

↗ Välitön ja pitkän ajan muutos kunnostettujen metsäojien dimensioissa ja kasvillisuudessa

Immediate and long-term change in the dimensions and vegetation of maintained forest ditches in Finland

Tarja Anttila, Hannu Hökkä, Tiina Ronkainen & Samuli Joensuu

Tarja Anttila, Tapio Oy, tarja.anttila@tapio.fi; Hannu Hökkä, Luonnonvarakeskus, hannu.hokka@luke.fi; Tiina Ronkainen, Tapio Oy, tiina.ronkainen@tapio.fi; Samuli Joensuu, Tapio Oy, samuli.joensuu@tapio.fi

Suometsien ojien madaltumiskehitykseen vaikuttavat erityisesti turvekerroksen painuminen, ojissa tapahtuva eroosio ja liettyminen sekä kasvillisuuden kehitys. Tässä selvityksessä tarkasteltiin ojien madaltumis- ja kasvittumiskehitystä kahdessa erillisessä aineistossa; 0–3 vuotta (kaksi kohdetta) sekä 20 vuotta (35 kohdetta) ojien kunnostuksen jälkeen. Kahdessakymmenessä vuodessa ojat madaltuivat keskimäärin 33,4 cm keskimääräisen loppusyvytyden ollessa 65 cm. Ojasyvytyden muutoksen tärkein selittäjä oli lineaarisessa sekamallissa alkuperäinen kunnostusojitusyvyys. Muista selittäväistä tekijöistä lämpösumman lisääntyminen voimisti mataloitumista. Samoin kunnostetun kohteen turpeen paksuus, jos turvetta oli yli 70 cm ja oja oli turvepohjainen. Ojan pintaleveyden muutosta selitti vain alkuperäinen pintaleveys. Kasvillisuuden peittävyys oli ojissa noin 88 % 20 vuoden jälkeen. Kolmen vuoden seuranta-aineistossa 90 cm syvyyteen kaivetut ojat madaltuivat keskimäärin 17–20 cm. Eniten kolmen vuoden aikana mataloituivat 90 cm syvyyteen kaivetut, hienojakoisen pohjamaalajin (hiesu/hiesusavi) ojat, jotka olivat kolme vuotta kunnostuksen jälkeen keskimäärin 70 cm syviä. Kasvillisuutta kertyi enemmän matalampiin ojiin. Tulokset tukevat aiempaa matalampia ojien kunnostuksen syvyys suosituksia, jotka otettiin käyttöön metsänhoidon suosituksissa vuonna 2022.

Avainsanat: kunnostusojitus, ojien kunnostus, ojasyvyys, suometsänhoito, turvemaa

Johdanto

Metsäojien tiedetään kaivamisen jälkeen vähitellen mataloituvan useasta syystä, minkä vuoksi niiden kuntoa ja vedenjohtamiskykyä on ylläpidetty ojien perkauksella. Tärkeimpiä metsäojien mataloitumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat turvekerroksen painuminen, hakkuutähteet, ojien syöpyminen ja liettyminen sekä ojia tukkiva kasvillisuus (Paavilainen ja Päivänen 1995). Maalajin on todettu vaikuttavan oleellisesti ojien syöpymiseen, herkimpiä ovat lajittuneet hiesu-, hieta- ja hiekkamaat (Saarinen ym. 1998). Ratkaisevaa ojan kunnossa pysymisen kannalta on ojan vietto; jyrkkäviettoisten ojien on havaittu säilyttävän syvyytensä paremmin kuin loivaviettoiset ojat (Hökkä ym. 2000; Silver & Joensuu 2005; Hökkä ym. 2020). Ojan kaivuutavalla on merkitystä mataloitumiseen, sillä kaivinkoneella kaivetut ojat mataloituvat hitaammin kuin auramalla tehdyt ojat (Hökkä ym. 2020).

Ensikertaisen metsäojituksen jälkeen metsäojien on todettu mataloituvan 20 vuodessa keskimäärin 20–34 cm (Heikurainen 1957, 1980; Timonen 1983). Ojien kunnostuksen jälkeen ojien mataloitumista on seurattu tiittävästi kahdessa tutkimuksessa Suomessa: Silverin & Joensuun (2005) Lounais-Suomessa tehdyssä tutkimuksessa ojat mataloituivat keskimäärin 30 cm 10 vuodessa ja Hökkä ym. (2020) suometsien pysyvillä koealoilla (SINKA-verkosto) tehdyssä tutkimuksessa n. 20–30 cm 20 vuodessa. Hökkä ym. (2020) havaitsivat ojien mataloitumisen olevan nopeinta ensimmäiset kymmenen vuotta ojien kunnostuksen jälkeen ja hidastuvan 35 vuoden jälkeen. Paksumpi turvekerros ja suuri ojaluiskan kaltevuus indikoivat alun perin syvempiä ojia, ja mataloitumiseen vaikuttivat etenkin turpeen painuminen sekä ojassa tapahtuva eroosio. Silverin & Joensuun (2005) mukaan ojat mataloituivat suhteellisesti nopeammin kangaskorpien ohutturpeisilla hiesusavi- ja hiesumaille ja vähiten kangasrämeiden ohutturpeisilla hieta- ja hiekkamaille. Routivilla hiesu- ja hiesusavimaille ojien mataloitumiseen on havaittu vaikuttavan oleellisesti routimisesta johtuva ojaluiskien sortuminen (Silver & Joensuu 2005). Myös turvemaaojien on todettu mataloituvan nopeasti, mutta kasvillisuuden kehittymisestä johtuen mataloitumisnopeus

on kuitenkin tasaisempaa kuin hienojakoisilla kivennäismaapohjaisilla kohteilla (Silver & Joensuu 2005). Pitkälle maatunut turve sekä hienojakoiseen kivennäismaahan ulottuvat ojat ovat alttiimpia eroosiolle (Tuukkanen ym. 2014). Paksuturpeisilla kohteilla mataloituminen johtuu lähinnä turpeen painumisesta ja kasvillisuudesta, ja kivennäismailla pääsyy on puolestaan ojan pohjan liettyminen. Silverin & Joensuun (2005) tutkimuksessa kasvillisuuden peittävyuden havaittiin olleen keskimäärin 68 % viisi vuotta ja 100 % 10 vuotta kunnostuksen jälkeen kaikissa tarkastelluissa ojissa. Kasvilajisuhteiden havaittiin vaihtelevan ojitusalueen maalajin ja suotyypin mukaan.

Metsäojitusalueilta tulevan vesistökuormituksen on viime vuosina havaittu olevan aiempaa luultua suurempaa (Finér ym. 2020; Nieminen ym. 2020). Ojien reunoista ja pohjista irtoaa turvetta ja kivennäismaata, joka kulkeutuu ojustoa pitkin alempiin vesistöihin aiheuttaen vesien samentumista ja tummumista (Tuukkanen ym. 2016). Ravinnekuormitusta syntyy veteen liuenneista ja kiintoaineeseen sitoutuneista ravinteista. Myös turpeen hiilidioksidipäästöt kasvavat pohjaveden pinnan laskun ja siitä seuraavan turpeen hajoamisen lisääntymisen myötä. Kunnostusojituksen hiilidioksidipäästöt ovat merkittäviä pitkällä aikavälillä etenkin rehevillä kasvupaikoilla (Ojanen ym. 2020). Sammalpeitteisten ojien metaanipäästöt ovat merkittävästi pienemmät kuin sammalettomien ojien (Rissanen ym. 2023). Sekä vesistökuormituksen että maaperän päästöjen minimoimiseksi vedenpintaa ei pidä laskea kuivatuksella tarpeettoman alas.

Viimeaikaisten tutkimusten mukaan puuston kasvulle riittävän pohjaveden pinnan tasoon päästään totuttua huomattavasti matalammilla ojilla (Hökkä ym. 2021). Puuston hyvän kasvun kannalta suometsän pohjaveden pinnan tulisi olla loppukesällä 35–40 cm syvyydellä (Sarkkola ym. 2013; Hökkä ym. 2021). Silloin vältetään myös turpeen liialliselta hajoamiselta ja siitä muodostuvien kasviuonepäästöjen lisäykseltä.

Metsänhoidon suosituksissa esitetyt kunnostusojitusten kaivuussyvyudet ovat ohjanneet toteutuksia usean vuosikymmenen ajan vuodesta 1988 saakka (Keskusmetsälautakunta Tapio 1987). Suositukset ovat sitoneet kaikkia valtion tukemia

kunnostusojituksia, mutta toteutuneet ojasyvydet ovat usein olleet suosituksia syvempiä (Saarinen 1998). Perusteena suosituksia syvemmille ojille on voinut olla ajatus tehokkaasta kuivatuksesta ja aikaa paremmin kestävästä ojista. Metsänhoidon suositusten ojasyvyysuudistusta madallettiin suositusten päivityksen yhteydessä vuonna 2022. Kunnostettavien ojien suositussyvyys on turpeen paksuudesta riippuen 50–90 cm (Ojien kunnostus n.d.). Ojien kunnostamistarvetta arvioitaessa on ojien kunnon lisäksi oleellista huomioida myös ojitusalueen puusto ja sen vettä haihduttava vaikutus. Myös lannoituksin voidaan lisätä paikoin puuston kasvua ja veden käyttöä niin paljon, että ojien kunnostusajankohtaa voidaan siirtää uudistamisvaiheeseen (Hökkä ym. 2022). Juutisen ym. (2020) tutkimuksessa arvioitiin, että jatkuvan kasvatuksen menetelmiä hyödyntäen ojien kunnostuksilta voitaisiin sopivilla kohteilla välttyä kokonaan tai niitä tarvitsisi kunnostaa hyvin harvoin.

Tässä selvityksessä tarkastellaan kunnostettujen metsäojien kehitystä kahdesta näkökulmasta: heti kunnostuksen jälkeisinä kolmena vuotena tapahtuvia muutoksia, sekä ojien mataloitumista 20 vuoden aikana kunnostuksen jälkeen. Selvityksen tavoitteena oli tunnistaa mataloitumiskehitykseen vaikuttavia tekijöitä sekä havainnoida kasvillisuuden kehitystä kunnostetuissa ojissa.

Aineisto

Tutkimuksessa on mukana kaksi aineistoa, joita on tarkasteltu toisistaan erillään. Ensimmäinen aineisto perustuu kahden kohteen välittömään ojien kunnon kehityksen tarkasteluun, kun taas toisessa on käytössä laaja, 35 kunnostusojitusalueen maanlaajuinen aineisto.

Ojien välitön kehitys perkauksen jälkeen

Selvitys perustuu kahteen kunnostusojituskohteeseen Pohjois-Pohjanmaalla Pudasjärven alueella (Kuva 1). Kunnostettujen ojien kehitystä seurattiin 0–3 vuotena kunnostuksen jälkeen osana 'Työkaluja ja menetelmiä turvemaiden metsien käytön vesistö- ja ilmastovaikutusten torjuntaan (TurVI)' -hanketta. Ojien perkaus toteutettiin

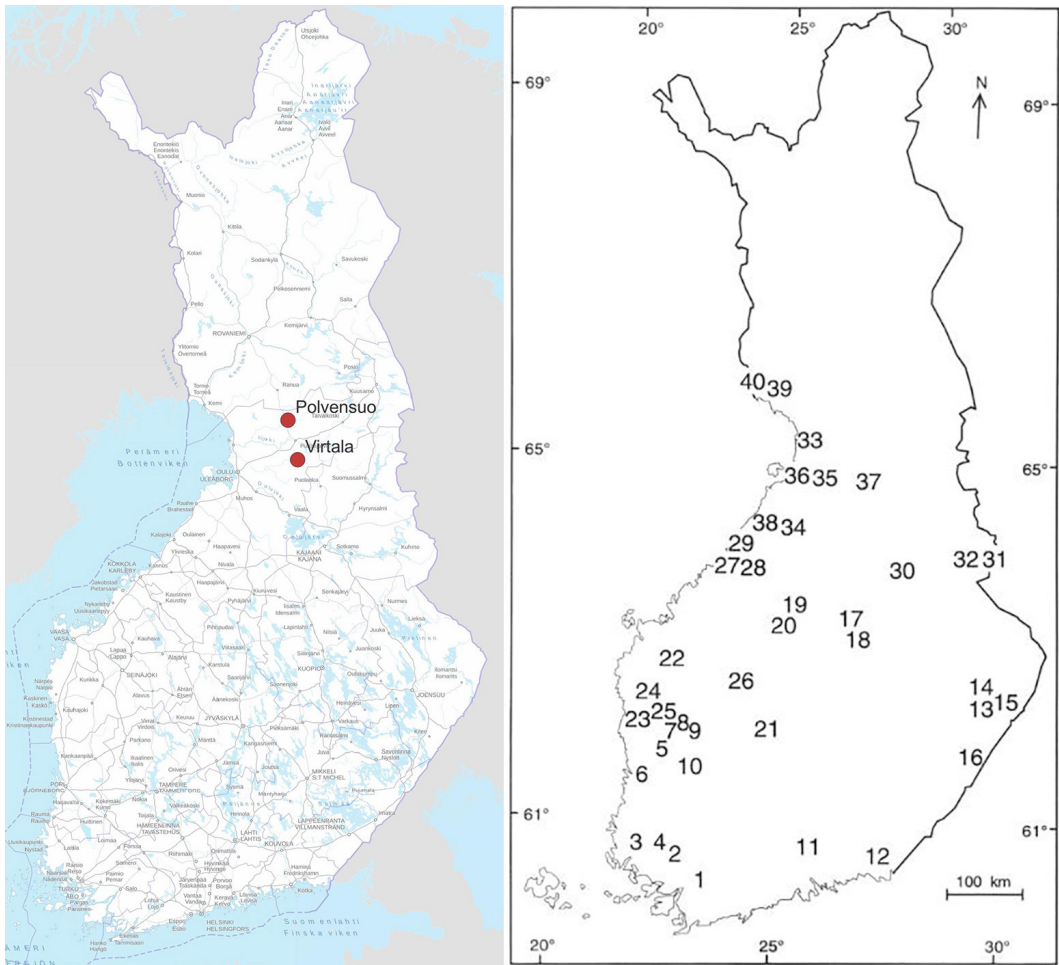
kevällä 2020, ja ensimmäiset mittaukset tehtiin kaivuun jälkeen saman vuoden syksyllä. Osassa ojista tavoitesyvyys oli 60 cm ja osassa 90 cm. Polvensuo on paksaturpeinen (keskimäärin 76 cm) puolukkaturvekangas, jolla seurattiin kolmen 60 cm ja kolmen 90 cm tavoitesyyteen kunnostetun ojan kehittymistä (Kuva 2). Virtalansuo on ohutturpeisempi (keskimäärin 46 cm) puolukka-/varputurvekangas, jolla seurattiin kuuden 60 cm ja kolmen 90 cm tavoitesyyteen kunnostetun ojan kehittymistä (Kuva 3). Polvensuolla pohjamaalaji oli karkeampaa (hiekkaa – hiesua) ja Virtalansuolla hienojakoista (hiesu – hiesusavi).

Mittauksia tehtiin yhteensä 15 ojasta, joista 12 ojassa mittauspisteitä oli 10. Kolmessa ojassa ojien lyhyen pituuden vuoksi mittauspisteitä oli 6, 8 ja 9. Mittauspisteiden sijoittuminen määriteltiin kunnostetun ojan pituuden mukaan. Mittauspisteitä sijoitettiin kolmeen ojaan 20 metrin välein, kolmeen ojaan 15 metrin välein, kahdeksaan ojaan 10 metrin välein ja yhteen ojaan viiden metrin välein. Mittauspisteiden sijainnit oli merkitty maastoon kuitunauhoilla. Ojien mittauspisteiltä mitattiin mittakeppien avulla ojasyvyys ojan pohjasta ojan yläreunaan (jätkänpolku), lietteen paksuus, ojan pohjan (tasainen osa pohjaa) ja yläosan leveydet (reunasta reunaan), sekä seurattiin kasvillisuuden kehittymistä ojissa (raikasammalet, karhunsammalet, tupasvilla, sarat, ruohot, varvut, puuvartiset) määrittämällä kasviryhmien keskimääräiset peittävyudet ojan pohjalla 50 cm ojan pituudelta.

Ojien dimensioiden pitkäaikainen muutos perkauksen jälkeen

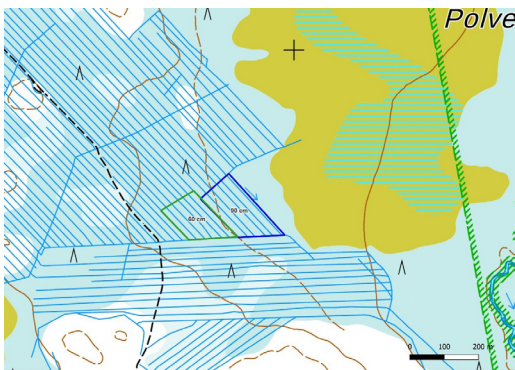
Ojien pitkäaikaiskehityksen tarkastelu perustuu kunnostetuilta ojitusalueilta vuosina 1994 ja 2012–2013 kerättyyn seuranta-aineistoon. Vuoden 1994 aineisto on kerätty Tapion, silloisen Metsäntutkimuslaitoksen ja Suomen metsäkeskuksen yhteistyönä METVE- ja Ojien kunto-hankkeissa (Saukkonen & Kenttämies 1995; Joensuu 2002).

Vuonna 1990 käynnistyneessä METVE-hankkeessa valittiin 40 kunnostusojituskohdetta vuosina 1990–1992. Kohteet sijaitsevat eri puolilla Suomea (Kuva 1). Kaivuut toteutettiin kunnostusojitushankkeena ja ne ajoittuvat vuosille

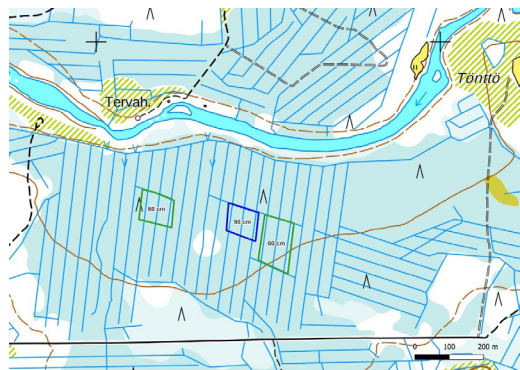


Kuva 1. Pitkäaikaisen ojakehityksen (vasemmalla) (Lähde: Joensuu 2002) ja lyhytaikaisen ojakehityksen (oikealla) seuranta-kohteiden sijainnit (MML 2024). Seuranta-kohteiden nimet liitteessä 2.

Figure 1. Locations of the long-term (left) and short-term (right) study sites. (Left picture: Joensuu 2002, right picture: NLS 2024). Names of the long-term study sites in annex 2.



Kuva 2. Polvensuon mittausalue.
Figure 2. Polvensuo mire study site.



Kuva 3. Virtalansuon mittausalue.
Figure 3. Virtalansuo mire study site.

1991–1993. Kaikkien alueiden ojat inventoitiin ensimmäisen kerran vuonna 1994. Yhdellä kohteella oli yhteensä noin 50 mittauspistettä, joita oli kokoomaajissa 50 metrin ja sarkaojissa 100 metrin välein (Joensuu 2002).

Inventoinnin yhteydessä määritettiin kussakin mittauspisteessä ojaprofilin kivennäismaalajijakauma, turvelaji ja maatuneisuus, mitattiin ojien syvyys, pohjaleveys ja pintaleveys sekä kasvillisuuden peittävyys (paljaan pinnan osuus ja kasvipeittävyys). Turvelajin ja maatuneisuuden määrittäminen alimman havaitun turvekerroksen perusteella. Turvelajeina käytettiin seuraavia yhdisteltyjä ryhmiä: rahkaturve = S rahkaturve, CS sararahkaturve; ruskosammalturve = B ruskosammalturve, CB sararuskosammalturve; saraturve = C saraturve, SC rahkasaraturve. Turpeen maatuneisuuden kohdalla käytettiin viisiportaista VonPost -määritelmään perustuvaa asteikkoa: maatumaton 1=H1; heikosti maatonut 2=H2, H3, H4; kohtalaisesti maatonut 3=H5, H6; vahvasti maatonut 4=H7, H8, H9, täysin maatonut 5=H10).

Tapio toteutti toisen inventointikierroksen 2012–2013, kun ojien kaivuusta oli kulunut 20 vuotta, jolloin inventoitiin kaikki alkuperäiset vuoden 1994 mittausalueet. Kohteille ei ollut tällöin tehty uusintaperkauksia. Seuranta-aineisto koostuu 35 kunnostusojituskohteesta ja 498 mitattua ojasta. Viidellä kohteella ojien nimeämiset

olivat toisistaan eroavaisia, joten kohteet jätettiin pois aineistosta. Mittauksia on tehty ojitain useista mittauspisteistä. Tarkastelemme mittauksista laskettuja ojakohtaisia keskiarvoja. Tarkastelussa on huomioitu vain sarkaojat (469 mitattua ojaa).

Vuosien 2012–2013 inventoinneissa mitattiin ojan syvyys, pintaleveys, pohjaleveys, sekä arvioitiin kasvillisuuden peittävyys ojassa (Taulukko 1). Myös ojan toimivuutta arvioitiin (1 = hyvä, 2 = kohtalainen, 3 = heikko). Tarkempi toimivuusluokittelu on liitteessä 1 a/b. Kasvillisuuden peittävyys arvioitiin lajiryhmittäin (rahkasammalet, karhunsammalet, sarat, tupasvillat, ruohot, vihvilät, palpakot) sekä paljaan pinnan osuus viiden prosentin tarkkuudella näköhavainnolla.

Menetelmät

Kunnostettujen ojien kehitystä heti kunnostuksen jälkeen tarkasteltiin tavoitesyvyysojien vuosittaisten mittausten keskiarvojen avulla ja tulokset esitettiin graafisesti. Pitkän ajan muutosta ojasyvyyksissä ja pintaleveydessä tarkasteltiin laskemalla muutoksen keskiarvoja mittauskerrosten välillä. Ojan pohjaleveyden muutosta ei voitu tutkia, sillä pohjan alkuleveyden arvoksi oli asetettu kaikissa ojissa sama, 30 cm.

Ojasyvyyden ja pintaleveyden muutokselle laadittiin myös regressiomallit pitkän ajan muutoksen arviointia varten. Aineiston kaksitasoisen

Taulukko 1. METVE-seuranta-aineiston tunnusten keskiarvo, minimi, maksimi ja keskivirhe (N=469).

Table 1. Mean value, minimum, maximum and standard error of the METVE monitoring data (N = 469).

Muuttuja - Variable	Keskiarvo – Mean	Minimi – Minimum	Maksimi – Maximum	Keskivirhe – Standard error
Ojan syvyys (cm) v. 1994 – Ditch depth (cm) in 1994	96,8	55,0	150,0	0,67
Ojan syvyys (cm) v. 2013 – Ditch depth (cm) in 2013	65,1	25,0	100,0	0,56
Ojan madaltuminen (cm) 1994–2013 – Shallowing of ditch depth (cm) 1994–2013	32,1	0,0	95,8	0,73
Pintaleveys (cm) v. 1994 – Surface width 1994	191,5	130	343,3	1,60
Pintaleveys (cm) v. 2013 – Surface width 2013	178,7	110,0	350	1,40
Pohjaleveys (cm) v. 1994 – Bottom width 1994	30,0	30,0	30,0	0,0
Pohjaleveys (cm) v. 2013 – Bottom width 2013	56,0	20,0	130,0	0,77
Kasvillisuuden peittävyys ojassa (%) v. 1994 – Vegetation cover in ditch (%) in 1994	4,1	0,0	80,0	0,47
Kasvillisuuden peittävyys ojassa (%) v. 2013 – Vegetation cover in ditch (%) in 1994	88,9	0,0	100,0	0,97
Lämpösumma – Temperature sum	1095	928	1296	
Turpeen paksuus (cm) v. 1994 – Peat thickness 1994	64,4	5,00	125,00	1,56

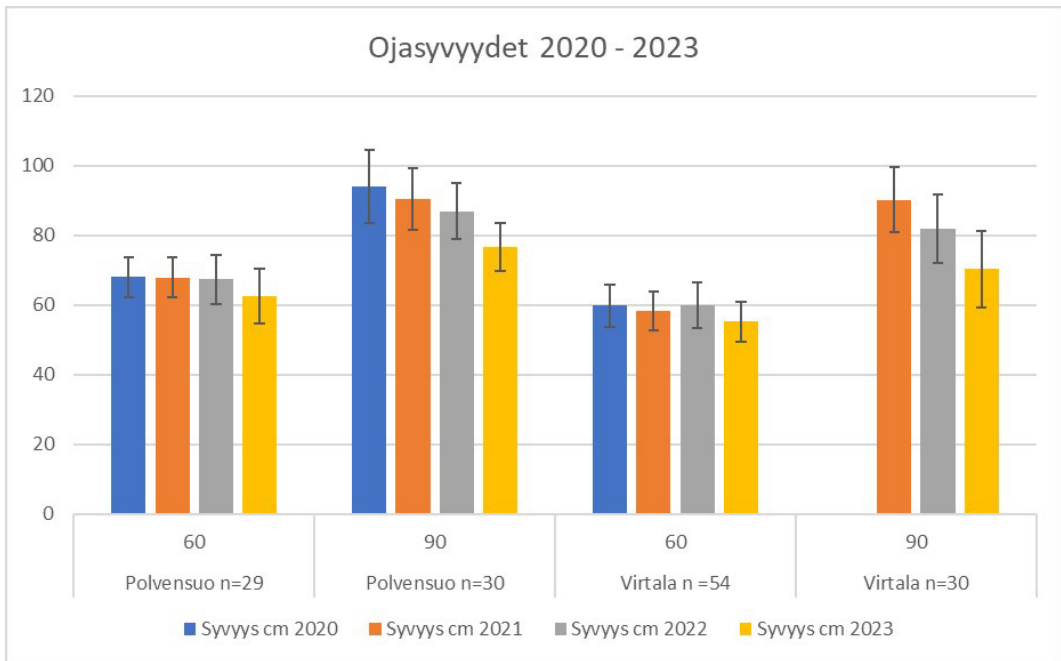
rakenteen vuoksi (inventointikohteet ja kohteissa inventoidut ojat) analyysissa käytettiin lineaarista sekamallia (mixed model, esim. Lappi 1993), jossa mallin jäännösvaihtelu jakautui kohteiden väliseen vaihteluun ja ojien väliseen vaihteluun kohteiden sisällä. Analyysi tehtiin R-ohjelman (RCore Team 2022) lme-paketilla. Vastemuuttujina käytettiin ojasyvyyden muutosta ja ojan pintaleveyden muutosta inventointien välillä. Kasvillisuuden muodostumista ojiin tarkasteltiin eri kasviryhmien peittävyysinä vuoden 2012–2013 inventoinnissa.

Tulokset

Ojien kehitys 0–3 vuotta kunnostuksen jälkeen Polvensuon ja Virtalansuon kohteilla 90 cm ojat kaivettiin ojien kunnostuksen toteutuksessa tavoiteltuun ojasyvyyteen (Kuva 4), mutta Virtalansuolla 60 cm ojista tuli hieman tavoiteltua syvempiä (68 cm).

Kunnostuksen jälkeisten kolmen vuoden aikana ojasyvyys madaltui 90 cm tavoitesyvyyden ojissa Virtalansuolla n. 20 cm. Eniten madaltumista oli hienojakoisen pohjamaan ja ohuemman turvekerroksen ojissa. Polvensuolla kolmen vuoden aikana 90 cm ojat madaltuivat n. 17 cm. 60 cm tavoitesyvyyden ojissa mataloituminen oli molemmilla kohteilla n. 5 cm kolmen vuoden aikana. Matalammat ojat eivät ulottuneet kivennäismaahan.

Matalampiin ojiin kertyi enemmän kasvillisuutta kuin syvempiin ojiin neljän tarkkailuvuoden aikana (Kuva 5). Kasvillisuuden (pääosin rahkasammalet ja sarat) kokonaispeittävyys oli 60 cm ojissa Virtalansuolla n. 20 % ja Polvensuolla n. 16 %. Vastaavasti 90 cm ojissa kasvillisuuden kokonaispeittävyys oli Virtalansuolla n. 5 % ja Polvensuolla n. 13 %. Ojien pintaleveyden muutoksessa ei ollut havaittavissa samankaltaisuutta. Polvensuolla 60 cm ojien pintaleveys pysyi ennallaan, Virtalansuolla 60 cm ojien pintaleveys



Kuva 4. 60 ja 90 cm syvyyteen kunnostettujen ojien keskimääräinen syvyyskehitys ja keskihajonta vuosina 2020–2023 Polvensuon ja Virtalan tutkimuskohteilla.

Figure 4. Average depth development and standard deviation in 2020–2023 of ditches after ditch cleaning to 60 cm and 90 cm depth at the Polvensuo mire and Virtala mire study sites.



Kuva 5. 60 cm tavoitesyvyyteen kaivettu oja Polvensuolla Pudasjärvellä vuonna 2021 ja 2023. (Kuvat: Maija Kauppila).
 Figure 5. A ditch dug to a depth of 60 cm at Polvensuo mire, Pudasjärvi in 2021 and 2023. (Photos: Maija Kauppila).

kasvoi keskimäärin 9 cm. 90 cm ojien kohdalla pintaleveys säilyi lähes ennallaan Virtalansuolla (+4 cm). Polvensuolla 90 cm ojien pintaleveys kasvoi keskimäärin 7 cm.

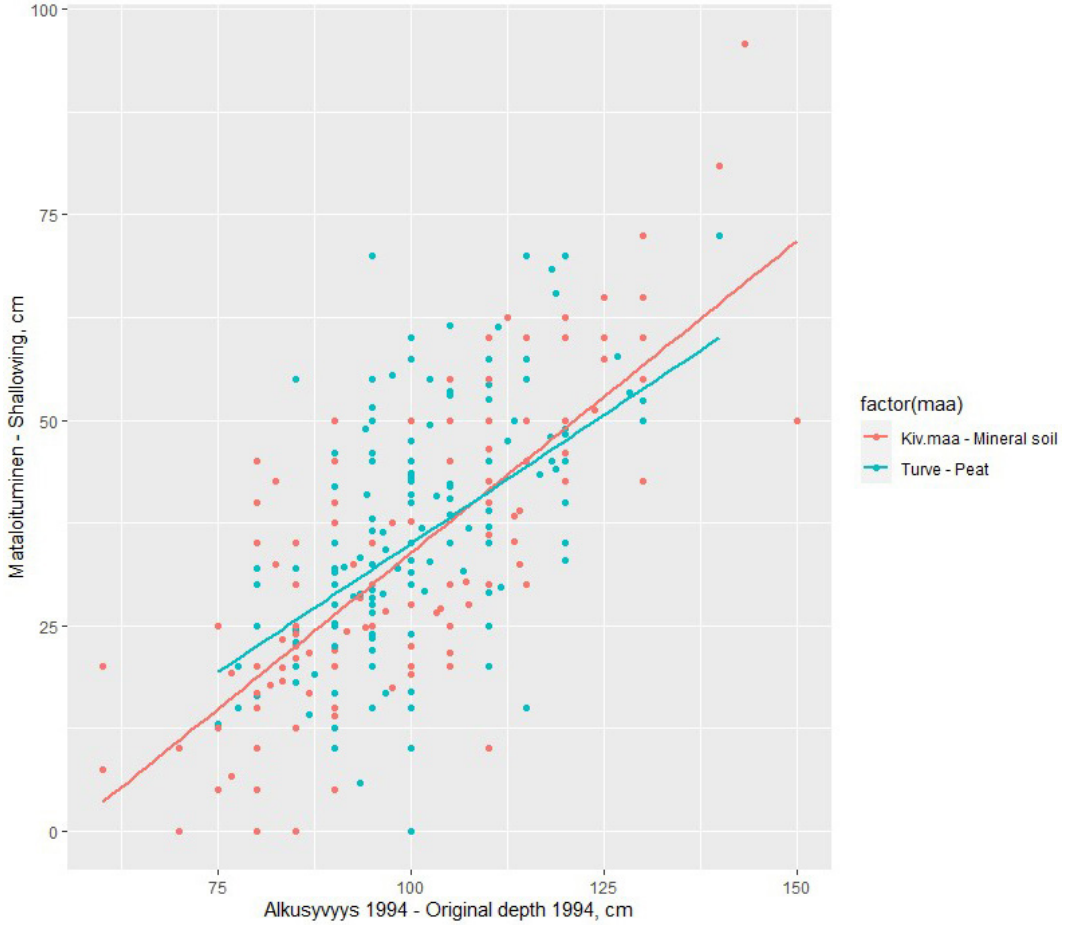
Ojien madaltuminen ja pintaleveyden muutos 20 vuoden tarkastelujaksolla

Keskimäärin sarkaojat olivat mataloituneet 33,4 cm 20 vuodessa. Kaikki mitatut ojat olivat mataloituneet, eikä yksikään ollut syventynyt. Suurin mataloituminen oli 95,8 cm. Alun perin syvemmäksi kaivetut ojat madaltuivat eniten 20 vuoden tarkastelujakson aikana (Kuva 6). Ojien madaltumiskehitys on esitetty keskiarvoina ojasyvyysluokissa kunnostusajankohdan kaivuussyvytyden mukaan (Taulukko 2). Ne ojat, joissa ojan pohja oli turpeessa, oli lähtötilanteessa kaivettu keskimäärin syvemmäksi, ja turvepohjaisten ojien madaltuminen oli hieman suurempaa (35 cm) kuin muilla maalajeilla (n. 29 cm).

Ojan pintaleveys oli joko kaventunut tai leventynyt. Pintaleveys oli keskimäärin kaventunut –13,1 cm. Maksimikaventuminen oli –140 cm ja maksimi leveneminen oli 90 cm. Yksi yli 150 cm leventynyt ojahavainto poistettiin, koska se vaikutti muihin havaintoihin nähden selkeästi poikkeavalta havainnolta.

Regressiomalli ojasyvyydelle ja ojan pintaleveydelle

Ojasyvyyden muutoksen mallin kiinteässä osassa tärkein selittäjä oli ojan alkusyvyys 1994, ts. suurempi alkusyvyys tarkoitti suurempaa syvyyden muutosta, eli mataloitumista (Taulukko 3). Riippuvuus oli varsin kiinteä ja lineaarinen (Kuva 7). Lisäksi ojasyvyys mataloitui lämpösumman lisääntyessä. Myös turvekerroksen paksuus ojissa, joiden pohja oli turpeessa, lisäsi mataloitumista, mutta ei lineaarisesti. Turvekerroksen paksuus alkoi lisätä mataloitumista vasta, kun



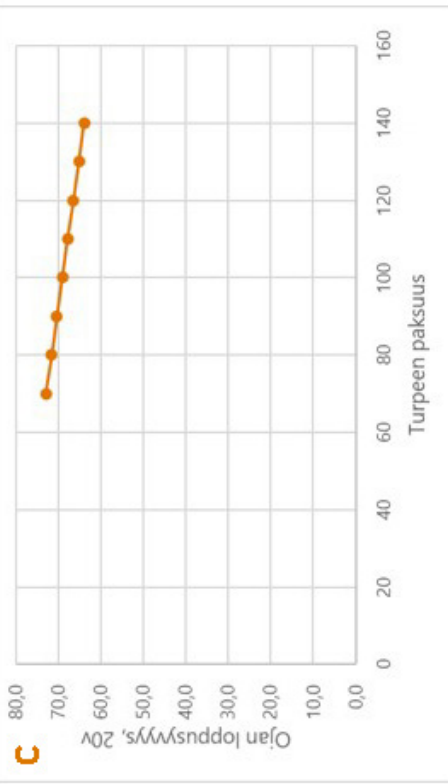
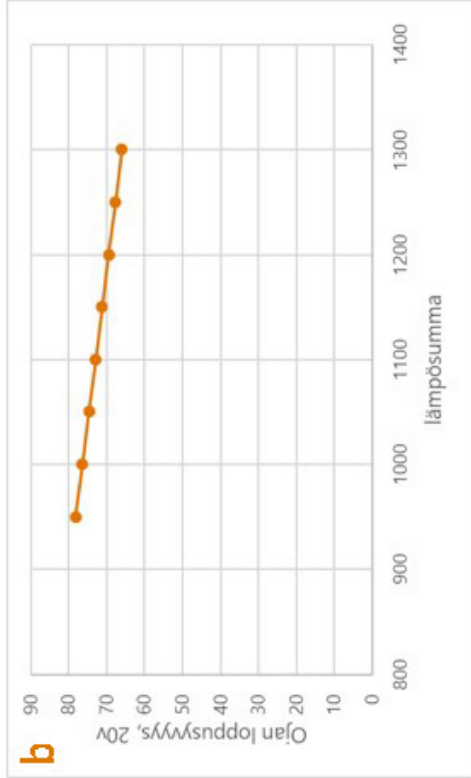
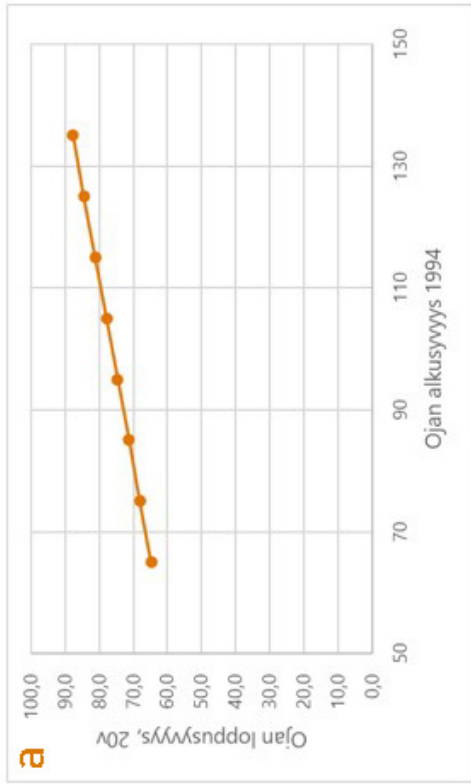
Kuva 6. Ojan madaltumisen (20 v) riippuvuus ojan alkuperäisestä kaivussyvyydestä kivennäismaapohjaisissa ojissa (punainen) ja turvepohjaisissa ojissa (sininen).

Figure 6. Shallowing of the ditch depth as a function original ditch depth. Red points represent ditches which have ditch bottom in mineral soil and blue points represent ditches which have the bottom in peat.

Taulukko 2. Kunnostusojitusvyvyys vuonna 1994 ja ojasyvytydet sekä ojan madaltumisen keskiarvot ja keskivirheet eri syvyysluokissa 20 vuotta kunnostusojituksen jälkeen.

Table 2. Depth of cleaned ditches in 1994 and the mean and standard error of ditch depth in different depth categories at 20 years after ditch cleaning.

Kunnostusojitusvyvyys vuonna 1994 – Ditch cleaning depth in 1994 (cm)	Ojasyvyys 20 vuotta kunnostusojituksesta (cm) – Ditch depth 20 years after cleaning (cm)	Keskivirhe – Standard error	Ojan madaltuminen 20 vuotta kunnostusojituksesta (cm) – Shallowing of ditch 20 years after ditch cleaning (cm)	Keskivirhe – Standard error	N
0 (55–80 cm)	60,3	1,66	12,5	1,41	30
1 (80–90 cm)	60,9	1,22	22,0	1,18	90
2 (90–100 cm)	62,9	0,94	29,5	0,95	136
3 (>100 cm)	69,0	0,86	40,5	1,07	213
Yhteensä – Total	65,1	0,56	32,1	0,73	469



Kuva 7. Taulukon 3 mallin eri selittäjien vaikutus ojan loppusyvyYTEEN 20 vuoden kuluttua perkauksesta, kun muiden muuttujien arvot ovat aineiston keskiarvoissa.

Figure 7. The effect of different explanatory variables on the final ditch depth at 20 years after ditch cleaning according to the model in Table 3.

Taulukko 3. Regressiomalli ojasyydyden muutokselle 20 vuoden aikana (sd = keskihajonta).

Table 3. Regression model for shallowing of the ditch in 20 years (sd = standard deviation).

Muuttuja - Variable	Kerroin - Coefficient	Keskivirhe - Standard error	p-arvo - p-value
Kiinteä osa - fixed part			
Vakio - Intercept	-81,699	13,2482	0,000
Alkusyvyys - Original depth	0,6715	0,0555	0,000
Turve >70* - Peat >70 cm	0,1291	0,0557	0,024
Lämpösumma - Temperature sum	0,0348	0,0117	0,006
Satunnaisosa - Random part			
sd(Kohde - Site)	6,3804		
sd(Oja - Ditch)	9,2755		

*Turve >70 = 70, kun turpeen paksuus <70 cm turvepohjaisissa ojissa, muutoin = turpeen paksuus

*Peat >70 = 70, if peat thickness is <70 cm in ditches with bottom in peat, else = peat thickness

turvetta oli enemmän kuin 70 cm (Kuva 8). Tätä ohutturpeisemmilla kohteilla ojan pohja oli usein kivennäismaassa, eikä turpeen paksuudella ollut vaikutusta mataloitumiseen.

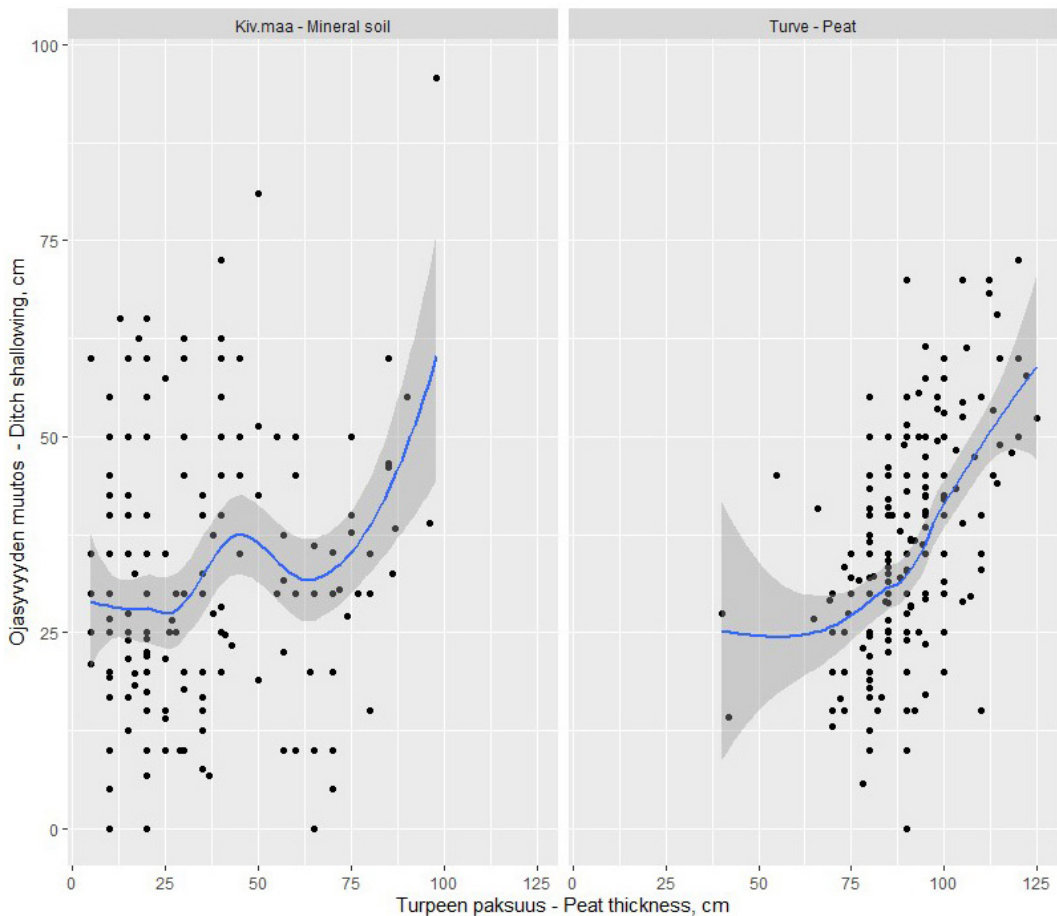
Mallin jäännösvaihtelusta ojien välinen vaihtelu oli lähes 30 % suurempaa kuin alueiden välinen. Molemmat kuitenkin olivat tilastollisesti merkitseviä.

Pintaleveyden muutoksen mallissa samoin alkuperäinen mitattu pintaleveys oli tärkein selittäjä (Taulukko 4). Suurempi alkuperäinen pintaleveys tarkoitti suurempaa kaventumista, mutta alle 200 cm leveistä ojista lähes yhtä paljon leventyi kuin kaventui. Alkuleveyden

Taulukko 4. Regressiomalli ojan pintaleveyden muutokselle 20 vuoden aikana (sd=keskihajonta).

Table 4. Regression model for ditch width during 20 years time (sd = standard deviation).

Muuttuja - Variable	Kerroin - Coefficient	Keski- virhe - Standard error	p-arvo - p-value
Kiinteä osa - fixed part			
Vakio - Intercept	117,046	9,0452	0,000
Alkuleveys - Original width	-0,6632	0,0437	0,000
Satunnaisosa - Random part			
sd(Kohde - Site)	17,1574		
sd(Oja - Ditch)	17,5434		



Kuva 8. Ojan syvyyden muutos kivennäismaapohjaisilla ja turvepohjaisilla ojilla turpeen paksuuden suhteen. Kuvissa liukuva keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe (harmaa alue).

Figure 8. Shallowing of ditches with bottom in mineral soil or in peat in relation to peat thickness. Moving average (blue curve) with standard error of mean (grey area) are shown.

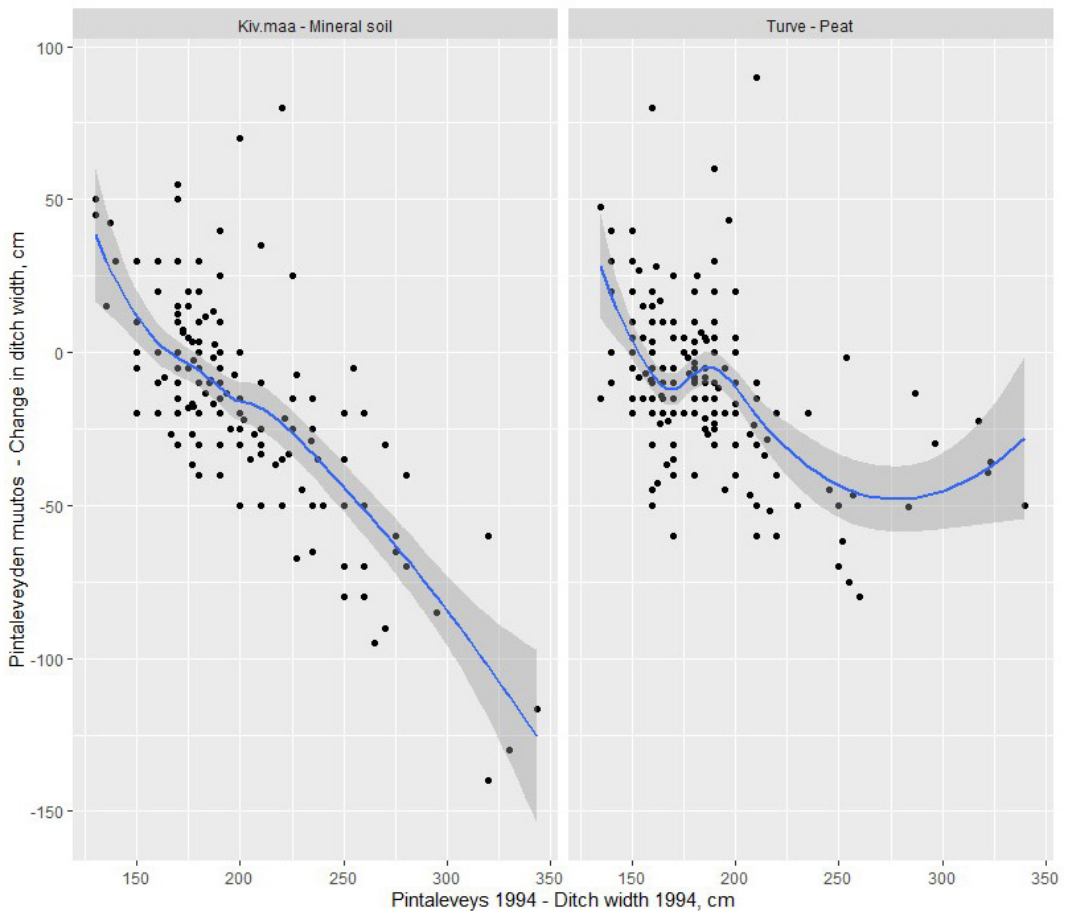
vaikutus näytti olevan erilainen riippuen siitä, onko ojan pohja turvemaassa vai kivennäismaassa (Kuva 9). Alun perin yli 200 cm leveiden ojen kapeneminen oli jokseenkin lineaarista alkuleveyden suhteen sekä kivennäis- että turvemailla, mutta turvepohjaisten ojen kapeneminen näytti vakiotuvan noin 50–60 cm:iin riippumatta alkuleveydestä. Havaintojen määrä yli 200 cm leveillä turvepohjaisilla ojilla oli kuitenkin niin vähäinen, että kuvassa näkyvä vaikutus ei ollut mallissa merkittävä.

Ojan pohjan alkuleveyttä ei ollut mitattu, vaan kaikissa ojissa oletettiin sama alkuleveys 30 cm ja muutos laskettiin vähentämällä loppumittauksen leveydestä oletettu 30 cm alkuleveys. Pääasiassa

ojien pohjaleveys oli leventynyt keskimäärin 25,4 cm ja korkeintaan 95 cm. Muutamassa turvepohjaisessa ojassa pohjaleveys oli kaventunut (korkeintaan 10 cm).

Syvyyden muutos turvelaji- ja maatuneisuusluokissa

Turvelajikohtaisia eroja syvyyden kehittämisessä tarkasteltiin kahteen luokkaan – rahkasammaleisiin ja sara- tai ruskosammalturpeisiin - tehdyn jaottelun pohjalta. Rahkaturve madaltui n. 38 cm (ojitusyvyys vuonna 1994 n. 102 cm turvepaksuus 1994 n. 93 cm), kun taas sara- ja ruskosammalturve n. 30 cm (ojitusyvyys vuonna



Kuva 9. Ojan pintaleveyden muutos suhteessa pintaleveyteen vuonna 1994 kivennäismaapohjaisissa ja turvepohjaisissa ojissa. Kuvissa liukuva keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe (harmaa alue).

Figure 9. Change in ditch width in relation to original width in 1994 in ditches having bottom in mineral soil or in peat. Moving average (blue curve) and standard error of mean (grey area) are shown.

Taulukko 5. Madaltumisen keskiarvo ja keskivirhe eri maatumisuusasteen turvemaan ojissa (Von Post 1 = H1–H4; 2 = H5–H6; 3 = H7–H10).

Figure 5. Mean and standard error of shallowing in peatland ditches with different degrees of decomposition (Von Post 1 = H1–H4; 2 = H5–H6; 3 = H7–H10).

Maatumisuusluokka – Degree of decomposition	Madaltumisen keskiarvo (cm) – Mean shallowing (cm)	Keski- virhe – Standard error	N
1	40,04	2,86	27
2	33,15	1,32	97
3	32,94	2,25	43
Yhteensä – Total	34,21	1,08	167

1994 n. 98 cm turvepaksuus 1994 n. 86 cm). Ero keskimääräisessä madaltumisessa ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää.

Turpeen maatumisuuden tarkastelussa viisiportainen maatumisuusasteikko luokiteltiin uudelleen kolmeen luokkaan: 1=1,2 (H1–H4), n=27; 2=3 (H5–H6), n=97; 3=4,5 (H7–H10), n=43. Maatumaton/heikosti maatumut turve oli madaltunut n. 7 cm enemmän kuin pitkälle/täysin maatumut (Taulukko 5), mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää.

Kasvillisuuden ja ojan toimivuusluokan muutos

Kasvittumiskehitys vaihteli kivennäis- ja turvemaapohjaisilla ojilla (Taulukko 6). Sekä kivennäis- että turvemaapohjaisilla ojilla kasvillisuuden peittävyys oli noin 90 % 20 vuoden tarkastelujakson jälkeen. Kaikkiaan kasvillisuusluokista eniten ojiin oli tullut rahkasammalta. Karhunsammalta oli tullut runsaammin kivennäismaalajeille, turvemaapohjaisissa ojissa karhunsammalen osuus oli vähäisempi. Lisäksi tarkasteltiin muita kasviryhmiä (vihvilät ja palpakot), joiden osuudet olivat hyvin pieniä (<1,0 %).

Suurin osa sarkaojien mittauspisteistä (87 %) oli luokiteltu 20 vuoden jälkeen toimivuusluokkaan 2 eli kohtalainen. Heikkoon toimivuusluokkaan eli luokkaan 3 oli luokiteltu 8 % ja hyvään luokkaan eli luokkaan 15 %. Kivennäis- ja turvemaan kohteilla ei ollut suurta eroa toimivuusluokkien jakautumisessa. Heikon toimivuusluokan ojat olivat madaltuneet keskimäärin enemmän kuin toimivuusluokkiin 1 ja 2 luokitellut ojat.

Taulukko 6. Kasvillisuuden peittävyuden kehitys ja keskivirheet kivennäismaa- ja turvemaapohjaisissa ojissa.

Table 6. Development of vegetation cover and standard errors in ditches with peat bottom and mineral soil bottom.

Kasvillisuus - Vegetation	Peittävyuden keskiarvo 20 v. jälkeen (%) – Mean coverage after 20 years (%)	Keski- virhe – Standard error	N
Kivennäismaapohja ojassa – Ditch bottom in mineral soil			256
Rahkasammal – <i>Sphagnum</i>	44,4	1,33	
Ruohot – <i>Herbs</i>	18,9	1,04	
Sarat – <i>Carex</i>	3,3	0,54	
Tupasvilla – <i>Eriophorum vaginatum</i>	0,3	0,13	
Turvemaapohja ojassa – Ditch bottom in peat			213
Rahkasammal – <i>Sphagnum</i>	54	1,82	
Ruohot – <i>Herbs</i>	13,6	1,16	
Sarat – <i>Carex</i>	7,6	0,92	
Tupasvilla – <i>Eriophorum vaginatum</i>	2,0	0,32	
Karhunsammal – <i>Polytri- chum</i>	10,4	0,90	

Tulosten tarkastelu

Tässä tarkastelussa tehdyt havainnot tukevat aiempia käsityksiä ojien madaltumisen kehityksestä (Heikurainen 1957; Timonen 1983; Hökkä ym. 2000, 2020 Silver & Joensuu 2005). Hökkä ym. tutkimuksessa (2020) kunnostettujen ojien havaittiin madaltuneen noin 20–30 cm 20 vuoden aikana. Silverin ja Joensuun mukaan (2005) kunnostetut ojat madaltuivat viidessä vuodessa 20 cm ja kymmenessä vuodessa 30 cm, ja merkittävimmät tekijät madaltumiskehitykseen olivat kaivuun aiheuttama eroosio sekä kasvillisuuden kehittyminen ojien pohjiin. Turpeen paksuus on merkitsevä tekijä metsäojien madaltumiskehityksessä (Heikurainen 1957; Timonen 1983; Hökkä ym. 2000, 2020). Turpeen painuminen paksuturpeisilla kohteilla saa aikaan ojien madaltumista suhteellisesti enemmän kuin ohutturpeisilla kohteilla (Timonen 1983). Turpeen vesipitoisuus laskee kaivuun jälkeen ja saa aikaan turpeen painumisen kasaan, jolloin mataloitumiskehitys on nopeinta ensimmäiset kymmenen vuotta kaivuun jälkeen (Hökkä ym. 2020). Turpeen vedenläpäisevyys heikkenee maatumisuuden kasvaessa,

ja yleensä rahkaturpeen vedenläpäisevyys on heikompi kuin saraturpeen. Vedenläpäisevyys heikkenee myös mentäessä pintakerroksesta syvempiin turvekerroksiin, mikä johtuu mm. puiden juuriston liikkeestä ja lahoavista juurista sekä maaperäeläinten toiminnasta (Päivänen 2007).

Ojan mataloitumista selittävissä mallissa tärkein selittäjä oli alkuperäinen kaivusvyvyys, mikä on yhdenmukaista Heikuraisen (1957) tutkimuksen tulosten kanssa. Kaivusvyvyyden ohella mataloituminen oli nopeampaa lämpösumman kasvaessa, ts. pohjoisessa ojat näyttäisivät säilyvän kunnossa pidempään kuin etelämpänä. Tulos on päinvastainen kuin minkä Hökkä ym. (2000, 2020) raportoivat. Mahdollinen syy voi olla, että viime mainituissa tutkimuksissa oli mukana aineistoa selvästi pohjoisempaa kuin tässä aineistossa. Tämän tutkimuksen mukaan turpeen paksuus alkoi lisätä mataloitumista, kun paksuus oli 70 cm tai enemmän ja ojien pohja oli turpeessa. Tulos on yhdenmukainen Hökkän ym. (2000) tulosten kanssa, jonka mukaan turpeen paksuuden lisääntyminen lisäsi todennäköisyyttä sille, että oja oli perkauksen tarpeessa. Toisaalta Hökkä ym. (2020) mukaan riippuvuus ojasyvyyden ja turpeen paksuuden välillä oli päinvastainen. On huomattava, että ojasyvyys ja ojan madaltuminen ovat kaksi eri asiaa: suurempi ojasyvyys paksuturpeisilla voi johtua siitä, että ojat on alun perin kaivettu syvemmiksi.

Tässä tarkastelussa rahkaturve madaltui keskimäärin enemmän kuin saraturve, vaikka ero ei ollutkaan tilastollisesti merkitsevä. Sama vaikutus näkyy myös siinä, että heikosti maatunut turve oli madaltunut enemmän kuin pitkälle maatunut turve. Turpeen painumisen on arvioitu olevan osatekijänä myös myöhemmässä vaiheessa ojien madaltumiseen, kun turve hajoaa vanhoilla ojitusalueilla ja kasvava puusto painaa turvetta alas. Vuonna 2022 päivitettyissä metsänhoidon suosituksissa huomioidaan turvekerroksen paksuus ojien kunnostussyvyyden valinnassa niin, että paksuturpeisimmilla (turvepaksuus yli 80 cm) kohteilla suositeltava ojitusvyvyys on 80–90 cm, ohutturpeisilla kohteilla (turvepaksuus alle 30 cm) 50–60 cm, ja 30–80 cm turvepaksuuden kohteilla 60–80 cm (Ojien kunnostus n.d. 2024).

Myös välittömän madaltumiskehityksen tarkastelussa syvemmät ojat (90 cm) madaltuivat

enemmän kuin alun perin matalampaan ojasyvyyteen (60 cm) kunnostetut ojat. Madaltuminen oli 17–20 cm 90 cm syvissä ojissa, kun 60 cm syvissä ojissa mataloituminen oli n. 5 cm kolmessa vuodessa kunnostuksen jälkeen. Madaltumista oli eniten hienojakoisen (hiesu-/hiesusavi) pohjamaalajin ohutturpeisilla kohteilla. Syvemmissä ojissa liettyminen ja ojan penkkojen eroosio vaikuttivat ojien mataloitumiseen, sillä ojat ylettyivät kivennäismaahan. Matalampiin ojiin tuli sen sijaan enemmän kasvillisuutta ojan pohjalle. Ojien kunnostus lisää kiintoainekuormitusta ojasotossa etenkin hienojakoisella maalajilla ja pitkälle maatuneella turpeella (Tuukkanen 2014), jolloin on tärkeää vesistökuormituksen pienentämiseksi tuntea alueen maalaji ja välttää ojien kaivuuta kivennäismaahan. Heikosti vettä läpäisevillä hiesusavilla ojan syvyydellä on toisaalta myös vähemmän vaikutusta puuston kasvun lisäämiseen (Silver & Joensuu 2005).

Ojan pintaleveyden muutosta ei laaditussa mallissa selittänyt muu kuin alkuleveys: alun perin leveimmäksi kaivetut ojat kaventuivat eniten. Heikuraisen (1957) mukaan ojien pintaleveyden pienenemiseen vaikuttavat etenkin kasvillisuuden kehittyminen ja ojamaiden paino. Pintaleveyden muutoksessa oli tässä tutkimuksessa havaittavissa sekä suurenemista että pienenemistä. Ojamaiden syöpyminen ja eroosio voivat selittää pintaleveyden suurenemista, etenkin, kun merkittävää suurenemista tapahtui yksittäisillä kohteilla ja pintaleveyden kaventuminen oli yleisempää. Kaventumista selittänee lähinnä vain kasvillisuuden kehittyminen ojaluiskiin.

Kahdessakymmenessä vuodessa ojat päätyivät samaan, keskimäärin 65 cm syvyyteen ja ojien kunto arvioitiin valtaosassa tapauksissa kohtalaiseksi. Vastaavanlaisia tuloksia on raportoitu myös aiemmin: Heikuraisen (1957) ja Laineen (1986) tulosten mukaan uudisojien keskimääräinen syvyys 20–25 vuoden jälkeen oli noin 60 cm, ja Hökkä ym. (2020) tutkimuksessa kunnostetut olivat keskimäärin 57 cm syvyyksiä 25 vuoden kuluttua perkauksesta. Tämä tukee suosituksia aiempaa matalammista ojasyvyyksistä ojia kunnostettaessa (Hökkä ym. 2021).

Kasvillisuuden kehitystä ja turvelaji- ja maatuneisuusasteesta johtuvia eroja tarkasteltiin vain keskiajovoina, eivätkä havaitut erot eivät olleet

tilastollisesti merkitseviä. Kasvillisuuden kehityminen on kuitenkin tunnistettu yhdeksi tekijäksi ojien mataloitumiskehityksessä (Paavilainen & Päivänen 1995). Rahkasammal kasvaa nopeimmin tasaisille tai korkeintaan loivasti viettävälle kohteille, missä se vaikuttaa madaltumiseen ojan pohjassa (Silver & Joensuu 2005). Timosen (1983) mukaan erityisesti hieskoivut, pajut ja vaivaiskoivu alentavat kuivatustehokkuutta.

Ojitusten tarveharkinnalla minimoidaan metsäojitusten aiheuttamia haitallisia vesistö- ja ilmastovaikutuksia. Tutkimuksin on osoitettu, että riittävä puusto kykenee pitämään alueen vesitalouden kunnossa, vaikka ojat olisivat mataloituneet ja kasvittuneet (Heikurainen 1980; Sarkkola ym. 2010). Viime aikoina on herätelty keskustelua, tarvitaanko kunnostusojitusta nykyisessä laajuudessa (Sarkkola ym. 2013) ja voitaisiinko ojien kaivuu korvata esimerkiksi tuhkalannoituksella (Hökkä ym. 2022). Kun ojien kunnostuksessa siirrytään yhä enemmän ojaakohtaiseen tarveharkintaan, käytännön toimijan on tärkeää pystyä arvioimaan luotettavasti ojien toimivuutta ja tehdä päätöksiä ojien kunnostamisesta tai kunnostamatta jättämisestä. Simulointien avulla voidaan tutkia ojien kunnostamisen vaikutusta ojitusalueen puuston kasvuun, hiilidioksidipäästöihin ja ravinnekuormitukseen (Laurén ym. 2021). Maastossa kerättyä pitkän ajan havaintodataa ojien kunnan kehittämisestä ja puuston kasvusta tarvitaan, jotta voidaan paremmin ymmärtää mataloitumiseen vaikuttavia tekijöitä, kehittää malleja niiltä osin ja pyrkiä paremmin ennustamaan kunnostamistarvetta.

Kirjallisuus

- Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantausta, T., Ukonmaanaho, L. 2020. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020 – MetsäVesi-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:6. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-826-7>.
- Heikurainen, L. 1957. Metsäojien syvyyden ja pintaleveyden muuttuminen sekä ojien kunnan säilyminen. [Changes in depth and top width of forest ditches and the maintaining of their repair]. *Acta Forestalia Fennica* 65(3): 1–45.
- Heikurainen, L. 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago. *Acta Forestalia Fennica* 167: 1–39.
- Hökkä, H., Alenius, V., Salminen, H. 2000. Kunnostusojitustarpeen ennustaminen ojitusalueilla. [Predicting the need for ditch network maintenance in drained peatland sites in Finland]. *Suo* 51(1): 1–10.
- Hökkä, H., Stenberg, L., Laurén, A. 2020. Modeling depth of drainage ditches in forested peatlands in Finland. *Baltic Forestry* 26(2). 9 p.
- Hökkä H., Laurén A., Stenberg L., Launiainen S., Leppä K., Nieminen M. 2021. Defining guidelines for ditch depth in drained Scots pine dominated peatland forests. *Silva Fennica* 55(3), article 10494. 20 p.
- Hökkä, H., Launiainen, S., Nieminen, M., Laurén, A. 2022. Osaprojektin 'Tuhkalannoitus kunnostusojituksen sijaan' loppuraportti 31.3.2022. 15 s.
- Joensuu, S. 2002. Effects of ditch network maintenance and sedimentation ponds on export loads of suspended solids and nutrients from peatland forests. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 868: 1–83. 4 liitettä.
- Juutinen, A., Shanin, V., Ahtikoski, A., Rämö, J., Mäkipää, R., Laiho, R., Sarkkola, S., Laurén, A., Penttilä, T., Hökkä, H., & Saarinen, M. 2020. Profitability of continuous cover forestry in Norway spruce-dominated peatland forest and the role of water table. *Canadian Journal of Forest Research*, 51: 859–870. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0305>.
- Keskusmetsälautakunta Tapio. 1987. Vesiensuojelutoimenpiteet metsäojituksessa. 11 s.
- Laine, J. 1986. Kuivatustekniikan, kuivatussyvyyden ja puuston kasvun välisiä vuorosuhteita 25 vuotta vanhoilla rämeojitusalueilla. [Relationships among ditching technique, ditch depth and trees growth in 25-year-old drainage areas]. *Tutkimussopimushankkeen 'Metsäojitettyjen soiden ekologia' loppuraportti*. 24 s.
- Lappi, J. 1993. Metsäbiometrian menetelmiä.

- Joensuun yliopisto 1993. *Silva Carelica* 24. 192 p. ISBN 951-708-157-X.
- Laurén, A., Palviainen, M., Laiho, R., Leppä, K., Launiainen, S., Hökkä, H., Nieminen, M., Urzainki, I., Stenberg, L. 2021. Suosimulaattori (SUSI) – uusi mekanistinen simulointimalli suometsien hoidon suunnitteluun. *Metsätieteen aikakauskirja* 2021, artikkeli 10575.
- Nieminen, M., Launiainen, S., Ojanen, P., Sarkkola, S., Laurén, A. 2020. Metsätalouden vesistökuormitus: nykykäsitys ja tulevaisuuden menetelmäkehitys. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020, artikkeli 10336. <https://doi.org/10.14214/ma.10336>.
- Ojanen, P., Minkkinen, K. 2020. Metsäojitetun suon ilmastovaikutukset. *Suo* 71(2): 189–198. <http://www.suoseura.fi/ojitettujen-soiden-kestava-kaytto/metsaojitettun-suon-ilmasto-vaikutukset/>.
- Ojien kunnostus. N.d. Metsänhoidon suositukset, Tapio. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. <https://metsanhoidonsuositukses.fi/fi/toimenpiteet/ojien-kunnostus>.
- Paavilainen, E., Päivänen, J. 1995. *Peatland forestry: ecology and principles*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. 250 p. (Ecological Studies 111).
- Päivänen, J. 2007. Suot ja suometsät – järkevän käytön perusteet. *Metsäkustannus*. 368 s.
- Rissanen, A. J., Ojanen, P., Stenberg, L., Larmola, T., Anttila, J., Tuominen, S., Minkkinen, K., Koskinen, M., & Mäkipää, R. 2023. Vegetation impacts ditch methane emissions from boreal forestry-drained peatlands—Moss-free ditches have an order-of-magnitude higher emissions than moss-covered ditches. *Frontiers in Environmental Science* 11, article 1121969. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1121969>.
- Saarinen, M., Silver, T., Joensuu, S. 1998. Ojien mitoitus kunnostusojituksessa. Kirjallisuustarkastelu. [Ditch dimensioning in ditch-network-maintenance areas. A literature review]. *Suo* 49(3): 75–85.
- Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.). 1995. *Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta*. METVE-projektin loppuraportti. *Suomen ympäristö* 2: 1–420.
- Sarkkola, S., Hökkä, H., Koivusalo, H., Nieminen, M. 2010. Role of tree stand evapotranspiration in maintaining satisfactory drainage conditions in drained peatlands. *Canadian Journal of Forest Research* 40(8): 1485–1496. <https://doi.org/10.1139/X10-084>.
- Sarkkola, S., Hökkä, H., Jalkanen, R., Koivusalo, H., Nieminen, M. 2013a. Kunnostusojitustarpeen arviointi tarkentuu – puuston määrä tärkeä ojituskriteeri. *Metsätieteen aikakauskirja* 2: 159–166. <https://doi.org/10.14214/ma.6884>.
- Sarkkola, S., Nieminen, M., Koivusalo, H., Laurén, A., Ahti, E., Launiainen, S., Nikinmaa, E., Marttila, H., Laine, J., Hökkä, H. 2013b. Domination of growing-season evapotranspiration over runoff makes ditch network maintenance in mature peatland forests questionable. *Mires and peat* 11(2): 1–11. <http://mires-and-peat.net/pages/volumes/map11/map1102.php>.
- Silver, T., Joensuu, S. 2005. Ojien kunnan säilymiseen vaikuttavat tekijät kunnostusojituksen jälkeen. [The condition and deterioration of forest ditches after ditch network maintenance]. *Suo* 56(2): 69–81. https://www.suoseura.fi/Alkuperainen/suo/pdf/Suo56_Silver.pdf.
- Timonen, E. 1983. Havainnot auras- ja kaivuri- ojien mitoista ja kunnosta soilla. [The size and the condition of ditches made by ploughs and tractor diggers in drained peatlands]. *Suo* 34: 29–39. (In Finnish with English summary).
- Tuukkanen, T., Marttila, H., Klöve, B. 2014. Effect of soil properties on peat erosion and suspended sediment delivery in drained peatlands. *Water Resources Research* 50(4): 3523–3535.
- Tuukkanen, T., Stenberg, L., Marttila, H., Finér, L., Piirainen, S., Koivusalo, H., Klöve, B. 2016. Erosion mechanisms and sediment sources in a peatland forest after ditch cleaning. *Earth Surface Processes and Landforms* 41(13): 1841–1853. <https://doi.org/10.1002/esp.3951>.

Summary

Deterioration of ditches in peatland forests is influenced mostly by peat subsidence, erosion, sedimentation, and vegetation development. In this study, forest ditch shallowing and the growth of vegetation was observed in two separate datasets: 0–3 years (two sites) follow-up data and remeasurement of 35 sites 20 years after ditch network maintenance. Over the 20-year period, the ditches were on average 33,4 cm shallower, and the average depth was 65 cm. In the mixed linear model, the most important variable explaining the shallowing of ditch depth was the original depth of the ditch. Also increasing temperature sum and increasing peat thickness when the peat layer was thicker than 70 cm increased the shallowing. Vegetation coverage in the ditches was ca 88 % after 20 years. In the three-year follow-up data, ditches dug to a deeper than 90 cm became 17–20 cm shallower. The biggest ditch shallowing was observed in ditches dug to a depth of 90 cm with a fine silt subsoil (ca 70 cm ditch depth after three years). More vegetation grew in the shallower ditches. The results support the new, shallower ditch depth guidelines for ditch network maintenance, that were introduced in 2022 in Best Practices for Sustainable Forest Management in Finland.

**Liite 1a: Ojien kunnan
arviointilomake 2011**

OJIEN KUNTO 2011		Koordinaatit:	
Kohde	Kunta:	P:	I:
Suunnitteluvuosi:	Kaivuaikan kohta:	Karttalehti:	
	Kasvillisuus ojan pohjalla %	Mitteaja:	
Ojatieidot	Toimivuus		
	Tukkeuma ja sen syy		
Mittauspiste			
Ojan nimi			
Juokseva nro			
	Ojan luiska		
	Paljas %		
	Kasvillisuuden peittävyys %		
	Ojan dimensiot		
	Syvyys cm		
	Pintaleveys cm		
	Pohjaleveys cm		
	Märkäpiiri cm		
	Puusto		
	Kehitysluokka		
	Huom.		

Liite 1b: Ojien kunnan arviointilomake 2011

OJITUSALUEIDEN KUNNON SÄILYMINEN 2011

KOODILUETTELO:

Kohde

Alueen nimi, esim. Ojakorpi

Kunta

Paikkakunnan nimi

Juokseva nro

Havaintopisteen juokseva numero

Ojan nimi:

Ojitusuunnitelmaportaan mukaan (jos olemassa)

Mittauspiste:

1 = Sarkaaja

2 = Kokoojaoja (jos oja kokoa usean ojan vedet)

Tukkeuma ja sen**sy:**

0 = Ei mainittavaa tukkeumaa

1 = Kynnyskohta

2 = Rumpu

3 = Kasvillisuus

4 =

Lietekasauma

5 = Hakkuutahteet

6 = Muu

Toimivuus:

1 = Hyvä

Ojien pohjalla saattaa olla hieman veden kulkua haittaavia esteitä, mutta ojissa ei ole luiskan sortumista tai lierietä. Ojissa on hieman kasvillisuutta, mutta ojat ovat kuitenkin lähes uutta vastaavia.

2 = Kohtalainen

Ojien pohjalla on yhtenäistä kasvillisuutta tai lievää luiskan sortumis- tai liettymishaittaa, jonka seurauksena ojat ovat jonkin verran mataloituneet. Kehitysluokaltaan nuorissa ja varttuneissa kasvatusmetsissä ojen ei arvioida tarvitsevan perkausta ennen päätehakkuuta.

3 = Heikko

Ojien pohjan kasvillisuus on runsasta ja selvästi veden kulkua estävää tai ojissa esiintyy huomattavaa luiskan sortumis- tai liettymishaittaa, jonka seurauksena ojat ovat selvästi mataloituneet. Nuorissa kasvatusmetsissä ojat vaativat uuden perkauksen vielä ennen päätehakkuuta n. 20 vuoden kuluttua edellisestä perkauksesta. Varttuneissa kasvatusmetsissä perkaustarve on noin 20 vuoden kuluttua edellisestä perkauksesta, mutta ojitus on järkevää siirtää päätehakkuun yhteyteen.

Kehitysluokka

T2 = Varttunut

taimikko

Y1 = Ylispuustoinen

taimikko

O2 = Nuori

kasvatusmetsikkö

O3 = Varttunut

kasvatusmetsikkö

O4 = Uudistuskypsä

metsikkö

O5 = Suojuspuumetsikkö

Kasvillisuus ojan pohjalla %

Kasvillisuuden peittävyys arvioidaan ojan pohjalla mittauskohdan molemmin puolin arviolta 5 metrin pituudelta (yht. 10 m). Sarakkeisiin laitetaan kunkin kasvilajin osalta arvio peittävyyydestä viiden prosentin tarkkuudella

Ojan luiska

Ojan luiskasta arvioidaan yleensä kasvillisuuden peittämän alan osuus ja paljaan maan osuus erikseen.

Kasvilajeja ei eritellä.

Ojan dimensiot**Syvyys cm**

Ojan syvyys vuonna 2011

Pintaleveys cm

Ojan pintaleveys vuonna 2011

Pohjaleveys cm

Ojan pohjaleveys vuonna 2011

Tavoitteena on noin 50 havaintopistettä sarkaojista ja noin kymmenen havaintopistettä kokoojaojista.

Huomautuksiin merkitään muun muassa:

Hirveläin, ojiin pudonnut maa tai kivi,

hakkuutahteet

pensaat, puut, vallitseva kasvilaji tarkemmin,

varjoisuus ym.

**Liite 2. Pitkäaikaisen ojakehityksen seuranta-
kohteiden nimet, kuva 1 numeroinnin mukaisesti
(Joensuu 2002)**

1. Sepänsuo
2. Kaulanperä
3. Isosuo
4. Vuohensuo
5. Pitkäneva
6. Hirsisuo
7. Paloneva
8. Alkkia
9. Porrasneva
10. Kiekonneva
11. Pottisuo
12. Liisansuo
13. Ruskeasuo
14. Alaräme
15. Purnukorpi
16. Mantilansuo
17. Honkasuo
18. Tervasuo
19. Soidinkorpi
20. Heinäsuo
21. Haarasuo
22. Kämpä
23. Vähäoivari
24. Hautakangas
25. Sydänkorvenrämäkkä
26. Takkikallio
27. Tupasalo
28. Korpiala
29. Raippamaanoja
30. Jänissuo
31. Rapasensuo
32. Komulansuo
33. Käärmekorpi
34. Hämäläisneva
35. Pilpasuo
36. Isosuo nräme
37. Ruostekorpi
38. Ollinneva
39. Prakunmaa
40. Kontiojänkä