



Vettymisen vaikutukset turvemaakosysteemiin

Kirjallisuuskatsaus

29.11.2024



Maa- ja metsätalousministeriö

Tapio Oy (jäljempänä Tapio) vastaa palvelun toteuttajana ja raportin laatijana siitä, että raportti on laadittu ammattitaitoisesti, huolellisesti ja alalla vallitsevaa hyvää ammattikäytäntöä noudattaen. Raportti vastaa tilanetta sen antamishetkellä, eikä Tapio siten ole vastuussa myöhemmin esim. olosuhteiden muuttumisesta johduneista seikoista. Toimeksiannon suorittamista varten Tapio on saanut toimeksiantajalta tai kolmansilta aineistoa ja laskentamalleja, joiden oikeellisuuteen ja todenmukaisuuteen Tapio on luottanut ilman eri tutkimusta tai todentamista, ellei kyse ole aineistosta, jonka oikeellisuuden tai todenmukaisuuden selvittäminen on nimenomaisesti kuulunut toimeksiantoon.

Tapio ei vastaa missään tapauksessa raportin välillisistä eikä epäsuorista vahingoista. Tapion vastuu rajoittuu kaikissa tapauksissa sille toimeksiannosta maksettuun määrään, ellei Tapion osoiteta menetelleen tahallisesti tai törkeän tuottamuksellisesti. Kolmannella taholla on oikeus luottaa lausuntoon vain siinä tarkoituksessa, mihin lausunto on nimenomaisesti pyydetty. Tapion vastuu kolmatta tahoa kohtaan ei voi olla suurempi, kuin mitä se on lausunnon pyytäneellä taholla kohtaan.

Virta, M., Sarkkola, S. & Joensuu, S. 2024. Vettymisen vaikutukset turvemaakekosysteemiin. Tapion raportteja nro. 76.

© Tapio Oy

Kansikuva: Iso-Särkisuo. Kuvaaja Marko Keskitalo

ISBN 978-952-7435-39-7

ISSN 2342-804X

Työn tilaaja: Kirjallisuuskatsaus on laadittu osana Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa Hiilestä Kiinni ohjelman hanketta: Vesienpalautuksen vaikutukset talousmetsien hiilensidontaan (HIILI-VESPA)

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	3
2	SOIDEN HYDROLOGIA JA MAANKÄYTÖN VAIKUTUKSET	4
2.1	LUONNONTILAISTEN SOIDEN OMINAISPIIRTEET	4
2.2	OJITUKSEN HYDROLOGISET VAIKUTUKSET	5
2.3	VAIKUTUKSET METSIIN JA EKOLOGISET MUUTOKSET	6
3	LUONNONTILAN PALAUTTAMINEN OJITETUILLA SOILLA	7
3.1	ENNALLISTAMIS- JA VESIENPALAUTUSMENETELMÄT	7
3.2	HYDROLOGISET VAIKUTUKSET	8
3.3	VEDENPINNAN NOUSUN VAIKUTUKSET PUUSTOON JA KASVILLISUUTEEN	9
3.4	MUUT ELIÖSTÖVAIKUTUKSET	10
3.5	ENNALLISTAMISEN JA VESIENPALAUTTAMISEN RISKIT	10
4	VETTÄMISEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET	11
5	YHTEENVETO	11
6	KIRJALLISUUTTA.....	12

1 Johdanto

Alun perin Suomessa on ollut noin 10 miljoonaa hehtaaria soita, joista on nykyisin jäljellä hieman alle 9 miljoonaa hehtaaria (Korhonen ym. 2017). Aikojen saatossa soita on ojitamalla kuivatettu eri käyttötarkoituksiin, ensin viljelysmaaksi, ja sittemmin 1900-luvun laajamittaisessa ojitustoiminnassa pääasiassa metsätalouskäyttöä varten. Valtaosa soistamme, noin 4,6 miljoonaa hehtaaria, onkin ojitettu juuri metsätalouden tarpeisiin viimeisten 100 vuoden aikana. Jäljellä olevista soistamme ojitamattomana on säilynyt alle puolet, 4,1 miljoonaa hehtaaria (Korhonen ym. 2017), mutta merkittävä osa tästäkin ojitamattomasta alasta on sellaisia suoalueita, joiden ekosysteemiin ojituksella on ollut vaikutusta. Ojituksilla on ollut merkittävä puuntuotantoa lisäävä vaikutus ja nykyään noin neljännes puuvaroistamme kasvaakin ojitetuilla turvemaidella (Luonnonvarakeskus 2023). Kaiken kaikkiaan ojitukset ovat yli kolminkertaistaneet turvemaiden puuston kasvun ja niiden puuvarannon määrän verrattuna laajamittaista ojitustoimintaa edeltävään tilanteeseen. Tätä kasvunlisäystä ei ole kuitenkaan saavutettu ilman ympäristökustannuksia, sillä metsäojituksen seurauksena vastaavasti suoluonnon ja vesistöjen tila on heikentynyt ja turvemaiden maaperästä vapautuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat lisääntyneet.

Laajamittainen tehokas ojitustoiminta on johtanut suoluonnon häviämiseen ja uhanalaistumiseen ja 54 % maamme suoluontotyypeistä onkin arvioitu uhanalaiseksi. Pinta-alallisesti nämä uhanalaistuneet suoluontotyypit kattavat noin 35–40 % ojitamattomista soista. Tämän lisäksi arvioituista suoluontotyypeistä 76 % kohdalla heikkenevän kehityskulun odotetaan jatkuvan lähitulevaisuudessa (Kaakinen ym. 2018). Vaikka luonnontilaisten soiden varsinainen uudisojitus on käytännössä loppunut, ojitukset vaikuttavat edelleen heikentävästi myös ojitamattomien soiden tilaan. On arvioitu, että etelä- ja keskiborealisilla vyöhykkeillä n. 40 % ojitamattomasta suoalasta on hydrologisesti häiriytynyttä (Kareksela ym. 2021). Erityisesti monet aapasuot ovat kuivahtaneet tai kuivumassa, kun niiden laideosat on ojitettu ja vettä ei enää syöty valuma-alueelta suolle samassa määrin, tai lainkaan, mikä on johtanut mm. Aapasoiden varpuuntumiseen ja karuuntumiseen (Tahvanainen 2011). Esimerkiksi Kareksela ym. (2021) arvioivat, että eteläborealisen vyöhykkeen ojitamattomista soista jopa puolella ja keskiborealisenkin vyöhykkeen soista yli viidenneksellä tarvittaisiin ennallistamistoimenpiteitä.

Suoluontotyyppien taantuminen, uhanalaistuminen ja avointen sekä vähäpuustoisten soiden muuttuminen puustoisemmiksi ojitusten seurauksena on johtanut monien etenkin avosoista riippuvaisten eliöeläinten taantumiseen (Laitinen ym. 2020a). Esimerkiksi riekkokannat ovat pääasiassa ojitusten seurauksena hävinneet eteläisestä Suomesta lähes kokonaan (Putuala 2013).

Suoluonnon heikentymisen lisäksi ojitukset ovat lisänneet vesistökuormitusta ja ilmastopäästöjä. Ojituksen jälkeen turpeesta huuhtoutuvien ravinteiden määrät ovat jääneet pysyvästi luonnontilaista korkeammalle tasolle (Nieminen ym. 2020, Finér ym. 2021). Ojitustoimenpiteet ovat lisänneet myös kiintoainekuormitusta, joka liettää pienvesien pohjia ja haittaa monien kalalajien lisääntymistä (Ojanen ym. 2020b). Kun vedenpinta laskee ojituksen vaikutuksesta ja aiemmin niukkahappisissa tai hapettomissa oloissa ollut turvekerros tulee kontaktiin hapen kanssa, sen hajotus lisääntyy, jonka seurauksena ravinteiden vapautuminen ja hiilidioksidipäästöt turpeesta kasvavat. Vaikka turpeeseen tulee ojitusalueillakin jatkuvasti uutta hiilisyötettä puuston ja pintakasvillisuuden karikkeista, turpeen hajoaminen voi ylittää tämän hiilensidonnan, jolloin maaperä muuttuu hiilen päästölähteeksi. Etenkin ravinteikkailla turvemaidella maaperän nettohiilipäästöt ovat suurimpia (Ojanen ym. 2013). Turpeen hävikki ja siitä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt jatkuvat niin kauan, kun turve on vedenpinnan yläpuolella tai kunnes turve on kokonaan hävinnyt. Alun perin ohutturpeisia ojitettuja soita on jo muuttunut kivennäismaiksi vuosikymmenten saatossa yli 1 milj. ha.

Luonnon monimuotoisuuden väheneminen ja ilmastonmuutos ovat kansainvälisesti merkittäviä huolenaiheita, ja niiden torjumiseen on viime vuosina alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota. Muun muassa Euroopan unionin biodiversiteettistrategiassa ja Yhdistyneiden kansakuntien

biodiversiteettisopimuksessa (Ympäristöministeriö 2023) ekosysteemien ennallistaminen on nostettu yhdeksi keinoista, joilla luonnon tilaa voidaan parantaa. Myös kesällä 2024 hyväksytyssä Euroopan unionin asetuksessa luonnon ennallistamisesta (EU 2024/1991) tavoitellaan luonnon ja ekosysteemien tilan parantamista ennallistamisen keinoin.

Soiden ja suoluonnon kontekstissa ennallistamisella yleensä tarkoitetaan toimia, joilla pyritään nostamaan vedenpinta luontaiselle tasolle ja ohjaamaan vesi luontaisille kulkureiteilleen. Näiden tavoitteena on pyrkiä palauttamaan suolle ominainen veden kierto, hydrologia, joka edelleen mahdollistaa suon palautumisen kohti luonnontilaa (Aapala ym. 2013). Soiden ennallistamisella on osoitettu olevan positiivisia vaikutuksia niin suokasvillisuuden (mm. Komulainen ym. 2001, Haapalehto ym. 2011), kuin muiden soiden eliöiden (mm. Putaala 2013, Elo ym. 2015) palautumiseen alueelle. Ennallistamisella on myös mahdollista saavuttaa merkittäviä vesiensuojelullisia hyötyjä vähentämällä ojituksen aiheuttamaa ojituslisää turpeesta sekä käyttämällä soita vesiensuojelurakenteena maa- ja metsätalouden valumavesien puhdistamiseen. Luonnontilaisten soiden on havaittu toimivan merkittävänä ravinteiden pidättäjinä (mm. Sallantaus ym. 2022). Luonnontilaisille tai ennallistetuille soille perustettujen pintavalutuskenttien ravinteiden, kuten fosforin ja typen pidätystehokkuudesta on saatu monia lupaavia tuloksia (ref. Hynninen ym. 2010, Turvi-raportti). Perustettaessa pintavalutuskenttä ennallistamalla jo pitkälle kuivuneelle vanhalle ojitusalueelle, voi kuitenkin kestää useita vuosia ennen kuin kentän ekosysteemi muuttuu ravinteiden nettopidättäjäksi (Nieminen ym. 2020).

2 Soiden hydrologia ja maankäytön vaikutukset

2.1 Luonnontilaisten soiden ominaispiirteet

Yksi luonnontilaisten soiden määrittelevimmistä piirteistä on kausivaihtelusta huolimatta ympäri vuoden lähellä maanpintaa pysyttelevä vedenpinnan taso (Laine & Vasander 1998). Soille on syntynyt ominaispiirteitä, joita säätelevät suolle tulevien vesien määrä (märkyymisen ylläpito) ja vesien laatu (ravinteet) sekä niiden ajallinen ja paikallinen vaihtelu, jotka vaikuttavat pintakasvillisuuden lajistoon ja biomassatuotokseen (Laine ym. 2002). Näiden tekijöiden lukemattomien mahdollisten yhdistelmien seurauksena suoluonto on hyvin vaihtelevaa (Laitinen ym. 2020b). Suot voidaan jakaa kolmeen pääryhmään, jotka ovat aidot puustoiset suot, aidot puuttomat suot, sekä sekatyypin suot. Suotyypiluokittelussa nämä ryhmät jaetaan vielä kasvillisuutensa perusteella useisiin erilaisiin kasvupaikkatyyppeihin (Laine ym. 2018). Vaikka soiden märkyys vaihtelee eri suotyypien välillä huomattavasti, kaikilla soilla vedenpinnan taso on korkealla ja ainakin ajoittain suon pinnan tasolla tai jopa sen yläpuolella (Rehell ym. 2013).

Näiden erityislaatuisten olosuhteiden takia soille on syntynyt kivennäismaista poikkeava kasvillisuus, jota luonnehtivat märkiin kasvuolosuhteisiin sopeutuneet kasviryhmät, kuten rahkasammalet ja sarat (Laitinen ym. 2020b). Erityisesti rahkasammalilla on merkittävä vaikutus suoekosysteemeihin, sillä ne eivät ole vain sopeutuneita soiden kosteisiin olosuhteisiin, vaan ne aktiivisesti muokkaavat niitä happamammiksi, märemmiksi ja ravinneköyhemmiksi. Merkittävä osa turpeesta on rahkasammalten kuolleita osia, joten rahkasammalet ovat suurelta osin vastuussa suon turvekerroksen kasvusta ja siten hiilen kertymisestä turvemaihin (Rydin ym. 2006).

Koska suoyhdistymillä eri suotyypit voivat vaihdella merkittävästi suhteellisen pienellä maantieteellisellä alueella, ne tarjoavat runsaasti erityyppisiä elinympäristöjä eri eliölajeille. Esimerkiksi linnusto suon avoimilla keskiosilla poikkeaa merkittävästi linnustosta metsäisemmällä suon ja kivennäismaan vaihtumisyöhykkeellä (Desrochers & Van Duinen 2006). Linnuston lisäksi soilla esiintyy huomattavat määrät selkärangattomia. Soiden märkyys ja äärevä pienilmasto tarjoavat monille hyönteisille, kuten vaaksiaisille ja perhosille, otolliset lisääntymis- ja elinolosuhteet (Laitinen ym. 2020a).

2.2 Ojituksen hydrologiset vaikutukset

Luonnontilaisen suon ojittaminen merkitsee perustavanlaatuaista muutosta veden liikkeisiin suolla. Ojituksen vaikutuksia soiden hydrologiaan on tutkittu Suomessa kattavasti (mm. Mustonen & Seuna 1971, Starr & Päivänen 1981). Ojituksen välittömin vaikutus on sen aiheuttama vedenpinnan aleneminen ja sitä kautta turpeeseen varastoituneen vesimäärän väheneminen (Sarkkola & Päivänen 2020). Esimerkiksi Mustonen ja Seuna (1971) tarkastelivat erään suon ojitetujen ja ojittamattomien osien pohjavedenpinnan vaihteluita yhdeksän vuoden ajan. Tarkastelujaksolla suon ojitetuilla osilla pohjavedenpinta oli lähes koko jakson ajan yli 20 cm ojittamattomien osien vedenpintaa syvemmällä. Vedenpintaa laskevan vaikutuksensa lisäksi ojitus myös vaikuttaa suoalueelta lähtevään virtaamaan. Eri tutkimuksissa on saatu poikkeavia tuloksia ojituksen täsmällisestä vaikutuksesta virtaamien ajallisen jakauman muutoksiin, mutta pääasiassa ojitus suurentaa alueelta lähteviä virtaamia. Ojitusalueen ominaisuudet kuitenkin vaikuttavat virtaamiin merkittävästi (Starr & Päivänen 1981). Kasvaneet suoalueilta tulevat virtaamat voivat vaikuttaa jokien tulvahuippuja lisäävästi, etenkin jos ojitusalue sijaitsee valuma-alueen yläosissa (Mustonen & Seuna 1971). Ojituksen intensiteetillä, käytännössä siis sarkaleveydellä ja ojien syvyydellä on osoitettu olevan merkittävä vaikutus ojitusalueelta lähteviin ylivirtaamiin ja kuivatussyvyyteen (Huihari ym. 1966, Päivänen 1974).

Ojitus myös muuttaa alueelta tulevien valumavesien kemiallista koostumusta ja lisää alapuolisiin vesistöihin päätyvää ravinne- ja kiintoainekuormaa. Ojituksen seurauksena suolle tulevat vedet eivät enää suodatu suon kasvillisuuden ja turpeen pintakerrosten kautta, vaan jatkavat suoraan suon läpi, eivätkä niiden sisältämät ravinteet ja kiintoainet enää pidäty suolle samassa määrin kuin ennen ojitusta. Turpeen lisääntyneen hajoamisen seurauksena siihen sitoutuneet ravinteet myös vapautuvat ja huuhtoutuvat valumavesien mukana alapuolisiin vesistöihin, sillä puuston ja pintakasvillisuuden ravinteiden otto eivät useinkaan riitä hyödyntämään kaikkia liikkeelle lähteneitä ravinteita (Ojanen ym. 2020b). Ojituksen ja kunnostusojituksen seurauksena ojitusalueelta lähtee liikkeelle myös liuennutta orgaanista aineista/hiiltä (DOC) sekä orgaanista ja epäorgaanista kiintoainesta. Orgaanista ainesta irtoaa ojien kasvitomista reunoista ja pohjista, ja epäorgaanista kiintoainesta erityisesti turpeen alla olevasta kivennäismaasta, jos ojat ulottuvat pohjamaahan. Myös kasvien juuret tuottavat veteen orgaanista hiiltä. Kiintoainet on erityisen haitallista herkille pienvesille, joissa sillä voi olla useita haittavaikutuksia (Nieminen & Ahti 2000, Ojanen ym. 2020b). Ojituksen ja muiden metsätaloustoimien aiheuttamien välittömien vesistövaikutusten lisäksi ojituksilla on todettu olevan pitkäkestoinen vaikutus valumavesien ravinnekuormaan vielä vuosikymmeniä ojitusten jälkeenkin. Tätä pitkäkestoista ravinnekuorman lisääntymistä kutsutaan ojituslisäksi (Nieminen & Sallantaus 2020). Ojitetuilta soilta huuhtoutuu ravinteista erityisesti typpeä ja fosforia, jotka rehevöittävät alapuolisia vesistöjä. Näistä etenkin fosforia voidaan pitää vesistöjen rehevöitymisen kannalta kriittisimpänä aineena (Nieminen & Ahti 2000). Vedessä kulkeutuva orgaaninen aine puolestaan vaikuttaa monin tavoin veden kemiaan, säädellen mm. veden väriä, vesistöjen lämpötilaa, valaistusolosuhteita, perustuotantoa, ravintoketjuja, happamuutta, ravinteisuutta sekä metallien ja haitallisten aineiden kulkeutumista ja myrkyllisyyttä sekä hiilen kiertoa. Vesistöissä havaittu tummumiskehitys liittyy pitkälti orgaanisen aineen pitoisuuksien nousuun viimeisten noin 30 vuoden aikana (Sarkkola ym. 2009). Kaikki orgaanisen aineksen lisääntyminen vesissä ei kuitenkaan ole suoraan sellaisenaan seurausta ojituksen aiheuttaman kuormituksen lisääntymisestä, vaan siihen ovat vaikuttaneet sen lisäksi laskeuman, maankäytön muutosten ja ilmaston muutoksen vuorovaikutukset. Ilmaston muutos voi kuitenkin tulevaisuudessa edelleen lisätä orgaanisen aineksen kuormitusta mm. hajotustoiminnan kiihtyessä ja sadannan muutosten seurauksena (Lepistö ym. 2020).

On selvää, että ojitus muuttaa ojitetun suoalueen hydrologiaa merkittävästi, mutta tämän lisäksi valuma-alueella tapahtuvilla veden liikkeiden muutoksilla on vaikutusta läheisille ojittamattomille alueille. Varsinkin minerotrofiset, eli ympäröivien alueiden valunnasta vetensä saavat suot, kärsivät yläpuolisten alueiden ojituksista (Kaakinen ym. 2018). Tämä on johtanut ojittamattomien soiden kuivumiseen ja niiden tilan heikentymiseen, kun ne eivät enää saa niille luontaisesti kuuluvia vesiä. Tämän seurauksena suot muuttuvat minerotrofisista ombrotrofisiksi, eli sadannasta vetensä saaviksi soiksi ja niiden kasvillisuus karuuntuu (Tahvanainen 2011). Vedentulon suolle katkaisevien ojitusten takia nämä suot eivät enää kykene tuottamaan luonnontilaisten soiden kaltaisia ekosysteemipalveluita, kuten vesien puhdistusta samassa määrin kuin aiemmin (Haapalehto ym. 2015, Sallantaus ym. 2022).

2.3 Vaikutukset metsiin ja ekologiset muutokset

Ojituksen ja sen seurauksena lisääntyneen kuivavaran vaikutuksia puuston kasvuun on Suomessa tutkittu perusteellisesti jo viime vuosisadan puolella, kun uudisojitukset metsien kasvun lisäämiseksi alkoivat. Muun muassa Paavilainen (1966) tutki rämemännikön juuriston kasvua ja puuston elpymistä ojituksen jälkeen tuloksenaan, että turpeen kuivavaran kasvaessa ojituksen seurauksena, puusto kykenee kasvattamaan juuristoaan syvemmälle turpeeseen ja sen seurauksena kasvu paranee. Myös Seppälän (1969) tulokset tukevat tätä ja niistä voidaan päätellä ojituksen lisäävän puuston kasvua käytännössä aina. Kuten aiemmin todettiin, ojitukset ovatkin saaneet aikaan merkittävän kasvunlisäyksen ja nykyään neljännes maamme puuvaroista kasvaa suometeisissä.

Ojituksen aiheuttamalla radikaalilla muutoksella suon vesitalouteen on väistämättä vaikutuksia puuston lisäksi myös muille suolla esiintyvillä kasveille. Ojitusten vaikutusta soiden kenttä- ja pohjakerrosten lajitojen koostumukseen onkin tutkittu jonkin verran (mm. Laine ym. 1995, Uusitalo ym. 2006, Maanavilja ym. 2014). Vedenpinnan lasku ja siitä seuraavan puuston kasvun aiheuttama lisääntynyt varjostus johtaa soille tyyppillisten kasvilajien, kuten rahkasammalten, suovarpujen ja sarojen häviämiseen ojitusalueelta ja korvautumiseen metsälajeilla. Näistä etenkin sarat häviävät pian ojituksen jälkeen vedenpinnan tason laskun seurauksena, kun taas rahkasammalten ja varpujen häviäminen tapahtuu hitaammin, kun puuston varjostus lisääntyy. Sukkessiokehitys metsälajiston vallitsemaa ekosysteemiä kohti on nopeampaa ravinteikkaimmilla suotyypeillä (Laine ym. 1995). Rahkasammalista varsinkin märimmille väli- ja rimpipinnoille tyyppillisten lajien peittävyys on ojitetuilla soilla pienempää kuin luonnontilaisilla soilla (Uusitalo ym. 2006). Maanavilja ym. (2014) saivat tutkimuksessaan samankaltaisia tuloksia, joiden mukaan rahkasammalten peittävyys vähenee ojituksen jälkeen, kun taas metsäsammalten ja paljaan pinnan osuus lisääntyy. Kaiken kaikkiaan ojitus muuttaa suoalueita lajistoltaan keskenään samankaltaisemmiksi luonnontilaiseen verrattuna ja vähentää soiden alueellista monimuotoisuutta (Laine ym. 1995, Elo ym. 2016).

Puuston peittävyuden lisääntymisellä ojitetuilla soilla on haitallisia vaikutuksia etenkin avoimien ja puoliavoimien soiden eliölajeille, kuten suoperhosille, joiden onkin havaittu taantuneen 1990-luvulta lähtien (Uusitalo ym. 2006). Erityisesti nimenomaan soiden perhoslajit ovat selvästi vähentyneet ojitusten seurauksena ja niiden laji- ja yksilömäärät ovat ojitetuilla soilla pienempiä, kuin luonnontilaisilla soilla. Nämä lajit kärsivät ojituksen aiheuttamista muutoksista soiden kasvillisuuteen, sillä näiden perhosten toukat käyttävät ruokanaan ojitusten myötä taantuneita kasveja, kuten saroja. Tällä ei kuitenkaan voida selittää lajien taantumista kokonaan, vaan on todennäköistä, että myös puuston lisääntymisen seurauksena muuttunut pienilmasto vaikuttaa taantumiseen (Uusitalo ym. 2006). Elo ym. (2015) tutkivat sudenkorentojen esiintyvyyttä luonnontilaisilla, ojitetuilla ja ennallistetuilla soilla. Sudenkorentojen vaste ojitukseen oli sama, kuin Uusitalon ym. (2006) tutkimuksen perhosten, ja sekä laji- että yksilömäärät olivat pienimmillään ojitetuilla soilla. Syyksi sudenkorentojen vähenemiselle ehdotettiin avointen vesipintojen katoamista ojituksen seurauksena, sillä sudenkorennot ja niiden ravintonaan käyttämät hyönteiset munivat

veteen. Kuivumisen seurauksena lisääntymiselle soveltuvat ympäristöt ja sudenkorentojen ravinto katoavat tai ainakin vähenevät. Eräs merkittävimmistä ojituksesta kärsineistä riistalajeista on riekko (*Lagopus lagopus*), joskin kaikki metsäkanalinnuistamme ovat kärsineet ojitusten aiheuttamista muutoksista suoelinympäristöihin (Ludwig ym. 2008, Melin ym. 2020). Riekko onkin tämän seurauksena hävinnyt lähes kokonaan eteläisestä Suomesta ja jäljellä oleva kanta on pirstaloitunut (Putuala 2013).

Maanpäällisten vaikutustensa lisäksi ojituksen aiheuttamilla muutoksilla valumavesien laatuun on huomattavia negatiivisia vaikutuksia vesistöihin ja niiden eliöstöön. Erityisesti pienvesistöjen, kuten purojen ja pienten jokien, herkäät ekosysteemit ovat kärsineet näistä muutoksista (Ojanen ym. 2020b). Ojitusalueilta huuhtoutuva kiintoaines, erityisesti hienojakoisimmat orgaaniset ja epäorgaaniset kiintoainekset, ovat haitallisia luonnonvaraisen taimenen (*Salmo trutta*) kannoille etenkin kutupaikkojen liettymisen takia. Kiintoaines kertyy taimenten kutosoraikoille ja voi tukehduttaa mätimunat. Yhdessä ojitusten muiden vaikutusten, kuten veden happamoitumisen ja lisääntyvän rautapitoisuuden kanssa tämä muodostaa erityisen haasteen taimenen kudun kehitykselle. (Laine 2001) Ojituksen aiheuttamalla vesien tummumisella on negatiivisia vaikutuksia myös pienvesien hyönteisiin, jotka taantuvat vedessä olevan liukoisen orgaanisen hiilen lisääntyessä (Brüsecke ym. 2023).

3 Luonnontilan palauttaminen ojitetuilla soilla

Veden puutteen takia muuttuvien aapasoiden auttaminen vesitaloutta korjaavin toimin on kustannustehokkaimpia tapoja saada ennallistamalla konkreettisia tuloksia sekä monimuotoisuuden turvaamisen että ekosysteemipalveluiden palauttamisen kannalta (Haapalehto ym. 2015). Ojittamattomien aapasuokuvioiden lisäksi selkeitä potentiaalisia ennallistamiskohteita ovat heikkotuottoiset metsäojitetut suot. Niitä on Suomessa määräytävän mukaan 0,5–1 miljoonaa hehtaaria (Laiho ym. 2016).

Tietyillä ojitusalueilla vaihtoehtona on myös niin sanottu passiivinen ennallistaminen, eli alueen jättäminen kaikkien toimenpiteiden ulkopuolelle. Passiivisen ennallistamisen vaikutukset suolajien vaatimiin olosuhteisiin tunnetaan huonosti, mutta erityisesti heikkotuottoisille ja märille ojitusalueille tämä voi olla varteenotettava vaihtoehto (Kareksela ym. 2021).

3.1 Ennallistamis- ja vesienpalautusmenetelmät

Vesterinen ym. (2013) ovat kirjoittaneet Metsähallituksen Ojitettujen soiden ennallistamisoppaaseen (Aapala ym. 2013) yleiset ohjeet soiden ennallistamisen periaatteista ja menetelmistä. Tässä kappaleessa referoidaan heidän kirjoittamaansa. Ennallistaminen aloitetaan poistamalla alueelta puusto, joka voisi liiallisella haihdunnallaan haitata suon ennallistumiskehitystä. Puuston poistolla voidaan myös tavoitella suon ojitusta edeltänyttä tilaa, jos alue on alun perin ollut puuton tai vähäpuustoinen. Päinvastoin, jos suo on ollut puustoinen jo ennen ojitusta, kuten etenkin korprien tapauksessa on yleistä, voidaan puustoa säästää myös ennallistettaessa. Jos ainespuuta ei koko alueelta korjata, tulee vähintään ojalinjat, sekä kaivinkoneen kulkureitit avata työskentelyn sujuvoittamiseksi. Varsinainen suon ennallistaminen toteutetaan yleisimmin täyttämällä ja patoamalla suolle kaivettuja ojia. Kaivinkoneella siirrettään ojien varsilla olevat penkkamaat takaisin ojaan ja tarpeen vaatiessa kaivetaan lisäturvetta sopivista kohdista riittävän täytön aikaansaamiseksi. Kaadettujen puiden ja hakkuutähteiden päätymistä täytettyyn ojiin on vältettävä, jotta ne eivät muodostaisi eräänlaista salaojitusta turpeen alle. Ojituksen aiheuttaman turpeen painumisen takia on oletettavaa, että vesi edelleen kerääntyy täytetyllekin ojalinjalle. Tämän takia ojalinjalle tulee tehdä riittävin välimatkoin, yleisesti 20–50 metrin välein, pintavaljeja, joilla vesi saadaan paremmin leviämään saroille. Jos ojien täyttöön ei ole saatavilla riittävästi turvetta, voidaan ennallistaminen toteuttaa pelkillä padoilla. Padot tulee tiivistää huolellisesti ja niitä on oltava riittävästi tiheästi, jotta vesi leviää suolle tasaisesti ja padot kestävät veden aiheuttaman paineen. Ojien

täyttämiseen tai patoamiseen voidaan tarpeen mukaan yhdistää lyhyitä johdeoimia, joilla ohjataan vettä ojalinjoilta saroille kattavamman vettymisen aikaan saamiseksi.

Kuten luvussa 2.2 kuvattiin, myös ojittamattomat suot ovat kärsineet ympäröivien ojitusten kuivattavasta ja veden tulon katkaisevasta vaikutuksesta. Näiden kohteiden tilaa voidaan parantaa johtamalla suolle takaisin sille alun perin kuuluneita vesiä. Tämä toteutetaan sopiviin kohtiin kaivettavilla johdeoimilla, joilla vedet ohjataan ojitusalueelta ojittamattomalle suolle sen luontaisiin virtausreitteihin. Suon hydrologian palautuessa suon luontaiset prosessit toipuvat hyödyttäen suoluontoa ja vesiensuojelua, sillä suo toimii luontaisena vesiensuojelurakenteena sitoen itseensä valumavesien mukana tulevia kiintoaineita ja ravinteita. (Autio ym. 2018)

3.2 Hydrologiset vaikutukset

Onnistuneen ennallistamisen välittömin vaikutus suon hydrologiaan on vedenpinnan tason nousu. Ojien tukkimisen ja haihduuttavan puuston poiston jälkeen ennallistetun suon vedenpinnan taso nousee vastaamaan luonnontilaisella suolla esiintyvää tasoa (Jauhiainen ym. 2002, Haapalehto ym. 2011, Laine ym. 2011). Jauhiainen ym. (2002) eivät tutkimuksessaan myöskään havainneet ennallistettujen alueiden vedenpinnan tasossa merkittävää vaihtelua vuodenaikojen välillä. Ojitusalueilla vedenpinnan tason vaihtelu voi olla voimakasta puuston haihdunnan vuodenaikaisvaihteluiden takia. Tämä vedenpinnan nousu luontaiselle tasolle luo otolliset olosuhteet suokasvillisuuden ja luontaisen vedenkierron palautumiselle (Laine ym. 2011).

Suon ennallistamisen seurauksena myös suon veden laatu alkaa muuttua kohti luonnontilaisen suon vesien laatua. Karuilla rämeillä tämä muutos on havaittu kymmenen vuotta ennallistamisen jälkeen, jolloin veden kemiallinen koostumus on jo ollut lähempänä luonnontilaisten soiden vesien koostumusta, kuin ojitettujen (Haapalehto ym. 2014). Soiden ennallistaminen on kuitenkin häiriö ekosysteemille, siinä missä mikä tahansa muukin radikaali maankäyttömuodon muutos. Kun turve on ensin hajonnut hapellisissa oloissa ja joutuu sen jälkeen uudelleen hapettomiin oloihin vedenpinnan noustessa turpeessa tapahtuvien kemiallisten hapetus-pelkistysreaktoiden seurauksena siitä vapautuu helposti liukoisessa muodossa olevia ravinteita, jotka voivat edelleen huuhtoutua alapuolisiin vesistöihin (Sallantaus ym. 2013). Suon ennallistamisen seurauksena valumavesien ravinnepitoisuudet kasvavatkin äkillisesti, mutta palautuvat muutamassa vuodessa ennallistamista edeltävälle tasolle (Kareksela ym. 2021). Seitsemisen kansallispuistossa toteutettujen ennallistettujen soiden valumavesien laadun seurannoissa on todettu valumavesien fosforin, typen ja orgaanisen aineksen pitoisuuksien kasvavan merkittävästi ennallistamisen jälkeen. Näistä fosforin pitoisuudet palasivat ennallistamista edeltäneelle tasolle kymmenessä ja luonnontilaisen suon kaltaiselle tasolle kahdessakymmenessä vuodessa ennallistamisen jälkeen. Myös valumaveden typpipitoisuus saavutti ennallistamista edeltävän lähtötason kymmenessä vuodessa ennallistamisen jälkeen, mutta orgaanisen hiilen taso oli edelleen lähtötasoa korkeammalla kaksikymmentä vuotta ennallistamisen jälkeen. Vaikka ennallistaminen aiheuttaa välittömiä haittoja kuormitusta vastaanottaville vesistöille ja pitkäaikaista seurantatietoa ennallistettujen soiden vedenlaadun muutoksista on niukasti, tämänhetkisen tiedon perusteella voidaan olettaa, että pitkällä aikavälillä kuormitus vähenee ojiteltu suolta tulevaa kuormitusta alhaisemmalle tasolle ja vaikutukset vesistöjen tilaan ovat positiivisia. Ihanteellisessa tilanteessa ennallistetulta alueelta valuvat vedet voidaan ohjata kulkeutumaan ojittamattoman suon kautta suodattuen, jolloin ennallistamisen negatiiviset vaikutukset vesistöille jäävät pieniksi (Kareksela ym. 2021). Tästä näkökulmasta vedenpalautustoimien toteuttaminen niin metsäojitetuilla kuin ennallistetuilla alueillakin olisivat tehokkaimpia haittojen vähentäjiä parantaen samalla suoluonnon hydrologiaa kohdealueella.

3.3 Vedenpinnan nousun vaikutukset puustoon ja kasvillisuuteen

Siinä missä soiden ojitus lisää turpeen hapellisen kerroksen paksuutta ja parantaa puuston kasvuolosuhteita, ennallistamisen eli vedenpinnan nostamisen vaikutukset ovat päinvastaisia. Ojien tukkimisen aiheuttaman vedenpinnan nousun seurauksena puuston käytettävissä oleva hapellinen tila turpeessa vähenee ja siten sen kasvuolosuhteet lähtökohtaisesti heikkenevät. Tätä tukee Sarkkolan ym. (2012) johtopäätökset, joiden mukaan puuston kasvuvaste kunnostusojitukseen on suurempi, jos vedenpinta on lähötilanteessa lähempänä maanpintaa. Myös korkean vedenpinnan tason ajallisella kestolla ja sen sijoittumisella kasvukaudelle tai sen ulkopuolelle on merkittävä vaikutus puuston kasvuvasteelle. (Tuononen ym. 1981) Tutkimuksia on tehty erityisesti tulvimisen ja sen ajallisen sijoittumisen vaikutuksista männyn taimien kehitykseen laboratorioissa (Repo ym. 2016, Domisch ym. 2020). Kasvukauden aikaisen tulvimisen on todettu olevan männyn taimille haitallista, johtaen kasvun vähenemiseen ja jopa taimien kuolemiseen (Repo ym. 2016). Domisch ym. (2020) tulokset olivat hyvin samankaltaiset, joskaan taimien kuolleisuutta ei esiintynyt. Tutkimuksessa todettiin tulvimisen vähentävän niin taimien pituuskasvua, kuin myös juuriston kasvua. Pelkonen (1975) tutki eri mittaisten ja eri aikoihin sijoittuneiden korkean vedenpinnan jaksojen vaikutusta hieman varttuneempien mäntyjen kasvuun. Tulosten perusteella loppukesälle ajoittuneen tulvan todettiin olevan erittäin haitallinen männyn kasvulle, myös syksyllä ajoittunut tulva heikensi kasvua, mutta ei yhtä voimakkaasti (Pelkonen 1975). Talven ja kevään tulvilla taas ei havaittu olevan negatiivisia vaikutuksia puiden kasvuun. Koska ennallistamisen tavoitteena on vedenpinnan tason pysyvä nosto, on näiden tulosten perusteella oletettavissa, että sen seurauksena puuston kasvu vähenee ja kuolleisuusriski kasvaa huomattavasti ennallistetuilla alueilla. Pro gradu -tutkielmaansa Liutu (2023) tutki ennallistettujen aitojen puustoisten soiden puustodynamiikkaa. Tutkimuksen lopputuloksena oli, että ennallistamisen jälkeinen puuston kuolleisuus riippuu eniten ennallistetun suon ravinteisuudesta. Suurimmat määrät puuta oli kuollut kaikista ravinteisimmilla kasvupaikoilla, ruohoturvekankailla ja vähiten karuimmilla varputurvekankailla. Tulosten perusteella Liutu laskee eri turvekangas-tyypeille seuraavat arviot odotettavissa olevasta ennallistamisen jälkeisestä puuston kuolleisuudesta: Rhtkg 32,8 %, Mtkg 15,9 %, Ptkg 10,9 % ja Vatk 7,3 %.

Kuten aiemmin luvussa 2.3 todettiin, ovat soille tyypilliset kasvilajit, kuten sarat, suovarvut ja rahkasammalet ovat kärsineet ojituksista ja alkaneet ojitetuilla soilla korvaantua metsälajeilla. Ennallistamisen aikaansaama vedenpinnan nousu kuitenkin katkaisee tämän kehityksen ja mahdollistaa suokasvien elpymisen (Uusitalo ym. 2006). Erityisesti rahkasammalten elpyminen on tärkeä askel kohti toimivaa suoekosysteemiä, sillä ne ovat suurimmalta osin vastuussa turpeen kerryttämisestä (Haapalehto ym. 2006). Jauhiainen ym. (2002) havaitsivat tupasvillan lisääntyvän nopeasti ensimmäisinä vuosina ennallistamisen jälkeen, mutta esittivät tämän olevan vain siirtymävaihe kohti rahkasammal- ja saravaltaista suokasvillisuutta. Niin Haapalehto ym. (2006), kuin Maanavilja ym. (2014) havaitsivatkin pidemmän aikavälin tutkimuksissaan rahkasammalten lisääntyvän pohjavedenpinnan noustua ennallistetuilla alueilla ja ennallistettujen alueiden kasvuyhteisöjen koostumuksen lähestyvän ojittamattomien soiden yhteisöjä. Ennallistettujen soiden kasvuyhteisöjen palautuminen kohti luonnontilaa riippuu ennallistetun alueen ravinteisuudesta, sekä ojituksesta kuluneesta ajasta. Nuoremmat ja ravinteikkaammat alueet elpyvät nopeimmin ennallistamisen jälkeen (Laine ym. 2011).

Ympäröivien ojitusten vaikutuksesta kuivuneille soille toteutettujen vesienpalautusten vaikutuksia alueiden kasvillisuuteen on vielä toistaiseksi tutkittu vain vähän. Aiheesta on kuitenkin tehty Pro gradu -tutkielma Helsingin yliopistolla (Hautala 2022). Tutkielman lopputuloksena vesienpalautuksen vaikuttavuudesta soiden kasvillisuuskehitykseen voitiin todeta vesienpalautuksen lisäävän suon alkuperäisten lajien esiintyvyyttä, tai vähintään hidastavan niiden taantumista kuivumisesta kärsivillä suon reunoilla.

3.4 Muut eliöstövaikutukset

Ennallistamisen, kuten ojituksenkaan, aiheuttamat muutokset soilla ja laajemmassa ekosysteemissä, jonka osia ne ovat, eivät rajoitu ainoastaan kasvillisuuteen. Muun muassa monet aiemmin mainituista selkärangattomista hyötyvät ennallistamisesta ja niiden kannat alkavat runsastua jo ensimmäisinä ennallistamisen jälkeisinä vuosina. Elo ym. (2015) havaitsivat sudenkorentojen lajimäärän runsastuvan ennallistetuilla soilla jo kolmantena vuonna ennallistamisesta. Sudenkorennot kykenevätkin löytämään vedenpinnan noston seurauksena syntyneet avoimet vesipinnat ilmeisen nopeasti ja hyödyntämään niitä lisääntymiseensä. Eräässä Jyväskylän yliopiston pro gradu tutkielmassa (Loukola 2008) tutkittiin ennallistamisen vaikutuksia soiden perhoslajistoon. Tuloksista selvisi ennallistamisen kasvattavan soilla esiintyvien suoperhosten laji- ja yksilömääriä ja muuttavan niiden yhteisörakennetta lähemmäksi luonnontilaisen soiden perhosyhteisöjä. Noreika ym. (2015) saivat omissa tutkimuksestaan vastaavia tuloksia ja havaitsivat soille erikoistuneiden hyönteisten lisääntyvän nopeasti onnistuneen ennallistamisen jälkeen. Heidän tulostensa mukaan suohyönteisten positiiviseen vasteeseen näyttää eniten vaikuttavan rahkasammalten lisääntyminen ja yli kolmemetrinen puiden väheneminen.

Ennallistamisella vaikuttaa olevan positiivisia vaikutuksia myös ojituksista kärsineille riekkokannoille. Radiolähetinseurantojen perusteella ennallistamisalueille on syntynyt uusia kevätreviirejä, sekä ne ovat olleet käytössä pesintä- ja poikasalueina (Putala 2013). Muiden lintujen vastetta ennallistamiseen on tutkittu varsin vähän, mutta Seitsemisen kansallispuistossa tehtyjen seurantojen perusteella on havaittu suolintujen ja kahlaajien parimäärien lisääntyvän ennallistamisen jälkeen. Soiden ennallistamisen pienen mittakaavan takia linnustovaikutukset ovat kuitenkin todennäköisesti lähinnä paikallisia, mutta silti yhtä lailla arvokkaita (Rajasärkkä 2013).

3.5 Ennallistamisen ja vesienpalauttamisen riskit

Ennallistaminen on voimakas häiriö ennallistettavalle suolle ja sitä ympäröivälle ekosysteemille, minkä takia siihen liittyy aina riskejä. Näistä merkittävimpiä ovat ympäröiville talousmetsille aiheutuva vettymishaitta ja ennallistamisen aiheuttama piikki valumavesien ravinne- ja kiintoainespitoisuuksiin.

Niin ennallistettaessa, kuin palautettaessa vesiä kuivuneelle suolle, huolellisella ennakkosuunnittelulla pyritään vähentämään riskiä toimenpidealueen viereisten talousmetsien vettymisestä. Vesienpalautusta toteutettaessa tämä riski pyritään minimoimaan kaivamalla vesiä suolle johtavat johdeojat riittävän pitkälle suolle, jotta vesi ei nouse reunametsiin. Suunnittelusta huolimatta ennakoimattomia vaikutuksia saattaa kuitenkin joskus ilmetä ja reunametsän kasvukyky heikentyä äkillisesti nousseen vedenpinnan seurauksena. Pahimmassa tapauksessa tämä saattaa johtaa korvausmenettelyyn, jos vettymishaittoista kärsivällä kiinteistöllä on eri maanomistaja, kuin ennallistetulla, eikä mahdollisista korjaavista toimenpiteistä päästä sopuun (Autio ym. 2018).

Soiden ennallistamisella voi ensimmäisinä toteutuksen jälkeisinä vuosina olla negatiivisia vaikutuksia pienvesien laatuun ennallistamisen aiheuttaman ravinne päästön takia. Etenkin ravinteikkailla ennallistamisalueilla valumavesien kohonneet fosforipitoisuudet rehevöittävät niitä vastaanottavia pienvesistöjä. Nämä negatiiviset vaikutukset ovat kuitenkin vain väliaikaisia ja pitkällä aikavälillä ennallistamisella onkin todennäköisesti positiivinen kokonaisvaikutus vesistöjen tilaan, kun ojituksen aiheuttaman ojitussän jatkuva ja kuormittava vaikutus poistuu ennallistamisen myötä (Kareksela ym. 2021). Ennallistamisen negatiivisia vesistövaikutuksia on myös mahdollista vähentää ennallistamistöiden huolellisella suunnittelulla (Sallantaus ym. 2013).

4 Vettäamisen taloudelliset vaikutukset

Suon ennallistamisen ja vesienpalautuksen välittömät kustannukset muodostuvat suunnittelutyön ja varsinaisten ennallistamistöiden hinnasta. Ennallistamisen kustannukset vaihtelevatkin suuresti kohteiden välillä, riippuen kohteen ominaisuuksista, kuten koosta ja ennallistamiseen käytettävästä työmäärästä. Vesien palauttaminen kuivuneelle avosuolle on sen suhteellisen yksinkertaisuuden takia halvinta, toimenpiteiden kustannusten ollessa vähimmillään vain noin 5 €/ha, jos ne toteutetaan kunnostusojituksen yhteydessä (Kotiaho ym. 2015). Varsinaisen ennallistamisen nettokustannuksiin vaikuttaa suuresti myös se, saadaanko alueen ennallistamishakkuista puukauppatuloja. Ennallistamisen kokonaiskustannukset ovat keskimäärin n. 1000 €/ha, mutta kohteelta hakattavasta puusta saadut myyntitulot mukaan lukien ennallistamisen nettokustannus vähenee noin puoleen eli 500 € (Kareksela ym. 2021). Kustannus voi kuitenkin kasvaa vielä suuremmaksi, jos ennallistamisessa käytetään erikoismenetelmiä tavanomaisen koneellisen ojien täytön ja patoamisen lisäksi. Tolvanen ym. (2013) ovat arvioineet eri ennallistamistoimenpiteiden yksikkökohtaisia kustannuksia ja heidän arvioistaan saa selkeän kuvan erikoistoimenpiteiden suuremmista hinnoista. Esimerkiksi siinä missä normaali maa-aineksista tehty pato maksaa heidän arvionsa mukaan 15–25 €/kpl, raskaamman puuaineksella vahvistetun ja manuaalisena työnä tehdyn padon hinta puolestaan on 80–140 €/kpl.

Ennallistamisen epäsuuremmaksi taloudelliseksi vaikutukseksi voi nähdä maan poistumisen metsänkasvatuksen piiristä. Toisaalta monet ennallistamiseen valikoituvat kohteet ovat jo lähtötilanteessa sellaisia, joilla metsänkasvatus ei ole taloudellisesti kannattavaa. Näissä tapauksissa tätä vaihtoehtoiskustannusta ei liene tarpeen miettiä, mutta varsinkin puustoisilla ja ravinteisemmilla kasvupaikoilla, kuten korvissa, tilanne on eri.

Vesien palauttamisen ja ennallistamisen positiivisia talousvaikutuksia on haastavampi arvioida, sillä ne muodostuvat soiden tarjoamista moninaisista ekosysteemipalveluista. Ennallistamisen vaikutusta ekosysteemipalveluihin on tutkittu varsin vähän, joten tätä joudutaan miettimään luonnontilaisten soiden tarjoamien ekosysteemipalveluiden kautta. Merkittäviä soiden tarjoamia aineettomia ekosysteemipalveluita ovat esimerkiksi virkistyskäytön eri muodot. Soiden ennallistamisen on todettu lisäävän niin suokasvillisuutta, kuin parantavan metsäkanalintujen elinympäristöjä. Ainakin siis marjastajille ja metsästäjille tulee mitä todennäköisimmin hyötyjä ennallistamisesta. Ennallistamisen positiiviset paikallisia vaikutukset muulle linnustolle puolestaan lisäävät alueiden arvoa lintujen tarkkailussa ja ennallistamisen aikaansaama luonnontilaisen kaltainen suoluonto on myös ojitusaluetta vetävämpi retkeilykohde. Pohjois-Suomessa soiden ennallistamisella on monia positiivisia vaikutuksia poronhoitoon, sillä ennallistetuille alueille palautuvat suokasvit ovat poroille tärkeää ravintoa. Ojat itsessään myös vaikeuttavat porotaloutta hankaloittamalla kulkemista alueella. (Kareksela ym. 2021) Yhdeksi soiden ennallistamisen positiivisista talousvaikutuksista voidaan myös nähdä sen luomat työmahdollisuudet, jotka kohdistuvat pääasiassa syrjäseuduille. Ennallistamisen tuottamaksi työllisyysvaikutukseksi on arvioitu noin 10 henkilötyövuotta 1000 ennallistettavaa hehtaaria kohden (Kareksela ym. 2021). Ennallistamisella ja etenkin vedenpalautuksella kuivuneille avosoille on myös valumavesiä puhdistava vaikutus, kun valuma-alueen vedet suotautuvat niiden kautta. Vesien ohjaaminen kuivahtaneelle suolle on usein myös kustannustehokkaampaa, kuin laajojen vesiensuojelurakenteiden tekeminen (Autio ym. 2018).

5 Yhteenveto

Suomalainen suoluonto on kärsinyt merkittävästi ja menettänyt monia ominaispiirteitään laajamittaisen ojitusten seurauksena. Viime vuosikymmeninä suoluonnon heikentyneeseen tilaan on Suomessa herätty, samalla kun maailmanlaajuisesti on alettu nostaa entistä enemmän esille ekosysteemien ennallistamista, eli niiden palauttamista kohti luonnontilaa. Suomessa soiden tilaa on jo lähes 40 vuoden ajan kohennettu ennallistamalla niitä ja palauttamalla niille luontaisia hydrologisia prosesseja. Saatavilla

olevan kirjallisuuden perusteella voidaan päätellä, että ennallistamalla soita on mahdollista parantaa suoluonnon tilaa, tai vähintään hidastaa niiden heikkenemistä. Onnistuessaan ennallistaminen palauttaa suolle luontaisen kaltaisen veden kierron, mikä mahdollistaa suon luontaisen kehityskulun jatkumisen. Ennallistamisen jälkeen kestää kuitenkin useita vuosia, ennen kuin ekosysteemi toipuu sen aiheuttamasta häiriöstä. Ennallistaminen ei tämän takia olekaan lyhyen aikavälin ratkaisu, vaan sen hyödyt tulevat näkyviin viiveellä, joissain tapauksissa vasta vuosikymmenten päästä. Ennallistamiseen liittyy myös tiettyjä riskejä, mutta ne ovat pääasiassa minimoitavissa toimenpiteiden huolellisella suunnittelulla.

Ojitettujen ja ojitusten vaikutuksesta kuivuneiden soiden ekosysteemit ovat muuttuneet merkittävästi luonnollisesta tilastaan, mutta tutkimusten valossa ennallistamisella voidaan katkaista ja jopa kääntää tämä kehityskulku. Muun muassa ennallistettujen soiden kasvillisuuden on osoitettu alkavan elpyä luonnontilaa kohti jo muutamassa vuodessa ennallistamisen jälkeen. Suokasvien lisäksi ennallistamisesta hyötyvät myös soille erikoistuneet eläimet, kuten erilaiset hyönteiset ja suolinnut. Ennallistetulle suolle itsellensä sijoittuvien hyötyjen lisäksi ennallistaminen tuottaa myös pitkän aikavälin hyötyjä suoalueen alapuolisille vesistöille ja näissä eläville tai niistä riippuvaisille eliöille. Ennallistettaessa on kuitenkin muistettava, että mikään näin suuren mittakaavan muutos ekosysteemin toimintaan ei ole riskitön. Yksi ennallistamisen suurimmista ekologisista riskeistä on valumavesien hetkellisesti lisääntyvä ravinnekuormitus. Taloudellinen vaaranpaikka puolestaan on ympäröivät talousmetsät, jotka eivät ennallistamisen seurauksena saa vettyä. Mahdolliset haittavaikutukset, niin vesistöille kuin talousmetsille onkin otettava suunnittelussa huomioon ja pyrittävä minimoimaan parhaan mahdollisen tietämyksen mukaan.

Ennallistamisen ja vesienpalautuksen kustannukset vaihtelevat huomattavasti kohteiden välillä, mutta joissain tapauksissa soiden tilaa voidaan parantaa hyvinkin maltillisilla investoinneilla. Vesienpalauttamista kuivuneille soille voi kuitenkin pitää yhtenä kustannustehokkaimmista vesiensuojelutoimista. Ennallistamisella saatuja hyötyjä on kuitenkin hieman vaikeampi arvioida, kuin niiden välittömiä kustannuksia. Tämä johtuu siitä, että suurimmat ennallistamisesta saadut hyödyt ovat aineettomia ekosysteemipalveluja, kuten vesien puhdistusta ja virkistysarvojen kasvua. Näiden rahallista arvoa on ennallistamisen suoria kustannuksia vaikeampi mitata yksiselitteisesti. Ennallistamisella on myös positiivisia aluetaloudellisia vaikutuksia, kuten ennallistamistöiden tuoma työllisyys paikallisille yrittäjille.

6 Kirjallisuutta

Aapala, K, Similä, M. & Penttinen, J (toim.). 2013b. Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja B188, 301 s. Saatavissa: <https://julkaisut.metsa.fi/wp-content/uploads/sites/2/2023/11/b188.pdf>

Autio, O., Jämsen, J., Rinkineva-Kantola, L. & Joensuu, S. 2018. Veden palauttaminen kuivuneille suojuolueille kunnostusojituksen yhteydessä. Raportteja 10. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 47 s.

Brüsecke, J., Muotka, T., Huttunen, K-L., Litjo, S., Lepo, W-P. & Jyväsjärvi, J. 2023. Drainage-induced browning causes both loss and change of benthic biodiversity in headwater streams. *Limnology and oceanography letters* 8: 620-627.

Desrochers, A. & Van Duinen, G-J. 2006. Peatland fauna. *Julk.: Wieder, R. K., & Vitt, D. H. (toim.) 2006. Boreal Peatland Ecosystems. Springer. s. 67-100.*

Domisch, T., Qian, J., Sondej, I., Martz, F., Lehto, T., Piirainen, S., Finér, L., Silvennoinen, R. & Repo, T. 2020. Here comes the flood! Stress effects of continuous and interval waterlogging periods during the growing season on Scots pine saplings. *Tree physiol.* 40: 869-885.

Elo, M., Penttinen, J., Kotiaho, J.S., 2015. The effect of peatland drainage and restoration on Odonata species richness and abundance. *BMC Ecol.* 15, 11

Haapalehto, T., Vasander, H., Jauhiainen, S., Tahvanainen, T. & Kotiaho, J. 2011. The Effects of Peatland Restoration on Water-Table Depth, Elemental Concentrations, and Vegetation: 10 Years of Changes. *Restoration Ecology* 19(5): 587–598. Saatavissa: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2010.00704.x>

Haapalehto, T., Kotiaho, J.S., Matilainen, R. & Tahvanainen, T. 2014. The effects of long-term drainage and subsequent restoration on water table level and pore water chemistry in boreal peatlands. *Journal of hydrology* 519: 1493–1505.

Haapalehto, T., Joensuu, S., Kaipainen, J., Alanen, A., Hilska-Aaltonen, M., Karjalainen, J., Karvonen, L., Laiho, R., Musta, I., Ohtonen, A., Orava, T., Rehell, S., Sallantausta, T., Seppälä, M., Siivonen, T., Sulkava, R., Tahvanainen, T. & Veltheim, T. 2015. Suoelinympäristöt. Julk.: Kotiaho, J. S., Kuusela, S., Nieminen, E., & Päivinen, J. (toim.). 2015. Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa. Ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö. 8/2015. S. 123–158.

Hautala, R. 2022. Vesien palauttaminen aapasolle –kuinka kasvillisuusanalyysi tukee ennallistamistoi-
mien ekologisen vaikuttavuuden arviointia. Maisterintutkielma. Helsingin yliopisto, Maatalous- ja metsä-
tieteellinen tiedekunta. 89 s.

Hynninen, A. 2011. Use of wetland buffer areas to reduce nitrogen transport from forested catchments: retention capacity, emission of N₂O and CH₄ and vegetation composition dynamics. – *Dissertationes Forestales* 129. 53 s.

Jauhiainen, S., Laiho, R. & Vasander, H. 2002. Ecohydrological and vegetational changes in a restored bog and fen. *Annales botanici Fennici* 39: 185–199.

Kaakinen, E., Kokko, A., Aapala, K., Autio, O., Eurola, S., Hotanen, J.-P., Kondelin, H., Lindholm, T., Nousiainen, H., Rehell, S., Ruuhijärvi, R., Sallantausta, T., Salminen, P., Tahvanainen, T., Tuominen, S., Turunen, J., Vasander, H. & Virtanen, K. 2018a Suot. Julk.: Kontula, T. & Raunio, A. (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018a. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristökeskus & ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 5/2018. s. 117–170. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161233>

Kareksela, S., Ojanen, P., Aapala, K., Haapalehto, T., Ilmonen, J., Koskinen, M., Laiho, R., Laine, A., Maanavilja, L., Marttila, H., Minkkinen, K., Nieminen, M., Ronkanen, A.-K., Sallantausta, T., Sarkkola, S., Tolvanen, A., Tuittila, E.-S. ja Vasander, H. 2021. Soiden ennallistamisen suoluonto-, vesistö-, ja ilmastovaikutukset. Vertaisarvioitu raportti. Suomen Luontopaneelin julkaisu 3b/2021.

Komulainen, V.-M., Tuittila, E.-S., Vasander, H. & Laine, J. 1999. Restoration of drained peatlands in southern Finland: initial effects on vegetation change and CO₂ balance. *Journal of Applied Ecology* 36: 634–648. Saatavissa: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1999.00430.x>

Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hotanen, J.-P., Nevalainen, S., Pitkänen, J., Strandström, M. & Viiri, H. 2017. Suomen metsät 2009–2013 ja niiden kehitys 1921–2013. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2017: 1–86.

Kotiaho, J.S., Kuusela, S. Nieminen, E., & Päivinen J. 2015. Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa. Suomen ympäristö 8/2015.

Laine, A. 2001. Restoring salmonid stocks in boreal rivers: problems of passage at migratory areas and land derived loading in production areas.

Laine, A.M., Leppälä, M., Tarvainen, O., Pääatalo, M-L., Seppänen, R. & Tolvanen, A. 2011. Restoration of managed pine fens: effect on hydrology and vegetation. *Applied vegetation science* 14: 340-349.

Laine, J., Vasander, H. & Laiho, R. 1995. Long-Term Effects of Water Level Drawdown on the Vegetation of Drained Pine Mires in Southern Finland. *Journal of applied ecology* 32 (4): 785-802.

Laine, J., Vasander, H., Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. 2018. Suotyypit ja turvekankaat -kasvupaikkaopas. Luke, Helsingin yliopisto, Metsäkustannus. 160 s.

Laitinen, J., Ojanen, P., Aapala, K., Hotanen, J-P., Kokko, A., Punntila, P., Rehell, S., Tiainen, J. & Vasander, H. 2020a. Soiden eliölajit ja niiden uhanalaisuus. *Suo* 71 (2): 157–172.

Laitinen, J., Ojanen, P., Aapala, K., Hotanen, J-P., Kokko, A., Punntila, P., Rehell, S., Tiainen, J. & Vasander, H. 2020b. Soiden kasvillisuus. *Suo* 71 (2): 141–148

Liutu, O. 2023. Puustodynamiikka ennallistetuilla aidoilla puustoisilla soilla Etelä- ja Keski-Suomessa. Maisterintutkielma. Helsingin yliopisto, Maatalous- ja metsätieteellinen tiedekunta. 82 s.

Loukola, O. 2008. Ennallistamisen vaikutukset soiden perhosiin. Jyväskylän yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. 35 s.

Ludwig, G., Alatalo, R., Helle, P., Nissinen, K. & Siitari, H. 2008. Large scale drainage and breeding success in boreal forest grouse. *Journal of applied ecology* 45: 325-333.

Luonnonvarakeskus 2023. Puuston tilavuus metsä- ja kitumaan kankailla ja soilla puulajeittain. Luonnonvarakeskuksen tilastotietokanta. Saatavissa: <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/> [Viitattu 7.12.2023]

Maanavilja, L., Aapala, K., Haapalehto, T., Kotiaho, J-S. & Tuittila, E-S. 2014. Impact of drainage and hydrological restoration on vegetation structure in boreal spruce swamp forests. *Forest ecology and management* 330: 115-125.

Melin, M., Mehtätalo, L., Helle, P., Ikonen, K. & Packalen, T. 2020. Decline of the boreal willow grouse (*Lagopus lagopus*) has been accelerated by more frequent snow-free springs. *Scientific reports* 10.

Mustonen, S. & Seuna, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Helsinki, Vesihallitus, Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 2, 63 s

Nieminen, M. & Ahti, E. 2000. Soiden metsätalouuskäytön vesistövaikutukset. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2000: 321–325.

Nieminen, M. & Sallantaus, T. 2020. Metsäojitettujen soiden vesistökuormitus. *Suo* 71 (2): 205–209.

Nieminen, M., Sarkkola, S., Hahti, K., Sallantaus, T., Koskinen, M., Ojanen, P. 2020. Metsäojitettujen soiden ravinnekuormitus. Summary: Forestry on drained peatlands as a source of surface water nitrogen and phosphorus in Finland. *Suo* 71(1): 1–13.

Noreika, N., Kotiaho, J.S., Penttinen, J., Punntila, P., Vuori, A., Pajunen, T., Autio, O., Loukola, O.J. & Kotze, D.J. 2015. Rapid recovery of invertebrate communities after ecological restoration of boreal mires. *Restoration Ecology* 23: 566–579.

Ojanen, P., Aapala, K., Hotanen, J-P., Hökkä, H., Kokko, A., Minkkinen, K., Mylly, M., Punntila, P., Päivänen, J., Rehell, S., Turunen, J., Valpola, S. & Vähäkuopus, T. 2020a. Soiden käyttö Suomessa, *Suo* 71(2):

115–124. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/60b1f36e-a48a-4913-9321-89ca53b77f67/content>

Ojanen P., Aapala K., Hotanen J.-P., Kokko A., Kortelainen P., Marttila H., Nieminen M., Nieminen T. M., Punttila P., Rehell S., Sallantausta T., Sarkkola S., Tiainen J., Turunen J., Valpola S., Vasander H., Vähäkuopus T. & Minkkinen K. 2020b. Ojituksen vaikutus luonnon monimuotoisuuteen, ilmastoon ja vesistöihin – yhteenveto. *Suo* 71(2): 93–114.

Ojanen, P., Minkkinen, K., & Penttilä, T. 2013. The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands. *For. Ecol. Manage.* 289: 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.008>

Paavilainen, E. 1966. On the effect of drainage on root systems of Scots pine on peat soils. *Communications Institutionales Forestalia Fenniae*, 61: 1 – 110 In Finnish with English abstract

Pelkonen, E. 1975. Effects of Scots pine growth of ground water adjusted to the ground surface for year. *Suo- Mires and Peat* 26: 25–32. In Finnish with English abstract.

Putala, A. 2013. Riekkosoiden ja metsäkanalintujen poikueympäristöjen ennallistaminen valtion talousmetsissä. *Julk.: Aapala, K, Similä, M. & Penttinen, J (toim.). 2013a. Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja B188, s. 36. Saatavissa: https://julkaisut.metsa.fi/julkaisu/ojitettujen-soiden-ennallistamisopas/*

Päivänen, J. 1974. Sarkaleveyden ja naveroinnin vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen ja männyntaimiston kehitykseen lyhytkortisella nevalla. Summary: The effect of ditch spacing and furrowing on the depth of the ground water table and on the development of a Scots pine plantation on small-sedge bog. *Silva Fennica* 8(4): 215–224

Rajasärkkä, A. 2013. Soiden ennallistaminen ja linnusto. *Julk.: Kaisu Aapala, Maarit Similä ja Jouni Penttinen (toim.), Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 188, s. 99–101. Saatavissa: https://julkaisut.metsa.fi/julkaisu/ojitettujen-soiden-ennallistamisopas/*

Rehell, S., Sallantausta, T., Tahvanainen, T., Haapalehto, T. & Joensuu, S. 2013. Soiden vesitalous. *Julk.: Aapala, K, Similä, M. & Penttinen, J (toim.). 2013a. Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja B188, s. 41–53. Saatavissa: https://julkaisut.metsa.fi/julkaisu/ojitettujen-soiden-ennallistamisopas/*

Repo, T., Launiainen, S., Lehto, T., Sutinen, S., Ruhanen, H., Heiskanen, J., Laurén, A., Silvennoinen, R., Vapaavuori, E. & Finér, L. 2016. The responses of Scots pine seedlings to waterlogging during growing season. *Canadian Journal of Forest Research* 46: 1–12.

Rydin, H., Gunnarsson, U. & Sundberg, S. 2006. The role of Sphagnum in peatland development and persistence. *Julk.: Wieder, R. K., & Vitt, D. H. (toim.) 2006. Boreal Peatland Ecosystems. Springer. s. 47–65.*

Sallantausta, T., Similä, M., Rehell, S. & Perkiö, R. 2013. Ennallistettaessa huomioitavia riskitekijöitä. *Julk.: Aapala, K, Similä, M. & Penttinen, J (toim.). 2013a. Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja B188, s. 164–166. Saatavissa: https://julkaisut.metsa.fi/julkaisu/ojitettujen-soiden-ennallistamisopas/*

Sarkkola, S., Hökkä, H., Ahti, E., Koivusalo, H. & Nieminen, M. 2012. Depth of water table prior to ditch network maintenance is a key factor for tree growth response. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27 (7): 649-658.

Sarkkola S. & Päivänen J. 2020. Hydrologia – suon synnyn ja kehityksen ohjaaja. *Suo* 71 (2): 125–139.

Seppälä, K. 1969. Kuusen ja männyn kasvun kehitys ojitetuilla turvemailla. (Summary: Post-drainage growth rate of Norway spruce and Scots pine on peat). Acta Forestalia Fennica 93: 1–89.

Starr, M.R. & Päivänen, J. 1981. The influence of peatland forest drainage on runoff peak flows. Lyhenelmä: Soiden metsäojituksen vaikutus ylivirtaamiin. Suo 32(3): 79–84

Tahvanainen, T. 2011. Abrupt ombrotrophication of a boreal aapa mire triggered by hydrological disturbance in the catchment. Journal of ecology 99: 404–415.

Tolvanen, A., Ollonqvist, P., Perkiö, R. & Uotila, E. 2013. Ennallistamisen kustannustehokkuus. Julk.: Aapala, K, Similä, M. & Penttinen, J (toim.). 2013a. Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsä-hallituksen luonnonsuojelujulkaisuja B188, s. 182–185. Saatavissa: <https://julkaisut.metsa.fi/julkaisu/ojitettujen-soiden-ennallistamisopas/>

Tuononen, E., Vähäsöyrinki, E. & Österlund, P. 1981. Vedenkorkeusvaihteluiden vaikutus rantamaiden viljelyyn ja puustoon. Vesihallituksen tiedotuksia 206. 125 s.

Uusitalo, A., Kotiaho, J-S., Päivinen, J., Rintala, T. & Saari, V. 2006. Kasvien ja päiväperhosten esiintymisen luonnontilaisilla ja ojitetuilla soilla. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja A 157. 44 s.

Vasander, H. 1999. Mitä järkeä on ennallistaa soita? Metsätieteen aikakauskirja 4: 753–756. Saatavissa: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/533936/Vasander.pdf?sequence=1>

Vesterinen, P., Similä, M., Rehell, S., Haapalehto, S. & Perkiö, R. 2013. Ennallistaminen. Julk.: Aapala, K, Similä, M. & Penttinen, J (toim.). 2013a. Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja B188, s. 138–151. Saatavissa: <https://julkaisut.metsa.fi/julkaisu/ojitettujen-soiden-ennallistamisopas/>

Vikman, A., Sarkkola, S., Koivusalo H., Sallantausta, T., Laine, J., Silvan, N., Nousianen, H. & Nieminen, M. 2010. Nitrogen retention by peatland buffer areas at six forested catchments in southern and central Finland. Hydrobiologia (2010) 641:171–183.

Ympäristöministeriö. 2023 <https://ym.fi/montrealin-luontokokous-cop15>. [Viitattu 7.12.2023]

