



TAPIO

Kasvu- ja kasvupaikkatiedolla kohti parempaa päätöksentekoa, kasvukarttojen tuottaminen pilottialueelta

29.10.2024

Maa- ja metsätalousministeriö

---

Nisula, K., Penttala, E. 2024, Kasvu- ja kasvupaikkatiedolla kohti parempaa päätöksentekoa, kasvukarttojen tuottaminen pilottialueelta. Tapion raportteja nro 74.

© Tapio Oy

ISBN: 978-952-7435-37-3

ISSN: 2342-804X(pdf)

Työn tilaaja: Maa- ja metsätalousministeriö

## TIIVISTELMÄ

Pituuskasvukarttojen tuottaminen kahden eri ajankohdan puuston latvusmallista on jo nykyisellään mahdollista melko tehokkaasti ja pituuskasvu on muutettavissa myös vuosittaiseksi keskiarvoksi, kun tiedetään kahden eri laserkeilauksen ajankohdat. Hankkeen aikana pilottialueelle tuotetun laskennan tuloksesta on eroteltavissa sekä pituuden kasvu että poistuma.

Pituuskasvukarttojen tuottaminen kahden eri ajankohdan laserkeilausaineiston pistepilvestä on myös nykyisellään mahdollista, mutta se eroaa paljon latvusmalleista tehtävästä pituuden muutostulkinnasta ja on prosessina huomattavasti haastavampi. Hankkeen aikana pilottialueelle tuotettiin laskentamenetelmä, jonka tuloksesta on eroteltavissa sekä pituuden kasvu että poistuma.

Tilakohtaisen tarkastelun perusteella latvusmalleista tuotettu pituuskasvukartta antaa keskimäärin suurempia kasvuarvoja kuviotasolla verrattuna MOTTI-kasvumalleilla tuotettuun pituuskasvuun. Tähän syynä voi olla pituuskasvukartan laskennassa käytetty laskentamenetelmä tai latvusmallien tuotannossa käytetyn laserkeilausaineiston pistetiheyden muutos. Molemmissa laskentamenetelmissä käytettiin avoimen lähdekoodin työkaluja sekä kaikille avointa paikkatietoaineistoa.

## Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ.....	2
1 JOHDANTO.....	4
2 PILOTTIALUEEN VALINTA.....	4
3 AINEISTON HANKINTA.....	5
3.1 LASERKEILAUSSAINEISTO .....	5
3.2 LATVUSMALLIT .....	6
3.3 AVOIN KUVIOAINEISTO.....	6
4 KUVAUS KASVUKARTTOJEN TUOTTAMISESTA .....	7
4.1 PITUUSKASVUN MUUTOS LATVUSMALLIN AVULLA.....	7
4.2 PITUUSKASVUN MUUTOS LASERKEILAUSSAINEISTON AVULLA.....	10
4.3 MALLEILLA TUOTETTU PITUUSKASVUN ENNUSTE .....	11
5 TILATASON ESIMERKKILASKELMA .....	13
5.1 VAIKUTUS TOIMENPIDESUOSITUKSIIN.....	13
5.2 VAIKUTUS KOHTEEN KIERTOAJAN AIKAISEEN HIILIVARASTOON .....	14
6 SUOSITUKSET JATKOA VARTEN .....	16
7 LÄHTEET.....	18

## 1 JOHDANTO

Kasvu- ja kasvupaikkatiedoilla kohti parempaa päätöksentekoa -hankkeessa tarkasteltiin kahtena eri ajankohdana kerätyn kaukokartoitusperusteisen paikkatietoaineiston mahdollisuuksia tarkempien puuston kasvuennusteiden luomisessa. Hanke on jaettu kolmeen osaprojektiin, joista kasvukarttojen tuottaminen on toinen vaihe. Edeltävässä vaiheissa koostettiin asiantuntijoiden näkemyksiä ja tutkimustietoa pituusbonitoinnista, ja viimeisessä vaiheessa arvioidaan tässä osaprojektissa tuotettavia kasvukarttoja. Kasvu- ja kasvu-paikkatiedoilla kohti parempaa päätöksentekoa -hanke on osa maa- ja metsätalousministeriön keväällä 2020 käynnistämää maankäyttösektorin Hiilestä kiinni -ilmastotoimenpidekokonaisuutta. Toimenpiteillä pyritään vähentämään maa- ja metsätalouden ja muun maankäytön kasvihuonekaasupäästöjä ja vahvistamaan hiilinieluja ja varastoja.

Tarve tarkemmalle kasvupaikkatiedolle on tunnustettu. Suuri osa nykyisestä kasvupaikkatiedosta pohjautuu vanhoihin kuvioittaisella arvioinnilla mitattuun tietoon, joka ei toimenpiteiden ja kuviorajojen muutosten takia ole enää välttämättä ajan tasalla. Koko ajan yhä enemmän yleistyvä metsien kaukokartoitus ja lisääntyvä laserkeilausaineistojen saatavuus voisi mahdollistaa kasvuennusteiden luotettavuuden parantamisen johtamalla kasvupaikkatietoja pituuskasvun muutoksesta.

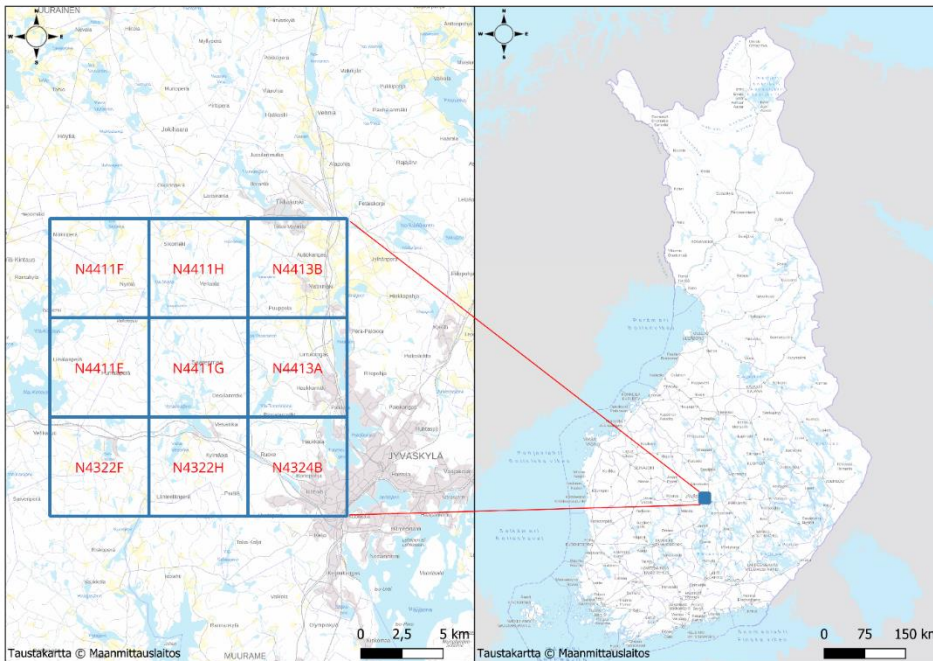
Tässä osaprojektissa tuotetaan perinteisen kasvupaikkaluokituksen rinnalle pituuskasvukarttoja, jotka kuvaavat puuston toteutunutta kasvua. Pituuskasvukarttojen kautta olisi mahdollista saada kasvuennusteista kuvion sisäistä vaihtelua huomioivia. Lisäksi laserkeilausaineistoista mitatuista arvoista voisi pidemmällä aikavälillä saada jatkuvan muuttujan, jolla kasvuennusteita voisi kalibroida huomioimaan saman kasvupaikkaluokan sisäistä vaihtelua. Tässä osaprojektissa tuotettavat kasvukartat ovat siis ensimmäinen askel kohti tarkempaa kasvu- ja kasvupaikkatietoa.

## 2 PILOTTIALUEEN VALINTA

Pilottialueen valinnassa huomioitiin kahden eri kansallisen laserkeilausohjelman ajankohdat. Tarkoituksena oli valita sellainen alue, jossa olisi toteutettu kaksi tiheäpulssista laserkeilausta eri ajankohdilta. Tämä siksi, että harvapulssisesta laserkeilausaineistosta tuotetuissa puustoa kuvaavissa aineistoissa ei päästä niin hyvään tarkkuuteen kuin tiheäpulssisen laserkeilausaineiston avulla.

Maanmittauslaitos on tuottanut tiheäpulssista laserkeilausta vuodesta 2020 lähtien (Maanmittauslaitos, 2024c). Saatavilla olevia aineistoja tutkimalla huomattiin kuitenkin, että laserkeilauksen tiheäpulssiset kuvausohjelmat osuvat vielä tässä vaiheessa vain harvoin päällekkäin. Usein tilanne on se, että halutulta alueelta on saatavilla ensimmäisen laserkeilausohjelman mukaista harvapulssista aineistoa sekä uudempaa tiheämpipulssista laserkeilausaineistoa. Tiheäpulssisen laserkeilausaineiston osalta päällekkäisyyttä löytyi vain Varsinais-Suomesta Orispään lounaispuolelta (~144 km<sup>2</sup>) sekä Pohjois-Lapissa Inarin luoteispuolelta (~288 km<sup>2</sup>). Oripään lähellä sijaitseva alue oli melko pieni ja kahden eri keilausajankohdan välillä oli vain kaksi vuotta. Inarin lähellä sijaitseva alue puolestaan oli sopivan kokoinen, mutta kohteen puusto on niin vähäistä, että kohde päätettiin hylätä jo senkin puolesta.

Pilottialueeksi valikoitui lopulta yhdeksän utm10 karttalehden kokoinen alue (324 km<sup>2</sup>) Jyväskylän länsipuolelta (Kuva 1). Valitulta alueelta oli saatavilla harvapulssinen laserkeilaus vuodelta 2019 sekä tiheäpulssinen laserkeilaus vuodelta 2023.



Kuva 1. Pilottialueen sijoittuminen Suomen kartalla.

## 3 AINEISTON HANKINTA

### 3.1 Laserkeilausaineisto

Laserkeilausaineistolla tarkoitetaan maanpintaa ja maanpinnalla olevia kohteita kuvaavaa kolmiulotteista piste-mäistä aineistoa (Maanmittauslaitos, 2024a). Jokainen piste sisältää x, y ja z koordinaattitiedon lisäksi muita laserkeilaussensorin tallentamia tietoja.

Maanmittauslaitos tuottaa vuosittain Suomessa kansallisen laserkeilausohjelman mukaista laserkeilausaineis-toa, joka on ladattavissa karttalehdittäin Maanmittauslaitoksen karttapaikasta LAZ tiedostomuodossa (Maanmittauslaitos, 2024b).

Käyttäjällä on valittavanaan harvapulssisena avoimena aineistona kaksi eri tuotetta.

1. **Laserkeilausaineisto 0,5 p (2020 -)**
2. **Laserkeilausaineisto 0,5 p (2008 - 2019)**

Lisäksi käyttäjä voi käyttöluvan avulla saada käyttöönsä tiheäpulsissisen version uudemmasta tuotteesta. Tämä aineisto vaatii käyttöluvan, joka sisältää käyttöehtojen hyväksymisen sekä lisenssin luonnista ja aineiston irrotuksesta aiheutuvat maksut (Maanmittauslaitos, 2024c).

Pilottialueelta hankittiin harvapulssinen laserkeilausaineisto kahdelta eri ajankohdalta (2019 sekä 2023).

## 3.2 Latvusmallit

Suomen metsäkeskus tuottaa kansallisen laserkeilausohjelman aineistosta johdettuja latvusmalleja (engl. Canopy height model), jotka kuvaavat puuston pituutta 1 m x 1 m ruutukoossa (Kuva 2) (Suomen metsäkeskus, 2024a). Latvusmalli on rasterimuotoinen paikkatietoaineisto, joka muodostuu puuston latvuston ja maapohjan latvuserosta (Suomen metsäkeskus, 2024b). Aineisto on tuotettu laserkeilausaineistosta, jonka pistetiheys on vähintään 0,5 pistettä neliometrillä, mutta vuodesta 2020 lähtien latvusmallien lähtöaineistona on käytetty tiheäpulsista 5 p/m<sup>2</sup> aineistoa (Suomen metsäkeskus, 2024c).

Latvusmallit ovat ladattavissa rasterimuotoisena (GeoTIFF) avoimena paikkatietoaineistona Metsäkeskuksen latauspalvelusta (Suomen metsäkeskus, 2024d). Latvusmallien tuotanto perustuu kansallisen laserkeilausohjelman etenemiseen ja latvusmalleja on ladattavissa vuodesta 2008 lähtien. Pilottialueelta hankittiin latvusmallit kahdelta eri ajankohdalta (2019 sekä 2023).



Kuva 2. Esimerkki Metsäkeskuksen tuottamasta latvusmallista.

## 3.3 Avoin kuvioaineisto

Suomen metsäkeskus tuottaa avoimena paikkatietoaineistona metsävarakuvioita, joilla tarkoitetaan toimenpidetarpeiltaan, kasvupaikaltaan ja puustoltaan yhtenäisiä metsän alueita. Metsävarakuviot ovat vektorimuotoista paikkatietoaineistoa, jonka jakelumaattina on sekä OGC GeoPackage että metsävaratietostandardin mukainen XML tiedosto (Suomen metsäkeskus, 2024e). Metsävarakuvioita voi ladata aineistopakettina karttalehti-, kunta- ja maakuntatasolla muun muassa Metsäkeskuksen latauspalvelusta (Suomen metsäkeskus, 2024d).

Pilottialueelta hankittiin avoin kuvioaineisto kahdelta eri ajankohdalta (2020 ja 2024), jotka vastasivat yllä kuvattuja kaukokartoitusaineistoja.

## 4 Kuvaus kasvukarttojen tuottamisesta

### 4.1 Pituuskasvun muutos latvusmallin avulla

Metsäkeskukselta ladatut kahden eri ajankohdan latvusmallit ovat samassa koordinaatistossa ja niiden resoluutio ja pikselikoko (1 m x 1 m) on sama. Tämä mahdollisti kahden eri ajankohdan latvusmallien pituuden erotuksen laskennan pikselitasolla. Pilottialueelle laskettiin latvusmallin pituuden erotus karttalehdittäin niin, että uudemman latvusmallin pituudesta vähennettiin vanhemman latvusmallin pituus (Kuva 3).

$$chm2023 - chm2019 = \Delta chm$$

chm2023	-	chm2019	=	$\Delta chm$
22 22 21 20	-	20 20 19 14	=	2 2 2 6
21 20 20 17		20 19 17 15		1 1 3 2
21 20 18 17		20 17 15 15		1 3 3 2
20 20 18 14		18 17 17 15		2 3 1 -1

Kuva 3. Esimerkkikuva pituusmallien erotuksen laskennasta

Tuloksena saatu rasteri kuvaa neljän vuoden pituuden muutosta pikselitasolla. Tuloksena saatu rasteri näyttää sekä positiivisen että negatiivisen muutuskasvun (Kuva 4).



Kuva 4. Kahden ajankohdan latvusmallin erotuksesta tuotettu pituuden muutokartta.

Tuloksena saadusta rasterista voidaan havaita nopeasti, että puiden latvojen ulkoreunoilla sijaitsevat pikselit ovat muuttaneet pituutta muuta latvustoa voimakkaammin ja niille on tullut tummempi vihreä sävy. Tämä on todennäköisesti seurausta joko a) latvuston leveyden kasvusta tai b) alkuperäisten latvusmallien tuotannossa käytetyn laserkeilausaineiston pistetiheyden muutoksesta.

Karkeasti voidaan olettaa, että vuoden 2019 latvusmallissa pikselin pituusarvo on ollut lähellä maanpintaa ja uudemmassa latvusmallissa sama pikseli on saanut pituusarvon latvuston reunalta leveyskasvun seurauksena.



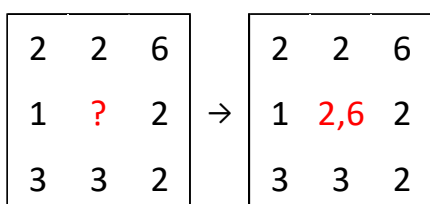
Vastaavasti latvusmallien tuotannossa käytettyjen laserkeilausaineistojen pistetiheyden kasvaessa, on puun latvaosista ollut mahdollista saada useampia havaintoja (paluukaikuja sensorille).

Vääristymä latvuston reunoilla katsottiin aiheuttavan virhettä, jos tulos yleistetään kuviotasolle tai rasterin resoluutiota pienennetään esimerkiksi niin, että pikselin kooksi tulee 16 x 16 metriä. Latvuston reunoilla olevaa vääristymää lähdettiin korjaamaan hyödyntämällä naapuripikselien arvoja. Pilottialueella jokainen yli +6 m pikseli muutettiin NoData -arvoksi (Kuva 5). Tämä vastaa pilottialueella noin 1,5 metrin vuosikasvua.



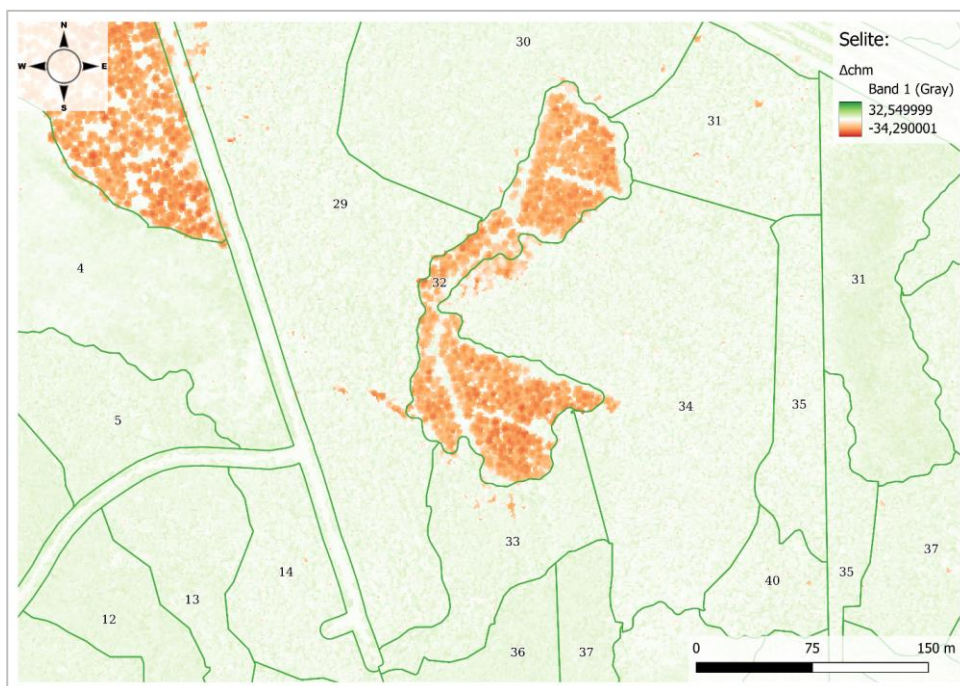
Kuva 5. Latvusmallien erotus yli 6 metrin pikseliarvojen poistamisen jälkeen.

Tämä jälkeen NoData -pikselille laskettiin keskiarvo kaikista naapuripikseleistä (8 kpl) (Kuva 6).



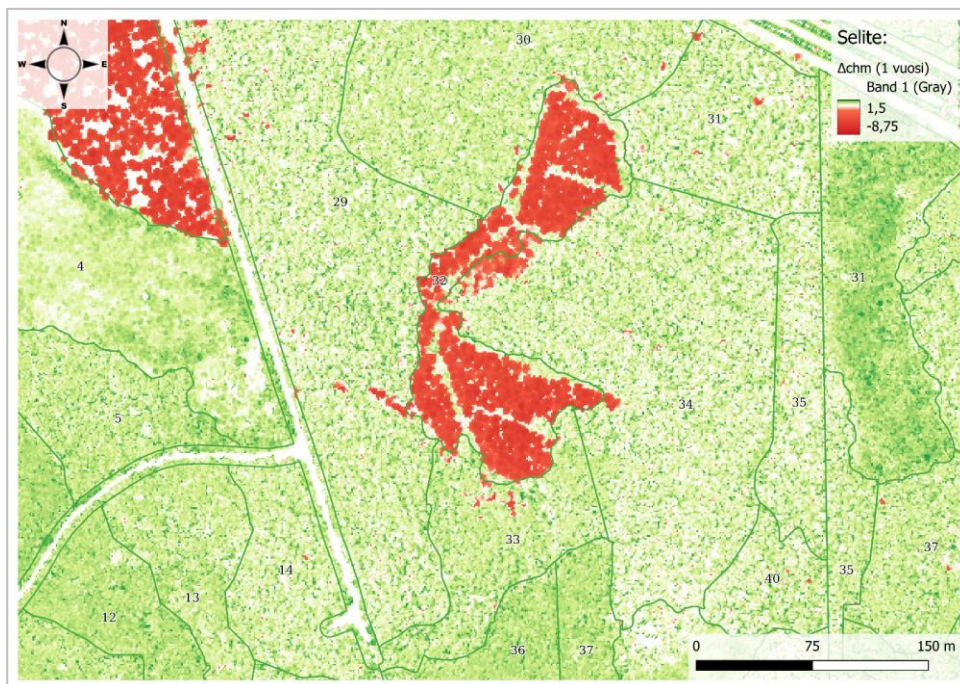
Kuva 6. NoData -arvon täyttö

Tuloksena saatu rasteri parani visuaalisesti tarkasteltuna ja latvuston reunojen vääristymä tuntui vähentyneen (Kuva 7). Vääristymä ei kuitenkaan poistunut kokonaan ja tätä olisi syytä tutkia tarkemmin jatkohankkeissa. Käytettyä 6 metrin rajaa voisi mahdollisesti muuttaa niin, että huomioitaisiin esimerkiksi pikselin alueella oleva metsävarakuvion kehitysluokka, puuston ikä tai esimerkiksi alueen topografia.



Kuva 7. Kahden ajankohdan latvumallin erotuksesta tehty pituuden muutokartta yli 6 metrin arvojen korjaamisen jälkeen.

Lopuksi pikseliarvot voitiin muuttaa vielä vuosittaiseksi kasvuksi jakamalla pikselien kasvu kahden eri keilauksen välisellä ajalla. Pilottialueella tämä aikaväli oli neljä vuotta. Myös värisävyjen rajat voitiin määrittää rasterien minimi- ja maksimiarvojen perusteella uudestaan niin, että pienemmätkin pikselien väliset erot erottuvat kuvasta (Kuva 8).

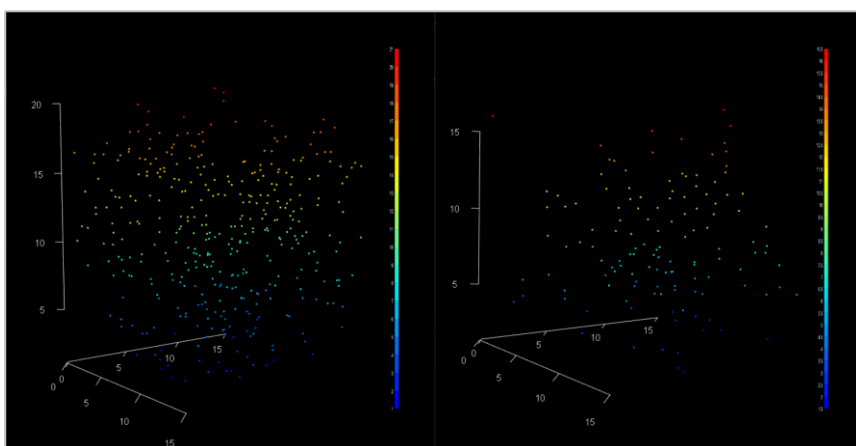


Kuva 8. Latvumalleista laskettu pituusmuutokartta vuositasolle muunnettuna.

## 4.2 Pituuskasvun muutos laserkeilausaineiston avulla

Pituuskasvun muutos laserkeilausaineiston avulla aloitettiin hankkimalla kappaleessa 3.1 kuvattu avoin paikka-tietoaaineisto .laz -muodossa. Pilottialueelta hankitut laserkeilaukset oli toteutettu vuosina 2019 ja 2023.

Laserkeilausaineistojen pistepilvistä suodatettiin pois pisteet, joiden luokat olivat 6 (building), 7 (low point (noise)) ja 9 (water). Tämän jälkeen pisteiden korkeudet normalisointiin Maanmittauslaitoksen korkeusmallin avulla niin, että luokan 2 (ground) pisteet saivat korkeudeksi 0 metriä ja maanpinnan yläpuolella olevat pisteet saivat korkeuden suhteessa maanpintaan. Tämän jälkeen pistepilvistä suodatettiin pois alle 1,3 metrin korkeudella olevat pisteet sekä yli 45 metrin korkeudella olevat pisteet (Kuva 9).



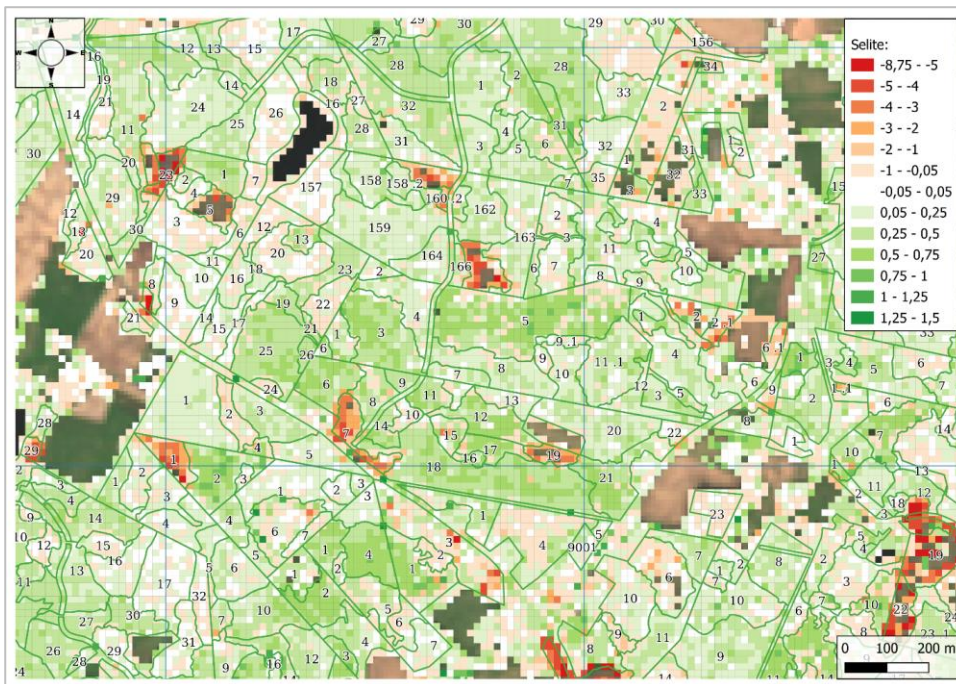
Kuva 9. Laserkeilausaineiston pistepilvi yhden hilan alueella. Vasemmalla vuoden 2019 tilanne ja oikealla vuoden 2023 tilanne.

Pilottialueelle muodostettiin 16 m x 16 m hilaverkko, jonka jokaiselle hilalle laskettiin sille osuvista pisteistä korkeuden 90. persenttiili (p90) (Kuva 10). Persenttiiliarvo laskettiin sekä vuoden 2019 aineistosta että vuoden 2023 aineistosta.



Kuva 10. Esimerkkikuva pilottialueelle tuotetusta 16 x 16 metrin hilaverkosta.

Tämän jälkeen voitiin laskea muutos hiltasolla niin, että vuoden 2023 p90 persentiilistä vähennettiin vuoden 2019 p90 persentiili hiltasolla. Lopputuloksena saatiin pituuden muutos hiltasolla, joka voitiin edelleen muuttaa vuosittaiseksi pituuden muutokseksi, kun tiedettiin kahden eri laserkeilauksen ajankohdat (Kuva 11.). Kasvukarttojen tuottamisessa laserkeilausaineistosta on useita lähestymistapoja ja kasvun muutoksessa voidaan parhaimmillaan päästä jopa yksittäisten puiden tasolle hiltason sijaan.

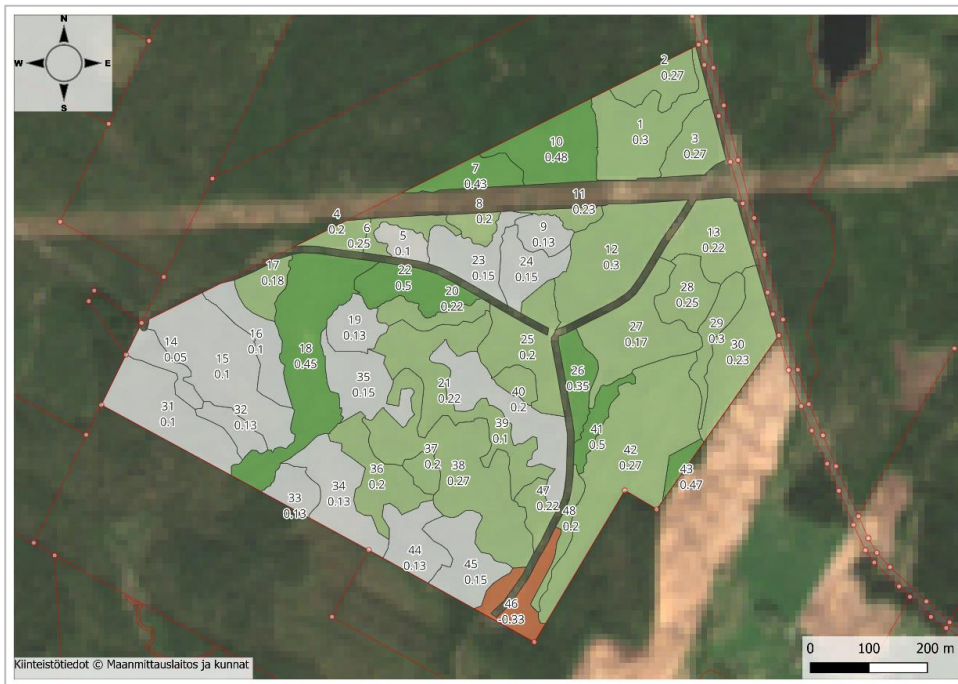


Kuva 11. Laserkeilauspistepilvien erotukseen perustuva pituusmuutoskartta.

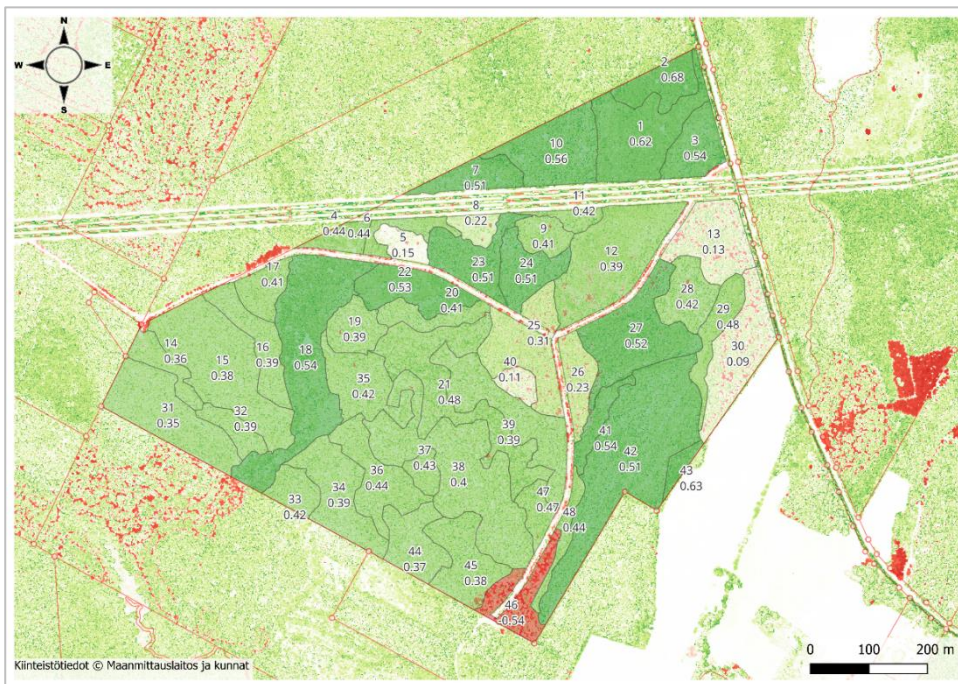
### 4.3 Malleilla tuotettu pituuskasvun ennuste

Pilottikiinteistölle tuotettiin pituuskasvun ennuste myös MOTTI- kasvumalleilla (Kuva 12). Kasvunlaskennan lähtötietoina käytettiin Metsäkeskuksen tuottamia kuviomuotoisia avoimia metsävaratietoja, jotka pohjautuivat vuoden 2019 laserkeilaus- ja ilmakuvapiirteisiin. Jos kuviolla ei ollut toimenpiteitä 2019 ja 2023 välillä, mallinnettiin pelkkä kasvu. Jos taas kuviolla oli toimenpide metsänkätöilmoitusten perusteella, kasvunlaskennan lisäksi on ennustettu hakkuiden puistuman vaikutus pituuteen toimenpidemalleilla.

Kasvunmallinnus tuotti laskennalliset puustotiedot vuodelle 2023, josta tarkasteluun otettiin keskipituus. 2023 mallinnetusta keskipituudesta vähennettiin 2019 inventoitu keskipituus kuvioittain, ja erotus jaettiin laskentakson pituudella eli neljällä. Näin saatiin kuviotasolla ennustettu vuotuinen pituuden muutos. Pilottikiinteistölle tuotettiin myös latvusmallien erotuskuvaan perustuva pituuskasvun ennuste (Kuva 12).



Kuva 12. Avoimiin metsävarakuvioihin ja Luonnonvarakeskuksen MOTTI-malleihin perustuva vuosittainen pituuskasvun ennuste.



Kuva 13 Latvusmallien erotuskuvaan perustuva vuosittainen pituuskasvun ennuste.

Kun MOTTI-malleilla tuotettua pituuskasvun ennustetta verrataan latvusmallien avulla tuotettuun pituuskasvun arvioon, voidaan havaita, että jälkimmäinen antaa keskimäärin suurempia arvoja. Tähän syynä voi olla pituuskasvun laskennassa käytetty laskentamenetelmä tai latvusmallien tuotannossa käytetty laserkeilausaineiston pistetiheys. Lisäksi huomion arvoista on, että kuviot, joilla on tehty metsänhoitotoimenpiteitä, kuten harvennushakkuita tai ensiharvennuksia kuvion keskikasvu ei ole todenmukainen kuviolta kaadettujen puiden pituusmuutoksen takia (kuva 13). Vääristymä olisi kuitenkin korjattavissa niin, että kasvukartasta poistettaisiin negatiivinen kasvu ennen kuviotason laskentaa.

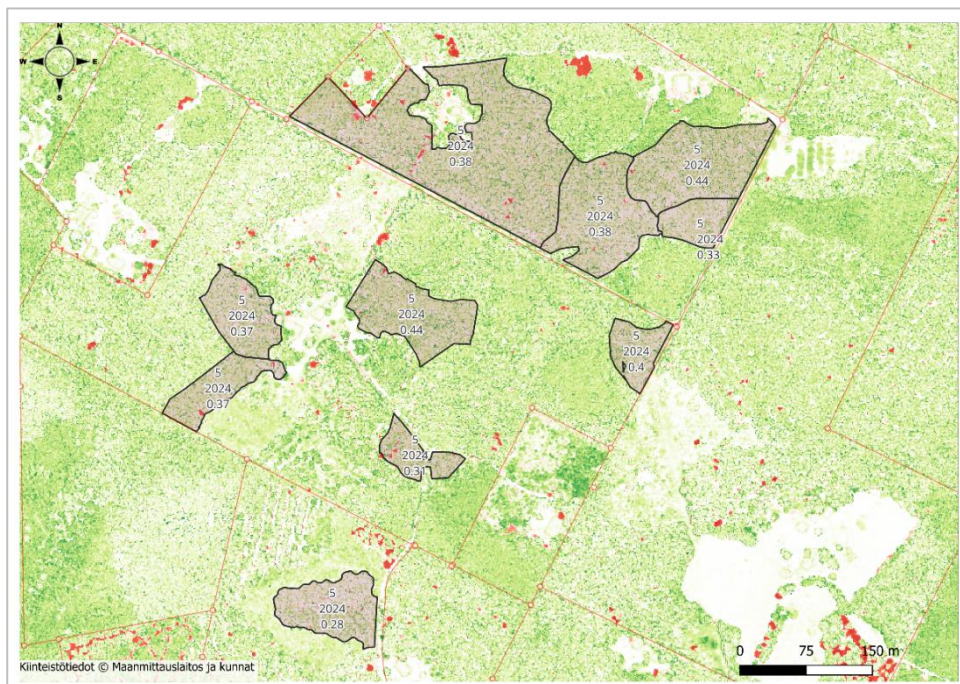
## 5 Tilatason esimerkilaskelma

### 5.1 Vaikutus toimenpidesuositukseen

Osaprojektissa tutkittiin pilottialueelta valikoitujen kiinteistöjen avulla millainen vaikutus pituuskasvukarttojen avulla saadulla kasvutiedolla olisi kohteen toimenpidesuositukseen.

Pilottialueelle hankittiin Suomen metsäkeskuksen avoin kuvioaineisto, josta valittiin sellaiset kuviot, joille on ehdotettu päätehakkuu vuodelle 2024. Näille kuviolle laskettiin pituuskasvukartoista vuosittainen pituuden muutos kuviotasolla niin, että kuviolle osuvista pikseleistä otettiin keskiarvo. Kuviokohtaiset vuosittaiset pituuskasvun arvot vaihtelivat pilottikiinteistöjen välillä 0,25 m – 0,44 m (kuva 14).

Aineistoa tutkimalla tarkemmin voitiin havaita, että samalla alueella olevien ja saman päätehakkuuehdotuksen saaneiden kuvioiden välillä oli havaittavissa pientä eroa pituuskasvussa. Ero alhaisimman pituuskasvun kuviolla ja suurimman pituuskasvun kuviolla oli noin 0,20 metriä. Ero ei ollut kuitenkaan vielä niin merkittävä, että voitaisiin sanoa toimenpide-ehdotuksen ajankohdan olevan pielessä. Eroon voi myös vaikuttaa jonkin verran kuvion koko sekä latvumallien tuotannossa käytetty laserkeilausaineiston pistetiheys. Myös yksittäisten puiden kuolleisuus kuviolla vaikuttaa pituuden keskiarvoon ja jatkossa keskiarvo olisi hyvä laskea niin, että negatiivinen pituuskasvu olisi poistettu kasvukartasta ennen lopullisen keskiarvon laskentaa.

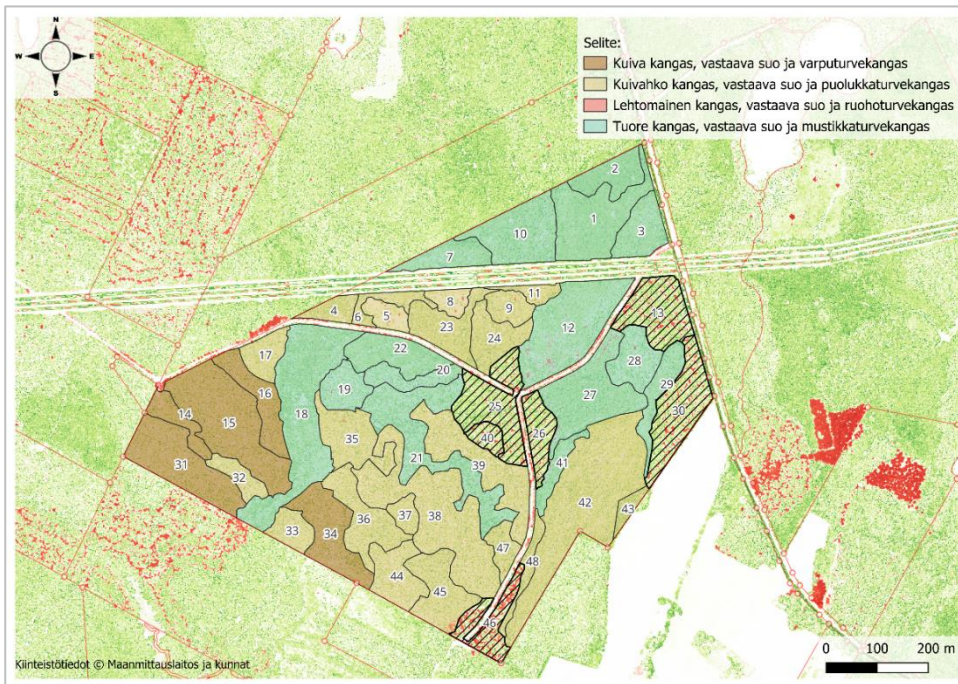


Kuva 14 Pilottialueelta tarkempaan tarkasteluun valikoitujen kiinteistöjen kuviot, joilla päätehakkuuehdotus vuodelle 2024.

Mikäli pituuskasvun ero olisi ollut merkittävämpi sillä olisi voinut olla vaikutusta toimenpide-ehdotuksen ajankohtaan. Karkealla tasolla voidaan olettaa, että mikäli päätehakkuuehdotuksen saaneella kuviolla pituuskasvu on vielä suurta, voisi kiertoaikaa pidentää siirtämällä toimenpide-ehdotuksen ajankohtaa myöhemmäksi tulevaisuuteen. Vastaavasti mikäli kuvion pituuskasvu kuviolla on tyrehtynyt merkittävästi, voitaisiin toimenpide-ehdotuksen ajankohtaa jopa aikaistaa. Yhtenä jatkotutkimuksen aiheena olisikin hyvä selvittää, mikä on riittävä raja-arvo pituuskasvun tyrehtymiselle, jonka jälkeen olisi perusteltua muuttaa toimenpide-ehdotuksen ajankohtaa.

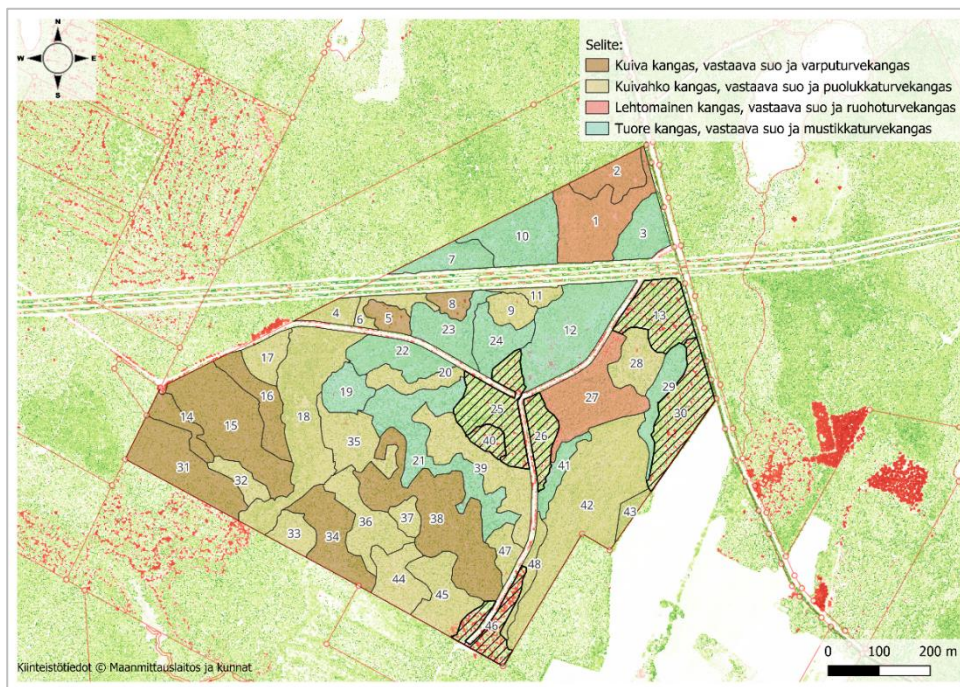
## 5.2 Vaikutus kohteen kiertoajan aikaiseen hiilivarastoon

Osaprojektissa tutkittiin pilottikiinteistön avulla millainen vaikutus pituuskasvukarttojen avulla saadulla tiedolla olisi kohteen kiertoajan aikaiseen hiilivarastoon. Pilottikiinteistöltä poimittiin hiilitunnusten laskentaan sellaiset kuviot, joilla ei ollut pituuskasvukarttojen mukaan tehty toimenpiteitä kahden eri laserkeilauksen välillä (kuva 15).



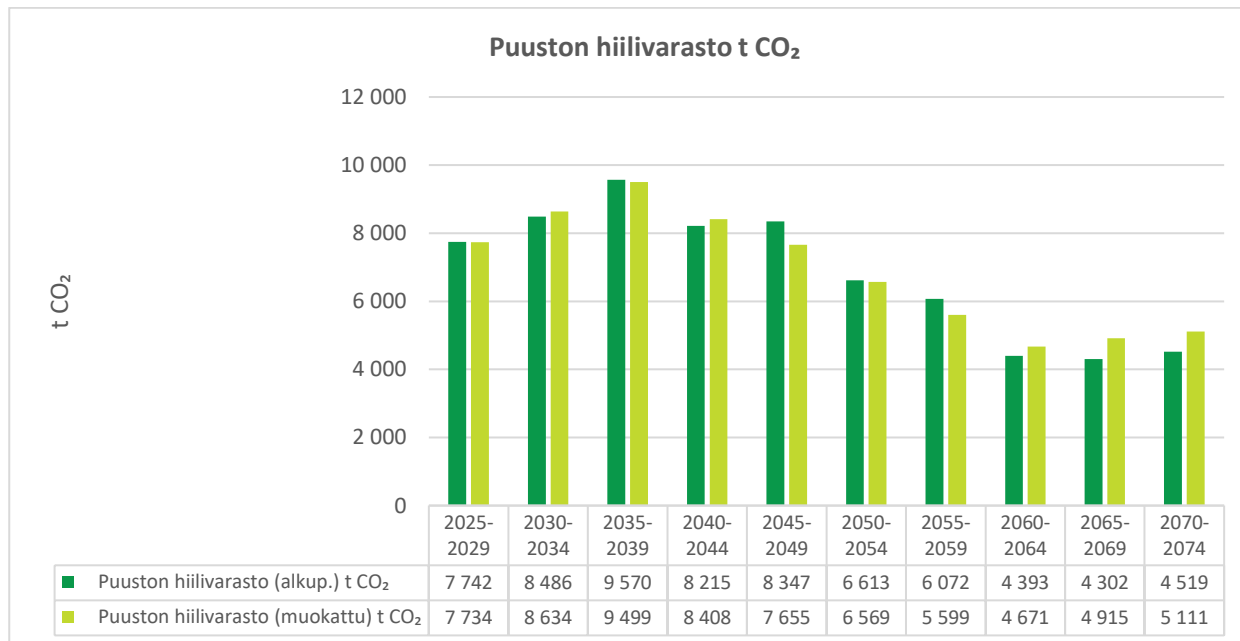
Kuva 15 Pilottikiinteistön alkuperäiset kasvupaikkaluokat.

Seuraavaksi pilottikiinteistöltä poimittiin sellaiset kuviot, joiden kuviokohtainen pituuskasvu pituuskasvukarttojen perusteella oli joko suurempaa tai pienempää MOTTI -kasvumallilla tuotettuun pituuskasvuun verrattuna. Näiden kuvioiden kasvupaikkaluokkaa muutettiin yksi askel joko ravinteikkaampaan tai karumpaan suuntaan pituuskasvukartan perusteella (kuva 16). Esimerkilaskelma ei välttämättä anna aivan todellista kuvaa, sillä pituuskasvu on luonnollisesti suurempaa nuorella puustolla verrattuna varttuneeseen puustoon. Laskelma antaa kuitenkin osviittaa kasvupaikan vaikutuksesta kiinteistön kiertoajan aikaiseen hiilivarastoon.



Kuva 16 Pilottikiinteistö pituuskasvukarttojen perusteella muutetuilla kasvupaikkaluokilla.

Valituilta kuvioilta laskettiin hiilitunnukset 50 vuotta tulevaisuuteen IPTIM-ohjelmistoa hyödyntäen. Laskennassa huomioitiin hyvien metsänhoitosuositusten mukaiset toimenpiteet. Tuloksista voidaan huomata, että kasvupaikkaluokan muutoksella on merkittävä vaikutus, kun tarkkaillaan kiinteistötason hiilivarastoa. Alkuperäisillä kasvupaikkaluokilla päästiin puuston hiilivarastossa vuoden 2074 loppuun mennessä arvoon 4 519 t CO<sub>2</sub> kun vastaava luku oli kasvupaikkaluokkia muuttamalla 5 111 t CO<sub>2</sub> (taulukko 1).

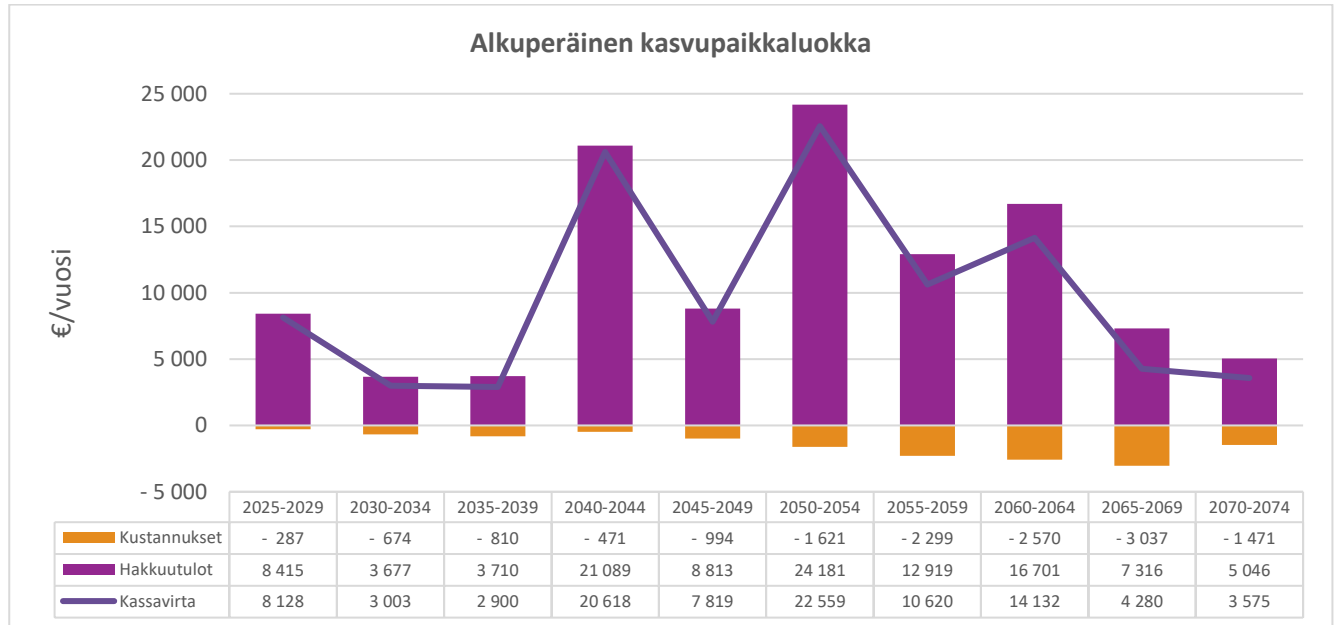


Kuva 17. Kiertoajan aikaisen hiilivaraston kehittyminen pilottikiinteistöllä.

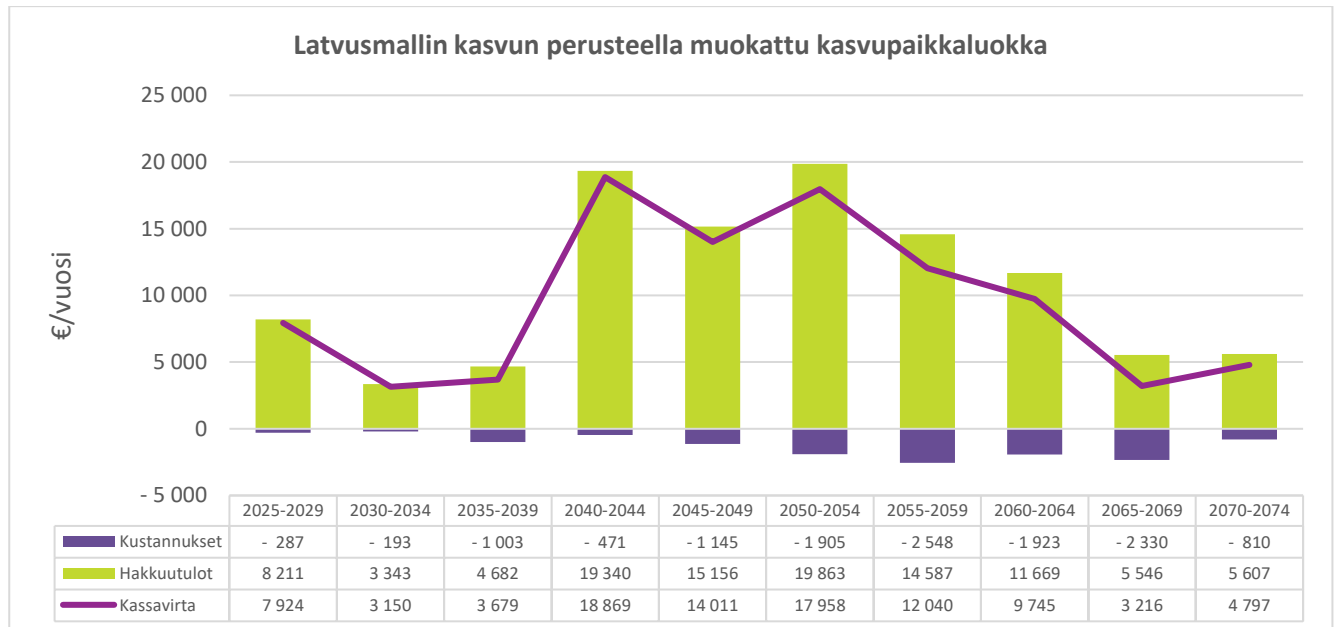


Laskelma tuotti myös osviittaa kasvupaikan vaikutuksesta taloudelliseen kannattavuuteen. Tuloksista voidaan huomata, että kasvupaikkaluokan muutoksella on vaikutusta hakkuutulosten ja kustannusten ajoittumiseen kierrojan aikana (taulukko 2 & taulukko 3).

Taulukko 1 Hakkuutulot ja metsänhoidon kustannukset (alkuperäiset kasvupaikkaluokat).



Taulukko 2 Hakkuutulot ja metsänhoidon kustannukset (muokatut kasvupaikkaluokat).



## 6 Suositukset jatkoa varten

Latvumallien kautta tuotettava pituuskasvukartta on jo nykyisellään mahdollista tuottaa melko tehokkaasti ja laskennassa käytetty paikkatietoaineisto on kaikille avointa. Laskentamenetelmän kehittäminen

olisi tarpeen etenkin latvuston reunoille syntymän vääristymän osalta. Tällä hetkellä latvusmallien tuottamiseen on käytetty aiemmassa keilauksessa harvapulssista laserkeilausaineistoa ja uudemmassa keilauksessa tiheäpulssista laserkeilausaineistoa. Tulevaisuudessa tilanne paranee, kun saadaan tiheäpulssista laserkeilausaineistosta tuotettuja latvusmalleja kahdelta eri ajankohdalta.

Tilatasolla latvusmallien kautta tuotetun pituuskasvukartan hyödyntämisessä on tärkeää, että kasvukarttojen negatiivinen kasvu saadaan rajattua pois ennen kuviotasolle yleistämistä. Kun saadaan tarkka tieto toteutuneesta kasvusta, voidaan sen avulla arvioida tarkemmin kuvioiden toimenpidesuosituksen ajankohtaa. Hankkeessa toteutettu hiilivaraston tarkastelu kiinteistötasolla osoittaa, että kasvupaikkaluokan tarkentamisella olisi merkittävä vaikutus kiertoajan aikaiseen hiilivarastoon. Kun saadaan tarkempaa tietoa hiilivaraston suuruudesta kiinteistötasolla, voidaan tuottaa entistä tarkempia ennusteita myös kansallisella tasolla.

Laserkeilausaineiston kautta tuotettava pituuskasvukartta on niin ikään nykyisellään mahdollista toteuttaa, mutta se on prosessina huomattavasti raskaampi verrattuna latvusmallien kautta tuotettuun pituuskasvukarttaan. Aineiston osalta harvapulssinen aineisto on kaikille avointa, mutta tiheäpulssisen laserkeilausaineiston hyödyntäminen edellyttää käyttöluvan täyttämisen ja aineiston lataukseen liittyy maksu. Kasvukarttojen tuottamisessa laserkeilausaineistosta on useita lähestymistapoja ja kasvun muutoksessa voidaan parhaimmillaan päästä jopa yksittäisten puiden tasolle hilatason sijaan.

## 7 Lähteet

Maanmittauslaitos. 2024a. [www-sivusto]. Laserkeilausaineisto 0,5 p (2008-2019). <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/aineistot-ja-rajapinnat/tuotekuvaukset/laserkeilausaineisto> [viitattu 26.10.2024].

Maanmittauslaitos. 2024b. [www-sivusto]. Maanmittauslaitoksen Karttapaikka. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka> [viitattu 26.10.2024].

Maanmittauslaitos. 2024c. [www-sivusto]. Laserkeilausaineisto 5 p. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/aineistot-ja-rajapinnat/tuotekuvaukset/laserkeilausaineisto-5-p> [viitattu 26.10.2024].

Suomen metsäkeskus. 2024a. [www-sivusto]. Tuotokuvaus latvusmallit. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/tietotuotokuvaus-latvusmallit.pdf> [viitattu 26.10.2024].

Suomen metsäkeskus. 2024b. [www-sivusto]. Metsävaratiedot – Latvusmallit. <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/metsatietoaineistot/metsavaratiedot> [viitattu 26.10.2024].

Suomen metsäkeskus. 2024c. [www-sivusto]. Metsien kaukokartoitus on hyvässä vauhdissa. <https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/metsien-kaukokartoitus-on-hyvassa-vauhdissa> [viitattu 31.10.2024].

Suomen metsäkeskus. 2024d. [www-sivusto]. Metsäkeskus – paikkatietoaineistot. <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/aineistot-paikkatieto-ohjelmille/paikkatietoaineistot> [viitattu 26.10.2024].

Suomen metsäkeskus. 2024e. [www-sivusto]. Metsävarakuviot. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/tietotuotokuvaus-metsavarakuviot.pdf> [viitattu 26.10.2024].

TAPIO 

Maistraatinportti 4 A

00240 Helsinki

[tapio@tapio.fi](mailto:tapio@tapio.fi)

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

© Tapio Oy - Kasvu- ja kasvupaikkatiedolla kohti parempaa päätöksentekoa, kasvukarttojen tuottaminen pilottialueelta