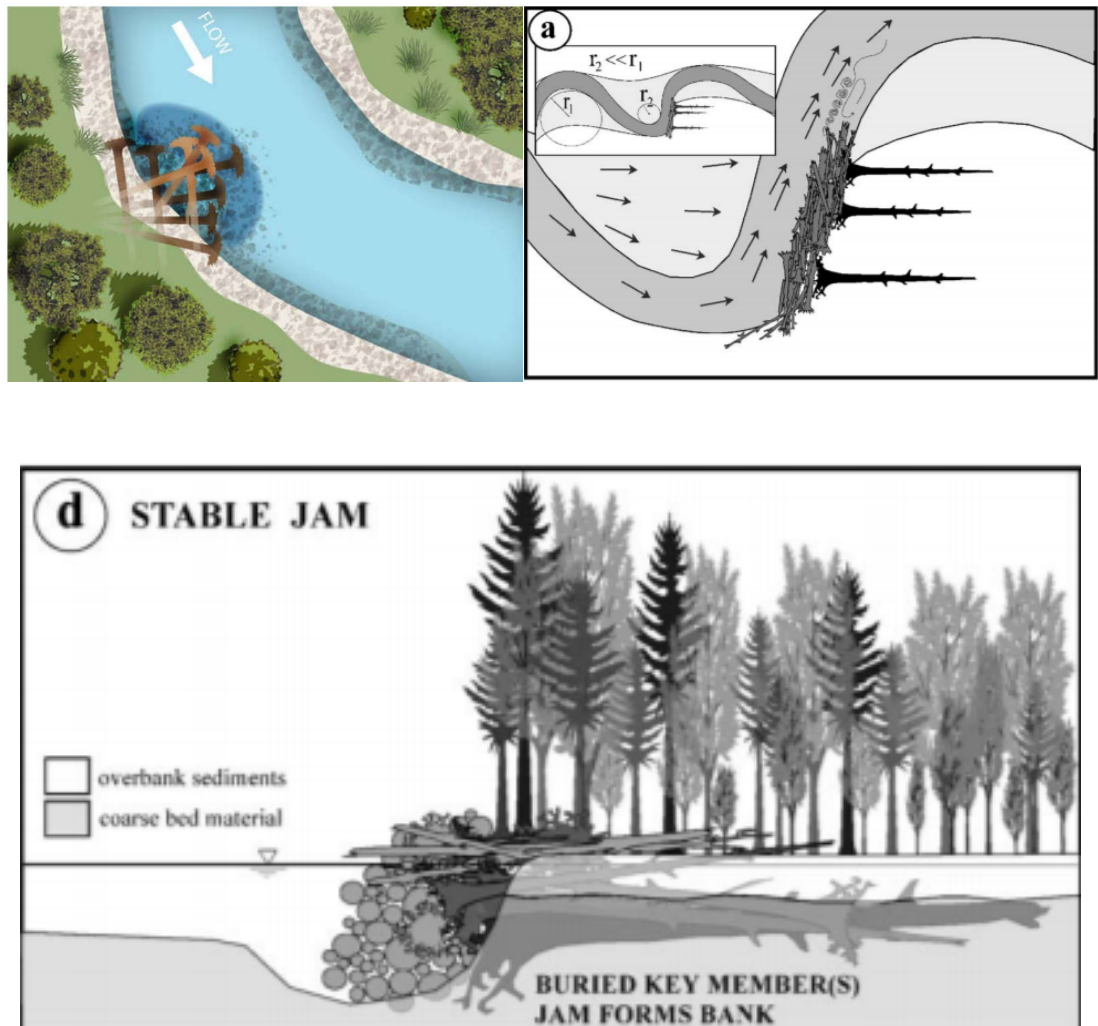
Liiallista eroosiota voidaan välttää paikallisesti uoman reunaan asetettavilla *eroosiosuojilla* tai ohjaamalla virtausta *suisteiden* avulla niin, ettei sen eroosiovaikutus kohdistu uoman herkimpiin kohtiin. Samalla on mahdollista saada sedimenttejä kasaantumaan entisiin eroosiokohtiin. Ohjaamalla virtausenergiaa ja sen aiheuttamaa eroosiota uoman mutkan ulkokaarteelle, voidaan samalla vahvistaa uoman mutkittelua (kuva 3 a). [15, s. 111, 114–115; 16, s. 34; 20, s. 50.] Herkästi muotoutuvassa maaperässä voi riittävän suurilla suisteilla palauttaa suoristettuun uomaan mutkia. Suisteet voivat vähitellen hautautua osaksi uudistunutta jokipenkkää, kun virran mukanaan tuomaa sedimenttiä kasaantuu suisteen reunalle. [20, s. 50; 9, s. 10.]



Kuvat 3 a ja b. Uoman mutkittelua vahvistavia monikerroksisia (vas.) ja rytömäisiä (oik.) suisteita eli virranohjaimia. [21; 24 s. 48.]

Eroosiosuojiksi ja suisteiksi riittävät puroissa jopa yksittäiset puut tai suuret oksat, mutta suoristetun uoman mutkaisuuden palauttaminen tai suurempien jokien virranohjaus

vaatii yleensä kookkaampia rakenteita, kuten monikerroksisia tai rytömäisiä suisteita (kuvat 3 a ja b). Eroosiosuojaukseen voidaan vastaavasti käyttää tarvittaessa alla olevien kuvien kaltaisia rytömäisiä rakenteita (kuvat 4 a, b ja c) tai kiinnittää suuria puita joenpenkkaan juurakko ylävirran suuntaan [16, s. 34; 15, s. 111; 46, s. 298.] Monen kokoiset suisteet ja eroosiosuojat voidaan kiinnittää paikoilleen samaan tapaan kuin rydöt tai rytöjen tukipuut, joiden kiinnittämiskeinoja esitellään tarkemmin luvussa 3.4.



Kuvat 4 a, b ja c. Penkan reunaa suojaavia rakennelmia [45, s. 32; 47, s. 80, 95].

3.2 Rytöjen suunnittelu ja rakennus

Rytöjen suunnitteluun ja rakentamiseen kuuluu vastaavia vaiheita kuin mihin tahansa projektiin aina ennakkotiedon kokoamisesta ja tavoitteen asettamisesta toteutukseen ja laadunvarmistukseen saakka. Lisäksi korostuvat tavoitetilan ylläpito ja seuranta, koska virtavedet ovat jatkuvasti muuttuvia ympäristöjä. Taustatietoja tulisi koota sekä kohteen

historiasta että sen hetkisestä tilasta. Alkuvaiheeseen kuuluu myös reunaehtoien, kuten lainsäädännön ja budjetin sekä käytettävissä olevien resurssien selvittäminen. Riskianalyysi ja huolellinen suunnittelu ovat erityisen tärkeitä silloin, jos tehtävät muutostyöt saattavat vaarantaa yleistä turvallisuutta, tai jos lähialueilla on asutusta tai muuta infrastruktuuria. Matalan riskin kohteissa rytöjä voidaan rakentaa myös kevyemmällä suunnitelmilla. [16, s. 55, 66–69; 36, s. 9; 45, s. 5.]

Pitkántähtäimen tavoitteisiin voi vaikuttaa se, että useimmat suuretkin puut kuluvat ajan myötä pienemmiksi ja kulkeutuvat jossain vaiheessa alavirtaan. Virtaveden kunnosta voi huolehtia pitkäkestoisesti varmistamalla, että rannoilla on runsaasti riittävän suureksi kasvavaa puustoa, josta muodostuu myöhemmin lisää luonnollisia rytöjä. [36, s. 7–8.] Toisaalta joidenkin rytöjen on havaittu kestävän jopa satoja vuosia. Jollei luonnollista puuaineksen lisäystä jokivarresta ole luvassa lähivuosina, on erityisen oleellista kiinnittää kunnostuksessa uomaan lisätty puuaines riittävän kestävästi. [21, s. 3, 10.]

Rydön kestävyyttä voi arvioida laskemalla koko rytöön tai sen osiin kohdistuvat voimat virtauksen suunnassa sekä pystysuunnassa (noste). Laskelmia varten tarvitaan tieto tai arvio käytettävän puuaineksen tilavuudesta, massasta, virtaa vasten kohtisuorassa olevasta pinta-alasta ja veden tiheydestä sekä maksimaaliset virtausnopeudet ja pinnan korkeudet (esim. 25 tai 100 vuoden aikajänteellä). Laskujen perusteella on mahdollista arvioida, kuinka vahvat kiinnitykset rydön osille tarvitaan. [16, s. 64–66.]

Rydön reunoille ja alle luonnostaan kohdistuva eroosio voi vaikuttaa rydön kiinnityksien kestävyYTEEN sekä siihen, toimiiko rytö toivottuun tapaan hidastaen virtausta ja nostaen veden pintaa ylävirran puolella [16, s. 64; 21, s. 13]. Suomen oloissa rytöihin kohdistuu lisäksi erilaisia jäiden aiheuttamia voimia [8, s. 53]. Virran mukana kulkevat jäälautat voivat aiheuttaa dynaamista painetta ja jäiden liikkuminen lämpötilojen vaihtelun mukana staattista painetta. Jos rakennelmaan tarttuu jäätä, muuttuvat kokonaisuuden massa, muoto ja tilavuus sekä niiden myötä myös rakennelmaan kokonaisuudessaan kohdistuvat voimat. Lisäksi mahdolliset jääpadot muuttavat virtausta. Jäiden aiheuttamien voimien arvioimisen tueksi löytyy laskukaavoja siltojen rakennustekniikan puolelta. [45, s. 46, 57].

Hydrauliikan osalta on oleellista ymmärtää, miten suunniteltu rytö tulee vaikuttamaan virtausnopeuksiin, pinnan korkeuksiin sekä pohjan leikkausjännitykseen ja miten uoman oletetaan muotoutuvan rydön seurauksena. Hydraulisia muutoksia on mahdollista

ennustaa mallinnuksen avulla, jos on käytössä riittävät resurssit ja tarvittavat taustatiedot. Yleisimmin käytetään yksiulotteisia mallinnusohjelmia (kuten HEC-RAS tai HEC-geoRAS), topografisten karttojen ja paikkatietojärjestelmien kera. Mallinnuksen avulla suunnitelmaa voidaan tarkentaa muokkaamalla sitä toistuvasti, kunnes se näyttää tuotavan toivotun lopputuloksen (ns. iteratiivinen suunnittelu). Kaksiulotteiset mallinnusjärjestelmät (esim. FESWMS-2DH) tarjoavat yksiulotteisia tarkemmat ennusteet siitä, miten rydön asemointi vaikuttaa virtauksiin, paikallisiin hydraulisiin olosuhteisiin sekä uoman eroosioon. [16, s. 57–58; 48.]

Matalan riskin kohteissa voi suunnitelmallisen rakentamisen sijaan jouduttaa rytöjen syntymistä myös luonnon prosesseja jäljitellen. Lopputulokseltaan epävarmin keino on asettaa suuria puunrunkoja joko suoraan virtaveteen tai rannalle, josta niiden on todennäköistä kulkeutua veteen tulvan mukana. Keino ei kuitenkaan sovi hyvin kapeisiin ja mataliin vesiin, joilla ei ole kapasiteettia kuljettaa suurta puutavaraa. Toisaalta liian suurissa virtauksissa suurikaan puu ei välttämättä muodosta rytöä laisinkaan, vaan kulkeutuu todennäköisemmin maalle tai siihen vesistöön, johon joki laskee. [36, s. 10–11.] Keino ei myöskään ole yhtä tehokas kuin suunnitellut ja paikoilleen kiinnitetyt rakenteet, joten jos puuaineksen saatavuudesta on pulaa tai sen hankinta aiheuttaa kustannuksia, lienee kannattavampaa käyttää hallitumpia menetelmiä [21, s. 3].

Hieman ennustettavamman lopputuloksen voi saavuttaa kiinnittämällä paikoilleen yksittäisiä suuria tukipuita tai puukasoja, jotka keräävät ympärilleen lisää puuainesta muodostaen vähitellen rytöjä. Rydön kasaantumista voi edistää lisäämällä veteen sopivaa puuainesta ylävirran puolelle, etenkin jos sitä ei ajaudu sinne luonnostaan rannan kasvustosta. [36, s. 11.] Tämänkään keinon tuloksellisuutta ei ole seurattu yhtä laajalti kuin kiinteiksi rakennettujen rytöjen vaikutuksia [49, s. 13].

3.3 Riskit

Rytöjen rakentamisen riskejä arvioidaan omaisuuden, ihmisten, jokiuoman, tulva-alueen sekä eliöstön ja ekosysteemin kannalta. Rytöjen ja muiden virtavesiin sijoitettavien rakennelmien riskialttiuden arvioinnin tueksi on kehitetty erilaisia taulukoita, joiden tulosten perusteella voi siirtyä seuraaviin taulukoihin valitsemaan suunnitelmille tarpeellista tarkkuustasoa sekä teknisissä laskelmissa käytettäviä lähtöarvoja. Yleistä turvallisuutta arvioidessa huomioidaan kuinka paljon rannoilla ja vedessä liikkuu ihmisiä, onko

osa heistä lapsia ja millaiset taidot heillä on huolehtia turvallisuudestaan. Omaisuusriskeihin vaikuttaa maankäyttö nyt ja tulevaisuudessa sekä rakennelmat vedessä ja tulva-alueella. Jokiuoman suhteen ovat merkityksellisiä virtaveden tyyppi, penkkojen ja jokiuoman eroosioherkkyys sekä jokivarren kunto. Tulva-alueen osalta riskialttiuteen vaikuttavat hydrologia, kasvillisuustyypit ja puusto sekä niiden kunto. Mahdollisia haitta-vaikutuksia voi aiheutua sekä projektin lopputuloksesta että työn aikaisista toimista. [45, s. 6–7, 15–17, 21–22, 27–30, 39–42, 47, 58.]

Vesistön ja rannan eliöstö voi joko hyötyä tai kärsiä rydön mukanaan tuomista muutoksista. Esimerkiksi puinen pohjapato tai tiiviisti pohjaa vasten rakennettu rytö voi olla matalan veden aikaan kaloille kulkuesteenä [21, s. 23]. Yleensä suurin riski luonnon kannalta ovat kuitenkin rakennusprojektin koneelliset työt. Kunnostuksen aikana tulee huolehtia kunnan eroosiosuojauksesta, välttämällä penkkojen sortumia ja tarpeetonta heikkennystä veden laadussa. [36, s. 11–12.] Kiintoaineksen liikkumista voi vähentää valitsemalla kunnostusajankohdaksi matalan veden vaiheen [31].

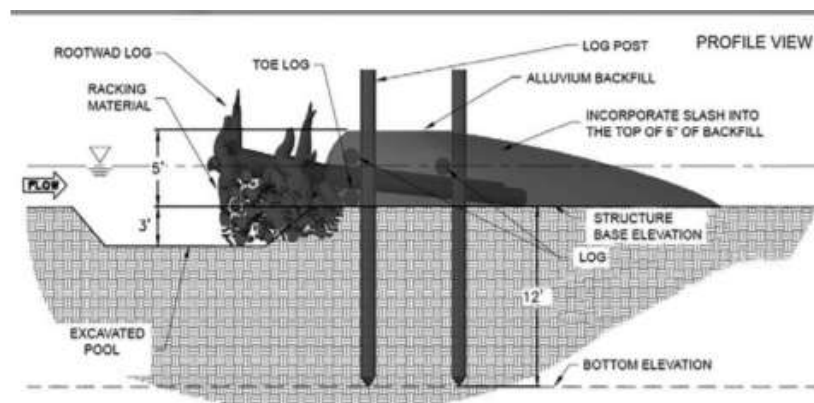
3.4 Rytöjen materiaalit ja rakenne

Rytöjen rakennusmateriaalina käytetään enimmäkseen puunrunkoja, mieluusti juuri-neen [21, s. 10; 16, s. 6]. Luonnonmukaisen vesirakentamisen periaatteiden mukaan suositetaan niitä materiaaleja, joita kyseisessä ympäristössä luonnostaan esiintyy [8, s. 37]. Jos rytöä varten kaadetaan puita, niitä ei tulisi valita liian läheltä vesistöä, jossa ne ovat tärkeä osa virtavesiekosysteemiä. Suuren puun uusiutumiseen kuluu kymmeniä vuosia. Etenkin törmään juurtuneet puut tai oleellisesti uomaa varjostavat puut sekä alueen vanhimmat puut, kelot ja lahopuut on parasta jättää rauhaan. Lisäksi kannattaa välttää suurempien puuryppäiden kaatamista ja suosia mieluummin kevyttä harvennusta. [36, s. 11–12.] Kaadettavat puut valitaan mieluiten vähintään valtapuun rungonmitan päästä virtavedestä. Talousmetsässä on lisäksi oleellista valikoida tukkipuiksi kelpaamattomia puita, kuten harvennuspuita tai vioittuneita puita. [24, s. 40.]

Rytö koostuu yleensä vähintään yhdestä tukipuusta ja pienemmistä ylävirran puoleisia rytöä täydentävistä puista tai risuista. Lisäksi tukipuiden välissä voi olla rakennelmaa vahvistavia ristikkäispuita tai puukasoja [16, s. 6–7; 42, s. 2]. Rakennetun rydön on tarkoitus imitoida aitoa rytöä, joten puita paikalleen sitovia ketjuja tai muita keinotekoisia rakenteita vältetään mahdollisuuksien mukaan [16, s. 6–7; 45, s. 74]. Biohajoavalla

köydellä (esim. juutti) voi tarvittaessa vakauttaa rytöä pariksi vuodeksi, jonka aikana kasvillisuus ehtii juurtua ja vakauttaa rakennelmaa. Jopa metalliset paalutukset, vaijerit tai muut kestävät tukirakenteet voivat olla tarpeen kohteissa, joissa niiden avulla suojellaan omaisuutta tai huolehditaan turvallisuudesta suurten ja voimallisten virtavesien yhteydessä. [16, s. 7; 45, s. 74–82.]

Tukipuina (key logs or key members) toimivat sopivassa asennossa olevat suuret, mieluiten juurelliset puunrungot, jotka pysyvät paikallaan myös täyden virtauksen aikaan [16, s. 7; 42, s. 2]. Yksikin suuri tukipuu voi riittää keräämään vähitellen virran mukana kulkevia pienempiä puita ja muodostamaan koko virran poikki kulkevan padottavan rydön [36, s. 4]. Luonnollisissa rydöissä tukipuut voivat juuttua paikoilleen jokiuomaan ankkurin tavoin uppoavien juuriensa avulla tai nojautuen kivenjärkeeseen, joenpenkaan tai puihin [21, s. 10; 35, s. 1106; 44, s. 3]. Rytöä rakentaessa tukipuut voidaan vaihtoehtoisesti kaivaa joen penkan sisään tai paaluttaa rytö paikoilleen uoman pohjaan juntatuilla tukeilla tai kepeillä (kuva 5) [16, s. 7; 47, s. 97; 50, s. 17]. Rakennelmia on vakautettu myös rydön päälle tai keskelle asetettavilla riittävän painavilla kivillä (kuva 6 b) tai puunrungoilla (kuva 6 a); joissain tapauksissa jopa betoniharkoilla [16, s. 7; 36, s. 33, 39]. Jollei tukipuulla ole vahvaa kiinnitystä, sen orientaatiolla virran suhteen näyttäisi olevan vaikutusta rydön paikallaan pysymiseen. Suuntaus 30 astetta alavirtaan päin on arvioitu kestävimmäksi asemoinniksi. [35, s. 1106.]

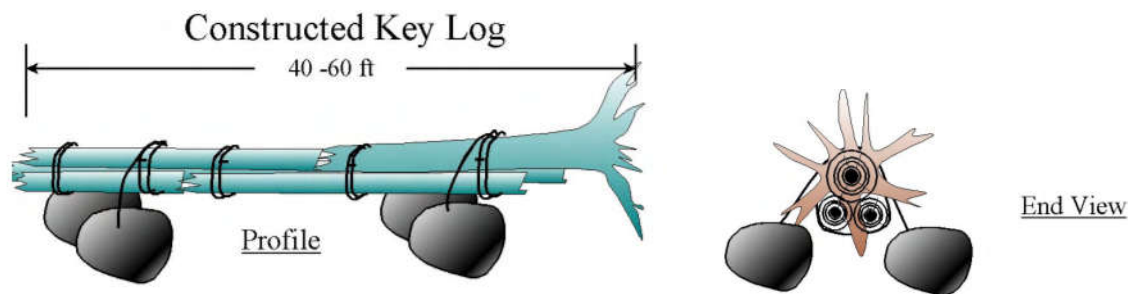


Kuva 5. Rydön voi tukea paikoilleen pystysuorilla uoman pohjaan juntatuilla tolilla. [50, s. 17].



Kuva 6 a ja b. Paksumpi puu (vas.) ja kivi (oik.) vakauttavina ja painoina. [36, s.33, 39.]

Tukipuuksi sopivat parhaiten suurikokoiset, paksut ja painavat puut. Mitä leveämpi uoma ja voimakkaampi virtaus, sitä suurempia tukipuita tarvitaan, joskin puun tiheys, oksaisuus ja juurakko auttavat pienempiäkin puita toimimaan tukipuina. [35, s. 1105–1109.] Jos ei ole käytettävissä riittävän suuria tukipuita, voi sellaisen rakentaa sitomalla pienempiä puita yhteen. Rakennettua tukipuuta voi tarvittaessa vakauttaa narujen päihin sidotuilla kivillä (kuva 7). [36, s. 21.]



Kuva 7. Pienemmistä puista rakennettuja kivien ja narun avulla sidottuja tukipuita [36, s. 21].

Tukipuun lisäksi rydöissä on usein hieman pienempiä ristikkäispuilla (Stacked logs or stack members), jotka asetellaan tukipuiden väliin kerroksittain keskenään kohtisuorasti. Juurakolliset puut kestävät parhaiten paikoillaan. [16, s. 7.] Usein nämäkin asetetaan viistosti lähes virtaan nähden poikittain, joka helpottaa paikoillaan pysymistä myös ilman juurakoita [31]. Rytö viimeistellään pienemmillä ylävirran puolelle tiiviisti ja epäjärjestelmällisesti lisätyillä puilla tai risuilla (racked logs or racked members). Runsas määrä satunnaisessa järjestyksessä aseteltuja risuja ja oksia tarjoaa suotuisan elinympäristön monille selkärangattomille, kaloille, nisäkkäille sekä linnuille. Joissain tapauksissa rytöjä vahvistetaan myös puukasoilla (piles), joita voidaan ahtaa tukipuiden väliin. [16, s. 7.]

Puroihin ja muihin pieniin virtavesiin sopii usein myös edullinen ja pienitöinen rydön kasaamiskeino, jossa kiinnitetään paikoilleen yksittäisiä tukipuita, joihin muut virran mukanaan tuomat ajopuut ja risut kiinnittyvät muodostaen vähitellen rytöjä. Tämä keino tosin edellyttää sitä, että puron varrella on sopivaa kasvustoa, josta ajautuu puuainesta virran vietäväksi. Lisäksi virtausten tulee olla riittävän suuria kuljettamaan puuainesta mukanaan. [49, s. 8.]

3.5 Sopivat kohteet ja sijainnit

Puuaineksella on erityisen suuri merkitys pienissä uomissa [15, s. 68]. Rakennetut rydöt sopivat ainakin alluviaalisiin uomiin (eli uomiin, jotka muovautuvat sedimentin liikkeessa), joiden kaltevuus on enintään 2 %. Suurten virtauksien vesistöissä sopivia rytöjen paikkoja voi löytyä myös joen sivuhaaroista, missä ne tarjoavat monipuolisia elinympäristöjä useille eri lajeille. [36, s. 9.]

Rakennetuista rydöistä, suisteista ja muusta puuaineksesta on pitkäkestoisin hyöty paikoissa, joissa ne pysyvät mahdollisimman kauan. Pienissä uomissa paikoillaan pysyminen on helpompi saavuttaa. Puuaines pysyy paikallaan parhaiten loivissa, leveissä uoman osuuksissa, joissa virtausenergia on myös korkean veden aikaan riittävän pieni. [36, s. 9, 28.] Toisaalta on varottava padottamasta virtausta liikaa erityisesti hyvin loivilla virta-alueilla [15, s. 84]. Leveisiin kohtiin sopivat erityisen hyvin pohjaa kaivavat tai kiintoainetta kerrostavat rakenteet. Padottavat rydöt ja muut koko uoman poikki kulkevat rakenteet sopivat puolestaan parhaiten kapeisiin, enintään virtaveden keskileveyttä vastaaviin kohtiin. [24, s. 41.] Erityisen hyvä paikka rydölle voi olla lähellä peruskalliota sijaitseva ahtauma tai jyrkän uoman mutkan alavirran puoleinen pääty [36, s. 9]. Hiekan tulvittamiseen sopivat sen sijaan jyrkät ja matalat kohdat [24, s. 41].

Tulvien hallinnan osalta on tärkeää ennakoida mihin rakennettu rytö voi nostattaa tulvavettä. Tulvia lisäämällä voidaan lisätä luonnon monimuotoisuutta, mutta pellot, asuinalueet ja muut tulvanarat ympäristöt tulee säilyttää riittävän kuivina. Talousmetsät puolestaan kestävät yleensä hetkellisiä (keväisin jopa kuukauden mittaisia) tulvia ja tulvan mukanaan tuomat ravinteet voivat parantaa puiden kasvua. [15, s. 84; 22, s. 25; 51.]

3.6 Rytöjen ja muun lisätyn puuaineksen aiheuttama eroosiosuojan tarve

Yleinen syy rydön tai muun puisen rakenteen toimimattomuuteen on sen ympärilleen aiheuttama eroosio [33, s. 1659]. Eroosiosuojaus saattaa olla tarpeen etenkin, jos uoman reuna tai ranta on altis eroosiolle vähäisen kasvillisuuden ja helposti erodoituvan maalajin vuoksi [36, s. 4]. Eroosiosuojaukseen voidaan käyttää esimerkiksi kiviä tai kasvillisuutta [8, s. 37–40; 11; 34]. Kivien on oltava riittävän suuria, etteivät ne paikallisesti kiihtyvän virtauksen seurauksena siirry vähitellen alavirran suuntaan. Kivisuojaus sopii parhaiten sorapohjaan, jossa kiviä esiintyy muutenkin. [8, s. 37.] Toisaalta hienojakoisempiakin uomanpohjia on suojeltu soralla esimerkiksi virtapaikoissa ja tapaa voidaan soveltaa yhtä lailla rytöjen sekä muiden eroosiolle altistavien rakenteiden yhteydessä. Soran paikoillaan pysymistä voidaan edesauttaa suuremmilla kivillä. [24, s. 33; 51.] Soraa käytettäessä on mahdollista muodostaa samalla kutusoraikoita, jotka parantavat lohikalojen lisääntymisolosuhteita [20, s. 42]. Tarkempia ohjeita kaloille suotuisiin soraistuksiin löytyy esimerkiksi purokunnostusoppaasta [24, s. 49–52].

Erilaiset geotekstiilit (kookos-, juutti-, tai puuvillamatot) tai paikoilleen paalutetut pajurisingit tarjoavat välitöntä eroosiosuojaa ja pitävät istutetun kasvillisuuden paikoillaan riittävän vahvaan juurtumiseen asti [8, s. 37–40]. Pajumatotkin on todettu käteväksi eroosiosuojaksi. Myös rantaan istutettavat puut tarjoavat eroosiosuojaa hieman pidemmällä viiveellä. Vaihtoehtovalikoimaan kuuluu lisäksi laikutus, eli kasvipaakkujen siirto rannan luontaisilta osuuksilta eroosiosuojattavaan paikkaan. [15, s. 111–117.] Eroosion määrää on mahdollista vähentää myös laskemalla virtausnopeutta ylävirran puolelle lisättävien rytöjen ja muun puuaineksen avulla [36, s. 4].

3.7 Kokemuksia rakennetuista rydöistä ulkomailla

Puisia rakennelmia on lisätty jokiin kalataloudellisten kunnostusten yhteydessä sekä Euroopassa että Yhdysvalloissa jo 1800-luvun puolella. Kunnostusten tulokset eivät kuitenkaan läheskään aina olleet positiivisia ja varsinkin pitkäaikainen seuranta on ollut harvinaista. [52, s. 1.] Ensimmäiset suunnitelmallisesti rakennetut rydöt tehtiin vuonna 1995, jolloin myös luotiin käsite ”ELJ, engineered log jam”. Rakennettujen rytöjen pioneerien tavoitteena oli lähinnä penkkojen eroosiosuojaus sekä omaisuuden, kuten rakennusten ja teiden suojaus. Sittenmin rytöjä tai vastaavia ELJ-rakenteita on toteutettu runsaasti ainakin Pohjois-Amerikassa sekä Australian kaakkoisrannikolla ja maailman

laajuisesti lienee jo tuhansia ELJ-rakenteita. [21, s. 10–11; 50, s. 2.] Vuosituhannen vaihteesta alkaen on toteutettu myös pitkäkestoisia kehitys- ja tutkimushankkeita. Esimerkiksi Washingtonissa aloitettiin vuonna 1999 kaksi suurta (8 ja 12 vuoden) hanketta, joissa rakennettiin Finney Creek -joella 181 ja Elwha-joella 21 rytöä tai muuta puuaineksesta koostuvaa kunnostuselementtiä (ELJ). Molemmissa saatiin monipuolistettua jokien morfologiaa ja habitaatteja. Vesi myös viileni merkittävästi kaventuneen ja syventyneen uoman seurauksena. [42, s. 1–2; 53.]

Rytömaisillä rakennelmilla on onnistuttu pysäyttämään eroosiota ja suojaamaan teitä sekä asuntoja myös kohteissa, joissa yleisemmin käytetyt eroosiosuojat, kuten kiviheitokeverhous tai vaijereilla joenpenkkaa vasten kiinnitetyt puunrungot eivät ole riittäneet. Rytömaisten suojarakenteiden ohella uoman reunojen suojaukseen on käytetty kasvillisuutta, jonka juurakot sitovat joenpenkkoja. Rytöjä on käytetty myös ajopuiden kulkuesteenä, jotta virran mukana kulkevat puut eivät aiheuttaisi vahinkoa esimerkiksi siltarakenteille. Lisähyötynä näissä luonnonmukaisissa kunnostuksissa on saavutettu monipuolisempi jokiekosysteemi. [16, s. 6–8; 42, s. 15; 50, s. 1–3.]

Kalataloudellisten kunnostusten yhteydessä on maailman laajuisesti runsaasti positiivisia kokemuksia rakennetuista rydöistä ja muusta puuaineksesta [16, s. 18, 29; 42, s. 41, 42; 46, s. 289–303]. Ainakin Skotlannissa rakennettuja rytöjä ja muuta ELJ-käsitteeseen sisältyvää puuaineksen käyttöä pidetään yhtenä lohikalojen suojelun peruselementeistä [16, s. 29]. Kiinteiden rytöjen lisäksi myös paikalleen kiinnittämätön puuaines on lisännyt kalakantoja ainakin keskikokoisissa melko jyrkissä joissa [46, s. 295–297].

3.8 Puuaineksen käyttö ja rakennetut rydöt Suomessa

Suomessa on käytetty puuainesta virtavesien kunnostuksissa sekä erilaisina paikoilleen asetettuina rakenteina että virran vietäväksi jätettyinä ajopuina, jotka muodostavat vähitellen luontaisia kasaumia [15, s. 84; 19, s. 38–40]. Suisteiden, eroosiosuojien ja pohjapatojen lisäksi on kokeiltu lukuisia muitakin rakenteita, joista kerrotaan tarkemmin muun muassa Purokunnostuksen käsikirjassa. [24, s. 38–40]. Useiden kalalajien, muun muassa taimenten, on huomattu hyötyvän virtavesien puuaineksesta [54, s. 8, 37; 15, s. 84].

Tietävästi ensimmäinen Suomessa rakennettu padottava rytö tehtiin Hämeenkosken Kumianojan ennallistamisen yhteydessä vuonna 2018. Ennallistamishankkeen tavoitteena oli luoda sopivaa elinympäristöä purossa elävälle uhanalaiselle taimenelle, hillitä uomaeroosiota sekä palauttaa uoman ja viereisen tulva-alueen luonnollinen yhteys. Rytöjen tehtävänä on nostaa vedenkorkeutta kunnostetulla alueella, monipuolistaa uomarakennetta ja tarjota eliöstölle suoja- ja ruokailupaikkoja. Tulvimisen avulla on tarkoitus myös pidättää yläpuoliselta valuma-alueelta kulkeutuvia ravinteita ja kiintoainetta rantaniityllä, kohentaen alapuolisen vesistön vedenlaatua. [9, s. 11, 22; 11; 34.]

Kumianojan ensimmäinen rytö (kuva 9 a) rakennettiin kiilaamalla uoman pohjaan isoja puunrunkoja siten, että pohjan ja rungon väliin jäi kaloille kulkureitti. Puunrunkojen päälle ja väliin asetettiin tukevasti pienempiä puita ja risuja sekä tiivisteeiksi hiekkaa. Lisäksi puro maisemoitiin luonnollisen näköiseksi. Uoman pohjan ja rantojen syöpymistä ehkäistiin suojaamalla ne kivillä rydön kohdalta. [9, s. 11.]

SYKE ja maanomistaja seurasivat rydön ja koko kunnostusalueen tilannetta keväällä 2019. Silloin todettiin rydön pysyneen paikoillaan läpi talven ja keskivertoa vähäisemmän kevättulvan. Myös eroosiosuojauksessa käytetty sora vaikutti pysyneen pääosin paikoillaan isompien kivien ansiosta. Rydön viereinen uoman reuna oli kulunut yllättävän korkealta, mutta kuluminen oli ainakin toistaiseksi melko vähäistä. Rydön havaittiin nostattavan ylävirran puoleista veden pintaa.

Kumianojan kunnostusta jatkettiin loppukeväältä 2019 Huljalan Tupalan tilan, koulutuskeskus Salpauksen ja SYKEN yhteisissä talkoissa. Muiden kunnostustöiden ohella kunnostusalueen yläosaan rakennettiin toinen rytö (kuva 8 b), jota voi käyttää myös kävelysiltana.



Kuvat 8 a ja b. Kumianojan rydöt, uusin oikealla.

4 Nuuksion Myllypuro

Nuuksion Myllypuro virtaa Nuuksion kansallispuistossa metsien ja vanhojen metsittyvien peltojen lomassa Vihdistä Nuuksion Pitkäjärveen. Alue on osa Suomenlahden rannikkoalueella poikkeuksellista järviyläntä. Maasto on kallioista ja rinteitä on paljon eikä siellä ole merkittäviä harju- tai reunamuodostumia, jotka varastoisivat vettä. Sen vuoksi virtausmäärät vaihtelevat runsaasti ja alavin alue, Maulaanniitun laaksonpohja, on tulvaherkkä. Myllypuro kulkee pääosin savikolla, ylittäen paikoin myös moreeni- tai kalliokynnyksiä. Puron pituusleikkaus on selkeästi portaittainen. Uomatyyppiltään Myllypuro voidaan luokitella Rosgenin tyyppi E6, joka tarkoittaa yksiuomaista, leveän tulva-alueen omaava voimakkaasti mutkittelevaa uomaa, jonka leveys-syvyysuhde on alhainen ja kaltevuus alle 2 %. [7, s. 64–68, 74.] Savisesta ympäristöstä huolimatta, puro on luonnontilaisella osuudella ainakin osittain hiekkapohjainen. Kesän 2019 kunnostusosuudellakin on löydetty hiekkaa sieltä, missä uoman pohjan oletetaan sijainneen ennen puron suoristusta. [15, s. 64.]

Myllypuroa on muokattu jo 1700–1800-luvuilta alkaen, jolloin siinä sijaitsi ensin kaksi myllyä ja sittemmin saha. Puro on oikaistu suoraksi 1900-luvun alkupuolella Kattilantieltä Nuuksion Pitkäjärvelle asti. Lisäksi purolla on harjoitettu kalankasvatusta tekolammissa 1960-luvulla. Samoihin aikoihin alueen viljelysmaita kuivatettiin perkaamalla Myllypuroa ja sen tärkeimpiä sivu-uomia lähes 4 kilometrin matkalta. Osa purosta on kuitenkin säilynyt luonnontilaisena. [7, s. 64–68.]

Myllypuron muokattuja osuuksia on kunnostettu ja paikoin pyritty myös ennallistamaan Nuuksion kansallispuiston perustamisesta alkaen. Kunnostusten tavoitteena on ollut muun muassa luontaisten biotooppien ja lajiston palauttaminen. Ennallistaminen aloitettiin palauttamalla Haukkalammenoja ja myöhemmin muitakin osia alkuperäisiin uomiinsa 1990-luvulla. Vuosituhannen vaihteessa ennallistettiin alajuoksua sivuhaaroineen (Koivulanoja ja Antiaanpuro) jäljittelemällä ilmakuvista tunnistettua alkuperäistä uomaa sekä lisäämällä vuotta myöhemmin puuainesta kunnostettuihin uomiin sekä peratulle osuudelle Maulaanniitulla. [7, s. 60–62, 66.] Lisätyt puumateriaalit ovat kuitenkin pääosin kulkeutuneet pois paikoiltaan [10, s. 21].

Maulaanniitun osion kunnostukset

Maulaanniitun alueella tehtiin suurin ennallistustyö vuosina 2002–2003. Silloin puro pyrittiin palauttamaan mahdollisimman lähelle ihmisen toimia edeltänyttä tilaansa. Kunnostuksen yhteydessä kokeiltiin ja kehitettiin tavoitekuvatarkastelun periaatetta. Tavoitteiden asettelussa mallina toimivat ilmakuvista ja maastosta tulkitut uoman alkuperäiset mutkat sekä puron luonnontilainen osuus. Kunnostuksessa kaivettu uoma mitoitettiin siten, että se tulvisi vuosittain. Tavoitteena oli palauttaa rantaniityn tulviva biotooppi. Puroon pyrittiin luomaan luontaista syvyysvaihtelua uomaan lisätyn puuaineksen avulla. Luontaisenkaltaiseksi suuren puuaineksen määräksi arvioitiin noin 15 kpl sataa metriä kohti. Kunnostuksessa määriteltyjen tavoitteiden mukaisesti uoman oli tarkoitus olla voimakkaasti meanderoiva (mutkaisuus 1,7–2,0), kaltevuudeltaan 0,1 % ja poikkileikkauksaltaan noin 1,2 m². Leveys/syvyys –suhde suunniteltiin alhaiseksi, pohjakulkeutuma vähäiseksi ja penkat hyvin kasvillisuuden sitomiksi. Tulvatasanteen oli tarkoitus olla leveä. [7, s. 62–82, 71–72; 15, s. 66–67.]

Vuoden 2002–03 kunnostuksen yhteydessä pyrittiin kaventamaan suoriksi jääneitä puro-osuuksia sorruttamalla joenpenkkoja ja monipuolistamaan suoriakin puro-osuuksia siirtäen uomaan suuria puunrunkoja. Lisäksi rakennettiin uusi kosteikkolampi, jonka kaivamisesta saatiin peratun uomaosuuden osittaiseen täyttöön tarvittavaa materiaalia. Puroalan kohdalle tehtiin uusi koski kallion kohdalle. Koski oli tarpeellinen ennallistetun sekä alempana kulkevan peratun osuuden korkeuseron vuoksi. [7, s. 62–82; 15, s. 66–67.] Tarkoituksena oli vielä pidentää koskea sen niskalle tuotavan kiviaineksen avulla, mutta työtä ei voitu tässä yhteydessä toteuttaa. Tämän vuoksi ennallistettu uoma jäi edelleen varsin jyrkäksi, etenkin tulvatilanteissa, jolloin vedenpinta nousee ennallistetun uomaosuuden yläjuoksulla enemmän kuin kosken vedenpinta. Jyrkkyydestä seuraa virtausnopeuden kasvua ja eroosiota. [31.] Metsähallitus jatkoi alueen kunnostusta talkoolaisten avulla syksyllä 2018. Silloin uoman pohjaa suojattiin muutamassa virtapaikassa soralla ja sitä paikallaan pitävillä kivillä [9, s. 20–21]. Virtapaikkoihin lisätyn soran on tarkoitus toimia myös kalojen kutusoraikkoina [10, s. 56].

5 Nuuksion Myllypuron kunnostustöiden suunnitelma 2019

Nuuksion Myllypuron kunnostusta jatkettiin kesällä 2019 SYKE:n, Metsähallituksen sekä talkoolaisten yhteistyönä. Kunnostuksen suunnittelusta vastasi SYKE ja toteutuk-

sesta Metsähallitus. Uusia kunnostustoimia on ehdotettu jo vuonna 2017 suoritettua KURVI-hankkeeseen kuuluneen tarkastelun perusteella [10; 9, s.15, 19–20]. Tässä opinnäytteessä tarkennettiin suunnitelmia etenkin Maulaanniitun alueelle rakennettavien rytöjen ja muun uomaan lisättävän puuaineksen osalta.

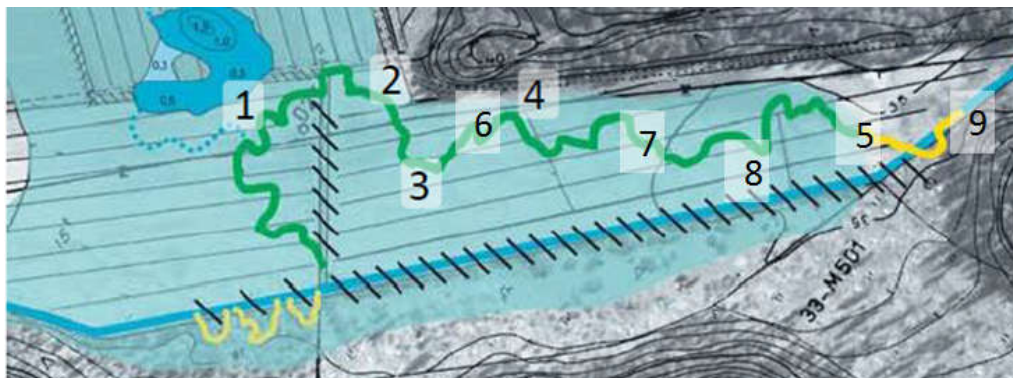
5.1 Taustaa

Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelman (2016–2021) mukaan Nuuksion Myllypuro on luokiteltu vuonna 2013 hydrologis-morfologiselta tilaltaan erinomaiseksi, kemiallis-fysikaalisesti hyväksi ja ekologiselta tilaltaan sekä biologisten tekijöiden osalta tyydyttäväksi. Tarkemmin eriteltynä biologinen tila on pintalevien osalta hyvä, kalojen ja pohjaeläinten osalta tyydyttävä. Luokittelussa arvioitiin, kuinka lähellä vesistö on luonnollista tilaansa. Ekologista tilaa tarkasteltiin veden laadun sekä käytettävissä olevien biologisten aineistojen perusteella. Hydrologis-morfologisen tilan luokituksessa tarkasteltiin virtausoloja, viipymää, vedenkorkeutta, syvyys-suhteita, pohjan ja rantavyöhykkeen rakennetta sekä yhteyttä pohjaveteen. Virtavesien luokitukseen vaikuttivat yleisimmin säännöstelystä tai rakentamisesta aiheutuneet virtaamamuutokset, patojen muodostamat kulkuesteet sekä rakentamisen aiheuttamat muutokset uoman ja rantojen morfologiassa. [3, s. 66, 72, 118.]

Tämän opinnäytetyön ja KURVI-hankkeen yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella Myllypuron puron tila näyttää vaihtelevan eri osuuksien välillä. Vuosina 2002–2003 ennallistetun osuuden alaosa on erodoitunut ja leventynyt voimakkaasti, jonka seurauksena kunnostuksilla tulvivaksi palautetun alueen tulva-ala on pienentynyt. Maulaanniitun ennallistetun osuuden alaosa ei näytä tulvivan eikä tulviminen muutenkaan vaikuta olevan säännöllistä. Yläjuoksulla on kuitenkin havaittu tulvimista ainakin vuonna 2017 sekä tämän opinnäytetyön yhteydessä 2019 [9, s. 23].

KURVI-hankkeessa on ehdotettu eroosion pysäyttämiseen tähtääviä kunnostustoimenpiteitä, kuten uoman jyrkkyyden vähentämistä nostamalla Purolan kohdalle rakennettua kosken niskaa kivien avulla. [10, s. 50–56.] Maulaanniitun yläosassa ehdotetaan uoman viereisten maakasojen käyttämistä uoman kaventamiseen sekä alueelta alavirran suuntaan siirtyneen puuaineksen korvaamista uudella paikalleen kiinnitettävällä puumateriaalilla. Puroa ehdotetaan myös siirrettäväksi maastossa näkyvään vanhan uoman painanteeseen Maulaanniitun yläpuolisella osuudella. Siirto tehtäisiin rakentamalla

nykyiseen suoraan uomaan pohjapato, jättäen suoristettu osuus tulvauomaksi. [10, s. 55, 57.] Hankkeessa ehdotetut puuaineksella toteutettavat kunnostustoimet on merkitty kuvaan 9 ja lueteltu kuvan alla:



Kuva 5. KURVI-hankkeessa ehdotetut puuaineksen paikat [27, s. 19].

3. Uusi rytö voisi tukeutua uoman poikki kaatuneeseen koivuun [9, s. 21].
6. Jyrkiksi syöpyneet reunat saattavat estää vettä nousemasta tulva-alueelle.
7. Puuaineksen tarkoitus olisi estää takana olevaa mutkaa suoristumasta.
8. Uoman jyrkistyneitä reunoja ehdotetaan loivennettavaksi puuaineksella.
9. Uuden kosken jälkeen luonnostaan muotoutunutta rytöä voisi täydentää. [10, s. 52.]

5.2 Kesän 2019 kunnostuksen tavoitteet

Rydöillä ja muulla Myllypuroon lisättävällä puuaineksella on tarkoitus torjua Purolan kohdalle rakennetun kosken yläpuolella esiintyvän liiallisen uoman eroosion leviämistä ylävirran suuntaan ja estää uomaa suoristumasta. Samalla puuaines luo puroon morfologista vaihtelua ja monipuolistaa siellä esiintyviä habitaatteja. Virtapaikoissa uoman pohjaa suojataan soraistuksella ja reunoja puisilla eroosiosuojilla sekä suisteilla, joilla ohjataan virtausta pois eniten eroosiolle alttiista kohdista. Eroosion vähentämisellä on tarkoitus parantaa sekä veden laatua että kalojen lisääntymis- ja elinolosuhteita.

Rytöjen toivotaan myös nostattavan tulvaa Maulaanniitulle, ennallistaen vähitellen siellä aiemmin esiintynyttä uhanalaista tulvabiotooppia. Tulvan nostatus edellyttää myös nykyisen mutkittelevan uoman ja entisen suoristetun uoman välissä kulkevien sarakojen tukkimista, jottei suurin osa tulvavedestä valu niitä pitkin alajuoksun suuntaan tulvimisen sijaan. Tulvaniitty säilynee niittynä vain, jos laidunnusta jatketaan tai niittyä niitetään, mutta pelkällä tulvimisellakin on mahdollista saada aikaan muita tulvabiotooppeja [22].

5.3 Rajoitteet ja riskit

Kunnostuskohde sijaitsee kansallispuistossa, joten ennallistustoimia voidaan toteuttaa melko vapaasti ilman suurempia ympäröivän maankäytön rajoitteita. Vuoden 2002–2003 kunnostuksen yhteydessä toteutetun mallinnuksen avulla arvioitiin tulvaveden aiheuttamat haitat yksityiskiinteistöille epätodennäköisiksi, joten rytöjä rakentaessa ei tarvitse varoa nostattamasta liikaa tulvaa [7, s. 77]. Suurempi ongelma lienee saada tulva nousemaan kunnolla niitylle olemassa olevista sarkaojista ja vanhan suoristetun uoman jäljiltä olevista syvänteistä huolimatta. Myllypuron pienuuden vuoksi sinne lisätävä puuaines ei aiheuta myöskään vastaavia riskejä kuin suurempien jokien puiset rakennelmat, koska purossa ei esimerkiksi uida tai melota ja veden virtausenergiakin on pienempi kuin suurissa joissa. Näin ollen kunnostustöiden merkittävimmäksi uhkaksi omaisuuden ja henkilöstön suhteen jää työnaikainen tapaturmariski. Alhaisen riskitason vuoksi rydön vaikutuksista tai kestävyydestä ei tarvita tarkempia laskelmia eikä mallinnusta.

Luonnon kannalta kunnostus epäonnistuisi, jollei se tuottaisi toivottavaa lopputulosta tai aiheuttaisi jopa enemmän haittaa kuin hyötyä ympäristölle. Toivotun lopputuloksen aikaansaaminen pyritään varmistamaan tekemällä rakennelmista riittävän kestäviä sekä suojaamalla rytöjen kohdalta uoman pohjaa kivillä ja soralla sekä reunoja puisilla suisteilla. Aiempien kunnostusten yhteydessä uomaan lisätyistä puista ja oksista valtaosa on kulkeutunut pois paikoiltaan. Etenkin suisteiden ja eroosiosuojien paikoillaan pysymiseen on syytä kiinnittää erityistä huomiota, sillä ne ovat helpommin virran vietävissä kuin massaltaan suuremmat rytörakennelmat. Kiinnityksiä toteutettaessa varoetaan kuitenkin vaurioittamasta penkkujen reunoja ja rantapuita turhaan, eli kaivetaan maata vain sen verran, kun on kiinnitysten kannalta tarpeellista. Materiaalina käytetään enimmäkseen sellaisia puita, jotka olisi kaadettu muutenkin eli vältetään kaatamasta puita erikseen uomakunnostusta varten.

Kunnostuksen ajankohdaksi valittiin alkukesä, jolloin saadaan helpoiten paikalle riittävästi talkoolaisia. Pienimuotoisen kunnostustyön riskit kalanpoikasten kannalta katsottiin olemattomiksi, sillä kunnostusalueella ei oleteta olevan vielä kutua eikä kalanpoikasia. Kasvillisuudellekaan ei katsota aiheutuvan merkittävää haittaa, koska työt suoritetaan pääosin ilman koneita.

5.4 Suunnitelman ja seurannan pohjatyöt

Myllypuron historiaan, nykytilaan ja olemassa oleviin suunnitelmiin tutustumisen lisäksi suunnitelmien pohjaksi ja uomassa tapahtuvien muutosten seurannan tueksi piirrettiin aluksi tuore inventointikartta kunnostusalueen purouomasta tärkeimpine rantapuineen. Inventointikarttaan merkittiin virtapaikat, uomassa ja uoman päällä sijaitseva puuaines sekä syksyllä 2018 tehdyt soraistukset (liite 1). Uoma piirrettiin Kansalaisen karttapaikka -palvelun kartan ja ilmakuvan avulla CorelDRAW-ohjelmalla sekä tarkennettiin maastohavaintojen perusteella kompassia apuna käyttäen. Rantapuut, uomassa sijaitseva puutavara, virtapaikat ja soraistukset merkittiin uomapiirustukseen maastohavaintojen perusteella.

Lisäksi etsittiin aiemmin seurannassa käytettyjen vertailukuvaparien kuvauspaikat ja merkittiin ne kartalle jatkoseurantaa helpottamaan (kuva 14 / liite 5). Samalla otettiin kyseisistä kohteista tuoreet kuvat vertailukuvasarjojen jatkeeksi (liite 6). Seurantasarjasta 1/5 näkyy miten puiden juuret ja vedessä oleva liekopuu edesauttavat mutkittelun säilymistä. Sarjasta 2/5 sen sijaan havaitaan vasemman penkan syöpyneen siten, että mutka on suoristunut ja sen tilalle on jäänyt puroon leveämpi kohta. Seurantasarjan 4/5 perusteella koskipaikka näyttäisi säilyneen ennallaan vuode 2017 jälkeen, mutta silmämääräisellä havainnoinnilla eri suunnista todettiin kuitenkin kalliorannan vastapäisen rannan olevan eroosiosuojan tarpeessa.

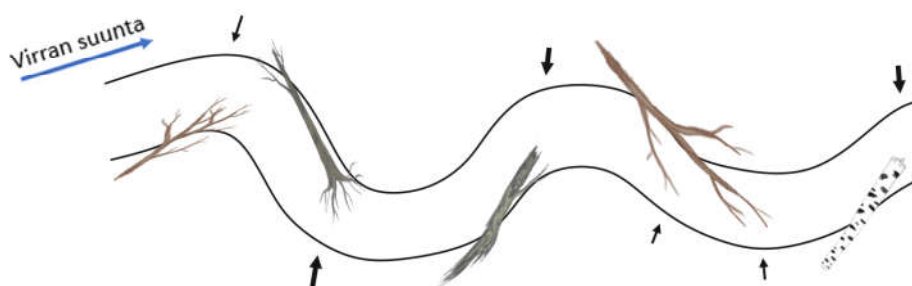
Puron nykytilan selvittämisen yhteydessä vierailtiin myös muilla puro-osuuksilla vertailun kunnostettavaa osuutta luonnontilaiseen ja toisaalta myös suoristettuihin osuuksiin. Silmämääräisen havainnoinnin perusteella todettiin luonnontilaisen osuuden veden olevan kunnostusosuuden vettä kirkkaampaa. Erodoitumista havaittiin myös luonnontilaisen osuuden alaosissa. Eroosio näyttää luonnontilaisella osuudella etenevän alajuoksulta vähitellen ylöspäin samaan tapaan kuin Maulaanniitulla. Kummallakin osuudella syöpyminen näkyy uoman levenemisen ja syvenemisen lisäksi lähes soran näköisinä savikokkareina uoman pohjalla sekä paikoitellen suurempinakin uoman reunasta irronneina savilohkareina. Maulaanniitulla havaittiin syöpymisen paikoitellen myös suoristaneen uoman mutkia.

Luonnontilaisen osion syöpyminen saattaa johtua sen alapuolella sijaitsevan peratun osion virtausta kiihdyttävästä vaikutuksesta, jonka seuraukset ulottunevat pitkälle luonnontilaiselle osuudelle asti. Arvioinnin tueksi olisi hyvä käyttää samantyyppistä täysin

luonnontilaista puroa, jotta voitaisiin vakuuttavammin osoittaa johtuvatko muutoksen esimerkiksi muuttuneista sääolosuhteista ja virtaamavaihteluista, vai luonnontilaiselle osuudelle asti heijastuvista puron muihin osuuksiin kohdistetuista ihmisen toimista. Täysin luonnontilaisen vertailukohteen löytäminen on kuitenkin suuri haaste, koska koko Uudellamaalla ei ole ainuttakaan koskematonta puroa. Vertailukohteenä ja esikuvana kunnostuksille lienee tämän vuoksi parasta käyttää luonnontilaisen osion yläosia, jonne alemman peratun osion vaikutus ei ainakaan toistaiseksi näyttäisi yltävän.

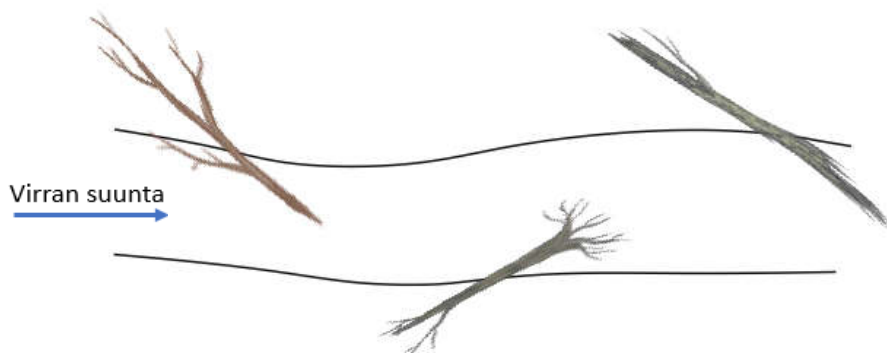
5.5 Rytöjen, suisteiden ja eroosiosuojien sijainnit

Uoman reunoja suojellaan puisilla eroosiosuojilla ja suisteilla kohdissa, joissa uoma on erityisen altis poikkileikkausta lisäävälle tai uomaa suoristavalle eroosiolle. Suisteilla voidaan samalla ylläpitää ja vahvistaa puron mutkaisuutta (meanderointia). Vähintään pieniä suisteita asetetaan mahdollisimman monen uoman mutkan ylävirran puolelle siten, että kyseinen suiste olisi voinut pidemmällä aikavälillä saada aikaan kyseisen mutkan (kuva 10). Uomassa olevan materiaalin aikaansaamat mutkat säilyvät paremmin kuin kaivetut mutkat, joten suisteilla vahvistetuilla mutkilla on vähäisempi vaara suoristua. Kuvan 10 mukaiset suisteet aiheuttaisivat eniten kulutusta nuolten osoittamien kohtien lähistölle, joten suisteita ei aseteta paikkoihin, joissa eroosio suisteen vastarannalla olisi jostain syystä haitallisempaan kuin uomaa suoristava eroosio.



Kuva 10. Uoman mutkittelua ylläpitäviä suisteita. Puut ja oksat piirtänyt Kristina Laine.

Lisäksi pyritään palauttamaan suoristuneiden kohtien mutkaisuutta suisteilla kuvan 11 tapaan, ainakin seurantasarjan 2/5 kohdassa (liite 6). Kyseisen kohdan mutkittelua palauttavat suisteet on merkitty myös suunnitelmakarttaan (kuva 12 / liite 2). Suisteiden ja eroosiosuojien paikkojen valinnassa huomioidaan eroosioalttiuden lisäksi se, että pitkäaikaisin hyöty saavutetaan, jos suojat ja suisteet saadaan riittävän hyvin kiinnitettyä paikoilleen.

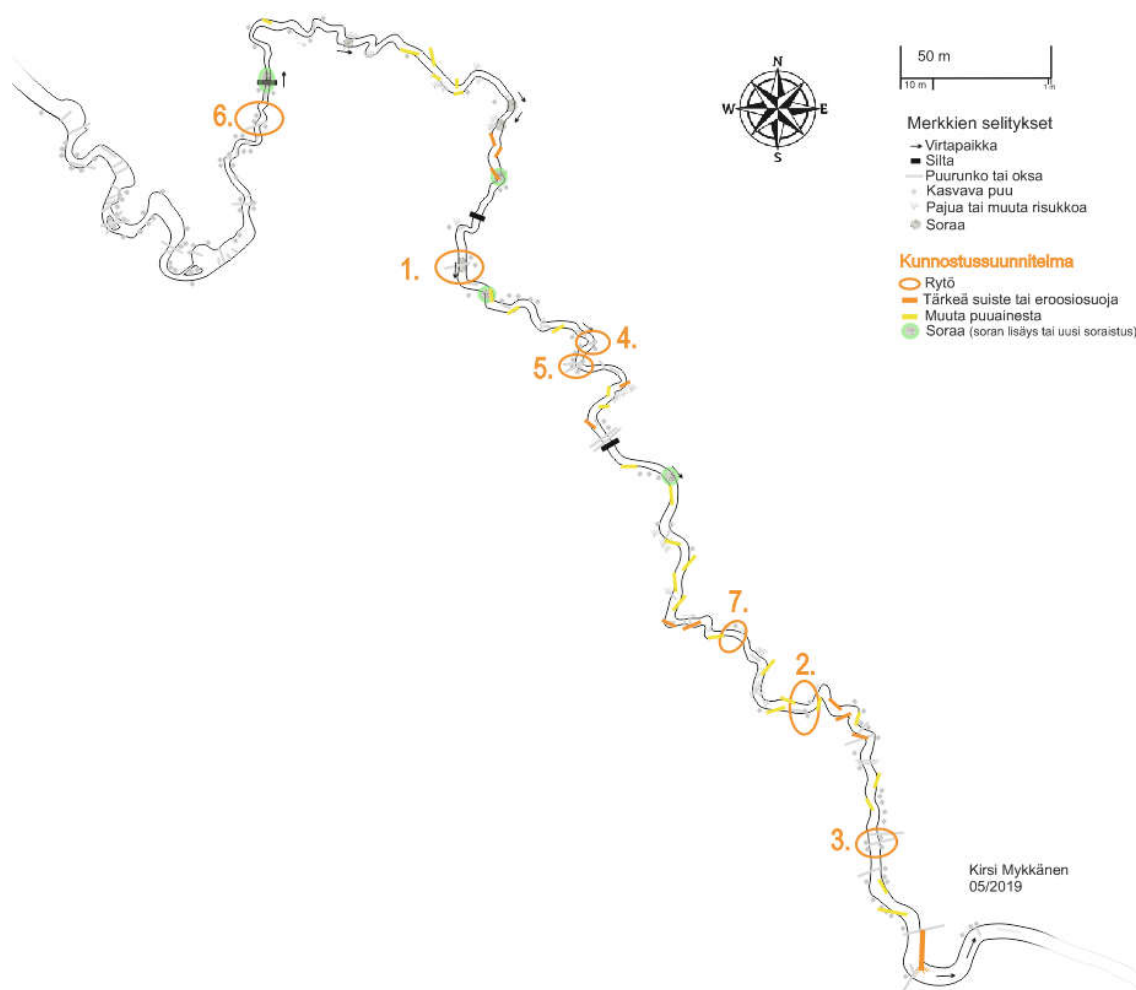


Kuva 11. Suoristuneen uoman mutkia palauttavia suisteita. Puut ja oksat piirtänyt Kristina Laine.

Uomaan lisätään suisteiden ja eroosiosuojien lisäksi myös satunnaisempia liekopuita siten, että suurta puuainesta (pituus yli 1 m, poikkileikkauksen läpimitta min. 10 cm) olisi uomassa yhteensä suunnilleen 15 kpl sataa metriä kohden, kuten vuoden 2002–03 kunnostussuunnitelman tavoitteissa aikoinaan määriteltiin. Määrä vastaa puron luonnontilaisen osuuden puuaineksen määrää [7, s. 71]. Rytöjen sekä tärkeimpien suisteiden ja eroosiosuojien paikat on merkitty suunnitelmakartalle (kuva 12 / liite 2) oranssilla värillä. Muun puuaineksen paikkoja on hahmoteltu samaan karttaan suuntaantavasti keltaisella värillä.

Maulaanniitun yläosalla, kuvan 9 numeroon 3 asti, uoma on toistaiseksi leveydeltään suunnilleen vuoden 2002–03 kunnostussuunnitelman mukainen, mutta silläkin osuudella havaittiin syöpymisen merkkejä, jopa uoman suoristumista. Lisäksi puuainesta on uomassa huomattavasti vuoden 2002–03-kunnostussuunnitelmassa tavoitteeksi asetettua määrää vähemmän, joten tällekin alueelle lisätään uomaan puuainesta. Suurin osa padottavista rydöistä rakennetaan alueelle, jossa uoma on erodoitunut voimakkaammin ja leventynyt selvästi, eli kuvan 9 numeron 3 ja kosken välille.

Rydöt pyritään rakentamaan ensisijaisesti paikkoihin, joissa on joko valmiiksi uoman poikki kaatuneita puita tukipuiksi tai muita sopivia kiinnityspaikkoja, kuten rantapuita. Myös uoman sopiva kapeus sekä paikalle valmiiksi kuljetettu pohjan vahvistukseen käytettävä sora huomioidaan paikkojen valinnassa. Rydöt on numeroitu suunnitelma-karttaan (kuva 12 / liite 2) suuntaa-antavassa tärkeysjärjestyksessä. Kesällä 2019 toteutetaan ainakin kaksi ensimmäistä rytöä, jotka kumpikin rakennetaan paikkoihin, joissa uoman pohjaa on jo vahvistettu soralla. Ensimmäisen rydön lähistöllä on myös kivi- ja sorakasat valmiina lisävahvistusta varten ja uoman poikki on valmiina kaatunut puu rydön tukipuiksi. Sijainti on myös erityisen sopiva nostattamaan vettä tulvaniitylle. Ainoa haittapuoli paikassa on puron keskimääräistä virtausta nopeampi virtaus, jonka vuoksi uoman pohjan ja rantojen suojaus on tehtävä erityisen huolellisesti. Sijainti ei kuitenkaan ole läheskään liian jyrkkä rydölle, sillä se on vain hieman uoman keskimääräistä 0,1 % kaltevuutta kaltevampi ja rytöjen katsotaan sopivan vielä parin prosentin kaltevuuksiin [3, s. 8].



Kuva 12. Suunnitelmapöytäkuva.

Toinen rytö (nro 2 liitteessä 2) rakennetaan sopivan kapeaan kohtaan, jossa kasvaa puita uoman reunassa ja purouomassa. Rytö voidaan tukea eläviä puita vasten ja penkka saa sopivasti vahvistusta puiden juurista. Penkkojen suojaus on kuitenkin tehtävä huolellisesti, jottei penkan kuluminen aiheuta haittaa myös rantapuille.

5.6 Materiaalit

Rytöjen rakennusmateriaalina, suisteina, eroosiosuojina ja liekopuina käytetään alueelta kaadettavia pieniä kuusia, rydöissä lisäksi uoman poikki kaatuneita puita. Metsähallituksen on toivottu toimittavan paikalle kansallispuiston alueen tienvarsilta juurineen poistettuja puita, jotka sopivat erinomaisesti suisteiksi sekä rytöjen materiaaliksi. Lähi-alueilla on myös runsaasti kaatuneita puita, joita Metsähallitus voi käyttää purojen kunnostukseen.

Lisäksi puron varrelle on kuljetettu talkoovoimin kesän kunnostuksiin riittävä määrä soraa ja kiviä. Sora- ja kivisuojaus on helposti toteutettavissa ja tavan katsottiin sopivan alueelle maisemallisesti, vaikka Maulaanniitun kohdalla onkin muuten hyvin vähän kiviä tai soraa, eivätkä alueella luonnostaan esiintymättömät materiaalit täysin vastaa luonnonmukaisen vesirakentamisen periaatteita. Menetelmävalintaa puoltaa kuitenkin soraraidoista koituva mahdollinen hyöty vaelluskaloille sekä se, että puron muissa osissa kuitenkin esiintyy enemmän kiviainesta. Kunnostettava osuus sijaitsee entisellä pellolla, joten silläkin osuudella saattaisi olla luonnostaan nykyistä enemmän kiviainesta ilman ihmisen toimia, sillä kiviä on mahdollisesti siirretty syrjään peltoa raivatessa.

5.7 Eroosiosuojien ja suisteiden kiinnittäminen

Suisteet asetetaan siten, että ne ohjaavat virtaa pois eroosioherkästä kohdasta. Eroosiosuojat asetetaan puolestaan penkkaa vasten uoman reunaa suojaavaksi panssariksi. Suisteiksi ja eroosiosuojiksi valitaan riittävän kookkaita oksia tai kokonaisia pieniä puita mieluiten juurineen. Suisteen toinen pää voidaan asettaa penkan päälle tai kaivaa tarvittaessa penkan sisään, jos suisteen paikoillaan pysyminen sitä edellyttää eikä kaivamisen katsota vahingoittavan elävien puiden juuria. Suisteita ja eroosiosuojia tuetaan mahdollisuuksien mukaan paikoilleen myös rantapuiden tai kivien avulla. Paikkoihin, joissa kiinnitysmahdollisuudet ovat heikot ja eroosiosuojan tarve ilmeinen, pyritään si-

joittamaan riittävän suuria ja mieluiten juurellisia suisteita, jotka pysyvät paikoillaan ilman lisätukea. Suisteen alavirran päätyä voi tarvittaessa myös hakata lekalla viistosti uoman pohjan sisään.

5.8 Rytöjen rakentaminen

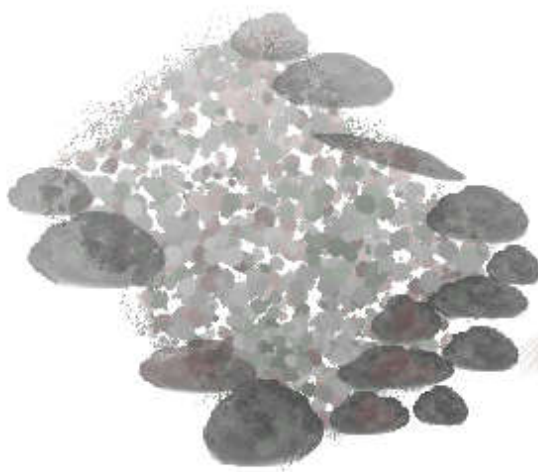
Ensimmäisen rydön rakentamista on kuvattu vaiheittain kuvassa 13 (joka löytyy hieman suurempana liitteestä 3) ja toisen rydön rakentamista liitteessä 4. Aluksi tarkistetaan uoman pohjan suojaus ja täydennetään sitä tarvittaessa. Pohjaa suojaavan soran paikoillaan pysymistä pyritään edistämään alavirran puoleisilla suuremmilla kivillä.

Mahdollisen soraistuksen ja kiveyksen täydennyksen jälkeen lisätään uoman poikki kulkevat tukipuut. Rydön numero yksi kohdalla oleva kaatunut puu jätetään paikoilleen tukipuuksi. Puu kulkee melko pitkälle molemmilla rannoilla ja oksat lisäävät kitkaa. Sitä voidaan kuitenkin varmuuden vuoksi tukea vielä isoilla kivillä rannalta etenkin alavirran puolelta. Lisäksi laitetaan muitakin poikkittaisia tukipuita lähemmäs uoman pohjaa. Alimmat tukipuut kiinnitetään paikoilleen lähinnä kivillä sekä tarvittaessa kaivamalla ne osittain uoman penkkojen sisään. Alimpia poikkipuita voidaan tukea myös viistosti osittain uoman pohjan sisään hakatuilla kiiloilla, kunhan ne saadaan piilotettua riittävän luonnollisen näköisiksi osiksi lopullista rytöä. Toisen rydön tukipuut tuetaan paikoilleen rannalla ja uomassa kasvavien puiden avulla kaivamatta penkkoja. Kummankin rydön alimman tukipuun ja pohjan väliin jätetään saappaan mentävä aukko, josta myös kalat mahtuvat kulkemaan.

Uoman reunoja suojataan välittömästi rydön ylävirran puolelle asetettavilla, rytöä vasten tuetuilla puisilla suisteilla, joilla ohjataan virtausta puron keskiosaan, jolloin reunaan ei kohdistu niin paljon kulutusta. Rydön reunojen suojaukseen olisi mahdollista käyttää lisäksi pajumattoa tai luonnonkuituista kangasta, jonka voisi maisemoida esimerkiksi havuilla. Runsaan rantakasvillisuuden vuoksi oletetaan suisteiden ja kivien tuovan riittävästi suojaa reunoille. Puisien suisteiden ja kivien katsotaan myös sopivan paremmin ympäristöön ja olevan helposti toteutettavissa.

Pohjan ja rantojen suojauksen sekä tukipuiden kiinnityksen jälkeen ahdetaan tukipuiden väliin viistoon ristikkäispuita niin tukevasti, että ne kestävät paikoillaan ilman ylimääräisiä kiinnikkeitä. Parhaiten pysyvät paikoillaan oksaiset puut tai suuret monihaa-

raiset oksat. Riittävän vahvoja puita tai oksia voidaan tukea tarvittaessa myös hakkaamalla niitä lekan avulla viistosti osittain pohjan sisään. Lopuksi rytöjä tiivistetään vielä pienemmillä oksilla ja risuilla enimmäkseen ylävirran puolelta. Koska kunnostus toteutetaan matalan virtauksen aikaan, asetellaan pienimmätkin risut paikoilleen ainakin pääosin käsin sen sijaan, että annettaisiin niiden kulkeutua virtauksen mukana hakeutuen luontaiseen paikkaansa.



Vaihe 1:
Suojataan soralla ja kivillä uoman pohjaa sekä reunojen alaosaa.



Vaihe 2:
Kiinnitetään tukipuut kivien avulla ja tarvittaessa kaivamalla penkan reunojen sisään.



Vaihe 3:
Työnnetään ristikkäispuita tukipuiden väliin ja tuetaan reunoja suojaavat suisteet tukipulta vasten.



Vaihe 4:
Tiivistetään rytöä risuilla ja oksilla.

Kuva 13. Ensimmäisen rydön rakentamisen havainnekuva. Kuvakollaasissa käytetty Kristina Laineen piirtämiä puita ja oksia.

5.9 Tarvittavat työvälineet

Talkoita varten paikalle järjestetään ainakin lapioita, lekoja, ämpäreitä (soran kuljetusta varten), mittanauha, moottorisaha sekä tukkisakset. Myös kottikärryistä ja kahluusaappaista saattaisi olla hyötyä. Lisäksi mukaan otetaan useampi kopio suunnitelmakartasta (kokoa A3), yksi tai useampi kansalaishavainnointiin tarkoitettu vedenkorkeuden mittatikka sekä ensiapuvälineet.

6 Kesän 2019 kunnostuksen toteutus

Tässä opinnäytetyössä esitetyn suunnitelman toteutus aloitettiin Metsähallituksen järjestämissä talkoissa 10–11.6.2019 rakentamalla 6 rytöä (kuva 12 / liite 2, rydöt 1–5 sekä 7). Tämän opinnäytetyön pohjalta laadittiin ennen talkoita tiivistetty suunnitelma ohjeistukseksi Metsähallitukselle. Talkootyötä ohjasi kunnostuksen suunnitteluun osallistunut maisema-arkkitehti Jukka Jormola SYKEstä, puistomestari Teemu Laine Metsähallituksesta ja tämän opinnäytetyön laatija. Talkoisiin osallistui ensimmäisenä päivänä kymmenkunta ja toisena noin 40 Osuuspankin talkoolaista sekä muutamia Metsähallituksen työntekijöitä. Talkooväki ja ohjaajat jakaantuivat työryhmiin, jotka työskentelivät eri rytöjen parissa. Suisteita ja eroosiosuojia kiinnitettiin lähinnä rytöjen yhteyteen. Pohjaa suojattiin soralla rytöjen ympäristön lisäksi virtapaikoista. Talkoissa myös tukittiin tulvaniitylle jääneitä vanhoja sarkaojia.

Kaikki rydöt rakennettiin pääosin suunnitelmien mukaisesti, käyttäen kiinnityksiin mahdollisuuksien mukaan suuria kiviä ja eläviä puita sekä tarvittaessa ylimääräisiä kiiloja sekä tukipuiden kaivamista penkan sisään. Jokaiseen rytöön jätettiin suunniteltu saappaan mentävä aukko alimman poikkipuun ja pohjan väliin. Vähintään yhden rydön kohdalla nähtiin, että aukko toimii kulkuväylänä ainakin vesimyyrälle ja kalojenkin oletetaan pääsevän rytöjen ali. Pohjan suojauksetkin toteutettiin muilta osin suunnitelmien mukaisesti, mutta rydön numero 5 kohdalla soraistukset toteutettiin vasta jälkikäteen. Materiaalit poikkesivat suunnitelluista siltä osin, ettei käytössä ollut juurellisia puita. Sen sijaan paikalle tuotiin yksi suuri erillinen juurakko, jota ei vielä sijoitettu purouomaan.

Eri työryhmissä tehtiin erilaisia kompromisseja rytöjen tiiviyn, kestävyys ja luonnonmukaisen ulkonäön suhteen. Todettiin, että kaikkein materiaalihokkaimmin rydön saa tiiviiksi asettamalla riittävän monta tukipuuta alhaalta alkaen toinen toistensa päälle samansuuntaisesti ja tilkitsemällä sen jälkeen välit pienemmillä oksilla ja risuilla. Mitä tiiviimpi rytö, sen paremmin sen oletetaan nostavan tulvaa ja hidastavan virtausta. Tiiveimmät rydöt kohtaavat todennäköisesti myös suurimman veden aiheuttaman paineen eli vaativat kaikkein vahvimmat kiinnitykset. Lopullinen rytöjen kestävyys ja toimivuus nähdään vasta ajan myötä rankkasateiden, tulvien ja talvien jälkeen.

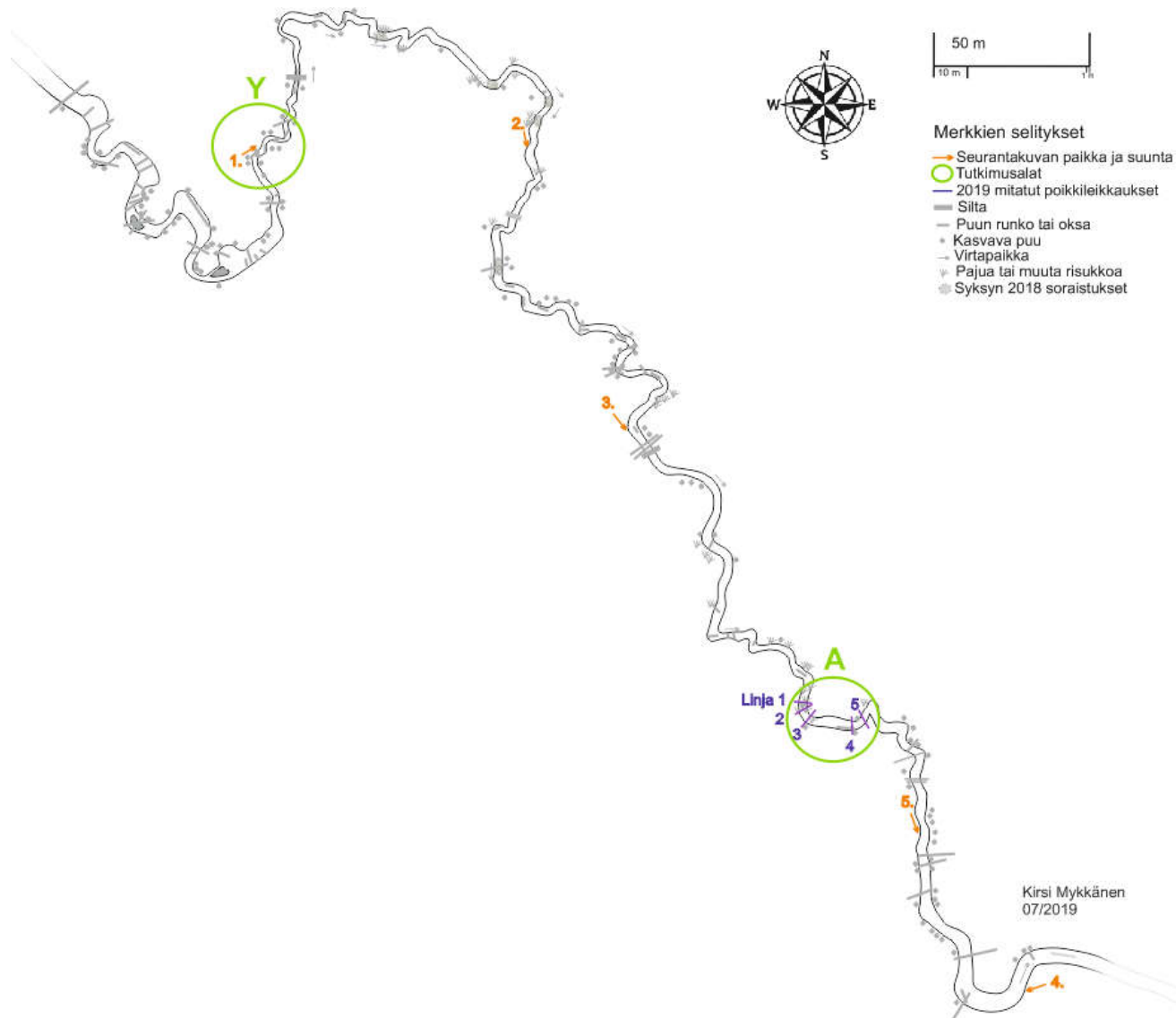
Kunnostuksen, etenkin soraistuksen seurauksena vesi muuttui huomattavan sameaksi, mutta muutos oletetaan väliaikaiseksi. Työkoneita käytettiin vain materiaalien kuljetukseen puron lähistölle, josta ne kuljetettiin kunnostuskohtiin kottikärryillä tai kantamalla. Purolla työskentely ilman työkoneitakin aiheutti kuitenkin paikallista eroosiota uoman reunoilla ja pohjassa. Haitta oletetaan kunnostuksen hyötyjä pienemmiksi.

7 Seuranta Myllypurolla

Ennen säännöllistä seurantaa Myllypurosta on tutkittu ainakin kalakantoja, pohjaeläimiä ja vesihyönteisiä. Lisäksi kunnostuksien yhteydessä on havainnoitu uoman rakenteellisen tilan kehittymistä ja toteutettu myös hydraulista tutkimusta. Puron tilanteen seurantaa on pyritty säännöllistämään vuoden 2002–2003 kunnostuksen yhteydessä, jolloin uuteen uomaan perustettiin kaksi koealaa (kuva 14 / liite 5), joissa on kummassakin 20 poikkileikkausalaa, joiden kehitystä oli tarkoitus seurata vuosittaisilla mittauksilla. Näiden Maulaanniitun alueella sijaitsevien poikkileikkauksien pinta-alat on mitattu vuosina 2004, 2011 ja 2017 niiden poikkileikkauksien osalta, joiden mittakepit ovat säilyneet maastossa [10, s. 42]. Kunnostustöiden ekologisten vaikutusten arviointia vaikeuttaa muun muassa riittämättömät taustatiedot kalaston ja pohjaeläintietojen osalta. [9, s. 23.] Kesällä 2019 on tarkoitus järjestää sähkökalastus [55]. Myös pohjaeläinten tarkkailu on suunnitteilla.

SYKE on tarkkaillut kunnostusosuutta myös valokuvaseurannalla vuosittain 2003–2019 välisenä aikana [56]. Valokuvaseurannan avulla tarkkaillaan paikallisesti uoman muotoutumista, kuvista näkyvää uoman puuainesta sekä mahdollisesti myös rantojen kasvillisuutta. Etenkin kasvillisuuden osalta seurantaa helpottaisi, jos kuvat otettaisiin jatkossa suunnilleen samassa kasvukauden vaiheessa, jonka vuoksi uusiin kuviin (liite 6)

merkitään myös kuvauspäivämäärä. Lisäksi seurantaan valitut kuvauspaikat merkitään uomakartalle suuntanuolien kera jatkoseurannan helpottamiseksi (kuva 14 / liite 5). Seurantakuvasarjojen lisäksi jatkoseurannassa voidaan käyttää liitteessä 7 esitettyjä kuvia uusista rydöistä lähiympäristöineen sekä ylä- että alavirran puolelta.



Kuva 14. Seurantakartta.

Rytöjen mahdollisia vaikutuksia uoman poikkileikkausten kehitykseen seurataan vanhalla koealalla sijaitsevan rydön (rytö 2) molemmin puolin. Heinäkuussa 2019 mitattiin 4 poikkileikkausta rydön yläpuolelta ja yksi rydön alapuolelta. Mittauksessa käytettiin takymetriä, mittanauhaa ja korkeudenmittauslattiaa. Latta asetettiin rannalla ja uoman pohjassa sijaitseviin taitepisteisiin (merkkikeppi, penkan reuna, rantaviiva mittaussajan kohdan vedenkorkeudella ja pohjan syvin kohta). Poikkileikkaukset mitattiin mahdollisimman tarkasti vanhojen poikkileikkauksien kohdista. Mittauskohdalla on tapahtunut suuria muutoksia purouomassa etenkin vuoden 2011 jälkeen [10, s. 47–48]. Vuoden 2019 poikkileikkaukset löytyvät liitteestä 8.

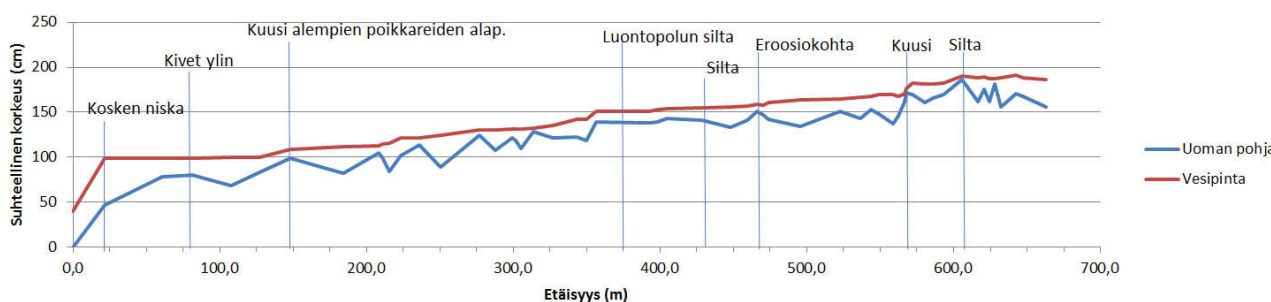
Kesällä 2019 mitattujen poikkileikkauksien paikat merkittiin kepeillä maastoon ja mahdollisimman tarkasti myös seurantakartalle (kuva 14 / liite 5). Myös vanhat poikkileikkausten merkkikepit päätettiin vaihtaa uusiin riittävän pitkiin kepeihin, jotka hakataan mahdollisimman syvälle, jotta ne pysyisivät todennäköisemmin paikoillaan. Vanhojen keppien tussilla piirretty numeromerkinnät ovat vuosien saatossa kadonneet, joten uudet kepit numeroidaan jollain kestävämmällä tavalla, esimerkiksi poikkileikkausalan numeroa vastaavalla määrällä nauloja.

Mahdolliset muutokset poikkileikkauksissa tapahtuvat hitaasti ja oletettavasti pääosin suurten virtaamien aikaan, joten vuosittain tai harvemminkin toteutettavalla seurannalla saadaan hyödyllistä tietoa uoman muovaantumisesta. Syöpymisen voi havaita myös silmämääräisesti, mutta poikkileikkauksien avulla saadaan tarkempaa, joskin hyvin paikallista tietoa muutoksista. Valokuvaseurantakaan ei kata koko uomaa. Uoman muotoutumista ja siellä sijaitsevan puuaineksen kulkeutumista voidaan seurata kokonaisvaltaisemmin, mutta samalla epätarkemmin vertaamalla tässä opinnäytetyössä piirrettyä purouoman inventointikarttaa (liite 1) ja kunnostussuunnitelman karttaa (kuva 12 / liite 2) myöhempiin havaintoihin.

Rytöjen toimivuutta tarkkaillaan mittaamalla jokaisen rydön ylä- ja alapuolisten vedenkorkeuksien eroja. Mittaukset suoritetaan aluksi vedenkorkeuden kansalaishavainnointiin tarkoitetuilla mittatikuilla, joita myös kiinnitetään paikoilleen sopiviin mittaushaakuihin jatkohavainnointia varten. Selkeimmät tulokset saadaan suurten virtaamien aikaan. Matalalla vedellä rydön vaikutus on hyvin pieni, sillä jokaisen pohjalla on kuitenkin kalot ja varten jätetty kulkuaukko, jolloin virtausvastus lisääntyy huomattavasti vasta virtausmäärän kasvaessa sateiden tai sulamisvesien seurauksena. Jatkuvat toimisella korkeusmittarilla voitaisiin mitata vedenkorkeuksien eroja ja rytöjen toimivuutta riippumatta

siitä, onko paikan päällä mahdollista käydä suorittamassa mittauksia juuri sopivissa sääolosuhteissa. Jatkuvatoimisten mittareiden avulla olisi mahdollista arvioida myös sitä, miten usein ja missä olosuhteissa vesi nousee yli uoman reunojen korkeuden ja leviää siten tulva-alueelle.

Sekä mittatikulla että jatkuvatoimisella mittarilla mitataan ensisijaisesti vesipatsaan korkeutta eli paikallista veden pinnan korkeutta suhteessa uoman pohjaan. Jatkossa olisi kiinnostavaa tutkia myös vedenkorkeuksia suhteessa yhteisesti valittuun nollapisteseen, joka ei ole riippuvainen paikallisesta uoman pohjan korkeudesta. Jokaiselle rydölle voisi valita oman nollapistensä, johon verrattaisiin vedenkorkeuksia kyseisen rydön ylä- ja alapuolella. Vaihtoehtoisesti voisi valita myös yhden yhteisen nollapisteen koko kunnostusalueelle, jolloin voitaisiin seurata tarkemmin useamman rydön ketjun vaikutuksia veden korkeuksiin. Viimeisimmän mittausvaihtoehdon tuloksia olisi mielekästä verrata vuonna 2018 mitatussa puron pituusleikkauksessa näkyviin vedenkorkeuksiin (kuva 15). Mittaus kannattaisi suorittaa samaan aikaan vuodesta ja huomioida vertailussa kyseisten mittaus tilanteiden vedenkorkeudet.



Kuva 15. Myllypuron pituusleikkaus [57].

Lisäksi kunnostusalueella kannattaisi toteuttaa ekologista seuranta. Lajiston tutkimuksella saataisiin arvokasta tietoa puron ja sen lähiympäristön ekologisesta tilasta. Seurantaan sopisivat kalojen lisäksi esimerkiksi tulvaniityllä esiintyvät kosteikkolajit, purooman pohjaeläimistö sekä sammaleet ja muut puroekosysteemille tärkeät lajit. Kalojen osalta voisi sähkökalastuksen lisäksi seurata kutualueiden määrää ja laatua. Ekologisia muuttujia seurattaessa kannattanee kiinnittää huomiota siihen, miltä osin muutokset voivat liittyä purossa kunnostusten myötä tapahtuneisiin muutoksiin ja miltä osin muutokset johtuvat muista seikoista, kuten ilmastonmuutoksesta tai valuma-alueella tapahtuneista muutoksista. Esimerkiksi tulvimisen ajankohtien ja määrien ennustetaan muuttuvan ilmastonmuutoksen myötä ja tulvaniityn kasvillisuuteen vaikuttavat tulvien

lisäksi muutkin sääolosuhteet sekä niityn käyttötavat. Arvioinnin tueksi olisi hyvä toteuttaa seurantaakin myös sopivassa referenssikohteessa, esimerkiksi saman puron luonnon-tilaisen osuuden yläjuoksulla.

Veden laatua voisi seurata esimerkiksi sameuden, johtokyvyn ja happipitoisuuden mittausten avulla. Jollei mittauksiin ole riittäviä resursseja, voisi veden väriä ja sameutta seurata vähintään visuaalisin havainnoin. Mittaamalla veden laadun vaihtelua puron eri osissa, olisi ehkä mahdollista jäljittää mistä samentuminen saa alkunsa ja suunnitella aiempaa tarkemmin kohdistettuja toimia veden laadun parantamiseksi.

Tulvaisuudessa voisi harkita lisäksi uoman morfologian seurantaakin kuvaamalla uomaa kamerakopterin (drone) avulla. Näin uomasta saataisiin oletettavasti tarkempaa ja kokonaisvaltaisempaa kuvaa kuin paikallisten seurantakuvien ja manuaalisesti piirrettyjen inventointikarttojen avulla.

Havaintoja rytöjen padottavasta vaikutuksesta

Rytöjen padottava vaikutus on havaittavissa silmämääräisesti jopa pienillä virtauksilla. Vesi virtaa rytöjen ali suurella nopeudella, mutta läpikulkukelpoinen pinta-ala on pieni ja jokaisen rydön yläpuolelle näyttäisi jossain määrin muodostuvan suvanto. Padottavaa vaikutusta pyrittiin mittaamaan kansalaishavainnointiin tarkoitetulla vedenkorkeuden mittakepillä sateisen yön jälkeen 5.7.2019. Sade ei kuitenkaan ollut merkittävästi lisännyt virtausmääriä ja mittaustuloksissa on useita epävarmuustekijöitä, joten niiden perusteella ei voi tehdä tarkkoja päätelmiä. Voi kuitenkin sanoa, että etenkin kapeisiin uomankohtiin rakennetut rydöt näyttäisivät nostattavan veden pintaa hieman niiden läheisyydessä ylävirran puolella. Rytöä edeltävä mutka näyttäisi vahvistavan vaikutusta. Toisaalta jyrkät mutkat näyttäivät vaikuttavan suvantoaltaiden syvyyteen myös ilman rytöä ja mutkien vaikutus veden korkeuteen saattaa pienillä virtaamilla olla jopa suurempi kuin rytöjen. Rytöjen vaikutus korostuu oletettavasti suuremmilla virtauksilla, mutta tämän opinnäytetyön puitteissa ei ollut sopivaa ajankohtaa asian tutkimiseen.

Taulukkoon 1 merkityt lukemat ovat keskimääräisiä vedenkorkeuksia kyseillä sijainnilla. Jos rydön lähellä oli selvästi erotettavissa rydön vieressä soran kohdalla oleva matalikko ja hieman kauempana syvempi alue, merkittiin niiden korkeudet taulukkoon erikseen. Niiden rytöjen kohdalla, joissa taulukossa ei ole ilmoitettu erikseen veden kor-

keutta soran päällä, ei ero ollut yhtä selkeä ja korkeudeksi on merkitty kaikkien kyseisen alueen mittauskohtien keskiarvo.

Taulukko 1. Veden korkeudet rytöjen molemmin puolin.

Rydön numero	Yläpuolella	Alapuolella	Soran päällä yläpuolella	Soran päällä alapuolella	Huomioita
1	25 cm	18 cm	15 cm	10 cm	
4	25	15		5	rytö mutkassa
5	24	15			rytö heti mutkan jälkeen, vaihteluväli alapuolella noin 2–26 cm
7	40	25	8	8	Yläpuolen syvämpi mittalukema on edellisen mutkan suvantoaltaasta.
2	20	30	10	5	
3	25	25	15	15	Rytö hyvin leveässä uomien kohdassa. Pian rydön jälkeen padottavia kiviä.

8 Yhteenveto

Virtavesien luonnollisten puukasaumien jäljitelmiä voidaan käyttää suurina suisteina, eroosiosuojina, padottavina rytöinä sekä habitaattien monipuolistajina. Tässä työssä keskityttiin erityisesti padottaviin rytöihin, joista toivotaan olevan hyötyä liiallisesta eroosiosta kärsivien purojen sekä uhanalaisten tulvabiotooppien ennallistamisessa. Puumateriaalia on käytetty purokunnostuksissa monella tapaa, mutta padottavien rytöjen rakentaminen on varsinkin Suomessa vielä vähäistä. Rakenteiden toimivuus ja hyödyt tulisi osoittaa kunnostuskohteiden pidempiaikaisen seurannan avulla.

Purojen kunnostuksen ja ennallistamisen parissa riittää töitä niin käytännön toimijoille kuin suunnittelijoille ja tutkijoillekin. Purojen ennallistaminen kestää usein vuosia, eikä välttämättä valmistu koskaan lopullisesti. Mahdollisten takaiskujenkin jälkeen voidaan kuitenkin päästä vaihe vaiheelta lähemmäs tavoitekuvaan. Kesän 2019 askeleet Nuuk-sion Myllypurolla olivat kunnostusosuuden inventointi, yhden kunnostusvaiheen suunnittelu ja osittainen toteutus, tämän hetkisen tilanteen raportointi sekä jatkoseurannan suunnittelu. Rytöjä rakennettiin enemmän kuin alun perin uskallettiin arvioida mahdolliseksi toteuttaa kesän aikana. Suisteiden ja muun puuaineksen osalta suunnitelma jäi kuitenkin enimmäkseen toteuttamatta. Toteutus pyritään aikaansaamaan mahdollisimman pian yhteistyössä Metsähallituksen ja heidän talkooväkinsä kanssa. Vaikutusten seurannasta vastaa jatkossakin SYKE. Seurannan ja jatkotutkimusten parissa riittäisi

töitä muillekin tutkijoille, opiskelijoille, Metsähallituksen toimijoille sekä kansalaishavainnoinnista kiinnostuneille harrastajille. Puuaineksen, rakennettujen rytöjen ja muiden kunnostustoimien vaikutuksia olisi kiintoisaa tutkia niin morfologian, hydrologian kuin veden laadun ja ekologiankin kannalta.

Pitkäkestoisessa kunnostuksessa voivat toimijat vaihtua kesken prosessin, joten kunnostusvaiheet on hyvä dokumentoida huolella. Tämän opinnäytetyönkin on tarkoitus osaltaan helpottaa mahdollisten tulevien kunnostajien ja tutkijoiden työtä. Suoraan Myllypuron kunnostukseen liittyvän tiedon lisäksi työn kirjalliseen osuuteen on koottu suunnitteluvaiheessa kerättyä yleisemmän tason tietoa etenkin rakennetuista rydöistä. Koosteesta toivotaan olevan hyötyä purokunnostusten suunnittelijoille ja toteuttajille eri puolilla Suomea.

Lähteet

- 1 Hämäläinen Liisa. (toim.) 2015. Pienvesien suojelu- ja kunnostusstrategia. Ympäristöministeriön raportteja 27/2015. Helsinki: Ympäristöministeriö & Maa- ja metsätalousministeriö.
- 2 Kontula Tytti. & Raunio, Anne. (Toim.). 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja. Osa 1 – tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristökeskus 5|2018. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 3 Karonen, Mauri; Mäntykoski, Antti; Lankinen, Valtteri; Nylander, Esko; Lehto, Kaisa & Jalava, Linda. 2015. Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2016–2021. Uudenmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 134 | 2015.
- 4 Vesipolitiikan puitedirektiivi 2000/60/EY, 4. luku § 1. a,ii.
- 5 Sarvilinna, Auri; Hjerppe, Turo; Arola, Maria; Hämäläinen, Liisa & Jormola, Jukka. 2012. Kaupunkipuron kunnostaminen. Ympäristöopas 2012. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- 6 Turunen, Jarno. 2018. Responses of biodiversity and ecosystem functions to land use disturbances and restoration in boreal stream ecosystems. E-kirja. Oulun yliopisto. Acta Universitatis Ouluensis. A, Scientiae rerum naturalium 708.
- 7 Järvenpää, Lasse. 2004. Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa – esimerkkinä Nuuksion Myllypuro. Suomen ympäristö 737. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- 8 Järvelä, Juha. 1998. Luonnonmukainen vesirakennus. Periaatteet ja hydrauliset näkökohdat virtavesien ennallistamisessa ja uudisrakentamisessa. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.
- 9 Hjerppe, Turo; Hämäläinen, Liisa; Jormola, Jukka; Raitanen, Henna; Törrönen, Joonas. 2018. KURVI-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskus. Luonnos (KURVI_loppuraportti_FINAL.docx. 31.12.2018).
- 10 Törrönen, Joonas. 2017. Ennallistetun puron kehittyminen. Case: Espoon Nuuksion Myllypuro. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu.
- 11 Hjerppe, Turo. 2018. Maatalouspuron ennallistamista viimeisteltiin talkoilla. Verkkoaineisto. <[https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesikirje/Maatalouspuron_ennallistamista_viimeiste\(48657\)>](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesikirje/Maatalouspuron_ennallistamista_viimeiste(48657)>). 4.12.2018. Luettu 21.3.2019.

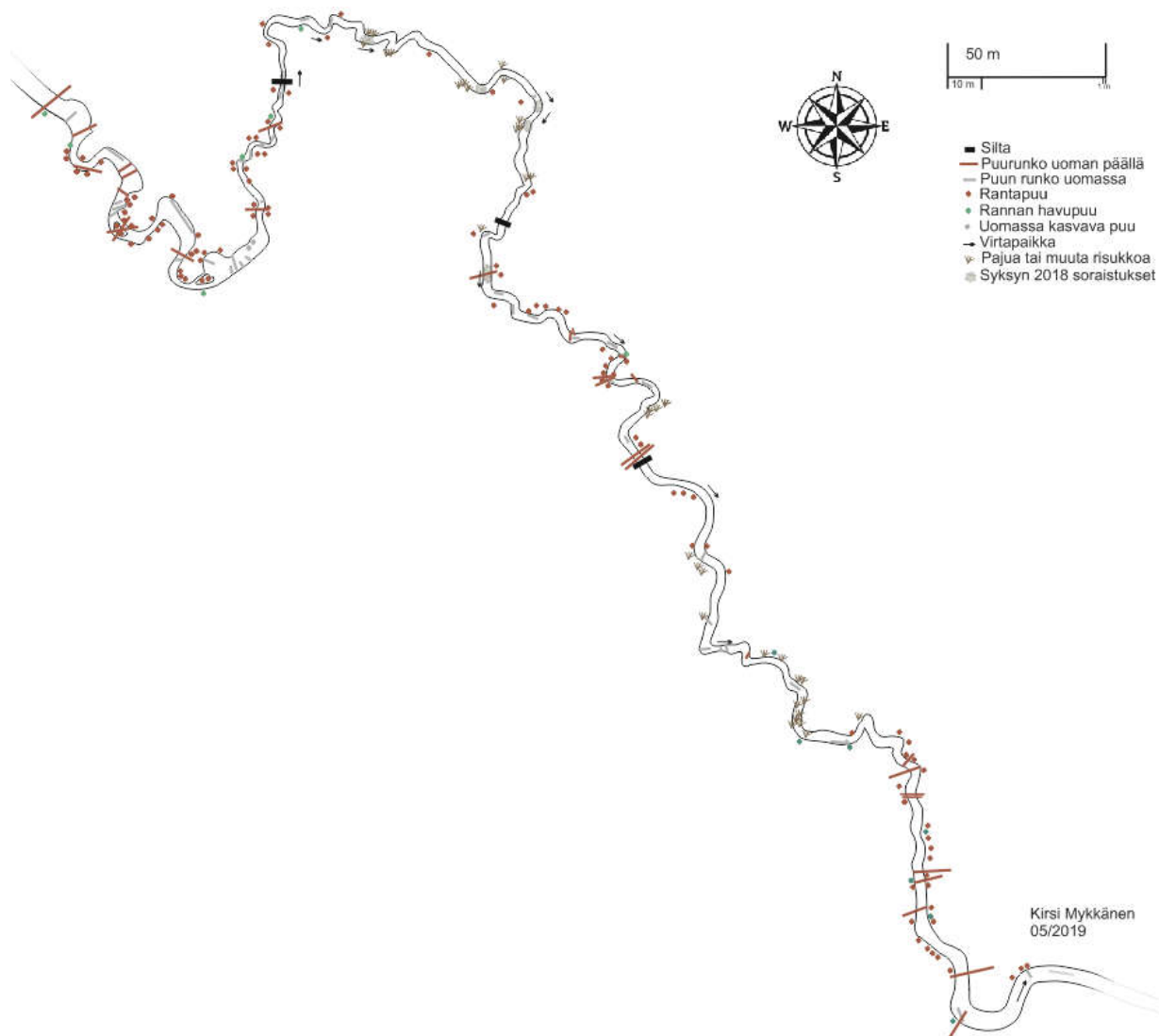
- 12 Vesilaki. 2011. 587/27.5.2011.
- 13 Virtavesiekosysteemin rakenne ja toiminta. 2019. Verkkoaineisto. Suomen ympäristökeskus. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Virtavesien_kunnostus/Virtavesiekosysteemi>. Luettu 26.3.2019.
- 14 Vesistökartoitukset Freshabit LIFE IP –hankkeessa. 2017. Verkkoaineisto. Metsähallitus. <<http://www.metsa.fi/freshabit/vesistokartoitukset>> Luettu 27.5.2019.
- 15 Jormola, Jukka; Harjula, Heli & Savilinna, Auri (Toim.). 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen. Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- 16 Conceptual design guidelines. Application of Engineered Logjams. 2006. Herrera Environmental Consultants. Scottish Environmental Protection Agency. <https://www.therrc.co.uk/pdf/reports/Application_of_Engineered_Logjams.pdf> Luettu 22.3.2019.
- 17 Eloranta Anssi. J.& Eloranta Antti. P. 2016. Rumpurakenteiden ympäristöongelmat, niiden ehkäisy ja korjaaminen. Keskisuomalainen pilottitutkimus. E-kirja. Keskisuomen ELY-keskus.
- 18 Lammi, A. ja Kokko A. 2018. Luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Sisävesistä uhanalaisimpia ovat virtavedet ja lähteiköt. Verkkoaineisto. <<http://www.syke.fi/download/noname/%7BEBE2F38C-5917-41B7-BD0B-C13501FA1F99%7D/142163>>. Luettu 2.4.2019.
- 19 Muotka, Timo; Paavola, Riku; Haapala, Antti; Novikmec, Milan ja Laasonen, Pekka. 2001. Long-term recovery of stream habitat structure and benthic invertebrate communities from in-stream restoration. Teoksessa Biological Conservation, Vol. 105 (2002), s. 243-253. E-julkaisu. ScienceDirect.
- 20 Kerätär, Kaisa (toim.). 2003. Rakennettujen vesistöjen tila ja luonnonmukaiset kunnostusmenetelmät Yhteenveto Luomujoki-projektin tuloksista. Suomen ympäristö 627. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- 21 Brooks, Andrew 2006, Design guideline for the reintroduction of wood into Australian streams. E-kirja. Land & Water Australia.
- 22 Rantakokko, Kari. 2002. Tulvavesien tilapäinen pidättäminen valuma-alueella. Kartoitus mahdollisuuksista Suomen oloissa. Suomen ympäristö 563. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- 23 Kotiaho, Janne S.; Kuusela, Saija; Nieminen Eini & Päivinen Jussi (toim.) 2015. Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa. ELITE-työryhmän mietintö elinympäristöjen tilan edistämisen priorisointisuunnitelmaksi ja arvio suunnitel-

- man kokonaiskustannuksista. Suomen Ympäristö 8 | 2015. E-kirja. Ympäristöministeriö.
- 24 Ahola, Marita. ja Havumäki, Matti. (Toim.) 2008. Purokunnostusopas, Käsikirja metsäpurojen kunnostajille. Kajaani: Kainuun ympäristökeskus & Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
 - 25 Joensuu, Samuli 2013. Vesilaki uudistui – Miten se näkyy metsätaloudessa? Metsätieteen aikakauskirjavuosikerta 2013, numero 2, artikkeli id 6883. E-kirja. Suomen Metsätieteellinen Seura ry.
 - 26 Vesilaki. Maaseutu ympäristö. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto. Verkkoaineisto. < <https://www.mtk.fi/-/vesilaki> >. Julkaistu 12.7.2017. Luettu 1.4. 2019.
 - 27 Ympäristönsuojelulaki. 2014. 527/27.6.2014.
 - 28 Luonnonsuojelulaki. 1996. 1096/20.12.1996.
 - 29 Lupa-asiat ja suostumukset vesistöjen kunnostamisessa. Ympäristöhallinnon yhteiset verkkopalvelut. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Kunnostushankkeen_suunnittelu_ja_toteutus/Lupa-asiat_ja_suostumukset> Luettu 1.4.2019.
 - 30 Kansalaisen tärkeät vesiluvat. 2012. Faktaa ympäristönsuojelusta. Tammikuu 2012. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://www.ym.fi/download/noname/%7B9A23CD1E-567E-4C20-AD02-484E0840D96C%7D/24312>>. Luettu 1.4. 2019.
 - 31 Jormola, Jukka 2019. Suullinen tiedonanto.
 - 32 Rubin, Zan; Kondolf, Mathias & Blanca Rios-Touma 2017. Evaluating Stream Restoration Projects: What Do We Learn from Monitoring? Water 2017, 9(3), 174. Saatavilla: <<https://doi.org/10.3390/w9030174>> Luettu 4.4.2019.
 - 33 Addy, Stephen. ja Wilkinson, Mark. 2016. An assessment of engineered log jam structures in response to a flood event in an upland gravel bed river. Earth Surface Processes and Landforms 41, s. 1658–1670.
 - 34 Jormola, Jukka. 2019. Luonnonmukainen vesirakentaminen jokiympäristössä, kansainvälisiä näkökulmia. Verkkoaineisto: <http://www.pyhajarvi-instituutti.fi/image/tutti/jormola_luonnonmuk..eura.jj.pdf> Luettu 28.3.2019.
 - 35 Manners, R. B. & Doyle, M. W. A. 2008. Mechanistic model of Woody Debris Jam and Evolution and its Applications to Wood-based Restoration and Management. Teoksessa River Research and Applications. E-julkaisu. Wiley Online Library.

- 36 Cramer, Michelle (Toim.) 2012. Technique 7, Large wood and log jams. Teoksessa Stream Habitat Restoration Guidelines 2012. Washington State Habitat Guidelines Program. U.S. Fish and Wildlife Service. Verkkoaineisto.
<<https://wdfw.wa.gov/sites/default/files/publications/01374/wdfw01374.pdf>>. Luettu 11.4.2019.
- 37 Gerhard, Marc. & Reich, Michael. 2000. Restoration of Streams with large Wood: Effects of Accumulated and Built-in Wood on Channel Morphology, Habitat Diversity and Aquatic fauna. *Hydrobiology* 85, s. 123-137. E-julkaisu. Wiley Online Library.
- 38 Smock, Leonard; Melzier, Glenn & Gladden, James. 1989. Role of Debris Dams in the Structure and Functioning of Low-Gradient Headwater Streams. *Ecology*. Vol. 70, No. 3. s. 764-775. E-kirja. Wiley Online Library.
- 39 Battin, Tom; Kaplan, Louis; Newbold, Denis & Hansen Claude. 2003. Contributions of microbial biofilms to ecosystem processes in stream mesocosms. *Nature*, vol. 426, (439–442).
- 40 Sinsabaugh, R. 2006. Biofilm development on leaf and wood surface in a boreal river. *Teoksessa Freshwater Biology* 25(3), s. 437 – 450. E-julkaisu. ResearchGate.
- 41 Battin, T.J.; Besemer, K.; Bengtsson, M.M.; Romani, A. & Packmann, A. 2016. The ecology and biogeochemistry of stream biofilms. *Teoksessa Nature Reviews Microbiology*, volume 14, s. 251–263. E-julkaisu. Nature.
- 42 McHenry, Michael; Pess, George; Abbe, Tim; Coe, Holly; Goldsmith, Jennifer; Liermann, Martin; McCoy, Randall; Morley, Sarah & Peters, Roger. 2007. The Physical and Biological Effects of Engineered Logjams (ELJs) in the Elwha River, Washington. *Elwha River Engineered Logjam Monitoring Report*. WA. Verkkoaineisto.
<<https://www.fws.gov/wafwo/fisheries/Publications/Elwha%20ELJ%20Monitoring%20Final%20Report-final.pdf>>. Luettu 28.3.2019.
- 43 Opperman, Jeff; Merenlender, Adina & Lewis, David. 2006. Maintaining Wood in Streams: A Vital Action for Fish Conservation. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 8157.
<<https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8157.pdf>>. Luettu 26.3.2019.
- 44 Johnson, A. ja Hrachovec, M. 2006. The Use of Large Woody Material in Stream Enhancement Projects Within the City of Redmond, Washington. City of Redmond Public Works Department Natural Resources Division. *Natural Systems Design*, Seattle, WA.
<<https://www.redmond.gov/DocumentCenter/View/4053/Large-Woody-Material-Enhancement-in-Urban-Streams-2007-PDF>>. Luettu 2.4.2019.
- 45 Knutson, M. & J. Fealko. 2014. Large Woody Material Risk Based Design Guidelines. *Reclamation, Managing Water in the West*. U.S. Department of the

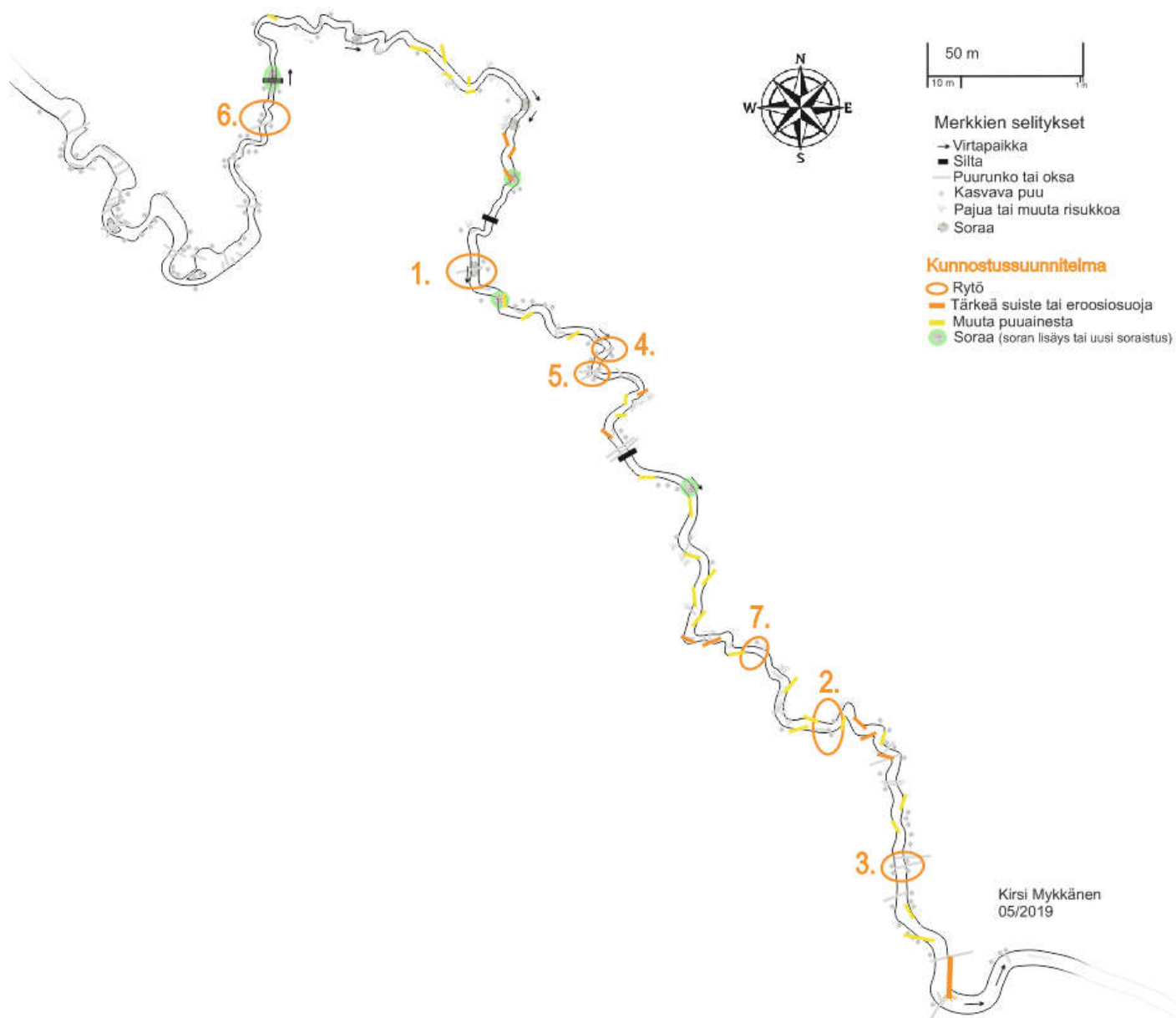
- Interior Bureau of Reclamation. Pacific Northwest Region Resource & Technical Services. Verkkoaineisto. <<https://www.usbr.gov/pn/fcrps/documents/lwm.pdf>>. Viitattu 5.4.2019.
- 46 Nagayama, Shigeya & Nakamura, Futoshi. 2009. Fish habitat rehabilitation using wood in the world. Teoksessa Landscape and Ecological Engineering, Springer Verlag. 6(2), s. 289-305, July 2010. E-julkaisu. ResearchGate.
 - 47 Abbe, Tim. & Montgomery, David. 2002. Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. Geomorphology 51 (2003), s. 81-107. E-julkaisu. ScienceDirect.
 - 48 HEC-RAS. US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. Verkkoaineisto. <<https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>> Viitattu 26.4.2019.
 - 49 Kimbrel, Sean. 2014. Maximizing the Benefit of Smaller Engineered Log Jams. Scoping Report. Science and Technology Program Final Report 2014-5796 Report SRH-2015-03. Research and Development Office, Bureau of Reclamation U.S. Department of the Interior.
 - 50 Abbe Tim, Hrachovec Mike & Winter Steve. 2018. Engineered Log Jams: Recent Developments in Their Design and Placement, with examples from the Pacific Northwest, U.S.A. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Verkkoaineisto. <http://www.naturaldes.com/wp/wp-content/uploads/2018/11/Engineered-Log-Jams_Recent-Developments-in-Their-Design-and-Placement.pdf>. Luettu 9.4.2019.
 - 51 Puron ongelmien tunnistaminen maastossa. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Luettu 1.4.2019. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Pienvesien_kunnostus/Purojen_kunnostus/Puron_lahtotilanteen_selvittaminen/Puron_ongelmien_tunnistaminen_maastossa>
 - 52 Thompson, Douglas, M. & Stull, Gregory N. 2002. The Development and Historic Use of Habitat Structures in Channel Restoration in the United States: The Grand Experiment in Fisheries Management. Geographie, Physique et Quaternary. Volume 56, Numara 1, 2002, s. 45–60. ScienceDirect.
 - 53 Nichols, Roger & Ketcheson Gary. 2013. A Two Decade Watershed Approach to Stream Restoration Log Jam Design and Stream Recovery Monitoring: Finney Creek, Washington. Journal of the American Water Resources Association, Paper No. JAWRA-12-0033-P. E-julkaisu. Wiley Online Library.
 - 54 Kivinen, Jouni. 2016. Taimenen (*Salmo trutta*) kutusoraikot Keski-Suomen kunnostetuissa metsäjoissa. Pro gradu –tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Akvaattiset tieteet.

- 55 Ilmonen, Jari 2019. Sisävesien erikoissuunnittelija, Metsähallitus. Suullinen tiedonanto Myllypuron kunnostuksen suunnittelupalaverissa 11.4.2019.
- 56 Hämäläinen, Liisa. 2019. Suunnittelija, Suomen ympäristökeskus, vesikeskus, vesien kunnostus. Kirjallinen tiedonanto opinnäytetyön ohjauksen yhteydessä 10.6.2019.
- 57 Hjerppe, Turo 2018. Julkaisematon tiedosto. Myllypuron pituusleikkaus 1.6.2018.

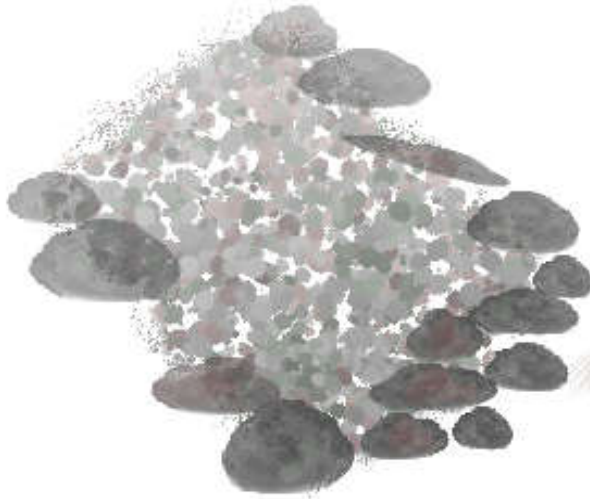
Myllypuron kunnostettavan osuuden inventointikartta

Myllypuron kunnostussuunnitelma 2019 karttana

Suunniteltu yhteistyössä Jukka Jormolan kanssa.



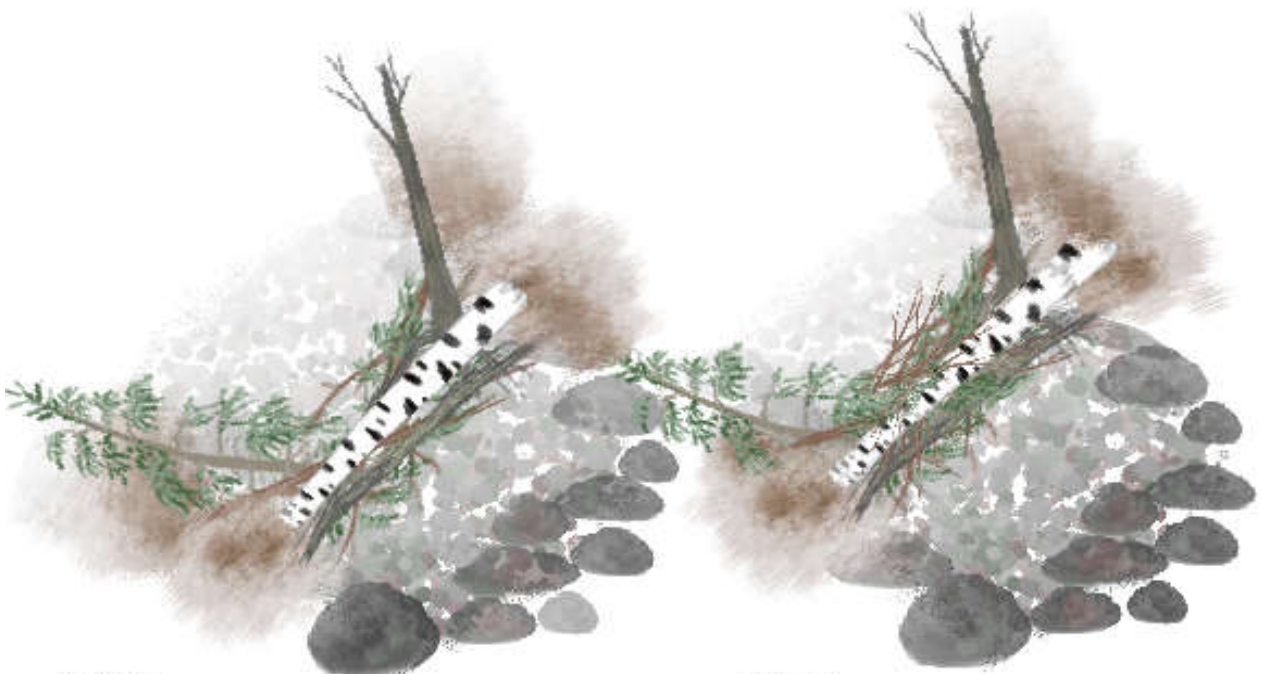
Ensimmäisen rydön rakennekuvat



Vaihe 1:
Suojataan soralla ja kivillä uoman pohjaa
sekä reunojen alaosaa.



Vaihe 2:
Kiinnitetään tukipuut kivien avulla ja tarvittaessa
kaivamalla penkan reunojen sisään.

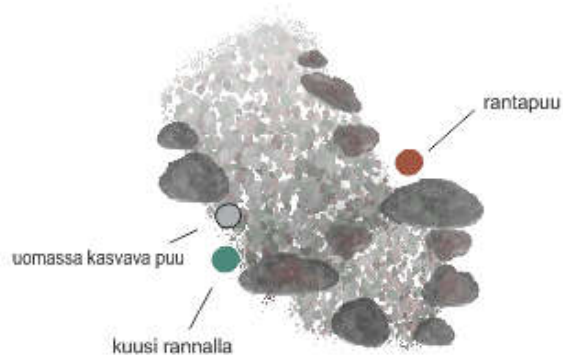


Vaihe 3:
Työnnetään ristikkäispuita tukipuiden väliin ja
tuetaan reunoja suojaavat suisteet tukipulta vasten.

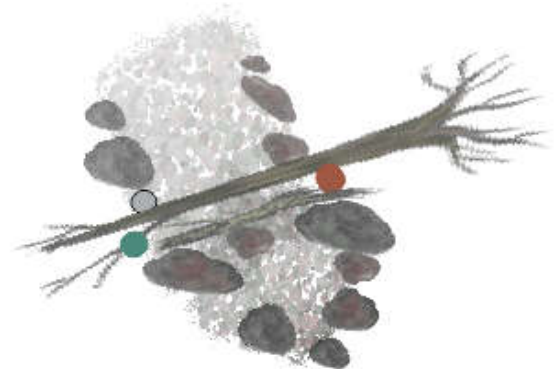
Vaihe 4:
Tiivistetään rytöä risuilla ja oksilla.

Kuvakollaasissa käytetty Kristina Laineen piirtämiä puita ja oksia.

Toisen rydön rakennekuvat



Vaihe 1:
Suojataan kivillä ja soralla uoman pohjaa
sekä reunojen alaosaa.



Vaihe 2:
Kiinnitetään tukipuut rantapuita,
kiviä ja uoman penkkoja vasten.



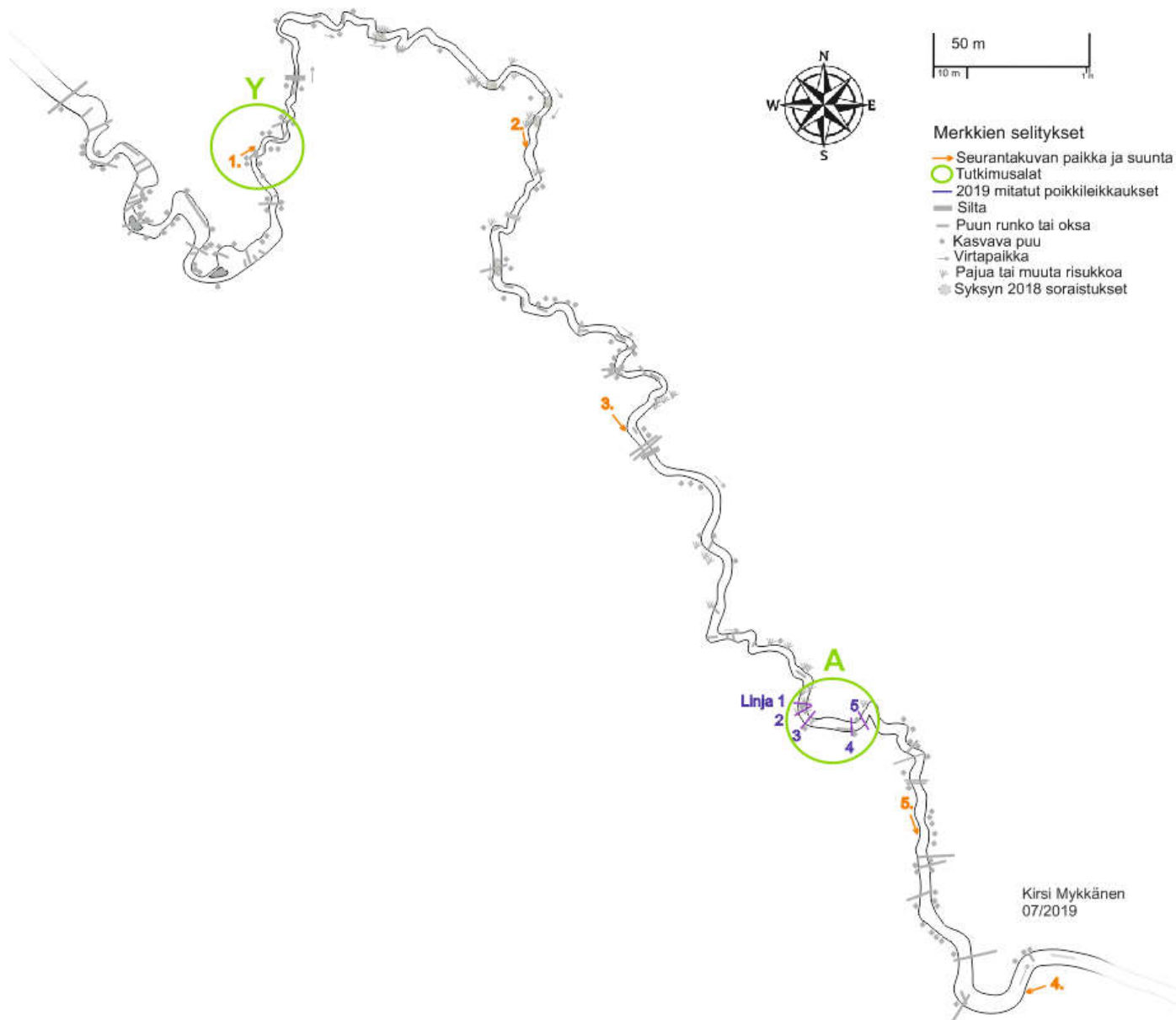
Vaihe 3:
Työnnetään ristikkäispuita tukipuiden väliin ja
tuetaan reunoja suojaavat suisteet tukipuita ja
kiviä vasten.



Vaihe 4:
Tiivistetään rakennetta pienemmillä
oksilla ja risuilla.

Kuvakollaasissa käytetty Kristina Laineen piirtämiä puita ja oksia.

Seurantakartta



Seurantakuvat kuvasarjoina: Sarja 1/5



Vuonna 2005.

Kuva: Jukka Jormola.



Vuonna 2017.

Kuva: Joonas Törrönen.



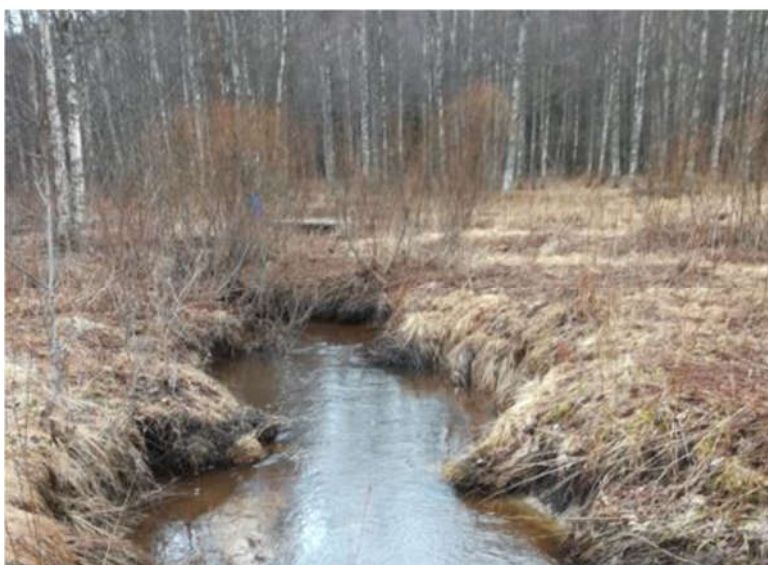
17.5.2019.

Sarja 2/5



Vuonna 2005.

Kuva: Jukka Jormola.



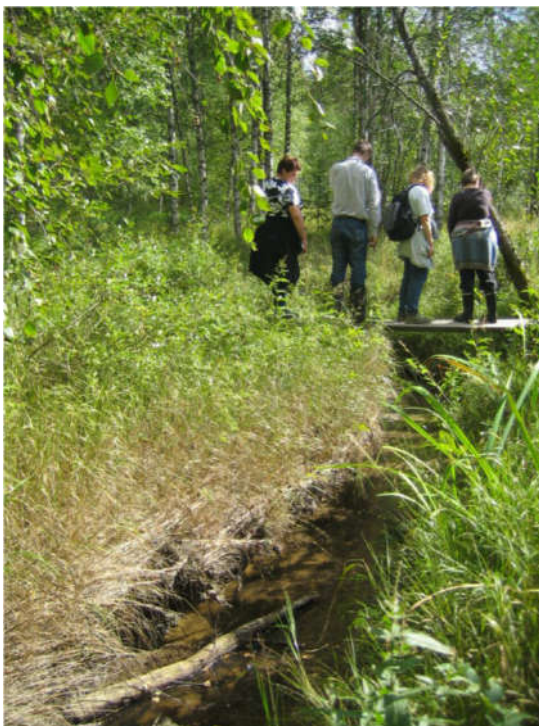
Vuonna 2017.

Kuva: Joonas Törrönen.



17.5.2019.

Sarja 3/5



Vuonna 2005. Kuva: Jukka Jormola.



Vuonna 2017. Kuva: Joonas Törrönen.



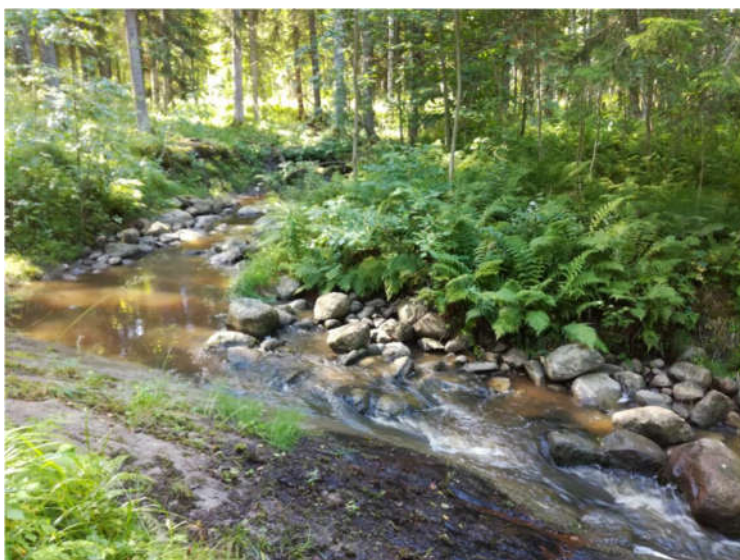
17.5.2019.

Sarja 4/5



Vuonna 2006.

Kuva: Jukka Jormola.



Vuonna 2017.

Kuva: Joonas Törrönen.



17.5.2019.

Sarja 5/5



Vuonna 2006.

Kuva: Jukka Jormola.



Vuonna 2017.

Kuva: Joonas Törrönen.



17.5.2019.

Uudet rydöt



Rytö 1 ylävirran puolelta 20.6.2019.



Rytö 1 alavirran puolelta 20.6.2019.



Vasemmalla rytö 2 ylävirran puolelta, oikealla eroosiosuoja 11.6.2019.



Rytö 2 alavirran puolelta 11.6.2019.



Rytö 3 ylävirran puolelta 11.6.2019.



Rytö 3 alavirran puolelta 11.6.2019.



Rytö 4 ylävirran puolelta (oikealla kuusen alla) 5.7.2019.



Rytö 4 alavirran puolelta.



Rytö 5 ylävirran puolelta 5.7.2019.



Rytö 5 alavirran puolelta 5.7.2019.



Rytö 7 ylävirran puolelta 11.6.2019.



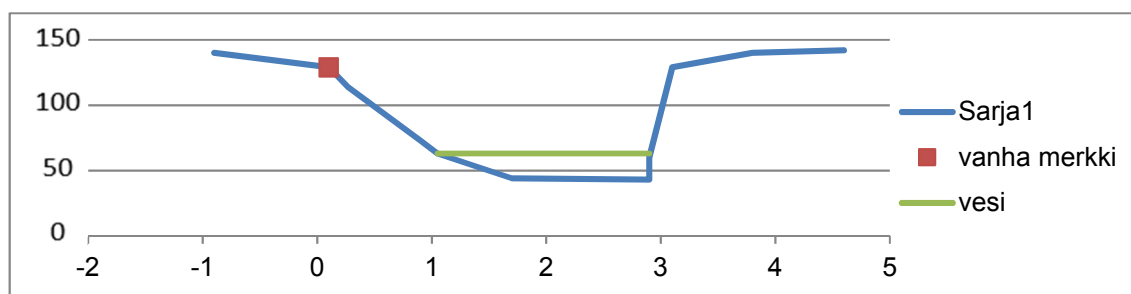
Rytö 7 alavirran puolelta 11.6. 2019.

Uoman poikkileikkaukset 2019

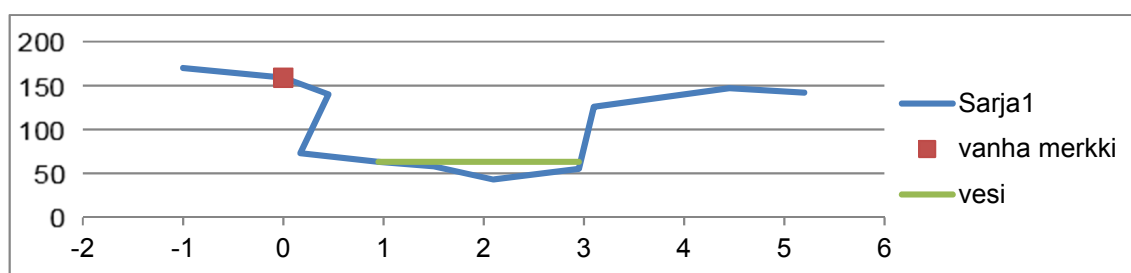
Poikkileikkaukset: Turo Hjerppe.

(Mittauksessa mukana lisäksi Jukka Jormola ja Kirsi Mykkänen.)

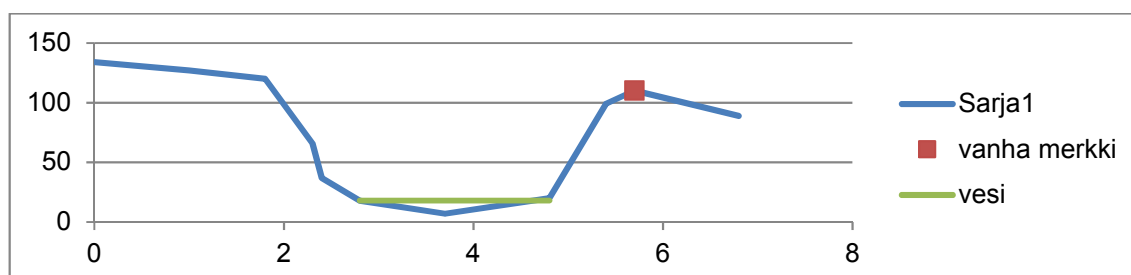
Poikkileikkaukset sijaitsevat tutkimusalalla, josta on mitattu poikkileikkauksia myös vuosina 2004, 2011 ja 2017. Punainen neliö tarkoittaa vanhan mittalinjan merkkiä.



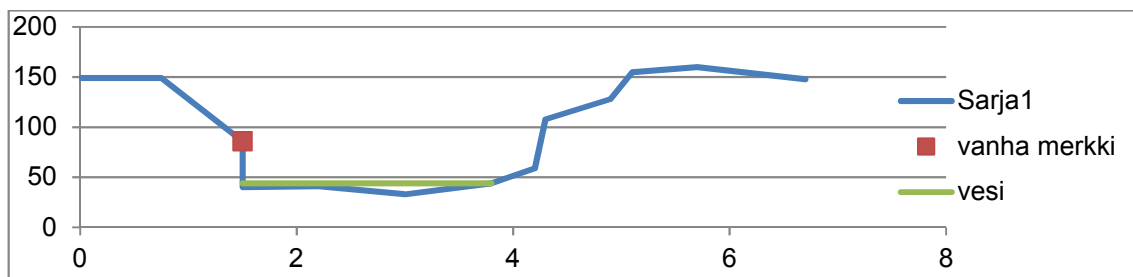
Linja 1 (rydön yläpuolella).



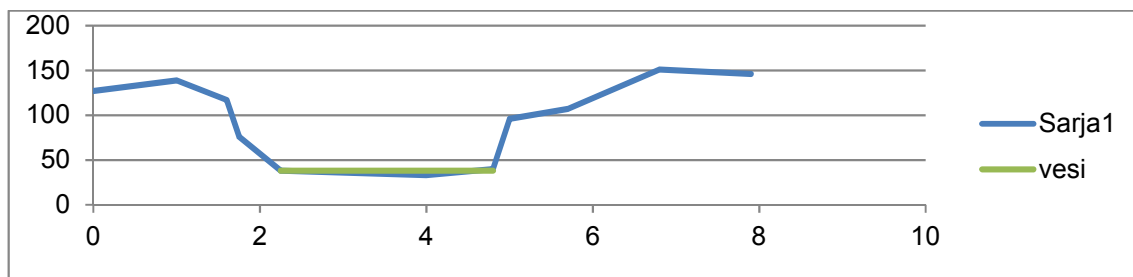
Linja 2 (rydön yläpuolella).



Linja 3 (rydön yläpuolella).



Linja 4 (välittömästi rydön yläpuolella).



Linja 5 (rydön alapuolella).