

# Immalanjärven Suurisuonojan valuma-alueen suometsien hoito - Suosimulaattori-laskenta vesiensuojelun ja kestävän suometsätalouden suunnittelun tukena



Katariina Laurén, Oulun yliopisto

Annamari Laurén, Itä-Suomen yliopisto

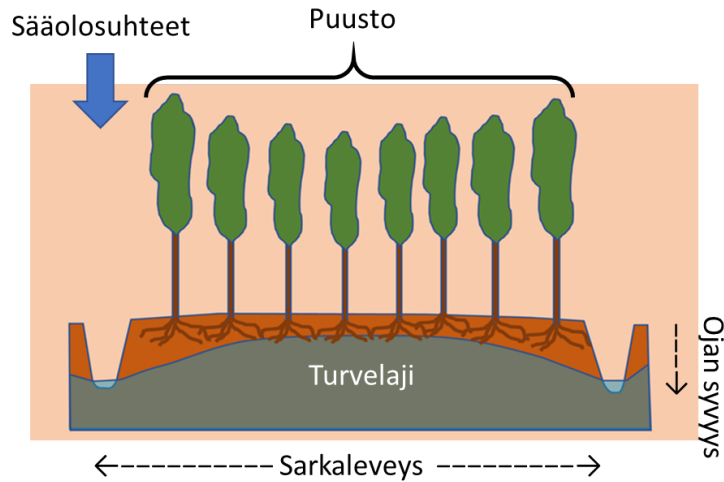
## 1. Johdanto

### 1.1 Tausta

Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry:n toteuttaman Immalanjärvi-hankkeen tavoitteena on Immalanjärven Suurisuonojan valuma-alueen kestävän vesienhallinnan ja metsienkäytön edistäminen, sekä Immalanjärven erinomaiseksi luokitellun ekologisen tilan ylläpitäminen (Moisio 2021). Immalanjärveä kuormittaa järven kaakkoisosaan laskeva uoma, joka purkaa vesiä Suurisuon ja Lahdensuon alueilta. Suurisuon turvekerros on keskimäärin 3.2 m paksu ja koostuu keskimaatuneesta saraturpeesta ([https://gtkdata.gtk.fi/turvevarojen\\_tilinpito/](https://gtkdata.gtk.fi/turvevarojen_tilinpito/)).

Metsätalous on pääasiallinen maankäyttömuoto Suurisuon-Lahdensuon alueella.

Metsätalouden merkittävimmät vesistöä kuormittavat työmuodot ovat kunnostusojitus ja metsien uudistaminen (Finér ym. 2010). Koska kunnostusojitus aiheuttaa aina vesistönpäästöjä ja mutta ei aina toivottua puuston lisäkasvua, taloudellisesti kannattamattomien kunnostusojitusten tunnistaminen ja välttäminen on tehokasta vesiensuojelua (Laurén ym. 2021b). Suosimulaattori SUSI on kehitetty tätä tarkoitusta varten: se kuvaa puuston kasvua, metsikön hydrologiaa, sekä ravinne- ja hiilikiertoja (Laurén ym. 2021a) ja sillä voidaan laskea mm. ojan syvyyden, ojavälin, puulajin, metsän koon, hakkuiden, turvelajin ja lannoituksen vaikutus metsän kasvuun, hiilitaseisiin, sekä typen ja fosforin huuhtoutumiseen. Lähtötietoina SUSI:ssa käytetään metsävaratietoja sekä päivittäisiä säähavaintoja (Kuva 1). Immalanjärvi-hankkeessa SUSI -laskennan tarkoituksena on tuottaa hankkeelle tietoa, jota voidaan hyödyntää valuma-alueelta järveen kohdistuvan kuormituksen ehkäisyyn sekä turvemaiden vesienhallintaan, jotka kuuluvat hankkeen keskeisiin tavoitteisiin (Moisio 2021).



Kuva 1. Suosimulaattori SUSI kuvaa ojitettua turvemaata kaksiulotteisesti ja sillä voidaan laskea mm. kunnostusojituksen vaikutus puuston kasvuun, vesistöihin kohdistuviin ravinnepäästöihin ja hiilitaseisiin. Mallissa voidaan antaa lähtötietoina sarkaleveys, ojan syvyys, puuston dimensiot, turvelaji ja sääolosuhteet.

## 1.2 Tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on selvittää Suurisuon valuma-alueen metsänhoidon vaihtoehtoja ja arvioida eri vaihtoehtojen toteutettavuutta, vaikutusta puuston kasvuun, ravinnekuormitukseen ja hiilitaseisiin. Ensimmäisessä vaiheessa Lahdensuon ja Suurisuon suoaltaat jaetaan ojaston kaltevuuden perusteella kunnostusojituskelpoisuudeltaan erilaisiin alueisiin. Toisessa vaiheessa tehdään Suosimulaattori-laskenta, jolla saadaan metsikkökuviokohtainen arvio erilaisten ojasyyvyksien vaikutuksista vesistökuormitukseen ja muihin ympäristövaikutuksiin, sekä puuston kasvuun. Valituilla metsikkökuvioilla arvioidaan erilaisten metsänkäsittelytapojen (jatkuva/avohakkuu) vaikutus vesistökuormitukseen.

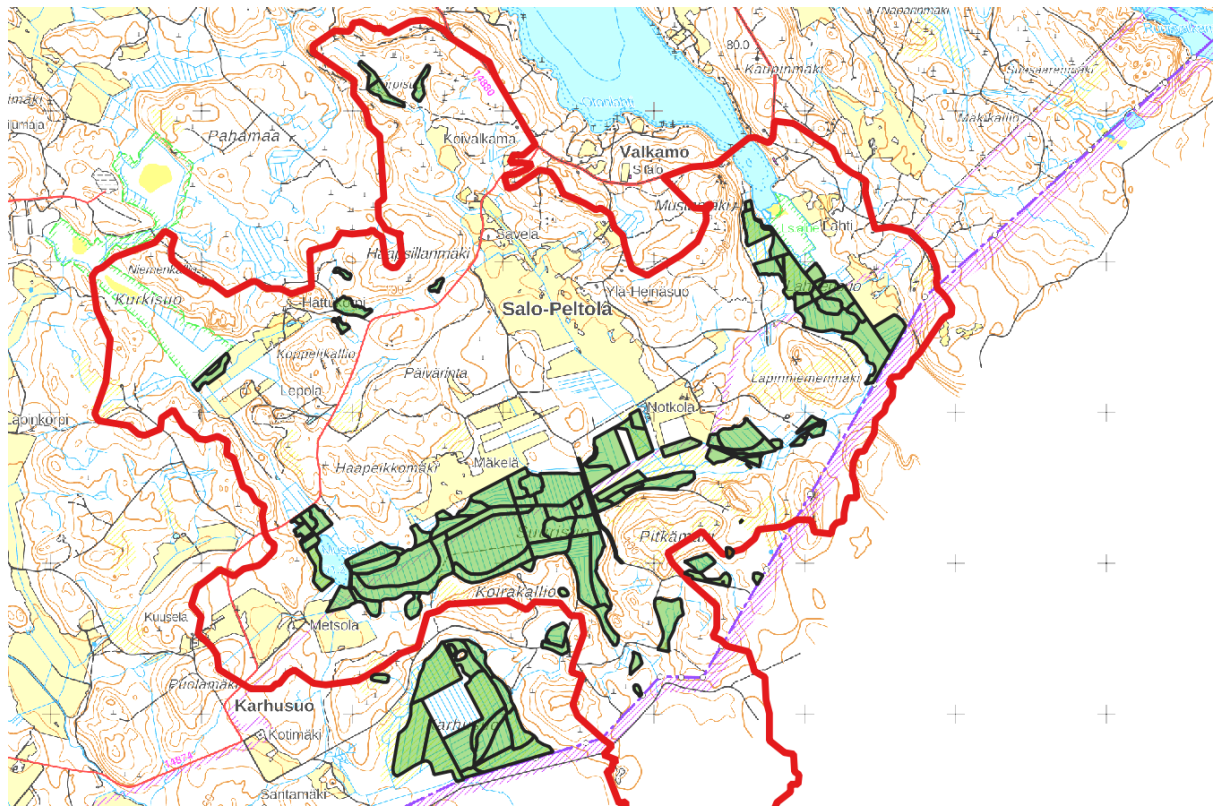
Toimeksiannon tilaaja saa käyttöönsä tulosraportin, joka sisältää edellä mainittujen kohtien (1–3) tietoja eriteltyinä metsikkökuviokohtaisesti. Tilaajalle toimitetaan tulokset karttakuva- ja taulukkomuodossa.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Alueen kuvaus

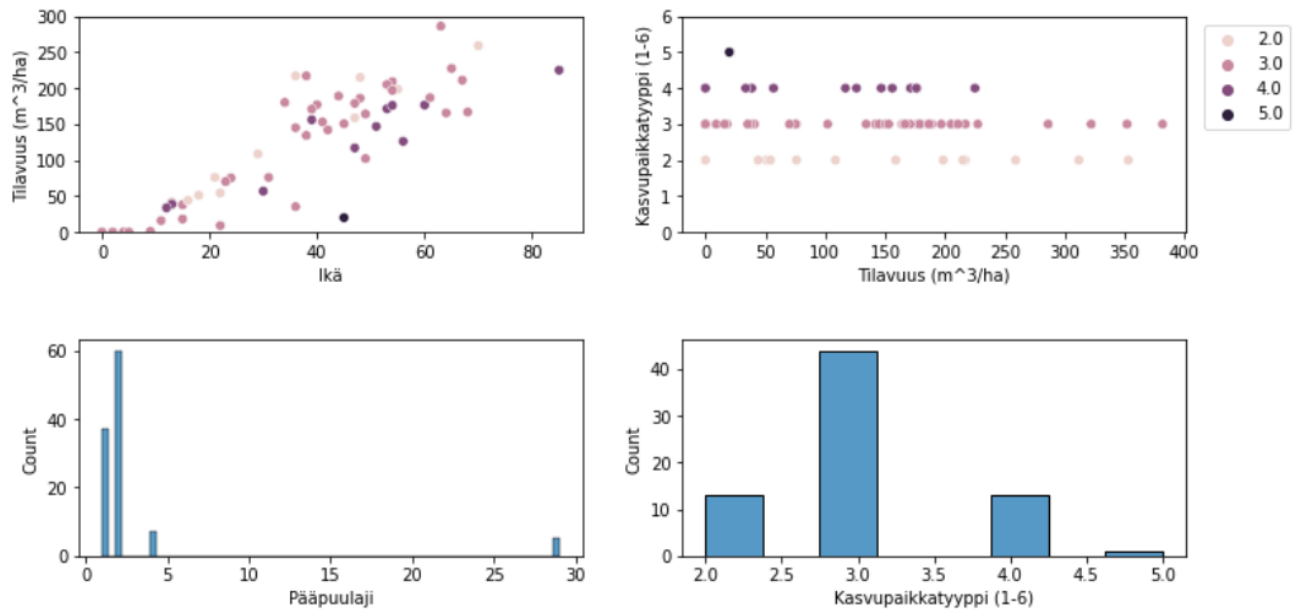
Suurisuon-Lahdensuon suoaltaan ympärillä on kallio- ja moreenikumpareita, ja alueella on myös savikoita (<https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>). Suoaltaan läpi on kaivettu 2-3 metriä

leveä, 6 km pitkä valtaoja, jota pitkin valumavedet virtaavat Immalanjärveen (Kuva 2). Valtaoja on kaivettu poikkeuksellisen leveäksi kompensoimaan ojan pientä kaltevuutta, joka muutoin vähentää oleellisesti sen kykyä kuljettaa valuma-alueen purkuvesiä. Ojan purkupisteestä Suurisuon ylittävään tiehen on ojaa pitkin matkaa neljä kilometriä, mutta korkeuseroa Immalanjärven pintaan nähden on vain metri, jolloin ojan pohjan keskilaltevuudeksi tulee  $0,00025 \text{ m m}^{-1}$ . Heikuraisen (1984) mukaan valtaojan kaltevuuden tulisi olla jopa kymmenkertainen, eli  $0,002 - 0,005 \text{ m m}^{-1}$ .



Kuva 2. Suurisuon valuma-alue ja simuloitujen metsikkökuvioiden rajat.

Alueen pääpuulaji on kuusi ja mustikkaturvekangas sekä ruohoturvekangas ovat alueen vallitsevia kasvupaikkatyyppejä (Kuva 3). Suurimmat runkopuun tilavuudet ylittävät  $250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , jotka saavutetaan jo 60 vuoden iässä.



Kuva 3. Alueen metsikkökuvioiden ominaisuuksia. Yläkuvissa pisteen väri kuvaa metsikön kasvupaikka- (eli ravinteisuus-) luokkaa. Kasvupaikkaluokka 2 (ruohturvekangas) on alueen rehevin kasvupaikka ja kasvupaikkaluokka 5 (varputurvekangas) on alueen karuin kasvupaikkaluokka.

## 2.2 Aineistot ja laskennat

Simulointien lähtötietoina käytettiin yksityisomistajien, Metsähallituksen ja Tornator Oyj:n välittämiä metsikkökuviotietoja, jotka toimitettiin Microsoft Excel-taulukkoina ja ESRI shapefile-tiedostoina. Yksityisomistajien metsikkökuviotiedot olivat Metsäkeskuksen koostamia. Metsäkeskus oli avustavana tahona myös metsiköiden sarkaleveyksien laskennassa. Excel- ja shapefile-tiedostojen sisältämien tietojen välillä voitiin havaita satunnaisia eroavaisuuksia (esimerkiksi maalajissa): tässä työssä simuloinnit päätettiin suorittaa Excel-tiedostoissa esitettyjen kuviotietojen perusteella.

Metsikkökuvioiden tarkimpaan simulointiin vaadittiin seuraavat tiedot: maalaji, pääpuulaji, kasvupaikkatyyppi, puuston ikä, pohjapinta-ala, puuston keskipituus ja -läpimitta sekä ojituksen sarkaväli. Taimikoiden simulointeihin hyödynnettiin myös metsikön runkolukua. Vaadittavien tietojen puuttuessa, puuttuvat arvot korvattiin kyseisen ominaisuuden alueelle tyypillisillä keskiarvoilla.

Simuloitaviksi metsikkökuvioiksi valittiin ne kuviot, joiden maalajiksi lähtöaineistossa oli luokiteltu turvemaa. Kuvioita oli yhteensä 113 (Metsähallitus: 19 kpl, yksityisomistajien

metsät: 54 kpl, Tornator: 40 kpl). Näistä kuvioista tehtiin Luonnonvarakeskuksen Motti-ohjelmiston avulla kasvusimulaatio 50 vuoden ajalle. Kuvioille tehtiin Motti-ohjelmistolla myös Tapion metsänhoidon suositusten mukainen kasvuskenaario metsikönhoidon tarpeiden arvioimiseksi. Kaikki metsikkökuviot simuloitiin Imatran koordinaateilla ja niissä oletettiin uudisojituksen tapahtuneen 40 vuotta sitten. Motti-simulointien pääasiallinen tarkoitus on kuvata metsikön rakennepiirteiden, kuten biomassan, tilavuuden, runkoluvun, lehtimassan ja karikemäärän välisiä yhteyksiä metsikön kehittymisen aikana. Tuloksia käytettiin myös kuvaamaan metsikön tilavuuden muutosta 20 vuoden aikana sekä suositeltua ajankohtaa seuraavalle metsänhoidolliselle toimenpiteelle. 20 vuoden tilavuuden kasvun avulla arvioitiin metsikön vuosikasvu hehtaaria kohden. Tiedot liitettiin toimitettuihin paikkatietoihin, jotta metsikkökohtaisia tietoja voitiin tarkastella visuaalisesti erilaisten karttojen avulla.

Motti-simuloinneista muodostettiin input-tiedostot SUSI Suosimulaattoria varten. SUSI-simulointi tehtiin kymmenen vuoden ajalle neljällä eri ojansyvyyskenaariolla (0,3 m, 0,5 m, 0,7 m, 0,9 m). Simuloinnissa käytettiin Imatralta vuosina 2010–2019 kerättyä säädataa. Simulointien tulokset esitettiin metsikkökuviokohtaisesti taulukkona ja erilaisia ominaisuuksia esittävinä kuvaajina. Metsikkökuviokohtaisista tuloksista muodostettiin html-muotoon interaktiivinen kartta Folium -Python kirjaston avulla. Karttaan liitettiin metsikkökuviokohtaiset ominaisuustiedot sekä SUSI-simuloinneista saadut tulokset sekä taulukko- että kuvaajamuodossa.

Kasvupaikkatyypiltään tai puuston tilavuudeltaan ääripäitä edustavia metsikkökuvioita käytiin tarkastelemassa myös maastossa Suurisuonojan valuma-alueella 9.6.2022. Maastossa ojien ominaisuuksista tehtyjen havaintojen ja Maanmittauslaitoksen 2 m x 2 m (dem) korkeusmallin avulla arvioitiin kunnostusojituksen teknistä toteuttamiskelpoisuutta. Korkeusmallin avulla Suurisuon-Lahdensuon suoallas jaettiin vyöhykkeisiin, joilla kunnostusojitus olisi ojien kaltevuussuhteiden perusteella mahdollista; sekä vyöhykkeisiin, joilla kunnostusojituksen sijaan puuston kasvua kannattaisi edistää ennemmin tuhkalannoituksen ja jatkuvan kasvatuksen avulla.

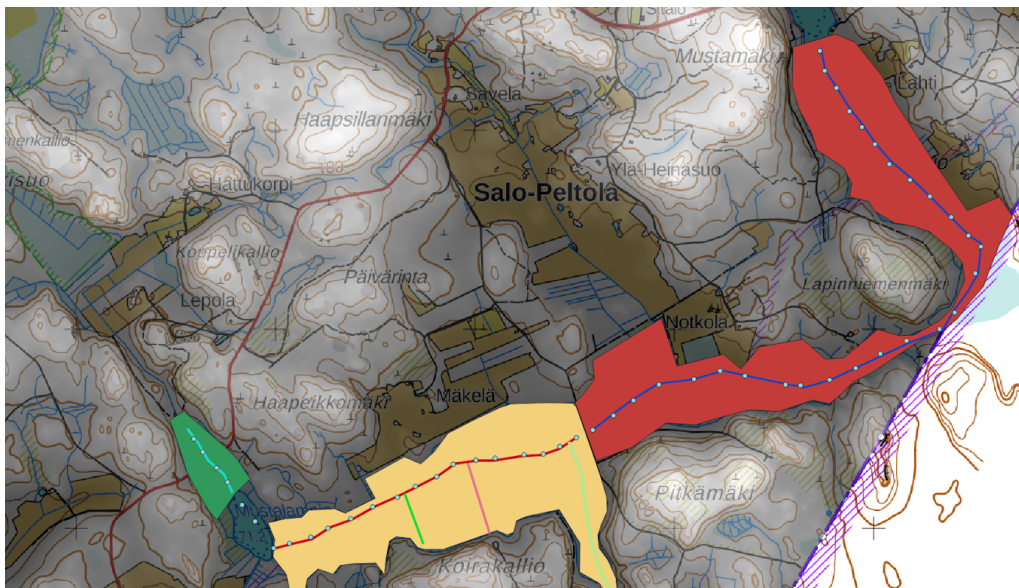
Projektin aikana kommunikointi aktiivisesti Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry:n Immalanjärvi-hankkeen hankekoordinaattori Maarit Moisio'n kanssa etänä kokousten sekä paikan päällä Imatralla 9.6.2022 ja Lappeenrannassa 10.6.2022.

### 3. Tulokset ja tarkastelu

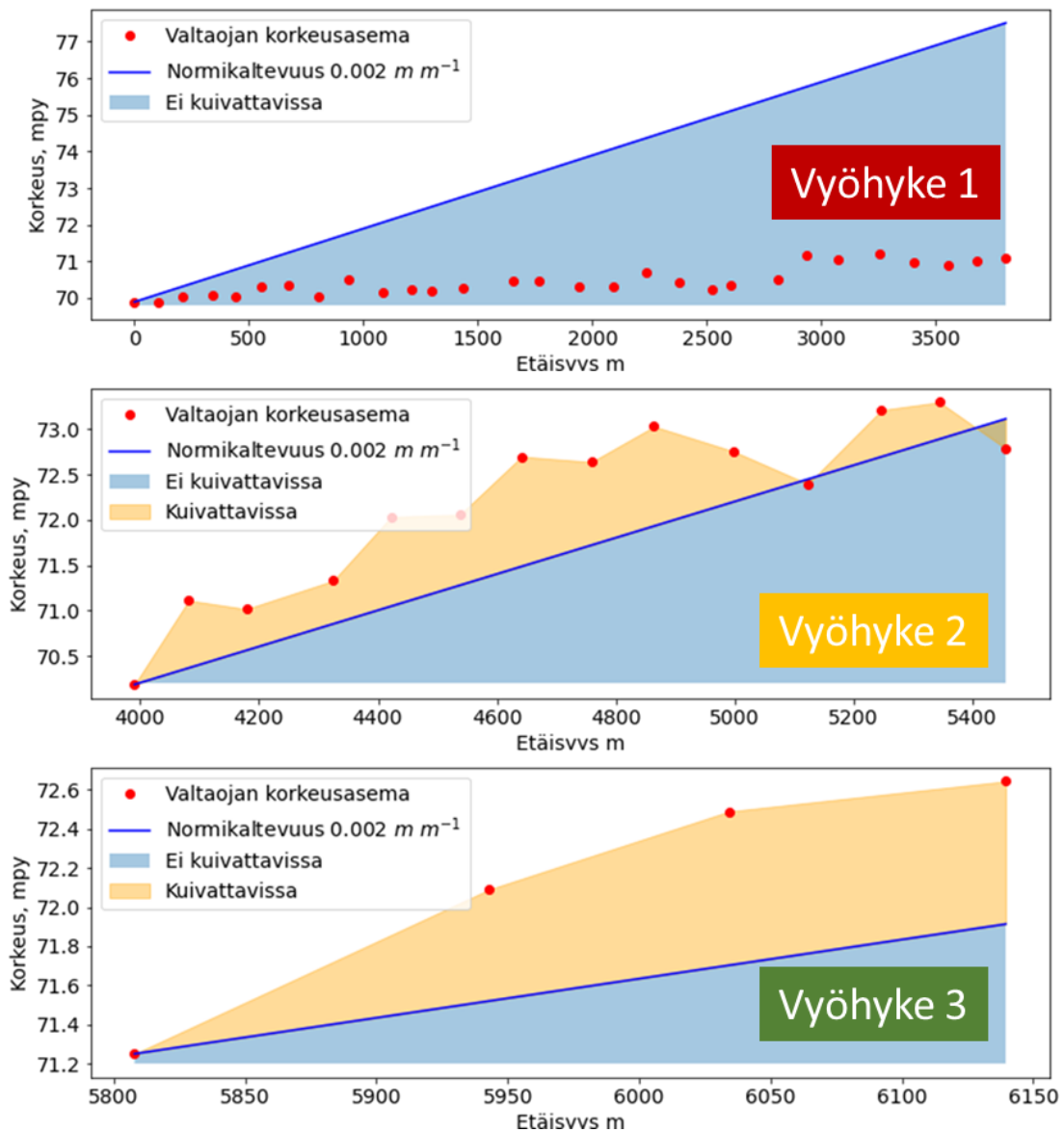
#### 3.1 Kaltevuusvyöhykkeet

Suurisuon-Lahdensuon suoaltaan läpi kulkevan valtaojan kalvetuussuhteet määritettiin korkeusmallin avulla (Kuvat 4, 5) ja korkeussuhteita verrattiin valtaojan suunnittelunormeihin (Heikurainen 1984). Suoallas jaettiin kolmeen erilaiseen vyöhykkeeseen valtaojan kaltevuuden perusteella. Vyöhykkeellä 1 (Kuva 4, punainen alue; Kuva 5, ylin kuvaaja) valtaojan kaltevuus on vain noin kymmenesosa suunnittelunormin ehdottamasta minimikaltevuudesta ( $0.002 \text{ m m}^{-1}$ , Heikurainen 1984). Tästä johtuen kuivatusta Vyöhykkeellä 1 ei rajoita niinkään ojan syvyys, vaan pienestä kaltevuudesta johtuva ojan heikko kyky siirtää vettä. Siksi alueella tehtävällä kunnostusojituksella ts. ojen syventämisellä, ei saavuteta pohjaveden pinnan laskua eikä puuston kasvun lisääntymistä. Kunnostusojitus kannattaakin rajata pois Vyöhykkeen 1 metsänhoidon keinovalikoimasta. Yleensä kunnostusojitusta suositellaan tehtäväksi yhdessä avohakkuulla tehtävän metsänuudistamisen yhteydessä, koska avohakkuu nostaa pohjaveden pintaa ja heikentää uudistumistulosta. Koska kunnostusojitusta ei Vyöhykkeellä 1 ole mielekästä tehdä, metsänuudistaminen kannattaa tehdä jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen menetelmillä, jolloin elävän puuston haihdunta osaltaan pitää pohjavettä alhaalla. Jos halutaan parantaa metsän kasvua, voidaan kunnostusojitus myös korvata tuhkalannoituksella.

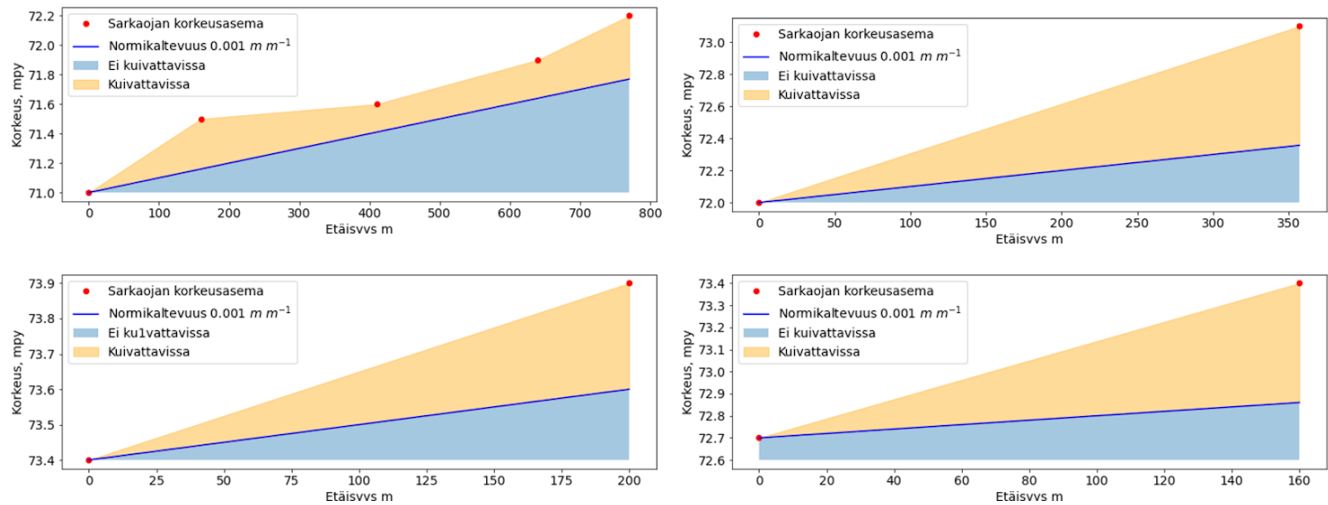
Vyöhykkeellä 2 (Kuva 4, keltainen alue; Kuva 5 keskimmäinen kuvaaja), valtaojan kaltevuus riittää kohtalaisen kuivatuksen saavuttamiseen. Vyöhykkeelle 2 laskettiin myös sarkaojien kalvetuussuhteita ja verrattiin niitä sarkaojien suunnittelunormiin ( $0.001 \text{ m m}^{-1}$ , Suomen Rakennusinsinöörien liitto, 1979). Vyöhykkeen 2 kivennäismaiden laiteilla päästään 30-70 cm teholliseen kuivatussyvyyteen (Kuva 6).



Kuva 4. Suurisuon-Lahdensuon suoallas jaettiin kolmeen kuivatettavuudeltaan erilaiseen vyöhykkeeseen valtaojan kaltevuuden perusteella. Punaisella alueella (Vyöhyke 1) kunnostusojitus ei laske pohjaveden pintaa, keltaisella alueella (Vyöhyke 2) voidaan saavuttaa kohtalainen pohjaveden lasku, kun taas vihreällä alueella (Vyöhyke 3) voidaan ojasyvyys valita puuston kasvutavoitteiden mukaan.



Kuva 5. Suurisuon-Lahdensuon valtaojan kaltevuussuhteet verrattuna suunnittelunormiin. Vyöhykkeet 1-3 on esitetty Kuvassa 4. X-akselilla etäisyys valuma-alueen purkupisteestä ja y-akselilla ojan pinnan korkeusasema. Sinisellä kuvattu turve ei ole kuivattavissa, ja oranssin kerroksen paksuus kertoo suurimman saavutettavissa olevan tehollisen ojasyvyyden.

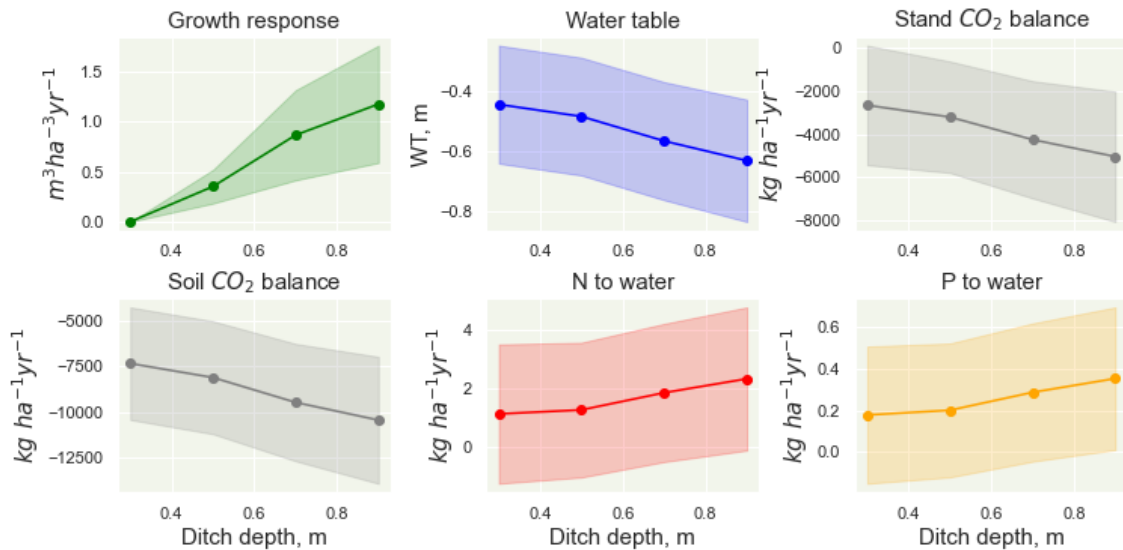


Kuva 6. Esimerkkejä Vyöhykkeen 2 sarkaojien kaltevuussuhteista. Kaltevuus riittää kohtalaiseen kuivatukseen, jossa ojien tehollinen syvyys on 30-70 cm.

### 3.2 Suosimulaattorilaskennat

Jokaiselle metsikkökuviolle tehtiin Suosimulaattorilaskenta käyttäen lähtötietoina metsikkökuvion omia puustotietoja, sarkaleveyttä ja kasvupaikkatietoja, sekä päivittäisiä säätitietoja 2010 - 2019 väliseltä ajalta. Jokaiselle kuviolle laskettiin skenaariot 0,3 m, 0,5 m, 0,7 m ja 0,9 m ojasyvyyksille. Metsikön kasvua, hiilitasetta ja ravinnekuormituksia verrattiin eri ojansyvyyksien välillä (Kuva 7). Koska metsävaratieto ei sisällä informaatiota todellisesta ojansyvyydestä maastossa, vertailukohdaksi tulee ottaa maastossa havaittu vallitseva tehollinen ojansyvyys ja ojien syventämisen vaikutus luetaan kuvaajista suhteessa tähän vertailutasoon. Ojien maksimisyvyys Vyöhykkeellä 2 on 0,7 m ja Vyöhykkeellä 3 0,9 m.





Kuva 7. Esimerkki suosimulaattorilaskennan tuloksista. Ojan syvyyden vaikutus metsän kasvuun, pohjaveden pintaan, metsikön ja maan hiilitaseeseen, sekä typen ja fosforin kuormitukseen.

### 3.3 Interaktiivinen kartta

Simulointien tilaaja saa käyttöönsä interaktiivisen kartan html-muodossa eli koodattuna verkkosivustona. Karttaa voidaan tarkastella millä tahansa selaimella tai älylaitteella. Kartan pohjalla on vapaasti liikuteltava ja zoomattava taustakartta, joka on ohjelmoitu avautumaan tarkasteltavan Immalanjärven Suurisuonojan valuma-alueen kohdalta.

Kartalla on nähtävissä kaikki simuloitujen metsikkökuvien geometriatietojen mukaisesti rajattuina. Kun hiiri vie kuvion rajojen sisäpuolelle, saadaan näkyviin ikkuna, josta nähdään metsikkökuvion ominaisuustiedot (kuvion ID, ikä, pääpuulaji, kasvupaikkatyyppi, alkutilavuus ( $m^3/ha$ ), tilavuus 20 vuoden kuluttua ( $m^3/ha$ ) arvioitu vuosittainen kasvu ( $m^3/ha$ ), aika seuraavaan metsänhoidolliseen toimenpiteeseen ja seuraava suositeltu metsänhoidollinen toimenpide). Näin kartan tarkastelija saa yleiskuvan alueen metsikkökuvioiden ominaisuuksista. Jokaiseen simuloituun metsikkökuvioon on lisätty myös keskimerkki, jonka väri kuvaa metsikkökuvion omistajaa (yksityisomistajien metsät: punainen, Metsähallitus: vihreä, Tornator Oyj: sininen). Keskimerkkiä klikkaamalla saadaan auki SUSI-simuloinnin tuloksia sisältävä ponnahdusikkuna, jossa tulokset on esitetty kuvaajina sekä taulukkona. Kuvaajissa nähtävillä ovat metsikkökuvion kasvuvaste, pohjaveden pinta, metsikön hiilitase, maan hiilitase, veteen päätyvän typen sekä fosforin

määrä erilaisilla ojan syvyyksillä. Taulukosta voidaan nähdä numeeriset esitykset edellä mainituista ominaisuuksista erilaisilla ojan syvyyden muutoksilla.

Kartassa metsikkökuvioiden alle on sijoitettu alueen kaltevuusvyöhykkeitä vastaavat aluepolygonit. Kaltevuusvyöhykkeiden violetteja keskimerkkejä klikkaamalla saadaan auki ponnahdusikkuna, josta nähdään alueen kaltevuussuhteista muodostettu kuvaaja. Kuvaajassa punaiset pisteet vastaavat valta- tai sarkaojan korkeusasemaa. Pisteitä verrataan kuvaajan siniseen viivaan, jolta voidaan lukea kuivatukseen vaadittava valtaojan vähimmäiskaltevuus. Tämän viivan yläpuolella olevalla ojan korkeusasemalla kuivatus voi olla mielekästä mutta alapuolelle jäävällä korkeudella kuivatus ei ole mahdollista. Kaltevuusvyöhykkeet on merkitty karttaan värikoodein. Punaisella vyöhykkeellä kaltevuus on liian pientä, eli metsikön kuivattaminen kunnostusojituksella ei ole fyysikaalisten rajoitteiden puitteissa mahdollista. Näillä alueilla jatkuva kasvatus sekä tuhkalannoitus voivat tuottaa hyödyllisen vasteen. Keltaisella vyöhykkeellä metsikön kuivattaminen kunnostusojituksella on mahdollista, mutta liian pieni valtaojan tai sarkaojan kaltevuus vähentää ojituksen kuivatusvaikutusta. Vihreällä vyöhykkeellä metsikön kuivattaminen kunnostusojituksella voi tuottaa merkittäviä hyötyjä, mikäli alueen nykyiset ojat ovat huonossa kunnossa. Hyväkuntoisia ojia ei kuitenkaan alueella kannata syventää.

## Lähteet

Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiaho, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola, S. & Vuollekoski, M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta [Calculation of export loads from forested catchments, In Finnish]. Suomen Ympäristö 10. 33 p.

Heikurainen, L. 1984. Metsäojituksen alkeet. *Gaudeamus*, 284 s.

Laurén, A., Palviainen, M., Launiainen, S., Leppä, K., Stenberg, L., Urzainki, I., Nieminen, M., Laiho, R., Hökkä, H. 2021a. Drainage and stand growth response in peatland forests. Description, testing, and application of mechanistic Peatland simulator SUSI. *Forests* 2021, 12(3), 293; <https://doi.org/10.3390/f12030293>

Laurén, A., Palviainen, M., Laiho, R., Leppä, K. Launiainen, S., Hökkä, H., Nieminen, M.,  
Urzainki, I., Stenberg, L. 2021b. Suosimulaattori (SUSI) – Uusi mekanistinen simulointimalli  
suometsien hoidon suunnitteluun. Metsätieteen aikakauskirja  
<https://doi.org/10.14214/ma.10575>

Moisio, M. 2021. Immalanjärvi-hankkeen vuosiraportti 2021.  
<https://www.svsy.fi/wp-content/uploads/Immalanjarvi-vuosiraportti-2021.pdf>.

Suomen Rakennusinsinöörien liitto 1979. Vesirakenteiden suunnittelu. Suomen  
Rakennusinsinöörien liitto r.y. 378 s.