

MÄNNIKÖN KEHITYS JAKSOLLISEN JA JATKUVAN  
KASVATUKSEN KOEALOILLA

Alapirtti Mia-Maria

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma  
Metsätalousinsinööri (AMK)

2024

Metsätalous  
Metsätalousinsinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Mia-Maria Alapirtti	<b>Vuosi</b>	2024
<b>Ohjaaja</b>	Kari Pasanen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Metsähallitus Metsätalous Oy		
<b>Työn nimi</b>	Männikön kehitys jaksollisen ja jatkuvan kasvatuksen koealoilla		
<b>Sivumäärä</b>	50 + 4		

---

Tutkimuksen kohteena oli mäntyvaltainen varttunut kasvatusemetsikkö, joka sijaitsee Rovaniemellä. Tutkimuksen koeruudut on perustanut vuonna 1987 Ammattikasvatustieteiden tutkimuskeskus opetus- ja havainnointitarkoituksia varten. Tarkastelun alla olevilla koeruuduilla kahdessa on tehty vuonna 1987 hakkuutoimenpiteitä jatkuvan kasvatuksen menetelmin ja kahdessa alaharvennuksin, sen jälkeen toimenpiteitä ei ole tehty. Tutkimuskysymyksenä olivat miten puuston tilavuuskasvu ja kehitys on poikennut koeruutujen ja käsittelymenetelmien välillä sekä miten hyvin Hakkurin simulointimalli ennusti metsikön kehitystä 35 vuoden aikajänteellä.

Koeruutujen tilavuuskasvu selvitettiin vertailemalla vuoden 1987 ja vuonna 2023 maastossa mitattuja puustotietoja. Vuosilustot mitattiin ja analysoitiin Luonnonvarakeskuksen laboratoriossa ja tuloksista muodostettiin kasvukäyrät. Vuoden 1987 hakkuiden jälkeiset koeruutujen puustotiedot vietiin Hakkuri-ohjelmaan, jolla simuloitiin metsikön kasvu kuluneelle 35 vuodelle, jotta päästiin vertaamaan Hakkurin simulointimallia maastossa mitattuihin vuoden 2023 puustotietoihin.

Puuston tilavuuskasvun tulokset olivat koeruuduilla ristiriitaiset. Parhaimman suhteellisen tilavuuskasvun sai jatkuvan kasvatuksen koeruutu, lähtöpuuston tilavuuden ollessa pienin. Toiseksi parhaimman tilavuuskasvun sai alaharvennuskoeruutu, jonka tilavuus lähtötilanteessa oli suurin. Alaharvennuskoeruuduilla alikasvosta oli runsaammin kuin jatkuvan kasvatuksen koeruuduilla, joissa alikasvos oli suurempaa ja elinvoimaisempaa. Vuosilustojen kehitys oli suurinta jatkuvan kasvatuksen koeruudulla ja toiseksi suurinta alaharvennuskoeruudulla. Hakkurin kasvumalliennusteet poikkesivat jokaisella koeruudulla maastossa inventoidusta niin, että suurin osa arvoista oli todellisuutta suurempia. Tuloksiin vaikuttivat aineiston 1987 pohjalta syötetyt lähtöpuuston tiedot, joista puuttui osittain puulajikohtaisia puustomittoja.

Tuloksista saatiin mielenkiintoista tietoa jatkuvan ja jaksollisen kasvatuksen menetelmien vaikutuksesta yksittäistapauksena. Tulosten soveltamista käytäntöön heikentää se, että metsikköä ei ole käsitelty lainkaan 36 vuoden aikana. Tutkimuksen heikkoutena oli koeruutujen vähäinen määrä.

Avainsanat alikasvos, jaksollinen kasvatus, jatkuva kasvatus, vuosilusto

Forestry  
Forestry Engineer

---

<b>Author</b>	Mia-Maria Alapirtti	<b>Year</b>	2024
<b>Supervisor</b>	Kari Pasanen		
<b>Commissioned by</b>	Metsähallitus Metsätalous Oy		
<b>Title</b>	Development of pine forest in continuous-cover and periodic cover silviculture		
<b>Number of pages</b>	50 + 4		

---

The object of the study is a pine-dominant middle-aged forest stand located in Rovaniemi. The test plots of the thesis were established in 1987 by the Board of Vocational Education for teaching and observation purposes. Two of the test plots under review were felled using continuous-cover methods and two were felled by low thinning in 1987. Since then, no measures have been done. The research questions of the thesis were how the volume growth and development of the trees differ between test plots and cutting methods and how the growth model prediction of the Hakkuri program differs from the data inventoried in the field.

The volume growth of the test plots was determined by comparing the tree stand data measured in the field in 1987 and 2023. The annual rings were measured and analyzed in the laboratory of the Natural Resources Institute Finland, and growth curves were created from the results. The data from 1987 was taken into Hakkuri program and the forest was grown until 2023 and it was possible to compare the inventoried measurement to the growth model prediction of the program.

The results of the volume growth were contradictory in the test plots. The best growth in volume was in the continuous-cover test plot, which had the smallest volume in 1987. The second-best volume growth was achieved by the low thinning test plot, which had the largest volume in 1987. In the low thinning test plots the undergrowth had clearly developed more than in the continuous-cover test plots where the undergrowth was bigger and vigorous. The development of annual trees was the largest in the test plot of continuous cover and the second largest in the test plot of low thinning. The Hakkuri program's growth model predictions differed from what was inventoried in the field on every test plot. The results were affected by the data from year 1987, which partially lacked tree species-specific data.

The results provide interesting information about the long-term effect of continuous and periodic cover silviculture methods in the middle aged sub-xeric heath pine forests. The application of the results is weakened because the forest has not been treated at all during past 36 years. The weakness of the study was the small number of test squares.

**Keywords** annual rings, even-aged forest management, undergrowth, uneven-age management

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	METSİKÖN KEHITYS .....	8
2.1	Puuston kasvu.....	8
2.2	Alikasvokseen vaikuttavia tekijöitä .....	9
3	METSÄNKÄSITTELY .....	11
3.1	Kehitysluokat.....	11
3.2	Jaksollinen kasvatus .....	12
3.2.1	Uudistusalan valmistelut ja maanmuokkaus.....	13
3.2.2	Nuoren ja varttuneen taimikon käsittely.....	14
3.2.3	Kasvatushakkuut .....	14
3.2.4	Uudistushakkuut.....	16
3.3	Jatkuva kasvatus.....	17
3.3.1	Metsien rakenne .....	17
3.3.2	Männiköiden hoito ja hakkuut .....	18
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS .....	22
4.1	Pahtajavaaran koeruudut.....	22
4.2	Aineistot.....	23
4.2.1	Aineisto vuodelta 1987 .....	23
4.2.2	Maastoinventointi vuonna 2023 .....	24
4.2.3	Puuston vuosilustojen mittaaminen .....	25
4.3	Hakkuri-simulointi.....	25
5	TULOKSET .....	27
5.1	Tilavuuskasvu ja alikasvos .....	27
5.1.1	Alaharvennuksen koeruutu 1 .....	27
5.1.2	Alaharvennuksen koeruutu 5 .....	28
5.1.3	Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 2.....	29
5.1.4	Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 4.....	30
5.1.5	Tilavuuskasvun ja alikasvoksen kehityksen yhteenveto .....	31
5.2	Vuosilustojen kehitys .....	34
5.2.1	Alaharvennuksen koeruutu 1 .....	34
5.2.2	Alaharvennuksen koeruutu 5 .....	35

5.2.3	Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 2.....	36
5.2.4	Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 4.....	37
5.2.5	Vuosilustojen kasvun yhteenveto ja vertailu.....	38
5.3	Hakkuri-simulointi.....	40
5.3.1	Alaharvennuksen koeruutu 1 .....	40
5.3.2	Alaharvennuksen koeruutu 5 .....	41
5.3.3	Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 2.....	42
5.3.4	Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 4.....	43
5.3.5	Hakkuri-tulosten yhteenveto.....	44
6	POHDINTA .....	46
	LÄHTEET .....	49
	LIITTEET .....	50

## 1 JOHDANTO

Jatkuva kasvatus on vaihtoehtoinen metsänkäsittelymenetelmä perinteisen jaksollisen kasvatuksen rinnalla. Menetelmä on ollut sallittua vasta 10 vuotta ja käytännön kokemuksia on jo kertynyt, vaikka kenttäkokeita onkin vielä vähäisesti. Jatkuva kasvatus tarkoittaa metsänkäsittelymenetelmää, jossa metsä pidetään jatkuvasti peitteisenä. Metsikköä ei uudisteta ja puustoa on monessa sukupolvessa. Jatkuva kasvatus kiinnostaa ihmisiä, koska sillä vältetään paljon puhuttavat avohakkuut. Menetelmällä voidaan säästää kustannuksissa uudistamiskuluissa sekä taimikonhoitotarpeen jäädessä vähäisemmäksi. (Routa & Huuskonen 2022, 3, 9, 98.)

Koeruudut ovat perustettu vuonna 1987, jolloin päätettiin tehdä erilaisia koeruutuja alaharvennuksin ja erilaisin jatkuvan kasvatuksen käsittelymenetelmin Peräpohjolan kasvillisuusvyöhykkeen kuivahkon kankaan eri-ikäisrakenteiseen männikköön. Kenttäkoe perustettiin opetus- ja havainnointi tarkoituksia varten ja koeruutujen käsittelymenetelmiksi otettiin alaharvennus ja jatkuvan kasvatuksen hakkuita. Koeruutujen puusto on inventoitu hakkuiden kanssa samana vuonna ennen käsittelyä sekä välittömästi käsittelyjen jälkeen. Koeruuduilla ei ole tehty toimenpiteitä vuoden 1987 jälkeen.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Metsähallitus ja tarkasteltavana olevat koeruudut sijaitsevat valtion mailla. Tarkastelussa ovat alueen neljä koeruutua, joista kahdessa puustoa on käsitelty jatkuvan kasvatuksen menetelmin ja kahdessa alaharvennuksin.

Tutkimuksen tavoitteena oli vastata miten puuston tilavuuskasvu ja kehitys poikkeavat koeruutujen ja metsänkäsittelymenetelmien välillä. Tiedossa olevan lähtöpuuston sekä maastossa inventoitujen koeruutujen nykypuuston perusteella pyritään selvittämään koeruuduilla tapahtunut tilavuuskasvu. Puiden vuosiluston mittausten perusteella pyritään selvittämään, miten koeruuduilla toteutetut jaksollisen sekä jatkuvan kasvatuksen hakkuumenetelmät ovat vaikuttaneet vuosilustojen kehitykseen.

Opinnäytetyön lisätavoitteena oli pyrkiä selvittämään, kuinka hyvin Hakkurin simulointimalli ennusti metsikön kehitystä 35 vuoden aikajänteellä. Hakkuri-

sovelluksessa on käytössä jatkuvan kasvatuksen metsiin soveltuvat ikäriippumattomat kasvumallit (Pukkala, Vauhkonen, Korhonen & Packalen 2021.)

Tässä työssä vastattiin seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten puuston tilavuuskasvu ja kehitys poikkeavat koeruutujen ja metsänkäsittelymenetelmien välillä
2. Miten Hakkuri-simuloinnin kasvumalliennuste poikkeaa maastossa inventoidusta

## 2 METSIKÖN KEHITYS

Kasvupaikka on metsänkasvatuksen kannalta metsämaan keskeinen ominaisuus. Kasvupaikka tarkoittaa ilmaston ja maaperän muodostamaa ympäristötekijöiden kokonaisuutta, joka vaikuttaa puuston kehitykseen. (Hynynen, Valkonen & Rantala 2005, 15.) Puuntuotoskykyyn vaikuttavia tekijöitä kasvupaikalla ovat maaperän ilmavuus, ravinne-, vesi- ja lämpöolot. Kasvupaikat on luokiteltu kasvupaikkatyyppeihin. Pintakasvillisuuden avulla arvioitava kasvupaikkaluokitus ilmaisee maaperän puuntuotoskyvyn. Hyvän metsänhoidon suositusten harvennusmallit on laadittu kasvupaikkatyyppeihin mukaan omiin kasvillisuusvyöhykkeisiin, jotka perustuvat lämpösumma-alueisiin. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014, 26.)

Puut kilpailevat kasvutekijöistä, kuten valosta, vedestä, ravinteista ja kasvutilasta. Metsikön tiheys ja läheisten puiden kilpailu ovat verrannollisia vähenevään paksuuskasvuun. Ympäriällä olevat kasvit ja puut perivät osansa kasvutekijöistä. Isoimmat puut ovat suurimpia kilpailijoita ja pienimmät puut ovat heikoimpia. Metsätalouden harvennuksista hyötyvät kasvamaan jääneet puut eivät pysty hyödyntämään heti vapautuneita kasvutekijöitä ja voi kestää vuosia, kun kasvun elpyminen alkaa. Elpymisen nopeus riippuu, kuinka suuri kilpailu ennen hakkuuta on ollut ja kuinka hyväkuntoinen puu on ollut. (Huuskonen, Hynynen & Valkonen. 2014, 22–25.)

### 2.1 Puuston kasvu

Yksittäisen puun kasvulla tarkoitetaan puun solukoiden ja elinten syntyä ja kasvua. Yhteyttämisen seurauksena hiilihydraatit muuttuvat solukoksi, josta seuraa kasvua puun rungossa, lehvästössä, juurissa ja oksissa. Metsätaloudessa kasvua ilmaistaan tilavuutena, joka on johdettu ulkomittojen, pituuden ja läpimitan avulla. (Kellomäki 2005, 86.)

Puun kasvu edellyttää elävää latvusta. Puun tarvitsema energia tuotetaan latvuksen avulla. Neulaset ja lehdet pidättävät valoa, josta saadaan yhteyttämistuotteita, joita puu käyttää kasvuun. Tästä syystä latvuksen koko



vaikuttaa puun kasvuun. Latvussuhde toimii hyvänä indikaattorina puun elinvoimaisuudelle ja kasvukyvyille. (Hynynen ym. 2005, 18–19.)

Puun varttuessa puun kasvu hidastuu, kun suurin osa yhteyttämistuotteista menee jo olemassa olevien osien ylläpitoon. Nopeinta kehitys on hyvällä kasvupaikalla ja hyvässä ilmastossa. (Huuskonen ym. 2014, 22.)

Puun juuristo pitää puun pystyssä ja vastaa veden ja ravinteiden ottamisesta maaperästä puuston tarpeisiin. Juuristo kilpailee puuston kasvutekijöiden ottamisesta. Puiden kaatumisriski kasvaa, jos metsikössä tehdään voimakas harvennus, sillä pieni juuristo ei pysty enää hoitamaan kiinnitystehtäväänsä tuulenpuuskien päästessä helpommin metsikön sisälle. (Huuskonen ym. 2014, 26.)

Puiden kasvukausi alkaa keväällä ja päättyy syksyllä. Puun kasvun eri tekijät, kuten pituus-, halkaisija- ja juuriston kasvu alkavat eri aikoina kasvukaudella. Ensimmäisenä kasvukauden alussa alkaa pituuskasvu. Paksuuskasvu alkaa pituuskasvua myöhemmin kasvukauden alussa ja viimeisenä kasvun aloittaa loppukesällä juuriston kasvu. (Hynynen ym. 2005, 26.)

Puun runko muodostuu päällekkäisistä puuainekerrostumista eli vuosilustoista. Vuosilusto tarkoittaa puun kasvukausittain kehittyvää uutta kerrosta. Havupuiden vuosilustot koostuvat vaaleasta kevätpuusta ja tummasta kesäpuusta, jotka voidaan silmämääräisesti erottaa. Keväällä kasvaa vaalea solukoltaan suurionteloinen ja ohutseinäinen kevätpuu ja kesällä kasvaa tumma pienionteloinen ja paksuseinäinen kesäpuu. (Kellomäki 2005, 57–58.)

## 2.2 Alikasvokseen vaikuttavia tekijöitä

Alikasvoksen kehitys nopeutuu, kun ylispuustoa harvennetaan. Kehitys on hitaampaa, kun ylispuut kasvavat on tiheänä. Männyntaimet tarvitsevat kasvaakseen valoa ja menestyvät heikosti varjostuksessa. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2019, 118.) Siemenpuiden läheisyys, kosteus- ja lämpöolot ovat alikasvostaimen syntyä ja alkukehitystä ohjaavia tekijöitä.

Myöhemmässä vaiheessa taimien kehitykseen vaikuttaa puulajin kyky sopeutua ylispuiden varjostamaan ympäristöön sekä ravinnepilpailuun. (Moilanen & Saksa 1998, 19–21.)

Alikasvoksen ikärakenteeseen vaikuttavat vuosittaiset siemensatojen vaihtelut. Alikasvoksen pituuskehitys laantuu nuorella iällä, siihen vaikuttaa ylispuuston ravinnepilpailu. Pilpailu rajoittaa alikasvospuiden ravinteiden saantia. Kun kasvutilaa vapautetaan, ylispuuston aiheuttama varjostus ja juurikipailu vähenevät. Näin resursseja vapautuu alikasvokselle. (Moilanen & Saksa 1998, 26, 33.)

### 3 METSÄNKÄSITTELY

#### 3.1 Kehitysluokat

Kehitysluokilla kuvataan jatkuvan kasvatuksen eri kehitysvaiheita. Ne riippuvat puuston iästä, rakenteesta ja aiemmista metsänkäsittelyistä. Aukea (A0) tarkoittaa puutonta tai lähes puutonta uudistusalaa. Aukealla voi olla enintään viisi kuutiometriä verho- tai pienpuustoa hehtaaria kohden. Siemenpuumetsikkö (S0) tarkoittaa luontaiseen uudistamiseen tähtäävää hakkuuta, kun uudistettavana puulajina on mänty tai koivu. Siemenpuiden runkoluku männyllä on 50–100 kappaletta hehtaarille ja koivulla 10–20 kappaletta hehtaarille. (Äijälä ym. 2014, 238.)

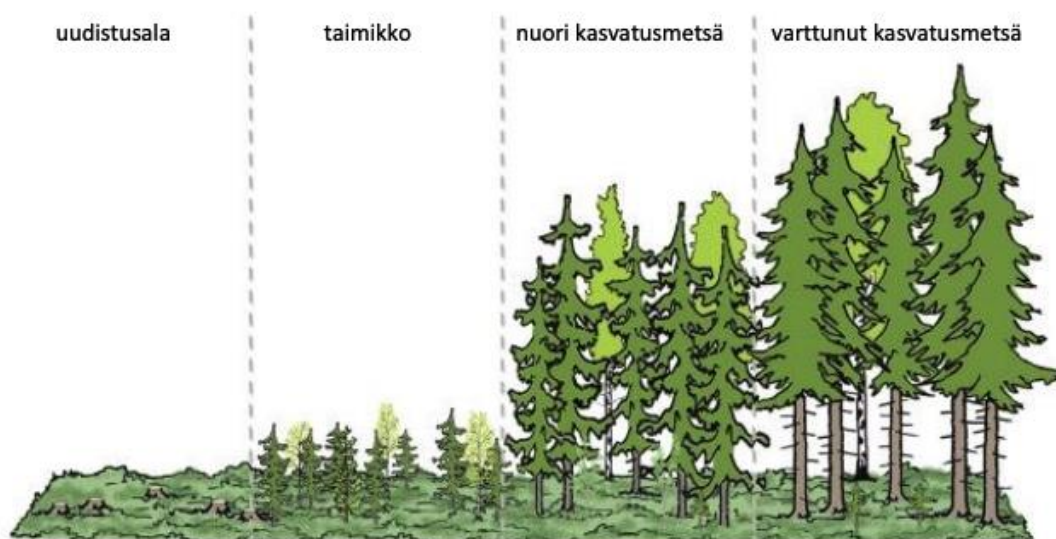
Pieni taimikko (T1) tarkoittaa taimikkoa, jossa keskipituus on 1,3 metriä tai alle. Varttunut taimikko (T2) tarkoittaa taimikkoa, jossa keskipituus on yli 1,3 metriä ja rinnankorkeusläpimitta alle kahdeksan senttimetriä. Valtapituus on männyllä ja kuusella alle seitsemän metriä ja koivulla alle yhdeksän metriä. Rinnankorkeusiän tulisi olla Etelä-Suomessa enintään 50 vuotta ja Pohjois-Suomessa enintään 120 vuotta. Ylispuustoinen taimikko (Y1) tarkoittaa kaksijaksoista metsikköä, jossa seuraava toimenpide on ylispuiden poisto. Siellä on siemen-, verho- tai suojuspuustoa ja kasvatuskelpoinen uudistamisveloitteen täyttävä taimikko. Taimikon on täytettävä varttuneen taimikon vaatimukset. (Äijälä ym. 2014, 238.)

Nuori kasvatusmetsikkö (02) tarkoittaa metsikköä, jonka keskiläpimitta rinnankorkeudella on 8–16 senttimetriä ja keskipituus havupuilla yli seitsemän metriä ja koivikossa yli yhdeksän metriä. Rinnankorkeusikä on vähintään 11 vuotta ja Etelä-Suomessa enintään 120 vuotta ja Pohjois-Suomessa enintään 200 vuotta. Varttunut kasvatusmetsikkö (03) tarkoittaa metsikköä, jonka keskiläpimitta on rinnankorkeudelta yli 16 senttimetriä. Rinnankorkeusikä on yli 25 vuotta. Jos puusto ei koskaan kehity karun kasvupaikan vuoksi tukkikokoon, määritellään kehitysluokka iän perusteella. (Äijälä ym. 2014, 238.)

Uudistuskypsä metsikkö (04) tarkoittaa metsikköä, joka on uudistuskypsä. Uudistuskypsyyttä voidaan mitata metsänhoidon suositusten taulukkojen perusteella, joissa on määritetty uudistamisläpimitat ja keski-iat. Uudistuskypsällä metsiköllä tarkoitetaan metsikköä, josta metsänomistaja saa uudistamisesta enemmän hyötyä kuin kasvattamisesta. Suojuspuumetsikkö (05) tarkoittaa metsikköä, jossa hakkuu on tehty niin, että metsään jätetään 100–300 suojuspuuta (kuusi, koivu tai mänty) suojelemaan jo olemassa olevaa tai taimettumisen kautta syntynyttä kuusen taimikkoa. Eri-ikäisrakenteinen metsä (ER) tarkoittaa metsikköä, jossa puusto koostuu eri-ikäisistä puista tai sitä ollaan muokkaamassa eri-ikäisrakenteiseksi. (Äijälä ym. 2014, 238.)

### 3.2 Jaksollinen kasvatus

Jaksollisen kasvatuksen menetelmin käsiteltyjen metsien maisemat vaihtelevat huomattavasti sen ollessa eri kehitysvaiheissa. Puusto muodostaa pääjakson, joka on rakenteeltaan lähes samankokoista ja samanikäistä. Kehitysvaiheet (kuvio 1) jaetaan uudistamisvaiheeseen, taimikkovaiheeseen sekä nuoren ja varttuneen kasvatusmetsikön vaiheisiin. (Äijälä ym. 2019, 34, 64.)



Kuvio 1. Puuston kehitysvaiheet jaksollisessa kasvatuksessa (Äijälä ym. 2019, 35)

Metsän uudistamisvaiheessa keskitytään uuden metsikön perustamistoimenpiteisiin ja taimikonhoitoon. Uudistusosalta korjataan vallitsevan puusukupolven puutuotos talteen menetelmällä, joka on ennalta määritelty tavoitteiden ja kasvupaikan ominaisuuksien mukaisesti. Metsikköä voidaan alkaa uudistaa joko kylvämällä, istuttamalla tai luontaisesti. Luontaisessa uudistamisessa käytetään hyväksi jo olemassa olevia siemen- tai suojuspuita, nykyistä alikasvosta tai reunametsän puita siemenien leviämässä. Maanmuokkaus on usein edellytys onnistuneeseen metsänuudistamiseen. (Äijälä ym. 2014, 35–36.)

Tärkeimpiä vaiheita metsänkasvatuksen kannalta ovat uudistamis- ja taimikkovaiheet. Maanmuokkaustavan laiminlyönti tai epäsuotuista valinta sekä taimikonhoidon laiminlyönti tai viivästyminen voivat vaikuttaa negatiivisesti tulevaan puuntuotokseen sekä aiheuttaa lisäkustannuksia. Myöhempien kehitysvaiheiden hoito- ja hakkuutoimenpiteet ovat joustavammin ajoitettavissa. (Äijälä ym. 2014, 35–36; Äijälä ym. 2019, 62.)

### 3.2.1 Uudistusalan valmistelut ja maanmuokkaus

Uudistusosalalla tulevan puuston laatua voidaan parantaa ja ennakkotoimilla; raivaamalla ja lehtipuuvesakon ennakkotorjunnalla, kun kohteella on taimettumista ja metsänviljelyä haittaavaa alikasvusta. Ennakkotoimilla voidaan vähentää taimikonhoidon tarvetta. (Äijälä ym. 2019, 121, 125–126, 128.)

Uudistusosalalla maanmuokkauksen tarkoituksena on antaa paremmat edellytykset taimien ja siementen selviämiseen ja kasvuun. Sillä on suuri merkitys metsikön kehitykseen pitkällä aikajänteellä. Maan pintakerrosta paljastavat maanmuokkausmenetelmät sopivat herkästi vettä läpäiseville, maalajiltaan karkeille ja keskikarkeille kasvupaikoille. Kohoumia muodostavat tarkoittavat muokkausmenetelmiä, joissa humuskerros pyritään saamaan mättään alle. Ne sopivat kosteille kasvupaikoille, joissa veden kapillaarista nousua tulee säädellä. (Äijälä ym. 2019, 121, 125–126, 128.)

### 3.2.2 Nuoren ja varttuneen taimikon käsittely

Taimikon varhaisperkausta tehdään nuoreen taimikkoon, sen tavoitteena on turvata taimien kasvu. Varhaisperkauksessa poistetaan kasvatettavaa puulajia haittaavaa puustoa ja vesakkoa niin, että taimien juuristo saa tilaa ja varjostus vähenee. Toimenpiteen ajankohdan valintaan vaikuttavat kasvupaikan viljavuus ja tiheys. (Äijälä ym. 2019, 83.)

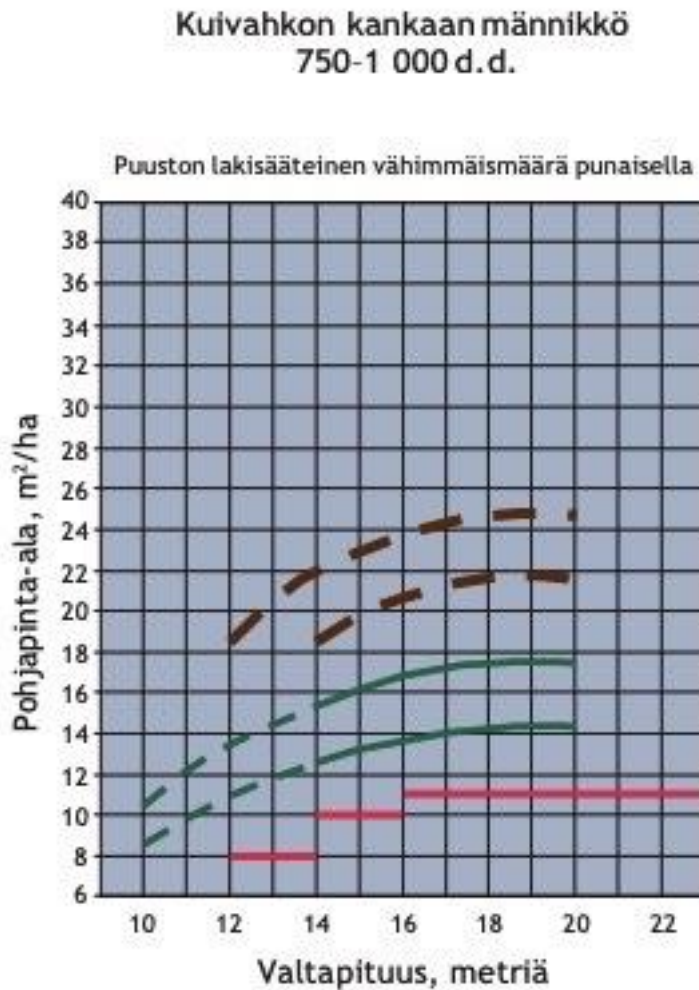
Varttuneissa taimikoissa tehtävissä taimikonharvennuksissa poistetaan ensisijaisesti viallisia sekä huonolaatuisia puita ja piiskausvaurioita aiheuttavat lehtipuut. Taimikonharvennuksella vähennetään varjostusta ja luodaan lisää kasvutilaa, jotka edistävät puuston terveyttä ja järeytymistä sekä vähentävät puuston alttiutta tuuli- ja lumituhoille. Kun huonolaatuiset puut poistetaan, laatu paranee ja hyvälaatuiset puut pääsevät kasvamaan nopeammin. (Äijälä ym. 2014, 88.)

### 3.2.3 Kasvatushakkuut

Nuoren kasvatusmetsään tehtävä ensimmäinen kasvatushakkuu on ensiharvennus, jossa metsänomistaja saa myyntituloja kuitu- ja energiapuusta. Ensiharvennus on metsänhoidollinen toimenpide, joka suoritetaan tarpeen mukaan silloin, kun puuston metsänhoidollinen tila sitä edellyttää. Se vaikuttaa puuston kehitykseen ja arvokasvuun merkittävästi. Ensiharvennuksen seurauksena puusto saa lisää kasvutilaa, ravinteita, valoa ja vettä. Toimenpide tulee ajoittaa niin, että puuston latvusto ei ole supistunut liikaa. Supistunut latvusto reagoi harvennuksiin hitaasti ja kestää heikosti tuulta ja lumikuormaa. (Äijälä ym. 2014, 92–94.)

Varttuneen kasvatusmetsän määritelmään kuuluvat metsiköt, joiden keskiläpimitta rinnankorkeudella on yli 16 senttimetriä ja puuston ikä rinnankorkeudelta määriteltynä on vähintään 25 vuotta. Tavoitteitten mukaan harvennuksia voidaan tehdä erilaisin käsittelytavoin. Harvennuksia suositellaan tehtäväksi, kun puuston tiheys on ylittänyt harvennusmallin (kuvio 2) mukaisen harvennusrajan. Harvennuksilla tähdätään turvaamaan hyvälaatuisen puuston

kasvuedellytykset sekä parantamaan puuston kasvatuksen taloudellista kannattavuutta ja puunmyyntitulojen määrää. (Äijälä ym. 2014, 101–121.)



Kuvio 2. Harvennusmalli Pohjois-Suomen kuivahkon kankaan männiköstä (Äijälä ym. 2014, 232)

Alaharvennus sopii käytettäväksi kaikenikäisiin ja eri puulajien tasaikäisrakenteisiin metsiköihin. Poistettavat puut valitaan niin, että kasvamaan jäävät ensisijaisesti metsikön suurimmat ja paraslaatuisimmat valta- sekä lisävaltapuut, joista saadaan kasvatettua tukkipuita. Alaharvennuksen päämääränä on edistää puuston nopeaa järeytymistä ja lisätä sen tuottoa tulevissa hakkuissa. (Äijälä ym. 2019, 146.)

Yläharvennus on menetelmä, joka käytetään tasarakenteisissa, varttuneissa metsiköissä. Siinä poistetaan pienimpien, sairaiden, viallisten ja teknisesti huonolaatuisten puiden lisäksi osa suuremmista ja taloudellisesti arvokkaimmista

puista. Metsiköstä poistetaan 50–100 valtapuuta hehtaarilta. Tämä hakkuutapa keskittyy erityisesti laadukkaiden lisävaltapuiden hyödyntämiseen. Yläharvennus lisää laadukkaan tukkipuun tuottoa samalla pidentäen metsikön kiertoaika. (Äijälä ym. 2019, 146.) Väljennyshakkuuta voidaan käyttää, kun suunnitellaan siirtymistä jatkuvaan kasvatukseen tai suunnitellaan uudistamista luontaisesti siemenpuuhakkuuna tai suojuspuuhakkuuna (Äijälä ym. 2019, 144).

#### 3.2.4 Uudistushakkuut

Uudistushakkuu vaikuttaa voimakkaasti metsäympäristöön ja maisemaan. Näitä voidaan lieventää rajaamalla hakkuualue siten, että hakkuu mukailee maaston muotoja. Tasaikäisrakenteisessa metsässä uudistushakkuutapoja ovat avohakkuu, siemenpuuhakkuu, suojuspuuhakkuu ja kaistalehakkuu. (Äijälä ym. 2019, 121.) Päätehakkuun ajankohta tulee kannattavammaksi silloin, kun metsikön suhteellinen arvokasvu pienenee ja puuston arvo kasvaa. Arvokasvu pienenee puuston varttuessa ja kasvun hiipuesssa. (Hynynen ym. 2005, 196–170.)

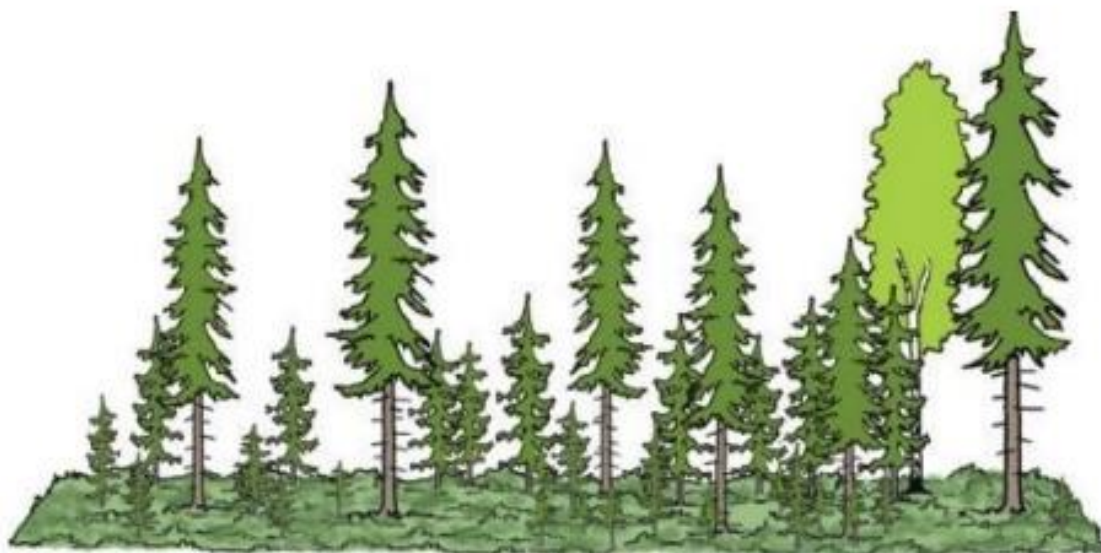
Avohakkuussa poistetaan lähes kaikki puusto lukuun ottamatta säästöpuuryhmiä, luontaisia taimiryhmiä, säästettäviä luontokohteita sekä riistatiheikköjä. Avohakkuissa uudistamisessa viljelemiseen käytetään siemeniä tai taimia. Männikön siemenpuuhakkuussa jätetään 50–100 hyvälaatuista siemenpuuta hehtaarille. Siemenpuuhakkuu tähtää luontaiseen uudistamiseen. Suojuspuuhakkuu tehdään jo olemassa olevan kehityskelpoisen taimiaineksen suojaamiseksi ja täydentämiseksi. Menetelmä soveltuu kuusen luontaiseen uudistamiseen. Suojustuuta jätetään 100–300 kappaletta hehtaarille. Kaistalehakkuu on menetelmä, jossa metsä hakataan kaistaleittain aukeaksi. Reunametsä toimii siementäjänä aukeille alueille. Se soveltuu luontaisesti hyvin taimettuville kohteille. (Äijälä ym. 121–124.)



### 3.3 Jatkuva kasvatus

#### 3.3.1 Metsien rakenne

Jatkuvaksi kasvatukseksi kutsutaan metsiä, joissa osa puustosta jätetään hakkaamatta (Routa & Huuskonen 2022, 10). Metsän rakenne koostuu erikokoisista puista ja pieniä puita on usein runsaammin kuin isoja (kuvio 3). Jatkuvassa kasvatuksessa avohakkuita ei tehdä ja metsä pysyy peitteisenä. (Äijälä ym. 2019, 34.)



Kuvio 3. Puustorakenne jatkuvan kasvatuksen kuusikossa (Äijälä ym. 2019, 36).

Jatkuvassa kasvatuksessa eri-ikäisrakenteisuutta lisätään poimintahakkuilla. Nuorempaa puustoa tulee suojata käsittelyssä. Kun nuorempaa puustoa on runsaasti, tulee sitä harventaa pois alikasvospuiden kehityksen takaamiseksi. Vaihtelevan kokoinen alikasvos helpottaa poimintahakkuun soveltamista. (Pukkala ym. 2011, 49.)

Metsiä voidaan kutsua joko erirakenteisiksi tai tasarakenteisiksi. Jatkuvarakenteiset eli erirakenteiset metsät voidaan jakaa seuraaviin alaluokkiin: säännöllisen erirakenteisiin, jolloin runkolukujakaumassa on kaiken kokoisia puita, mutta pieniä eniten, kerroksellisen erirakenteisiin, joissa puita on erillisissä kokoryhmissä ja kupevan tai keskittyneen erirakenteisiin, jotka kuvaavat laajaa normaalijakaumaa. Rinnankorkeusläpimitan mukaan laadittu runkolukujakauma

on keskiössä kuvatessa metsikön rakennetta. Puulajisuhteiden ohella runkolukujakauma on hyvä kuvaamaan myös metsikön monimuotoisuutta. (Pukkala ym. 2011, 27, 29.)

### 3.3.2 Mäntiköiden hoito ja hakkuut

Jatkuvan kasvatuksen mäntiköissä käytetään ylispuukasvatusta. Mäntyn taimet tarvitsevat kehittyäkseen valoa ja kasvutilaa (kuvio 4). Taimiaineksen syntymiselle ja kasvulle luodaan edellytykset pienaukko-, siemenpuu- ja poimintahakkuilla. Mäntyn ylispuuhakkuussa ylispuuta jätetään runsaammin kuin jaksollisessa kasvatuksessa puustoisuuden säilyttämiseksi ja voidaan jättää paikoin tiheäksi, jolloin taimikkoon syntyy kokoeroja. Kehittyvä epätasainen puustorakenne luo edellytykset poimintahakkuille. Jatkuvan kasvatuksen menetelmä sopii kasvupaikoille, joissa puusto uudistuu luontaisesti hyvin, kuten kuivahkoilla ja karuilla kankailla, puolukka- ja varputurvekankailla sekä harju- ja kalliometsissä. (Äijälä ym. 2019, 107.)



Kuvio 4. Mäntikön ylispuukasvatusta (Äijälä ym. 2019, 36)

Helpointa jatkuvan kasvatuksen menetelmien soveltaminen (taulukko 1) on metsiköissä, joissa metsän rakenne on valmiiksi säännöllisen erirakenteinen. Taimikon ollessa luontaisesti syntynyt ja erirakenteinen taimikonhoitoon ei yleensä ole tarvetta. Poikkeustapauksissa voidaan hyvälaatuisia taimia auttaa reikäperkauksilla pysäyttämällä kilpailu 1–1,5 metrin säteellä taimesta. Ensiharvennus voidaan tehdä ylä- tai laatuharvennuksena, kun valtapituus on 12–15 metriä. Ensiharvennus tehdään poistamalla viallisia puita, riippumatta koosta ja lajista, kuitenkin enimmäkseen poistamalla metsikön suurimpia puita.

Tavoitteena on edistää erirakenteisuutta ja sekapuustoisuutta. (Pukkala ym. 2011, 62–63.)

Taulukko 1. Jatkuvan kasvatuksen menetelmät ja niiden soveltaminen Routa & Huuskonen 2022, 14)

**Taulukko 1.** Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen menetelmät, hakkuutavat ja käyttö.

Menetelmä	Hakkuutavat	Käyttö
Eri-ikäisen metsikön kasvataminen	Poimintahakkuu, pienaukko-hakkuu (ml. kaistalehakkuu)	Kuusivaltaiset metsät, pohjoiset karut männiköt, erityisesti viljyvät suometsät, taajama- ja virkistysmetsät monilla puulajeilla
Muutos tasaikäiskasvatuksesta eri-ikäiskasvatukseen	Harvennus, väljennys, pienaukkohakkuu, suoju-puuhakkuu, alikasvoksen hyödyntäminen, poimintahakkuu	Tasaikäiskuusiosta eri-ikäiseksi
Ylispuukasvatus	Siemenpuuhakkuu, alikasvoksen hyödyntäminen, ylispuiden 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

Väljennys- ja harvennushakkuut tehdään ylä- ja laatuharvennuksina pohjapinta-alan ollessa 18–25 kuutiometriä hehtaarilla. Tavoitepohjapinta-ala toimenpiteiden jälkeen on 7–15 kuutiometriä hehtaarilla ja yli 1,3 metristen puiden runkoluku 1200–2200 kappaletta hehtaarilla. (Pukkala ym. 2011, 63.) Metsänhoidon suosituksissa on kuvattu viitteelliset puuston pohjapinta-alat lakirajat hakkuiden jälkeen (taulukko 2). Männikön siemenpuuhakkuussa puustoa jätetään 50–150 runkoa hehtaarille. Käsittelyalueelle on jätävä riittävästi puustoa ja sen alittaminen johtaa uudistamisveloitteen syntymiseen. (Äijälä ym. 2019, 115.)

Taulukko 2. Metsänhoidonsuositusten viitteellinen puuston pohjapinta-ala ennen ja jälkeen jatkuvan kasvatuksen (Äijälä ym. 2019, 115)

		PPA ennen hakkuuta, m <sup>2</sup> /ha	PPA hakkuun jälke- en eteläisessä Suomessa, m <sup>2</sup> /ha	PPA hakkuun jälke- en keskiössä Suomessa, m <sup>2</sup> /ha	PPA hakkuun jälke- en pohjoisessa Suomessa, m <sup>2</sup> /ha
<b>Kuusivaltaiset metsät, suositus</b>	Tuore kangas*	≥ 20	n. 11	n. 10	n. 9
	Lehtomainen kangas*	≥ 22	n. 12	n. 11	n. 10
Säännösten mukainen vähimmäis-PPA eli ns. lakiraja	Tuoreet tai sitä ravinteikkaammat kankaat		10	9	8 (7**)
	Mustikka- ja sitä ravinteikkaammat ojitetut turvekankaat		8	7,2	6,4 (5,6**)
<b>Mäntyvaltaiset metsät, suositus</b>	Kuiva kangas*		***	***	***
	Kuivahko kangas*		***	***	***
Säännösten mukainen vähimmäis-PPA eli ns. lakiraja	Kuivahkot tai sitä karummat kankaat,		9	8	6 (5**)
	Puolukka- ja sitä karummat ojitetut turvekankaat		7,2	6,4	4,8 (4**)

\* ja vastaavat turvemaat. Ojitetuilla turvemaidella oijen osuus otetaan huomioon, jolloin PPA on alhaisempi. Ojitettujen turvekankaiden lakirajaan nähden suositellaan kuitenkin jätettäväksi noin 1 m<sup>2</sup>/ha korkeampi PPA.

\*\* suojametsäalue sekä Inari, Kittilä, Muonio, Salla, Savukoski ja Sodankylä

\*\*\* Männikön siemenpuuhakkuussa jätetään 50–150 runkoa/ha. Puuston pohjapinta-alalle ei ole määritelty tavoitetta. Jos puuston määrä alittaa taulukossa esitetyn vähimmäis-PPA:n, metsälain mukaan kyse on uudistushakkuusta.

Yläharvennusta käytetään usein silloin, kun halutaan siirtyä jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvaan kasvatukseen. Alikasvos pyritään säästämään ja suurimpia sekä kehityksessä jälkeen jääneitä puita poistetaan. Alaharvennusta voidaan käyttää jatkuvassa kasvatuksessa ylispuukasvatuksessa. (Routa & Huuskonen 2022, 12.) Ennen varsinaista luontaisen uudistamisen hakkuuta väljennyshakkuun tavoitteena on edistää luontaista taimettumista (Pukkala ym. 2011, 63). Männikössä voidaan tehdä pienaukkoja tai normaalia tiheämpi siemenpuuhakkuu, kun tavoitellaan tasaikäisrakenteisen metsän muuttamista ja eri-ikäisrakenteiseksi varttuneessa tai uudistamiskypsässä metsikössä (Äijälä ym. 2014, 126).

Poimintahakkuulla edistetään ja ylläpidetään metsän eri-ikäisrakenteisuutta poistamalla metsikön suurimpia arvokasvun ylittäneitä tukkipuita sekä viallisia puita. Poimintahakkuu on käytännössä normaalia voimakkaampi yläharvennus ja hakkuilla tehdään tilaa nuoremmalle puusukupolvelle sekä uusien taimien syntymiselle. Taimettumisen vuoksi käsittelyssä jätetään suuria hyvälaatuisia puita siementämään. Poimintahakkuuta tehdään tyypillisesti 5–20 vuoden välein (Hynynen ym. 2005, 114). Pohjois-Suomalaiset karut männiköt sekä

kuusivaltaiset metsiköt soveltuvat usein poimintahakkuuseen. Pienaukkohakkuut muistuttavat pieniä avohakkuita, joiden annetaan taimettua luontaisesti. Pienaukkojen ympäröivää puustoa voidaan harventaa hakkuussa, jotta saadaan vähennettyä juuristokilpailua. (Äijälä ym. 2019, 148.)

Verhopuuhakkuussa säästetään nuorta lehtipuuta, joka suojaa taimia kehityksessä hallalta. Ylispuiden poistossa ylispuut tai verhopuut poistetaan. Jatkuvassa kasvatuksessa kaikkia ylispuita ei poisteta kerralla. Harsinta tarkoittaa hakkuutapoja, joissa poistetaan arvokkaita, suuria ja hyvälaatuisia puita. Se on vanha nimitys, jonka merkitys on muuttunut. (Routa & Huuskonen 2022, 13.)

## 4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Opinnäytetyön toteutustapa on määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus. Opinnäytetyössä keskitytään aineistoon, jossa verrattiin varttuneen männikön tilavuuskasvua ja kehitystä jaksollisen ja jatkuvan kasvatuksen käsittelyjen jälkeen. Lisätavoitteena oli selvittää, kuinka hyvin Hakkurin simulointimalli ennusti metsikön kehitystä 35 vuoden aikajänteellä.

### 4.1 Pahtajavaaran koeruudut

Koeruudut sijaitsevat Pahtajavaarassa, Rovaniemen keskustasta noin 15 kilometriä etelän suuntaan. Koeruudut on perustettu vuonna 1987 varttuneeseen metsikköön, Peräpohjolan kasvillisuusvyöhykkeelle, kuivahkon kankaan erirakenteiseen männikköön. Koeruutujen puusto on lähes puhdasta männikköä, joka on ollut käsittelyjen aikaan vuonna 1987 varttunutta metsikköä. Käsittelykokeeseen päätettiin tehdä erilaisia käsittelyjä opetus- ja havainnointitarkoituksia varten.

Maastoon on rajattu yhdeksän kappaletta 80 x 80-metrisiä koeruutuja, joihin on tehty erilaisia jatkuvan kasvatuksen hakkuita ja alaharvennuksia (liite 1). Lisäksi alueen lähistöllä on neljä käsittelemätöntä koeruutua, jotka sijaitsevat luonnonsuojelualueella. Kohteella on tehty vuoden 1987 jälkeen käsittelyjä, joilta säästyneet kaksi jatkuvan kasvatuksen koeruutua ja kaksi alaharvennuksin tehtyä koeruutua ovat opinnäytetyössä tarkastelun alla.

Opinnäytetyössä tarkastelun alla ovat seuraavat koeruudut (kuvio 5):

- 1 = Alaharvennuskoeruutu
- 5 = Alaharvennuskoeruutu
- 2 = Jatkuvan kasvatuksen koeruutu
- 4 = Jatkuvan kasvatuksen koeruutu





Kuvio 5. Käsittelyitä säästyneet tarkastelun alla olevat koeruudut

## 4.2 Aineistot

Vuoden 1987 aineisto on kerätty ennen ja jälkeen jatkuvan kasvatuksen ja alaharvennushakkuiden. Nykypuustotietojen maastoinventointi suoritettiin lokakuussa 2023. Aineistot on viety Excel-taulukkolaskentaohjelmaan.

### 4.2.1 Aineisto vuodelta 1987

Vuoden 1987 aineiston (Liite 2) on kerännyt Ammattikasvatushallitus. Inventoinneissa koealaruuduilta kerättyjä tietoja olivat ruutu, käsittely, puulajisuhteet, kasvupaikkatyyppi, kehitysluokka, runkoluku ( $D 1-4 \text{ cm}$  ja  $D \leq 5 \text{ cm}$ ), pohjapinta-ala (Ppa  $\text{m}^2/\text{ha}$ ), rinnankorkeusläpimitta (DG, cm) ja pituus (HG, m). Aineistossa käyvät ilmi puutavaralajit (tukkipuu  $\text{m}^3/\text{ha}$ , kuitupuu  $\text{m}^3/\text{ha}$ , hukkapuu  $\text{m}^3/\text{ha}$ ), puuston tilavuus (V,  $\text{m}^3/\text{ha}$ ) ja hakkuista saatu poistuma (tukkipuu  $\text{m}^3/\text{ha}$ , kuitupuu  $\text{m}^3/\text{ha}$ , hukkapuu  $\text{m}^3/\text{ha}$ ).

Alaharvennukset on toteutettu niin, että on poistettu vialliset ja sairaat puut ja harvennettu pienempää puustoa, tavoitteena 16–17 neliömetrin pohjapinta-ala hehtaaria kohden. Kuusta on jätetty aukkopaikoille ja koivua on pyritty

suosimaan. Hakkuualan raivaus on tehty ennen toimenpiteitä, kuitenkin jättäen alikasvosta.

Jatkuvan kasvatuksen hakkuut on toteutettu niin, että noin 1/3 runkoluvusta on poistettu ja poistettu pääsääntöisesti yli neljän senttimetrin läpimitan puita. Hakkuut on tehty noudattamalla vuoden 1987 aikaisia Peräpohjolan mallikäyrän mukaisia suosituksia. Lähtöpuuston määrät ja runkolukujakaumat olivat erilaisia, joten jatkuvan kasvatuksen hakkuut on toteutettu erilaisin runkolukusarjoin.

#### 4.2.2 Maastoinventointi vuonna 2023

Vuoden 2023 maastoinventoinnit suoritettiin yhdessä Metsähallitus Oy:n edustajien kanssa kolmen hengen tiimissä. Inventoinneissa koeruuduilta kerättyjä tietoja olivat ruutu, käsittely, pohjapinta-ala (ppa m<sup>2</sup>/ha), puulaji ja pienimmän puun, mediaanipuun ja suurimman puun pituus (h) ja rinnankorkeusläpimitta (d).

Jokaiselta koeruudulta otettiin kolme relaskoopikoealaa ennalta määritellyistä paikoista, yksi kuvion keskeltä ja kaksi 180 asteen koealaa kymmenen metriä kuvioruutujen etelä- ja pohjoisakselin päistä kuvion keskusta päin. Jokaiselta koealalta määritettiin silmämääräisesti mediaanipuu, jonka rinnankorkeusläpimitan ja pituuden avulla määritetään jokaiselle kuviolle tilavuus ja ikä. Jokaisen koealan silmämääräisesti arvioidun pienimmästä, mediaani, sekä suurimmasta puusta otettiin ikäkairaukset rinnankorkeudelta, yhteensä yhdeksän kairausta koeruudulta. Jokaiselta koealalta otettiin neljän metrin ympyräkoela, millä mitattiin kuvioden alikasvos. Alikasvokseen laskettiin mukaan kaikki rinnankorkeudeltaan alle kahdeksan senttiä oleva ja alle 1,3 metrin alikasvos.

Mittauksissa käytettiin Metsähallituksella käytössä olevaa maastolaitteen Silvia-ohjelmaa, johon ennalta määritellyt koealojen sijainnit olivat merkittynä. Pohjapinta-alan määrittämiseen käytettiin relaskoopia, pituus määritettiin digitaalisella mitaajalla ja rinnankorkeusläpimitta määriteltiin käyttämällä Tallmeter-merkintämittaa. Puuston kairaukset tehtiin käsin ikäkairalla. Ympyräkoelat otettiin käyttämällä neljän metrin keppiä.



#### 4.2.3 Puuston vuosilustojen mittaaminen

Puiden vuosilustot mitattiin Luonnonvarakeskuksen dendrologian laboratoriossa. Vuosilustot mitattiin vuodesta 1980 alkaen ja mediaanipuista määritettiin koealojen keski-ikä. Mittauspäivänä ollut pakkanen toi haasteita vuosilustojen kokonaisuena irrottamiseen, jolloin vuosilustoja ei saanut kairattua ehjänä. Luonnonvarakeskuksen laboratoriossa vuosilustot esikäsiteltiin liottamalla ensin vedessä ja vuolemalla pinta tasaiseksi. Tasoitetulle pinnalle laitettiin magnesiumia, jotta lustot erottuisivat selkeämmin.

Vuosilustot mitattiin yksitellen 1/100 millimetrin tarkkuudella mikroskoopilla, käyttäen TSAPWin Scientific-ohjelmaa. Ohjelmisto on tarkoitettu puunvuosilustojen tarkkaan mittaukseen ja analysointiin (Dunster & Associates Environmental Consultants Ltd. 2023). Luonnonvarakeskuksen tutkimusinsinööri vertasi mittaustuloksia toisiinsa sekä läheisen alueen kasvuindeksiin Program Cofecha -ohjelmalla. Ohjelma mahdollistaa tuloksien laadun ja mittaustarkkuuden arvioinnin. (Grissino-Mayer 2001, 205.)

#### 4.3 Hakkuri-simulointi

Opinnäytetyössä vertaillaan 35 vuoden simulointimallin tuloksia maastossa mitattuihin 36 vuoden mittaustuloksiin. Hakkuri-ohjelmalla simuloidaan metsikön kasvua perustuen jatkuvan kasvatuksen ikäriippumattomiin kasvumalleihin (Pukkala ym, 2021). Hakkuriin syötetään puulajikohtaiset seuraavat tiedot: pohjapinta-ala, pituus, läpimitta ja puuston laatu sekä kasvupaikkatyyppi ja lämpösumma (kuvio 6). Ohjelma antaa arvioidun lähtöpuuston ja sillä saadaan tiedot tilavuuskasvusta. Hakkuri-ohjelmalla on mahdollista kasvattaa puustoa viiden vuoden sykleissä. (Pukkala 2023.)

Hakkuri

Kuvio 1

Puulaji	PPA	RuLu	Läpimitä			Pituus	Laatu
			Min	Keski	Max		
1	17	800		21		15	2
1		81	1		4	2	2

Laske alkupuusto

Kasvata 5 vuotta

Harvennushakkuu

JK-hakkuu

Lue kuvio

Vie kuvio tiedostoon

Lehtomainen (DMT)  
 Mustikkainen (MT)  
 Puolukkainen (VT)  
 Kanervainen (CT)

1 = Mänty  
 2 = Kuusi  
 3 = Raudus  
 4 = Hies  
 5 = Haapa  
 6 = Leppä

Lämpösumma   Suo

Metsikön kasvuisuus

Huono 
|
|
|
|
|
|
 Hyvä

Lannoita  Kunnosta ojat

1 % vihje  3 % vihje  5 % vihje

Lopeta

Kuvio 6. Esimerkki Hakkuri-ohjelman lähtötiedoista

Tulosten simulointiin tehtiin yksi simulointi jokaiselle koearuudulle, jossa puuston lähtötiedot laitettiin hakkuiden lähtötiedot vuoden 1987 aineistosta. Puustotiedot syötettiin kahdessa jaksossa niin, että 1–4 senttimetrin alikasvos on omana jaksanaan eriteltynä. Jokaiselle koeruudulle kasvupaikkatyyppiä määritettiin puolukkainen, se vastaa kuivahkoa kangasta ja lämpösummaksi määritettiin 950. Vuoden 1987 lähtöpuustossa ei ole ilmoitettu alikasvoskeskipituutta. Arvioin pituuden systemaattisesti niin, että läpimitaltaan 1–4 senttimetrin alikasvos on pituudeltaan keskimäärin kaksi metriä. Prosentteina määritetyt kuusi ja lehtipuu on jätetty alkupuustosta erittelemättä, koska niille ei löytynyt aineistosta tarvittavia tietoja.

## 5 TULOKSET

### 5.1 Tilavuuskasvu ja alikasvos

#### 5.1.1 Alaharvennuksen koeruutu 1

Alaharvennuksikoeruudulla (taulukko 3) vuonna 1987 tehdyn toimenpiteen jälkeen puuston pohjapinta-ala oli 17 neliometriä hehtaaria kohden, puuston keskipituus 15 metriä ja oli keskiläpimitaltaan 21 senttimetriä. Puuston tilavuus oli 134 kuutiometriä hehtaarille. Metsikkö on ollut lähtötilanteessa lähes puhdasta männikköä ja kehitysluokaltaan varttunutta metsikköä. Vuonna 2023 pohjapinta-ala on kasvanut kymmenellä ja oli mittauksissa 27 neliometriä hehtaaria kohden. Puuston keskipituus oli 18,8 metriä ja läpimitta 24 senttimetriä. Puuston tilavuus hehtaaria kohden oli 251 kuutiometriä hehtaaria kohden. Kasvua koeruudulla on tapahtunut 36 vuoden aikana 117 kuutiometriä hehtaarille. Koealan alikasvos on runkoluvultaan 2000 kappaletta hehtaarilla ja keskipituus on 0,6 metriä. Mediaanipuista määritetty puuston ikä on 105 vuotta.

Taulukko 3. Alaharvennuksikoeruudun 1 puustotiedot

<b>1987</b>				
<b>AH 1</b>	PPA (m <sup>2</sup> /ha)	PITUUS (m)	LPM (cm)	
MÄNTY	16,66	15	21	
KUUSI	0,17			
KOIVU	0,17			
yht.	17	15	21	
ALIKASVOS RULU 0-4 cm/kpl/ha	81			
TILAVUUS m <sup>3</sup> /ha	134			
<b>2023</b>				
<b>AH 1</b>	PPA (m <sup>2</sup> /ha)	PITUUS (m)	LPM (cm)	IKÄ
MÄNTY	26,33	18,8	24	105
KUUSI				
KOIVU	0,33	18,5	33	
yht.	27	18,8	24	
ALIKASVOS RULU 0-7 cm/kpl/ha	2000	0,6		
TILAVUUS m <sup>3</sup> /ha	251			
Tilavuuskasvu m <sup>3</sup> /ha/v	3,3			
36 v tilavuuskasvu m <sup>3</sup> /ha	117			

## 5.1.2 Alaharvennuksen koeruutu 5

Alaharvennuskoealaruudulla (taulukko 4) vuonna 1987 tehdyn toimenpiteen jälkeen puuston pohjapinta-ala oli 14 neliometriä hehtaaria kohden, puuston keskipituus 15 metriä ja oli keskiläpimitaltaan 21,9 senttimetriä. Puuston tilavuus oli 109 kuutiometriä hehtaarille. Metsikkö on ollut lähtötilanteessa lähes puhdasta männikköä ja kehitysluokaltaan varttunutta metsikköä. Vuonna 2023 pohjapinta-ala on kasvanut lähtötilanteesta kuudella ja oli mittauksissa 22 neliometriä hehtaaria kohden. Puuston keskipituus oli 15,6 metriä ja läpimitta 22,8 senttimetriä. Puuston tilavuus hehtaaria kohden oli 169 kuutiometriä hehtaaria kohden. Kasvua koeruudulla on tapahtunut 36 vuoden aikana 60 kuutiometriä hehtaarille. Koeruudun alikasvos on runkoluvultaan 2000 kappaletta hehtaarilla ja keskipituus on 0,6 metriä. Mediaanipuista määritetty puuston ikä on 119 vuotta.

Taulukko 4. Alaharvennuskoearuudun 5 puustotiedot

<b>1987</b>				
<b>AH 5</b>	PPA (m <sup>2</sup> /ha)	PITUUS (m)	LPM (cm)	
MÄNTY	13,86	15,1	21,9	
KUUSI				
KOIVU	0,14			
yht.	14	15	21,9	
ALIKASVOS RULU 0-4 cm/kpl/ha	144			
TILAVUUS m <sup>3</sup> /ha	109			
<b>2023</b>				
<b>AH 5</b>	PPA (m <sup>2</sup> /ha)	PITUUS (m)	LPM (cm)	IKÄ
MÄNTY	21,67	15,63	22,83	119
KUUSI				
KOIVU				
yht.	22	15,6	22,8	
ALIKASVOS RULU 0-7 cm /kpl/ha	2000	0,6		
TILAVUUS m <sup>3</sup> /ha	169			
Tilavuuskasvu m <sup>3</sup> /ha/v	1,7			
36 v tilavuuskasvu m <sup>3</sup> /ha	60			

## 5.1.3 Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 2

Jatkuvan kasvatuksen koeruudulla (taulukko 5) vuonna 1987 tehdyn hakkuutoimenpiteen jälkeen, puuston pohjapinta-ala oli 13 neliometriä hehtaaria kohden puuston keskipituus 13,7 metriä ja oli keskiläpimitaltaan 17,2 senttimetriä. Puuston tilavuus oli 94 kuutiometriä hehtaarille. Metsikkö on ollut lähtötilanteessa lähes puhdasta männikköä ja kehitysluokaltaan varttunutta metsikköä. Vuonna 2023 pohjapinta-ala on kasvanut lähtötilanteesta 14 neliometrillä ja oli mittauksissa 27 neliometriä hehtaaria kohden. Puuston keskipituus oli 18,8 metriä ja läpimitta 20,5 senttimetriä. Puuston tilavuus hehtaaria kohden oli 254 kuutiometriä hehtaaria kohden. Kasvua koeruudulla on tapahtunut 36 vuoden aikana 160 kuutiometriä hehtaarille. Koeruudun alikasvos on runkoluvultaan 533 kappaletta hehtaarilla ja keskipituus on 2,3 metriä. Mediaanipuista määritetty puuston ikä on 119 vuotta.

Taulukko 5. Jatkuvan kasvatuksen koeruudun 2 puustotiedot

<b>1987</b>				
<b>JK 2</b>	PPA (m <sup>2</sup> /ha)	PITUUS (m)	LPM (cm)	
MÄNTY	12,87	13,7	17,2	
KUUSI				
KOIVU	0,13			
yht.	13	13,7	17,2	
ALIKASVOS RULU 0-4 cm/kpl/ha	594			
TILAVUUS m <sup>3</sup> /ha	94			
<b>2023</b>				
<b>JK 2</b>	PPA (m <sup>2</sup> /ha)	PITUUS (m)	LPM (cm)	IKÄ
MÄNTY	24,00	18,8	20,5	119
KUUSI	0,66	19,7	29	
KOIVU	2,33	20,4	29,56	
yht.	27	18,8	20,5	
ALIKASVOS RULU 0-7 cm/kpl/ha	533	2,3		
TILAVUUS m <sup>3</sup> /ha	254			
Tilavuuskasvu m <sup>3</sup> /ha/v	4,4			
36 v tilavuuskasvu m <sup>3</sup> /ha	160			

## 5.1.4 Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 4

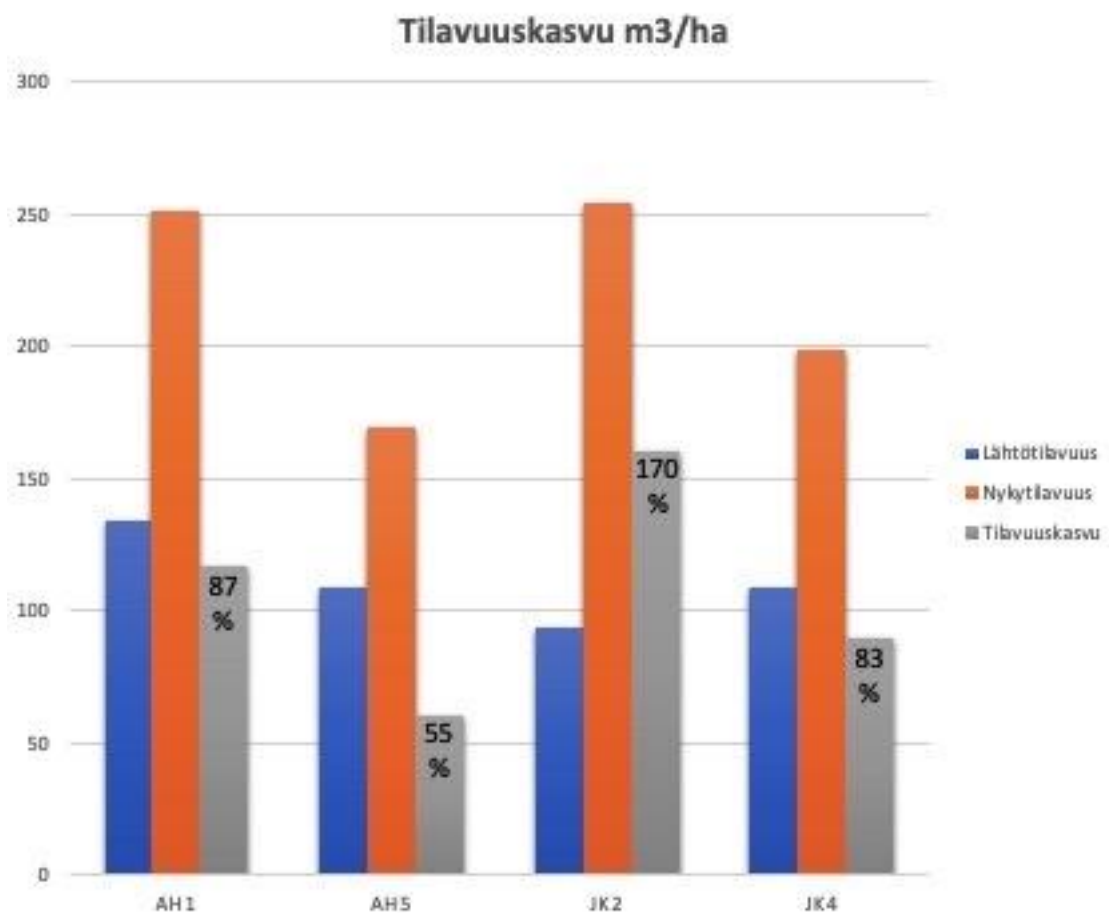
Jatkuvan kasvatuksen koeruudulla (taulukko 6) vuonna 1987 tehdyn hakkuutoimenpiteen jälkeen puuston pohjapinta-ala oli 16 neliometriä hehtaaria kohden, puuston keskipituus 13 metriä ja oli keskiläpimitaltaan 17,9 senttimetriä. Puuston tilavuus oli 109 kuutiometriä hehtaarille. Metsikkö on ollut lähtötilanteessa lähes puhdasta männikköä ja kehitysluokaltaan varttunutta metsikköä. Vuonna 2023 pohjapinta-ala on kasvanut lähtötilanteesta kahdeksalla ja oli mittauksissa 24 neliometriä hehtaaria kohden. Puuston keskipituus oli 16,8 metriä ja läpimitta 21,3 senttimetriä. Puuston tilavuus hehtaaria kohden oli 199 kuutiometriä hehtaaria kohden. Kasvua koeruudulla on tapahtunut 36 vuoden aikana 90 kuutiometriä hehtaarille. Koeruudun alikasvos on runkoluvultaan 1400 kappaletta hehtaarilla ja keskipituus on 2,5 metriä. Mediaanipuista määritetty puuston ikä on 111 vuotta.

Taulukko 6. Jatkuvan kasvatuksen koeruudun 4 puustotiedot

<b>1987</b>				
<b>JK 4</b>	PPA (m <sup>2</sup> /ha)	PITUUS (m)	LPM (cm)	
MÄNTY	15,68	13	17,9	
KUUSI	0,37			
KOIVU				
yht.	16	13	17,9	
ALIKASVOS RULU 0-4 cm/kpl/ha	775			
TILAVUUS m <sup>3</sup> /ha	109			
<b>2023</b>				
<b>JK 4</b>	PPA (m <sup>2</sup> /ha)	PITUUS (m)	LPM (cm)	IKÄ
MÄNTY	21,33	16,8	21,33	111
KUUSI	1,33	15	17	
KOIVU	1,00	18,8	32	
yht.	24	16,8	21,3	
ALIKASVOS RULU 0-7 cm/kpl/ha	1400	2,5		
TILAVUUS m <sup>3</sup> /ha	199			
Tilavuuskasvu m <sup>3</sup> /ha/v	2,5			
36 v tilavuuskasvu m <sup>3</sup> /ha	90			

### 5.1.5 Tilavuuskasvun ja alikasvoksen kehityksen yhteenveto

Puuston tilavuuskasvu (kuvio 7) on suurinta jatkuvan kasvatuksen koeruudulla 2, jossa jäävän puuston tilavuus vuonna 1987 on ollut alhaisempi kuin muilla koeruuduilla. Alaharvennuksista ruudun 1 tilavuuskasvu oli suhteessa suurempi, jäävän puuston tilavuuden ollessa korkeampi.

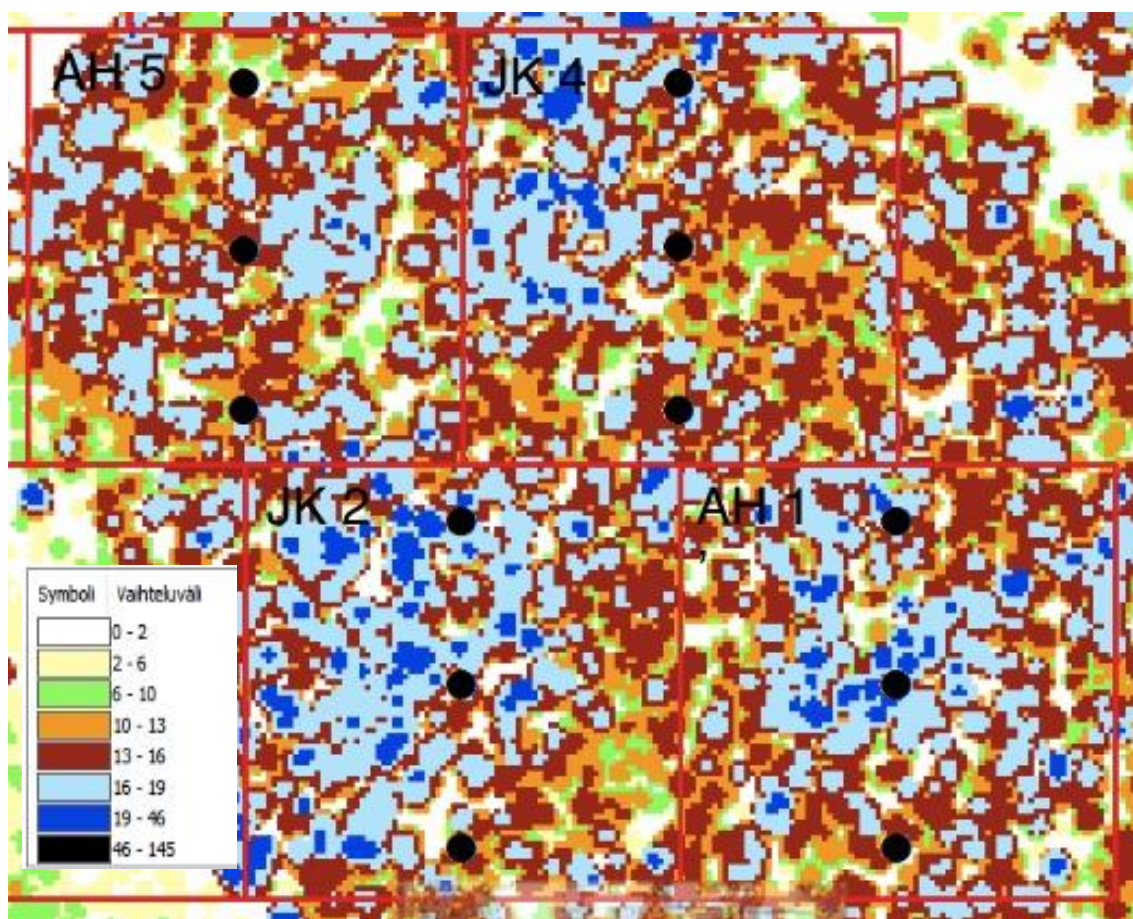


Kuvio 7. Koeruutujen puuston tilavuudet (m<sup>3</sup>/ha)

Alaharvennuskoeruudulla 5 tilavuuskasvu on merkittävästi pienempi kuin muilla ruuduilla, huolimatta samankaltaisesta pohjapinta-alasta ja pienemmästä lähtötilavuudesta (liite 3.) kuin koeruudulla 2. Voisi olla mahdollista koeruuduilla tapahtuneen metsätuhoja ja tuulenkaatojen mahdollista pois hakkaamista tai mahdollisia epävarmuuksia aineistoissa. Jatkuvan kasvatuksen koeruudulla 4 kokonaiskasvu on ollut suhteessa pientä verrattuna jatkuvan kasvatuksen koeruutuun 2 lähtöpuuston tilavuuden ja pohjapinta-alan (liite 4.) ollessa suurempi.



Laseraineistosta (kuvio 8) vuonna 2022 laskettu keskimääräinen pituus oli erilainen kuin maastossa mitattuna. Laseraineiston pituuskasvuun lisättiin 0,2 metriä eli arvioitu vuoden pituuskasvu. Koeruudulla 5 puuston pituus oli latvusmallissa 17,4 metriä ja pituus oli maastossa 1,8 metriä lyhyempää. Koeruudun 4 puuston pituus oli latvusmallissa 17,4 metriä ja maastossa mitattuna 0,6 metriä vähemmän. Eteläisillä koeruuduilla laseraineistolla laskettu keskimääräinen pituus koeruudulla 2 oli 18,4 ja maastossa mitattuna pituus oli 0,4 metriä pidempää. Koeruudun 1 keskimääräinen pituus laseraineistolla laskettuna oli 17,9 ja maastossa mitattuna pituus oli 1,1 metriä lyhyempää. Systemaattisella otannalla määrätyt koealat sijoituivat koealalla 5 matalampaan puustoon, joka voi vaikuttaa tuloksiin pienentämällä tilavuuskasvun määrää.

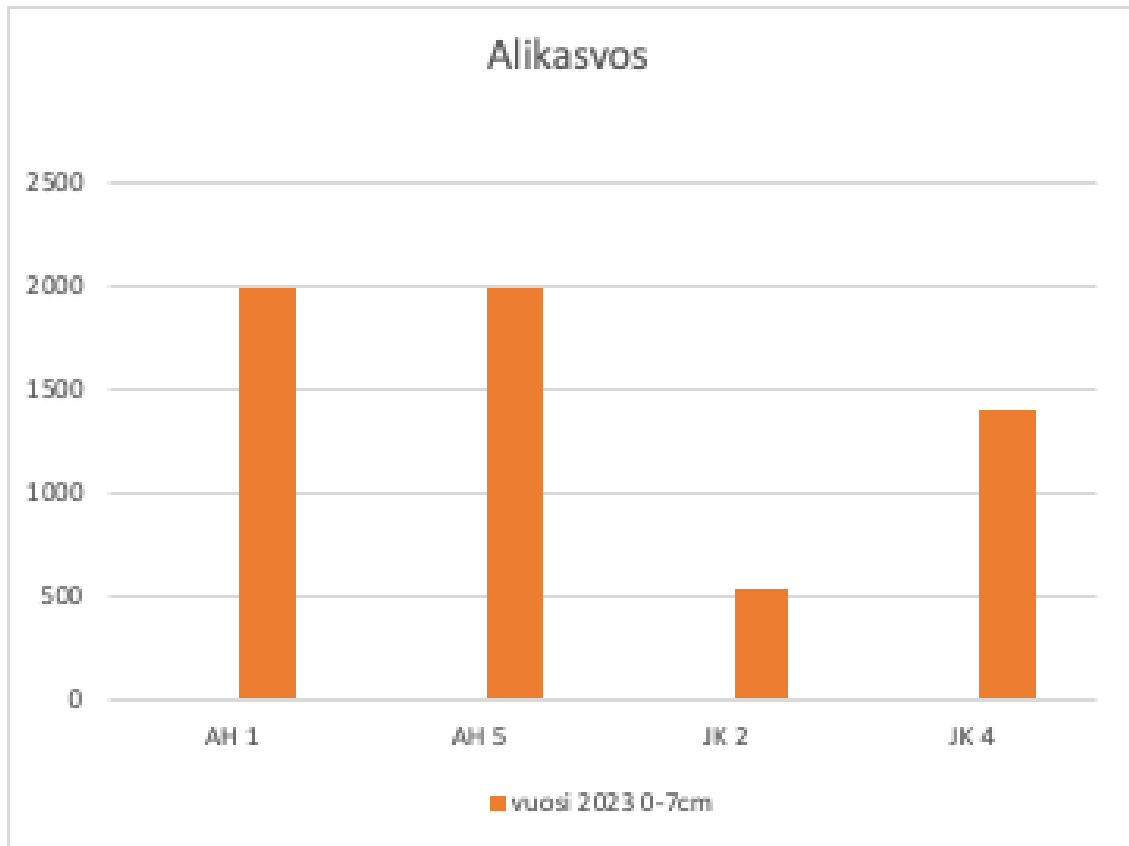


Kuvio 8. Laserkeilattu latvusmalli vuodelta 2022

Luontaisen alikasvoksen määrä (kuvio 9) on alaharvennuskoeruuduilla suurempi, sillä molemmissa vuoden 2023 mittauksien runkoluvuksi saatiin 2000 kappaletta hehtaarille. Alikasvos on kehitysluokaltaan T1 – pientä taimikkoa pituuden ollessa



0,6 metriä. Alikasvosta jatkuvan kasvatuksen koeruudulla 2 oli 533 runkoa hehtaarille ja koeruudulla 4 oli 1400. Kehitysluokaltaan T2 – varttunutta taimikkoa pituuden ollessa 2,3–2,5 metriä.



Kuvio 9. Koeruutujen alikasvos vuonna 2023

Jatkuvan kasvatuksen koeruudulla 4 alikasvosta lähtötilanteessa vuonna 1897 (liite 3). oli noin 2400 runkoa hehtaarille, joka on noin tuhat runkoa enemmän kuin jatkuvan kasvatuksen koeruudulla 2. Se voisi viitata siihen, että koeruudulla 4 on tekijöiltään suotuisampi taimettumiselle. Hakkuiden jälkeinen alikasvoksen runkoluku on jätetty jatkuvan kasvatuksen koeruuduilla suuremmaksi kuin alaharvennuskoeruuduilla.

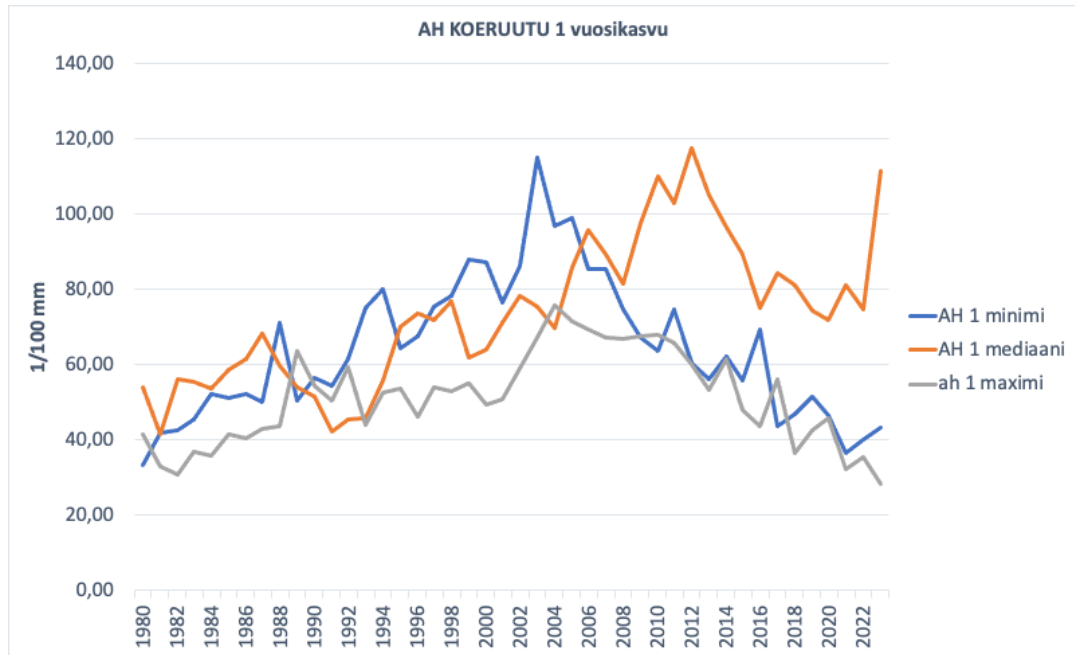
Jatkuvan kasvatuksen koeruuduille jätetyt pohjapinta-alat vuonna 1987 ovat samaa tasoa kuin alaharvennuksilla. Koeruudulla 4 pohjapinta-ala on 16 neliometriä hehtaarille ja koeruudulla 2 pohjapinta-ala on 13 neliometriä hehtaarille. Nykyisissä metsänhoidon suosituksissa lakiraja pohjoisessa Suomessa jätettävälle pohjapinta-alalle on kuusi neliometriä hehtaarille (Äijälä ym. 2019, 113).

Alaharvennuskoeruudun 1 ja jatkuvan kasvatuksen koeruudun 2 eteläpuolella kulkee sähkölinja ja alaharvennuskuvion 5 länsipuolelle on tehty aukko, eli kuviota reunustaa aukko. Reunustavan aukon seurauksena alikasvosta syntyy yleisesti helpommin ja kasvu voi olla runsaampaa. Kuitenkin koealat sijoitettiin niin, etteivät ne ole koeruutujen reunoissa, sillä pyrittiin minimoimaan reunavaikutus. Tilavuuskasvu on ollut suhteessa parasta sähkölinjaa reunustavilla koeruuduilla 2 ja 1. Alikasvoksen kehityksessä ollut selkeää yhteyttä reunavaikutukseen, sillä eteläisten koeruutujen alikasvoksen kehitys oli koeruudulla 1, 2000 runkoa hehtaarille ja koeruudulla 2, 533 runkoa hehtaarille.

## 5.2 Vuosilustojen kehitys

### 5.2.1 Alaharvennuksen koeruutu 1

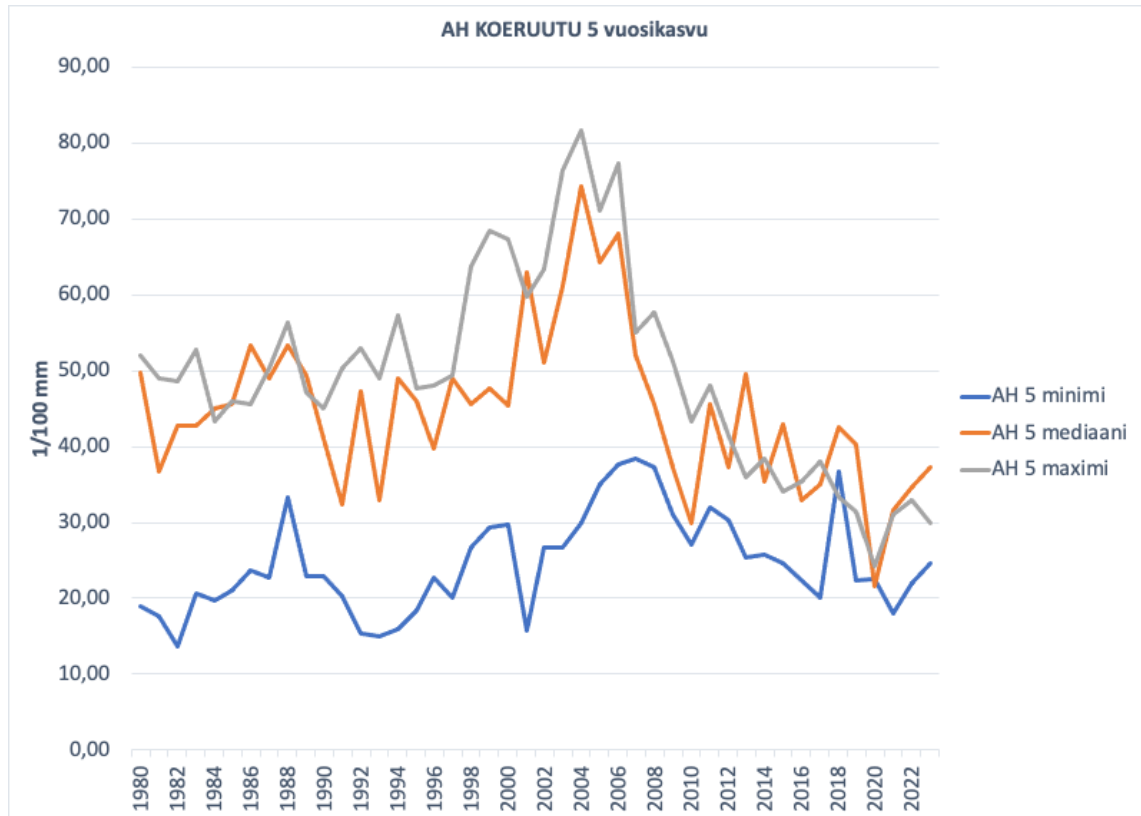
Vuosilustojen leveys on mitattu sadasosamillimetrin tarkkuudella. Vuosilustojen kasvu on todennäköisesti puolet läpimitan vuosikasvusta. Koeruudulla 1 (kuvio 10). pienimpien puiden kasvu on alkanut kiihtymään vuonna 1992, viisi vuotta alaharvennuksen jälkeen. Kasvun huippu minimipuilla on vuonna 2003. Sen jälkeen kasvu on alkanut hiipua hiljalleen lukuun ottamatta pieniä kasvun nousuja. Mediaanipuun kasvu on hakkuusta seuraavana vuonna alkanut kiihtymään jonka jälkeen on pientä kasvun heikentymistä. Kasvu on alkanut kiihtymään vuonna 1994, seitsemän vuotta harvennuksen jälkeen. Kasvun huippu mediaanipuilla on vuonna 2012. Mediaanipuiden kasvu on ollut suurempaa verrattuna muiden koeruutujen kasvuun. Kasvu on lähtenyt vuonna 2014 hiljalleen hiipumaan. Järeimpien puiden kasvussa ei ole merkittäviä huippuja, ennen vuotta 2004, 17 vuotta alaharvennuksen jälkeen. Sen jälkeen kasvu on lähtenyt hiljalleen hiipumaan.



Kuvio 10. Alaharvennus koeruudun 1 vuotuinen kasvu 1/100 mm

### 5.2.2 Alaharvennuksen koeruutu 5

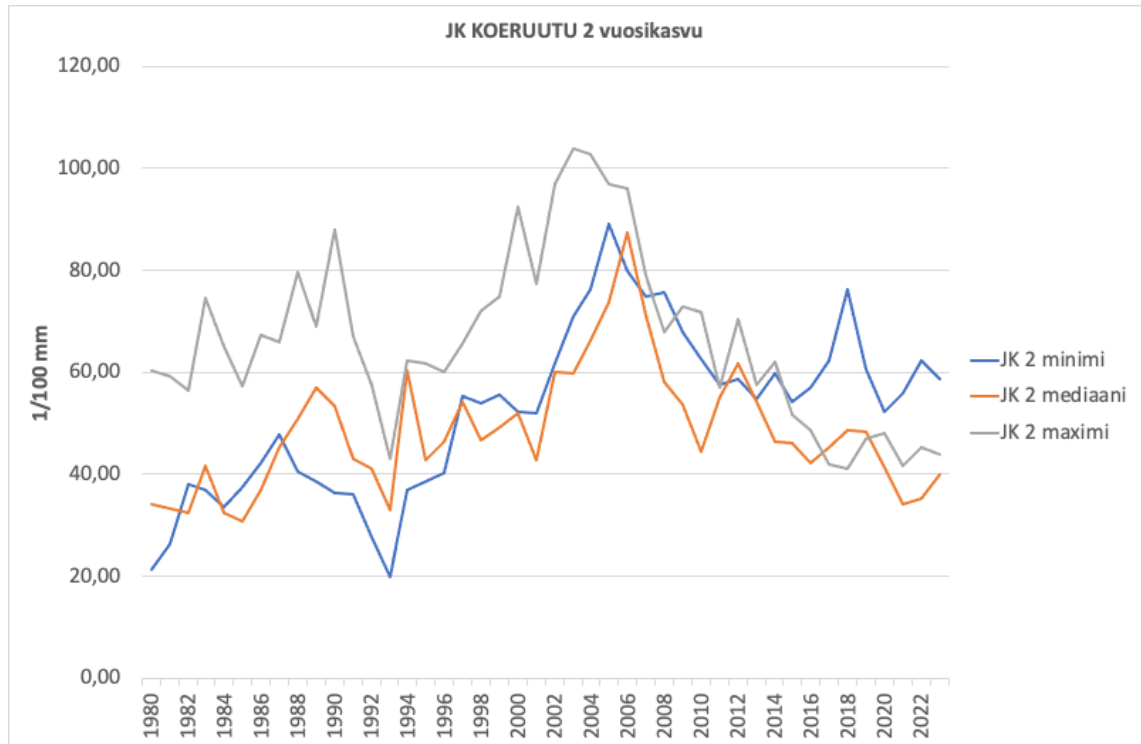
Koeruudulla 5 (kuvio 11) pienimpien puiden kasvu on alkanut kiihtymään vuonna 1994, viisi vuotta alaharvennuksen jälkeen. Kasvun huippu minimipuilla on vuonna 2003, jonka jälkeen kasvu on alkanut hiipua hiljalleen lukuun ottamatta pieniä kasvun nousuja. Mediaanipuun kasvu hakkuiden jälkeen on melko tasaisesti vaihdellut. Kasvu on alkanut kiihtymään selkeästi vuonna 2002, 15 vuotta harvennuksen jälkeen. Kasvun huippu mediaanipuilla on vuonna 2004. Sen jälkeen kasvu on lähtenyt hiljalleen hiipumaan. Järeimpien puiden kasvun huippu on vuonna 2004, 17 vuotta alaharvennuksen jälkeen, jonka jälkeen kasvu on lähtenyt vähitellen hiipumaan.



Kuvio 11. Alaharvennus koeruudun 5 vuotuinen kasvu 1/100 mm

### 5.2.3 Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 2

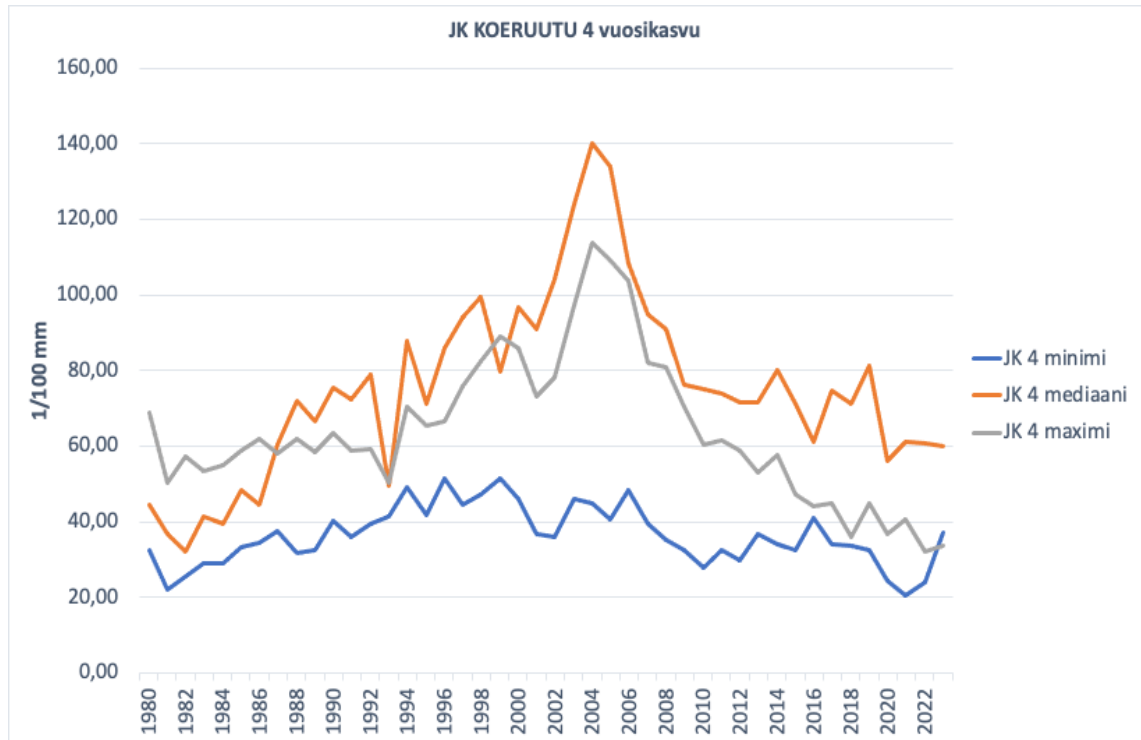
Koeruudulla 2 (kuvio 12) pienimpien puiden kasvun huippu on vuonna 2005, 18 vuotta hakkuun jälkeen. Sen jälkeen kasvu on lähtenyt vähitellen hiipumaan, lukuun ottamatta vuoden 2018 kasvun nousua. Mediaanipuiden kasvu hakkuiden jälkeen on melko tasaisesti vaihdellut. Kasvu on alkanut kiihtymään selkeästi vuodesta 2001, 14 vuotta hakkuun jälkeen. Kasvun huippu mediaanipuilla on vuonna 2006, jonka jälkeen kasvu on lähtenyt hiljalleen hiipumaan. Järeimpien puiden kasvu on kiihtynyt vuosittain hakkuiden jälkeen vuoteen 1990 ja lähtenyt sen jälkeen laskuun. Kasvu on alkanut kiihtymään uudestaan selkeästi vuodesta 1994, seitsemän vuotta hakkuun jälkeen. Kasvun huippu järeimmillä puilla on vuonna 2003, jonka jälkeen kasvu on lähtenyt hiljalleen hiipumaan.



Kuvio 12. Jatkuvan kasvatuksen koeruudun 2 vuotuinen kasvu 1/100 mm

#### 5.2.4 Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 4

Koeruudulla 4 (kuvio 13) pienimpien puiden kasvu on ollut hakkuun jälkeen melko tasaista ja kasvussa on ollut vuonna 2023 pieni nousu. Mediaanipuiden kasvu on alkanut kiihtymään selkeästi vuodesta 1999, 12 vuotta hakkuun jälkeen. Kasvun huippu mediaanipuilla on vuonna 2004, jonka jälkeen kasvu on lähtenyt hiljalleen hiipumaan. Järeimpien puiden kasvu on ollut jatkuvan kasvatuksen hakkuun jälkeen melko tasaista vuoteen 1993 ja lähtenyt sen jälkeen nousuun. Kasvu on alkanut kiihtymään selkeästi vuodesta 2002, 15 vuotta hakkuun jälkeen. Kasvun huippu isoimmilla puilla on vuonna 2004, jonka jälkeen kasvu on lähtenyt hiipumaan.

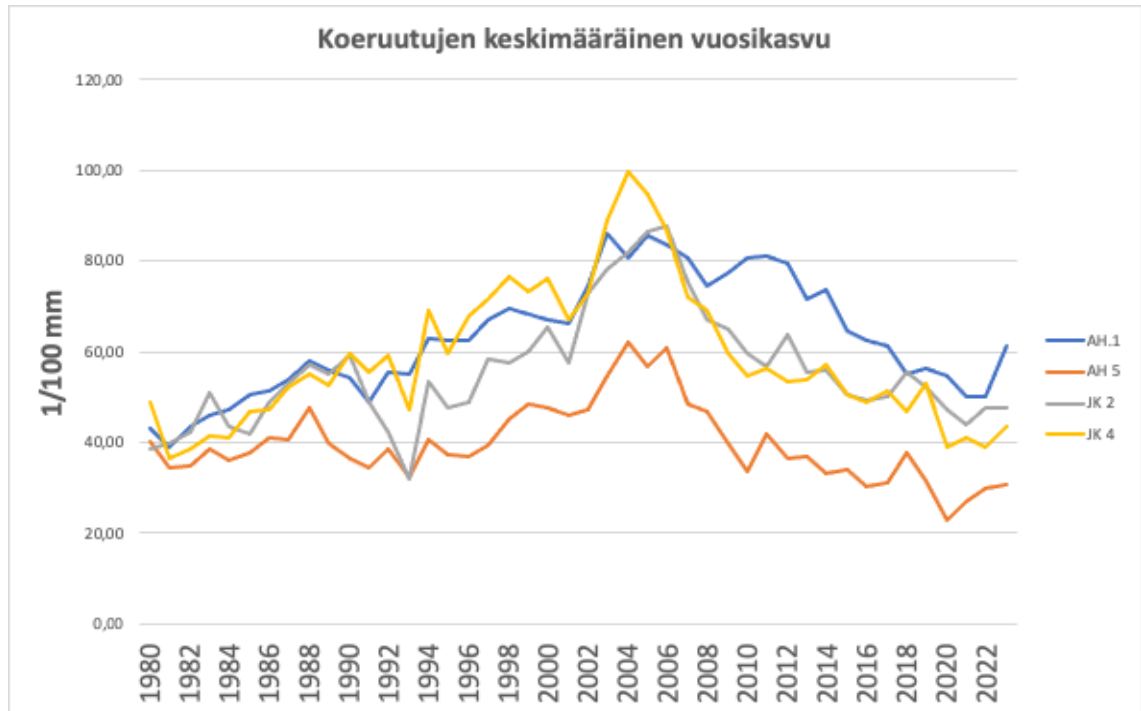


Kuvio 13. Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 4 vuotuinen kasvu 1/100 mm

### 5.2.5 Vuosilustojen kasvun yhteenveto ja vertailu

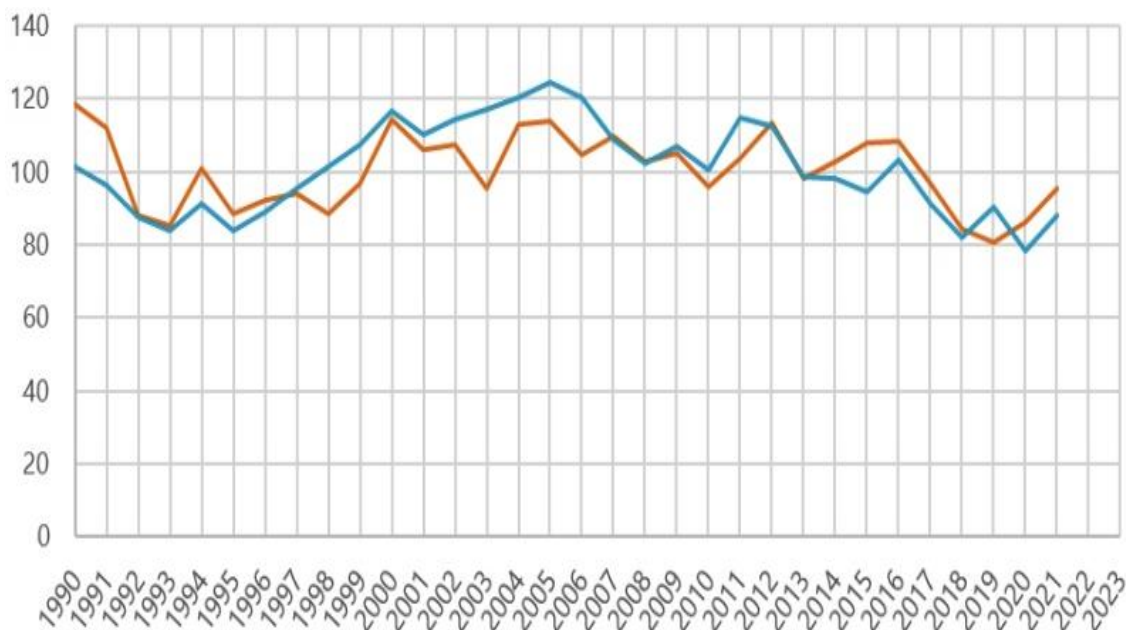
Vuosittainen kasvu (kuvio 14) on ollut keskimäärin pienintä alaharvennusruudulla 5. Toiseksi pienintä kasvu on ollut jatkuvan kasvatuksen koeruudulla 2. Parhaimman kasvun ovat saavuttaneet jatkuvan kasvatuksen koeruutu 4 ja alaharvennuskoeruutu 1, joiden kasvu on ollut samankaltaista vuoteen 2002, jonka jälkeen jatkuvan kasvatuksen koeruudulla 4 kasvu on jäänyt kasvussa jälkeen. Kasvun vaihteluun vaikuttavat merkittävästi sääolosuhteet. Lämpimät ja kosteat olosuhteet voivat edistää kasvua, kun taas kuivuus tai liiallinen kosteus voivat hidastaa sitä. Vuonna 1987 tehdyt hakkuutoimenpiteet näkyvät kasvun nousuna muutaman vuoden viiveellä, kun kasvutilaa on vapautunut jäävälle puustolle.

Alaharvennus koeruudun 1 ja jatkuvan kasvatuksen koeruudun 4 kasvukäyrä ovat ristiriidassa kokonaiskasvun (kuvio 8) tuloksiin. Kasvu on ollut samankaltaista, jopa suurempaa kuin jatkuvan kasvatuksen koeruudulla 2 jonka kokonaiskasvu oli selkeästi parempaa kuin muilla koeruuduilla. Alaharvennus koeruudun 5 kasvukäyrä, joka on selkeästi alempana kuin muut vastaavat tilavuuskasvun tuloksia, joissa voidaan todeta tilavuuskasvun olleen pienintä.



Kuvio 14. Koeruutujen keskimääräinen vuotuinen kasvu 1/100 mm

Luonnonvarakeskuksen tilastossa (kuviot 15), sininen viiva kuvaa männyn tilavuuskasvua Pohjois-Suomessa. Tilavuuden kasvuindeksin selkeimmät kasvun nousut sijoittuvat vuosille 1994, 2005, 2011 ja 2016. Selkeimmät kasvut koeruuduilla sijoittuvat vuosille 1994, 2003–2006, 2012–2013 ja 2018–2019. Tuloksissa ja tilastoissa kasvun nousut sijoittuivat samoille vuosille vuosina 1994 ja 2005. Selkeimmät kasvun heikkenemiset puolestaan sijoittuvat Luonnonvarakeskuksen tilastojen mukaan vuosille 1993, 2001, 2013, 2018 ja 2020. Koeruuduilla selkeimmät kasvun heikkenemiset sijoittuvat vuosille 1993, 2002, 2010–2011, 2020–2021. Tuloksissa ja tilastoissa kasvun heikentymiset sijoittuivat samoille vuosille vuosina 2010 ja 2020. Kasvun heikkenemiset voisi selittää hyvät siemenvuodet, jolloin metsikön kasvu hidastuu.



Kuvio 15. Luonnonvarakeskuksen tilavuuden vuosikasvuindeksi vuosilta 1990–2023 (Korhonen 2023, 10)

### 5.3 Hakkuri-simulointi

#### 5.3.1 Alaharvennuksen koeruutu 1

Vuoden 1987 puustotiedot syötettiin Hakkuri-ohjelmaan (kuvio 16) vuodelta 1987 (liite 3). Puuston laaduksi laitettiin ainespuulle ja alikasvokselle arvoksi 2 (hyvä) ja lämpösummaksi 950. Lähtöpuuston tiedoilla puuston tilavuudeksi tulee yhteensä 122 kuutiometriä hehtaarille. Vuoden 1987 aineistossa tilavuudeksi on määritetty 134 kuutiometriä hehtaarille, ennuste antaa lähtötilanteessa tilavuudeksi 12 kuutiometriä vähemmän hehtaarille.





Puulaji	Tukki m <sup>3</sup> /ha	Pikku m <sup>3</sup> /ha	Kuitu m <sup>3</sup> /ha	PPA m <sup>2</sup> /ha	Rulu kpl/ha	Läpim cm	Pituus m
Mänty	155	0	103	28.5	711	26.7	19.5
Yhteensä	155	0	103	29.3	1649	26.1	19.1

Kuvio 16. Alaharvennuskoeuudun 1 kasvuennuste

Taulukossa 7 on kuvattu Hakkuri-ohjelman simulaation tulokset ja maastossa vuonna 2023 tehtyjen mittausten puustotiedot. Simuloinnin tulokset antoivat lähes jokaisesta muuttujasta maltillisen yliarvion. Puuston tilavuudelle kasvumalli antoi seitsemän kuutiometriä suuremman tuloksen, jolloin yliarvio on noin kolme prosenttia. Ainoastaan alikasvoksen runkoluvulle ennuste antaa reilusti pienemmän arvion 1061 runkoa vähemmän hehtaaria kohden.

Taulukko 7. Koeruudun 1 simulaation ja maastomittauksen tulokset

AH 1	Hakkuri 35 v	Maastossa mitattu 36 v
Pohjapinta-ala (m <sup>2</sup> /ha)	28,5	27
Pituus (m)	19,5	18,8
Läpimitta (cm)	26,7	24
Tilavuus (m <sup>3</sup> /ha)	258	251
Tilavuuskasvu 35 v (m <sup>3</sup> /ha/v)	3,9	3,3
Alikasvos (Rulu/ha)	938	2000

### 5.3.2 Alaharvennuksen koeruutu 5

Vuoden 1987 puustotiedot syötettiin Hakkuri-ohjelmaan vuodelta 1987 (liite 3). Puuston laaduksi laitettiin ainespuulle ja alikasvokselle arvoksi 2 (hyvä) ja

lämpösummaksi 950. Lähtöpuuston tiedoilla puuston tilavuudeksi tulee yhteensä 102 kuutiometriä hehtaarille. Vuoden 1987 aineistossa tilavuudeksi on määritetty 109 kuutiometriä hehtaarille, ennuste antaa lähtötilanteessa tilavuudeksi seitsemän kuutiometriä vähemmän hehtaarille.

Taulukossa 8 on kuvattu Hakkuri-ohjelman simulaation tulokset ja maastossa vuonna 2023 tehtyjen mittausten puustotiedot. Simuloinnin tulokset antoivat lähes jokaisesta muuttujasta yliarvion pituuden ollessa 3,8 metriä ja läpimitan ollessa 4,8 senttimetriä suuremmat kuin ne olivat maastossa mitattuna. Puuston tilavuudelle kasvumalli antoi 51 kuutiometriä paremman tuloksen, jolloin yliarvio on noin 30 prosenttia. Ainoastaan alikasvoksen runkoluvulle ennuste antaa reilusti pienemmän arvion 928 runkoa vähemmän hehtaaria kohden.

Taulukko 8. Koeruudun 5 simulaation ja maastomittauksen tulokset

AH 5	Hakkuri 35 v	Maastossa mitattu 36 v
Pohjapinta-ala (m <sup>2</sup> /ha)	24,3	22
Pituus (m)	19,4	15,6
Läpimitta (cm)	27,6	22,8
Tilavuus (m <sup>3</sup> /ha)	220	169
Tilavuuskasvu 35 v (m <sup>3</sup> /ha/v)	3,2	1,7
Alikasvos (Rulu/ha)	1072	2000

### 5.3.3 Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 2

Vuoden 1987 puustotiedot syötettiin Hakkuri-ohjelmaan (kuvio 17) vuodelta 1987 (liite 4). Puuston laaduksi laitettiin ainespuulle ja alikasvokselle arvoksi 2 (hyvä) ja lämpösummaksi 950. Lähtöpuuston tiedoilla puuston tilavuudeksi tulee yhteensä 85 kuutiometriä hehtaarille. Vuoden 1987 aineistossa tilavuudeksi on määritetty 94 kuutiometriä hehtaarille, ennuste antaa lähtötilanteessa tilavuudeksi yhdeksän kuutiometriä vähemmän hehtaarille.



Puulaji	Tukki m <sup>3</sup> /ha	Pikku m <sup>3</sup> /ha	Kuitu m <sup>3</sup> /ha	FPA m <sup>2</sup> /ha	Rulu kpl/ha	Läpim cm	Pituus m
Mänty	99	62	73	27.1	1042	23.4	18.6
Yhteensä	99	62	73	28.1	2084	22.7	18.1

Kuvio 17. Jatkuvan kasvatuksen koeruudun 2 kasvuennuste

Taulukossa 9 on kuvattu Hakkuri-ohjelman simulaation tulokset ja maastossa vuonna 2023 tehtyjen mittausten puustotiedot. Simuloinnin tulokset antoivat lähes jokaisesta muuttujasta samankaltaiset tulokset kuin maastossa mitattuna. Puuston tilavuudelle kasvumalli antoi 20 kuutiometriä huonomman tuloksen, jolloin aliarvio on noin kahdeksan prosenttia. Alikasvoksen runkoluvulle ennuste antoi reilusti suuremman arvion 509 runkoa enemmän hehtaaria kohden.

Taulukko 9. Koeruudun 2 simulaation ja maastomittauksen tulokset

JK 2	Hakkuri 36 v	Maastossa mitattu 36 v
Pohjapinta-ala (m <sup>2</sup> /ha)	27,1	27
Pituus (m)	18,6	18,8
Läpimitta (cm)	23,4	20,5
Tilavuus (m <sup>3</sup> /ha)	234	254
Tilavuuskasvu 35 v (m <sup>3</sup> /ha/v)	4,3	4,4
Alikasvos (Rulu/ha)	1042	533

#### 5.3.4 Jatkuvan kasvatuksen koeruutu 4

Vuoden 1987 puustotiedot syötettiin Hakkuri-ohjelmaan vuodelta 1987 (liite 4). Puuston laaduksi laitettiin ainespuulle ja alikasvokselle arvoksi 2 (hyvä) ja

lämpösummaksi 950. Lähtöpuuston tiedoilla puuston tilavuudeksi tulee yhteensä sata kuutiometriä hehtaarille. Vuoden 1987 aineistossa tilavuudeksi on määritetty 109 kuutiometriä hehtaarille, ennuste antaa lähtötilanteessa tilavuudeksi yhdeksän kuutiometriä vähemmän hehtaarille.

Taulukossa 10 on kuvattu Hakkuri-ohjelman simulaation tulokset ja maastossa vuonna 2023 tehtyjen mittausten puustotiedot. Simuloinnin tulokset antoivat lähes jokaisesta muuttujasta maltillisen yliarvion. Puuston tilavuudelle kasvumalli antoi 54 kuutiometriä suuremman tuloksen, jolloin yliarvio on noin 27 prosenttia. Alikasvoksen runkoluvulle ennuste antoi pienemmän arvion 475 runkoa vähemmän hehtaaria kohden.

Taulukko 10. Koeruudun 4 simulaation ja maastomittauksen tulokset

JK 4	Hakkuri 35 v	Maastossa mitattu 36 v
Pohjapinta-ala (m <sup>2</sup> /ha)	30	24
Pituus (m)	17,9	16,9
Läpimitta (cm)	23,8	22,3
Tilavuus (m <sup>3</sup> /ha)	253	199
Tilavuuskasvu 35 v (m <sup>3</sup> /v)	4,4	2,5
Alikasvos (Rulu/ha/v)	925	1400

### 5.3.5 Hakkuri-tulosten yhteenveto

Alaharvennuksissa Hakkurin kasvumalliennuste arvioi lähes kaikki muuttujat suuremmiksi niin, että pohjapinta-alat, pituus, läpimitta ja tilavuus saivat isommat arvot kuin maastossa todellisuudessa oli. Merkittävin ero maastossa oli koeruudulla 5, jossa ennuste antoi tilavuudeksi noin 50 kuutiometriä suuremman arvon hehtaaria kohden kuin maastossa mitattuna. Puuston tilavuuskasvun ollessa paljon heikompi kuin muilla ruuduilla voisi viitata siihen, että koeruudulla on tapahtunut metsätuhoja, kuten tuulituhoja. Koeruudulla 1 puuston tilavuus oli vain seitsemän kuutiometriä parempi ennusteessa kuin maastossa. Alikasvos puolestaan sai alaharvennuskoeruuduilla Hakkuri-sovelluksen kasvumalliennusteella runsaasti pienemmät arvot, kuin maastossa oli mitattu. Molemmilla alaharvennus koealaruuduilla alikasvoksen runkoluku hehtaaria kohden oli noin tuhat runkoa pienempi kuin maastossa mitattuna.

Jatkuvan kasvatuksen koeruudulla 2 pohjapinta-ala oli sama maastossa mitattuna kuin simuloituna. Pituus oli lähes sama kuin maastossa mitattuna, kasvumalliennuste arvioi puuston pituuden 0,2 metriä lyhyemmäksi, kuin se maastossa mitattuna oli. Koeruudulla 4 kasvumalliennuste arvioi pohjapinta-alan niin, että arvo oli kuusi neliömetriä suurempi kuin maastossa mitattuna. Läpimitta oli molempien koeruutujen kasvumalliennusteessa optimistisempi kuin todellisuudessa. Puuston tilavuus koeruudulla 2 oli 20 kuutiometriä pienempi ennusteessa. Koeruudun 4 tilavuus puolestaan oli 54 kuutiometriä parempi ennusteessa kuin todellisuudessa maastossa mitattuna. Jatkuvan kasvatuksen koealaruudulla 2 alikasvoksen runkoluku hehtaaria kohden oli ennusteessa noin 500 runkoa suurempi kuin maastossa mitattuna. Koeruudulla 4 puolestaan noin 500 runkoa pienempi kuin maastossa mitattuna.

Simulointi näyttää Hakkuri-ohjelman muodostamissa ennustekuvissa jokaiselle koeruudulle alikasvokseen syntyvän myös lehtipuustoa ja kuusta. Alikasvoksen runkolukuun on laskettu kaikki alikasvos, mistä ei kerry kuitupuuta.

Yksittäisten metsiköiden simulointituloksia ei ole kovin mielekästä verrata mitattuihin puustotietoihin, kun aineisto on niin pieni. Kasvumallit ovat keskiarvoistavia ja pitäisi olla laajempi testiaineisto, jos halutaan arvioida kasvumallin systemaattisia virheitä. Tuloksissa tulee ottaa huomioon simulaatioennuste tuloksien olevan 35 vuodelle ja maastossa mitattujen tietojen tulokset ovat 36 vuoden aikajänteelle.

## 6 POHDINTA

Tutkimuksen tekeminen oli mielenkiintoista, sillä koko opintojeni ajan olen ollut hyvin kiinnostunut jatkuvasta kasvatuksesta. Jatkuvan kasvatuksen menetelmien vaikutus metsikön kasvussa ja kehityksessä kiinnostaa metsänomistajia sekä alan toimijoita. Jatkuva kasvatusta on taloudellisesti usein kannattavaa sille sopivilla kasvupaikoilla, sillä vältetään muun muassa uudistamiskustannuksia ja monimuotoisuuden ollessa ajankohtainen puheenaihe jatkuvan kasvatuksen merkitys metsätaloudessa on kasvanut.

Tutkimuksen toimeksiantaja on Metsähallitus Metsätalous Oy. Tutkimuksen tulokset kohdistuvat valtion mailla sijaitseviin koeruutuihin. Uskon tuloksien olevan hyödyllisiä toimeksiantajalleni. Tuloksien avulla saadaan mielenkiintoista tietoa jatkuvan ja jaksollisen kasvatuksen menetelmien vaikutuksista varttuneen männikön kaltaisissa metsiköissä pitkällä aikajänteellä. Johtopäätösten tekeminen tutkimuksen pienestä aineistosta on haastavaa, sillä tutkimuksessa tulisi olla satojen tai ainakin kymmenien metsiköiden testiaineisto. Tässä työssä vastattiin seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten puuston tilavuuskasvu ja kehitys poikkeavat koeruutujen ja metsänkäsittelymenetelmien välillä
- Miten Hakkuri-simuloinnin kasvumalliennuste poikkeaa maastossa inventoidusta

Puuston tilavuuskasvussa hakkuumenetelmien välillä ei ollut selkeää yhteneväisyyttä, vaan tulokset olivat ristiriitaiset molempien hakkuumenetelmien välillä. Koeruutujen lähtöpuuston määrien ollessa erilaiset suora vertailuasetelma on haastava. Erot kokonaiskasvuissa olivat alaharvennus koeruuduilla ja jatkuvan kasvatuksen koeruuduilla yllättävän suuret, jolloin on syytä epäillä koeruuduilla tapahtuneen metsätuhoja, esimerkiksi tuulituhoja. Metsikössä oleva erirakenteisuus ja 1987 sekä 2023 poikkeavat koealojen sijainnit ovat voineet vaikuttaa maastomittauksista saatuihin tuloksiin. Koeruutujen maastossa inventoitujen puuston pituuksien arvot olivat ristiriidassa laseraineistosta laskettujen keskiarvo pituuksien kanssa, erityisesti alaharvennuskuvilla 5 ja 1,

joissa mittauksissa saadut puuston pituudet olivat pienempiä. Puuston tilavuuskasvu on ollut hidasta, puuston ollessa jo lähtötilanteessa varttunutta.

Alaharvennuksin käsitellyt koeruudut olivat alikasvoksen osalta kehittyneet samankaltaisiksi, runkoluvun ollessa molemmilla koeruuduilla, 2000 kappaletta hehtaarilla. Jatkuvan kasvatuksen koeruuduilla alikasvoksen runkoluvun jäädessä pienemmiksi voidaan päätellä että, osa silloisesta alikasvoksesta on saavuttanut tähän päivään mennessä ainespuun mitat, joka vähentää alikasvoksen menestymiseen vaatimaa kasvutilaa. Nykyinen puuston määrä on liian suuri alikasvoksen kehittymiseen jatkuvan kasvatuksen kannalta. Koeruuduille jätetyt pohjapinta-alat ovat merkittävästi suuremmat kuin nykyisissä metsänhoidon suosituksissa, joten alikasvoksen syntymisen peilaaminen nykysuositukseen ei ole relevanttia.

Vuosilustojen nousut ja laskut kulkevat melko samassa suhteessa, sillä niihin vaikuttavat samat kasvuolosuhteet. Kasvureaktion jatkuvassa kasvatuksessa pelätään usein olevan hidas. Tuloksista voidaan todeta, että jatkuvan kasvatuksen kasvureaktio hakkuisiin ei eroa merkittävästi alaharvennuksen kasvureaktiosta. Jatkuvan kasvatuksen koeruuduilla kasvu oli lähtenyt jyrkempään laskuun toimenpiteiden seurauksena, kuin alaharvennus koeruuduilla. Kasvun elpyminen oli puolestaan tapahtunut myös nopeasti. Alaharvennuskoeruuduilla kasvun hiipuminen oli maltillisempaa, mutta kasvun elpyminen ei puolestaan ole tapahtunut niin nopeasti, kuin jatkuvan kasvatuksen koeruuduilla. Koeruutujen vuosilustojen kasvun tulosten vertaaminen Luonnonvarakeskuksen Pohjois-Suomen männyn tilavuuskasvuindeksiin kertoi tulosten kohtaavan melko hyvin parhaat sekä huonoimmat kasvun vuodet. On kuitenkin muistettava, että Luonnonvarakeskuksen kasvuindekseissä ei näy käsittelymenetelmistä johtuvat kasvureaktiot, toisin kuin tutkimuksen ikäkairauksien alkuvuosina.

Hakkuri-ohjelman simuloinneissa kasvumalliennuste antoi lähtötilanteessa alkupuustoon eri runkoluvut kuin aineistossa. Myös tilavuudeksi Hakkuri-ohjelma arvioi erilaiset määrät lähtöpuustoon kuin vuoden 1987 aineistossa. Haasteita simulointiin toivat vuoden 1987 aineistoista kuusen sekä lehtipuun osalta

puuttuvat keskiläpimitat sekä pituudet ja runkoluvut. Aineiston alikasvoksesta puuttuivat pituus sekä läpimitta, joiden vuoksi ne jouduttiin systemaattisesti arvioimaan. Simuloinnin tuloksiin voi vaikuttaa alueen kasvupaikkatyyppi. On mahdollista, että kasvupaikkatyyppi kuvaa juuri tyypillistä kuivahkoa kangasta tai se voi osin olla karumman pään kuivahkoa kangasta, jolloin kasvuisuus olisi huonompaa kuin tyypillisellä kuivahkolla kankaalla. Kasvupaikkatyyppi voi osin olla tuoreen kankaan rajamailla, jolloin kasvuisuus olisi parempaa.

Opinnäytetyön tekeminen on ollut haastavaa ja sen tekeminen on vienyt paljon aikaa. Tieteellisen tekstin tuottaminen ei ole minulle entuudestaan tuttua ja koen kehittyneeni siinä. Opinnäytetyötä tehdessä olen oppinut tutkimusprosessista ja aiheesta. Opinnäytetyöprosessi on opettanut minulle keskeneräisyyden tunteen sietämistä.

Olisi mielenkiintoista saada tämänkaltaiselle kenttäkokeelle jatkoa niin, että testimetsiköitä olisi enemmän. Vertailu olisi mielenkiintoista sellaisista metsiköistä, joissa metsikköä on käsitelty nykysuositusten mukaisesti. Nyt metsikköä ei ollut käsitelty lainkaan 36 vuoteen.



## LÄHTEET

Dunster & Associates Environmental Consultants Ltd. 2023. TSAP-Win™. Time series analysis software. Viitattu 21.11.2023 <https://rinntech.info/products/tsap-win/>.

Grissino-Mayer, H. 2001. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. Tree-Ring Research. Viitattu 13.11.2023 <https://hdl.handle.net/10150/251654>.

Huuskonen, S., Hynynen, J. & Valkonen, S. 2014. Metsänkasvatus – Menetelmät ja kannattavuus. Porvoo: Metsäkustannus Oy.

Hynynen, J., Valkonen, S. & Rantala, S. 2005. Tuottava metsänkasvatus. Hämeenlinna: Metsäntutkimuslaitos.

Kellomäki, S. 2005. Metsäekologia. Joensuu: Joensuun yliopistopaino.

Korhonen, K. 2023. Luonnonvarakeskus. Metsien kasvu: Metsänhoidon suositusten ajankohtaiswebinaari. Viitattu 5.1.2024 [https://tapio.fi/wp-content/uploads/2023/04/03-Korhonen-VMI\\_Kasvu\\_Tapionseminaari\\_2023.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2023/04/03-Korhonen-VMI_Kasvu_Tapionseminaari_2023.pdf).

Moilanen, M. & Saksa, T. 1998. Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Saarijärvi: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.

Pukkala, T. 2023. Hakkuri – ohjelma versio 6.0.

Pukkala, T., Lähde, E., & Laiho, O. 2011. Metsän jatkuva kasvatus. Porvoo: Joen Forest Program Consulting.

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.

Routa, J. & Huuskonen, S. 2022. Jatkovapeitteinen metsänkasvatus: Synteesiraportti. Luonnonvarakeskus viitattu 18.10.2023. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset – metsänhoito. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio: Metsäkustannus Oy.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja. Viitattu 29.10.2023 [https://tuohtametsasta.fi/wp-content/uploads/2019/10/Metsänhoidon\\_suosituksset\\_Tapio\\_2019.pdf](https://tuohtametsasta.fi/wp-content/uploads/2019/10/Metsänhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf).

## LIITTEET

Liite 1. Varttuneen metsän käsittelykokeen koearuudut

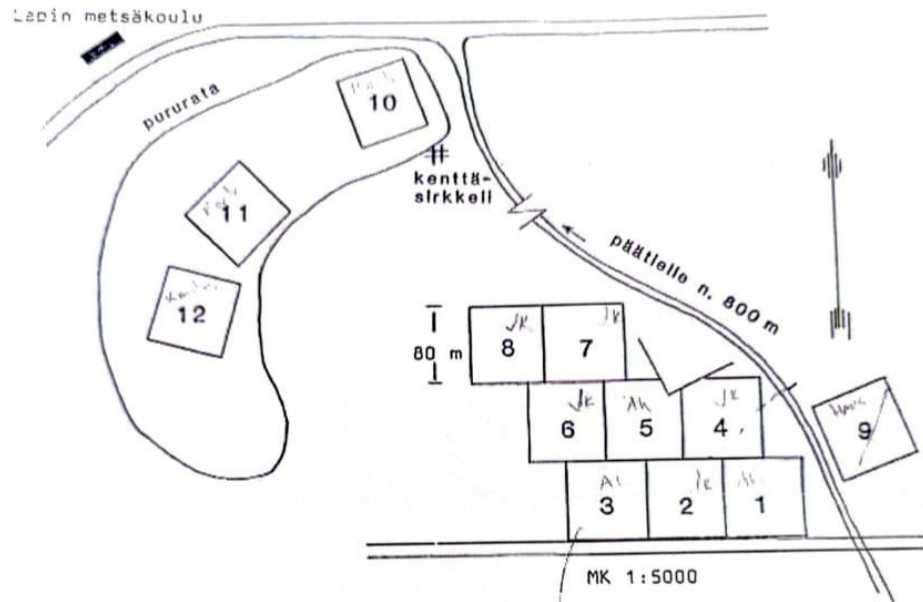
Liite 2. Puuston käsittelyohjeet 1987

Liite 3. Alaharvennus koeruutujen puustotiedot vuodelta 1987

Liite 4. Jatkuvan kasvatuksen koeruutujen puustotiedot vuodelta 1987

# Liite 1. Varttuneen metsän käsittelykokeen koelaruudut

Varttuneen metsän käsittelykoe  
 Rovaniemen mk, Pahtajavaara  
 Ammattikasvatushallitus  
 Havaintometsä  
 Metsä-Maunu 11:6



## Käsittelyt:

Käsittelyt:	Koelalan n:o
Käsitlemätön	10, 11, 12
Alaharvennus	1, 3, 5
Jatkuva kasvatus	2, 4, 6, 7, 8
Määrämittahakkuu	9

*M. O. Maunu*  
*11.11.2011*

## Liite 2. Puuston käsittelyohjeet 1987

PAHTAJAVAARA

### Puuston käsittelyohjeet

#### Alaharvennus:

Poistetaan sairaat ja vialliset puut sekä harvennetaan alapäin puustoa tavoitteena nykyohjeiden mukainen pohjapinta-ala 16-17 m<sup>2</sup>/ha. Koivua pyritään suosimaan. Kuusta jätetään aukkopaikkoihin. Tehdään hakkuualan raivaus.

#### Jatkuva kasvatus:

Poistetaan noin yksi kolmasosa runkoluvusta (> 4 cm) lähtöpuuston runkolukujakaumaa parhaimmin noudattelevan mallikäyrän mukaisesti. Käytettävät mallikäyrät ovat Peräpohjolan KK, KVK, TRK ja LhK. Mikäli koealan runkoluku on pienempi kuin KK:n tavoite, poistetaan vain sairaat, huonokuntoiset ja kasvunsa lopettaneet puut.

Liite 3. Alaharvennus koeruutujen puustotiedot vuodelta 1987

Alue: Pahtajavaara , varttuneen metsän käsitt

Tunnus	1		5	
	E	J	E	J
Käsittely %	AH		AH	
PL-suht. Mä, Ku, Leh	98 1 1		99 0 1	
Runkoluku D 1-4 cm	1062	81	1181	144
D > 5 cm	1501	800	1357	700
ppa, m <sup>2</sup> /ha	24	17	24	14
DG, cm	20,4	21,0	22,0	21,9
HG, m	14,8	15,0	14,2	15,1
D100, cm	30,1	28,6	32,2	26,3
H100, m	17,9	16,7	17,5	16,8
Tukkipuuta, m <sup>3</sup> /ha	115	74	112	63
Kuitupuuta	74	57	66	44
Hukkapuuta	8	3	7	2
V, m <sup>3</sup> /ha	197	134	185	109
Poistuma:	63		76	
- tukkipuuta	41		49	
- kuitupuuta	17		22	
- hukkapuuta	5		5	

E = puusto ennen leimausta  
J = puusto jälkeen leimauksen

Liite 4. Jatkuvan kasvatuksen koeruutujen puustotiedot vuodelta 1987

Alue: Pahtajavaara, varttuneen metsän käsittely

Tunnus	④		②	
	E	J	E	J
käsittely	JK		JK	
PL-suht. Mä, Ku, Leh	98	2 0	99	0 1
Runkoluku D 1-4 cm	2406	775	1331	594
D > 5 cm	1613	1206	1332	937
Ppa, m <sup>2</sup> /ha	24	16	24	13
DG, cm	20,4	17,9	22,0	17,2
HG, m	13,4	13,0	14,1	13,7
D100, cm	32,1	25,5	31,1	23,8
H100, m	17,0	15,8	16,5	16,3
Tukkipuuta, m <sup>3</sup> /ha	100	43	118	42
Kuitupuuta	65	60	56	47
Hukkapuuta	10	6	7	5
V, m <sup>3</sup> /ha	176	109	181	94
Poistuma:	67		87	
- tukkipuuta	57		76	
- kuitupuuta	5		9	
- hukkapuuta	4		2	

E = puusto ennen leimausta  
J = puusto jälkeen leimauksen