

**METSÄHALLITUKSEN PIENALAKASVATUS
VIRTUAALIMETSÄN AVULLA**

Horttanainen Arttu

Opinnäytetyö

Metsätalous
Metsätalousinsinööri (AMK)

2023

Metsätalous
Metsätalousinsinööri (AMK)

Tekijä	Arttu Horttanainen	Vuosi	2023
Ohjaaja	Jussi Soppela		
Toimeksiantaja	Metsähallitus Metsätalous Oy		
Työn nimi	Metsähallituksen pienalakasvatus		
Sivu- ja liitesivumäärä	33 + 34		

Tässä opinnäytetyössä on käytetty Virtuaalimetsä 2.0 -ohjelmaa Metsähallituksen pienalakasvatushakkuiden visualisointiin ja toisen vaiheen menetelmien mallintamiseen. Metsähallitus on käyttänyt pienalakasvatusta vuodesta 2014 lähtien, kun metsälaki mahdollisti jatkuvan kasvatuksen menetelmien käyttämisen. Aineistona käytettiin Metsähallituksen paikkatietoaineistoa kohteelta, jolle oli toteuteltu pienalakasvatuksen ensimmäinen vaihe vuonna 2018. Tavoitteena oli vertailla maisemavaikutusta Virtuaalimetsä-ohjelmalla sekä luoda metsäasiantuntijoille ohjeistus toimenpiteiden suunnittelun avuksi.

Työn keskeisimpänä tuloksena oli tarkoitus luoda ohjeistus Metsähallituksen metsäasiantuntijoille pienalakasvatuksen toisen vaiheen suunnitteluun sekä Virtuaalimetsä -ohjelman käytön kehittäminen pienalakasvatuskohteiden suunnittelussa ja käytettävyydessä. Ohjelmaa ei ole kehitetty pienaukkohakkuiden eri vaiheiden visualisointiin, joka aiheutti haasteita opinnäytetyössä. Opinnäytteen tuloksena on koostettu ohje, joka auttaa suorittamaan ohjelmalla pienalakasvatuksen tulevaisuuden toimenpiteiden simuloinnin. Ohje täydentää Lapin AMK:n Virtuaalimetsän käyttöohjetta. Toisena opinnäytetyön tuloksena valmistui toisen vaiheen suunnittelun ohjeistus pienaukkohakkuiden toteuttamisesta.

Hakkuiden visualisoinnin merkitys kasvaa Metsähallituksen hallinnoimilla alueilla. Tulevaisuudessa on tarve luoda työkaluja, joilla metsäasiantuntijat voivat ennalta vertailla esimerkiksi hakkuutapojen maisemavaikutusta. Virtuaalimetsä-sovellus voi kehittämisen jälkeen olla tällainen työkalu. Myös eri sidosryhmille pidettävissä tilaisuuksissa voisi olla tarvetta ohjelman kaltaisille sovelluksille, joilla pystyttäisiin simuloimalla näyttämään tulevien hakkuiden vaikutukset alueelle.

Avainsanat

maisemavaikutus, metsähallitus, pienalakasvatus, Virtuaalimetsä

Forestry
Forestry Engineer

Author	Arttu Horttanainen	Year	2023
Supervisor	Jussi Soppela		
Commissioned by	Metsähallitus Metsätalous Oy		
Subject of thesis	Gap cutting at Metsähallitus with Virtual Forest application		
Number of pages	33 + 34		

The Virtual Forest 2.0 program has been used in this thesis to visualize gap felling and model second phase methods. Metsähallitus has been employing gap felling since 2014, when the forest law enabled the implementation of continuous cover forestry methods. Research material was collected from an area that had previously undergone the first phase of treatment in 2018. The objective of this thesis was to compare landscape impacts using the Virtual Forest application and to develop instructional guidelines for forest specialists to facilitate the program's integration into planning processes.

The primary aim was to create instructions for forest specialists at Metsähallitus when planning the second phase in gap felling areas. Additionally, the goal was to enhance the use of the Virtual Forest application in designing gap felling. The program has not been developed to visualize this harvesting method, which posed some challenges in the study. The outcome of this thesis is an instruction manual that guides the simulation of future gap felling using the program. These instructions serve as a complement to the guide created by Lapland University of Applied Sciences. Another outcome was the instructions for planning the second phase in gap felling with the Virtual Forest application.

The significance of visualizing harvest operations is emphasized in the areas where Metsähallitus operates. In the future, there will be a demand for tools to compare different harvest impacts on the landscape in advance. With further development, the Virtual Forest application can be a valuable tool for this purpose. The program could also be useful for simulating future harvest impacts and show the area to people interested in it.

Keywords gap felling, landscape impacts, Metsähallitus, Virtual Forest

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 METSÄN KASVATUS.....	7
2.1 Kasvatushakkuut	8
2.2 Peitteinen metsänkäsittely	8
2.3 Monikäyttömetsät.....	10
2.4 Simulointi ja metsävaratieto	12
2.5 Toimenpiteiden simulointi ja mallinnus.....	14
3 TYÖN TOTEUTUS	16
3.1 Aineisto ja sen käsittely.....	16
3.2 Toimenpiteiden simulointi	19
4 TULOKSET.....	23
4.1 Visualisointi.....	23
4.2 Kannattavuus.....	25
4.3 Johtopäätökset	26
5 POHDINTA	29
LÄHTEET.....	31
LIITTEET	33

1 JOHDANTO

Metsähallitus Metsätalous Oy hallinnoi Lapissa noin kolmen miljoonan hehtaarin maa-alaa. Metsätalouden käytössä on 1,7 miljoonaa hehtaaria. Nämä metsät ovat monikäyttömetsiä, eli metsillä on metsätalouden lisäksi muita käyttömuotoja, kuten matkailu sekä virkistyskäyttö. Tämä asettaa metsien hoidolle erityisvaatimuksia. Metsähallituksella on käytössä laaja valikoima eri hakkuumenetelmiä, joista voidaan valita kulloisenkin kasvupaikan sekä erityisvaatimusten mukaan sopivin vaihtoehto. (Metsähallitus 2023f, 130)

Esimerkkinä voidaan käyttää peitteistä metsänkasvatusta, joka sopii etenkin matkailualueille. Erilaisia menetelmiä on alettu toteuttaa metsälain uudistuksen jälkeen vuonna 2014. Metsälain muutos sallii metsien käsittelyn jatkuvan kasvatuksen menetelmin, joilla pyritään pitämään metsät peitteisinä sekä eri-ikäisrakenneisina. Metsähallituksen on pitänyt lisätä peitteistä metsänkasvatusta, johon pienalakasvatus kuuluu (Forest.fi, 2019). Tällä hetkellä pienalakasvatuskohteet, joita Metsähallitus on aiemmin toteuttanut ovat varttuneet toiseen vaiheeseen.

Opinnäytetyön lähtökohtana olivat pienalakasvatus kohteet, joissa seuraava vaihe alkaa lähestymään. Koska kokemukset tästä vaiheesta ovat vähäisiä. Pyrittiin löytämään ratkaisuja simuloimalla tulevia toimenpiteitä ja muodostamaan näistä ohjeistus Metsähallituksen metsäasiantuntijoille. Visuaalinen mallinnus antaa mahdollisuuksia tutkia eri vaihtoehtoja ja kokeilla kulloiseenkin kohteeseen paras ratkaisu. Virtuaalinen metsänhoitotöiden mallinnus on vielä verrattain vähäistä, mutta tulevaisuudessa yleistyvää etenkin eri sidosryhmätilaisuuksissa.

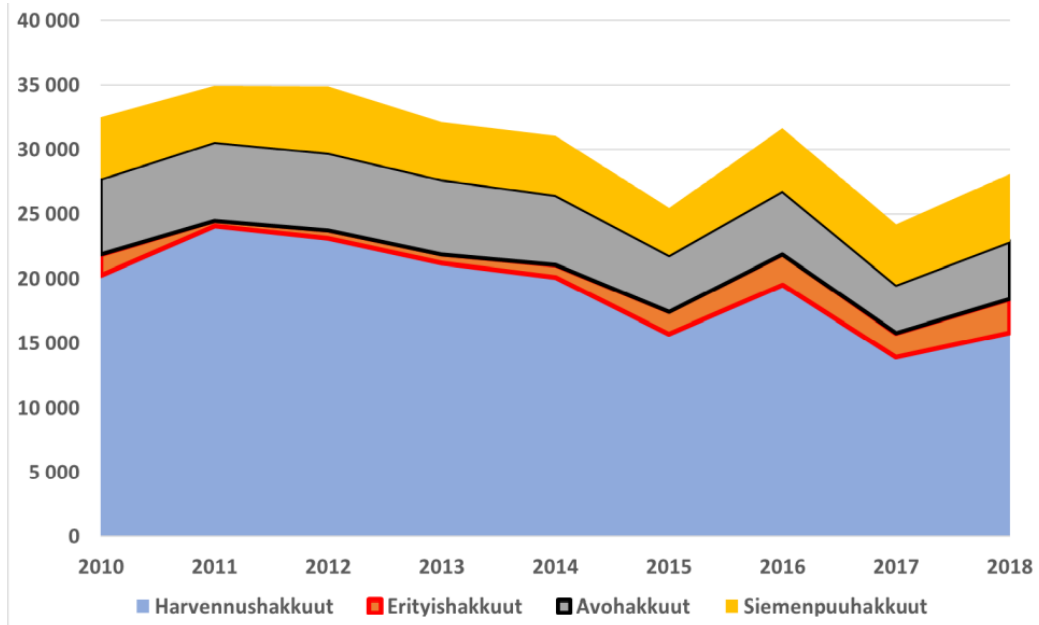
Tässä opinnäytetyössä tutkin ajankohtaista pienalakasvatusta ja sen maisemallista vaikutusta sekä toisen vaiheen hakkuumenetelmiä käyttäen Metsähallituksen todellista metsävaratietoa sekä Lapin AMK:n kehittämää Virtuaalimetsä-sovellusta. Pienalakasvatuksessa metsiin tehdään maksimissaan 0,3 hehtaarin aukkoja, joiden on tarkoitus taimettua luontaisesti. Opinnäytetyössä käytettiin Virtuaalimetsä-sovellusta visualisoimaan pienalakasvatushakkuuta sekä maisemavaikutuksen vertailuksi siemenpuuhakkuuta.

Opinnäytetyö on kehitystyö, jonka tavoitteet ovat seuraavat:

- 1) kehittää Metsähallituksen pienalakasvatusta virtuaalimetsän avulla
- 2) pohtia onko mahdollista kehittää ohjeistus metsäasiantuntijoiden avuksi sekä
- 3) selkeyttää pienalakasvatuksen suunnitteluketjua.

2 METSÄN KASVATUS

Metsähallituksen monikäyttömetsissä on tavoitteena kasvattaa laadukasta tukkipuuta ja hyödyntää siten korkeampaa arvokasvua. Erilaisia metsänkäsittelymenetelmiä ja erikoishakkuita voidaan käyttää monipuolisesti kohteen ominaisuuksien ja tavoitteiden mukaisesti (Kuvio 1). Metsähallituksen monet erityisalueet ja -kohteet antavat tähän hyvän mahdollisuuden. Jatketun kiertoajan käyttö esimerkiksi retkeily- ja ulkoilualueiden metsissä lisää puuston hiilivarastoa. Pienalahakkuut ja erirakenteistavat metsien käsittelymenetelmät ovat käytössä yleisesti soveltuvilla kohteilla. (Metsähallitus 2023e. 5.)



Kuvio 1. Hakkuutavat valtion mailla 2010–2018 (Karvonen 2019, 5)

Metsähallituksen monikäyttömetsissä tavoitteena on kannattava ja kestävä metsätalous. Hyvän taloudellisen tuotoksen perustana on kasvupaikkatekijöihin perustuva metsäkäsittely. Tällä turvataan myös metsien monimuotoisuus ja riistan elinmahdollisuudet. (Karvonen 2019.)

2.1 Kasvatushakkuut

Tasaikäisrakenteisessa metsänkasvatuksessa puusto pyritään pitämään samanikäisenä ja metsä saman rakenteisena. Metsän kasvatusta on jaettu uudistamis- sekä kasvatusvaiheisiin. Kasvatusvaiheessa käsittelyt keskittyvät puunlaadun parantamiseen sekä puuston järeytymiseen. Alkuvaiheessa hakkuilta saadaan yleensä vain kuitupuuta. Uudistamisvaiheessa metsät uudistetaan kahdella tavalla. Vaihtoehdot ovat luontainen uudistaminen tai viljeleminen istuttaen tai kylväen. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2019, 34.)

Metsähallitus käsittelee metsiään yleensä jaksollisen kasvatuksen menetelmillä tasaikäisrakenteisuuteen perustuen. Tähän menetelmään sisältyy selkeä uudistamisen vaihe ja sen jälkeen kasvatusvaihe. Metsien käsittely pyritään toteuttamaan selkeinä kokonaisuuksina, jolla halutaan saavuttaa kokonaisedullinen toimintaketju. Metsähallitus ottaa toimenpiteitä suunnitellessaan huomioon alueen muut sidosryhmät sekä metsien muut käyttömuodot. (Metsähallitus 2023d, 6.)

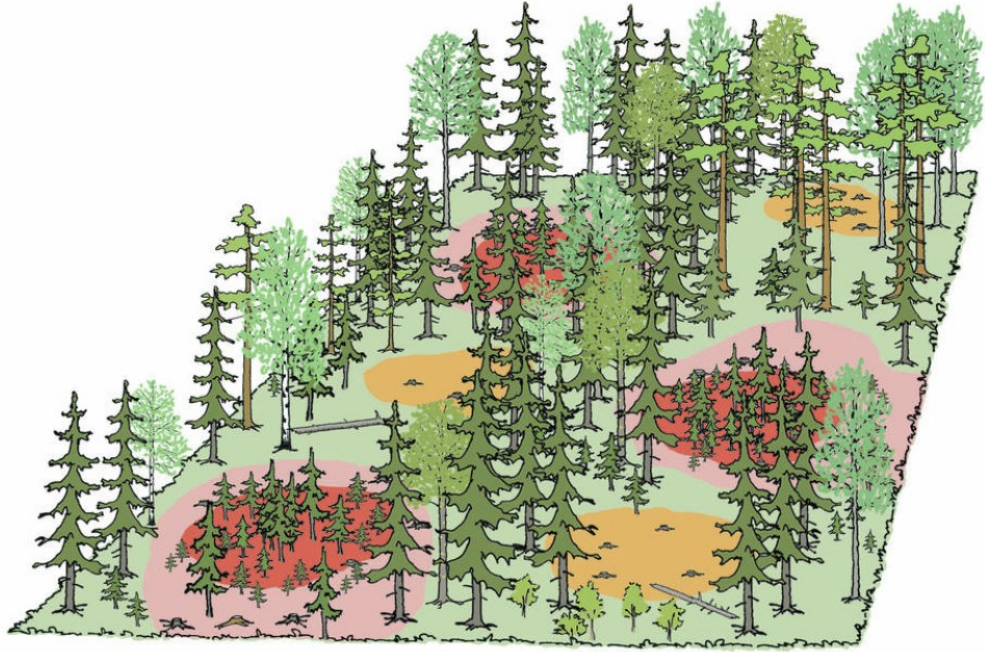
2.2 Peitteinen metsänkäsittely

Jatkuvapeitteisessä metsänkasvatuksessa tavoitteena on ylläpitää eri-ikäistä puustoa, josta kerralla poistetaan vain tukkipuun mitat täyttäviä puita. Metsään kuitenkin jätetään riittävästi isoja puita, jotta puustoisuus säilyy sekä siemen sato varmistuu. Jatkuvapeitteinen metsä pidetään aina peitteisenä, eikä avohakkuuta tehdä, kuten tasaikäisessä metsänkasvatuksessa. Metsät pyritään käsittelemään siten että alikasvostaimikot sekä luontaisesti syntyneet aukot taimettuvat. Tämän seurauksena varsinaiset uudistamismenetelmät tai taimikonhoito eivät ole tarpeellisia. (Äijälä ym. 2019, 36)

Metsähallitus käyttää eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatuksen menetelmiä esimerkiksi retkeilyalueilla ja muissa erityiskohteissa. Menetelmää voidaan käyttää myös tavallisissa monikäyttömetsissä, jos se on metsänhoidollisesti kannattavaa ja perusteltua. Eri-ikäiskasvatukselle voi olla perusteita monimuotoisuutta edistävissä kohteissa ja esimerkiksi Metsähallituksen riistanhoidollisilla kohteilla. (Metsähallitus 2023c).

Pienalakasvatus on yksi kasvatushakkuutoimenpide. Tällöin tehdään käsittely-alueelle aukkoja, jotka saavat olla maksimissaan 0,3 hehtaaria. Menetelmä mahdollistaa tasaikäisrakenteisen metsän kehittymisen eri-ikäisrakenteiseksi. (Metsähallitus 2023a, 76.) Pienalakasvatusta suositellaan käytettäväksi vain varttuneeseen kasvatusmetsään. Pienaukkojen toteutuksessa on otettava huomioon, ettei lopputuloksena synny aluetta, jossa on vain varttuneiden puiden muodostamia kaistaleita. Jotta pienaloihin syntyvällä alikasvoksella olisi paremmat edellytykset menestyä, on suositeltavaa harventaa aukkojen ympärismetsät. Tämä vähentää ympäröivän puuston aiheuttamaa juuristokilpailua sekä lisää valon määrää aukoilla, joka edesauttaa valopuulajien, kuten männyn ja koivun taimiensiyntä. (Äijälä 2019 sivu. 153.)

Pienalakasvatus metsään voidaan tehdä erikokoisia ja eri muotoisia aukko, joilla saavutetaan sama puuston tiheys käsiteltävälle alueelle. Aukkojen koossa on otettava huomioon, että kivennäismailla läpimitaltaan alle 20 metrin aukot taimettuvat huonosti. Aukon muoto vaikuttaa taimettumiseen. Pitkissä ja kapeissa aukkoissa juuristokilpailu pääsee vaikuttamaan koko käsiteltävään alueeseen huonontaan siten taimien kasvua. Seuraavassa kuviossa 2 on havainnollistettu pienaukkohakkuun toimenpideketjua. Kuviossa tummanpunaisella pohjalla on ensimmäisen vaiheen pienaukot, joita on laajennettu toisessa vaiheessa (vaaleanpunainen pohja) ja tehty lisää pienaukkoja (oranssipohja). Ensin tehdyissä pienaukoissa on jo vakiintunut taimikko. (Äijälä ym. 2019, 155.)



Kuvio 2. Pienalakasvatuksen toimenpideketjun ensimmäinen ja toinen hakkuu (Äijälä ym. 2019, 155).

Taimettumisen edistämiseksi pienaukkoon voidaan tehdä maanmuokkaus, joka edesauttaa taimettumista merkittävästi. Jo 15-20 prosenttia kivennäismaan paljastaminen auttaa taimettumista ja parantaa tasaisen taimikon syntyä. (Hallikainen, Hökkä, Hyppönen, Rautio & Valkonen 2020, 16.) Vakiintunut taimikko syntyy yleensä kymmenessä vuodessa, jonka jälkeen pienaukkoja voidaan laajentaa, jotta taimet saavat lisää kasvutilaa. (Äijälä ym. 2019, 151.)

2.3 Monikäyttömetsät

Suomen metsistä valtio omistaa noin kolmanneksen. Valtion omistamat metsät kasvavat enemmän kuin niitä käytetään. Metsät tarjoavat metsänomistajille monia erilaisia mahdollisuuksia. Valtion omistamista Metsähallituksen metsistä yli puolet ovat niin kutsuttuja monikäyttömetsiä, joissa huomioidaan monikäytön tarpeet aluekohtaisesti. (Kuvio 3.) Esimerkiksi retkeilyalueilla metsätaloutta harjoittaessa huomioidaan virkistyskäytön tarpeet. (Metsähallitus 2021).

Metsähallituksen maat Lapissa

- Monikäyttömetsätaloutta (metsätalouden hallinnassa) 1,7 milj. ha
- Soita, lakimetsiä yms (metsätalouden hallinnassa) 1,0 milj. ha
- Suojelualueita, erämaita ja muita alueita (luontopalvelujen hallinnassa) 3,3 milj. ha
- Yhteensä maa-alueita 6 milj. ha



Kuvio 3. Metsähallituksen maat Lapissa. (Lähde: Korhonen K-M, 2016)

Metsähallitus toteuttaa metsänhoitoa 1,7 miljoonalla hehtaarilla. Tehtävänä on toteuttaa monikäyttömetsien suunnittelua ja maankäyttöasioiden hoitoa. Metsien käsittely, kuten uudistamismenetelmät, valitaan kasvupaikan mukaan. Hakkuuta-pojen valikoima on nykyään laaja. (Metsähallitus 2023f. 130)

Metsähallituksen monikäyttömetsissä tavoitteena on kestävä metsätalous. Hakkuuta-poja on monia, joista valitaan aina kulloisellekin kasvupaikalle sopiva. Me-netelmän valinnassa otetaan aina huomioon puunkorjuun ja uudistamistöiden vaikutukset luontoon, ilmastoon ja alueen muihin käyttäjiin. Metsähallituksen ret-keily- ja virkistysalueet sekä matkailukeskusten lähialueet lasketaan metsätalou-den erityisalueiksi. Näiden alueiden metsänkätystä ohjaa yleensä muut kuin puuntuotannolliset päämäärät. Erityisalueiden maankäytössä huomioidaan muun muassa virkistyskäyttö ja maisemalliset arvot. (Metsähallitus 2023b.)

Metsänkäsittelyn vaikutusta vetovoimaan on tutkittu useammassa tutkimuk- sessa, kuten vuonna 2021 julkaistussa Antje Moraalin pro gradussa Metsänkäsittelyn vaikutus metsänvetovoimaan virkistyskäytössä. Tutkimuksen tuloksen mukaan kansalaisuus ei vaikuta metsänkäsittelyn vaikutuksesta kokemukseen vaan vaikuttavin tekijä on suhtautuminen ylipäättään metsätalouteen. Positiivisim-

min suhtautuivat ihmiset, jotka muutenkin suhtautuivat myönteisesti metsätalouteen. (Moraal 2021, 23.) Tehtyjen selvitysten mukaan myös puulaji ja metsän ikä vaikuttaa ihmisten suhtautumisessa metsää kohtaan. Puulajisekoitus lisää metsikön maisema-arvoa ja varttuneita metsiä arvostetaan enemmän kuin nuorempia metsiä. (Metsähallitus 2023a, 66.)

2.4 Simulointi ja metsävaratieto

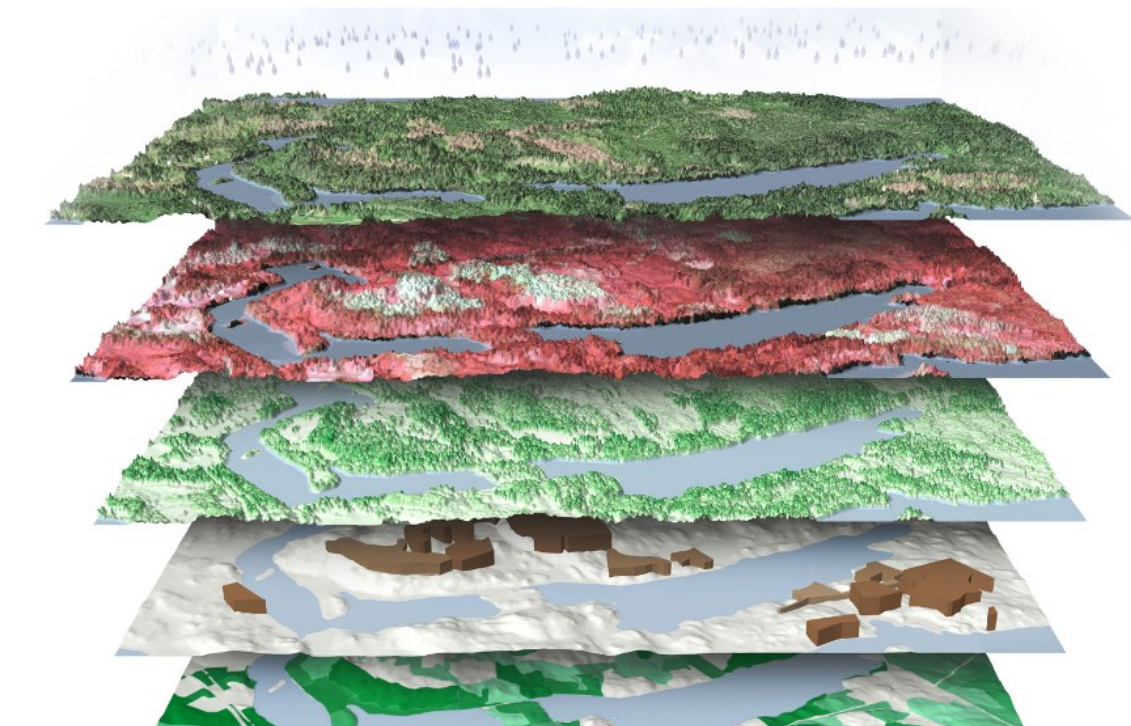
Metsätaloudessa suunnittelu pohjautuu monipuoliseen tietoon luonnonvaroista. Paikkatieto-ohjelmistot ja metsätalouden ohjausjärjestelmät mahdollistavat, että tiedot hyödynnetään tehokkaasti. Puustotietoa kerätään muun muassa laserkeilaukseen pohjautuvilla menetelmillä. Suunnittelussa hyödynnetään latvusmalleja, ilmakuvia ja lukuisia muita aineistoja. Kuitenkin jokaisen kohteen suunnittelun viimeistelee lopulta metsäasiantuntija maastotyönä. (Metsähallitus 2023d.)

Metsäsuunnittelun pohjana on laadukas metsävaratieto. Suomen metsistä on kerätty 2010-luvun alkupuolelta lähtien aineisto laserkeilaamalla, joka on yleisin menetelmä kaukokartoitusaineistojen keräämiseen. Kaukokartoitusmenetelmien kehitys on vähentänyt kallista maastotyöskentelyä, mutta ei ole kuitenkaan poistanut sitä kokonaan. Kuviossa 4 metsävaratiedon kuvaus keräämisen prosessista. Maastosuunnittelu on edelleen tärkeä menetelmä metsävaratietojen päivittämisessä sekä kaukokartoitusaineiston tarkentamisessa. (Niemi, Mäkinen, Viitala & Lumperoinen 2020, 12.)



Kuvio 4. Metsävaratiedon keräämismenetelmät. (UPM 2018, 18-19)

Metsähallituksella on käytössään laaja aineisto eri lähteistä koostetusta metsävaratiedosta. Aineisto koostuu laserkeilaukseen perustuvasta puuston ja maaston digitaalisesta mallista, ilmakuvista sekä maastoinventoinnilla kerätystä tiedosta (Metsähallitus 2023d). Uusimpana menetelmänä metsävaratiedon hyödyntämisessä Metsähallitus on ottanut tekoälyn avuksi tuottamaan puutavaralajien nusteet, joita hyödynnetään monikäyttömetsien toimenpidesuunnittelussa. Tekoäly koostaa yli 150 mallista ennusteen, jota Metsähallituksen suunnittelija voi hyödyntää leimikonsuunnittelussa ja puutavarakertymien laskennassa (Kuvio 5). Tarkempi ennuste auttaa tehostamaan koko puunhankinnan prosessia. (Hiltunen 2020. 30)



Kuvio 5. Tekoälyn yhdistämät tasot. (Hiltunen 2020, 31)

Nykyaikainen metsävaratiedon monipuolinen hyödyntäminen vapauttaa tulevaisuudessa metsäasiantuntijan aikaa esimerkiksi luontokohteiden inventointiin. Tekoäly luo mahdollisuuksia myös metsänhoitotoimenpiteiden suunnittelussa, jota Metsähallitus on tutkinut. (Metsähallitus 2023g)

2.5 Toimenpiteiden simulointi ja mallinnus

Nykyaikaisen metsäsuunnittelun tukena käytetään toimenpidevaihtoehtojen simulointia. Metsäsuunnittelujärjestelmien simulaattorit ovat tietokoneellistettuja malleja, joilla ennustetaan metsän kasvua sekä toimenpiteiden vaikutusta metsään. Simulaattorit käyttävät mallinnukseen lukuisia eri kasvumalleja ja niillä voidaan simuloida toimenpiteitä eri aikajaksoille. Metsäsimulaattorilla voidaan ennustaa puuston kasvua inventointihetkestä nykyaikaan ja tätä tietoa voidaan hyödyntää arvioitaessa metsätalouden tuloja ja menoja. Yleensä simulaattorit sisältävät myös eri toimenpidemalleja, joilla voidaan ennustaa esimerkiksi päätehakkuun hakkuukertymä. (Niemi ym. 2020, 43–46.)

Metsävara- ja paikkatietoaineistoa voidaan käyttää havainnollistamaan metsänhoidon toimenpiteitä virtuaalisesti. Mallintamalla maaston muodot sekä puuston

ominaisuudet voidaan luoda todellisuutta jäljittelevä virtuaalimaailma, jolla voidaan visualisoida toimenpiteiden vaikutus maisemaan ja ympäristöön (Korhonen 2021, 11-14). Virtuaalimallinnuksen käyttö metsäalalla on ollut vielä vähäistä, mutta esimerkiksi Metsähallitus on pilotoinut Lapin AMK:n kehittämän Virtuaalimetsä-sovelluksen käyttöä metsäsuunnittelun tukena Kylmäluoman retkeilyalueella. (Metsähallitus 2023a.)

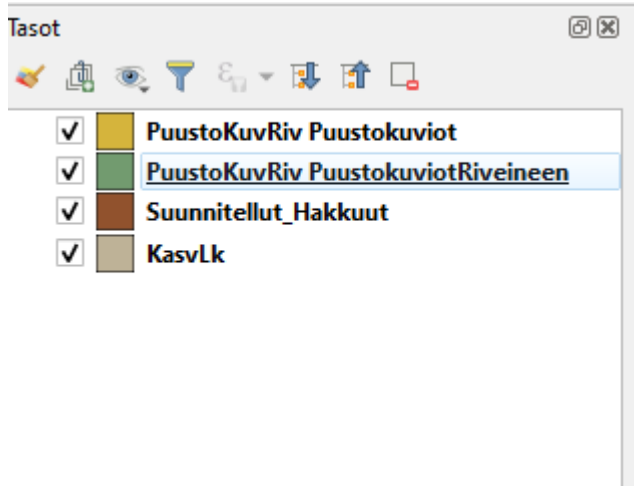
3 TYÖN TOTEUTUS

Metsähallituksen kokemukset hakkuutoimenpiteiden virtuaalisesta mallintamisesta ja Virtuaalimetsän aiemmat pilottikoheet ovat osoittaneet visualisoinnin mahdollisuudet sidosryhmätilaisuuksissa. Tässä opinnäytteessä havainnollistamisen lisäksi käytetään virtuaalimallinnusta pienalakasvatuksen toisen vaiheen toimenpiteiden suunnittelun apuna. Metsähallitus on toteuttanut pienalakasvatushakkuita vuodesta 2014 lähtien, mutta seuraavasta vaiheesta ei ole vielä kokemusta. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tutkia Virtuaalimetsän sopivuutta toisen vaiheen hakkuiden suunnittelussa.

3.1 Aineisto ja sen käsittely

Opinnäytetyössä käsiteltävä aineisto koostuu Metsähallituksen sekä maanmittauslaitoksen paikkatietoaineistoista. Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tietopalvelusta on ladattu kohteen maastokarttarasteri, korkeusmallit, maastotietokanta sekä ilmakuva. Metsähallituksen omasta paikkatietoaineistosta on koostettu tasot, jotka sisältävät kasvillisuusluokat, puusto- ja kuviotiedot sekä toteutetut hakkuut. Näiden aineistojen pohjalta Virtuaalimetsä luo käsiteltävän alueen. Aineiston haku on selitetty Virtuaalimetsä ohjeessa (Liite 1).

Opinnäytetyössä tarvittava tausta-aineisto irroitettiin Metsähallituksen paikkatietojärjestelmä Silviasta ja sitä muokattiin ArcGis-ohjelmistolla Virtuaalimetsä-sovelluksen vaatimaksi shapefile-tiedostoksi sekä GeoPackage-tiedostoksi. Shapefile-tiedostot sisältävät vektorimuotoista dataa, kuten teiden ja jokien geometriatiedot. GeoPackage-tiedostot voivat sisältää useampaa eri aineistoa, kuten kohteiden paikkatiedon sekä ominaisuustiedot. Tiedostojen nimeäminen pitää tehdä oikealla tavalla, jotta Virtuaalimetsä osaa yhdistää ne oikein luodessaan uuden visualisoitavan alueen. Alla oikein nimetyt tiedostot. (Kuvio 6). Tiedostojen nimeämisen voi tehdä QGIS tai ArcGis -ohjelmalla.



Kuvio 6. Tasojen nimet

Virtuaalimetsän kannalta tiedostojen oikein nimeäminen on erittäin tärkeää. Jos nimet ovat väärin, ei visualisointi onnistu. Toinen tarkistettava asia on tasojen ominaisuustietojen nimeäminen. Tasot ovat metsän puusto, kasvatuspaikka ja hakkuu. Näille tasoille on määritetty tietyt ominaisuustiedot, jotka se poimii muodostaessaan uutta aluetta. Alla lista tarkistettavista ominaisuustiedoista. Tarvittaessa uudelleen nimeäminen onnistuu ArcGis-ohjelmalla.

Puuston liittyvät ominaisuustiedot olivat seuraavat:

"id": "OBJECTID"

"standid": "OBJECTID_12"

"stemcount": "RUNKOLUKU_1"

"basal_area": "PPA_1"

"mean_diameter": "LAPIMITTA"

"treespecies": "PUULAJI"

"storey": "JAKSO"

"age": "IKA_1"

"meanheight": "KESKIPITUUS"

"saw_log_volume": "TUKKITIL_1"

"pulp_wood_volume": "KUITUTIL_1"

"volume_growth": "TILAVUUSKASVU"

"change_time": "GEO_AIKA",

"stand_basic_data_date": "INVENTOI_1"

"stand_area": "Shape_Area"

"main_tree_species": "PAAPUULAJI"

Kasvupaikkatietoihin liittyvät ominaistiedot olivat seuraavat:

"sub_group": "SUORYHMA"

"main_group": "PAARYHMA"

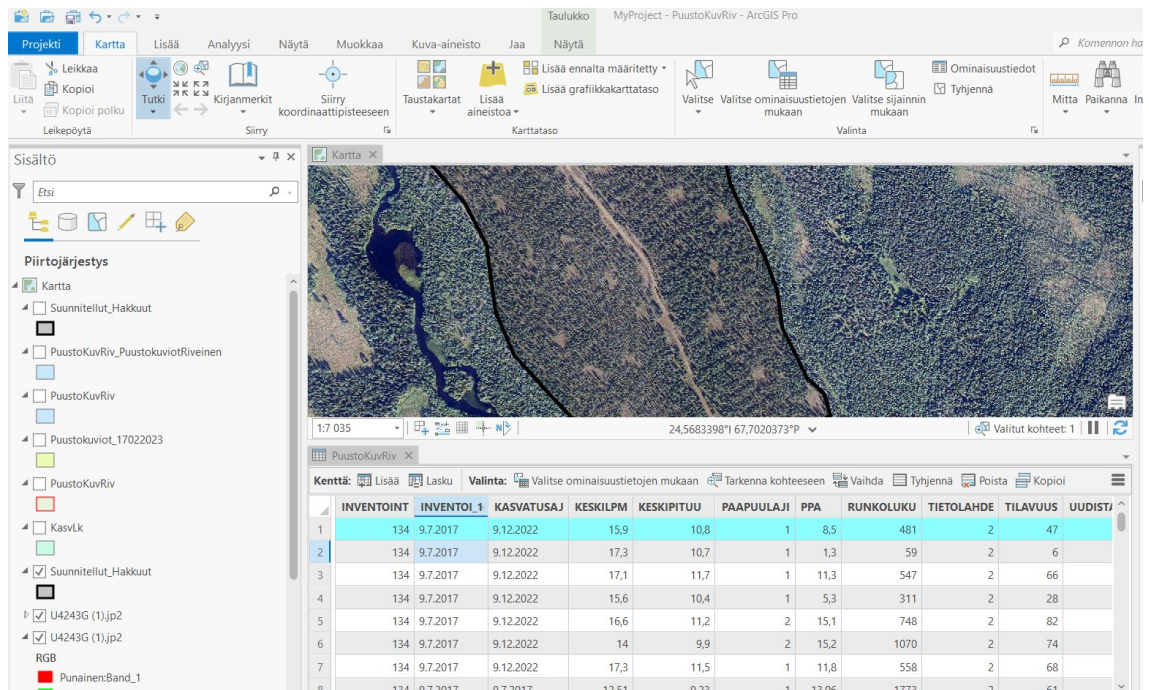
"fertility_class": "KASVILLISU"

Toimenpiteisiin liittyvät ominaisuustiedot olivat seuraavat:

"method": "TOIMENPIDE"

"timing": "TOT_VUOSI"

Yllä lueteltujen sarakkeiden mukaan Virtuaalimetsä mallintaa visualisoitavan alueen. Jos kaikkia sarakkeita ei löydy ominaisuustietotaulukosta, on ne lisättävä sinne. Sarakkeen puuttuminen aiheuttaa alueen luonnissa virheen, eikä se muodostu oikein. Alla on kuvio ArcGis Pro näkymästä, jossa tarkastellaan ominaisuustietosarakkeita (Kuvio 7).



	INVENTOINTI	INVENTOINTI_1	KASVATUSAJ	KESKILPM	KESKIPITUU	PAAPUULAJI	PPA	RUNKOLUKU	TIETOLAHDE	TILAVUUS	UUDISTUS
1	134	9.7.2017	9.12.2022	15,9	10,8	1	8,5	481	2	47	
2	134	9.7.2017	9.12.2022	17,3	10,7	1	1,3	59	2	6	
3	134	9.7.2017	9.12.2022	17,1	11,7	1	11,3	547	2	66	
4	134	9.7.2017	9.12.2022	15,6	10,4	1	5,3	311	2	28	
5	134	9.7.2017	9.12.2022	16,6	11,2	2	15,1	748	2	82	
6	134	9.7.2017	9.12.2022	14	9,9	2	15,2	1070	2	74	
7	134	9.7.2017	9.12.2022	17,3	11,5	1	11,8	558	2	68	
8	134	9.7.2017	9.7.2017	12,51	9,23	1	13,06	1773	2	61	

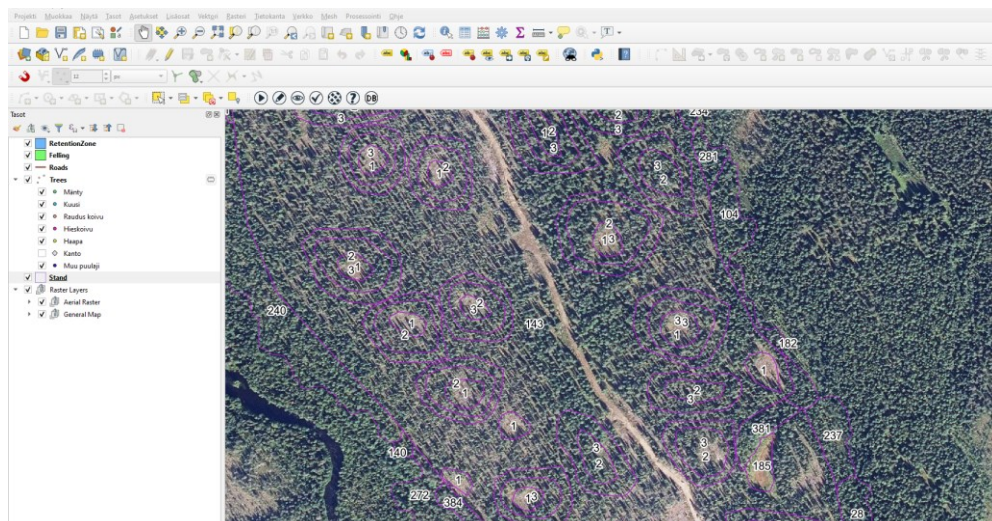
Kuvio 7. Muokattavat ominaisuustietosarakkeet.

Ominaisuustietotaulukossa on useita eri sarakkeita, mutta vain aikaisemmin mainituilla tiedoilla on merkitystä uuden alueen luonnissa. Kun kaikki tarvittavat sarakkeet on nimetty oikein, tiedostot voi tallentaa aikaisemmin korjatuilla nimillä. Tämän jälkeen uusi visualisoitava alue voidaan luoda Virtuaalimetsällä.

3.2 Toimenpiteiden simulointi

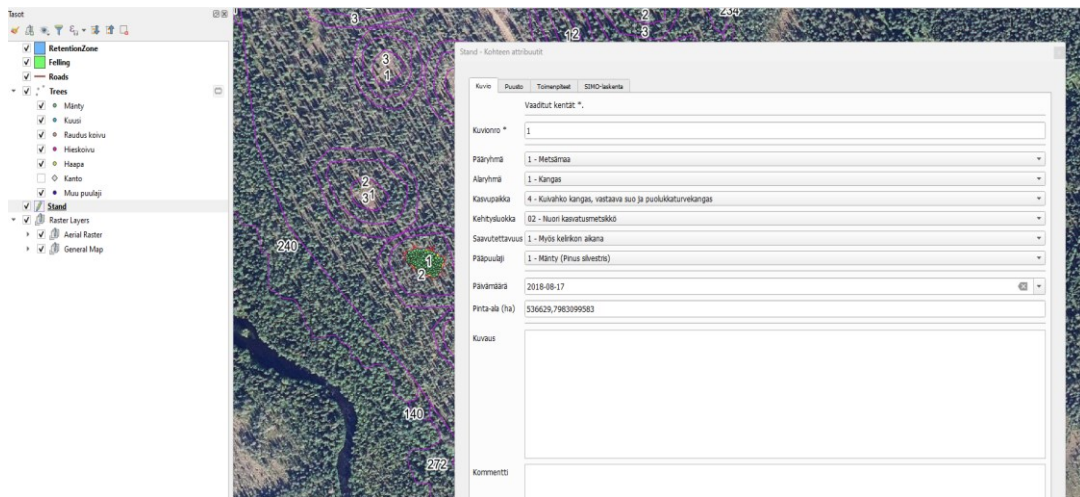
Ensimmäisessä vaihtoehdossa pienaukot sijoitettiin ilmakuvan mukaisesti niille paikoilleen kuin ne on hakattu vuonna 2018. Seuraavassa hakkuuvaiheessa kuvioita laajennetaan, kun ympärillä olevan metsän pohjapinta-ala täyttää metsänhoitosuosituksen mukaisen hakkuukypsyuden. Hakkuun ajankohtaa voidaan myös käyttää pienaukon taimikon vakiintumisen ajankohtaa. Liian pitkään viivästynyt seuraavan vaiheen toimenpide aiheuttaa taimikolle kasvatappioita, joten sitä tulee välttää. Pienaukkojen ympärillä oleva metsää ei kannata harventaa liian voimakkaasti, jotta seuraava hakkuu on mahdollista toteuttaa mahdollisimman pian taimikon vakiinnuttua.

Hakkuu toteutettiin pienalakasvatusmenetelmällä, jolloin koko käsittelyalueen pohjapinta-alasta poistettiin 30 prosenttia laajentamalla olemassa olevia pienaukoja sekä tekemällä uusia. Pienaukkojen ympärykset harvennettiin, jotta taimetuminen onnistuisi paremmin vähäisemmän juuristokilpailun takia. Seuraavassa olevassa kuviossa on visualisoinnin lähtötilanne ja virtuaalinäkymää lähimmille pienaukoille (Kuvio 8).



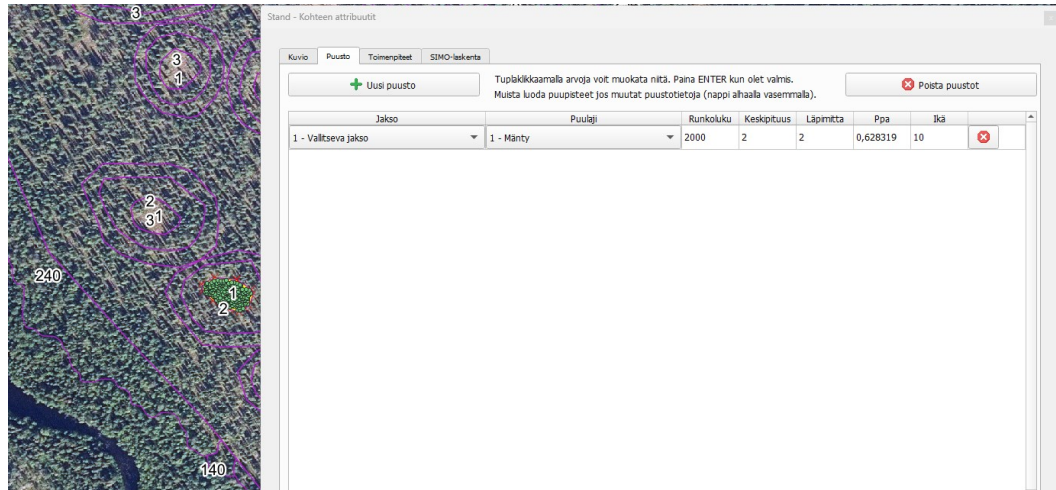
Kuvio 8. Ensimmäisen vaiheen pienaukot.

Käsiteltävän kohteen pienaukot digitoitiin ilmakuvan perusteella yksitellen omiksi kuvioiksi. Jotta visualisointi sekä puuston kasvattaminen Virtuaalimetsän avulla onnistuu, pitää myös pienaukon ympärille tehtävä harvennus sekä seuraavaan vaiheen toimenpiteet digitoida kartalle. Jokainen kuvio sisältää metsävaratiedot sekä toimenpiteiden suunnitelmat. (Kuvio 8). Kaikille vaiheille täytetään omat puusto- sekä hakkuutiedot. Metsähallituksen aineistosta saatu puustotieto latautuu automaattisesti pääkuviolle, mutta tuleville hakkuille puustotiedot täytyy syöttää manuaalisesti.



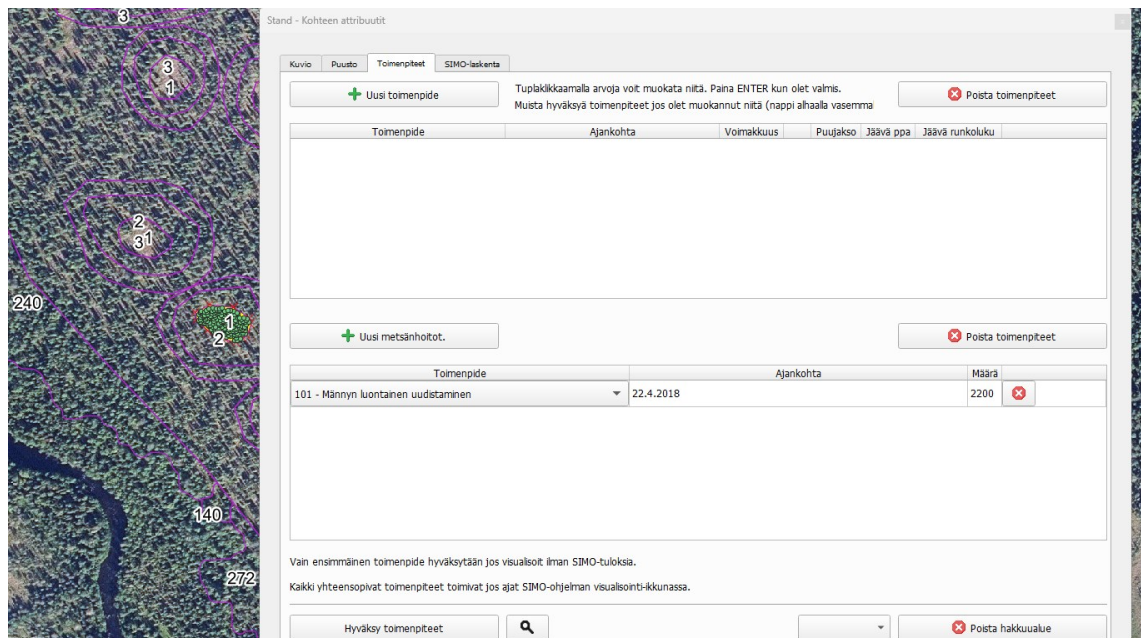
Kuvio 9. Virtuaalimetsän toimenpideikkuna

Kuviotietojen syöttämisen jälkeen puusto välilehdellä luodaan puupisteet, jotka näkyvät seuraavassa kuviossa vihreinä palloina (Kuvio 10). Puupisteiden perusteella Virtuaalimetsä luo simuloitavan mallin, jossa puustopiste kertoo puulajin, iän, mitat sekä sijainnin. Puustotiedot voidaan syöttää manuaalisesti tai uutta aluetta luotaessa syötetty puustokuviotieto voi sisältää tarvittavat tiedot.



Kuvio 10. Puustopisteet kartalla

Puustotietojen syöttämisen jälkeen tehdään kuviolle suunnitellut hakkuut sekä metsänhoitotyöt toimenpiteet välilehdellä. Toimenpiteisiin voidaan syöttää useammalle vuodelle toimenpiteitä, jotka näkyvät simuloinneissa. Myös metsänhoitotyöt lisätään, josta esimerkkinä tietojen syöttäminen seuraavassa kuviossa männyn luontaisesta uudistamisesta. (Kuvio 11).



Kuvio 11. Metsänhoitotoimenpiteet

Toimenpiteiden ja puustotietojen täyttämisen jälkeen tehdään SIMO-laskenta, joka laskee hakkuiden vaikutuksen kuviolle simuloinnin aineistoksi. Laskenta ot-

taa huomioon myös kuvion metsänhoitotyöt ja kasvattaa laskennallisesti puustotietoja visualisoitavalle vuodelle. Jokaiselle valitulle kuviolle on tärkeää täyttää oikeat tiedot toteutusvuosi mukaan lukien. Alla olevalla kuviolla oikeassa laidassa näkyy valitut kuviot sekä toimenpiteet, jotka Virtuaalimetsä visualisoi. (Kuvio 12). Keltaisella näkyvät kuviot, joilla on kaikki tarvittavat toimenpiteet sekä puustotiedot mallinnusta varten.



Kuvio 12. Visualisoitavat toimenpiteet

Ennen 3D-visualisointia tehdään SIMO-laskenta kaikille toimenpiteille, jos sitä ei ole aikaisemmin tehty kuvion muokkausikkunassa. Laskennan jälkeen käynnistetään visualisointi, jonka latauksen kesto riippuu tietokoneen tehosta sekä visualisoitavan aineiston määrästä. Latauksen valmistuttua Virtuaalimetsä aukeaa ja pienalakasvatuksen vaikutuksia esimerkiksi maisemaan voidaan vertailla liikkumalla alueella.

4 TULOKSET

4.1 Visualisointi

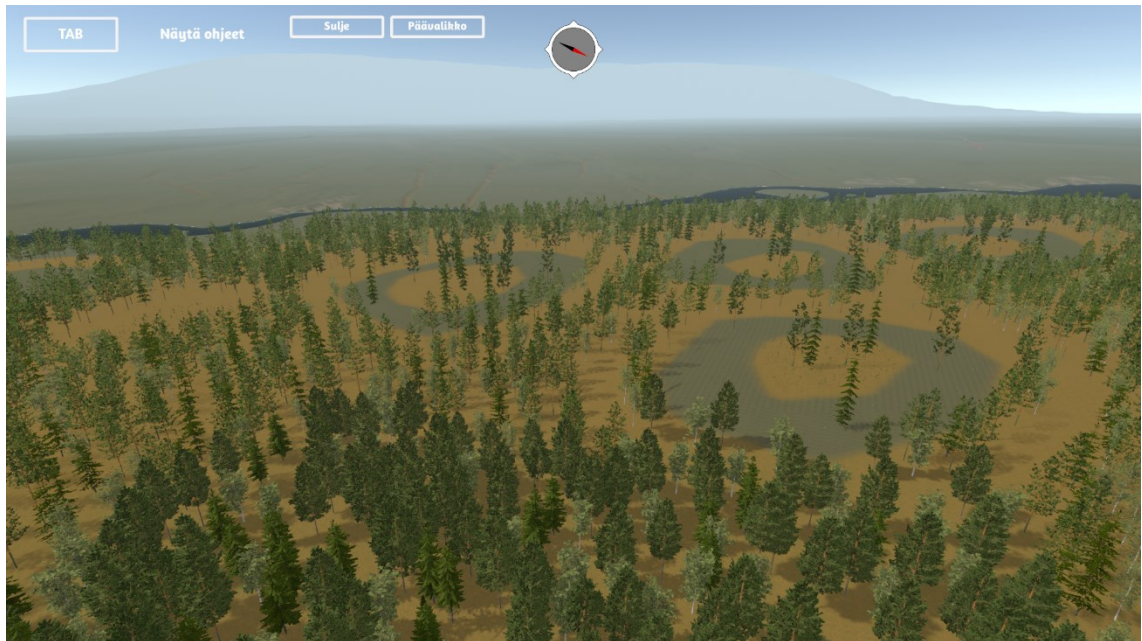
Ensimmäisenä visualisointi on tehty alkutilanteesta. Vuonna 2018 tehdyt pienaukot ja niihin kehittynyt taimikko näkyy alla olevassa kuviossa (Kuvio 13). Pienaukkojen ympärille on tehty myös harvennus taimettumisen parantamiseksi. Taimien kasvu on laskennallisesti vuodesta 2018 ja taimet näkyvätkin selvästi kuviolla.



Kuvio 13. Ensimmäinen vaihe visualisoituna

Ensimmäisen vaiheen perusteella visualisointi osoittaa pienalakasvatuksen käytettävyyden maisemallisesti herkillä kohteilla. Kuvion alareunassa olevat hakkuut sulautuvat erittäin hyvin maisemaan. Ainoastaan kaukaisemmat pienaukot, joissa ei ole vielä taimikkoa erottuvat maisemasta.

Seuraavan vaiheen visualisointi on toteutettu, kun laskennallisesti kasvatettu taimikko on vakiintunut. Alla oleva kuvio on visualisoitu vuodelle 2028.(Kuvio 14) Tässä vaiheessa ensimmäistä aukkoa laajennetaan ja sen ympäriltä harvennetaan puustoa, jotta juuristokilpailu vähenee.



Kuvio 14. Toinen vaihe visualisoituna

Pienalakasvatuksen vaiheisiin kuuluu aikaisempien aukkojen laajentaminen sekä uusien pienaukkojen tekeminen käsiteltävälle alueelle. Virtuaalimetsällä toteutettu toisen vaiheen hakkuu osoittaa muutoksen maisemassa verrattuna ensimmäiseen pienaukkohakkuuseen. Kuitenkin maisemavaikutus jää vähäisemmäksi mitä voimakkaammat hakkuut. Simuloin vielä viimeisen vaiheen vuodelle 2048 joka on viimeinen mahdollinen vuosi (Kuvio 15).



Kuvio 15. Pienalakasvatuskuviot vuonna 2048

Tässä vaiheessa ensimmäinen kuvio eli keskimäinen ympyrä on varttunut jo taimikoksi ja ympärille tehdyt seuraavatkin pienaukot ovat jo taimettuneet. Kolmas ympyrä yllä olevassa kuviossa on vuonna 2048 tehty seuraava pienalahakkuu. Virtuaalimallinnus havainnollistaa maisemavaikutuksen, joka on hyvin vähäistä pienalakasvatuksessa. Ympärysmetsien maltillinen harventaminen on avainasemassa maisemavaikutuksen minimoimisessa. Peitteisyyden vertailuksi visualisoitiin vielä siemenpuuhakkuu (Kuvio 16). Hakkuulla jätetään 50–150 Kpl/ha siemenpuita, jotka poistetaan kun taimikko on vakiintunut.



Kuvio 16. Siemenpuuhakkuu visualisoituna

Siemenpuuhakuuta ei yleisesti lasketa peitteisen metsänkäsittelyn vaihtoehtoihin, mutta sitä haluttiin kuitenkin käyttää verrokkina maisemavaikutuksen visualisoinnissa. Kuten yllä olevasta kuvioista 16 selviää, on maisemavaikutus merkittävä pienalakasvatukseen verrattuna.

4.2 Kannattavuus

Kannattavuusvertailu tehtiin pienalakasvatuksen sekä siemenpuuhakkuun välillä vaikka Metsähallituksen pienalakasvatus kohteilla yleensä maisemalliset arvot

vaikuttavat enemmän hakkuutavan valintaan kuin taloudelliset. Vertailu toteutettiin ETapio-ohjelmalla, jossa lähtöpuustona käytettiin Metsähallituksen aineistosta saatua puustotietoa. Kannattavuus vertailu osoittautui hyvin epävarmaksi toteuttaa, koska mikään tällä hetkellä käytössä olevista ohjelmista ei mallinna pienalakasvatuksen hakkuita tavalla, jota opinnäytetyössä käytettiin. Vaikka käytännön metsätaloudessa on yleisesti käytössä malli, jossa pienaukkojen ympäryys harvennetaan, ei sitä oteta huomioon simulointiohjelmissa.

ETapio-ohjelmalla tehty vertailu osoittaa siemenpuuhakkuun toteutusvuodelle 2028 suuren 151.539 euron kassavirran 5008 kuution kertymällä. Lisäksi ylispuiden poisto vuonna 2038 tuottaa vielä 28 074 euroa. Ensimmäinen pienalahakkuu kerta vuonna 2028 tuottaisi 1663 kuution kertymällä kassavirtaa 30 991 euroa. Seuraava pienalahakkuu vuonna 2048 tuottaa 73 457 euroa. Luvut eivät ole vertailukelpoisia, mutta osoittavat pienalakasvatuksen tulojen jakautumisen useammalle vuodelle. Vertailu olisi ollut tarkempi, jos pienalakasvatuksen puustotietoja olisi saanut Virtuaalimetsällä tehdyistä simuloinneista. Koska ohjelmaa ei ole tehty sitä käyttöä varten, simuloitujen puustotietojen saaminen vertailuun osoittautui mahdottomaksi.

4.3 Johtopäätökset

Virtuaalimetsän käyttäminen suunnittelun apuvälineenä vaatii vielä kehittämistä. Pienalakasvatuksen toimenpide voidaan visualisoida, mutta pienaukon ympärille tehtävä harvennus tuottaa jo vaikeuksia. Harvennuksen tekeminen ohjelmalla on monimutkainen toimenpide ja vaatisi kokonaan uuden työkalun luomisen. Metsänhoitotoimenpiteiden visualisointi on kuitenkin tulevaisuudessa todennäköisesti enemmän käytössä, etenkin maisemallisesti arvokkailla kohteilla ja Metsähallituksen sidosryhmätilaisuuksissa. Pienalakasvatuksen suunnittelutehtäviin Virtuaalimetsä on vielä liian monimutkainen, mutta varmasti lisäkehittämisen arvoinen.

Metsähallituksen aineiston työstäminen alkoi sujua, kun löysin oikean järjestyksen eri vaiheiden toteuttamiseen. Tarkoituksena oli visualisoida koko Sotkasjyrhämäpalon alue, jonne oli vuonna 2018 tehty useita pienalahakkuita. Koko alue

oli kooltaan noin 100 hehtaaria, mutta sitä ei voinut visualisoida Virtuaalimetsällä alueen muodon takia. Tämä ei kuitenkaan ollut rajoittava tekijä visualisointien osalta.

Toteutuksen isoin rajoite oli Virtuaalimetsän toimimattomuus siinä vaiheessa, kun olisi pitänyt visualisoida ensimmäisen pienaukon ympärille harvennus sekä laajentaa ensimmäisen vaiheen toimenpiteitä, kun taimikko on vakiintunut tai ympärysmetsän pohjanpinta-ala täyttää harvennusmallien rajan. Kyseinen vaihe osoittautui niin työlääksi ja haasteelliseksi, minkä takia luovuttiin digitoimasta ilmakuviosta kaikkia kohdealueella olleita pienaukkoja ja tekemästä sen jälkeen tulevaisuuden toimenpiteitä pienaukoille. Jos kuvioiden digitointi sekä toimenpidetietojen syöttäminen olisi ollut toimivampaa, maisemavaikutuksen vertailusta olisi saatu kattavammat tulokset sekä suunnittelijoille tarkoitettua ohjeistusta olisi pysynyt kehittämään paremmin.

Päädyin digitoimaan neljä pienaukkoa ja tekemään niihin tulevaisuuteen sijoittuvat toimenpiteet. Tämäkin osoittautui erittäin haastavaksi, koska toiselle pienaukolla onnistuin visualisoimaan suunnitellut toimenpiteet, mutta osalle en onnistunut. Virtuaalimetsän käytettävyys tällaisessa käytössä on vielä erittäin haastavaa, mutta sitä ei olekaan suunniteltu tällaiseen toimintaan ainakaan vielä.

Vaikka Virtuaalimetsän käytettävyys ei ollut parhaimmillaan tässä opinnäytetyössä, saatiin sillä visualisoitua pienalakasvatuksen useamman vaiheen toimenpiteet, joita ei aiemmin ole tehty. Tulokset osoittivat pienalakasvatuksen sopivan maisemallisesti herkille kohteille, koska metsä pysyy peitteisenä koko ajan. Pienaukkojen sijoittelulla voidaan myös vaikuttaa maisemaan ja sitä voi mallintaa Virtuaalimetsällä. Visualisoitaville kuvioille jätetyt säästöpuut osoittivat myös niiden vaikutuksen maisemaan.

Opinnäytetyöni tarkoitus oli myös hahmotella ohjeistus Metsähallituksen metsäasiantuntijoiden avuksi pienalakasvatuksen toimenpiteiden suunnitteluun. Tavoite osoittautui erittäin vaikeaksi, enkä täysin onnistunut ohjeistuksen luonnissa. Osittain ongelmaksi osoittautui aikataulu, joka alkoi venyä Virtuaalimetsän ongel-

mien takia, mutta myös hakkuumenetelmän kehittäminen opinnäytetyön puitteissa osoittautui lähes toivottoman isoksi tehtäväksi. Päädyin koostamaan ohjeistuksen Metsähallituksen jo olemassa olevan ohjeen rinnalle. Ohjeistuksessa on havaintoni Virtuaalimetsän toimenpiteiden simuloinnista sekä pienaukkohakkuuta käsittelevistä tutkimuksista poimittuja asioita.

Mielestäni merkittävin asia, joka vaikuttaa pienalakasvatuksen onnistumiseen maiseman ja kannattavuuden näkökulmasta, on alueen harvennus ensimmäisessä pienaukkojen tekemisen vaiheessa. Tämä harvennus pitää olla erittäin tarkasti suunniteltu, jotta tulevat toimenpiteet eivät viivästy siitä syystä, että käsitteilyalueen pohjapinta-ala on hakattu liian alhaiseksi. Tässä tilanteessa seuraavat hakkuut venyvät ja ensimmäisten pienaukkojen taimikot joutuvat kärsimään juuristokilpailusta tavattoman pitkään.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli käyttää Virtuaalimetsä-sovellusta Metsähallituksen pienalakasvatushakkuiden visualisointiin sekä avustamaan pienalakasvatuksen ohjeistuksen luonnissa. Aihe oli erittäin mielenkiintoinen varsinkin, kun olen työskennellyt Metsähallituksen suunnittelijana ja pohtinut eri metsänhoidon toimenpiteiden vaikutusta ympäristöön. Virtuaalimetsän käyttäminen hakkuiden suunnittelussa vaikutti myös erittäin kiinnostavalta ja hyödylliseltä ajatukselta. Sitä Virtuaalimetsän käyttäminen sidosryhmätilaisuuksissa varmasti olisikin, jos toimenpiteet voitaisiin tehdä automatisoidusti.

Pienalakasvatusta oli käytetty useita vuosia Metsähallituksen erityistä huomiota vaativilla kohteilla. Menetelmää on tutkittu Suomessa melko paljon varsinkin Etelä-Suomen kuusikoissa, joissa pienanukkohakkuut ovat osoittautuneet varteen otettavaksi menetelmäksi uudistaa metsää. Lapissa tutkimusten osalta ollaan vielä alussa, mutta 2019 valmistunut Luonnonvarakeskuksen männyn taimettuminen pienalakasvatuskuvioilla Lapissa antaa hyvän lähtökohdan tutkimuksille aiheen ympärillä. Tutkimuksen perusteella pienaukot taimettuvat erittäin hyvin myös Lapin männiköissä. Vielä ei ole tutkittu miten ympärysmetsä vaikuttaa taimettumiseen. Siitä olisi ollut apua tulevien vaiheiden mallintamisessa.

Opinnäytetyössä pienaukkohakkuiden seuraavaa vaihetta on pohdittu pienaukkojen taimettumisen tutkimusten pohjalta. Tämänkin takia ohjeistus jää mielestäni keskeneräiseksi ja vaatii huomattavasti paljon enemmän aikaa ja muita resursseja, jotta sellainen saataisiin tehtyä. Ison haasteen ohjeistuksen ja Virtuaalimetsän hyödyntämiseen pienaukkohakkuiden toisen vaiheen toteutukseen toise, että siitä ei juurikaan ollut kokemusta. Virtuaalimetsän käyttöä ei ollut suunniteltu useamman eri vaiheen visualisointiin, jolloin minulta meni useita kuukausia pelkästään siihen, että sain ohjelman toimimaan edes jollain tasolla. Opinnäytetyöhön päätyneet visualisoinnit täytyi tehdä jokaiselle kuviolle erikseen ja kuvioiden digitointi sekä aineistojen syöttäminen oikeassa järjestyksessä täytyi opetella kokeilemalla eri vaihtoehtoja.

Haasteita oli myös Metsähallituksen aineiston siirrossa Virtuaalimetsään. Vaikka aineistoja oli syötetty sovellukseen ennenkin, eivät ne tällä kertaa suostuneet aukeamaan normaalisti. Tässä kohtaa onneksi sain paljon apua koululta. Aineisto saatiin lopulta siihen muotoon, että Virtuaalimetsä sai luotua uuden alueen Metsähallituksen aineiston pohjalta. Tästä kiitos kuuluu Markus Korhoselle sekä Virtuaalimetsän kehittäjille. Aineiston siirron hankaluus aiheutti aikataulullisia ongelmia, mutta opetti sen, että hankalatkin haasteet ovat selätettävissä. Minun olisi kannattanut pyytää aineistoja jo aiemmin, jotta olisin huomannut Virtuaalimetsän rajoitteet aikaisemmin.

Vaikka en päässyt opinnäytetyössäni täysin tavoitteisiin, opin erittäin paljon paikatietoa aineistojen käsittelystä ja eri ohjelmistojen käytöstä. Osaamiseni pienaukkohakkuiden toteuttamisessa parani merkittävästi ja pystyn hyödyntämään oppimaani tämänhetkisessä työssäni. Opin paremmin resursoimaan tekemistäni sekä hahmottamaan kehitystyön haastavuuden. Tässä työssä törmäämieni ongelmien perusteella tarvitaan myös merkittävästi lisätutkimusta Virtuaalimetsän toimenpiteiden digitoinnin sekä ulkopuolisen aineiston käytettävyyden parantamisessa, jos sitä halutaan monipuolisempaan käyttöön esimerkiksi Metsähallituksen asiantuntijoille. Jotta Virtuaalimetsän käyttö olisi helppoa, pitäisi sen olla integroitavissa esimerkiksi rajapinnan kautta metsäsuunnittelu ohjelmiin, jolloin kaikki tiedot siirtyisivät mutkattomasti visualisoitaviksi eikä manuaalista tietojen syöttämistä enää tarvittaisi.

LÄHTEET

Forest.fi 2019. Metsähallituksella on 12 tapaa hakata metsää- avohakkuu on niistä yksi. Viitattu 27.5.2023 <https://forest.fi/fi/artikkeli/metsahallituksella-on-12-tapaa-hakata-metsaa-avohakkuu-on-niista-yksi/#2c661d38>

Hallikainen, V., Hökkä, H., Hyppönen, M., Rautio, P., Valkonen, S. 2020. Männyyn luontainen uudistuminen pienaukkohakkuun jälkeen Lapissa. Acta Lapponica Fenniae 29:10–22. Viitattu 22.01.2023 <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/546476>

Hiltunen, S. 2020. 30. Tekoälyä hyödynnetään metsänsuunnittelun tukena. Viitattu 27.5.2023. https://www.metsafi-lehti.fi/wp-content/uploads/2020/09/metsafi_2_2020_www.pdf

Karvonen, L. 2019. Peitteinen metsänkasvatus. Viitattu 4.12.2021 http://alueluva.fi/meto-lappi/wp-content/uploads/sites/8/2019/02/26-.Peitteinen-mets%C3%A4nkasvatus-15022019_V1.pdf.

Korhonen, K-M 2016. Maankäytön yhteensovittaminen valtion mailla. Viitattu 4.12.2021 http://alueluva.fi/wp-content/uploads/sites/8/lappi/Mtp2016/Alustukset/29_1030_Korhonen.pdf. (Sivu 5)

Korhonen, M. 2021. 11-14. Metsävara- ja paikkatietoaineistoon perustuva virtuaalimallinnus. Viitattu 27.5.2023. https://issuu.com/lpinamk/docs/b_4_2021_korhonen

Metsähallitus 2021. Monikäyttömetsät ovat uudistuva luonnonvara, josta pidämme huolta. Viitattu 4.12.2021. <https://www.metsa.fi/maat-ja-vedet/monikayttometsat/>.

Metsähallitus 2023a. Toiminnan suunnittelu. Viitattu 24.1.2023 <https://www.metsa.fi/vastuullinen-liiketoiminta/metsatalous/toiminnan-suunnittelu/>

Metsähallitus 2023b. Erytisyalueiden suunnittelu. Viitattu 24.1.2023 <https://www.metsa.fi/vastuullinen-liiketoiminta/metsatalous/toiminnan-suunnittelu/erytisyalueiden-suunnittelu/>

Metsähallitus 2023c. Hakkuutavat. Viitattu 24.1.2023 <https://www.metsa.fi/vastuullinen-liiketoiminta/metsatalous/metsanhoito/hakkuutavat/>

Metsähallitus 2023d. Metsähallituksen ympäristöopas. Viitattu 1.4.2023 https://www.e-julkaisu.fi/metsahallitus/yopas/pdf/MH_ymparistoopas.pdf (Sivunumero)

Metsähallitus 2023e. Metsänhoito-ohje. Sivunumero 5. Viitattu 2.2.2023 https://www.metsa.fi/wp-content/uploads/2023/01/mh-ohje_mtjr20230105.pdf

Metsähallitus 2023f. Lapin-luonnonvarasuunnitelma. Viitattu 27.5.2023
<https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/muut/Lapin-luonnonvarasuunnitelma-2019-2024.pdf> (Sivu 130)

Metsähallitus 2023g. Metsähallitus hyödyntää tekoälyä monikäyttömetsien toimenpidesuunnittelussa. Viitattu 27.5.2023 <https://www.metsa.fi/tiedotteet/metsahallitus-hyodyntaa-tekoalya-monikayttometsien-toimenpidesuunnittelussa/>

Moraal, A. 2021. 23. Metsänkäsittelyn vaikutus metsän vetovoimaan virkistyskäytössä. University of Eastern Finland. Faculty of Science and Forestry, School of Forest Science. Pro gradu. Viitattu 2.2.2022
https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/25251/urn_nbn_fi_uef-20210691.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Niemi, M., Mäkinen, A., Viitala, R. & Lumperoinen, M. 2020. Metsäsuunnittelun laskennan perusteet. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy. Viitattu 21.1.2023
<https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/08/Metsasuunnittelun-laskennan-periaatteet.pdf>.

UPM 2020. 18-19. Metsäinventoinnit ja metsävaratieto. Viitattu 27.5.2023.
https://issuu.com/upmmetsa/docs/metsa_n_henki_4_2018

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja. Viitattu 22.01.2023 https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf.

LIITTEET

Liite 1. Virtuaalimetsä-ohje

Liite 2. Pienalakasvatuksen täydentävä ohje

Liite 3. Pienaukkojen toteutus ohje

Liite 1 1(24)

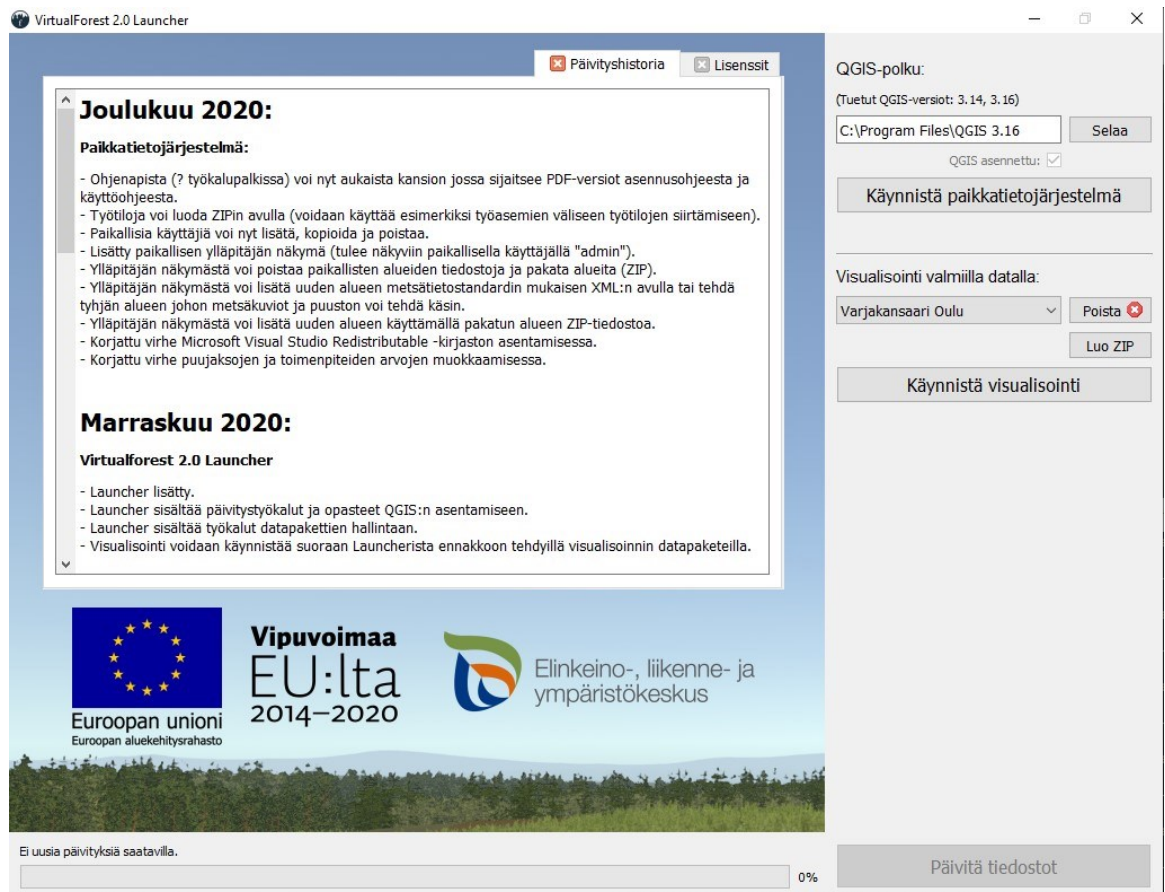
Virtuaalimetsä 2.0

Käyttöohje

Päivitetty 8.1.2021

Virtuaalimetsä 2.0 Launcher

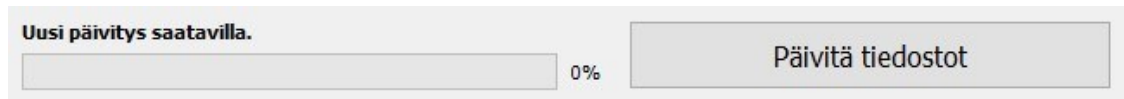
Virtuaalimetsän paikkatietojärjestelmä käynnistetään erillisen ohjelman (Launcher) kautta:



Launcherin kautta voidaan päivittää tiedostoja sekä käynnistää valmiiksi tehtyjä visualisoinnin datapaketteja (kts. kohta "3D-visualisoinnin käynnistäminen ja SIMO-laskenta").

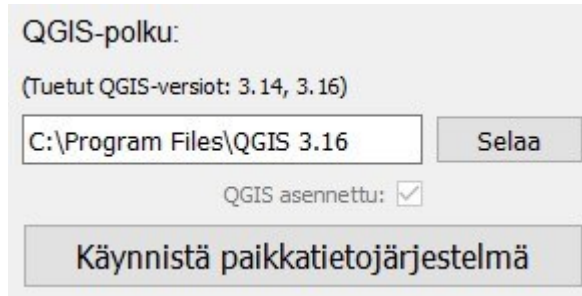
Jos päivityksiä on saatavilla, näet sen alhaalta vasemmalta:

Liite 1 2(24)



Kun olet päivittänyt tiedostot, käynnistä Launcher uudestaan.

Paikkatietojärjestelmän käyttö vaatii soveltuvan QGIS-version asennuksen:



Kun olet asentanut QGIS:n, käynnistä Launcher uudestaan. Jos Launcher ei löydä QGIS-asennusta, voit käyttää "Selaa" -nappia QGIS:n asennuskansion etsimiseen.

Paikkatietojärjestelmän yleiskuvaus

Leimikkosuunnittelu-sovellus on QGIS-paikkatietojärjestelmään asennettu laajennos. Laajennos sisältää alla näkyvän työkalupalkin. Toiminnot on kuvattu tarkemmin omissa osioissaan.



Toiminnot (vasemmalta alkaen):

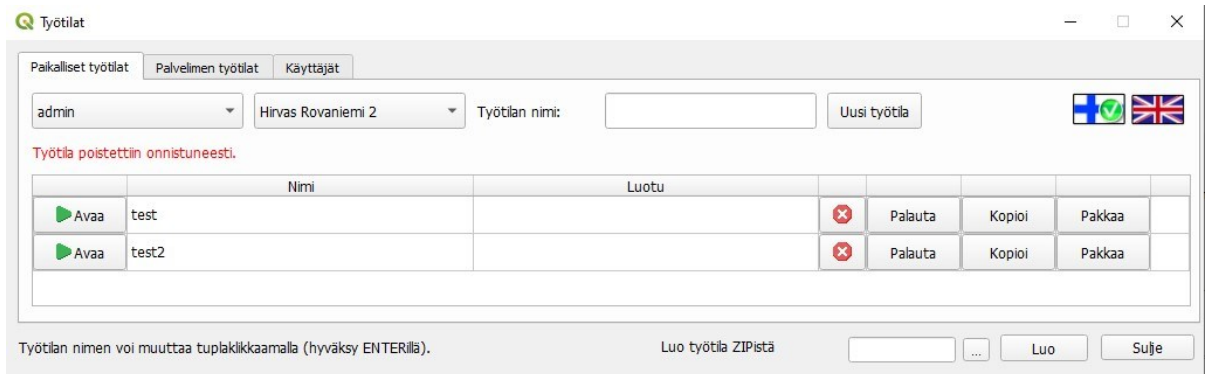
1. Työtilojen ja käyttäjien hallinta
2. Valitun kohteen muokkaaminen
3. 3D-visualisoinnin käynnistäminen ja SIMO-laskenta
4. Geometriavirheiden tarkistus
5. Puupisteiden tarkastelu
6. Tämän ohjeen ja asennusohjeen PDF-versiot
7. Ylläpitäjän näkymä (näkyvissä vain käyttäjälle "admin", kts. kohta "Käyttäjien hallinta")

Työtilojen hallinta

Tämän näkymän avulla hallitaan paikallisesti ja serverille tallennettuja työtiloja sekä paikallisia käyttäjiä.

Liite 1 3(24)

Klikkaa ensimmäistä sivua yläpalkissa ("Paikalliset työtilat"):



Työtilojen valinta:

- Paikalliset työtilat –tabissa on listattu kaikki paikallisesti tallennetut työtilat.
- Palvelimen työtilat –tabin käyttö vaatii oikeidet Virtualforest 2.0 servereille, eikä tätä toiminnallisuutta ole käytössä julkisessa versiossa.
- Paikallinen käyttäjä voidaan valita ensimmäisestä alasvetovalikosta vasemmalta (kuvassa "test") ja haluttu alue seuraavasta alasvetovalikosta (kuvassa "Rauansalo").
- Alasvetovalikoiden alle on listattu kaikki valittuun alueeseen luodut työtilat.

Työtilojen luominen ja muokkaaminen:

- Uusi työtila –napilla voidaan luoda uusi työtila valittuun alueeseen.
- Napilla "Avaa" voidaan aukaista haluttu työtila.
- Napilla "X" voidaan poistaa työtila.
- Nappi "Palauta" palauttaa työtilan alkuperäiseen tilaan missä ei ole ollenkaan käyttäjän tekemiä muutoksia.
- Nappi "Kopioi" kopioi työtilan
- Nappi "Pakkaa" luo ZIP-tiedoston, joka voidaan tuoda paikkatietojärjestelmään myöhemmin tai toisella työasemalla
- Alhaalta oikealta voidaan luoda uusi työtila pakatusta työtilasta (kts. ylempänä)
- Työtila voidaan uudelleennimetä tuplaklikkaamalla nimeä ja painamalla ENTERiä.

Lippu-ikoneilla (oikea yläreuna) voidaan valita sovelluksen kieli.

Käyttäjien hallinta

Klikkaa kolmatta sivua yläpalkissa ("Käyttäjät"):

Liite 1 4(24)

Paikalliset työtilat		Palvelimen työtilat		Käyttäjät	
Käyttäjän nimi:	<input type="text"/>			<input type="button" value="Uusi käyttäjä"/>	
Nimi	Työtilojen lukumäärä				
test	1	Kopioi	<input type="button" value="X"/>		
testaaja	1	Kopioi	<input type="button" value="X"/>		
testaaja2	1	Kopioi	<input type="button" value="X"/>		
vieras	1	Kopioi	<input type="button" value="X"/>		

Toiminnot:

- Käyttäjän nimi voidaan nimetä uudelleen tuplaklikkaamalla nimeä ja painamalla ENTERiä.
- Uusia paikallisia käyttäjiä voi lisätä ylhäältä napilla "Uusi käyttäjä".
- Tekemällä paikallisen käyttäjän nimeltä "admin" saat käyttöösi ylläpitäjän työkalut.
- Napilla "X" voidaan poistaa käyttäjä.
- Nappilla "Kopioi" voidaan kopioida käyttäjä uudella nimellä. Käyttäjän mukana kopioituu myös kaikki käyttäjän luomat työtilat.

Valitun kohteen muokkaaminen

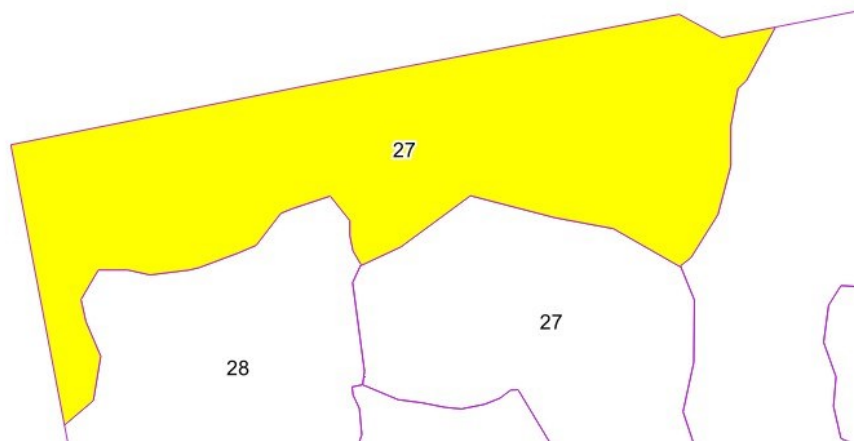
Tällä toiminnolla muokataan kartalta valittuja elementtejä.

Näitä elementtejä ovat mm. Metsäkuviot "Stand", tiet "Roads", hakkuualueet "Felling", suojapuuryhmät/suojavyöhykkeet "RetentionZone" ja puupisteet "Trees".

Esimerkkinä alla metsäkuvion muokkaus:

1. Valitse QGIS:n valintatyökalu:**2. Valitse haluttu elementti klikkaamalla, esimerkiksi metsäkuvio:**

Liite 1 5(24)



3. Klikkaa työkalupalkista nappia:



4. Tästä näkymästä voidaan muuttaa kuvion perustietoja:

Liite 1 6(24)

Stand - Feature Attributes

Kuvio	Puusto	Toimenpiteet
Vaaditut kentät *.		
Kuvionro *	833	
Pääryhmä	2 - Kitumaa	
Alaryhmä	1 - Kangas	
Kasvupaikka	5 - Kuiva kangas, vastaava suo ja varputurvekangas	
Kehitysluokka	02 - Nuori kasvatusmetsikkö	
Saavutettavuus	1 - Myös kelirikon aikana	
Pääpuulaji	1 - Mänty (Pinus silvestris)	
Päivämäärä	2019-11-01	
Pinta-ala (ha)	12.611	
Kuvaus	Aita-Merkkivaaran lakialue 170 mmpy.	
Kommentti		

Pakollisia perustietoja on ainoastaan "Kuvionro".

5. Puustonäkymästä voidaan muokata puustojaksojen tietoja:

Liite 1 7(24)

Stand - Feature Attributes

Kuvio Puusto Toimenpiteet

Tuplaklikkaamalla arvoja voit muokata niitä. Paina ENTER kun olet valmis. Muista luoda puupisteet jos muutat puustotietoja (nappi alhaalla vasemmalla).

Jakso	Puulaji	Runkoluku	Keskipituus	Läpimitta	Ppa	Ikä	
1 - Vallitseva jakso	2 - Kuusi	10	10.5	23.7	0.4	177	✖
1 - Vallitseva jakso	3 - Rauduskoivu	10	10	20.8	0.3	137	✖
1 - Vallitseva jakso	1 - Mänty	30	10.4	26.5	1.7	197	✖
1 - Vallitseva jakso	1 - Mänty	394	9.1	14.4	5.4	67	✖

Käytä puuston aukkoisuusdataa pisteiden luomisessa

Numeerisia arvoja voi muuttaa tuplaklikkaamalla numeroa ja painamalla ENTERiä, kun muutokset ovat valmiit.

Jos kuvion puustotietoja on muokattu tai kuviolla ei ole pisteitä ladattuna, paina "Luo puupisteet" kun olet valmis (tämä voidaan tehdä myös 3D-visualisoinnin käynnistämisen näkymästä kerralla usealle kuviolle).

Jos alueelle on olemassa erillinen yksittäisten puiden tieto, puupisteet voi ladata "Lataa esilasketut puupisteet" -painikkeesta.

Uuden puustojakson voi lisätä ylhäältä vasemmalta ja kaikki jaksot voidaan poistaa kerralla oikeasta ylänurkasta.

Napilla “Poista puupisteet” voidaan poistaa pelkästään generoidut puupisteet, tämä ei muuta puujaksojen tietoja.

6. Toimenpidenäköymästä voidaan muokata jaksolle asetettuja toimenpiteitä:

Liite 1 8 (24)

Stand - Feature Attributes

Kuvio Puusto Toimenpiteet

Tuplaklikkaamalla arvoja voit muokata niitä. Paina ENTER kun olet valmis.

Muista hyväksyä toimenpiteet jos olet muokannut niitä (nappi alhaalla vasemalla)

Toimenpide	Ajankohta	Voimakkuus	Puujakso	Jäävä ppa	Jäävä runkoluku	
2 - Ensiharvennus	06/12/2020	50	Kaikki puujaksot			<input type="button" value="X"/>

Toimenpide	Ajankohta	Määrä
------------	-----------	-------

Vain ensimmäinen toimenpide hyväksytään jos visualisoi ilman SIMO-tuloksia.
Kaikki yhteensopivat toimenpiteet toimivat jos ajat SIMO-ohjelman visualisointi-ikkunassa.

Numeerisia arvoja voi muuttaa tuplaklikkaamalla numeroa ja painamalla ENTERiä, kun muutokset ovat valmiit.

Hakkuuoperaatioille (ylh.) ja metsänhoitotoimenpiteille on omat listaukset.

Harvennuksen, ensiharvennuksen ja avohakkuun voi kohdistaa myös vain tiettyyn puujaksoon.

Jos kuvion toimenpiteitä tai puustotietoja on muokattu tai kuviolla ei ole pisteitä ladattuna, paina “Hyväksy toimenpiteet” kun olet valmis (tämä voidaan tehdä myös 3D-visualisoinnin käynnistämisen näköymästä kerralla usealle kuviolle).

HUOM: jos kuviolla on jo jokin hakkuu, esim. aiemmin generoitu tai käsin tehty, se ei poistu vaikka toimenpiteen tyyppiä muutetaan. Käytä tällöin nappia ”Poista hakkuualue”.

7. SIMO-näkymästä voidaan tarkastella SIMOn tuloksia

Liite 1 9 (24)




Ylhäältä oikealta näet milloin SIMO on ajettu kyseiselle kuviolle viimeksi.

Voit ajaa tästä näkymästä SIMOn pelkästään tälle kuviolle, jos olet esimerkiksi muokannut puustotietoja.

Tästä näkymästä voidaan myös tarkastella SIMOn tuloksia puujaksokohtaisesti.

Valitun kuvion reunojen muokkaaminen

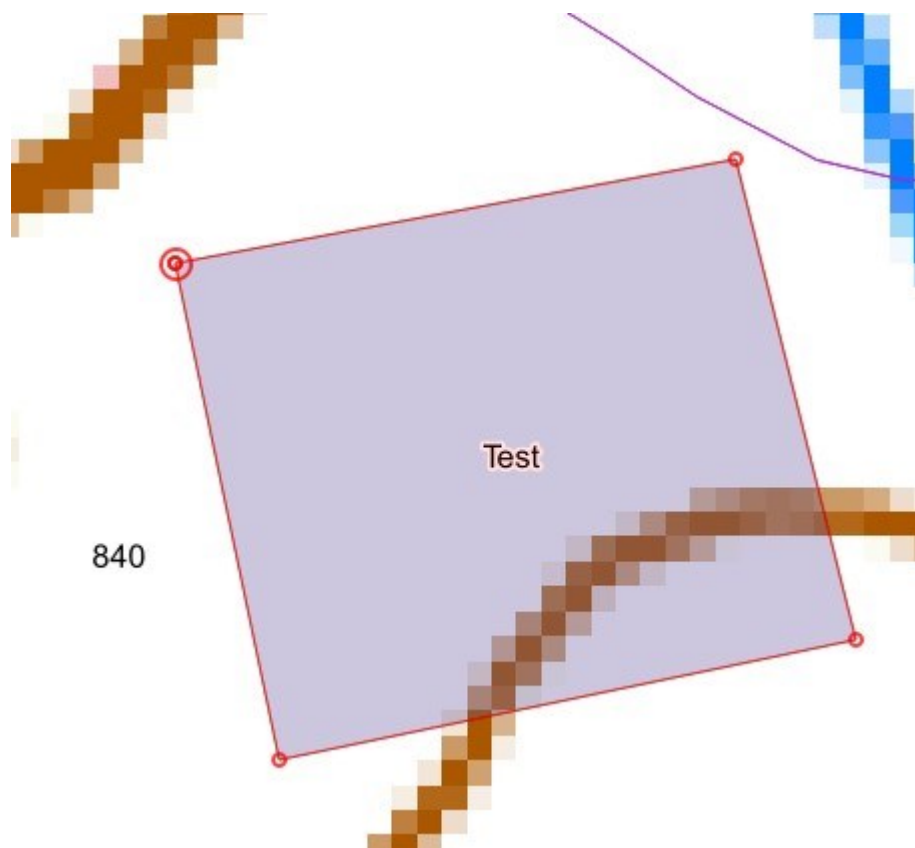
Jos haluat muuttaa valitun kuvion (tai muun karttaelementin) muotoa/kokoa, valitse haluttu QGIS

taso (esim. ”Stand”), valitse elementti QGIS:n valintatyökalulla  ja klikkaa seuraavia työkaluja:



Klikkaamalla alueen muodon pisteitä, voit muuttaa niiden paikkaa. Klikkaamalla pisteiden väliin voit luoda uusia pisteitä:

Liite 1 10 (24)



HUOM: generoidut puupisteet eivät automaattisesti päivyty kuvioiden muokkaamisen jälkeen, vaan puupisteet pitää luoda uudestaan.

3D-visualisoinnin käynnistäminen ja SIMO-laskenta

Tästä näkymästä voidaan hallita puupisteiden generointia, SIMO-laskelmia ja käynnistää 3Dvisualisointi:

Liite 1 11 (24)

The screenshot shows a software interface for 3D visualization. At the top, there are tabs for "3D-visualisointi" and "SIMO-laskenta". Below the tabs, there is a section for "Valitut kuviot:" (Selected images) with a "Valitse kaikki" (Select all) button. A list of image IDs is shown on the left, with some having a magnifying glass icon and a red 'X' icon. The list includes IDs like 829, 852, 810, 850, 817, 814, 816, 829, 866, 819, 809, 5, 4, 3, 2, 1, 848, 837, and 840. Some IDs are associated with descriptions: "2 - Ensiharvennus" and "740 - Taimikon hoito".

The main map area displays a network of red lines representing a spatial network. A red star is positioned at the center of the network. The map is overlaid with a grid of dashed red lines. The coordinates of the star are shown as "X: 428990m, Y: 7370528m (EPSG: 3067)".

At the bottom of the interface, there are several buttons: "Luo datapaketti:" (Create data package), "Tallenna" (Save), "Lisää puupisteet" (Add tree points), "Esilasketut pisteet" (Pre-calculated points), and "Visualisoi" (Visualize). A status bar at the bottom right shows "Nykyinen tilanne" (Current status) and "Suje" (Close).

Kartalla näkymä punainen tähti näyttää 3D-visualisoinnin keskipisteen ja kartalla näkyvät kuviot lähetetään visualisointiin (1.5 x 1.5 km).

Näkymä lataa oletuksena QGIS:n karttatasolla valitut kuviot, jos kuvioita on valittuna. Kaikki mahdolliset kuviot voidaan valita ylhäältä vasemmalta napista "Valitse kaikki".

Tähtäimen paikkaa voidaan muuttaa klikkaamalla karttaa.

Vasemmalle on listattu valitut kuviot ja niiden mahdolliset visualisoitavat toimenpiteet.

Napilla "Tallenna" voidaan luoda visualisoinnin datapaketteja, jotka on listattu Launcherissa (Virtuaalimetsän käynnistysohjelma, kts. kohta "Virtuaalimetsä 2.0 Launcher").

Napilla "Visualisoi" käynnistetään 3D-visualisointi.

Valitsemalla välilehden "SIMO-laskenta" voit tarkistaa onko kuvioille ajettu SIMOa:

Liite 1 12 (24)

3D-visualisointi SIMO-laskenta

Tulokset valituille kuvioille:

Ajopäivämäärät:

829: 2021-01-08 11:29
829: Simo-ajoa ei löytynyt

852: Simo-ajoa ei löytynyt

810: 2021-01-08 11:29
850: 2021-01-08 11:29
817: 2021-01-08 11:29
814: 2021-01-08 11:29
816: 2021-01-08 11:29
829: Simo-ajoa ei löytynyt
866: 2021-01-08 11:29
819: Simo-ajoa ei löytynyt
809: 2021-01-08 11:29
5: 2021-01-08 11:29
4: 2021-01-08 11:29
3: 2021-01-08 11:29
2: 2021-01-08 12:45
1: 2021-01-08 11:28
848: Simo-ajoa ei löytynyt
837: Simo-ajoa ei löytynyt
849: Simo-ajoa ei löytynyt

Käynnistä SIMO-laskenta

Nappi "Käynnistä SIMO-laskenta" lähettää valitut kuviot SIMO-ohjelman käsiteltäväksi (tähän voi mennä kuvioden määrästä ja koneen laskentatehosta riippuen useampi minuutti - kymmeniä minuutteja).

Kun SIMO-laskelma on valmis, yksittäisten kuvioiden tuloksia voi katsoa väli-lehdellä "3Dvisualisointi": vasemmalta listauksesta klikkaamalla suurennuslasia ja siirtämällä ikkunan alaosassa sijaitsevaa slideria.

Samasta sliderista voidaan valita myös visualisoitava SIMO-laskelman vuosi tai "Nykyinen tilanne", joka lähettää työtilan visualisointiin ilman SIMO-laskelmaa.

Puupisteiden tarkastelu

Oletuksena puupisteet piirtyvät kartalla vain, kun muokataan tai lisätään yksittäisiä puita tai kun metsäkuvion lomake on auki.

Napilla  voit näyttää puupisteet valituille kuvioille.

Liite 1 12 (24)

Uuden metsäkuvion lisääminen

Valitse QGIS-taso "Stand" ja klikkaa yläpalkista seuraavia työkaluja:



Piirrä haluamasi muoto hiiren vasemmalla ja viimeistele hiiren oikealla.

Seuraa kohdan "Valitun kohteen muokkaaminen" ohjeita.

Uuden suojapuuryhmän tai suojavyöhykkeen lisääminen

Valitse QGIS-taso "RetentionZone" ja klikkaa yläpalkista seuraavia työkaluja:



Piirrä haluamasi muoto hiiren vasemmalla ja viimeistele hiiren oikealla.

Suojapuuryhmän/suojavyöhykkeen ainoa pakollinen kenttä on nimi.

Tälle alueelle ei tehdä hakkuita, kun toimenpiteet seuraavan kerran hyväksytään (kts. kohdasta "Valitun alueen muokkaaminen" osio 6).

Uuden hakkuualueen lisääminen

Normaalisti hakkuugeometriat luodaan, kun toimenpiteitä hyväksytään. Voit luoda käsin piirrettyjä hakkuualueita esimerkiksi tarkempien pienaukkojen luomiseksi.

Valitse QGIS-taso "Felling" ja klikkaa yläpalkista seuraavia työkaluja:



Piirrä haluamasi muoto hiiren vasemmalla ja viimeistele hiiren oi-

kealla. **Uuden tien lisääminen**

Valitse QGIS-taso "Roads" ja klikkaa yläpalkista seuraavia työkaluja:



Piirrä haluamasi muoto hiiren vasemmalla ja viimeistele hiiren oikealla.

Tien leveys metreinä on pakollinen kenttä.

Liite 1 13 (24)

Yksittäisten puiden lisääminen

Yksittäisiä puita voidaan lisätä "maisemapuiksi" tai muihin tarkoituksiin.

Valitse QGIS-taso "Trees" ja klikkaa yläpalkista seuraavia työkaluja:



Klikkaamalla karttaa aukeaa lomake puiden lisäämiseen:

Vaaditut kentät *.

Kuvio * 1343 Paina Shift ja klikkaa hiiren vas...

Puulaji * 1 - Mänty (Pinus silvestris)

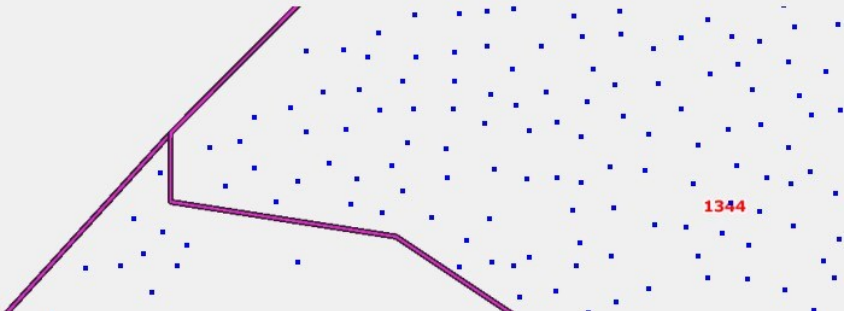
Korkeus (m) * 15

Puu/kanto * 0 - Puu Voit valita puita kartalta klikka...

Tiheysluokka * 1 - Normaali tiheys Voit muuttaa valitun puun ar...

Puujakso * 0 - Järjestelmän vakio Korvaa puun arvot

Voit lisätä puita klikkaamalla hiiren vasemmalla alla olevaa karttaa. Puut tallentuvat yllä olevilla arvoilla



Voit päivittää lomakkeessa olevaa näkymää liikuttamalla tai zoomaamalla QGIS:n karttaa ja klikkaamalla "Päivitä kartta". Puut tulevat kartalle punaisina pisteinä, jos QGIS:n kartta on lähinäkyssä.

Klikkaamalla lomakkeen karttaa hiiren vasemmalla napilla puutasolle lisätään uusi yksittäinen puu. Voit lisätä useamman puun samalla lomakkeen aukaisulla.

Klikkaamalla hiiren oikealla puiden lähelle voit valita puun. Napilla "Korvaa puun arvot" voit päivittää valitun puun arvot.

Shift-näppäin ja hiiren vasen poistaa puun osoittimen läheltä.

Lisätyt ja päivitettyt puut tallennetaan lomakkeessa olevilla arvoilla, kuten "puulaji" ja "korkeus".

HUOM: puut kiinnittyvät tiettyihin kuvioihin joko paikan perusteella tai valitun arvon perusteella, jos ne luodaan kuviorajojen ulkopuolelle.

Liite 1 14 (24)

HUOM: yksittäiset puut eivät poistu, kun uusia puupisteitä generoidaan kuviolle tai kun kuvioon kohdistetaan toimenpiteitä.

Visualisointisovellus

Sovellus kysyy ensimmäiseksi grafiikan laadun tasoa. Grafiikan suositeltava taso on Ultra:



Kuva 2. Sovelluksen valinnat.

Seuraavaksi avautuu sovelluksen aloitusnäky, jossa voi valita käytettävän kielen ja valita visualisoitavan alueen. Visualisoitavan alueen valinta tapahtuu klikkaamalla Valitse Alue-tekstin alapuolella olevaa valikkoa ja valitsemalla haluttu alue. Vaihtoehtoina tässä visualisoinnissa on Rovaniemi ja Tampere. Visualisoitavaa aluetta voi vaihtaa palaamalla visualisoinnista tähän

Liite 1 15 (24)

päävalikkoon. Kielen vaihtaminen onnistuu klikkaamalla haluamaasi painiketta. Sovellus sulkeutuu Sulje-painikkeella. Voit jatkaa valitsemasi alueen visualisointiin OK-painikkeella.

HUOM: tätä näkymää ei näytetä, jos käynnistät 3D-visualisoinnin QGIS-laajennoksen kautta, kts. Kohta "3D-visualisoinnin käynnistäminen ja SIMO-laskenta".



Kuva 3. Päävalikko

OK-painiketta painettuasi visualisointi latautuu. Visualisointi-ikkunassa on oletuksena nähtävissä painikkeet, joilla voit hallita sovellusta.



Kuva 4. Sovelluksen aloitusnäky.

Vasemmassa reunassa on kuvattu sovelluksen käyttöön liittyvät ohjainpainikkeet. Visualisoinnissa katseen kääntäminen tapahtuu hiirtä liikuttamalla.

Liite 1 16 (24)

F1 - F4-näppäimistä pystyt tarkastelemaan visualisointia ihmisperspektiivistä (F1) tai lintuperspektiivistä (F2), tarkastelemaan alueen karttaa (F3) ja tarkastelemaan sen metsikkökuvion tietoja (F4), jolla olet visualisoinnissa.

Virtuaalimaailmassa liikkuminen tapahtuu nuolinäppäimillä tai wsad-painikkeilla. Voit juosta virtuaalimaailmassa painamalla shift-näppäimen pohjaan ja painamalla nuolinäppäimiä tai wsadpainikkeita. Katseen kääntäminen ja liikkuminen onnistuu sekä lintu- että ihmisperspektiivissä ollessa. Shift-näppäimen painaminen nopeuttaa liikkumista kummassakin perspektiivissä. Lintuperspektiivissä voit säätää katselukorkeutta hiiren ”rullalla”. Voit piilottaa vasemman reunan ohjeet painamalla tab-näppäintä. Ohjeet saa takaisin näkyviin tab-painikkeella. Ruudun yläreunassa on Sulje- ja Päävalikko-painikkeet. Sulje- ja päävalikkopainikkeet pystyy valitsemaan painamalla ensin näppäimistöä esc-näppäintä, jonka jälkeen hiiren osoitin tulee näkyviin. Voit valita painikkeet hiiren osoittimella. Painamalla Sulje-painiketta visualisointi sulkeutuu. Visualisoinnin voi sulkea myös painamalla alt+f4 painiketta. Päävalikko-painikkeesta voi palata päävalikkoon, jossa voi muun muassa vaihtaa visualisoitavan alueen.

F3-painikkeesta saat näkyviin alueen kartan. Voit klikata haluamaasi kohtaa kartassa, jolloin siirryt saman tien kyseiseen sijaintiin. Tätä toimintoa voi käyttää esimerkiksi nopeaan paikasta toiseen liikkumiseen. Siirtyminen ei ole mahdollista harmaana näkyvälle alueelle. Visualisoinnissa esitetään puustoa niillä alueilla, jotka on ympyröity violeteilla kuviorajoilla. Muilla alueilla esitetään maastonmuodot, vesistöt, tiestöt ja muita maastoa kuvaavia piirteitä. Kartalle on teemoitettu vihreällä värillä avohakkuut, pienaukkohakkuut ja siemenpuuhakkuut.

Kuva 6. Metsikkökuvion tiedot (F4-painike).

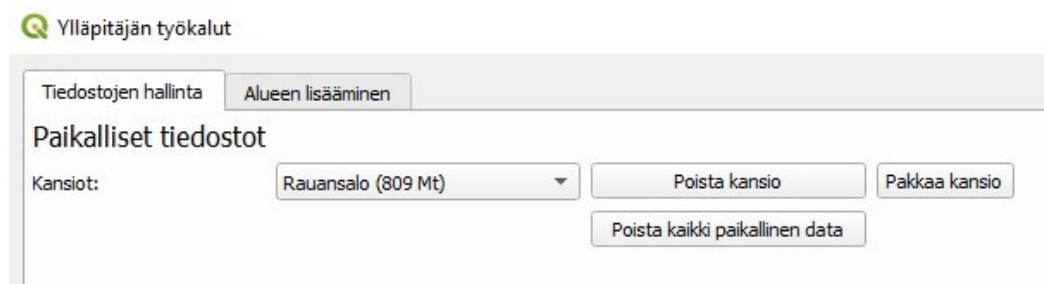
Liite 1 18 (24)

Alueen lisääminen paikkatietojärjestelmään

Virtuaalimetsän paikkatietojärjestelmään voidaan lisätä uusi alue joko valmiiksi pakatulla alueella (kts. Kohta “Alueen pakkaaminen”), metsätietostandardin mukaisella XML-tiedostolla tai tekemällä uusi tyhjä alue.

Valitsemalla paikallisten käyttäjien listasta käyttäjä “admin”, QGIS-työkalupalkkiin tulee näkyviin ylläpitäjän työkalut (ikoni “DB”). Jos käyttäjää “admin” ei löydy, sellainen voidaan tehdä (kts. kohta “Käyttäjien hallinta”).

Välilehdessä “Tiedostojen hallinta” on listattuna kaikki paikalliset alueet ja niiden koko kiintolevyllä:



Alueen pakkaaminen

Klikkaamalla “Pakkaa kansio” voit luoda ZIP-tiedoston valitusta alueesta. Tätä tiedostoa voi käyttää alueen luomiseen myöhemmin tai toisessa työasemassa (kts. kohta “Alueen lisääminen pakatun alueen avulla”).

Alueen poistaminen

Klikkaamalla “Poista kansio” voit poistaa kaiken valittuun alueeseen liittyvän datan sekä siihen liittyvät työtilat. Kaikkien paikallisten käyttäjien tähän alueeseen luomat työtilat poistuvat.

Kaikkien paikallisten tiedostojen poistaminen

Napilla “Poista kaikki paikallinen data” voidaan poistaa kaikki alueet, työtilat sekä väliaikaistiedostot. Tämä toiminto ei poista asennusta windowsista, vaan se on

tehtävä käyttöjärjestelmän kautta tai “uninstall_virtualforest2.exe” -tiedostolla, joka sijaitsee Virtualforest 2.0 -asennuskansiossa.

Liite 1 19 (24)

Alueen lisääminen tyhjänä

Alueen lisäämiseen on lomake välilehdessä “Alueen lisääminen”:

Ylläpitäjän työkalut

Tiedostojen hallinta Alueen lisääminen

Alueen nimi:

Kiinteistönimi / Kunta:

Tiedostot:

XML tai pakattu alue (ZIP) ...

Pakatun alueen voi tehdä välilehdestä "Tiedostojen hallinta".

Metsätietostandardin mukainen xml, joka sisältää metsäkuviot, puustotiedot sekä toimenpiteet. Toimenpiteet ei pakollisia.

Avaa Suomen karttalehtijaon auki QGIS:iin ja sulkee tämän ikkunan. Valitse haluamasi karttalehdet QGIS:n valintatyökalulla ja palaa tähän ikkunaan.

Maastokarttarasteri (1:50 000) ...

(Sekä .PNG että .PGW -tiedostot)

Korkeusmalli (2m) ...

(Zipattu .ASC)

Korkeusmalli (10m) ...

(Zipattu .ASC)

Maastotietokanta (kaikki kohteet) ...

(Zipattu SHP)

Valinnaiset tiedostot:

Ortoilmakuva ...

(.JP2-tiedostomuoto)

Metsän aukkoisuus (SHP) ...

Metsän aukkoisuusdata ei ole pakollinen. Näet esimerkkidatasta miten sellaisen voi muodostaa.

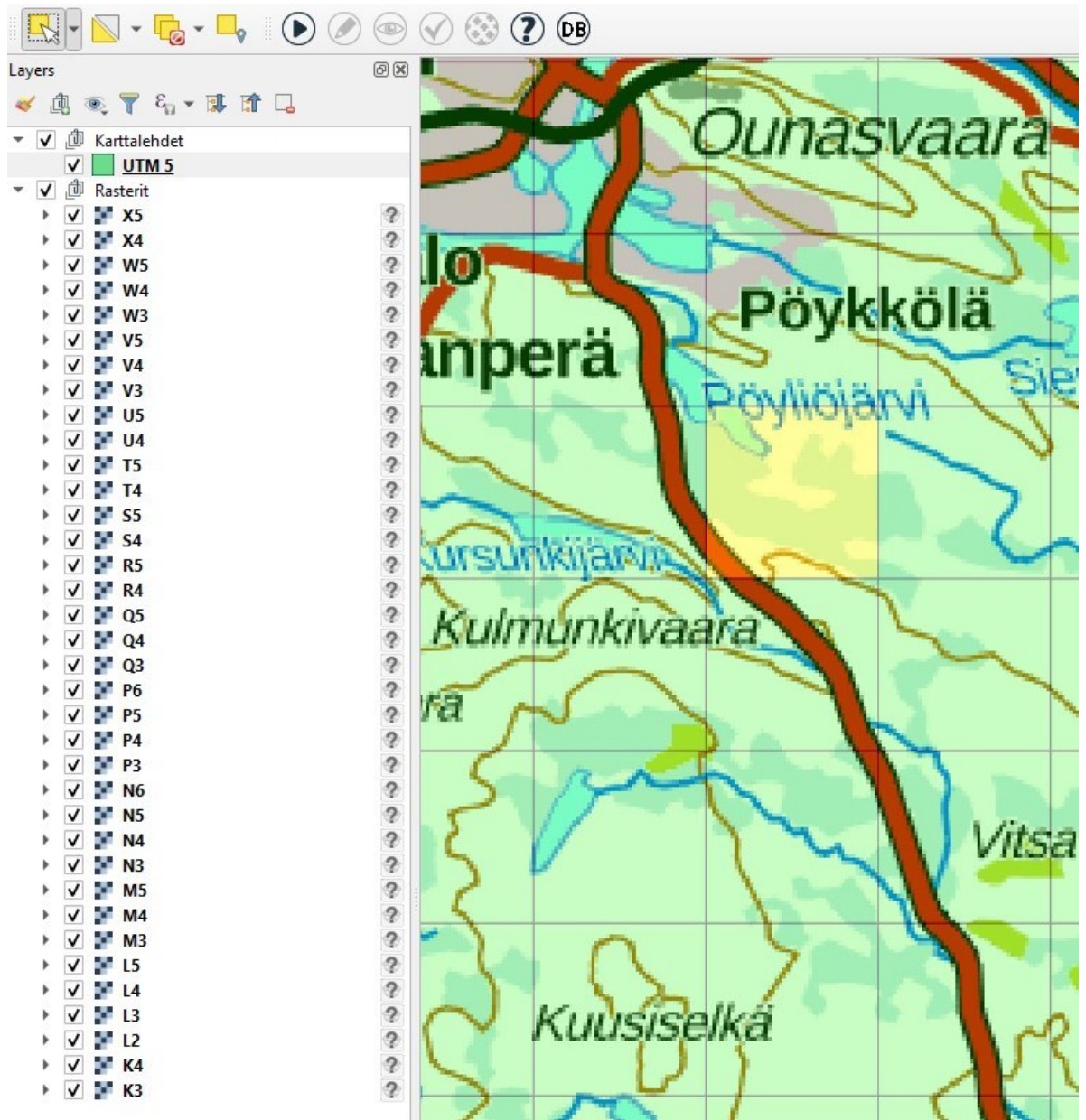
Esilasketut puupisteet (SHP) ...

Puupisteet eivät ole pakollisia. Näet esimerkkidatasta miten puupisteet voidaan muodostaa.

Näyttää vaadittavien tiedostojen nimet/karttalehtijaon tekstitiedostossa.


Tyhjää aluetta lisättäessä klikataan ensin “Luo tyhjä alue”, jonka jälkeen valitaan halutut karttalehdet suomen kartasta:

Liite 1 20 (24)



Käytä QGIS:n valintatyökalua ruudukon valitsemiseen. On suositeltavaa valita mahdollisimman vähän ruudukoita. Ruudukot on hyvä myös valita vierekkäin. Näiden ruudukoiden avulla lomake antaa ohjeet tarvittavien tausta-aineistojen lataamiseksi (kts. kohta "Tiedostojen lataaminen maanmittauslaitoksen palvelusta").



Kun QGIS:n valintatyökalu  on aktiivisena, pitämällä nappia CTRL pohjassa voit valita useamman ruudukon ja poistaa valintoja.

Kun alue on valmis, siihen lisätään yksi 100x100m kokoinen metsäkuviola lähelle kartan keskipistettä. Voit muokata tätä kuviota ja lisätä uusia (kts. kohta "Valitun kohteen muokkaaminen").

Liite 1 21 (24)

Alueen lisääminen pakatun alueen avulla

Jos olet aiemmin pakannut alueen tiedostot ZIP-tiedostoksi, voit lisätä sen kohtaan "XML tai pakattu alue (ZIP)". Tämän jälkeen klikkaa nappia "Luo alue", aineistot ovat zipin sisällä, joten muita kenttiä ei tarvitse täyttää.

Tämä toiminnon avulla voit lisätä jo luodun alueen esimerkiksi toiseen työasemaan.

Alueen lisääminen XML:n avulla

Avaa XML kohtaan "XML tai pakattu alue (ZIP)". Kun olet lisännyt kaikki pakolliset tausta-aineistot (kts. seuraava kohta) voit klikata nappia "Luo alue".

HUOM: XML:n on oltava metsätietostandardin mukainen. Napilla "Näytä esimerkki-XML" näet vaaditut tiedostorakenteen.

Alueen lisääminen Shape-tiedostojen avulla

Ennen kuin avaat ylläpitäjän näkymän, raahaa seuraavat tiedostot QGIS:n kartatasoiksi:

KasvLk.shp

Suunnitellut_Hakkuut.shp

PuustoKuvRiv.gdb

Jätä ylläpitäjän näkymässä kohta: XML tai pakattu alue (ZIP) tyhjäksi ja seuraa ohjeita vaadittujen tiedostojen osalta (seuraava osio). Muista lisätä alueelle nimi.

Vaaditut tiedostot alueen lisäämiseen

Pakollisia tiedostoja tyhjää aluetta ja XML:n avulla aluetta lisättäessä ovat:

- Maastokarttarasteri 1:50 000 (.PNG + .PGW, tiedostonimet pienellä)
- Korkeusmalli (2m) (.ASC zipattuna, tiedostonimi .zip)
- Korkeusmalli (10) (.ASC zipattuna, tiedostonimi .zip)
- Maastotietokanta (kaikki kohteet) (.SHP zipattuna, tiedostonimi .shp.zip)

Katso kohta "Tiedostojen lataaminen maanmittauslaitoksen palvelusta".

Liite 1 22 (24)

Nämä tiedostot voidaan ladata muualta tai tuottaa itse, jos karttalehtijako, tiedostojen nimeäminen ja tiedostomuodot ovat samat.

Valinnaiset tiedostot alueen lisäämiseen

Ortoilmakuvat ovat valinnaisia tausta-aineistoja aluetta lisätessä.

Puuston aukkoisuusdata ja esilaskettuja puupisteitä ei löydy valmiina, vaan ne on luotava itse. Napeilla kunkin aineiston nimen vierestä näkee .SHP-tiedostojen rakenteen, jos näitä aineistoja halutaan luoda.

HUOM: nämä aineistot eivät ole vaadittuja, virtuaalimetsän paikkatietojärjestelmä luo puupisteet ilman esilaskettuja puupisteitäkin.

Tiedostojen lataaminen maanmittauslaitoksen palvelusta

Kaikki pakolliset tiedostot sekä valinnaiset ortoilmakuvat voidaan ladata osoitteesta: <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>

Maanmittauslaitoksen avoin data on vapaasti ladattavissa ja käyttää lisenssiä: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Välilehdellä "Alueen lisääminen" on listattu tarvittavat karttalehdet kunkin tausta-aineiston kohdalla:

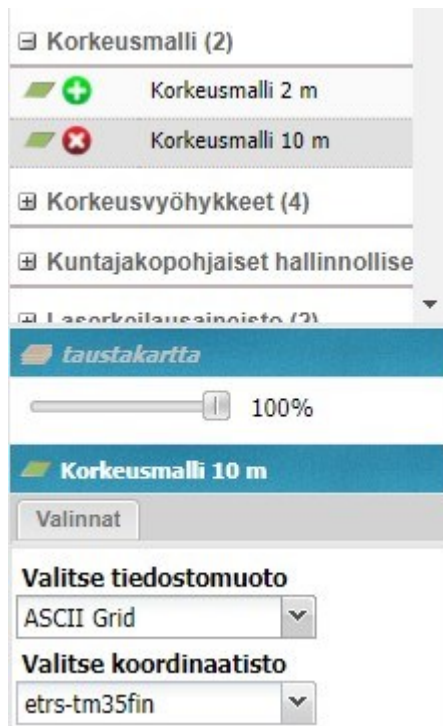
HUOM: varmista että jokaiselle tausta-aineistolle on valittu oikea tiedostoformaatti, esim .ASC korkeusmalleille ja .SHP maastotietokannalle.

Liite 1 23 (24)

Maastokarttarasteri (1:50 000)	<input type="text"/>
(Sekä .PNG että .PGW -tiedostot)	utm50: S442
Korkeusmalli (2m)	<input type="text"/>
(Zipattu .ASC)	utm10: S4422D, S4422F, S4422C, S4422E
Korkeusmalli (10m)	<input type="text"/>
(Zipattu .ASC)	utm25: S4422, S4421
Maastotietokanta (kaikki kohteet)	<input type="text"/>
(Zipattu SHP)	utm25LR: S4422R, S4422L, S4421R, S4421L
Valinnaiset tiedostot:	
Ortoilmakuva	<input type="text"/>
(.JP2-tiedostomuoto)	utm10: S4422D, S4422F, S4422C, S4422E

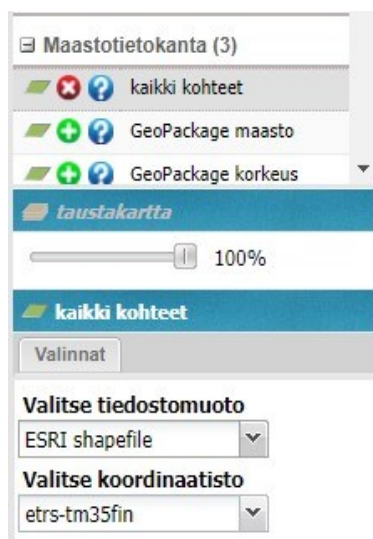
Seuraavissa kuvissa on vaadittavat formaatit tiedostoille (näkymät maanmittauslaitoksen latauspalvelusta, kts. linkki ylempää):

Korkeusmalli 2m ja 10m, ASC-formaatti:

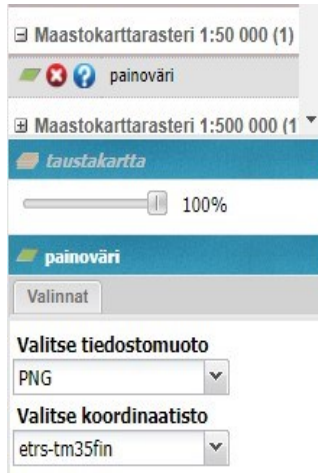


Maastotietokanta (kaikki kohteet), SHP-formaatti zippinä:

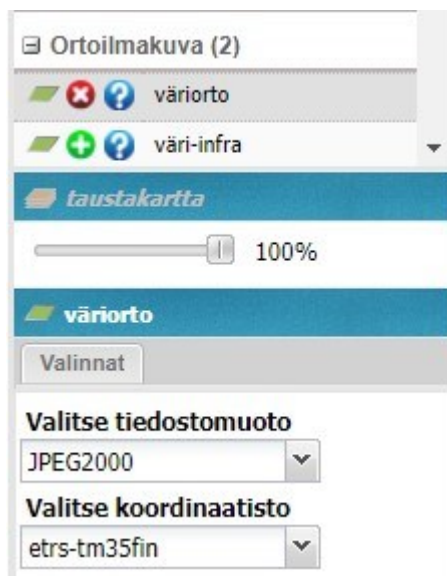
Liite 1 24 (24)



Maastokarttarasteri 1:50 000, PNG-formaatti:



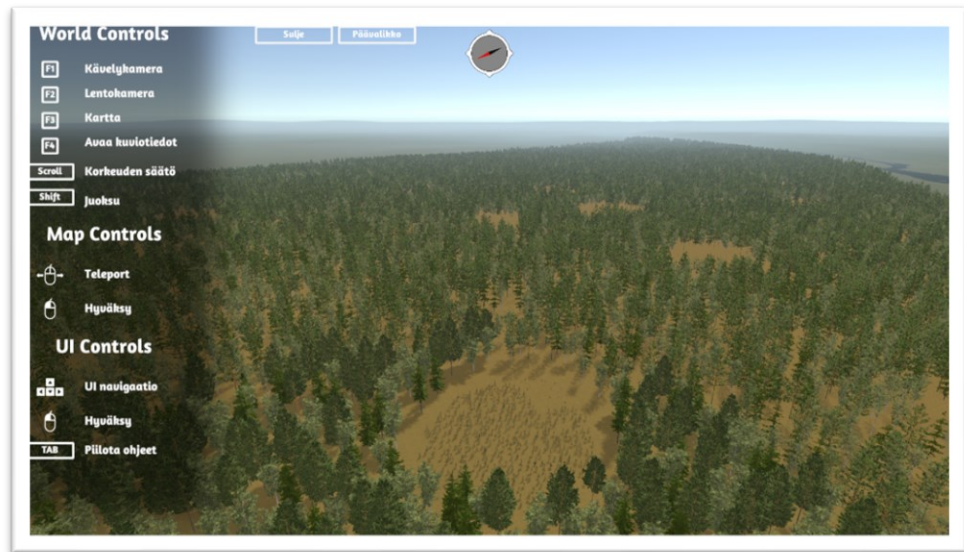
Valinnainen ortoilmakuva, JP2-formaatti:



Liite 2 1 (2)

Pienalakasvatuksen visualisoitu täydentävä ohje

- Pienaukkohakkuun toinen vaihe voidaan toteuttaa, kun käsittelyalueen pohjapinta-ala täyttää kannattavan metsänkäsittelyn rajat. Seuraavaa vaihetta suunniteltaessa on hyvä ottaa huomioon myös edellisten pienaukkojen taimikko. Lapin pienaukot taimettuvat yleensä kymmenessä vuodessa.
- Kun pienaukkojen taimikko on vakiintunut eli täyttää metsälaissa asetetut rajat. Ei niiden pinta-alaa lasketa enää käsittelyalueeseen. Eli jos ensimmäisellä kerralla käsittelyalue on ollut 10 ha ja siihen on tehty pienaukkoja 3 ha verran, käsittelyalueen pinta-alaksi lasketaan enää 7 ha kun taimikko on vakiintunut.

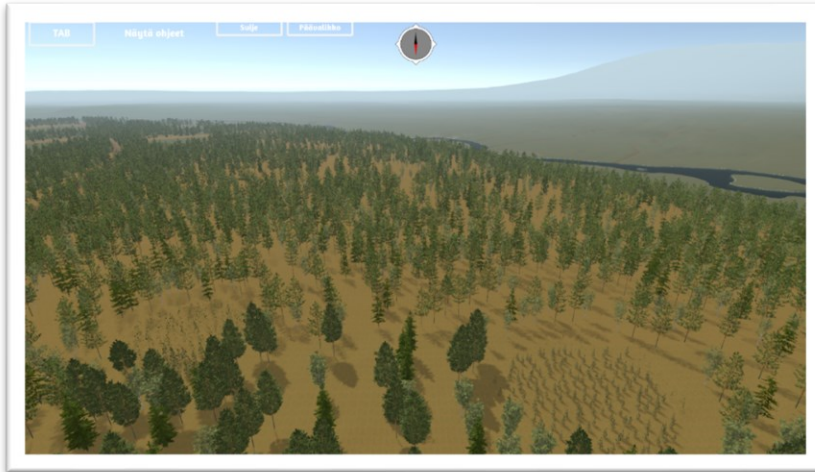


Ensimmäinen vaihe pienalakasvatuksesta.

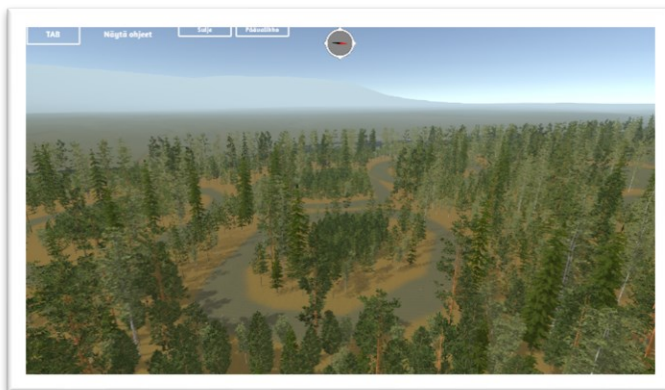
- Tämä on syytä ottaa heti huomioon pienaukkohakkuu kohteella, koska ensimmäisessä vaiheessa pienaukot myös laskevat käsittelyalueen pohjapinta-alaa yllä olevassa esimerkissä 30 prosenttia. Eli jos hakkuun jälkeen pohjapinta-ala on ollut 17m², on se käsittelyalueella 12m². Käsittelyalueen kokonais pohjapinta-ala on otettava huomioon, ettei se laske alle lakirajan, jolloin uudistamisvelvoite astuu voimaan.

Liite 2 2 (2)

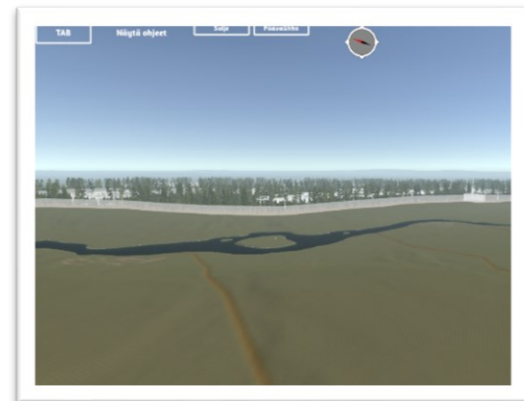
- Alla esimerkki pienaukkohakkuun toteutus tavasta.



- Pienaukkojen sijoittelulla voidaan vaikuttaa maisemaan. Myös ympärysmetsän harvennuksen voimakkuus vaikuttaa maisemaan. Paras taimettumistulos saavutetaan jättämällä 50-150kpl säästöpuita. Harva ympärysmetsä vaikuttaa kuitenkin kielteisesti maisemaan. Tätä vaikutusta voidaan vähentää jättämällä muu käsittelyalue mahdollisimman puustoiseksi.



Ympärysmetsän harvennuksen vaikutus maisemaan kohteesta.



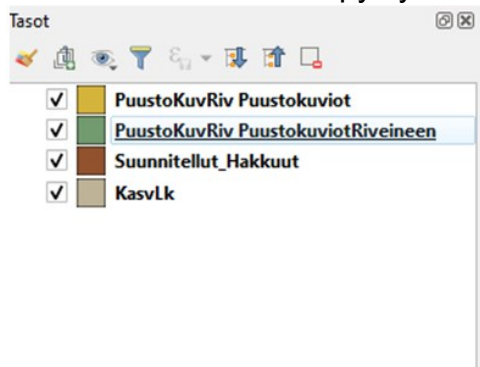
Kaukomaisema pienalakasvatus

- Pienalakasvatuksen vaiheeton otettava huomioon heti ensimmäisessä vaiheessa, jotta päästään kokonaisuuden kannalta parhaaseen tulokseen.

Tämä on Virtuaalimetsän ohjetta täydentävä osio. Ohjeen oletuksena on, että käyttäjä osaa perus muokkaustyökalujen käytön QGIS ja ArcGis-ohjelmistoilla. Lue ensin koko ohje, koska toimenpiteiden järjestyksellä on väliä visualisoinnin onnistumisessa.

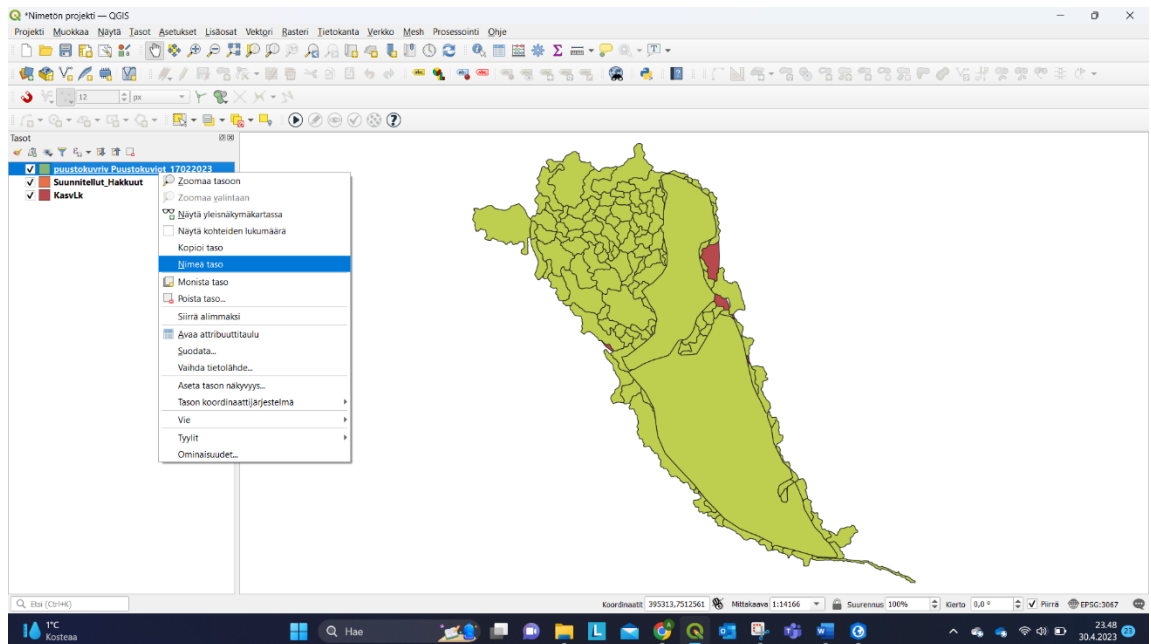
Aineiston siirto Virtuaalimetsään.

- Tarkasta alla kuvattujen tasojen nimet ja jos ne poikkeavat korjaa ne. Virtuaalimetsä ei muuten pysty luomaan uutta aluetta. (Kuvio1)



Kuvio 1. Tasojen nimet

- Muokkaus onnistuu nimeämällä taso uudelleen QGIS tai ArcGis-ohjelmalla. (Kuvio 2)



Kuvio 2. Tason nimeäminen

Liite 3 2 (4)

Attribuuttitaulukon tarkastaminen.

- Aineisto, josta Virtuaalimetsä luo alueen on oltava myös nimetty oikein. Tämä pitää tarkastaa tasojen attribuuttitauluilta. Alla luettelo sarakkeista, jotka pitää löytyä tasoilta. Jos kaikkia ei ole, ne pitää sinne lisätä. Lisääminen käy helpoiten ArcGis ohjelmalla.

Puusto:

"id": "OBJECTID",
 "standid": "OBJECTID_12",
 "stemcount": "RUNKOLUKU_1",
 "basal_area": "PPA_1",
 "mean_diameter": "LAPIMITTA",
 "treespecies": "PUULAJI",
 "storey": "JAKSO",
 "age": "IKA_1",
 "meanheight": "KESKIPITUUS",
 "saw_log_volume": "TUKKITIL_1",
 "pulp_wood_volume": "KUITUTIL_1",
 "volume_growth": "TILAVUUSKASVU",
 "change_time": "GEO_AIKA",
 "stand_basic_data_date": "INVENTOI_1",
 "stand_area": "Shape_Area",
 "main_tree_species": "PAAPUULAJI",

INVENTOINTI	INVENTOI_1	KASVATUSAJ	KESKIKULM	KESKIPITUU	PAAPUULAJI	PPA	RUNKOLUKU	TIETOLAHE	TILAVUUS	UUDISTU
1	134	9.7.2017	9.12.2022	15.9	10.7	1	6.5	481	2	47
2	134	9.7.2017	9.12.2022	17.3	10.7	1	5.9	39	2	6
3	134	9.7.2017	9.12.2022	17.1	11.7	1	11.8	547	2	66
4	134	9.7.2017	9.12.2022	15.6	10.4	1	5.3	311	2	28
5	134	9.7.2017	9.12.2022	16.6	11.2	2	15.1	745	2	82
6	134	9.7.2017	9.12.2022	14	9.9	2	15.2	1070	2	74
7	134	9.7.2017	9.12.2022	17.3	11.5	1	11.8	558	2	68

Kasvupaikat:

"sub_group": "SUORYHMA",
 "main_group": "PAARYHMA",
 "fertility_class": "KASVILLISU",

AALAJI	OJITUSTILA	OM_PAIVITY	OSASTO	PAARYHMA	RAVINNEHAI	SUORYHMA	SUOTYYPPI	T_PIRI	TEKUA		
1	11	0	MAUNOLO	8.12.2011	293	11	0	0	24	MAUNOLC	
2	11	0	MAUNOLO	8.12.2011	293	11	0	0	0	24	MAUNOLC

Hakkuut:

"method": "TOIMENPIDE",
 "timing": "TOT_VUOSI"

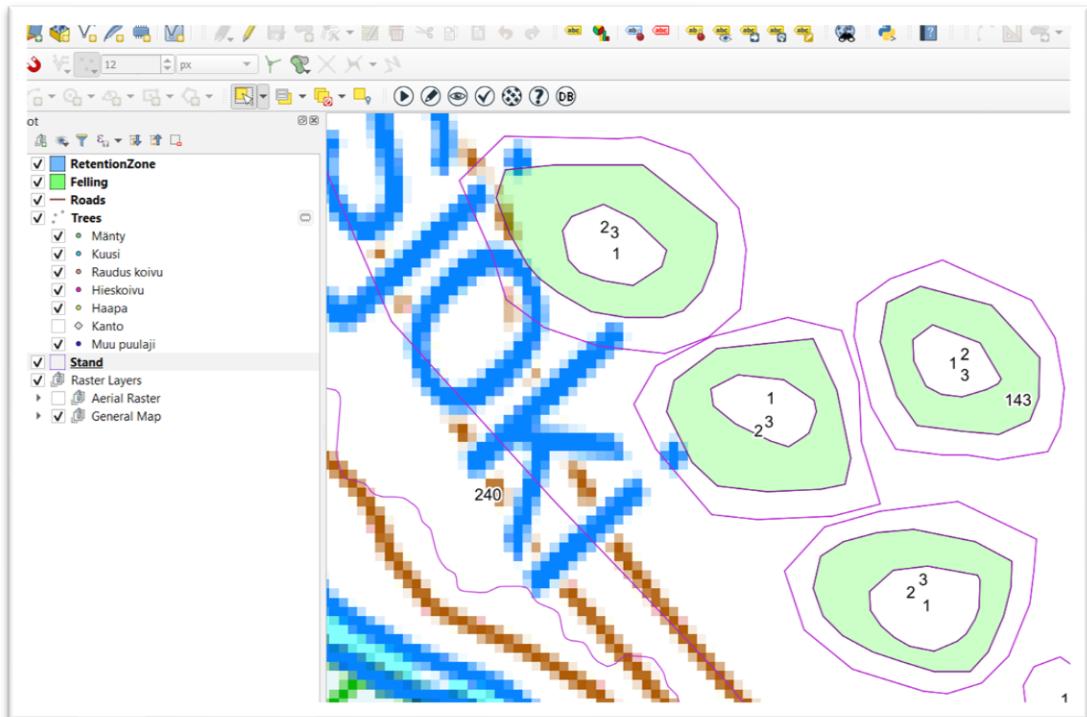
KUJA	TILA	TOIMENPIDE	TOIMENPITE	TOT_VUOSI	TOTEUTUS_A	TP_IKA	TP_PERUSTE	TP_SAAOSP	TP_TILA	VALTAF
1	ICRA	1	115	2018	53,68	0	0	0	0	5
2	ICRA	1	115	2015	42,77	0	0	0	0	5
3	cra	1	115	2018	21	0	0	0	0	5

Liite 2 3 (4)



Uuden alueen luonti on kerrottu Virtuaalimetsän ohjeessa. Ohje löytyy opinnäytetyön liitteenä.

Pienaukkojen digitointi.

- Digitoi kaikki pienalakasvatus kuviot siten, että ensimmäinen kuvio on yhtä suuri kuin viimeisen vaiheen pienaukko. Kuvioden digitointi on tehtävä käänteisessä aikajärjestyksessä, jotta jokainen vaihe voidaan myöhemmin visualisoida. (Kuvio 3.)



Kuvio 3. Pienaukkojen digitointi.

- Aloita kuvioden luominen klikkaamalla  muokkaus päälle. Sen  jälkeen valitsemalla täytä piiri työkalu.
- Työkalu luo uuden kuvion ja samalla kopio puustotiedot alla olevasta kuvioista. Puustotiedot pitää kuitenkin poistaa, jotta Virtuaalimetsä toimii oikein. Myös alemmalta kuviolta on poistettava puusto, kun kaikki halutut kuviot on digitoitu.

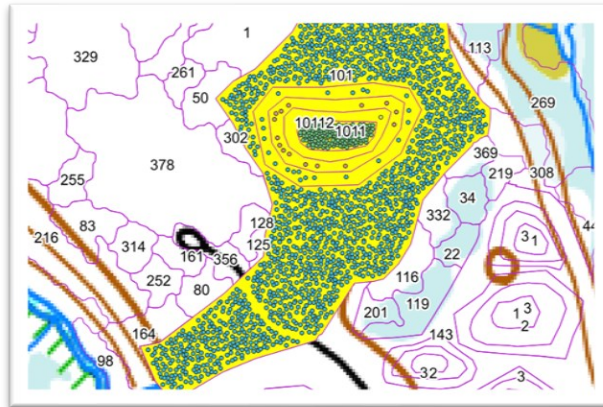
- Tämän jälkeen kaikille kuvioille täytyy syöttää yksitellen puustotiedot sekä toimenpiteet.

Liite 3 4(4)

- Kuviotiedot syötetään Virtuaalimetsän käyttöohjeen mukaisesti. Tietojen syöttäminen pitää tehdä vasta kun kaikki kuviot on digitoitu aloittaen sisimmästä kuvioista. Muuten puustotiedot saattavat tulla toiselta kuviolta, eikä visualisointi onnistu.
- Puustotietojen toimivuuden voi testata painamalla luo puusto nappia.




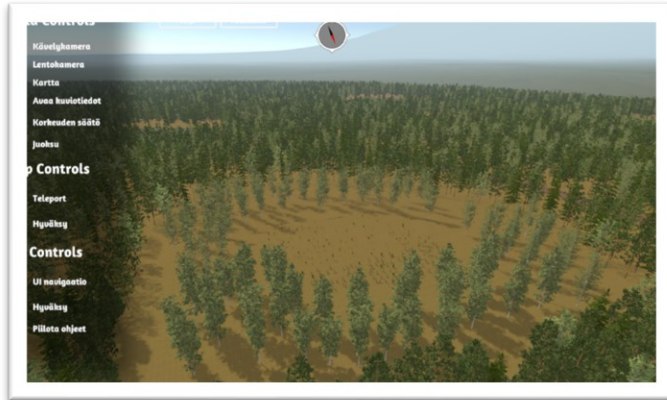
Alla kuvio, jossa visualisoinnissa toimiva puusto. (Kuvio 4)



Kuvio 4. Onnistunut puustotietojen näkymä

Visualisointi

- Visualisointi tehdään, kuten Virtuaalimetsä ohjeessa.
- Toimenpiteiden visualisointiin siirtyminen tapahtuu klikkaamalla käynnistä 3D-visualisointi .
- Jokaiselle vuodelle, joilla on toimenpiteitä, täytyy tehdä SIMO-laskenta, jotta puustotiedot ja hakkuut ajoittuvat oikein. Laskenta kestää toimenpiteistä ja kuvioista riippuen joitain minuutteja.
- Onnistunut pienaukon visualisointi seuraavaksi olevassa kuviossa.



Pienaukko visualisoituna