



TAPIO

Hydrologisen kytkeytyneisyyden tarkastelu laser-
keilausaineistoa hyödyntäen

Vuosiraportti 2021

20.12.2021

Nappaa hiilestä kiinni

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 tahoja kohtaan ei voi olla suurempi, kuin mitä se on lausunnon pyytäneitä tahoja kohtaan.

TAPIO 

Kati Kontinen, Tiina Ronkainen, Tarja Anttila, Samuli Joensuu, Vesa Leppänen (Arbonaut Oy), Leena Stenberg (Luonnonvarakeskus), 2021, Hydrologisen kytkeytyneisyyden tarkastelu laserkeilausaineistoa hyödyntäen. Tapion julkaisu.

© Tapio Oy

Työn tilaaja: Maa- ja metsätalousministeriö

Sisällys

1. HANKKEEN ESITTELY	3
PERUSTIEDOT HANKKEESTA	3
HANKKEEN TAUSTA JA TAVOITTEET	3
YHTEENVETO HANKKEESTA	3
2. HANKKEEN TOTEUTUS JA TOTEUTUSVAIHEEN ARVIOINTI	4
2.1. HANKKEEN TOIMENPITEET VUONNA 2021	4
Kohdealueiden valinta	4
Menetelmäkehitys I	4
Maastoinventointi ja testaus I	5
Työpaja I	6
Menetelmäkehitys II	7
Hankehallinto ja viestintä	7
2.2. AIKATAULU JA RESURSSIT (SIS. TOTEUTUKSEN ORGANISAATIO JA YHTEISTYÖKUMPPANIT)	8

1. Hankkeen esittely

Perustiedot hankkeesta

Hydrologisen kytkeytyneisyyden tarkastelu laserkeilausaineistoa hyödyntäen (HYTKY) -hanketta rahoittaa Maa- ja metsätalousministeriö Hiilestä kiinni -maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuudesta. Hankkeen vastuutahona toimii Tapio Oy. Hanke toteutetaan yhteistyössä Arbonaut Oy:n, Suomen metsäkeskuksen ja Luonnonvarakeskuksen kanssa.

Hankkeen tausta ja tavoitteet

Metsäojituksen tavoitteena on vesitalouden säätelyn avulla tuottaa puuston lisäkasvua. Suomessa on ojitettu metsätaloutta varten soita ja ohutturpeisia kivennäismaita kaikkiaan noin 5,9 miljoonaa hehtaaria. Ojien kunnostus on yksi vaihtoehto pitää yllä puuston kasvun kannalta optimaalista vesitaloutta. Nykyään vanhoja metsäojitusalueita kunnostetaan noin 40 000 hehtaaria vuodessa. Turvemaiden vesitaloutta muokattaessa vaikutetaan metsätalouden maankäyttösektorin hiilivarastoon.

Jotta metsätalouskäytössä olevien turvemaiden hiilensidonta, puuston kasvu, voidaan maksimoida ja turpeen hajoamisesta johtuvat hiilipäästöt minimoida, tulee ojituksen suunnitteluun ja menetelmien kehittämiseen panostaa. HYTKY -hankkeen tavoitteena on parantaa hiilitaseen huomioimista suometsien hoitohankkeissa yhdistämällä laserkeilausaineistosta tuotettuja tietotuotteita Suosimulaattori -mallinnukseen.

Hankkeessa kehitettävä laserkeilausaineiston analysointiin perustuva menetelmä tukee kokonaistavoitteen toteutumista vahvistamalla tietopohjaa suometsäkuvioiden hydrologisesta kytkeytyvyydestä. Hydrologisella kytkeytyneisyydellä tarkoitetaan tässä hakkuun ja ojan kunnostuksen vaikutusalueen ja voimakkuuden tunnistamista pohjaveden pinnan tasoon suoltaan eri osissa. Pohjaveden pinnan tasolla on merkittävä vaikutus turpeen hajoamiseen sekä sitä kautta hiilinielujen muutokseen suometsissä. Jotta hiilen sidontaa voidaan vahvistaa, tulee hakkuissa ja ojien kunnostuksen suunnittelussa pyrkiä säätelemään hakkuiden voimakkuutta ja kohdentaa uomien kunnostaminen uomaverkoston sisällä siten, että kuivatus pysyy puuntuotoksen ja puuston hiilensidontan kannalta riittävällä tasolla niillä suoaltaan osilla, jotka ovat talouskäytössä. Toisaalta kuivatusvaikutuksen ulottamista puuston kasvun kannalta epätarkoituksen mukaisen syvälle turvekerrokseen tulisi välttää kasvavien hiilidioksidin- ja ravinnepäästöjen vuoksi. Lisäksi tulisi välttää pohjaveden pinnan laskua niillä osilla suoallasta, jotka eivät ole puuntuotannon piirissä.

HYTKY – hankkeen tavoitteena on kehittää menetelmää, jonka avulla voidaan tunnistaa ne osat uomaverkostosta, joiden kunnostaminen on tarkoituksenmukaista ojien nykyisen kunnan ja maanpinnan muotojen perusteella, puuntuotos ja hiilivaraston muutos huomioiden. Menetelmä auttaa myös minimoimaan kuivatusvaikutuksen ulottumisen niille osille suoallasta, jossa pohjaveden pinnan laskua ei tavoitella. Kokonaisuutena menetelmä mahdollistaa kuivatuksen täsmäsuunnittelun, jossa pohjaveden pintaa säädellään suoaltaassa halutulla tasolla suoaltaan eri osissa ja mahdollistaen puuston haihdunnan huomioisen pohjaveden pinnan säätelyssä. Tällöin hakkuiden ajoituksen, voimakkuuden ja hakkuutapojen vaikutus pohjaveden pinnan säätelyssä voidaan tunnistaa ja huomioida siten myös metsien käyttöä koskevassa päätöksenteossa.

Yhteenveto hankkeesta

Hydrologisen kytkeytyneisyyden tarkastelu laserkeilausaineistoa hyödyntäen (HYTKY) -hankkeessa kehitetään menetelmää uomaverkoston ja kunnostusojitustarpeen tunnistamiseen. Kehitetty menetelmä edistää täsmäsuunnittelua suometsien hoidossa: uuteen laserkeilausaineistoon pohjautuvaa analyysiä hyödyntämällä vältytään alueiden ei-toivotulta kuivumiselta ja kuivatuksen vaikutukset saadaan kohdistettua vain talouskäytön

kannalta tarpeellisille osille suoallasta. Menetelmä toimii työkaluna valuma-aluekohtaisessa suunnittelussa, jossa tarkoituksena on hallita pohjavedenpinnan tasoa suoaltaan eri osissa.

HYTKY-hankkeen tavoitteena on:

- Kehittää menetelmää, jonka avulla voidaan tunnistaa ne osat uomaverkostosta, joiden kunnostaminen on tarkoituksenmukaista ojien nykyisen kunnan ja maanpinnan muotojen perusteella, puuntuotos ja hiilivaraston muutos huomioiden.
- Edistää täsmäsuunnittelua suometsien hoidossa, jolloin pohjavedenpinnan tasoa voidaan säädellä halutulle tasolle suoaltaan eri osissa.
- Yhdistää hankkeessa tuotettua tietoa Suosimulaattori-mallinnukseen.

Hanketta koordinoi Tapio Oy ja projektipäällikkönä toimii vesiensuojelun johtava asiantuntija Samuli Joensuu. Hankkeen yhteistyökumppaneina ovat Arbonaut Oy, Suomen metsäkeskus ja Luonnonvarakeskus (taulukko 1). Hanketta tehdään yhteistyössä SUO-hankkeen kanssa. Hanke alkoi kesällä 2021 ja päättyy vuoden 2023 loppuun.

Taulukko 1. Hankkeen projektiryhmä.

Henkilö	Organisaatio
Samuli Joensuu, projektipäällikkö	Tapio Oy
Tiina Ronkainen	Tapio Oy
Tarja Anttila	Tapio Oy
Antti Leinonen	Suomen metsäkeskus
Miia Saarimaa	Suomen metsäkeskus
Mikko Kesälä	Suomen metsäkeskus
Vesa Leppänen	Arbonaut Oy
Jussi Peuhkurinen	Arbonaut Oy
Leena Stenberg	Luonnonvarakeskus

2. Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi

2.1. Hankkeen toimenpiteet vuonna 2021

Kohdealueiden valinta

Kohdealueiden valinta tehtiin yhdessä Tapion, Suomen metsäkeskuksen ja Arbonautin kanssa kesäkuun aikana. Kohdealueet valittiin sellaisilta alueilta, joissa oli suoritettu laserkeilaus edellisenä kesänä kuivaan aikaan, sillä myös maastomittaus tehtiin loppukesästä, kun ojat olivat kuivia. Kohdealueita valittiin yhteensä kolme (Parkano, Iisalmi ja Kuivaniemi). Kohdealueiden valinnat kytkeytyvät SUO-hankkeen pilottikohteiden toteuttamiseen samoilla alueilla.

Menetelmäkehitys I

Menetelmäkehitys I työpaketti on edennyt suunnitelmien mukaan syksyn aikana Arbonautin toimesta. Menetelmäkehityksessä on toteutettu seuraavat toimenpiteet:

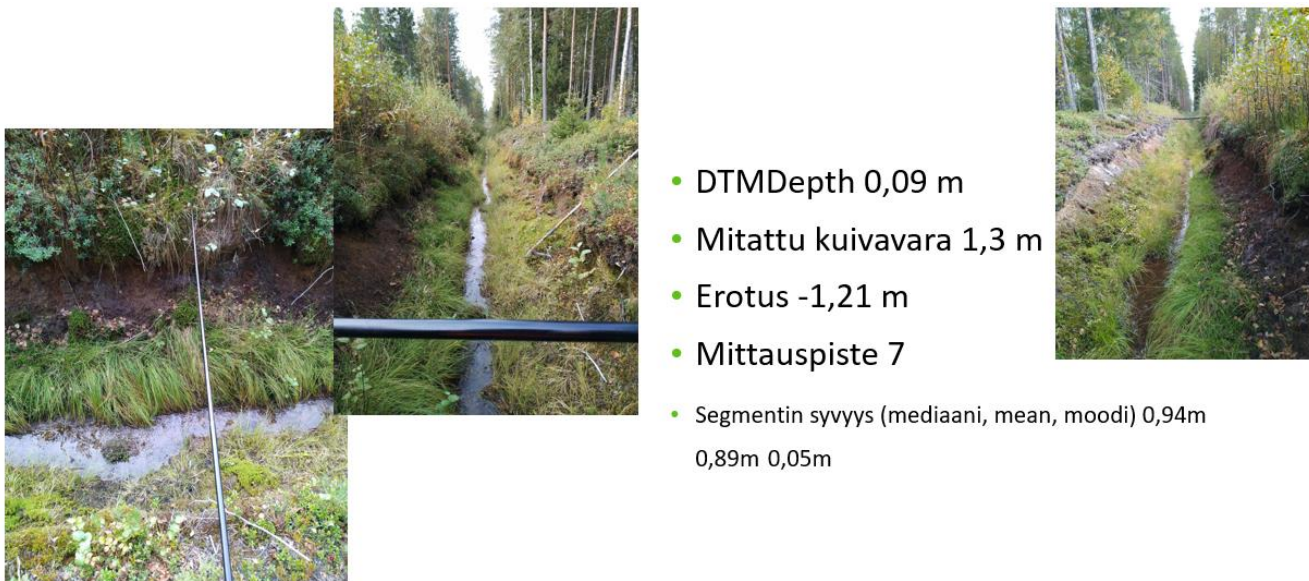
- Luokiteltu keilausaineisto on luvitettu Arbonautin käyttöön.
- Kohdealueen ojaverkosto on tunnistettu. Tulkintatulokset on toimitettu projektipartnereille.
- Tienvarsoijat on tunnistettu automaattisesti tarkoitukseen soveltuvalla Arbonautin algoritmilla.
- Ojien kuivavara on mitattu keilausaineistolta tarkoitukseen soveltuvalla Arbonautin algoritmilla. Mittaustulokset on toimitettu projektipartnereille tarkkuusanalyysejä varten ja Suosimulaattoria varten.
- Ojien leveysmittaus on suoritettu keilausaineistolta tarkoitukseen soveltuvalla Arbonautin algoritmilla.
- Kuivavaran mittaustulosten tarkkuusanalyyseihin on tutustuttu.
- Ojista on muodostettu hydrologisesti kytketty virtausverkko tarkoitukseen soveltuvalla Arbonautin algoritmilla.
- Virtausverkon ominaisuuksia on esitelty demonstraatioina projektiryhmälle.

Maastoinventointi ja testaus I

Kesän maastoinventointi toteutettiin elokuun aikana kolmella eri alueella (Parkano, Kuivaniemi ja Iisalmi) Suomen metsäkeskuksen harjoittelijoiden toimesta. Maastoinventoinnin toteutuksesta ja organisoinnista vastasi Metsäkeskus. Alkuperäisessä suunnitelmassa tarkoituksena oli tehdä yhteistyötä Tapion ja Metsäkeskuksen kesken, mutta Tapion budjetin pienentymisen vuoksi Tapion osuus maastotöistä jätettiin pois. Yhteisissä projektiryhmän tapaamisissa määriteltiin muuttujat, joita maastossa halutaan mitata.

Maastossa mitattiin ojien kuivavara, vesisyvyys sekä leveys vedenpinnassa ja maanpinnassa. Mittauspisteillä arvioitiin turpeen syvyysluokka, pohjan kasvillisuuden ja luiskan kasvillisuuden peittävyysprosentti (eroteltuna sammalet, heinät ja puuvartiset), ojan toimivuusluokka, kasvupaikkatyyppi ja ojan syvyysluokka. Lisäksi kohteilta otettiin valokuvat mitatun ojan pohjasta ja leveydestä. Mittauspisteitä kertyi yhteensä 1035 kpl (Iisalmi 249 kpl, Parkano 334 kpl, Kuivaniemi 452 kpl).

Maastomittauksista on koostettu tilastollinen analyysi Tapion ja Suomen metsäkeskuksen toimesta, jossa arvioidaan eroja laserkeilausaineiston ja maastossa mitatun kuivavaran eroista. Vertailussa huomattiin, että tulkittu ja maastossa mitatuista arvioista (DTMDepth ja maastossa mitatun kuivavara erotus) korkeintaan +/- 10 cm ero oli 295 mittauskohdalla (28,5 %) ja korkeintaan +/- 20 cm erotus 524 mittauskohdalla (50,6 %). Kun maastossa mitattua ojasyvyyttä vertailtiin laserkeilausaineistossa segmentin keskiarvoon, korkeintaan +/- 10 cm:n erotus oli 554 kpl kohteissa (53,5 %) ja +/- 20 cm 842 kpl (81,3 %). Segmenttiarvo antaa osuvamman arvon ojasyvyydelle. Kaikista suurimpia eroja on vertailtu toisiinsa maastossa otettujen kuvien avulla. Kuvista tarkasteltiin, näkykö kuvissa selkeitä tulkintaa haitanneita tekijöitä. Erityisesti pohjasta kapea, mutta syvä oja on aiheuttanut jopa yli metrin eroja tulkintaan, kun laserkeilaus ei ole tulkinnut pisteitä ojan pohjalta (kuva 1). Yli metrin erotuksia tulkinnassa oli kuitenkin vain 15 kpl. Menetelmäkehitys II työpaketissa jatketaan kartoitusten tulosten tulkintaa ja kehitetään ojien tulkintamenetelmää tarkemmaksi maastotyön tulosten pohjalta.



- DTMDepth 0,09 m
- Mitattu kuivavara 1,3 m
- Erotus -1,21 m
- Mittauspiste 7
- Segmentin syvyys (mediaani, mean, moodi) 0,94m
0,89m 0,05m

Kuva 1. Havainnekuva kohteesta, jossa oli huomattavan iso ero (-1.21 m) laserkeilatun ja maastossa mitatun kuivavaran välillä. Segmentin keskimääräiset arviot (mediaani ja keskiarvo) arvioivat paremmin ojasyvyyden kyseisellä kohteella, mutta segmentin moodin arvio oli epätarkka.

Maastoinventoinnista toteutetaan opinnäytetyö kevään 2022 aikana, jossa analysoidaan tarkemmin eri tekijöiden (kasvillisuus, ojan dimensiot ym.) vaikutusta maastossa mitatun ja laserkeilatun ojasyvyyden tulkinnan eroihin.

Työpaja I

Hankkeesta järjestettiin 2.12.2021 klo 9–11 webinaari. Tapahtumasivut ja kutsut tilaisuuteen tulivat Metsäkeskuksen kautta. Kohderyhmänä olivat laajasti suometsänhoitosuunnitelmien laatijat (metsäpalveluyritykset, metsänhoitoyhdistykset, Metsähallitus, ym.), metsäalan opiskelijat ja päättäjät (ELY-keskus, YM ja MMM). Tapahtumaan osallistui 64 henkilöä esiintyjät mukaan lukien. Tilaisuus sai aikaan aktiivista keskustelua mittaus-tiedon hyödyntämismahdollisuuksista erilaisissa yhteyksissä. Tilaisuudesta Metsäkeskukselle tullut palaute oli positiivista.

Tapahtuman ohjelma:

- Avaus, tervetuliaissanat Samuli Joensuu, Tapio Oy
- Miksi hydrologinen kytkeytyneisyys on tärkeä? Antti Leinonen, Suomen metsäkeskus
- Ojien mittaus-tiedon ja hydrologisen kytkeytyneisyyden analysointi. Vesa Leppänen, Arbonaut Oy
- Suosimulaattori. Leena Stenberg, Luke
- Toimijakommentit, metsäpalveluyrittäjä Janne Raassina
- MMM terveiset ja yhteenveto tilaisuuden annista. Jaakko Nippala, MMM

Menetelmäkehitys II

Menetelmäkehitys II alkoi 2.12. pidetyn työpajan jälkeen suunnitellusti Arbonautin osalta. Suosimulaattorin menetelmäkehitys lähtee varsinaisesti käyntiin vuoden 2022 alussa. Menetelmäkehitys II työpaketin työstöä jatketaan vuonna 2022. Suosimulaattorin kehittämisessä käytetään Arbonautissa työstettävää materiaalia tarkemmasta ojatulkinnasta maastossa kartoitetuilla alueilla. Suosimulaattorissa kehitetään analyysiä mm. talousvaikutusten arviointiin, kun käytössä on ojasyvyystieto.

Hankehallinto ja viestintä

Hytty-hankkeen aloituspalaveri Maa- ja metsätalousministeriön edustuksen kanssa pidettiin 1.6.2021.

Hankkeen projektiryhmä on kokoontunut Teamsissa yhteensä 10 kertaa vuoden 2021 aikana. Kokoontumiset on järjestetty seuraavina ajankohtina:

- 27.5.
- 9.6.
- 2.8.
- 23.8.
- 30.8.
- 2.9.
- 10.9.
- 15.10.
- 5.11.
- 25.11.

Vuoden 2021 aikana on toteutettu seuraavia viestintätoimenpiteitä:

- [Hankekuvaus MMM:n Hiilestä kiinni -hankesivuille](#) (Tapio)
- Hankesivut ([Tapio](#) ja [Metsäkeskus](#))
- Tiedote: [Uusia menetelmiä suometsien ilmastokestävään käyttöön](#) (Tapio)

2.2. Aikataulu ja resurssit (sis. toteutuksen organisaatio ja yhteistyökumppanit)

Taulukko 2. Hankkeessa toteutettavat toimenpiteet, vastuutahot ja aikataulu.

Organisaatio	Tehtävä	Ajankohta	Huomioita
Tapio	Hankehallinto ja viestintä	4/2021-12/2023	Viestintään osallistuvat kaikki, mutta päävastuu on Tapiolla
SMK, Tapio, Arbonaut	Kohdealueiden valinta, Aineiston valmistelu	4-6/2021	Hyödynnetään mahdollisimman paljon SUO-ohjelman kohteita
Kaikki	Menetelmäkehitys I	4/2021-6/2021	Välitavoitteet määritellään hankkeen alussa
Kaikki	Maastoinventointi ja testaus I	6/2021-10/2021	Kuivavaran mittaaminen maastossa
Kaikki	Menetelmäkehitys II	11/2021-5/2022	
Kaikki	Maastoinventointi ja testaus II	6/2022-10/2022	
Kaikki	Menetelmän viimeistely	11/2022-2/2023	
Tapio, SMK	Työpajat	11/2021, 11/2022	Työpajat toteutetaan osana SUO-hanketta. Tässä hankkeessa tuotetaan työpajoihin sisältöjä.
Tapio, SMK	Koulutusmateriaalin valmistelu	1/2023-4/2023	
Tapio, SMK	Menetelmän käyttöönottokoulutukset	5/2023-10/2023	
Kaikki	Loppuraportti	11-12/2023	



Maistraatinportti 4 A

00240 Helsinki

tapio@tapio.fi

www.tapio.fi