

Henri Hiltunen

BIOSUODINMATERIAALIEN
SOVELTUVUUS
METSÄOJITUSALUEIDEN
VALUMAVESIEN KÄSITTELYSSÄ

Opinnäytetyö
Metsätalouden koulutusohjelma


Joulukuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 2.12.2015
Tekijä Henri Hiltunen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Metsätalouden koulutusohjelma Metsätalous
Nimeke Biosuodinmateriaalien soveltuvuus metsäojitusalueiden valumavesien käsittelyssä	
Tiivistelmä Metsätalouden hyviin toimintatapoihin kuuluu mahdollisimman pienet ympäristövaikutukset. Metsiä tulee hoitaa ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestäväällä tavalla. Yhteiskunta asettaa lakien muodossa vähimmäisvaatimukset, joita tulee noudattaa. Pelkästään lakeja noudattamalla ei voida edistää tarpeeksi metsätalouden ekologista kestävyttä. Vesiensuojelun tehostamiseksi Mikkelin ammattikorkeakoulu on yhdessä Tapio Oy:n kanssa aloittanut hankkeen Metsätalouden vesiensuojelun tehostaminen biosuotimilla – Vetu. Tässä hankkeessa on tarkoitus kehittää edullinen ja tehokas menetelmä, jolla voidaan vähentää metsätaloudesta johtuvia ravinne- ja kiintoainesvalumia. Opinnäytetyössä esitellään uusia mahdollisuuksia kustannustehokkaaseen ja mahdollisimman huoltovapaaseen menetelmään. Monia esiteltävistä menetelmistä on jo kokeiltu maataloudessa, sillä siellä typpi- ja fosforipäästöt ovat suurempia lannoituksen takia. Monet maatalouden menetelmät vaativat erilaisia kemikaaleja toimiakseen. Kemikaalit eivät sovellu metsätalouden ratkaisuksi, sillä kemikaaleja täytyy lisätä lyhyen ajan välein ja ne ovat kalliita, eikä niiden käyttö tue metsätalouden kestäväen käytön tavoitteita. Pohdinnassa käydään läpi, kuinka eri vaihtoehdot toimivat ja mitä hyviä ja huonoja puolia eri menetelmissä on. Lisäksi kerrotaan syyt, miksi projektissa käytetään valittuja suodinmateriaaleja. Metsätalouden ratkaisuksi soveltuvat paremmin biosuodattimet, sillä niiden mahdollinen käyttöikä on pidempi ja niiden huoltotarve käyttöaikana on vähäinen. Suodattimissa käytetään kierrätettäviä luonnollisia materiaaleja, joten niistä aiheutuu mahdollisimman vähän kuormitusta ympäristölle. Tässä työssä esitellään metsätalouden jo käytössä olevia vesiensuojelun ratkaisuja sekä hankkeen käyttöönotettava biohiili- ja lehtipuuhaesuoatimet, joiden avulla saadaan lisää tietoa suodattimien toiminnasta.	
Asiasanat (avainsanat) biosuodatus, vesiensuojelu, ojitus, saostuminen	
Sivumäärä 26	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Kati Kontinen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Metsätalouden vesiensuojelun tehostaminen biosuotimilla – Vetu

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis 2.12.2015
Author Henri Hiltunen	Degree programme and option Forestry
Name of the bachelor's thesis The suitability of bio filtering materials in handling leachate of forest drainage areas	
Abstract Minimizing environmental effects is important in good forest management. Forests need to be managed in ecologically, socially and economically sustainable ways. Society sets the minimum requirements by laws however, obeying only the laws doesn't improve the sustainable development enough. To improve the state of water conservation the Mikkeli University of Applied Sciences in cooperation with Tapio Oy has a started project called Vetu, Improving water protection with bio filters in silviculture. The main goal in this project is to develop a low-priced and effective method to reduce the leachate of forestry related nutrients and suspended substances. This thesis introduced many new methods are already used in agriculture, because in that field nitrogen and phosphorus are bigger problems due to fertilization. An agricultural methods require different kinds of chemicals to sediment nutrients from water. Chemicals in general do not fit silviculture, because adding chemicals to water is expensive and it does not support silvicultures targets about sustainable development. This thesis introduced different methods for the protection of waters that are used in silviculture. The common solutions used in silviculture are following: surface runoff areas, safety zones, sedimentation basins and round of ditch. Thesis shows that bio filtration is better option for silviculture. These bio filters will last for longer and they do not need maintenance in their life cycle. These filters use biomaterials, so their environmental impact will be small. When the filter lasts for three years after making them. These filters in the ditches will cut efficiently the most of nutrient leachate. In the end the study concludes how different methods worked in silviculture and their pros and cons. In the conclusions study also explained the reasons for choosing the selected methods for the Vetu project.	
Subject headings, (keywords) bio filtering, protection of waters, draining, sedimentation	
Pages 26	Language Finnish
Remarks, notes on appendices	
Tutor Kati Kontinen	Bachelor's thesis assigned by A project called Vetu, Improving water protection with bio filters in silviculture.

SISÄLTÖ

KUVAILELLEHDET

1	JOHDANTO	1
2	METSÄOJITUKSEN HISTORIAA	2
2.1	Metsälakien asettaminen.....	2
2.2	Metsäojituksesta kunnostusojitukseen.....	3
3	LAIT JA SERTIFIOINTI KUNNOSTUSOJITUKSELLE	4
3.1	Vesilaki	4
3.2	Metsäsertifiointi.....	5
4	HAITALLISIMMAT KUORMITTAJAT	6
4.1	Kiintoaines	6
4.2	Ravinteet	7
5	VESIENSUOJELU METSÄTALOUESSA	8
5.1	Metsätalouden vesiensuojelun suunnittelu turvemilla	8
5.1.1	Pintavalutuskenttä	9
5.1.2	Suojavyöhyke.....	11
5.1.3	Laskeutusallas	12
5.1.4	Lietekuoppa ja kaivukatko.....	13
5.1.5	Virtaamasäätöpato.....	13
5.1.6	Munkki.....	14
6	SAOSTUS- JA SUODATUSMENETELMÄT METSÄTALOUDEN KÄYTTÖÖN.....	15
6.1	Alumiinihydroksipolymeerisaostus	15
6.2	Ferrisulfaattisaostus	16
6.3	Kalkkisuodatus	17
6.4	Biohiili	18
6.5	Tuhka	19
6.6	Puuhakesuodatus.....	19
6.7	Pajukerpputorni.....	21
6.8	Rahkasammal.....	22
7	POHDINTA	22
	LÄHTEET	25

1 JOHDANTO

Kestävään metsätalouteen kuuluu haitallisten ympäristövaikutusten minimointi. Metsiä hoidetaan ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävällä tavalla. Jokainen metsänomistaja tekee itse päätökset, miten käyttää ja hoitaa metsiään. Yhteiskunta kuitenkin asettaa lait ja asetukset, joilla turvataan metsien kestävä käyttö. Lisäksi nykyiset metsäsertifiointijärjestelmät PEFC ja FSC vaativat omissa kriteereissään vesistöjen suojelutoimenpiteitä.

Jotta vesiensuojelu saataisiin tehostettua, on nykyisten suojelutoimenpiteiden lisäksi kehitettävä uusia menetelmiä. Opinnäytetyössä esitellään uusia mahdollisuuksia kustannustehokkaaseen ja mahdollisimman huoltovapaaseen menetelmään. Monia esiteltävistä menetelmistä on kokeiltu maataloudessa, sillä siellä typpi- ja fosforipäästöt ovat suurempia lannoituksen takia. Lisäksi monet menetelmät vaativat erilaisia kemikaaleja toimiakseen. Kemikaalit eivät sovellu metsätalouden ratkaisuksi, sillä kemikaaleja täytyy lisätä lyhyen ajan välein ja ne ovat kalliita, eikä niiden käyttö tue metsätalouden kestävästä käytön tavoitteita.

Opinnäytetyö on tehty Mikkelin ammattikorkeakoulun ja Tapio Oy:n yhteishankkeelle. Hanke on Metsätalouden vesiensuojelun tehostaminen biosuotimilla - Vetu. Hankkeen tavoitteena on kehittää kestävästä vesitaloutta metsätalouden vaikutusalueella. Hankkeessa kehitetään vesiensuojeluun biosuodattimia, jotka vähentävät kiintoaine- ja ravinnekuormitusta alapuolisiin vesistöihin.

Hankkeen tavoitteena on kehittää metsätalouden kestävästä vesitaloutta puhtaan ympäristön turvaamiseksi. Hankkeessa kehitetään metsätalouden vesiensuojeluun suodattimia, jotka vähentävät kiintoaine- ja ravinnekuormitusta alapuolisiin vesistöihin. Lisäksi tavoitteena on seurata metsätalouden toimenpiteiden vaikutusta alapuolisiin vesistöihin ja ympäristöön. Hankkeessa selvitetään myös erilaisten biosuodinmateriaalien soveltuvuutta metsäbiomassan varastoalueiden sekä metsäojitusalueiden valumavesien käsittelyssä. (Karosto 2015b.)

Biosuodinmateriaalivaihtoehtojen soveltuvuutta valumavesien käsittelyyn testataan laboratoriomittakaavassa. Laboratoriossa kokeillaan uusia suodinratkaisuja ja nykyisiä

jätevedenpuhdistuksessa käytettäviä suodatinmateriaaleja. Kokeet tehdään Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen laboratorioissa. (Karosto 2015b.)

Vetu-hankkeella on rakennettu kaksi suodatinta Juvalla sijaitseville pilottikohteille. Piloteissa kokeillaan kahta erilaista suodatinmallia. Ensimmäiselle kohteelle asennettiin lehtipuuuhakesuodatin ja biohiilisuodatin. Toinen kohde varustetaan pelkällä biohiilisuodattimella, jotta voidaan verrata eri suodatin kokonaisuuksien vaikutuksia kiintoaineen, typen, fosforin ja liukoisen humuksen määriin. Rakennettaessa ja asennettaessa on kehitetty suodattimen kehikon mallia.

2 METSÄOJITUKSEN HISTORIAA

2.1 Metsälakien asettaminen

Vuonna 1906 Cajander julkaisi kokonaisesityksen ”Maamme soista ja niiden metsätaloudellisesta merkityksestä”, joka toimi teoreettisena pohjana metsäojituksille (Päivänen 2007, 155–156). Järjestelmällinen metsäojitus Suomessa voidaan katsoa alkaneen vuonna 1908. Sinä vuonna palkattiin ensimmäiset suonkuivatusmetsänhoitajat. He ottivat mallia, miten Ruotsissa metsäojitus ja sitä tukeva toiminta oli organisoitu. (Korhonen ym. 2008, 96.)

1920-luvun puolivälissä valmistuneen valtion metsien inventoinnin jälkeen heräsi huoli Suomen puuvarojen riittävydestä. 1920-luvun lopulla valmistui ensimmäinen metsänparannuslaki. Laissa varattiin valtion budjetin varoja soiden kuivattamiseen ja tuottamattomien sekä vähätuottoisten maiden tuottavuuden lisäämiseksi. Aluksi metsänparannuslait annettiin viideksi vuodeksi kerrallaan. Vuonna 1967 metsänparannuslaki vahvistettiin pysyväksi. (Päivänen 2007, 155–156.)

Metsänparannusinvestointien vaikutusajat ovat pitkät ja sijoitukset realisoituvat vasta vuosikymmenten päästä. Tämän takia valtion tarjoamat tuet ovat edistäneet ja mahdol-

listaneet suuria yhteishankkeita. (Päivänen 2007, 156.) Päiväsen (2007, 158–159) mielestä julkisen tuen kohdentamisella on pyritty ohjaamaan metsänomistajien päätöksentekoa kulloisenkin ajankohdan metsäpolitiikan tavoitteiden suuntaisesti.

2.2 Metsäojituksesta kunnostusojitukseen

Vuoteen 1987 asti kunnostusojitus ei ollut tuettu työläji. Ennen vuotta 1987 ojat kunnostettiin ojittamalla jo ojitetut alueet uudestaan, kuin ne olisivat olleet luonnontilaisia soita. Tämä toiminta aiheutti tilastollista harhaa, sillä kyseiset päällekkäisöjotukset olivat luonteeltaan kunnostusojituksia. Koska kunnostusojitukset eivät olleet tuettu työläji, metsäammatillaiset kiersivät ongelman ojittamalla alueet uudestaan. (Päivänen 2007, 159.)

Metsänparannuslaki muuttui lyhyessä ajassa kolme kertaa ojituksen tulosten ylläpitämiseen painottavaksi. Vuonna 1987 eriytettiin metsäojitus ja metsäojituksen kunnostus erillisiksi työläjeiksi. Metsäojituksen kunnostuksen rahoitusehdot olivat vielä hieman tiukemmat kuin metsäojituksen, koska valtio oli ottamassa vastuuta maanomistajien kustannuksista. Vuonna 1991 metsäojitus ja kunnostusojitus yhdistettiin metsäojitus nimen alle. Vuonna 1992 ei enää tuettu metsäojitusta, vaan kaikki rahoitus siirrettiin pelkästään kunnostusojitukselle. Samassa uudistuksessa lain ensimmäinen pykälä muuttui, eikä lain varoja varattu enää ”yksityismetsien puuntuotannon edistämiseen” vaan ”yksityismetsien hoidon ja kunnossapidon edistämiseen”. (Päivänen 2007, 159.)

Metsäojitus oli suurimmillaan 1960-luvun loppupuolella ja päättyi vuoteen 1992. Nykyään soita on ojitettu 4,6 miljoonaa hehtaaria ja ojittamattomia soita on 4,1 miljoonaa hehtaaria (Metsäntutkimuslaitos 2014, 50). Soiden ojituksen ansiosta metsien kasvu on lisääntynyt 14 miljoonaa kuutiometriä vuodessa aina 1950-luvun alusta lähtien (Ruotsalainen 2007, 5). Suomen metsätalousmaasta 33 prosenttia on soita, eli 8,7 miljoonaa hehtaaria. (Vanhatalo ym. 2015, 11).

Kemera-varoja myönnetään vähintään viiden hehtaarin suometsän hoitoaloille, ja tukea saa 70 % hankkeen kokonaiskustannuksista. Tuen määrä vähintään kahden hehtaarin aloilla on 40 %. Kohteilla pitää olla tehtynä välttämättömät taimikonhoitotyöt sekä tarpeelliset hakkuut. Kohteelle ei saa tulla hakkuu- tai hoitotarvetta kasvupaikasta riippuen

seuraavan 5–10 vuoden aikana. Tuetun hoitoyön jälkeen puuston kasvun tulee olla keskimäärin vähintään 1,5 m³/ha vuodessa. Toteutus suunnitelmaan on liitettävä erillinen selvitys vesiensuojelun kannalta välttämättömistä toimenpiteistä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2015.)

3 LAIT JA SERTIFIOINTI KUNNOSTUSOJITUKSELLE

3.1 Vesilaki

Uudistunut vesilaki tuli voimaan vuonna 2012. Uudessa laissa on myös selvennetty ojien kunnossapidon luvanvaraisuutta niin, että luonnontilaisen kaltaiseksi muuttuneiden ojien kunnossapito vaatii luvan samoin perustein kuin uuden ojan tekeminen. (Ympäristöministeriö 2012, 41.)

Tärkein muutos, joka vaikuttaa metsätalouteen, on virtaavien vesien, joen, puron ja noron määritelmien uusi linjaus. Uoman tyyppi määräytyy pääsääntöisesti pelkästään yläpuolisen valuma-alueen koon perusteella. Vähintään sadan neliökilometrin valuma-alueelta virtaa joki. Puron valuma-alue on kymmenen ja sadan neliökilometrin välissä. Alle kymmenen neliökilometrin valuma-alueilta lähtevät norot. (Joensuu 2013, 155.)

Uuden lain määritelmien muutokset vaikuttavat metsätalouteen eniten metsälain 10. §:n erityisen tärkeiden elinympäristöjen määrityksiin. Vanhan lain mukainen puro voi muuttua uuden lain määritelmässä joeksi. Muutoksen jälkeen kyseisen uoman varrelle kartoitettu 10. § kohde ei ole enää voimassa, koska metsälaki ei koske jokia. (Joensuu 2013, 155–156.)

Uudessa vesilaissa uoman luonnontila ei saa vaarantua peratun puron luonnontilaisena säilyneiden pätkien osalta, eli uudessa vesilaissa suojellaan jokainen luonnontilaisena säilynyt kohta uomissa. Metsätalouteen tämä muutos tuo tiukennuksia. Uomien ylitykset täytyy suunnitella entistä tarkemmin, jottei ylityskohtiin jää painumia. (Joensuu 2013, 156.)

Vähäistä suuremmista eli yli viiden hehtaarin suoalueen ojituksista tulee tehdä kirjallinen ilmoitus 60 päivää ennen ojituksen aloittamista ELY-keskukselle (Elinkeino-, liikenne ja -ympäristökeskus). Kaikista kunnostusojitushankkeista tehdään ojitusilmoitus. Kunnostusojitusten ympäristövaikutukset ovat vähintäänkin vastaavat kuin uudisojituksessaakin. Kolmen ensimmäisen vuoden aikana kiintoainetta lähtee kaivuun seurauksena voimakkaasti liikkeelle. (Joensuu 2013, 157.)

3.2 Metsäsertifiointi

Metsäsertifikaattien tarkoituksena on todistaa riippumattomien auditoijien välityksellä, että metsänhoito on kestävää taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti. Metsätaloudessa on kaksi merkittävää sertifiointijärjestelmää PEFC ja FSC. Molemmat järjestelmät edellyttävät metsänhoitotoimenpiteiden suorittamista lain ja hyvien metsänhoitosuosituksen mukaisesti. Näiden vähimmäiskriteereiden lisäksi sertifioijat vaativat tiukempia toimia. Alle on lueteltu PEFC:n ja FSC:n vaatimuksia kunnostusojitus kohteilla. (Vanhatalo & ym. 2015, 153–154.)

PEFC:n vaatimusesimerkkejä (PEFC 2014. 20–21 & 25):

- Vähäistä suuremmasta eli yli viiden hehtaarin kunnostusojitushankkeesta tehdään ilmoitus ELY-keskukselle.
- Kunnostusojitussuunnitelmiin sisältyy vesiensuojeluohjelma.
- Luonnontilaisia soita ei uudisojiteta. Kunnostusojituksessa ja muussa vesitalouden järjestelyssä otetaan erityisesti huomioon harvinaistuneet suoiontotyypit sekä niiden luonnontilaan palautumisen mahdollisuudet.
- Kunnostusojituksia tehdään vain alueilla, joilla ojitus on selvästi parantunut puuston kasvua.
- Uudistusaloilla, joilta johdetaan vesiä laskuojaan, toteutetaan tarkoituksen mukaiset vesiensuojelutoimenpiteet.
- Vesistöjen ja lähteiden varteen jätetään vähintään 5–10 metriä leveä suoja-kaista sitomaan kiintoaine- ja ravinnekuormitusta.
- Suojakaistalla ei saa tehdä maanmuokkausta tai kasvillisuuden raivausta.
- Suojakaistalta voidaan poimia muuta puustoa kuin säästö- ja lahopuita siten, että kaistalla olevaa pensaskerrosta ja pienikokoista alle seitsemän senttimetrin rinnankorkeuslähimitaltaan puustoa säilytetään.

FSC:n vaatimusesimerkkejä (FSC 2011. 33–34):

- Vähäistä suuremmasta eli yli viiden hehtaarin kunnostusojitushankkeesta tehdään ilmoitus ELY-keskukselle.
- Kunnostusojituksen tulee perustua kunnostusojitussuunnitelmaan.
- Kunnostusojitusten yhteydessä estetään valumavesien ohjautuminen suoraan vesistöön tai pienveteen.
- Metsänomistaja säilyttää soisina riistaelinympäristöinä ne suot, joilla ojitus ei ole lisännyt puuston kasvua ja joita ei ole jatkossa taloudellisesti järkevää kunnostusojittaa.
- Vesistöjen ja pienvesien ympärille jätetään maastomuotojen ja maalajin perusteella määräytyvä suojavyöhyke. Lampien ja järvien rannoille vähintään 10 metriä ja purojen, jokien sekä merenrannoille vähintään 15 metriä.
- Suojavyöhykkeillä ei saa käsitellä puustoa, muokata maata, ojittaa taikka nostaa kantoja.
- Pohjavesialueilla ei saa tehdä kunnostus- ja täydennysojitusta, lannoitusta kemiallista torjuntaa, kantojen nostamista tai kulotuksia.

4 HAITALLISIMMAT KUORMITTAJAT

4.1 Kiintoaines

Kiintoaines on vedessä hiukkasmaisessa muodossa olevaa orgaanista tai epäorgaanista ainesta. Veden virtausnopeuden pienentyessä kiintoaine liettyy ojan, luonnonuoman, laskeutusaltaan, lammen tai järven pohjalle. Orgaaninen kiintoaine liettää pahemmin kuin epäorgaaninen, sillä orgaaninen kiintoaine on biologisesti aktiivista ja hajotessaan kuluttaa vesistön happivarjoja. (Päivänen 2007, 114.)

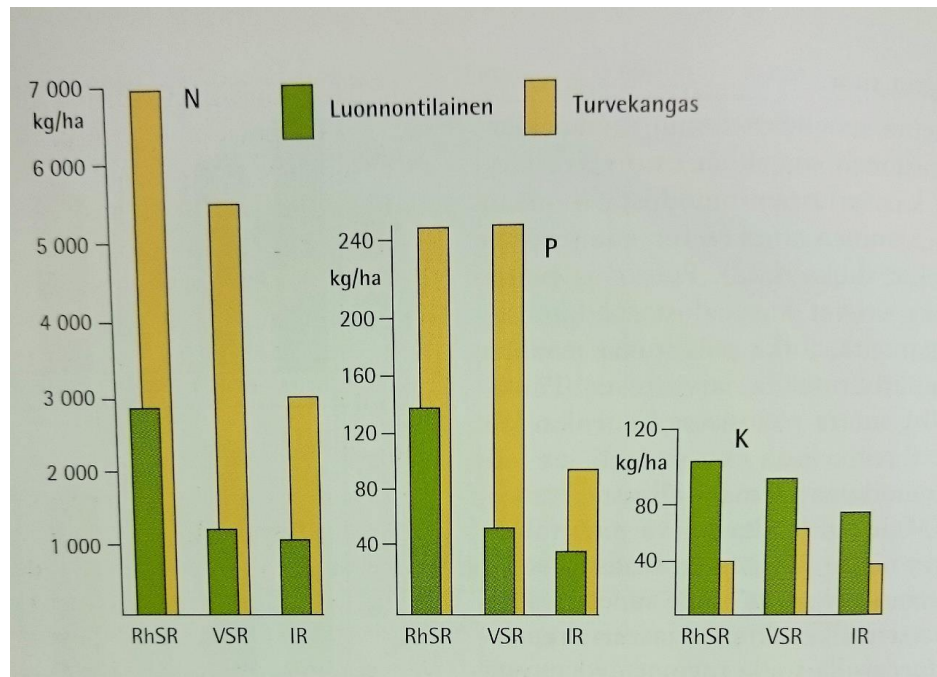
Kunnostusojituksen vesistöille aiheuttama suurin riski on kiintoaineksen huuhtoutuminen. Kiintoaineksen huuhtoutuminen kunnostusojituksessa voi olla jopa suurempaa kuin ensimmäisessä ojituksessa tapahtunut huuhtouma. Ojitus on ohentanut turvekerrosta ja sen takia suuremmalla osalla ojaverkostoa kunnostusojat ulottuvat kivennäismaahan. Kunnostusojituksen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon, miten syöpmistä ja liettymistä voidaan ehkäistä. Suunnittelussa voidaan käyttää hyödyksi paikka-

tietojärjestelmillä tuotettuja teemakarttoja. Teemakartoilla voidaan havainnollistaa vesien virtausreitit, kaltevuussuhteita, eroosioherkkyyttä ja valuma-alueiden kokoa. Paikkatietoanalyysillä voidaan etsiä myös potentiaalisia kosteikkojen sekä pintavalutusenttien paikkoja. Paikkatietoanalyysillä tuotetut teemakartat eivät poista maastosuunnittelua, vaan luovat hyvää lisätietoa missä on mahdollisesti eroosio-herkimmät kohdat. (Vanhatalo ym. 2015, 79–80.)

4.2 Ravinteet

Kunnostusojitus lisää ravinnepäästöjä, jos ojien perkaussyvyys ulottuu turvekerroksen alapuoliseen kivennäismaahan. Tällöin kunnostusojituksen kuormitus voi olla suurempi kuin vain turpeeseen ulottuneen saman alueen uudisojituksessa. Fosforin huuhtoutuminen voi kasvaa jopa kaksinkertaiseksi, kun kunnostusojituksen perkaus on tehty liian syväälle ja kivennäismaa-aines on altistunut eroosiolle. Kunnostusojitus ei itsessään lisää kokonaistypen huuhtoutumista ojitusalueelta, vaan se vaikuttaa huuhtoutuvien typpiyhdisteiden välisiin runsaussuhteisiin. (Hiltunen ym. 2011, 99–100.)

Ojituksen myötä pintaturpeessa olevien pääravinteiden määrät ja niiden suhteet muuttuvat. Typen ja fosforin määrä kasvaa turvekankaiden pintaturpeessa, kun taas kaliumin määrä vähenee. Kuvassa 1 esitetään, miten pääravinteiden määrät muuttuvat ojituksen vaikutuksesta ruohoisella sararämeellä (RhSR), varsinaisella sararämeellä (VSR) ja iso-varpurämeellä (IR). Typen ja fosforin määrien kasvua voidaan selittää pintaturpeen tiivistymisellä ja tiheyden suurenemisella. Ravinne-määrät eivät sinänsä lisäänty, vaan turpeen tiivistymisen takia alemmista kerroksista ravinteita siirtyy 0–20 cm paksuun pintakerrokseen. (Päivänen 2007, 81–82.)



KUVA 1. Typen (N), fosforin (P) ja kaliumin (K) määrät ojittamattomilla rämeillä ja vastaavista suotyypeistä kehittyneillä turvekankailla 0–20 cm:n turvekerroksessa (Päivänen 2007, 82)

Suurin osa turpeen typestä ja fosforista on orgaanisesti sitoutunutta. Vasta mikrobitoiminnassa typpi ja fosfori muuttuvat kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Mikrobiologisissa prosesseissa on merkitystä hiilen ja typen suhteella, koska se vaikuttaa miten ravinteet vapautuvat kasvien käyttöön. Jos hiilen ja typen suhde on korkea, niin lähes kaikki vapautuvat ravinteet sitoutuvat kokonaan mikrobibiomassaan. Kun hiilen ja typen suhde on matala, niin osa vapautuneista ravinteista jää kasvien käyttöön. (Päivänen 2007, 82.)

5 VESIENSUOJELU METSÄTALOUESSA

5.1 Metsätalouden vesiensuojelun suunnittelu turvemilla

Hyvän vesiensuojelun edellytyksenä on suunnittelu. Suunnittelu täytyy tehdä kunnolla, sillä suunnitellussa tehdyt virheet ja puutteet ovat vaikea korjata jälkikäteen. Itse ojien kaivaminen tulee tehdä kesällä kuivan kauden aikana, jotta vettä olisi mahdollisimman

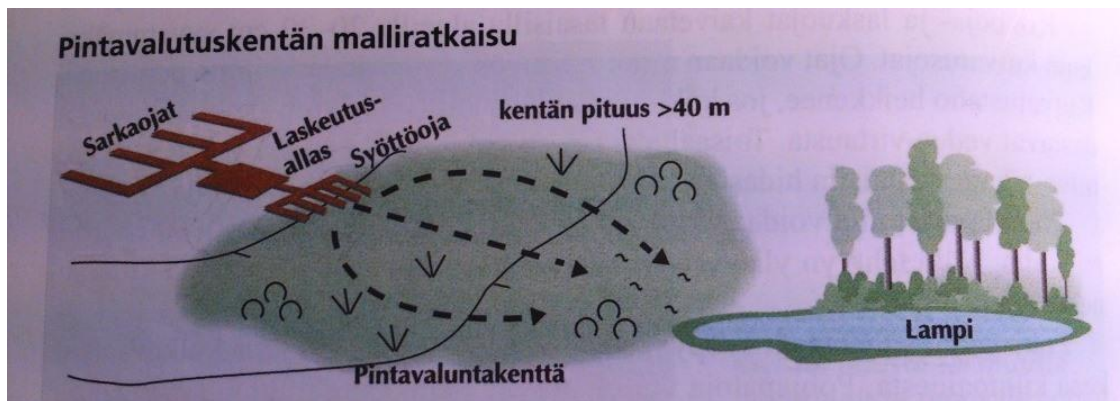
vähän maassa. Ensimmäisenä kaivetaan laskeutusaltaat ja pintavalutuskentät. On tärkeää huolehtia, että vesistöön ei pääse valumaan kaivun aikana aiheutuvia valumia. Ojien kaivaminen aloitetaan latva-ohjista ja viimeiseksi kaivetaan laskuojat, jotka johtavat vedet eteenpäin vesistöön. Jos laskuojat ovat hyvä-kuntoisia, niitä ei tarvitse perata lainkaan, vaan näillä kaivukatkoilla hidastetaan vesien virtaamaa. Jos valuma-alue on laaja, kunnostusohjituksia kannattaa jakaa useammalle vuodelle, jotta kiintoainervalumat eivät olisi niin suuria yhden vuoden aikana.

Ravinteiden ja kiintoaineksen huuhtoutumista suoraan vesistöihin estetään ja vähennetään rakentamalla erilaisia veden virtausnopeuden hidastajia sekä estämällä veden suora valuminen vesistöihin. Ojien hyvällä suunnittelulla on iso vaikutus ojaston syöpymisen ehkäisyyn. Ojien oikeanlaisella kaivamisella saadaan varmistettua halutut tavoitteet.

5.1.1 Pintavalutuskenttä

Pintavalutuskenttä on ojittamaton alue, jonka läpi ojien vedet johdetaan. Pintavalutuskentäksi sopii mikä tahansa tasainen alue, missä vedet suodattuvat pintakasvillisuuteen. Veden virtausnopeus hidastuu ja vesi leviää laajalle alueelle. Kenttä on tehokas pysäyttämään liikkeelle lähteneen kiintoaineksen. Se voi myös vähentää liuenneiden ravinteiden päätymistä vesistöön. Kentältä saattaa aluksi liueta fosforia, mikäli se on tehty karulle suolle. (Joensuu ym. 2007, 28.)

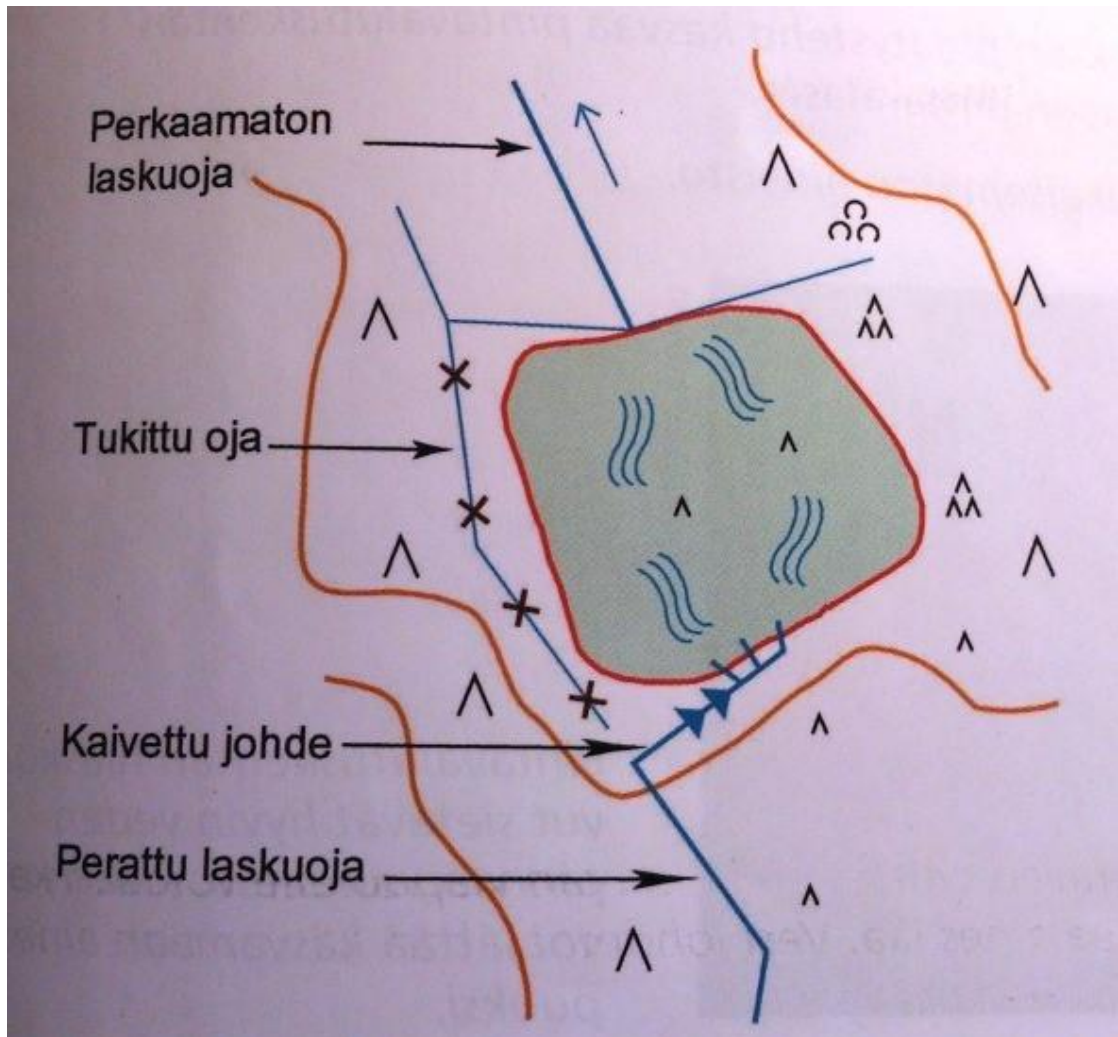
Kentän tehon säilyttämiseksi on tärkeää, ettei siellä ajeta millään koneilla. Koneiden uriin saattaa syntyä oikovirtoja, joissa vesi virtaa nopeammin, jolloin vesi viipyy lyhyemmän aikaa kentällä. Hyvin toimiva pintavalutuskenttä sitoo jopa 70–90 prosenttia kiintoaineksesta. Kuvassa 2 on esimerkkikuva, minkälainen pintavalutuskentän tulisi olla. Sarkaojat johdetaan laskeutusaltaaseen, johon jäävät raskaimmat kiintoaineet. Laskeutusaltaan jälkeen tulevat kampamaiset syöttöojat, mitkä jakavat ojista tulevan veden tasaisesti kentälle. (Joensuu ym. 2007, 28.)



KUVA 2. Pintavalutuskentän malliratkaisu (Joensuu 2007, 28)

Kuvassa 3 on piirrosmalli pintavalutuskentästä. Vanha oja on tukittu ja vedet ohjataan nyt pintavalutuskentälle. Laskuoja on perattu, jotta kuivatusteho olisi metsälle riittävä. Valutuskentän jälkeinen laskuoja on jätetty perkaamatta, jotta veden virtausnopeus ei kasvaisi suureksi. (Joensuu ym. 2007, 28.)

Valutuskentäksi on valittu pientä puustoa kasvava alue, mikä on vähintään yhden prosentin valuma-alueesta. Valuma-alue ei saa olla 50 hehtaaria suurempi, sillä sitä suuremmilta alueilta yksi pintavalutuskenttä ei riitä suodattamaan tarpeeksi. Vesi täytyy saada jakautumaan kentälle tasaisesti, eikä sinne saisi syntyä oikovirtauksia. Alapuolisen vesistön tulvat eivät saisi nousta kentälle. (Joensuu ym. 2007, 28.)



KUVA 3. Esimerkki pintavalutuskentästä (Joensuu 2007, 29)

5.1.2 Suojavyöhyke

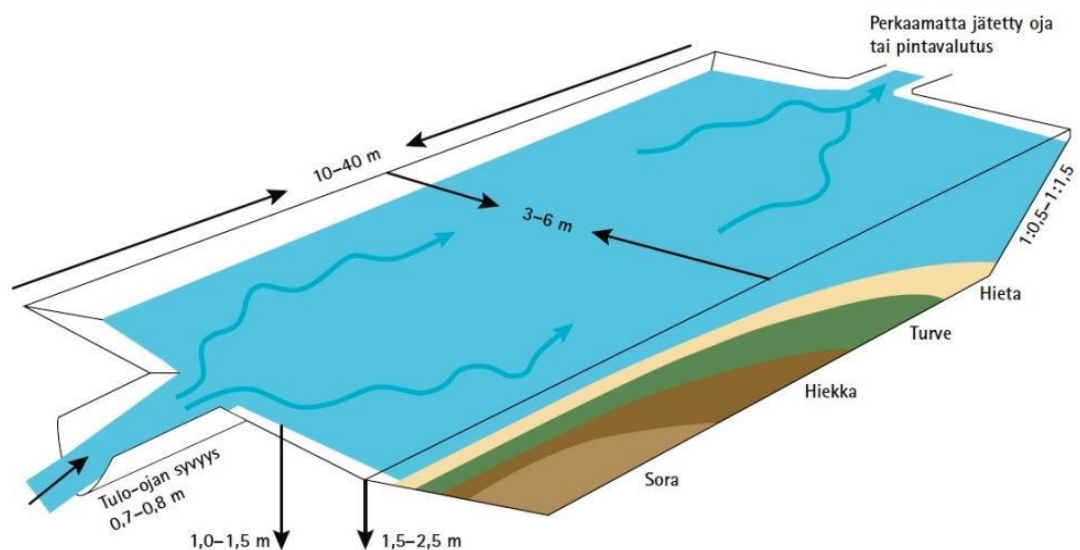
Hakkuiden kiintoaines- ja ravinnehuuhtoumia voidaan vähentää parhaiten jättämällä suojavyöhykkeitä hakkuiden ja vesistön väliin. Suojavyöhyke toimii samalla periaatteella kuin pintavalutuskenttä, mutta erona on, että suojavyöhykkeelle ei johdeta vesiä, vaan ne valuvat omia uriaan sinne. Suojavyöhykkeeltä voidaan poistaa isoja puita, mutta koneella sinne ei saa mennä, eikä sieltä saa poistaa aluskasvillisuutta. Vyöhykkeen maanpinta ja aluskasvillisuus tulee jäädä ehjäksi, jotta kiintoaines ja ravinteet sitoutuvat mahdollisimman tehokkaasti. Suojakaistan leveys riippuu hakkuutavasta ja kasvupaikan ominaisuuksista. (Joensuu ym. 2007, 10–11.)

5.1.3 Laskeutusallas

Laskeutusallas kerää tehokkaasti kiintoainesta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Se on käyttökelpoinen keskikarkeilla ja karkeilla kivennäismailla. Jotta altaat toimisivat tehokkaasti, suunnittelijan täytyy tietää valuma-alueen pinta-ala, puuston tilavuus ja alueen korkeus merenpinnasta.

Laskeutusaltaan kaivamisessa on otettava monia asioita huomioon. Kuivatusoja ei saa kaivaa ennen kuin laskeutusallas on valmis. Altaat keräävät parhaiten hiekkaa ja hietaa, eikä niitä saa rakentaa eroosioherkille maille. Allas on luonnollisesti sijoitettava tarpeeksi kauaksi vesistöistä, etteivät tulvavedet pääse nousemaan altaaseen asti. Altaan reunat tulee tehdä loiviksi, jotteivät ne syöpyisi herkästi ja altaaseen tippuneet eläimet pääsevät altaasta pois. Altaasta pois kaivetut maat maisemoidaan ja ne sijoitetaan tulvien ulottumattomiin. Laskeutusaltaasta pois lähtevä oja kaivetaan matalammaksi kuin altaaseen tuleva oja. (Joensuu ym. 2007, 31.)

Kuvassa 4 on esimerkkimittoja laskeutusaltaan mitoituksesta. Altaan leveys tulisi olla sellainen, että kaivinkoneella yltää kaivaa myös altaan keskiosaa. Altaan tilavuutta kasvatetaan pidentämällä sitä. Kuvaan on myös havainnollistettu, miten eri maalajit lajituvat altaan pohjalle. (Hiltunen ym. 2011, 104.)



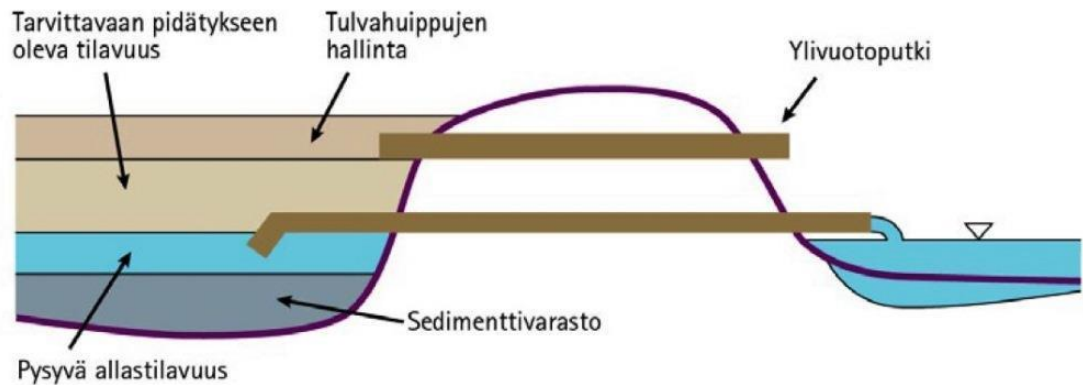
KUVA 4. Laskeutusaltaan mitoitus (Hiltunen ym. 2011, 104)

5.1.4 Lietekuoppa ja kaivukatko

Herkimmin syöpyvissä sarkaojissa ja kokooja- ja valtaojissa syöpymistä ehkäistään perkauskatkoilla. Kaivukatkot kannattaa jättää ojaston kaltevimpiin kohtiin, eikä ojaa kannata perata, jos sen vedenjohtokyky on riittävä. Uusiin herkästi syöpyviin täydennysojiin kannattaa jättää kaivukatkoja. Kaivukatkon pituus riippuu maalajista ja virtaamasta, mutta katkon tulisi olla vähintään 20 metriä pitkä. Lyhyemmät kaivukatkot ovat perusteltuja kuivaustehokkuuden kannalta. Kiintoainesten pidätystä voidaan lisätä kaivamalla katkon yläpuolelle lietekuoppa. Lietekuopat ovat noin 1–2 kuution kokoisia syvennyksiä ojan pohjassa. Lietekuoppia voi olla useampi samassa ojassa jolloin niiden välinen etäisyys tulisi olla noin 100–200 metriä. Niitä käytetään myös kaivu- ja perkauskatkojen, vesistöön johtavien perkaamatta jätettävien ojanosien ja pintavalutus-kenttien yhteydessä karkean kiintoaineksen keräämiseen. (Hiltunen ym. 2011, 101–102.)

5.1.5 Virtaamasäätöpato

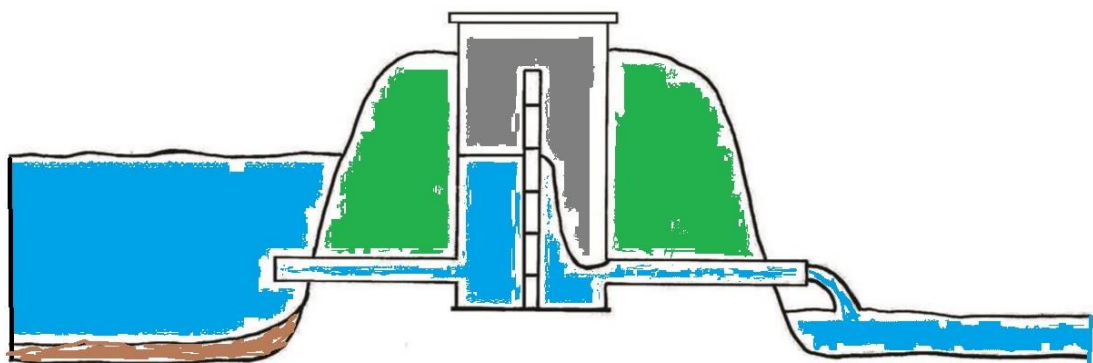
Kuvassa 5 on toteutettu virtaamasäätöpato pohjapatona. Virtaamaa säädellään siten, että ojaan tehdään pato ja sen läpi johdetaan yksi tai useampi putki, joiden läpi vesi virtaa. Putkien koko mitoitetaan niin, että padon läpi virtaa vettä hitaammin kuin padolle tulee, jolloin yläpuoliselle ojastolle aiheutuu padotusta, mikä hidastaa veden virtausnopeutta sopivaksi. Alimman putken koolla ja korkeudella ojanpohjasta määritellään vedenpinnan korkeuden vaihtelun alaraja. Padon yläosaan voidaan laittaa toinen putki, josta vesi virtaa huippuvirtaamien aikana. Ylemmän putken alapuolella on tilavuutta ja aikaa, jolloin jopa yli puolet muutoin huuhtoutuvasta fosforista ja typestä pidättyvät. Virtaaman hidastuminen vähentää myös ojistossa tapahtuvaa eroosiota ja huuhtoumaa. (Hiltunen ym. 2011, 104–105.)



KUVA 5. Pohjapato kahdella putkella (Hiltunen ym. 2011, 105)

5.1.6 Munkki

Munkki tehdään patopenkereeseen ja se on oikeastaan säätökaivo. Munkin putkien koko määrittyy alueen tulvanaikaisen maksimivirtaaman perusteella. Kuvassa 6 on havainnekuva siitä, miten munkki toimii. Vedet munkkiin tulevat ojastosta kuvassa vasemmalta. Esimerkiksi kaivonrenkaista tehdyn kaivon keskellä on mekaaninen säätölevy, jolla säädellään vedenpinnan korkeutta. Munkista lähtevä vesiputki asetetaan lähtöojan pohjan tasolle. Varmuuden vuoksi munkin ohitse on hyvä vetää tulvaputket, jottei itse säätökaivo pääse vaurioitumaan. Munkki ei yleensä jäädy talvisin, joten se sopii mainiosti ympärivuotiseen käyttöön. (Joensuu 2012, 61.)



KUVA 6. Munkki-pato (Joensuu 2012, 61)

6 SAOSTUS- JA SUODATUSMENETELMÄT METSÄTALOUDEN KÄYTTÖÖN

6.1 Alumiinihydroksipolymeerisaostus

Alumiinihydroksin kemiallinen kaava on $\text{Al}(\text{OH})_3$ ja polymeeri on tietyn kemiallisen koostumuksen ja rakenteen omaavista, toisiinsa liittyneistä molekyyleistä koostuva ketjumainen, haaroittunut, dendriittinen, rengasmainen tai verkottunut rakenne. Yksittäinen polymeerimolekyyli koostuu kovalenttisilla sidoksilla toisiinsa liittyneistä monomeereista. Jos polymeerissa on ainoastaan yhtä monomeerilaatua, siitä käytetään käsitettä homopolymeeri. Jos polymeerissa on kahta tai useampaa monomeerilaatua, siitä käytetään käsitettä kopolymeeri. (Höök 2014.) Menetelmän teho perustuu pienimolekyylisten, positiivisesti varautuneiden ja lievästi happamien alumiinihydroksipolymeerien kykyyn murustaa vedessä olevia savihiukkasia. Kuten moniarvoiset kationit alumiinihydroksipolymeerit yhdistävät tehokkaasti savihiukkasia toisiinsa. Kun vesiliukoinen fosfori sitoutuu muodostuvien savimurujen sisässä oleviin oksideihin, se muuttuu leville käyttökelvottomaan muotoon. Yhdistyneet savihiukkaset kasvavat ja painuvat altaan pohjaan, jolloin vesi selkiytyy ja ravinteet jäävät altaaseen. (Kulmala 2011, 58.)

Jotta alumiinihydroksipolymeerisaostusmenetelmä toimisi kunnolla kemikaalin ja veden määrä täytyy olla oikeassa suhteessa. Käytettäviä menetelmiä on kaksi. Voidaan käyttää sähkötoimista säätöventtiiliä, jota ohjaa vedenvirtausmittari. Toisena ja yksinkertaisempaan menetelmänä on säätöpato ennen annostelulaitetta. Molempien jälkeen tulee olla mielellään kaksi laskeutusallasta, jotta savi ja fosfori ehtivät painua altaan pohjaan.

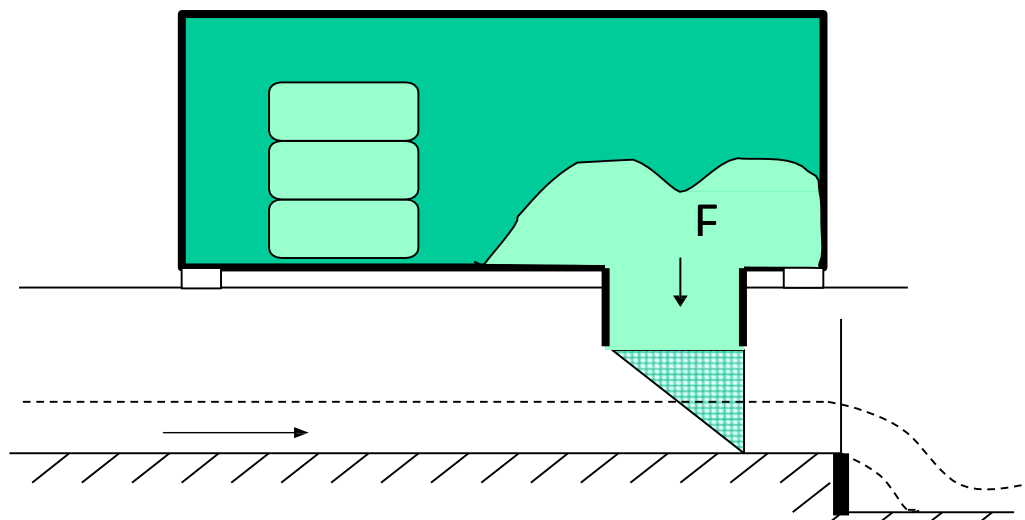
Menetelmää on kokeiltu vuosina 1999 ja 2000 Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) 17 ha:n koealueella Jokioisissa sekä vuosina 2002–2004 Lehtimäen turkistarhalla ja Pieksämäen Heiniönjärvellä 40 ha:n valuma-alueella. Tulosten perusteella menetelmä toimii parhaiten alueilla, joilla saven eroosio on voimakasta. (Kulmala 2011, 58–59)

Alumiinisulfaattisaostus toimii samanlaisella laitteistolla ja toimintaperiaatteella kuin alumiinihydroksipolymeerisaostus. Alumiinisulfaattisaostus alentaa huomattavasti vesiliukoisien fosforin pitoisuutta, kun laitteistoon tulevan veden liukoisen fosforin pitoisuus ylittää selvästi luonnon vesien pitoisuuden (0,01 mg/l). (Kulmala 2011, 59–60)

6.2 Ferrisulfaattisaostus

Ferrisulfaatti on kemialliselta kaavaltaan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ja se sisältää aktiivisia kolmiarvoisia rautayhdisteitä, jotka veteen liuettessaan saostavat siitä epäpuhtauksia ja fosforia (Leppistö 2012, 13).

MTT on tutkinut ferrisulfaattisaostusta kahdella eri menetelmällä. Menetelmä A:ssa rakeinen ferrisulfaatti, Ferix, annostellaan verkkosuppilon kautta virtaavaan ojaveteen. Ojaan asennetaan V-pato, jonka avautumiskulma on tässä esimerkissä 120 astetta. V-padon tarkoituksena on hidastaa ja vaikuttaa veden virtaama sekä sekoittaa Ferix veteen mahdollisimman tehokkaasti. Kemikaalisäiliö ja suppilo (korkeus ja halkaisija noin 300 mm) asennetaan padon yläpuolelle kuten kuvassa 7 on esitetty. Suuren virtaaman aikana vedenpinnan noustessa 300 mm koko suppilo jää veden sisään, jolloin kemikaalin liukeneminen on suurinta. Säiliöstä valuva kemikaali pitää suppilon koko ajan täynnä. Menetelmä B:ssä valumavedet saostetaan ja johdetaan noin 100 m²:n kokoiseen laskeutusaltaaseen. Laskeutusaltaasta puhdistettu vesi suodatetaan vielä hiekkasuodatuksen läpi ennen johtamista avo-ojaan. Ferixin saostus likaiseen veteen toimii samalla periaatteella kuin A menetelmässä. (Kulmala 2011, 60–62.)



KUVA 7. Periaatepiirros menetelmä A:n ferrisulfaatin annostelulaitteesta (Kulmala 2011)

Menetelmää A koekäytettiin Jokioisissa. Kevätvalunnan kolmena ensimmäisenä vuorokautena ojavettä käsiteltiin 14 000m³, veteen liuenneesta fosforista 91 % saostui. Seuraavina kahtena viikkona fosforia saatiin saostettua 66 %. Kokonaistypen poistuma oli testeissä 69 % ja 54 %. Ferrisulfaattia lisättiin 1:35 000 suhteessa veteen, mikä tarkoittaa 1 kiloa ferrisulfaattia jokaista 35 000 litraa vettä kohden. Kolmessa vuorokaudessa kemikaalia kului 400 kg. Kemikaalin vaikutuksesta veden pH laski vajaan 2 yksikköä arvoon 5,7. Kemiallisessa saostuksessa hyötysuhde on parempi korkeissa fosfori pitoisuuksissa. Testatut laitteistot TEHO-hankkeen tulosten mukaan sopivat parhaiten alle 100 l/s virtaaviin ojiin. Tutkimuksen mukaan kemiallinen käsittely tulisi kohdistaa kevään suurin fosforivaluntoihin tai pienehköihin ojiin. Tällä tavoin mahdolliset haitat kevään kalan kudulle jäävät pieniksi. (Kulmala 2011, 60–62.)

6.3 Kalkkisuodatus

Kalkkisuodinojat, kalkkihiekkasuodatuskentät, ojapohjasuodatus sekä fosforiloukkumenetelmä ovat eri variaatioita kalkilla suodattamisesta (Kulmala 2011, 62). Kalkkisuodinoja on salaoja, jonka täyttömaahan on sekoitettu poltettua kalkkia. Ojakaivannon vedenläpäisevyys parantuu kalkkiseoksen ansiosta. Veden mukana kulkeva fosfori suodattuu ojakaivannon rakenteisiin. Fosfori sitoutuu salaojan kalkkiin ja seos vähentää myös happamien sulfaattimaiden happamuutta. Kalkkisuodinojat soveltuvat erityisesti viettäville savimaille sekä alunamaille. (Kulmala 2011, 62–63.)

Kalkkihiekkasuodatuskenttä on kalkkihiekkaseoksella täytetty suorakaiteen muotoinen ja metrin syvyinen imeytyskenttä. Valumavedet suodattuvat kalkkihiekkaseoksessa, jolloin siihen sitoutuu kiintoainesta ja siihen sitoutunutta fosforia sekä liukoista fosforia. Ojapohjasuodatuksessa 5–15 cm paksuinen kalkkihiekkaseos levitetään avo-ojan pohjalle, jossa kalkkihiekkaseos suodattaa fosforin. (Kulmala 2011, 63.)

Fosforiloukussa valumavedet johdetaan suodinkaivantoon suurehkolla avo-ojalla. Kaivannossa on suursäkillinen Filtra P -kalkkimassaa, joka puhdistaa fosforin ojavesistä. Suodinkaivanto tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle valuma-alueen reunaa, jotta mahdollisimman paljon vettä saataisiin ohjattua suotimelle. (Kulmala 2011, 63.)

Säkylän Pyhäjärvellä on kokeiltu kalkkisuodinojia ja kalkkihiekkasuodatuskenttiä. Sinne rakennettiin yhteensä vajaat kuusi kilometriä kalkkisuodinojia. Ojat rakennettiin jyrkille rantapelloille. Ojien puhdistustehon mittaaminen on vaikeaa, koska edustavien näytteiden ottaminen pintavaluntavedestä on haastavaa. Puhdistustehoa voitiin mitata tilalla, jossa kolmen hehtaarin peltojen salaojavedet sekä kotitalouden jätevedet kerätään kaivoon. Kaivosta vesi pumpataan kalkkisuodinojaan. Tässä tapauksessa fosforinpuhdistustehoksi saatiin keskiarvoisesti 40 %. Kalkkisuodinojat kannattaa korkeiden perustamiskustannusten vuoksi sijoittaa kohtiin, joista pintavalunta virtaa suojakaistan läpi. (Kulmala 2011, 63–64.)

Pyhäjärvellä on myös käsitelty vettä suodatuskentissä. Kalkkihiekkasuodattimien puhdistusteho on 1997–2001 välisenä aikana ollut keskimäärin 75 %. Typen poistaminen kyseisillä suotimilla ei ole käytännössä mahdollista. Pyhäjärvellä ja Keski-Uudellamaalla Tuusulanjärvellä on kokeiltu ojanpohjasuodatusta. Pyhäjärvellä fosforia saatiin poistettua keskimäärin 30 %. Tuusulanjärvellä tulosten mittaaminen oli osoittautunut hankalaksi, eikä sieltä ole saatu julkaisukelpoista tulosta. (Kulmala 2011, 63–64.)

Kuten suodattimilla on tapana, niiden suodatusteho heikkenee ajan myötä. Näin käy myös kalkkisuodattimissa. Alustavien kokeiden mukaan fosforin sitomiskyky häviää muutamassa vuodessa. Kun teho on heikentynyt, sitä voidaan parantaa suodatinmassan vaihdolla tai sekoittamalla uutta kalkkimassaa vanhaan. (Kulmala 2011, 64.)

Fosforiloukun kokeiluissa ollaan vasta alkutekijöissä ja alussa ongelmana ovat olleet suuret virtaamat. Suurien virtaamien aikana 500 kg:n suodinmassakasetin kapasiteetti ei riitä ja joudutaan turvautumaan ohijuoksutukseen. Vantaanjoen alueella kokeillaan rauta-kalsiumseosta saostamaan liukoista fosforia entistä tehokkaammin. (Kulmala 2011, 64.)

6.4 Biohiili

Biohiilestä ja hiilellä suodattamisesta tutkimustuloksia ei ole raportoitu. Biohiili on hyvin lupaava maanparannusaineena ja sen kyky sitoa eri aineita on havaittu hyväksi ja sitä on mahdollista hyödyntää melkein mihin tahansa energiakäytöstä maanparannusaineeksi.

Biohiilen on havaittu sitovan vettä ja ravinteita peltomaassa. Biohiili on hyvin monimutkainen aine, joten sen käytön optimointi on nykyisellä tiedolla vaikeaa. Biohiilen ominaisuudet riippuvat materiaalista, jota käytetään pyrolyysissä sekä pyrolyysin kestosta ja maksimi lämpötilasta. Näiden vielä tuntemattomien tekijöiden takia ei ole varmaa, millä tavalla biohiili käyttäytyy erilaisissa maa-aineksissa. Biohiili on hyvin huokoista ainetta. Huokoisuus selittää hiilen hyvän ravinteiden ja veden sitomiskyvyn. (Kettunen & Saarnio 2014, 4–5.)

6.5 Tuhka

Tuhkaa käytetään lannoitteena ja siitä irtoaa raskasmetalleja, jotka ovat ympäristölle haitallisia korkeina pitoisuuksina. Fa-Forest on kehittänyt pinnoitteen, jolla saadaan tuhka pysymään liukeamattomana sekä sitomaan fosforia. Samalla pinnoite estää mahdollisesti ympäristölle haitallisten aineiden liukenemistä tuhkasta. Tutkimukset Fa-Forestilla ovat kesken, eivätkä he ole patentoineet menetelmää vielä, joten tarkempia tietoja ei ole saatavissa tällä hetkellä. (Karosto 2015a.)

6.6 Puuhakesuodatus

Lantto ja Lindfors (2005, 11–12) tutkivat, miten puuhakesuodattimilla voitaisiin parantaa Joutsijärven ja Tuurujärven vesienlaatua. Porin kaupunki ottaa raakaveden Tuurijärven eteläosasta ja järven vedenlaatu on heikentynyt, joten Lantto ja Lindfors kehittivät idean vähentää maa- ja metsätalouden hajapäästöjä suodattamalla Joutsijärveen ja Tuurujärveen laskevia oja puuhakkeella.

Lantto ja Lindfors (2005, 14) ovat omassa tutkimuksessaan kehittäneet puuhakesuodattimen, joka koostuu rautakehikosta ja verkosta. Rautakehikot asetetaan poikittain ojaan noin metrin välein. Kuvassa 8 näkyy kehikkoihin ripustetut verkon sisälle asetetut hakepussit. Hake on laitettu muovisiin verkkosäkkeihin, jotta vesi pääsee virtaamaan niiden läpi, eikä itse pussi hajoa luontoon veden virtausvoimasta. Hakepussit tulee asettaa

tiivisti siten, että kaikki ojan vesi virtaa hakkeen läpi. He käyttivät pienessä ja kova-reunaisessa ojassa yksinkertaisempaa puurakennelmaa pitämään hakesuodatinpussit paikoillaan.



KUVA 8. Hakesuodatin paikoillaan ojassa (Lantto & Lindfors 2005)

Hakesuodattimet tulee sijoittaa sellaiseen kohtaan ojaa, että suodattimelle on hyvä kulkyhteys. Hakesuodattimien eteen kertyy lietettä ja se täytyy saada poistettua ojasta loka-autolla. Hyvä paikka suodattimelle olisi kovapientareinen ja -pohjainen oja, jolloin voidaan minimoida veden virtaamisesta aiheutuva ohijuoksu. Ohijuoksu syövyttää pientareen, johon rautakehikko on asetettu ja saattaa siten siirtää koko suodattimen pois paikaltaan. (Lantto & Lindfors 2005, 15.)

Hakesuodatus toimii parhaiten melko paljon kiintoainetta sisältävissä ojissa, joissa virtaama on tasaista. Hakesuodattimia voidaan käyttää myös laskeutusaltaiden osana taasaamaan virtausta sekä tehostamaan kiintoaineksen pidättymistä. (Lantto & Lindfors 2005, 39)

Hakesuodatuskokeissa 2004 toukokuusta 2005 huhtikuuhun saatiin parhaimmillaan melkein 50 % keskimääräiset kiintoainereduktiot. Fosforia saatiin vähennettyä 8–4 % ja typpeä 2–10 %. Kesällä 2005 suodattimet eivät toimineet käytännössä ollenkaan. Kiintoaines väheni vain yhdellä ojalla, ja ravinteita sinä aikana ei vähennetty yhtään. (Lantto & Lindfors 2005, 38)

6.7 Pajukerpputorni

Niemelän (2010, 8) opinnäytetyössä selvitetään pajun hyödyllisyyttä puhdistamokäytössä. Pajukerpputorneja käytetään neljällä eri kaatopaikalla Suomessa. Pajukerpputorni toimii kaatopaikkavesien puhdistamisessa yhtenä vaiheena. Pajujen pinnalle muodostuu bakteerikasvustoja, jotka hajottavat typpeä ja fosforia, jotka ovat tavallisimmat haitta-aineet suotovesissä. Paju valikoitui suotimen raaka-aineeksi sen nopean kasvun ja muun käytön vähyyden vuoksi.

Tornin runkona toimii hirsistä koottu noin 12 metriä korkea kehikko. Kehikkoon rakennetaan 2,5 metrin välein tasot, joihin asetetaan pajuniput. Vesi pumpataan tornin päälle, mistä se valuu pajuja pitkin alas. Kiintoaines valuu tornin alle rakennettuun saostusaltaaseen. Altaan pinnalta pumpataan vettä, mitä nostetaan takaisin ylös ja osa pumpataan kahteen seuraavaan saostusaltaaseen. Saostusaltaiden jälkeen vesi pumpataan keinotekoiseen kosteikkoon. (Niemelä 2010, 19.)

Pajukerput hidastavat alas valuvaa vettä, ja puun pintaan muodostuu hyvä kasvualusta haitta-aineita hajottaville mikrobeille. Kuvassa 9 esitetään, minkälaista kasvustoa pajujen pintaan kehittyi. (Niemelä 2010, 21.)



KUVA 9. Pajujen päälle muodostunut mikrobikerros (Niemelä 2010)

6.8 Rahkasammal

Vapon oma rahkasammalsuodatin on ollut koekäytössä kesän 2015. Laboratorio- ja kenttäkokeen tulokset ovat olleet positiivisia, muttei mullistavia. Koesuodattimen puhdistusteho on jäänyt vielä pieneksi, sillä puhdistettavassa vedessä on ollut muutoinkin vähän kiintoainesta. (Jokisuu 2015.)

Vapo on päätyntä testaamaan rahkasammalta biosuodattimena, koska sen suodatusominaisuuksia ei ole aikaisemmin kokeiltu käytännössä ja rahkasammal on luontaisesti soilla kasvava edullinen biosuodatinmateriaali. (Jokisuu 2015.)

Rahkasammalturve on von Postin maatumisasteikolla H1. (Kalmykova & ym. 2007, 887.) Von Postin asteikolla mitataan turpeen maatuneisuutta. H1 on täysin maatumatonta. ”Turvetta kädessä puristettaessa lähtee sormien välistä väritöntä, kirkasta vettä. Kasvinosat ovat täysin tunnistettavissa, sitkeitä ja kimmoisia.” (Laine & Vasander 2008, 95)

Humushappoja pidetään pääsyynä metallien sitomiskykyyn turpeessa. Yleisesti turpeen kyky sitoa metalleja kasvaa Ph:n noustessa. Rahkasammal on hapanta ja sillä on matala tilavuuspaino sekä korkea veden läpäisevyys. Kyseiset ominaisuudet indikoivat hyvää kyllästyvyyttä ja sopivuutta suodatinaineeksi. (Kalmykova & ym. 2007, 887–889.)

Rahkasammaleen kestäväää keräämistä on tutkittu ja siitä on saatu hyviä tuloksia. Silvainin (2012) mukaan rahkasammal uusiutuu 30 vuodessa. Rahkasammalta ei saa korjata 25 senttimetriä syvemmältä, sillä rahkasammaleen eläviä hankasilmuja esiintyy varmuudella vielä siinä syvyydessä ja uudistuminen on taattua. (Silvan 2012)

7 POHDINTA

Suodattimen tärkeimmät ominaisuudet ovat kevättulvien kestäminen, ettei suodatin pääse liikkumaan paikoiltaan ja se suodattaisi kaiken veden virtaamahuippujen aikana. Suodatinmateriaalin tulisi kestäää noin kolme vuotta asennuksesta, sillä sinä aikana syntyvät suurimmat kiintoaines- ja ravinnevalumat. Järjestelmä pitäisi olla helppo asentaa

sekä edullinen rakentaa, jotta metsänomistajille koituisi mahdollisimman vähän lisäkustannuksia.

Kemialliseen saostamiseen perustuvat ravinteiden sitoajat eivät ole kannattava vaihtoehto metsätalouden haasteisiin. Kemikaalien käyttö vähäravinteisissa vesissä ei ole järkevää, sillä kemikaalit saostavat tehokkaammin vesissä, missä ravinteiden pitoisuudet ovat suuria. Kemiallisen saostuksen ongelmana on kemikaalin jatkuva lisääminen toimivuuden ylläpitämiseksi ja kemikaalien nopea kuluminen korkeiden virtaamien aikana. Kemikaalit ovat lisäksi kalliita. Kulmalan (2011, 62) mukaan Ferix-3 saostusmenetelmässä kemikaalia kului yhteensä 1 240 kg ja sen kustannukset olivat 744 € eli noin 500 € saostettua fosforikiloa kohti.

Biosuodatinratkaisut voisivat toimia paremmin metsätaloudessa. Ne hidastavat veden virtausnopeutta sekä käytettävä materiaali voidaan käyttöajan jälkeen kierrättää takaisin, jolloin ravinteet saadaan palautettua luontoon. Näin voidaan parantaa käytettävien suodatusmenetelmien ekologista kestävyyttä ja voidaan sanoa, että metsänhoidon toimenpiteet eivät aiheuta lisää rasiitusta ympäristölle.

Hankkeessa on rakennettu kaksi pilottisuodatinta, joissa testataan käytännössä, miten lehtipuuhiili ja biohiili käyttäytyvät metsätalouden olosuhteissa. Ensimmäiselle kohteelle asennettiin lehtipuuhiili- ja biohiilisuodatin. Toinen kohde varustettiin vain biohiilillä, jotta nähtäisiin voiko suodattimen rakentaa pelkästään biohiilen varaan.

Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen laboratoriossa tehtyjen mittausten tulokset eivät ole vielä julkaisukelpoisia. Kesä on ollut ensimmäisen suodattimen asennuksen jälkeen vähäsateinen, joten ojassa ei ole ollut tarpeeksi vettä säännöllisten ja luotettavien mittausten tekemiseksi.

Tuhkan ja biohiilen väliset erot ovat suodatinkäytössä mielenkiintoiset. Tuhkaa käytetään metsälannoitteena, joten se sisältää muun muassa fosforia. Suodattimen tarkoituksena on estää fosforin valumista vesistöihin, joten on iso haaste estää tuhkasta luonnollisesti irtoavaa fosforia lähtemästä liikkeelle. Tähän haasteeseen on Fa-Forest tarttunut ja kehittänyt pinnoitteen, jolla ongelmaan saattaa löytyä ratkaisu. Fa-Forest ei ole vielä

patentoinut ratkaisuaan, joten tarkempia tietoja materiaaleista ja muusta käsittelystä ei ole.

Iso haaste tulee olemaan, miten suodatinratkaisu saadaan markkinoitua käyttäjille. Metsäalalla esimerkiksi taimikonhoitojen myynti on haasteellista, vaikka parantavat metsän tuottoa. Lisäkustannuksia tuovan suojelutoimenpiteen, joka ei paranna metsän tuottoa vaan ympäristön tilaa, myyminen metsänomistajalle vaatii markkinointistrategioiden päivittämistä ympäristöystävällisempään suuntaan. Suodatinten käyttöönoton nopeuttamiseksi ja yleistämiseksi esimerkiksi metsäsertifiointijärjestelmät voisivat vaatia tehokkaampia suojelutoimenpiteitä eli suodattimien käyttämistä kriittisissä kohteissa.

Vetu-hankkeessa käytettävät materiaalit valikoituivat helpon saatavuuden ja niiden ympäristöystävällisyyden perusteella. Biohiilestä on vasta vähän tutkimustietoa, joten Vetu-hankkeessa päätettiin lähteä kokeilemaan sen ominaisuuksia suodinaineena. Lehtipuuhiileksi on edullinen ja sitä aikaisemmin tutkineet Lantto & Lindfors (2005) ovat saaneet positiivisia tuloksia hakkeen ominaisuuksista pidättää fosforia ja kiintoainesta.

LÄHTEET

FSC 2011. Suomen FSC-standardi. PDF-dokumentti. <https://fi.fsc.org/suomen-fsc-standardi.264.htm>. Päivitetty 5.12.2012. Luettu 17.11.2015.

Hiltunen, Timo, Rissanen, Kalervo, & Leinonen, Antti. Vesi. 2011. Teoksessa Päivi-
nen, Jussi, Björkqvist, Niklas, Karvonen, Lauri, Kaukonen, Maija, Korhonen, Kirsi-
Maija, Kuokkanen, Panu, Lehtonen, Hannu & Tolonen, Arto (toim.). Metsähallituksen
metsätalouden ympäristöopas. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 67. 95 s.

Höök, Tuula 2014. Muotin suunnittelu. PDF-dokumentti. http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould_injmoulding_materials_FI.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 17.11.2015

Joensuu, Samuli 2013. Vesilaki uudistui - Miten se näkyy metsätaloudessa? Metsätie-
teen aikakauskirja 2/2013, 155–158.

Joensuu, Samuli, Hynninen, Pekka, Heikkinen, Kaisa, Tenhola, Tommi, Saari, Päivi,
Kauppila, Maija, Leinonen, Antti, Ripatti, Hannu, Jämsén, Juha, Nilsson, Svante &
Vuollekoski, Martti 2012. Metsätalouden vesiensuojelu - Metsätalouden vesiensuojelu
-kouluttajan aineisto. Jyväskylä: Kopijyvä.

Joensuu, Samuli, Makkonen, Timo. & Matila, Airi. 2007. Metsätalouden vesiensuo-
jelu. Lönnberg Print.

Jokisuu, Roosa 2015. Sähköpostikeskustelu 2.9.2015 – 8.9.2015. Biologi, Projekti-
työntekijä Vapo Oy.

Kalmykova, Yuliya, Strömvall, Ann-Margret & Steenari, Britt-Marie 2007. Adsorp-
tion of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn on Sphagnum peat from solutions with low metal con-
centrations. Journal of Hazardous Materials 152.

Karosto, Kalle 2015a. Haastattelu 14.9.2015. VETU-hankkeen projektipäällikkö.

Karosto, Kalle 2015b. Henkilökohtainen tiedonanto 26.2.2015. VETU-hankkeen pro-
jektipäällikkö.

Kettunen, Riitta & Saarnio, Sanna 2014. Kirjallisuusselvitys biohiilestä Suomen maa-
taloudessa – sen käytettävyys ja saatavuus. Savonia-ammattikorkeakoulu. Kirjalli-
suusselvitys. PDF-dokumentti. [http://rae.savonia.fi/tietopankki/maatilan-tietopa-
ketti/viewdownload/6-lanta-ja-lannoitteet/58-biohiili-maatalouskaytossa](http://rae.savonia.fi/tietopankki/maatilan-tietopa-ketti/viewdownload/6-lanta-ja-lannoitteet/58-biohiili-maatalouskaytossa).

Korhonen, Riitta, Korpela, Leila, & Sarkkola, Sakari. 2008. Suomi – Suoma, Soiden
ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö. Art Print Oy.

Kulmala, Airi 2011. TEHO-hankkeen raportteja, osa 1. TEHO-hankkeen julkaisuja
1/2011, 57–78.

Laine, Jukka & Vasander, Harri 2008. Suotyypit ja niiden tunnistaminen. Hämeen-
linna: Karisto Oy.

Lantto, Johanna & Lindfors Ismo 2005. Joutsijärven ja Tuurujärven vesiensuojelusuunnitelma: hakesuodatuskokeet. PDF-dokumentti. <http://www.pori.fi/material/attachments/porinvesi/5tagNe4O9/Hakesuodatinraportti.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 6.12.2014.

Lepistö, Laura 2012. Ferix-3:n soveltuvuus kemialliseen fosforinsaostukseen maatalouden ojavesissä. Turun ammattikorkeakoulu. Kestävän kehityksen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Metsäntutkimuslaitos 2014. Metsätilastollinen vuosikirja 2014. Tampere; Tammerprint Oy.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2015. Uusi kestävän metsätalouden tukijärjestelmä voimaan 1.6.2015. WWW-dokumentti. http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/metsat/hankkeet_tyoryhmat/Metsataloudentukienkokonaisuudistus.html. Päivitetty 21.5.2015. Luettu 23.9.2015.

Niemelä, Henna 2010. Pajukerpputorni kaatopaikkavesien käsittelyssä. Tampereen ammattikorkeakoulu. Environmental Engineering. Opinnäytetyö.

PEFC 2014. PEFC-metsäsertifiointin kriteerit. PDF-dokumentti. <http://www.pefc.fi/pages/fi/asiakirjat-ja-materiaalit/pefc-fi-2014--standardit.php>. Ei päivitystietoja. Luettu 17.11.2015.

Päivänen, Juhani 2007. Suot ja suometsät – järkevä käytön perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Ruotsalainen, Matti 2007. Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille. Helsinki: Lönnberg Print.

Silvan, Niko 2012. Rahkasammalbiomassan korjuu, korjuupotentiaali Suomessa ja nostopaikan uudistuminen. Metsäntutkimuslaitos. PowerPoint-esitys.

Vanhatalo, Kalle, Väisänen, Pentti, Joensuu, Samuli, Sved, Johnny, Koistinen, Arto & Äijälä, Olli (toim.) 2015. Hyvän metsänhoidon suositukset – Suometsien hoito, työopas. Tapion julkaisuja. Porvoo: Bookwell Oy.

Ympäristöministeriö 2012. Uudistunut vesilaki 2011 Keskeinen sisältö ja tärkeimmät muutokset. PDF-dokumentti. <http://www.ymp.fi/download/noname/%7BD53693D8-3926-4EB6-8897-C323928D5E21%7D/32131>. Ei päivitystietoja. Luettu 22.9.2015