

# MONITAVOITTEISUUS METSÄSUUNNITTELUSSA JA METSÄNOMISTAJAN NEUVONNASSA

Monitavoitteisen metsätalouden tulevaisuuden neuvontamenetelmät -hanke

Savikuja Joonas

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma  
Metsätalousinsinööri (AMK)

2023

Metsätalouden koulutusohjelma  
Metsätalousinsinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Joonas Savikuja	<b>Vuosi</b>	2023
<b>Ohjaaja</b>	Kari Pasanen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Monitavoitteisen metsätalouden tulevaisuuden neuvontamenetelmät -hanke		
<b>Työn nimi</b>	Monitavoitteisuus metsäsuunnittelussa ja metsänomistajan neuvonnassa		
<b>Sivumäärä</b>	40+2		

---

Tässä opinnäytetyössä laadittiin Monsu-metsäsuunnitteluohjelmistolla vaihtoehtoisia metsäsuunnitelmia monitavoitteiselle metsänomistajalle. Nykyiset metsäneuvonnan menetelmät eivät tarjoa monitavoitteiselle metsänomistajalle riittävästi tietoa eri metsänkäsittelyratkaisujen vaikutuksista. Monitavoitteisen metsätalouden tulevaisuuden neuvontamenetelmät -hankkeen (MetNe) tavoitteena on metsäneuvonnan menetelmien kehittäminen nykypäivän tarpeita vastaaviksi.

Monsu-ohjelmistolla tuotettiin eräälle MetNe-hankkeen testitilalle yksi jatkuvan kasvatuksen suunnitelma ja kaksi vaihtoehtoista jaksollisen kasvatuksen suunnitelmaa. Metsänomistajalle järjestetyssä neuvontatilaisuudessa havainnollistettiin eri metsäsuunnitelmien vaikutuksia talouteen, hiilensidontaan ja puustoon. Metsänomistaja halusi harjoittaa metsässään jatkuvaa kasvatusta, ja hän halusi turvata talouden ja hiilensidonnan samanaikaisesti. Nämä tavoitteet otettiin huomioon ja metsänomistajalle tuotettiin Monsu-ohjelmistolla hänen tavoitteidensa perusteella optimoitu metsäsuunnitelma.

Eri metsäsuunnitelmien vertailemiseksi myös jaksollisen kasvatuksen suunnitelmat optimoitiin samalla tavalla kuin jatkuvan kasvatuksen suunnitelma. Tarkoituksena oli vertailla Monsu-ohjelmiston automaattisesti laatimia suunnitelmia manuaalisesti laadittuihin suunnitelmiin. Lopputuloksesta selvisi, että korkein nykyarvo saataisiin jatkuvalla kasvatuksella, kun suunnitelma optimoidaan talouspainotteisesti. Hiilitase vuorostaan nousi korkeimmaksi, kun jatkuvan kasvatuksen suunnitelmassa painiotettiin hiilitasetta toisena tavoitteena.

Opinnäytetyössä arvioitiin myös Monsu-ohjelmistolla laadittujen metsäsuunnitelmien toteuttamiskelpoisuutta ja ohjelman soveltuvuutta metsänomistajan neuvonnassa. Tuloksista voitiin päätellä, että suurin osa ohjelman ehdottamista toimenpiteistä oli toteuttamiskelpoisia, mutta tiettyjen kuvioiden osalta metsäsuunnitelmiin täytyy tehdä muutoksia ennen hakkuiden toteuttamista. Lopuksi voitiin todeta, että Monsu-ohjelmisto sujuvoittaa metsäammattilaisen ja metsänomistajan välistä vuorovaikutusta ja ohjelmalla laaditut metsäsuunnitelmat voisivat toimia hyvin perinteisen metsäsuunnittelun tukena.

Avainsanat                      digitalisaatio, jatkuva kasvatusta, metsäneuvonta, metsäsuunnittelu, optimointi

Forestry  
Forestry Engineer

---

<b>Author</b>	Joonas Savikuja	<b>Year</b>	2023
<b>Supervisor</b>	Kari Pasanen		
<b>Commissioned by</b>	Future advisory methods for multi-objective forestry.		
<b>Title</b>	Multi-objective forestry planning and forest owner guidance		
<b>Number of pages</b>	40 + 2		

---

The purpose of the thesis was to make alternative forestry plans for a forest owner who had multiple goals with forest ownership. The plans were created with Monsu, a forestry planning software designed for multi-objective planning. Advisory methods that are commonplace in today's forestry do not provide forest owners with enough knowledge regarding how they can reach their multiple goals. The aim of the Future advisory methods for multi-objective forestry project is to develop forest advisory methods that suit today's needs.

Monsu was used to produce one forestry plan with the method continuous cover forestry and two alternative plans with rotation forestry. The different forestry plans and their effects on economy, carbon sequestration, and forest stands were demonstrated to the forest owner with the Monsu software. The forest owner wanted to use the method continuous cover forestry and wanted to preserve carbon sequestration and secure profits from the forest simultaneously. These goals were chosen in Monsu software's optimization, and an optimized forestry plan was created for the forest owner.

To compare the different forestry plans, the plans using rotation forestry were also optimized in the same way as the continuous cover forestry plan. The aim was to compare manually made forestry plans to automatically created plans. The results showed that the highest present value was gained with continuous cover forestry when economy was emphasized. Carbon balance in the forest was highest with continuous cover forestry when carbon balance was emphasized in the optimization.

The realism of Monsu's forestry plans and the software's practicality as an advisory tool were also assessed in the thesis. The results showed that the majority of the forestry operations simulated by the program could be realized, but some changes needed to be made for certain forest stands. Lastly, it was ascertained that the Monsu software makes interaction between a forest owner and a forestry professional more proficient, and the forestry plans created with the program are a good support in traditional forestry planning.

**Keywords** digitalisation, forestry, forestry advisers, optimisation

## SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	5
2 MONITAVOITTEINEN METSÄSUUNNITTELU JA METSÄNEUVONTA.....	7
2.1 Monitavoitteisuus metsäsuunnittelussa.....	7
2.2 Metsäneuvonnan menetelmät nykypäivänä.....	8
2.3 Metsäneuvonnan menetelmien digitalisoituminen .....	10
2.4 Monsu-metsäsuunnitteluohjelmisto.....	11
3 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT .....	15
3.1 MetNe-hankkeen esittely .....	15
3.2 Kohdetilan nykytietojen esittely.....	17
3.3 Vaihtoehtoisten metsäsuunnitelmien manuaalinen laadinta .....	18
4 METSÄNOMISTAJAN NEUVONTATILAISUUS .....	21
4.1 Vaihtoehtoisten metsäsuunnitelmien esittely ja vertailu.....	21
4.2 Metsänomistajan tavoitteet ja metsäsuunnitelman optimointi .....	23
5 METSÄSUUNNITELMIEN ANALYSOINTI .....	25
5.1 Jatkuva kasvatus .....	25
5.2 Jaksollinen kasvatus alaharvennuksin .....	28
5.3 Jaksollinen kasvatus yläharvennuksin .....	32
5.4 Maastokäynnin havainnot .....	33
5.5 Johtopäätökset .....	35
6 POHDINTA .....	36
LÄHDELUETTELO .....	38
LIITTEET .....	40

## 1 JOHDANTO

Monitavoitteisen metsätalouden tulevaisuuden neuvontamenetelmät -hankkeen (myöhemmin MetNe) tavoitteena on uusien keinojen etsiminen metsänomistajien neuvontaan metsäalan muuttuvassa toimintaympäristössä (MetNe-hanke 2022, 1). Vuonna 2019 tehdyn tutkimuksen mukaan yksityismetsien pinta-alasta noin 40 prosenttia oli monitavoitteisesti metsiään hoitavien metsänomistajien omistuksessa (Karppinen, Hänninen & Horne 2020, 29). Monitavoitteinen metsänomistaja voi tavoitella puunmyyntitulojen lisäksi muun muassa luonnontuotteiden tuotantoa ja myös aineettomia hyötyjä, kuten ulkoilumahdollisuuksia ja luonnonhoitoa (Hänninen, Valonen & Haltia, 10).

Metsänhoidon vaihtoehtojen määrä kasvaa, ja nykypäivänä käytettävät metsäneuvonnan menetelmät eivät tarjoa metsänomistajalle riittävästi tietoa eri metsänkäsittelyratkaisujen vaikutuksista (MetNe-hanke 2022, 1). Metsänomistaja 2020 -tutkimuksen mukaan noin puolelta metsänomistajista ei ole edes kysytty, mitä tavoitteita heillä on metsänomistuksensa suhteen (Hänninen ym. 2020, 43). MetNe-hankkeessa pyritään vastaamaan näihin haasteisiin kehittämällä digitalisaation perustuvia neuvontamenetelmiä, joilla voidaan havainnollistaa eri metsänkäsittelyratkaisujen vaikutuksia muun muassa talouteen, hiilensidontaan ja ekosysteemipalveluihin (MetNe-hanke 2022, 3).

Tässä opinnäytetyössä laaditaan Monsu-metsäsuunnitteluohjelmistolla kolme vertailtavaa metsäsuunnitelmaa yhdelle MetNe-hankkeen testitiloista. Tarkoituksena on tuottaa jatkuvan ja jaksollisen kasvatuksen vaikutuksia havainnollistava vertailu metsänomistajalle, joka on päättänyt siirtyä jatkuvaan kasvatukseen tilallaan. Ensimmäisessä suunnitelmassa kaikki hakkuut tehdään jatkuvana kasvatuksena, ja toinen ja kolmas suunnitelma vuorostaan ovat jaksollisen kasvatuksen suunnitelmia. Toisessa suunnitelmassa kasvatushakkuut pyritään tekemään alaharvennuksina ja kolmannessa yläharvennuksina. Suunnitelmat on laadittu 40 vuoden ajanjaksolle alkaen vuodesta 2023. Vaihtoehtoisten suunnitelmien vertailu antaa MetNe-hankkeelle tietoa monitavoitteisen metsänomistajan neuvonnassa käytettävien menetelmien ja aineistojen kehittämistarpeista.

Opinnäytetyössä pohditaan myös Monsun tuottamien laskelmien realistisuutta vertailemalla käyttäjän manuaalisesti laatimia suunnitelmia Monsu-ohjelmiston automaattisesti optimoimiin suunnitelmiin. Sen lisäksi Monsun ehdottamia toimenpiteitä arvioidaan kohdetilan maastokäynnin havaintojen perusteella. Lopuksi Monsu-ohjelmiston soveltuvuutta metsäneuvonnan työkaluna arvioidaan metsänomistajan neuvontatilaisuudesta saatujen tietojen pohjalta.

## 2 MONITAVOITTEINEN METSÄSUUNNITTELU JA METSÄNEUVONTA

### 2.1 Monitavoitteisuus metsäsuunnittelussa

Metsäsuunnittelun tarkoitus on tuottaa päätöksentekoa tukevaa tietoa, jonka avulla metsästä saadaan tuotettua metsänomistajalle maksimaalinen hyöty. Metsäsuunnitelmassa havainnollistetaan metsän tulevaisuuden kehitystä ja ehdotetaan metsänomistajalle toimenpiteitä eri tavoitteiden saavuttamiseksi. Metsäammattilainen laatii metsäsuunnitelman, ja metsänomistaja tekee metsäänsä koskevat päätökset suunnitelmaan tukeutuen. (Niemi, Mäkinen, Viitala & Lumperoinen 2020, 11, 17.)

Metsänomistajalla voi olla useita eri tavoitteita metsänomisuksessaan ja moni metsänomistaja voi priorisoida puunmyyntitulojen lisäksi jotain muuta metsästä saatavaa hyötyä. Tällaisia metsänomistajia kutsutaan monitavoitteisiksi metsänomistajiksi. Aineellisia hyötyjä voivat olla luonnontuotteet, kuten marjat ja sienet tai pakuri ja kuusenkerkät. Aineettomia hyötyjä ovat muun muassa metsän virkistysarvo, luonnon- ja maisemansuojelu sekä hiilensidonnän turvaaminen. (Karpinen ym. 2020, 17.)

Monitavoitteisen metsäsuunnittelun yksi haaste on eri tavoitteiden yhteensovittaminen. Esimerkiksi puunmyyntitulojen saanti ja luontoarvojen turvaaminen voivat usein olla ristiriitaisia tavoitteita. Monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun kuuluu metsänomistajan tavoitteiden perusteellinen selvittäminen, jotta suunnittelussa voidaan priorisoida eri tavoitteita hänelle sopivilla painotuksilla. Näin pystytään optimointilaskelmia hyödyntäen tuottamaan metsänomistajalle mahdollisimman paljon erilaisia hyötyjä samanaikaisesti, vaikka kompromisseja joudutaankin tekemään eri tavoitteiden välillä. (Niemi ym. 2020, 17.) Optimointilaskelmilla voidaan siis etsiä metsänomistajalle paras metsänkäsittelyratkaisu useamman vaihtoehdon joukosta, ja laskelmat tehdään yleensä metsäsuunnitteluohjelmistoilla (Niemi ym. 2020, 51).

Monitavoitteisen metsäsuunnittelun tarvetta lisäsi entisestään vuoden 2014 metsälain uudistus, jonka myötä jatkuvapeitteinen kasvatus sallittiin. Jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa metsään tehdään avohakkuiden sijaan harvennuksia ja pienaukkohakkuita säännöllisin väliajoin, mikä mahdollistaa alikasvospuuston ja taimien kehittymisen. (Horne, Karppinen, Korhonen & Koskela 2020, 7, 10.) Metsänomistaja 2020 -tutkimuksen mukaan noin neljäsosa kyselyn vastaajista oli siirtynyt jatkuvaan kasvatukseen osassa tai kaikissa metsissään (Hänninen ym. 2020, 55).

Jatkuvaan kasvatukseen siirtyminen voi olla metsänomistajalle toimiva kompromissi, jos hän haluaa turvata metsästä saatavan tulovirran ja esimerkiksi korkean hiilensidonnan samanaikaisesti (Horne ym. 2020, 10). Jatkuvan kasvatuksen yleistymisestä metsäsuunnittelussa voisi olla hyötyä suuremmassakin mittakaavassa, koska yksi valtamenetelmä metsänhoitoon ei riitä turvaamaan uhanalaisten lajien selviytymistä ja luonnon monimuotoisuutta. Useamman metsänhoitomenetelmän yleistyminen lisäisi monimuotoisuutta metsien rakenteissa ja sitä kautta tukisi monitavoitteisuutta metsätaloudessa. (Eyvindson ym. 2020, 4.)

Metsänomistaja 2020 -tutkimuksen mukaan useat metsänomistajat katsoivat jatkuvan kasvatuksen hyödyttävän tiettyjä eliölajeja, mutta olivat epäleväisiä sen taloudellisen kannattavuuden suhteen (Horne ym. 2020, 4). Kaupungistumisen myötä metsän merkitys tulon lähteenä on kuitenkin vähentynyt ja metsänomistajan side omaan metsään heikentynyt, minkä takia sen tarjoamia mahdollisuuksia ei välttämättä tunneta (Niemi ym. 2020, 11). Jatkuva kasvatus on monelle metsänomistajalle uusi ja tuntematon asia, koska sen tuloksista ei ole vielä saatu riittävästi tietoa. Tässä opinnäytetyössä yhtenä pyrkimyksenä oli lisätä metsänomistajan tietoisuutta jatkuvan ja jaksollisen kasvatuksen vaikutusten eroista ja tuottaa tietoa siitä, miten jatkuva kasvatus voisi auttaa monipuolisten tavoitteiden saavuttamisessa.

## 2.2 Metsäneuvonnan menetelmät nykypäivänä

Metsäneuvonnalla tarkoitetaan mitä tahansa metsänomistajalle annettavaa metsänomistukseen liittyvää neuvontaa. Metsänomistaja 2020 -tutkimuksen mukaan



noin neljäsosa metsänomistajista teki metsiään koskevat päätökset täysin itsenäisesti. Tämä tarkoittaa, että valtaosa metsänomistajista haluaa saada metsäneuvontaa metsäammattilaiselta. Kuitenkin vain viidesosa vastaajista halusi delegoida päätöksenteon kokonaan metsäammattilaiselle, eli suurin osa haluaa käyttää ammattilaisten neuvontaa oman päätöksenteon tukena. (Hänninen ym. 2020, 3.)

Nykyajan metsäneuvonta perustuu laajalti metsäammattilaisen valistuneisiin näkemyksiin ja metsänhoidon suosituksiin, minkä takia tasaikäismetsätalous on edelleen metsänomistajalle tarjottavista vaihtoehdoista eniten esillä. Metsäammattilaiset eivät myöskään aina tavoittele metsäsuunnitelman optimointia metsänomistajan eri tavoitteisiin perustuen. (Niemi ym. 2020, 14.) Tutkimuksessa noin puolelta metsänomistajista ei ole kysytty heidän metsänomistuksensa tavoitteita, ja neuvontaa saaneista metsänomistajista vain noin puolelle oli kerrottu jatkuvasta kasvatuksesta, vaikka moni metsänomistaja haluaisi vaihtoehtoja nykyiselle valtamenetelmälle (Hänninen ym. 2020, 3, 43, 55).

Metsäammattilaisen suosituksiin tai metsänomistajan omiin näkemyksiin perustuva päätöksenteko kuitenkin riittää useimmissa tapauksissa täyttämään tarpeet ja saavuttamaan tavoitteet pienillä ja keskisuurilla metsätiloilla. Tämän takia tarkempia optimointilaskelmia ei usein koeta siihen kuluvan rahan ja vaivan arvoiksi. Nykypäivänä tarkempia optimointilaskelmia käytetään lähinnä suurmetsänomistajien metsissä, joihin liittyy useita eri ristiriitoja ja sidosryhmiä. Tällaisia voivat olla esimerkiksi kaupunkien, kuntien tai valtion metsät. (Niemi ym. 2020, 29, 30.)

Metsäalan toimintaympäristö on kuitenkin muuttumassa, ja moni asia viittaa siihen, että monitavoitteiselle ja metsänomistajaa enemmän osallistavalle metsäsuunnittelulle on enemmän kysyntää tulevaisuudessa. Ilmaston lämpeneminen ja sen mukana tuomat riskit pakottavat metsäalan ammattilaiset miettimään uusia toimintamalleja metsätalouden turvaamiseksi. Tulevaisuudessa esimerkiksi hiihensidonnain turvaamisella on yhä tärkeämpi merkitys ilmastonmuutoksen torjunnassa, ja yhä useampi metsänomistaja on kiinnostunut metsien aineettomien

hyötyjen kaupallistamisesta. (Niemi ym. 2020, 11.) Sen lisäksi yhä useampi metsänomistaja asuu kaupungissa kaukana metsästään, joten neuvontamenetelmiä täytyy kehittää etäneuvontaan soveltuviksi (MetNe-hanke 2022, 1). Seuraavissa luvuissa käsitellään metsäneuvonnan menetelmien digitalisoitumista ja eri ohjelmistojen hyödyntämistä monitavoitteisessa metsäsuunnittelussa.

### 2.3 Metsäneuvonnan menetelmien digitalisoituminen

Metsäalan toimintaympäristön muuttuminen on pakottanut metsäammattilaiset mukauttamaan neuvontamenetelmiään enemmän nykypäivän tarpeita vastaaviksi. Esimerkiksi Tapio Oy:n laatimia metsänhoidon suosituksia päivitetään paremmin monitavoitteista metsätaloutta tukeviksi, ja suositusten digitalisointia on edistetty huomattavasti viime vuosina. Metsänhoidon suosituksiin on viime vuosina päivitetty tietoa muun muassa jatkuvasta kasvatuksesta, metsien suojelusta ja metsänomistajan tavoitteiden painottamisesta. (Maa- ja metsätalousministeriö 2023.) Päivitettyjä suosituksia voi käyttää metsäneuvonnassa esimerkiksi metsäsuunnitelman laadinnan tai puukaupan yhteydessä eri metsänkäsittelyvaihtoehtoja vertailemalla.

Metsänhoidon suositukset ovat metsänomistajien käytettävissä myös Etapio-sovelluksessa, joka monitavoiteoptimointia hyödyntäen etsii metsänomistajan tarpeita parhaiten palvelevat metsänkäsittelyvaihtoehdot (DigiTapio Oy 2021). Digitaalisten metsäomaisuuden hallintaohjelmistojen käyttö ei kuitenkaan ole vielä kovin yleistä metsänomistajien keskuudessa. Ainoa metsänomistajien laajasti käytössä oleva digitaalinen palvelu on Suomen metsäkeskuksen kehittämä Metsään.fi-palvelu, jossa metsänomistaja saa avoimeen metsävaratietoon perustuvia toimenpide-ehdotuksia metsätiloilleen. (Hänninen ym. 2020, 17, 54.) Metsään.fi-palvelun ehdotukset perustuvat kuitenkin enimmäkseen kaukokartoituspohjaiseen tietoon ja metsäammattilaisen täytyy tarkistaa tietojen paikkansapitävyys maastossa ennen hakkuutöiden aloittamista (Valonen ym. 2019, 45).

Vastauksena näihin haasteisiin metsäalan toimijat ovat toteuttaneet useita kehittämishankkeita, joissa tavoitteena on ollut digitaalisten ja metsänomistajaa osallistavien metsäneuvonnan menetelmien kehittäminen. Yksi tällaisen hankkeen

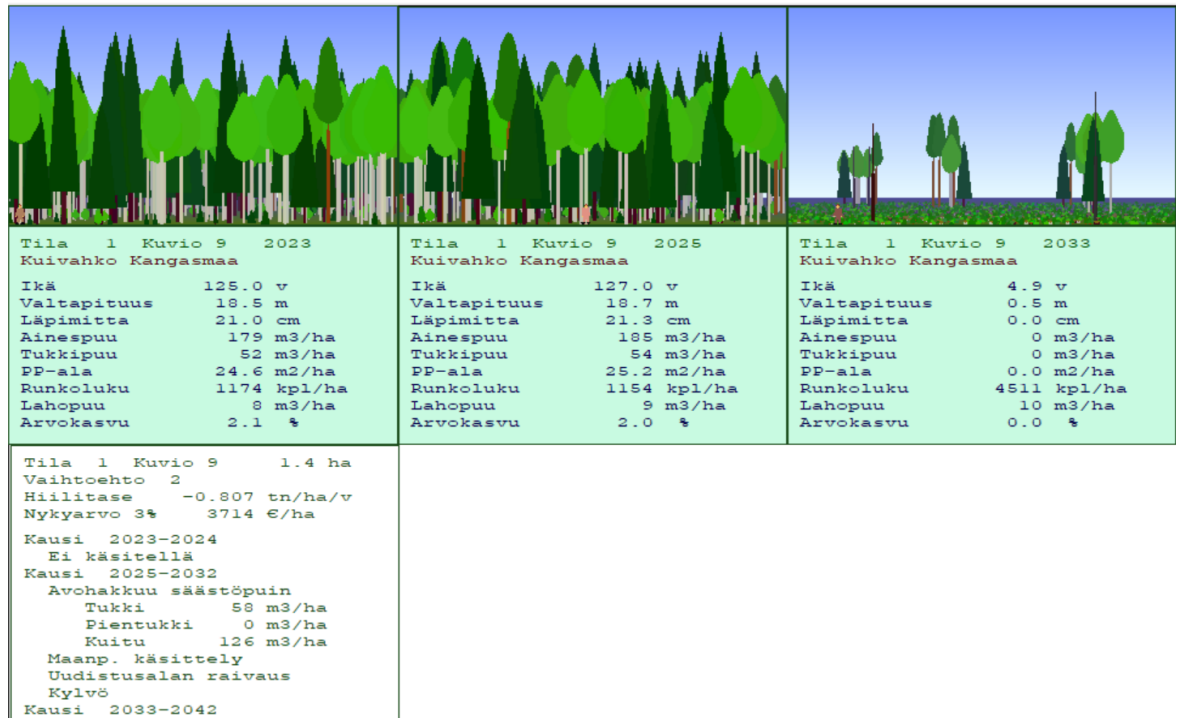
tulos on metsäammattilaisten ja videopelitekniikan yhteistyönä kehitetty Virtuaalimetsä-sovellus, jolla voidaan havainnollistaa avoimia metsävaratietoja ja erilaisia toimenpiteitä metsässä kolmiulotteisessa näkymässä. Virtuaalimetsä-sovelluksessa käyttäjä voi tehdä metsään erilaisia toimenpiteitä, kuten hakkuita, ja sovellus auttaa havainnollistamaan, miten hakkuu vaikuttaa maisemaan. Sovellus sopii hyvin esimerkiksi metsäammattilaisen ja metsänomistajan väliseen etäyhteydellä tapahtuvaan neuvontatilaisuuteen, sillä sovelluksen avulla metsänomistaja pääsee näkemään hakkuun vaikutukset metsässään etukäteen. (Pöllänen & Niemi 2020.)

Yleisempiä metsäammattilaisten metsäneuvonnassa käyttämiä ohjelmistoja ovat muun muassa Simosol Oy:n kehittämä Iptim-metsäsuunnitteluohjelmisto sekä Timo Pukkalan Monsu-metsäsuunnitteluohjelmisto. Nämä ohjelmat ovat monitavoiteoptimointia tekeviä metsäsuunnitteluohjelmistoja, ja niiden käyttämät laskentamenetelmät perustuvat simulointiin ja optimointiin. Simulointi tuottaa valitulle metsälle joukon metsänkäsittelyvaihtoehtoja toimenpideyksiköittäin, ja optimointi valitsee sen vaihtoehdon, joka metsänomistajan tavoitteisiin perustuen tuottaa maksimaalisen hyödyn. Ohjelmat on kehitetty monitavoitteisten metsäsuunnitelmien laatimiseen ja vuorovaikutteiseen metsäneuvontaan. (Niemi ym. 2020, 43.)

Opinnäytetyön seuraavassa luvussa Monsu-ohjelmiston toiminnallisuudet ja toimintaperiaatteet on esitelty tarkemmin. Myöhemmissä luvuissa käsitellään ohjelmalla laadittuja vaihtoehtoisia metsäsuunnitelmia.

#### 2.4 Monsu-metsäsuunnitteluohjelmisto

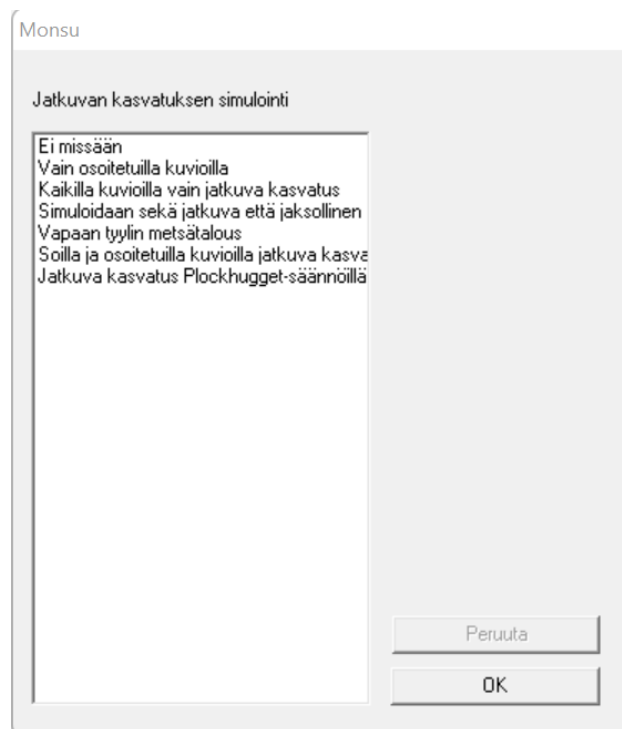
Monsu-metsäsuunnitteluohjelmisto on kehitetty vuorovaikutteiseen ja monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun (Pukkala 2021). Monsun avulla metsäammattilainen voi optimoida metsäsuunnitelman metsänomistajan tavoitteiden mukaisesti, ja helppotajuisen käyttöliittymän ansiosta eri toimenpiteitä ja niiden vaikutuksia voidaan havainnollistaa metsänomistajalle (kuvio 1).



Kuvio 1. Avohakkuun havainnollistaminen Monsu-ohjelmistossa (Pukkala 2021)

Monsussa metsäsuunnitelman koostaminen aloitetaan tuomalla käsiteltävän metsälön puustotiedot ohjelmaan. Kun puustotiedot on tuotu, ohjelma aloittaa puuston nykytietojen laskennan. Tällöin Monsu luo jokaiselle kuviolle yksitellen niin sanotut kuvauspuut eli joukon puita, jotka vastaavat puulaji- ja kokojakaumaltaan kuvion todellista puustoa. Kuvauspuiden avulla Monsu laskee ja havainnollistaa puiden kasvun pitkälle tulevaisuuteen erinäisiä kasvumalleja ja laskukavaoja käyttäen. (Pukkala 2021.) Kasvumalleina Monsu käyttää pääasiallisesti Pukkalan, Vauhkosen, Korhosen ja Packalenin (2021, 334) kehittämiä malleja, jotka ennustavat myös alikasvoksen kehitystä.

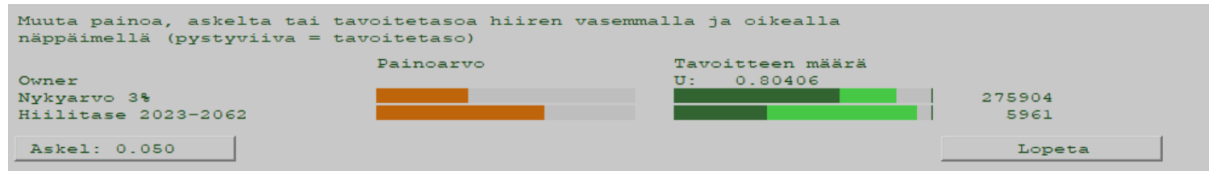
Seuraavaksi käyttäjä voi asettaa haluamansa parametrit, joita käytetään simuloinnissa. Asetettavia parametreja ovat muun muassa puutavaralajien hinnat, minimiläpimitat ja -pituudet sekä metsänhoitotoimenpiteiden kustannukset. Parametrien asettaminen vaikuttaa Monsun tuottamissa simuloinneissa muun muassa hakkuista saataviin nettotuloihin ja hakkuukertymiin. (Pukkala 2021.) Kun muut parametrit on asetettu, käyttäjä voi valita haluamansa metsänhoitomenetelmän (kuvio 2). Jos metsänhoitomenetelmäksi valitaan jaksollinen kasvatus, on myös valittava, haluaako tehdä harvennukset ylä-, tasa- vai alaharvennuksina.



Kuvio 2. Monsu-ohjelmiston vaihtoehtoiset metsänhoitomenetelmät (Pukkala 2021)

Parametrien asettamisen jälkeen voidaan siirtyä käsittelyvaihtoehtojen simulointiin. Simuloinnissa Monsu määrittää jokaiselle kuviolle joukon erilaisia käsittelyvaihtoehtoja käyttäjän asettamien parametrien mukaisesti. Simuloinnin valmistuttua käyttäjä voi halutessaan käydä läpi kuviolle ehdotettuja toimenpideohjelmia ja kieltää tai sallia eri toimenpiteitä sekä lisätä omia toimenpiteitään kuviolle. Tällä tavoin käyttäjä voi koostaa suunnitelman myös manuaalisesti. (Pukkala 2021.)

Kun jokaiselle kuviolle on simuloitu joukko toimenpidevaihtoehtoja, voidaan siirtyä tavoitteenasetteluun. Tässä kohdassa käyttäjä voi määrittää tavoitteet metsänomistajan toiveiden mukaisesti, ja lopuksi eri tavoitteiden painotuksenkin voi säätää metsänomistajan haluamalla tavalla (kuvio 3). Tämän jälkeen Monsun optimointi valitsee jokaiselle metsikkökuviolle simuloitujen toimenpidevaihtoehtojen joukosta tavoitteisiin ja niiden painotuksiin parhaiten sopivat vaihtoehdot. (Pukkala 2021.)



Kuvio 3. Optimointi ja tavoitteiden painotus Monsu-ohjelmistossa (Pukkala 2021)

Optimoinnin jälkeen voidaan siirtyä metsäsuunnitelman koostamiseen ja tulosten tarkasteluun (Pukkala 2021). Monsu-ohjelmistolla voi esittää metsäsuunnitelmia ja niiden laskelmia tekstitiedostoina tai erinäisillä taulukoilla ja kaavioilla.

### 3 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

#### 3.1 MetNe-hankkeen esittely

MetNe-hankkeen tavoitteena on uusien keinojen etsiminen metsänomistajien neuvontaan metsäalan muuttuvassa toimintaympäristössä. Hanke on Lapin ammattikorkeakoulun hallinnoima, ja lisäksi hankkeen toteutukseen osallistuvat Suomen metsäkeskus, Tapio Oy ja Luonnonvarakeskus. (Lapin ammattikorkeakoulu 2021.)

Hankkeessa keskitytään lähinnä digitalisaatioon perustuvien neuvontamenetelmien ja -aineistojen kehittämiseen, koska nykypäivänä suuri osa metsäneuvonnasta tapahtuu etäyhteyksien välityksellä. Sen lisäksi monitavoitteisuuden lisääntyminen metsätaloudessa on lisännyt tarvetta esittää tietoa metsänomistajalle ymmärrettävässä ja havainnollistavassa muodossa. Nykypäivänä tarjottavat metsäneuvonnan menetelmät eivät tarjoa metsänomistajalle riittävästi tietoa monipuolisten tavoitteiden saavuttamiseen metsässään. Sen lisäksi eri toimenpiteiden vaikutusten havainnollistamista täytyy kehittää paremmin nykypäivän tarpeita vastaaviksi. (MetNe -hanke 2022, 2.)

Erinäisten ohjelmistojen avulla eri metsänkäsittelyvaihtoehtojen vaikutuksia on helpompi vertailla, ja metsänomistaja saa hyödyllistä tietoa päätöksenteon tueksi, mikä auttaa eri tavoitteiden saavuttamisessa. Digitaalisten ja havainnollistavien neuvontamenetelmien yleistyminen olisi niin metsäammattilaisten kuin myös metsänomistajien etu, sillä se sujuvoittaisi kommunikointia ja johtaisi metsänomistajan tarpeita paremmin palveleviin metsänkäsittelyratkaisuihin. (MetNe -hanke 2022, 1,2.)

Hankkeessa vertaillaan esimerkiksi jaksollisen ja jatkuvan kasvatuksen vaikutuksia puuntuotantoon, ekosysteemipalveluihin, hiilensidontaan ja yleiseen kannattavuuteen. Myös metsänomistajan ylisukupolviset tavoitteet otetaan huomioon suunnitelmien laadinnassa. Eri vaihtoehtojen vaikutuksia yksittäisiin metsiköihin

havainnollistetaan ainakin Hakkuri- ja OpeMotti-ohjelmilla, ja tilatason metsäsuunnitelmia havainnollistetaan ainakin Etapio- ja Monsu-metsäsuunnitteluohjelmilla. (MetNe -hanke 2022, 3, 5.)

Hankkeessa tuotetaan metsäsuunnitteluohjelmilla havainnollistavia metsänkäsittelyratkaisujen vertailuja, joita esitellään metsänomistajille järjestetyissä neuvonnan testitilaisuuksissa. Testitiloiksi on valittu todellisia tiloja eri puolilta Suomea. Tavoitteena on tuottaa havainnollistavia vertailuja eri metsänkäsittelyratkaisujen vaikutuksista kuviotasolla, ja tilatasolla laaditaan esimerkiksi kolme erilaista metsäsuunnitelmaa yhdelle tilalle. Tilaisuuksien tarkoitus on tuottaa tietoa metsäneuvonnan menetelmien ja aineistojen kehitystarpeita metsänomistajilta saadun palautteen pohjalta. (MetNe -hanke 2022, 5, 8.) Tässä opinnäytetyössä Monsu-metsäsuunnitteluohjelmistolla tuotettuja laskelmia esiteltiin kohdetilan jatkuvaan kasvatukseen siirtyneelle metsänomistajalle erikseen järjestetyssä neuvontatilaisuudessa. Metsänomistajalta saadun palautteen pohjalta Monsu-ohjelmistolla pystyttiin laatimaan hänen tavoitteidensa perusteella optimoitu suunnitelma.

MetNe-hankkeessa pyritään vastaamaan näihin tutkimuskysymyksiin:

1. Millaisia neuvonnan menetelmiä, aineistoja ja sovelluksia tarvitaan nykyhetken ja tulevaisuuden lähi- ja etäneuvontatilanteissa?
2. Millä tavalla paikkatietoaineistoja ja metsänkäsittelyratkaisuja tulee visualisoida metsänomistajan eri tavoitteiden toteutumisen ja neuvontapalvelun käyttökokemuksen parantamiseksi?
3. Miten metsäneuvonnassa voidaan vastata monitavoitteisen metsänomistajan tavoitteisiin ja miten vaihtoehtojen vertailua voidaan kehittää päätöksenteon tukena?
4. Millaisia tulevaisuuden näkymiä ja kehittämistarpeita on monitavoitteisten metsänomistajien neuvonnan menetelmissä ja niitä tukevissa aineistoissa? (Pöllänen & Välimäki 2022.)



### 3.2 Kohdetilan nykytietojen esittely

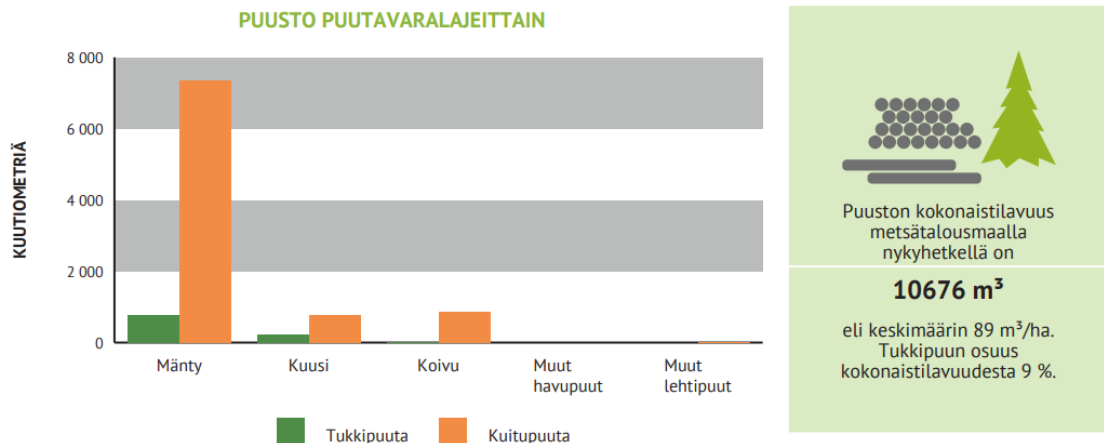
Kohdetilaksi tähän opinnäytetyöhön valittiin Etelä-Lapissa sijaitseva metsätila. Tilan pinta-ala on yhteensä noin 109 hehtaaria, josta suurin osa on nuorta kasvatusemetsää (taulukko 1). Metsämaasta turvemaiden osuus on noin 32 prosenttia.

Taulukko 1. Kehitysluokkien pinta-alat

Kehitysvaihe	Pinta-ala ha	Ainespuu m <sup>3</sup>	Tukkipuu m <sup>3</sup>	Pientukki m <sup>3</sup>	Kuitupuu m <sup>3</sup>
02 Nuori kasvatusmetsä	58.0	5494	141	584	4088
03 Varttunut kasvatusm	16.4	2528	525	280	1593
04 Uudistuskypsä metsä	9.7	1041	299	66	615
E1 Nuori erirakenteine	2.4	303	7	92	186
Metsämaa	86.5	9366	971	1022	6482
Kitumaa	18.0	330	0	0	140
Joutomaa	4.8	0	0	0	0
<b>Yhteensä</b>	<b>109.3</b>	<b>9696</b>	<b>971</b>	<b>1022</b>	<b>6622</b>

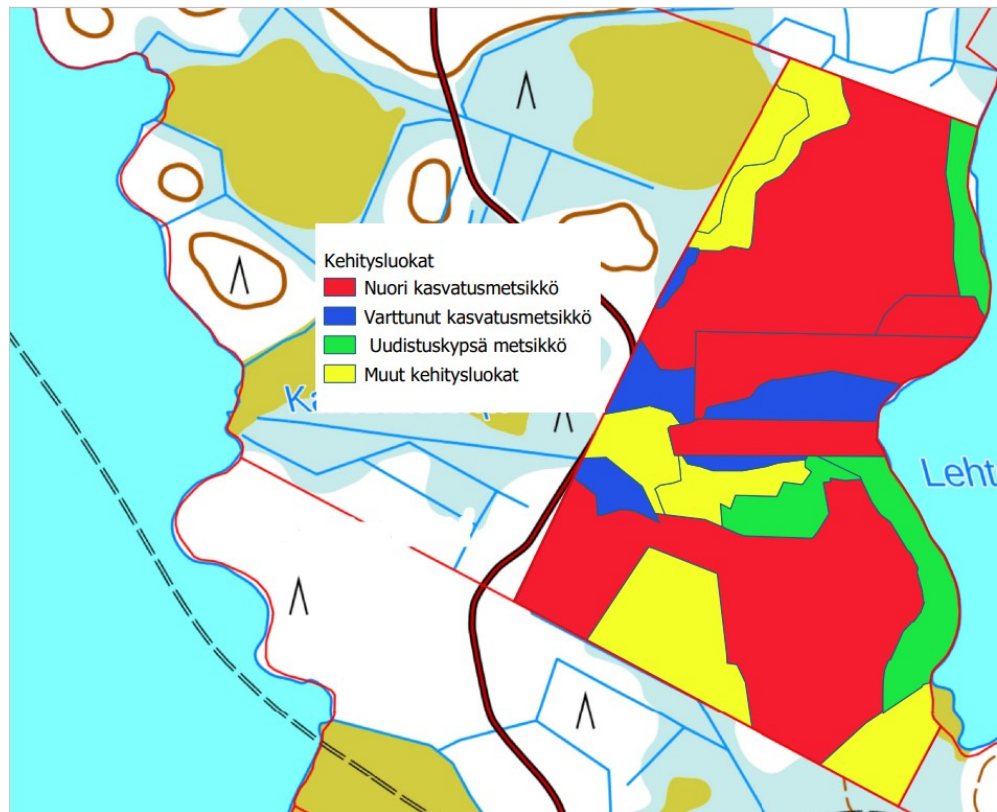
Selkeästi suurin osa metsiköistä on männiköitä (kuvio 4). Nuoren kasvatusmetsän suuren osuuden takia suurin osa puutavarasta on nykyhetkellä kuitua, minkä takia suurin osa hakkuista ajoittuu myöhemmille suunnittelukausille opinnäytetyöni metsäsuunnitelmissa.

#### PUUSTOTIETOJEN YHTEENVETO NYKYHETKELLÄ



Kuvio 4. Puu- ja tavaralajijakaumat (DigiTapio Oy 2023)

Metsätilan omistaja on tehnyt päätöksen jatkuvaan kasvatukseen siirtymisestä, koska hän haluaa hyödyntää tilaa metsämatkailukohteena, ja näin ollen hakkuutulot eivät ole hänen metsänomistuksensa ainoa tavoite. Sen lisäksi jatkuvalla kasvatuksella metsä saadaan säilytettyä peitteisenä, mikä lisää metsän vetovoimaisuutta matkailukohteena. Esimerkiksi metsänomistaja halusi välttää hakkuita ranta-alueiden vanhoissa metsissä virkistysarvon säilyttämiseksi (kuvio 5).



Kuvio 5. Kohdetilan eteläpuoleinen palsta ja kehitysluokat kartalla

### 3.3 Vaihtoehtoisten metsäsuunnitelmien manuaalinen laadinta

Metsänomistajalle laadittiin kolme vertailtavaa metsäsuunnitelmaa hänen metsätilalleen:

1. jatkuva kasvatus, ei avohakkuita
2. jaksollisen kasvatus, kasvatushakkuut alaharvennuksina
3. jaksollinen kasvatus, kasvatushakkuut yläharvennuksina.

Kävin yksitellen läpi Monsun automaattisesti luomat käsittelyvaihtoehdot, jotka ohjelma simuloi asettamieni parametrien mukaan ja valitsin niistä omasta mielestäni parhaan. Tällä tavoin pystyin koostamaan metsäsuunnitelmat manuaalisesti. Jatkuva kasvatus oli lähtökohtana opinnäytetyön metsäsuunnitelmien laadinnassa. Jaksollisen kasvatuksen suunnitelmien laadinnan tarkoituksena oli tuottaa metsänomistajalle tietoa siitä, mitä hän voittaa tai vastaavasti häviää jatkuvaan kasvatukseen siirtyessään.

Aloitin suunnitelmien laadinnan tuomalla kohdetilan puustotiedot Monsuun ForesKit-ohjelmasta. Puustotiedot olivat pääosin maastossa inventoituja tietoja, jotka sisälsivät myös alempien puustojaksojen tiedot. Näistä oli hyötyä erityisesti jatkuvan kasvatuksen suunnitelman laatimisessa, koska tietojen avulla Monsu pystyi simuloimaan alikasvoksen kehitystä.

Ennen simulointien aloittamista asetin ohjelmaan tarvittavat parametrit. Ensimmäiseksi syötin kantohinnat ja tienvarsihinnat Metsälehdessä ajantasaisen puunhintataulukon mukaisesti (Metsälehti 2023). Monsussa ei voi asettaa harvennus- ja päätehakkuun hintoja erikseen, joten käytin kaikille puutavaralajeille harvennushakkuuhintoja, sillä suurin osa suunnitelmien hakkuista oli harvennushakkuista. Seuraavaksi rajasin koivutukin pois hakkuukertymistä, koska Lapissa koivua ei juurikaan tehdä tukiksi. Näin hakkuukertymät ja nettotulot saatiin realistisemmiksi.

Simuloinnissa käytin viittä (5) suunnittelukautta. Ensimmäinen kausi oli kaksi vuotta, toinen kahdeksan ja viimeiset kolme kautta kymmenen vuotta pitkiä. Kun ensimmäiset kaudet ovat lyhyempiä, tuloksissa saadaan tarkempaa tietoa lähitulevaisuudessa saatavista hakkuutulosta.

Simuloinnin jälkeen otin tavoitteeksi nettotulojen nykyarvon maksimoinnin kolmen prosentin korkokannalla. Tarkoituksena oli selvittää metsätalon puuntuotantopotentiaalia. Nettotulojen nykyarvo kertoo tulevaisuudessa saatavan tulon arvon nykyhetken rahassa. Euro tänään on arvokkaampi kuin euro huomenna muun muassa inflaation ja pääomamarkkinoiden korkomuutosten takia. Nykyarvolaskelmia tehdään metsätaloudessa, jotta eri ajanhetkinä saadut tulot olisivat

keskenään vertailukelpoisia. (Niemi ym. 2020, 9, 10.) Monsu-ohjelmistossa nettotulojen nykyarvo kertoo siis metsänomistajalle hänen metsänsä arvon sisältäen tulevaisuuden hakkuutulot ja myös suunnittelukausien lopulla jäljelle jäävän metsän tai paljaan maan tuottoarvon ennusteen Pukkalan (2021) tuottoarvomallien mukaisesti.

Koostin metsäsuunnitelmat manuaalisesti, koska niitä oli tarkoitus käyttää todellisen metsänomistajan neuvonnassa, ja siksi halusin laskelmien olevan mahdollisimman realistisia. Kävin yksitellen läpi jokaisen Monsun ehdottaman toimenpidevaihtoehdon kullekin kuviolle. Valitsin aina korkeimman nykyarvon antavan toimenpideohjelman, joka oli kuitenkin realistinen. Simuloiduista vaihtoehdoista korkeimman nykyarvon antava oli usein epärealistinen useasta syystä. Useimmiten syynä olivat liian suuret hakkuukertymät suhteessa kuvion nykypuustoon tai liian varhaiset päätehakkuut.

Vaihtoehtoja valitessani käytin muutamaa sääntöä, jotka on lueteltu alla:

1. Harvennus tehdään vain leimausrajan tullessa vastaan, jotta metsää ei hakata liian harvaksi, ja saadaan riittävän suuret hakkuukertymät.
2. Pohjapinta-alaa ei päästetä yli 30 m<sup>2</sup>, koska liian tiheä kasvatusasento aiheuttaa puuston kitumista.
3. Alle 80-vuotiaissa hyväkasvuisissa metsiköissä ei tehdä päätehakkuuta, koska metsän arvokasvua ei kannata haaskata.

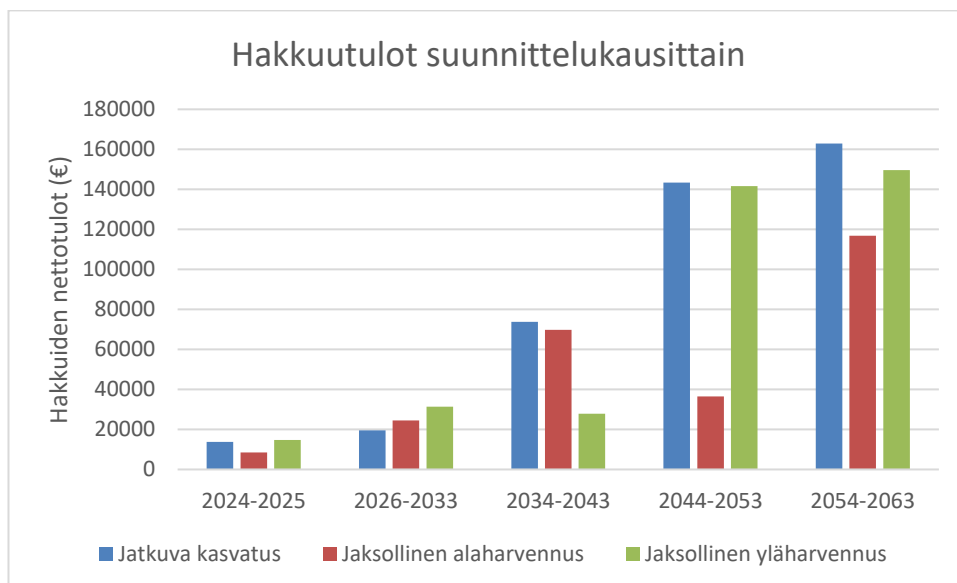
## 4 METSÄNOMISTAJAN NEUVONTATILAISUUS

Esittelin laatimiani vaihtoehtoisia metsäsuunnitelmia kohdetilan metsänomistajalle MetNe-hankkeeseen liittyvässä neuvontatilaisuudessa, joka järjestettiin 6.2.2023. Tilaisuus järjestettiin etäyhteydellä Microsoft Teamsissa. Neuvontatilaisuudessa käytin PowerPoint-ohjelmaa ja Monsu-ohjelmistosta saatavia metsäsuunnitelmia ja kaavioita aineistoina eri metsänkäsittelyratkaisujen vaikutusten havainnollistamisessa.

Vertailtavia muuttujia metsäsuunnitelmien välillä olivat nykyarvo kolmen prosentin korkokannalla, hakkuutulot, hakkuukertymät, kokonaispuuston kehitys ja metsän hiilitase. Seuraavissa luvuissa esitellään metsänomistajan neuvontatilaisuudessa käytetyt laskelmat ja aineistot sekä metsäsuunnitelman optimointi metsänomistajan tavoitteiden perusteella.

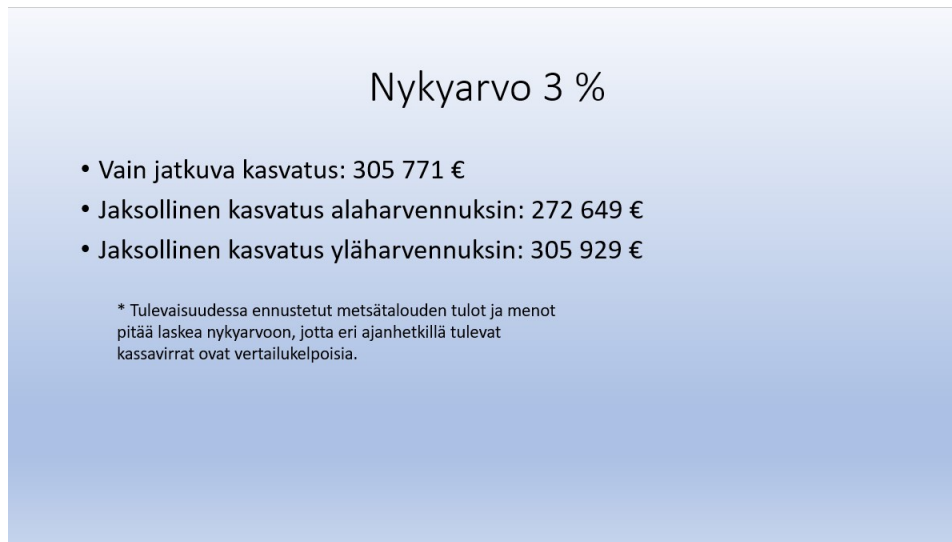
### 4.1 Vaihtoehtoisten metsäsuunnitelmien esittely ja vertailu

Aloitin tilaisuuden esittelemällä metsänomistajalle 40 vuoden aikana saatavat hakkuiden nettotulot ja vertailin niiden suuruutta eri suunnitelmien välillä. Monsu-ohjelmistosta ei pysty tulostamaan minkäänlaista kaaviota hakkuutuloista, joten tein Excel-ohjelmalla pylväsdiagrammin havainnollistaakseni nettotulojen eroja suunnitelmien välillä (kuvio 6).



Kuvio 6. Eri suunnitelmien hakkuutulot kaikilla suunnittelukausilla

Seuraavaksi esittelin eri metsäsuunnitelmien antaman netto nykyarvon kolmen prosentin korkokannalla. Tässä katsoin parhaaksi käyttää PowerPoint-ohjelmaa (kuvio 7). Tässä kohtaa selitin myös metsänomistajalle, mitä metsätilan nykyarvo käytännössä tarkoittaa.



Kuvio 7. Metsätilan nykyarvo kolmen prosentin korkokannalla kaikissa metsäsuunnitelmissa

Metsänomistaja halusi hyödyntää metsätilaansa metsämatkailukohteena, joten halusin havainnollistaa myös kokonaisuuston kehitystä, sillä se vaikuttaa metsän virkistysarvoon. Tulostin kaaviot Monsu-ohjelmistosta ja lisäsin ne PowerPoint-dialle vertaillakseni eroja suunnitelmien välillä (Liite 1). Asetin eri suunnitelmien pylväsdiagrammit vierekkäin havainnollistamisen helpottamiseksi.

Kokonaisuuston kehityksessä oli havaittavissa nopeita laskuja puuston määrässä. Tämän takia halusin selittää niitä metsänomistajalle havainnollistamalla hakkuukertymiä eri ajankohtina (Liite 2). Tässäkin asetin pylväsdiagrammit rinnakkain.

MetNe -hankkeessa yhtenä tavoitteena on vertailla jatkuvan ja jaksollisen kasvatuksen vaikutuksia metsän hiilensidontaan (MetNe-hanke 2022, 11). Tämän takia halusin esitellä myös eri suunnitelmien vaikutuksia metsätilan hiilitaseeseen. Lu-

vut sain Monsusta ja tein taulukon PowerPointilla havainnollistamisen helpottamiseksi (Taulukko 2). Hiilitase saadaan laskemalla puustoon ja maaperään sitoutuneen hiilen summa, ja vähentämällä siitä poistuvan hiilen määrä (Niemi ym. 2020, 72). Monsu-ohjelma laskee hiilitaseeseen myös puuntuotanto- ja puutuoteketjun vaikutukset.

Taulukko 2. Hiilen kokonaistase ilman metaania kaikilla suunnittelukausilla

### Hiilen kokonaistase ilman metaania

Suunnitelma	2024-2025	2026-2033	2034-2043	2044-2053	2054-2063	Suunnittelukaudet yht.
Jatkuva	265	783	970	797	438	3252
Alaharvennus	258	805	860	885	818	3626
Yläharvennus	279	787	1171	1074	629	3941

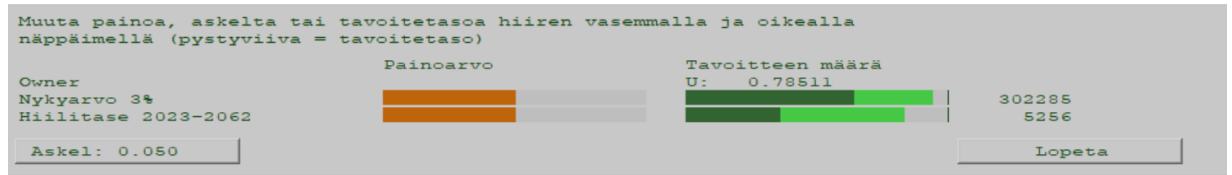
#### 4.2 Metsänomistajan tavoitteet ja metsäsuunnitelman optimointi

Neuvontatilaisuuden aikana metsänomistajan huomio kiinnittyi eniten jatkuvan kasvatuksen suunnitelman laskelmiin. Hän kyseli kokonaispuuston nopeasta laskusta viimeisten suunnittelukausien aikana ja ihmetteli, minkä takia hiilitase oli alhaisempi kuin jaksollisen kasvatuksen suunnitelmissa, kuten taulukko 2 osoittaa.

Perustelin kokonaispuuston vähenemistä ja hiilitaseen pienentymistä sillä, että jatkuvan kasvatuksen suunnitelmassa on pakko tehdä voimakkaampia harvennushakkuita, jotta netto nykyarvo saadaan pidettyä jaksollisen kasvatuksen suunnitelmien kanssa samalla tasolla. Metsänomistaja kertoi, että hakkuutulot eivät ole hänelle ykkösprioriteetti metsänomistuksessaan, ja tämän takia hän haluaisi pitää kokonaispuuston sekä hiilitaseen suurempina.

Laskelmien esittelyn jälkeen siirryimme metsänomistajan kanssa metsäsuunnitelman optimointiin Monsu-ohjelmistolla. Metsänomistajalta saadun palautteen pohjalta sovimme, että hänen metsätalallaan priorisoidaan nettotulojen nykyarvoa

ja hiilensidonnän turvaamista samanaikaisesti. Metsänhoitomenetelmäksi valittiin jatkuva kasvatus. Monsu-ohjelmistossa valittiin optimointiin nämä tavoitteet, ja metsänomistajalle sopiva painotus oli 50/50 (kuvio 8). Optimoidussa suunnitelmassa annoin Monsun määrittää toimenpiteet jokaiselle kuviolle automaattisesti. Metsänomistajalle optimoidun metsäsuunnitelman laskelmia on esitelty tarkemmin luvussa 5.1.



Kuvio 8. Metsäsuunnitelman tavoitteenasettelu ja optimointi Monsu-ohjelmistossa



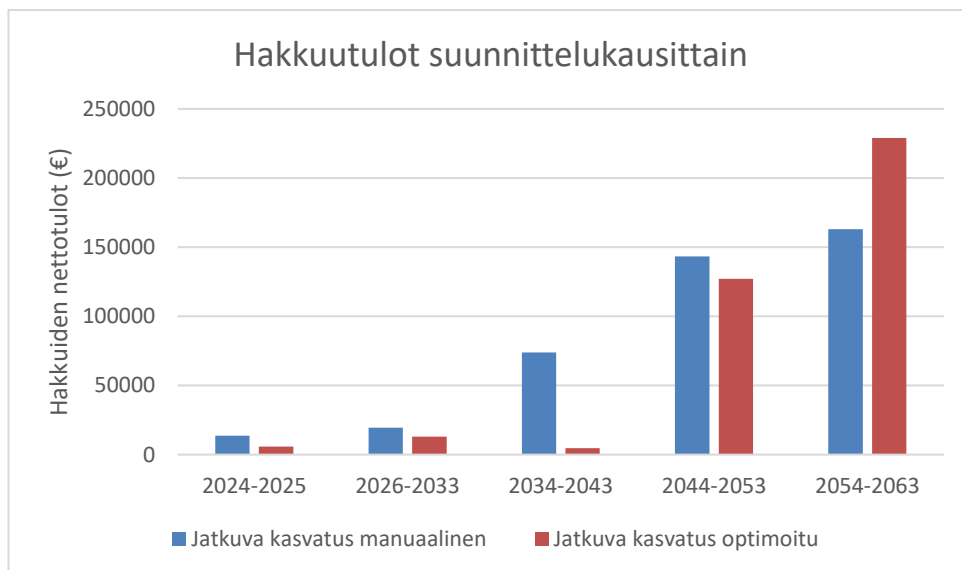
## 5 METSÄSUUNNITELMIEN ANALYSOINTI

Seuraavissa luvuissa vertaillaan Monsun automaattisesti määrittämien suunnitelmien ja manuaalisesti laadittujen suunnitelmien eroja. Tarkoituksena on selvittää, soveltuuko Monsu-ohjelmiston automaattinen optimointi todellisen metsänomistajan neuvontaan ja toteuttamiskelpoisen metsäsuunnitelman laadintaan.

Tein myös luvussa 4 esitellyille jaksollisen kasvatuksen suunnitelmille nykyarvon ja hiilitaseen optimoinnin 50/50 painotuksella, kuten tein jatkuvan kasvatuksen suunnitelmalle. Näin tuloksista saadaan vertailukelpoisia. Vertailtavat muuttujat suunnitelmien välillä ovat hakkuutulot, nykyarvo kolmen prosentin korkokannalla, kokonaispuuston kehitys ja hiilitase.

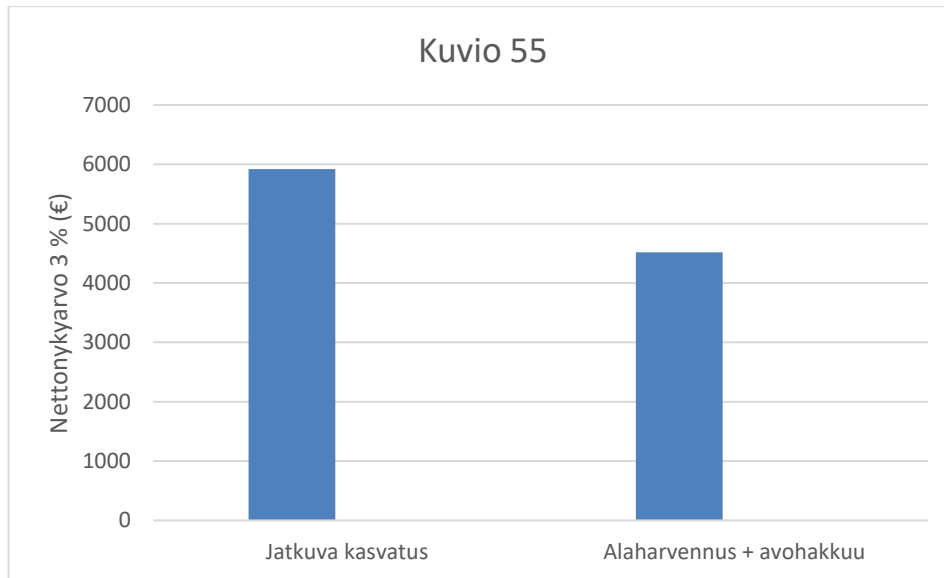
### 5.1 Jatkuva kasvatus

Jatkuvan kasvatuksen optimoidussa suunnitelmassa suuri osa hakkuutuloista saadaan huomattavasti myöhemmin kuin itse laatimassani suunnitelmassa (kuvio 9). Nykyarvo kolmen prosentin tuottovaatimuksella oli manuaalisesti laaditussa suunnitelmassa 305 771 euroa ja 50/50 painotuksella optimoidussa suunnitelmassa 302 285 euroa.



Kuvio 9. Hakkuutulojen jakautuminen eri suunnittelukausille

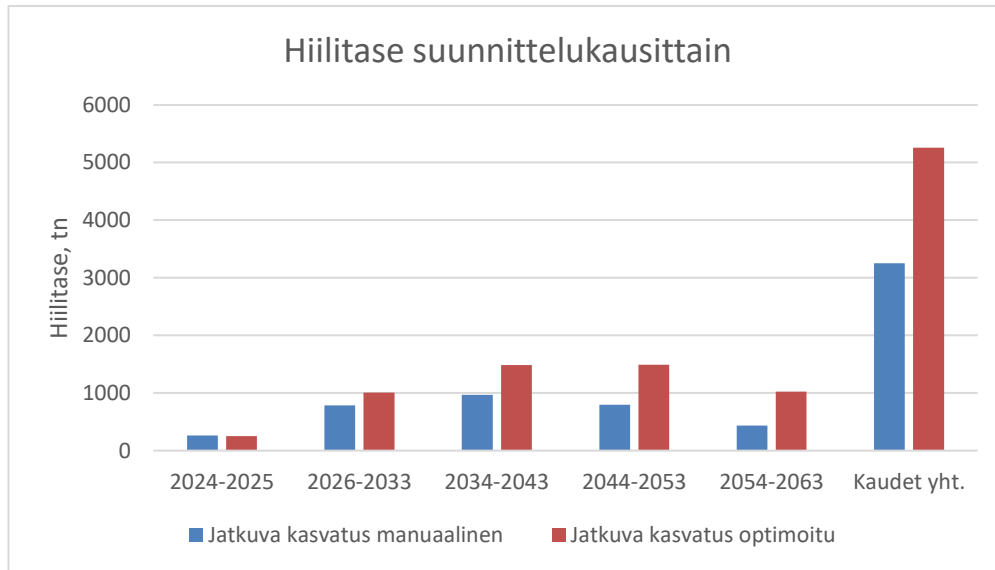
Esimerkiksi kuviolla 55, joka on varttunut kasvatusmetsikkö, nettonykyarvo saatiin jatkuvan kasvatuksen optimoidussa suunnitelmassa korkeammaksi kuin alaharvennuksella ja avohakkuulla (kuvio 10). Tässä metsikössä on vielä arvokasvua jäljellä, joten jatkuvaan kasvatukseen siirtyminen voi olla vielä kannattavaa.



Kuvio 10. Nettonykyarvo kuviolla 55 jatkuvalla kasvatuksella ja avohakkuulla

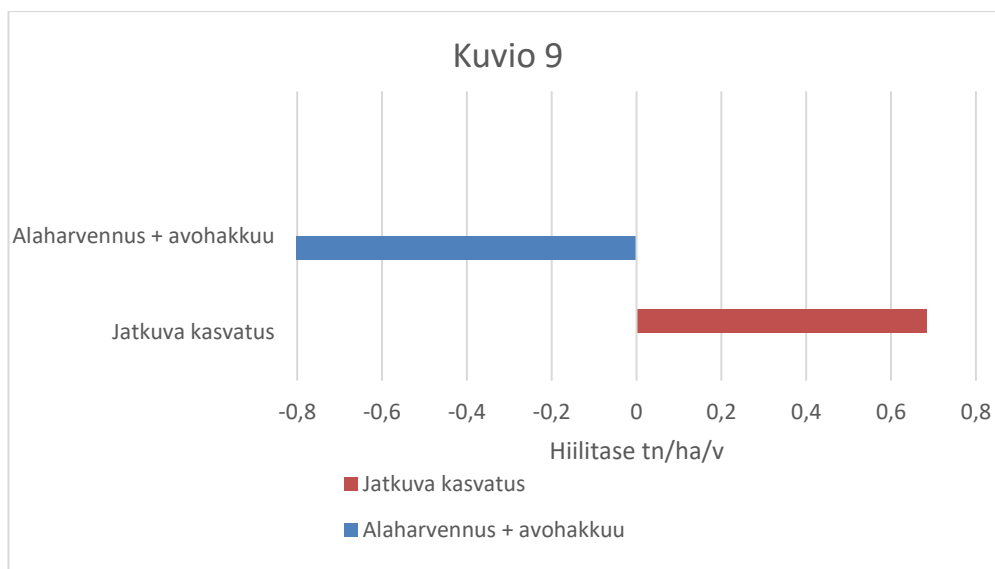
Hiilitase odotetusti kasvoi, kun sen valitsi toiseksi tavoitteeksi Monsun optimoinnissa 50/50 painotuksella (kuvio 11). Jatkuvan kasvatuksen optimoidun suunnitelman hiilitase on kaikista suunnitelmista suurin. Tuloksesta voidaan päätellä, että hiilensidonnän turvaaminen ei aiheuta metsänomistajalle suurta taloudellista tappiota.

Jos nettonykyarvon ja hiilitaseen painotuksessa olisi maksimoinut nykyarvon ja minimoinut hiilitaseen, nykyarvoksi olisi saatu 321 601 euroa. Hiilensidonnän painottamisen takia metsänomistaja häviää siis nettonykyarvossa laskettuna 19 316 euroa potentiaaliseen maksimiin verrattuna. Jos vastaavasti hiilitase olisi maksimoitu, olisi tulos ollut 6328 tonnia. Kun tavoitteille valitaan 50/50 painotus, hiilitase jää 1072 tonnia pienemmäksi kuin optimoinnin antama potentiaalinen maksimi.



Kuvio 11. Metsätilan kokonaishiilitase ilman metaania eri suunnittelukausilla ja kaikilla kausilla yhteensä

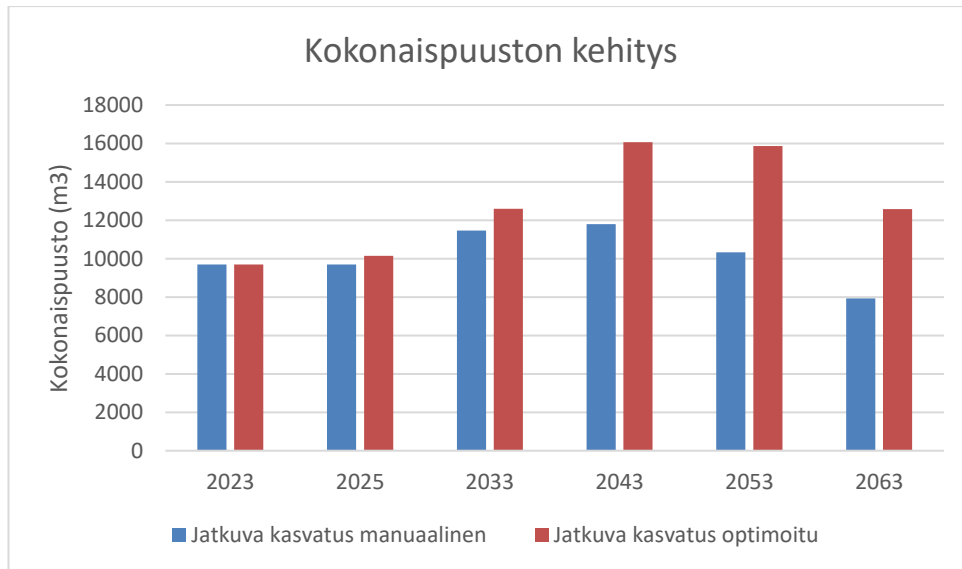
Kuviolla 9, joka on uudistuskypsä metsikkö, hiilitase pysyy selvästi korkeamana jatkuvalla kasvatuksella (kuvio 12). Jaksollisen kasvatuksen alaharvennussuunnitelmassa hiilitase menee reilusti negatiiviseksi avohakkuun takia.



Kuvio 12. Hiilitase kuviolla 9 avohakkuulla ja jatkuvalla kasvatuksella

Optimoidussa suunnitelmassa kokonaispuuston määrä nousee ja laskee samaan tahtiin kuin manuaalisesti laaditussa suunnitelmassa, mutta puustoa on yhteensä enemmän (kuvio 13). Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että Monsun optimointi

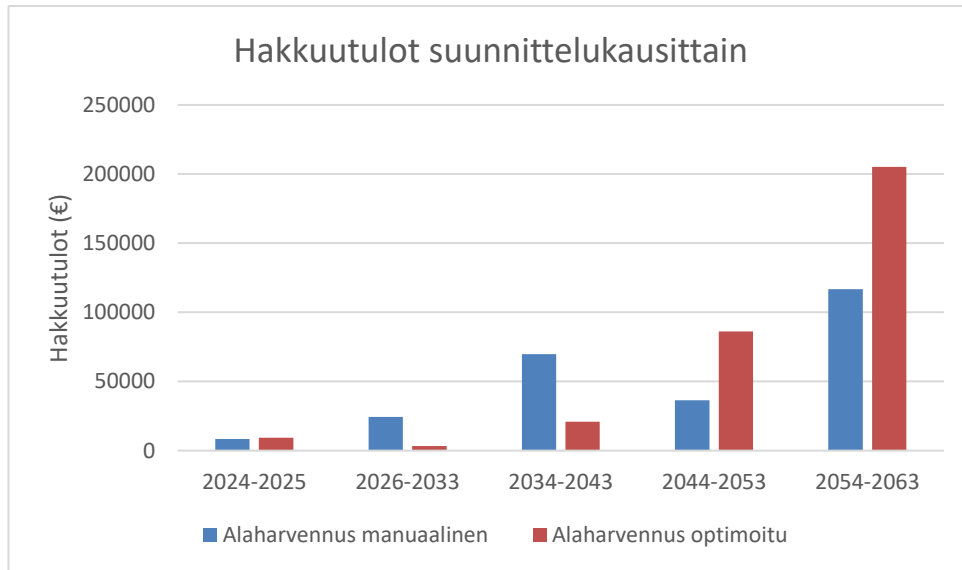
valitsee metsikkökuvioille maltillisempia hakkuita ja pyrkii pitämään puuston tiheämpänä hiilitaseen turvaamiseksi. Puuston tiheä kasvatusasento lisää myös metsän virkistysarvoa, mikä lisää tilan vetovoimaisuutta metsämatkailukohteena.



Kuvio 13. Metsätilan kokonaispuuston kehitys 40 vuoden aikana

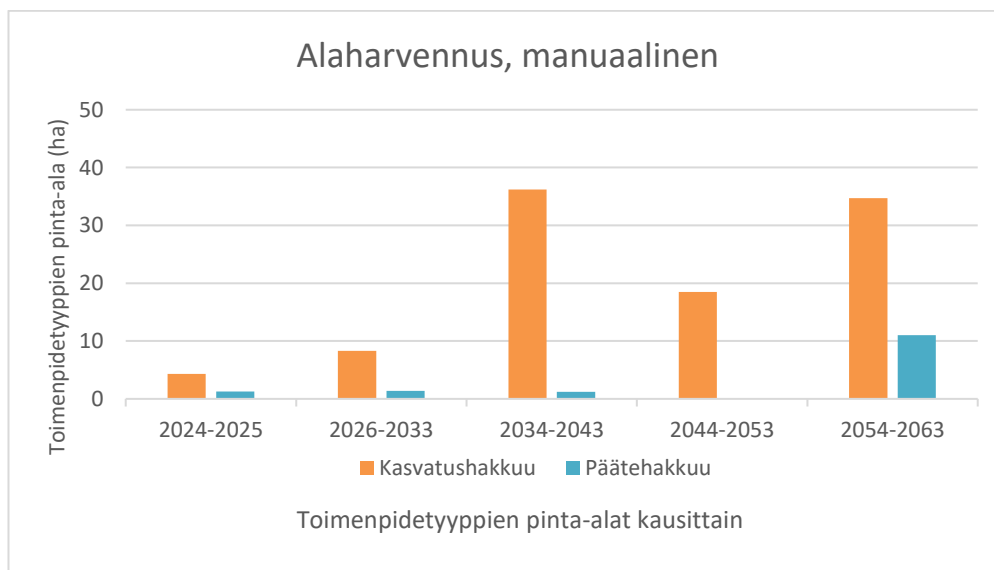
## 5.2 Jaksollinen kasvatus alaharvennuksin

Kun metsänhoitomenetelmäksi valittiin jaksollinen kasvatus ja kasvatushakuut tehtiin alaharvennuksina, tulovirta oli paljon epätasaisempaa kuin jatkuvan kasvatuksen suunnitelmissa (kuvio 14). Tämä johtuu todennäköisesti suuremmista avo- ja siemenpuuhakuista, jotka ajoittuvat tietyille suunnittelukausille. Sen lisäksi hakkuutulojen suuruudet poikkeavat paljon toisistaan manuaalisen ja optimoidun suunnitelman välillä.



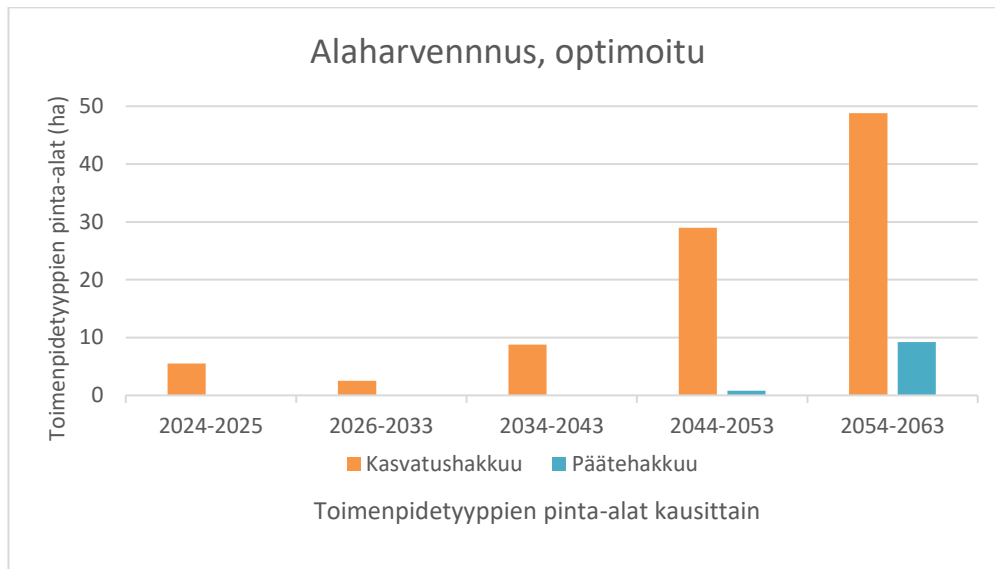
Kuvio 14. Jaksollisen kasvatus, kasvatushakkuut alaharvennuksina

Optimoidussa suunnitelmassa nettohyötyarvo oli 281 640 euroa ja manuaalisesti laaditussa suunnitelmassa 272 649 euroa. Metsäsuunnitelmien tarkemman analysoinnin jälkeen selvisi, että optimoidussa suunnitelmassa Monsu toteutti huomattavan suuren osan kasvatushakkuista vasta viimeisillä suunnittelukausilla (kuvio 15). Manuaalisesti laatimassani suunnitelmassa pyrin tekemään harvennuksen aina leimausrajan tullessa vastaan, minkä takia siinä suuri osa harvennuksista on tehty aiemmilla suunnittelukausilla, kuten kuvio 15 osoittaa.



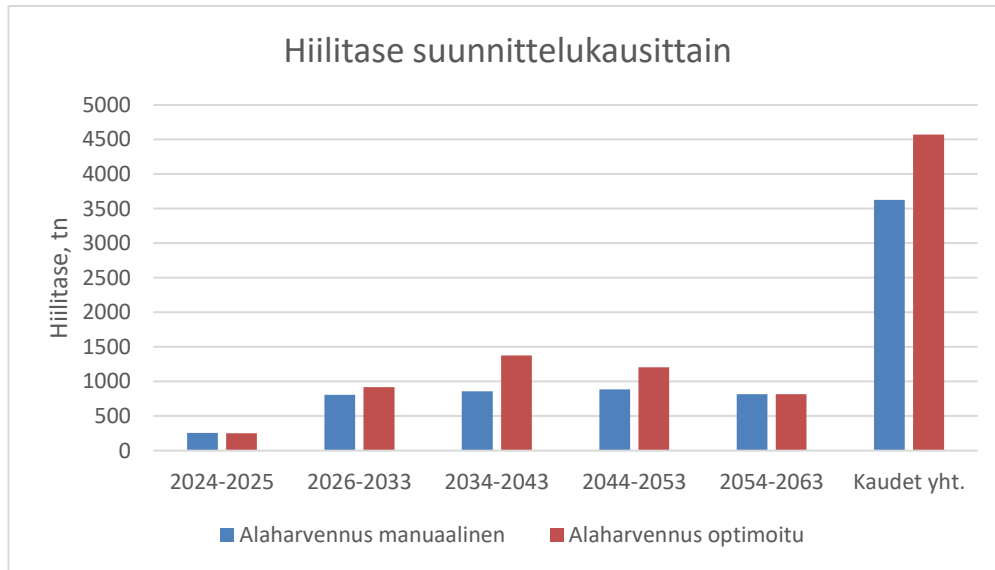
Kuvio 15. Pääte- ja kasvatushakkuiden pinta-alat suunnittelukausittain manuaalisessa suunnitelmassa

Optimoidussa suunnitelmassa viimeisillä kausilla hakkuista saatavat tulot ja kertymät ovat suuremmat, koska suurta osaa metsiköistä ei ole harvennettu aikaisemmillä suunnittelukausilla (kuvio 16). Sen lisäksi päätehakkuiden pinta-ala on pienempi, joten uudistamiskustannukset ovat pienemmät. Todennäköisesti näistä syistä nykyarvo on korkeampi optimoidussa suunnitelmassa.



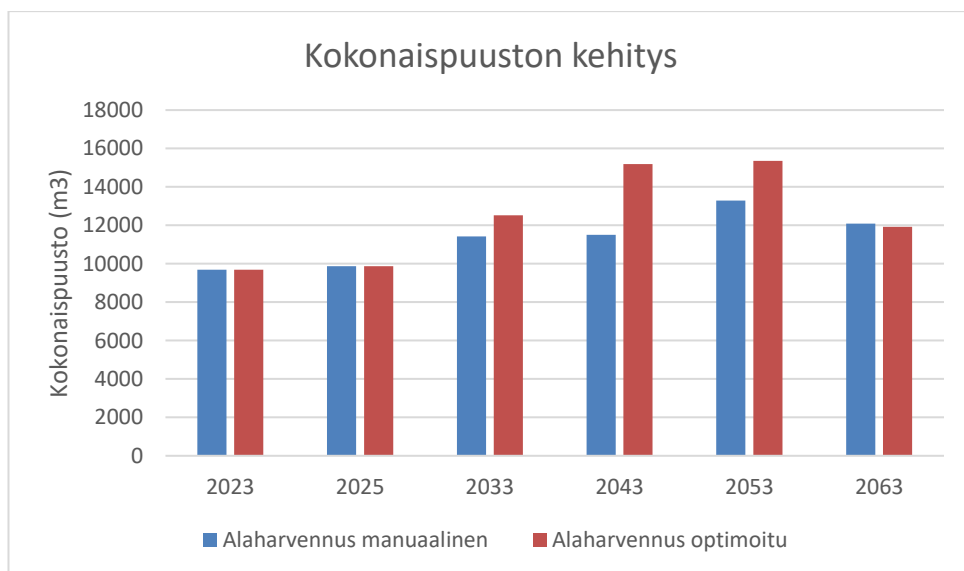
Kuvio 16. Pääte- ja kasvatushakkuiden pinta-alat suunnittelukausittain optimoidussa suunnitelmassa

Hiilitase kasvoi myös tässä metsäsuunnitelmassa, kun se valittiin optimoinnissa toiseksi tavoitteeksi (kuvio 17). Hiilitase oli kuitenkin suuri tässä suunnitelmassa jo valmiiksi, joten kokonaistaseeseen ei tullut yhtä suurta muutosta kuin jatkuvan kasvatuksen suunnitelmassa.



Kuvio 17. Hiilitase eri suunnittelukausilla ja kaikilla kausilla yhteensä

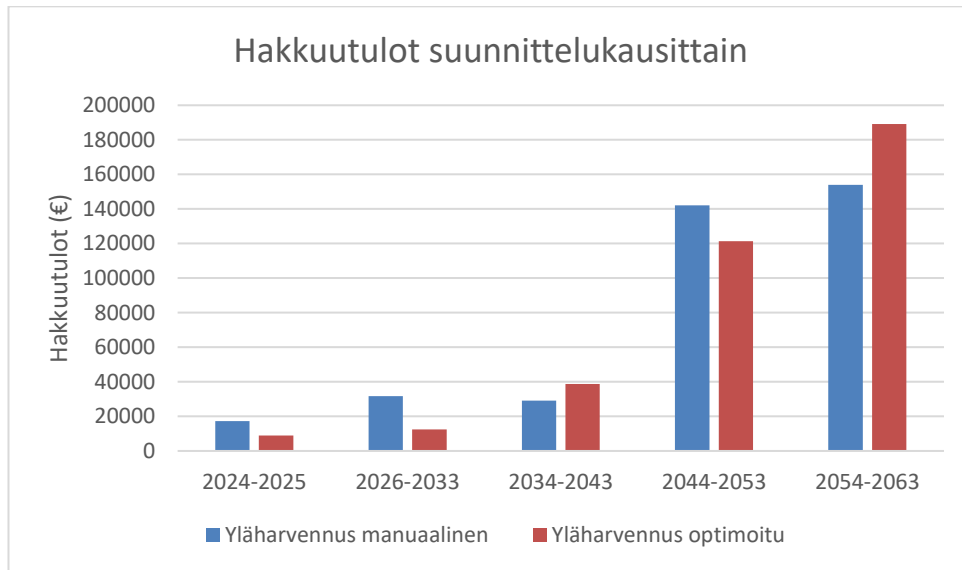
Kokonaistuotannon kehityksessä ei myöskään tapahtunut suuria muutoksia manuaalisesti laadittuun suunnitelmaan verrattuna. Optimoidussa suunnitelmassa viimeisellä suunnittelukaudella kokonaistuotanto laskee runsaiden alaharvennusten takia manuaalisen suunnitelman kanssa samalle tasolle (kuvio 18).



Kuvio 18. Metsätilan kokonaistuotannon kehitys 40 vuoden aikana

### 5.3 Jaksollinen kasvatus yläharvennuksin

Kun metsänhoitomenetelmäksi valittiin jaksollinen kasvatus ja kasvatushakkuut tehtiin yläharvennuksina, manuaalinen ja optimoitu suunnitelma olivat melko samankaltaisia. Hakkuutulot jakautuvat eri suunnittelukausille hyvin pitkälti samalla tavalla molemmissa suunnitelmissa (kuvio 19).

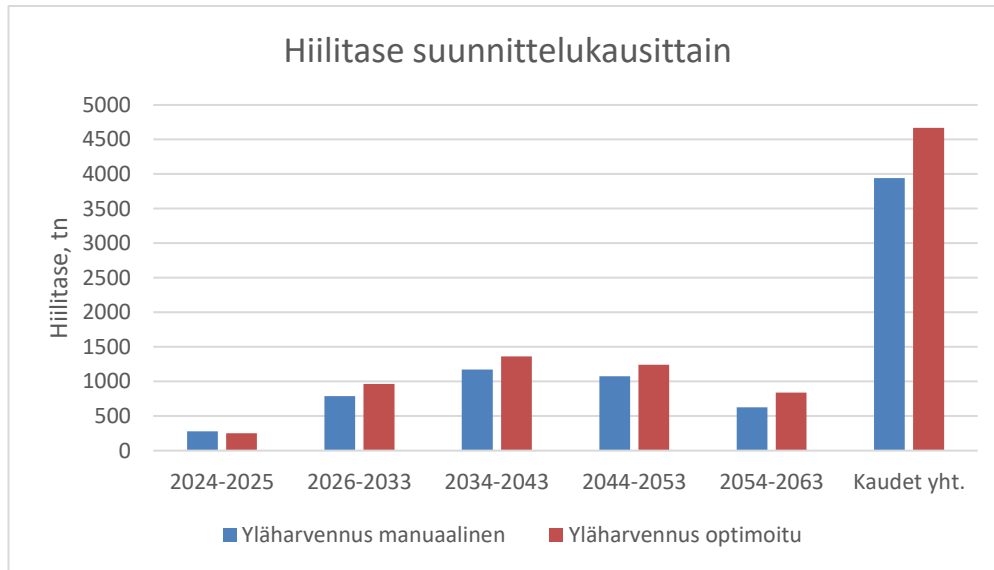


Kuvio 19. Jaksollinen kasvatus, kasvatushakkuut yläharvennuksina

Nykyarvo kolmen prosentin tuottovaatimuksella oli manuaalisesti laaditussa suunnitelmassa 305 929 euroa ja optimoidussa suunnitelmassa 305 004 euroa. Tuloksesta voidaan huomata, että jatkuvan kasvatuksen suunnitelmissa nettonykyarvo oli lähellä näitä lukuja.

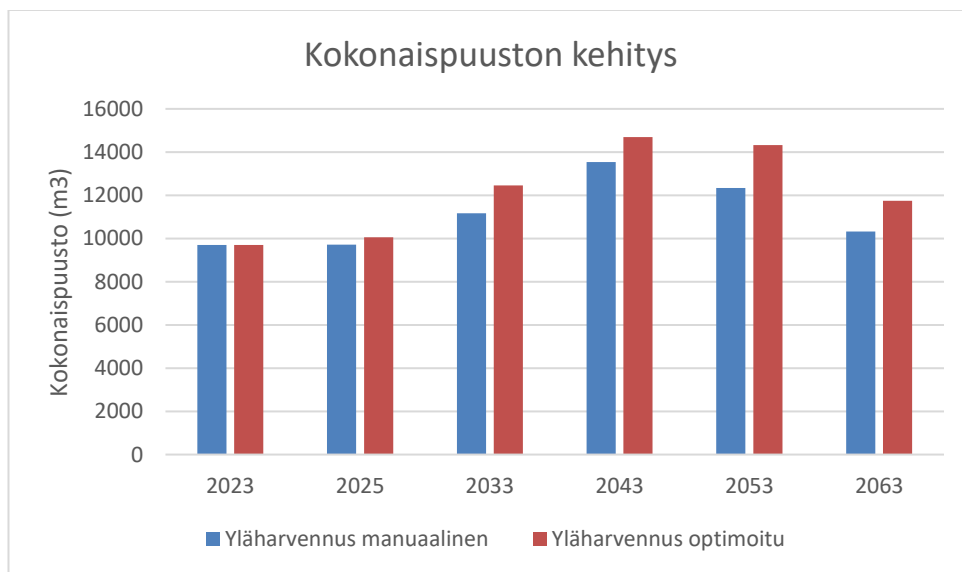
Tässä metsäsuunnitelmassa myös hiilitaseessa on vähiten eroa itse laatimaani suunnitelmaan verrattuna. Hiilitase nousee ja laskee samaan tahtiin (kuvio 20). Tästäkin suunnitelmasta voidaan päätellä, että hiilitaseen turvaaminen ei aiheuta suurta taloudellista tappiota metsänomistajalle.





Kuvio 20. Hiilitase eri suunnittelukausilla ja kaikilla kausilla yhteensä

Myös kokonaispuusto pysyy optimoidussa suunnitelmassa lähellä itse laatimani suunnitelman tasoa (kuvio 21). Monsun optimointi pyrkii kuitenkin pitämään kokonaispuuston hieman suurempana hiilitaseen turvaamiseksi.



Kuvio 21. Metsätilan kokonaispuuston kehitys 40 vuoden aikana

#### 5.4 Maastokäynnin havainnot

Kävin paikan päällä opinnäytetyön kohdetilalla havainnoimassa puuston laatua ja alikasvoksia 15.11.2022. Arvioidakseni jatkuvan kasvatuksen soveltuvuutta metsätilalla kävin tarkemmin läpi metsikkökuviot, joissa päätehakkuu alkoi olla

ajankohtainen. Eräällä uudistuskypsällä kuviolla tulon siihen tulokseen, että jatkuvan kasvatuksen hakkuu ei sopisi kuviolle. Kuvion puusto on kehityskelvotonta, koska se on yli-ikäistä, eikä alikasvosta juurikaan ole (kuvio 22). Tämän takia uudistushakkuu olisi parempi vaihtoehto.



Kuvio 22. Puuston laatua uudistuskypsällä kuviolla

Muissa uudistuskypsissä metsiköissä vaikutti kuitenkin olevan jonkinlaiset edellytykset jatkuvaan kasvatukseen siirtymiseen. Tästä voidaan päätellä, että Mon-sulla laaditut suunnitelmat ovat suurimmaksi osaksi toteuttamiskelpoisia, mutta ohjelman ehdottamia ratkaisuja täytyy kuitenkin tarkastella kriittisesti. Tarvittaessa metsäsuunnitelmiin täytyy tehdä muutoksia tiettyjen kuvioiden osalta ennen hakkuiden toteuttamista.

## 5.5 Johtopäätökset

Korkein nettonykyarvo saatiin jatkuvalla kasvatuksella, kun nettonykyarvon painotus maksimoitiin optimoinnissa. Hiilitase vuorostaan kasvoi suurimmaksi jatkuvan kasvatuksen suunnitelmassa, kun se valittiin yhdeksi tavoitteeksi Monsun optimoinnissa.

Jatkuvan kasvatuksen ja jaksollisen kasvatuksen yläharvennussuunnitelman luvut ovat samankaltaisia, koska jatkuvan kasvatuksen poimintahakkuut ovat käytännössä yläharvennuksia. Sen lisäksi suurin osa kohdetilan pinta-alasta oli nuorta kasvatusmetsää, minkä takia jaksollisen kasvatuksen suunnitelmissa päätehakkuiden pinta-ala jäi melko pieneksi. Jaksollisen kasvatuksen alaharvennussuunnitelmassa nykyarvo jäi huomattavasti pienemmäksi, koska siinä arvokasvu-piikeistä ei saa yhtä suurta hyötyä kuin yläharvennuksissa. Molemmissa jaksollisen kasvatuksen suunnitelmissa hiilitase oli kuitenkin lähes samalla tasolla harvennustavasta riippumatta.

Tulosten perusteella voin päätellä, että ohjelman simuloimat ratkaisut eivät ole aina täydellisiä. Varsinkin jaksollisen kasvatuksen alaharvennuksin toteutettavassa suunnitelmassa oli outoja ratkaisuja, sillä Monsun optimointi halusi lykätä suuren osan kiireellisistä hakkuista viimeisille suunnittelukausille. Ohjelma ei myöskään osaa ottaa huomioon luvussa 5.4 esiteltyjä poikkeustapauksia jatkuvan kasvatuksen suunnitelmissa, ja ohjelma simuloi alikasvoksen kehitystä, vaikka se ei olisi kehityskelpoista. Yläharvennuksin toteutettava jaksollisen kasvatuksen suunnitelma oli mielestäni realistisin ja siinä myös optimoidun suunnitelman tulokset olivat hyvin lähellä manuaalisesti laatimani suunnitelman tuloksia.

## 6 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön laadintaprosessi opetti minut huomioimaan metsänomistajan tavoitteet metsänkäsittelyratkaisujen suunnittelussa. Neuvontatilaisuuden jälkeen kävimme metsänomistajan kanssa keskustelun jatkuvasta kasvatuksesta ja siitä, että jatkuva kasvatusta ei yleensä tule esiin metsäammattilaisten ehdottamissa metsänkäsittelyvaihtoehdoissa. Metsänomistajan mukaan metsäammattilaisten halukkuus toteuttaa jatkuvan kasvatuksen hakkuita on usein vähäistä, ja se voi vaikeuttaa puukaupan tekoa. Opinnäytetyöni kohdetilan metsänomistajalle hakkuutulot eivät olleet hänen metsänomistuksensa ykkösprioriteetti, vaan häntä kiinnosti eniten metsätilan hyödyntäminen metsämatkailukohteena. Hän oli myös kiinnostunut mahdollisuudesta saada tuloja hiilensidonnasta tulevaisuudessa.

Hakkuutulot ovat kuitenkin edelleen ykkösprioriteetti suurimmalle osalle metsänomistajista, joten mielestäni sitä voidaan pitää metsänomistuksen päätavoitteena yleisellä tasolla. Taloudellisten tavoitteiden rinnalle on kuitenkin selvästi nousemassa muitakin tavoitteita, jotka täytyy pyrkiä sovittamaan yhteen talouden kanssa, vaikka eri tavoitteet ovatkin usein ristiriidassa keskenään.

Tässä opinnäytetyössä käytetty Monsu-ohjelmisto sopii hyvin vuorovaikutteiseen metsäsuunnitelman laadintaan metsänomistajan kanssa. Neuvontatilaisuuden päätteeksi saatiinkin tuotettua metsänomistajan tavoitteet huomioiva metsäsuunnitelma, eli tilaisuuden tavoitteet saavutettiin. Tilaisuudessa suurin apu oli Monsun helppotajuinen käyttöliittymä, jonka ansiosta metsänomistaja pystyi hahmottamaan hakkuiden vaikutukset metsänsä puustoon. Myös Monsu-ohjelmiston kartat toimivat hyvin hakkuiden sijaintien havainnollistamisessa. Suunnitelman optimointi sujui myös jouhevasti, koska eri tavoitteiden painotusten säätäminen oli helppoa.

Metsäneuvonnan sujuvoittamiseksi Monsu-ohjelmiston luvussa 4 esitellyistä kaaviosta pitäisi tehdä havainnollisempia ja monipuolisempia. Hakkuutuloista pitäisi saada tulostettua pylväsdiagrammi, jotta tulovirtoja olisi helpompi havainnollistaa metsänomistajalle. Olisi myös hyvä, jos ohjelmassa pystyisi vertailemaan eri metsäsuunnitelmien tuloksia rinnakkain, kuten Iptim-ohjelmassa voi tehdä. Ohjelman

karttoja voisi kehittää monipuolistamalla teemakarttoja ja selkeyttämällä niiden värikoodeja.

Monsun simuloimia metsäsuunnitelmia voidaan käyttää perinteisen metsäsuunnittelun tukena, ja ohjelma on hyvä työkalu eri metsänkäsittelyvaihtoehtojen vaikutusten havainnollistamisessa pitkälle tulevaisuuteen. Monsulla laadittu metsäsuunnitelma antaa metsäammattilaiselle suuntaviivat, joiden avulla hän voi tuottaa mahdollisimman paljon kaikkia metsänomistajan haluamia hyötyjä samanaikaisesti. Metsätaloudessa monipuolisten tavoitteiden saavuttaminen edellyttää metsäammattilaiselta metsänomistajan tavoitteiden huomioon ottamista ja metsänomistajan on tärkeä pysyä kannassaan saadakseen tahtonsa läpi.

Mielestäni Monsu-ohjelmiston käyttö sujuvoittaa metsäammattilaisen ja metsänomistajan välistä vuorovaikutusta, ja samankaltaisten ohjelmistojen yleistyminen metsäneuvonnassa edistäisi monitavoitteista metsäsuunnittelua. Tämä opinnäytetyö oli kokonaisuudessaan onnistunut prosessi ja hyödynnän varmasti tästä saamiani tietoja työelämässä.

## LÄHDELUETTELO

- DigiTapio Oy 2023. ForestKIT metsänomistaja. Viitattu 22.3.2023  
<https://www.etapio.fi/ForestKIT/mika-jarjestelma/forestkit-metsanomistaja/>.
- DigiTapio Oy 2023. Moderni ja tehokas metsätietojärjestelmä työpöytä- ja maastokäyttöön. Viitattu 24.2.2023  
<https://www.etapio.fi/ForestKIT/>.
- Eyvindson, K., Duflot, R., Triviño, M., Blattert, C., Potterf, M. & Monkkonen, M. 2021. High boreal forest multifunctionality requires continuous cover forestry as a dominant management. Land Use Policy, Vol 100 Nro 104918 (2021). Viitattu 9.2.2023  
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104918>.
- Horne, P., Karppinen, H., Korhonen, O. & Koskela, T. 2020. Metsien hoidon ja kasvatustekniikoiden hyväksyttävyyden tutkimus: Metsänomistaja 2020. PTT raportteja Nro 266. Helsinki: Pellervon taloustutkimus. Viitattu 8.1.2023  
<https://www.ptt.fi/julkaisut/metsien-hoidon-ja-kasvatustekniikoiden-hyvaksyttavyys-metsanomistaja-2020>.
- Hänninen, H., Valonen, M. & Haltia, E. 2020. Metsänomistajat palveluiden käyttäjinä: Metsänomistaja 2020-tutkimuksen tuloksia. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 63/2020. Viitattu 8.1.2023  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-039-7>.
- Karppinen, H., Hänninen, H. & Horne, P. 2020. Suomalainen metsänomistaja 2020. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 30/2020. Viitattu 8.1.2023  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-961-3>.
- Lapin ammattikorkeakoulu 2021. Metsäneuvontaa kehitetään palvelemaan metsänomistajien tarpeita aiempaa paremmin. Viitattu 27.2.2023  
<https://www.lapinamk.fi/news/Metsaneuvontaa-kehitetaan-palvelemaan-metsanomistajien-tarpeita-aiempaa-paremmin/29272/ac617eaa-4b69-4fbb-a6da-2b44de452a2e>.
- Maa- ja metsätalousministeriö. Metsänhoidon suositukset. Viitattu 14.2.2023  
<https://metsanhoidonsuosituks.fi/>.
- MetNe-hanke 2022. Monitavoitteisen metsätalouden tulevaisuuden neuvontamenetelmät. Tutkimussuunnitelma. Yksityinen arkisto.
- Metsälehti 2023. Ajantasaiset puun hinnat. Viitattu 8.1.2023  
<https://www.metsalehti.fi/puunhinta/puunhinta-2/>.
- Niemi, M., Mäkinen, A., Viitala, R. & Lumperoinen, M. 2020. Metsäsuunnittelun laskennan periaatteet: Arvoja yhteensovittamassa. Helsinki: Tapio. Viitattu 7.2.2023  
<https://tapio.fi/julkaisut-ja-raportit/metsasuunnittelun-laskenta>.
- Pukkala, T. 2021. Monsu 8.99 beta. Yksityinen arkisto.

Pukkala, T. 2022. Improved guidelines for any-aged forestry. *Journal of Forestry Research* 33, 1443–1457 (2022). Viitattu 22.3.2023  
<https://doi.org/10.1007/s11676-022-01473-6>.

Pukkala, T., Vauhkonen, J., Korhonen, K.T. & Packalen, T. 2021. Self-learning growth simulator for modelling forest stand dynamics in changing conditions. *Forestry* 94(3):333–346. Viitattu 21.3.2023  
<https://doi.org/10.1093/forestry/cpab008>.

Pöllänen, N. & Niemi, M. 2021. Virtuaalimetsä 2.0. Tapio Oy 5.10.2020. Viitattu 27.2.2023  
<https://tapio.fi/tiedotteet/virtuaalimetsa-2-0-ovi-uudenlaiseen-metsasuunnitteluun>.

Pöllänen, N. & Välimäki, E. 2021. Monitavoitteisen metsätalouden tulevaisuuden neuvontamenetelmät (METNE). Tapio Oy 30.11.2022. Viitattu 27.2.2023  
<https://tapio.fi/projektit/monitavoitteisen-metsatalouden-tulevaisuuden-neuvontamenetelmat-metne>.

Valonen, M., Haltia, E., Horne, P., Maidell, M., Pynnönen, S., Sajeva, M., Stenman, V., Raivio, K., Iittainen, V., Greis, K. & Laitinen, K. 2019. Suomen malli metsätietojen hyödyntämisessä: Metsään.fi-verkkosivujen tausta, toteutus ja tulevaisuuden näkymät. PTT Raportteja Nro 263. Helsinki: Pellervon taloustutkimus. Viitattu 27.3.2023  
<http://hdl.handle.net/10138/324463>.

## LIITTEET

1. Monsu-ohjelmiston tuloste kokonaispuustosta
2. Monsu-ohjelmiston tuloste hakkuukertymistä





Liite 2. Monsu-ohjelmiston tuloste hakkuukertymistä (Pukkala 2021)

