



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Metsätalousinsinööri (AMK)

# Hakkuussa käytettävän minimilat- valäpimitan vaikutus harvennus- kertymään

Joonas Ikonen

Opinnäytetyö, helmikuu 2024

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Helmikuu 2024**  
**Metsätalouden koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä  
Joonas Ikonen

Nimeke  
Hakkuussa käytettävän minimilatvaläpimitan vaikutus harvennuskertymään

Tiivistelmä

Venäläisen tuontipuun korvaaminen kotimaisella raaka-aineella on kasvattanut etenkin kuitu- ja energiapuun tarvetta. Lisääntynyt energiapuun kysyntä ja koventunut kilpailu pieniläpimittaisesta puusta on nostanut energiapuun kantohinnat lähelle kuitupuuta. Tämänhetkessä puumarkkinatilanteessa energiapuuta hankkivat organisaatiot pystyvät kilpailemaan tasapäisesti ensiharvennus- ja harvennusleimikoista metsäteollisuuden puunostajien kanssa. Opinnäytetyössä selvitettiin, kuinka hakkuussa käytettävä minimilatvaläpimita vaikuttaa harvennuskertymään, kun verrataan ainespuun ja karsitun energiarangan korjuuta toisiinsa.

Tutkimuksen pohjana toimi Metsäkeskuksen Pohjois-Karjalan alueelta keräämä inventointikoeala-aineisto, josta valittiin harkinnanvaraisesti 50 koealaa. Tutkimukseen valittiin kasvatusmetsiköissä sijainneita koealoja, joiden puusto soveltui järeytensä puolesta ainespuun korjuuseen ja joilla oli metsänhoidon suositusten mukaisesti harvennustarvetta. Harvennuskertymät laskettiin 3, 5 ja 6 cm:n minimilatvaläpimitoilla käyttäen kahta erilaista harvennuskertymän laskentatapaa. Tilavuuksien laskennassa käytettiin Forest-Calc-ohjelmaa, joka hyödyntää runkokäyräyhtälöitä ja muokattavia puutavaramittoja.

Minimilatvaläpimitan vaikutus harvennuskertymään oli laskentatavasta ja vertailtavasta minimiläpimittayhdistelmästä riippuen keskimäärin 1–4,5 %. Puuston keskijäreydellä ja minimilatvaläpimitan vaikutuksella harvennuskertymän suuruuteen todettiin olevan selkeä riippuvuus. Mitä pienempi poistettavan puuston keskijäreyys oli, sitä enemmän harvennuskertymä suhteessa kasvoi latvaläpimittaa pudottamalla. Minimilatvaläpimitalla oli eniten vaikutusta harvennuskertymään koivuvaltaisissa metsiköissä ja vähiten kuusivaltaisissa metsiköissä. Harvennuskertymien ero oli keskimäärin suurempi 5 ja 6 cm:n kuin 3 ja 5 cm:n minimilatvaläpimittojen välillä.

Kieli  
suomi

Sivuja 89

Asiasanat  
puunhankinta, harvennus, apteeraus, puutavaranmittaus



**THESIS**  
**February 2024**  
**Degree Programme in Forestry**

Tikkarinne 9  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. +350 13 260 600

Author  
Joona Ikonen

Title  
The Impact of Minimum Diameter of Log to Cutting Yield on Thinning

**Abstract**

The amount of raw wood which had been brought from Russia, has been substituted by domestic wood since spring 2022. Due to this, the demand for pulpwood and especially fuelwood has increased significantly, and so have the stumpage prices. Currently, stumpage prices of fuelwood and pulpwood are close to each other. Consequently, companies procuring either fuelwood or merchantable timber are able to contend for the same thinning stands marked for cutting. The aim of this thesis was to examine the effect of minimum diameter of log to cutting yield on thinning when comparing harvesting of merchantable timber and pruned fuelwood.

The data used in this study was a sample plot material collected from North Karelia by Finnish Forest Centre. The selected sample consisted of 50 sample plots from young and middle-aged forest stands where the average stem volume was big enough for harvesting of merchantable timber and there was a need for thinning according to forest management practices. Cutting yields on thinning were calculated with 3, 5 and 6 cm minimum diameters of log by using two different calculation methods. Calculation of stem volume was executed with ForestCalc software which utilizes taper curves and adjustable timber dimensions.

The impact of minimum diameter of log to cutting yield on thinning was 1–4.5 % on average depending on the used calculation method and combination of minimum diameters of log. A clear correlation was found between the average volume of stem and impact of minimum diameter of log to cutting yield on thinning. The smaller the average volume of stem was, the bigger was the increase in the cutting yield on thinning when decreasing the minimum diameter of log. The minimum diameter of log had the biggest impact on cutting yield on thinning in birch stands and the smallest impact on spruce stands. The difference in cutting yield on thinning was on average bigger between 5 and 6 cm than between 3 and 5 cm minimum diameters.

Language  
Finnish

Pages 89

Keywords  
wood procurement, thinning, marking for cross-cutting, log scaling

# Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Puunhankinta ja -käyttö .....	6
2.1	Metsäteollisuuden puunhankinta .....	6
2.2	Metsäteollisuuden puunkäyttö .....	7
2.3	Energiapuun hankinta .....	8
2.4	Puun energiakäyttö .....	9
3	Hakkuutavat ja puunkorjuu .....	11
3.1	Kasvatushakkuut .....	11
3.2	Uudistushakkuut .....	12
3.3	Energiapuun korjuu.....	13
3.4	Puunkorjuun kannattavuuteen vaikuttavat tukijärjestelmät .....	15
4	Puutavaran katkonta ja mittaus.....	17
4.1	Katkonta ja katkonnan ohjaus.....	17
4.2	Mitta- ja laatutekijöiden vaikutus puunjalostuksessa.....	20
4.3	Hakkuukonemittaus .....	21
4.4	Kuormainvaakamittaus .....	22
4.4.1	Ainespuun kuormainvaakamittaus .....	23
4.4.2	Energiapuun kuormainvaakamittaus.....	24
4.5	Pinomittaus .....	24
5	Opinnäytetyön tavoitteet .....	26
6	Aineisto ja menetelmät.....	27
6.1	Aineiston rajaus .....	27
6.2	Aineiston keruu ja analysointi .....	30
6.3	Harvennuskertymän laskenta .....	33
6.4	Lopullinen tutkimusaineisto.....	37
7	Tulokset .....	39
7.1	Harvennuskertymät laskentatavalla A.....	39
7.1.1	Nuoret kasvatusmetsiköt .....	44
7.1.2	Varttuneet kasvatusmetsiköt.....	46
7.1.3	Koivuvaltaiset metsiköt .....	47
7.1.4	Kuusivaltaiset metsiköt .....	49
7.1.5	Mäntyvaltaiset metsiköt .....	50
7.1.6	Yhteenveto ja vertailu .....	52
7.2	Harvennuskertymät laskentatavalla B.....	57
7.2.1	Nuoret kasvatusmetsiköt .....	61
7.2.2	Varttuneet kasvatusmetsiköt.....	62
7.2.3	Koivuvaltaiset metsiköt .....	64
7.2.4	Kuusivaltaiset metsiköt .....	65
7.2.5	Mäntyvaltaiset metsiköt .....	67
7.2.6	Yhteenveto ja vertailu .....	68
7.3	Harvennuskertymän laskentatapojen vertailu .....	74
8	Pohdinta.....	77
8.1	Johtopäätökset ja tulosten tarkastelu.....	77
8.2	Tutkimuksen luotettavuus .....	83
8.3	Jatkotutkimusmahdollisuudet.....	85
	Lähteet.....	86

# 1 Johdanto

Kotimaan puumarkkinat kokivat suuren muutoksen keväällä 2022 Venäjän hyökätessä Ukrainaan. Aiemmin Venäjältä oli tuotu Suomeen useita miljoonia kuutiometrejä raakapuuta, mutta puun tuonti itärajan takaa päättyi pian sodan alkamisen jälkeen. Tuontipuun täytyi korvata kotimaisella raaka-aineella, joten kotimaisen puun tarve kasvoi, kilpailu puusta koventui ja kantohinnat lähtivät nousuun.

Pyöreän puun lisäksi metsähaketta oli tuotu Venäjältä Suomeen useiden miljoonien kiintokuutiometriä verran vuosittain. Haketuonnin päättyminen näkyi etenkin Itä-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa, jossa venäläisellä hakkeella oli ollut suuri rooli energiantuotannossa. Kotimaisen energiapuun hankintaa oli tehostettava varsinkin näillä alueilla, missä oli oltu suurelta osin tuontihakkeen varassa.

Tällä hetkellä on tavallista, että samoista ainespuun korjuuseen sopivista ensiharvennus- ja harvennusleimikoista kilpailevat metsäteollisuuden puunostajien lisäksi energiapuun hankintaan keskittyvät toimijat. Kilpailu pieniläpimittaisesta puusta on kasvanut selvästi. Nykyinen hintakehitys, jossa karsitun energiarangan kantohinnat ovat kutakuinkin samalla tasolla kuitupuun kanssa, on seurausta voimakkaasti kasvaneesta energiapuun tarpeesta.

Mikäli kuitupuusta ja karsitusta energiarangasta maksettava yksikköhinta (€/m<sup>3</sup>) on sama, metsänomistajan saamaan kantorahatuloon vaikuttaa hakkuusta saatava puutavarakeräys. Hakkuukertymän suuruuteen vaikuttavat korjattavat puutavaralajit sekä niiden mitta- ja laatuvaatimukset. Kuitupuun minimiläpimitta on yleensä viidestä seitsemään senttimetriin, kun taas energiarangan minimiläpimitta on usein pienempi tai sillä ei ole alarajaa.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan harvennushakkuiden kertymissä havaittavia eroja, kun verrataan perinteistä ainespuun korjuuta karsittuna rankapuuna tehtävään energiapuun korjuuseen. Tutkimusaihe on ajankohtainen nykyisessä puumarkkinatilanteessa.

## 2 Puunhankinta ja -käyttö

### 2.1 Metsäteollisuuden puunhankinta

Puunhankinta on ketju toimenpiteitä, joka alkaa puukaupasta ja päättyy siihen, kun puuraaka-aine on toimitettu käyttöpaikalle jalostettavaksi. Puunhankintaorganisaatio vastaa siitä, että puuta käyttävä laitos saa mitta- ja laatuvaatimusten mukaista raaka-ainetta halutun määrän halutussa aikataulussa. (Puuhuolto 2023.)

Puunhankintaketjuun kuuluvat puun osto, korjuu, kaukokuljetus ja tehdasvastaanotto. Tuotantolaitoksilla on yleensä oma raaka-ainetoimituksista vastaava puunhankintaorganisaatio, mutta tuotantolaitos voi myös ostaa raaka-ainehuollon palveluna eli tehdä toimitussopimuksen jonkin toisen puunhankintaorganisaation kanssa. (Uusitalo & Kivinen 2023, 101.)

Metsäteollisuus hankkii ainespuuta eli kuitu- ja tukkipuuta tuotantolaitoksilleen jalostettavaksi. Ainespuulla tarkoitetaan kaupalliset mitta- ja laatuvaatimukset täyttävää puutavaraa, jota käytetään saha-, vaneri-, sellu- tai paperiteollisuuden raaka-aineena (UPM Metsä 2023). Metsäteollisuuden käyttämiä puutavaralajeja ovat havupuista katkottavat sahatukit, pikkutukit ja parrut, koivusta ja kuusesta katkottavat sorvitukit sekä kuitupuu, jota katkotaan erilaatuisina kuusesta, männyistä, koivuista ja haavasta. Lisäksi metsäteollisuuden sivutuotteina syntyvää haketta ja purua hankitaan pieniä määriä lopputuotteiden raaka-aineeksi. Myös energiapuun hankintaan keskittyvät organisaatiot toimittavat metsäteollisuudelle ainespuuta, etenkin tukkipuuta, jota päätyy kuitupuusta poiketen harvemmin energiantuotantoon.

Suomessa suuret metsäyhtiöt käyttävät lähes kaikkia hankkimiaan puutavaralajeja omilla tuotantolaitoksillaan. Pienemmät, sahojen tai sellutehtaiden puunhankintaorganisaatiot keskittyvät yhden tai muutaman tuotantolaitoksen käyttämän puutavaralajin hankintaan. Muut korjuussa kertyvät puutavaralajit toimitetaan toimitussopimusten mukaisesti muille tuotantolaitoksille.

Toimitussopimuksessa määritetään hinta, joka maksetaan tuotantolaitokselle toimitetusta mitta- ja laatuvaatimuksien mukaisesta puutavarakuutiosta. Tuotantolaitoksen raaka-ainehuolto koostuu yleensä sekä oman puunhankintaorganisaation toimituksista että toimitussopimusten mukaisista vierastoimituksista.

## 2.2 Metsäteollisuuden puunkäyttö

Vuonna 2022 metsäteollisuuden puunkäyttö oli 65,2 miljoonaa kuutiometriä. Tukkipuuta käytettiin 26,7 miljoonaa kuutiometriä ja kuitupuuta 37,4 miljoonaa kuutiometriä sekä tuontihaketta ja -purua 1,1 miljoonaa kuutiometriä. Metsäteollisuustuotteiden valmistukseen käytetyn metsäteollisuuden sivutuotepuun määrä oli 9,2 miljoonaa kuutiometriä. (Luonnonvarakeskus 2023a.)

Tukkipuuta käytetään puutuoteteollisuuden raaka-aineena, pääosin sahatavaran ja vanerin valmistuksessa. Sahoilla tukeista valmistetaan sahatavaraa, lautta ja lankkua. Vaneritehtailta tukeista sorvataan ohuita puuviiluja, jotka ladotaan päällekkäin, liimataan ja puristetaan yhteen. Yleensä vanerin valmistuksessa päällekkäiset viilut ladotaan syysuunnaltaan kohtisuoraan toisiaan vasten (Puuinfo 2023).

Kuitupuusta valmistetaan kemiallisesti tai mekaanisesti massaa, jota käytetään erilaisten paperien ja kartonkien raaka-aineena. Tehtaalla kuitupuupölkyt kuoritaan kuorimarummussa, minkä jälkeen pölkyt haketetaan. Kemiallisen massan eli sellun valmistuksessa puuhaketta keitetään kemikaalien kanssa, jolloin puun kuidut irtoavat toisistaan (Forest.fi 2023a). Mekaanisen massan valmistuksessa puun kuidut erotetaan toisistaan hieromalla tai hiertämällä puuhaketta veden kanssa esimerkiksi kivisten terien välissä (Forest.fi 2023b). Kuitupuun lisäksi myös sahoilta ja vaneritehtailta sivutuotepuuna syntyvää haketta käytetään massan valmistukseen (Puutuoteteollisuus 2023).

### 2.3 Energiapuun hankinta

”Energiapuulla tarkoitetaan kaikkea metsästä energiakäyttöön korjattavaa raaka-ainetta”. Energiapuuta ovat esimerkiksi karsittu rankapuu, karsimaton kokopuu ja uudistusosalta korjattu hakkuutähde. (Kjellberg 2022.) Energiapuu haketetaan ennen polttamista ja hakkeesta tuotetaan energiaa. Hake on energiapuusta mekaanisesti leikkaavilla terillä valmistettua, tietynkokoiseksi palasiksi haketettua puubiomassaa (Bioenergia ry 2020, 8).

Energiapuun hankintaketjussa on samat vaiheet kuin ainespuullakin eli osto, korjuu, kaukokuljetus sekä vastaanotto käyttöpaikalla. Yhtenä vaiheena on lisäksi haketus, joka voidaan tehdä joko tienvarsivarastolla, välivarastolla eli terminaalissa tai käyttöpaikalla. Haketuspaikkaan vaikuttaa muun muassa se, mikä energiapuutavaralaji on kyseessä. Karsitun rankapuun kuljettaminen on mahdollista tavallisella puutavara-autolla, mutta muiden energiapuutavaralajien kuljetukseen vaaditaan toisenlainen kuljetuskalusto. Yleisimmin haketus tapahtuu tienvarsivarastolla, josta hake kuljetetaan välivarastoinnin kautta tai suoraan käyttöpaikalle (Metsänhoidon suositukset 2023d).

Lämpö- tai voimalaitoksen käyttämän energiapuun hankinnasta vastaa laitoksen oma puunhankintaorganisaatio tai energiapuun hankintaan ja toimituksiin erikoistunut puunhankintaorganisaatio, joka huolehtii useamman laitoksen raaka-ainehuollosta. Sekin on mahdollista, että lämpö- tai voimalaitos hankkii tarvitsemansa raaka-aineen pelkästään toimitussopimusten avulla. Energiaosuuskunnat voivat vastata jonkin tietyn alueen, kuten kunnan tai pitäjän lämpölaitosten energiapuun hankinnasta. Monet metsäteollisuuden puunhankintaorganisaatiot hankkivat ja toimittavat myös energiapuuta lämpö- ja voimalaitoksille. Tyypillisiä energiapuutavaralajeja, joita metsäteollisuus hankkii ainespuun lisäksi ovat uudistushakkuilta korjattavat hakkuutähteet sekä karsittu rankapuu, jota voidaan valmistaa metsäteollisuudelle kelpaamattomista puulajeista.



## 2.4 Puun energiakäyttö

Puuta käytetään energiantuotantoon monessa mittaluokassa alkaen pientaloista suuriin lämpö- ja voimalaitoksiin. Lämpö- ja voimalaitoksissa sekä puun pienpoltossa käytettiin kiinteitä puupolttoaineita yhteensä 29,9 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2022 (Luonnonvarakeskus 2023b).

Yleisin pientalojen lämmityksessä käytettävä puupolttoaine on polttopuu, mutta myös hake- ja pellettilämmitystä käytetään. Puun pienpoltossa eli pientaloissa ja maataloilla, halkoja ja klapeja käytettiin 5,9 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2022. Pienpoltossa metsähaketta kului 0,6 miljoonaa kuutiometriä ja muita puupolttoaineita, kuten pellettejä, 0,4 miljoonaa kuutiometriä. (Luonnonvarakeskus 2023b.)

Lämpö- ja voimalaitoksissa poltettiin 10,2 miljoonaa kuutiometriä metsähaketta vuonna 2022. CHP-laitoksissa metsähaketta käytettiin 6,5 miljoonaa kuutiometriä ja pelkässä lämmöntuotannossa 3,7 miljoonaa kuutiometriä. (Luonnonvarakeskus 2023b.) CHP-laitokset ovat sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksia, joissa tuotetaan sähköä ja lämpöä samanaikaisesti (Ihme 2019, 7). Metsähakkeesta 6,3 miljoonaa kuutiometriä oli valmistettu pienpuusta, 3 miljoonaa kuutiometriä hakkuutähteistä, 0,6 miljoonaa kuutiometriä järeästä runkopuusta ja 0,3 miljoonaa kuutiometriä kannoista. Kierrätyspuuta käytettiin energiantuotannossa 1,3 miljoonaa kuutiometriä sekä pellettejä ja brikettejä 0,4 miljoonaa kuutiometriä. (Luonnonvarakeskus 2023b.)

Pienpuuhake on valmistettu karsitusta tai karsimattomasta rangasta tai kuitupuusta (Luonnonvarakeskus 2023b). Hakkuutähdettä ovat runkopuun hakkuun yhteydessä metsään jäävät oksat ja latvat sekä rungosta katkaistut hylkypölkkyt (Bioenergia ry 2020, 8). Järeällä runkopuulla tarkoitetaan metsästä kerättyä viallista tai pystykuivaa tukkikokoista puutavaraa. Suurin osa polttoon päätyvästä järeästä runkopuusta on tukkipuiden lahoja tyvipölkkyjä. (Niinistö 2021.) Kierrätyspuulla tarkoitetaan biopolttoaineeksi luokiteltavaa puhdasta puutähdettä tai käytöstä poistettua puuta, joka ei sisällä muovipinnoitteita, halogenoituja

orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja. Kierrätyspuuta ovat esimerkiksi kuormalavat ja uudisrakentamisen puutähde. (Bioenergia ry 2020, 8.)

Pellettien ja brikettien valmistuksen raaka-aineena käytetään puunjalostusteollisuuden sivutuotteita, sahanpurua, hiontapölyä ja kutterinlastua. Hienoksi jauhattu puumassa lämpenee puristusprosessin aikana ja puusta vapautuva ligniini sitoo massan osaset yhteen. Näin ollen pelletit ja briketit ovat kuivia, tasalaatuisia ja tiiviitä. Pelletit ovat yleensä muodoltaan sylinterimäisiä ja kooltaan melko pieniä, yhdestä kolmeen senttimetriä pitkiä. Briketit ovat kooltaan selvästi pellettejä suurempia, poikkileikkaukseltaan pyöreitä tai neliön muotoisia. Briketit ovat pituudeltaan 1–20 senttimetriä ja halkaisijaltaan 5–8 senttimetriä. (Motiva 2023.)

Metsäteollisuuden tuotantoprosessit kuluttavat paljon energiaa, mutta samalla tuotannossa syntyvistä sivuvirroista pystytään tuottamaan energiaa tehtaan tuotannon tarpeisiin ja lämmitykseen. Sivuvirtojen hyödyntämisen takia metsäteollisuuden tuotantolaitokset ovat usein energian suhteen omavaraisia. Esimerkiksi sahoilla käytetään sivuvirtoina syntyvää purua ja kuorta sahatavaran kuivaamon lämmityksessä.

Metsäteollisuuden kiinteän sivutuotepuun käyttö energiantuotannossa vuonna 2022 oli 11,1 miljoonaa kuutiometriä. Tästä yli puolet, 6,7 miljoonaa kuutiometriä oli kuorta. Purua oli 2,9 miljoonaa kuutiometriä, teollisuuden puutähdehakea 1,4 miljoonaa kuutiometriä ja loput erittelemättömiä teollisuuden puutähdeiteitä. (Luonnonvarakeskus 2023b.) Kuorta kertyy metsäteollisuuden sivutuotteena sellutehtailta, sahoilta ja vaneritehtailta. Purua kertyy sivutuotteena sahoilta sekä vaneritehtailta muun muassa siitä, kun tukit katkotaan sorvattaviksi pölkyiksi. Teollisuuden puutähdehake on kuorellisista ja kuorettomista puutähdeiteistä kuten rimoista ja tasauspätkistä valmistettua haketta, johon ei kuulu maalettua tai muulla tavoin käsiteltyä puuta (Bioenergia ry 2020, 10).

## 3 Hakkuutavat ja puunkorjuu

### 3.1 Kasvatushakkuut

Jaksollisen metsänkasvatuksen perusyksikkö on metsikkökuvio, joka on puustoltaan, kasvupaikaltaan ja kehitysluokaltaan yhtenäinen alue. Jaksollisen kasvatuksen metsikössä on tyypillisesti kutakuinkin samanikäisistä ja -kokoisista puista koostuva pääjakso, jonka kasvua edistetään metsänhoitotöitä ja harvennushakkuita tekemällä (Metsänhoidon suositukset 2023a). Kasvatushakkuisiin kuuluvat harvennushakkuut, väljennyshakkuut ja ylispuuhakkuut.

Harvennushakkuita tehdään tyypillisesti 1–3 kertaa metsikön kiertoaikana. Kahden harvennuskerran malli, jossa tehdään ensiharvennus ja myöhemmin toinen harvennus, on kaikista yleisin. Harvennushakkuussa metsiköstä poistetaan tilajärjestyksen osalta kohtuullisen tasaisesti noin kolmasosa puuston tilavuudesta (Uusitalo & Kivinen 2023, 29). Harvennushakkuulla luodaan jäävälle puustolle lisää kasvutilaa, jolloin kasvu keskittyy taloudellisesti arvokkaimpiin ja laadultaan parhaisiin puuyksilöihin (Metsäkeskus 2023a). Harvennushakkuilla nopeutetaan puuston järeytymistä, lyhennetään metsikön kiertoaikaa, parannetaan puuston teknistä laatua ja vaikutetaan puulajisuhteisiin (Uusitalo & Kivinen, 29–30). Täten harvennushakkuilla parannetaan myös metsänkasvatuksen kannattavuutta.

Ensiharvennus on metsikön kiertoaikalla ensimmäinen myyntipuuta tuottava hakkuu (Ovaskainen & Schildt 2022a). Ensiharvennus tehdään 10–16 metrin pituusvaiheessa kasvupaikasta ja puulajista riippuen (Metsäkeskus 2023a). Ensiharvennuksen ajankohtaan vaikuttavat myös puuston tiheys ja elävän latvuksen osuus sekä metsikön aiempi hoitohistoria.

Ennen ensiharvennusta metsikkö on usein kehitysluokaltaan nuorta kasvatusmetsikköä. O2-kehitysluokan metsikön keskiläpimitta rinnankorkeudelta on 8–16 senttimetriä, havupuuvältaisten metsiköiden valtapituus yli 7 metriä ja koivuvaltaisten yli 9 metriä (Metsänhoidon suositukset 2024a). Ensiharvennuksen

jälkeen, kun osa puustosta on poistettu, keskiläpimitta rinnankorkeudella voi olla yli 16 cm, jolloin metsikkö luokitellaan varttuneeksi kasvatusmetsiköksi.

Toinen harvennus tehdään noin 10–20 vuotta ensiharvennuksen jälkeen. Toisen tai muun myöhemmän harvennuksen sopivaa ajankohtaa pystytään arvioimaan kasvupaikka- ja puulajikohtaisten harvennusmallien sekä puuston elävän latvuksen osuuden avulla. Toisessa tai muussa myöhemmässä harvennuksessa metsikkö on ennen hakkuuta yleensä 03-kehitysluokkaa eli varttunutta kasvatusmetsikköä. Varttuneen kasvatusmetsikön keskiläpimitta rinnankorkeudelta on yli 16 senttimetriä, mutta metsikköä ei vielä luokitella uudistuskypsäksi (Metsänhoidon suositukset 2024a).

Väljennushakkuussa havupuuvaltainen varttunut kasvatusmetsikkö tai uudistuskypsä metsikkö harvennetaan. Hakkuun tavoitteena on lisätä latvusten elinvoimaa ja nopeuttaa puuston järeytymistä, minkä myötä puiden siementuotanto ja luontaisen uudistamisen edellytykset paranevat. (Ovaskainen 2023a.)

Ylispuuhakkuussa poistetaan siemen- tai suojuspuustoa taimettuneelta luontaisen uudistamisen alalta tai verhopuustoa kaksijaksoisesta metsiköstä, kun halutaan vapauttaa luontaista taimiainesta (Metsänhoidon suositukset 2023b). Harvennushakkuussa voi olla ylispuuhakkuun piirteitä, mikäli pääjakson harventamisen ohella tavoitteena on luoda kasvutilaa alikasvokselle.

### **3.2 Uudistushakkuut**

Metsän uudistamiseen kuuluvat uudistushakkuu ja uuden puusukupolven aikaansaamiseen tähtäävät uudistamistoimenpiteet kuten maanmuokkaus ja metsänviljely. Metsän uudistaminen tulee ajankohtaiseksi silloin, kun metsänomistaja hyötyy uudistamisesta enemmän kuin sen edelleen kasvattamisesta (Metsänhoidon suositukset 2023c). Uudistushakkuun tarkoitus on korjata talteen nykyisen puusukupolven puustoa ja valmistella uuden puusukupolven syntyä (Metsänhoidon suositukset 2023c). Uudistushakkuutapoja ovat avohakkuu, siemenpuuhakkuu, kaistalehakkuu ja suojuspuuhakkuu.

Avohakkuussa uudistusalalta poistetaan lähes kaikki puusto lukuun ottamatta säästöpuuryhmiä, säästettäviä luontokohteita, luontaisia taimiryhmiä sekä suojavyöhykkeitä ja -tiheikköjä (Metsä Group 2023). Avohakkuun jälkeen suoritetaan maanmuokkaus ja metsänviljely kylväen tai istuttaen.

Siemenpuuhakkuulla tähdätään männyn tai rauduskoivun luontaiseen uudistamiseen. Siemenpuiksi jätetään 50–100 mäntyä tai 10–20 rauduskoivua hehtaarille. Taimettumisen edellytykset paranevat, mikäli hakkuu ajoitetaan hyvän siemensadon edelle ja maa muokataan kevyesti hakkuun jälkeen. (Metsänhoidon suositukset 2023b.)

Kaistalehakkuussa metsään hakataan 25–50 metriä leveä aukea kaistale, joka uudistuu luontaisesti reunametsän siemennyksellä. Menetelmä soveltuu luontaisesti hyvin taimettuville kohteille, kuten kosteisiin korpinotkelmiin ja karkearakeisille kangasmaille. (Metsänhoidon suositukset 2023b.)

Suojuspuuhakkuun tavoitteena on kuusen luontainen uudistaminen. Suojuspuuhakkuussa jätetään 100–300 runkoa hehtaarille suojaamaan olemassa olevaa taimiainesta ja edistämään uuden taimiaineksen syntyä. Parhaat edellytykset uudistamisen onnistumiselle ovat silloin, kun jo ennen hakkuuta on olemassa yhtenäinen kuusialikasvos ja suojuspuiksi voidaan jättää pääosin koivuja ja mäntyjä. (Metsänhoidon suositukset 2023b.)

### **3.3 Energiapuun korjuu**

Energiapuutavaralajeja ovat karsittu rankapuu ja karsimaton kokopuu, joita korjataan lähinnä harvennushakkuilta, sekä hakkuutähteet ja kannot, joita korjataan uudistushakkuualoilta. Järeää kuivunutta tai lahonnutta runkopuuta, kuten vanhoja tuulenkaatoja tai tyvitervastaudin tappamia mäntyjä, voidaan myös korjata energiapuuksi. Muita mahdollisia ranka- tai kokopuun korjuukohteita ovat teiden varret, peltojen reunat ja sähkölinjojen vierimetsät (Metsänhoidon suositukset 2023d).

Rankapuun korjuu mukailee hyvin pitkälti ainespuun korjuuta (Metsänhoidon suositukset 2023d), etenkin jos hakkuu tapahtuu hakkuukoneella yksinpuin korjattuna. Rankapuuta voidaan korjata myös joukkokäsittelymenetelmällä, mikäli hakkuukoneessa on joukkokäsittelykoura tai hakkuupäässä joukkokäsittelyn mahdollistavat pihdit tai leuat. Joukkokäsittelyssä hakkuulaitteeseen kerätään useita runkoja, jotka karsitaan ja katkotaan samanaikaisesti (Metsänhoidon suositukset 2023d). Rankapuun korjuu soveltuu etenkin pieniläpimittaista puuta sisältäville ensiharvennuksille ja nuoren metsän kunnostuskohteille, jossa puuston järeys ei riitä kunnolla ainespuun korjuuseen. Rankapuuta voidaan ravinnetalouden ja korjuun kestävyuden puolesta korjata kaikilta talousmetsien harvennuskohteilta (Metsänhoidon suositukset 2023d).

Kokopuun korjuussa puut korjataan talteen karsimatta, oksineen ja latvoineen (Kjellberg 2022). Kokopuun korjuu soveltuu nuoren metsän kunnostuskohteille, riukuuntuneen, pieniläpimittaisen puuston korjuuseen (Metsänhoidon suositukset 2023d). Kokopuun korjuussa käytetään usein hakkuupäänä giljotiinikouraa, jossa katkaisu tapahtuu leikkaavalla metalliterällä.

Joissakin giljotiinikourissa on syöttörullat ja karsimaterät, jolloin runko pystytään syöttämään kourasta läpi ja karsimaan. Osalla giljotiinikourista rungot pelkästään katkaistaan ja kasataan. Giljotiinikourilla pystytään tekemään joukkokäsittelyä, mikä on hyvin tärkeää tuottavuuden kannalta pieniä runkoja käsitellessä.

Kokopuun korjuussa kertymä on rankapuun korjuuta suurempi, mutta huonona puolena on suuri ravinnepoistuma, kun runkoja ei karsita, jolloin oksat ja latvukset ja etenkin niissä olevat lehdet ja neulaset eivät jää metsään lannoitteeksi. Ravinnepoistuma pienenee merkittävästi, mikäli kokopuukasojen annetaan kuivua palstalla niin, että lehdet ja neulaset ehtivät kuivua ja varista maahan ennen metsäkuljetusta. Kokopuun korjuu ei sovellu karuille kasvupaikoille tai sellaisille kohteille, jossa on ravinne-epätasapainon riski (Metsänhoidon suositukset 2023d).

Sen sijaan, että harvennusleimikolta korjattaisiin pelkästään rankapuuta, kokopuuta tai kuitupuuta, on myös mahdollista yhdistää kuitu- ja rankapuun, kuitu- ja

kokopuun tai ranka- ja kokopuun korjuu toisiinsa. Tällöin kuitupuu ja rankapuu karsitaan ja katkotaan hakkuukoneella normaaliin tapaan ja latvat nostetaan omiin kokopuukasoihin. Integroiduksi korjuuksi kutsutaan sitä, kun leimikolta kerätään samanaikaisesti aines- ja energiapuuta (Metsänhoidon suositukset 2023d).

Hakkuutähteiden korjuukohteita ovat tyypillisesti kuusivaltaiset uudistushakkuu-  
alat (Metsänhoidon suositukset 2024b). Mikäli uudistushakkuualalta on tarkoitus kerätä hakkuutähteitä, oksat ja latvukset puidaan hakkuukoneella kasoille ainespuun korjuun yhteydessä. Koska hakkuutähteiden kasoille puinti hidastaa hakkuutyötä, puunostaja tai metsänomistaja maksaa siitä korjuuyrittäjälle tietyn korvauksen. Tyypillisesti korvaus on sidonnainen ainespuukertymään eli jo-  
kaista ainespuukuutiota kohden maksetaan tietty lisä. Tavallisesti hakkuutähde-  
kasojen annetaan kuivua palstalla vähintään sen aikaa, että neulaset ehtivät kuivua ja varista maahan. Palstakuivatuksen jälkeen hakkuutähteet ajetaan kuormatraktorilla tienvarsivarastolle.

Mikäli uudistushakkuualalta korjataan kantoja, hakkuutähteiden täytyy olla ajettu palstalta tienvarsivarastolle ennen kantojen nostoon ryhtymistä. Kantoja korjataan pääasiassa kuusivaltaisilta uudistushakkuualoilta. (Metsänhoidon suositukset 2024b.) Kannot nostetaan ja pilkotaan kaivinkoneeseen tai kuormatraktoriin asennetulla kannonnostolaitteella ja kasataan palstakasoisiin. Palstakuivatuksen jälkeen kannot ajetaan kuormatraktorilla tienvarsivarastoon.

### **3.4 Puunkorjuun kannattavuuteen vaikuttavat tukijärjestelmät**

Kestävän metsätalouden rahoituslain mukaisten kemera-tukien hakuaika päättyi syksyllä 2023. Ennen määräaikaa haettujen ja myöhemmin toteutettujen kemera-töiden tukia maksetaan vuoden 2026 loppuun saakka. Kemera-lain voimassaolo päättyi vuoden 2023 lopussa ja vuonna 2024 astuu voimaan uusi Metka-kannustejärjestelmä. (Metsäkeskus 2023b.)

Kemera-tuki nuoren metsän hoitoon oli tukiehtojen täyttyessä 230 €/ha. Viimeisimmässä kemerassa tukiehtoihin kuului muun muassa, ettei keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta saanut olla yli 16 cm ennen tai jälkeen käsittelyn ja että poistuman oli oltava vähintään 1000 runkoa hehtaarilla muun muassa Pohjois-Karjalan alueella. Mikäli nuoren metsän hoidossa kerättiin pienpuuta vähintään 35 kiintokuutiometriä hehtaarilta, tuki oli eteläisessä ja keskisessä Suomessa 1.6.2022 jälkeen 450 €/ha. (Metsäkeskus 2023c.)

Nuoren metsän hoidon kemera-tukea pystyttiin hyödyntämään ensiharvennuk- sissa ja nuoren metsän kunnostuksissa, mikäli puusto oli riittävän pieniläpimit- taista ja tiheää. Kemera-tuella on ollut merkittävä vaikutus pienipuustoisten, yliti- heinä kasvaneiden nuorten metsien harvennusten kannattavuuteen.

Uudessa Metka-kannustejärjestelmässä taimikon ja nuoren metsän hoidon tuki on 200 €/ha. Mikäli hoitotöiden yhteydessä kerätään pienpuuta Etelä- ja Keski- Suomessa vähintään 35 kiintokuutiometriä hehtaarilta, tukisumma on 300 €/ha. Tukiehtoihin kuuluu, että jäävän puuston keskipituus saa havupuuvaltaisissa kohteissa olla enintään 12 metriä ja lehtipuuvaltaisissa kohteissa enintään 15 metriä. Puuston keskipituuden ollessa yli 8 metriä, havupuuvaltaisten metsiköi- den runkoluku saa olla enintään 1500 runkoa hehtaarilla ja lehtipuuvaltaisten metsiköiden 1300 runkoa hehtaarilla. (Metsäkeskus 2024a.)

Uuden metkan tukisummat ovat pienemmät kuin entisessä kemerassa. Etenkin pienpuun korjuun tukea on pudotettu, millä ehkä kannustetaan metsänomistajia tekemään taimikoiden hoitotyöt ajallaan, kun rästikohteiden hoitoa ei tueta yhtä voimakkaasti. Nykytilanteessa pienipuustoisten ensiharvennusten ja nuorten metsien kunnostusten taloudellista kannattavuutta parantavat kohonneet ener- giapuun hinnat, joten tukien rooli on aiempaa pienempi. Metka-tuessa ei ole vä- himmäismäärää hehtaarikohtaiselle poistettavalle runkoluvulle, joten sitä voi- daan käyttää myös hoidettujen metsiköiden ensiharvennuksissa. Tosin jäävä puusto ei saa olla järin pitkää, joten metkan tukiehtojen puitteissa toimittaessa ensiharvennuksen puusto voi olla liian pientä korjattavaksi ainespuuna. Täten lienee yleisintä, että pienpuun korjuutukea nuoren metsän hoidon yhteydessä haetaan energiapuun korjuuta varten.



## 4 Puutavaran katkonta ja mittaus

### 4.1 Katkonta ja katkonnan ohjaus

Suomessa käytetään puutavaralajimenetelmää, jossa puut kaadetaan, karsitaan ja katkotaan valmiiksi puutavaralajeiksi palstalla. Nykyisin puutavara valmistetaan lähes poikkeuksetta hakkuukoneella, mutta kaato, karsinta ja katkonta voidaan tehdä myös moottorisahalla. Metsäkuljetus palstalta tienvarsivarastralalle tapahtuu kuormatraktorilla. (Uusitalo & Kivinen 2023, 49–50.)

Katkonta eli apteraus perustuu siihen, että rungon katkaisukohtat määritetään valmistettavien puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimusten perusteella. Hakkuukoneen kuljettaja katkoo rungot korjuuohjeen mukaisesti puutavaralajeihin. (Ovaskainen 2023b.) Leimikolta hakataan puukauppasopimuksessa määritetyt puutavaralajeja, sovittujen mitta- ja laatuvaatimusten mukaisesti. Katkonnan ohjaustiedosto sisältää leimikolta hakattavat puutavaralajit sekä ilmaisee sallitut pituus-läpimittayhdistelmät puutavaralajikohtaisesti. Katkonnan ohjaustiedostossa määritetään myös puutavaralajien pienimmät sallitut latvaläpimitat.

Katkonnan ohjaus on olennainen ja tärkeä osa toimitettavien puutavaraerien määrien ja laadun hallintaa. Katkonnassa on huomioitava puutavaran tuote- ja asiakaskohtaiset vaatimukset, sillä puuraaka-aineen ensijalostus tapahtuu metsässä. Katkonnassa pyritään siihen, että pölkkyjen laatu sekä pituus- ja läpimitajakaumat vastaavat parhaalla mahdollisella tavalla toimituskohteiden mitta- ja laatuvaatimuksia sekä määrätarpeita. Hakkuukoneissa katkontaa ohjataan arvo-, jakauma- ja määräraajataulukoiden avulla yhdessä muiden katkontaa ohjaavien asetusten kanssa. (Ovaskainen & Schildt 2022b.)

Arvoapteerauksen periaatteena on yksittäisen rungon arvon maksimointi puutavaralajikohtaisten arvomatriisien ja rungon muodon perusteella. Arvoapteerauksella maksimoidaan yksittäisten runkojen ja leimikoiden kauppahinta, mikäli puutavaralajien arvomatriiseissa käytettävät hinnat ovat todellisia kauppahintoja vastaavia. Arvoapteerauksen toteuttamiseksi hakkuukone tarvitsee tiedon

hakattavien puutavaralajien eri pituus-läpimittayhdistelmiin kuuluvien pölkkyjen arvoista, jotka kuvataan arvomatriisissa. (Uusitalo & Kivinen 2023, 130.)

Suomessa arvomatriisien (taulukko 1) hintoina käytetään suhteellisia arvoja, jotka eivät välttämättä perustu todellisiin puun hintoihin, sillä saman puutavaralajin eri dimensioiden kantohinta on yleensä sama (Uusitalo & Kivinen 2023, 131). Arvomatriisien hinnat asetetaan siten, että halutuimmille ja arvokkaimmille dimensioille annetaan suhteessa suuremmat hinnat kuin vähemmän halutuille (Kortetjärvi 2021, 12). Kunkin puutavaralajin arvomatriisille määritetään perushinta (Ovaskainen & Schildt 2022c), jolla saman puulajin eri puutavaralajien arvot suhteutetaan toisiinsa (Uusitalo & Kivinen 2023, 131). Perushintojen välisillä selvillä eroilla tähdätään siihen, etteivät eri puutavaralajien arvomatriisien hinnat ole päällekkäisiä, jolloin hakkuukoneen katkenta-automatiikka yrittää aina tehdä arvokkainta puutavaralajia laatutekijät huomioiden (Uusitalo & Kivinen 2023, 131).

Kuusitukki		esimerkitaulukko							
Pituus	312	370	430	460	490	520	550	580	610
Läpimitta									
150	0	0	0	0	250	0	0	0	0
160	160	180	240	265	265	267	267	266	268
170	140	180	220	230	240	233	233	237	237
180	0	170	210	220	230	222	220	217	220
200	0	170	210	220	230	222	220	217	220
220	0	0	210	220	222	222	220	217	220
240	0	0	210	220	222	222	220	217	220
260	0	0	210	220	222	222	220	217	220
280	0	0	210	220	222	222	220	217	220
300	0	0	210	220	222	222	220	217	220
320	0	0	210	220	222	222	220	217	220
340	0	0	210	220	222	222	220	217	220

Taulukko 1. Arvomatriisi, josta selviää pölkkyjen eri dimensioiden eli pituus-läpimitta-yhdistelmien arvot (Ovaskainen & Schildt 2022c).

Arvoapteerausta käyttämällä ei välttämättä saavuteta tuotantolaitoksen kannalta optimaalista pölkkyjen pituus-läpimittajakaumaa. Siksi sen rinnalle on kehitetty jakauma-apteerauksen menetelmiä, jotka hyödyntävät katkonnan ohjauksessa arvomatriisien lisäksi puutavaralajikohtaisia tavoitejakaumia ja toteutuneita pölkkyjakaumia. (Uusitalo & Kivinen 2023, 130.)

Jakauma-apterauksessa toteutunutta pölkkyjakaumaa verrataan tavoitejakaumaan (Uusitalo & Kivinen 2023, 135). Jakaumamatriisissa (taulukko 2) dimensioille annetaan tavoiteosuudet koko jakaumamatriisin suhteen tai läpimittaluokkien sisällä (Kortetjärvi 2021, 13). Leimikolta katkottujen pölkkyjen läpimittajakauma riippuu runkojen järeydestä, joten tavoitejakaumat annetaan usein läpimittaluokkaisina pituustavoitteina (Uusitalo & Kivinen 2023, 135–136), kuten taulukossa 2. Toteutuneen katkonnän ja tavoitteeksi asetetun pituus- ja läpimittaluokkien suhteellisen jakauman vastaavuutta arvioidaan jakauma-asteen avulla (Ovaskainen & Schildt 2022c).

Kuusitukki		esimerkkitaulukko								
Pituus	312	370	430	460	490	520	550	580	610	Summa
Läpimitta										
150	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
160	0	1	5	9	40	18	12	5	10	100
170	0	1	5	9	40	18	12	5	10	100
180	0	1	5	9	40	18	12	5	10	100
200	0	1	5	9	40	18	12	5	10	100
220	0	0	14	22	19	12	15	8	10	100
240	0	0	14	19	19	15	15	8	10	100
260	0	0	12	18	18	16	18	8	10	100
280	0	0	12	17	20	15	18	8	10	100
300	0	0	15	15	15	18	17	10	10	100
320	0	0	18	12	13	17	20	10	10	100
340	0	0	10	10	26	17	17	10	10	100

Taulukko 2. Jakaumamatriisi, josta selviää pölkkyjen prosentuaaliset pituusjakaumatavoitteet läpimittaluokittain (Ovaskainen & Schildt 2022c).

Pituus-läpimittaluokkien jakaumilla on merkitystä ennen kaikkea tukkipuuta käyttäville sahoille ja vaneritehtaille. Kuitupuuta voidaan katkoa joko määrämittäisenä tai vapaalla katkonnalla (Ovaskainen & Schildt 2022c). Vapaata katkonnata käytettäessä sallitaan pölkynpituuksien vaihtelu tietyissä rajoissa, eikä puutavarakappaleen tarvitse noudattaa annettuja pituusluokkia tai arvomatriisin asetuksia. Kuitupuun pituutta voidaan rajoittaa kuljetusjärjestelyiden takia tai kuorimossa syntyvän hävikin pienentämiseksi. (Ovaskainen & Schildt 2022c.) Karsitulla rankapuulla ei ole katkontapituuden suhteen rajoittavia tekijöitä hakeutusta tai loppukäyttöä ajatellen, mutta metsäkuljetusta ja mahdollista puutavara-autolla tehtävää kaukokuljetusta varten pölkyille täytyy määrittää ainakin minimi- ja maksimipituudet.

## 4.2 Mitta- ja laatutekijöiden vaikutus puunjalostuksessa

Karsitun rankapuun läpimitalla ei ole merkitystä puutavaran loppukäytön kannalta, sillä muiden energiapuujakeiden tapaan rankapuu haketetaan ja hakkeesta tuotetaan energiaa. Ainespuun osalta pölkkyjen läpimita vaikuttaa merkittävästi puunjalostukseen ja puusta saatavaan jalostusarvoon. Ennen jalostusprosessia kuitu- ja tukkipuut kuoritaan eli mitä pieniläpimittaisempaa puutavaraa käytetään, sitä suurempi osuus pölkyn läpimitasta on kuorta.

Kuitupuun minimiläpimita on puutavaralajista ja puuta käyttävästä tuotantolaitoksesta riippuen tyypillisesti 5–7 senttimetriä. Mitta- ja laatuvaatimukset vaihtelevat tietyiltä osin tuotantolaitoksittain ja puutavaralajeittain. Yleisesti kuitupuussa ei sallita jyrkkiä mutkia eikä haaroja, jotka kummatkin heikentävät puun kuorintatulosta. Kuitupuuksi kelpaavan puuaineksen on oltava kaatovaiheessa tuoretta eli pystykuivat puut eivät kelpaa. Kuitupuupölkkyssä sallittavan lahon määrä vaihtelee, mutta sille on olemassa rajoituksia kuitupuutavaralajista riippumatta. Monissa kuitupuutavaralajeissa ei sallita lahoa lainkaan, mutta joissakin sallitaan sydänlahoa tietty määrä, mikäli tervettä puuainesta löytyy riittävästi. Kuitupuussa oleva laho puuaines pienentää kemiallisen massan saantoa ja heikentää siitä valmistettävän lopputuotteen laatua (Melkas 2018d).

Mikäli sellun tai mekaanisen massan valmistukseen päätyy läpimitaltaan liian pientä puuta, ongelmana voi olla pölkkyjen puutteellinen kuoriutuminen kuorimarummissa. Mikäli pölkkyt eivät kuoriudu kunnolla, sillä on negatiivisia vaikutuksia massan laatuun. Toinen ongelma voi olla se, etteivät alamittaiset pölkkyt kestä ehjinä käsittely- ja kuorintavaiheiden läpi, vaan katkeilevat latvapäästä. Korpilahti, Varhimo, Keskinen ja Lemmetty (1995) kirjoittavat, että kuitupuun minimiläpimitan pienentäminen kuudesta neljään senttimetriin kasvattaa ainespuun hävikkiä voimakkaasti. Eniten hävikkiä aiheuttaa pieniläpimittaisten pölkkyjen katkeileminen, niiden takertuessa kuorimarummun kuorirakoihin (Korpilahti, Varhimo, Keskinen & Lemmetty 1995, 3).

Kuitupuulle asetetut laatuvaatimukset ovat energiarankaa tiukemmat, minkä takia energiarangan hakkuukertymä voi olla joillakin kohteilla hieman suurempi

kuin kuitupuulla. Kuitupuusta poiketen energiarangassa sallitaan haarat, poika-oksat ja jyrkät mutkat, minkä lisäksi lahot ja pystykuivat puut kelpaavat. Metsikkö, jossa on paljon lahoja ja pystyyn kuivuneita puita sekä runkojen tekninen laatu on poikkeuksellisen heikko, olisi sellainen kohde, jossa voitaisiin laatuvaatimusten takia saavuttaa energiarangan korjuulla suurempi harvennuskertymä kuin kuitupuulla.

### 4.3 Hakkuukonemittaus

Hakkuukonemittaus on yleisin Suomessa käytettävä puutavaran mittausmenetelmä. Hakkuukonemittauksessa puutavaran tilavuus sekä puutavarakappaleiden lukumäärä mitataan hakkuukoneen kourassa olevalla mittalaitteella hakkuutyön yhteydessä (Uusitalo & Kivinen 2023, 127).

Runkojen ja puutavarapölkkyjen pituuden mittaus tapahtuu kouran pohjassa olevan mittapyörän avulla. Mittapyörä painautuu kourassa olevaa puun runkoa vasten ja pyörii sitä mukaa, kun runkoa syötetään kourasta läpi. Jokainen mittapyörän pyörimä kierros tuottaa tietyn määrän sähköisiä pulsseja ja yhtä pulssia vastaa jokin pituusarvo. Pölkyn pituus lasketaan pulssien määrän ja yhtä pulssia vastaavan pituusarvon avulla. Sahauksessa pituusmittaus ikään kuin nollaantuu, sillä pituusmittauksen lähtöarvoksi otetaan sahan laipan ja mittapyörän välinen etäisyys. (Uusitalo & Kivinen 2023, 127.)

Rungon läpimitan mittaus perustuu karsintaterien välisen kulman tai syöttörullien välisen etäisyyden määrittämiseen mitta-antureiden avulla. Hakkuukoneen tietokone muuttaa tietyn karsintaterien tai syöttörullien avautuman läpimitaksi. (Uusitalo & Kivinen 2023, 128.) Kouran pohja sekä karsintaterät tai syöttörullat muodostavat kolme kiintopistettä, joiden avulla pölkyn läpimita johdetaan.

Rungon ja yksittäisten pölkkyjen tilavuus lasketaan pätkittäin lieriön tai katkaisu-kartion kaavalla. Läpimita on mitattava kuoren päältä yhden millimetrin tarkkuudella ja pituus yhden senttimetrin tarkkuudella. Kuutioinnissa eli tilavuuden laskennassa käytetään suodatetulta runkokäyrältä luettuja läpimita-arvoja,

jossa alkuperäisistä arvoista on poistettu epäloogiset, kuten latvaan päin kasvavat läpimitta-arvot. Tyvipölkyn tyviosan läpimitat kaatosahauksesta 1,3 metrin korkeudelle saakka määritetään laskennallisesti. Tyviosan tilavuus lasketaan 1,3 metrin päästä katkaisusta mitatun läpimitan ja puulajikohtaisen tyviprofiilifunktion tai tyviprofiilikertoimien avulla. (Uusitalo & Kivinen 2023, 129.)

Hakkuukonemittaus on luotettava mittausmenetelmä, mikäli valmistettavan puutavarakappaleen läpimitta ei alita viittä senttimetriä. Kuitupuun minimilatvaläpimitta on vähintään viisi senttimetriä, joten ainespuun korjuussa edellytykset hakkuukonemittauksen hyvälle mittaustarkkuudelle ovat olemassa. Mikäli korjataan rankapuuta, jonka latvaläpimitta alittaa viisi senttimetriä, hakkuukonemittauksen luotettavuus ja tarkkuus kärsivät.

Hakkuukoneen mittalaite ei kykene määrittämään läpimittaa ja pituutta luotettavasti ohuelta rungon osalta. Tämä johtuu syöttörullien osittaisesta luistamisesta rungon pinnalla ja siitä, etteivät läpimittaa mittaavat karsimaterät tai syöttörullat puristu riittävästi runkoa vasten. (Vesisenaho, Niemi, Wickstrand & Vääräsmäki 2002, 27.) Vesisenahon ym. (2002, 27) tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että hakkuukonemittaus antaa selvän yliarvion tilavuudesta kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaan saakka tehdyllä karsitulla puutavaralla. Mikäli karsitun rankapuun minimilatvaläpimitta on tämän tutkimuksen tapaan kolme senttimetriä, tilavuus täytyy johtaa esimerkiksi mitatun massan avulla.

#### **4.4 Kuormainvaakamittaus**

Kuormainvaakamittauksessa punnitaan puutavaran tuoremassa ja muutetaan se tuoretiheysluvun avulla kiintotilavuudeksi. Kun puutavaran tuoremassa (kg) jaetaan puutavaralajin tuoretiheydellä ( $\text{kg/m}^3$ ), saadaan tulokseksi mitatun puutavaran kiintotilavuus ( $\text{m}^3$ ). (Sipi 2009, 66.)

Mittauserä punnitaan kuormatraktorin tai puutavara-auton kuormainvaa'alla (Melkas 2018a). Kourataakat punnitaan joko kuormatessa tai kuormaa purettaessa. Mittauserän punnitus tapahtuu punnitusyksiköittäin eli kourataakoittain ja

puutavaralajikohtaisesti. (Puutavaranmittauksen neuvottelukunta 2020, 7.) Mittauserällä tarkoitetaan puutavaralajierää, joka on työ-, urakointi-, tai luovutusmittauksen kohteena (Melkas 2018a).

#### **4.4.1 Ainespuun kuormainvaakamittaus**

Ainespuun kuormainvaakamittauksessa on yleisesti käytössä Luonnonvarakeskuksen tuottamat keskimääräiset tuoretiheysluvut (Repola ym. 2021, 4). Tuoretiheysluvut esitetään alueittain, kuukausittain ja puutavaralajeittain tukkipuulle, pikkutukille ja kuitupuulle. Tuoreelle ja puolikuivalle kuitupuulle on omat tuoretiheyslukunsa. Touko-syyskuun aikana yli kuusi viikkoa varastoitu puutavara luokitellaan puolikuivaksi. Mikäli puutavara on poikkeuksellisen kuivaa tai poikkeuksellisen lumista tai jäistä, tilavuutta ei voida määrittää mitatun massan ja tuoretiheysluvun avulla. (Melkas 2018b.)

Luonnonvarakeskuksen tuoretiheystaulukoiden tuoretiheyslukuja käytetään sellaisenaan puutavaran kaukokuljetuksen yhteydessä tapahtuvassa kuormainvaakamittauksessa ympäri vuoden ja puutavaran lähikuljetuksen yhteydessä tapahtuvassa kuormainvaakamittauksessa lokakuun alun ja huhtikuun lopun välisenä aikana. Kesäaikaan tapahtuvassa lähikuljetuksessa mitatun tuoreen puutavaran tuoretiheyslukuun on lisättävä vielä erillinen puutavaralajikohtainen arvo. (Luonnonvarakeskus 2022.)

Luonnonvarakeskuksen vuoden 2022 alusta voimaan tulleen määräyksen myötä kuitupuuerän tuoretiheys voidaan määrittää uusilla, paikallisiin säähavaintoihin perustuvilla ennustemalleilla. Kuitupuun tuoretiheysluku määritetään laskennallisesti puutavaran varastointiajan ja varastointipaikan säähavaintotietojen, kuten keskilämpötilan ja sademäärän mukaan. (Lindblad 2022.) Ennustemalleja kalibroidaan tehtaalla suoritettavien otantamittausten avulla. Päivittäisen kalibroinnin ansiosta jokaiselle mittauserälle saadaan yksilöllinen tuoretiheysluku. (Repola ym. 2021, 2.) Tuoretiheysmallit ovat käytettävissä mänty-, kuusi-, koivu-, haapa- ja lahokuusikuidulle (Lindblad 2022).

#### 4.4.2 Energiapuun kuormainvaakamittaus

Luonnonvarakeskuksen tuoretiheystaulukoista löytyvät tuoretiheysluvut harvenusenergiapuulle, hakkutähteelle eli latvusmassalle sekä kantopuulle. Harvenusenergiapuuksi luetaan karsimaton kokopuu, karsittu, ilman latvakatkaisua korjattu rankapuu sekä pieniläpimittainen karsittu ja katkottu puutavara. Harvenusenergiapuun tuoretiheysluku määritetään maantieteellisen sijainnin, hakkuuajankohdan, mittausajankohdan ja puulajijakauman mukaan. Tuoretiheystaulukot on tehty pääpuulajiin perustuen erikseen havupuulle, koivulle, muulle lehtipuulle ja sekapuustolle. Jos pääpuulajin osuus on alle 70 % mittauserän tilavuudesta, käytetään sekapuuston tuoretiheystaulukkoa. (Melkas 2018c.)

Latvusmassan eli hakkuutähteiden tuoretiheysluvun määrittämisessä voidaan käyttää joko pitkän aikavälin keskiarvoihin perustuvia taulukkoarvoja tai Luonnonvarakeskuksen vuonna 2018 julkaisemaa energiapuun mittauslaskuria (Lindblad 2024). Energiapuun mittauslaskuriin syötetään hakkuutähteiden korjuukohteen sijainti, hakkuuajankohta sekä metsäkuljetuksen yhteyteen sijoittuva mittausajankohta (Luonnonvarakeskus 2024). Hakkuutähteiden korjuukohteen palstavarastointiajan säähavaintotietojen avulla laskuri laskee hakkuutähteiden kosteuden ja tuoretiheyden metsäkuljetusajankohtana (Lindblad 2024).

#### 4.5 Pinomittaus

Pinomittaus on varastomuodostelmassa olevan rankapuun, kokopuun ja kuitupuun mittausmenetelmä. Pinomittauksen ensimmäisessä vaiheessa lasketaan kehystilavuus pinon pituuden, korkeuden ja leveyden perusteella. Seuraavaksi määritetään kiintotilavuusprosentti keskiläpimitan ja pinon korkeuden tai pinotiheystekijöiden mukaisesti. Kiintotilavuus lasketaan kertomalla kehystilavuus kiintotilavuusprosentilla. (Puutavaranmittauksen neuvottelukunta 2020, 22.)

Pinon pituuden mittauksessa mitataan pinon reunimmaisten pölkkyjen etäisyys toisistaan yhden desimetrin tarkkuudella. Kuitupuulla ja latvakatkaistulla rankapuulla pituus mitataan pinon molemmilta puolin, kokopuulla ja latvasta



katkaisemattomalla rankapuulla vain pinon etureunasta. (Puutavaranmittauksen neuvottelukunta 2020, 22–23.)

Korkeuden mittausta varten pino jaetaan maksimissaan kahden metrin pituisiin pinonosiin. Korkeudet mitataan pinonosien puolivälistä tasaavalla 5 cm:n luokituksella. Viimeisen, alle 2 metrin pituisen pinonosan korkeutta mitattaessa huomioidaan pinon etu- ja takareunan pituuksien ero lisäyksenä tai vähennyksenä. Karsittua ja katkottua puutavaraa sisältävän pinon korkeudet mitataan pinon molemmilta puolilta. Kokopuusta tai latvasta katkaisemattomasta puutavarasta koostuvan pinon korkeudet mitataan vain pinon etureunasta. (Puutavaranmittauksen neuvottelukunta 2020, 23.)

Pinon leveys määritetään arvioimalla puutavaran keskipituus. Tämä tapahtuu niin, että pinon päästä katsoessa tasoitetaan silmämääräisesti pinon etu- ja takasivut ja mitataan näiden tasoituskohtien välimatka. Puutavaran keskipituus määritetään pinon molemmista päistä ja lasketaan tulosten keskiarvo. Latvasta katkaisemattomalla puutavaralla pinon takasivun tasoituskohtana käytetään sitä, jossa yksittäisten runkojen läpimitta on 2–3 senttimetriä. (Puutavaranmittauksen neuvottelukunta 2020, 23–24.)

Kokopuun ja latvasta katkaisemattoman rankapuun kiintotilavuusprosentti määräytyy pinon korkeuden ja pölkkyjen keskiläpimitan perusteella. ”Pinon korkeus on pinon etureunasta mitattujen pinonosien korkeuksien keskiarvo.” Keskiläpimitta on pinon etusivun katkaisuleikkausten läpimitan aritmeettinen keskiarvo ja perustuu joko mittaukseen ja laskentaan tai silmämääräiseen arvioon. (Puutavaranmittauksen neuvottelukunta 2020, 24–25.) Kokopuun kiintotilavuusprosentti otetaan suoraan taulukosta keskiläpimitan ja pinon korkeuden mukaisesti. Latvasta katkaisemattomalla rankapuulla käytetään 10 prosenttiyksikköä kokopuuta suurempia kiintotilavuusprosentteja (Puutavaranmittauksen neuvottelukunta 2020, 25).

Kuitupuun ja latvasta katkaistun karsitun rankapuun keskimääräinen kiintotilavuusprosentti on puutavaran pituuteen ja puulajiin perustuva taulukkoarvo. Kiintotilavuusprosenttia korjataan ja tarkennetaan pinotiheystekijöiden vaikutuksen

mukaan. (Puutavaranmittauksen neuvottelukunta 2020, 25.) Pinotiheystekijöitä ovat pölkkyjen keskiläpimita, oksaisuus ja karsinta, mutkaisuus sekä ladonta. Pinotiheystekijöiden yhteenlaskettu vaikutusarvo lisätään keskimääräiseen kiintotilavuusprosenttiin, jolloin saadaan pinokohtainen kiintotilavuusprosentti (Sipi 2009, 71).

## 5 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka suuri vaikutus käytössä olevalla minimilatvaläpimitalla on harvennushakkuusta saatavaan kertymään verratessa kahdella eri minimilatvaläpimitalla tehtyä ainespuun korjuuta ja karsitun rankapuun korjuuta keskenään. Tutkimuksessa käytetyt minimilatvaläpimitat olivat energiarangalla kolme senttimetriä ja kuitupuulla viisi sekä kuusi senttimetriä. Tavoitteena oli myös saada tietoa siitä, mikä vaikutus puulajilla ja harvennuksessa poistettavan puuston keskijäretydellä on harvennuskertymään eri minimilatvaläpimittojen välillä. Tietoa edellä mainittuihin tutkimuskysymyksiin haluttiin saada nimenomaan Pohjois-Karjalan metsiköistä, sillä puuston ominaisuudet, runkomuoto mukaan lukien, vaihtelevat eri puolilla Suomea.

Ajatus tutkimusaiheesta on lähtöisin erään puunhankintaorganisaation toimihenkilöiltä kesältä 2023, jolloin olin yrityksessä kesätöissä. Yrityksen puunhankinta painottuu kuitupuuhun ja he kilpailevat harvennusleimikoista tiukasti energia-puun ostajia vastaan, joten aihe on kiinnostava ja ajankohtainen heidän kannaltaan.

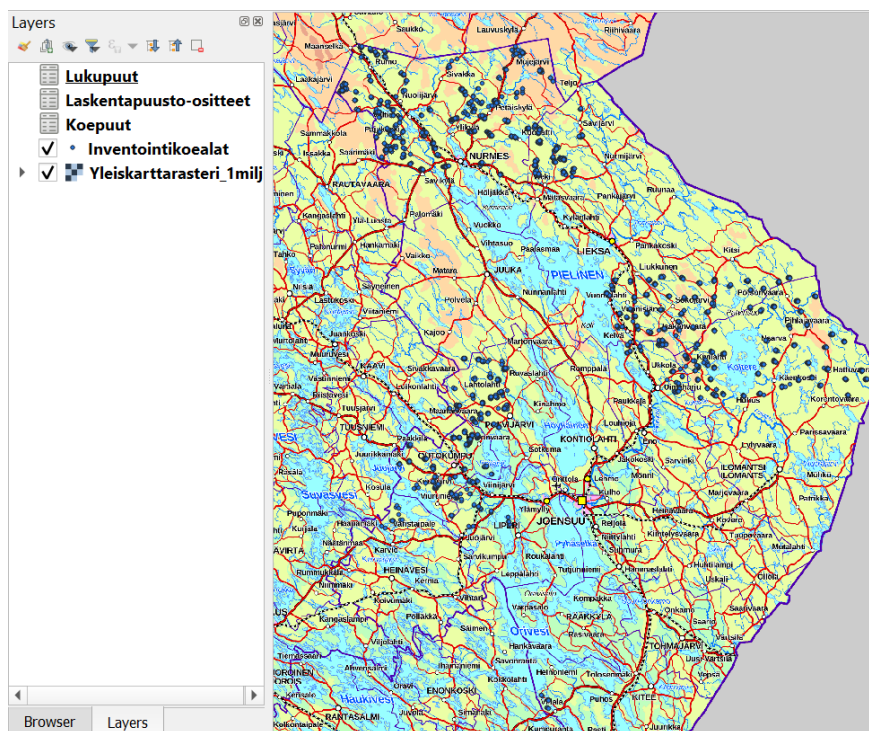
## 6 Aineisto ja menetelmät

### 6.1 Aineiston rajaus

Opinnäytetyön tutkimuksen pohja-aineistona käytettiin Metsäkeskuksen tuottamaa inventointikoealat-paikkatietoaineistoa. Aineisto on kaikille vapaana ladattavissa ja osa Metsäkeskuksen avointa metsä- ja luontotietoa. Inventointikoealat-aineisto on saatavilla maakunta-, kunta- ja karttalehtitasolla. Tässä tapauksessa valittiin maakuntataso ja ladattiin Pohjois-Karjalan inventointikoealat-aineisto.

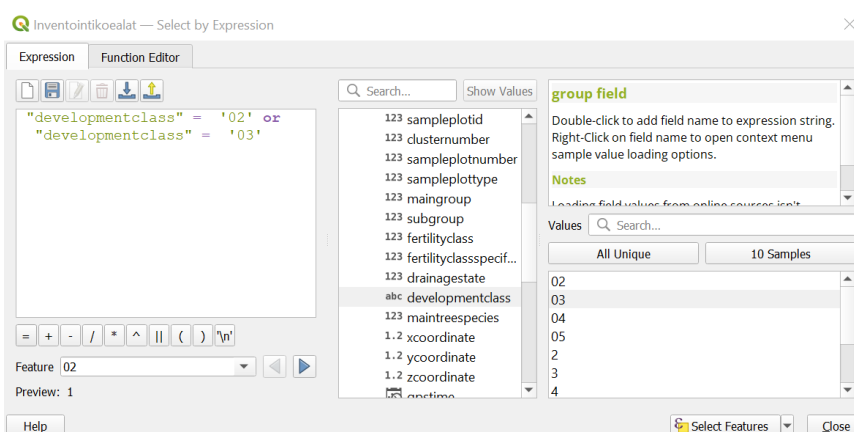
Pohjois-Karjalan inventointikoealat-aineiston sisältämää dataa tarkasteltiin ja analysoitiin QGIS-paikkatieto-ohjelmistolla. QGIS on ilmainen, avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto (QGIS 2024). QGIS:illä on mahdollista käsitellä ja tarkastella paikkatieto-aineistoja, tehdä paikkatietoanalyysyjä sekä tuottaa uusia paikkatietoaineistoja.

Koealojen maantieteellisen sijoittumisen havainnollistamista varten ladattiin Maanmittauslaitoksen Karttapaikka-palvelusta ”Maastokarttarasteri 1:1 milj.”, joka kattaa koko Suomen alueen. Taustakartta ja inventointikoealat-aineisto avattiin QGIS-ohjelmistossa (kuva 1) ja näin pystyttiin tarkastelemaan Pohjois-Karjalan alueelta mitattujen inventointikoealojen sijoittumista. Koealoja oli Pohjois-Karjalan alueella yhteensä 2 598 kappaletta.



Kuva 1. Pohjois-Karjalan alueelta mitatut inventointikoealat taustakartalla QGIS-ohjelmistossa.

Tutkimuksessa haluttiin selvittää minimilatväläpimitan vaikutusta harvennuskertymään, joten koealoista valikoitiin tarkasteltavaksi 02- ja 03-kehitysluokan metsiköt eli nuoret- ja varttuneet kasvatusmetsiköt, sillä harvennushakkuuta tehdään juuri kasvatusmetsiköissä. Uudistuskypsiens metsiköiden harventaminen on harvinaisempaa, joten niitä ei tarkasteltu tässä tutkimuksessa. Inventointikoealat-karttatason ominaisuustietotaulusta (kuva 2) haettiin 02- ja 03-kehitysluokan metsiköissä sijaitsevat koealat, joita oli 1 541 kappaletta. Valituista koealoista muodostettiin uusi karttataso (kuva 3).



Kuva 2. 02- ja 03-kehitysluokan metsiköistä mitattujen inventointikoealojen hakeminen ominaisuustietotaulusta.

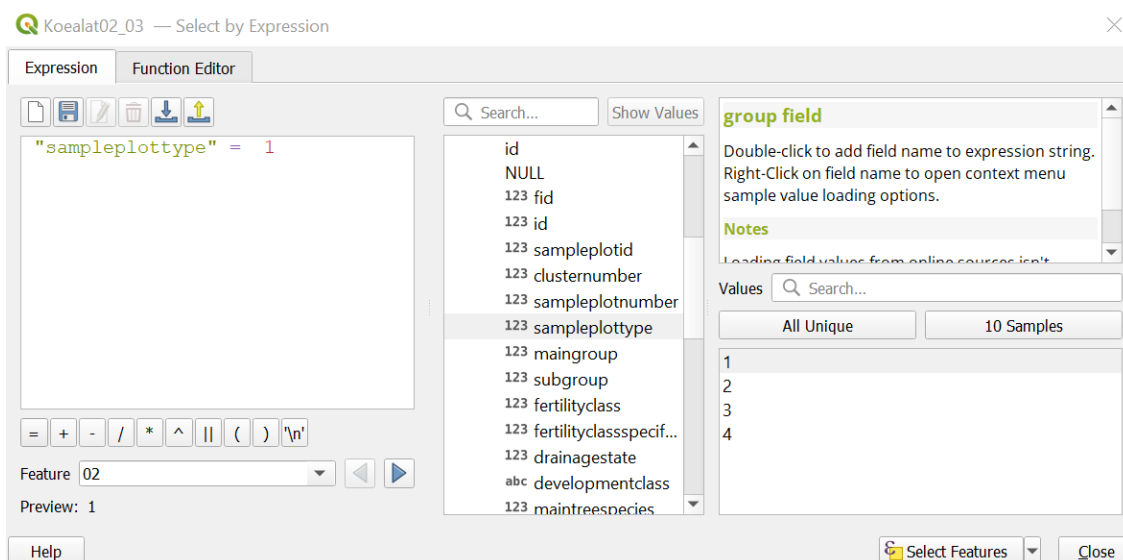


Kuva 3. 02- ja 03-kehitysluokan metsiköiden koealoista luotu karttataso.

Seuraavaksi inventointikoealoja rajattiin koealatyypin perusteella. Tässä tutkimuksessa käytettäväksi valittiin 9,00 metrin kiinteäsäteiset ympyräkoealat (taulukko 3), joka oli aineiston yleisin kasvatusmetsiköissä käytetty koealatyyppejä. Rajaus tehtiin edellisessä vaiheessa luodun karttatason ominaisuustietotaulussa eli haettiin nuorista- ja varttuneista kasvatusmetsiköistä koodilla 1 merkityt koealat (kuva 4). Valittuja koealatyyppejä oli aineistossa 1 154 kappaletta ja niistä luotiin uusi karttataso (kuva 5).

1	9,00 m, kiinteäsäteinen ympyräkoeala
2	5,64 m, kiinteäsäteinen ympyräkoeala
3	4 x 2,82 m, kiinteäsäteinen ympyräkoeala
4	12,62 m, kiinteäsäteinen ympyräkoeala
5	Puukarttakoealan tulkintakoeala

Taulukko 3. Inventointikoealatyypit (Metsäkeskus 2024b).



Kuva 4. Tyypin 1 koealojen hakeminen ominaisuustietotaulusta.



Kuva 5. Tyypin 1 koealoista luotu karttataso.

## 6.2 Aineiston keruu ja analysointi

Kun aineistoa oli ensin rajattu halutuilla kriteereillä, siitä otettiin harkinnanvarainen näyte. Näytteeseen valikoitiin 50 inventointikoealaa eri puolilta Pohjois-Karjalaa. Nuorissa ja vartuneissa kasvatusmetsiköissä sijaitsevat, 9,00 metrin kiinteäsiteiset ympyräkoealat olivat perusjoukko, josta tutkittava näyte valikoitiin.

Otantamenetelmänä käytettiin harkinnanvaraista näytettä siksi, että vain osa koealoista täytti halutut kriteerit. Kriteereinä tutkimukseen valittaville koealoille oli, että puuston keskijäreiden täytyi olla riittävä ainespuun korjuuseen eli koealalta poistettavien runkojen keskijäreiden oli oltava vähintään 50 litraa. Lisäksi vaadittiin, että runkoluku oli riittävä harvennuksen tekemistä varten, jotta noin puolet rungoista voitiin poistaa metsänhoidon suositusten mukaisesti. Koealojen valikoinnissa käytettiin apuna laskentapuusto-ositteiden ominaisuustietotaulua, josta selvisi kunkin koealan puusto-ositteen puulaji, pohjapinta-ala, runkoluku, tilavuus sekä keskiläpimitta ja -pituus. Puustoltaan sopivalta vaikuttavien koealojen tunnistenumeroita otettiin ylös Excel-taulukkoon ja koealalle kuuluvien puiden tiedot haettiin lukupuiden ominaisuustietotaulusta koealan tunnistenumeron avulla.

Inventointikoealoilta oli mitattu koe- ja lukupuuta. Jokainen koealaan kuuluva puu oli lukupuuta, josta oli tunnistettu maastossa puulaji ja mitattu rinnankorkeusläpimitta. Osa lukupuista toimi koeapuina, joista oli mitattu maastossa rinnankorkeusläpimitan lisäksi myös pituus. Lukupuiden pituudet oli ennustettu laskennallisesti koepuiden pituuksien ja lukupuiden rinnankorkeusläpimittojen avulla.

Jokaisen koealalla olevan lukupuun puulajikoodi, mitattu rinnankorkeusläpimitta ja laskennallisesti ennustettu pituus syötettiin Excel-taulukkoon. Excel-taulukosta puustotiedot siirrettiin ForestCalc-laskentaohjelmaan, jolla laskettiin koealojen puujoukon runkopuun ja puutavaralajiosuuksien tilavuudet eri minimiläpimitoilla. ForestCalc on metsänmittaustulosten laskentaohjelma (ForestCalc 2009), joka on kotimaisen yrityksen tuottama, ilmainen ja vapaasti verkosta ladattava ohjelma. Puujoukon tilavuuden laskentataulukkoon (kuva 6) siirrettiin Excelistä lukupuiden puulajikoodit, rinnankorkeusläpimitat ja pituudet.

PUUJOUKON TILAVUUS

Aputoiminnot Puurekisteri Muuttujat Puutavaramitat <-General

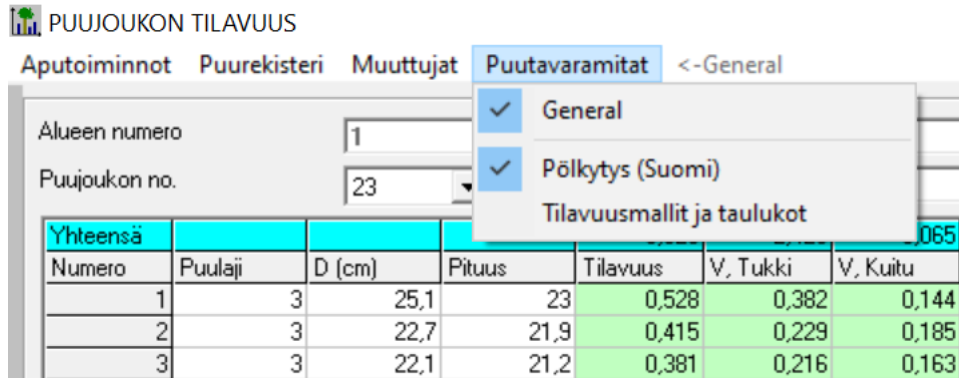
Alueen numero  Puujoukon nimi

Puujoukon no.  Mittaaja

Yhteensä				5,526	2,425	3,065	0,035
Numero	Puulaji	D [cm]	Pituus	Tilavuus	V, Tukki	V, Kuitu	V, Hukka
1	3	25,1	23	0,528	0,382	0,144	0,002
2	3	22,7	21,9	0,415	0,229	0,185	0,002
3	3	22,1	21,2	0,381	0,216	0,163	0,002
4	3	21	21,2	0,346	0,156	0,188	0,002
5	3	21,4	21,4	0,363	0,179	0,181	0,002
6	3	25,8	22,2	0,535	0,400	0,133	0,002
7	3	16,2	17,8	0,174	0,000	0,171	0,002
8	3	18,6	20,1	0,259	0,000	0,257	0,002
9	3	23,1	22,1	0,434	0,237	0,194	0,002
10	3	15,4	18,4	0,163	0,000	0,160	0,002
11	3	24,6	22,1	0,488	0,269	0,217	0,002
12	3	21,8	21,6	0,379	0,203	0,175	0,002
13	3	20,9	22,8	0,370	0,155	0,213	0,002
14	3	18,4	20	0,252	0,000	0,250	0,002
15	3	15,6	20,7	0,186	0,000	0,184	0,003
16	3	18,4	20	0,252	0,000	0,250	0,002

Kuva 6. Puujoukon tilavuuden laskentataulukko ForestCalc-ohjelmassa.

Tutkimusta varten tehdyissä laskelmissa käytettiin ForestCalcin puujoukon tilavuus -osiota, jossa tilavuuden laskentatavaksi valittiin pölkytys (kuva 7), jolloin ohjelma käyttää Laasasenahon runkokäyräyhtälöitä laskennan perustana (ForestCalc 2009). Runkokäyrät ovat matemaattisia malleja, jotka kuvaavat rungon läpimitan rungon eri korkeuksilta. Runkokäyräyhtälöt mahdollistavat puutavaralajien tilavuuksien laskennan haluttuja läpimittoja ja pituuksia käyttäen. (Maanmittauslaitos 2019.) ForestCalc laskee puulajin, rinnankorkeusläpimitan ja pituuden perusteella runkojen tilavuudet runkokäyräyhtälöiden avulla. Puutavaralajiosuuksien laskennassa käytetään runkokäyrien lisäksi muokattavissa olevia puutavaramittoja. (ForestCalc 2009.)



Kuva 7. Tilavuuden laskentatavan, pölkkytys valinta ForestCalc-ohjelmasta.

Tukkipuun minimilatvaläpimitoilla ja käytettävillä pituuksilla ei ole tässä tutkimuksessa merkitystä, koska ne eivät vaikuta hakkuukertymän kokonaistilavuuteen. Kuitupuun ja energiarangan sallittu katkontapituus, jota käytettiin laskelmissa, oli kolmesta viiteen metriä. Puutavaramitat-taulukosta (kuva 8) vaihdettiin minimilatvaläpimittoja laskentojen välissä ja laskenta suoritettiin jokaisen koealan puustolle kolmen, viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. ForestCalc-ohjelmassa ja Excel-taulukossa käytetyistä termeistä huolimatta kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käytettäessä puutavaralaji ei ole kuitupuun vaan energiaranka.

Source	Name	Type	Species	MinUpperD	MinLenght	MaxLenght
General	Mäntytukki	1	1	15	4,3	6,1
General	Kuusitukki	1	2	16	4,3	6,1
General	Koivutukki	1	3	18	4,3	6,1
General	Mäntykuitu	2	1	5	3	5
General	Kuusikuitu	2	2	5	3	5
General	Koivukuitu	2	3,4	5	3	5
General	Haapakuitu	2	5	5	3	5

Kuva 8. ForestCalcin Puutavaramitat -taulukko, josta valittiin laskennassa käytettävät kuitupuun ja energiarangan minimilatvaläpimitat.

Koealoilta laskettiin lähtökohtaisesti kaikkien lukupuiden tilavuudet, mutta mikäli puu ei ollut elävä tai puulajia ei yleisesti käytetä metsäteollisuustuotteiden valmistuksessa, tällöin puu jätettiin laskennan ulkopuolelle. Lukupuiden puuluokka oli merkitty QGIS:in ominaisuustietotauluun koodilla 1 tai 2 (taulukko 4). Koodilla 1 merkityt puut olivat eläviä pystyssä olevia puita ja koodilla 2 merkityt puut käyttökelpoisia pystyssä olevia luonnonpoistumapuita (Metsäkeskus 2024b).



Koodilla 1 merkityt elävät puut otettiin mukaan laskettavaksi, mutta koodilla 2 merkityt luonnonpoistumapuut jätettiin laskennan ulkopuolelle.

1	Elävä pystyssä oleva puu
2	Käyttökelpoinen pystyssä oleva luonnonpoistumapu

Taulukko 4. Lukupuiden puuluokat (Metsäkeskus 2024b).

Lukupuiden puulajit oli merkitty ominaisuustietotauluun omilla koodeilla (taulukko 5). Tutkimukseen valituilta koealoilta laskettiin lukupuina olleiden mäntyjen, kuusten, rauduskoivujen, hieskoivujen ja haapojen tilavuudet. Nämä ovat juuri ne puulajit, joita metsäteollisuus Suomessa hankkii. Muita puulajeja, kuten harmaaleppää tai raitaa, ei huomioitu laskennassa, sillä metsäteollisuus ei käytä niitä raaka-aineenaan. Myös ne puulajit, joita metsäteollisuus ei pysty hyödyntämään, ovat käyttökelpoisia energiapuuna, mutta tässä tutkimuksessa vertaillaan minimiläpimitan vaikutusta harvennuskertymään niillä puulajeilla, joita käytetään sekä metsäteollisuustuotteiden raaka-aineena, että energiantuotannossa.

1	Mänty
2	Kuusi
3	Rauduskoivu
4	Hieskoivu
5	Haapa

Taulukko 5. Laskennassa käytettyjen puulajien puulajikoodit (Metsäkeskus 2024b).

### 6.3 Harvennuskertymän laskenta

Harvennuskertymän laskennassa ja mallintamisessa käytettiin kahta toisistaan poikkeavaa menetelmää. Yleisinä nyrkkisääntöinä hoidettujen metsiköiden harvennuksissa on, että rungoista poistetaan noin puolet ja että hakkuukertymä on noin kolmasosa puuston kokonaistilavuudesta ennen harvennusta. Harvennuskertymän laskennassa käytettiin kumpaakin yleistä ohjesääntöä hyödyksi.

Laskentatavassa A (kuvat 9 ja 10) koealan kaikkien lukupuiden puustotiedot siirrettiin Excelistä ForestCalc-laskentaohjelmaan, jossa laskettiin kolmea eri minimilatvaläpimittaa käyttäen puujoukon käyttöpuun sekä hukkapuun tilavuudet. Käyttöpuulla tarkoitetaan tässä tapauksessa runkopuuta, joka on läpimittansa puolesta hyödynnettävissä ainespuuna tai energiarankana. Hukkapuulla tarkoitetaan runkopuuta, jota ei läpimittansa puolesta pystytä korjaamaan talteen ainespuuna eikä energiarankana.

Kolmella eri minimilatvaläpimitalla lasketut käyttöpuun ja hukkapuun tilavuudet otettiin talteen Excel-taulukkoon. Koealalla olevan puuston perusteella laskettiin puuston runkoluku sekä käyttöpuun ja hukkapuun tilavuudet hehtaarilla. Tutkimukseen valitut koealat olivat pinta-alaltaan 254,47 m<sup>2</sup>, joten kerroin, jolla koealan puustotiedot muunnettiin hehtaarikohtaisiksi, oli 39,3.

Koska tutkimuksessa oli tarkoitus simuloida minimilatvaläpimitan vaikutusta harvennuskertymään, jaettiin hehtaarikohtainen tilavuus käyttöpuun ja hukkapuun osuukseineen kolmella. Harvennuksessa poistetaan yleensä noin kolmasosa puuston tilavuudesta, joten tällä tavoin yritettiin laskea teoreettinen, tilavuuteen perustuva kertymä mahdollisimman realistisesti. Laskennan tuloksena oli koealan puuston mukaan laskettu hehtaarikohtainen harvennuskertymä kolmea eri minimilatvaläpimittaa käyttäen sekä koealan runkojen keskijäreys. Harvennuskertymien erot minimiläpimittayhdistelmien välillä laskettiin koealojen sisäisesti tilavuuksina ja prosentteina.

Koealan puuston keskijäreys laskettiin niin, että runkopuun kokonaistilavuus jaettiin runkoluvulla. Keskijäreys ei siis ollut riippuvainen laskennassa käytettävästä minimilatvaläpimitasta, vaan runkopuun tilavuudesta, johon kuului myös hukkapuuosuus. Täten koealoille lasketut keskijäreudet olivat hieman suurempia kuin harvennuksessa poistettavien runkojen käyttöpuun keskijäreudet. Koska harvennuskertymän laskennassa käytettiin kolmea eri minimilatvaläpimittaa, oli valittava menetelmä, jolla jokaiselle koealalle saatiin yksi keskijäreysarvo.

**Koealatunnus** 158912  
**Kehitysluokka** 03  
**Kasvupaikkaluokka** 2  
**Pääpuulaji** 3 rauduskoivu

**Koealan koko** 254,47 m<sup>2</sup>  
**Kerroin** 39,3  
**Runkoja/koeala** 29  
**Runkoluku/ha** 1 140  
**Keskijäreys (dm<sup>3</sup>)** 208

Lukupuut	puulaji	läpimita (cm)	pituus (m)
1	3	5,7	7,8
2	2	9,8	7
3	3	10,8	14,2
4	3	11,2	10,7
5	3	13,8	14,3
6	3	14,3	14,6
7	3	15,1	15
8	3	15,4	17,7
9	3	15,6	15,2
10	3	15,8	15,3
11	3	15,8	15,3
12	3	16,3	15,4
13	3	16,5	15,6
14	3	16,8	15,8
15	1	17,2	16,8
16	3	17,3	14,2
17	3	17,6	15,1
18	3	19,2	16,5
19	3	20	17
20	3	20,6	17,2
21	3	20,7	17,3
22	3	20,8	17,3
23	1	21,3	18,4
24	3	21,7	17,6
25	1	22,1	18,6
26	1	24	19,7
27	1	24,6	18,8
28	1	24,8	19,8
29	3	24,9	18,9

#### Latvalpm 3 cm

Koealalla	tukkia (m <sup>3</sup> )	kuitua (m <sup>3</sup> )	hukkapuuta (m <sup>3</sup> )	yhteensä (m <sup>3</sup> )
	2,091	3,914	0,013	6,018
Hehtaarilla	tukkia (m <sup>3</sup> )	kuitua (m <sup>3</sup> )	hukkapuuta (m <sup>3</sup> )	yhteensä (m <sup>3</sup> )
	82,171	153,810	0,511	236,492
Harvennuskertymä/ha	tukkia (m <sup>3</sup> )	kuitua (m <sup>3</sup> )	hukkapuuta (m <sup>3</sup> )	yhteensä (m <sup>3</sup> )
	27,390	51,270	0,170	78,831
Kokonaismäärä	78,831	m <sup>3</sup>	100,00 %	
Kertymä	78,660	m <sup>3</sup>	99,78 %	
Hukkapuu	0,170	m <sup>3</sup>	0,22 %	

Kuva 9. Laskentatavalla A toteutetun harvennuskertymän laskennan Excel-  
taulukko.

#### Latvalpm 5 cm

Koealalla	tukkia (m <sup>3</sup> )	kuitua (m <sup>3</sup> )	hukkapuuta (m <sup>3</sup> )	yhteensä (m <sup>3</sup> )
	2,091	3,869	0,058	6,018
Hehtaarilla	tukkia (m <sup>3</sup> )	kuitua (m <sup>3</sup> )	hukkapuuta (m <sup>3</sup> )	yhteensä (m <sup>3</sup> )
	82,171	152,041	2,279	236,492
Harvennuskertymä/ha	tukkia (m <sup>3</sup> )	kuitua (m <sup>3</sup> )	hukkapuuta (m <sup>3</sup> )	yhteensä (m <sup>3</sup> )
	27,390	50,680	0,760	78,831
Kokonaismäärä	78,831	m <sup>3</sup>	100,00 %	
Kertymä	78,071	m <sup>3</sup>	99,04 %	
Hukkapuu	0,760	m <sup>3</sup>	0,96 %	

Kertymän ero 5 cm vs. 3 cm  
0,589 m<sup>3</sup>/ha  
0,76 %

#### Latvalpm 6 cm

Koealalla	tukkia (m <sup>3</sup> )	kuitua (m <sup>3</sup> )	hukkapuuta (m <sup>3</sup> )	yhteensä (m <sup>3</sup> )
	2,091	3,822	0,105	6,018
Hehtaarilla	tukkia (m <sup>3</sup> )	kuitua (m <sup>3</sup> )	hukkapuuta (m <sup>3</sup> )	yhteensä (m <sup>3</sup> )
	82,171	150,195	4,126	236,492
Harvennuskertymä/ha	tukkia (m <sup>3</sup> )	kuitua (m <sup>3</sup> )	hukkapuuta (m <sup>3</sup> )	yhteensä (m <sup>3</sup> )
	27,390	50,065	1,375	78,831
Kokonaismäärä	78,831	m <sup>3</sup>	100,00 %	
Kertymä	77,455	m <sup>3</sup>	98,26 %	
Hukkapuu	1,375	m <sup>3</sup>	1,74 %	

Kertymän ero 6 cm vs. 3 cm  
1,205 m<sup>3</sup>/ha  
1,56 %

Kertymän ero 6 cm vs. 5 cm  
0,616 m<sup>3</sup>/ha  
0,79 %

Kuva 10. Laskentatavalla A toteutetun harvennuskertymän laskennan Excel-  
taulukko.

Laskentatavassa B (kuvat 11 ja 12) koealan lukupuut lajiteltiin Excel-taulukossa läpimitan mukaan suurimmasta pienimpään. Harvennuspoistumaa kuvaamaan valittiin puolet koealan pienimmistä rungoista. Mikäli koealalla oli runkoja pariton määrä, poistettiin runkoja yksi enemmän kuin jätettiin. Esimerkiksi, jos koealalla oli 29 runkoa, laskettiin ForestCalc-ohjelmalla viidentoista pienimmän rungon käyttöpuun ja hukkapuun tilavuudet eri minimilatvaläpimitoilla. Koealalta

poistettavien runkojen käyttöpuun ja hukkapuun tilavuudet kerrottiin koealan koon mukaisella kertoimella 39,3, jolla muutettiin määrät hehtaarikohtaisiksi. Laskennan tuloksena oli koealan puuston mukaan laskettu hehtaarikohtainen harvennuskertymä kolmella eri minimilatvaläpimitalla sekä koealalta poistettavien runkojen keskijäreys. Harvennuskertymien erot minimiläpimitayhdistelmien välillä laskettiin koealojen sisäisesti tilavuuksina ja prosentteina. Keskijäreys laskettiin niin, että koealalta poistettavien puiden runkokuun kokonaistilavuus jaettiin koealalta poistettavien puiden runkoluvulla.

<b>Koealatunnus</b>	<b>158912</b>
Kehitysluokka	03
Kasvupaikkaluokka	2
<b>Pääpuulaji</b>	<b>3 rauduskoivu</b>

Lukupuut	puulaji	läpimitta (cm)	pituus (m)
1	3	24,9	18,9
2	1	24,8	19,8
3	1	24,6	18,8
4	1	24	19,7
5	1	22,1	18,6
6	3	21,7	17,6
7	1	21,3	18,4
8	3	20,8	17,3
9	3	20,7	17,3
10	3	20,6	17,2
11	3	20	17
12	3	19,2	16,5
13	3	17,6	15,1
14	3	17,3	14,2
15	1	17,2	16,8
16	3	16,8	15,8
17	3	16,5	15,6
18	3	16,3	15,4
19	3	15,8	15,3
20	3	15,8	15,3
21	3	15,6	15,2
22	3	15,4	17,7
23	3	15,1	15
24	3	14,3	14,6
25	3	13,8	14,3
26	3	11,2	10,7
27	3	10,8	14,2
28	2	9,8	7
29	3	5,7	7,8

<b>Koealan koko</b>	<b>254,47 m2</b>
Kerroin	39,3
Poistettavia runkoja/koeala	15
Runkoluku ennen harvennusta	1 140
Poistettava runkoluku/ha	589
Jäävä runkoluku	550
Keskijäreys (dm3)	115

#### Latvalpm 3 cm

Kertymä koealalla	tukkia (m3)	kuitua (m3)	hukkapuuta (m3)	yhteensä (m3)
	0,095	1,622	0,007	1,724
Kertymä hehtaarilla	tukkia (m3)	kuitua (m3)	hukkapuuta (m3)	yhteensä (m3)
	3,733	63,740	0,275	67,749
<b>Kokonaismäärä</b>	67,749	m3	100,00 %	
Kertymä	67,474	m3	99,59 %	
Hukkapuu	0,275	m3	0,41 %	

Kuva 11. Laskentatavalla B toteutetun harvennuskertymän laskennan Excel-taulukko. Poistettavat puut merkattu oranssilla pohjalla.

#### Latvalpm 5 cm

Kertymä koealalla	tukkia (m3)	kuitua (m3)	hukkapuuta (m3)	yhteensä (m3)
	0,095	1,595	0,034	1,724
Kertymä hehtaarilla	tukkia (m3)	kuitua (m3)	hukkapuuta (m3)	yhteensä (m3)
	3,733	62,679	1,336	67,749
<b>Kokonaismäärä</b>	67,749	m3	100,00 %	
Kertymä	66,413	m3	98,03 %	
Hukkapuu	1,336	m3	1,97 %	

Kertymän ero 5 cm vs. 3 cm  
1,061 m3/ha  
1,60 %

#### Latvalpm 6 cm

Kertymä koealalla	tukkia (m3)	kuitua (m3)	hukkapuuta (m3)	yhteensä (m3)
	0,095	1,566	0,064	1,725
Kertymä hehtaarilla	tukkia (m3)	kuitua (m3)	hukkapuuta (m3)	yhteensä (m3)
	3,733	61,540	2,515	67,788
<b>Kokonaismäärä</b>	67,788	m3	100,00 %	
Kertymä	65,273	m3	96,29 %	
Hukkapuu	2,515	m3	3,71 %	

Kertymän ero 6 cm vs. 3 cm  
2,201 m3/ha  
3,37 %

Kertymän ero 6 cm vs. 5 cm  
1,140 m3/ha  
1,75 %

Kuva 12. Laskentatavalla B toteutetun harvennuskertymän laskennan Excel-taulukko.

## 6.4 Lopullinen tutkimusaineisto

Tutkimusta varten kerätyssä aineistossa oli 50 koealaa, joille laskettiin kahta erilaista harvennuskertymän laskentatapaa käyttäen harvennuskertymät kolmen, viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla. Kumpaakin menetelmää käyttäen laskettiin ensin koealojen sisäisesti harvennuskertymien erot minimiläpimittayhdistelmien välillä kuutiotilavuutena ja prosentuaalisesti. Tämän jälkeen laskettiin kummallakin harvennuskertymän laskentamenetelmällä saaduista tuloksista aritmeettinen keskiarvo ja mediaani koko koealajoukosta sekä kehitysluokkien ja pääpuulajien perusteella muodostetuista osajoukoista. Aritmeettinen keskiarvo saadaan, kun lasketaan havaintojen arvot yhteen ja jaetaan summa havaintojen määrällä (Tietoarkisto 2024). Mediaani on keskimäinen suuruusjärjestykseen asetetuista muuttujan arvoista (Tietoarkisto 2024).

Tutkimukseen valikoitui 50 koealaa, joista seitsemän oli puuston kehitysluokaltaan nuorta kasvatusmetsikköä ja 43 oli varttunutta kasvatusmetsikköä (taulukko 6). Nuorten kasvatusmetsiköiden koealoista kolmen pääpuulajina oli rauduskoivu sekä kahden pääpuulajina mänty ja kuusi. Varttuneiden kasvatusmetsiköiden koealoista 13 oli rauduskoivuvaltaisia, 14 kuusi- ja mäntyvaltaisia ja kaksi hieskoivuvaltaisia.

Kehitysluokka	Pääpuulaji				Yhteensä
	Rauduskoivu	Hieskoivu	Kuusi	Mänty	
02	3	0	2	2	7
03	13	2	14	14	43
Yhteensä	16	2	16	16	50

Taulukko 6. Koealojen lukumäärä kehitysluokan ja pääpuulajin mukaan.

Pääpuulajina oli kuudellatoista koealalla rauduskoivu, kuusi ja mänty sekä kahdella koealalla hieskoivu. Rauduskoivuvaltaisista koealoista kolme oli nuorta kasvatusmetsikköä ja 13 varttunutta kasvatusmetsikköä. Kuusi- ja mäntyvaltaisista koealoista kummastakin, kaksi oli nuorta kasvatusmetsikköä ja 14

varttunutta kasvatusmetsikköä. Hieskoivuvaltaisista koealoista molemmat olivat kehitysluokaltaan varttunutta kasvatusmetsikköä.

Koealatietojen laskennan yhteydessä Excel-taulukkoon otettiin ylös kunkin koealan kasvupaikkaluokka, joka oli ilmoitettu koodilla QGIS:in ominaisuustietotaulussa. Alla olevassa taulukossa (taulukko 7) näkyvät tutkimukseen valikoituneiden koealojen kasvupaikkaluokat.

1	Lehto, letto ja lehtomainen suo (ja ruohoturvekangas)
2	Lehtomainen kangas, vastaava suo ja ruohoturvekangas
3	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas
4	Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkaturvekangas

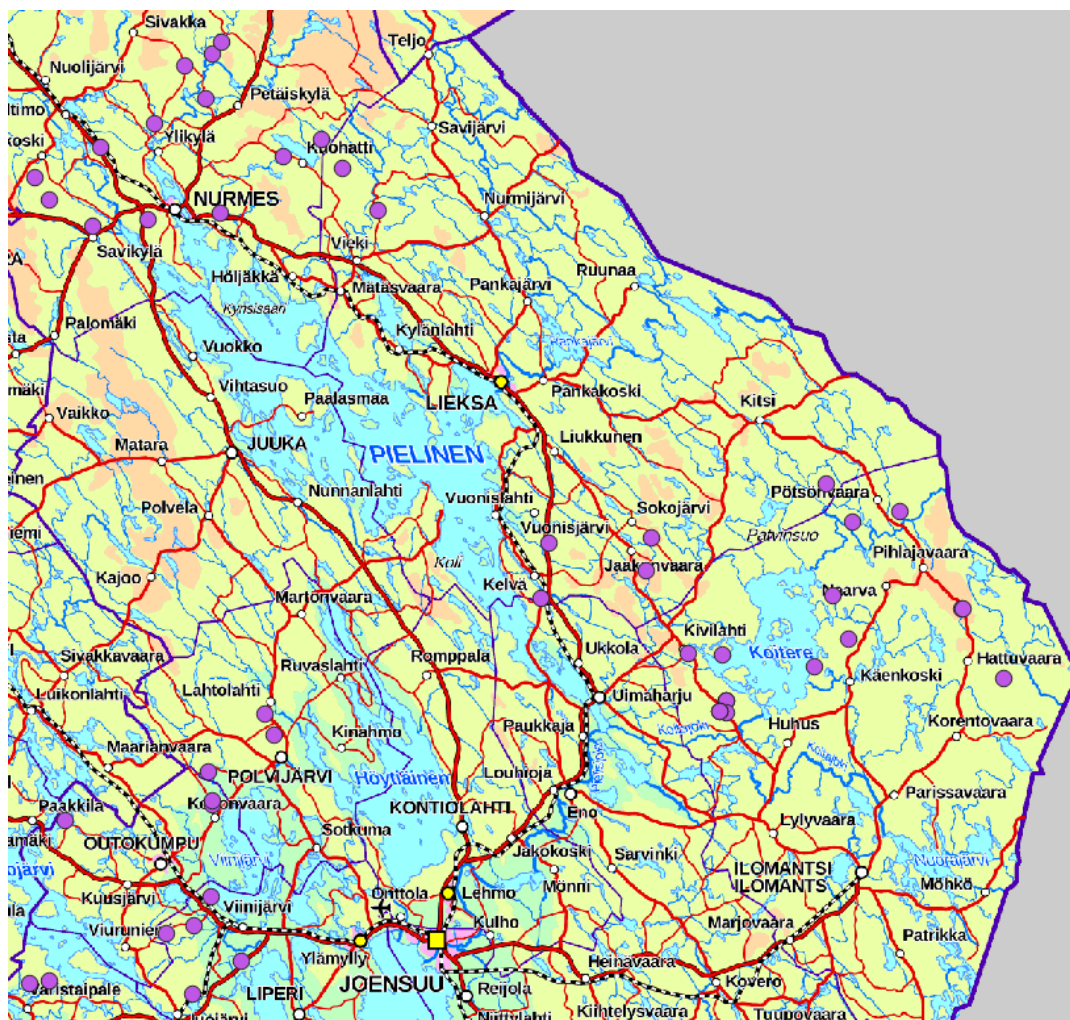
Taulukko 7. Tutkimukseen valittujen koealojen kasvupaikkaluokat (Metsäkeskus 2024b).

Kaksi koealaa kuului kasvupaikkaluokkaan 1, joiden molempien pääpuulaji oli rauduskoivu (taulukko 8). 19 koealaa sijaitsi kasvupaikkaluokan 2 alueella eli lehtomaisella kankaalla tai vastaavalla turvemaalla. Lähes puolet koealoista kuului kasvupaikkaluokkaan 3 eli sijaitsi tuoreella kankaalla tai sitä vastaavalla turvemaalla. Kasvupaikkaluokkaan 4 kuuluvia eli kuivahkon kankaan tai vastaavan turvemaan koealoja oli viisi kappaletta.

Kasvupaikkaluokka	Pääpuulaji				Yhteensä
	Rauduskoivu	Hieskoivu	Kuusi	Mänty	
1	2	0	0	0	<b>2</b>
2	10	1	6	2	<b>19</b>
3	4	1	9	10	<b>24</b>
4	0	0	1	4	<b>5</b>
Yhteensä	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>50</b>

Taulukko 8. Koealojen lukumäärä kasvupaikkaluokan ja pääpuulajin mukaan.

Tutkimukseen valikoitui koealoja ympäri Pohjois-Karjalaa (kuva 14). Koealojen sijaintipaikkakuntia olivat Nurmes, Lieksa, Ilomantsi, Polvijärvi, Outokumpu, Liperi ja Heinävesi.



Kuva 13. Tutkimukseen valittujen koalajoukkojen sijainnit.

## 7 Tulokset

### 7.1 Harvennuskertymät laskentatavalla A

Laskentatavassa A harvennuskertymä laskettiin koalan puustotiedoista johdetun hehtaarikohtaisen tilavuuden perusteella. Harvennuksessa poistettiin kolmasosa puuston kokonaistilavuudesta, joten harvennuskertymä oli kiinteästi sidoksissa puuston lähtötilavuuteen.

Laskentatavalla A koko koalajoukon harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä  $83,9 \text{ m}^3/\text{ha}$  ja mediaani  $83,1 \text{ m}^3/\text{ha}$  (taulukko 9). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen

harvennuskertymien keskiarvo oli 83,2 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 82,3 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskiarvo oli 82,4 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 81,6 m<sup>3</sup>/ha. Hehtaariohtaisten harvennuskertymien keskiarvot ja mediaanit olivat siis hyvin lähellä toisiaan.

<b>A. Kaikki koealat, 50 kpl</b>		
Minimilatvaläpimita	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	83,9	83,1
5 cm	83,2	82,3
6 cm	82,4	81,6

Taulukko 9. Keskimääräiset harvennuskertymät laskentatapaa A käyttäen.

Harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 0,746 m<sup>3</sup>/ha ja 0,98 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 10). Harvennuskertymä oli keskimäärin 1,532 m<sup>3</sup>/ha ja 2,04 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 0,786 m<sup>3</sup>/ha ja 1,05 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.

<b>A. Kaikki koealat, 50 kpl</b>				
Harvennuskerty- män ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	0,746	0,98	0,727	0,81
3 cm vs. 6 cm	1,532	2,04	1,441	1,71
5 cm vs. 6 cm	0,786	1,05	0,720	0,91

Taulukko 10. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä laskentatavalla A.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 0,727 m<sup>3</sup>/ha ja 0,81 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,441 m<sup>3</sup>/ha ja 1,71 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 0,720 m<sup>3</sup>/ha ja 0,91 %. Harvennuskertymien erojen



mediaanit olivat hieman keskiarvoja pienemmät, mutta samansuuntaiset minimilämpimittayhdistelmien välillä.

Laskentatavalla A koealojen puuston keskijäreysien keskiarvo oli 212 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 203 litraa eli hieman keskiarvoa pienempi. Keskijäreys on melko suuri, koska harvennuskertymän laskentatavassa A puustoa poistetaan kaikista latvuserroksista tasaisesti, toisin kuin harvennushakkuussa yleensä. Keskijäreys on laskentatavalla A käyttäen yhtä suuri kuin silloin, jos koealan puustolle tehtäisiin avohakkuu, mutta hakkuukertymä on vain kolmasosa avohakkuun hakkuukertymästä. Keskijäreudessa oli suurta vaihtelua koealojen välillä. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 413 litraa ja pienin 96 litraa (kuvio 1).



Kuvio 1. Koealojen puuston keskijäreudet laskentatavalla A.

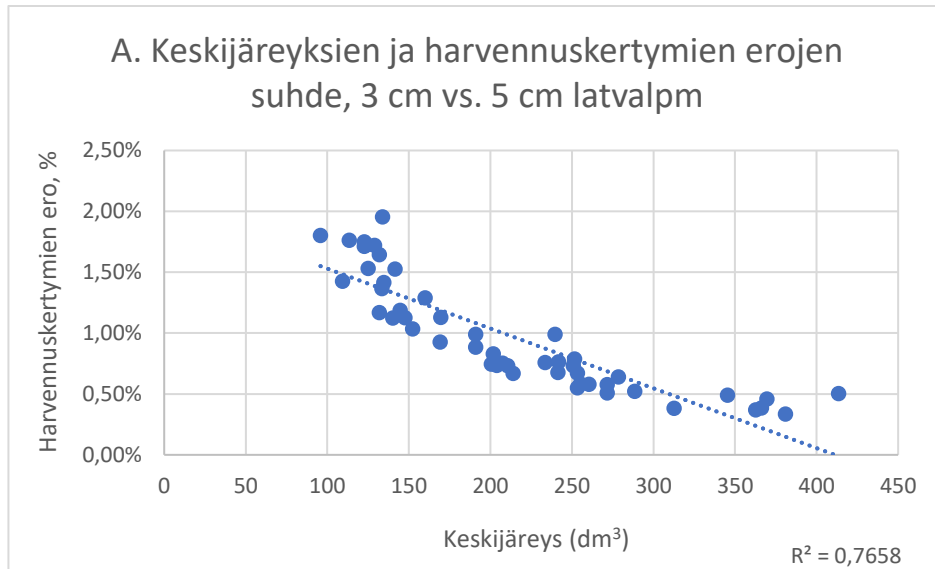
Tutkimustulosten pohjalta havaittiin, että koealojen puuston keskijäreydellä ja minimilämpimittaluokkien välisten harvennuskertymien erojen suuruuksilla on olemassa selvä riippuvuus. Kuvioissa 2–4 kuvataan keskijäreysien suhdetta minimilämpimittaluokkien välisten harvennuskertymien eroihin. Excelissä luotujen kaavioiden arvopisteille lisättiin lineaariset regressiosuorat. Kaavioista huomataan, että keskijäreuden kasvaessa minimilämpimittaluokkien välisten harvennuskertymien prosentuaalinen ero pienenee. Sama pätee toisin päin eli, kun

puuston keskijäreys pienenee, harvennuskertymien ero minimilatväläpimittojen välillä suurenee.

Pienemmillä rungoilla hukkapuun osuus rungon kokonaistilavuudesta on suurempi kuin järeämmillä rungoilla, joten minimilatväläpimitalla on automaattisesti merkittävämpi vaikutus kertymään. Rungon tilavuuden lisäksi runkomuoto vaikuttaa siihen, kuinka suuri merkitys minimilatväläpimitalla on hakkuukertymän kannalta. Hitaasti kapenevilla rungoilla minimilatväläpimitan pudotus voi kasvattaa hakkuukertymää selvästi, kun taas nopeasti kapenevilla rungoilla minimilatväläpimitan merkitys on hyvin pieni.

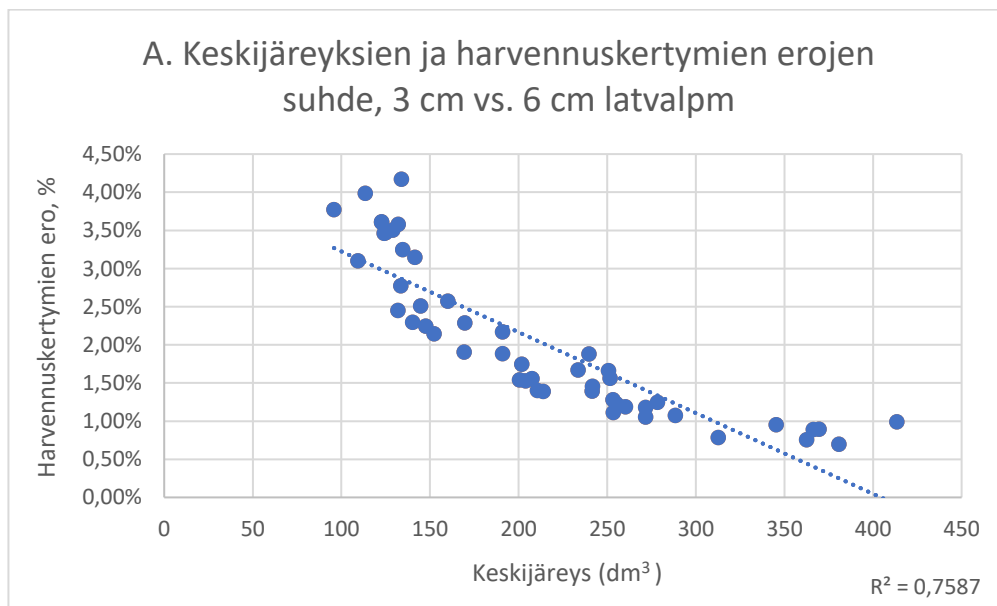
Kuvioiden 2–4 oikeassa alakulmassa näkyvä  $R^2$ -luku on regressiomallin selitysoisuus, joka voi saada arvon nollan ja yhden väliltä.  $R^2$ -luku kertoo sen, kuinka suuri prosenttiosuus selitettävän muuttujan vaihtelusta kyetään selittämään regressioanalyysin selittävien muuttujien avulla. (Kaakinen & Ellonen 2024.) Selitettävä muuttuja on tässä tapauksessa harvennuskertymien prosentuaalinen ero ja selittävä muuttuja on keskijäreys. Mitä suurempi  $R^2$ -luku on, sitä paremmin regression selittävät muuttujat kykenevät selittämään selitettävän muuttujan vaihtelua (Kaakinen & Ellonen 2024).

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatväläpimittojen välisten harvennuskertymien erojen sekä keskijäreyksien riippuvuutta kuvaava  $R^2$ -luku oli 0,7658 (kuvio 2). Tämä tarkoittaa sitä, että lähes 77 % harvennuskertymien välisen eron suuruuden vaihtelusta kyettiin selittämään koealan puuston keskijäreiden avulla.

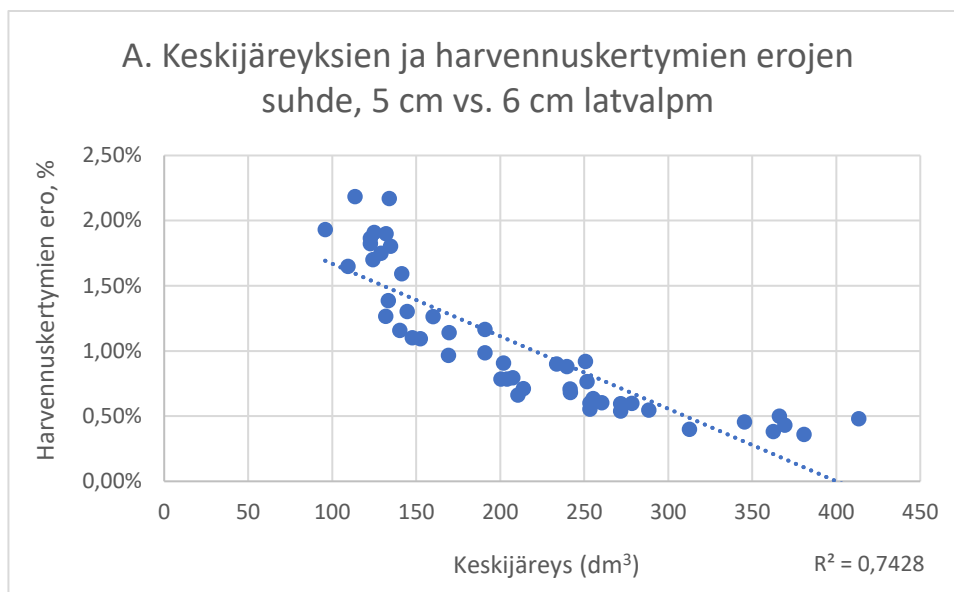


Kuvio 2. Koealojen puuston keski­järeyden ja harvennuskertymien eron (3 ja 5 cm:n minimilatvaläpimittojen välillä prosentteina) välinen riippuvuus laskentatavalla A.

Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välisten harvennuskertymien erojen sekä keski­järeyksien riippuvuutta kuvaava  $R^2$ -luku oli 0,7587 (kuvio 3). Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välisten erojen sekä keski­järeyksien riippuvuutta kuvaava  $R^2$ -luku oli 0,7428 (kuvio 4) eli hieman yli 74 % harvennuskertymien välisten erojen vaihtelusta pystyttiin selittämään keski­järeydellä.



Kuvio 3. Koealojen puuston keski­järeyden ja harvennuskertymien eron (3 ja 6 cm:n minimilatvaläpimittojen välillä prosentteina) välinen riippuvuus laskentatavalla A.



Kuvio 4. Koealojen puuston keskijäreyden ja harvennuskertymien eron (5 ja 6 cm:n minimilatvaläpimittojen välillä prosentteina) välinen riippuvuus laskentatavalla A.

Harvennuskertymien välisten erojen pieneneminen pystyttiin selittämään todella hyvin keskijäreyden suurenemisella kunkin minimiläpimittayhdistelmän kohdalla.  $R^2$ -luku oli kaikista minimiläpimittayhdistelmistä suurin kolmen ja viiden senttimetrin minimiläpimittojen välillä, joten keskijäreys selitti harvennuskertymien erojen vaihtelun parhaiten näiden minimiläpimittojen välillä.

### 7.1.1 Nuoret kasvatusmetsiköt

Laskentatavalla A nuorten kasvatusmetsiköiden harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä 67,4 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 64,0 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 11). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 66,3 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 62,9 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskiarvo oli 65,0 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 61,8 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien mediaanit olivat siis hieman keskiarvoja pienemmät.

<b>A. Nuoret kasvatusmetsiköt, 7 kpl</b>		
Minimilatvaläpimita	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	67,4	64,0
5 cm	66,3	62,9
6 cm	65,0	61,8

Taulukko 11. Keskimääräiset harvennuskertymät nuorissa kasvatusmetsiköissä laskentatapaa A käyttäen.

Laskentatavalla A nuorten kasvatusmetsiköiden harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 1,132 m<sup>3</sup>/ha ja 1,71 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 12). Harvennuskertymä oli keskimäärin 2,388 m<sup>3</sup>/ha ja 3,66 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 1,256 m<sup>3</sup>/ha ja 1,92 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.

<b>A. Nuoret kasvatusmetsiköt, 7 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	1,132	1,71	1,100	1,75
3 cm vs. 6 cm	2,388	3,66	2,227	3,60
5 cm vs. 6 cm	1,256	1,92	1,127	1,91

Taulukko 12. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä nuorissa kasvatusmetsiköissä laskentatavalla A.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,100 m<sup>3</sup>/ha ja 1,75 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 2,227 m<sup>3</sup>/ha ja 3,60 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,127 m<sup>3</sup>/ha ja 1,91 %. Harvennuskertymien erojen keskiarvot ja mediaanit olivat melko lähellä toisiaan, etenkin prosenteissa mitattuna.

Laskentatavalla A nuorten kasvatusmetsiköiden keskijäreysien keskiarvo oli 118 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 123 litraa eli hieman keskiarvoa suurempi. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 134 litraa ja pienin 96 litraa.

### 7.1.2 Varttuneet kasvatusmetsiköt

Laskentatavalla A varttuneiden kasvatusmetsiköiden harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä 86,6 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 85,9 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 13). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 85,9 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 85,6 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskiarvo oli 85,2 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 85,1 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien keskiarvot ja mediaanit olivat näin ollen hyvin lähellä toisiaan.

<b>A. Varttuneet kasvatusmetsiköt, 43 kpl</b>		
Minimilatvaläpimitta	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	86,6	85,9
5 cm	85,9	85,6
6 cm	85,2	85,1

Taulukko 13. Keskimääräiset harvennuskertymät varttuneissa kasvatusmetsiköissä laskentatapaa A käyttäen.

Laskentatavalla A varttuneiden kasvatusmetsiköiden harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 0,684 m<sup>3</sup>/ha ja 0,86 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 14). Harvennuskertymä oli keskimäärin 1,393 m<sup>3</sup>/ha ja 1,78 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 0,709 m<sup>3</sup>/ha ja 0,90 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.

<b>A. Varttuneet kasvatusmetsiköt, 43 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	0,684	0,86	0,668	0,76
3 cm vs. 6 cm	1,393	1,78	1,362	1,56
5 cm vs. 6 cm	0,709	0,90	0,681	0,79

Taulukko 14. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä varttuneissa kasvatusmetsiköissä laskentatavalla A.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 0,668 m<sup>3</sup>/ha ja 0,76 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,362 m<sup>3</sup>/ha ja 1,56 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 0,681 m<sup>3</sup>/ha ja 0,79 %. Harvennuskertymien erojen mediaanit olivat hieman keskiarvoja pienemmät, vaikei suurta eroa ollutkaan.

Laskentatavalla A varttuneiden kasvatusmetsiköiden keskijäreysien keskiarvo oli 227 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 214 litraa eli hieman keskiarvoa pienempi. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 413 litraa ja pienin 123 litraa.

### 7.1.3 Koivuvaltaiset metsiköt

Laskentatavalla A koivuvaltaisten metsiköiden harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä 72,0 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 64,4 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 15). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 71,2 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 63,4 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla harvennuskertymien keskiarvo oli 70,3 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 62,5 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien mediaanit olivat selvästi pienempiä kuin keskiarvot.

<b>A. Koivuvaltaiset metsiköt, 18 kpl</b>		
Minimilatvaläpimita	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	72,0	64,4
5 cm	71,2	63,4
6 cm	70,3	62,5

Taulukko 15. Keskimääräiset harvennuskertymät koivuvaltaisissa metsiköissä laskentatapaa A käyttäen.

Laskentatavalla A koivuvaltaisten metsiköiden harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 0,832 m<sup>3</sup>/ha ja 1,26 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 16). Harvennuskertymä oli keskimäärin 1,693 m<sup>3</sup>/ha ja 2,60 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 0,861 m<sup>3</sup>/ha ja 1,33 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.

<b>A. Koivuvaltaiset metsiköt, 18 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	0,832	1,26	0,806	1,33
3 cm vs. 6 cm	1,693	2,60	1,624	2,67
5 cm vs. 6 cm	0,861	1,33	0,799	1,33

Taulukko 16. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä koivuvaltaisissa metsiköissä laskentatavalla A.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 0,806 m<sup>3</sup>/ha ja 1,33 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,624 m<sup>3</sup>/ha ja 2,67 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 0,799 m<sup>3</sup>/ha ja 1,33 %. Harvennuskertymien erojen mediaanit ja keskiarvot olivat hyvin samansuuntaiset.



Laskentatavalla A koivuvaltaisten metsiköiden keskijäreysien keskiarvo oli 186 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 151 litraa eli selvästi keskiarvoa pienempi. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 413 litraa ja pienin 123 litraa.

#### 7.1.4 Kuusivaltaiset metsiköt

Laskentatavalla A kuusivaltaisten metsiköiden harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä 89,2 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 87,1 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 17). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 88,5 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 86,5 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla harvennuskertymien keskiarvo oli 87,9 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 86,0 m<sup>3</sup>/ha.

<b>A. Kuusivaltaiset metsiköt, 16 kpl</b>		
Minimilatvaläpimita	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	89,2	87,1
5 cm	88,5	86,5
6 cm	87,9	86,0

Taulukko 17. Keskimääräiset harvennuskertymät kuusivaltaisissa metsiköissä laskentatapaa A käyttäen.

Laskentatavalla A kuusivaltaisten metsiköiden harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 0,658 m<sup>3</sup>/ha ja 0,80 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 18). Harvennuskertymä oli keskimäärin 1,327 m<sup>3</sup>/ha ja 1,64 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 0,669 m<sup>3</sup>/ha ja 0,83 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.

<b>A. Kuusivaltaiset metsiköt, 16 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	0,658	0,80	0,629	0,71
3 cm vs. 6 cm	1,327	1,64	1,238	1,40
5 cm vs. 6 cm	0,669	0,83	0,609	0,70

Taulukko 18. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä kuusivaltaisissa metsiköissä laskentatavalla A.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 0,629 m<sup>3</sup>/ha ja 0,71 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,238 m<sup>3</sup>/ha ja 1,40 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 0,609 m<sup>3</sup>/ha ja 0,70 %. Harvennuskertymien erojen mediaanit olivat hieman pienempiä kuin keskiarvot.

Laskentatavalla A kuusivaltaisten metsiköiden keskijäreysien keskiarvo oli 226 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 228 litraa eli hyvin lähellä keskiarvoa. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 381 litraa ja pienin 96 litraa.

### 7.1.5 Mäntyvaltaiset metsiköt

Laskentatavalla A mäntyvaltaisten metsiköiden harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä 92,0 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 87,1 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 19). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 91,3 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 86,3 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla harvennuskertymien keskiarvo oli 90,5 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 85,5 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien keskiarvot olivat noin viisi kuutiometriä hehtaarilla suuremmat kuin mediaanit.

<b>A. Mäntyvaltaiset metsiköt, 16 kpl</b>		
Minimilatvaläpimita	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	92,0	87,1
5 cm	91,3	86,3
6 cm	90,5	85,5

Taulukko 19. Keskimääräiset harvennuskertymät mäntyvaltaisissa metsiköissä laskentatapaa A käyttäen.

Laskentatavalla A mäntyvaltaisten metsiköiden harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 0,738 m<sup>3</sup>/ha ja 0,85 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 20). Harvennuskertymä oli keskimäärin 1,556 m<sup>3</sup>/ha ja 1,81 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimitaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 0,818 m<sup>3</sup>/ha ja 0,95 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.

<b>A. Mäntyvaltaiset metsiköt, 16 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	0,738	0,85	0,694	0,74
3 cm vs. 6 cm	1,556	1,81	1,421	1,60
5 cm vs. 6 cm	0,818	0,95	0,740	0,84

Taulukko 20. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä mäntyvaltaisissa metsiköissä laskentatavalla A.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 0,694 m<sup>3</sup>/ha ja 0,74 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,421 m<sup>3</sup>/ha ja 1,60 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 0,740 m<sup>3</sup>/ha ja 0,84 %. Harvennuskertymien erojen mediaanit olivat hieman pienempiä kuin keskiarvot.

Laskentatavalla A mäntyvaltaisten metsiköiden keskijäreysien keskiarvo oli 227 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 242 litraa eli huomattavasti keskiarvoa suurempi. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 369 litraa ja pienin 113 litraa.

### 7.1.6 Yhteenveto ja vertailu

Laskentatavalla A harvennuskertymien keskiarvot olivat noin 20 m<sup>3</sup>/ha suuremmat varttuneissa kasvatusmetsiköissä kuin nuorissa kasvatusmetsiköissä (taulukko 21). Pääpuulajin mukaan tarkasteltuna männiköissä oli keskimäärin hieman suurempi harvennuskertymä kuin kuusikoissa. Koivikoiden harvennuskertymien keskiarvot olivat noin 20 m<sup>3</sup>/ha pienemmät kuin männiköiden.

<b>A. Harvennuskertymä m<sup>3</sup>/ha, keskiarvo</b>			
	3 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha	5 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha	6 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha
<b>Kaikki koealat</b>	<b>83,9</b>	<b>83,2</b>	<b>82,4</b>
02-metsiköt	67,4	66,3	65,0
03-metsiköt	86,6	85,9	85,2
Koivikot	72,0	71,2	70,3
Kuusikot	89,2	88,5	87,9
Männiköt	92,0	91,3	90,5

Taulukko 21. Harvennuskertymien keskiarvot minimilatvaläpimittaluokittain laskentatavalla A.

Minimilatvaläpimitan pudottaminen viidestä kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää keskimäärin 0,746 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 22). Minimilatvaläpimitan laskeminen kuudesta kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää keskimäärin 1,532 m<sup>3</sup>/ha ja kuudesta viiteen senttimetriin 0,786 m<sup>3</sup>/ha. Kun kolmen ja viiden senttimetrin sekä viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välinen kertymäero lasketaan yhteen, tulos on sama kuin harvennuskertymän ero kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä. Minimilatvaläpimitan pudottamisella kuudesta viiteen senttimetriin oli keskimäärin hieman suurempi vaikutus harvennuskertymään kuin minimilatvaläpimitan pudottamisella viidestä kolmeen senttimetriin, vaikkei ero ollutkaan suuri.

Nuorissa kasvatusmetsiköissä minimilatvaläpimitan pudottamisella saatiin keskimäärin huomattavasti suurempi lisäys harvennuskertymään kuin varttuneissa kasvatusmetsiköissä. Minimilatvaläpimitan pudottaminen kuudesta viiteen senttimetriin tai viidestä kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää keskimäärin lähes 0,5 m<sup>3</sup>/ha enemmän nuorissa kuin varttuneissa kasvatusmetsiköissä. Minimilatvaläpimitan laskeminen kuudesta kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää nuorissa kasvatusmetsiköissä noin 2,4 m<sup>3</sup>/ha ja varttuneissa kasvatusmetsiköissä noin 1,4 m<sup>3</sup>/ha, joten vaikutus oli nuorissa kasvatusmetsiköissä keskimäärin kuutiometrin hehtaarilla suurempi.

Pääpuulajin mukaan tarkasteltuna minimilatvaläpimitan pudottamisella oli keskiarvoisesti suurin vaikutus harvennuskertymään koivikoissa. Männiköissä minimilatvaläpimitan laskun vaikutus oli jonkin verran koivikoita pienempi. Kaikista vähiten minimilatvaläpimitan pudottaminen vaikutti harvennuskertymän tilavuuteen kuusikoissa.

<b>A. Harvennuskertymien ero m<sup>3</sup>/ha, keskiarvo</b>			
	3 cm vs. 5 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha	3 cm vs. 6 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha	5 cm vs. 6 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha
<b>Kaikki koealat</b>	<b>0,746</b>	<b>1,532</b>	<b>0,786</b>
02-metsiköt	1,132	2,388	1,256
03-metsiköt	0,684	1,393	0,709
Koivikot	0,832	1,693	0,861
Kuusikot	0,658	1,327	0,669
Männiköt	0,738	1,556	0,818

Taulukko 22. Harvennuskertymien erojen keskiarvot tilavuuksina minimilatvaläpimittojen välillä laskentatavalla A.

Harvennuskertymä oli keskimäärin 0,98 % suurempi kolmen kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla, 2,04 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla ja 1,05 % suurempi viiden kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 23). Minimilatvaläpimitan pudottamisella saatu lisäys harvennuskertymään oli prosenttiyksiköissä mitattuna noin kaksinkertainen nuorissa kasvatusmetsiköissä verrattuna varttuneisiin kasvatusmetsiköihin. Minimilatvaläpimitan pudottaminen kasvatti myös prosenteissa mitattuna eniten

harvennuskertymää koivikoissa. Kuusikoissa ja männiköissä harvennuskertymän kasvu minimilatvaläpimittaa pienentämällä jäi selvästi koivikoita vähäisemmäksi.

<b>A. Harvennuskertymien ero %, keskiarvo</b>			
	3 cm vs. 5 cm, keskiarvo %	3 cm vs. 6 cm, keskiarvo %	5 cm vs. 6 cm, keskiarvo %
<b>Kaikki koealat</b>	<b>0,98</b>	<b>2,04</b>	<b>1,05</b>
02-metsiköt	1,71	3,66	1,92
03-metsiköt	0,86	1,78	0,90
Koivikot	1,26	2,60	1,33
Kuusikot	0,80	1,64	0,83
Männiköt	0,85	1,81	0,95

Taulukko 23. Harvennuskertymien erojen keskiarvot prosentteina minimilatvaläpimittojen välillä laskentatavalla A.

Kaikkien koealojen harvennuskertymistä lasketut mediaanit (taulukko 24) olivat hyvin lähellä vastaavia keskiarvoja. Varttuneiden kasvatusmetsiköiden ja kuusikoiden harvennuskertymien mediaanit olivat hyvin lähellä vastaavia keskiarvoja. Nuorten kasvatusmetsiköiden ja männiköiden mediaanit olivat hieman keskiarvoja matalampia, kun taas koivikoissa harvennuskertymien mediaanit olivat selvästi keskiarvoja matalampia.

<b>A. Harvennuskertymä m<sup>3</sup>/ha, mediaani</b>			
	3 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha	5 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha	6 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha
<b>Kaikki koealat</b>	<b>83,1</b>	<b>82,3</b>	<b>81,6</b>
02-metsiköt	64,0	62,9	61,8
03-metsiköt	85,9	85,6	85,1
Koivikot	64,4	63,4	62,5
Kuusikot	87,1	86,5	86,0
Männiköt	87,1	86,3	85,5

Taulukko 24. Harvennuskertymien mediaanit minimilatvaläpimitaluokittain laskentatavalla A.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä harvennuskertymien erojen mediaani oli koko koealajoukossa 0,727 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 25). Harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,441 m<sup>3</sup>/ha kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä ja 0,720 m<sup>3</sup>/ha viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä. Mediaanit olivat keskiarvoihin nähden aavistuksen pienempiä, mutta samansuuntaisia kehitysluokkien ja pääpuulajien välisten erojen ilmentämisessä. Myös mediaaneista oli nähtävissä, että minimilatvaläpimitan pudottaminen kasvatti harvennuskertymää merkittävästi enemmän nuorissa kuin varttuneissa kasvatusmetsiköissä ja koivikoissa hieman enemmän kuin havupuuvaltaisissa metsiköissä.

<b>A. Harvennuskertymien ero m<sup>3</sup>/ha, mediaani</b>			
	3 cm vs. 5 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha	3 cm vs. 6 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha	5 cm vs. 6 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha
<b>Kaikki koealat</b>	<b>0,727</b>	<b>1,441</b>	<b>0,720</b>
02-metsiköt	1,100	2,227	1,127
03-metsiköt	0,668	1,362	0,681
Koivikot	0,806	1,624	0,799
Kuusikot	0,629	1,238	0,609
Männiköt	0,694	1,421	0,740

Taulukko 25. Harvennuskertymien erojen mediaanit tilavuuksina minimilatvaläpimittojen välillä laskentatavalla A.

Harvennuskertymien erojen mediaani kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä oli 0,81 % (taulukko 26). Harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,71 % kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä ja 0,91 % viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä. Koko koealajoukosta lasketut prosentuaaliset, harvennuskertymien erojen mediaanit olivat selvästi vastaavia keskiarvoja pienemmät. Nuorten kasvatusmetsiköiden ja koivikoiden harvennuskertymien erojen mediaanit olivat hyvin lähellä vastaavia keskiarvoja. Sen sijaan varttuneissa kasvatusmetsiköissä sekä kuusikoissa ja männiköissä harvennuskertymien erojen mediaanit olivat jonkin verran prosentuaalisia keskiarvoja pienemmät.

<b>A. Harvennuskertymien ero %, mediaani</b>			
	3 cm vs. 5 cm, mediaani %	3 cm vs. 6 cm, mediaani %	5 cm vs. 6 cm, mediaani %
<b>Kaikki koealat</b>	<b>0,81</b>	<b>1,71</b>	<b>0,91</b>
02-metsiköt	1,75	3,60	1,91
03-metsiköt	0,76	1,56	0,79
Koivikot	1,33	2,67	1,33
Kuusikot	0,71	1,40	0,70
Männiköt	0,74	1,60	0,84

Taulukko 26. Harvennuskertymien erojen mediaanit prosentteina minimiläpimittojen välillä laskentatavalla A.

Koko koealajoukossa puuston keskijäreys oli 212 litraa ja mediaani 203 litraa (taulukko 27). Varttuneiden kasvatusmetsiköiden keskijäreysien keskiarvo ja mediaani olivat kummatkin lähes 100 litraa suuremmat kuin nuorten kasvatusmetsiköiden. Pääpuulajin mukaan jaotellen koivikoiden keskijäreysien keskiarvo sekä varsinkin mediaani, oli havupuuvaltaisia metsiköitä selvästi pienempi. Kuusikoiden ja männiköiden keskijäreysien keskiarvot olivat lähes identtiset, mutta männiköiden keskijäreysien mediaani oli jonkin verran kuusikoita suurempi.

<b>A. Keskijäreys dm<sup>3</sup>, keskiarvo ja mediaani</b>		
	Keskijäreys dm <sup>3</sup> , keskiarvo	Keskijäreys dm <sup>3</sup> , mediaani
<b>Kaikki koealat</b>	<b>212</b>	<b>203</b>
02-metsiköt	118	123
03-metsiköt	227	214
Koivikot	186	151
Kuusikot	226	228
Männiköt	227	242

Taulukko 27. Keskijäreysien keskiarvot ja mediaanit laskentatavalla A.



## 7.2 Harvennuskertymät laskentatavalla B

Laskentatavassa B harvennuskertymä laskettiin niin, että koealalta poistettiin puolet läpimitaltaan pienimmistä rungoista. Runkoluvun ollessa parillinen, koealan rungoista poistettiin tasan puolet ja runkoluvun ollessa pariton, runkoja poistettiin yksi enemmän kuin jätettiin.

Laskentatavalla B koko koealajoukon harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä 73,1 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 72,1 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 28). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 71,8 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 71,0 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskiarvo oli 70,4 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 70,0 m<sup>3</sup>/ha. Hehtaariohtaisten harvennuskertymien keskiarvot ja mediaanit olivat näin ollen hyvin lähellä toisiaan.

<b>B. Kaikki koealat, 50 kpl</b>		
Minimilatvaläpimitta	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	73,1	72,1
5 cm	71,8	71,0
6 cm	70,4	70,0

Taulukko 28. Keskimääräiset harvennuskertymät laskentatavalla B käyttäen.

Harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 1,312 m<sup>3</sup>/ha ja 2,05 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 29). Harvennuskertymä oli keskimäärin 2,754 m<sup>3</sup>/ha ja 4,46 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 1,442 m<sup>3</sup>/ha ja 2,35 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.

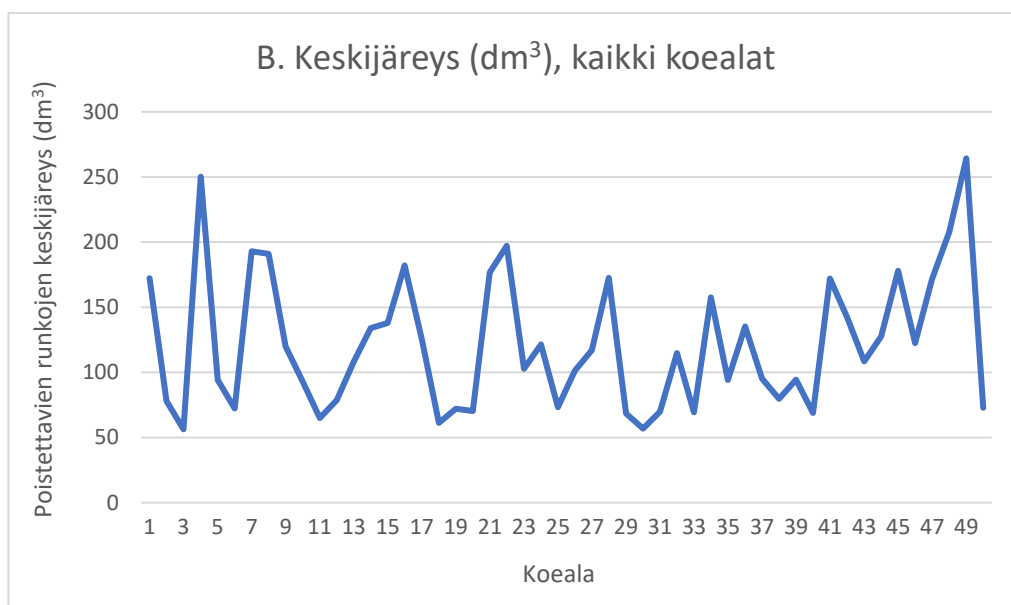
<b>B. Kaikki koealat, 50 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	1,312	2,05	1,238	1,87
3 cm vs. 6 cm	2,754	4,46	2,554	3,91
5 cm vs. 6 cm	1,442	2,35	1,297	1,83

Taulukko 29. Minimilatväläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä laskentatavalla B.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatväläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,238 m<sup>3</sup>/ha ja 1,87 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatväläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 2,554 m<sup>3</sup>/ha ja 3,91 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatväläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,297 m<sup>3</sup>/ha ja 1,83 %. Harvennuskertymien erojen mediaanit olivat selvästi keskiarvoja pienemmät, varsinkin prosenteissa mitattuna.

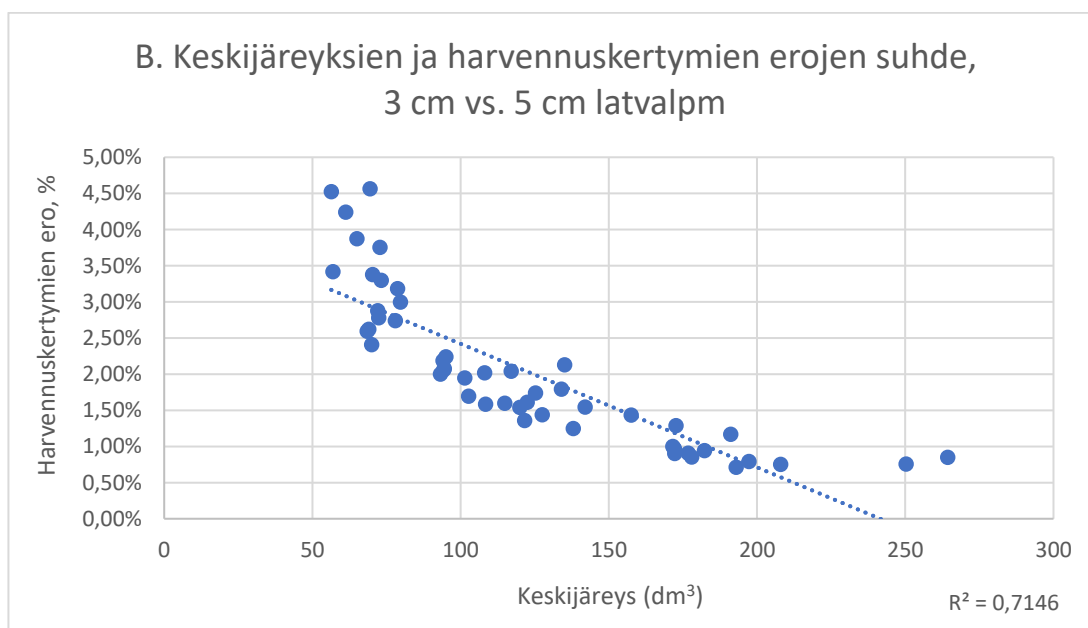
Laskentatavalla B koealoilta poistettavan puuston keskijäreysien keskiarvo oli 122 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 112 litraa eli hieman keskiarvoa pienempi. Keskijäreys oli huomattavasti pienempi kuin laskentatavalla A, sillä tässä menetelmässä poistetaan metsikön pienimpiä, alimpien latvuserroksien puita eli toimitaan alaharvennusperiaatteella.

Alaharvennuksen painopisteenä on poistaa metsikön alimpien latvuserrosten puita ja jättää kasvamaan laadultaan parhaita valta- ja lisävaltapuita (Ovaskainen & Schildt 2022d). Keskijäreys jää laskentatavalla B jopa pienemmäksi kuin tyypillisessä alaharvennuksena toteutetussa harvennushakkuussa, sillä alaharvennuksessakin poistetaan puita ylemmistä latvuserroksista esimerkiksi silloin, kun puu on huonolaatuinen, viallinen tai se kasvaa ajouran kohdalla. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 264 litraa ja pienin 56 litraa (kuvio 5).



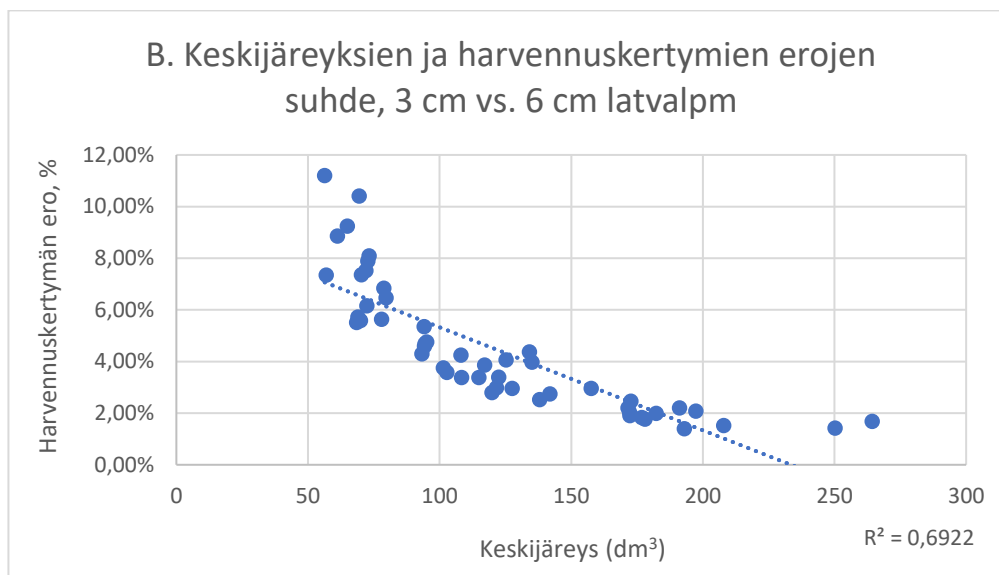
Kuvio 5. Koealoilta poistettavan puuston keskijäreydät laskentatavalla B.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välisten harvennuskertymien erojen sekä poistettavan puuston keskijäreyksien riippuvuutta kuvaavan lineaarisen regressiosuoran  $R^2$ -luku oli 0,7146 (kuvio 6). Tämä tarkoittaa sitä, että yli 71 % harvennuskertymien välisen eron suuruuden vaihtelusta kyettiin selittämään koealan puuston keskijäreuden avulla.

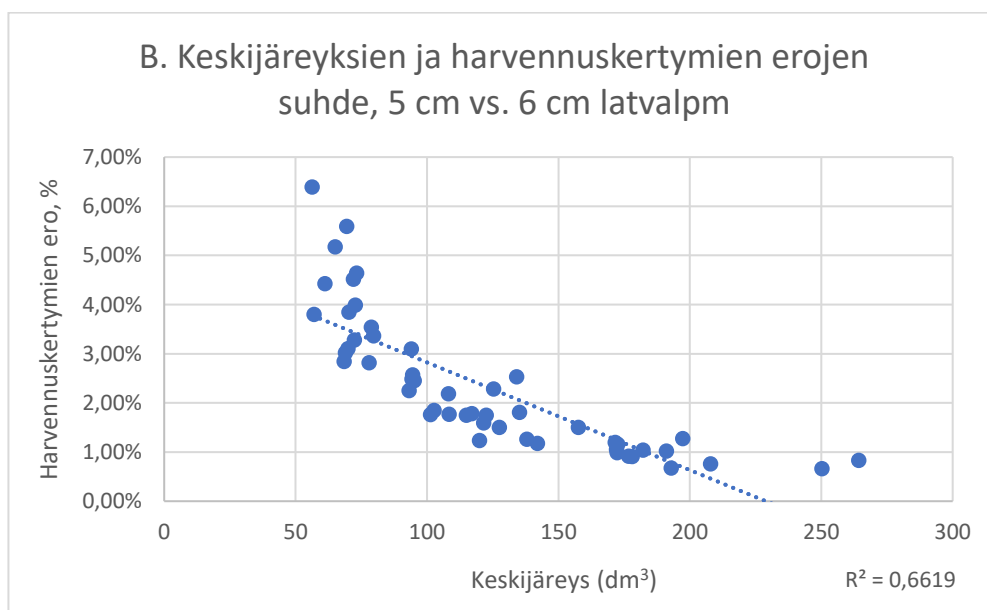


Kuvio 6. Koealojen poistettavan puuston keskijäreuden ja harvennuskertymien eron (3 ja 5 cm:n minimilatvaläpimittojen välillä prosentteina) välinen riippuvuus laskentatavalla B.

Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välisten harvennuskertymien erojen sekä keskijäreyksien riippuvuutta kuvaava  $R^2$ -luku oli 0,6922 (kuvio 7). Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välisten harvennuskertymien erojen sekä keskijäreyksien riippuvuutta kuvaava  $R^2$ -luku oli 0,6619 (kuvio 8) eli hieman yli 66 % harvennuskertymien välisten erojen suuruudesta pystyttiin selittämään keskijäreydellä.



Kuvio 7. Koealojen poistettavan puuston keskijäreuden ja harvennuskertymien eron (3 ja 6 cm:n minimilatvaläpimittojen välillä prosentteina) välinen riippuvuus laskentatavalla B.



Kuvio 8. Koealojen poistettavan puuston keskijäreuden ja harvennuskertymien eron (5 ja 6 cm:n minimilatvaläpimittojen välillä prosentteina) välinen riippuvuus laskentatavalla B.

Keskijäreiden suurenemisella pystyttiin selittämään kohtalaisen hyvin harvennuskertymien välisten erojen pieneneminen kullakin minimiläpimittayhdistelmällä.  $R^2$ -luku oli kaikista minimiläpimittayhdistelmistä suurin kolmen ja viiden senttimetrin minimiläpimittojen välillä, joten keskijäreys selitti harvennuskertymien eron vaihtelun parhaiten näiden minimiläpimittojen välillä.

### 7.2.1 Nuoret kasvatusmetsiköt

Lasketavalla B nuorten kasvatusmetsiköiden harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimiläpimittaa käyttämällä 58,7 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 60,2 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 30). Viiden senttimetrin minimiläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 56,7 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 58,7 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimiläpimitalla keskiarvo oli 54,3 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 56,3 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien mediaanit olivat hieman keskiarvoja suuremmat.

<b>B. Nuoret kasvatusmetsiköt, 7 kpl</b>		
Minimiläpimitta	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	58,7	60,2
5 cm	56,7	58,7
6 cm	54,3	56,3

Taulukko 30. Keskimääräiset harvennuskertymät nuorissa kasvatusmetsiköissä lasketavataapaa B käyttäen.

Nuorten kasvatusmetsiköiden harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimiläpimitalla keskimäärin 2,004 m<sup>3</sup>/ha ja 3,57 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimiläpimitalla (taulukko 31). Harvennuskertymä oli keskimäärin 4,384 m<sup>3</sup>/ha ja 8,14 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimiläpimitalla. Viiden senttimetrin minimiläpimittaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 2,380 m<sup>3</sup>/ha ja 4,41 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimiläpimitalla.

<b>B. Nuoret kasvatusmetsiköt, 7 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	2,004	3,57	1,847	3,42
3 cm vs. 6 cm	4,384	8,14	3,773	7,89
5 cm vs. 6 cm	2,380	4,41	1,965	3,99

Taulukko 31. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä nuorissa kasvatusmetsiköissä laskentatavalla B.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,847 m<sup>3</sup>/ha ja 3,42 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 3,773 m<sup>3</sup>/ha ja 7,89 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,965 m<sup>3</sup>/ha ja 3,99 %. Harvennuskertymien erojen mediaanit olivat selvästi keskiarvoja pienemmät sekä tilavuuksina että prosentteina, etenkin viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittoja vertaillessa.

Laskentatavalla B nuorten kasvatusmetsiköiden koealoilta poistettavan puuston keskijäreysien keskiarvo oli 68 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 70 litraa eli hieman keskiarvoa suurempi. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 80 litraa ja pienin 56 litraa.

## 7.2.2 Varttuneet kasvatusmetsiköt

Laskentatavalla B varttuneiden kasvatusmetsiköiden harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä 75,4 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 75,2 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 32). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 74,2 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 74,1 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskiarvo oli 72,9 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 73,3 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien keskiarvoissa ja mediaaneissa ei ollut näin ollen juurikaan eroa.

<b>B. Varttuneet kasvatusmetsiköt, 43 kpl</b>		
Minimilatvaläpimitta	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	75,4	75,2
5 cm	74,2	74,1
6 cm	72,9	73,3

Taulukko 32. Keskimääräiset harvennuskertymät varttuneissa kasvatusmetsiköissä laskentatapaa B käyttäen.

Varttuneiden kasvatusmetsiköiden harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 1,199 m<sup>3</sup>/ha ja 1,80 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 33). Harvennuskertymä oli keskimäärin 2,489 m<sup>3</sup>/ha ja 3,86 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 1,290 m<sup>3</sup>/ha ja 2,01 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.

<b>B. Varttuneet kasvatusmetsiköt, 43 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	1,199	1,80	1,218	1,61
3 cm vs. 6 cm	2,489	3,86	2,397	3,39
5 cm vs. 6 cm	1,290	2,01	1,218	1,76

Taulukko 33. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä varttuneissa kasvatusmetsiköissä laskentatavalla B.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,218 m<sup>3</sup>/ha ja 1,61 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 2,397 m<sup>3</sup>/ha ja 3,39 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,218 m<sup>3</sup>/ha ja 1,76 %. Harvennuskertymien prosentuaalisten erojen mediaanit olivat selvästi keskiarvoja pienemmät. Kolmen ja viiden senttimetrin välisten kertymäerojen tilavuuksien mediaani oli kuitenkin vastaavaa keskiarvoa suurempi. Muiden minimilatvaläpimittojen välisten kertymäerojen osalta tilavuuksien mediaanit olivat keskiarvoja pienemmät.

Laskentatavalla B varttuneiden kasvatusmetsiköiden koealoilta poistettavan puuston keskijäreysien keskiarvo oli 131 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 122 litraa eli hieman keskiarvoa pienempi. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 264 litraa ja pienin 61 litraa.

### 7.2.3 Koivuvaltaiset metsiköt

Laskentatavalla B koivuvaltaisten metsiköiden harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä 63,4 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 57,2 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 34). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 61,9 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 55,2 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskiarvo oli 60,4 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 53,0 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien mediaanit olivat huomattavasti keskiarvoja pienemmät.

<b>B. Koivuvaltaiset metsiköt, 18 kpl</b>		
Minimilatvaläpimitta	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	63,4	57,2
5 cm	61,9	55,2
6 cm	60,4	53,0

Taulukko 34. Keskimääräiset harvennuskertymät koivuvaltaisissa metsiköissä laskentatapaa B käyttäen.

Koivuvaltaisten metsiköiden harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 1,439 m<sup>3</sup>/ha ja 2,60 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 35). Harvennuskertymä oli keskimäärin 3,017 m<sup>3</sup>/ha ja 5,69 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 1,578 m<sup>3</sup>/ha ja 3,00 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.



<b>B. Koivuvaltaiset metsiköt, 18 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	1,439	2,60	1,336	2,49
3 cm vs. 6 cm	3,017	5,69	2,908	5,49
5 cm vs. 6 cm	1,578	3,00	1,434	2,96

Taulukko 35. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä koivuvaltaisissa metsiköissä laskentatavalla B.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,336 m<sup>3</sup>/ha ja 2,49 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 2,908 m<sup>3</sup>/ha ja 5,49 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,434 m<sup>3</sup>/ha ja 2,96 %. Harvennuskertymien erojen mediaanit olivat hieman keskiarvoja matalampia.

Laskentatavalla B koivuvaltaisten metsiköiden koealoilta poistettavan puuston keskijäreyksien keskiarvo oli 109 litraa. Keskijäreyksien mediaani oli 87 litraa eli merkittävästi keskiarvoa pienempi. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 264 litraa ja pienin 61 litraa.

#### 7.2.4 Kuusivaltaiset metsiköt

Laskentatavalla B kuusivaltaisten metsiköiden harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä 76,4 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 73,8 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 36). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 75,2 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 72,6 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskiarvo oli 74,0 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 71,8 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien mediaanit olivat siis hieman keskiarvoja pienemmät.

<b>B. Kuusivaltaiset metsiköt, 16 kpl</b>		
Minimilatvaläpimita	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	76,4	73,8
5 cm	75,2	72,6
6 cm	74,0	71,8

Taulukko 36. Keskimääräiset harvennuskertymät kuusivaltaisissa metsiköissä laskentatapaa B käyttäen.

Laskentatavalla B kuusivaltaisten metsiköiden harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 1,157 m<sup>3</sup>/ha ja 1,65 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 37). Harvennuskertymä oli keskimäärin 2,314 m<sup>3</sup>/ha ja 3,38 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimitaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 1,157 m<sup>3</sup>/ha ja 1,70 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.

<b>B. Kuusivaltaiset metsiköt, 16 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	1,157	1,65	1,140	1,56
3 cm vs. 6 cm	2,314	3,38	2,201	3,17
5 cm vs. 6 cm	1,157	1,70	1,100	1,62

Taulukko 37. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä kuusivaltaisissa metsiköissä laskentatavalla B.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,140 m<sup>3</sup>/ha ja 1,56 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 2,201 m<sup>3</sup>/ha ja 3,17 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,100 m<sup>3</sup>/ha ja 1,62 %. Harvennuskertymien erojen mediaanit olivat hieman keskiarvoja matalammat.

Laskentatavalla B kuusivaltaisten metsiköiden koealoilta poistettavan puuston keskijäreysien keskiarvo oli 127 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 121 litraa

eli hieman keskiarvoa pienempi. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 208 litraa ja pienin 57 litraa.

### 7.2.5 Mäntyvaltaiset metsiköt

Laskentatavalla B mäntyvaltaisten metsiköiden harvennuskertymien keskiarvo oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä 80,7 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 82,0 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 38). Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttäen harvennuskertymien keskiarvo oli 79,4 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 80,9 m<sup>3</sup>/ha. Kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskiarvo oli 77,8 m<sup>3</sup>/ha ja mediaani 79,1 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien mediaanit olivat näin ollen hieman keskiarvoja suuremmat.

<b>B. Mäntyvaltaiset metsiköt, 16 kpl</b>		
Minimilatvaläpimitta	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, keskiarvo	Harvennuskertymä m <sup>3</sup> /ha, mediaani
3 cm	80,7	82,0
5 cm	79,4	80,9
6 cm	77,8	79,1

Taulukko 38. Keskimääräiset harvennuskertymät mäntyvaltaisissa metsiköissä laskentatapaa B käyttäen.

Laskentatavalla B mäntyvaltaisten metsiköiden harvennuskertymä oli kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla keskimäärin 1,324 m<sup>3</sup>/ha ja 1,82 % suurempi kuin viiden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (taulukko 39). Harvennuskertymä oli keskimäärin 2,898 m<sup>3</sup>/ha ja 4,14 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Viiden senttimetrin minimilatvaläpimittaa käyttämällä harvennuskertymä oli keskimäärin 1,574 m<sup>3</sup>/ha ja 2,26 % suurempi kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla.

<b>B. Mäntyvaltaiset metsiköt, 16 kpl</b>				
Harvennuskertymän ero	keskiarvo, m <sup>3</sup> /ha	keskiarvo, %	mediaani, m <sup>3</sup> /ha	mediaani, %
3 cm vs. 5 cm	1,324	1,82	1,316	1,55
3 cm vs. 6 cm	2,898	4,14	2,731	3,52
5 cm vs. 6 cm	1,574	2,26	1,395	1,92

Taulukko 39. Minimilatvaläpimittojen väliset keskimääräiset erot harvennuskertymässä mäntyvaltaisissa metsiköissä laskentatavalla B.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,316 m<sup>3</sup>/ha ja 1,55 %. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen vertailussa harvennuskertymien erojen mediaani oli 2,731 m<sup>3</sup>/ha ja 3,52 %. Viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitoilla harvennuskertymien erojen mediaani oli 1,395 m<sup>3</sup>/ha ja 1,92 %. Harvennuskertymien erojen mediaanit olivat jonkin verran keskiarvoja matalampia.

Laskentatavalla B mäntyvaltaisten metsiköiden koealoilta poistettavan puuston keskijäreysien keskiarvo oli 132 litraa. Keskijäreysien mediaani oli 130 litraa eli hyvin lähellä keskiarvoa. Suurin koealakohtainen keskijäreys oli 197 litraa ja pienin 56 litraa.

### 7.2.6 Yhteenveto ja vertailu

Laskentatavalla B harvennuskertymien keskiarvot olivat yli 15 m<sup>3</sup>/ha suuremmat varttuneissa kasvatusmetsiköissä kuin nuorissa kasvatusmetsiköissä (taulukko 40). Pääpuulajin mukaan tarkasteltuna männiköiden harvennuskertymät olivat keskimäärin hieman suuremmat kuin kuusikoiden. Koivikoiden harvennuskertymät olivat selvästi pienimmät, keskimäärin yli 15 m<sup>3</sup>/ha matalammat kuin männiköissä.

<b>B. Harvennuskertymä m<sup>3</sup>/ha, keskiarvo</b>			
	3 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha	5 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha	6 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha
<b>Kaikki koealat</b>	<b>73,1</b>	<b>71,8</b>	<b>70,4</b>
02-metsiköt	58,7	56,7	54,3
03-metsiköt	75,4	74,2	72,9
Koivikot	63,4	61,9	60,4
Kuusikot	76,4	75,2	74,0
Männiköt	80,7	79,4	77,8

Taulukko 40. Harvennuskertymien keskiarvot minimilatvaläpimittaluokittain laskentatavalla B.

Minimilatvaläpimitan pudottaminen viidestä kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää keskimäärin 1,312 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 41). Minimilatvaläpimitan laskeminen kuudesta kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää keskimäärin 2,754 m<sup>3</sup>/ha ja kuudesta viiteen senttimetriin keskimäärin 1,442 m<sup>3</sup>/ha. Minimilatvaläpimitan pudottamisella kuudesta viiteen senttimetriin oli keskimäärin hieman suurempi vaikutus harvennuskertymään kuin minimilatvaläpimitan pudotuksella viidestä kolmeen senttimetriin. Ilmiö korostui etenkin männiköissä ja nuorissa kasvatusmetsiköissä.

Nuorissa kasvatusmetsiköissä minimilatvaläpimitan pudottamisella saatiin keskimäärin huomattavasti suurempi lisäys harvennuskertymään kuin varttuneissa kasvatusmetsiköissä. Minimilatvaläpimitan pudottaminen kuudesta viiteen senttimetriin tai viidestä kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää keskimäärin noin kuutiometrin hehtaarilla enemmän nuorissa kuin varttuneissa kasvatusmetsiköissä. Minimilatvaläpimitan laskeminen kuudesta kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää nuorissa kasvatusmetsiköissä lähes 4,4 m<sup>3</sup>/ha ja varttuneissa kasvatusmetsiköissä noin 2,5 m<sup>3</sup>/ha, joten eroa syntyi keskimäärin lähes kaksi kuutiometriä hehtaarille.

Pääpuulajin mukaan tarkasteltuna minimilatvaläpimitan pudottaminen vaikutti harvennuskertymään keskiarvoisesti eniten koivikoissa. Koivikoissa minimilatvaläpimitan laskeminen viidestä kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää keskimäärin noin 1,4 m<sup>3</sup>/ha ja männiköissä 1,3 m<sup>3</sup>/ha. Minimilatvaläpimitan

laskeminen kuudesta kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää koivikoissa keskimäärin 3,0 m<sup>3</sup>/ha ja männiköissä 2,9 m<sup>3</sup>/ha. Minimilatväläpimitan pudotus kuudesta viiteen senttimetriin vaikutti harvennuskertymään koivikoissa ja männiköissä kutakuinkin yhtä paljon, keskimäärin lähes 1,6 m<sup>3</sup>/ha. Kuusikoissa minimilatväläpimitan laskeminen vaikutti kaikista vähiten harvennuskertymän suuruuteen.

<b>B. Harvennuskertymien ero m<sup>3</sup>/ha, keskiarvo</b>			
	3 cm vs. 5 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha	3 cm vs. 6 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha	5 cm vs. 6 cm, keskiarvo m <sup>3</sup> /ha
<b>Kaikki koealat</b>	<b>1,312</b>	<b>2,754</b>	<b>1,442</b>
02-metsiköt	2,004	4,384	2,380
03-metsiköt	1,199	2,489	1,290
Koivikot	1,439	3,017	1,578
Kuusikot	1,157	2,314	1,157
Männiköt	1,324	2,898	1,574

Taulukko 41. Harvennuskertymien erojen keskiarvot tilavuuksina minimilatväläpimittojen välillä laskentatavalla B.

Harvennuskertymä oli keskimäärin 2,05 % suurempi kolmen kuin viiden senttimetrin minimilatväläpimitalla, 4,46 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatväläpimitalla ja 2,35 % suurempi viiden kuin kuuden senttimetrin minimilatväläpimitalla (taulukko 42). Koko koealajoukossa ja kaikissa osajoukoissa kuusikoita lukuun ottamatta, minimilatväläpimitan laskeminen kuudesta viiteen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää keskimäärin selvästi enemmän kuin minimilatväläpimitan laskeminen viidestä kolmeen senttimetriin.

Minimilatväläpimitan pudottamisella saatu lisäys harvennuskertymään oli prosenttiyksiköissä mitattuna noin kaksinkertainen nuorissa kasvatusmetsiköissä varttuneisiin kasvatusmetsiköihin verrattuna. Nuorissa kasvatusmetsiköissä minimilatväläpimitan pudottaminen viidestä kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää keskimäärin 3,57 % ja varttuneissa kasvatusmetsiköissä 1,80 %. Minimilatväläpimitan pudottaminen kuudesta kolmeen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää nuorissa kasvatusmetsiköissä keskimäärin 8,14 % ja varttuneissa kasvatusmetsiköissä 3,86 %. Minimilatväläpimitan pudottaminen

kuudesta viiteen senttimetriin kasvatti harvennuskertymää nuorissa kasvatusmetsiköissä keskimäärin 4,41 % ja varttuneissa kasvatusmetsiköissä 2,01 %.

Myös prosenteissa mitattuna minimilatvaläpimitan pudottaminen kasvatti harvennuskertymää keskiarvoisesti eniten koivikoissa. Männiköissä harvennuskertymän kasvu minimilatvaläpimittaa pudottamalla jäi selvästi koivikoita pienemmäksi ja kaikista vähiten minimilatvaläpimitalla oli vaikutusta harvennuskertymään kuusikoissa.

<b>B. Harvennuskertymien ero %, keskiarvo</b>			
	3 cm vs. 5 cm, keskiarvo %	3 cm vs. 6 cm, keskiarvo %	5 cm vs. 6 cm, keskiarvo %
<b>Kaikki koealat</b>	<b>2,05</b>	<b>4,46</b>	<b>2,35</b>
02-metsiköt	3,57	8,14	4,41
03-metsiköt	1,80	3,86	2,01
Koivikot	2,60	5,69	3,00
Kuusikot	1,65	3,38	1,70
Männiköt	1,82	4,14	2,26

Taulukko 42. Harvennuskertymien erojen keskiarvot prosentteina minimilatvaläpimittojen välillä laskentatavalla B.

Koko koealajoukon harvennuskertymistä lasketut mediaanit (taulukko 43) olivat hyvin lähellä vastaavia keskiarvoja. Nuorten ja varttuneiden kasvatusmetsiköiden sekä männiköiden harvennuskertymien mediaanit olivat hyvin lähellä vastaavien keskiarvoja. Koivikoiden ja kuusikoiden harvennuskertymien mediaanit olivat jonkin verran keskiarvoja matalammat.

<b>B. Harvennuskertymä m<sup>3</sup>/ha, mediaani</b>			
	3 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha	5 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha	6 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha
<b>Kaikki koealat</b>	<b>72,1</b>	<b>71,0</b>	<b>70,0</b>
02-metsiköt	60,2	58,7	56,3
03-metsiköt	75,2	74,1	73,3
Koivikot	57,2	55,2	53,0
Kuusikot	73,8	72,6	71,8
Männiköt	82,0	80,9	79,1

Taulukko 43. Harvennuskertymien mediaanit minimilatvaläpimitaluokittain laskentatavalla B.

Kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välisten harvennuskertymien erojen mediaani oli koko koealajoukossa 1,238 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 44). Harvennuskertymien erojen mediaani oli 2,554 m<sup>3</sup>/ha kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä ja 1,297 m<sup>3</sup>/ha viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä. Tilavuuksien mediaanit olivat keskiarvoihin nähden jonkin verran pienempiä, mutta kuvasivat kehitysluokkien ja pääpuulajien välistä vaihtelua samansuuntaisesti. Mediaaneistakin on nähtävissä, että minimilatvaläpimitan laskeminen kasvatti harvennuskertymää merkittävästi enemmän nuorissa kuin varttuneissa kasvatusmetsiköissä ja koivikoissa enemmän kuin havupuuvaltaisissa metsiköissä. Harvennuskertymien erojen mediaanit ja keskiarvot olivat lähimpänä toisiaan kuusikoissa.

<b>B. Harvennuskertymien ero m<sup>3</sup>/ha, mediaani</b>			
	3 cm vs. 5 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha	3 cm vs. 6 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha	5 cm vs. 6 cm, mediaani m <sup>3</sup> /ha
<b>Kaikki koealat</b>	<b>1,238</b>	<b>2,554</b>	<b>1,297</b>
02-metsiköt	1,847	3,773	1,965
03-metsiköt	1,218	2,397	1,218
Koivikot	1,336	2,908	1,434
Kuusikot	1,140	2,201	1,100
Männiköt	1,316	2,731	1,395

Taulukko 44. Harvennuskertymien erojen mediaanit tilavuuksina minimilatvaläpimittojen välillä laskentatavalla B.



Harvennuskertymien erojen mediaani kolmen ja viiden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä oli 1,87 % (taulukko 45). Harvennuskertymien erojen mediaani oli 3,91 % kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä ja 1,83 % viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä.

Koko koealajoukosta lasketut, harvennuskertymien prosentuaalisten erojen mediaanit olivat selvästi vastaavia keskiarvoja pienemmät. Nuorissa kasvatusmetsiköissä, koivikoissa ja kuusikoissa harvennuskertymien erojen mediaanit olivat jonkin verran vastaavia keskiarvoja pienemmät. Varttuneissa kasvatusmetsiköissä ja männiköissä harvennuskertymien erojen mediaanit olivat merkittävästi prosentuaalisia keskiarvoja pienemmät.

<b>B. Harvennuskertymien ero %, mediaani</b>			
	3 cm vs. 5 cm, mediaani %	3 cm vs. 6 cm, mediaani %	5 cm vs. 6 cm, mediaani %
<b>Kaikki koealat</b>	<b>1,87</b>	<b>3,91</b>	<b>1,83</b>
02-metsiköt	3,42	7,89	3,99
03-metsiköt	1,61	3,39	1,76
Koivikot	2,49	5,49	2,96
Kuusikot	1,56	3,17	1,62
Männiköt	1,55	3,52	1,92

Taulukko 45. Harvennuskertymien erojen mediaanit prosentteina minimilatvaläpimittojen välillä laskentatavalla B.

Koko koealajoukon osalta poistettavan puuston keskijäreysien keskiarvo oli 122 litraa ja mediaani 112 litraa (taulukko 46). Varttuneissa kasvatusmetsiköissä keskijäreysien keskiarvo ja mediaani olivat kummatkin noin 50 litraa suuremmat kuin nuorissa kasvatusmetsiköissä. Pääpuulajin mukaan jaoteltuna koivikoiden keskijäreysien keskiarvo sekä varsinkin mediaani olivat havupuuvaltaisia metsiköitä selvästi pienemmät. Kuusikoiden ja männiköiden keskijäreysien keskiarvot olivat melko lähellä toisiaan, mutta männiköiden keskijäreysien mediaani oli kuusikoita jonkin verran suurempi.

<b>B. Keskijäreys dm<sup>3</sup>, keskiarvo ja mediaani</b>		
	Keskijäreys dm <sup>3</sup> , keskiarvo	Keskijäreys dm <sup>3</sup> , mediaani
<b>Kaikki koealat</b>	<b>122</b>	<b>112</b>
02-metsiköt	68	70
03-metsiköt	131	122
Koivikot	109	87
Kuusikot	127	121
Männiköt	132	130

Taulukko 46. Poistettavan puuston keskijäreyksien keskiarvot ja mediaanit laskentatavalla B.

### 7.3 Harvennuskertymän laskentatapojen vertailu

Koko koealajoukkoa tarkasteltaessa, harvennuskertymien keskiarvot olivat laskentatavalla A noin 10 m<sup>3</sup>/ha suuremmat kuin laskentatavalla B. Poistamalla kolmasosa koealan puuston tilavuudesta saavutettiin yleensä suurempi hakkuukertymä kuin poistamalla puolet koealan pienimmistä rungoista. Myös silloin, kun koealat jaoteltiin osajoukkoihin kehitysluokan tai pääpuulajin mukaan, harvennuskertymien ero laskentatapojen välillä oli keskimäärin noin 10 m<sup>3</sup>/ha laskentatavan A hyväksi.

Koko koealajoukon osalta harvennuskertymien mediaanit olivat keskiarvojen tapaan noin 10 m<sup>3</sup>/ha suuremmat laskentatavalla A kuin laskentatavalla B. Nuorissa kasvatusmetsiköissä harvennuskertymien mediaanit olivat noin 4 m<sup>3</sup>/ha suuremmat laskentatavalla A. Varttuneissa kasvatusmetsiköissä ja kuusikoissa harvennuskertymien mediaanit olivat yli 10 m<sup>3</sup>/ha suuremmat laskentatavalla A. Männiköissä harvennuskertymien mediaanit olivat hieman yli 5 m<sup>3</sup>/ha ja koivikoissa vajaat 10 m<sup>3</sup>/ha suuremmat laskentatavalla A kuin laskentatavalla B.

Harvennuskertymien erojen keskiarvo kolmen ja viiden senttimetrin minimiläpimittojen välillä oli laskentatavalla A 0,746 m<sup>3</sup>/ha ja laskentatavalla B 1,312 m<sup>3</sup>/ha. Kolmen ja kuuden senttimetrin minimiläpimittojen välillä harvennuskertymien ero oli laskentatavalla A 1,532 m<sup>3</sup>/ha ja laskentatavalla B 2,754

m<sup>3</sup>/ha. Keskiarvo viiden ja kuuden senttimetrin minimilatväläpimittojen välillä oli laskentatavalla A 0,786 m<sup>3</sup>/ha ja laskentatavalla B 1,442 m<sup>3</sup>/ha. Tarkasteltavasta minimiläpimittayhdistelmästä riippumatta harvennuskertymien ero minimiläpimittojen välillä oli keskimäärin noin 80 % suurempi laskentatavalla B kuin A. Kehitysluokan tai pääpuulajin mukaan jaoteltujen osajoukkojen tulokset eivät poikenneet merkittävästi koko koealajoukon keskiarvoista, vaan minimilatväläpimitan pudottamisen aikaansaama harvennuskertymän kasvu oli laskentatavalla B lähes kaksinkertainen laskentatapaan A verrattuna.

Koko koealajoukon osalta harvennuskertymien erojen mediaani kolmen ja viiden senttimetrin minimilatväläpimittojen välillä oli laskentatavalla A 0,727 m<sup>3</sup>/ha ja laskentatavalla B 1,238 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien erojen mediaani kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatväläpimittojen välillä oli laskentatavalla A 1,441 m<sup>3</sup>/ha ja laskentatavalla B 2,554 m<sup>3</sup>/ha. Keskiarvo viiden ja kuuden senttimetrin minimilatväläpimittojen välillä oli laskentatavalla A 0,720 m<sup>3</sup>/ha ja laskentatavalla B 1,297 m<sup>3</sup>/ha. Harvennuskertymien erojen mediaanit olivat kolmen ja viiden senttimetrin sekä viiden ja kuuden senttimetrin minimiläpimittayhdistelmien osalta noin 0,5 m<sup>3</sup>/ha suuremmat laskentatavalla B kuin A. Kolmen ja kuuden senttimetrin välisten harvennuskertymäerojen mediaani oli laskentatavalla B noin kuutiometrin hehtaarilla suurempi kuin laskentatavalla A.

Koko koealajoukkoa tarkastellessa harvennuskertymien erojen keskiarvo kolmen ja viiden senttimetrin minimilatväläpimittojen välillä oli laskentatavalla A 0,98 % ja laskentatavalla B 2,05 %. Harvennuskertymien erojen keskiarvo kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatväläpimittojen välillä oli laskentatavalla A 2,04 % ja laskentatavalla B 4,46 %. Keskiarvo viiden ja kuuden senttimetrin minimilatväläpimittojen välisessä harvennuskertymässä oli laskentatavalla A 1,05 % ja laskentatavalla B 2,35 %. Harvennuskertymien ero minimiläpimittaluokkien välillä oli prosenttiyksiköissä mitattuna keskimäärin yli tuplasti suurempi laskentatavalla B kuin laskentatavalla A.

Koko koealajoukon osalta harvennuskertymien erojen mediaani kolmen ja viiden senttimetrin minimilatväläpimittojen välillä oli laskentatavalla A 0,81 % ja laskentatavalla B 1,87 %. Harvennuskertymien erojen mediaani kolmen ja

kuuden senttimetrin minimiläpimittojen välillä oli laskentatavalla A 1,71 % ja laskentatavalla B 3,91 %. Mediaani viiden ja kuuden senttimetrin minimiläpimittojen välillä oli laskentatavalla A 0,91 % ja laskentatavalla B 1,83 %. Harvennuskertymien erojen mediaani minimiläpimittayhdistelmien välillä oli prosenttiyksiköissä mitattuna yli tuplasti suurempi laskentatavalla B kuin laskentatavalla A. Kehitysluokan tai pääpuulajin mukaan tarkasteltuna suuruusluokkien suhteet laskentatapojen välillä vaihtelivat.

Koko koealajoukon osalta puuston keskijäreys oli 212 litraa laskentatavalla A ja 122 litraa laskentatavalla B. Kaikkien koealojen osalta keskijäreysien mediaani oli 203 litraa laskentatavalla A ja 112 litraa laskentatavalla B. Varttuneiden kasvatusmetsiköiden, kuusikoiden sekä männiköiden keskijäreysien keskiarvot ja mediaanit olivat kutakuinkin 100 litraa pienemmät laskentatavalla B kuin laskentatavalla A. Nuorten kasvatusmetsiköiden keskijäreysien keskiarvo ja mediaani olivat noin 50 litraa suuremmat laskentatavalla A kuin laskentatavalla B. Koiviköiden keskijäreysien keskiarvo oli noin 75 litraa ja mediaani noin 65 litraa suurempi laskentatavalla A kuin laskentatavalla B.

Keskijäreysien ja minimiläpimittojen välisten harvennuskertymäerojen riippuvuutta selittävät  $R^2$ -luvut olivat melko lähellä toisiaan kaikkien minimiläpimittayhdistelmien osalta molemmilla harvennuskertymän laskentatavoilla. Riippuvuus oli selkeämpi laskentatapaa A käyttäen, mutta puuston keskijäreys kykeni selittämään harvennuskertymäerojen vaihtelun minimiläpimittojen välillä melko vahvasti myös laskentatavalla B.

Kaikista parhaiten laskentatapojen välisten harvennuskertymien eroja selitti koealojen keskijäreys, sillä laskentatavalla A keskijäreysdet olivat selvästi laskentatapaa B suuremmat. Harvennuskertymän laskentatavasta riippumatta minimiläpimittojen välisten harvennuskertymien erot eri koealoilla olivat samansuuntaiset, mikäli niiden keskijäreysdet olivat lähellä toisiaan.

## 8 Pohdinta

### 8.1 Johtopäätökset ja tulosten tarkastelu

Minimilatvaläpimitan vaikutus harvennuskertymään oli kolmen ja viiden senttimetrin välillä keskiarvoisesti 0,98 % laskentatavalla A ja 2,05 % laskentatavalla B. Harvennuskertymässä oli eroa kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä keskiarvoisesti 2,04 % laskentatavalla A ja 4,46 % laskentatavalla B. Minimilatvaläpimitan vaikutus harvennuskertymään oli viiden ja kuuden senttimetrin välillä keskiarvoisesti 1,05 % laskentatavalla A ja 2,35 % laskentatavalla B. Kaikista eniten harvennuskertymää kasvatti luonnollisesti minimilatvaläpimitan pudottaminen kuudesta kolmeen senttimetriin. Minimilatvaläpimitan pudottaminen kuudesta viiteen senttimetriin oli harvennuskertymän kannalta keskiarvoisesti merkittävämpi, kuin pudotus viidestä kolmeen senttimetriin.

Minimilatvaläpimitan pudottamisen myötä harvennuskertymän tilavuus kasvoi keskimäärin noin 65–85 % enemmän nuorissa- kuin varttuneissa kasvatusmetsiköissä. Tämä tarkoittaa sitä, että minimilatvaläpimitan pudottamisen vaikutus oli yli 1,5-kertainen nuorissa kasvatusmetsiköissä varttuneisiin kasvatusmetsiköihin verrattuna. Harvennuskertymä kasvoi minimilatvaläpimitan pudottamisen myötä suhteellisesti eli prosentteina mitattuna keskimäärin noin kaksi kertaa enemmän nuorissa kasvatusmetsiköissä kuin varttuneissa kasvatusmetsiköissä. Suurimpana syynä tähän on poistettavan puuston keskijäreys, joka oli varttuneissa kasvatusmetsiköissä keskimäärin selvästi nuoria kasvatusmetsiköitä suurempi.

Minimilatvaläpimitan pudottaminen vaikutti keskiarvoisesti eniten harvennuskertymään koivuvaltaisissa metsiköissä, tarkasteltiinpa tilavuuksia tai prosentuaalisia eroja kummalla laskentatavalla tahansa. Syitä tähän ovat, että koivuvaltaisilla koealoilla puuston keskijäreys oli huomattavasti pienempi kuin havupuuvallaisilla koealoilla, minkä lisäksi koivut olivat monilla koealoilla pitkiä ja hoikkia eli runkomuodoltaan hitaasti kapenevia. Pääpuulajien välisten erojen suuruudet vaihtelivat laskentatavan ja vertailtavien minimiläpimittaluokkien mukaan, mutta

minimilatvaläpimitalla oli keskimäärin toiseksi eniten vaikutusta harvennuskertymään mäntyvaltaisissa metsiköissä. Pääpuulajien vertailussa minimilatvaläpimitalla oli kaikista vähiten vaikutusta harvennuskertymän suuruuteen kuusivaltaisissa metsiköissä.

Tutkimukseen valittujen nuorten kasvatusmetsiköiden koealojen runkoluvut olivat sellaisia, ettei niissä ollut tehty ensiharvennusta ainakaan metsänhoidon suositusten mukaisesti. Nuorten kasvatusmetsiköiden matalin runkoluku oli 1 375 ja korkein 1 965 runkoa hehtaarilla. Osa varttuneiden kasvatusmetsiköiden koealoista oli runkoluvusta päätellen aiemmin harvennettu, mutta osalla koealoista aiempia harvennuksia ei ollut tehty. Varttuneiden kasvatusmetsiköiden matalin runkoluku oli 629 ja korkein 2 201 runkoa hehtaarilla.

Kaikilla tutkimukseen valituilla koealoilla oli harvennustarvetta sen perusteella, kun koealan puustotunnukset muunnettiin hehtaarikohtaisiksi. Laskentatavassa B koealan rungot lajiteltiin suurimmasta pienimpään ja valittiin poistettavat puut, jolloin pystyttiin määrittämään jäävien puiden keskiläpimitta ja tiedettiin hehtaarille jäävä runkoluku. Harvennustarve ja riittävä jäävän puuston määrä pystyttiin toteamaan runkolukuun ja keskiläpimittaan perustuvista harvennussmalleista, kun tiedettiin näiden lisäksi koealan pääpuulaji ja kasvupaikkatyyppi. Laskenta-puusto-ositteiden ominaisuustietotaulusta pystyttiin katsomaan puuston pohjapinta-ala, jonka perusteella harvennustarpeen arviointi onnistui myös.

Tukkipuun, kuitupuun ja energiarangan osuuksia ei eritelty tuloksissa, vaan verrattiin harvennuksen kokonaiskertymiä toisiinsa eri minimilatvaläpimittojen välillä. Laadun takia tukkimitat täyttävistä rungon osista ei aina pystytä valmistamaan tukkia, etenkin harvennuksissa, kun tarkoituksena on poistaa huonolaa-tuisimpia puita. Tukkien ja kuitujen lisäksi katkottavina puutavaralajeina voi olla käytännössä myös parruja tai pikkutukkeja. Tämän takia näin mielekkäimpänä vertailla pelkästään harvennuskertymien tilavuuksia toisiinsa, puuttumatta puutavaralajien määriin ja -suhteisiin. Laskentatavalla A toteutetuissa laskelmissa tukkipuun kertymät olivat toki huomattavasti suurempia kuin laskentatavalla B, mikä selittyy laskentatavan A suuremmalla keskijäreydellä ja sillä, että puita poistettiin kaikista latvuserroksista.

Minimilatvaläpimitan pudottaminen viiteen tai edes kuuteen senttimetriin ei välttämättä ole mahdollista kaikilla kuitupuutavaralajeilla kuten hiomokuusikuidulla. Tästä syystä kuusten latvaosia ei pystytä hyödyntämään yhtä tarkasti ainespuun kuin energiarangan korjuussa. Tutkimuksen tulokset tosin osoittivat, että minimilatvaläpimitan pudottamisella oli kaikista vähiten vaikutusta harvennuskertymään kuusivaltaisissa metsiköissä.

Puusto oli kaikilla koealoilla järeydeltään ainespuun korjuuseen soveltuvaa, tarkasteltiinpa asiaa kummalla laskentatavalla tahansa. Toki saman koealan keskijäreys oli aina suurempi laskentatavalla A kuin B. Joillakin koealoilla oli yksittäisiä runkoja, joista ei kertynyt ainespuuta viiden tai kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla, mutta kaikista pienimmistäkin rungoista kertyi energiarankaa. Koealoja, joilla oli runsaasti ainespuun mitat täyttämättömiä runkoja, ei valittu laskettavaksi, sillä keskijäreysedon oli täytyttävä ja puuston oli oltava ainespuunkorjuukelpoista.

Mitä pienempi oli poistettavien runkojen keskijäreys, sitä enemmän minimilatvaläpimitan pudottaminen kasvatti suhteessa hakkuukertymää. Mikäli keskijäreys olisi vielä alhaisempi ja yhä useampi rungoista ei täyttäisi ainespuun mittoja, energiarangan korjuusta tulisi vielä kannattavampaa, mitä tämän tutkimuksen tulokset osoittavat. Ainespuuta hankkivat metsäteollisuuden puunostajat lähtevät kuitenkin harvemmin kilpailemaan sellaisista leimikoista, jossa poistettavien puiden keskijäreys on selvästi alle 50 litraa ja ainespuun korjuun kannattavuus sekä mielekkyys ovat kyseenalaisia.

Kyseiseen aihepiiriin liittyen on olemassa muutamia aiempia tutkimuksia. Joonas Tikkasen vuonna 2014 tekemässä opinnäytetyössä tutkittiin karsitun energiapuun korjuun tuomaa lisäkertymää pelkkään ainespuuhun verrattuna. Tutkimuksessa tarkasteltiin neljää harvennusleimikkoa Rovaniemen alueelta, jotka hakattiin karsituksi energiapuuksi, tavoitellen kolmen senttimetrin latvaläpimitaa. Läpimitaltaan yli kuuden senttimetrin ainespuuosuuksien ja alle kuuden senttimetrin energiapuuosuuksien tilavuudet mitattiin erikseen mittasaksilla. (Tikkanen 2014, 17–18.)

Tikkasen (2014) opinnäytetyön tutkimuksen ensimmäisellä kohteella, jossa keskijäreys oli 31 litraa, karsittua energiapuuta saatiin korjattua noin 20 % enemmän kuin pelkkää ainespuuta. Tutkimuksen toisen kohteen keskijäreys oli 93 litraa ja karsittua energiapuuta saatiin kolme prosenttia pelkkää ainespuuta enemmän. Kolmannen kohteen keskijäreys oli 58 litraa, kertymän ollessa kuusi prosenttia suurempi karsitun energiapuun kanssa kuin ilman. Neljännellä kohteella keskijäreys oli 65 litraa ja kertymä oli energiapuun kanssa noin 11 % suurempi kuin pelkällä ainespuulla. (Tikkanen 2014, 20–38.)

Tikkasen (2014) tutkimuksen ensimmäisellä kohteella keskijäreys oli huomattavasti pienempi kuin yhdelläkään tämän tutkimuksen koealoista, joten näiden tulosten eroa on turha vertailla. Tikkanen mainitsee, ettei tutkimuksen toisen kohteen puusto ollut ”järin juoksevaa”, eikä latvoja ollut katkaistu minimiläpimittaan saakka (Tikkanen 2014, 27), joten näidenkin osalta vertailu on melko hyödytöntä.

Tikkasen (2014) tutkimuksen kolmannen ja neljännen kohteen keskijäreudet olivat sen sijaan samaa suuruusluokkaa kuin joillakin tämän tutkimuksen koealoilla. Tässä tutkimuksessa harvennuskertymien ero kolmen ja kuuden senttimetrin välillä oli 5,5–11,2 %, keskijäreiden ollessa 50–70 litraa. Kun poistettavien runkojen keskijäreudet olivat lähellä toisiaan, tämän ja Tikkasen tutkimuksen tulokset minimilatvaläpimitan vaikutuksesta harvennuskertymään ovat samassa suuruusluokassa.

Yksi Tikkasen opinnäytetyössään tekemä havainto oli, että karsitun energiarangan tuoma lisäys kertymään on suurin, kun poistettava puusto on koivuvaltaista ja rinnankorkeusläpimitta 6–15 senttimetriä (Tikkanen 2014, 39). Tässä tutkimuksessa tehtiin sama huomio, että minimilatvaläpimitan pudottaminen kasvatti eniten harvennuskertymää koivuvaltaisissa metsiköissä, varsinkin jos rungot olivat muodoltaan hitaasti kapenevia.

Korpilahti, Varhimo, Keskinen ja Lemmetty (1995, 1) ovat tutkineet mäntykuitupuun minimilatvaläpimitan vaikutusta puunhankinnan ja sellunvalmistuksen kustannuksiin. Ensiharvennuksia ja myöhempiä harvennuksia oli tutkittu omina



kokonaisuuksinaan. Ensiharvennuksen aineistona oli käytetty ensiharvennuskertymien runkolukusarjoja, jossa ainespuukertymän tilavuus oli  $42,5 \text{ m}^3/\text{ha}$  ja keskijäreys  $50,5$  litraa seitsemän senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Tilavuuksien laskennassa ja runkojen pölkytyksessä oli käytetty tämän tutkimuksen tapaan runkokäyräyhtälöitä. Sallitut pölkyjen katkontapituudet olivat olleet  $2,5\text{--}5$  metriä eli miltei yhtäläiset tämän tutkimuksen kanssa. (Korpilahti, Varhimo, Keskinen ja Lemmetty 1995, 1.)

Korpilahden ym. (1995, 2) tekemässä tutkimuksessa ensiharvennuksen kertymä oli  $4 \text{ m}^3/\text{ha}$  ja  $8,5 \%$  suurempi viiden kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla (Korpilahti ym. 1995, 2.) Tämän tutkimuksen puitteissa lasketut suurimmat harvennuskertymien erot viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä olivat  $3,1 \text{ m}^3/\text{ha}$  ja  $6,4 \%$ , mitkä olivat selvästi tutkimuksen keskiarvoja suuremmat. Näin voidaan todeta, että ensiharvennuksen harvennuskertymien erot minimilatvaläpimittojen välillä olivat Korpilahden ym. (1995) tutkimuksessa huomattavasti tätä tutkimusta suuremmat.

Korpilahden ym. (1995, 2) tutkimuksessa ensiharvennuksessa poistettavien runkojen määrä kasvaa ja keskijäreys pienenee minimilatvaläpimitan pienentyessä, mikä kertoo siitä, että aineistossa on ollut paljon pieniläpimittaisia runkoja. Rungas pieniläpimittaisien runkojen määrä selittää sen, että Korpilahden ym. (1995) tutkimuksessa harvennuskertymien erot olivat selvästi tätä tutkimusta suuremmat. Tämän tutkimuksen aineistona käytetyillä koealoilla pieniä, kuitupuun mitat täyttämättömiä runkoja oli vain vähän.

Korpilahden ym. (1995, 4) tutkimuksessa myöhempien harvennusten kuitupuukertymä kasvoi  $0,7 \text{ m}^3/\text{ha}$  ja kaksi prosenttia, kun minimilatvaläpimitaa pudotettiin kuudesta senttimetristä viiteen. Seitsemän senttimetrin minimilatvaläpimitalla puolet kertymästä oli tukkia ja harvennuskertymä  $67 \text{ m}^3/\text{ha}$  (Korpilahti ym. 1995, 1). Tulos on lähellä tässä tutkimuksessa, laskentatavalla B saatua harvennuskertymän keskimääräistä eroa viiden ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä.

Tässä tutkimuksessa verrattiin harvennuksen puutavaralajista riippumattomia kokonaiskertymiä toisiinsa, kun taas Korpilahden ym. (1995) tutkimuksessa toisiinsa verrattiin kuitupuukertymiä, joten tulokset eivät ole vertailukelpoisia keskenään. Mikäli harvennuskertymä olisi Korpilahden ym. (1995) tutkimuksessa laskettu samoin kuin tässä tutkimuksessa, tukkipuuosuus mukaan luettuna harvennuskertymien ero viiden ja kuuden senttimetrin välillä olisi ollut noin prosentin. Kyseinen tulos olisi hyvin linjassa tämän tutkimuksen O3-kehitysluokan männiköistä saatujen tulosten kanssa.

Tessa Kivistön (2023) opinnäytetyössä kolme erilaista harvennuslohkoa jaettiin kahteen osuuteen, joista ensimmäinen osuus hakattiin kolmen senttimetrin minimilatvaläpimitalla ja toinen osuus kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Puut mitattiin hakkuukonemitalalla. (Kivistö 2023, 20–22.) Ensimmäisellä loholla harvennuskertymä oli 21,7 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Toisella loholla minimilatvaläpimitan pudottamisen myötä harvennuskertymä kasvoi 6 %. Kolmannella loholla harvennuskertymä oli 13 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. (Kivistö 2023, 25–32.)

Kivistön (2023, 34) opinnäytetyössä harvennuskertymä oli koko aineiston osalta 22 % suurempi kolmen kuin kuuden senttimetrin minimilatvaläpimitalla. Keskijäreydet vaihtelivat lohkon ja hakkuussa käytetyn minimilatvaläpimitan mukaan, mutta koko aineistossa poistettavien runkojen keskijäreys oli noin 100 litraa (Kivistö 2023, 25–34). Voidaan todeta, että Kivistön tutkimuksessa minimilatvaläpimitan pudottaminen vaikutti huomattavasti enemmän harvennuskertymään kuin tässä tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa suurin ero harvennuskertymässä kolmen ja kuuden senttimetrin minimilatvaläpimittojen välillä oli 11,2 %, joka sekin on yli kaksinkertainen tutkimuksen keskiarvoon nähden, mutta prosenttilyksiköissä vain puolet Kivistön tutkimuksen kokonaiskertymäerosta. Kivistön tutkimuksen toisella loholla ollut 6 %:n ero harvennuskertymässä oli vain hieman tämän tutkimuksen laskentatavalla B saatua keskiarvoa suurempi.

Kivistön (2023, 34) tutkimuksessa aineisto oli runkomäärän valossa moninkertainen tähän tutkimukseen verrattuna ja lisäksi se toteutettiin todellisilla

leimikoilla. Ainoa tekijä, mikä herättää kysymysmerkkejä tutkimuksen luotettavuudesta on puiden mittaussuunnitelmana käytetty hakkuukonemittaus, jonka tarkkuus pienten puutavarakappaleiden mittauksessa ei ole parhaimmillaan.

## 8.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimukseen käytetyillä koealoilla oli yhteensä 1 632 runkoa. Kun koealojen runkoluvut muunnettiin hehtaarikohtaisiksi, yksi runko koealalla vastasi 39,3 runkoa hehtaarilla, joten laskentatavalla A toteutetussa harvennuskertymän laskennassa oli laskennallisesti mukana 64 133 runkoa. Harvennuskertymän laskentatavalla B koealoilta poistettiin yhteensä 829 runkoa, mikä tarkoittaa sitä, että runkoja poistettiin laskennallisesti 32 578 kappaletta, kun ajatellaan, että jokainen koeala olisi ollut hehtaarin kokoinen. Runkolukujen muuttaminen hehtaarikohtaisiksi ei vaikuttanut harvennuskertymien erojen suuruuteen prosentuaalisesti, mutta helpotti erojen havainnollistamista.

Laskentatavalla A määritettiin hehtaarilta poistettava tilavuus, muttei poistettavaa runkolukua. Laskentatavalla B määritettiin sekä poistettava runkoluku, että tilavuus. Laskentatapaa B käytettäessä poistettava runkoluku oli keskiarvoisesti 652 runkoa hehtaarilla, minkä perusteella harvennusta olisi tehty noin 1,3 hehtaarin alueella. Vaikka laskentatavassa A ei pystytty määrittämään hehtaarilta poistettavaa runkolukua, vastaa tutkimuksen kokonaisrunkoluku 1 632 noin 2,5 hehtaarin harvennukselta poistettavaa puustoa, mikäli se jaetaan laskentatavan B mukaisella keskimääräisellä hehtaarilta poistettavalla runkoluvulla.

Koska laskentatavassa A kaikki koealan rungot oletettiin poistettaviksi, runkojen määrä ja niiden kokovaihtelu oli suurempi kuin laskentatavassa B. Suurin koealakohtainen runkoluku oli 2 201 runkoa hehtaarilla eli laskentatavalla A harvennuskertymä laskettiin kaikkien koealalla olevien 56 rungon tilavuudesta. Laskentatavalla B koealan rungoista poistettiin puolet eli 28 kappaletta, joista harvennuskertymä laskettiin. Kummallakaan harvennuskertymän laskentamenetelmällä ei pystytty simuloimaan yhden koealan ja laskennallisen hehtaarin alueen mittakaavassa kovin suurta runkojen kokojakaumaa. Sen sijaan koko aineiston

mittakaavassa runkojen määrä oli kohtalaisen suuri ja runkojen kokovaihtelu hyvin runsasta. Tämän vuoksi koko koealajoukkoa koskevia tuloksia voinee pitää melko luotettavina ja vähintäänkin suuntaa antavina.

Mielestäni laskentatapa B kykenee kuvaamaan laskentatapaa A paremmin tyyppillisessä alaharvennuksessa poistettavan puuston rakenteen ja kokoluokan suhteessa jäävään puustoon tutkimukseen valituilla koealoilla. Koska laskentatavassa A keskijäretydet ovat suurempia, sillä pystytään toki simuloimaan minimiläpimitan vaikutusta harvennuskertymään hieman järeämissä puustoissa. Vaikka aineistossa oli 50 koealaa, kahden poikkeavan harvennuskertymän laskentatavan takia tuloksia kertyi sadasta erilaisesta puustosta.

Laskelmat perustuvat toki pelkästään runkokäyrien analysointiin ja harvennuskertymien simulointiin sekä harvennuksessa poistettavien puiden valintaan tiettyjen oletusten pohjalta. Todellisilla leimikoilla runkomuodot voivat poiketa hieman runkokäyrien tekemistä mallinuksista, minkä lisäksi puun tekninen laatu vaikuttaa siihen, pystytäänkö runkopuu hyödyntämään sellaisina puutavaralajeina, kuin se olisi puustotunnusten valossa mahdollista tehdä. Esimerkiksi hyvin paljon lahovikaa sisältävästä rungonosasta ei pystytä valmistamaan kuitupuuta, kun taas energiarangaksi sellainen kelpaa. Mikäli rungossa on haaroja, kuitupuun hakkuun yhteydessä runkopuuta menee hukkaan, kun haaran kohta joudutaan katkaisemaan ja jättämään metsään. Energiarangan löysemmät laatuvaatimukset mahdollistavat myös haarapölkkyjen hyödyntämisen käyttöpuuna, mikä suurentaa hakkuukertymää.

Käytännön leimikolla minimilatvaläpimitan pienentämisen vaikutukset eivät ole välttämättä yhtä suuret, kuin miltä runkokäyristä laskettuna vaikuttaa. Syynä on se, että rungon ohut latvaosa ei välttämättä kestä ehjänä hakkuukoneen kourassa, vaan voi katketa jo kauan ennen minimiläpimitan saavuttamista, jolloin latvaosaa ei pystytä hyödyntämään. Latvaosuuden hyödynnettävyyteen ja ehjänä säilymiseen vaikuttavat merkittävästi puun runkomuoto sekä rungon latvaosan tekninen laatu kuten oksaisuus ja mutkaisuus.

### 8.3 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Aihetta olisi mahdollista tutkia lisää todellisten leimikoiden avulla. Puustoltaan samankaltaisia metsikkökuvioita voisi hakata hakkuukoneella mitattuna viiden ja kuuden senttimetrin minimilatväläpimitalla ja verrata niiltä saatuja hehtaarikoh-  
taisia harvennuskertymiä toisiinsa.

Vastaavan vertailun voisi tehdä Kivistön (2023) opinnäytetyön tapaan myös niin, että valittaisiin puustoltaan samankaltaisia kuvioita, joista osa hakattaisiin kol-  
men senttimetrin ja osa viiden tai kuuden senttimetrin minimilatväläpimitalla. Kummallakin minimilatväläpimitalla hakattujen kuvioiden puut mitattaisiin kuor-  
mainvaa’alla metsäkuljetuksen yhteydessä, mitatut massat muunnettaisiin tuo-  
retiheyslukujen avulla tilavuuksiksi ja hehtaarikohtaisia harvennuskertymiä ver-  
tailtaisiin toisiinsa. Näin toimittuna puutavaran mittausmenetelmä olisi yhtenä-  
nen kaikilla kuvioilla. Viiden tai kuuden senttimetrin minimilatväläpimitalla hakat-  
tujen kuvioiden puut voisi mitata myös hakkuukoneella ja verrata hakkuuko-  
nemittauksella saatuja tilavuuksia kuormainvaakamittauksen tuloksiin.

Tämän opinnäytetyön tutkimusaineisto oli peräisin Pohjois-Karjalan metsiköistä, mutta aineiston voisi kerätä vastaavanlaista tutkimusta varten myös joltain  
muulta alueelta ja tehdä samankaltaisen runkokäyriin perustuvan laskennan  
joko inventointikoealatietojen tai itse maastossa mitattujen puustotietojen poh-  
jalta. Tällainen vertailu olisi mielenkiintoinen, sillä puuston ominaisuudet vaihte-  
levat jonkin verran maantieteellisen sijainnin mukaan.

Lisäksi tämän tai vastaavanlaisen tutkimuksen tuloksista voisi tehdä vielä tar-  
kempia analyysejä. Koealat voisi luokitella harvennuksessa poistettavan puus-  
ton keskijäreiden perusteella tiettyihin luokkiin, kuten 75–100 dm<sup>3</sup>, 100–150  
dm<sup>3</sup> ja 150–200 dm<sup>3</sup>. Luokittelun avulla voisi laskea minimiläpimittojen välisten  
harvennuskertymien erojen vaihtelut luokkien sisällä sekä keskimääräiset erot  
harvennuskertymissä eri järeysluokkien välillä.

## Lähteet

- Bioenergia ry. 2020. Puupolttoaineiden laatuohje. [https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2021/02/PUUPOLTTOAINEIDEN\\_LAATUOHJE.pdf](https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2021/02/PUUPOLTTOAINEIDEN_LAATUOHJE.pdf). 2.1.2024.
- Forest.fi. 2023a. Kemiallinen massa. Suomen Metsäyhdistys. <https://forest.fi/fi/sanakirja/#word-kemiallinen-massa-chemical-pulp>. 19.11.2023.
- Forest.fi. 2023b. Mekaanisen massan valmistus. Suomen Metsäyhdistys. <https://forest.fi/fi/sanasto/mekaanisen-massan-valmistus-manufacturing-of-mechanical-pulp/>. 19.11.2023.
- ForestCalc. 2009. Ohjelman käyttöohjeet. [https://www.forestcalc.com/ForestCalc\\_Ohjeet\\_1.pdf](https://www.forestcalc.com/ForestCalc_Ohjeet_1.pdf). 2.1.2024.
- Ihme, J. 2019. Ekokylän CHP-laitos. Oulun ammattikorkeakoulu. Energiatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/267491/Ihme\\_Juho.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/267491/Ihme_Juho.pdf?sequence=2&isAllowed=y). 30.11.2023.
- Kaakinen, M. & Ellonen, N. 2024. Regressioanalyysi. Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/regressio/analyysi/>. 21.1.2024.
- Kivistö, T. 2023. Karsitun rangan korjuun vaikutus kokonaiskertymään harvennusleimikoilla. Karelia-ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutus. Opinnäytetyö. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/815126/Kivisto\\_Tessa.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/815126/Kivisto_Tessa.pdf?sequence=2&isAllowed=y). 18.1.2024.
- Kjellberg, L. 2022. 9 kysymystä energiapuusta. Metsälehti. <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/9-kysymysta-energiapuusta/#b054e544>. 25.11.2023.
- Korpilahti, A., Varhimo, A., Keskinen, S. & Lemmetty, J. 1995. Mäntykuitupuun minimilatvaläpimitan vaikutus puunhankintaan ja sellunvalmistukseen. Metsätehon katsaus 11/1995. [https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/katsaus-1995\\_11-compressed.pdf](https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/katsaus-1995_11-compressed.pdf). 22.1.2024.
- Kortetjärvi, S. 2021. Sahatukin katkonnan ohjauksen tehostaminen ja sen onnistumisen seuranta. Itä-Suomen yliopisto. Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta. Pro Gradu. <https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/25037/1620719216940336192.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 5.1.2024.
- Lindblad, J. 2022. Kuitupuun painomittauksessa on mahdollista käyttää nyt myös uusia sääperusteisia ennustemalleja. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/kuitupuun-painomittauksessa-on-mahdolla-kayttaa-nyt-myos-uuksia-saaperusteisia-ennustemalleja>. 28.11.2023.
- Lindblad, J. 2024. Energiapuun mittauslaskuri. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/palvelut/energiapuun-mittauslaskuri>. 3.1.2024.
- Luonnonvarakeskus. 2022. Luonnonvarakeskuksen määräys puutavaran mittaukseen liittyvistä yleisistä muuntoluvuista. <https://urly.fi/3oFn>. 29.11.2023.

- Luonnonvarakeskus. 2023a. Metsäteollisuuden puunkäyttö 2022. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/puun-kaytto/metsateollisuuden-puun-kaytto-2022>. 5.11.2023.
- Luonnonvarakeskus. 2023b. Puun energiakäyttö 2022. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/puun-kaytto/puun-energiakaytto-2022>. 30.11.2023.
- Luonnonvarakeskus. 2024. Energiapuun mittauslaskuri. <https://app.luke.fi/emil/>. 3.1.2024.
- Maanmittauslaitos. 2019. Yksittäisen puun tilavuuden ja arvon määrittäminen. <https://ak.maanmittauslaitos.fi/2019/metsatalous/yksittaisen-puun-tilavuuden-ja-arvon-maarittaminen#Tilavuusyhtalot>. 17.1.2024.
- Melkas, T. 2018a. Mittaus ja laatu. Kuormainvaakamittaus. Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/mittaus-maastossa/kuormainvaakamittaus/>. 27.11.2023.
- Melkas, T. 2018b. Mittaus ja laatu. Ainespuu. Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/mittaus-maastossa/kuormainvaakamittaus/kuormainvaakamittauksen-vaiheet/ainespuu/>. 28.11.2023.
- Melkas, T. 2018c. Mittaus ja laatu. Energiapuun. Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/mittaus-maastossa/kuormainvaakamittaus/kuormainvaakamittauksen-vaiheet/energiapuun/>. 28.11.2023.
- Melkas, T. 2018d. Mittaus ja laatu. Puuainemuutosten merkitys. Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/laatu-ja-varastointi/puuainemuutosten-merkitys/>. 17.1.2024.
- Metsä Group. 2023. Erilaiset hakkuutavat. <https://www.metsagroup.com/fi/puun-hankinta/puukauppa-ja-metsanhoitopalvelut/pyyda-tarjous-puukaupasta/erilaiset-hakkuutavat/>. 20.11.2023.
- Metsäkeskus. 2023a. Metsänkasvatus ja kasvatushakkuut. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsan-kaytto-ja-omistus/metsanhoito-ja-hakkuut/metsan-kasvatus-ja-kasvatushakkuut>. 19.11.2023.
- Metsäkeskus. 2023b. Tietoa kemera-tuista. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsatalouden-tuet/kemera-tuet/tietoa-kemera-tuista>. 22.11.2023.
- Metsäkeskus. 2023c. Kemera-tuki nuoren metsän hoitoon. <https://www.metsakeskus.fi/fi/palvelut/kemera-tuki-nuoren-metsan-hoitoon>. 22.11.2023.
- Metsäkeskus. 2024a. Taimikon ja nuoren metsän hoidon tuki. <https://www.metsakeskus.fi/fi/palvelut/taimikon-ja-nuoren-metsan-hoidon-tuki>. 10.2.2024.
- Metsäkeskus. 2024b. Paikkatietoaineistot. Excel: Inventointikoealat koodisto- ja tietokantakuvaus. <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/aineistot-paikkatieto-ohjelmille/paikkatietoaineistot>. 2.1.2024.
- Metsänhoidon suositukset. 2023a. Metsänhoidon perusteita. Tapio. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/metsatilan-hoito/metsanhoidon-perusteita>. 20.11.2023.
- Metsänhoidon suositukset. 2023b. Luontaiseen uudistumiseen tähtäävät jaksollisen kasvatuksen hakkuut. Tapio. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/luontaiseen-uudistumiseen-tahtaavat-jaksollisen-kasvatuksen-hakkuut/toteutus#section-75>. 20.11.2023.
- Metsänhoidon suositukset. 2023c. Metsän uudistamisen ajoitus. Tapio. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/metsan-uudistamisen-ajoitus>. 20.11.2023.

- Metsänhoidon suositukset. 2023d. Energiapuun korjuu hoidetuista ja hoitamattomista kasvatusmetsistä. Tapio. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/energiapuun-korjuu-hoidetuista-ja-hoitamattomista-kasvatusmetsista/toteutus>. 22.11.2023.
- Metsänhoidon suositukset. 2024a. Metsänhoidon perusteita. Tapio. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/metsatilan-hoito/metsanhoidon-perusteita>. 4.1.2024.
- Metsänhoidon suositukset. 2024b. Hakkuutähteen korjuu uudistushakkuualoilta. Tapio. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/hakkuutähteen-korjuu-uudistushakkuualoilta/toteutus#section-114>. 3.1.2024.
- Motiva. 2023. Pelletit ja briketit. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/puulammitus\\_kiinteistoissa/pelletit\\_ja\\_briketit](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitus_kiinteistoissa/pelletit_ja_briketit). 3.1.2024.
- Niinistö, T. 2021. Järeä puu ohjautuu teollisuuteen, pienpuu menee energiaksi. Luonnonvarakeskuksen blogi. 25.10.2021. Blogi. <https://www.luke.fi/fi/blogit/jarea-puu-ohjautuu-teollisuuteen-pienpuu-menee-energiaksi>. 2.1.2024.
- Ovaskainen, H. & Schildt, V. 2022a. Korjuun suunnittelu. Harvennushakkuut. Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/leimikon-suunnittelu/hakkuutapa-ja-korjuumenetelma/harvennushakkuut/>. 21.11.2023.
- Ovaskainen, H. & Schildt, V. 2022b. Korjuun suunnittelu. Katkongan ohjaus. Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/korjuun-ohjaus/katkongan-ohjaus/>. 4.1.2024.
- Ovaskainen, H. & Schildt, V. 2022c. Korjuun suunnittelu. Katkongan ohjauksen käsitteitä. Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/korjuun-ohjaus/katkongan-ohjaus/katkongan-ohjauksen-kasitteita/>. 5.1.2024.
- Ovaskainen, H. & Schildt, V. 2022d. Korjuun suunnittelu. Harvennustavat - valinnan periaatteet. Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/leimikon-suunnittelu/hakkuutapa-ja-korjuumenetelma/harvennustavat-valinnan-periaatteet/>. 17.1.2024.
- Ovaskainen, H. 2023a. Koneellinen puunkorjuu. Kasvatushakkuu. Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/koneellinen-puunkorjuu/metsanhoitomenetelmia/kasvatushakkuu/>. 21.11.2023.
- Ovaskainen, H. 2023b. Koneellinen puunkorjuu. Puutavaran mitta- ja laatuvaatimukset. Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/koneellinen-puunkorjuu/puutavaran-valmistus-hakkuukonella/puutavaran-mitta-ja-laatuvaatimukset/>. 24.11.2023.
- Puuhuolto. 2023. Puunhankinnan kokonaisuus. Metsäteho Oy. <https://puuhuolto.fi/woodforce-logforce/woodforce/puunhankinnan-kokonaisuus/>. 5.11.2023.
- Puuiinfo. 2023. Vaneri. <https://puuiinfo.fi/puutieto/puulevyt/vaneri/>. 9.11.2023.
- Puutavaranmittauksen neuvottelukunta. 2020. Energiapuun mittaaminen. [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/545654/Energiapuun\\_mittaus\\_PMNK\\_suositus\\_10032020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/545654/Energiapuun_mittaus_PMNK_suositus_10032020.pdf?sequence=1&isAllowed=y). 27.11.2023.
- Puutuoteteollisuus. 2023. Puutuoteteollisuuden puunkäyttö ja tuotanto. <https://puutuoteteollisuus.fi/faktoja-ja-ohjeita/puunkaytto-ja-tuotanto>. 9.11.2023.



- QGIS. 2024. QGIS - Suosituin avoimen lähdekoodin työpöytä GIS-ohjelmisto. <https://qgis.org/fi/site/about/index.html>. 2.1.2024.
- Repola, J., Heikkinen, J., Ojanen, H., Lindblad, J., Räsänen, T. & Melkas, T. 2021. Kuitupuun tuoretiheyden ennustemallit ja uusi pinomittauksessa käytettävä toimintamalli. Metsätehon tuloskalvosarja. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2021-11-Kuitupuun-tuoretiheyden-ennustemallit.pdf>. 28.11.2023.
- Sipi, M. 2009. Puuraaka-aineen mittaaminen. Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Tietoarkisto. 2024. Keskiluvut. Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/keskiluvut/keskiluvut/>. 21.1.2024.
- Tikkanen, J. 2014. Ainespuun ja karsitun energiapuun kertymien eroja harvennushakkuissa. Lapin ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77846/Tikkanen%20Joonas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 22.1.2024.
- UPM Metsä. 2023. Puutavaralajit. <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/tietoartikkelit/puutavaralajit/>. 9.11.2023.
- Uusitalo, J. & Kivinen, V-P. 2023. Metsäteknologian perusteet. Helsinki: Tapio.
- Vesisenaho, T., Niemi, M., Wickstrand, H. & Vääräsmäki, M. 2002. Latvahukka-puun hyödyntäminen energiapuuksi koneelliseen puunkorjuuseen integroituna männikön ensiharvennuksella. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Luonnonvarainstituutti. Hankeraportti. 17.1.2024.