

Puupohjaisilla uusilla
Materiaaleilla tehoa
metsätalouden
Vesiensuojeluun ja
vesistökuunnostukseen

PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti

Kari-Matti Vuori, Matti Leppänen
ja Saija Koljonen,
Suomen ympäristökeskus

Juha Jämsén ja Asta Vaso,
Suomen metsäkeskus

Esko Keskinen,
Metsätalousyrittäjä

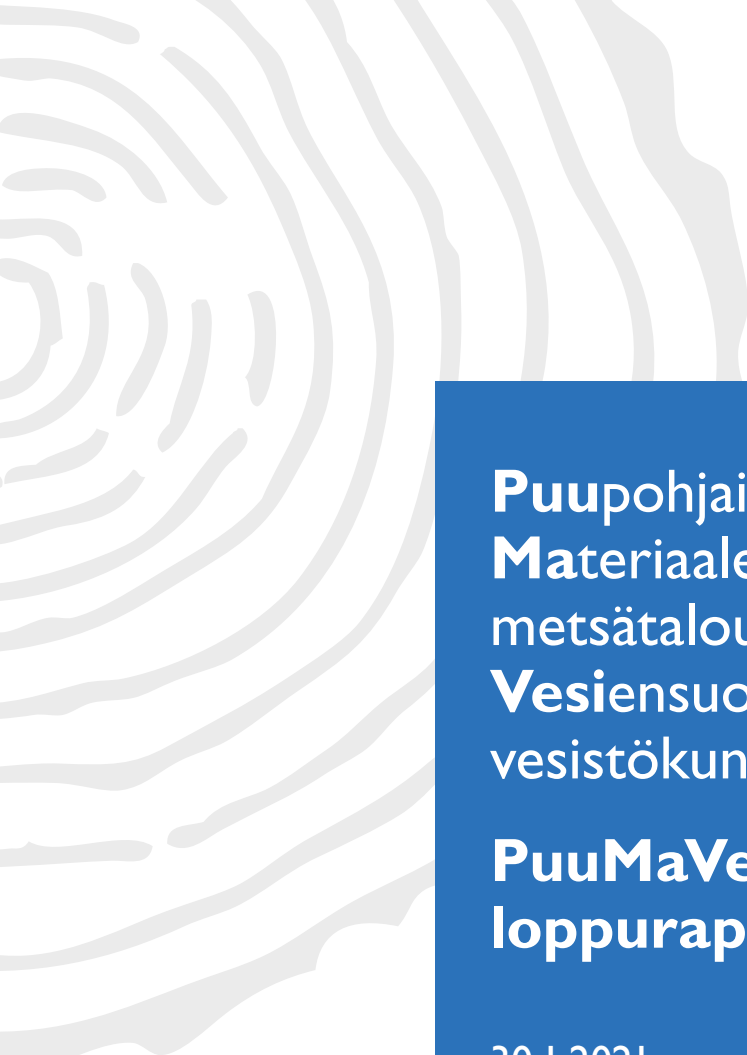
Heikki Hämäläinen,
Jyväskylän yliopisto

Mika Nieminen,
Luonnonvarakeskus

Esa Huotari ja Janne Soimasuo,
Metsä Group



PUUMAVESI-HANKE



**Puupohjaisilla uusilla
Materiaaleilla tehoa
metsätalouden
Vesiensuojeluun ja
vesistökuunnostuksiin**

**PuuMaVesi-hankkeen
loppuraportti**

30.1.2021

Kari-Matti Vuori, Matti Leppänen
ja Saija Koljonen,
Suomen ympäristökeskus

Juha Jämsén ja Asta Vaso,
Suomen metsäkeskus

Esko Keskinen,
Metsätalousyrittäjä

Heikki Hämäläinen,
Jyväskylän yliopisto

Mika Nieminen,
Luonnonvarakeskus

Esa Huotari ja Janne Soimasuo,
Metsä Group

Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun
ja vesistökuunnostuksiin
PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti

Kirjoittajat: Kari-Matti Vuori, Matti Leppänen ja Saija Koljonen,
Suomen ympäristökeskus
Juha Jämsén ja Asta Vaso, Suomen metsäkeskus
Esko Keskinen, Metsätalousyrittäjä
Heikki Hämäläinen, Jyväskylän yliopisto
Mika Nieminen, Luonnonvarakeskus
Esa Huotari ja Janne Soimasuo, Metsä Group

Kansikuvat: Metsä Group ja Metsäkeskus
Sisäsivujen kuvat: kuvaajatieto kuvien yhteydessä
Taitto: Marja Vierimaa

Julkaisu on saatavana internetistä: Puupohjaisilla uusilla Materiaaleilla
tehoa metsätalouden Vesiensuojeluun ja vesistökuunnostuksiin
(PuuMaVesi) -hankkeen sivulta www.syke.fi/hankkeet/puumavesi

Julkaisuvuosi: 2021

Hankekumppanit



Saarijärven kaupunki ja Savitaipaleen kunta



Sisällysluettelo

1 Alkusanat	4
2 Hankkeen tausta ja tarve	6
3 Hankeorganisaatio	7
4 Tavoitteet	8
5 Kirjallisuuskatsaus	9
6 Kenttäkokeilut	11
7 Kokeelliset tutkimukset	16
8 Vaikutukset vedenlaatuun	21
9 Vaikutukset biologiseen monimuotoisuuteen	23
10 Yleisohje puupuhdistamon toteutuksesta	25
11 Toimintamalli uppopuupuhdistamojen toteuttamiseksi	28
12 Hankkeen viestintä ja vaikuttavuus	31
13 Tiivistelmä	32



Kuva: Kari-Matti Vuori

Hankkeen aloitusseminaarin allasdemonstraatio
Saarijärvellä 31.10.2018.



Alkusanat

Ilmastonmuutos etenee ja tekee maankäytön vesistöhaittojen torjunnasta entistä vaikeampaa. Olipa kyse maa-, metsä- ja turvetalouden tai hule- ja kaivosvesien vesistökuormituksesta, on tarve uudentyyppisille, ekologisesti kestäville ja hiilineutraaleille/negatiivisille vesiensuojelumenetelmille suuri. Globaalisti ihminen on muokannut maapallon jäätä vapaasta maa-alasta 75 % omaan käyttöönsä. Tämä on heikentänyt ekosysteemien kykyä tuottaa ja ylläpitää elintärkeitä ekosysteemipalveluja, kuten ravintoresursseja, puhdasta vettä ja lajien monimuotoisuutta. Viime mainittu kytkeytyy olennaisesti myös ekosysteemien kykyyn torjua haitta-aineiden vaikutuksia ja ylläpitää biologisia ja fysikaalis-kemiallisia puhdistusprosesseja.

Maalta veteen kulkeutunut tai sinne rantavyöhykkeeltä kaatunut puuaines kuuluu luonnollisena elementtinä sekä virtavesien että järvien, lampien ja kosteikkojen ekosysteemeihin. Vesiekologinen tutkimus on osoittanut, että uponnut puuaines tehostaa aineiden pidättymistä ja hyödyntämistä ravintoverkoissa. Uppopuusto muodostaa vakaan alustan ja monimuotoisen elinympäristön hyvin suurelle joukolla



Kuva: Kari-Matti Vuori

Hankkeen kasettiprototyypin asennus Karstulassa keväällä 2019 Metsä Groupin organisoimassa koekohteessa.

erilaisia vesieliöitä. Maailmalla aktiivisen uoppopuulisäyksen vaikutusta vedenlaatuun, monimuotoisuuteen ja kalatuotantoon on tutkittu niin luonnon vesiekosysteemeissä kuin erilaisissa vesiensuojelurakenteissa. Tämä hanke on tietävästi laatuaan ensimmäinen kokeilu uoppuiden käytöstä metsätalouden vesiensuojelussa.

Hankkeemme on herättänyt laajaa kiinnostusta ja sen toteutukseen on osallistunut suuri joukko vapaaehtoisia toimijoita ja erilaisia sidosryhmiä. Kiitämme Metsäliitto Osuuskuntaa (Metsä Group) ja Savitaipaleen kuntaa osarahoituksesta sekä aktiivisesta osallistumisesta hankkeen toteutukseen. Saarijärven kaupunkia, Jyväskylän Ammattikorkeakoulua ja Freshabit LIFE IP:n Keski-Suomen aluehankkeen ohjausryhmää kiitämme hyvästä yhteistyöstä ja asiantuntijatuesta. Nurmijärven suojeluyhdistys ry ja Saimaan ympäristö- ja tiedekasvatuksen tuki ry tarjosivat suunnitteluapua ja organisoivat talkoot Taipalsaarella ja Rautjärvellä. Keskustelut ja ideointi useiden maa- ja metsätalousyrittäjien, yhdistystoimijoiden ja osakaskuntien aktiivien kanssa auttoi merkittävästi hankkeen toteutuksessa. Kiitos!



2

Hankkeen tausta ja tarve

Bio- ja kiertotalouden strategioiden mukaisesti metsäbiomassan käyttö ja hakkuumäärät ovat voimakkaassa kasvussa. Tuore tutkimus- ja seurantatieto osoittaa, että ravinteiden, humusaineiden ja elohopean ym. metallien huuhtoumat vesistöihin voivat kasvaa, etenkin kun hakkuut painottuvat entistä enemmän turvemaille. Myös ilmastonmuutoksen myötä kuormituksen ennustetaan kasvavan. Vesienhoitosuunnitelmissa on tunnistettu lukuisia vesimuodostumia, joissa metsätaloudella on osuutta vesien ekologisen ja kemiallisen tilan heikentymiseen tai sen uhkaan. Samalla vesiluonnon monimuotoisuus uhkaa heiketä hajakuormituspaineiden kasvaessa. Etenkin pienvesiluontotyyppien uhanalaisuus on huolestuttavan korkealla tasolla. Jotta biotalous olisi kestävä, tarvitaan metsätaloudessa uusia vesiensuojelukeinoja, jotka parantaisivat samalla vesiluontotyyppien tilaa.

Tutkimustieto oppopuiden vettä puhdistavasta, monimuotoisuutta lisäävästä sekä kala- ja raputuotantoa tehostavasta vaikutuksesta tarjosi teoreettisen viitekehyksen hankkeelle. Innovaationa oli kehittää yksinkertaisia ja halpoja vesiensuojelumenehtelmiä, jotka tukisivat samalla lajien ja luontotyyppien suojelutavoitteita. Menetelmät ovat monistettavissa myös laajemmin maatalouden, hulevesien ja tulvavesien hallintaan.

Hankkeessa suunniteltiin erilaisia oppopuuprototyyppisiä ja selvitettiin niiden käyttöön liittyviä käytännön kysymyksiä. Aktiivisella vuorovaikutuksella vesi- ja metsäalojen toimijoiden kanssa hankkeessa kehitettiin menetelmää soveltuvaksi myös yksittäisten maanomistajien ja paikallisten toimintaryhmien omatoimiseen vesienhoitotyöhön soveltuvaksi.

Hanke on FRESHABIT LIFE IP -hankkeen ns. integroitu hanke. Toteutus kytkeytyi FRESHABIT-aluehankkeiden kohteisiin Keski-Suomessa Saarijärven reitillä ja Leivonmäen kansallispuiston alueella. Tämän hankkeen tuloksena laajentunut sidosryhmäyhteistyö edesauttoi myös FRESHABIT-hankkeen tavoitteita.



Kuva: Kari-Matti Vuori

*Uomaan kaatunut puuaines monimuotoistaa
Monikonpuron vesiluontoa Espoon Leppävaarassa.*

3

Hankeorganisaatio

Partnereina hanketoteutuksessa olivat Suomen ympäristökeskus SYKE, Suomen Metsäkeskus (SMK), Jyväskylän yliopiston Bio- ja ympäristötieteen laitos (JY) sekä Luonnonvarakeskus Luke. SYKE johti hanketta ja vastasi kokousjärjestelystä, viestinnästä, kenttäkokeiden ja demonstraatioiden toteutuksesta ja tulosten analysoinnista hankepartnereiden kanssa. SMK:n erityisvastuulla oli koulutuksen suunnittelu ja toteutus, ohjeistuksen kokoaminen sekä Saarijärven reitin kenttäkohteiden kartoitus ja toimintamallin suunnittelu yhdessä SYKEN kanssa. JY vastasi kirjallisuuskatsauksesta sekä kenttäkokeiden biologisista tutkimuksista. Luke tarjosi yleistä asiantuntijatukea sekä osallistui kenttätutkimusten suunnitteluun, työpajoihin ja muihin tilaisuuksiin sekä tulosten tulkintaan ja toimintamallin suunnitteluun yhdessä SMK:n ja SYKEN kanssa. Hanke toteutettiin tiiviissä yhteistyössä metsätalousyrittäjä Esko Keskisen ja Metsä Groupin (Metsäliitto Osuuskunta) kanssa.



Sudenkorennon toukka saalistamassa. Nämä pedot hyötyvät uppopuulisäyksistä.

4

Tavoitteet

Hankkeen pitkän aikavälin tavoitteeksi asetettiin metsätalouden ja yleisemmin hajakuormituksen vesiensuojelun tehostaminen. Vesien puhdistusprosessien tehostamiseksi nähtiin myös tarpeelliseksi tavoitella erilaisten vesiluontotyyppien ekosysteempipalvelujen parantamista uuden luonnonmukaisen, kustannustehokkaan menetelmän avulla. Tavoitteen saavuttamiseksi hankkeessa kehitettiin uudenlainen ja ekologisesti kestävä vesiensuojelumenetelmä, jonka sovelluskohteena nähtiin metsätalouden rinnalla mahdollisina myös mm. maatalouden, hulevesien, jätevesien (jälkipuhdistusympäristöt), turvetuotannon ja kaivannaistoiminnan vedenpuhdistus. Lisäksi kehitettävän uppopuumenetelmän nähtiin sopivan erilaisiin metsätalouden luonnonhoitohankkeisiin, vesi- ja rantaluontotyyppien elinympäristökunnostuksiin sekä rapu- ja kalataloudellisiin kunnostuksiin.

Tavoitteiden saavuttamiseksi hanke jakautui seuraaviin osiin:

- A. Kirjallisuuskatsaus: teoriatausta ja tutkimustuloksia maailmalta uppopuun ekologiasta.
- B. Menetelmäkehitys: prototyyppien suunnittelu ja testaus, kokeelliset tutkimukset maastossa ja laboratoriossa, vedenlaatu- ja monimuotoisuusvaikutukset.
- C. Uudenlainen toimintamalli metsä- ja ympäristöalan yhteistyölle vesienhoidossa ja vesistö-kunnostuksissa perustuen vuorovaikutteiselle suunnittelulle yhteisissä työpajoissa ja maastoretkeilyillä.
- D. Ohjeisto uuden biologisen puhdistusmenetelmän käyttöönottoon.
- E. Viestintä ja vaikuttavuus

Seuraavassa on esitetty hankkeen päätulokset.

5

Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus on ladattavissa hankkeen verkkosivuilta:

<https://www.syke.fi/hankkeet/puumavesi>

Kirjallisuuskatsauksen aineiston kokoamisessa käytettiin Google- ja Google Scholar-hakukoneita sekä seuraavia tietokantoja: Web of Science, Scopus, ProQuest; ASFA ja kotimaisten artikkeliviitteiden ARTO. Lähteiksi valittiin pääosin vertaisarvioituja tieteellisissä sarjoissa julkaistuja artikkeleita, mutta myös kirjoja ja raportteja. Kirjallisuuskatsaus käy läpi laajahkon tutkimusaineiston uppopuun määrästä ja merkityksestä eri tyyppisissä vesiekosysteemeissä, puun hajoamisesta ja eri puulajien ominaisuuksista, päälliskasvuston muodostumisesta sekä vaikutuksista vedenpuhdistukseen ja vesieläinten tuotantoon ja monimuotoisuuteen. Aineiston perusteella esitetään myös teoreettinen arvio puuaineksen vaikutuksesta ravinnepoistumiin.

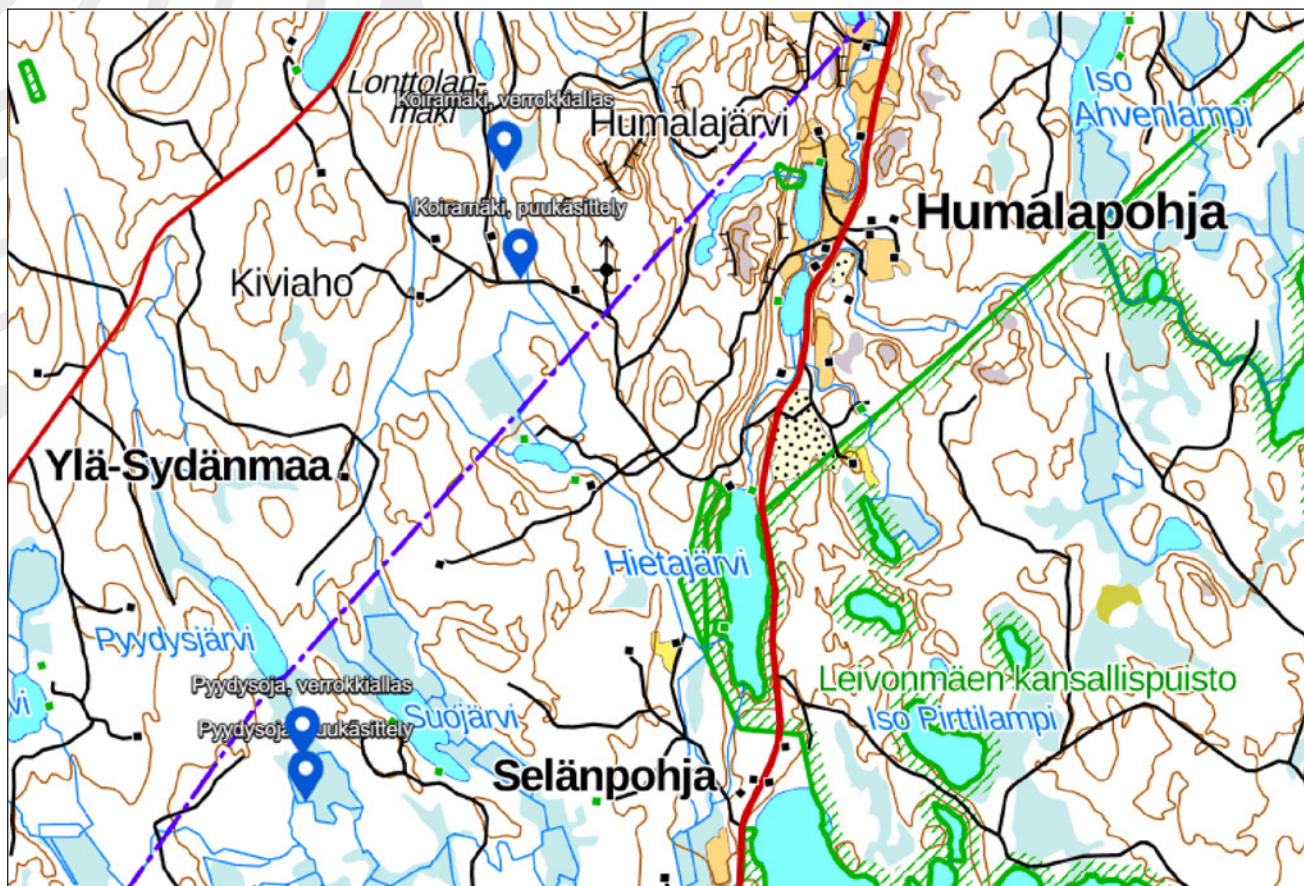
Yhteenvetona todetaan, että puuaineksen lisääminen metsätalousalueiden puuroihin, ojiin ja laskeutusaltaisiin voi vähentää eroosiota, pidättää kiintoainetta ja ravinteita, sekä tarjota uusia habitaatteja ja suojapaikkoja vesieliöstölle. Monimuotoisuushyödyt ovat ilmeiset.

Kirjallisuuden avulla tehtyjen laskelmien perusteella laskeutusaltaisiin asennettujen rankapuunippujen mahdollinen lisähyöty ravinteiden poistumassa vedestä maalle pelkästään aikuistuvien hyönteisten biomassan mukana ei vaikuta kovin suurelta. Toisaalta katsauksessa ei ehditty koota tietoa vaikutuksista sammakoihin, joiden nutipäätoukkia hankkeen kenttäkokeissa havaittiin kuhisevina massoina. Näiden kautta ravinnepoistumat voivat olla huomattavia pienikokoisiin vesihyönteisiin verrattuna.

Puuaineksen lisääminen veteen hyödyttää myös kalakantoja. Tämä johtuu osittain parantuneesta pohjaeläintuotannosta ja ravinnonsaannista ja osittain puun tarjoamisen suoja- ja kutupaikkojen runsastumisesta. Lisäksi useat terrestriset pedot, kuten vesi-, kurki- ja rantalinnut sekä nisäkkäistä mm. saukko ja minkki saalistavat sammakoita ja muita isokokoisempia pohjaeläimiä kosteikoissa ja rannoilla. Näidenkään merkityksestä ravinnepoistumiin ei katsauksessa ehditty kokoamaan tietoa. Ravintoketjututkimukset ja eritoten sammakoiden rooli olisivatkin tärkeitä tulevaisuuden tutkimuskohteita.

Typen poistoa (denitrifikaatiota) voi todennäköisesti tapahtua sekä rankapuunippujen pinnan päälliskasvustossa että hidastuneen virtausnopeuden vuoksi puunippujen läheisyyteen kertyneessä orgaanisessa aineksessa. Jälkimmäinen on mahdollista erityisesti laskeutusaltaissa ja puunippujen sisällä, missä voi kehittyä hapettomuutta ja missä mikrobit voivat hyödyntää puun sisältämää hiiltä energianlähteenään.





Joutsen Koiramäen ja Pyydysojan allasparien sijainti.

6

Kenttäkokeilut

Hankkeessa oli mukana kokeilu- ja tutkimuskohteita viideltä eri valuma-alueelta. Näistä kolme sijaitsevat Keski-Suomessa (Joutsen, Karstula ja Kyyjärvi), yksi Pohjois-Pohjanmaalla (Pyhäntä) ja yksi Etelä-Karjalassa (Savitaipale). Hankkeen alkuvaiheessa rajattiin tarkempi tutkimus kunnostusojitusten laskeutusaltaisiin ja kahteen erityyppiseen rankapuunaiksesta rakennettuun prototyyppiin. Seuraavassa on kuvailtu kunkin kohteen allasrakenteet, puulisäyksen periaatteet ja niistä saadut kokemukset.

JOUTSA

Rutajärven alaosan Sorsanselkään laskevan Joutsjoen valuma-alueella, Pyydysojan sivupuron varrella, oli jo ennen hankkeen rahoituksen varmistumista käynnistynyt SYKEN ohjauksessa Jyväskylän ammattikorkeakoulun opinnäytetyö metsätaloustyrittäjä Esko Keskinen vuosina 2008–2013 rakennetuilla altailla. Rutajärvi, joka on rannoiltaan Leivonmäen kansallispuiston sisällä, on hyvässä ekologisessa tilassa, mutta valuma-alueilla toteutetaan intensiivistä suometsätaloutta.



Kuva: Esko Keskinen

Pyydysojan altaan puukäsittely.

Syksyllä 2017 valmistettiin ensimmäiset prototyypit, ns. rankatukit. Puuaines saatiin ojalinjastojen raivauksesta syntyneestä rankapuuaineksesta. Rankatukkien muotoa, määrää, kokoa, sidontatekniikkaa, rankojen asettelutapaa, tiukkuusastetta jne. pohdittiin yhteistyössä. Lähtökohtana oli saada maksimaalinen määrä sellaista puupinta-alaa, jolle biologista vedenpuhdistusta toteuttava päällyskasvusto voisi muodostua. Samalla huomioitiin myös allastilavuus ja riski liialliselle vedenpinnan nousulle altaassa ja siihen laskevassa ojassa. Suunnittelussa päädyttiin siten periaatteeseen, jossa altaan rankatukkien kokonaispinta-alaksi muodostuisi noin 1 m² altaan yhtä vesikuutiota kohden. Tällä periaatteella rakennettuja rankatukkeja asennettiin keväällä 2018 Koiramäen ja Pyydysojan ojitusalueiden laskeutusaltaisiin. Molemmilla alueilla on laskeutusallaspari, joista toinen jätettiin kontrolliksi (verrokki vedenlaatu- vaihtelusta tulevassa ja lähtevässä vedessä ilman rankatukkikäsitelyä). Kesällä 2018 hankerahoituksen varmistuttua

Pyydysojan isolla altaalla ongelmaksi muodostui rankanippujen uppoaminen toivottua syvemmälle, mikä oli oletettavasti pääsyy Koiramäen allasta heikompaan puhdistustehoon. Altaiden toimivuutta selvitetään tarkemmin opinnäytetyössä (Keskinen 2020).



Karstulan allas.



Kuvat: Esko Keskinen

KYYJÄRVI JA KARSTULA

Pohjoisessa Keski-Suomessa kokeiltiin ensin Kyyjärven alueella rankapuun lisästä laskeutusaltaaseen tuoreen kaivutyön yhteydessä keväällä 2019. Altaaseen kaivettiin taskut, joihin rankapuut aseteltiin pitkittäissuunnassa. Käytäntö ei osoittautunut toimivaksi, joten Karstulassa Karankajärveen laskevan Puumalanpuron varteen toteutettiin keväällä 2019 tuoreen kunnostusojituksen laskeutusaltaaseen toinen prototyyppi, ns. kasettirakenne. Konetyönä kaivetun altaan pohjaan juntattiin paaluja, joiden väliin ladottiin paikan päältä saatua mäntyä. Puuaines oli kohteessa turhankin järeää ja työn toteutuksen aikana tunnistettiin työturvallisuusriskejä liittyen paalujen juntaukseseen kaivinkoneella apumiehen pidellessä paalua altaan pohjalla. Paalujen käytöstä todettiin myöhemmin voitavan luopua, mikäli puuaines on riittävän pitkää ja altaisiin kaivetaan taskut, joihin puut voidaan nostaa koneellisesti. Kohteen verrokiallas kaivettiin hiekkaiseen maahan, eikä siihen kuivien tutkimusvuosien aikana kaikkien vedenlaadun seurantakertojen aikana pidättynyt vettä riittävästi vesinäytteenottoa varten.



Kuva: Esa Huotari

Metsä Groupin Pyhännän koekohde heti altaan kaivun ja rankapuiden asennuksen jälkeen keväällä 2019.

PYHÄNTÄ, Kivijärvi

Pohjois-Pohjanmaalla MetsäGroup toteutti puupuhdistamokokeilun Lamujoen valuma-alueella, Kivijärveen laskevalla ojitusalueella. Alueelle oli tehty kunnostusojitus vuonna 2018. Ojitusalueen vedet laskevat pääosin kahden laskeutusaltaan (putkipato) kautta Kivijärveen. Kivijärvi on lintuvesiensuojeluohjelmassa luokiteltu valtakunnallisesti arvokkaaksi lintuvedeksi. Kaksi vierekkäistä allasta (joissa molemmissa putkipadot) valittiin hankkeeseen mukaan. Toiseen altaista lisättiin rankaniput toukokuussa 2020. Rankaniput (2 kpl) asetettiin altaaseen taskuihin poikittain läpi altaan. Puut hakattiin miestyönä altaan ympäriltä (100% mäntyä) ja nostettiin koneella paikoilleen. Tässä altaassa puumäärä oli hankkeen muihin allaskokeiluihin verrattuna vesitilavuuteen suhteutettuna vähäisin ja asennussyvyys suurempi kuin Karstulan altaassa. Altaista otettiin yhdet näytteet ennen asennusta ja yhdet elokuussa pitkäkhön sadetjakson jälkeen. Alustavien havaintojen perusteella puulisätyn altaan kiintoaineksen pidätys on hyvä, noin -50%, kun taas liukoisten ravinteiden pidätyksessä olisi ollut toivomisen varaa: kokonaistyyppi -10% ja kokonaisfosfori +8%. Näytteenottoa on tarkoitus jatkaa kesällä 2021 ja samassa yhteydessä hieman lisätä puuta altaaseen, olemassa olevien nippujen päälle ja mahdollisesti myös yläpuoliseen ojastoon, mikäli jatkohanke toteutuu.

SAVITAIPALE

Alkuperäisenä tavoitteena hankkeessa oli tutkia Savitaipaleen puupuhdistamon vaikutuksia jätevedenpuhdistamon purkuvesistönä toimivassa Siparinojassa. Kuiva kesä ja syksy kuitenkin estivät toteutuksen hyvin kuivillaan olevassa uomassa. Vaihtoehtoisena ratkaisuna päädyttiin toteuttamaan rankatukkikokeilu keskustaajaman hulevesien hallintaa varten rakennetun Kapakojan kosteikon purkuojassa. Ojan



Taipalsaaren Vehkataipaleen ojakohde.

vedenlaatua seurattiin muutamilla Lappeenrannan seudun ympäristötoimen vesinäytteenoroin. Vesi oli kirkasta ja hyvin vähäravinteista, eikä rankanippujen ylä- ja alapuolisessa vedenlaadussa ollut eroa. Sen sijaan Savitaipaleen lukion toteuttamissa pohjaeläinseurannoissa havaittiin lajimäärän ja yksilömäärän moninkertaistuneen vuoden kuluttua puulisäyksestä.

TAIPALSAARI

Hankkeemme sai aloitteen Taipalsaaren Vehkataipaleen yksityisiltä mökkiläisiltä ja osakaskunnalta puupuhdistamon toteuttamiseksi 2020 alkuvuodesta. Saimaan ympäristö- ja tiedekasvatuksen tuki ry oli tiedottanut menetelmästä osana EU:n Maaseuturahaston rahoittamaa hankettaan. Ongelmana oli Saimaaseen laskeva iso metsäojitusalueen kokoomaaja, joka purki liettävää, runsashumuksista vettä ranta-alueille. Saimaaseen laskevaan valtaojaan toteutettiin talkootyönä rankanippukäsittely noin 70 metrin matkalla toukokuussa 2020. Rankatukit rakennettiin pääpiirteissään samalla tavalla kuin Joutsan prototyypit, mutta havupuuta ollessa vähän käytössä tyydyttiin lehti- ja havupuun sekanippuihin. Seuranta vedenlaadusta aloitettiin hankkeen toimesta syyskuussa 2020. Ensimmäisessä syyskuun vedenlaatu-seurannassa havaittiin kolminkertainen vähenemä kiintoaines- ja humuspitoisuuksissa ja viidenneksen vähenemä ravinnepitoisuuksissa verrattaessa puhdistamolta lähtevän veden ainepitoisuuksia tuleviin pitoisuuksiin. Esimerkiksi veden väriarvo aleni 250 mg Pt/l yhdeksäänkymmeneen. Puunippuja jouduttiin syksyn mittaan asettelemaan uudelleen ja seuraavissa näytteenotoissa olivat lähtevän veden pitoisuudet hieman korkeampia kuin tulevassa vedessä. Seurantaa tarvitaan lisää.

Kokeelliset tutkimukset

Hankkeen alussa pohdittiin tuoreen ja kuivan puuaineksen sekä puulajin merkitystä vedenlaatuvaikutusten kannalta. Tuoreesta puuaineksesta tiedetään liukenevan veden mahdollisesti vedenlaatua heikentäviä, happea kuluttavia sekä happamuutta ja ekotoksisuutta lisääviä yhdisteitä, kuten fenolisia (esim. fenolit, tanniinit) ja alifaattisia (esim. hartsihapot, terpeenit) yhdisteitä sekä helppoliukoisia polysakkaridiyhdisteitä (esim. hemiselluloosa-sokerit). Toisaalta arvioitiin, että sekä puulajilla ja puuaineksen tuoreudella että puun asennussyvyydellä voi olla merkitystä päällyskasvuston muodostumiselle monimuotoisuus- ja vedenlaatuvaikutuksineen.

Tämän johdosta päätettiin toteuttaa kaksi kokeellista tutkimusta: ekotoksisuutta ja vedenlaatua mittaava laboratoriokoe ja kenttäkoe puulajin, tuoreuden ja asennussyvyyden vaikutuksesta päällyskasvuston muodostumiseen ja pohjaeläimistöön. Seuraavassa esitetään kokeiden keskeisimmät tulokset.

Ekotoksisuus

SYKEN Jyväskylän ekotoksikologian laboratoriossa toteutettiin 18.2.–19.3.2019 koe, jossa tutkittiin tuoreen koivun, männyn ja kuusen vaikutuksia vedenlaatuun ja ekotoksisuuteen. Koe toteutettiin ns. staattisena kokeena, jossa viidenkymmenen litran vesisaaveihin ladottiin 50 cm:n pituisia rankapuita, kutakin puulajia neljään rinnakkaiseen saaviin. Puumäärä oli arviolta 25% vesitilavuudesta. Saavit täytettiin kraanavedellä ja neljä saavia jätettiin kontrolleiksi ilman puulisäystä. Vedenlaatua (kokonaisravinteet, fosfaattifosfori, DOC, TOC, COD, sameus, kiintoaine) tutkittiin ottamalla vesinäytteitä kokeen alussa (kokoomanäyte kustakin saavista) sekä seurantanäytteet kahden ja neljän viikon kuluttua kokeen aloituksesta. Näytteet analysoitiin Eurofins Nablabs Oy:n laboratoriossa. Lisäksi seurattiin happipitoisuuden ja kyllästysprosentin sekä pH:n kehitystä YSI ProDDs -mittarilla.

Kokeessa vedenlaatu heikkeni nopeasti. Puusta vapautuvat helppoliukoiset yhdisteet aiheuttivat happikadon jo parissa päivässä ja veden pH putosi alle viiden samoin heti kokeen alussa. Veden väri, sameus, kiintoainepitoisuus, kemiallinen hapenkulutus ja ravinnepitoisuudet kohosivat hyvin voimakkaasti kokeen aikana. Saavien vesi muuttui sakeaksi ja niissä käynnistyi ilmeisesti käymisprosesseja. Kuusi kulutti eniten happea sekä lisäsi veden fosfaattifosfripitoisuuksia (Taulukko 1).



Kuvat: Rauni Kauppinen

Saavikokeissa mitattiin tuoreen kuusen, männyn ja koivun vedenlaatuvaikutuksia neljän viikon ajan. Kokeen lopussa (oikean puoleinen kuva) vesi oli haisevaa, hapanta ja lähes hapetonta.

Taulukko I. Kemiallinen hapenkulutuksen, fosfaattifosforin, hapen kyllästysprosentin ja pH:n lähtöarvot sekä mittauskeskiarvot ja keskihajonnat kokeen lopussa (neljän viikon kesto).

Käsittely	Vedenlaatutekijä, keskiarvo (keskihajonta)							
	Kemiallinen hapenkulutus COD _{Mn} (mg/l)		Fosfaattifosfori PO ₄ (µg/l)		Liuenut happi (kyllästys%)		pH	
Kokeen aloitus	1,20		3,00		102		7,80	
Kontrolli	4,90	(1,56)	3,88	(2,38)	70,7	(35,7)	7,80	(0,03)
Koivu	395	(11,2)	4300	(292)	4,28	(1,15)	4,77	(0,12)
Mänty	705	(177)	5325	(942)	3,93	(0,43)	4,57	(0,03)
Kuusi	923	(133)	7850	(680)	1,43	(0,66)	4,75	(0,07)

Puukäsittelyvesien ekotoksisuutta tutkittiin standardoiduilla akuutin toksisuuden vesikirpputesteillä. Testit tehtiin kahdella vesikirppulajilla: standarditestien tyyppilaji *Daphnia magna* ja kotimainen järvilaji *Daphnia longispina*. Kokeet olivat ns. staattisia kokeita ilman ilmastusta tai veden vaihtoa. Testattavana vetenä käytettiin saavikokeiden lopussa kuusikäsittelyssä kehittynyttä vettä. Näyte otettiin sekoittaen ensin vesiä ja ottamalla sekoitetuista vesistä kokoomanäyte 1 L lasipulloon. Näytettä sekoitettiin 18–24 h magneettisekoittajalla (kuten öljynäytteet → Water Accomodated Fraction), annettiin tasaantua ja otettiin testinäyte pinnan alta. Veden pH säädettiin (4,9 → 7,1) ja hapetettiin ennen siirtämistä koeastioihin laimmennussarjoihin 100, 50, 25 ja 12,5 % liuksina. Happipitoisuus laski nopeasti, mikä lienee ollut pääsyy koe-eläinten heikkoon menestymiseen. Kuolevuus oli *Daphnia longispina*-yksilöillä 48 h altistuksen jälkeen 100-prosenttinen. *Daphnia magna* yksilöt selvisivät hengissä vain 12,5-prosenttisessä liuksessa (Taulukot).

Taulukko 2. Kahden vesikirppulajin kuolleisuus puusta uuttuneen veden laimennussarjassa (näyte %) ja kontrollivedessä.

<i>Daphnia magna</i>						
	altistus 24h			altistus 48h		
Näyte %	pH	Happi %	Elossa %	pH	Happi %	Elossa %
100	7,7	0	0	7,1	0	0
50	7,1	0	0	7,1	0	0
25	7	7	24	7	15	0
12,5	7,1	28	100	7,1	37	84
kontrolli	7,2	89	88	7,6	84	88

<i>Daphnia longispina</i>						
	altistus 24h			altistus 48h		
Näyte %	pH	Happi %	Elossa %	pH	Happi %	Elossa %
100	7	0	0	7,1	0	0
50	6,9	0	0	7	0	0
25	6,8	0,2	0	6,8	0	0
12,5	6,7	6,2	8	6,6	12	0
kontrolli	7,1	91	100	7,2	93	96

Hapen loppuminen saattoi olla yksistään riittävä syy kuolleisuudelle. Esim. *Daphnia magna* vaatii standarditestissä vähintään 3 mg/L happipitoisuutta. Tämän takia kokeiltiin vielä ilmastuksen vaikutusta eläinten eloonjäämiseen. Näytettä otettiin kuusisaaveista suoraan ämpäreihin ja jaettiin vesi sataprosenttisena ilmastettuihin ja pH-säädettyihin (pH 7,1) koeastioihin. Happitaso pysyi näissä noin 20–29-prosenttisena. Astioihin lisättiin 7 piippolimakotiloa ja muutamia vesikirppuja kummastakin lajista. Vuorokauden jälkeen kaikki kotilot ja *D. longispina* -vesikirput olivat kuolleet ja muutama *D. magna* liikkui heikosti. Siten on pääteltävissä, että kuusiliuoksessa jokin muukin vedenlaatutekijä kuin vähäinen happi aiheutti kuolevuuden.


Kenttäkokeet

Menetelmän ravinteiden pidättämistehon odotetaan perustuvan ainakin osin puuraenteiden pinnalle muodostuvaan biofilmikasvustoon, sekä sitä laiduntavaan pohjaeläimistöön. Tutkimuksessa selvitettiin kenttäkokeen avulla puulajin (koivu, mänty ja kuusi), puun tuoreuden (tuore ja vuosi sitten kaadettu) ja sijoitusyvyyden (lähellä pintaa ja noin 50 cm syvyydessä) vaikutuksia puun pinnalle kehittyvän biofilmin runsauteen sekä pohjaeläimistön runsauteen ja lajimäärään. Koe suoritettiin ojitetun Pyydysojan laskeutusaltaalla Joutsassa touko–syyskuussa 2019. Koeyksikkönä oli 40 cm pituinen, läpimitaltaan noin 10 cm rangankappale ja kukin käsittelykombinaatio oli koeasetelmassa viitenä toistona.

Puun pinnan leväkasvuston a-klorofyllin biomassaa mitattiin kuukauden välein BenthosTorch-fluorometrillä. Kokeen lopussa rangoista otettiin raaputusnäytteet koko biofilmin tuhkattoman biomassan mittaamiseksi sekä harjausnäytteet puiden pinnoilta pohjaeläinten laji- ja yksilömäärien määrittämiseksi. Lisäksi vesiselkäranga-



Kuvat eri puulajipölkkyistä, joissa biofimiä. Ylimmässä kuvassa kuusi, keskimmaisessä kuvassa koivu ja alimmassa kuvassa mänty.



tonnäytteitä kerättiin katiskaperiaatteella toimivilla aktiivipyydyksillä, joilla tutkittiin puuaineksen lisäyksen vaikutusta erityisesti vesipatsaassa aktiivisesti elävien vesiselkärangattomien runsauteen ja lajimäärään altaan mittakaavassa kahden puukäsittelyaltaan ja kahden verrokialtaan avulla.

Puiden pinnoille oli kehittynyt runsas leväkasvusto jo kuukauden kuluttua kokeen aloittamisesta, eikä määrä poikennut systemaattisesti myöhemmistä mittauskerroista. Leväkasvustoa ja biofilmiä muodostui kuuselle ja männylle selvästi enemmän kuin koivulle. Syynä voi olla se, että havupuiden pinta on karkeampi. Puun tuoreudella ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta biofilmin muodostumiseen. Sen sijaan lähellä veden pintaa sijainneilla puukappaleilla sekä levä- että koko biofilmikasvusto oli odotetusti ja puulajista riippumatta runsaampi kuin syvemmillä. Ero ilmeisimmin liittyy yhteyttämisessä tarvittavan valon määrään.

Pohjaeläinten lajimäärän ja runsauden vaihtelu liittyi suurelta osin puiden pinnoilla olleen biofilmikasvuston määrään. Havupuunaines ylläpiti lajirikkaampaa ja runsaampaa pohjaeläimistöä kuin koivu. Lisäksi puuaineksen sijoittaminen vesipatsaan tuottavampaan pintakerrokseen mahdollisti monimuotoisemman ja runsaamman pohjaeläimistön. Lähinnä vesirungossa elävien vesiselkärangattomien osalta puukäsittelyllä ei sen sijaan havaittu olevan vaikutusta lajimäärän tai runsauteen; puukäsittely- ja verrokialtaiden välillä ei ollut selkeitä eroja.

Siltä osin kuin puhdistusmenetelmän tehokkuus perustuu biofilmin ja sitä käytävän eläimistön määrään, puurakenteissa kannattaa tulosten perusteella käyttää havupuuta. Lisäksi olisi suositeltavaa, että rakenteet ulottuvat pintaan tai sen lähelle, missä valoa on enemmän saatavilla. Puun tuoreusasteella ei ole ilmeistä merkitystä, kun suurin osa pintakasvustoa mahdollisesti ehkäisevistä uuteaineista poistuu jo ensimmäisen viikon aikana puun kaadon jälkeen.

Tomi Kirjokivi 2020. Puulajin, puun tuoreuden ja sijoitusyvyyden vaikutus biofilmin muodostumiseen vesiympäristössä. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:jyu-202006084013>

Milla Saarinen 2020. Puulajin, puun tuoreuden ja sijaintisyyden vaikutus vesiselkärangattomien runsauteen ja monimuotoisuuteen pienvesistöissä. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:jyu-202006305176>



Sammakon kutua, Koiramäki.

8

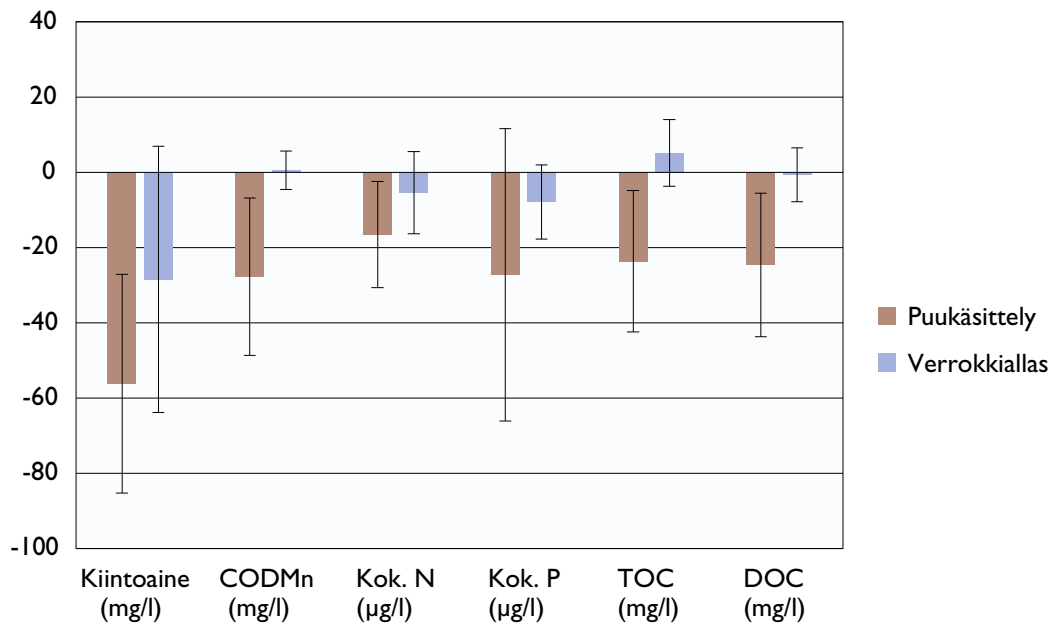
Vaikutukset vedenlaatuun

Joutsan ja Karstulan laskeutusaltaat

Tässä esitetään pisimpään seurattujen Joutsan ja Karstulan kohteiden vedenlaatu-tulokset. Pyhännän altaan seurantaa pyritään jatkamaan hankkeen loputtua. Vedenlaatua seurattiin kolmessa allasparissa marraskuussa 2018 sekä touko- ja lokakuussa 2019 otetuilla vesinäytteillä. Huhtikuun 2020 näytteet vanhenivat kuljetuksen viivästyisestä johtuen.

Seurantaa haittasivat kaksi perättäistä kuivaa kesää ja syksyä, joiden aikana virtaamat ojastoissa jäivät vähäisiksi. Tässä esitellään alustavat tulokset vesinäytteenotoista, jotka pyrittiin painottamaan suurimpien virtaamien ajankohtiin (n=5–8). Tulosten perusteella puukäsittely alensi systemaattisesti lähtevän veden ainepitoisuuksia niin kemiallisen hapenkulutuksen, kokonaisravinteiden kuin orgaanisen hiilenkin osalta. Samoin puukäsittely alensi altaista purkautuvien vesien kiintoainepitoisuuksia selvästi tehokkaammin kuin pelkkä laskeutusallasrakenne. Positiivista olivat erityisesti tulva-

aikaiset korkeat, yli 40 % ja kiintoaineksen osalta jopa 77 % alenemat. Merkittävää alenemaa tapahtui myös puukäsittelyistä altaista lähtevän veden rautapitoisuuksissa. Sekä vesinäytteenotto että kesän alivirtaamalla toteutetut viikottaiset kenttämittaukset osoittivat, että puukäsittelyillä ei ollut vaikutusta lähtevän veden happipitoisuuksiin. Veden pH-tasoa puukäsittely näytti hivenen jopa nostavan. Tulokset osoittivat siten, ettei saavikokeiden kaltaista vedenlaadun heikentymistä kenttäolosuhteissa esiinny.



Kiintoaineen, kemiallisen hapenkulutuksen (COD), kokonaistypen (Kok. N), kokonaisfosforin (Kok. P) sekä kokonais- ja liuenneen orgaanisen hiilen (TOC ja DOC) pitoisuuden keskimääräiset prosentuaaliset muutokset vertailtaessa laskeutusaltaasta lähtevän ja siihen tulevan veden ainepitoisuuksia. Vaihtelujana kuvaa koko mittausaineiston pienimpiä ja suurimpia arvoja. Aineisto perustuu yhteensä viiteen havaintokertaan (Koiramäki ja Pyydysoja: 20.11.2018, 6.5.2019 ja 14.10.2019 ja Karstula 21.5.2019 ja 22.10.2019).



Sudenkorentoja lentee runsaasti uppopuustoissa rannoilla.

9

Vaikutukset biologiseen monimuotoisuuteen

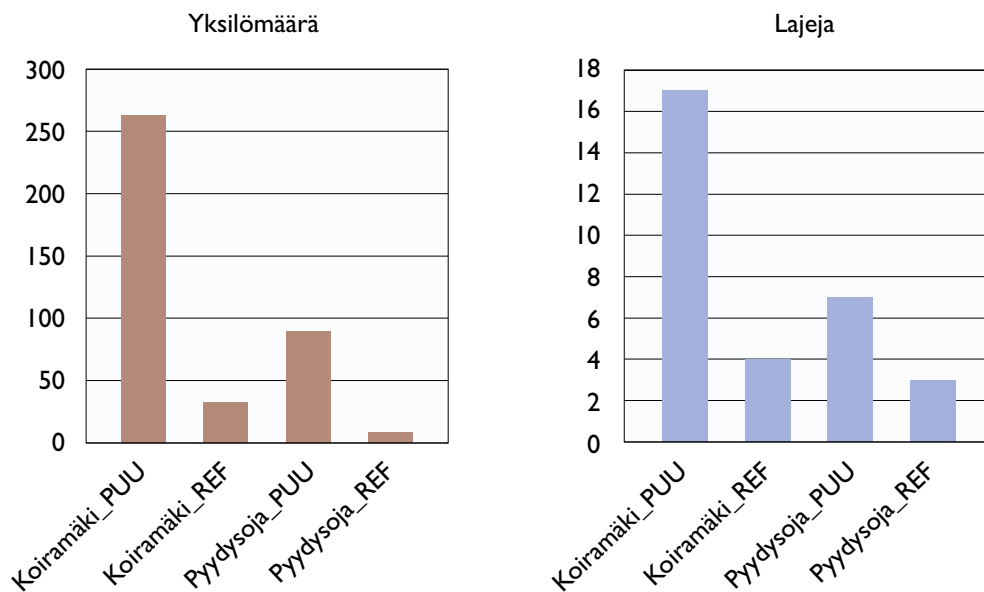
Pohjaeläintutkimukset

Pohjaeläintutkimukset toteutettiin Joutsan altaalla syksyllä 2018. Lisäksi Koiramäen puukäsittelyllä altaalla otettiin seurantanäytteet vuonna 2019. Näytteenotossa sovellettiin järvilitoraalien standardoitua näytteenoton menetelmää. Näytteet otettiin puukäsittelyllä altaalla potkuhaavia (havaksen silmäkoko 400 µm) käyttäen siten, että apumies heilutti rankatukkia samalla kun näytteenottaja survoi haavilla tukin vierustan pohja-ainesta, edeten 20 sekunnin ajan noin kahden metrin matkan ja kauhoen lopuksi samentuneen vesimassan haavin läpi. Verrokialtaissa näytteenottaja otti näytteen itsenäisesti. Kaikista altaista otettiin kolme rinnakkaista näytettä edeten

virtaussuunnan suhteen siten, että ensimmäinen näyte otettiin altaan alaosasta, toinen keskiosasta ja kolmas yläosasta. Näytteet seulottiin sankiseulassa ja varastoitettiin näyterasioihin 70-prosenttiseen etanoliin.

Laji- eli taksonimäärän vaihtelu oli puukäsittelyissä altaissa Koiramäellä 8–12 ja Pyydysojassa 5–9 (Liitetaulukko). Yksilömäärät vaihtelivat Koiramäen puukäsittelyissä näytteissä välillä 116–292 ja Pyydysojalla 16–164. Verrokkialtaissa määrät jäivät alhaisiksi sekä taksoniluvun (3–5) että yksilömäärien (10–57) osalta. Keskimääräinen lajirunsaus oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi puukäsittelyissä kuin käsittelemättömissä altaissa (M-W U-testi, $p < 0.01$) sekä Koiramäen että Pyydysojan allaspareissa. Vastaavasti kokonaisyksilömäärät olivat puukäsittelyissä merkitsevästi korkeammat kuin käsittelemättömissä altaissa (M-W U-testi, $p < 0.001$) molemmissa allaspareissa. Koiramäen puukäsittelyssä pohjaeläinmäärät ja lajirunsaus myös kasvoivat merkitsevästi vuoden 2019 näytteissä (M-W U-testi, $p < 0.01$).

Puukäsittelyissä yleisimmät ja runsaimmat pohjaeläinryhmät/-taksonit koostuivat surviaissäskistä (Chironomidae), päivänkorenoista (Ephemeroptera), vesisiirroista (Isopoda) ja sudenkorenoista (Odonata). Verrokkialtaiden harva eliöstö koostui pääosin surviaissäskistä.



Puukäsittelyjen (PUU) ja käsittelemättömien (REF) altaiden pohjaeläimistön yksilö- ja lajimäärien keskiarvot Koiramäen ja Pyydysojan kohteissa.



Kuva: Esko Keskinen


Metsätalouden vesiensuojelupäivien demonstraatiokohteen toteutus syyskuussa 2019 Kerimäellä..

10

Yleisohje puupuhdistamon toteutuksesta

Hankkeemme perusteella voidaan antaa suosituksia ja suuntaa antavaa ohjeistusta niin talkootyönä kuin koneellisesti toteutettaville puupuhdistamoille. Rankanippujen tai muiden puuta hyödyntävien vesiensuojelurakenteiden valmistaminen käsityönä soveltuu lähinnä metsänomistajan omatoimisesti tai talkootyönä toteutettavaksi menetelmäksi esimerkiksi silloin, kun halutaan tehostaa jo olemassa olevan laskeutusaltaan ja ojaston pidätyskapasiteettia tai halutaan paikallisesti ehkäistä eroosiota virtausnopeutta hillitsemällä ja veden korkeutta säättämällä.

Vesiensuojelurakenteisiin käytettävän puuaineksen korjuutyö, kuljetus ja asennus on kustannustehokkainta suorittaa kokonaisuudessaan konetyönä. Käytettävä



puuaines voidaan useimmiten korjata ja valmistaa ojitussuunnitelmassa huomioidulla tavalla metsäkoneella ojalinjoiden aukaisun tai muun hakkuutyön yhteydessä vähempiarvoisesta pienpuusta kuten latvuksista ja kuljettaa metsätraktorilla suunniteltujen vesiensuojelurakenteiden rakennuspaikoille odottamaan kaivutyön yhteydessä kaivinkoneella tehtävää asennusta. Hankkeemme kirjallisuuskatsauksen, kenttäkokeilujen ja asiantuntija-arvioiden perusteella on seuraavassa esitetty yleisohjeistus oppopuupuhdistamojen rakentamiseksi.

Ilmoitus- ja lupamenettelyt

Rankapuunippujen tai -kasettien lisääminen ojiin, vesiensuojelurakenteisiin tai rantavyöhykkeille ei vaadi erillisiä ilmoitus- tai lupamenettelyjä. Asentamisessa on kuitenkin huomioitava seuraava:

- a) Kun rankanippuja laitetaan ojiin tai laskeutusaltaisiin, on noudatettava ojitusta säätelevää vesilain 5 lukua. Tällöin rankanipun sijoittamiselle ojaan on saatava maanomistajan lupa. On myös huomattava, että ojista on yleensä monta hyötyjää ja osapuolta, jotka kuivattavat niillä maitaan pitkälle ojan yläjuoksulle asti. Puupuhdistamon toteuttavilla toimijoilla on käytännössä ojittajan vastuu. Vesilain 5 luvun 7 ja 8 §:n mukaan ojitus on siten toteutettava ja ojaa kunnossapidettävä, ettei aiheuteta muille haittaa mm. vettymisen muodossa. On huomattava, että vettymisellä ei tarkoiteta pelkästään sitä, että esim. yläjuoksulla jonkun maanomistajan palsta on veden vallassa, vaan sillä tarkoitetaan myös nk. kuivatusvaran pienentämistä siten, että esim. maa alkaa upottaa traktorin alta. Tämä on riski alavilla mailla, joissa ojan vietto on pieni. Mikäli tällaista haittaa aiheutetaan, on hankkeella velvollisuus poistaa haitta tai korvata se.
- b) Jos rankanippuja upotetaan vesialueelle esim. järveen tai puroon, tulee siihen olla vesialueen omistavan osakaskunnan suostumus. Heillä voi olla esim. ravustus- tai muita apajapaikkoja, mitkä tulisi huomioida toteutuksessa. Laillisuustarkastelun ja riskien hallinnan kannalta oleellista on, että sijoituspaikkoja suunniteltaessa ollaan etukäteen riittävän laajasti yhteydessä alueen maanomistajiin.

Rankatukkien rakentaminen

Havupuu on selkeästi suositeltavin materiaali. Myös koivun pinnalle muodostui päällyskasvustoa ja eliöyhteisö, vaikkakin selvästi havupuita vähemmän. Siten käytännön tilanteissa, joissa havupuuta on niukemmin saatavilla, voidaan toteuttaa myös sekanippuja, joiden pääasiallinen materiaali on kuitenkin suositeltavaa olla havupuuta.

Rankatukkien halkaisija on ilman konetyötä toteutettaessa noin 30–35 cm ja pituus 200–300 cm. Mitoituksessa huomioidaan kohteen mittasuhteet sekä paino ja käsiteltävyys. Yksittäisten rankojen tyven läpimitta on viitteellisesti noin 5–10 cm ja latvan noin 2–5 cm. Järeämpääkin puuta voidaan käyttää. Käsitteilyn helpottamiseksi ranka-aines on hyvä olla karsittua, mutta karsinnan ei tarvitse olla täysin rungonmyötäistä. Oksainen ja mutkainen aines tehostaa veden virtausta rakenteen



Kuva: Esko Keskinen

Kuusirankanippuja esiasennettuna laskeutusaltaan jäälle Joutsan koekohteessa keväällä 2018.

läpi. Nippujen ei tulisi olla niin tiiviitä, ettei vesi pääse kulkemaan niiden läpi. Oksat, eri pituiset rangat ja jopa poikkisuuntaan asetetut lyhyet rangat lisäävät nipun tehollista pinta-alaa. Sidonnassa on suositeltavaa käyttää vahvaa kasvikuitupohjaista materiaalia, esim. 12–16 mm. Sisäl-köyttä. Hamppuköyden havaittiin hapristuvan nopeasti, mutta sillä on tuskin käytännön merkitystä puiden upottua.

Rankatukkien määrässä on suositeltavaa tavoitella kaikkien rankojen yhteenlasketuksi kokonaispinta-alaksi noin yhtä neliometriä laskeutusaltaan vesitilavuuden kuutiometriä kohden.

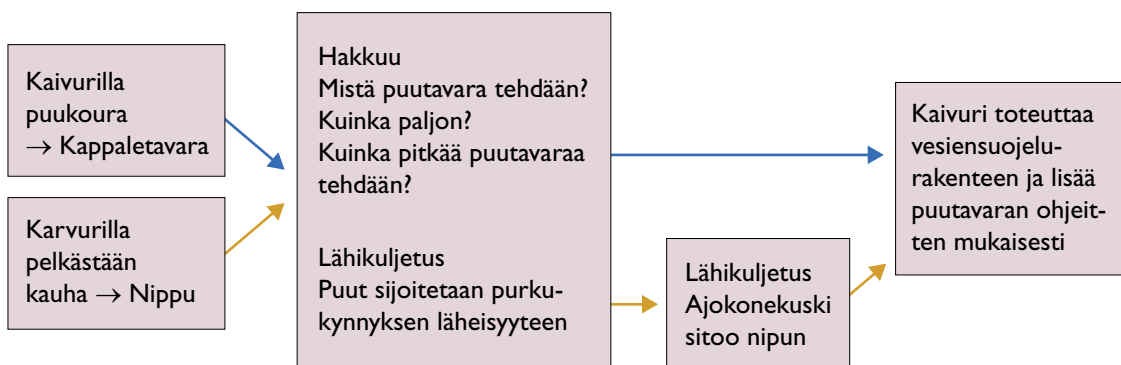
Rankatukkien tulisi upottuaan ulottua mahdollisimman hyvin altaan vedenpinnan tasolle myös tulvatilanteissa. Kasettiratkaisuissa on suositeltavaa rakentaa vähintään kaksi laskeutusaltaan poikki ulottuvaa, pohjasta tulvakorkeuteen ulottuvaa rakennetta (esim. Karstulan kohteemme).

Menetelmän tuloksellisuutta tulisi seurata jatkossa erityisesti eliöstön kehittymisen kannalta, sillä vaikutukset monimuotoisuuteen erilaisissa ympäristöissä voivat olla huomattavan suuret. Joutsan Koiramäen altaalla esimerkiksi on jo havaittavissa reilun kahden vuoden aikana puukäsittelyn altaan kehittyminen kosteikkotyypiseksi tehokkaan kiintoaineskertymän seurauksena. Tämän havaittiin lisännen pohja-elämistön monimuotoisuutta, mutta vedenlaaturannan aikasarja jäi lyhyeksi. Jatkuvatoiminen vedenlaadun ja -määrän seuranta joissakin tutkimuskohteissa olisi jatkossa hyödyksi. Pidempiaikaista tutkimusta tarvitaan menetelmän tueksi erityisesti siirryttäessä turvemetsien vesiensuojelukohteista erityyppisiin kohteisiin. Seuranta on syytä järjestää myös mahdollisten haittojen ennakoimista ja havaitsemista varten.



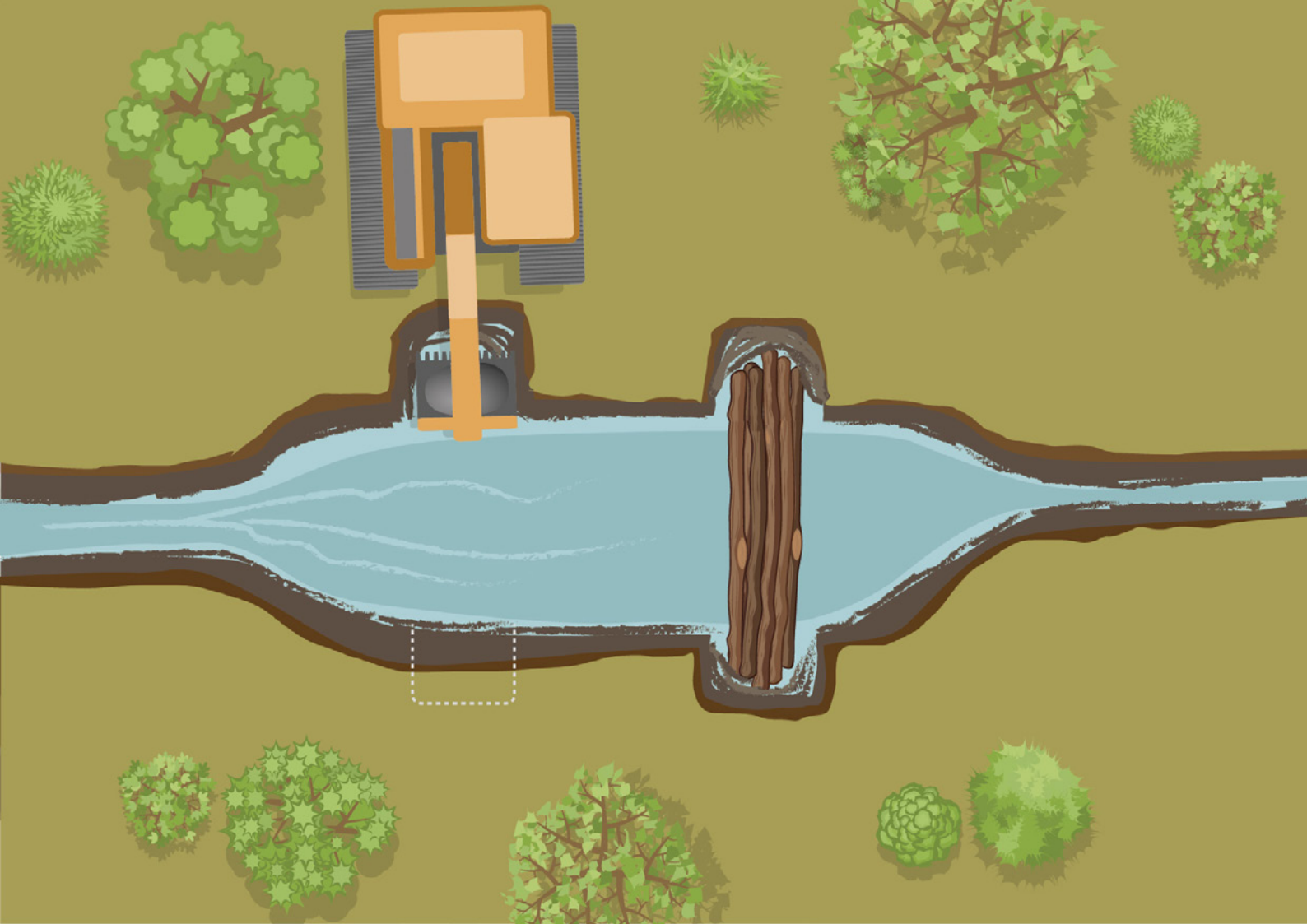
Toimintamalli uppopuupuhdistamojen toteuttamiseksi

Toimintamalli suunniteltiin suometsänhoidon hankkeiden vesiensuojelun tehostamiseksi. Tavoitteena oli kehittää toimivat käytännön ratkaisut, joilla ojustonkunnostuksen tai metsän uudistamisen yhteydessä rakennettaviin laskeutusaltaisiin voidaan kustannustehokkaasti lisätä puumateriaalia. Toimintamalli on vesiensuojelurakenteen suunnittelijan työkalu, josta löytyy eri työvaiheissa huomioitavat asiat. Puumateriaalin lisääminen laskeutusaltaisiin edellyttää suunnittelijalta ennakkointia ja muiden toimijoiden ohjeistamista. Vesiensuojelurakenteen toteuttajan kaivurin varustetaso vaikuttaa toimintamallissa valittavaan toteutustapaan. Jos ei tiedetä, onko laskeutusaltaan kaivavalla kaivurilla puukoura, on paras tehdä sidottuja rankanippuja.



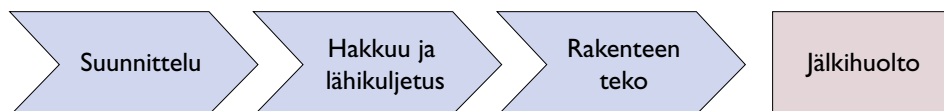
Toimintamalli puumateriaalin lisäämiseen laskeutusaltaisiin suometsänhoidon hankkeiden yhteydessä.

Toimintamallin suunnittelu aloitettiin tekemällä Kemera-hankkeita tehneille maanomistajille ja metsäammattilaisille kyselyt. Tarkoituksena oli selvittää toimintamallin reunaehdot ja asiat, joista tarvitaan eniten lisätietoa. Maanomistajakyselyyn saatiin 228 vastausta ja vastausprosentti oli 9 %. Kyselyyn vastanneista 80 % voisi olla kiinnostunut kokeilemaan puumateriaalia vesiensuojelun tehostamiseen, jos sopiva paikka löytyy. Vastaajista 45 % oli valmis sijoittamaan lisärahaa puumateriaaleilla tehostettuun vesiensuojeluun. Eniten vastauksia oli luokassa 150–299 €. Suurin pelko vastaajilla oli puumateriaalin padottavasta vaikutuksesta. Metsäammattilaisille tehtyyn kyselyyn vastasi 107 vastajaa ja vastausprosentti oli 27 %. He eivät enää olleet huolissaan puumateriaalin patoavasta vaikutuksesta, vaikka pitivätkin metsänomista-



Toimintamallin lintuperspektiivin havainnekuva. Laskeutusaltaan reunoille kaivetaan taskut, joihin puuaines asetellaan poikittain altaan yli.

jien ennakkoluuloja yhtenä suurimmista toteutuksen ongelmakohtista. Suurin huoli oli puunippujen teon ja asentamisen toteutus muun työn ohella. Kyselyn avoimien vastausten perusteella hahmottui toteutusketju, jonka eri vaiheisiin puumateriaalin lisääminen vesiensuojelurakenteeseen vaikuttaa. Yllättävää oli jälkihuollon saama huomio.



Toteutusketjussa on mukana suometsänhoidon työvaiheita, joihin puumateriaalin lisääminen laskeutusaltaisiin vaikuttaa. Vesiensuojelun tehostaminen puumateriaalilla muuttaa eniten suunnitteluvaiheen työnkuvaa.

Alkuperäinen suunnitelma oli pitää maastotyöpaja, jossa mietittäisiin yhdessä toimijoiden kanssa puumateriaalin lisäämisen toimintamallia. Korona muutti suunnitelmia ja perumisten jälkeen työpaja toteutettiin webinarilla 16.9.2020 (osallistujia 65 kpl). Työpajaa suunniteltaessa alkoivat hahmottua oleelliset kysymykset: Miten



Kuva: Esa Huotari

Metsä Groupin Pyhännän koekohteen toteutus.

paljon puuta tarvitaan tehostamaan vesiensuojelua? Pystytäänkö puut siirtämään laskeutusaltaaseen ilman sitomista nippuun? Kuka sitoo nipun? Kuka maksaa hakkuun ja lähikuljetuksen aikana muodostuneet kustannukset? Useat käytännön kokeilut rakenteen tekemisestä antoivat hyviä vinkkejä rakenteen toteuttamiseen. Webinaarin keskustelussa kävi viimeistään selväksi, että se pitää pystyä toteuttamaan konetyönä ja lähtökohtaisesti ilman apumiestä. Webinaarin keskustelut muodostivat neljä teemaa: teoriatausta puumateriaalista vedenpuhdistajana, suunnittelussa huomioitavat asiat, uusia ideoita rakenteen toteuttamiseen ja jälkihoito. Webinaarin osallistujille lähetettiin lyhyt kysely (vastauksia 17 kpl), jonka perusteella toimintamalli viimeisteltiin. Toimintamalli on työkalu, jolla suunnittelija pystyy ennakoimaan ja ohjeistamaan toimijoita. Toimintamallissa otetaan kantaa webinaarissa tullessiin uusiin ideoihin rakenteen toteuttamisessa esim. kokopuusta ja kannoista sekä kirjoitetaan auki valistuneet arvauksemme rakenteen jälkihoidosta ja sen tarpeesta. Toimintamalli on julkaistu kokonaisuudessaan hankkeen verkkosivuilla, ajankohtaista-osiossa: <https://www.syke.fi/hankkeet/puumavesi>.



12

Hankkeen viestintä ja vaikuttavuus

Hanke oli poikkeuksellisen aktiivinen mediaviestinnässä. Viestinnässä korostuivat hankkeen vetäjän haastattelut eri medioissa sekä sosiaalisen median hyödyntäminen. Viestinnän perustana toimi [hankkeen oma verkkosivu](#), josta oli mahdollista seurata jatkuvasti ajankohtaisia tapahtumia, artikkeleita jne.

Aktiivisimmin käytetty sosiaalisen median kanava oli Suomen ympäristökeskuksen twitter-tili [@SYKEInfo](#) ja osallistujien henkilökohtaiset tilit sekä yhteistyökumppanien organisaatioiden tilit. Myös Freshabit LIFE IP -hanke ([@Freshabit](#)) oli aktiivisesti mukana viestimässä. Lisäksi SYKEN, vesistökuunnostusverkoston ja hankkeen oman väen Facebook-tilillä jaettiin tietoa hankkeesta ja sen tapahtumista ja uutisista.

Viestintää syyskuusta 2018 marraskuuhun 2020:

- Uutisia (mediaosumia) 11 kpl. Niiden kautta tavoitettiin tuhansia henkilöitä.
- Noin 100 twiittiä, joissa #puumavesi on mainittu. Niistä osa oli twiittien jakoja omalla saatepostauksella.
- Esimerkiksi ensimmäisen twiitin 18.9.2018 näkivät twitterissä lähes 6800 henkilöä (20 jakoa ja 28 tykkäystä).
- Facebook-postauksia noin 10 kpl.

Hanketta esiteltiin useissa ulkopuolisten järjestämässä seminaareissa sekä mm. 27.–28.4. Metsämme 2019 -messuilla (Jyväskylässä). Hanke järjesti kaksi seminaaria eli aloitusseminaarin 2018 ja välituloksia esittelevän tammikuussa 2020. Tuloksia esiteltiin 16.9.2020 Suomen metsäkeskuksen järjestämässä webinaarissa, jossa myös saatiin arvokasta palautetta menetelmän soveltamiseen liittyen. Palautteen perusteella työstettiin toimintamalli ja ohjeistus.

Tiivistelmä

Ilmastonmuutoksen edetessä maankäytön aiheuttama vesistökuormitus kasvaa. Maa- ja metsätalouden liettävä ja rehevöittävä kuormitus sekä humusaineiden ja metallien huuhtoutuminen uhkaavat entistä enemmän heikentää vesien ekologista tilaa. Vuonna 2018 käynnistyneessä **Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökunnostuksiin** -hankkeessa tutkittiin puuta hyödyntävän uuden biologisen menetelmän tehoa useilla koealueilla Keski-Suomessa ja Etelä-Karjalassa.

Hankkeessa kehitettiin pienpuusta vesistökuormitusta pienentäviä luonnonmukaisia rakenteita: rankatukkeja ja -kasetteja. Myös eri puulajien ja puuaineksen tuoreuden vaikutuksia pudistustulokseen tutkittiin.

Uppopuurakenteiden pinnoille kehittyi nopeasti päällyskasvusto ja sitä hyödyntävä pohjaeläimistö, jotka suodattavat vedestä ravinteita, humusaineita ja metalleja.

Puukäsittely alensi systemaattisesti laskeutusaltaista purkautuvien vesien kiintoaineksen, kemiallisen hapenkulutuksen, kokonaisravinteiden ja orgaanisen hiilen pitoisuuksia. Päällyskasvuston muodostuminen on selvästi voimakkaampaa havupuiden pinnoilla kuin koivun pinnalla. Vastaavasti myös pohjaeläimistö oli runsaimmillaan havupuupinnoilla. Puulisäykset moninkertaistivat pohjaeläimistön tuotannon ja monimuotoisuuden perinteisiin laskeutusaltaisiin verrattuna.

Hallittu puuaineksen lisääminen ojustoihin, vesiensuojelurakenteisiin, purku-uomiin, pienvesisiin ja myös rantavyöhykkeillekin voi merkittävästi tehostaa ravinteiden talteenottoa ja ehkäistä vesistöhaittoja. Samalla elinympäristöjen monimuotoisuus kasvaa, mikä parantaa vesiluontotyyppien ja kalakantojen tilaa. Ilmastobonus on, että uponnut puuaines säilyy vedessä paitsi eliöstön ruokapöytänä myös hiilivara-
rastona jopa tuhansia vuosia.

PUU MA VESI-hanke

Puupohjaisilla uusilla
Materiaaleilla tehoa metsätalouden
Vesiensuojeluun ja vesistökunnostuksiin

Hankkeen kesto:
2018–2020
Kohdealueet:
Keski-Suomessa ja
Etelä-Karjalassa

Lisätieto

www.syke.fi/hankkeet/puumavesi

Johtava tutkija

Kari-Matti Vuori
Suomen ympäristökeskus SYKE
p. 0295 251 754
kari-matti.vuori@syke.fi

Erikoistutkija

Saija Koljonen
Suomen ympäristökeskus SYKE
p. 0295 251 791
saija.koljonen@syke.fi

Hankekumppanit



Saarijärven kaupunki ja Savitaipaleen kunta