

JATKUVAN KASVATUKSEN MAHDOLLISUUDET METSÄTILALLA

Kaarakka Matti

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutus
Metsätalousinsinööri (AMK)

2023

Metsätalouden koulutus
Metsätalousinsinööri (AMK)

| | | | |
|------------------|--|--------------|------|
| Tekijä | Matti Kaarakka | Vuosi | 2023 |
| Ohjaaja | Kari Pasanen | | |
| Työn nimi | Jatkuvan kasvatuksen mahdollisuudet metsätilalla | | |
| Sivumäärä | 67 | | |

Tässä opinnäytetyössä on tarkasteltu jatkuvaan kasvatukseen liittyviä tutkimuksia sekä materiaaleja ja näiden pohjalta jatkuvaan kasvatukseen siirtymisen mahdollisuuksia metsätilalla. Työn tavoitteena oli selvittää jatkuvaan kasvatukseen siirtymisen mahdollisuudet ja kannattavuus metsätilan kuvioilla sekä tarkastella tarkemmin kuvioita, joissa jatkuvaan kasvatukseen siirtymistä voisi lähteä kokeilemaan. Tavoitteena oli myös selvittää miten ja minkälaisilla metsänkäsittelyratkaisuilla tarkasteltavaksi valituilla kuvioilla kannattaisi jatkuvaan kasvatukseen siirtyä.

Työssä käytettävä lähdeaineisto on koottu etsimällä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, tutkimuksia, lehtiartikkeleita, seminaariesitysmateriaaleja sekä webinaareja. Työtä varten tehtiin metsänkäsittelyratkaisuiltaan erilaisia metsäsuunnitelmia sekä optimointeja käyttäen Monsu-metsäsuunnitteluohjelmistoa.

Keskeisenä lopputuloksena ovat Monsun mallinnukseen perustuvat optimointitulokset, joiden pohjalta jatkuvaan kasvatukseen siirtymistä on mahdollista ja perusteltuakin lähteä metsätilalla kokeilemaan. Olennaisena työn tuloksena on myös ehdotus toimenpiteistä jatkuvaan kasvatukseen siirtymisen kokeilemiseksi kahdella metsätilan kuviolla.

Työn tuloksia ja menetelmiä on mahdollista hyödyntää metsätilojen tarkasteluissa ja toimenpiteiden suunnittelussa. Myös ehdottamani, jatkuvaan kasvatukseen tähtääviä toimenpiteitä voi hyödyntää vastaavan tyyppisiin metsäkuvioihin kuin työssä tarkasteleman kuviot.

Avainsanat

eri-ikäisrakenteinen metsätalous, jatkuva kasvatusta, metsäsuunnittelu

Forestry
Forestry Engineer

| | | | |
|------------------------|---|-------------|------|
| Author | Matti Kaarakka | Year | 2023 |
| Supervisor | Kari Pasanen | | |
| Title | Opportunities for continuous cover forestry | | |
| Number of pages | 67 | | |

In this thesis, studies and material related to continuous cover forestry has been examined. Based on these, the possibilities of transitioning to continuous cover forestry have been resolved. The aim of the thesis has been to find out the possibilities and profitability of the transition to continuous cover forestry in the forest farm. Aim has also been to examine in more detail the patterns where the transition to continuous cover forestry could be tested. In addition, the aim was to find out how, and with what kind of forest treatment solutions, it would be worthwhile to try continuous cover forestry.

The source material used in the work has been obtained by searching for related literature, studies, magazine articles, seminar presentation material and webinars. The forest plans with different forest management solutions and optimizations have been made using the Monsu forest planning software.

The key result of the thesis is the Monsu based optimization-result about possible and reasonable transition to continuous cover forestry. An essential result of the work is also a proposal for operations to test the transition to continuous cover forestry with two forest farm patterns.

It is possible to use the results and methods of the work in inspections of forest farms and in the planning of operations. Proposed operations for continuous cover forestry can also be used for similar type of forest patterns examined in the study.

Keywords continuous cover forestry, forest planning, uneven-aged forestry

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 7 |
| 2 | METSÄTILA TERVOLAN TÖRMÄVAARASSA..... | 9 |
| 2.1 | Metsätilan perustiedot..... | 9 |
| 2.2 | Tavoitteet metsätilan hoidon ja hakkuiden suhteen..... | 11 |
| 3 | JATKUVA KASVATUS | 13 |
| 3.1 | Jatkuvan kasvatuksen menetelmät | 13 |
| 3.1.1 | Metsän eri-ikäiskasvatus..... | 14 |
| 3.1.2 | Pienaukkohakkuu..... | 15 |
| 3.1.3 | Männikön ylispuukasvatus..... | 16 |
| 3.2 | Jatkuvan kasvatuksen kokemuksia kuusikoiden ja männiköiden kasvatuksessa | 17 |
| 3.2.1 | Kokemuksia kuusikoiden kasvatuksesta..... | 17 |
| 3.2.2 | Kokemuksia männiköiden kasvatuksesta..... | 20 |
| 3.3 | Huomioitavia tekijöitä jatkuvassa kasvatuksessa | 22 |
| 3.3.1 | Geneettiset vaikutukset..... | 22 |
| 3.3.2 | Puunkasvu ja -tuotos..... | 23 |
| 3.3.3 | Puunkorjuu..... | 27 |
| 3.3.4 | Metsätuhot..... | 29 |
| 3.3.5 | Monimuotoisuus..... | 30 |
| 3.3.6 | Vesistövaikutukset..... | 31 |
| 3.3.7 | Metsien hiilenkierto..... | 31 |
| 3.4 | Jatkuva kasvatus talouden näkökulmasta..... | 32 |
| 3.4.1 | Nettonykyarvo..... | 33 |
| 3.4.2 | Talousnäkökulmia liittyen jatkuvaan kasvatukseen..... | 34 |
| 4. | JATKUVAN KASVATUKSEN KASVUMALLIT JA SUUNNITTELUYÖKÄLUT..... | 38 |
| 4.1 | Jatkuvan kasvatuksen kasvumallit ja optimointi | 38 |
| 4.2 | Metsäsuunnittelun ja optimoinnin ohjelmistoratkaisuja | 40 |
| 5 | JATKUVAN KASVATUKSEN MAHDOLLISUUDET METSÄTILALLA | 42 |
| 5.1 | Simuloinnin ja optimoinnin parametrit sekä tavoitteet..... | 42 |
| 5.2 | Eri metsänkäsittelyvaihtoehtojen vertailu koko metsätilaa koskien..... | 43 |
| 5.2.1 | Käsittelytoimenpiteet metsämaakuviolla..... | 43 |

| | |
|---|----|
| 5.2.2 Puuston kehitys ja hakkuumäärät..... | 44 |
| 5.2.3 Hakkuutulot..... | 48 |
| 5.2.4 Nettonykyarvo sekä metsän ja puuston arvon kehitys..... | 49 |
| 5.2.5 Hiilitase ja hiilidioksidiekvivalentti..... | 51 |
| 5.2.6 Yhteenveto koko metsätilan tarkastelun tuloksista..... | 52 |
| 5.3 Kahden kuvion tarkempi tarkastelu jatkuvaan kasvatukseen siirtymiseksi..... | 52 |
| 5.3.1 Metsätilan kuvio 5..... | 52 |
| 5.3.3 Metsätilan kuvio 1..... | 58 |
| 6 POHDINTA..... | 64 |
| LÄHTEET | 66 |

ALKUSANAT

Mielenkiintoni jatkuvaan kasvatukseen liittyen heräsi tämän työn ohjaajan eli Kari Pasasen kursseilta. Jatkevassa kasvatuksessa on onnistuessaan monia hyviä puolia, ja halusin tämän opinnäytetyön pohjalta ymmärtää paremmin jatkuvaa kasvatusta sekä sen hyödyntämistä metsätilan hoidossa.

Haluan kiittää Karia tämän opinnäytetyön ohjauksen lisäksi erittäin hyvästä asenteesta ja panostuksesta opetukseen. Kiitos myös Tuija Haapasalmelle ja Jussi Soppelalle opinnäytetyön ohjauksesta. Kiitos kaikille opettajilleni ja koulun henkilökunnalle saamastani opetuksesta sekä tuesta tutkintoa suorittaessa.

Haluan kiittää myös perhettäni ja läheisiäni kaikesta saamastani tuesta ja avusta.

Keminmaassa 30.11.2023

Matti Kaarakka

1 JOHDANTO

”Tutkittavaa riittää sadaksi vuodeksi”, otsikoi Lapin Kansa jatkuvaan kasvatukseen liittyvää artikkelia vuoden 2022 itsenäisyyspäivänä. Artikkelissa kerrotaan Luonnonvarakeskuksen Rovaniemellä käynnistämästä hankkeesta, jossa seitsemällä alueella esitellään, tutkitaan ja vertaillaan peitteisen ja tasaikäisen metsänkasvatuksen menetelmiä ja vaikutuksia. Artikkelin kuvaava hyvin tämän hetken tilannetta ja haasteitakin liittyen eri metsänkasvatusmenetelmiin. Jatkuva kasvatustapa, toiselta nimeltään peitteinen metsänkäsittely/-kasvatustapa, tuli mahdolliseksi vuoden 2014 alussa voimaan tulleen metsälain myötä, ja kokemus on vielä vähäistä verrattuna tasaikäiskasvatukseen. Tämä lienee yksi syy sille, että jatkuva kasvatustapa herättää edelleen paljon keskustelua ja myös vastakkainasettelua. (Kärki 2022, 4–5.)

Metsätalouden opinnoissa on käyty läpi tai sivuttu jatkuva kasvatustapa monesta eri näkökulmasta. On tehty laskelmia jatkuvan kasvatustavan metsätaloudellisesta vaikutuksesta ja on myös pohdittu eri metsänkäsittelyratkaisujen vaikutusta muun muassa maisemaan, luonnon monimuotoisuuteen, virkistysmahdollisuuksiin sekä eri elinkeinojen, kuten porotalouden harjoittamiseen. Opintojen myötä on itsellenikin kiinnostus jatkuvan kasvatustavan metsänkäsittelyratkaisuihin herännyt ja haluaisin tarkemmin selvittää sen hyödyntämismahdollisuuksia omissa metsissäni.

Tässä opinnäytetyössä tarkastelen Tervolassa sijaitsevaa metsätaloutta, johon tein metsäsuunnitelman syksyllä 2022. Metsäsuunnitelman teon myötä opinnäytetyön aiheen ideakin syntyi. Haluan jatkaa suunnittelua pidemmälle ja selvittää tarkemmin jatkuvan kasvatustavan mahdollisuudet sekä kannattavuuden tilalla. Haluan myös itse oppia paremmin ymmärtämään mahdollisuudet jatkuvaan kasvatukseen sekä siihen siirtymiseen.

Päätavoitteena opinnäytetyölle on selvittää jatkuvaan kasvatukseen siirtymisen mahdollisuudet ja kannattavuus metsätalouden kuvioilla sekä tarkastella tarkemmin kuvioita, joissa jatkuvaan kasvatukseen siirtymistä voisi lähteä kokeilemaan. Tavoitteena on myös selvittää miten ja minkälaisilla metsänkäsittelyratkaisuilla kyseessä olevilla kuvioilla kannattaisi jatkuvaan kasvatukseen siirtyä.

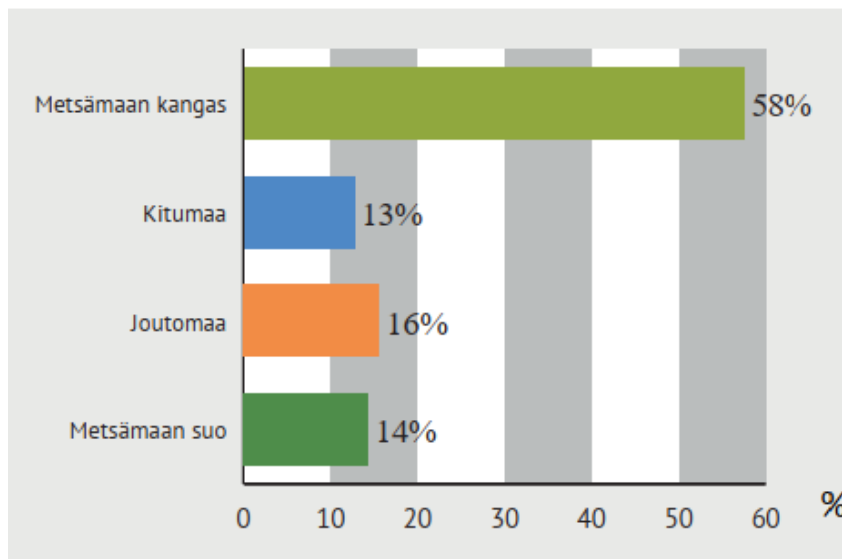
Näen jatkuvan kasvatuksen hyvänä mahdollisuutena tasaikäiskasvatuksen rinnalle ja toivon tämän työn tuovan esille sen mahdollisuuksia erilaisillekin metsätaloudellisille sekä metsänhoidollisille tavoitteille. Jatkuvasta kasvatuksesta on kohtuullisen vähän tutkimustietoa, ja toivon tämän työn sekä työn pohjalta tehtävien hakkuutoimenpiteiden johtavan tiedon kasvamiseen jatkuvan kasvatuksen mahdollisuuksista sekä haasteista.

2 METSÄTILA TERVOLASSA

2.1 Metsätilan perustiedot

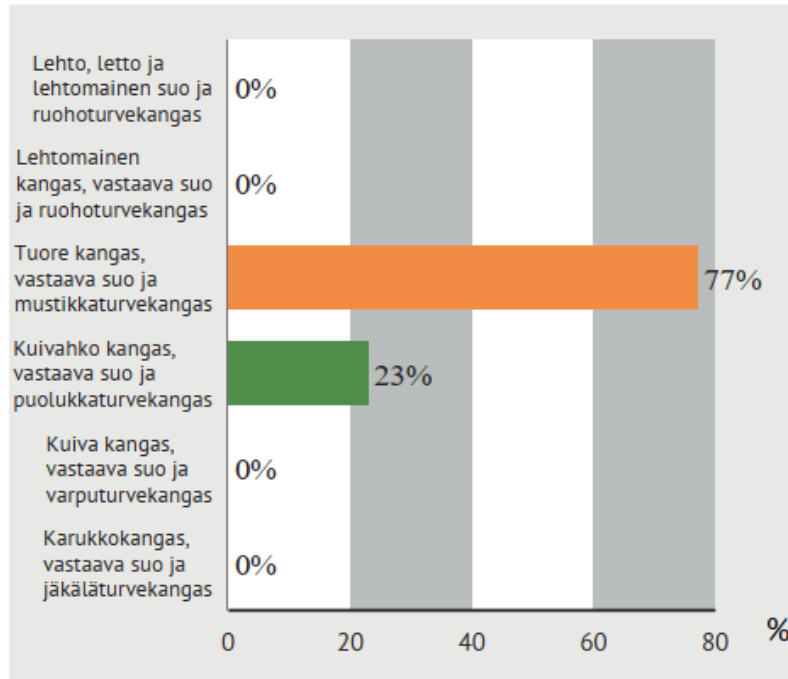
Metsätila sijaitsee Tervolassa ja soveltuu mielestäni hyvin tämän opinnäytetyön kohteeksi. Tila sisältää erilaisia kuvioita ja kasvupaikkoja, joiden myötä jatkuvan kasvatuksen mahdollisuuksiakin tulee tarkasteltua aika monipuolisesti. Syksyllä 2022 tekemäni metsäsuunnitelman pohjalta tuon esille tärkeimpiä tietoja metsätilasta.

Kuviossa 1 on esitetty metsätalouden prosentuaalinen jakauma. Suurin osa tilasta on kangasmaata, mutta myös turvakangasta löytyy.



Kuvio 1. Metsätalouden prosentuaalinen jakauma

Kuviossa 2 on esitetty kasvupaikkojen prosentuaalinen jakauma ja noin kolme neljäsosaa on tuoreen kankaan tai mustikkaturvekankaan kuvioita ja loput kivi- tai puolukaturvakankaan kuvioita. Voi olla kuitenkin niin, että tilalla on pienehkö määrä lehtomaisen kankaan ja myös varputurvekankaan kuvioita. Tarkoitukseni on vielä varmistaa kesäaikana kasvupaikkatyypit niiltä kuvioilta, joihin jatkuvaan kasvatukseen siirtymistä mietin.



Kuvio 2. Metsätilan kasvupaikkojen prosentuaalinen jakauma

Taulukossa 1 on esitetty kehitysluokkien jakauma sekä myös kehitysluokkien keski-ikä ja puuston keskitilavuus. Tila käytännössä jakautuu nuoreen sekä vartuneeseen kasvatusmetsikköön. Viimeiset uudistukset ja istutukset on tehty 90-luvun alussa, ja näille kuvioille on ensiharvennushakkuut tulossa.

Taulukko 1. Metsämaan kehitysluokkien prosentuaalinen jakauma sekä kehitysluokkien keski-ikä ja keskitilavuus

| METSÄMAAN KEHITYSLUOKAT | PINTA-ALA, % | KESKI-IKÄ, VUOTTA | PUUSTON KESKITILAVUUS, M ³ /HA |
|--------------------------------|--------------|-------------------|---|
| A0 – Aukea | | | |
| S0 - Siemenpuumetsikkö | | | |
| Y1 - Ylispuustoinen taimikko | | | |
| T1 - Taimikko alle 1,3 m | | | |
| T2 - Taimikko yli 1,3 m | | | |
| 02 - Nuori kasvatusmetsikkö | 37.9 | 41 | 136 |
| 03 - Vartunut kasvatusmetsikkö | 60.4 | 57 | 153 |
| 04 - Uudistuskypä metsikkö | | | |
| 05 - Suojuspuumetsikkö | | | |
| ER - Eri-ikäisrakenteinen | 1.6 | 45 | 193 |
| | 100 % | 51 | 147 |

Taulukossa 2 näkyy ikäluokkien pinta-alajakauma. Osa varttuneista kasvatusmetsiköistä on melkein 80 vuoden ikäistä ja alkaa jo lähentelemään tasaikäiskasvatuksen uudistuskypsyttä. Nämä kuviot minun on tarkoitus tässä työssä käydä tarkkaan läpi ja miettiä olisiko järkevää lähteä kokeilemaan siirtymistä jatkuvaan kasvatukseen.

Taulukko 2. Ikäluokkien pinta-alajakauma metsä- ja kitumaalla

| IKÄLUOKAT | PINTA-ALA, % |
|-----------|--------------|
| Aukea | 4.3 % |
| 1-20 | |
| 21-40 | 25.9 % |
| 41-60 | 45.1 % |
| 61-80 | 24.8 % |
| 81-100 | |
| 101-120 | |
| 121-140 | |
| 141- | |
| ER | 1.4 % |

2.2 Tavoitteet metsätilan hoidon ja hakkuiden suhteen

Tässä työssä yhtenä tehtävänä on optimoida metsänhoidollisia tapahtumia ja hakkuita optimointiohjelmistoa käyttäen. Tavoitteenikin koostuu erilaisista teki-
jöistä ja sen pohjaltakin optimointi on tarpeen, jotta voidaan huomioida erilaiset tavoitteet.

Minulla on yli 20 vuoden työkokemus metsäteollisuudesta ja näen metsäteolli-
suuden yhtenä tärkeänä tukijalkana suomalaiselle taloudelle ja hyvinvoinnille. Metsäteollisuus tarjoaa mahdollisuuden taloudellisesti kannattavan toimintaan myös metsänomistajille. Toisaalta pidän edellä mainittua tärkeämpänä asiana ih-
misen aiheuttaman ilmastomuutoksen hillitsemisen sekä luonnon monimuotoi-
suuden säilyttämisen.

Voisin kiteyttää tavoitteeni metsätalousmetsiin niin, että tavoitteeni on harjoittaa kannattavaa metsätaloutta luontonäkökulmat mahdollisimman hyvin huomioiden sekä niitä myös kehittäen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi metsätaloudellisesti vähempiarvoisia kuvioita voin jättää luonnontilaan ja metsätalouden piirissä olevilla kuvioilla otan luontoarvot huomioon vähintäänkin lakien ja PEFC-standardin vaatimusten mukaisesti. Lisäksi esimerkiksi tämä opinnäytetyö voi tuoda järkeviä mahdollisuuksia metsänkäsittelyn optimointiin sekä kannattavuutta että luontoarvoja nostavasti. Metsänkäsittelyratkaisujen vaikutukset hiilitaseseen ovat yksi olennainen tässäkin työssä huomioitava asia.

3 JATKUVA KASVATUS

Jatkuva kasvatusta on muodostunut yleisnimeksi eri-ikäisrakenteiselle metsänkasvatukselle ja kuvaa kutakuinkin peitteistä metsänkasvatusta. Peitteisellekin metsänkasvatukselle on erilaisia toteutusmahdollisuuksia. Kattavimpana peitteisyys säilyy eri-ikäiskuusikoissa tehdyillä varovaisilla poimintahakkuilla ja toisaalta myös siemenpuu-uudistusta voidaan pitää peitteisenä metsänkasvatuksena. (Valkonen 2020, 9.)

Jatkuvan kasvatuksen menetelmät olivat Suomessa käytännössä kiellettyjä 1950-luvulta vuoteen 2014 asti. Käyttö vapautettiin vaatimusten kasvaessa luonnon, metsien monikäytön sekä metsätalouden kannattavuuden hyväksi. Jatkuvan kasvatuksen odotetaan täydentävän vallitsevia tasaikäismenetelmiä. (Valkonen 2020, 9.)

Tänä päivänä on paljon keskustelua ja kirjoituksia jatkuvaan kasvatukseen liittyen ja näkökantoja on niin puolesta kuin vastaan. Edellä mainittu historia on varmasti yksi juurisyy, koska käytännön kokemusta sekä tutkimustietoa jatkuvasta kasvatuksesta ei ole kuin rajallisesti saatavilla. Onneksi tutkimuksia sekä jatkuvan kasvatuksen kokeiluja on kuitenkin koko ajan meneillään ja näiden kautta saadaan koko ajan enemmän faktapohjaista tietoa asiasta.

3.1 Jatkuvan kasvatuksen menetelmät

Taulukossa 3 on kuvattu erilaisia jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen menetelmiä, niiden hakkuutapoja sekä käyttöä. Näistä menetelmistä olen kuvannut tarkemmin metsän eri-ikäiskasvatuksen, pienaukkohakkuun sekä männyn ylispuukasvatuksen.

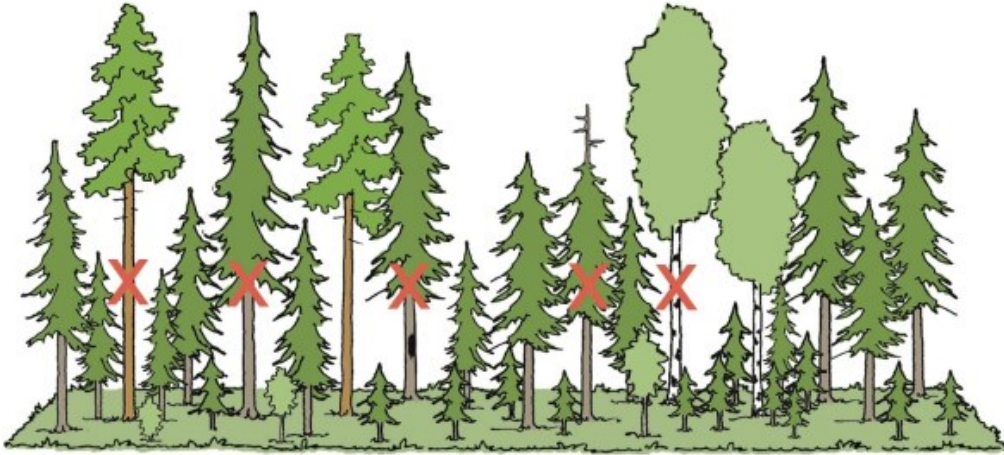
Taulukko 3. Jatkuvapeitteiden metsänkasvatuksen menetelmät, hakkuutavat ja käyttö (Valkonen 2022, 14)

| Menetelmä | Hakkuutavat | Käyttö |
|---|---|---|
| Eri-ikäisen metsikön kasvataminen | Poimintahakkuu, pienaukko-hakkuu (ml. kaistalehakkuu) | Kuusivaltaiset metsät, pohjoiset karut männiköt, erityisesti viljyvät suometsät, taajama- ja virkistymetsät monilla puulajeilla |
| Muutos tasaikäiskasvatuksesta eri-ikäiskasvatukseen | Harvennus, väljennys, pienaukko-hakkuu, suojuspuuhakkuu, alikasvoksen hyödyntäminen, poimintahakkuu | Tasaikäiskuusikosta eri-ikäiseksi |
| Ylispuukasvatus | Siemenpuuhakkuu, alikasvoksen hyödyntäminen, ylispuuiden harvennus/poisto | Männiköt, mahdollista kaikilla puulajeilla |
| Kaksijaksoinen sekametsä | Verhopuuhakkuu, ylispuuston harvennus ja poisto, harvennus, alikasvoksen hyödyntäminen | Kuusi alempi jakso, valopuu ylempi jakso, muutkin puulajiyhdistelmät mahdollisia |
| Vapaan tyylin metsänhoito | Alikasvosten ja olemassa olevan puuston hyödyntäminen ja kehittäminen kaikilla hakkuutavoilla | Tilanteen mukaan |

3.1.1 Metsän eri-ikäiskasvatus

Metsän eri-ikäiskasvatuksella tarkoitetaan sitä, että metsässä kasvaa sekaisin sekä erikokoisia että -ikäisiä puita. Metsää hakataan ja käsitellään poimintahakkuuin. Poimintahakkuu kohdistetaan pääasiassa suuriin puihin ja pienemmät jätetään kasvamaan. Näin tehdään tilaa ja tuodaan metsään valoa alikasvoksen kehittymistä ja metsän taimettumista varten. Vialliset ja sairaat puut poistetaan aina ja myös pienempien puiden tihentymiä voidaan harventaa. Tarkoituksena on kasvattaa hyväkuntoisia puita seuraava poimintahakkuuta varten. (Valkonen 2020, 10.)

Kuviossa 3 on esitetty eri-ikäismetsä, jossa kasvaa kaiken kokoisia ja ikäisiä puita. Poimintahakkuussa poistettavat puut on merkattu rasteilla.



Kuvio 3. Eri-ikäismetsä (Valkonen 2020, 10)

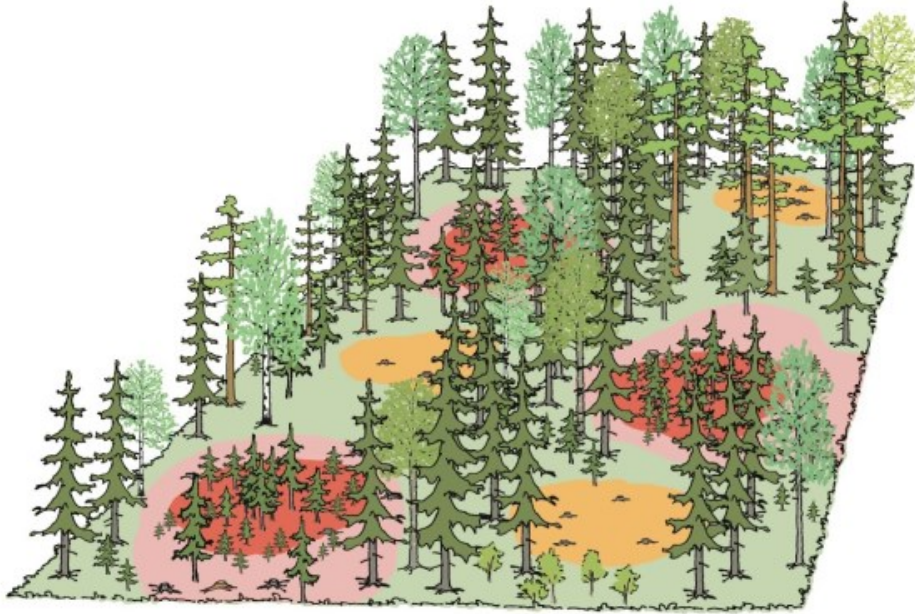
Tätä eri-ikäiskasvatuksen menetelmää pidän niin sanotusti aidoimpana jatkuvan kasvatuksen menetelmänä. Metsä pidetään puuston rakenteen suhteen aika lailla samankaltaisena ja sieltä löytyy kaikenkokoisia puita.

Harsinta on myös historiasta kumpuava termi, joka tulee usein vastaan jatkuvasta kasvatuksesta puhuttaessa. Metsänhoidollinen harsinta tarkoittaa kutakuinkin samaa kuin eri-ikäiskasvatus nykyään, eli poistetaan isoa sekä heikkolaatuista puustoa. Määrämittaharsinnassa hakattiin hyvät ja sopivan määrämitan saavuttaneet puut pois ja metsä jätettiin huonoon kuntoon. (Valkonen 2020, 11–12.)

3.1.2 Pienaukkohakkuu

Pienaukkohakkuussa pyritään metsän luontaiseen taimettumiseen pienaukkoa ympäröivän metsän siementämänä. Metsälaissa alle 0,3 hehtaarin kokoiset pienaukot luetaan erirakenteiskasvatukseksi ja niillä ei ole uudistamisvelvollisuutta kuten isommilla aukoilla. Pienaukkohakkuuta voidaan siis käyttää eri tavoin osana jatkuvaa kasvatusta. Voidaan esimerkiksi tehdä pienaukkoja poiminnan lisäksi ja rinnalla. Pienaukkoja voidaan tehdä lisää aiempien aukkojen taimettumisen jälkeen. Useat poiminta- ja pienaukkohakkuut johtavat ryhmittäiseen erirakenteiseen puustoon. (Valkonen 2020, 11.)

Kuviossa 4 on esitetty esimerkki pienaukkohakkuusta. Ensin tehtyjä pienaukkoja (punainen) on laajennettu (vaaleanpunainen) ja tehty lisää aukkoja (keltainen).



Kuvio 4. Pienaukkohakkuu (Valkonen 2020, 11)

Pienaukkohakkuu on mielestäni hieman hankala mieltää jatkuvan kasvatuksen menetelmäksi, mieluummin sen mieltää vain luontaisen uudistamisen menetelmäksi. Näen asian niin, että voisin käyttää pienaukkohakkuuta eri-ikäiskasvatuksen rinnalla tuomaan monipuolisuutta puustoon. Pienaukkohakkuussa on kuitenkin parempi edellytys valopuiden, kuten männyn luontaiselle uudistumiselle ja pienaukkohakkuulla voisi monipuolistaa esimerkiksi kuusivaltaisen metsän puustoa.

3.1.3 Männikön ylispuukasvatus

Vanhan männikön uudistamista siemen- tai suojuspuuhakkuulla kutustaan ylispuukasvatukseksi. Ylispuustoa kasvatetaan uuden puusukupolven päällä ja näin säilytetään vaikutelma metsäisyydestä. Ylispuustosta voi myös kasvattaa korkealaatuista järeää tukkipuuta. Uuden sukupolven tultua hakkuukypsäksi aloitetaan taas alusta siemen- tai suojuspuuhakkuulla. (Valkonen 2020, 16.)

Männyn ylispuukasvatusta näkee käytettävän todella paljon etenkin pohjoisen karuilla ja ohutkunntaisilla kasvupaikoilla. Menetelmän suosiota on nostanut matala uudistamiskustannus, välttämättä ei ole tarpeen edes muokata maan pintaa.

3.2 Jatkuvan kasvatuksen kokemuksia kuusikoiden ja männiköiden kasvatuksessa

Niin kuin aiemminkin on jo todettu, jatkuva kasvatus ei sovi joka paikkaan. Tämän vuoksi olisikin tärkeää ymmärtää milloin jatkuvan kasvatuksen menetelmät voisivat sopia metsänomistajan tavoitteisiin.

Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen kantavana ajatuksena on luontaisen uudistumisen sekä olemassa olevan alikasvoksen hyödyntäminen. Taimettumisen onnistuminen sekä taimien ja alikasvosten kehitys on keskeisimpiä jatkuvapeitteisen metsänkasvatusmenetelmien osa-alueita. (Valkonen, Rautio, Hökkä & Saarinen 2022, 19.)

Taimettuminen ja taimien kehitys minuakin eniten askarruttaa jatkuvaan kasvatukseen siirtymisessä. Mielestäni tämä on myös yksi suurimpia riskejä, vaikka toki aina voi palata jaksolliseen kasvatukseen, mikäli taimettuminen ei onnistu.

Haasteena on jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen kokeiden vähäisyys ja vielä ei ole tarpeeksi tuloksia kasvatusohjeiksi kaikille puulaji-kasvupaikkayhdistelmille. Kivennäismailta kertyneiden tulosten perusteella jatkuvapeitteiset menetelmät, kuten poimintahakkuu, soveltuvat parhaiten kuusikoille. voidaan sanoa, että kivennäismailla jatkuvapeitteiset menetelmät, kuten poimintahakkuu soveltuvat parhaiten kuusikoille. Mänty ja koivu ovat valopuita ja uudistuvat kivennäismailla parhaiten pienaukoissa tai harvoissa ylispuumetsiköissä. Turvemaiden II-tyypin kasvupaikoilla esiintyy yleisesti luontaista kuusialikasvosta ja tämä tarjoaa mahdollisuuden siirtyä eri-ikäiskasvatukseen. Poimintahakkuiden onnistumisesta turvemaidella sekä kaistalehakkuiden onnistumisesta rämemänniköissä ei ole vielä juurikaan tietoa. (Valkonen ym. 2022, 32.)

3.2.1 Kokemuksia kuusikoiden kasvatuksesta

Eri-ikäiskasvatuksen kuusikoissa metsän tulee taimettua jatkuvasti alikasvosreservin säilymiseksi. Parhaiten taimettuminen onnistuu kosteilla kasvupaikoilla, kuten ojittamattomissa ja ojitetuissa korvissa. Taimet kasvavat eri-ikäiskuusikon suurimpien puiden seassa hitaasti. Esimerkiksi Etelä-Suomessa tehtyjen ERIKA-koesarjatutkimusten perusteella eri-ikäiskuusikossa kuusen taimilla kului 40–60

vuotta 1,3 metrin pituuden saavuttamiseen. Taimien välinen vaihtelu oli tutkimusten perusteella erittäin suurta. Taimien kokonaismäärää olennaisempaa on nopeakasvuisten ja hyväkuntoisten taimilla määrä, koska näillä on todennäköisesti paremmat mahdollisuudet menestyä. Tutkimustulosten perusteella on vahvistunut käsitys valopuiden (esim. mänty ja koivu) huonosta menestymisestä pieninä puina eri-ikäiskuusikoissa. (Valkonen ym. 2022, 19–21.)

Pienaukkohakkuu on yksi menetelmä säilyttää valopuita eri-ikäiskasvatuksen metsiköissä. Pienaukkohakkuista on saatu viljavimmilta kasvupaikoilta tutkimustuloksia merkittävistä taimettumisongelmista, jotka ovat aiheutuneet rehevöityneestä pintakasvillisuudesta. Pohjois-Karjalan männiköissä taimettumisen havaittiin olevan edelleen kesken 6–9 vuotta hakkuun tai muokkauksen jälkeen. Taimia kuitenkin odotettiin vielä syntyvän reilusti lisää, koska taimettumisolosuhteet olivat edelleen kunnossa. Tutkimusten kattavuus on vielä varsin suppea pienaukkojen uudistumista koskien ja tutkimuksia puuttuu useista alue-kasvupaikkayhdistelmistä. Tutkimattomia alue-kasvupaikkayhdistelmiä ovat esimerkiksi useimmat turvemaatyypit sekä kivennäismaakuusikot Pohjois-Suomessa. Pienaukkojen taimettumiseen vaikuttaa suuresti reunametsä, joka tuottaa siemeniä ja estää pinta- kasvillisuuden rehevöitymistä. (Valkonen ym. 2022, 21–23.)

Suojuspuuhakkuu on myös yksi mahdollisuus tasaikäisen kuusikon muuttamiseksi eri-ikäisrakenteiseksi. Suojuspuuhakkuuta on pidetty pitkään hyvin epävarmana menetelmänä kuusen luontaiseen uudistamiseen. Osittain käsitys juontaa juurensa 1980-luvulla Pirkanmaan kivennäismaille tehtyihin tutkimuksiin. Tosin näiden tutkimuksien tuloksiin tuo kyseenalaisuutta taimiaineksen mittausainoastaan ennen suojuspuuhakkuuta ja yhden kasvukauden kuluttua hakkuun jälkeen. Ruotsissa tehdyissä tutkimuksissa on kuusen suojuspuuhakkuun todettu tuottaneen kohtalaisen uudistumistuloksen 4–5 vuodessa hakkuun jälkeen. Kasvupaikan kosteus paransi taimettumista ja tulos oli parempi eteläisessä kuin keskisessä Ruotsissa. Metsäntutkimuslaitoksen vuosina 2000–2006 tekemien käytännön metsänuudistamistulosten laadunseurantainventoinnin perusteella suojuspuuhakkuulla päästään oikein sovellettuna kohtuullisiin taimimääriin, mutta se on silti paljon hitaampi menetelmä kuin avohakkuu ja istuttaminen. (Valkonen ym. 2022, 23.)

Turvemaiden kuusikoiden eri-ikäiskasvatuksen uudistumista edistävät maaperän kosteus ja rahkasammalen esiintyminen. Luonnonvarakeskuksen turvemaiden kokeita on seurattu vasta viiden vuoden ajan, ja kokeista on vasta alustavia tuloksia. Ne osoittavat, että lievin poimintahakkuu pohjapinta-alaan 17 neliometriä hehtaarille ei ehkä avarra puustoa tarpeeksi taimien riittävälle syntymiselle. Voimakkaampi harvennus (PPA 13 tai 9 m²/ha) näyttäisi taas lisäävän taimettumista hakkuun jälkeisinä vuosina. Riskinä tiheän metsän harventamiselle liian voimakkaasti ovat suuretkin lumi- ja tuulituhot. Poimintahakattujen koealojen taimista noin kolmannes oli syntynyt hakkuun jälkeen. Rahkasammalkasvustolla on taimettumista edistävä vaikutus ja kolmannes kaikista taimista esiintyi rahkasammalpinnoilla. (Valkonen ym. 2022, 24.)

Maastohavaintojen perusteella on suurta vaihtelua eri kokoluokkien taimien ja alikasvosten elpymisreaktiosta ja tätä voi osittain selittää kaliumin puutos. Ravinteisuuden osalta ongelmattomissa kuusikoissa on paikoin havaittavissa voimakas kasvureaktio kaikissa ennen hakkuuta alikasvosasemassa olleissa taimien kokoluokissa noin kolmen vuoden juromisvaiheen jälkeen. (Valkonen ym. 2022, 24.)

Pienaukkohakkuun jälkeistä korpikuusikoiden uudistumista on tutkittu Pohjois-Suomessa, Tervolassa ja Oulussa kymmenen vuoden ajan. Tutkimuksien perusteella alikasvoksen säästäminen on mahdollista ja järkevää korven pienaukkohakkuussa, koska alikasvos muodostaa merkittävän osan näihin kehittyvistä taimikoista. Tervolassa kuusien taimista lähes puolet oli yli 10 senttimetrin pituisena säästynyttä alikasvosta, kun laskenta tehtiin viiden vuoden kuluttua hakkuusta. Pintakasvillisuudella oli vaikutusta taimettumiseen ja viljavampien ohutturpeisten kasvupaikkojen pienaukot taimettuivat heikosti runsaan ruohokasvillisuuden aiheuttamana. Taimettuminen oli selvästi parempaa paksutturpeisempien sekä rahkasammalpinnaisten ruohokorpien pienaukoilla. Maanmuokkauksessa (laikutus) tuhoutuu osa taimiaineksesta ja paljastunen turvepinnan valtaa kuusen voittava pintakasvillisuus, eli maanmuokkauksesta oli uudistamiselle haittaa. (Valkonen ym. 2022, 24–25.)

Pienaukkohakkuukokeiden kuusen taimien vioista on myös tehty selvitys, ja taimet olivat melko vaihtelevan laatusia johtuen syntymistä ennen hakkuuta täystiheään kuusikkoon. Taimissa esiintyi runsaasti latvanvaihtoja sekä lahoisuutta, ja

lisäksi taimissa esiintyi neulasten värivikaa sekä lylyä. Kokeiden perusteella uudistamistulos täyttää metsälain vähimmäisvaatimukset riittävästä uudistamisesta Pohjois-Suomessa eli 20 vuoden kuluttua hakkuusta tulee olla vähintään 1100 kasvatuskelpoista ja keskipituudeltaan yli puolen metrin pituista tainta hehtaarilla. (Valkonen ym. 2022, 26.)

Suojuspuuhakkuu on jatkuvapeitteisen kasvatuksen menetelmävaihtoehto myös **turvemailla**. Sitä voi hyödyntää etenkin muutettaessa tasaikäinen metsä eri-ikäisrakenteiseksi. Riittävän haihdutuspotentiaalin ylläpito on yksi suojuspuuhakkuun käytön tavoitteista. Suojuspuuhakkuun käyttäminen uudistamiseen on onnistunut mustikka- ja ruohoturvekankailla tutkimusten mukaan hyvin. Turve- maan ojitusalojen uudistamistulokset ovat vähintään yhtä onnistuneita kuin kangasmaillakin ja suojuspuuhakkuu on korpikuusikoissa yleisesti sovellettu luontaisen uudistamisen menetelmä. Runkotiheyden osalta 80–160 rungon suojuspuutiheys todettiin parhaimmaksi erikokoisen kuusitaimiaineen kasvulle. Liian voimakkaasta valaistusmuutoksesta sekä tukkimiehentäin vaikutuksista kärsineiden taimien osuus on pienemmillään noin 160 rungon suojuspuutiheydessä, ja tämä vastaa myös kangasmaiden suojuspuuhakkuilla saatuja kokemuksia. (Valkonen ym. 2022, 27–28.)

3.2.2 Kokemuksia männiköiden kasvatuksessa

Ylispuukasvatus on männiköille suositeltavin jatkuvan kasvatuksen menetelmä. Se on yksinkertainen sekä luotettava ja tuo peitteisyyttä paremmin kuin avohakkuu. Ylispuissa on myös mahdollista tuottaa pitkän aikavälin kuluessa korkealaa- tuista puuta. Oksaisuus ja nuorpuuosuus pysyy myös kurissa suuren tiheyden ja ylispuiden kilpailun myötä. Männikön ylispuukasvatuksen uudistaminen vastaa siemenpuuhakkuun uudistamista. Karumpia kasvupaikkoja lukuun ottamatta maanmuokkaus on yleensä tarpeen. Myös valmiin ja kasvatuskelpoisen alikas- voksen myötä maanmuokkauksen tarve poistuu. Riski karun kasvupaikan pääty- misestä kuusen taimikoksi on pieni, koska männyn taimikko syntyy nopeasti. Kuusen kasvattaminen männyn alla onnistuu vain kasvupaikan ollessa kuuselle sopiva. Kuuselle sopivia kasvupaikkoja ovat kangasmailla tuore kangas ja turve- mailla mustikkaturvekangas tai edellä mainittuja viljavammat kasvupaikat. (Val- konen ym. 2022, 28–29.)

Ylispuukasvatuksen tiheydelle paras vaihtoehto on todennäköisesti aivan tavallinen siemenpuuhakkuu. Lapissa sijaitsevaa hakkuukypsää metsää väljennys-hakattiin tutkimuksessa eri tiheyksille taimettumista sekä taimien kasvua seuraten. Tutkimuksessa havaittiin, että äestettyynkään maan pintaan ei syntyneiden taimien keskipituus kehittynyt ollenkaan täyden metsän alla. Taimikon havaittiin myös olevan laikukas ja huomattava osa tiheässä laikussa olleista taimista kuoli. (Valkonen ym. 2022, 29.)

Pienaukkohakkuu vaikuttaa sopivan jatkuvan kasvatuksen menetelmäksi myös männylle. Lapissa tehdyn pienaukkokokeen tulosten perusteella läpimitaltaan 20-, 40- ja 80 metrin aukot taimettuivat hyvin. Reunametsällä on negatiivista vaikutusta taimien kasvuun etenkin pienemmissä aukoissa, ja taimien varttuessa tämä alkaa näkyä yhä selvemmin. (Valkonen ym. 2022, 29–30.)

Osa mäntyvaltaisista turvekankaista on kehittynyt alun perin viljavan sekä typpirikkaan luonnontilaisen rämeen ojituksen tuloksena. Näistä hyvä esimerkki on II-tyyppin mustikkaturvekangas, joka on puuston vuoksi helposti sekoitettavissa II-tyyppin puolukaturvakankaaseen. Mänty sekä koivu valtapuuston alle, on näillä mustikkaturvekankailla usein kehittynyt kasvatuskelpoisia alikasvoskuusia. Alikasvoskuuset ovat harvennusten avulla hyödynnettävissä tavoiteltaessa **erikäisrakenteista puustoa**. Hyödynnettävissä olevia kehityskelpoisia kuusialikasvoksia löytyy myös puolukaturvekankailta. Alikasvokset ovat melko tasarakenteisia sararämeiden ja -nevojen ojitusalueiden II-tyyppin puolukaturvekankailla. Tällöin ne muodostavat ylispuuston kanssa kaksijakoisen metsän. Korpirämeiden I-tyyppin puolukaturvekankaat ovat toinen tyypillinen tapaus on, joissa kuusialikasvos on valmiiksi erikäisrakenteinen ja suurimmat kuuset yltyvät valtapuupituuteen. Puolukaturvekankaalla ei vielä ole tutkittua tietoa kuusen kasvusta, tuotoksesta ja uudistumisesta. (Valkonen ym. 2022, 30–31.)

Pienaukkojen tutkimusta on tehty ainoastaan muutamien **turvemaamänniköiden** kaistalehakkuun koealoilla ja niissä uusien taimien syntymistä on seurattu vasta muutaman vuoden ajan. Alustavien mittaustulosten perusteella etenkin varputurvekankaisen hakkuukaistaleiden uudistumisen suurin ongelma on taimettumisen epätasaisuus. Raakahumuksen, seinäsammalpinnojen ja varvikon esiintyminen on tähän epätasaisuuteen syynä. Rahkasammalpinnoilta tai ajourajäljistä

löytyy yli puolet taimista. Tasaisempaa taimettumista voisi edistää raakahumuksen ja seinäsammalpintojen rikkominen kevyellä pintamuokkauksella. (Valkonen ym. 2022, 31.)

Kangasmaamänniköiden yhteydessä kuvattu **männiköiden ylispuukasvatuksen menetelmä** ei sovellu suometsiin kovin hyvin, koska aloitusvaiheen siemenpuusto on liian harva riittävän haihdutuksen ylläpitämiseksi. Toisena ongelmana, joka esiintyy etenkin II-tyyppin puolukkaturvekankailla, ovat tiheät hieskoivuvesakot. Hieskoivuvesakot haittaavat pahasti männyn luontaista taimettumista ja voivat vaatia kahtakin taimikonhoitokertaa siemensyntyisen mäntytaimikon vakiinnuttamiseksi. (Valkonen ym. 2022, 31–32.)

3.3 Huomioitavia tekijöitä jatkuvassa kasvatuksessa

3.3.1 Geneettiset vaikutukset

Tietoa jatkuvan kasvatuksen geneettisistä vaikutuksista on hyvin vähän. Erityisesti kuusivaltaisten jatkuvan kasvatuksen metsien genetiikasta tarvitaan lisää tutkimustietoa. Tietoa tarvitaan esimerkiksi siitä kuinka kauan jatkuvaa kasvatusta voi samassa metsässä harjoittaa heikentämättä metsän geneettistä kasvutai laatupotentiaalia. Jatkuvassa kasvatuksessa oletetaan taimia syntyvän jatkuvasti ja metsissä olevan paljon luonnonvalintaa mahdollistavaa geneettistä muuntelua. Tasaikäiskasvatuksessa on mahdollista käyttää jalostettua viljelymateriaalia varmistamaan sopivat geneettiset ominaisuudet. (Kärkkäinen, Kujala, Hoikkala, Mäkinen & Valkonen 2022, 35.)

Geneettiset vaikutukset ovat varmastikin tärkeä asia tarkkailtavaksi, mikäli metsänomistaja lähtee jatkuvaa kasvatukseen siirtymään tai sitä harjoittaa. Näkisin asian niin, että metsää tulee seurata tarkasti ja arvioida puuston kasvua ja laatua. Tätä on hyvä tehdä vastaavasti myös tasaikäiskasvatuksen metsissä. Sekin on hyvä muistaa, että jatkuvasta kasvatuksesta voi aina siirtyä tarvittaessa tasaikäiskasvatukseen. Ilmastonmuutos voi tuoda myös omat haasteensa tai muuttujansa liittyen geneettisiin ominaisuuksiin.

Männyn ylispuu- tai pienaukkohakkuut eivät todennäköisesti heikennä kasvupotentiaalia. Kuusivaltaisien metsien poimintahakkuissa on tärkeää jättää isoja siemenpuita huolehtimaan uudistumisesta, jolloin ei luultavasti aiheuteta geneettistä heikennystä kasvupotentiaaliin ainakaan nopeasti. (Kärkkäinen ym. 2022, 39.)

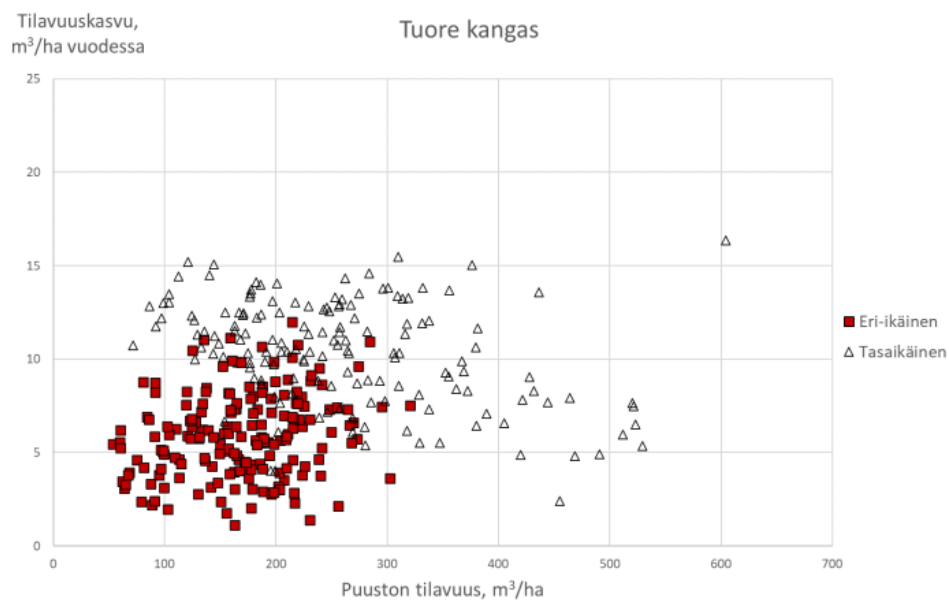
3.3.2 Puunkasvu ja -tuotos

Jatkuvapeitteisenä kasvatettavan metsän käsittely poikkeaa jaksollisesta kasvatuksesta, ja käsittelyt poikkeavat toisistaan myös kasvunopeudessa ja sen myötä metsikön puuntuotoksessa. Tässäkin asiassa tämän hetken haasteena on tutkimustiedon puutteellisuus. Pitkäaikaisiin mittaustuloksiin perustuvaa julkaistua tutkimustietoa löytyy lähinnä poimintahakkuin käsitellyistä eri-ikäiskuusikoista. Näitä tutkimuksia on tehty vastaavissa oloissa Etelä- ja Keski-Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Useissa puuntuotostutkimuksissa jatkuvaa kasvatusta verrataan jaksollisen kasvatuksen metsiin, ja tämä mielestäni onkin hyvä tapa vertailuksi ainakin Suomessa. (Hynynen, Salminen & Hökkä 2022, 42.)

Kasvuun ja tuotokseen vaikuttavat tekijät on hyvä ymmärtää metsänkäsittelyä suunniteltaessa. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi kasvupaikka ominaisuuksineen sekä puun käytettävissä oleva kasvutila. Kasvupaikan ominaisuuksia ovat esimerkiksi ilmasto-olosuhteet, maan kosteus sekä ravinteisuus ja maalaji. Myös jalostetuilla siemenillä/taimilla voidaan vaikuttaa kasvuun ja puuntuotokseen. Jatkuvapeitteisessä kasvatuksen luontaisessa uudistumisessa puiden perimä on paikallista alkuperää, jaksollisessa kasvatuksessa voidaan käyttää nopeakasvuisempia jalostettuja taimia. (Hynynen ym. 2022, 42–43.)

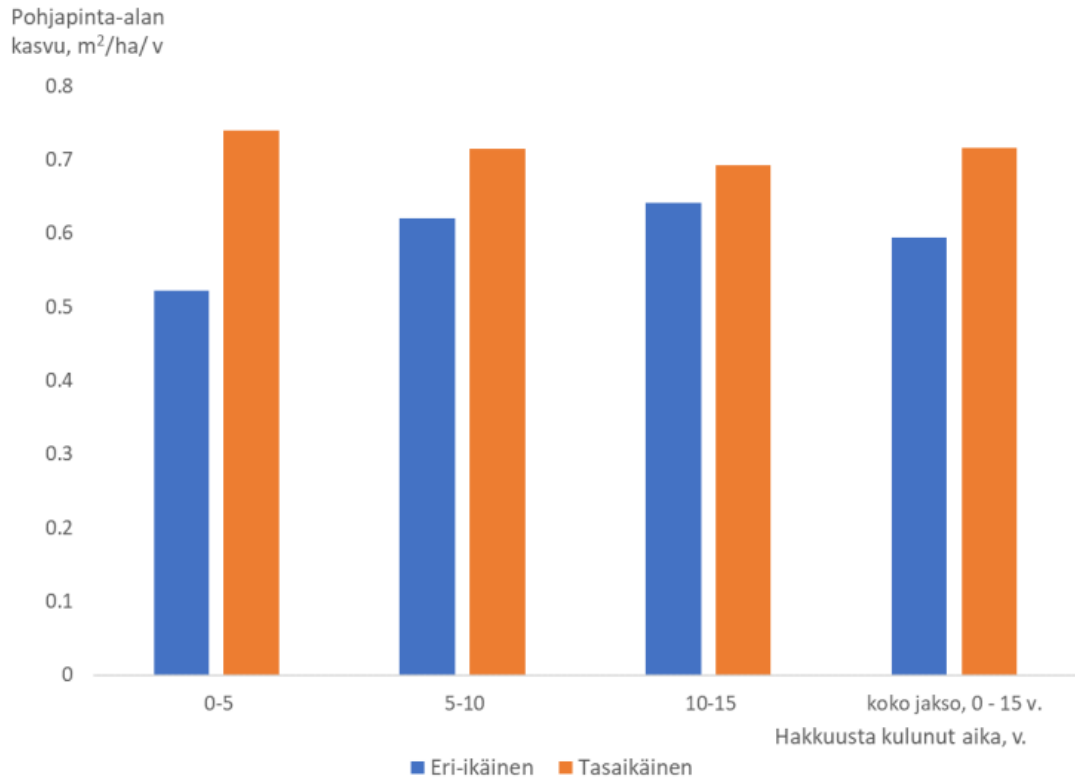
Metsikön puuntuotokseen yksittäisten puiden kasvujen ohella vaikuttaa suuresti metsikön tiheys eli kasvavien puiden määrä. Jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa on huolehdittava luontaisen uudistumisen edellytyksistä eli syntyvillä puilla tulee olla riittävästi kasvutilaa ja valoa ja tähän tulee kiinnittää huomiota kaikissa toimenpiteissä. Jatkuvapeitteisessä metsässä tarvitaan tilaa ja valoa alikasvoksen kehittymiseen sekä kasvamiseen ja varjostava kookas puisto tulee kasvattaa harvina. (Hynynen ym. 2022, 42–43.)

Eri voimakkuuksin harvennettujen tasaikäisten kuusikoiden ja poimintahakkuin käsitellyin eri-ikäiskuusikoisen kehitystä on tutkittu Luonnonvarakeskuksen toimesta. Tutkimukset perustuvat pitkäaikaisiin käsittelykokeisiin. Tutkimuksen mitaustulokset osoittavat puuston tilavuuden ja tilavuuskasvun olevan poimintahakkuin käsitellyissä kuusikoissa keskimäärin alhaisempi kuin tasaikäisissä kuusikoissa. Lisäksi samalla puuston tilavuustasolla tarkasteltuna, mitaustulokset osoittavat tilavuuskasvujen olevan eri-ikäisissä harvennuskuusikoissa alhaisempia kuin tasaikäisissä. Kuviossa 5 on esitetty tuoreen kankaan kuusikoiden mitaustuloksia. (Hynynen ym. 2022, 43–44.)



Kuvio 5. Tutkimuksessa mitatut puuston tilavuudet ja tilavuuskasvut eri-ikäisessä ja tasaikäisessä kuusikossa (Hynynen ym. 2022, 44)

Yksi syy hitaampaan kasvuun eri-ikäisrakenteisessa kasvatuksessa verrattuna jaksolliseen kasvatukseen on se, että varjostuneilla puilla kestää harvennuksen jälkeen vuosia vahvistaa juuristojaan ja kasvattaa latvuksiaan suuremman kasvutilan hyödyntämistä varten. Kuviossa 6 on esitetty pitkäaikaisten kestokokeiden tuloksiin perustuva ennuste kuusikon pohjapinta-alan kasvunopeudesta hakkuun jälkeen, ja vertailuna on eri-ikäismetsän poimintahakkuu ja tasaikäismetsän alaharvennus. (Hynynen ym. 2022, 45.)



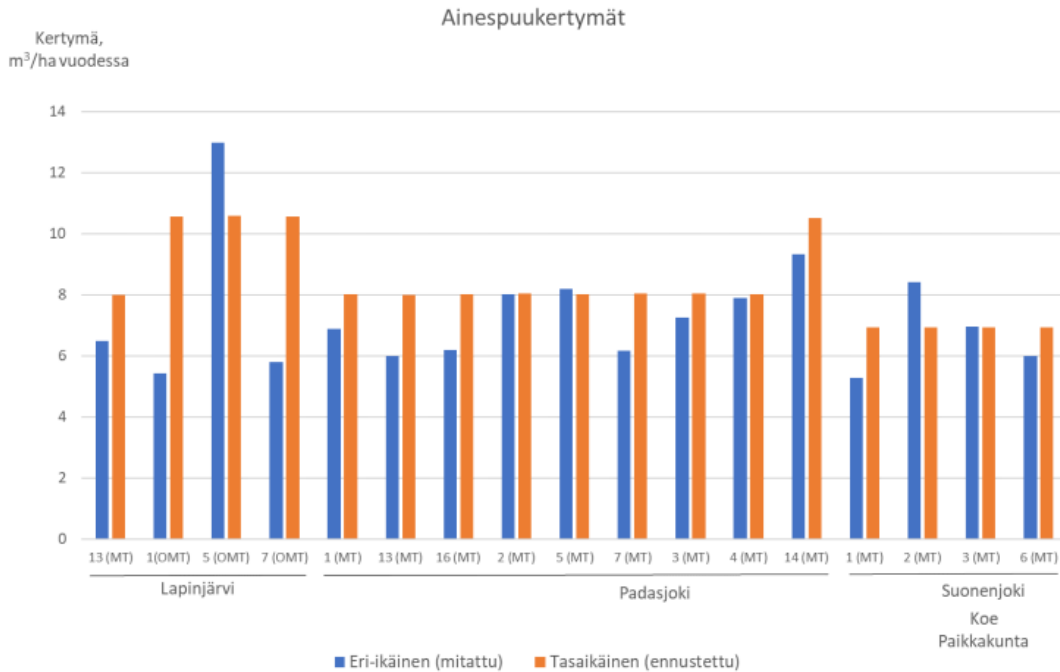
Kuvio 6. Puuston pohjapinta-alan kasvunopeus hakkuun jälkeen kuusikossa (Hynynen ym. 2022, 46)

Huolimatta suppeista ja erilaisista tutkimusaineistoista, saadaan niiden perusteella kohtuullisen yhteneväinen käsitys kivennäismaiden eri-ikäiskuusikoiden tuotoksesta. Kotimaisten tutkimusten mukaan eri-ikäiskuusikoiden vuotuinen puuston tilavuuskasvu vaihtelee kasvupaikan ja kasvatettavan puuston määrän mukaan neljän ja kahdeksan kuution välillä hehtaarille. Taulukossa 4 on esitetty eri tutkimusten keskituotoksia eri-ikäisessä ja tasaikäisessä kuusikossa. (Hynynen ym. 2022, 47–48.)

Taulukko 4. Kangasmaiden kuusikoiden keskituotos suomalaisten tutkimusten mukaan (Hynynen ym. 2022, 48)

| Eri-ikäinen kuusikko | | Tasaikäinen kuusikko | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Tutkimus | Keskituotos m ³ /ha/v | Tutkimus | Keskituotos m ³ /ha/v |
| Lähde ym. 2002 | 5,4 (keskihajonta 1,47) | Lähde ym. 2002 | 4,6 (keskihajonta 1,77) |
| Laiho ym. 2011 | 5,2–7,4 | Laiho ym. 2011 | 4,5–6,4 |
| Pukkala ym. 2009 | MT: 4,0–4,5 OMT: 6,0–8,0 | Vuokila ja Väliaho 1980 | MT: 5,6–7,0 OMT: 7,0–8,7 |
| Shanin ym. 2016 | 5,0–7,0 | Pingoud ym. 2018 | MT: 7,3 OMT: 9,4 |
| Hynynen ym. 2019 | 5,8 (keskihajonta 2,3) | | |

Luonnonvarakeskuksen ylläpitämien ja toistuvasti poimintahakkuin käsiteltyjen kestokokeiden toteutuneet hakkuukertymät vaihtelivat runsaasti kokeittain kahdenkymmenen ja kahdenkymmenen kolmen vuoden välillä olleella seurantajaksoilla. Tuloksia on verrattu simuloimalla samojen kuvioiden koko kiertoajan kattavat kasvu- ja tuotosennusteet olettaen puustoa kasvatettavan tasaikäisinä kuusikkoina metsänhoitosuosituksen mukaisesti. Tämän mukaan jaksollisesti kasvaville kuusikoille ennustetut koko kiertoajan vuotuiset kertymät olivat 15 prosenttia suuremmat kuin eri-ikäisissä kuusikoissa mitatut hakkuukertymät. Myös laskennallinen tukkiosuus (70 %) oli jaksollisen kasvatuksen mallissa isompi kuin poimintahakkuiden toteuma (68 %). Poimintahakkuiden heikompi tukkiprosentti on mielestäni aika yllättävä tulos, kun ajatellaan että poimintahakkuilla pyritään nimenomaan kasvattamaan rungot tukeiksi ja poistamaan pääasiassa niitä. Kuviossa 7 on esitetty ainespuukertymät eri metsäkuvioilla edellä mainitusta tutkimuksesta. (Hynynen ym. 2022, 48.)



Kuvio 7. Poimintahakkuin käsiteltyjen eri-ikäisten kuusikkokokeiden ainespuukertymien toteumat sekä Motti-ohjelmistolla ennustetut jaksollisen kasvatuksen toteumat (Hynynen ym. 2022, 49)

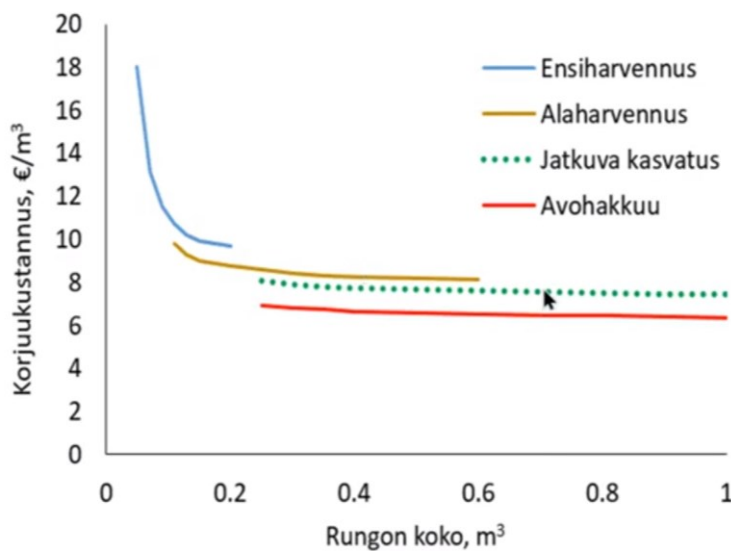
Edellä esitettyihin tuloksiin liittyy kuitenkin paljon epävarmuutta, joka johtuu hyvin puutteellisesta tiedosta jatkuvapeitteisen metsän puuston uudistumisesta luontaisesti sekä taimien kasvamisnopeudesta ainespuun mittoihin. Vielä ei ole riittävää empiiristä näyttöä kuinka hyvin poimintahakatuissa metsissä pystytään pitkällä aikavälillä ylläpitämään tämän hetken tutkimuksissa mitattua tuotostasoa. (Hynynen ym. 2022, 49.)

3.3.3 Puunkorjuu

Puunkorjuunkin osalta ollaan jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen suhteen tilanteessa, että tutkimustieto on vähäistä ja sitä tarvittaisiin lisää. Sekin tuo puunkorjuun vertailuun haasteita, että esimerkiksi eri-ikäisrakenteisen metsikön puuston rakenne voi vaihdella hakkuukohteittain. Tämä taas voi vaikuttaa puunkorjuunkin toteutustapaan. Hakkuukoneteknologian ja -työmenetelmien sovittamiseen työympäristöön ovat keskeisiä tulevaisuuden kehittämistarpeita. Koneellisen hakkuun menetelmään ja konetyypin valintaan on puuston rakenteella suuri

vaikutus. Työympäristötietoa tarvitaan hahmottamaan jatkuvapeitteisen kasvatuksen hakkuutapojen vaikutusta puuntuotantoon sekä korjuuolosuhteisiin tulevaisuudessa. (Nuutinen & Muhonen 2022, 52,58.)

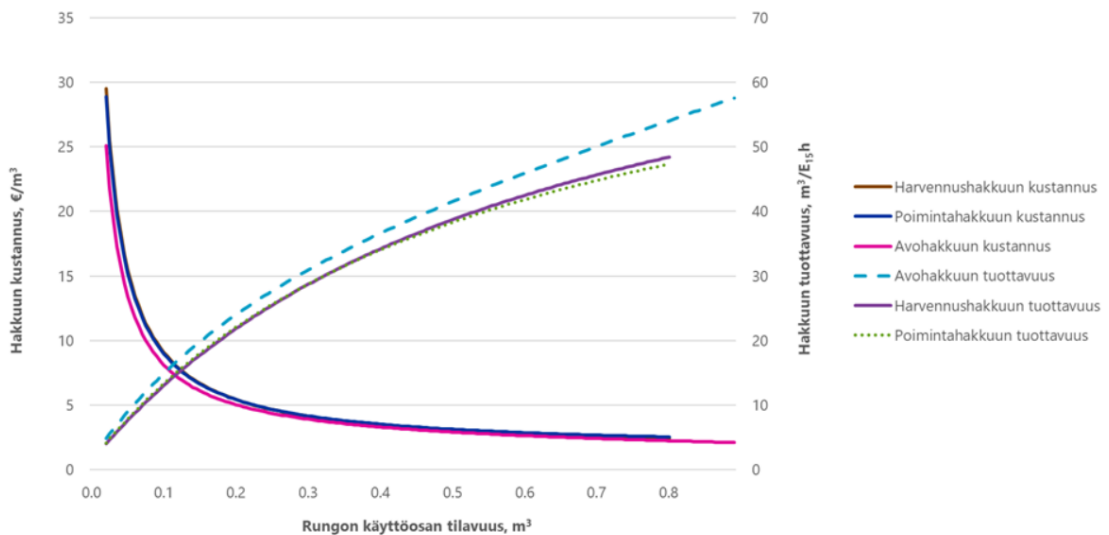
Metsätieteen emeritusprofessori Timo Pukkala nosti webinaariesitelmässään myyttinä esille jatkuvan kasvatuksen puunkorjuun kalleuden. Kuviossa 8 on Pukkalan esittämä tilasto eri hakkuutapojen korjuukustannuksesta ottaen huomioon sekä hakkuu- että kuljetuskoneen kustannus. Tämän mukaan jatkuvan kasvatuksen puunkorjuu ei ole tasaikäiskasvatuksen puunkorjuuta merkittävästi kalliimpaa tai halvempaa, kun huomioi kaikki tasaikäiskasvatuksen hakkuutavat. Tässä on mielestäni otettu se tärkeä asia huomioon, että on otettu vertailuun mukaan kaikki tasaikäiskasvatuksen korjuulajit. (Pukkala 2022.)



Kuvio 8. Eri hakkuutapojen korjuukustannus (Pukkala 2022)

Metsäsuunnittelu Hollanti Oy:n yrittäjä ja hallituksen puheenjohtaja Osmo Palosaari toi webinaariesitelmässään esille kokemuksiaan jatkuvan kasvatuksen hakkuista. Palosaaren kokemuksen mukaan jatkuvan kasvatuksen yläharvennusten korjuukustannus on pienempi kuin alaharvennuskohteilla, vaikka alikasvoksen säästäminen joudutaan jatkuvan kasvatuksen hakkuussa huomioimaan. Korjuuvaurioiden ei Palosaari näe poikkeavan alaharvennuksista ja hakkuun hyvällä suunnittelulla voidaan vaurioita vähentää. Ammattitaitoisen konekuskin roolia hakkuun onnistumiseksi Palosaari toi voimakkaasti esille. (Palosaari 2022.)

Luonnonvarakeskus on tutkinut Lapissa jatkuvan kasvatuksen korjuukustannuksia. Kuivahkon kankaan männikössä tehdyssä tutkimuksessa vertailtiin poimintahakkuun, alaharvennuksen ja avohakkuun korjuuta. Alaharvennuksessa poistettiin pienimpiä puita, poimintahakkuussa korjattiin valtapuusto ja avohakkuussa kaikki ainespuu. Tuloksena oli, että avohakkuulla korjuu oli edullisinta ja poimintaja alaharvennuksella korjuu maksoi saman. Avohakkuun korjuukustannus oli noin 0,3–3,8 euroa kuutiolle halvempi hakkuupoistuman tiheyden ollessa 500 runkoa hehtaarilla ja hakkuurunkojen järeyden ollessa 0,03–0,8 kuutiota. Poimintahakkuilla hakkuuta hidastaa jäävän puuston varominen, mutta hakattavien puiden isompi koko ja suurempi hakkuukertymä lisäävät tuottavuutta. Kuviossa 9 on esitetty hakkuun tuottavuus ja kustannus eri hakkuutavoilla rungon käyttöosan tilavuuden mukaan, kun hakkuupoistuma on 500 runkoa hehtaarilla. (Laitila & Repola 2023, 55.)



Kuvio 9. Hakkuun tuottavuus sekä kustannus (Laitila & Repola 2023, 44)

3.3.4 Metsätuhot

Metsien tuhoriskit poikkeavat toisistaan oleellisesti jatkuvapeitteisissä ja tasaikäisissä metsissä, mutta tässäkin on huomioitava suoran tutkimustiedon kattamattomuus. Juurikäpää voidaan jo nyt osoittaa ongelmaksi jatkuvapeitteiselle metsänhoidolle eikä juurikäpäistä kohdetta kannata missään tilanteessa siirtää jatkuvapeitteiseen metsänhoitoon. Hirvieläinten taimiin kohdistuva syönti vaikeuttaa muiden puulajien kuin kuusen uudistumista jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa ja

tämä vähentää puulajidiversiteettiä. Tuuli- ja lumituhojen sekä kirjanpainaajaan liittyvä tuhoriski ovat eri-ikäisissä metsissä todennäköisesti vähäisempiä kuin tasaikäisissä. (Hantula, Honkaniemi, Koivula, Matala & Siitonen 2022, 70.)

Tulevaisuuden metsämaisemat koostuvat eri metsänkasvatustapojen ja niiden vaiheiden mosaiikista ja tuhoriskin ovat riippuvaisia näistä tekijöistä. Tämä aiheuttaa siten huomattavaa vaihtelua tuhoriskeissä. (Hantula ym. 2022, 70.)

3.3.5 Monimuotoisuus

Lajistotutkimus poiminta- ja pienaukkohakkuita koskien, tarkastelee lähinnä varttuneessa ja alun perin melko tasaikäisessä metsässä tehtyjä toimenpiteitä. Parhaimmillaan tarkasteluja on 10–15 vuotta hakkuista ja koko kiertoajan kattavia seurantoja ei ole. Varjostusta tarvitsevat lajit, kuten mustikka, hyötyvät luultavasti jatkuvasta kasvatuksesta. Myös lajit, jotka vaativat peitteisyyden jatkuvuutta saattavat hyötyä. Herkimmät varttuneen metsän eliölajit vähentyvät tai häviävät paikalta poimintahakkuun jälkeen, mutta pääosa varttuneen metsä eliölajeista säilyy. Pienaukkohakkuu ei vaikuta metsälajistoon voimakkaasti ja pienaukoissa lajiston runsaudet muuttuvat aukon koon mukaan. Maltillisella koko metsikön korjuuintensiteetillä on mahdollista saada vaateliaskin lajisto säilymään säästetyissä varttuneen metsän osissa. (Siitonen & Koivula 2022, 75.)

Keskeisenä kysymyksenä jatkuvan kasvatuksen osalta on, huomattavasti vähentyneen ja tasaikäiskasvatuksessa säilymättömän, vaateliaan vanhojen metsien lajiston ylläpito. Lahopuu sekä järeät vanhat ja elävät kasvualustapuut ovat useimmille taantuneille lajeille tärkeitä metsän rakennepiirteitä. Näitä rakennepiirteitä on mahdollista ylläpitää ja määrää kasvattaa sekä jatkuvassa että jaksollisessa kasvatuksessa. Luonnonhoidosta on erikseen huolehdittava sekä jatkuvassa että jaksollisessakin kasvatuksessa. Poiminta- ja pienaukkohakkuiden kumulatiiviset monimuotoisuusvaikutukset ovat keskeinen tiedollinen aukko jatkuvan kasvatuksen suhteen. Jatkuvan kasvatuksen hakkuun jälkeisen puuston ylläpito sulkeutuneen metsän pienilmasto-olojen ja isoilla puilla elävien lajistojen suhteen on epävarmaa. Laajamittaisesti sovelletun jatkuvan kasvatuksen vaikutuksia lajistoon alueellisella tasolla sekä hakkuumenetelmien lajistovaikutuksia

muilla kuin kivennäismailla ei tiedetä. Toistaiseksi lajistotutkimusta on esimerkiksi turvemailla hyvin vähän. (Siitonen & Koivula 2022, 75.)

3.3.6 Vesistövaikutukset

Jatkuvan kasvatuksen vesistövaikutuksista ei ole vielä julkaistuja tutkimustuloksia. On kuitenkin olemassa julkaisemattomia tutkimustuloksia ja niiden perusteella jatkuvapeitteisellä kasvatuksella voi olla vähentävä vaikutus metsänkasvatuksen haitallisiin vesistövaikutuksiin. (Sarkkola & Nieminen 2022, 84.)

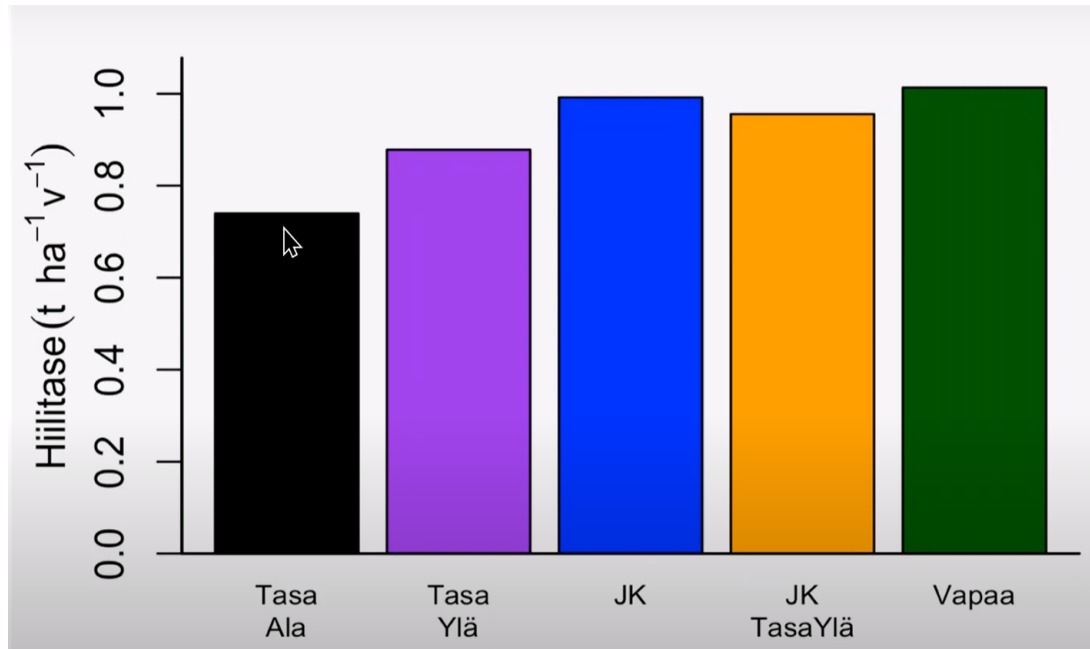
Ojitettujen soiden jatkuvapeitteisyydellä voidaan vähentää pohjaveden pinnan nousua puuston haihdutuksen myötä, ja tämä taas vähentää ojitustarpeita. Myöskään vedenpinnan nousun aiheuttamia huuhtoutumia ei synny samassa määrin kuin avohakkuun jälkeen. Kangasmailla jatkuvapeitteinen kasvatusta vähentää vesistökuormitusta todennäköisesti eniten niillä kohteilla, jotka jaksollisessa kasvatuksessa ojitusmätästetään. Todennäköisesti jatkuva kasvatusta on jaksollista kasvatusta selvästi parempi kasvatustapa vesiensuojelun näkökulmasta. (Sarkkola & Nieminen 2022, 84–86.)

3.3.7 Metsien hiilenkierto

Ei ole vielä olemassa yksiselitteistä vastausta jaksollisen ja jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen paremmuudesta metsien hiilitaloudelle. Jatkuvapeitteinen kasvatusta voi tutkimusten mukaan lisätä metsien hiilensidontaa ja -varastointia verrattuna tasaikäiseen kasvatukseen. Mahdollinen pienempi puuston tilavuuskasvu kuin jaksollisessa kasvatuksessa, voi pienentää jatkuvan kasvatuksen hiilihyötyä. Puuston kasvu, hajotustoiminta, erilaiset häiriöt, puutuotteiden elinkaari ja fossiilisten raaka-aineiden korvausvaikutukset voivat olla hiilitaseen kannalta metsänkasvatustapaan merkittävämpiä seikkoja. Rehevillä ojitetuilla turvemailla jatkuvapeitteinen kasvatusta vaikuttaa pitkällä aikavälillä lupaavalta keinolta hiilivarausten vähenemisen hidastamiseen. (Repo, Lehtonen & Sarkkola 2022, 90.)

Timo Pukkala toi webinaariesitelmässään esille tutkimustuloksia, joissa hiilitasetta verrattiin eri metsänkasvatustapojen suhteen. Tulokset näkyvät kuviossa 10 ja niiden perusteella jatkuva kasvatusta on hiilitaseeltaan parempi kuin jaksollinen

kasvatus. Huonoin vaihtoehto hiilitaseen kannalta on tämän tutkimustuloksen perusteella alaharvennuksin hoidettu jaksollinen kasvatus, joka tuottaa eniten kuivupuuta. Pukkala toi näkökulmana myös esille paksukunntaisten maiden avohakkuun ja muokkauksen jälkeen tapahtuvan kunnan kuivumisen ja lahoamisen sekä edellä mainitun myötä hiilen vapautumisen ilmakehään. (Pukkala 2022.)



Kuvio 10. Hiilitaseen vertailu eri metsänkasvatusmenetelmien suhteen (Pukkala 2022)

3.4 Jatkuva kasvatus talouden näkökulmasta

Metsän taloudellinen tuotto on varmastikin yksi oleellisimpia asioista, kun mietitään metsään tehtäviä toimia. Jatkuvan kasvatuksen salliminen on tuonut yhden merkittävän ulottuvuuden lisää metsänkäsittelyratkaisujen vaihtoehtoihin. Tärkeää olisi ymmärtää sen kannattavuus verrattuna jaksolliseen kasvatukseen myös talouden näkökulmasta.

3.4.1 Nettonykyarvo

Jatkovapeitteisen ja jaksollisen metsänkasvatuksen talousvertailut pohjautuvat puuston kehitystä simulaattoreilla ennustaviin mallilaskelmiin. Laskelmiin on useimmiten liitetty optimointiohjelma, jolla tavoitefunktion maksimi etsitään.

Yleensä tavoitefunktiona käytetään nettonykyarvoa, jota pidetään talousteoreettisesti pitävimpänä vertailumenetelmänä. Nettonykyarvo lasketaan ottamalla huomioon kaikki metsänkasvatuksesta saatavat tulot ja aiheutuvat menot nykyhetkestä ikuisuuteen. Nämä tulot ja menot diskontataan nykyarvoiksi sekä lasketaan niiden erotus. (Ahtikoski, Repola & Viitala 2022, 97–98.)

Faustmannin mallia mukaillen voidaan nettonykyarvo esittää pelkistetysti kaavalla:

$$V = (1 - e^{-rT})^{-1} [\sum_{t=0}^T R(t)e^{-rt} - c], \quad (1)$$

missä

| | | |
|-----------|----|--------------------------------|
| V | on | nettotulojen nykyarvo |
| r | on | laskentakorkokanta |
| T | on | kiertoaika |
| e^{-rt} | on | diskonttoteijä |
| R(t) | on | nettohakkuutulo ajanhetkellä t |
| c | on | metsän uudistamisen kustannus. |

Vertaamalla yhtälön (1) avulla määritettyä tulosta (V) metsänkasvatustapojen kesken, voidaan päätellä toimintatapojen taloudellinen paremmuus. Tähän pelkistettyyn esimerkkiin voidaan ja on mielestäni tarpeenkin tarkemmissa laskelmissa ottaa mukaan kaikki muutkin tulot sekä menot ja laskea niille nykyarvo. (Ahtikoski ym.2022, 97–98.)

Metsämaan arvoa kutsutaan myös paljaan maan arvoksi ja se on ikuisuuteen ulottuvan, jaksollisesti toistuvien päätehakkuutulojen ja istutuskustannusten erotusten nykyisyyteen diskontattu summa. Faustmannin mallin talousteoreettinen täsmällinen muotoilu ja tulkinta edellyttävät seuraavia oletuksia:

1. Rahaa voi lainata ja tallettaa täydellisillä pääomamarkkinoilla samalla ikuisuuteen saakka vakiolla (reaali)korkokannalla.
2. Puun hinta ja istutuskustannukset ovat reaalisesti nykyisellä tasolla ikuisesti ja ne tiedetään varmuudella.

3. Metsän kasvu ja hakkuukertymät tunnetaan varmuudella kaikkina aikoina.
4. Metsämaan myyntiin ja ostoon on käytössä täydelliset metsämaamarkkinat.

Faustmannin mallia voidaan myös hyödyntää siten, että sen avulla lasketaan optimikiertoaika, joka maksimoi nettonykyarvon eli metsämaan arvon. (Kuuluvainen & Valsta 2009, 83–85.)

3.4.2 Talousnäkökulmia liittyen jatkuvaan kasvatukseen

Helsingin yliopiston kansantaloustieteen metsäekonomian professori Olli Tahvonen esitteli työryhmänsä kanssa kehitettyä taloudellisekologista optimointimallia sekä mallin avulla saatuja tuloksia. Mallin käytön ja yleisestikin vertailun osalta Tahvonen nosti esille sitä, että kannattavuuden optimoinnissa kannattavuusperiaatteet täytyy ottaa taloustieteestä ja alkutilanne vertailulle täytyy olla sama. Metsänkasvatuksen historiassa on usein pidetty kannattavuuden mittarina puunmäärän maksimointia, mikä ei ole talouden näkökulmasta oikea mittari vaan täytyy käyttää esimerkiksi nettonykyarvoa. Nykyarvon maksimointi antaa mallin mukaan seuraavia tuloksia:

- Korkea sisäinen korko tuo jatkuvaa kasvatusta kannattavammaksi.
- Korkeat uudistamiskustannukset tuovat jatkuvaa kasvatusta kannattavammaksi.
- Korkea kantohinta suosii jaksollista kasvatusta.
- Rehevä kasvupaikka suosii jaksollista kasvatusta.
- Jatkuva kasvatus on parempi kuuselle kuin männylle.
- Harvennukset ovat aina kannattavampia yläharvennuksina.
- Alkutilanne vaikuttaa lopputulokseen, paljas maa suosii jaksollista ja heterogeeninen puusto jatkuvaa kasvatusta.
- Mänty ei pidemmän päälle menesty sekametsissä, koska ei pysty uudistumaan tiheässä metsässä.

- Koivu kannattaa säilyttää, mutta muut arvottomat lehtipuut kannattaa kaataa ja jättää metsään. (Tahvonen 2019.)

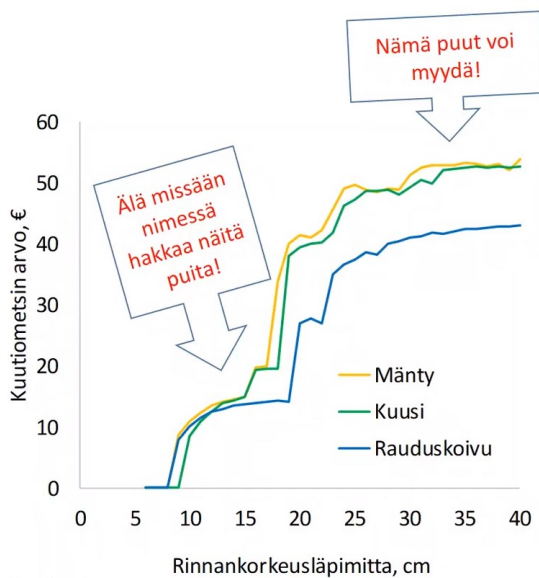
Hiilinielut on myös mahdollista huomioida mallissa, mikäli hiilensidonnasta aletaan saamaan rahallista hyötyä ja tämä suosisi jatkuvaa kasvatusta. Myös monimuotoisuutta ja ekosysteemipalvelujen arvoja voidaan ottaa malliin mukaan ja myös se suosisivat jatkuvaa kasvatusta. Tahvonen toi hyvin esille eron pahamaineisen harsinnan ja jatkuvan kasvatuksen välille. Harsinnassa poistettiin vain parhaat puut ja jätettiin huonot metsään kasvamaan. Tämä saa aikaan sen ongelman, että arvottomat puut valtaavat metsää. Jatkuvassa kasvatuksessa huonot puut poistetaan ja arvottomat kaadetaan sekä jätetään metsään, jotta ne eivät vie tilaa arvokasvua kasvavilta puilta. Tahvonen totesi esitelmässään, että jatkuvan kasvatusta on kannattava metsänkäsittelymenetelmä jaksollisen kasvatuksen lisäksi. (Tahvonen 2019.)

Timo Pukkala havainnollisti hyvin jatkuvan kasvatuksen taloudellisen kannattavuuden ajatusta kuviossa 11 näkyvällä esimerkillä. Kuviossa näkyy hyvin kuitupuurungon ja tukkipuurungon hintaero. Kantava ajatus jatkuvassa kasvatuksessa on kasvattaa ja poistaa runkoja, jotka ovat kooltaan tukkeja, kun jaksollisessa kasvatuksessa poistetaan etenkin alkuvaiheessa paljon kuiturunkoja. Tämä esimerkki tuo myös hyvin esille uudistamiskustannuksen merkityksen sillä kuiturungon hinta on aika lähellä kyseessä olevan rungon uudistamiskustannusta ja ei näin ollen tuota metsänomistajalle mitään ja voi jopa tuottaa tappiota. (Pukkala 2022.)



Kuvio 11. Kuitu- ja tukkirungon arvo (Pukkala 2022)

Timo Pukkala havainnollisti puun arvokasvua kuvion 12 avulla. Pääajatuksena on metsikön hakkaaminen arvokasvun ollessa riittämätön suhteessa puuston ja maapohjan arvoon. Poistettavat puut ovat ne, joiden arvokasvu suhteessa rungon arvoon ei ole enää riittävä ja näinollen hakkuutavaksi usein tulee yläharvennus. Olennaista on siis poistaa hakkuukypsiä puita ja jättää kasvamaan suhteelliselta arvokasvultaan hyviä puita. Mikäli taimia syntyy luonnostaan, ei tarvitse uudistaa ja vältetään kalliilta uudistamiskuluilta. Tämän vuoksi metsä tulisi harventaa tarpeeksi harvaksi, jotta luontaiselle uudistumiselle on edellytykset ja pystytään kasvattamaan metsää jatkuvapeitteisenä. (Pukkala 2022.)



Kuvio 12. Puun arvokasvu rinnankorkeusläpimitan suhteessa (Pukkala 2022)

Timo Pukkala toi talouden näkökulmasta esille myös muita hyötyjä, joita jatkuva kasvatus voi tuoda metsänomistajalle. Hitaasti kasvaneen puun lustot ovat ohkaisempia ja puu on tiheämpää, mikä tuo sahatavaraan paremman lujuuden ja laadun. Uudistamiskulujen lisäksi vältetään myös taimikonhoitokulut. Pukkala toi myös esille, että tutkimusten mukaan jatkuvan kasvatuksen hiilitase on jaksollista parempi ja voi mahdollistaa metsänomistajalle keskustelun alla olevien hiilikompensaatio tulojen hyödyntämisen. Myös parempi ekologinen laatu voi jossain vaiheessa tuoda mahdollisuuden ekologisiin kompensaatioihin. Jatkuvan kasvatuksen monirakenteisempi metsä tuo paremman sietokyvyn tuhoja vastaan. Monirakenteisempi metsä antaa myös paremman taloudellisen resilienssin. Tässä ta-

pauksessa resilienssilla tarkoitetaan sitä, että hakkuulla ei kavenneta tulevaisuuden päätösvaihtoehtoja ja voidaan myydä kysyntää omaavaa puutavaralajia. (Pukkala 2022.)

4 JATKUVAN KASVATUKSEN KASVUMALLIT JA SUUNNITTELUTYÖKALUT

Olli Tahvonen toi esitelmässään esille, että jatkuvasta kasvatuksesta tarvittaisiin lisää tutkimusta ja tuloksia metsänkasvusta. Näitä tuloksia voitaisiin ja olisi tarpeen käyttää monitieteellisessä tutkimuksessa. Optimointimalleista puuttuu useita oleellisia tekijöitä, kuten menetelmien erot metsätuhoihin, korjuuvaurioihin sekä puun laatuun ja ongelmana on myös soveltavien kasvumallien pieni määrä ja epävarmuudet. Käytössä on kaksi kasvumallia, joista toinen on kehitetty Timo Pukkalan johdolla ja toinen malli on kehitetty Norjassa. Näissä kasvumalleissa on merkittävä ero etenkin kynnyksmallikasvun osalta. Pukkalan malli vaikuttaisi Tahvosen mukaan suosivan jatkuvaa kasvatusta verrattuna Norjassa kehitettyyn malliin. (Tahvonen 2019.)

Jatkuvan kasvatuksen tutkimuksen ja olemassa olevien kasvumallien rajallisuus ja ehkä vajavaisuuskin tuo mielestäni haastetta ja myös riskiä arvioida metsänomistajan kannalta parasta metsänkäsittelymallia jatkuvan ja jaksollisen kasvatuksen välillä. Mielestäni on hyvä muistaa sekin, että riski on varmastikin olemassa molempaan suuntaan, vaikka helposti ajatellaan tuttua ja turvallista jaksollista käsittelyä riskittömämmäksi vaihtoehdoksi. Valittaessa jaksollinen käsittely on kuitenkin olemassa riski, että jatkuvan kasvatuksen menetelmä olisi ollut kannattavampi vaihtoehto. Oma lähestymiseni on käyttää olemassa olevia malleja ja hyväksyä sekä myös yrittää hallita niissä oleva riski esimerkiksi seuraamalla tarkemmin metsän kehitystä ja muuttamalla suunnitelmaa, mikäli toteuma ei ole odotetun mukainen.

4.1 Jatkuvan kasvatuksen kasvumallit ja optimointi

Metsäsuunnittelussa käytettävien kasvumallien tulisi soveltua tasa- ja eri-ikäisten metsien kasvatukseen. Tämän lisäksi mallien pitäisi soveltua käytettäväksi kivennäis- ja turvemaiden kaikilla kasvupaikoilla. (Mehtätalo, Siipilehto & Kangas 2022, 112.)

Timo Pukkalan johdolla kehitettyjä kasvumalleja on sovellettu ennustettaessa molempien kasvatusmenetelmien mukaisia puustojen kehityksiä. Malleissa ei

käytetä selittäjänä metsikön ikää. (Pukkala, Vauhkonen, Korhonen & Packalen 2021, 333.)

Pukkalan johdolla kehitettyjen mallien perustana ovat pysyvät VMI10- ja VMI11-koealat ja mallit poikkeavat tavanomaisista kasvumalleista olennaisesti siinä, että metsikön ikää ei käytetä selittäjänä. Yhtenä haasteena on myös, että kaikkia kasvatustapojen eroon vaikuttavia tekijöitä ei voida huomioida suunnittelussa. Kasvumalleissa ei käytetä esimerkiksi puiden terveydentilaa ja latvuksen kuntoa kuvaava informaatiota, mutta tekijät voivat sisältää systemaattista eroa jommankumman kasvatustavan hyväksi. Systemaattinen virhe voi aiheutua myös menetelmien erilaisista riskeistä/epävarmuuksista. Esimerkiksi luontaisessa uudistumisessa siemenvuosien vaihtelu tuo epävarmuutta, jota istutuksessa ja kylvössä ei ole. (Mehtätalo ym. 2022, 112–113.)

Jatkuvassa kasvatuksessa on olennaista pystyä ennustamaan uusien puiden syntymistä ja yleensä tarkastellaan niin sanottua sisäänkasvua. Sisäänkasvu tarkoittaa asetetun vähimmäispituuden tai -läpimitan ylittäneitä taimia. Sisäänkasvun osalta olisi mallin kyettävä kuvaamaan sisäänkasvun tapahtuminen ja sen määrä sekä jakaantuminen riittävän tasaisesti metsikön alueelle. Lapin ja Pukkalan kehittämässä metsäsuunnittelumallissa nämä kolme komponenttia on huomioitu. On kuitenkin tärkeää ymmärtää kuvaako malli edellä mainitut kolme komponenttia realistisesti aluetasolla vai kykeneekö se myös kohdentamaan ennusteet luotettavasti eri kohteille. (Mehtätalo ym. 2022, 113.)

Nykytilan kuvaukseen ja käsittelyvaihtoehtojen simulointiin luotettavasti toimivien mallien avulla voidaan käsittelyvaihtoehdoista optimoida metsäsuunnitelma. Jatkuvan ja tasaikäisen kasvatuksen optimoinnit eivät poikkea toisistaan, mikäli kaikki olennaiset kasvuun ja tuotokseen vaikuttavat tekijät on kuvattu yhtenäisellä sekä molempien kasvatustapojen kuvaukseen sopivalla simulaattorilla. Simulaattorin systemaattinen yliarviointi jommankumman kasvatustavan osalta tuo ongelmia, jotka vaikuttavat optimoinnin tulokseen. Tämä voi tuottaa suunnitelman, jossa yliarvioitun mukaisia käsittelyjä tehtäisiin virheellisesti merkittävä määrä. Mikäli kasvatustapojen eroavaisuuksista myös epävarmuudet halutaan huomioida, tarvitaan stokastisuuden tunnistava optimointimenetelmä. Mikäli

eroavia riskejä ei huomioida suosii optimointi paremman tuloksen tuottavaa kasvatusmenetelmää riippumatta riskien eroista. (Mehtätalo ym. 2022, 113–114.)

Edellä mainittu riskien huomioiminen on mielestäni oleellinen asia, kun mietitään metsänkäsittelyä jatkuvan ja jaksollisen vaihtoehdon välillä. Etenkin luontaisen uudistumisen onnistuminen on jatkuvassa kasvatuksessa epävarmuus, joka mielestäni täytyy hallita.

4.2 Metsäsuunnittelun ja optimoinnin ohjelmistoratkaisuja

Metsäsuunnitteluun on käytettävissä useampia ohjelmia ja esittelen tässä kolme ohjelmistoa, jotka ovat MELA-, IPTIM- ja Monsu-metsäsuunnitteluohjelmistot. Opinnäytetyön kokeellisessa osassa käytän Monsu-ohjelmistoa.

Luonnonvarakeskuksen **MELA-metsäsuunnitteluohjelmisto** on kehitetty metsien tuotanto- ja käyttömahdollisuuksien analysointiin sekä metsien käytön suunnitteluun. Ohjelmistoa käytetään Luonnonvarakeskuksen lisäksi esimerkiksi metsäteollisuudessa, Metsähallituksessa ja oppilaitoksissa. Ohjelmisto sopii käytettäväksi erilaisissa metsiä koskevissa valtakunnallisissa ja alueellisissa vaihtohtolaskelmissa ja vaikutusarvioiden laadinnassa. MELA-ohjelmiston avulla lasketaan alueellisia tuotanto- ja käyttömahdollisuusarvioita valtakunnan metsien inventoinnin aineistojen avulla ja niitä voi vapaasti käyttää MELA-tulospalvelussa. (Niemi, Mäkinen, Viitala & Lumperoinen 2020, 56–57.)

Simosoi Oy:n **IPTIM** on strategisen ja taktisen metsäsuunnittelun työkalu. Ohjelmistoa voi käyttää metsävaratietojen hallintaan, metsien käytön suunnitteluun tavoitteiden mukaisesti sekä vaihtoehdoisien metsien käsittelytapojen tarkasteluun. Ohjelmistoa käyttävät metsäteollisuuden yritykset, metsäpalveluyrittäjät, kaupungit ja kunnat, oppilaitokset sekä metsäsijoittajat. Ohjelmistoa käytetään Suomen lisäksi esimerkiksi Pohjoismaissa, Baltiassa, Etelä-Amerikassa, Afrikassa ja Aasiassa. Metsäsuunnittelun lisäksi ohjelmistoa käytetään yleisesti metsien arvon määrittelyyn sekä strategisiin puu- ja kassavirtalaskelmiin. (Niemi ym. 2020, 59–60.)

Monsu-metsäsuunnitteluohjelmisto on kehitetty tavoitevetoiseen monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun. Suunnitelma koostetaan simuloimalla metsikkökuviolle ensi käsittelyvaihtoehtoja ja tämän jälkeen käsittelyvaihtoehdoista valitaan optimoinnin avulla tavoitteet maksimoiva vaihtoehto. Käsittelyvaihtoehtoja simuloitaessa on mahdollista käyttää useita eri kasvumalleja esimerkiksi mallin luotettavuuden arvioinnin pohjalta. Niin sanottujen Monsu-mallien lisäksi käytettävissä ovat muun muassa MELA-mallit. Metsiköiden käsittelyä ja kehitystä voidaan simuloida erilaisten metsänhoitomenetelmien mukaisesti ja sekä jatkuvan että tasaikäismetsätalouden käsittelyvaihtoehtoja on käytössä useita. (Niemi ym. 2020, 58–59.)

Monsu-malli perustuu Timo Pukkalan johdolla kehitettyyn malliin. Ja tämän mallin merkittävin ero tavanomaisiin malleihin on, että selittäjänä ei käytetä metsikön ikää (Pukkala ym. 2021, 333).

Simuloinnin ja suunnittelun aikajänne voidaan valita 3–300 vuoden väliltä, ja se voidaan jakaa enintään kymmeneen osajaksoon. Tulokset lasketaan koko aikajänteelle sekä myös kullekin osajaksole. Metsänomistaja ilmoittaa optimoinnille tavoitteet, joita optimointi pyrkii maksimoimaan. Lineaarisen ohjelmoinnin tai heurististen menetelmien käyttö on optimointiin mahdollista. Myös spatiaalista optimointia voidaan tehdä eli voidaan esimerkiksi luoda leimikkokeskityksiä tai yhtenäisiä vanhan metsän alueita. (Niemi ym. 2020, 59.)

Monsu laskee puustotunnusten lisäksi myös muihin ekosysteemipalveluihin liittyviä tunnuksia. Näitä ovat muun muassa lahopuun määrä ja puuston biomassa, hiilitase sekä hiilivarastot, luonnontuotteiden tuotantopotentiaali, puulajidiversiteetti ja lajien elinympäristöindeksit. (Niemi ym. 2020, 59.)

5 JATKUVAN KASVATUKSEN MAHDOLLISUUDET METSÄTILALLA

Jatkuvan kasvatuksen mahdollisuuksien tarkasteluun sekä vertailuun käytin Monsu-metsäsuunnitteluohjelmistoa. Tein neljä erilaista simulointioptimointi metsäsuunnitelmaa, joita vertasin toisiinsa. Nämä tarkastellut metsäsuunnitelma- vaihtoehdot olivat seuraavat:

1. sekä jatkuva että jaksollinen sallittu
2. ei missään jatkuvaa kasvatusta ja jaksollisen harvennuksen harvennustapana yläharvennus
3. vapaan tyylin metsätalous ja jaksollisen kasvatuksen harvennustapana yläharvennus
4. ei missään jatkuvaa kasvatusta ja jaksollisen harvennuksen harvennustapana alaharvennus.

Metsäsuunnitelmat tein 30 vuoden kokonaisjaksolle ja tämän jakson jaoin kolmeen kymmenen vuoden suunnittelukauteen. Metsäsuunnitelmien tuloksista tein erilaisia laskelmia sekä vertailuja ja näiden tulosten perusteella arvioin eri suunnitelmavaihtoehtoja.

5.1 Simuloinnin ja optimoinnin parametrit sekä tavoitteet

Pääasiassa käytin Monsussa oletusarvoina olevia parametrejä. Puun tienvarsihintoina on käytetty Monsun oletusarvoja, jotka ovat maltilliset verrattuna viimeisen kahden vuoden aikana nähtyyn puun hinnan nousuun. Monsun oletushinnat sopivat käytettäväksi tähän työhön ja vertailuun eri metsäsuunnitelmavaihtoehtojen kesken. Kuitupuun minimiläpimitan muutin käytössä olevaan viiteen senttimetriin.

Simuloinnin parametrit pidin kaikille neljälle simulointivaihtoehdolle Monsun ehdottamissa oletusarvoissa. Simulointiparametrienkin osalta Monsun oletusarvot sopivat mielestäni hyvin käytettäväksi työhön ja metsäsuunnitelmien vertailuun.

Optimoinnin tavoiteasetannassa valitsin kaikille vaihtoehdoille suunnittelumenetelmäksi heuristisen optimoinnin (Monsu). Optimoinnin tavoitteen määritin myös

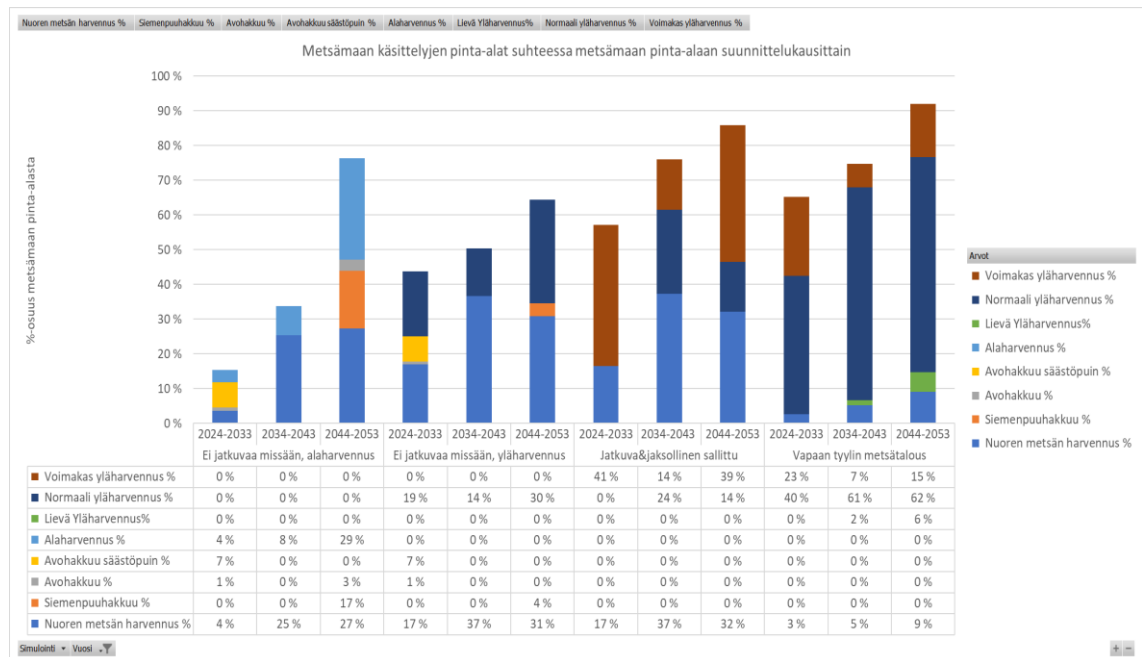
kaikille vaihtoehdoille samaksi ja tavoitteena päädyin käyttämään nykyarvoa kolmen prosentin reaalikorkotuotolla. Ympäristöön vaikuttavat asiat päädyin mieluummin tarkastelemaan tulosten pohjalta kuin asettamaan optimoinnin tavoitteeksi. Optimoinnin heuristiikaksi asetin kaikille vaihtoehdoille Hero-heuristiikan.

5.2 Eri metsänkäsittelyvaihtoehtojen vertailu koko metsätilaa koskien

5.2.1 Käsittelytoimenpiteet metsämaakuviolla

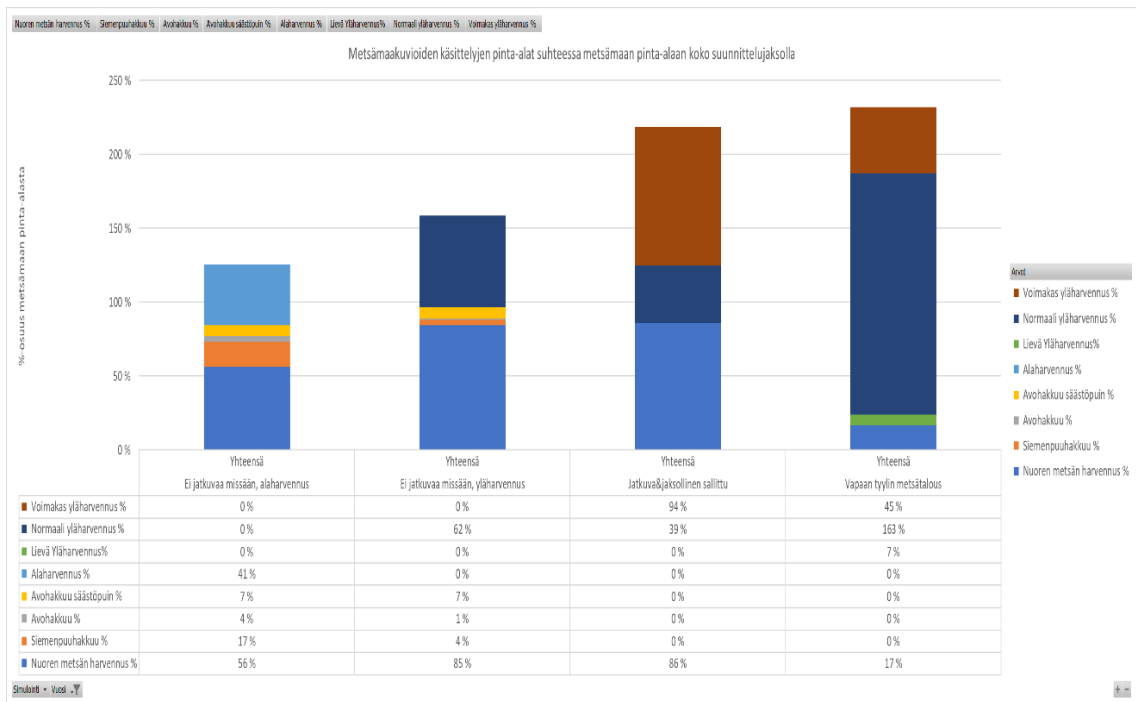
Kuvioissa 13 ja 14 on esitetty suunnittelujakson aikana eri metsäsuunnittelu- vaihtoehtojen optimoidut hakkuutoimenpiteet suhteessa metsämaan pinta-alaan. Kuviossa 13 hakkuut on esitetty suunnittelukaussittain ja kuviossa 14 on hakkuut yhteensä koko suunnittelujakson aikana.

Kuviosta 13 näkee, että tämän metsätilan tapauksessa hakkuualue kasvaa kaikissa vaihtoehdoissa suunnittelujakson loppua kohden. Voimakkain ero suunnittelujakson alun ja lopun välillä on vaihtoehdossa, jossa ei jatkuvaa kasvatusta sallita ja harvennukset toteutetaan alaharvennuksina.



Kuvio 13. Metsämaakuvioiden hakkuut suhteessa metsämaan pinta-alaan suunnittelujakson aikana suunnittelukaussittain

Kuviossa 14 näkee selvästi vertailtavien metsäsuunnitelmien periaatteellisen eron. Jatkuvan kasvatuksen sallivissa hakkuissa metsälle tehdään huomattavasti enemmän hakkuita suhteessa pinta-alaan. Tämä on jatkuvalle kasvatukselle ominaista, kun metsä pidetään peitteisenä ja poimimalla poistetaan arvokasvun ehto-
toipuolelle päätyneet rungot sopivin aikaväleihin. Toinen selkeä ero on voimakkaan yläharvennuksen käyttö tuomaan tilaa ja valoa alikasvoksen kehittymiselle ja kasvamiselle. Avohakkuita ei optimointi tuonut jatkuvan kasvatuksen salliviin metsäsuunnitelmiin ollenkaan. Vapaan tyylin ja jatkuvan sekä jaksollisen sallivissa metsäsuunnitelmissakin on kohtuu paljon eroa eri harvennustapojen käyttömäärillä. Vapaan tyylin metsäsuunnitelmassa harvennusvoimakkuus on maltillisempaa.



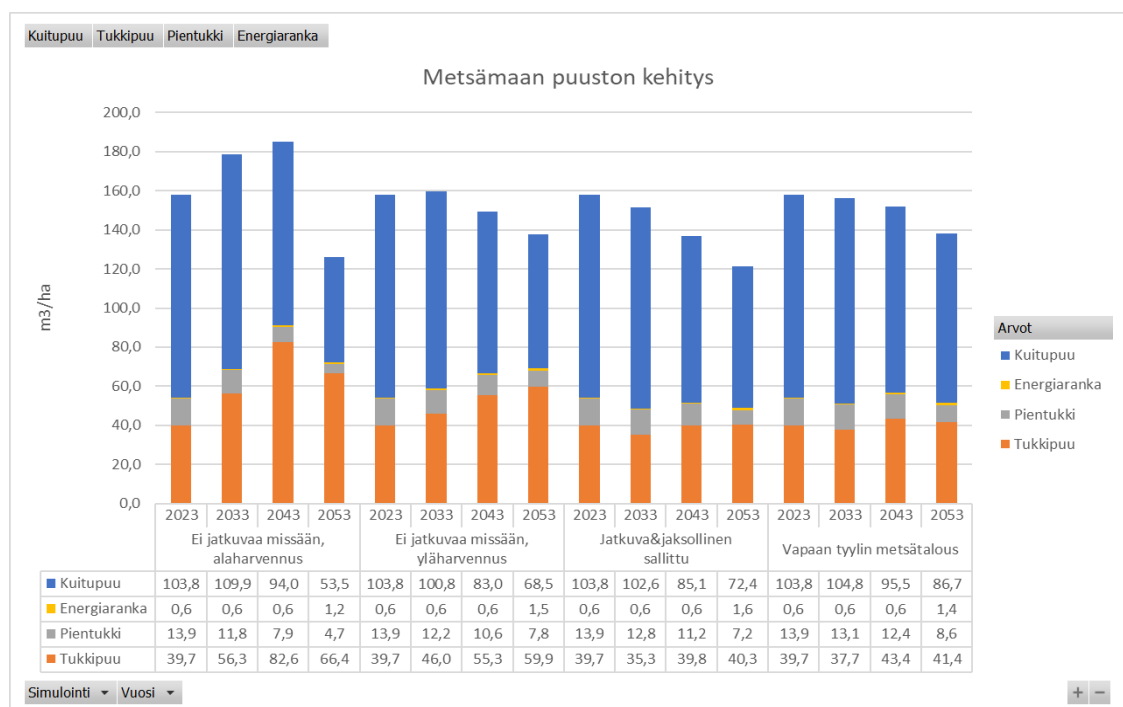
Kuva 14. Metsämaakuvioiden hakkuut suhteessa pinta-alaan koko suunnitteluajaksen aikana

5.2.2 Puuston kehitys ja hakkuumäärät

Kuviossa 15 näkyy metsämaan puuston kehitys eri metsäsuunnitelmavaihtoehdoilla suunnittelukausien aikana. Kaikissa metsäsuunnittelun vaihtoehdoissa metsämaan puuston määrä on suunnittelujakson lopussa pienempi kuin lähtötilanteessa.

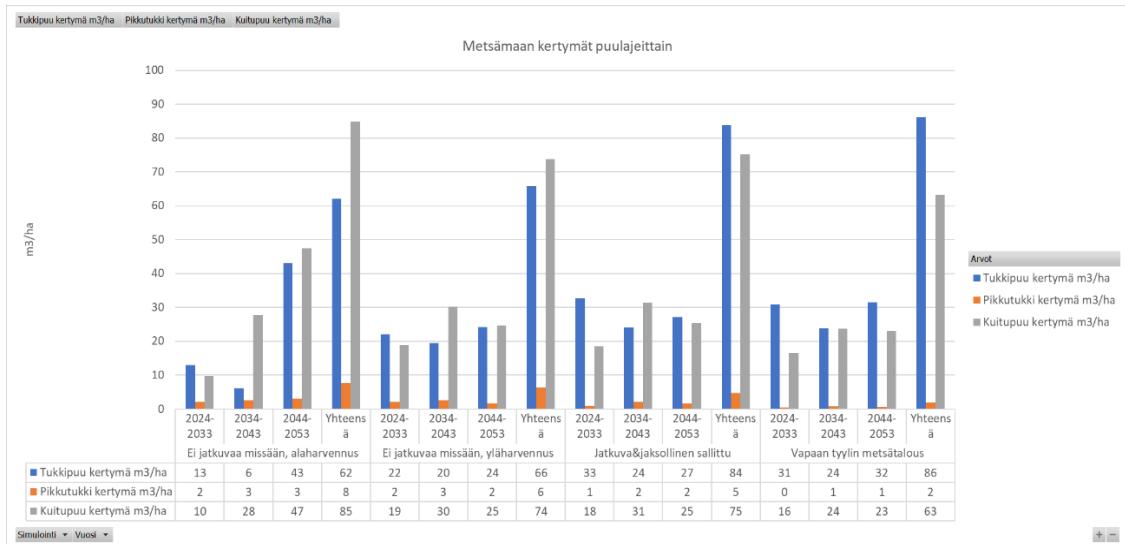
Selkein ero jatkuvan kasvatuksen sallivissa metsäsuunnitelmissa verrattuna sen sallimattomiin on tukkipuun määrän pysyminen tasaisena. Tämä on seurausta siitä, että tukkipuut pyritään poimimaan pois arvokasvuvaiheen jälkeen ja tehdään tilaa pienemmille arvokasvupotentiaalia omaaville puille.

Jatkuvaa kasvatusta sallimaton ja alaharvennusta käyttävä metsäsuunnitelma poikkeaa muista vaihtoehdoista selkeästi. Siinä puuston määrä kasvaa viimeiseen suunnittelukauteen asti, jolloin puuston määrä selkeästi tipahtaa alas. Muissa vaihtoehdoissa puuston määrä pysyy tasaisempana koko suunnittelukauden ajan.



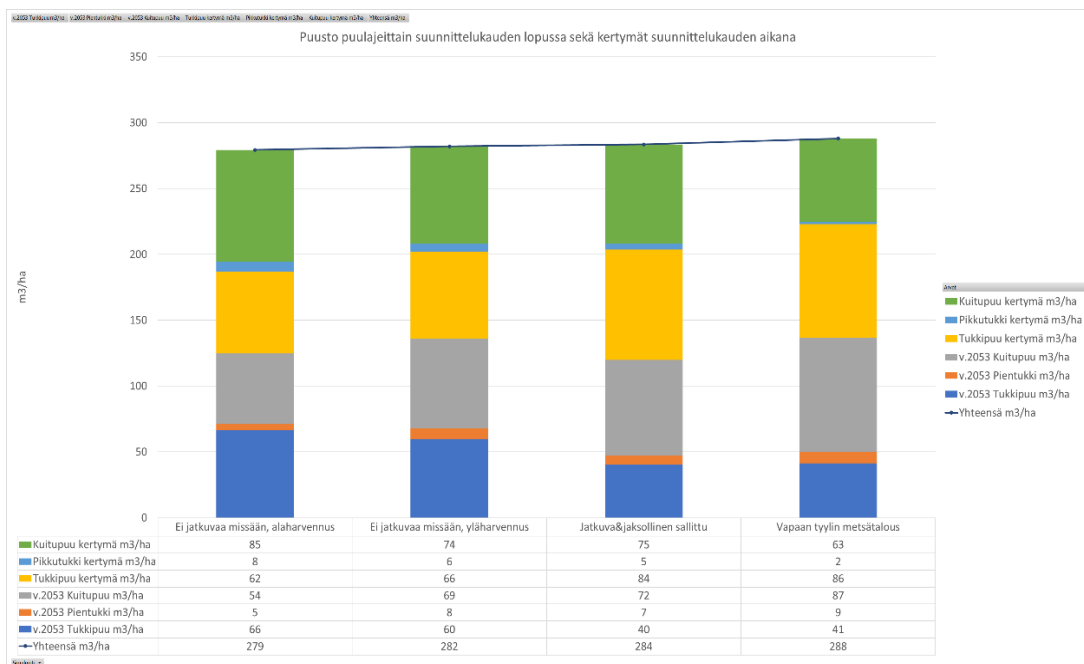
Kuvio 15. Metsämaakuvioiden puuston kehitys eri vaihtoehdoilla suunnittelujakson aikana

Kuviossa 16 on esitetty hakkuukertymät suunnittelukausittain sekä myös kaikkien kausien summana. Tukkipuukertymissä näkyy hyvin jatkuvan kasvatukseen ominainen tukkipuuhun tähtäävä hakkuutapa, vaikkakin myös kuitupuuta kertyy hyvin.



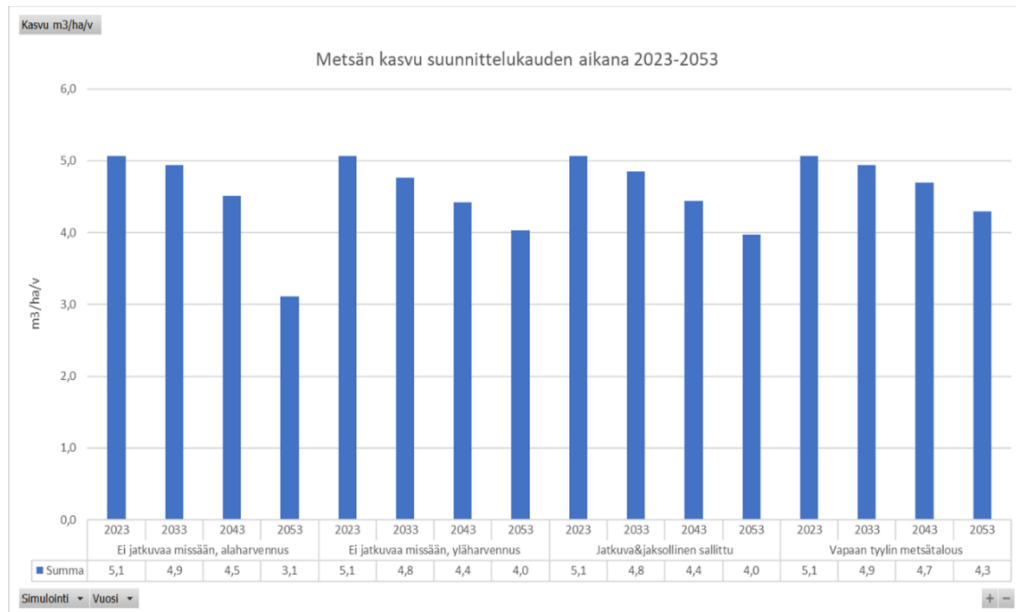
Kuvio 16. Hakkuukertymät suunnittelukaussittain sekä yhteensä

Kuvion 17 pohjana on laskelma, mihin on yhdistetty suunnittelujakson lopussa oleva puusto sekä koko jakson kertymät. Tämä kuvaa mielestäni hyvin kokonaisuutena puuston kehitystä sekä hyödyntämistä suunnittelujakson aikana. Erot eri metsäsuunnitelmien välillä ovat loppujen lopuksi aika pienet. Vapaan tyylin metsäsuunnitelmalla puun kokonaismäärä on isoin ja jatkuvaa kasvatusta sallimattoman sekä alaharvennuksia käyttävän metsäsuunnitelman puun kokonaismäärä on pienin eron ollessa noin kolme prosenttia.



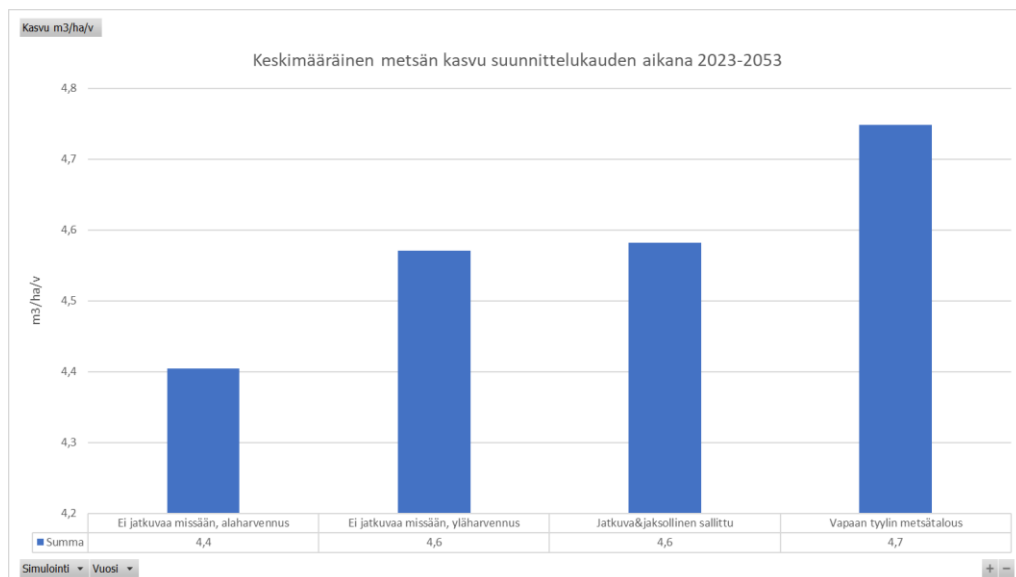
Kuvio 17. Puusto suunnittelukauden lopussa sekä kertymät suunnittelukauden aikana

Kuviossa 18 on esitetty suunnittelukausittain metsän kasvu hehtaaria kohden eri metsäsuunnitelma vaihtoehdoilla. Kaikissa käsittelyvaihtoehdoissa metsän kasvu hiipuu suunnitelmien toimenpiteiden ja metsän kehityksen myötä suunnittelujakson loppua kohden.



Kuvio 18. Metsän kasvu suunnittelukausien aikana

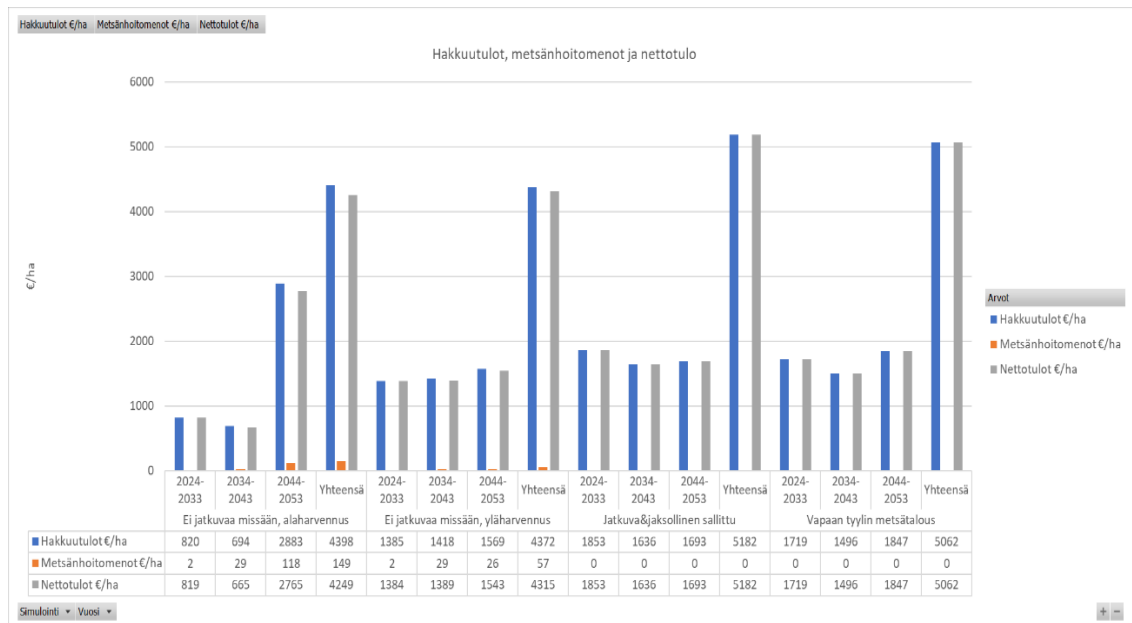
Kuviossa 19 on esitetty koko suunnittelujakson metsän kasvu hehtaaria kohden eri metsäsuunnitelma vaihtoehdoilla. Vapaan tyylin metsäsuunnitelmalla kasvu on suurin. Alaharvennuksia käyttävällä sekä jatkuvaa kasvatusta sallimattomalla metsäsuunnitelmalla kasvu taas on pienin. Erot suunnitelmien välillä ovat kuitenkin aika pieniä.



Kuvio 19. Metsän kasvu suunnittelujakson aikana

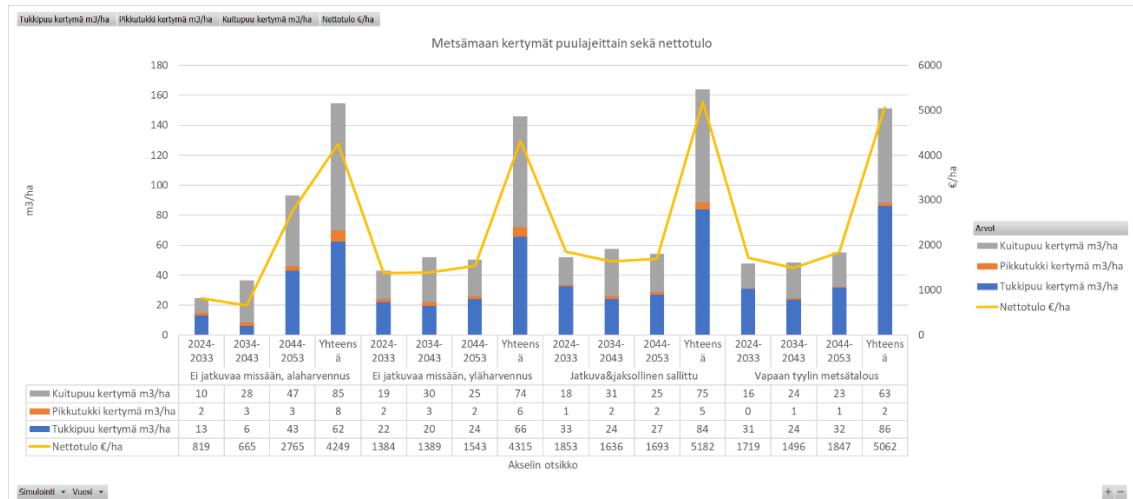
5.2.3 Hakkuutulot

Kuviossa 20 on esitetty suunnittelukausiin hakkuutulot, metsänhoitomenot sekä edellä mainittujen pohjalta muodostuva nettotulo. Huomattavaa on, että jatkuvan kasvatuksen sallivissa metsäsuunnitelmissa ei ole tehty metsänhoitomenoja vaativia hakkuuta. Kokonaisuutena nettotulot ovat selkeästi suuremmat jatkuvan kasvatuksen sallivissa metsäsuunnitelmissa.



Kuvio 20. Hakkuutulot, metsänhoitomenot sekä nettotulo suunnittelujakson aikana

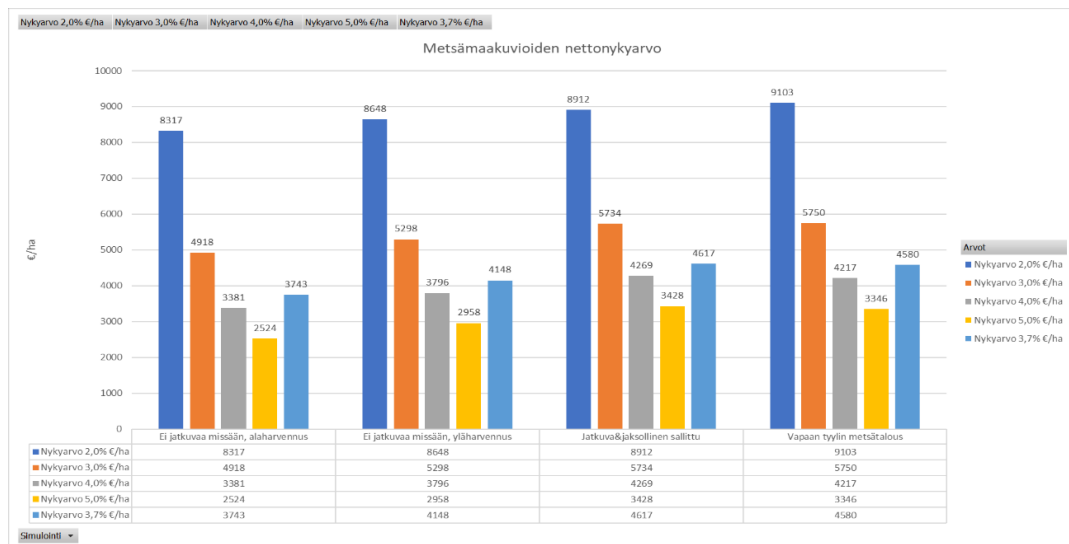
Kuviossa 21 näkee hyvin kuinka jatkuvan kasvatuksen sallivissa menetelmissä tukkipuun suurempi kertymä nostaa myös nettotulon suuremmaksi. Tukkipuukertymän ääripäät nostavat tämän parhaiten esille eli jatkuvaa kasvatusta sallimaton sekä alaharvennusta käyttävän metsäsuunnitelman kokonaiskertymä on neljä kuutiota hehtaarille isompi kuin vapaan tyylin metsäsuunnitelman kokonaiskertymä. Mutta tukkipuun kertymä on 24 kuutiota hehtaarille pienempi ja pääosin sen myötä myös nettotulo on merkittävästi eli 813 euroa hehtaarille pienempi kuin vapaan tyylin metsäsuunnitelmassa.



Kuvio 21. Hakkuukertymät puulajeittain sekä nettotulo suunnittelujakson aikana

5.2.4 Nettonykyarvo sekä metsän ja puuston arvon kehitys

Optimoinnin tavoitteeksi määritin nettonykyarvon kolmen prosentin sisäisellä korolla ja kuviossa 22 näkyvät nettonykyarvot 2–5 % sisäisellä korolla. Tässäkin toistuu jatkuvaa kasvatusta sallimattoman sekä alaharvennusta käyttävän metsäsuunnitelman heikkous muihin nähden. Jatkuvan kasvatuksen sallivat menetelmät ovat asetetulla kolmen prosentin sisäisellä korolla parhaat ja voittavat jatkuvan kasvatuksen sallimattomat menetelmät kaikilla kuvassa näkyvillä sisäisillä korkokannoilla. Jatkuvan ja jaksollisen sallivan ja vapaan tyylin metsätalouden metsäsuunnitelman välillä erot ovat pieniä, nykyarvossa kolmen prosentin korkokannalla on eroa 16 euroa hehtaarille vapaan tyylin hyväksi.

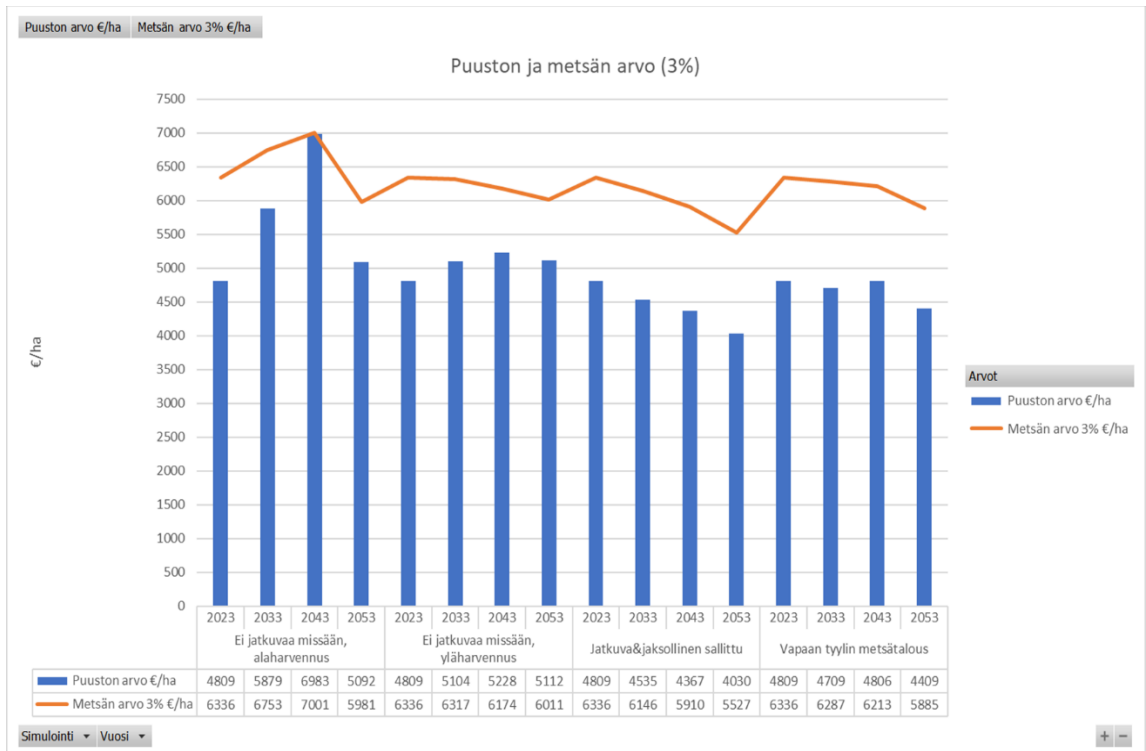


Kuvio 22. Metsäsuunnitelma-vaihtoehtojen nettonykyarvo eri korkokannoilla metsämaan kuviolla

Kuviossa 23 on esitetty puuston arvo eri vaiheissa suunnittelujaksoja sekä metsän arvo sisäisellä kolmen prosentin korkokannalla suunnittelujakson lopussa vuonna 2053. Monsu laskee metsänarvona nettohyötyarvon laskentatapaan pohjautuvan tuottoarvon tarkasteluhetkelle niin, että metsää käsiteltäisiin tarkasteluhetkestä eteenpäin taloudellinen kannattavuus maksimoiden.

Metsän arvona (3 %) sekä puuston arvona tarkasteltuna jaksollisen kasvatuksen metsäsuunnitelmat ovat vuonna 2053 arvokkaimmat. Se on kuitenkin näiden mittareiden osalta tärkeä huomioida, että tämä eivät huomioi ennen vuoden 2053 tarkasteluhetkeä saatuja tuloja.

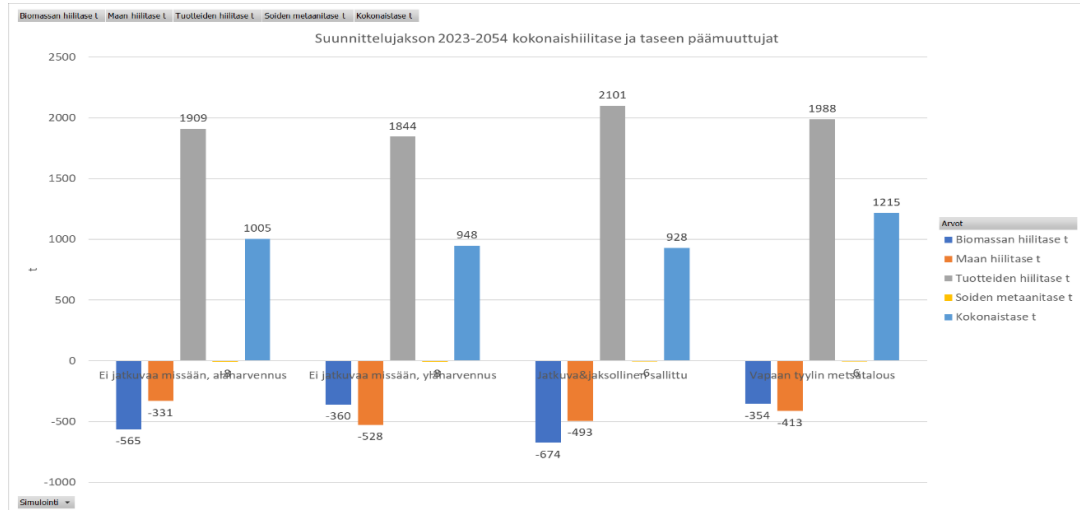
Jaksollisen kasvatuksen metsäsuunnitelmissa puuston arvo nousee suunnittelujakson aikana, kun taas jatkuvan kasvatuksen sallivilla suunnitelmissa puuston arvo laskee. Metsän arvo taas laskee suunnittelujakson aikana kaikilla metsäsuunnitelmissa.



Kuvio 23. Puuston ja metsänarvo (3 %) eri vaiheissa suunnittelujaksoa

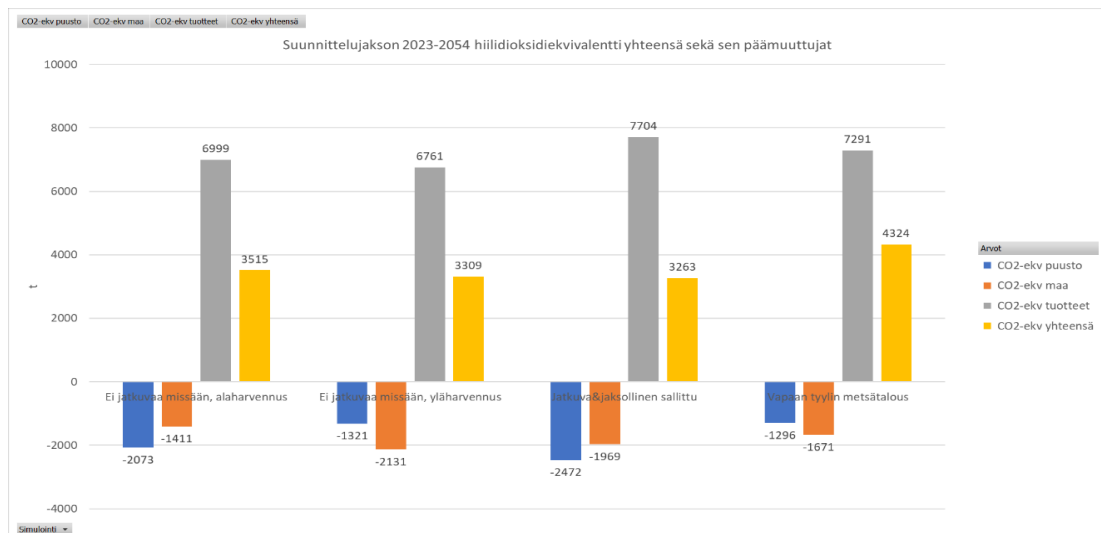
5.2.5 Hiilitase ja hiilidioksidiekvivalentti

Kuviossa 24 on esitetty metsäsuunnittelujakson hiilitase ja kuviossa 25 on esitetty hiilidioksidiekvivalentti. Hiilidioksidiekvivalentti kuvaa kasvihuonepäästöjen yhteenlaskettua ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Edellä mainitut tekijät luonnollisesti korreloivat toistensa suhteen ja antavat samansuuntaiset tulokset vertailtaessa eri metsäsuunnitelmia.



Kuvio 24. Suunnittelujakson hiilitase

Paras tulos näiden muuttujien ja ilmastonmuutoksen hillitsemisen suhteen tulee tässä tarkastelussa vapaan tyylin metsäsuunnitelmalla. Muut metsäsuunnitelmat ovat kohtu lähellä toisiaan ja mainittakoon että tässä tarkastelussa jaksollisen kasvatuksen alaharvennusta käyttävä metsäsuunnitelma on toiseksi paras vaihtoehto.



Kuvio 25. Suunnittelujakson hiilidioksidiekvivalentti

5.2.6 Yhteenveto koko metsätilan tarkastelun tuloksista

Tulosten perusteella jatkuvan kasvatuksen toteuttaminen on metsätilalla mahdollista ja kannattavaa sekä myös hiilensidonnan ja hiilitaseen kannalta hyvä vaihtoehto. Toki täytyy muistaa, että tulokset perustuvat Monsu-ohjelmiston malleihin ja minkään mallin tulokset eivät voi taata tulevaisuuden tapahtumia. Tulokset antavat kuitenkin suuntaviivoja ja arvioita, miten eri metsäsuunnitelmat eroavat toisistaan ja mitä niillä mahdollisesti voidaan saavuttaa.

Siirtymisessä jatkuvaan kasvatukseen näen oikeastaan ainoaksi mahdolliseksi tavaksi kuviokohtaiseen suunnitteluun ja seurantaan perustuvan toiminnan. Määritetään lähtötilanteen mukainen suunnitelma tuleville toimille ja suunnitellaan toimenpiteet tuhoriskit minimoiden ja luontaisen uudistumisen edellytykset maksimoiden. Ensimmäisen toimenpiteen jälkeen seurataan metsän kehittymistä ja tarkastellaan tulosten pohjalta, mikä olisi järkevä ajankohta ja toimenpide seuraavaan käsittelyyn. Jos jatkuvan kasvatuksen malli ei vaikuta toimivan, täytyy suunnitelmaa muuttaa ja tehdä tarvittaessa päätehakkuu ja uudistaminen.

Jatkuvaan kasvatukseen siirtyminen edellä mainitulla tavalla, tuloksia seuraten, ei ole niin selväpiirteistä kuin totuttu tapa jaksollisen kasvatuksen metsäsuunnittelussa. Tämä tuo tietynlaisen haasteen ja vaateen metsänomistajan osaamiselle tai asiantuntemuksen käyttämiselle metsän kehityksen seurantaan ja hyvien toimenpiteiden valintaan.

5.3 Kahden kuvion tarkempi tarkastelu mahdollisuuksista jatkuvaan kasvatukseen siirtymiseksi

Valitsin tarkempaan tarkasteluun kaksi kuviota, joilla on järkevää lähitulevaisuudessa tehdä hakkuutoimenpiteitä. Käyn näille kuviolle läpi mahdolliset askeleet jatkuvan kasvatuksen kokeilemiseksi.

5.3.1 Metsätilan kuvio 5

Metsätilan kuvio 5 on varttunut tasaikäisrakenteinen kuusikko. Kasvupaikka on tuore kangas. Osa kuviosta on kosteampaa ja korpimaisempaa kasvupaikkaa,

joka luontaisen taimettumisen kannalta on eduksi. Metsäkuviolla on tarpeen tehdä hakkuita lähitulevaisuudessa ja hakkuutavan suunnittelu sekä jatkuvaan kasvatukseen siirtymisen tarkastelu on ajankohtaista. Kuviossa 26 näkyy metsäkuvion 5 metsää. Puusto on hyvälaatuista ja havaintoja taudeista, kuten juurikäävästä ei ole ollut. Taustalla näkyy kuvion koillisrajalta alkava hakkuuaukea, joka on tarpeen huomioida mahdollisessa harvennushakkuussa tuulituhojen estämisen suhteen.



Kuvio 26. Metsäkuvion 5 metsää

Kuviossa 27 näkyy hieman harvempaa metsäkuvion kohtaa, ja siellä näkyy myös pienempiä alle metrin pituisia kuusen taimia. Kovin hyvänlaatuisen oloisia nämä taimet eivät olleet mikä varmaankin johtuu valon ja kasvutilan puutteesta. Tein myös mittauksia näistä puuston suhteen harvemmista kohdista, ja taimia löytyi 1700–5000 kappaletta hehtaarille. Tämä antaa uskoa siihen, että luontaiselle taimettumiselle ja kasvulle voisi olla edellytyksiä, mikäli tilaa ja valoa on taimille tarpeeksi.



Kuvio 27. Alle metrin mittaisia kuusia metsäkuvion harvemmassa kohdassa

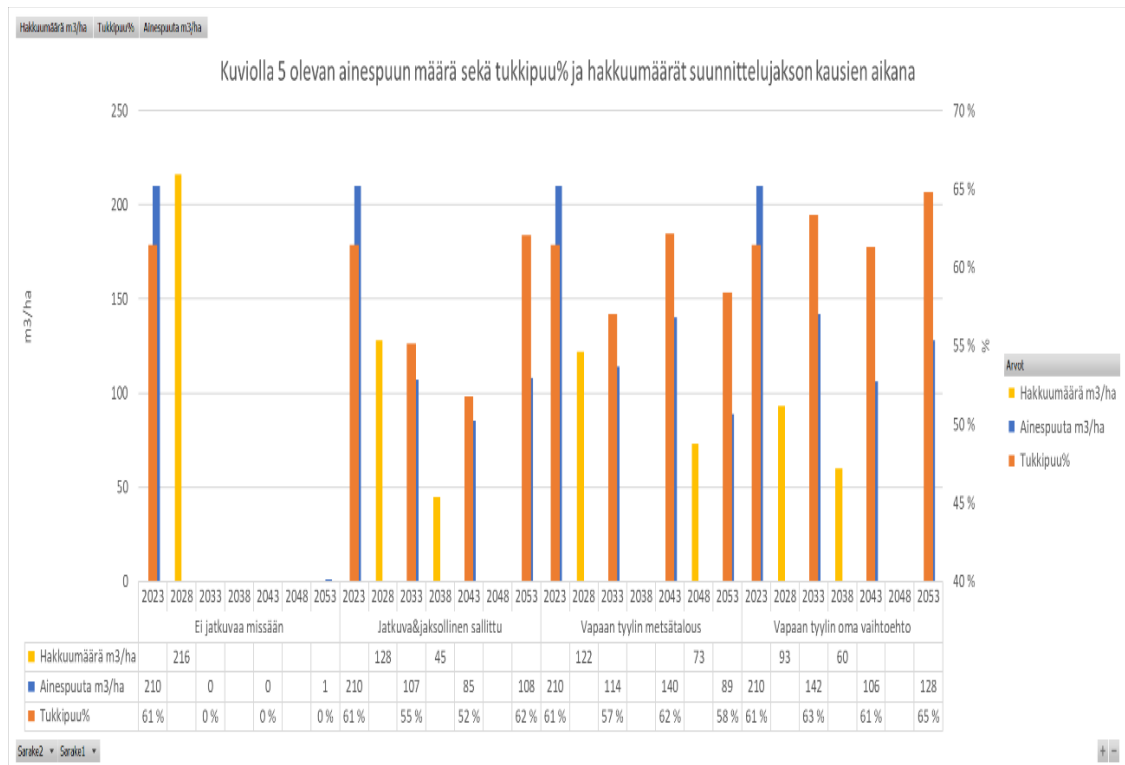
Tarkastelin kaikkien tekemieni metsäsuunnitelmien optimointien ehdotukset kuviolle. Molemmissa metsäsuunnitelmissa, missä jatkuvaa kasvatusta ei sallittu, oli optimoinnin ehdotus kuviolle sama eli tehtäisiin heti ensimmäisellä suunnittelukaudella avohakkuu säästöpuuryhmin. Tein lisäksi yhden oman, maltillisemmän suunnitelman jatkuvaan kasvatukseen tähdäten. Tässä suunnitelmassa tein kahdella ensimmäisellä suunnittelujaksolla yläharvennuksen, joissa molemmissa pohjapinta-alaa pudotettiin noin 40 prosenttia. Tämän suunnitelman ajatuksena oli pienentää tuuli- ja kuivumistuhojen riskiä maltillisemmalla harvennusvoimakkuudella.

Taulukossa 5 on esitetty kaikkien metsäsuunnitelmien optimoidut toimenpiteet ja lisäksi tekemäni oman vaihtoehdon toimenpiteet. Metsäsuunnitelma, joka salli jatkuvan ja jaksollisen kasvatuksen, oli toimenpiteiltään lähellä vapaan tyylin metsäsuunnitelmaa, mutta harvennus painottui enemmän alkupuolelle suunnittelujaksoa. Myös omassa vaihtoehdossa ajoitin harvennuksen kahdelle ensimmäiselle suunnittelukaudelle, mutta ne ovat maltillisemmat kuin jatkuvan ja jaksollisen sallivassa metsäsuunnitelmassa.

Taulukko 5. Metsäkuvion toimenpiteet eri metsäsuunnitelmavaihtoehdoissa

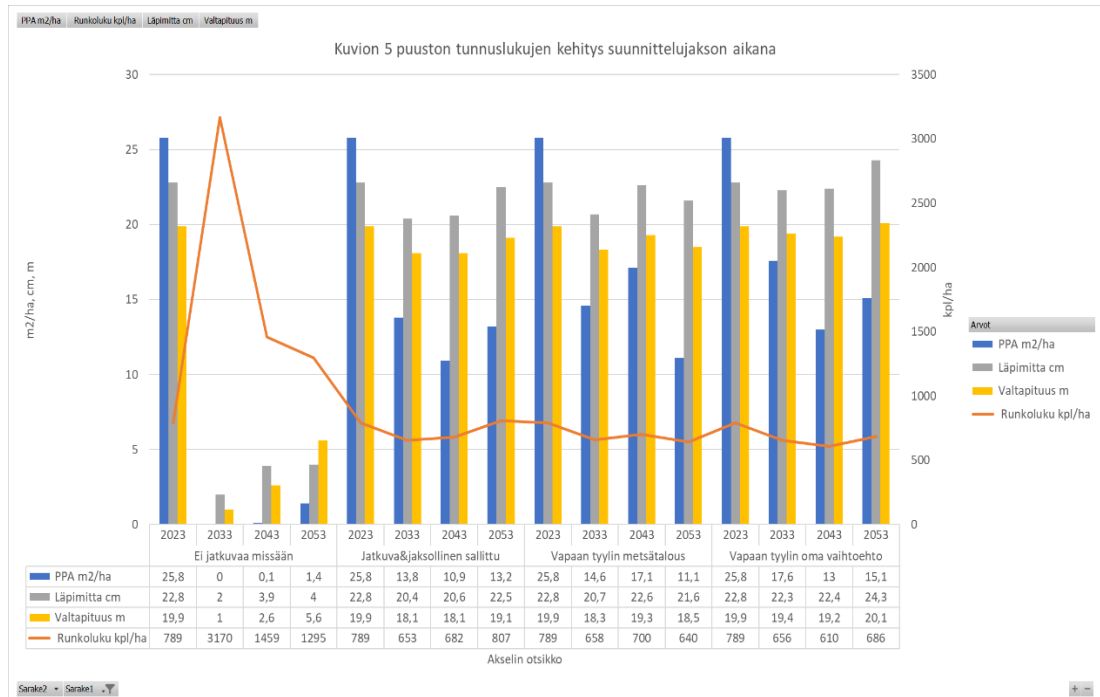
| Metsäsuunnitelma | Jatkuva&jaksollinen sallittu | | | Ei jatkuva missään | | | Vapaan tyylin metsätalous | | | Vapaan tyylin oma vaihtoehto | | |
|------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------------|--------------|
| | 2028 | 2038 | 2048 | 2028 | 2038 | 2048 | 2028 | 2038 | 2048 | 2028 | 2038 | 2048 |
| Toimenpide | Voimakas yläharven nus | Normaali yläharven nus | Ei käsitellä | Avohakkuu säästöpuin | Taimikon hoito | Ei käsitellä | Voimakas yläharven nus | Ei käsitellä | Voimakas yläharven nus | Yläharven nus | Yläharven nus | Ei käsitellä |

Kuviossa 28 näkyy metsäkuviolla kasvavan puuston kehitys suunnittelujakson aikana eri metsäsuunnitelma-vaihtoehdoissa ja kuviossa 29 on esitetty puuston tunnuslukujen kehitys suunnittelujakson aikana. Sekä toimenpiteiden ja metsäkuviolla kasvavan puumäärän, että puuston tunnuslukujen osalta harvennuksiin perustuvat metsänkäsittelyt ovat kohtuullisen lähellä toisiaan.



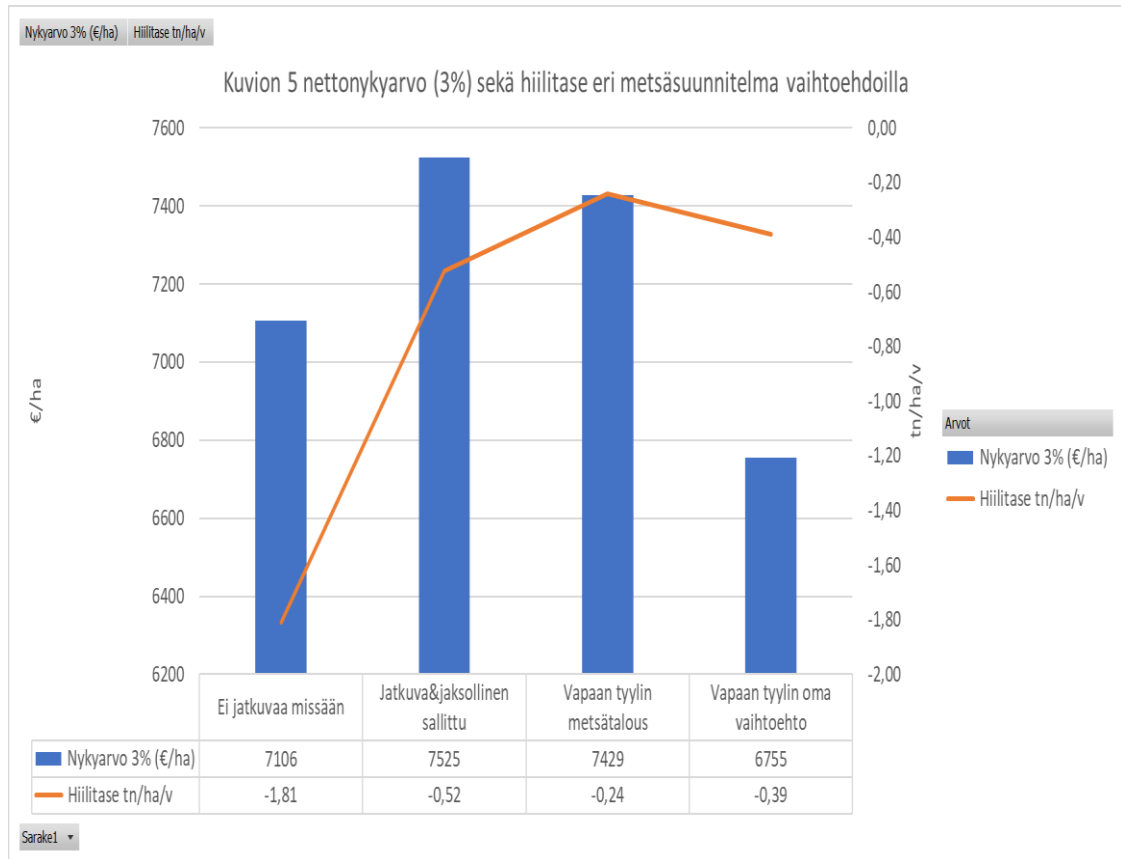
Kuvio 28. Kuviolla kasvavan ainespuun määrä ja tukkipuuprosentti sekä hakkuumäärä suunnittelujakson eri vaiheissa

Jatkuvan ja jaksollisen salliva käsittelyn voimakkaampi harvennus näkyy positii-visena seikkana runkoluvun kehittymiseen suunnittelujakson aikana. Tämä perustuu mallinnuksen laskeman parempaan luontaiseen taimettumiseen voimakaiden harvennuksien seurauksena. Käytännössä on varmastikin myös tärkeää ottaa huomioon voimakkaan harvennuksen tuomat riskit.



Kuvio 29. Puuston tunnuslukujen kehitys suunnittelujakson aikana

Kuviossa 30 on esitetty eri metsäsuunnitelma vaihtoehtojen nettonykyarvo (3 %) sekä vaikutus hiilitaseeseen. Jatkuvan ja jaksollisen käsittelyn sallivan suunnitelman nettonykyarvo on mallin mukaan paras ja oma vaihtoehtoni huonoin eron ollessa noin 11 prosenttia. Kaikkien suunnitelmien vaikutus hiilitaseeseen suunnitelmajaksolla on negatiivinen, vapaan tyylin metsätalouden suunnitelman ollessa vaihtoehtoista paras. Oma vaihtoehtoni on toiseksi paras hiilitaseen kannalta. Sekä nettonykyarvon että hiilitaseen tarkastelussa on kuitenkin hyvä huomioida suunnittelujakson pituus ja se, että jakson jälkeisillä mahdollisuuksilla ja tapahtumilla on myös merkitystä tulokseen. Muuttaminen tasarakenteisesta metsästä jatkuvarakenteiseksi vie aikaa, ja se voimistanee suunnittelujakson 30 vuoden pituuden tuomaa rajallisuutta tarkasteluun.



Kuvio 30. Nettonykyarvo (3 %) sekä hiilitase eri vaihtoehdoissa

Lähtötilanne ja sen tuomat riskit/haaste on tärkeä huomioida siirtymisessä jatkuvaan kasvatukseen. Kuvio on varttunut metsä, ja puuston tasarakenteisuus ei ole optimaalinen lähtökohta jatkuvaan kasvatukseen siirtymiselle. Täytyisi pystyä harventamaan puustoa ilman isoja tuhoriskejä jäävälle puustolle niin, että luontaisen uudistumisen vaatimaa tilaa ja valoa saadaan metsikköön. Harvennuksesta riippumatta epävarmuutta aiheuttaa myös luontaisen uudistumisen onnistuminen. Jatkuvaan kasvatukseen siirtymistä on kuitenkin mahdollista lähteä mielestäni kokeilemaan vapaan kasvatuksen hengessä seuraamalla, miten metsä lähtee kehittymään ja tekemään tulevia toimenpiteitä sen mukaan. Seuraavalla toimenpiteillä voisi lähteä etenemään:

- Tehdään ensimmäinen harvennus mahdollisimman pikaisesti:
 - Harvennetaan jäisen maan aikaan alikasvosta varoen.
 - Poistetaan yläharvennuksena vain isompia tukkeja ja laatuviikaisia puita.

- Jätetään isoja kuusia siemenpuiksi uudistumista ja sen laatua varmistamaan.
 - Poistetaan maltillisesti noin 40 % pohjapinta-alasta tuulituho- ja kuivumisriskin hallitsemiseksi.
 - Säästetään koivuja sekä mäntyjä, laatuviikaiset poistetaan.
 - Jätetään koillisraja tiheämmäksi, jotta pienennetään hakkuuaukon tuomaa tuulituhon riskiä.
- Seurataan metsän kehittymistä ja mahdollista taimettumista 10–15 vuoden ajan.
 - Tehdään toinen harvennus, mikäli seurannan tulokset sitä puoltavat:
 - Tehdään harvennus vastaavilla ohjeilla kuin edellä.
 - Tavoitellaan hyvään luontaisen taimettumiseen tähtäävää noin 12 m²/ha pohjapinta-alaa.
 - Seurataan metsän kehitystä ja arvioidaan jatkuvaan kasvatukseen siirtymisen onnistuminen.

5.3.2 Metsätilan kuvio 1

Metsätilan kuvio 1 on kuusivaltainen varttunut metsä, jossa on jonkin verran erikäisrakenteisuutta. Kuvion kasvupaikka on tuore kangas. Kuviolla on mahdollista tehdä harvennushakkuita lähitulevaisuudessa ja hakkuutavan suunnittelu sekä jatkuvaan kasvatukseen siirtymisen tarkastelu on ajankohtaista. Kuvio rajoittuu edellä esitettyyn metsäkuvioon 5 ja hakkuita on mahdollisuuksien mukaan järkevää yhdistää. Kuvioissa 31 ja 32 näkyy metsäkuvion 1 metsää. Puusto on hyvälaatuista, ja havaintoja taudeista, kuten juurikäävästä ei ole ollut.



Kuvio 31. Luontaista taimettumista ja järeääkin puuta

Kuviolla on järeitäkin tukkeja kuten kuvion 31 vasemmassa laidassa näkyvä kuusi. Metsäkuviolla näkyy myös luontaista taimettumista kuten kuvion 31 etu-
alallakin voi havaita.



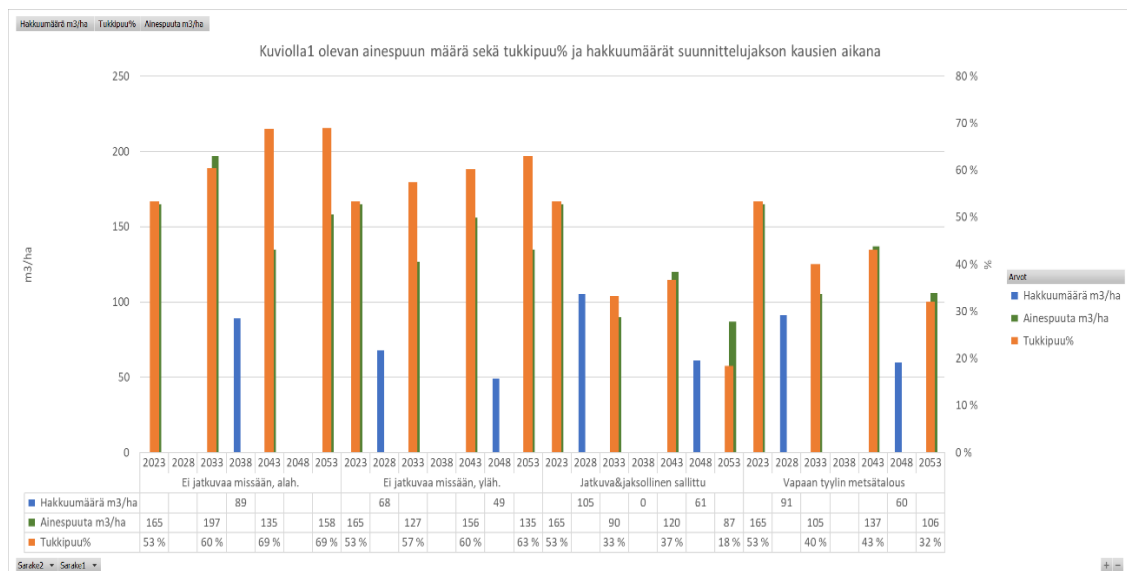
Kuvio 32. Metsäkuviion 1 puustoa

Tarkastelin kaikkien tekemiäni metsäsuunnitelmien optimointien ehdotukset kuviolle ja vertailin niitä. Tälle kuviolle vapaan tyylin metsäsuunnitelman optimointi oli harvennusvoimakkuudeltaan aika lailla sen ajatuksen mukainen minkä itse suunnittelin yhdeksi vaihtoehdoksi metsäkuviolle 5. Taulukossa 6 on esitetty kaikkien metsäsuunnitelmien optimoidut toimenpiteet.

Taulukko 6. Metsäkuvioiden toimenpiteet eri metsäsuunnitelmavaihtoehdoissa

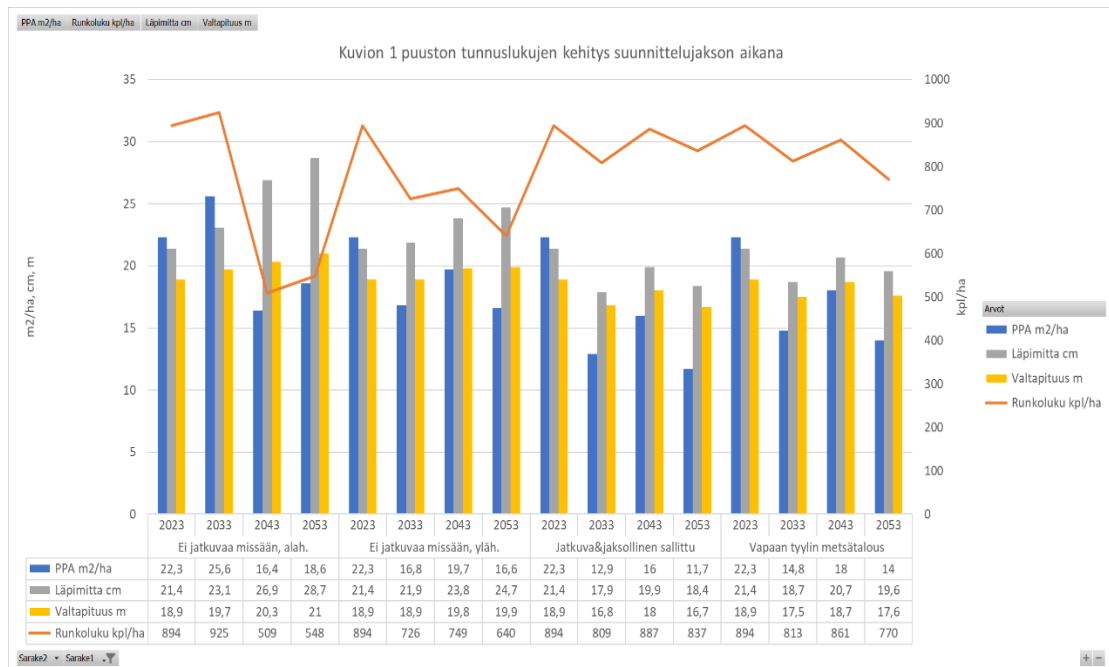
| Metsäsuunnitelma | Jatkuva&jaksollinen sallittu | | | Ei jatkuvaa missään, yläharvennus | | | Vapaan tyylin metsätalous | | | Ei jatkuvaa missään, alaharvennus | | |
|------------------|------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|--------------|---------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|--------------|
| | 2028 | 2038 | 2048 | 2028 | 2038 | 2048 | 2028 | 2038 | 2048 | 2028 | 2038 | 2048 |
| Toimenpide | Voimakas yläharvennus | Ei käsitellä | Voimakas yläharvennus | Yläharvennus | Ei käsitellä | Yläharvennus | Voimakas yläharvennus | Ei käsitellä | Normaali yläharvennus | Ei käsitellä | Alaharvennus | Ei käsitellä |

Kuviossa 33 näkyy metsäkuviolla kasvavan puuston kehitys suunnittelujakson aikana eri metsäsuunnitelma-vaihtoehdoissa ja kuviossa 34 on esitetty puuston tunnuslukujen kehitys suunnittelujakson aikana. Sekä toimenpiteiden ja metsäkuviolla kasvavan puumäärän, että puuston tunnuslukujen osalta jatkuvan kasvatuksen sallivat metsänkäsittelyt ovat kohtuullisen lähellä toisiaan.



Kuvio 33. Kuviolla kasvavan ainespuun määrä ja tukkipuuprosentti sekä hakkuumäärä suunnittelujakson eri vaiheissa

Vapaan tyylin suunnitelma on harvennusvoimakkuuden osalta maltillisempi. Jatkuva kasvatusta sallimattomat metsäsuunnitelmat poikkeavat myös harvennusten ajoituksen suhteen. Alaharvennukseen perustavassa suunnitelmassa metsää kasvatetaan suunnitelman toiseen kauteen ja siinä tehdään alaharvennus. Yläharvennukseen perustavassa suunnitelmassa taas tehdään yläharvennus ensimmäisellä ja kolmannella suunnitelmakaudella.

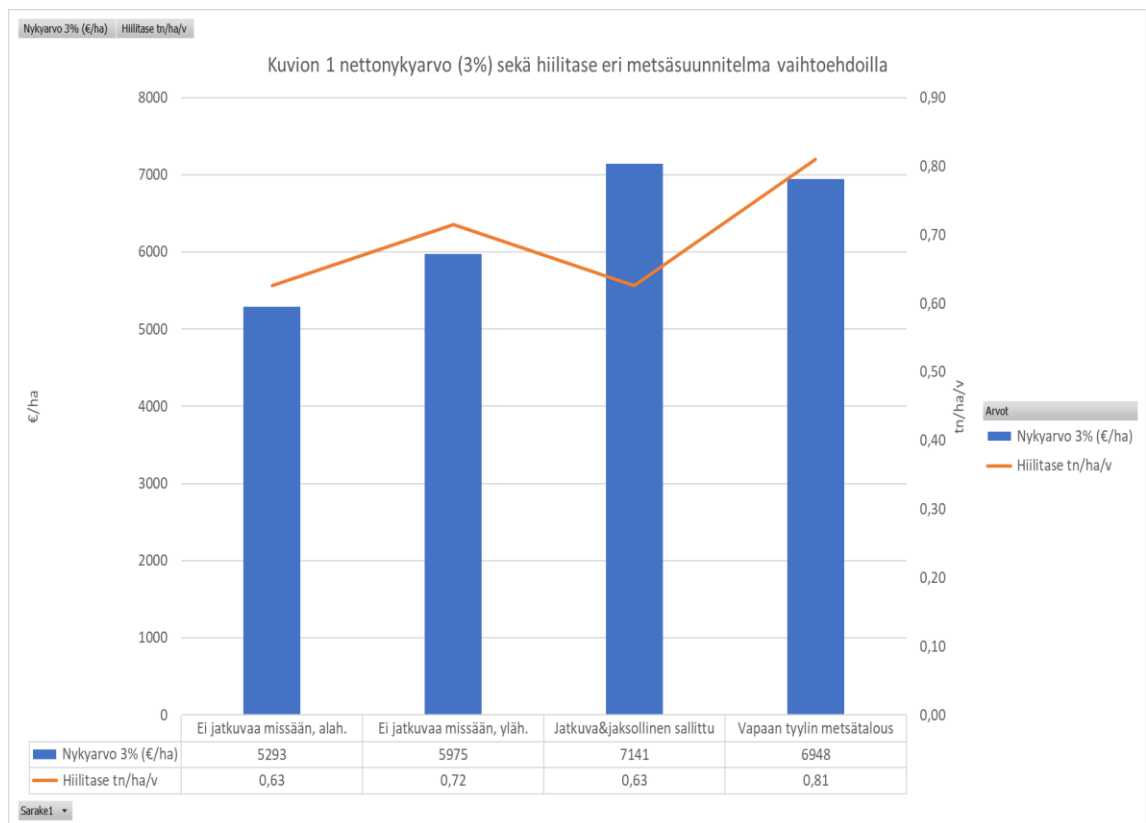


Kuvio 34. Puuston tunnuslukujen kehitys suunnittelujakson aikana

Jatkuvan ja jaksollisen sallivassa sekä vapaan tyylin suunnitelmassa runkoluku pysyy kohtuullisen vakaana suunnittelujakson aikana. Tämä perustuu mallinnuksen laskeman parempaan luontaiseen taimettumiseen voimakkaampien harvennusten seurauksena, ja mallin mukaan jatkuvaan kasvatukseen tähtäävä taimettuminen toteutuu molemmissa jatkuvan kasvatuksen sallivissa metsäsuunnitelmissa.

Kuviossa 35 on esitetty eri metsäsuunnitelma vaihtoehtojen nettonykyarvo (3 %) sekä vaikutus hiilitaseeseen. Jatkuvan ja jaksollisen käsittelyn sallivan suunnitelman nettonykyarvo on mallin mukaan paras ja jatkuva kasvatusta sallimattoman alaharvennusvaihtoehdon huonoin. Kaikkien suunnitelmien vaikutus hiilitaseeseen

seen suunnitelmajaksolla on positiivinen, jatkuvan ja jaksollisen sallivan metsätalouden suunnitelman ollessa vaihtoehdoista paras. Aika selkeästi voi jättää jatkuvaa kasvatusta sallimattomista vaihtoehdoista alaharvennuksiin tähtäävän suunnitelman pois vaihtoehdoista sekä nettohyötyarvoa että hiilitasetta tarkasteltaessa. Hiilitaseen osalta kannattaa myös huomioida, että jatkuvaa kasvatusta sallimattomissa suunnitelmissa on seuraavalla suunnittelujaksolla edessä todennäköisesti uudistaminen.



Kuvio 35. Nettohyötyarvo (3 %) sekä hiilitase eri vaihtoehdoissa

Lähtötilanne ja sen tuomat riskit/haaste on tärkeä huomioida siirtymisessä jatkuvaan kasvatukseen. Kuvio on varttunut metsä ja positiivisena seikkana on kuviolla näkyvä jonkin asteinen eri-ikäisrakenteisuus. Täytyisi kuitenkin pystyä harventamaan puustoa ilman isoja tuhoriskejä niin, että luontaisen uudistumisen vaatimaa tilaa ja valoa saadaan metsikköön. Tälläkin kuviolla, harvennusasteesta riippumatta, epävarmuutta aiheuttaa myös luontaisen uudistumisen onnistuminen. Toki kuviolla on luontaista uudistumista näkyvissä enemmän kuin kuviolla 5. Jatkuvaan kasvatukseen siirtymistä on mielestäni mahdollista lähteä tälläkin kuviolla kokeilemaan vapaan kasvatuksen hengessä eli seuraamalla, miten metsä

lähtee kehittymään ja tekemään tulevia toimenpiteitä sen mukaan. Seuraavanlaisille toimenpiteillä voisi lähteä etenemään vapaan tyylin suunnitelmaa mukaillen:

- Tehdään ensimmäinen harvennus mahdollisimman pikaisesti:
 - Harvennetaan alikasvosta varoen.
 - Voidaan harventaa maapohjan puolesta kuivan kauden aikaan.
 - Poistetaan yläharvennuksena vain isompia tukkeja ja laatuviikaisia puita.
 - Jätetään isoja kuusia siemenpuiksi uudistumista ja sen laatua varmistamaan.
 - Poistetaan maltillisesti noin 40 % pohjapinta-alasta tuulituho- ja kuivumisriskin hallitsemiseksi.
 - Säästetään koivuja sekä mäntyjä, laatuviikaiset poistetaan.
- Seurataan metsän kehittymistä ja mahdollista taimettumista 10–20 vuoden ajan.
- Tehdään toinen harvennus, mikäli seurannan tulokset sitä puoltavat:
 - Tehdään harvennus vastaavilla ohjeilla kuin edellä.
 - Tavoitellaan hyvään luontaisen taimettumiseen tähtäävää noin 12 m²/ha pohjapinta-alaa.
- Seurataan metsän kehitystä ja arvioidaan jatkuvaan kasvatukseen siirtymisen onnistuminen.

6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tarkastella mahdollisuudet sekä kannattavuus jatkuvaan kasvatukseen siirtymiseen metsätilan kuvioilla.

Kävin työn alkupuoliskolla läpi aika mittavankin määrän aiheeseen liittyviä tutkimuksia, kirjallisuutta sekä webinaareja. Tämä toi mielestäni hyvin esille sen, että jatkuvan kasvatuksen metsänkäsittely ei ole vielä löytänyt kunnolla paikkaansa metsänkäsittelyratkaisuna eikä sen toimivuudesta ole vielä kovin paljoa tutkimustietoon pohjautuvaa näyttöä. Jatkovaa kasvatusta tehdään ihan hyvälläkin menestyksellä, mutta varmastikin siihen siirtyminen sisältää myös riskejä eikä aina onnistu. Sekin on kuitenkin hyvä muistaa, ettei jaksollinen kasvatukseen aina onnistu ja sisältää myös riskejä esimerkiksi taimien selviämisen ja kasvun suhteen.

Tutkimustietoon pohjautuvan näytön vähäisyyden lisäksi, sekä ehkä myös sen takia, on haasteena voimakkaat mielipiteet ja ehkäpä jopa tunteet jatkuvan kasvatuksen puolesta ja vastaan. Tässäkin työssä tuli esille tuoreen kankaan kuusikosta tutkimustietoa jatkuvan kasvatuksen heikommasta puun kasvusta verrattuna jaksolliseen kasvatukseen, kun taas työssä tehty mallinnus antoi toisen suuntaista tulosta. Olisi mielestäni erittäin tärkeää, että keskityttäisiin hankkimaan objektiivista tietoa asiasta ja sen pohjalta luomaan parhaat keinot erilaisille metsänkasvatukseen tavoitteille.

Monsu-ohjelmistolla tehdyn mallinnuksen perusteella jatkuvaan kasvatukseen siirtyminen on mahdollista ja kannattavaakin työssä tarkastellulla metsätilalla. Jatkuvan kasvatukseen sallivissa optimoinneissa ei ehdotuksena tullut yhdellekään kuviolla jaksollisen kasvatukseen uudistamistoimenpiteitä 30 vuoden suunnittelujaksolla. Myös hiilitaseen suhteen jatkuva kasvatusta on hyvä vaihtoehto, mikäli vain puusto kasvaa mallinnetulla tavalla. Jatkuvaan kasvatukseen siirtymisessä on tärkeintä mielestäni määrittää järkevät hakkuutoimenpiteet joka kuviolle ja sitten seurata metsän kehittymistä hakkuuiden jälkeen. Mikäli metsä ei kehity oletetun mukaisesti, täytyy tämä huomioida seuraavien hakkuutoimenpiteiden suunnittelussa. On varmasti mahdollista, että joillain kuvioilla on tarpeen tehdä

jaksollisen kasvatuksen hakkuu, mikäli esimerkiksi luontainen taimettuminen ei onnistu tarpeeksi hyvin.

Tarkastelin työssä kahta kuviota tarkemmin ja kävin läpi mahdollisuuksia sekä menetelmiä jatkuvaan kasvatukseen siirtymiseen. Valitsin kuviot sen perusteella, että niille on tarpeen tehdä hakkuita lähitulevaisuudessa. Molemmilla kuvioilla on mielestäni mahdollisuudet lähteä kokeilemaan jatkuvaan kasvatukseen siirtymistä ja tein tähän toimenpidesuunnitelma. Takuita onnistumiselle ei voi antaa, vaan metsäkuvioiden kehittymistä täytyy seurata ja ottaa tulokset huomioon seuraavia hakkuuta suunniteltaessa.

LÄHTEET

- Ahtikoski, A., Repola, J. & Viitala, E-J. 2022. Talous. Teoksessa J. Routa & S.Huuskonen (toim.) Jatkovapeitteinen metsänkasvatus: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 97–106.
- Hantula, J., Honkaniemi, J., Koivula, M. & Matala, J., Siitonen, J. 2022. Puun- tuotanto ja tuotos. Teoksessa J. Routa & S. Huuskonen (toim.) Jatkovapeittei- nen metsänkasvatus: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 63–74.
- Hynynen, J., Salminen, H. & Hökkä, H. 2022. Puuntuotanto ja tuotos. Teok- sessa J. Routa & S. Huuskonen (toim.) Jatkovapeitteinen metsänkasvatus: Syn- teesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Helsinki: Luonnon- varakeskus, 42–51.
- Kuuluvainen, J. & Valsta, L. 2009. Metsäekonomian perusteet. Helsinki: Gau- deamus Helsinki University Press.
- Kärki, K. 2022. Tutkittavaa riittää sadaksi vuodeksi. Lapin Kansa 6.12.2022, 4– 5.
- Kärkkäinen, K., Kujala, S., Hoikkala, L., Mäkinen, H. & Valkonen, S. 2022. Ge- neettiset vaikutukset. Teoksessa J. Routa & S. Huuskonen (toim.) Jatkovapeit- teinen metsänkasvatus: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 35–41.
- Laitila, J. & Repola, J. 2023. Korjuukustannukset Lapin poimintahakkuukoh- teissa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2023. Helsinki: Luonnonvara- keskus. Viitattu 28.11.2023 [https://jukuri.luke.fi/bitstream/han- dle/10024/553313/luke-luobio_45_2023.pdf](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/553313/luke-luobio_45_2023.pdf)
- Mehtätalo, L., Siipilehto, J. & Kangas, A. 2022. Metsäsuunnittelun menetelmät. Teoksessa J. Routa & S. Huuskonen (toim.) Jatkovapeitteinen metsänkasvatus: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Helsinki: Luon- nonvarakeskus, 107–116.
- Niemi, M., Mäkinen, A., Viitala, R. & Lumperoinen, M. 2020. Metsäsuunnittelun laskennan periaatteet -arvoja yhteensovittamassa. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- Nuutinen, Y. & Muhonen, T. 2022. Puunkorjuu. Teoksessa J. Routa & S. Huus- konen (toim.) Jatkovapeitteinen metsänkasvatus: Synteesiraportti. Luonnon- vara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 52–62.
- Palosaari, O. 2022. Kokemuksia jatkuvasta kasvatuksesta. Oulun metsäwe- binaari jatkuvasta kasvatuksesta 11.4.2022, Suomen luonnonsuojeluliiton Oulun yhdistys. Viitattu 8.4.2023 <https://www.youtube.com/watch?v=5DwxDH3IBHA>.

Pukkala, T., Vauhkonen, J., Korhonen, K. & Packalen, T. 2021. Self-learning growth simulator for modeling forest stand dynamics in changing conditions. *Forestry*, Vol 94 Nro 3 (2021), 333-346.

Pukkala, T. 2022. Jatkuva kasvatusta. Enemmän tukkia, vähemmän kuluja. Hyödyt metsänomistajalle. Oulun metsäwebinaari jatkuvasta kasvatuksesta 11.4.2022, Suomen luonnonsuojeluliiton Oulun yhdistys. Viitattu 8.4.2023 <https://www.youtube.com/watch?v=7ZzHk2VUmtU>.

Repo, A., Lehtonen, A. & Sarkkola, S. 2022. Metsien hiilen kierto. Teoksessa J. Routa & S. Huuskonen (toim.) *Jatkuvapeitteinen metsänkasvatusta: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022*. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 90–96.

Sarkkola, S. & Nieminen, M. 2022. Vesistövaikutukset. Teoksessa J. Routa & S. Huuskonen (toim.) *Jatkuvapeitteinen metsänkasvatusta: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022*. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 84–89.

Siitonen, J. & Koivula, M. 2022. Monimuotoisuus. Teoksessa J. Routa & S. Huuskonen (toim.) *Jatkuvapeitteinen metsänkasvatusta: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022*. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 75–83.

Tahvonen, O. 2019. Metsänhoidon valinnat taloudellisekologisena optimointiohjelmajana. Metsien jatkuvan kasvatuksen seminaari 9.5.2019, WWF, StoraEnso, Silva ry. Viitattu 10.4.2023 <https://www.youtube.com/watch?v=p8JQnXh90rI>.

Valkonen, S. 2020. Metsän jatkuvasta kasvatuksesta. Tallinna: Metsäkustannus.

Valkonen, S. 2022. Jatkuvapeitteinen kasvatusta – mitä se on? Teoksessa J. Routa & S. Huuskonen (toim.) *Jatkuvapeitteinen metsänkasvatusta: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022*. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 9–18.

Valkonen, S., Rautio, P., Hökkä, H. & Saarinen, M. 2022. Metsän Uudistaminen. Teoksessa J. Routa & S. Huuskonen (toim.) *Jatkuvapeitteinen metsänkasvatusta: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022*. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 19–34.