

TAIMIKONHOIDON VAIKUTUS HIILENSIDONTAAN

Kuosku Eetu
Paananen Onni

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

2023

Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

Tekijä	Eetu Kuosku, Onni Paananen	Vuosi	2023
Ohjaaja	Kari Pasanen		
Toimeksiantaja	Suomen metsäkeskus		
Työn nimi	Taimikonhoidon vaikutus hiilensidontaan		
Sivumäärä	63 + 6		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia taimikonhoidon ja sen voimakkuuden vaikutusta hiilensidontaan puuston elinkaarella. Työ kuuluu osaksi Suomen metsäkeskuksen Aktiivisuutta metsänomistukseen – lisää hiiltä Lapin metsiin -hanketta. Hankkeen tavoitteena on parantaa kestävänsä metsätalouden edellytyksiä aktivoida metsänomistajia kestävänsä metsätalouteen, jolloin metsien hiilensidonta- ja varastointikyky paranee. Tutkimus on jatkoa opinnäytetyölle Hollanti & Savolainen: Taimikonhoidon vaikutus metsikön kehitykseen ja ainespuun tuotokseen. Tutkimuksessa käsiteltiin taimikonhoitoa, harvennushakkuuta, uudistushakkuuta, hiilensidontaa ja aiempia tutkimuksia aiheesta.

Aineisto koostui kuudesta tuoreen kankaan kuusikkokuvioista ja kuudesta kuivahkon kankaan männikkökuvioista, jotka inventoitiin syksyllä 2021 Rovaniemen alueelta. Taimikot saatiin Metsäkeskuksen metsävaratietokannasta. Kaikki koetaimikot olivat hoitamattomia.

Tutkimuksessa taimikoita simuloitiin Monsu-ohjelmistolla. Taimikoille simuloitiin kolme käsittelyvaihtoehtoa: ensimmäisessä vaihtoehdossa taimikko hoidettiin metsänhoidon suositusten mukaisesti, toisessa vaihtoehdossa taimikonhoidossa jätettiin korkeampi kasvatustiheys ja kolmannessa vaihtoehdossa taimikkoa ei hoidettu ollenkaan. Tämän jälkeen puusto kasvatettiin ensiharvennusikäiseksi ja sen jälkeen metsänhoidon suositusten mukaisesti kiertoajan loppuun asti, jolloin simuloimme uudistushakkuun. Kaikilta käsittelyvaihtoehdoilta kirjattiin ylös kiertoajat, hakkuukertymät ja hiilitaseet.

Tutkimuksessa havaittiin, että hoitamattomilla taimikoilla hiilitase oli suurin kaikilla kuvioilla niin männiköissä kuin kuusikoissa. Hoidetuilla kuvioilla hiilitase oli pienin ja puolihoitetuilla hoidettuja suurempi. Taimikon hoitamattomuus johti etenkin kuusikoissa kiertoajan pitenemiseen. Männiköissä kiertoaika pitenee kolmella kuvioilla ja kolmella muulla se oli sama kuin hoidetuilla ja puolihoitetuilla kuvioilla. Taimikon hoitamattomuus johti myös metsikön järeytymisen hidastumiseen ja laadun heikkenemiseen. Tutkimustuloksista Metsäkeskus saa uutta tietoa liittyen hiilensidontaan ja voi hyödyntää sitä viestinnässään metsänomistajille.

Avainsanat hiilensidonta, hiilitase, simulointi, taimikonhoito

Forestry
Forestry Engineer

Author	Eetu Kuosku, Onni Paananen	Year	2023
Supervisor	Kari Pasanen		
Commissioned by	Finnish Forest Centre		
Title	Effect of tending seedling stand on carbon sequestration		
Number of pages	63 + 6		

This thesis aimed to analyze the effect of tending a seedling stand and its intensity on carbon sequestration in the forest throughout its life cycle. It is part of the Activity for forest ownership - more carbon in Lapland's forests- project conducted by the Finnish Forest Centre. The project aims to promote sustainable forest management and improve carbon sequestration and storage in forests. This study builds upon previous research by Hollanti & Savolainen. This thesis focuses on tending a seedling stand, thinning, regeneration harvests, and carbon sequestration.

The dataset of the study consisted of six mesic heath spruce seedling stands and six sub-xeric heath pine seedling stands, which were inventoried in the autumn of 2021 in the Rovaniemi area. The seedling stands were obtained from the Forest Centre's forest resource database. All the seedling stands were untreated.

The seedling stands were simulated using the Monsu software in the study. Three treatment options were simulated for the seedling stands: In the first option, the stands were managed according to the Forest Management Recommendations. In the second option, a higher growing density was used in the seedling stand management. In the third option, the seedling stands were left unmanaged. Afterwards, the stands were grown to the first thinning stage and then managed according to the Forest Management Recommendations to the end of the rotation period. At this point, a regeneration harvest was simulated. Rotation periods, harvested volumes, and carbon balances were recorded for all treatment options.

The study found that untreated seedling stands had the highest carbon balance in both pine and spruce stands, while treated stands had the lowest carbon balance and semi-treated stands had a higher balance than treated stands. The lack of management in seedling stands, especially in spruce stands, led to longer rotation times. In pine stands, rotation times were extended on three plots, while on three other plots they were the same as in treated and semi-treated stands. Untreated seedling stands also resulted in slower growth and reduced quality of the forest. These research findings provide the Finnish Forest Centre with new information regarding carbon sequestration and can be utilized in their communication with forest owners.

Keywords carbon balance, carbon sequestration, simulation, tending of seedling stand

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TAIMIKONHOITO	8
2.1	Yleistä taimikonhoidosta	8
2.2	Taimikon varhaishoito	8
2.3	Taimikon varhaisperkaus	9
2.4	Taimikonharvennus	10
3	HAKKUUTAVAT	12
3.1	Yleistä hakkuista	12
3.2	Harvennukset.....	12
3.2.1	Ensiharvennus	13
3.2.2	Alaharvennus	14
3.2.3	Yläharvennus	14
3.3	Uudistushakkuu	15
3.3.1	Siemenpuuhakkuu.....	16
3.3.2	Suojuspuuhakkuu.....	17
3.3.3	Avohakkuu	18
4	METSÄN HIILENSIDONTA	19
4.1	Metsien hiilitase	19
4.2	Ilmastonmuutoksen vaikutus hiilensidontaan.....	20
4.3	Taimikonhoidon vaikutus hiilensidontaan.....	21
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	23
5.1	Menetelmät	23
5.2	Taimikkokohteet ja niiden simuloinnit.....	25
6	TULOKSET.....	27
6.1	Tuoreen kankaan kuusikot.....	27
6.1.1	Kuvio 1	27
6.1.2	Kuvio 5	28
6.1.3	Kuvio 6	30
6.1.4	Kuvio 9	31
6.1.5	Kuvio 19	32

6.1.6	Kuvio 33	34
6.2	Kuivahkon kankaan männiköt	35
6.2.1	Kuvio 10	35
6.2.2	Kuvio 11	37
6.2.3	Kuvio 14	38
6.2.4	Kuvio 17	39
6.2.5	Kuvio 48	41
6.2.6	Kuvio 85	43
6.3	Tulosten tarkastelu	44
6.3.1	Tuoreen kankaan kuusikot	44
6.3.2	Kuivahkon kankaan männiköt	50
6.3.3	Johtopäätökset	55
7	POHDINTA	58
	LÄHTEET	61
	LIITTEET	63

1 JOHDANTO

Nykyaikana niin maailmalla kuin myös Suomessa pohditaan ratkaisuja ilmastonlämpenemiselle ja sen tuottamille haasteille. Yksi suuri tekijä, joka kuormittaa ilmastoa, on hiilidioksidi. Hiilensidontaan ja hiilipäästöihin etsitään kuumeisesti ratkaisuja, ja yksi näistä ratkaisuista on hiilinielujen kasvattaminen. Hiilinielujen kasvattamisesta on tullut tärkeä tekijä ilmaston lämpenemisen torjunnassa. Metsät ja muu biomassa sitovat hiilidioksidia ilmakehästä, minkä johdosta ne toimivat merkittävinä hiilinieluinä maailmanlaajuisesti. Nykypäivänä metsäalueet ovat pienentyneet esimerkiksi rakentamisen ja maatalouden laajentumisen vuoksi, mikä on johtanut hiilinielujen vähenemiseen ja kasvihuonepäästöjen nousuun. (Maa- ja metsätalousministeriö 2023.)

Tutkimuksemme tarkoituksena on selvittää, miten taimikonhoito ja sen intensiteetti vaikuttavat metsän hiilensidontaan sen elinkaarella. Toimeksiantajamme on Suomen metsäkeskus, ja työ on osa Aktiivisuutta metsänomistukseen – lisää hiiltä Lapin metsiin -hanketta. Hankkeen tavoitteena on parantaa kannattavan metsätalouden edellytyksiä aktivoimalla metsänomistajia kestäväan metsätalouteen, jolloin metsien hiilensidonta- ja varastointikyky paranevat (Metsäkeskus 2023). Työmme on jatkoa kevään 2022 opinnäytetyölle Hollanti & Savolainen: Taimikonhoidon vaikutus metsikön kehitykseen ja ainespuun tuotokseen.

Toimeksianto työlle saatiin kesällä 2022 työskennellessämme Suomen metsäkeskuksessa. Aihe kiinnosti heti siitä kuullessamme, sillä aihetta ei ole juurikaan tutkittu ja se on erittäin ajankohtainen tämnpäiväisten ilmastokysymysten äärellä. Käytössä oli valmiit taimikkodatat Rovaniemen alueelta kuudesta tuoreen kankaan kuusikosta ja kuudesta kuivahkon kankaan männiköstä, joita lähdettiin jalostamaan Monsu-simulointiohjelmistoa hyödyntäen.

Tavoitteena oli tuottaa mahdollisimman selkeä käsitys siitä, miten taimikonhoito vaikuttaa puuston hiilensidontaan sen koko kiertoajalla. Taimikonhoito vaikuttaa taimikon kasvuun ja järeytymiseen merkittävästi ja tätä kautta vanhetessaan myös metsikön kehittymiseen. Puuston ja ainespuun hiilensidontan kannalta sen

vaikutus on vähäinen, mikäli harvennuksia toteutetaan puuston taimikkovaiheen jälkeen. (Hynynen ym. 2023.)

Luonnonvarakeskuksen tutkimuksessa metsälain ilmastovaikutuksen arvioinnissa tulee ilmi, että päätehakkuun läpimitan maltillinen nostaminen ja voimakaiden harvennusten välttäminen lisäisi hiilensidontaa talousmetsien puustossa merkittävästi. Se ei myöskään heikentäisi ainespuun tuotosta tai metsänkasvatuksen kannattavuutta metsänomistajan näkökulmasta. Hakkuukertymiä vähentämättä voitaisiin puuston kiertoaikoja pidentää maltillisesti edellyttäen että metsänomistajat korvaisivat väheneviä uudistushakkuita lisäämällä harvennushakkuiden määriä. Mikäli metsänkäsittelyssä pidennettäisiin kiertoaikoja merkittävästi ilman muita muutoksia, se johtaisi talousmetsien hiilensidonnan lisääntymiseen merkittävästi. Samalla siitä seuraisi kuitenkin hakkuukertymien selkeää vähenemisen tulevana vuosikymmeninä. (Hynynen ym. 2023.)

Työssämme tarkoituksena oli saada tietoa siitä, miten taimikonhoito vaikuttaa metsän hiilensidontaan pitkällä ja keskipitkällä aikavälillä. Tämä tapahtui simuloimalla taimikoille taimikonhoito-, taimikon puolihoito - ja ei hoitoa ollenkaan -vaihtoehto. Taimikkovaiheen jälkeen tarkoituksena oli simuloida puustoa metsänhoidon suositusten mukaisesti sen kiertoajan loppuun saakka, jolloin metsä uudistettiin. Työmme tuloksena saimme tietoa siitä, miten tavanomaiset metsänkäsittelyratkaisut korreloivat hiilensidonnan kanssa. Monsu-ohjelmisto teki koko prosessin ajan hiilitaselaskelmia, joilla vertailimme eri käsittelyratkaisuiden vaikutuksia hiilensidontaan.

Tutkimuksen tuloksena Suomen metsäkeskus ja sitä kautta myös metsänomistajat saavat hyvää tietoa siitä, miten metsänhoidon suositusten mukainen ja myös sen käytänteiden ulkopuolinen taimikonhoito ja metsän käsittely vaikuttavat hiilensidontaan. Metsäkeskus käyttää tietoa metsänomistajien neuvontaan ja aktivoimiseen. Työtä voidaan käyttää myös tulevaisuudessa metsänhoitotoimenpiteiden kartoittamiseen hiilensidonnan kannalta, ja tämä voi mahdollisesti johtaa jopa metsäalan toimintatapojen muutoksiin. Opinnäytetyömme toimii myös hyvänä pohjana mahdollisille jatkotutkimuksille aiheeseen liittyen.

2 TAIMIKONHOITO

2.1 Yleistä taimikonhoidosta

Taimikonhoito on osa metsänuudistamistoimenpiteiden ketjua, jolla turvataan taloudellinen kannattavuus metsikön ensiharvennuksessa. Taimikon perustamisvaiheessa on tehty kasvatettavasta puulajista kasvupaikkakohtainen valinta. Valitun puulajin taimien kasvutila ja kasvuun tarvittavat resurssit varmistetaan taimikon varhaishoitoon ja varhaisperkauksien avulla, millä vähennetään pintakasvillisuuden ja muun puuston kilpailua. Taimikon vartuttua puustoa harvennetaan myöhemmässä taimikonhoidossa niin, että taloudellisesti arvokkaimmat puulajit ja laadukkaimmat rungot jätetään kasvamaan. Varhaishoito, varhaisperkaus ja myöhempi taimikonhoito siis ylläpitävät toimenpideketjuna metsänuudistamisessa tehdyn investoinnin tuottokykyä. (Saksa, Miina & Uotila 2016, 8–10.)

Taimikonhoidolla on ratkaiseva vaikutus metsiköstä saatavaan tuottoon tulevaisuudessa, koska sillä turvataan taloudellisesti kannattava ensiharvennus. Ensiharvennus viivästyy hoitamattomassa nuoressa metsässä tai päädytään heikosti tuloja tuottavaan nuoren metsän kunnostukseen. Taimikonhoidon vaikutus näkyy puuston tuotoksessa koko kiertoajalta. Esimerkiksi tuoreen kankaan kuusikossa taimikonhoito kasvattaa ainespuun kokonaistuotosta 20 prosenttia hoitamattomaan taimikkoon verrattuna ja lisää erityisesti järeän ainespuun tuotosta. Taloudellisessa tuotossa samassa kuusikossa ero on vieläkin suurempi: metsikön koko kiertoajan tuotto kasvaa taimikonhoidon seurauksena 50 prosentilla hoitamattomaan verrattuna. (Saksa ym. 2016, 10–11.)

2.2 Taimikon varhaishoito

Taimikon varhaishoitolla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla varmistetaan taimien alkukehitys ensimmäisinä vuosina uudistamistoimenpiteiden jälkeen. Varhaishoitoon sisältyvät pintakasvillisuuden taimille aiheuttaman haitan ehkäiseminen tai rajoittaminen ja taimikon täydennysviljely. Pintakasvillisuuden aiheuttama kilpailu koostuu pääsääntöisesti heinien, ruohojen, varpujen sekä pensaiden aiheuttamista ongelmista. Taimikon täydennysviljelyä tai -istutusta tarvitaan silloin, kun taimista on tuhoutunut huomattava määrä. (Saksa ym. 2016, 38–42.)

Pintakasvillisuuden torjuntaan kuuluvat kemiallinen ja mekaaninen heinäntorjunta, joiden tavoitteena on parantaa taimien selviämismahdollisuuksia kilpailussa muun pintakasvillisuuden kanssa. Mekaanisessa heinäntorjunnassa niitetään, poljetaan tai taitetaan sivuun pintakasvillisuutta taimien ympäriltä vähintään etäisyydeltä, joka vastaa pintakasvillisuuden korkeutta. Paras ajankohta mekaaniselle heinäntorjunnalle on keskikesä. Kemiallinen torjunta tehdään maanmuokkauksen yhteydessä tai nuoressa taimikossa. Kasvatettavat taimet on suojattava vaurioiden välttämiseksi tai torjunta pitää toteuttaa sellaisena ajankohtana, jolloin taimet kestävät kemiallisen käsittelyn. Myös vesiensuojeluun on kiinnitettävä erityistä huomiota kasvinsuojeluaineita käytettäessä. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014, 144.)

Täydennysistutus kannattaa tehdä 1–2 vuotta varsinaisen istutuksen jälkeen, mutta viimeistään kolmantena vuonna. Kylväen tai luontaisesti uudistetuilla aloilla täydennysistutus voidaan tehdä vielä 3–4 vuotta uudistamisen jälkeen. Täydennysistutus on suositeltavaa, jos havupuutaimikoissa kasvatuskelpoisten taimien määrä hehtaarilla on alle 1500 (pohjoisessa Suomessa 1200) ja lehtipuutaimikoissa 1100. Täydennysistutuksessa on tarkoituksena nostaa taimikon tiheys viljelytiheyteen, ja työssä tulee käyttää kookkaita ja riittävän suuressa paakussa kasvatettuja taimia. Jos tuhon jälkeen taimikon tiheydeksi jää alle 500–600 tainta hehtaarille, kannattaa koko uudistusala viljellä uudelleen. (Saksa ym. 2016, 42–43.)

2.3 Taimikon varhaisperkaus

Varhaisperkaus tähtää siihen, että tuotantopuuston kasvuedellytykset ylläpidetään mahdollisimman hyvällä tasolla. Varhaisperkaus tehdään ennen kuin nopeammin kasvavat lehtipuut ehtivät etukasvuiksi tai aiheuttavat muuten haitallista kilpailua tai mekaanisia vaurioita tuotantopuustolle. Poistettavat puut ovat kannoista syntyneitä lehtipuiden vesoja tai siemensyntyisiä lehtipuita. Havupuista poistetaan ainoastaan etukasvuiset ja huonolaatuiset yksilöt. Varhaisperkaus tehdään tavallisimmin raivaussahalla, kun kasvatettavat istutustaimet ovat 1–2 metrin ja luontaiset sekä kylvötaimet 0,5–1 metrin pituisia. (Saksa ym. 2016, 44.)

Männyn istutustaimikoissa varhaisperkaus on tarpeen silloin, kun lehtipuustoa on runsaasti ja se on pääsemässä männyntaimia pidemmäksi. Kuusen istutustaimikoissa varhaisperkaus on tarpeen jo noin metrin pituudessa eli 4–6 vuotta istutuksesta. Männyn luontaisesti syntyneissä ja kylvötaimikoissa varhaisperkaus on tarpeen tehdä usein jo alle metrin pituudessa. (Saksa ym. 2016, 44.)

Varhaisperkaus voidaan toteuttaa täysperkauksena tai reikäperkauksena. Täysperkauksessa havupuutaimikoista poistetaan kaikki lehtipuusto aukkopaiikkoja lukuun ottamatta. Reikäperkauksessa puolestaan poistetaan kilpaileva puusto noin metrin etäisyydeltä kasvatettavista taimista, vesaryhmät myös kauempaa. Reikäperkausta käytetään havupuutaimikoissa, joissa kasvatettavat taimet ovat hyväkasvuisia ja on vähäinen riski sille, että kanto- ja juurivesat kasvavat kasvatettavien taimien päälle. (Saksa ym. 2016, 49–50.)

Oikea ajoitus on varhaisperkauksessa erittäin tärkeää, sillä suotuisaa aikaa on usein vain kasvukausi tai kaksi. Varhaisperkaus on työläämpää ja kalliimpaa, jos sen tekeminen viivästyy. Taimikon kehitys voi lisäksi hidastua, taimikon laatu kärsii, ja näin ollen voidaan menettää tulevaisuuden puunmyyntituloja. (Äijälä ym. 2014, 87.)

2.4 Taimikonharvennus

Taimikonharvennuksen tarkoituksena on ylläpitää taimien kasvuolosuhteita ja kasvukuntoa ja valita ensiharvennuksen asti kasvatettavat puut. Ensiharvennuksen ajankohta, suurelta osin hakkuukertymä ja -kustannukset määritelläänkin taimikonharvennuksella. (Rantala 2020, 129.) Jäävän puuston tiheys määritellään siten, että myöhemmät hakkuut kannattavat taloudellisesti. Jos puusto kasvaa liian tiheänä, se järeytyy hitaasti. Tällöin harvennuksessa poistettavien puiden keskikoko ja poistuma jäävät pieniksi, jolloin ensiharvennuksen kannattavuus kärsii. (Saksa ym. 2016, 72.)

Taimikonharvennuksen jälkeen puustolle tavoitellaan mahdollisimman tasaista pituutta ja tilajärjestystä. Kuusikoissa taimikonharvennus tehdään noin kolmen

metrin ja männiköissä 5–6 metrin pituudessa. Kuusentaimikot harvennetaan tiheyteen 1800–2000 runkoa hehtaarille ja männyntaimikot 2000–2200 runkoa hehtaarille. Jos kaksi havupuuta on alle metrin etäisyydellä toisistaan, poistetaan niistä laadultaan tai sijainniltaan huonompi. Työssä poistetaan lisäksi valtaosa lehtipuista, erityisesti havupuita pidemmät lehtipuut tulee poistaa kaksijaksoisuuden välttämiseksi. (Rantala 2020, 127–128.)

Monimuotoisuuden kannalta voidaan säilyttää kymmenen prosentin lehtipuusekoitus. Säästää voidaan pieni määrä monimuotoisuuden kannalta tärkeitä lehtipuita, kuten haapa, pihlaja, raita ja leppä, joista osa järeytyy metsikön monimuotoisuutta ylläpitäviksi säästöpuiksi. Haapoja ei kannata männyntaimikoissa säästää männynversoruosteen aiheuttamien tuhojen välttämiseksi. (Rantala 2020, 128.)

3 HAKKUUTAVAT

3.1 Yleistä hakkuista

Metsää voidaan kasvattaa monilla tavoilla. Kasvatustapojen valinta pohjautuu pitkälti metsänomistajien tavoitteisiin ja näkemyksiin siitä, mitä tilalta halutaan. Yleisesti metsänhoidolla ja hakkuilla ohjataan puuston kehitystä sekä säädellään kasvupaikan ominaisuuksia tavalla, jotta tilanomistajan tavoitteet täyttyvät. On myös mahdollista, että puuston elinkaaren aikana metsän käytön tavoitteet muuttuvat. Tämä voi johtua esimerkiksi omistajan vaihdoksesta, puun markkinatilanteen muutoksesta tai omistajan elämäntilanteen muutoksesta. (Äijälä ym. 2014, 31.)

Taloukskäytössä kasvatettava metsä voidaan erottaa kahteen eri vaiheeseen: hoitovaiheeseen ja hyötyvaiheeseen. Hoitovaiheessa oleva metsä tarkoittaa iältään taimikkoikäisestä metsästä ensiharvennusikäiseen metsään asti olevaa puustoa. Hoitovaiheessa metsään sijoitetaan enemmän kuin siitä saadaan. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että metsälle luodaan edellytykset kasvaa taloudellisesti merkittäväksi ainespuun tuottajaksi hyötyvaiheelle. Hyötyvaihe tarkoittaa varttuneen metsän hoitotoimenpiteitä, jotka tuottavat metsänomistajalle hoitovaiheeseen menneet menot korkoineen takaisin. Tässä vaiheessa metsä tuottaa metsänomistajalle tuloja, kun sitä hoidetaan. (Hynynen 2008, 177–178.)

3.2 Harvennukset

Harvennushakkuut ovat tasaikäisrakenteisten metsien hakkuita, joiden tarkoituksena on poistaa kasvatettavasta metsästä osa tietyntyyppisistä puista. Harvennushakkuut tunnetaan myös nimellä kasvatushakkuut. Harvennuksilla on sekä taloudellisia että metsänhoidollisia tavoitteita. Tarkoituksena on saada kasvatettavan puuston elinvoimaisuus turvattua parantamalla sen kasvuolosuhteita. Harvennushakkuussa kaadetusta ainespuusta saadaan puunmyyntituloja. Metsänhoidollisesta näkökulmasta ensiharvennus on tärkein harvennus, sillä se luo kasvatettavalle puustolle edellytykset kasvaa arvokkaaksi ainespuuksi. Myöhempien

harvennuksien kohdalla tähdätään suurempiin hakkuutuloihin ja hakkuiden painopiste siirtyy hoidettavuudesta tuottavuuden puolelle. (Hynynen & Huuskonen 2020, 141.)

Harvennukset ovat kaikkein tärkeimpiä metsänhoidollisia toimenpiteitä, sillä niillä vaikutetaan metsän kehitykseen. Metsän harvennuksilla mahdollistetaan kestävä metsän hoito ja käyttö niin taloudellisesti, ekologisesti kuin sosiaalisesti. Harvennuksien myötä metsän tuottavuus ja kannattavuus paranevat, ja niillä on merkittävä työllistävä vaikutus. Harvennushakkuissa monimuotoisuus huomioidaan muun muassa riistatiheiköillä ja säästö-, laho- ja lehtipuiden jättämisellä. (Hynynen & Huuskonen 2020, 141–142.)

3.2.1 Ensiharvennus

Ensiharvennus on ensimmäinen varsinainen hakkuu, joka tuottaa metsänomistajalle tuloja, ja se on metsänhoidollisesti tärkein harvennus. Kaupallisesti ensiharvennuksen merkitys ei ole kovinkaan suuri verrattuna myöhempiin hakkuisiin. Ensiharvennuksen tavoite ei ole tuoda metsänomistajalle suuria hakkuutuloja, vaan sen päätehtävä on olla metsää hoitava toimenpide, joka antaa metsälle edellytykset elinvoimaisuuden ylläpitoon ja arvokasvun nousuun. (Hynynen 2008, 183.)

Puuston tulevan kehityksen kannalta on tärkeää määrittää hakkuuajankohta ja -voimakkuus. Ensisijaisesti ajankohdan määrittävät puuston tila ja kunto. Ensiharvennus tulisi tehdä, ennen kuin jäävän puuston elinvoimaisuus kärsii ylitiheydestä. Männiköissä yleisesti elinvoimaisuusmittarina käytetään latvuksen pituutta. Latvussuhde männiköissä ei saisi pudota alle 40 prosenttiin puun pituuteen nähden, ja kuusikoissa se ei saisi laskea alle 50 prosenttiin puun pituudesta. Ensiharvennuksen ajoitus riippuu myös siitä, miten metsää on käsitelty taimikkovaiheessa. Jos taimikko on hoidettu hyvissä ajoin ja käsitelty riittävään tiheyteen, voidaan ensiharvennus toteuttaa esimerkiksi Etelä-Suomessa puuston ollessa noin 14–17 metrin pituudessa. Mikäli taimikko on jäänyt hoitamatta, on harvennus toteutettava jo 10–11 metrin pituudessa metsän kehityksen turvaamiseksi. Ylitiheänä oleva ensiharvennuskohde tulee taloudellisesti kalliimmaksi kuin hoidettu

taimikko, sillä vain 10–11 metrin pituisena tehtävä ensiharvennus ei tuota läpimitaltaan kuitupuuta, mikä johtaa korkeisiin korjuukustannuksiin. (Hynynen 2008, 183–184.)

3.2.2 Alaharvennus

Alaharvennuksen tarkoituksena on saada puusto järeytymään nopeasti, mikä tuottaa tällä tavalla nopeammin puunmyyntituloja. Harvennus tapahtuu poistamalla kilpailussa toiseksi jääneitä ja huonolaatuisia puita, jolloin jäljelle jää laadukkaita valta- ja lisävaltapuita. Alaharvennukseen kuuluvat myös valtapuista lengot, mutkaiset, paksuksaiset ja tukkiosaltaan haarautuneet huonolaatuiset puut. Alaharvennus on tasaikäisen metsänkasvatuksen harvennustapa, ja se sopii eri-ikäisiin ja eri puulajisuhteisiin metsiin. (Äijälä ym. 2014, 156.)

Alaharvennusta suositellaan menetelmäksi metsille, jotka kasvavat ylitieheässä, ovat tilajärjestykseltään epätasaisia, kerroksellisia tai sekametsää. Puustoa tulisi jättää vähintään harvennusmallien mukainen määrä. Aukkoisiin paikkoihin on kuitenkin hyvä jättää pienempikokoisia, ja tarpeen tullen pienivikaisia puita kasvamaan, jotta tulevaisuudessa voitaisiin välttyä suuremmilta aukkoisuuksilta. (Ovaskainen & Schildt 2022.)

3.2.3 Yläharvennus

Yläharvennuksessa metsästä poistetaan pienimpien ja vioittuneiden puiden lisäksi myös metsän suurimpia valtapuita, mikä lisää välittömiä hakkuutuloja. Kasvamaan jää tällöin hyväkuntoisia lisävaltapuita. Yläharvennus sopii männiköihin ja kuusikoihin, jotka ovat hyvin hoidettuja, sillä onnistunut yläharvennus edellyttää elinvoimaisia lisävaltapuita. Yläharvennusta käytetään yleensä toisen tai kolmannen hakkuun hakkuutapana. (Hynynen & Huuskonen 2020, 147–148.)

Yläharvennuksen jälkeen kasvamaan jäävä puusto on järeydeltään alhaisempi kuin alaharvennuksen jälkeen. Harvennuksen jälkeen tulevaisuudessa odottavat joko alhaisemmat päätehakkuutulot tai viivästynyt päätehakkuu alaharvennukseen verrattuna. Yleensä yläharvennettu metsä siirtää päätehakkuun ajankohtaa

noin 10–15 vuotta, mikäli harvennus on toteutettu metsän kiertoajan loppupuolella ja päätehakuusta tavoitellaan saman järeyden puutavaraa kuin alaharvennuksen. (Hynynen & Huuskonen 2020, 148.)

Yläharvennuksen tulot ovat korkeammat kuin alaharvennuksessa, sillä hakkuutapa painottaa suurempikokoisia tukkipuita. Harvennustapaa suositellaan metsänomistajille parempien hakkuutulojen mahdollistajana, mutta tämä puolestaan lisää metsän kiertoaikaa. Hakkuutulojen kannattavuuden vertailussa neljän prosentin korkokannalla on todettu yläharvennuksen olevan metsänomistajalle kymmenen prosenttia kannattavampaa kuin alaharvennus. (Hynynen & Huuskonen 2020, 148.)

3.3 Uudistushakkuu

Tasaikäisrakenteisen metsänkasvatuksen menetelmillä toteutetussa uudistushakkuussa poistetaan puusto, joka on saavuttanut uudistamiskypsyyden. Vuonna 2014 voimaan tullut nykyinen metsälaki ei rajoita uudistamisajankohtaa, mutta se kuitenkin velvoittaa metsänuudistamiseen. Puuston ikääntyessä sen kasvu hidastuu ja näin ollen puuntuotos ja puuston suhteellinen vuotuinen arvonousu eli arvokasvuprosentti laskevat. Metsätaloudellinen uudistamiskypsyys saavutetaan silloin, kun arvokasvuprosentti, joka on sitoutunut puustoon ja metsämaahan, alittaa pääoman tuottovaatimuksen. Tuottovaatimuksella tarkoitetaan pääomalle saatavaa korkoa vaihtoehtoisessa sijoituskohteessa. Metsätaloudessa käytetään yleensä 1–4 prosentin korkokantaa pääoman tuottovaatimuksena. Tuottavuus on siis korkeimmillaan, kun metsä uudistetaan kyseisenä ajankohtana. (Saksa, Luoranen & Uotila 2020, 87–89.)

Metsänomistajan kannalta metsän uudistaminen on ajankohtaista silloin, kun hän saa enemmän hyötyä uudistamisesta kuin kasvattamisesta. Uudistamisajankohta riippuu metsänomistajan tavoitteista. Käytännön metsätaloudessa sovittaankin eri tavoitteita yhteen ja haetaan ratkaisuja, joilla nämä toteutuvat mahdollisimman hyvin. Uudistushakkuun menetelmä valitaan metsänomistajan tavoitteiden ja metsän kasvupaikan mukaisesti. Menetelmiä ovat avohakkuu, siemenpuuhakkuu, suojuspuuhakkuu ja kaistalehakkuu. (Äijälä ym. 2014, 62–63, 127.)

Uudistushakkuissa on otettava huomioon lainsäädäntö ja metsäsertifiointijärjestelmät. Lainsäädännön määrittelemissä metsien monimuotoisuuden kannalta erityisen elintärkeissä elinympäristöissä metsänhoitotoimenpiteet tulee tehdä siten, että näiden elinympäristöjen erityispiirteet säilyvät. Sertifiointikriteerit puolestaan määrittävät esimerkiksi uudistusalueelle jätettävien säästöpuiden määrän ja vesistöjen suojavyöhykkeet. Maisemalliset tekijät on myös hyvä ottaa huomioon uudistushakkuualueita rajatessa: jos kuviot rajataan hyvin jyrkkärajaisiksi, heikentävät ne sekä lähi- että kaukomaisemaa. Vesistökuormitusta ja maisemahaittaa vähennetään vesistöjen suojavyöhykkeillä. (Saksa ym. 2020, 93–94.)

3.3.1 Siemenpuuhakkuu

Luontaisen uudistamisen menetelmät soveltuvat yleensä karummille kasvupaikoille, kuten kuivahkoille kankaille ja rahkasammalpainotteisille turvemaille, joilla itämisolosuhteet ovat paremmat (Saksa ym. 2020, 95–96). Siemenpuuhakkuu on männylle tarkoitettu luontaisen uudistamisen menetelmä, jossa hehtaaria kohden valitaan 50–100 hyvälaatuista ja -latvuksista puuta siemenpuuksi. Siemenpuut jätetään uudistusalueelle mielellään ryhminä, ja itse hakkuun suunnittelu- tai viimeistään toteutusvaiheessa tulisi ottaa huomioon säästöpuuryhmät, jotta ne osataan rajata esimerkiksi uudistusalueen raivauksen ja maanmuokkauksen ulkopuolelle. (Äijälä ym. 2014, 78.)

Hakkuun toteuduttua männyn sopeutuvat uuteen kasvutilaansa, ja niiden kukinta rikastuu, mutta aikaa kuluu noin 3–5 vuotta, ennen kuin tulokset alkavat näkyä. Männyn hyvät siemensadot toistuvat Etelä-Suomessa noin 6–7 vuoden välein ja pohjoisessa vielä harvemmin, mutta tyydyttävään satoon päästään monesti väli-vuosinakin, noin 2–3 vuoden välein. Männyn siemen kehittyy noin kahdessa vuodessa, ja tulevia satoennusteita pystytään ennustamaan kahden vuoden päähän. (Äijälä ym. 2014, 78.)

Siemenpuuasennosta ylispuiden poisto heti uudistushakkuualueen taimetuttua las-ketaan mukaan uudistushakkuihin. Pitkäksi aikaa jääneiden siemenpuiden pois-toa taimikon yltä kutsutaan kasvatushakkuuksi, toimenpiteenä ylispuiden poisto.

Useampijaksoisissa metsissä kullakin puujaksolla on jaksoittain omat kasvatus- ja uudistamisvaiheensa. (Niemistö 2005, 73–74.)

3.3.2 Suojuspuuhakkuu

Suojuspuuhakkuu on luontaisen kuusen uudistamismenetelmä, joka soveltuu esimerkiksi ruoho- ja mustikkaturvekankaille sekä muille viljaville kasvualustoille, joilla on jo ennestään hyvälaatuista ja kehityskelpoista taimiainesta osoituksena maaperän taimettumiskyvystä. Kuusen luontaiselle uudistumiselle on myös tärkeää, että uudisalalla tai sen reunalla kasvaa riittävästi hyvälaatuisia siemeniä tuottavia kuusia. Luontaisesti kuusta uudistettaessa on myös hyvä muistaa, että luontaisesti kasvaneiden taimien pituuskehitys on huomattavasti kivuliaampaa kuin istutettujen kuusentaimien. (Saksa ym. 2020, 107–108.)

Suojuspuuhakkuuseen valmistaudutaan jo viimeisessä harvennushakkuussa, joka toteutetaan väljennyshakkuuna. Luontaisen taimettumisen merkkien ilmene-
misen jälkeen puusto hakataan suojuspuuasentoon. Suojuspuustoon jätetään pystyyn noin 100–300 elinvoimaista puuta hehtaaria kohden. Onnistuneessa hakkuussa hakkuualalle jääneestä puustosta merkittävä osa on koivuja ja mäntyjä, sillä koivut ja männyt eivät ole niin tuuliherkkiä kuin kuuset ja täten suojaavat taimikkoa paremmin tuulituhoilta. Suojuspuuston poistovaiheessa koivut ja männyt aiheuttavat myös vähemmän vaurioita taimille kuin kuuset. (Äijälä ym. 2014, 82.)

Suojuspuualoja ei muokata ollenkaan, sillä muokkaus saattaisi vaurioittaa kuusen pinnallista juuristoa. Taimien annetaan kasvaa rauhassa suojuspuuston varjossa, kunnes ne eivät ole enää vaarassa jäädä muun rehevän pintakasvillisuuden sisään. Kun taimet ovat 0,5–2 metrin pituisia, poistetaan suojuspuut. Mikäli viimeisen harvennuksen jälkeen tai tässä vaiheessa taimikon kokoa ei ole syntynyt riittävästi taimiainesta, on perusteltua vaihtaa menetelmäksi avohakkuu ja istutus. (Äijälä ym. 2014, 82.)

Suojuspuusto suojaa taimikkoa varjostuksellaan estäen runsaan vesoittumisen ja heinittymisen. Ylispuusto tasaa myös lämpötilavaihtelua ja suojaa taimia aurin-golta ja hallalta. Kuusi ja kuusentaimet ovat itsessään alttiita tuulituhoille, jolloin tämä seikka olisi hyvä ottaa huomioon jo väljennys- ja suojuspuuhakkuuta suunniteltaessa. (Äijälä ym. 2014, 82.)

3.3.3 Avohakkuu

Avohakkuussa poistetaan kerralla kaikki hakkuualan runkopuut. Toimenpiteen seurauksena järeää lahopuuta ei pääse muodostumaan juuri lainkaan. Tästä syystä avohakkuualue on täysin erilainen kasvu- ja elinympäristö erinäisille lajeille kuin esimerkiksi metsäpalon, myrskytuhon tai jonkin muun luonnollisen häiriön seurauksena syntynyt ympäristö. Luonnontuhoihin liittyvä uudistuminen johdtaa runsaaseen lahopuumetsään, sillä metsässä seisoneet puut jäävät paikoilleen lahoamaan. (Siitonen 2005, 139.)

Avohakkuulla on voimakas vaikutus alueen maisemaan ja metsäympäristöön. Hakkuun vaikutuksia voidaan kompensoida hakkuualan rajauksella maaston muotojen mukaisiksi ja jättämällä asiaan kuuluvia säästöpuuryhmiä, riistatiheiköitä, lahopuustoa sekä erinäisiä suojakaistaleita vesistöihin, pienvesiin ja soihin nähden. Aina toimenpidettä suunniteltaessa on myös huomioitava luontaisten taimiryhmien ja luontokohteiden poisrajaaminen käsittelystä. (Äijälä ym. 2014, 127.)

Avohakkuusta ja metsänviljelystä koostuva toimenpideketju on nopea ja varmatoiminen tapa uudistaa metsää. Viljelyssä voidaan hyödyntää jalostettuja siemeniä ja taimia, jotka sopivat ympäristöönsä. Avohakkuu on erinäisistä uudistushakkuutavoista kustannuksiltaan halvin ja nopein tapa uudistaa metsä. Avohakkuu-aloilla on hyvä ottaa huomioon mahdolliset tuuli- ja hyönteistuhot, sillä reunametsät ovat alttiina niille, etenkin mikäli reunametsät rajautuvat kuusivaltaiseen tai varttuneeseen kasvatusmetsään. (Äijälä ym. 2014, 127.)

4 METSÄN HIILENSIDONTA

4.1 Metsien hiilitase

Metsien hiilitaseella tarkoitetaan metsäekosysteemiin sitoutuvan ja poistuvan hiilen yhteenlaskettua määrää. Yhteyttämisessä kasvit sitovat ilmasta hiilidioksidia, jolloin hiilidioksidi sitoutuu hiilenä kasvien biomassaan. Yhdeksi metsän hiilivarastoksi määritetään elävä biomassa, ja muita hiilivarastoja ovat maan orgaaninen aines, karike ja kuollut puu. Hiilidioksidia vapautuu ilmakehään orgaanisen aineen hajotuksessa ja kasvien hengityksessä. Ihmisen toiminta on myös merkittävä hiilivarastoja muuttava tekijä luonnonprosessien lisäksi: esimerkiksi avohakkuussa poistetaan yhdellä kertaa metsikön koko puustobiomassan hiilivaranto. Tutkimuksissa on todettu, että myös maaperän hiilivarasto alenee 20 vuoden ajan avohakkuun jälkeen, vaikka hakkuutähteitä ei ole kerätty. Puuston kasvaessa hakkuun jälkeen maaperään alkaa taas kertyä hiiltä. (Tuomainen 2018, 14.)

Sen sijaan että luonnonprosesseja kuvattaisiin tarkasti koko maan mittakaavassa, hiilivarastojen muutoksia arvioidaan yleistävillä malleilla, jotka perustuvat mitattaviin puusto- ja metsikkötunnuksiin sekä säähavaintoihin. Puustobiomassan muutoksia arvioidaan puutason biomassamalleilla ja valtakunnan metsien inventoiduilla puustotiedoilla. Näiden perusteella voidaan laskea vuotuiset kari-kesyötöt maaperään. Siis yhdessä hakkuu- ja säätiedoilla ja laskennallisilla kari-kesyötteillä saadaan laskettua kivennäismaiden maamalli. Hiilivarastojen muutos turvemaille voidaan esittää suoraan hiilidioksidi- ja metaanipäästöinä, jotka syntyvät turpeen hajoamisesta. Eri ravinteisuustason turvemaiden määrä ja mahdolliset toimenpiteet vedenpinnan säätelymiseksi luovat siis tietoperustan laskennalle. (Tuomainen 2018, 14.)

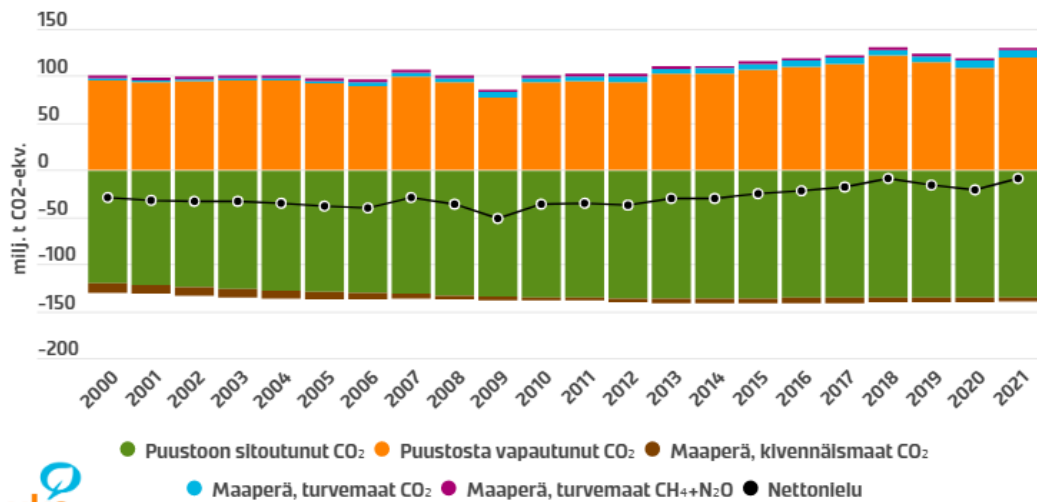
Suomen kasvihuonekaasujen inventaarion metsämaan hiilitaseen laskennassa käytetään edellä mainittua menetelmää. Kehityksen suunnasta saadaan kuva yhdistämällä valtakunnan metsien inventointiaineistoa, malleja ja tilastotietoja. Metsien hiilitaseeseen vaikuttavat lisäksi maankäytön muutokset metsään kohdistuvien toimenpiteiden rinnalla. Metsien hiilitase onkin ollut positiivinen aikavälillä

1990–2016 eli metsät ovat sitoneet enemmän hiiltä, kuin niistä on vapautunut. (Tuomainen 2018, 14–15.)

Luonnonvarakeskuksen vuoden 2021 kasvihuonekaasuintentaariossa maankäyttösektori tuli ensimmäistä kertaa päästölähteeksi. Nettopäästö oli lopullisten tulosten mukaan 0,49 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia (myöh. CO₂-ekv). Vielä vuonna 2020 maankäyttösektori oli nielu, jonka suuruus oli –9,11 megatonnia hiilidioksidia. Metsämaan nettonielu oli pienin vuonna 1990 alkaneen jakson jälkeen sen ollessa –8,32 miljoonaa CO₂-ekv. Selittäviä tekijöitä tähän ovat runsaat hakkuut, puuston alentunut kasvu, sekä ojitettujen turvemaiden päästöjen kasvu. Kuvioista 1 nähdään nielut ja päästölähteet eriteltynä. (Luonnonvarakeskus 2023.)

Metsämaan nettonielun merkittävimmät osat ja nettonielun kehitys 2000 - 2021

Nettonielu sisältää myös kuvassa esitettyjen tekijöiden lisäksi typpilannoituksen, typen mineralisaation sekä metsäpalojen, kulutuksen ja ennallistamispoltojen päästöt, joiden vaikutus vuonna 2021 oli yhteensä 0,03 milj. t CO₂-ekv.



Kuvio 1. Metsämaan nettonielun kehitys ja merkittävimmät osat 2000–2021 (Luonnonvarakeskus 2023)

4.2 Ilmastonmuutoksen vaikutus hiilensidontaan

Erilaisten tehtyjen tutkimusten ja skenaarioiden perusteella voidaan sanoa, että Suomessa metsät säilyvät merkittävänä hiilinieluinä lähivuosikymmenten aikana. Yksi keskeisimmistä tekijöistä tähän on Suomen puuston ikäluokkarakenne, joka nostaa puuston tilavuuden kasvua valtakunnallisesti lähivuosikymmeninä. Metsien kiihtyvää kasvua selittävät myös vuosikymmeniä sitten tapahtuneet ojitukset

typpilaskeuman, kohonneiden hiilidioksidipäästöjen ja maapallon keskilämpötilan nousun ohella. (Seppälä ym. 2015, 12.)

Tarkastelut hakkuiden kasvun ja hiilinielujen kehityksen suhteesta riippuvat todella paljon siitä, miten ilmastonmuutoksen oletetaan vaikuttavan metsien kasvuun ja kehitykseen. MELA-malliin perustuva tarkastelu antaa viestin, että Suomen metsien hiilinielu kasvaa reilusti, mikäli ilmastonmuutos lisää puuston kasvua huomattavasti, vaikka metsähakkeen käyttöä lisättäisiin energia- ja ilmasto poliittisen strategian mukaisesti 25 terawattituntiin ja metsäteollisuuden tukki- ja kuitupuun käyttö lisääntyisi 20 prosentilla. Toisaalta FinFEP-mallin skenaariolaskelma esittää, että hakkuukertymän kasvattaminen 15 prosentilla vuoteen 2030 mennessä pienentäisi metsien hiilinielua tai pitäisi tason ennallaan, mikäli ilmastonmuutoksen lisäävää kasvua ei huomioitaisi. (Seppälä ym. 2015, 12.)

Metsiin vaikuttavien häiriöiden uskotaan lisääntyvän ilmastonmuutoksen johdosta, mikä voi johtaa hiilinielujen supistumiseen jo lyhyelläkin aikavälillä, mikäli hakkuita samanaikaisesti lisättäisiin. Ilmastonmuutoksen vaikutusta metsien kasvuun ja häiriöihin ei ole vielä juurikaan Suomessa tutkittu. Hiilitaseen näkökulmasta tutkimusten välillä on suuriakin eroja. Nämä johtuvat muun muassa tutkimusten kysynnästä, metsien kasvuolosuhteista sekä niiden yksilöllisistä otonnoista. Lisäksi erilaisilla maaperillä ja geologisilla sijainneilla on omat kasvu- ja maaperän hiilivaraston ympäristövasteensa. (Seppälä ym. 2015, 12.)

4.3 Taimikonhoidon vaikutus hiilensidontaan

Taimikonhoidon tavoitteena on ohjata metsikön kehitystä niin, että kasvatettava puulaji hyötyy kasvupaikan tuotoskyvystä mahdollisimman paljon ja ainespuun tuotanto tehostuu. Nykyisin taimikot suositellaan hoidettavaksi kahdessa vaiheessa, varhaisperkauksella ja taimikonharvennuksella. Mikäli poiketaan tietoisesti nykyohjeistuksesta, on mahdollista kasvattaa hiilinieluja esimerkiksi kasvatamalla taimikot tiheämpänä. Hoitamattomat taimikot sitovat puustoon tehokkaasti hiiltä ja tuottavat paljon kariketta, mikä vahvistaa maan hiilivarastoa. Taimikonhoito puolestaan kasvattaa tukkipuun tuotantoa, mutta suurin puuntuotos saavutetaan harventamattomissa metsissä. Hoitamattomissa taimikoissa kasvu

kohdistuu kuitenkin enimmäkseen sellaiseen puuainekseen, jota ei voida hyödyntää tehokkaasti puunjalostuksessa. (Lehtonen ym. 2021, 53.)

Poikkeamalla nykyisistä metsänhoitosuosituksista on mahdollista kasvattaa hiilinieluja. Taimikot kasvatetaan tavallisesti 1600–2000 rungon hehtaariheydellä hyvän ainespuun tuotoksen ja sen kannattavuuden vuoksi. Metsikön kasvatustiheyden nostaminen männyn ja kuusen taimikoissa parantaa tilavuuskasvua. Riittävän tiheäksi jätetty ja aikaisin hoidettu puusto voi tuottaa suuremman kertymän ensiharvennuksessa kuin hoitamaton taimikko. (Lehtonen ym. 2021, 56.)

Taimikonhoito voi alentaa metsien hiilensidontaa, mutta jos taimikonhoito kuitenkin tehdään, kannattaa se tehdä mahdollisimman aikaisin puuston tilavuuden ja hiilensidonnan maksimoimiseksi. Suosituksena tähän on 3–4 metrin pituusvaihe. Aikaistettaessa taimikonharvennus kuuden metrin pituudesta kolmeen metriin, männikön runkotilavuus ja ainespuukertymä kohoaa ensiharvennukseseen mennessä 10–25 prosenttia. Jos tämä aikaistaminen tehdään 30 000 hehtaarin pinta-alalla vuosittain, johtaa se metsien lisääntyneeseen kasvuun Suomessa: arvioituna 0,25 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2035 ja lisääntyneenä hiilinieluna noin 31 megatonnia hiilidioksidia vuodelle 2035. Puuston hiilinielun lisääntyminen arvioitiin kasvihuonekaasuinventaarion muutuskertoimien avulla niin, että 75 prosenttia lisääntyneestä kasvusta kohdistuisi mäntyihin ja jakaantuisi Suomen yli tasaisesti. (Lehtonen ym. 2021, 55.)

Taimikoiden kasvattaminen tiheämpänä kuin Tapion hyvän metsänhoidon suosituksissa heikentää kannattavuutta ainespuun tuotannossa, sillä puuston järeytyminen hidastuu. Ensiharvennuksen kuutiokohtaiset kustannukset nousevat ylitiheän kasvatusasennon takia, joka on haitallista sekä metsänomistajalle että puuta korjaavalle yritykselle. Tästä syystä taimikoiden tiheänä kasvattaminen suuressa mittakaavassa edellyttäisi korvauksia hiilensidonnan parantamisesta, jotta se olisi taloudellisesti kannattavaa metsänomistajalle. (Lehtonen ym. 2021, 57.)

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

5.1 Menetelmät

Työ toteutettiin Monsu-ohjelmistolla simuloimalla taimikoille taimikonhoito-, taimikon puolihoito - ja ei hoitoa ollenkaan- vaihtoehto. Taimikkodatat ja -tiedot saatiin kevään 2022 Hollannin & Savolaisen opinnäytetyöstä: Taimikonhoidon vaikutus metsikön kehitykseen ja ainespuun tuotukseen. Taimikonhoitoskenaarioiden jälkeen metsän kasvatusta jatkettiin metsänhoidon suositusten mukaisesti, ja vaihtoehtoisesti simuloitiin toisenlaisilla toimenpiteillä silmällä pitäen hiilensidontaperspektiiviä. Metsää kasvatettiin ja vaihtoehtoja sovellettiin metsikön kiertoajan loppuun, jolloin tehtiin uudistushakkuu. Tästä syklistä saatiin Monsun kautta puuston kiertoajalle hiilitase, jota vertailtiin muiden vaihtoehtojen kesken pääpainon ollessa taimikonhoidossa.

Simulointituloksien ymmärtämiseen ja tulkintaan käytettiin runsaasti aineistoa apuna. Näiden pohjalta pystyttiin tekemään tuloksista johtopäätökset. Havainnollistamiseen käytettiin muun muassa Microsoftin työkaluja (esimeriksi Excel) ja erinäisiä kuvankaappauksia ja liitteitä.

Monsu on metsien monikäyttöön kehitetty suunnitteluohjelmisto. Metsiköiden käsitteleyhdotukset johdetaan Monsulla suunniteltaessa metsänomistajan tavoitteista käyttäen optimointialgoritmia. Tavallisten puustotunnusten lisäksi Monsu laskee tunnuksia, jotka kuvaavat muun muassa käyttöarvoja, monimuotoisuutta ja hiilitasetta. Käyttöliittymältään Monsu on visuaalinen ja helppokäyttöinen, mikä mahdollistaa vuorovaikutteisen ja asiakasläheisen suunnittelun. (Pukkala 2021.)

Monsussa suunnittelu alkaa syöttämällä metsälön tila- ja kuviokohtaiset tiedot ohjelmaan, minkä jälkeen lasketaan halutun tilan tai kuvion nykytiedot. Monsu muodostaa nykytilalaskennan perusteella kuvauspuut, joiden ikä, läpimitta ja pituus kasvatetaan tulostusvuoteen. Tämän jälkeen voidaan asettaa laskelmissa käytettävät parametrit, esimerkiksi puutavaralajien hinnat, metsänhoidon toimenpiteiden kustannukset ja mahdollinen jatkuvan kasvatuksen simulointi. (Pukkala 2021.)

Simulointia aloittaessa määritellään kausien määrä ja pituudet, minkä yhteydessä Monsu tekee automaattisesti valikoiman käsittelyvaihtoehtoja. Käyttäjä voi halutessaan tämän jälkeen lisätä itse käsittelyvaihtoehtoja. Käsittelyvaihtoehtoa simuloitaessa Monsu kasvattaa puuston aina jokaisen kauden puoleenväliin, jossa käyttäjä voi simuloida käsittelyitä tai kasvattaa puustoa. Viimeisen kauden loputtua ohjelma antaa mahdollisuuden hylätä tai hyväksyä simuloinnin. Tehtyjä käsittelyvaihtoehtoja voidaan selata ja tarvittaessa poistaa omasta valikostaan käsin (kuvio 2). (Pukkala 2021.)

Tila 4 Kuvio 9 2021 Tuore Kangasmaa	Tila 4 Kuvio 9 2023 Tuore Kangasmaa	Tila 4 Kuvio 9 2053 Tuore Kangasmaa	Tila 4 Kuvio 9 2068 Tuore Kangasmaa
Ikä 10.0 v	Ikä 12.0 v	Ikä 42.0 v	Ikä 56.9 v
Valtapituus 2.0 m	Valtapituus 2.6 m	Valtapituus 11.3 m	Valtapituus 13.7 m
Läpimitta 1.5 cm	Läpimitta 2.7 cm	Läpimitta 11.5 cm	Läpimitta 15.5 cm
Ainespuu 0 m3/ha	Ainespuu 0 m3/ha	Ainespuu 89 m3/ha	Ainespuu 105 m3/ha
Tukkipuu 0 m3/ha	Tukkipuu 0 m3/ha	Tukkipuu 0 m3/ha	Tukkipuu 0 m3/ha
PP-ala 1.5 m2/ha	PP-ala 0.5 m2/ha	PP-ala 17.8 m2/ha	PP-ala 17.3 m2/ha
Runkoluku 13100 kpl/ha	Runkoluku 1991 kpl/ha	Runkoluku 1965 kpl/ha	Runkoluku 1174 kpl/ha
Lahopuu 4 m3/ha	Lahopuu 4 m3/ha	Lahopuu 1 m3/ha	Lahopuu 4 m3/ha
Arvokasvu 0.0 %	Arvokasvu 0.0 %	Arvokasvu 6.9 %	Arvokasvu 7.6 %

Tila 4 Kuvio 9 1.8 ha
Vaihtoehto 8 / 8
Hiilitase 1.252 tn/ha/v
Nykyarvo 3% 850 €/ha
Kausi 2021-2022
Taimikon harvennus
Kausi 2023-2052
Ei käsitellä
Kausi 2053-2067
Nuoren metsän harvennus
Tukki 0 m3/ha
Pientukki 5 m3/ha
Kuitu 26 m3/ha
Kausi 2068-2097
Alaharvennus
Tukki 9 m3/ha
Pientukki 14 m3/ha
Kuitu 27 m3/ha
Kausi 2098-2117
Avohakkuu
Tukki 132 m3/ha
Pientukki 0 m3/ha
Kuitu 55 m3/ha

Kuvio 2. Simulointitulosten näkymä Monsussa (Pukkala 2021)

Kuvioiden käsittelyvaihtoehtojen tultua päätökseen voidaan tehdä tavoitteenasettelu ja optimointi. Tavoitteet voidaan määrittää metsän tuotantomahdollisuuksien ja metsänomistajan tavoitteiden pohjalta. Tavoitteiden määrittelyn jälkeen optimoinnissa Monsu etsii käsittelyvaihtoehtoista yhdistelmän, joka sopii parhaiten käyttäjän ilmoittamiin tavoitteisiin. Tavoitteenasettelun ja optimoinnin jälkeen voidaan tulostaa suunnitelman yhteenvetotiedot, kuvioittaiset käsittelyt, kertymäärät ja kehitysennusteet suunnittelujakson aikana. (Pukkala 2021.)

Monsu laskee hiilivaraston kehitysennusteen ja hiilitaseen tilatasolla eri suunnittelukausille. Tämän työn osalta se tarkoitti sitä, että Monsu laski kullekin kuviolle omat ennusteensa, sillä jokainen kuvio oli erillisenä omana tilanaan. Lisäksi kaikki Monsun tuottamat tiedot ovat kullekin kuviolle omat, eivätkä ne ole yhteydessä toisiinsa. Kaikki perustuu siihen, että Monsuun tietoja lisätessä jokaiselle

kuviolle tehtiin oma tila, eli tässä tapauksessa yhdellä tilalla oli yksi kuvio, ja Monsu käsitteli ne täysin erillisinä toisistaan simuloinneissa.

5.2 Taimikkokohteet ja niiden simuloinnit

Tutkimuksessamme käyttämät taimikkodatat ovat peräisin Metsäkeskuksen Aktiivisuutta metsänomistajuuteen – lisää hiiltä Lapin metsiin -hankkeen edellisestä opinnäytetyöstä Hollanti & Savolainen: Taimikonhoidon vaikutus metsikön kehitykseen ja ainespuun tuotokseen. Mitattavat taimikot on alun perin saatu Metsäkeskukselta, ja ne on valittu metsävaratietokannasta. Taimikoiden maastoinventoinnit tehtiin syksyllä 2021. Inventoinnissa mitattiin kuusi tuoreen kankaan kuusitaimikkoa ja kuusi kuivahkon kankaan mäntytaimikkoa. Kaikki koetaimikot ovat hoitamattomia. (Hollanti & Savolainen 2022, 15.)

Jokaiselle kuviolle simuloitiin kolme erilaista käsittelyvaihtoehtoa taimikonhoidon suhteen: ensimmäisessä vaihtoehdossa taimikot hoidettiin metsänhoidon suositusten mukaisesti. Toisessa vaihtoehdossa toteutimme taimikonhoidon niin sanotusti puolihoitona, jossa runkoluku jätettiin tiheämmäksi 3000 runkoon hehtaarille. Kolmannessa vaihtoehdossa taimikonhoitoa ei tehty ollenkaan, minkä seurauksena hoitamattomiksi jätetyissä taimikoissa ennakkoraivaus tehtiin aina ennen ensiharvennusta. Tuoreen kankaan kuusikoissa tavoitetiheytenä oli 1800–2000 kappaletta hehtaarille ja kuivahkon kankaan männiköissä 2000–2200 kappaletta hehtaaria kohden (liite 1).

Kaikkia simulointeja yhdisti se, että taimikonhoidon jälkeen tapahtuvat toimenpiteet toteutuivat ajallaan metsänhoidon suositusten mukaisesti. Ensi- ja myöhemmät harvennukset toteutettiin alueelle soveltuvien harvennusmallien mukaisesti (liitteet 2, 3, 4 ja 5) ja päätehakkuut metsänhoidon suositusten mukaisen alueellisen uudistamisläpimitan perusteella (liite 6). Metsänkäsittelytoimenpiteet vaihtelivat taimikon elinvoimaisuuden ja kasvuolosuhteiden perusteella. Lähtötilanne simuloinneille oli marraskuu 2021, jolloin taimikoiden inventoinnit saatiin valmiiksi. Kaikkien kuvioiden kohdalla simuloinnit päättyivät aina uudistushakkuuseen. Sykli taimikoiden osalta kulki taimikonhoidosta aina päätehakkuuseen saakka.

Monsun simuloinneissa käytettiin Monsun omia simulointiparametrejä, lukuun ottamatta puutavaralajien tienvarsihintoja. Puutavaralajien hintoja muutettiin ajankohtaisemmiksi, sillä se teki simulointien laskelmista tarkempia. Muun muassa kuusen ja männyn tukkihinta muutettiin 65 euroon kuutiometriltä, pikkutukkihinta 45 euroon kuutiometriltä ja kuituhinta 40 euroon kuutiometriltä. Hies- ja rauduskoivun tukkihinta muutettiin 40 euroon kuutiometriltä ja kuituhinta 40 euroon kuutiometriltä. Pohjoisessa Suomessa koivu on yleensä samanhintaista riippumatta puutavaralajista, minkä takia hinta on tukilla ja kuidulla sama.

vuonna 2022. Taimikonhoito käsiteltiin samoin kuin täysin hoidetussa vaihtoehdossa karanneiden koivujen takia. Ensi- ja myöhemmässä harvennuksessa painotettiin alaharvennusta. Ensiharvennus tapahtui vuonna 2063, harvennus vuonna 2088 ja päätehakkuu vuonna 2113 niin kuin hoidetussa taimikossa. Puolihoiton hiilitaseeksi sen kiertoajalla muodostui 1,368 tonnia hehtaarille vuodessa.

Hoitamattoman taimikon osalta puuston kiertoajalla tapahtuneet hakkuut olivat hoitamattomuuden takia eri aikoina kuin hoidetut taimikot, ja näin ollen kiertoaika muuttui. Hoitamattomuuden myötä puusto ei juurikaan järehtynyt, mutta se saatiin ensiharvennettua kuitenkin vain kolme vuotta myöhemmin kuin hoidetut kuviot. Puusto oli ensiharvennuksessa lyhyempää ja pienempää kuin hoidetuissa vaihtoehdoissa, mutta puuston tiheys nosti kertymää. Vaihtoehdolle tehtiin myös ennakkoraivaus ennen ensiharvennusta. Alaharvennus venyi kahdeksan vuotta myöhemmäksi kuin hoidetuilla vaihtoehdoilla, vuoteen 2096. Päätehakkuu toteutui vuonna 2121, mikä tarkoittaa ajankohdan olleen myös kahdeksan vuotta myöhemmin kuin hoidetuilla kuvioilla. Hiilitase hoitamattomuuden johdosta nousi 1,621 tonniin hehtaarille vuodessa, eli taseeltaan tämä kasvatustapa oli hiiltä sitovin.

6.1.2 Kuvio 5

Hoidetussa taimikossa jätettiin runkoluvuksi 2000 tainta hehtaarille. Taimikonhoito tehtiin vuonna 2026, sillä koivut ja männyt olivat kuusille alempaa jaksoa. Kuusia jätettiin 1600 kappaletta hehtaaria kohden, mäntyä 200 kappaletta hehtaarille ja koivua 200 kappaletta hehtaarille. Ensiharvennus tehtiin alaharvennuksena vuonna 2061 puuston ollessa 50-vuotiasta ja toinen harvennus vuonna 2086 puuston ollessa 74-vuotiasta. Päätehakkuu toteutui 104 vuoden iässä vuonna 2116. Hiilitaseeksi puuston kiertoajalle tuli 1,236 tonnia hehtaarille vuodessa (taulukko 2).

Taulukko 2. Kuvion 5 puustotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 5. Lähtöpuusto		Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha	
1,05 ha		Mänty	1	1,1	1160	
		Kuusi	1,4	1,7	2760	
		Koivu	1	1,3	14360	
Hoidettu taimikko		Puolihoitettu taimikko			Hoitamaton taimikko	
Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	
Mänty	200	Mänty	300	Mänty	1160	
Kuusi	1600	Kuusi	2400	Kuusi	2760	
Koivu	200	Koivu	300	Koivu	14360	
Tila 2 Kuvio 5 1.0 ha		Tila 2 Kuvio 5 1.0 ha			Tila 2 Kuvio 5 1.0 ha	
Vaihtoehto 7 / 7		Vaihtoehto 7 / 7			Vaihtoehto 9 / 9	
Hiilitase 1.236 tn/ha/v		Hiilitase 1.306 tn/ha/v			Hiilitase 1.644 tn/ha/v	
Nykyarvo 3% 900 €/ha		Nykyarvo 3% 1037 €/ha			Nykyarvo 3% 970 €/ha	
Kausi 2021-2030		Kausi 2021-2030			Kausi 2021-2050	
Taimikon harvennus		Taimikon harvennus			Ei käsitellä	
Kausi 2031-2050		Kausi 2031-2050			Kausi 2051-2080	
Ei käsitellä		Ei käsitellä			Hakkuualan ennakkoraivaus	
Kausi 2051-2070		Kausi 2051-2070			Nuoren metsän harvennus	
Nuoren metsän harvennus		Nuoren metsän harvennus			Tukki 0 m3/ha	
Tukki 0 m3/ha		Tukki 0 m3/ha			Pientukki 0 m3/ha	
Pientukki 1 m3/ha		Pientukki 2 m3/ha			Kuitu 30 m3/ha	
Kuitu 36 m3/ha		Kuitu 36 m3/ha			Kausi 2081-2090	
Kausi 2071-2100		Kausi 2071-2100			Alaharvennus	
Alaharvennus		Alaharvennus			Tukki 2 m3/ha	
Tukki 10 m3/ha		Tukki 11 m3/ha			Pientukki 7 m3/ha	
Pientukki 21 m3/ha		Pientukki 16 m3/ha			Kuitu 32 m3/ha	
Kuitu 23 m3/ha		Kuitu 30 m3/ha			Kausi 2091-2110	
Kausi 2101-2130		Kausi 2101-2130			Ei käsitellä	
Avohakkuu		Avohakkuu			Kausi 2111-2130	
Tukki 163 m3/ha		Tukki 157 m3/ha			Avohakkuu	
Pientukki 0 m3/ha		Pientukki 3 m3/ha			Tukki 162 m3/ha	
Kuitu 61 m3/ha		Kuitu 64 m3/ha			Pientukki 12 m3/ha	
					Kuitu 62 m3/ha	

Puolihoitetun taimikon runkoluvuksi taimikonhoidossa jätettiin simuloinnissa 3000 runkoa sisältäen 300 mäntyä, 300 koivua ja 2400 kuusta taimikon ollessa 15-vuotias vuonna 2026. Ensiharvennus simuloitiin vuodelle 2061 puuston ollessa 50-vuotias ja toinen harvennus sijoittui vuodelle 2086 puuston ollessa 75-vuotiasta. Vuonna 2116 metsä uudistettiin 104-vuotiaana. Hiilitaseeksi taimikon puolihoito- vaihtoehdolle muodostui 1,306 tonnia hehtaarille vuodessa.

Hoitamattomassa taimikossa ensiharvennus viivästyi viisi vuotta taimikonhoidon puutteen vuoksi. Ensiharvennusvaiheessa läpimitta oli selvästi pienempi kuin hoidetuilla vaihtoehdoilla. Ensiharvennus tehtiin myös puuston pituutta tarkasteltaessa aikaisemmin, sillä kasvattamisesta ei olisi ollut hyötyä. Koivut katosivat simuloitaessa ennakkoraivauksen yhteydessä riukuuntumisen vuoksi. Kuuset olivat menestyneet paremmin ylemmässä jaksossa, mikä näkyy myös hakkuukertymissä. Toinen harvennus toteutui vuonna 2086 niin kuin hoidetuilla vaihtoehdoillakin, mutta puusto ei ollut yhtä järeää. Päätehakkuu tehtiin vuonna 2121 eli viisi vuotta myöhemmin kuin hoito- ja puolihoitovaihtoehdoilla. Hiilitaseen ollessa 1,644 tonnia hehtaarilla vuodessa, se oli korkein kaikista käsittelyvaihtoehdoista.

6.1.3 Kuvio 6

Hoidetussa taimikossa jätettiin runkoluvuksi 200 kappaletta hehtaarille. Puulajisuhteet olivat seuraavanlaiset: 200 mäntyä, 1600 kuusta ja 200 koivua hehtaarille. Taimikonharvennus tehtiin vuonna 2022 taimikon tiheyden vuoksi. Ensiharvennus sijoittui vuodelle 2058 puuston ollessa 47-vuotiasta ja toinen harvennus vuodelle 2078 puuston ollessa 67-vuotiasta. Kummatkin tehtiin alaharvennukseen. Kuviolla toteutettiin päätehakkuu vuonna 2108, jolloin metsä oli 96-vuotias. Hiilitaseeksi saatiin 1,269 tonnia hehtaarille vuodessa (taulukko 3).

Taulukko 3. Kuvion 6 puustotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 6. Lähtöpuusto		Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha	
1,95 ha		Mänty	1,3	1,26	1240	
		Kuusi	2,2	2,4	2800	
		Koivu	0,56	1,06	13480	
Hoidettu taimikko		Puolihoitettu taimikko			Hoitamaton taimikko	
Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	
Mänty	200	Mänty	300	Mänty	1240	
Kuusi	1600	Kuusi	2400	Kuusi	2800	
Koivu	200	Koivu	300	Koivu	13480	
Tila 3 Kuvio 6 2.0 ha Vaihtoehto 7 / 7 Hiilitase 1.269 tn/ha/v Nykyarvo 3% 971 €/ha		Tila 3 Kuvio 6 2.0 ha Vaihtoehto 7 / 7 Hiilitase 1.296 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1080 €/ha		Tila 3 Kuvio 6 2.0 ha Vaihtoehto 7 / 7 Hiilitase 1.559 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1216 €/ha		
Kausi 2021-2022 Taimikon harvennus Kausi 2023-2052 Ei käsitellä Kausi 2053-2062 Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 1 m3/ha Kuitu 33 m3/ha		Kausi 2021-2022 Taimikon harvennus Kausi 2023-2052 Ei käsitellä Kausi 2053-2062 Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 2 m3/ha Kuitu 34 m3/ha		Kausi 2021-2050 Ei käsitellä Kausi 2051-2065 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 35 m3/ha		
Kausi 2063-2092 Alaharvennus Tukki 6 m3/ha Pientukki 13 m3/ha Kuitu 23 m3/ha		Kausi 2063-2092 Alaharvennus Tukki 2 m3/ha Pientukki 14 m3/ha Kuitu 23 m3/ha		Kausi 2066-2095 Alaharvennus Tukki 3 m3/ha Pientukki 17 m3/ha Kuitu 19 m3/ha		
Kausi 2093-2122 Avohakkuu Tukki 158 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 53 m3/ha		Kausi 2093-2122 Avohakkuu Tukki 152 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 57 m3/ha		Kausi 2096-2125 Avohakkuu Tukki 152 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 57 m3/ha		

Puolihoitetun taimikon runkoluku pidettiin kaavan mukaisena eli 3000 runkoa hehtaarille. Runkolukuun sisältyy 300 mäntyä, 300 koivua ja 2400 kuusta. Taimikko käsiteltiin heti, ja metsää kasvatettiin vuodelle 2058 puuston ollessa 47-vuotiasta. Tällöin tehtiin ensiharvennus ja kasvatusta jatkettiin vuodelle 2078 harvennuskypsytyteen saakka, jolloin metsä oli 67-vuotias. Päätehakkuu osui samaan aikaan kuin hoidetulla taimikolla eli vuodelle 2108. Kiertoajan hiilitaseeksi muodostui 1,296 tonnia hehtaarille vuodessa eli hiukan enemmän kuin täysin hoidetulla taimikolla.

Hoitamattomassa taimikossa ensiharvennus tehtiin vuotta myöhemmin kuin hoidetuilla taimikoilla, eikä puusto ollut yhtä järeää. Ennakkoraivauksen yhteydessä koivut poistuivat, sillä ne jäivät selvästi alempaan kerrokseen kuin kuuset ja näin ollen olivat huonolaatuisia. Toinen harvennus tehtiin vuonna 2081 eli kolme vuotta myöhemmin kuin hoidetuilla taimikoilla. Puusto ei ollut yhtä järeää tässäkin vaiheessa kuin hoidettujen taimikoiden osalta. Päätehakkuu toteutui vuonna 2111 eli sekkin kolme vuotta myöhemmin. Tällä käsittelyvaihtoehdolla oli korkein hiilitase 1,559 tonnilla hehtaarilla vuodessa.

6.1.4 Kuvio 9

Hoidetussa taimikossa taimikonharvennus tehtiin vuonna 2022 ja runkoluvuksi jätettiin 2000 runkoa hehtaarille. Mäntyjä oli taimikonhoidon jälkeen 200, kuusia 1600 ja koivuja 200 runkoa hehtaaria kohden. Ensiharvennus toteutettiin vuonna 2061 puuston ollessa 50-vuotiasta ja toinen harvennus 2083 puuston ollessa 72-vuotiasta. Molemmat harvennukset tehtiin alaharvennuksena. Kuviolle tehtiin päätehakkuu vuonna 2108 puuston ollessa 96-vuotiasta. Hiilitaseeksi tällä käsittelyvaihtoehdolla saatiin 1,252 tonnia hehtaarilla vuodessa (taulukko 4).

Taulukko 4. Kuvion 9 puustotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 9. Lähtöpuusto 1,78 ha		Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha
		Mänty	1,4	1,2	500
		Kuusi	1,9	1,6	2500
		Koivu	1	1,8	10100
Hoidettu taimikko		Puolihoitettu taimikko		Hoitamaton taimikko	
Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku
Mänty	200	Mänty	300	Mänty	500
Kuusi	1600	Kuusi	2400	Kuusi	2500
Koivu	200	Koivu	300	Koivu	10100
Tila 4 Kuvio 9 1.8 ha Vaihtoehto 8 / 8 Hiilitase 1.252 tn/ha/v Nykyarvo 3% 850 e/ha Kausi 2021-2022 Taimikon harvennus Kausi 2023-2052 Ei käsitellä Kausi 2053-2067 Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 5 m3/ha Kuitu 26 m3/ha Kausi 2068-2097 Alaharvennus Tukki 9 m3/ha Pientukki 14 m3/ha Kuitu 27 m3/ha Kausi 2098-2117 Avohakkuu Tukki 132 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 55 m3/ha		Tila 4 Kuvio 9 1.8 ha Vaihtoehto 8 / 8 Hiilitase 1.271 tn/ha/v Nykyarvo 3% 919 e/ha Kausi 2021-2022 Taimikon harvennus Kausi 2023-2052 Ei käsitellä Kausi 2053-2067 Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 2 m3/ha Kuitu 31 m3/ha Kausi 2068-2097 Alaharvennus Tukki 9 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 39 m3/ha Kausi 2098-2117 Avohakkuu Tukki 120 m3/ha Pientukki 10 m3/ha Kuitu 50 m3/ha		Tila 4 Kuvio 9 1.8 ha Vaihtoehto 7 / 7 Hiilitase 1.562 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1032 e/ha Kausi 2021-2050 Ei käsitellä Kausi 2051-2080 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 2 m3/ha Kuitu 29 m3/ha Kausi 2081-2100 Alaharvennus Tukki 10 m3/ha Pientukki 10 m3/ha Kuitu 21 m3/ha Kausi 2101-2130 Avohakkuu Tukki 131 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 51 m3/ha	

Puolihoidetun taimikon toimenpiteet ajoituivat samoille ajankohdille kuin hoide-
tussa taimikossa. Poikkeuksena hoidettuun taimikkoon runkoluku oli suurempi
taimikonhoidon jälkeen, joka oli 3000 runkoa hehtaarilla. Taimikonhoidossa pys-
tyyn jätettiin 300 mäntyä, 300 koivua ja 2400 kuusta. Harvennusajankohtina
puusto oli hieman pienempää läpimitaltaan, muttei juurikaan poikennut pituu-
dessa. Päätehakkuuajankohtana puusto oli lähes samankokoista, mutta laa-
dussa oli hajontaa, mikä heijastui lopullisiin hakkuukertymiin. Hiilitaseeksi saatiin
1,291 tonnia hehtaarille vuodessa.

Hoitamattoman taimikon kohdalla ensiharvennusajankohta lykkäytyi tyypilli-
sesti, jotta harvennuksessa päästäisiin kohtuullisille hakkuukertymille. Ennen en-
siharvennusta suoritettiin ennakkoraivaus, jossa suurin osa riukuuntuneista koi-
vuista ja männyistä poistui. Ensiharvennusajankohdaksi muodostui vuosi 2066
puuston ollessa 55-vuotiasta eli viisi vuotta myöhemmin kuin hoidetuilla taimi-
koilla. Myöhempi alaharvennusajankohta sijoittui vuodelle 2091 puuston ollessa
80-vuotiasta. Tämäkin toimenpide siis venyi kahdeksalla vuodella verrattuna hoi-
dettujen taimikoiden metsiin. Päätehakkuuajankohdaksi saatiin vuosi 2116 puus-
ton ollessa 104-vuotiasta. Hiilitaseeksi tälle hoitamattoman taimikon metsälle
saatiin 1,562 tonnia hehtaarille vuodessa.

6.1.5 Kuvio 19

Hoidetussa taimikossa tehtiin taimikonhoito vuonna 2022 runkolukuun 2000 kapp-
paletta hehtaarille. Mäntyjä jäi 200 kappaletta, kuusia 1600 kappaletta ja koivuja
200 kappaletta hehtaaria kohden. Huomioitavaa tällä kuviolla olivat suuret ylis-
puukuuset, jotka vaikuttivat toimenpideketjuun. Ensiharvennus tehtiin alaharven-
nuksena vuonna 2061, kun puusto oli saavuttanut 50 vuoden iän. Toinen harven-
nus tehtiin vuonna 2083 poikkeuksellisesti yläharvennuksena, sillä päävaltapuut
olivat jo tukkipuun mitoissa. Päätehakkuu ajoittui vuodelle 2113 puuston ollessa
101-vuotiasta. Hiilitase tämän vaihtoehdon kiertoajalla oli 1,418 tonnia hehtaarilla
vuodessa (taulukko 5).

Taulukko 5. Kuvion 19 puustotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 19. Lähtöpuusto		Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha
2,61 ha		Mänty	2	1,8	400
		Kuusi	1,7	1,8	1690
		Koivu	1,3	2,2	11025
		Kuusi 2	12	11	50
Hoidettu taimikko		Puolihoitettu taimikko		Hoitamaton taimikko	
Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku
Mänty	200	Mänty	300	Mänty	400
Kuusi	1600	Kuusi	1600	Kuusi	1690
Koivu	200	Koivu	1100	Koivu	11025
				Kuusi 2	50
Tila 5 Kuvio 19 2.6 h. Vaihtoehto 7 / 7 Hiilitase 1.418 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1107 €/ha		Tila 5 Kuvio 19 2.6 h. Vaihtoehto 7 / 7 Hiilitase 1.494 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1171 €/ha		Tila 5 Kuvio 19 2.6 h. Vaihtoehto 7 / 7 Hiilitase 1.763 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1293 €/ha	
Kausi 2021-2022 Taimikon harvennus Kausi 2023-2052 Ei käsitellä Kausi 2053-2067 Nuoren metsän harvennus Tukki 3 m3/ha Pientukki 2 m3/ha Kuitu 32 m3/ha		Kausi 2021-2022 Taimikon harvennus Kausi 2023-2052 Ei käsitellä Kausi 2053-2067 Nuoren metsän harvennus Tukki 3 m3/ha Pientukki 3 m3/ha Kuitu 36 m3/ha		Kausi 2021-2050 Ei käsitellä Kausi 2051-2080 Hakkuualan ennakkoraikaus Nuoren metsän harvennus Tukki 4 m3/ha Pientukki 2 m3/ha Kuitu 28 m3/ha	
Kausi 2068-2097 Yläharvennus Tukki 36 m3/ha Pientukki 4 m3/ha Kuitu 22 m3/ha		Kausi 2068-2097 Yläharvennus Tukki 31 m3/ha Pientukki 8 m3/ha Kuitu 17 m3/ha		Kausi 2081-2100 Alaharvennus Tukki 19 m3/ha Pientukki 3 m3/ha Kuitu 20 m3/ha	
Kausi 2098-2127 Avohakkuu Tukki 157 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 65 m3/ha		Kausi 2098-2127 Avohakkuu Tukki 156 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 66 m3/ha		Kausi 2101-2130 Avohakkuu Tukki 129 m3/ha Pientukki 18 m3/ha Kuitu 59 m3/ha	

Puolihoitettulla vaihtoehdolla pystyttiin käyttämään samoja metsänkäsittelyajan-kohtia ja -menetelmiä kuin täysin hoidetulla vaihtoehdolla. Runkoluku jätettiin taimikosta tuttuun tapaan 3000 runkoon hehtaarille. Pystyyn taimikonhoidon jälkeen jäi poikkeuksellisesti 300 mäntyä, 1100 koivua ja 1600 kuusta. Koivuja jouduttiin jättämään reilummin pystyyn, sillä kuusitaimia ei ollut tarpeeksi, jotta koivua ja mäntyä olisi saatu tasaisella jakaumalla. Ensiharvennuksessa kuitukertymä oli hieman suurempi kuin täysin hoidetulla vaihtoehdolla, mikä korreloi suoraan puuston tiheämpään kasvatustiheyteen. Yläharvennuksen jälkeen kertymissä on huomattavissa hajontaa verrattuna täysin hoidettuun vaihtoehtoon. Päätehakkuujankohdalla puusto oli lähes samanlaista ja -kokoista kuin täysin hoidetussa vaihtoehdossa, mikä näkyy lopullisissa kertymissä. Tälle vaihtoehdolle hiilitaseksi kiertoajalle saatiin 1,494 tonnia hehtaarilla vuodessa.

Hoitamattomassa taimikossa ensiharvennus lykkääntyi viidellä vuodella verrattuna hoidettuihin taimikoihin sijoittuen vuodelle 2066 puuston ollessa 55-vuotias. Kuviolle tehtiin ennakkoraikaus ennen ensiharvennusta. Hakkuutavaksi valittiin poikkeuksellisesti tasaharvennus, jotta saatiin riittävä hakkuukertymä. Alaharvennusta käyttäessä ensiharvennus olisi lykkääntynyt kohtuuttoman pitkään heikentäen puuston laatua entisestään. Myöhempi harvennus tehtiin alaharven-

nuksena vuonna 2091 puuston ollessa 80 vuoden ikäistä, sillä taimikon hoitamattomuus aiheutti voimakasta riukuuntumista, minkä vuoksi yläharvennus ei ollut kannattava toimenpide. Toinen harvennus venyi siis kahdeksan vuotta verrattuna hoidettuihin taimikoihin. Päätehakkuu tehtiin 105 vuoden iässä vuonna 2116. Päätehakkuu viivästyi siis vain kolme vuotta. Mikäli toinen harvennus olisi tehty yläharvennuksena, olisi kiertoaika ollut pidempi. Päävaltapuut, jotka hoidetuissa taimikoissa poistettiin toisessa harvennuksessa, olivat tässä vielä pystyssä nostaten puuston keskiläpimittaa. Tästä huolimatta puusto ei ollut yhtä järeää kuin hoidetuilla vaihtoehdoilla, mikä näkyikin päätehakkuun tukkipuukertymässä. Hiilitaseeksi tälle vaihtoehdolle tuli 1,763 tonnia hehtaarilla vuodessa.

6.1.6 Kuvio 33

Hoidetussa taimikossa taimikonhoito toteutui vuonna 2022 painottuen ylimpään kerrokseen, sillä koivut olivat ohittaneet kuuset kasvussa. Runkoluvuksi taimikonhoidon jälkeen jätettiin 2000 kappaletta hehtaaria kohden, josta kuusia oli 1800 ja koivuja 200. Ensiharvennus tehtiin alaharvennuksena puuston ollessa 52-vuotiaista vuonna 2063. Toinen harvennus tehtiin puuston ollessa 77-vuotiaista vuonna 2088, sekin alaharvennuksena. Päätehakkuu toteutettiin vuonna 2113, kun puusto oli 102 vuoden iässä. Hiilitaseeksi saatiin 1,207 tonnia hehtaarilla vuodessa (taulukko 6).

Taulukko 6. Kuvion 33 puustotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 33. Lähtöpuusto		Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha
2,31 ha		Mänty	2	1,5	32
		Kuusi	1,2	1,4	2233
		Koivu	2,2	3,2	15300
Hoidettu taimikko		Puolihoitettu taimikko		Hoitamaton taimikko	
Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku
Mänty	0	Mänty	0	Mänty	32
Kuusi	1800	Kuusi	2000	Kuusi	2233
Koivu	200	Koivu	1000	Koivu	15300
Tila 6 Kuvio 33 2.3 ha		Tila 6 Kuvio 33 2.3 ha		Tila 6 Kuvio 33 2.3 ha	
Vaihtoehto 7 / 7		Vaihtoehto 7 / 7		Vaihtoehto 7 / 7	
Hiilitase 1.207 tn/ha/v		Hiilitase 1.287 tn/ha/v		Hiilitase 1.694 tn/ha/v	
Nykyarvo 3% 796 €/ha		Nykyarvo 3% 975 €/ha		Nykyarvo 3% 831 €/ha	
Kausi 2021-2022		Kausi 2021-2022		Kausi 2021-2040	
Taimikon harvennus		Taimikon harvennus		Ei käsitellä	
Kausi 2023-2052		Kausi 2023-2052		Kausi 2041-2060	
Ei käsitellä		Ei käsitellä		Ei käsitellä	
Kausi 2053-2072		Kausi 2053-2072		Kausi 2061-2080	
Nuoren metsän harvennus		Nuoren metsän harvennus		Hakkuualan ennakkoraiuus	
Tukki 0 m3/ha		Tukki 0 m3/ha		Nuoren metsän harvennus	
Pientukki 0 m3/ha		Pientukki 0 m3/ha		Tukki 0 m3/ha	
Kuitu 41 m3/ha		Kuitu 63 m3/ha		Pientukki 1 m3/ha	
Kausi 2073-2102		Kausi 2073-2102		Kuitu 78 m3/ha	
Alaharvennus		Alaharvennus		Kausi 2081-2110	
Tukki 8 m3/ha		Tukki 6 m3/ha		Alaharvennus	
Pientukki 21 m3/ha		Pientukki 13 m3/ha		Tukki 6 m3/ha	
Kuitu 34 m3/ha		Kuitu 28 m3/ha		Pientukki 0 m3/ha	
Kausi 2103-2122		Kausi 2103-2122		Kuitu 29 m3/ha	
Avohakkuu		Avohakkuu		Kausi 2111-2140	
Tukki 135 m3/ha		Tukki 129 m3/ha		Avohakkuu	
Pientukki 0 m3/ha		Pientukki 0 m3/ha		Tukki 114 m3/ha	
Kuitu 60 m3/ha		Kuitu 66 m3/ha		Pientukki 28 m3/ha	
				Kuitu 56 m3/ha	

Puolihoidetussa taimikossa runkoja jätettiin taimikonhoidon jälkeen 3000 tainta hehtaaria kohden, sisältäen tuhat koivua ja 2000 kuusta. Mäntyjä oli alun alkaenkin vähän, joten niitä ei saatu mukaan tuomaan monimuotoisuutta. Ensi- ja alaharvennus toteutuivat samaan aikaan myös täysin hoidetulla kuviolla. Poikkeavuudet vaihtoehtojen välillä painottuivat pitkälti ensi- ja alaharvennuksiin. Päätehakkuu toteutui samaan aikaan kuin täysin hoidetulla vaihtoehdolla ja tässä vaiheessa eroavaisuudet kertymien ja puustojen välillä olivat jälleen kaventuneet, mikä näkyy myös kertymissä. Puolihoidetun vaihtoehdon hiilitaseeksi sen kiertoajalla muodostui 1,287 tonnia hehtaarilla vuodessa.

Hoitamattomassa taimikossa ensiharvennus jouduttiin lykkäämään kahdeksan vuoden päähän riittävän hakkuukertymän saamiseksi, se toteutui vuonna 2071. Taimikonhoidon puute sai puuston riukuuntumaan erittäin paljon tällä kuviolla. Toinen harvennus tehtiin vuonna 2096 eli sekin kahdeksan vuotta myöhemmin hoidettuihin vaihtoehtoihin nähden. Puuston kasvu ei ensiharvennuksen jälkeen palautunut kunnolla, mikä näkyi toisen harvennuksen hakkuukertymässä. Päätehakkuu viivästyi 13 vuodella sen sijoituessa vuoteen 2126, ja silloinkaan puusto ei ollut yhtä järeää hoidettuihin vaihtoehtoihin verrattuna. Hiilitaseeksi tälle vaihtoehdolle tuli 1,694 tonnia hehtaarilla vuodessa.

6.2 Kuivahkon kankaan männiköt

6.2.1 Kuvio 10

Hoidetussa taimikossa taimikonhoito tehtiin vuonna 2024, koska sille ei ollut välitöntä tarvetta kauden alussa. Kasvatustiheydeksi jätettiin 2000 runkoa hehtaarille, josta mäntyjä oli 1800 ja koivuja 200. Kuuset poistettiin tässä vaiheessa, sillä kuivahkolla kankaalla kuuset kärsivät usein kuivuudesta. Ensiharvennus tehtiin vuonna 2056, jolloin puusto oli 45 vuoden ikäistä. Ennakkoraivaus tehtiin ennen ensiharvennusta runsaan alikasvoskerroksen vuoksi. Toinen harvennus toteutettiin vuonna 2071 puuston ollessa 60-vuotiasta. Uudistamistavaksi valittiin tässä siemenpuuhakkuu, joka tehtiin 85 vuoden iässä vuonna 2091. Hiilitaseeksi saatiin 1,432 tonnia hehtaarille vuodessa (taulukko 7).

Taulukko 7. Kuvion 10 puustotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 10. Lähtöpuusto				Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha				
1,04 ha				Mänty	3,8	3,2	4680				
				Kuusi	1,8	1,5	440				
				Koivu	1,2	1,6	3480				
Hoidettu taimikko				Puolihoitettu taimikko				Hoitamaton taimikko			
Puulaji		Runkoluku		Puulaji		Runkoluku		Puulaji		Runkoluku	
Mänty		1800		Mänty		2700		Mänty		4680	
Kuusi		0		Kuusi		0		Kuusi		440	
Koivu		200		Koivu		300		Koivu		3480	
Tila 1 Kuvio 10 1.0 h Vaihtoehto 9 / 9 Hiilitase 1.432 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1288 €/ha				Tila 1 Kuvio 10 1.0 h Vaihtoehto 8 / 8 Hiilitase 1.433 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1346 €/ha				Tila 1 Kuvio 10 1.0 h Vaihtoehto 7 / 7 Hiilitase 1.663 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1785 €/ha			
Kausi 2021-2025 Taimikon harvennus Kausi 2026-2045 Ei käsitellä Kausi 2046-2065 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 4 m3/ha Kuitu 32 m3/ha				Kausi 2021-2025 Taimikon harvennus Kausi 2026-2045 Ei käsitellä Kausi 2046-2065 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 7 m3/ha Kuitu 53 m3/ha				Kausi 2021-2050 Ei käsitellä Kausi 2051-2060 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 62 m3/ha			
Kausi 2066-2075 Alaharvennus Tukki 14 m3/ha Pientukki 18 m3/ha Kuitu 25 m3/ha				Kausi 2066-2075 Alaharvennus Tukki 7 m3/ha Pientukki 11 m3/ha Kuitu 28 m3/ha				Kausi 2061-2080 Alaharvennus Tukki 9 m3/ha Pientukki 25 m3/ha Kuitu 22 m3/ha			
Kausi 2076-2105 Siemenpuuhakkuu Tukki 113 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 20 m3/ha				Kausi 2076-2105 Siemenpuuhakkuu Tukki 107 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 19 m3/ha				Kausi 2081-2110 Siemenpuuhakkuu Tukki 121 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 22 m3/ha			

Puolihoitetun taimikon taimikonhoito, harvennukset ja siemenpuuhakkuu saatiin toteutettua samalla aikataululla ja samoilla toimenpiteillä kuin täysin hoidetussa taimikossa. Taimikonhoidossa jätettiin pystyyn 300 koivua ja 2700 mäntyä. Kuusia ei jätetty kasvamaan, sillä niiden menestys on kuivahkolla kankaalla yleensä heikko ja kuuselle hieman vääränlainen kasvuympäristö. Hakkuuajankohtina puusto oli hieman pienempää kuin täysin hoidetussa taimikossa, muttei merkittävästi niin, että se vaikuttaisi toimenpiteisiin. Hiilitaseeksi tälle vaihtoehdolle tuli 1,433 tonnia hehtaarilla vuodessa eli marginaalisen vähän enemmän kuin hoidetussa taimikossa.

Hoitamattomassa taimikossa tehtiin ensiharvennus samaan aikaan vuonna 2056 kuin hoidetuilla vaihtoehdoilla. Puusto oli pienempää näihin vaihtoehtoihin verrattuna, mutta hakkuukertymää tuli kuitenkin tarpeeksi, eikä ensiharvennusta jouduttu lykkäämään sen vuoksi. Ensiharvennusta ei olisi kannattanutkaan lykätä, sillä havaittavissa oli voimakasta riukuuntumista. Toinen harvennus oli vuonna 2071, kuten hoidetuilla vaihtoehdoillakin. Puusto oli tässäkin pienempää, mutta kuitenkin leimausrajojen sisällä, joten hakkuu voitiin toteuttaa. Uudistamisajankohta lykkääntyi kuitenkin viidellä vuodella vuoteen 2096. Kasvu ei siis elpynyt takaisin hoidetun metsän tasolle. Hiilitaseeksi saatiin tällä vaihtoehdolla 1,663 tonnia hehtaarilla vuodessa.

6.2.2 Kuvio 11

Hoidetussa taimikossa taimikonhoito toteutui vuonna 2026. Taimikonhoidossa jätettiin kasvatustiheydeksi 2000 runkoa hehtaarille kymmenen prosentin koivu-suudella. Ensiharvennus tehtiin alaharvennuksena vuonna 2056 puuston ollessa 45-vuotiasta. Ennen ensiharvennusta tehtiin ennakkoraivaus. Toinen harvennus tehtiin myös alaharvennuksena 60 vuoden iässä vuonna 2071. Päätehakkuun toteutui vuonna 2096 puuston ollessa 85-vuotiasta. Hiilitase oli 1,389 tonnia hehtaarilla vuodessa (taulukko 8).

Taulukko 8. Kuvion 11 puustotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 11. Lähtöpuusto 0,94 ha		Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha	
		Mänty	3,3	2,7	2933	
		Kuusi	2	1,5	267	
		Koivu	1,7	2	1600	
Hoidettu taimikko		Puolihoitettu taimikko			Hoitamaton taimikko	
Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	
Mänty	1800	Mänty	2700	Mänty	2933	
Kuusi	0	Kuusi	0	Kuusi	267	
Koivu	200	Koivu	300	Koivu	1600	
Tila 2 Kuvio 11 0.9 h Vaihtoehto 8 / 8 Hiilitase 1.389 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1202 €/ha		Tila 2 Kuvio 11 0.9 h Vaihtoehto 8 / 8 Hiilitase 1.403 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1317 €/ha		Tila 2 Kuvio 11 0.9 h Vaihtoehto 8 / 8 Hiilitase 1.520 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1655 €/ha		
Kausi 2021-2030 Taimikon harvennus Kausi 2031-2050 Ei käsitellä		Kausi 2021-2030 Taimikon harvennus Kausi 2031-2050 Ei käsitellä		Kausi 2021-2050 Ei käsitellä		
Kausi 2051-2060 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 5 m3/ha Kuitu 38 m3/ha		Kausi 2051-2060 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 57 m3/ha		Kausi 2051-2060 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 53 m3/ha		
Kausi 2061-2080 Alaharvennus Tukki 6 m3/ha Pientukki 24 m3/ha Kuitu 17 m3/ha		Kausi 2061-2080 Alaharvennus Tukki 7 m3/ha Pientukki 10 m3/ha Kuitu 26 m3/ha		Kausi 2061-2080 Alaharvennus Tukki 8 m3/ha Pientukki 11 m3/ha Kuitu 30 m3/ha		
Kausi 2081-2110 Avohakkuu Tukki 140 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 19 m3/ha		Kausi 2081-2110 Avohakkuu Tukki 139 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 20 m3/ha		Kausi 2081-2110 Avohakkuu Tukki 138 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 21 m3/ha		

Puolihoitettussa taimikossa hehtaarille jätettiin 300 koivua ja 2700 mäntyä eli yhteensä 3000 tainta. Ensiharvennus ja myöhempi alaharvennus toteutuivat samaan aikaan täysin hoidetun vaihtoehdon kanssa. Ennakkoraivaus ennen ensiharvennusta toteutui myös tälle vaihtoehdolle runsaan alikasvoksen johdosta. Päätehakkuajankohta osui myös samalle kohdalle kuin täysin hoidetulla vaihtoehdolla. Ensi- ja alaharvennuksen kohdalla puolihoitettu taimikko oli läpimitaltaan ja pituudeltaan hieman pienempää kuin hoidettu vaihtoehto, mutta hakkuukertymä etenkin ensiharvennuksen kohdalla oli kiitettävä tiheimmän puuston seurauksena. Toisessa harvennuksessa kertymäerot tasoittuivat lähelle toisiaan

ja päätehakuussa hoidetulta vaihtoehdolta saatiin paremmat kertymät. Hiilitase tällä vaihtoehdolla oli 1,403 tonnia hehtaarilla vuodessa sen kiertoajalla.

Hoitamattoman taimikon toimenpiteet ajoittuivat samoille ajankohdille kuin hoide- tuissa taimikoissa. Ennen ensiharvennusta ennakkoraivauksen yhteydessä suuri osa puustosta lähti riukuuntumisen seurauksena, mukaan lukien koivut ja lähes kaikki kuuset. Tästä syystä ensiharvennuskertymäkin jäi pienemmäksi kuin puo- lihoidetulla vaihtoehdolla. Toisessa harvennuksessa erot tasaantuivat toisiin ku- vioihin verrattuna selvästi ja päätehakuussa kertymät olivat samoilla linjoilla mui- den vaihtoehtojen kanssa. Hiilitase tällä vaihtoehdolla oli 1,520 tonnia hehtaarilla vuodessa.

6.2.3 Kuvio 14

Hoidetussa taimikossa taimikonhoito toteutettiin vuonna 2024. Kasvatustihey- deksi tuli 2000 runkoa hehtaarille kymmenen prosentin lehtipuuosuudella. Ensi- harvennus tehtiin alaharvennuksena 45 vuoden iässä vuonna 2056. Toinen har- vennus toteutui myös alaharvennuksena vuonna 2076, jolloin puusto oli 65-vuo- tiasta. Uudistusmenetelmänä oli avohakkuu, joka toteutui vuonna 2096. Hiilita- seeksi saatiin 1,482 tonnia hehtaarille vuodessa (taulukko 9).

Taulukko 9. Kuvion 14 puustotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 14. Lähtöpuusto	Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha	
1,03 ha	Mänty	3,4	3,7	3960	
	Kuusi	0,4	0,3	80	
	Koivu	2	2,7	2480	
Hoidettu taimikko	Puolihoidettu taimikko			Hoitamaton taimikko	
Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku
Mänty	1800	Mänty	2700	Mänty	3960
Kuusi	0	Kuusi	0	Kuusi	80
Koivu	200	Koivu	300	Koivu	2480
Tila 3 Kuvio 14 1.0 h Vaihtoehto 6 / 6 Hiilitase 1.482 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1328 €/ha	Tila 3 Kuvio 14 1.0 h Vaihtoehto 6 / 6 Hiilitase 1.544 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1464 €/ha	Tila 3 Kuvio 14 1.0 h Vaihtoehto 7 / 7 Hiilitase 1.658 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1866 €/ha			
Kausi 2021-2025 Taimikon harvennus Kausi 2026-2045 Ei käsitellä Kausi 2046-2065 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 5 m3/ha Kuitu 48 m3/ha Kausi 2066-2085 Alaharvennus Tukki 13 m3/ha Pientukki 23 m3/ha Kuitu 14 m3/ha Kausi 2086-2105 Avohakkuu Tukki 142 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 19 m3/ha	Kausi 2021-2025 Taimikon harvennus Kausi 2026-2045 Ei käsitellä Kausi 2046-2065 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 8 m3/ha Kuitu 63 m3/ha Kausi 2066-2085 Alaharvennus Tukki 18 m3/ha Pientukki 10 m3/ha Kuitu 15 m3/ha Kausi 2086-2105 Avohakkuu Tukki 141 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 20 m3/ha	Kausi 2021-2050 Ei käsitellä Kausi 2051-2060 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 58 m3/ha Kausi 2061-2080 Alaharvennus Tukki 7 m3/ha Pientukki 17 m3/ha Kuitu 19 m3/ha Kausi 2081-2110 Avohakkuu Tukki 152 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 28 m3/ha			

Puolihoidetun taimikon toimenpiteet ajoittuivat samoille ajankohdille kuin täysin hoidetussa taimikossa. Tyypillisesti jätettiin 3000 runkoa hehtaarille taimikonhoidon jälkeen sisältäen 300 koivua ja 2700 mäntyä. Ensiharvennuskertymä oli tuttuun tapaan suurempi kuin täysin hoidetulla taimikolla. Myöhemmässä alaharvennuksessa erot alkoivat tasaantua ja päätehakkuussa kertymät olivat lähes samanlaiset. Hiilitaseeksi puolihoidolle muodostui 1,544 tonnia hehtaarilla vuodessa.

Hoitamattoman taimikon ensiharvennusajankohta osui samalle ajankohdalle kuin hoidetuilla kuvioilla. Puusto oli yllättävän hyväkasvuista, mikä mahdollisti ensiharvennuksen aikaisen ajankohdan. Ennen ensiharvennusta suoritettiin ennakkoraivaus, jonka yhteydessä suuri osa puustosta poistui aiheuttaen sen, että hakkuukertymä jäi pienemmäksi kuin puolihoidetulla kuviolla. Myöhempi alaharvennus toteutui viisi vuotta aiemmin kuin hoidetuilla kuvioilla vuonna 2071 puuston ollessa 60-vuotiasta. Harvennusmallien leimausrajat täyttyivät nopeammin kuin hoidetuilla kuvioilla tiheämmän ensiharvennuksen johdosta. Myöhemmän alaharvennuksen kertymä oli kokonaisuudessaan yhtä suuri kuin puolihoidetulla kuvioilla, vaikka toimenpide toteutettiin viisi vuotta aiemmin. Päätehakkuuajankohta oli vuonna 2096 eli sama kuin hoidetuilla kuvioilla. Hoitamattoman taimikon hakkuukertymä oli suurempi kuin hoidetuilla kuvioilla. Syy tähän on aikaisempi toinen harvennus, joka on johtanut puuston pidempiaikaiseen järeytymiseen ja tätä kautta nopeampaan pohjapinta-alan nousuun. Hiilitaseeksi tälle vaihtoehdolle tuli 1,658 tonnia hehtaarilla vuodessa.

6.2.4 Kuvio 17

Hoidetussa taimikossa tehtiin taimikonhoito vuonna 2024. Kasvatustiheydeksi tuli tyypillinen 2000 tainta hehtaaria kohden. Ensiharvennus tehtiin alaharvennuksena vuonna 2056 ennakkoraivauksen jälkeen 45 vuoden iässä. Toinen harvennus toteutui myös alaharvennuksena vuonna 2076 puuston ollessa 65-vuotiasta. Päätehakkuu sijoittui vuodelle 2096, kun puusto oli 85 vuoden ikäistä. Hiilitaseeksi saatiin 1,484 tonnia hehtaarille vuodessa (taulukko 10).

Taulukko 10. Kuvion 17 puustotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 17. Lähtöpuusto				Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha				
1,49 ha				Mänty		2,8	3,2	4360			
				Kuusi		0	0	0			
				Koivu		1,4	2,1	2760			
Hoidettu taimikko				Puolihoitettu taimikko				Hoitamaton taimikko			
Puulaji		Runkoluku		Puulaji		Runkoluku		Puulaji		Runkoluku	
Mänty		1800		Mänty		2700		Mänty		4360	
Kuusi		0		Kuusi		0		Kuusi		0	
Koivu		200		Koivu		300		Koivu		2760	
Tila 4 Kuvio 17 1.5 h Vaihtoehto 1 / 1 Hiilitase 1.484 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1277 €/ha Kausi 2021-2025 Taimikon harvennus Kausi 2026-2045 Ei käsitellä Kausi 2046-2065 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 2 m3/ha Kuitu 43 m3/ha Kausi 2066-2085 Alaharvennus Tukki 13 m3/ha Pientukki 28 m3/ha Kuitu 16 m3/ha Kausi 2086-2105 Avohakkuu Tukki 140 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 21 m3/ha				Tila 4 Kuvio 17 1.5 h Vaihtoehto 1 / 1 Hiilitase 1.535 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1359 €/ha Kausi 2021-2025 Taimikon harvennus Kausi 2026-2045 Ei käsitellä Kausi 2046-2065 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 63 m3/ha Kausi 2066-2085 Alaharvennus Tukki 14 m3/ha Pientukki 20 m3/ha Kuitu 17 m3/ha Kausi 2086-2105 Avohakkuu Tukki 139 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 22 m3/ha				Tila 4 Kuvio 17 1.5 h Vaihtoehto 1 / 1 Hiilitase 1.634 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1771 €/ha Kausi 2021-2050 Ei käsitellä Kausi 2051-2060 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 62 m3/ha Kausi 2061-2080 Alaharvennus Tukki 3 m3/ha Pientukki 14 m3/ha Kuitu 18 m3/ha Kausi 2081-2110 Avohakkuu Tukki 150 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 30 m3/ha			

Puolihoitetun taimikon toimenpiteet ajoittuivat tyypillisesti samoille ajankohdille kuin hoidetulla taimikolla. Taimikonhoidon jälkeen jäljelle jäi 2700 mäntyä ja 300 koivua. Ensiharvennuksessa tuttuun tapaan kuitukertymä oli täysin hoidettua vaihtoehtoa huomattavasti suurempi. Myöhemmässä alaharvennuksessa erot tasaantuivat ja täysin hoidettu taimikko ohittikin puolihoitetun taimikon kertymälään. Päätehakkuussa kertymäerot olivat lähes olemattomat. Tälle hoitotoimenpiteelle hiilitaseeksi muodostui 1,535 tonnia hehtaarille vuodessa.

Hoitamattomassa taimikossa ensiharvennus tehtiin myös vuonna 2056. Puusto oli tyypillisesti pienempikokoista kuin hoidetuilla vaihtoehdoilla. Tässäkin tehtiin ennakkoraivaus ennen ensiharvennusta. Hakkuukertymä oli hieman pienempi kuin hoidetulla kuviolla ennakkoraivauksen vuoksi. Toinen harvennus tehtiin alaharvennuksena viisi vuotta aikaisemmin kuin hoidetuilla vaihtoehdoilla vuonna 2071. Tämän aiheutti suurempi runkoluku, jonka seurauksena leimausrajat täytyivät nopeammin. Hakkuukertymä oli toisessa harvennuksessa nyt selvästi pienempi kuin hoidetuilla vaihtoehdoilla. Päätehakkuu tehtiin kuitenkin saman aikaan vuonna 2096. Hakkuukertymä oli jälleen suurempi kuin hoidetuilla kuvioilla aikaisemman harvennuksen vuoksi. Hiilitaseeksi tuli tällä vaihtoehdolla 1,634 tonnia hehtaarilla vuodessa.

6.2.5 Kuvio 48

Hoidetussa taimikossa tehtiin taimikonhoito vuonna 2022, koska taimikko oli jo todella tiheää. Runkoluvuksi jätettiin 2000 tainta hehtaarille, joista 200 kappaletta oli koivuja. Ensiharvennus toteutui alaharvennuksena 52 vuoden iässä vuonna 2063 ja ennen sitä tehtiin ennakkoraivaus. Toinen harvennus tehtiin myös alaharvennuksena vuonna 2083, kun puusto oli 72-vuotiasta. Päätehakkuu tehtiin vuonna 2103 puuston ollessa 92 vuoden iässä. Hiilitaseeksi saatiin 1,357 tonnia hehtaarille vuodessa (taulukko 11).

Taulukko 11. Kuvion 48 puustotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 48. Lähtöpuusto		Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha
8,5 ha		Mänty	1,4	1,5	13473
		Kuusi	1,5	0,9	164
		Koivu	1,3	1,3	709
Hoidettu taimikko		Puolihoitettu taimikko		Hoitamaton taimikko	
Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku
Mänty	1800	Mänty	2700	Mänty	13473
Kuusi	0	Kuusi	0	Kuusi	164
Koivu	200	Koivu	300	Koivu	709
Tila 5 Kuvio 48 8.5 h Vaihtoehto 1 / 1 Hiilitase 1,357 tn/ha/v Nykyarvo 3% 925 €/ha		Tila 5 Kuvio 48 8.5 h Vaihtoehto 1 / 1 Hiilitase 1,395 tn/ha/v Nykyarvo 3% 981 €/ha		Tila 5 Kuvio 48 8.5 h Vaihtoehto 1 / 1 Hiilitase 1,957 tn/ha/v Nykyarvo 3% 997 €/ha	
Kausi 2021-2022 Taimikon harvennus Kausi 2023-2052 Ei käsitellä Kausi 2053-2072 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 41 m3/ha		Kausi 2021-2022 Taimikon harvennus Kausi 2023-2052 Ei käsitellä Kausi 2053-2072 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 64 m3/ha		Kausi 2021-2050 Ei käsitellä Kausi 2051-2080 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 71 m3/ha Kausi 2081-2090 Alaharvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 11 m3/ha Kuitu 31 m3/ha Kausi 2091-2110 Ei käsitellä Kausi 2111-2112 Avohakkuu Tukki 152 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 30 m3/ha	
Kausi 2073-2092 Alaharvennus Tukki 11 m3/ha Pientukki 28 m3/ha Kuitu 16 m3/ha		Kausi 2073-2092 Alaharvennus Tukki 11 m3/ha Pientukki 18 m3/ha Kuitu 17 m3/ha			
Kausi 2093-2112 Avohakkuu Tukki 139 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 22 m3/ha		Kausi 2093-2112 Avohakkuu Tukki 137 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 23 m3/ha			

Puolihoitetussa taimikossa jätettiin taimikonhoidon jälkeen 3000 runkoa hehtaarille sisältäen 2700 mäntyä ja 300 kuusta. Kaikki puolihoitetun vaihtoehdon toimenpiteet ajoittuivat samoille ajankohdille täysin hoidetun taimikon kanssa. Toimenpiteet olivat myös identtiset. Ensiharvennuksessa puolihoitetun taimikon kuitukertymä oli tuttuun tapaan suurempi kuin hoidetulla taimikolla. Myöhemmässä alaharvennuksessa erot tasaantuivat, mutta täysin hoidetun vaihtoehdon pikkutukkikertymä oli suurempi. Päätehakkuussa erot olivat tasaantuneet. Hiilitaseeksi puolihoitetulle vaihtoehdolle muodostui 1,395 tonnia hehtaarille vuodessa.

Hoitamattomassa taimikossa ensiharvennus ajoittui vuodelle 2066 puuston ollessa 55-vuotiasta. Ennen ensiharvennusta suoritettiin ennakkoraikaus runsaan alikasvoksen seurauksena. Ensiharvennuskertymä oli suurempi kuin hoidetuilla vaihtoehtoilla tiheämmän kasvatustiheyden johdosta. Myöhempi alaharvennus ajoittui vuodelle 2086 puuston ollessa 75-vuotiasta. Hakkuukertymät olivat tässä hakkuussa pienemmät kuin hoidetuilla kuvioilla. Päätehakkuu toteutui vuonna 2112 puuston ollessa 101-vuotiasta, eli yhdeksän vuotta myöhemmin kuin hoidetuilla vaihtoehtoilla. Päätehakkuukertymä oli hoitamattomalla vaihtoehdolla suurin, mutta tämä johtuu pitkälti pidemmästä kiertoajasta, mikä on mahdollistanut puuston pohjapinta-alan nousun ja täten suuremman hakkuukertymän. Hiilitaseeksi vaihtoehdolle sen kiertoajalla tuli 1,957 tonnia hehtaarilla vuodessa.

Tälle kuviolle tehtiin myös vaihtoehtoinen käsittelyvaihtoehto (kuvio 3). Toinen harvennus muutettiin alaharvennuksesta yläharvennukseksi, minkä tarkoituksena oli tarkastella sen vaikutusta hiilitaseeseen. Hoitamattomalle vaihtoehdolle emme yläharvennusta tehneet, sillä se ei toimenpiteenä sovi ylitiheinä kasvaneisiin metsiin. Kuten taulukosta näkyy, yläharvennusta käyttämällä saatiin sekä hoitovaihtoehdolle että puolihoitovaihtoehdolle hieman suuremman hiilitaseen kuin käyttämällä alaharvennusta.

Tila 5 Kuvio 48 8.5 h	Tila 5 Kuvio 48 8.5 h
Vaihtoehto 1 / 1	Vaihtoehto 1 / 1
Hiilitase 1.396 tn/ha/v	Hiilitase 1.438 tn/ha/v
Nykyarvo 3% 985 €/ha	Nykyarvo 3% 1032 €/ha
Kausi 2021-2022	Kausi 2021-2022
Taimikon harvennus	Taimikon harvennus
Kausi 2023-2052	Kausi 2023-2052
Ei käsitellä	Ei käsitellä
Kausi 2053-2072	Kausi 2053-2072
Hakkuualan ennakkoraikaus	Hakkuualan ennakkoraikaus
Nuoren metsän harvennus	Nuoren metsän harvennus
Tukki 0 m3/ha	Tukki 0 m3/ha
Pientukki 0 m3/ha	Pientukki 0 m3/ha
Kuitu 41 m3/ha	Kuitu 64 m3/ha
Kausi 2073-2092	Kausi 2073-2092
Yläharvennus	Yläharvennus
Tukki 33 m3/ha	Tukki 29 m3/ha
Pientukki 9 m3/ha	Pientukki 4 m3/ha
Kuitu 17 m3/ha	Kuitu 16 m3/ha
Kausi 2093-2122	Kausi 2093-2122
Avohakkuu	Avohakkuu
Tukki 154 m3/ha	Tukki 153 m3/ha
Pientukki 0 m3/ha	Pientukki 0 m3/ha
Kuitu 24 m3/ha	Kuitu 26 m3/ha

Kuvio 3. Kuvion 48 vaihtoehtoinen käsittelytapa

6.2.6 Kuvio 85

Hoidetussa taimikossa taimikonhoito tehtiin vuonna 2024 ja kasvatustiheydeksi jätettiin jälleen 2000 runkoa hehtaarille kymmenen prosentin lehtipuusuudella. Ensiharvennus toteutettiin alaharvennuksena vuonna 2061, kun puusto oli 50-vuotiasta. Ennen ensiharvennusta tehtiin ennakkoraivaus. Toinen harvennus tehtiin tällä kuviolla yläharvennuksena vuonna 2076, jolloin puusto oli 65 vuoden ikäistä. Päätehakkuu toteutui 90 vuoden iässä vuonna 2101. Hiilitaseeksi saatiin 1,422 tonnia hehtaarille vuodessa (taulukko 12).

Taulukko 12. Kuvion 85 kuviotiedot ja käsittelyvaihtoehdot

Kuvio 85. Lähtöpuusto		Puulaji	Läpimitta (cm)	Pituus (m)	Runkoluku/ ha
1 ha		Mänty	2	2,2	5960
		Kuusi	0	0	0
		Koivu	0,8	1,1	560
Hoidettu taimikko		Puolihoitettu taimikko		Hoitamaton taimikko	
Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku	Puulaji	Runkoluku
Mänty	1800	Mänty	2700	Mänty	5960
Kuusi	0	Kuusi	0	Kuusi	0
Koivu	200	Koivu	300	Koivu	560
Tila 6 Kuvio 85 1.0 h Vaihtoehto 1 / 1 Hiilitase 1.422 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1191 e/ha		Tila 6 Kuvio 85 1.0 h Vaihtoehto 1 / 1 Hiilitase 1.439 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1243 e/ha		Tila 6 Kuvio 85 1.0 h Vaihtoehto 1 / 1 Hiilitase 1.931 tn/ha/v Nykyarvo 3% 1636 e/ha	
Kausi 2021-2025 Taimikon harvennus Kausi 2026-2055 Ei käsitellä Kausi 2056-2065 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 10 m3/ha Kuitu 35 m3/ha		Kausi 2021-2025 Taimikon harvennus Kausi 2026-2055 Ei käsitellä Kausi 2056-2065 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 4 m3/ha Kuitu 58 m3/ha		Kausi 2021-2050 Ei käsitellä Kausi 2051-2070 Hakkuualan ennakkoraivaus Nuoren metsän harvennus Tukki 0 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 47 m3/ha	
Kausi 2066-2085 Yläharvennus Tukki 29 m3/ha Pientukki 6 m3/ha Kuitu 14 m3/ha		Kausi 2066-2085 Yläharvennus Tukki 29 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 16 m3/ha		Kausi 2071-2080 Alaharvennus Tukki 6 m3/ha Pientukki 27 m3/ha Kuitu 16 m3/ha	
Kausi 2086-2115 Avohakkuu Tukki 150 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 26 m3/ha		Kausi 2086-2115 Avohakkuu Tukki 146 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 29 m3/ha		Kausi 2081-2100 Ei käsitellä Kausi 2101-2102 Avohakkuu Tukki 143 m3/ha Pientukki 0 m3/ha Kuitu 25 m3/ha	

Puolihoitetussa taimikossa toimenpiteet ja toimenpideajankohdat olivat täysin samat kuin täysin hoidetussa vaihtoehdossa. Taimikonhoidon jälkeen kuviolle jätettiin 2700 mäntyä ja 300 koivua. Ennen ensiharvennusta tehtiin ennakkoraivaus. Ensiharvennuksessa kuitukertymä oli suurempi kuin täysin hoidetussa vaihtoehdossa tiheämmän kasvatustiheyden takia. Myöhemmässä yläharvennuksessa kertymä oli hieman pienempi kuin täysin hoidetussa vaihtoehdossa. Vuoden 2101 päätehakuussa hakkuukertymät olivat lähellä toisiaan, mutta suurempi tukkikertymä kallistui täysin hoidetulle vaihtoehdolle. Hiilitaseeksi tälle vaihtoehdolle saimme 1,439 tonnia hehtaarille vuodessa.

Hoitamattomassa taimikossa ensiharvennus tehtiin myös vuonna 2061 puuston ollessa 50-vuotiasta. Puusto oli selvästi pienempää tässä vaiheessa verrattuna hoidettuihin vaihtoehtoihin. Ennakkoraivaus tehtiin tavalliseen tapaan ennen ensiharvennusta. Ensiharvennuksessa saatiin hoidettuja vaihtoehtoja suurempi hakkuukertymä puuston tiheyden vuoksi. Toinen harvennus tehtiin alaharvennukseksi myös vuonna 2076, sillä yläharvennus ei sovi hoitamattomana kasvaneille metsiköille. Hakuukertymä oli hoidettuihin vaihtoehtoihin verrattuna hieman suurempi, mutta tukkiosuus oli huomattavasti pienempi riukuuntumisen johdosta. Päätehakkuu tehtiin vuonna 2102 puuston ollessa 91-vuotiasta. Hakkuukertymä oli hoidettuihin vaihtoehtoihin verrattuna hieman pienempi. Hiilitaseeksi tuli 1,931 tonnia hehtaarilla vuodessa.

6.3 Tulosten tarkastelu

6.3.1 Tuoreen kankaan kuusikot

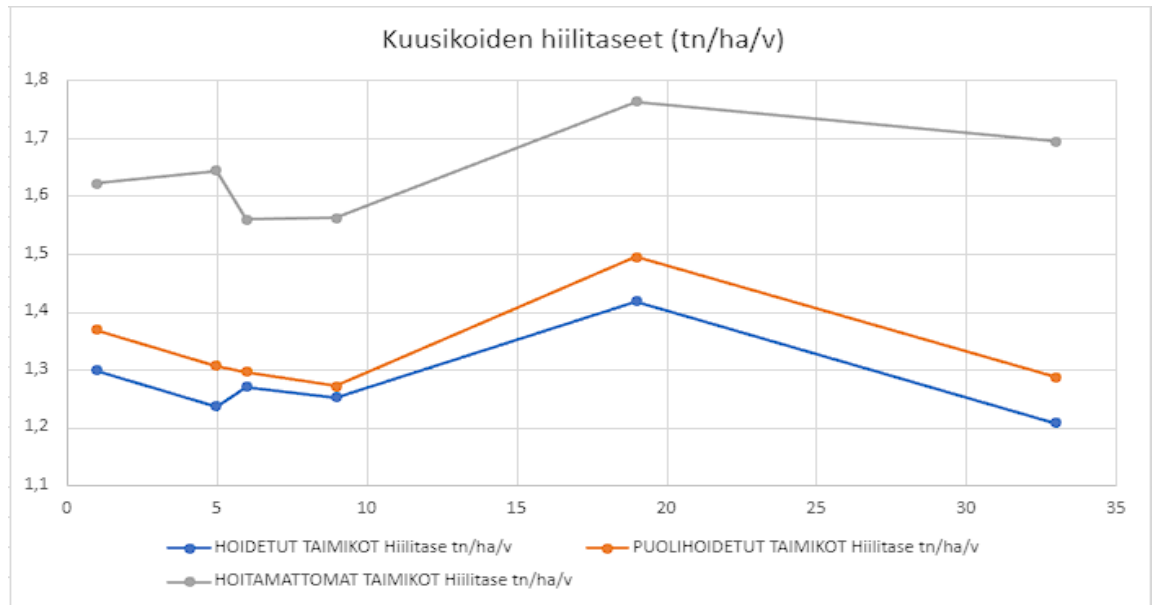
Taimikonhoidon vaikutuksissa hiilensidontaan tuoreen kankaan kuusikoissa oli havaittavissa toistuva kaava. Kaikilla kuvioilla hiilitase oli pienin, kun taimikonhoito tehtiin metsänhoidon suositusten mukaisesti ja suurin, kun taimikko jätettiin hoitamatta (taulukko 13). Puolihoidettu taimikko asettui tähän väliin hiilitaseen määrässä. Hiilitaseen korkea määrä johtui hoitamattomilla taimikoilla tiheistä kasvatustiheyksistä. Suuremmat kasvatustiheydet johtavat suoraan korkeampaan hiilensidontamäärään. Korkea kasvatustiheys johti myös puuston huonoon kehitykseen, mikä näkyi etenkin ensiharvennusajankohtina: puusto oli samanikäisenä lyhyempää ja ohuempaa kuin hoidetussa tai puolihoidetussa metsikössä.

Taulukko 13. Kooste kuusikoiden hiilitaseista ja kiertoajoista

HOIDETUT TAIMIKOT			PUOLIHOIDETUT TAIMIKOT			HOITAMATTOMAT TAIMIKOT		
Kuvio	Hiilitase tn/ha/v	Kiertoaika v	Kuvio	Hiilitase tn/ha/v	Kiertoaika v	Kuvio	Hiilitase tn/ha/v	Kiertoaika v
1	1,298	101	1	1,368	101	1	1,621	110
5	1,236	104	5	1,306	104	5	1,644	110
6	1,269	96	6	1,296	96	6	1,559	99
9	1,252	96	9	1,271	96	9	1,562	104
19	1,418	101	19	1,494	101	19	1,763	105
33	1,207	102	33	1,287	102	33	1,694	115
Keskiarvo	1,280	100	Keskiarvo	1,337	100	Keskiarvo	1,641	107,2

Kiertoaikojen pituudet olivat kaikilla hoidetuilla ja puolihoitetuilla kuvioilla täsmälleen samat. Erona näillä olivat puuston kasvu ja järeytyminen, mikä oli parempaa, kun taimikonhoito tehtiin metsänhoidon suositusten mukaisesti. Kun kasvatustiheys puolestaan jätettiin taimikonhoidossa 3000 runkoon hehtaarille, vaikutti se koko kiertoajalla puuston järeytymiseen hieman negatiivisesti. Taimikonhoidon jälkeiset toimenpiteet pystyttiin kuitenkin tekemään samoina vuosina kuin hoide- tuissa metsiköissä eli vaikutus ei siis ollut kovin merkittävä. Hoitamattomissa tai- mikoissa kiertoaika piteni keskimäärin seitsemällä vuodella. Pienin ero kierto- ajassa oli kolme vuotta ja suurin ero 13 vuotta. Kuten taulukosta 13 näkee, vaih- telu yksittäisten kuvioitten välillä oli suurta.

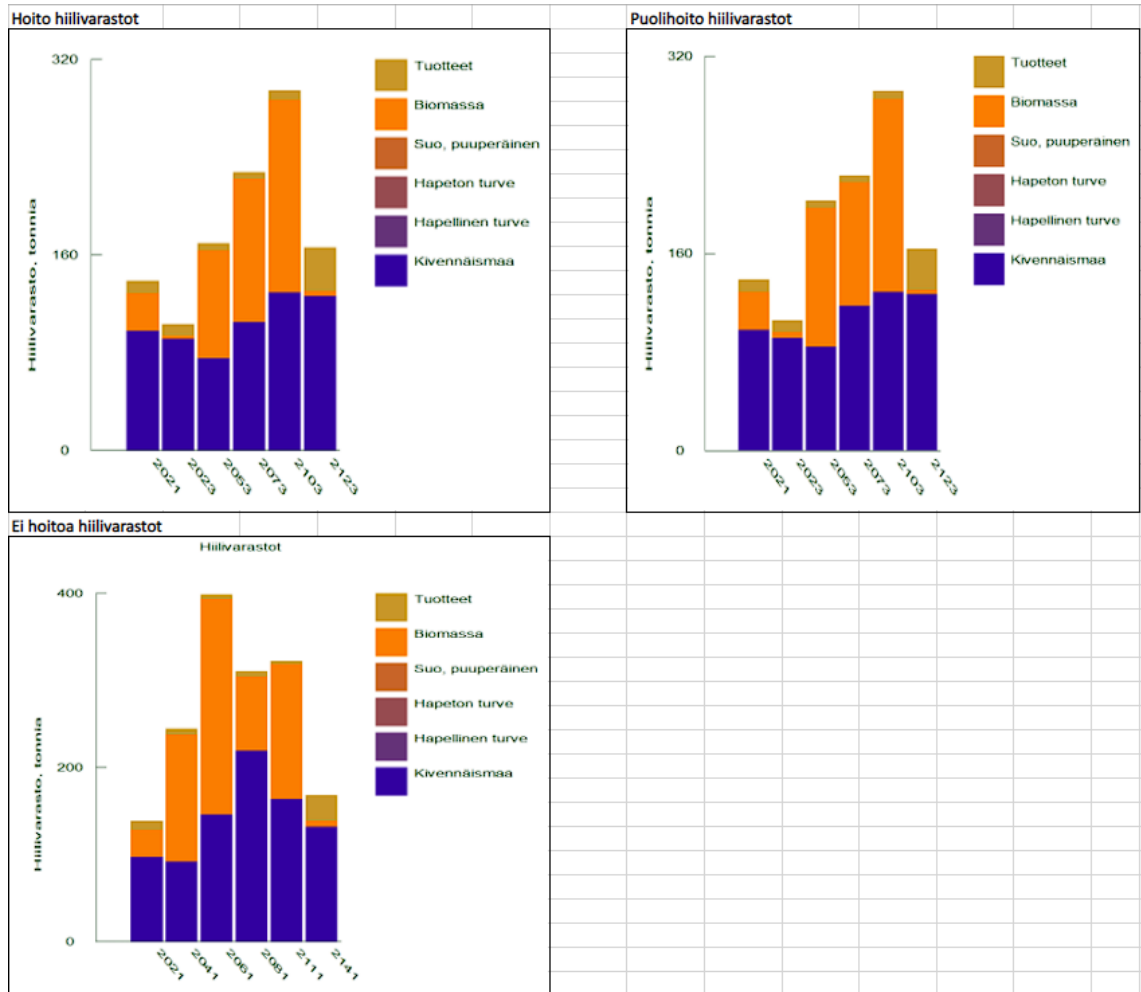
Kuviosta 4 nähdään, miten eri hoitovaihtoehtojen hiilitaseet asettuvat kuvioittain viivadiagrammiin. Y-akseli kuvastaa hoitovaihtoehtojen hiilitasetta (tn/ha/v), ja x-ak- selin pisteet osoittavat kuvionumeroita pienimmästä suurimpaan. Hoitamattomat taimikot ovat hiilitaseeltaan huomattavasti korkeammalla kuin hoidetut taimikot, mutta hiilitaseen myötä metsän laatu ja sitä kautta metsästä saatava tuotto pie- nentyi kasvaneen kiertoajan ohella. Puolihoitetuilla ja hoidetuilla taimikoilla hiili- taseet ovat lähellä toisiaan, mutta puolihoitetuilla taimikoilla hiilitase oli jatkuvasti korkeampi.



Kuvio 4. Kuusikoiden hiilitasevertailu kuvioittain

Kuviosta 5 nähdään, mihin hiili on sitoutunut kuusikon kiertoajalla sen eri kasvuvaiheissa. Vasemmalla näkyvä y-akseli kuvastaa hiilimäärää tonneissa, ja väripylväät oikealla kertovat hiilen sitoutumiskohteet, näin saadaan kuva siitä, mihin hiili on sitoutunut eri hoitovaihtoehdoilla. Hoidetussa ja puolihoidetussa taimikossa hiilipylyvät ovat hyvin samankaltaiset ja hiili on sitoutunut kutakuinkin samoihin kohteisiin. Hoitamattoman taimikon pylväät kertovat erilaista tarinaa. Alhaalla näkyvät vuosiluvut kertovat kunkin kasvatuskauden päätösjankohdan. Pylväät siis kertovat kasvatuskauden lopulla olevan hiilen määrän kullakin hiilivaraston osa-alueella.

Kuviosta 5 voidaan myös todeta, että täysin hoidetun ja puolihoidetun taimikon hiilensitoutuminen erinäisiin kohteisiin on lähes identtistä. Ensimmäiset kaksi palkkia kuvastavat taimikonhoidon yhteydessä tapahtunutta hiilivaraston muutosta. Hiilivarasto on pienentynyt toisen pylvään kohdalla taimikonhoidon yhteydessä. Taimikonhoidon yhteydessä hiiltä katosi puuston biomassasta ja maaperästä. Seuraavilla kausilla pylväät kohoavat nopeasti puuston kehittyessä, vaikka ne sisältävät ensiharvennuksen ja varttuneen puuston myöhemmän harvennuksen. Päätehakkuuajankohtana on huomattavissa hiilivarastojen romahdus lähes kaikilla osa-alueilla, mutta maaperän hiilivarastojen osalta eroa ei huomattavasti toimenpiteen jälkeen syntynyt.



Kuvio 5. Esimerkki hiilivarastoista käsittelyvaihtoehdoittain (kuvio 33)

Hoitamattomalla taimikolla on nähtävissä se tilanne, että alussa hiilivarastot eivät putoa taimikonharvennuksen takia. Ennen ensiharvennusta metsään on sitoutunut hiiltä huomattavan suuri määrä, mutta pylväistä näkee selvän hiilivarastolas- kun ensiharvennuksen jälkeen. Toisen harvennuksen jälkeen on huomattavissa, että hiilivarastot laskivat maaperässä, mutta kohosivat biomassassa. Päätehak- kuun jälkeen hiilivarastot tipahtivat kaikilla osa-alueilla, kuten hoidetuilla taimikoil- lakin. Maaperän hiilivarastojen osalta hoitamattoman taimikon metsässä on näh- tävissä vähenemistä portaittain jo ensiharvennuksen jälkeen. Hoidettujen taimi- koiden metsissä tätä ei käy, mutta on huomioitava, että ennen maaperän hiiliva- rastojen laskua hiilivarastot ovat olleet maaperässä paljon korkeammalla kuin hoidettujen taimikoiden metsissä (kuvio 5).

Taulukko 14 esittää kuvion 33 hoidetun kuusikon hiilitaselaskelman. Laskelmasta nähdään, mihin hiili on sitoutunut kasvukausittain, ja miten erilaiset metsänhoidolliset toimenpiteet ovat vaikuttaneet hiilen sitoutumiseen. Tasetaulukukossa sitoutunut hiilen määrä ilmaistaan kullakin osa-alueella tonneina kasvukautta kohden.

Taulukko 14. Esimerkki hoidetun kuusikon hiilitaselaskelmasta (kuvio 33)

Tunnus	2022-2023	2024-2053	2054-2073	2074-2103	2104-2123	2022-2123
Biomassan hiilitase, tn	-29	86	29	40	-154	-27
Kuolleet puut, tn	0	1	3	8	4	16
Hakkuutahteet, tn	0	0	26	30	68	124
Oksa+lehtikarrikkeen hiili, t	0	15	28	51	22	117
Juurikarrikkeen hiili, tn	0	27	50	93	38	209
Turpeen kasvu, tn	0	0	0	0	0	0
Turpeen hajoaminen, tn	0	0	0	0	0	0
Muun org. aineen hajoaminen,	-7	-43	-74	-141	-84	-348
Maan hiilitase, tn	-6	1	34	39	48	117
Puutavara, tn	0	0	28	35	119	182
Puunkorjuu, tn	0	0	-1	-1	-2	-4
Kaukokuljetus, tn	0	0	0	0	-1	-2
Valmistus, tn	0	0	-3	-3	-8	-14
Korvausvaikutukset, tn	0	0	14	30	117	161
Uusiokäytön korvausv, tn	0	3	5	7	14	29
Vanhat tuotteet hajoaminen,	0	-4	-2	-2	-1	-8
Uudet tuotteet hajoaminen, t	0	0	-27	-30	-91	-149
Tuotteiden hiilitase, tn	0	-2	15	36	146	195
Kokonaistase ilman metaania,	-35	86	78	115	41	284
Soiden metaanitase, tn	0	0	0	0	0	0
CO2-ekv, puusto, tn	-107	317	108	146	-564	-100
CO2-ekv, maa, tn	-22	5	125	144	177	430
CO2-ekv, tuotteet, tn	-1	-6	54	130	536	713
CO2-ekv, yhteensä, tn	-130	316	287	420	149	1043

Taulukosta 15 nähdään kuvion 33 puolihoitotun kuusikon hiilitaselaskelma. Laskelmasta nähdään, mihin hiili on sitoutunut kasvukausittain, ja miten erilaiset metsänhoidolliset toimenpiteet ovat vaikuttaneet hiilen sitoutumiseen. Tasetaulukukossa sitoutunut hiilen määrä ilmaistaan kullakin osa-alueella tonneina kasvukautta kohden samalla tavalla kuin taulukossa 14.

Taulukko 15. Esimerkki puolihoitotun kuusikon hiilitaselaskelmasta (kuvio 33)

Tunnus	2022-2023	2024-2053	2054-2073	2074-2103	2104-2123	2022-2123
Biomassan hiilitase, tn	-27	109	-13	57	-153	-28
Kuolleet puut, tn	0	2	4	7	4	17
Hakkuutahteet, tn	0	0	43	22	68	134
Oksa+lehtikarrikkeen hiili, t	0	24	33	47	22	127
Juurikarrikkeen hiili, tn	0	34	52	87	39	212
Turpeen kasvu, tn	0	0	0	0	0	0
Turpeen hajoaminen, tn	0	0	0	0	0	0
Muun org. aineen hajoaminen,	-7	-54	-84	-134	-84	-364
Maan hiilitase, tn	-6	6	47	30	49	126
Puutavara, tn	0	0	58	27	119	203
Puunkorjuu, tn	0	0	-1	-1	-2	-4
Kaukokuljetus, tn	0	0	0	0	-1	-2
Valmistus, tn	0	0	-5	-2	-9	-16
Korvausvaikutukset, tn	0	0	40	21	114	175
Uusiokäytön korvausv, tn	0	3	8	6	14	30
Vanhat tuotteet hajoaminen,	0	-4	-2	-2	-1	-8
Uudet tuotteet hajoaminen, t	0	0	-57	-24	-92	-174
Tuotteiden hiilitase, tn	0	-2	40	25	143	205
Kokonaistase ilman metaania,	-33	113	74	111	39	303
Soiden metaanitase, tn	0	0	0	0	0	0
CO2-ekv, puusto, tn	-99	398	-47	208	-562	-101
CO2-ekv, maa, tn	-22	21	172	109	181	460
CO2-ekv, tuotteet, tn	-1	-6	147	147	523	753
CO2-ekv, yhteensä, tn	-121	414	272	406	141	1112

Taulukosta 16 nähdään kuvion 33 hoitamattoman kuusikon hiilitaselaskelma. Laskelmasta nähdään, mihin hiili on sitoutunut kasvukausittain, ja miten erilaiset metsänhoidolliset toimenpiteet ovat vaikuttaneet hiilen sitoutumiseen. Tasetaulukossa sitoutunut hiilen määrä ilmaistaan kullakin osa-alueella tonneina kasvukautta kohden samalla tavalla kuin taulukoissa 14 ja 15.

Taulukko 16. Esimerkki hoitamattoman kuusikon hiilitaselaskelmasta (kuvio 33)

Tunnus	2022–2041	2042–2061	2062–2081	2082–2111	2112–2141	2022–2141
Biomassan hiilitase, tn	114	102	-162	69	-148	-25
Kuolleet puut, tn	9	32	27	6	6	81
Hakkuutähteet, tn	0	0	142	19	74	236
Oksa+lehtikarikkeen hiili, t	18	59	55	45	35	212
Juurikarikkeen hiili, tn	21	64	66	84	61	296
Turpeen kasvu, tn	0	0	0	0	0	0
Turpeen hajoaminen, tn	0	0	0	0	0	0
Muun org. aineen hajoaminen, tn	-42	-112	-152	-144	-117	-567
Maan hiilitase, tn	6	43	137	10	61	257
Puutavara, tn	0	0	99	20	128	247
Puunkorjuu, tn	0	0	-2	-1	-2	-5
Kaukokuljetus, tn	0	0	-1	0	-1	-2
Valmistus, tn	0	0	-6	-2	-8	-16
Korvausvaikutukset, tn	0	0	73	12	126	210
Uusiokäytön korvaus, tn	2	1	10	5	15	33
Vanhat tuotteet hajoaminen, tn	-3	-2	-1	-1	-1	-9
Uudet tuotteet hajoaminen, t	0	0	-100	-21	-101	-222
Tuotteiden hiilitase, tn	-1	-1	72	12	155	237
Kokonaistase ilman metaania,	120	145	47	90	68	469
Soiden metaanitase, tn	0	0	0	0	0	0
CO2-ekv, puusto, tn	419	375	-594	253	-543	-91
CO2-ekv, maa, tn	23	159	504	35	222	943
CO2-ekv, tuotteet, tn	-4	-3	262	44	569	869
CO2-ekv, yhteensä, tn	439	531	172	332	249	1721

Hiilitasetaulukoissa avataan se, mistä kaikesta metsiköiden hiilitase muodostuu simuloinneissa määritetyillä kasvatuskausilla, jotka perustuvat puuston kiertoaikaan ja toimenpiteiden ajankohtiin (taulukot 14–16). Oleellimmat tarkasteltavat luvut taimikonhoidon vaikutusten kannalta ovat neljä alinta riviä, jotka kertovat puuston, maan ja tuotteiden hiilitaseen sekä hiilitaseen yhteensä hiilidioksidiekvi-valenttonneina. Taulukoista voidaan havaita, että ei hoitoa -vaihtoehdolla puuston, maaperän ja tuotteiden hiilitase on kokonaisuudessaan suurempi kuin hoito- ja puolihoitovaihtoehdoilla.

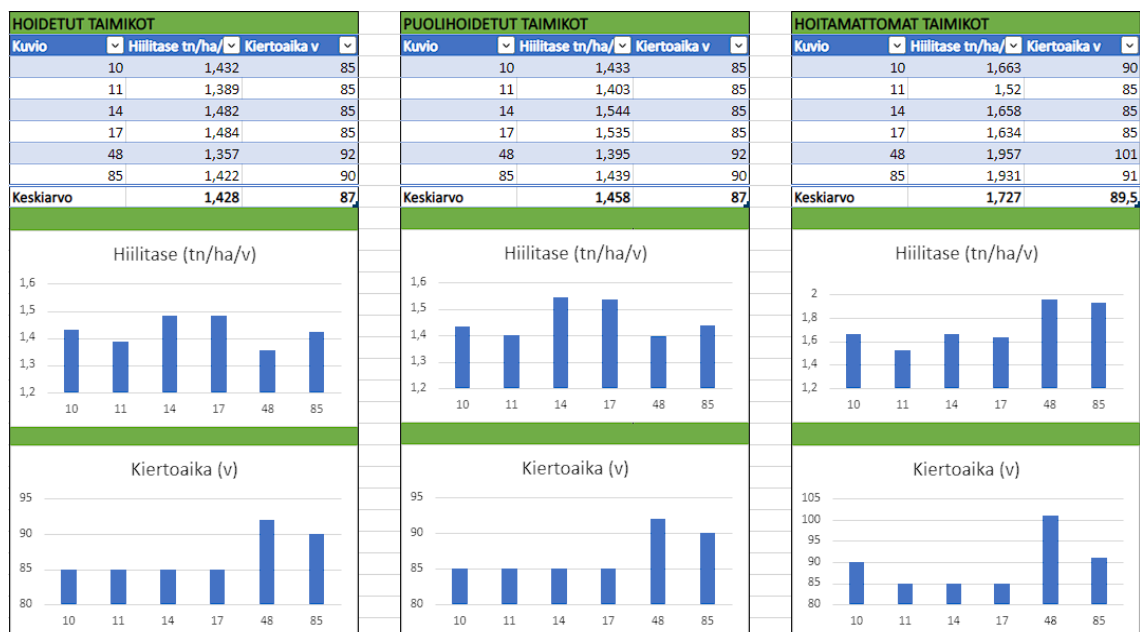
Puuston hiilitaseessa huomaa toimenpiteiden vaikutuksen eri käsittelyvaihtoehdoilla. Esimerkiksi ensiharvennuksessa (kausi 2062–2081) hiilitase on jäänyt positiiviseksi hoidetussa (108 tonnia), hieman negatiiviseksi puolihoitotilassa (-47 tonnia) ja voimakkaasti negatiiviseksi hoitamattomassa metsikössä (-594 tonnia). Tämän selittää se, että puolihoitotilassa ja hoitamattomalla metsiköllä poistettiin ensiharvennuksessa enemmän puuta. Ensiharvennuksen jälkeisistä toimenpiteistäkin on pääteltävissä, että mitä suurempi hakkuukertymä kasvatuskaudella

on, sitä pienemmäksi jää hiilitase, kun käytetään samoja toimenpiteitä. Maan hiilitase oli hoidetulla kuviolla pienin, puolihoodolla hieman suurempi ja hoitamattomalla suurin. Tuotteiden hiilitase noudatti samaa kaavaa kuin maan hiilitase.

6.3.2 Kuivahkon kankaan männiköt

Taimikonhoito vaikutti hiilensidontaan kuivahkon kankaan männiköissä kaikilla kuvioilla samanlaisella, toistuvalla kaavalla. Hoitamattomaksi jätetyt taimikot tuottivat puuston kiertoajalla suurimman hiilitaseen ja hoidetut pienimmän. Puolihoito sijoittui näiden väliin (taulukko 17). Syy hoitamattomien taimikoiden hiilitaseen suurelle määrälle oli korkea kasvatustiheys. Tämä johti puuston laadun heikkenemiseen, mikä oli havaittavissa etenkin ensiharvennusajankohtina: puusto ei ollut saavuttanut yhtä suuria mittoja kuin hoidetussa tai puolihoodetussa metsikössä.

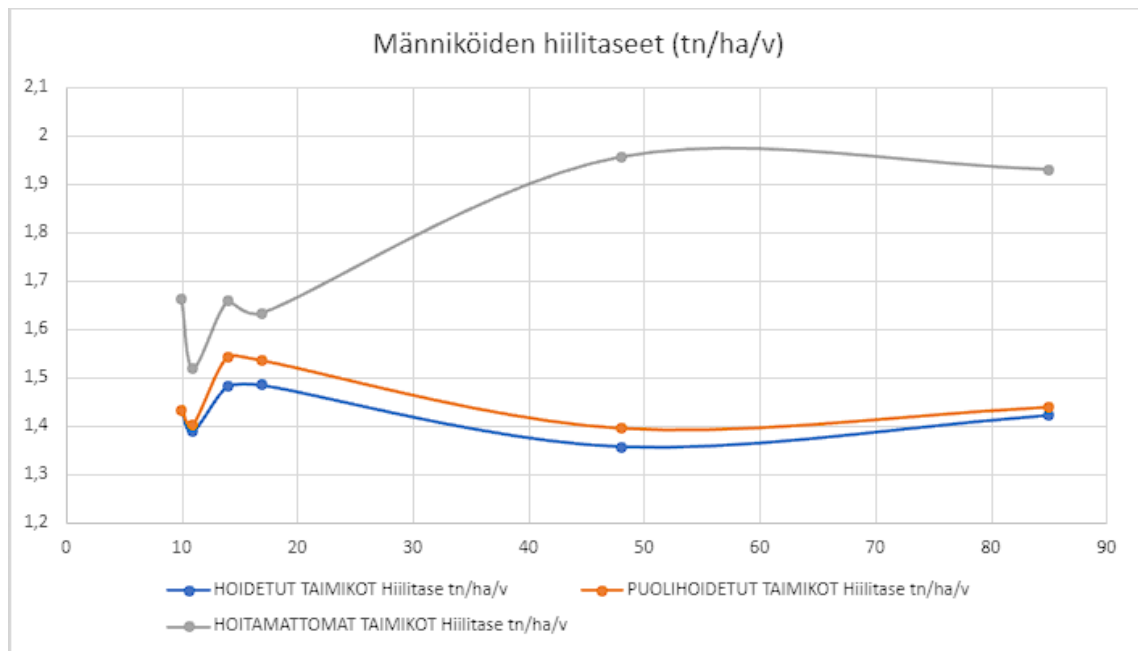
Taulukko 17. Kooste männiköiden hiilitaseista ja kiertoajoista



Kiertoajat olivat männiköissä samat verrattessa hoitoa ja puolihoitoa keskenään. Puuston kasvu ja järeytyminen tapahtuivat kaikilla kuvioilla samantapaisesti: hoidetuissa taimikoissa se oli kaikkein parhainta, puolihoodossa hieman huonompaa ja hoitamattomissa huonointa. Puolihoodolla toimenpiteet pystyttiin tekemään samoina ajankohtina kuin hoidollakin. Hoitamattomissa taimikoissa kiertoaika piteni

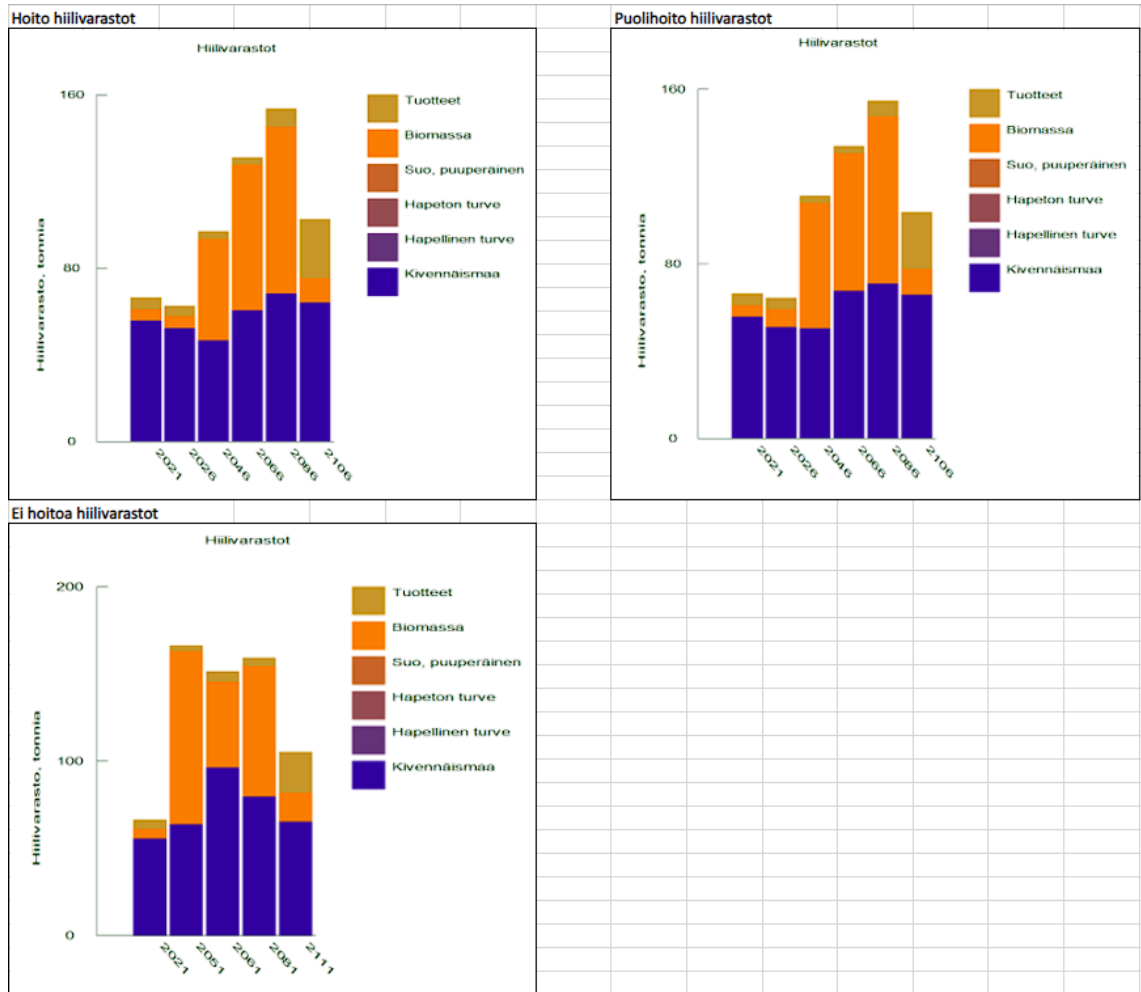
keskimäärin 2,5 vuodella. Pienin ero oli nolla vuotta ja suurin yhdeksän vuotta. Kuvioilla 10, 11, 14 ja 17 oli sama kiertoaika, kun taas kuvioilla 48 ja 85 kiertoaika oli selkeästi pidempi.

Kuvio 6 kuvastaa männiköiden hiilitaseita erinäisten käsittelyvaihtoehtojen välillä. Y-akselilla on nähtävissä hiilitaseet (tn/ha/v) ja x-akselilla kuvionumerot pienimmästä suurimpaan. Pisteet akselilla esittävät kuvioita, joille toimenpiteitä on tehty. Kuviosta voi nähdä, miten hoitamattomien taimikoiden männiköt ovat hiilitaseeltaan reilusti muita hoidettuja käsittelyvaihtoehtoja korkeammalla. Hoidettujen taimikoiden männiköt ovat linjassa toistensa kanssa, mutta puolihoitettujen männiköt ovat hiilitaseeltaan joka kuviolla korkeammalla kuin täysin hoidetut männiköt.



Kuvio 6. Männiköiden hiilitasevertailu kuvioittain

Kuviosta 7 voidaan huomata, mihin hiili on sitoutunut männikössä sen kiertoajalla käsittelyvaihtoehtojen välillä. Y-akseli kuvastaa sitoutunutta hiilimäärää tonneittain kullakin hiilivaraston osa-alueella. X-akselilla olevat vuosiluvut kuvastavat kunkin käsittelyvaihtoehdon kasvukauden päätösvuotta ja pylväät niiden yläpuolella siihen vuoteen mennessä sitoutunutta hiilimäärää kohteittain. Pikaisella tarkastelulla voi jo huomata, että täysin hoidettu ja puolihoitettu männikkö ovat erittäin lähellä toisiaan hiilivarastojen osalta. Hoitamattoman taimikon männikön osalta pylväät ovat selvästi erilaisia kuin hoidettujen männikköjen osalta.



Kuvio 7. Esimerkki kuvion 17 hiilivarastoista käsittelyvaihtoehdoittain

Hoidetun ja puolihoidetun männikön hiilivarastot kulkevat erittäin lähellä toisiaan ja ne käyttäytyvät lähes samalla tavalla kasvukausittain. Ensimmäisten kahden pylvään kohdalla vuosina 2021–2026 on nähtävissä taimikonhoidon vaikutus hiilivarastoihin. Seuraavina vuosikymmeninä hiilivarastot kasvavat nopeasti puuston järeytyessä ja kasvaessa, vaikka kasvukausiin sisältyvät ensiharvennukset ja myöhemmät harvennukset. Päätehakkuun tapahtuessa on huomattavissa hiilivarastojen romahdus kaikilla osa-alueilla.

Hoitamattoman taimikon männikössä on huomattavissa hiilivarastojen nopea ja suuri kasvu, kun taimikonhoito on jätetty välistä. Ensiharvennus ja sitä edeltävä ennakkoraivaus ajoittuivat tällä männiköllä vuodelle 2056, mikä on nähtävissä taulukosta. Hiilivarastot tipahtavat jo ensiharvennuksessa, sillä hiiltä on sitoutunut suuri määrä ylitieheään puustoon, mutta vastapainoksi maaperän hiilivarastot kas-

vavat. Myöhemmän harvennuksen jälkeen on huomattavissa maaperän hiilivaraston supistumista, vaikka itse biomassan ja tuotteiden osuus kasvaa. Päätehakkuun jälkeen hiilivarastot putoavat kaikilla osa-alueilla.

Taulukko 18 esittää kuvion 17 hoidetun männikön hiilitaselaskelman. Laskelmasta nähdään, mihin hiili on sitoutunut kasvukausittain, ja miten erilaiset metsänhoidolliset toimenpiteet ovat vaikuttaneet hiilen sitoutumiseen. Tasetaulukossa sitoutunut hiilen määrä ilmaistaan kullakin osa-alueella tonneina kasvukautta kohden.

Taulukko 18. Esimerkki hoidetun männikön hiilitaselaskelmasta (kuvio 17)

Tunnus	2022-2026	2027-2046	2047-2066	2067-2086	2087-2106	2022-2106
Biomassan hiilitase, tn	0	41	21	9	-66	6
Kuolleet puut, tn	0	1	2	2	2	6
Hakkuutähteet, tn	4	0	13	13	27	57
Oksa+lehtikarrikkeen hiili, t	0	6	14	15	10	46
Juurikarrikkeen hiili, tn	1	16	34	36	22	108
Turpeen kasvu, tn	0	0	0	0	0	0
Turpeen hajoaminen, tn	0	0	0	0	0	0
Muun org. aineen hajoaminen,	-10	-23	-45	-52	-42	-172
Maan hiilitase, tn	-4	0	17	14	19	45
Puutavara, tn	0	0	20	22	66	107
Puunkorjuu, tn	0	0	0	0	-1	-2
Kaukokuljetus, tn	0	0	0	0	-1	-1
Valmistus, tn	0	0	-1	-1	-3	-5
Korvausvaikutukset, tn	0	0	11	23	75	109
Uusiokäytön korvausv, tn	0	1	3	3	7	15
Vanhät tuotteet hajoaminen,	0	-1	-1	-1	0	-4
Uudet tuotteet hajoaminen, t	0	0	-19	-16	-47	-82
Tuotteiden hiilitase, tn	0	-1	12	29	96	137
Kokonaistase ilman metaania,	-4	40	49	53	49	188
Soiden metaanitase, tn	0	0	0	0	0	0
CO2-ekv, puusto, tn	1	151	76	35	-241	22
CO2-ekv, maa, tn	-14	0	61	51	68	167
CO2-ekv, tuotteet, tn	-1	-2	44	108	352	501
CO2-ekv, yhteensä, tn	-13	148	181	194	179	689

Taulukosta 19 nähdään kuvion 17 puolihoidetun männikön hiilitaselaskelma. Laskelmasta nähdään, mihin hiili on sitoutunut kasvukausittain, ja miten erilaiset metsänhoidolliset toimenpiteet ovat vaikuttaneet hiilen sitoutumiseen. Tasetaulukossa sitoutunut hiilen määrä ilmaistaan kullakin osa-alueella tonneina kasvukautta kohden samalla tavalla kuin taulukossa 18.

Taulukko 19. Esimerkki puolihoitotun männikön hiilitaselaskelmasta (kuvio 17)

Tunnus	2022-2026	2027-2046	2047-2066	2067-2086	2087-2106	2022-2106
Biomassan hiilitase, tn	3	49	6	14	-65	6
Kuolleet puut, tn	0	1	2	2	2	7
Hakkuutähteet, tn	3	0	21	12	27	63
Oksa+lehtikarikkeen hiili, t	1	8	15	15	11	49
Juurikarikkeen hiili, tn	1	20	37	35	22	116
Turpeen kasvu, tn	0	0	0	0	0	0
Turpeen hajoaminen, tn	0	0	0	0	0	0
Muun org. aineen hajoaminen,	-9	-28	-52	-53	-43	-184
Maan hiilitase, tn	-5	2	24	11	18	51
Puutavara, tn	0	0	29	19	67	114
Puunkorjuu, tn	0	0	-1	0	-1	-2
Kaukokuljetus, tn	0	0	0	0	-1	-1
Valmistus, tn	0	0	-1	-1	-3	-5
Korvausvaikutukset, tn	0	0	15	19	75	109
Uusiokäytön korvausv, tn	0	1	4	3	7	15
Vanhat tuotteet hajoaminen,	0	-1	-1	-1	0	-4
Uudet tuotteet hajoaminen, t	0	0	-28	-15	-47	-90
Tuotteiden hiilitase, tn	0	-1	17	25	96	137
Kokonaistase ilman metaania,	-2	51	47	50	49	194
Soiden metaanitase, tn	0	0	0	0	0	0
CO2-ekv, puusto, tn	10	180	21	50	-239	24
CO2-ekv, maa, tn	-17	9	89	41	67	189
CO2-ekv, tuotteet, tn	-1	-2	61	91	352	501
CO2-ekv, yhteensä, tn	-7	187	171	182	180	713

Taulukosta 20 nähdään kuvion 17 hoitamattoman männikön hiilitaselaskelma. Laskelmasta nähdään, mihin hiili on sitoutunut kasvukausittain, ja miten erilaiset metsänhoidolliset toimenpiteet ovat vaikuttaneet hiilen sitoutumiseen. Tasetaulukossa sitoutunut hiilen määrä ilmaistaan kullakin osa-alueella tonneina kasvukautta kohden samalla tavalla kuin taulukoissa 18 ja 19.

Taulukko 20. Esimerkki hoitamattoman männikön hiilitaselaskelmasta (kuvio 17)

Tunnus	2022-2051	2052-2061	2062-2081	2082-2111	2022-2111
Biomassan hiilitase, tn	94	-50	25	-58	11
Kuolleet puut, tn	5	3	2	3	11
Hakkuutähteet, tn	0	45	8	31	84
Oksa+lehtikarikkeen hiili, t	19	10	14	17	60
Juurikarikkeen hiili, tn	43	22	33	36	135
Turpeen kasvu, tn	0	0	0	0	0
Turpeen hajoaminen, tn	0	0	0	0	0
Muun org. aineen hajoaminen,	-57	-48	-56	-61	-221
Maan hiilitase, tn	10	32	1	26	69
Puutavara, tn	0	35	13	75	123
Puunkorjuu, tn	0	-1	0	-1	-3
Kaukokuljetus, tn	0	0	0	-1	-1
Valmistus, tn	0	-1	-1	-3	-5
Korvausvaikutukset, tn	0	20	12	82	114
Uusiokäytön korvausv, tn	1	3	3	9	17
Vanhat tuotteet hajoaminen,	-2	-1	-1	-1	-4
Uudet tuotteet hajoaminen, t	0	-32	-14	-56	-102
Tuotteiden hiilitase, tn	-1	23	12	104	139
Kokonaistase ilman metaania,	103	5	39	72	219
Soiden metaanitase, tn	0	0	0	0	0
CO2-ekv, puusto, tn	346	-184	93	-213	42
CO2-ekv, maa, tn	37	117	4	95	253
CO2-ekv, tuotteet, tn	-3	85	45	383	509
CO2-ekv, yhteensä, tn	379	18	142	264	804

Männikön hiilitasetaulukoista nähdään, mistä sen hiilitase koostuu kuvion koko kiertoajalla ja määritetyillä kasvatuskausilla (taulukot 18–20). Neljällä alimmalla rivillä on kuvattu puuston, maan ja tuotteiden hiilitaseet sekä hiilitase yhteensä.

Tarkasteltaessa puuston, maan ja tuotteiden hiilitaseita, jotka on kuvattu hiilidioksidiekvivalenttitonneina, voidaan havaita, että ei hoitoa -vaihtoehdolla on kaikissa näissä suurin hiilitase verrattuna hoitoon ja puolihoitoon.

Taulukoista näkee toimenpiteiden vaikutuksen puuston hiilitaseeseen eri käsitteilyvaihtoehdoilla. Esimerkiksi tarkasteltaessa kautta 2047–2066, jonka puoleksavälissä tehtiin ensiharvennus, voidaan havaita puuston hiilitaseen muutos. Hoidetulla metsiköllä hiilitase oli 76 tonnia, puolihoidetulla 21 tonnia ja hoitamattomalla -184 tonnia. Hiilitase jäi sitä pienemmäksi, mitä enemmän puustoa ensiharvennuksessa poistettiin. Ensiharvennuksen jälkeisistä toimenpiteistä on nähtävissä samanlainen vaikutus hiilitaseeseen: suurempi hakkuukertymä kasvatuskaudella johti pienempään hiilitaseeseen. Maan hiilitase oli puolihoidetulla ja hoitamattomalla kuviolla suurempi kuin hoidetulla kuviolla. Tuotteiden hiilitase oli yhtä suuri hoidetulla ja puolihoidetulla, hoitamattomalla taas suurempi.

6.3.3 Johtopäätökset

Tutkimuksessa selvisi, että tiheämpi kasvatustiheys johtaa suurempaan hiilensidontaan. Hoitamattomissa taimikoissa hiilitase oli aina suurempi kuin hoidetuissa taimikoissa, oli kyseessä kuusikko tai männikkö. Toisaalta taimikon hoitamattomuus johti lähes poikkeuksetta puuston kiertoajan pidentymiseen, lukuun ottamatta männikkökuvioita 11, 14 ja 17. Näillä männikkökuvioilla taimikon lähtötilanteessa puusto oli jo suhteellisen harvaa ja männyt olivat muiden kilpailevien puulajien ylispuustona, milloin näistä ei tullut suurempaa uhkaa kehitykselle. Kuitenkin lähes poikkeuksetta hoitamattomien taimikoiden puustot olivat ikäänsä nähden aina heikommassa kunnossa kuin hoidetut taimikot, mikä heijastui kertymiin ja toimenpidevuosiin. Kuusikoiden kiertoajat olivat poikkeuksetta pidemmät kuin männiköillä, ja kuusikoiden hoitamattomuus johti jokaisella kuviolla pidempään kiertoaikaan. Yleisesti huomattavissa oli se, että mitä tiheämpi lähtöpuusto oli vuonna 2021, sitä enemmän se vaikutti negatiivisesti puuston laatukehitykseen ja kiertoaikaan.

Hoidettujen taimikoiden kohdalla erot eivät olleet suuria. Täysin hoidetun noin 2000 rungon taimikko ei ollut missään tilanteessa suurempi hiilensitoja kuin 3000

rungon puolihoidettu taimikko, mutta se puolestaan tuotti enemmän tukkia. Puolihoidetut taimikot saatiin käsiteltyä aina samaan aikaan kuin täysin hoidetut taimikot, jotka käsiteltiin aina metsänhoidon suositusten mukaisesti. Ensiharvennuskertymät olivat aina puolihoidetussa taimikossa suuremmat, mutta myöhemässä harvennuksessa ja päätehakkuussa tilanne kääntyi täysin hoidetun taimikon puolelle. Puolihoidetun taimikon kohdalla tilanne oli myös se, että se ei jäänyt varsinaisesti kasvussa jälkeen täysin hoidettuun taimikkoon verrattuna. Ensiharvennuksen jälkeisistä toimenpiteistä on nähtävissä hakkuukertymien ja hiilitase-
taulukoiden perusteella se, että mitä suurempi hakkuukertymä kasvatuskaudella on, sitä pienemmäksi hiilitase jää käytettäessä samoja toimenpiteitä.

Tarkasteltaessa taulukoita 13 ja 17, voidaan huomata, että kuivahkon kankaan männiköillä on keskimäärin suurempi hiilitase kuin tuoreen kankaan kuusikoilla. Kuusikoissa hoidetuilla kuvioilla hiilitase oli keskimäärin 1,28 tonnia hehtaarille vuodessa, puolihoidetuilla 1,337 tonnia hehtaarille vuodessa ja hoitamattomilla 1,641 tonnia hehtaarille vuodessa. Männiköissä hoidetuilla kuvioilla hiilitase oli keskimäärin 1,428 tonnia hehtaarille vuodessa, puolihoidetuilla 1,458 tonnia hehtaarille vuodessa ja hoitamattomilla 1,727 tonnia hehtaarille vuodessa. Syynä tähän on se, että männiköt kasvoivat nopeammin kuin kuusikot varastoiden enemmän hiiltä hehtaarille vuodessa.

Kaikilla kuvioilla on huomattavissa myös kolmen prosentin korkokannalla lasketut nykyarvot hehtaaria kohden. Huomattavissa on, että se on aina korkein hoitamattomilla taimikoilla ja toiseksi korkein puolihoidetulla taimikolla jättäen hoidetun taimikon viimeiseksi. Nykyarvossa piilee se ongelma, että taimikonhoitokuvioille taimikonhoito maksoi 400 euroa hehtaarilta riippumatta taimikon harvennuksen intensiteetistä. Tämä taimikolle tehty 400 euron taimikonharvennus hehtaaria kohden diskonttaa tulevaisuudessa niin paljon, että suuremmat hakkuukertymätkään hakkuiden yhteydessä eivät tätä eroa tasoita, mikä johtaa suoraan hoitamattomien taimikoiden suurempiin nykyarvoihin. Mikäli taimikonhoitokustannuksia saataisiin rajoitettua esimerkiksi puolihoidetussa taimikossa sen varjolla, että taimia jätetään tiheämmin, jolloin työlle tulee halvempi hinta, voisi nykyarvo olla jo lä-

hellä hoitamattomien taimikoiden nykyarvoa. Hoidetuilta taimikoilta puuttuu toisaalta mahdolliset Kemera-tuet, jotka tasoittaisivat taimikon- ja nuoren metsän hoitokuluja. Tämä vaikuttaisi suoraan kannattavuuteen.

7 POHDINTA

Opinnäytetyömme tarkoituksena oli selvittää, miten taimikonhoito ja sen intensiteetti vaikuttaa puuston hiilensidontaan sen elinkaarella. Toimeksiannon tälle opinnäytetyölle saimme Suomen metsäkeskukselta, ja työ toimii osana Aktiivisuutta metsänomistukseen – lisää hiiltä Lapin metsiin- hanketta. Se on myös jatkoa kevään 2022 opinnäytetyölle Hollanti & Savolainen: Taimikonhoidon vaikutus metsikön kehitykseen ja ainespuun tuotukseen. Tutkimuksessa simuloimme erilaisia taimikonhoitoskenaarioita kuudelle tuoreen kankaan kuusikolle ja kuudelle kuivahkon kankaan männikölle, perustuen taimikonhoidon ja sen intensiteetin muutoksiin. Erinäisten taimikonhoitoskenaarioiden jälkeen kasvatimme metsät metsänhoidon suositusten mukaisesti kiertoaikansa loppuun, jolloin teimme päätehakuun. Tutkimuksemme tuloksilla Metsäkeskus saa uutta tietoa liittyen taimikonhoidon vaikutuksesta hiilensidontaan ja voi tätä kautta aktivoida metsänomistajia hiilensidontapainotteisempaan metsänhoitoon sekä jakaa tietoa metsän hiilensidonnasta sitä tarvitseville toimijoille.

Tuloksia tarkastellessa tulee ottaa huomioon se, että Monsu ei huomionnut taimikon puolihoitossa kustannusten alenemista Metsänhoidon suositusten mukaiseen taimikonhoitoon verrattuna. Koska poistumisissa oli niin suuria eroja, taimikonhoidon kustannuksia ei lähdetty muuttamaan käsin puolihoitossa. Mikäli taimia olisi esimerkiksi 10 000 kappaletta hehtaarilla ennen taimikonhoitoa, ero poistumassa olisi tavallisen taimikonhoidon ja puolihoitovälillä 1000 kappaletta hehtaarilla. Taimikonhoidon hehtaarihintaa ei tämän vuoksi lähdetty muuttamaan. Tämän johdosta puolihoitettujen kuvioiden nykyarvot ovat hieman liian alhaisia. Lisäksi näissä simuloinneissa ei ole huomioitu mahdollisia taimikonhoidon ja nuoren metsän hoidon Kemera-tukia mitkä vaikuttaisivat varmasti toimenpiteiden kannattavuuteen.

Opinnäytetyössä käyttämämme Monsu-ohjelmisto oli kriittinen osa työtämme. Monsun avulla saimme simuloitua ja tuotettua työssä esittämämme tulokset. Ohjelmana Monsu on erittäin hyödyllinen, kun kohdemetsästä pitää saada tietoa lyhyellä aikavälillä simuloinnin muodossa. Kohdemetsästä simulointien jälkeen on

mahdollista saada tietoa lähes jokaiselta metsän kasvuun ja kehitykseen vaikuttavalta osa-alueelta, joko graafina tai taulukkona. Monsu on soveltuva työkalu etenkin metsien monimuotoisuuteen, kasvatukseen ja monitavoitteisuuteen liittyvissä simuloinneissa.

Monsun käytössä tuli vastaan myös haasteita. Emme olleet aikaisemmin käyttäneet Monsua, minkä vuoksi sen käytön ja lukuisten ominaisuuksien opetteluun sekä sisäistämiseen kului aluksi aikaa. Kasvatuskausien pituuksien määrittämisessä joutui tekemään lukuisia simulointeja, jotta metsänhoidolliset toimenpiteet sai ajoitettua oikeille vuosille. Toimenpiteet sijoittuivat aina kasvukauden puoliväliin, minkä vuoksi kasvukausien pituuksien määrittäminen oli välillä hyvinkin haastavaa. Välillä simuloinnit antoivat täysin samoilla puustotiedoilla ja parametreillä erilaisia tuloksia, mikä herätti meissä epäluuloa tutkimustulosten luotettavuutta kohtaan. Ratkaisuna toimi ohjelman uudelleen käynnistäminen, jonka jälkeen teimme nämä simuloinnit uudestaan useita kertoja ja varmistimme niiden oikeellisuuden. Huomion arvoisia ovat myös pitkät simulointijaksot: mitä pidemmälle ja kauemmas tuloksia simuloidaan, sitä suuremmaksi virhemarginaalit kasvavat.

Opinnäytetyömme aihe oli erittäin ajankohtainen ja etenkin mielenkiintoinen. Työn aikana opimme paljon uutta metsistä ja niiden suhteesta hiilensidontaan, etenkin erinäisten metsänhoidollisten toimenpiteiden jälkeen. Jokaisella toimenpiteellä on omat seuraamuksensa hiilensidontaan, ja tämän työn aikana nämä erilaiset reaktiot tulivat tutuiksi niin kuivahkon kankaan männiköissä kuin tuoreen kankaan kuusikoissa. Työn tuloksia voidaan soveltaa ainakin Etelä-Lapin alueelle, josta koetaimikoiden tiedotkin ovat kerätty.

Työn aikana meille avautui paljon uusia jatkojalostusideoita tälle opinnäytetyölle. Tutkimuksia voisi teettää myös tuoreen kankaan männiköistä ja niiden reagoinnista esimerkiksi ilmaston lämpenemiseen. Tästä jatkumoa saisi ihan mihin tahansa puustoon ja sen reagoinnista ilmaston lämpenemiseen. Esille meillä nousi myös lannoitusmahdollisuudet ja sen mahdolliset vaikutukset puuston kasvuun ja hiilensidontaan. Lisäksi olisi hyvä myös tutkia taimikonhoidon vaikutusta hiilensidontaan ja puuston kehitykseen lyhyellä aikavälillä, jolloin saataisiin konkreetti-

sempaa tietoa kuin koko kiertoaikaa simuloimalla. Nykypäivänä pinnalla ovat olleet hiilikompensaatiot, joita voitaisiin jakaa metsänomistajille. Kun mahdolliset hiilikompensaatiot otetaan mukaan yhtälöön, voitaisiin tutkimuksia tehdä esimerkiksi siitä, miten hiilensidontaan painottuva metsätalous rinnastuu normaaliin tuottopainotteiseen metsätalouteen.

Luonnonvarakeskuksen tutkimuksien mukaan myös tiheämmät harvennukset edistävät huomattavasti puuston hiilensidontaa (Hynynen ym. 2023). Tätä olisi hyvä tutkia myös simuloiden ja olisi täten hyvä jatkojalostusidea tälle opinnäytetyölle. Metsänhoidon suositusten mukaiset hakkuiden jälkeiset puustot eivät varsinaisesti tue hiilensidontaa, vaan ne painottuvat pitkälti tukki- ja ainespuun tuotukseen, minkä johdosta olisi mielenkiintoista nähdä tiheämpiä harvennustiheyksiä ja kiertoaikoja hiilensidontan nimissä.

Nykyarvojen ja kannattavuuden osalta ei tämän tutkimuksen kohdalla kannata tehdä suuria johtopäätöksiä, sillä nykyarvojen määrittelyssä Monsu ei ota huomioon sitä, että tiheämmissä metsissä tuhoriskit ovat suuremmat huonomman kehityksen ohella. Monsu ei myöskään huomioi taimikonhoitoon ja nuoren metsän hoitoon myönnettäviä Kemera-tukia, mikä vaikutti hoidettujen ja puolioidettujen taimikoiden nykyarvoon alentavasti. Toisekseen simulointijaksotkin olivat pitkiä, mikä kasvattaa virhemarginaaleja. Voisi sanoa, että Monsulla hoitamattomien taimikoiden elpyminen simuloituilla menetelmillä on vähintäänkin optimistisesti arvioitu. Hyvä on muistaa myös se, että hoidetut taimikot tuottavat laadukasta tukiä paremmin, ja niiden kiertoaika on lyhyempi kuin hoitamattomilla taimikoilla. Lisäksi nykyarvot laskettiin kolmen prosentin korkokannalla, mikä on ehkä hieman liian suuri tuottovaatimus Lapin taimikoille. Tästä voitaisiinkin tehdä jatkotutkimus, jossa nykyarvot lasketaan kahden prosentin korkokannalla ja otetaan huomioon myös taimikonhoidon ja nuoren metsän hoidon tuet.

LÄHTEET

Hollanti, J. & Savolainen, H. 2022. Taimikonhoidon vaikutus metsikön kehitykseen ja ainespuun tuotokseen. Opinnäytetyö, Lapin ammattikorkeakoulu. Viitattu 5.4.2023 <https://www.theseus.fi/handle/10024/744847>.

Hynynen, J. 2008. Metsän kasvattaminen. Teoksessa S. Rantala (toim.) Tapion taskukirja. Helsinki: Metsäkustannus Oy, 177–197.

Hynynen, J. & Huuskonen, S. 2020. Harvennushakkuut. Teoksessa J. Ruuska (toim.) Metsäkoulu. Keuruu: Metsäkustannus, 141–164.

Hynynen, J., Korhonen, K.T., Kärkkäinen, L., Mehtätalo, L., Mutanen, A., Rautio, P. & Viitala, E.-J. (toim.) 2023. Metsälain ilmastovaikutusten arviointi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 49/2023. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu 4.5.2023 https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/553349/luke-luobio_49_2023.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., Kekkonen, H., Koskela, T., Lehtonen, H., Luoranen, J., Mutanen, A., Nieminen, M., Ollila, P., Palosuo, T., Pohjanmies, T., Repo, A., Rikkinen, P., Rätty, M., Saarnio, S., Smolander, A., Soinne, H., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Uotila, K., Viitala, E.-J., Virkajärvi, P., Wall, A. & Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2021. Helsinki: Luonnonvarakeskus.

Luonnonvarakeskus 2023. Kasvihuonekaasuinventaario 2021: Maataloussektorin ja maankäyttösektorin nettopäästöihin ei merkittäviä muutoksia verrattuna joulukuussa 2022 julkaistuihin ennakkotietoihin. Viitattu 4.5.2023 <https://www.luke.fi/fi/seurannat/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaario/kasvihuonekaasuinventaario-2021-maataloussektorin-ja-maankaytto-sektorin-nettopaastoihin-ei-merkittavia-muutoksia-verrattuna-joulukuussa-2022-julkaistuihin-ennakkotietoihin>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2023. Metsien hiilinielut. Viitattu 2.3.2023 <https://mmm.fi/metsat/metsatalous/metsat-ja-ilmastonmuutos/metsien-hiilinielut>.

Metsäkeskus 2023. Aktiivisuutta metsänomistukseen – lisää hiiltä Lapin metsiin. Viitattu 2.3.2023 <https://www.metsakeskus.fi/fi/hankkeet/aktiivisuutta-metsanomistukseen-lisaa-hiilta-lapin-metsiin>.

Niemistö, P. 2005. Metsän käsittely. Teoksessa J. Hynynen, S. Valkonen & S. Rantala (toim.) Tuottava metsänkasvatus. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy. 73–120.

Ovaskainen, H. & Schildt, V. 2022. Harvennustavat – valinnan periaatteet. Viitattu 23.3.2023 <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/leimikon-suunnittelu/hakkuutapa-ja-korjuumenetelma/harvennustavat-valinnan-periaatteet/>.

Pukkala, T. 2021. Monsu 8.99 beta. Yksityinen arkisto.

Rantala, J. 2020. Taimikonhoito. Teoksessa J. Ruuska (toim.) Metsäkoulu. Keuruu: Metsäkustannus, 123–140.

Saksa, T., Luoranen, J. & Uotila K. 2020. Metsänuudistaminen. Teoksessa J. Ruuska (toim.) Metsäkoulu. Keuruu: Metsäkustannus, 87–122.

Saksa, T., Miina, J. & Uotila, K. 2016. Taimikonhoito - tavoitteet, menetelmät ja kustannukset. Latvia: Metsäkustannus Oy.

Seppälä, J., Kanninen, M., Vesala, T., Uusivuori, J., Kalliokoski, T., Lintunen, J., Saikku, L., Korhonen, R. & Repo, A. 2015. Metsien hyödyntämisen ilmastovaikutukset ja hiilinielujen kehittyminen. Ilmastopaneelin raportti 3/2015. Viitattu 4.4.2023 <https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Metsien-hyodyntamisen-ilmastovaikutukset-ja-hiilinielujen-kehittyminen.pdf>.

Siitonen, J. 2005. Metsänkasvatus ja monimuotoisuus. Teoksessa J. Hynynen, S. Valkonen & S. Rantala (toim.) Tuottava metsänkasvatus. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy, 134–147.

Tuomainen, T. 2018. Metsien hiilitase. Teoksessa S. Rantala (toim.) Tapion Taskukirja. Latvia: Metsäkustannus Oy, 14–19.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2014. Metsänhoito - Hyvän metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus.

LIITTEET

Liite 1. Taimikoiden tavoitetiheydet harvennuksen jälkeen

Liite 2. Ensiharvennusmallit, ylitihäät nuoret metsät

Liite 3. Ensiharvennusmallit, hoidetut nuoret kasvatusmetsät

Liite 4. Harvennusmallit, tuoreen kankaan männiköt ja kuusikot

Liite 5. Harvennusmallit, kuivahkon kankaan männiköt

Liite 6. Alueelliset uudistamisläpimitat

Liite 1. Taimikoiden tavoitetiheydet harvennuksen jälkeen (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2019)

Taimikonharvennuksen suositeltava vaihe ja taimikon tiheys hoidon jälkeen pohjoisessa Suomessa. Mitä pienempää puusto on, sitä korkeampi on suositeltava kasvatettavan puuston runkoluku.

Pääpuulaji	Kasvupaikka	Valtapituus (m)	Runkoluku (kpl/ha)
Mänty	Tuore, kuivahko tai kuiva kangas	3–5	2 000–2 200
Kuusi	Lehtomainen tai tuore kangas	2–4	1 800–2 000
Hieskoivu	Viljavat turvemaat	4–7	2 000–2 500

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2019. Metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus. E-kirja. Viitattu 28.4.2023. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf.

Liite 2. Ensiharvennusmallit, ylitiheät nuoret metsät (Äijälä ym. 2019)

Hoitamattoman, ylitiheänä kasvaneen tai riukuuntuneen, nuoren kasvatusmetsän suositeltava runkoluku hakkuun jälkeen. Runkoluvut on ilmoitettu koko kuviolle, johon sisältyvät myös ajourat.

Pääpuulaji ja kasvupaikka	Runkoluku (kpl/ha), kun valtapituus 10–11 m	Runkoluku (kpl/ha), kun valtapituus 11–13 m
Mänty , tuore kangas tai vastaava turvemaa	1 200–1 400 <i>Sisältää sekapuustona hyviä koivuja noin 10 % ja kasvatuskelpoisia kuusia.</i>	1 100–1 300 <i>Sisältää sekapuustona hyviä koivuja noin 10 % ja kasvatuskelpoisia kuusia.</i>
Mänty , kuivahko kangas tai vastaava turvemaa	1 100–1 300 <i>Sisältää sekapuustona yksittäisi- siä hyviä koivuja ja kuusia.</i>	1 000–1 200 <i>Sisältää sekapuustona yksittäisi- siä hyviä koivuja ja kuusia.</i>
Mänty , kuiva kangas tai vastaava tur- vemaa	1 000–1 200	900–1 100
Kuusi , lehtomainen tai tuore kangas tai vastaava turvemaa	1 200–1 400 <i>Sisältää sekapuustona hyviä koivuja noin 10 %.</i>	1 000–1 200 <i>Sisältää sekapuustona hyviä koivuja noin 10 %.</i>
Rauduskoivu , lehtomainen ja tuore kangas	Vaihtoehdot <ul style="list-style-type: none"> • Harvennetaan tiheyteen 900–1 100 kpl/ha, tähtää kahteen myöhempään harvennukseen ennen päätehakkuuta. • Harvennetaan tiheyteen 700–800 kpl/ha, tähtää yhteen myöhempään harvennukseen ennen päätehakkuuta. Jos rauduskoivikon alla on kasvatuskelpoinen alikasvoskuusikko, tehdään ensiharvennus vielä voimakkaampana. 	
Hieskoivu turvemilla , ruohoturvekangas, mus- tikkaturvekangas	Vaihtoehdot <ul style="list-style-type: none"> • Voidaan kasvattaa lyhyellä kiertoajalla ilman harvennuksia. • Harvennetaan tiheyteen 1 500–2 500 kpl/ha, minkä jälkeen ei enää harvenneta. • Jos eteläisessä ja keskisessä suomessa oleva kohde sisältää vanerikoivuainesta, harvennetaan ensin tiheyteen 1 200–1 300 kpl/ha ja myöhemmin vielä toisen kerran. • Jos alla on kasvatuskelpoinen kuusentaimikko, harvennetaan tiheyteen 800–1 000 kpl/ha. Hieskoivut voidaan poistaa, kun kuusten pituus on 3–4 metriä. 	

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2019. Metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus. E-kirja. Viitattu 28.4.2023. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf.

Liite 3. Ensiharvennusmallit, hoidetut nuoret kasvatusmetsät (Äijälä ym. 2019)

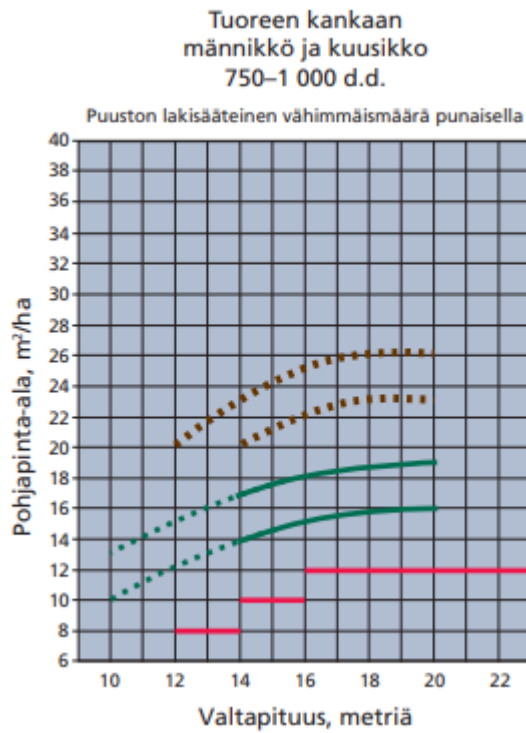
Hoidetun nuoren kasvatusmetsän ensiharvennuksen suositeltava vaihe ja runkoluku hakkuun jälkeen pohjoisessa Suomessa. Runko- luvut on ilmoitettu koko kuviolle, johon sisältyvät myös ajourat. Mitä pienempää puusto on, sitä korkeampi on suositeltava kasvatettavan puuston runkoluku.

Pääpuulaji	Kasvupaikka	Valtapituus (m)	Runkoluku* (kpl/ha)
Mänty	Tuore kangas, mustikkaturvekangas	10–12 12–14	1 100–1 400 900–1 100
Mänty	Kuivahko kangas, puolukkaturvekangas	10–12 12–14	900–1 100 700–900
Mänty	Kuiva kangas, varputurvekangas	10–12 12–14	800–1 000 600–800
Kuusi	Lehtomainen tai tuore kangas ja ruoho- ja mustikkaturvekangas	10–12 12–14	1 100–1 400 900–1 100
Hieskoivu	Mustikkaturvekangas ja sitä paremmat turvemaat <i>Harvennus tarpeen vain, jos halutaan edistää kuusialikasvoksen kehitystä.</i>	10–12 12–14	1 000–1 200 800–1 000

* Mitä pienempää puusto on, sitä korkeampi on suositeltava kasvatettavan puuston runkoluku.

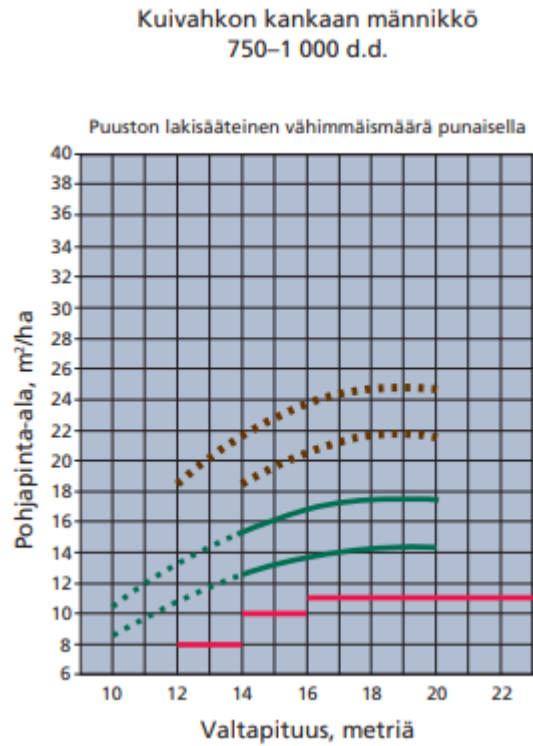
Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2019. Metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus. E-kirja. Viitattu 28.4.2023. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf.

Liite 4. Harvennusmallit, tuoreen kankaan männiköt ja kuusikot (Äijälä ym. 2019)



Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2019. Metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus. E-kirja. Viitattu 28.4.2023. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf.

Liite 5. Harvennusmallit, kuivahkon kankaan männiköt (Äijälä ym. 2019)



Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2019. Metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus. E-kirja. Viitattu 28.4.2023. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf.

Liite 6. Alueelliset uudistamisläpimitat (Äijälä ym. 2019)

Lämpösumma	> 1 200 d.d. (Etelä-Suomi)	1 000–1 200 d.d. (Väli-Suomi)	750–1 000 d.d. (Pohjois-Suomi)
Metsikkökuvion pääpuulaji Kasvupaikka	Puuston keskiläpimita*, cm		
Mänty			
Tuore tai viljavampi kangas ja mustikkaturvekangas	26–32	24–28	23–27
Kuivahko kangas ja puolukkaturvekangas	25–30	23–27	22–26
Kuiva kangas ja varputurvekangas	22–26	22–25	21–25
Kuusi			
Lehtomainen tai viljavampi kangas ja ruohoturvekangas	28–32	26–30	23–26
Tuore kangas ja mustikkaturvekangas	26–30	25–28	22–25
Rauduskoivu			
Lehtomainen tai viljavampi kangas	28–32	27–30	21–23
Tuore kangas	27–30	26–28	21–23

* Pohjapinta-alalla painotettu

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2019. Metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus. E-kirja. Viitattu 28.4.2023. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf.