



Männyn, kuusen ja rauduskoi- vun uudistamistulokset ensim- mäisen kasvukauden jälkeen **SEKAVA-hankkeen koealueella**

Annika Valo

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Metsätalouden tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden tutkinto-ohjelma

VALO, ANNIKA:

Männyn, kuusen ja rauduskoivun uudistamistulokset ensimmäisen kasvukauden jälkeen Luonnonvarakeskuksen SEKAVA-hankkeen koealueella

Opinnäytetyö 40 sivua
Toukokuu 2023

Taloustmetsien uudistamisessa on suosittu yhden puulajin yksijaksoisia havumetsiä ja metsiä on hoidettu puuntuotannon näkökulmasta. Ympäristön ja asenteiden muutokset edistävät metsien ja niiden ekosysteemipalveluiden monipuolistamisen tarvetta. Tutkimukset osoittavat, että sekapuustoiset metsät tuottavat monipuolisemmin ekosysteemipalveluita yhden puulajin havupuumetsiin verrattuna.

Opinnäytetyössä tutkittiin metsikön uudistamistuloksia eri puulajeilla. Tutkimuksessa käytetty aineisto kerättiin ensimmäisen kasvukauden jälkeen Luonnonvarakeskuksen Sekametsien kasvatusmallit (SEKAVA) projektiin liittyvältä kokeelta, jolla oli sekä sekaviljelyllä että yhden puulajin viljelyllä perustettuja koealoja. Tutkimuksella vertailtiin taimien elossaoloa, pituuksia ja kasvua sekä tarkasteltiin uudistamistyön laatua. Tuloksista selviää taimikon tilanne ensimmäisen kasvukauden jälkeen.

Uudistusalan taimien tiheys oli kauttaaltaan Metsänhoidon suosituksia alhaisempi. Muokkausjälkien laatu vaikutti taimien elossaoloon. Huono maanmuokaus kasvatti taimien kuolleisuusprosenttia. Taimien keskikasvuja puulajeittain sekä mättäiden laatuluokittain tarkasteltaessa löytyi tilastollisesti merkitseviä eroja. Puulajien keskipituuksien ja keskikasvujen erot käsittelyittäin eivät olleet merkitseviä. Tukkimiehentäi, hirvieläimet ja muut ilmastotekijät olivat viljelytaimien keskeisimmät tuhojen aiheuttajat. Suurin osa taimien tuhoista jäi ilman tunnistettua aiheuttajaa. Tuhonaiheuttajan tunnistamisessa taimien vaurioiden perusteella havaittiin mahdollisia kehittämistarpeita.

Asiasanat: Uudistamistulos, metsänuudistaminen, sekaviljely

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme of Forestry

VALO, ANNIKA:

Regeneration Results of Scots Pine, Norway Spruce and Silver Birch after the First Growing Season in the Experimental Area of the Natural Resources Institute Finland SEKAVA-Project

Bachelor's thesis 40 pages
May 2023

Silvicultural main method in the forestry has been based primarily on growing even-aged stands of conifer monocultures. Recommended forest regeneration and silvicultural management practices are primarily aiming to promote timber production. Changes in the environment and attitudes towards forestry promote the need for a more versatile use of ecosystem services and forests. Research studies show that mixed-tree stands could potentially produce more versatile range of ecosystem services compared to conifer monocultures.

The research material used in this thesis was collected from an experimental area related to a Forest management regimes of mixed forest (SEKAVA) project of the Natural Resources Institute Finland. In this thesis forest regeneration results of newly established monocultures and mixed stands of Norway spruce, Scots pine and silver birch are examined. The study compared heights, one-year height growth and overall survival of the seedlings and examined the quality of the regeneration work.

According to the Sustainable silvicultural guidelines the seedlings density in the regeneration area was generally lower than recommended. Properly done site preparation improved seedling survival whereas poor quality of the mounds increased the mortality rate of the seedlings. Statistically significant differences were found between tree species and between mound quality classes when looking at the average growths of seedlings. The differences in the average heights and growths of tree species by treatment were not significant. Pine weevils, cervid browsing and other climatic factors were the main causes of seedling damages.

Eventually most of the reasons of the seedling damages remained unidentified. Damage identification field work could possibly be developed for the experiment inventories in the future.

Key words: Regeneration result, forest regeneration, mixed stand

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Metsien käyttö nykyään.....	5
1.2	Puulajikirjon lisääminen metsikön uudistamisessa	7
1.3	Uudistamistulosten tarkastelu	8
2	AIHEEN TAUSTAA	10
2.1	Metsänuudistamisen kehitys	10
2.1.1	Maanmuokkaus	11
2.1.2	Metsänviljely	12
2.2	Tasaikäisrakenteisen metsän uudistaminen	12
2.2.1	Männyn uudistamisen suositukset.....	14
2.2.2	Kuusen uudistamisen suositukset	15
2.2.3	Rauduskoivun uudistamisen suositukset.....	15
2.3	Uudistusalojen tuhot ja riskit	16
3	TUTKIMUSAINEISTO	19
3.1	Kokeen esittely.....	19
3.2	Maastoinventointi	21
3.3	Tulosten laskenta ja analysointi	23
4	TULOKSET	25
4.1	Uudistamistyöt ja viljely	25
4.2	Taimien elossaolo	26
4.3	Tuhot.....	28
4.4	Taimien pituuskasvu	29
4.5	Luontainen taimiaines	33
5	TULOSTEN TARKASTELU	35
	LÄHTEET.....	39

1 JOHDANTO

1.1 Metsien käyttö nykyään

Taloudellisesti tärkeimpiä puulajeja Suomessa ovat kuusi, mänty, rauduskoivu ja hieskoivu. Metsien hoidossa on suosittu yhden puulajin havumetsiä: Valtaosa talousmetsistä uudistetaan siten, että viljeltäväksi pääpuulajiksi valitaan joko mäntyä tai kuusta. Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) määritelmän mukaan puhtaassa yhden puulajin metsikössä kasvatettavan puulajin osuus on yli 95 prosenttia ja Suomen koko metsämaan metsistä tällaisia on 55 prosenttia (Korhonen ym. 2021).

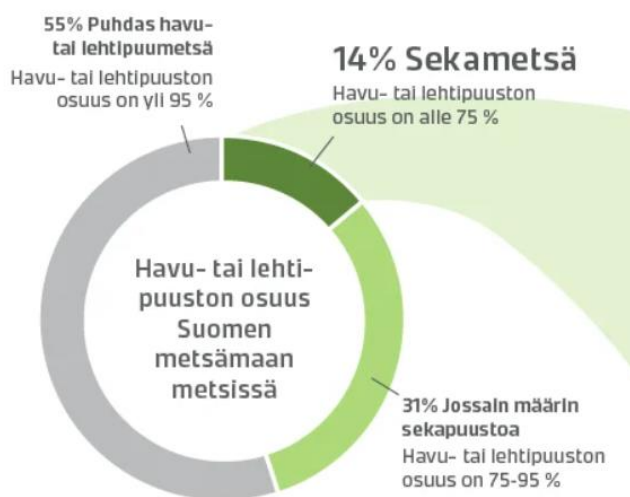
Yleinen suunta metsien käytöllä on ollut aikaisempina vuosikymmeninä puuntuotannon tehostaminen. Puuntuotanto on pitkään nähty tärkeimpänä metsistä saatavana ekosysteemipalveluna, joten metsien hoidon suosituksiakin on kehitetty taloudellinen tuotanto yhtenä tärkeimmistä tavoitteista.

Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan luonnon yhtenäisten biologisten järjestelmien eli ekosysteemien aineellisia tuotteita ja aineettomia palveluja sekä prosesseja, jotka vuorovaikutuksessa ihmisen kanssa muodostuvat inhimillistä hyvinvointia edistäviksi hyödykkeiksi, hyödyiksi ja arvoiksi (Saastamoinen ym. 2014). Käsitteenä ekosysteemipalveluiden on tarkoitus auttaa arvottamaan ekosysteemiä monipuolisesti erilaisista näkökulmista, jotta ekosysteemien merkitys konkretisoituisi ihmisille.

Ympäristön ja yhteiskunnan muutokset vaikuttavat asenteisiin metsien käyttöä kohtaan. Nykypäivänä metsiin kohdistuu erilaisia vaatimuksia ekologisista, taloudellisista ja yhteiskunnallisista näkökulmista. Metsiä tarvitaan muiden muassa hiihensidontaan, virkistyskäyttöön, monimuotoisuuden vaalimiseen sekä puuntuotantoon. Nykypäivän uudet metsien käytölle asetetut vaatimukset ja tavoitteet luovat nopeasti kasvavaa kysyntää metsänkasvatuksen ja metsien hoidon käytäntöjen päivittämiselle (Huuskonen ym. 2021).

Nykyiset tutkimukset viittaavat siihen, että puuntuotannon ja muiden ekosysteemipalveluiden tavoitteita voisi yhdistää ja niiden tuottavuutta parantaa kasvattamalla metsää sekapuustoisena (Huuskonen ym. 2021). Tutkimustiedon perusteella voidaan olettaa, että sekapuustoiset metsät tuottavat monipuolisemmin ekosysteemipalveluita yhden puulajin havupuumetsiin verrattuna (Huuskonen ym. 2021). Joka tapauksessa metsän puulajikirjon lisääminen voidaan nähdä yhtenä hyvänä metsänkasvatuksen vaihtoehtona. Ekosysteemipalveluiden tuottoisuus paranee ja monipuolistuu kun metsikössä kasvatetaan useampia eri puulajeja, joiden ylläpitämät ekologiset toiminnot tukevat toisiaan.

VMI:n määritelmän mukaan sekametsiksi on luokiteltu sellaiset metsät, joissa pääpuulajina kasvatettavaa joko havu- tai lehtipuuta on enintään 75 % puustosta (Korhonen ym. 2021). Sekametsiä on 14 prosenttia Suomen metsämaan pinta-alasta (kuva 1).



KUVA 1. Sekametsien määrä Suomessa. (Luonnonvarakeskus).

Yleisesti lähes kaikissa metsissä on jonkin verran sekapuustoisuutta, vaikka ne olisi perustettu vain yhdelle puulajille. Yhden puulajin metsiin sekapuustoisuutta syntyy siten, että viljellyn metsän lisäksi uudistusalalle kasvaa luontaista taimiainesta, jonka kasvua voidaan säädellä metsänhoidon toimenpiteillä. Luontaisesti syntyneitä taimia voidaan hyödyntää viljelytaimikon täydentäjinä ja niitä voidaan tarvittaessa harventaa pois taimikonhoitovaiheessa. Luontaisesti syntyneitä tai-

mia voidaan kasvattaa ja hoitaa viljeltyjen taimien seassa. Viljelty puulaji on kuitenkin metsänkasvatuksen näkökulmasta metsikön pääpuulaji, ja metsikköä hoidetaan aina pääpuulajin eduksi.

1.2 Puulajikirjon lisääminen metsikön uudistamisessa

Metsänkasvatuksen suositeltujen ja suositusten mukaisten valtamenetelmien vaihtoehtona metsä on myös mahdollista perustaa useampaa kuin yhtä puulajia käyttäen. Metsä voidaan uudistaa siten, että samalle metsikkökuviolle viljellään sekaisin kahta tai useampaa puulajia, ja kuten yksijaksoisessa metsässä yleensäkin, niitä kasvatetaan yhden puusukupolven ajan. Metsän uudistaminen sekaviljellen mahdollistaa sen, että sekapuustoisessa metsässä kasvaa tavoiteltuja puulajeja halutussa suhteessa. Lisäksi puuntuotannon näkökulmasta etua tuo se että sekaviljelyssä voidaan hyödyntää jalostettua viljelymateriaalia luontaisen taimiaineksen sijaan.

Feltonin ym. (2016) Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa vertailtiin sekapuustoisten sekä yhden puulajin talousmetsiköiden ekosysteemipalveluiden tuotantoa ja metsänhoidon vaihtoehtoja. Puhtaita kuusimetsiköitä vertailtiin sekametsiköihin, joita oli perustettu joko yhdistämällä samassa metsikössä kuusen istutus sekä koivun luontainen uudistuminen tai kuusen istutus sekä männyn luontainen uudistuminen. Tulosten perusteella kyseisiä sekoituksia pystytään suosittelemaan vaihtoehtoina puhtaille talousmetsäkuusikoille.

Felton ym. (2016) arvioivat, että kuvatus kaltaisten metsiköiden perustamisessa uudistamiskustannuksia voidaan pienentää alentamalla kuusentaimien istutustiheyttä, minkä jälkeen ensiharvennuksessa valikoitaisiin luontaisesti syntyneitä taimia kasvatettavien puiden joukkoon. Jatkossa tällaista metsikköä hoidettaisiin sekä kuusien että rauduskoivujen eduksi.

Pitäviä johtopäätöksiä kyseisen yksittäisen tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voida tehdä vastaavan vertailtavan tutkimustiedon vähyyden vuoksi. Päätelmien epävarmuutta lisää myös talousmetsien tuoton riippuvuus ajankohtaisista korjuukustannuksista ja kantohinnoista kuten myös luontaisen taimiaineksen

tilannekohtaisista hyödyntämismahdollisuuksista sekä sekapuustoisen metsikön monimutkaisemmat metsänhoidon ja metsänkäsittelyn ketjut, jotka odottavat vielä käytännön kannattavia ratkaisuja (Felton ym. 2016).

Puulajien sekaviljelyssä huomioitavaa on myös se, miten puulajit eroavat kasvu-rytmiltään sekä kasvupaikkavaatimuksiltaan. Jos puulaji valitaan kasvatettavaksi sille huonommin soveltuvalla kasvupaikalla, voivat esimerkiksi puuston laatu ja metsikön tuotto alentua, vaikka toinen puulaji samassa metsikössä menestyisi hyvin. Myös kasvutapa ja kasvunopeus ovat puulajeilla erilaisia. Vaikkapa kuusen taimikko voi kärsiä rauduskoivun taimien kanssa kasvatettaessa puiden välistä kilpailusta, jolloin samassa jaksossa kasvavat koivut peittävät kuusia ja piiskaavat kuusien latvuksia.

1.3 Uudistamistulosten tarkastelu

Selvitettävänä on vielä, mitä asioita tulisi ottaa huomioon perustettaessa metsää eri puulajikirjon vaihtoehtoilla, ja mitkä olisivat kannattavia puulajien yhdistelmiä sekaviljelyssä. Tietoa tarvitaan siitä, mitä toimivia käsittelyvaihtoehtoja sekaviljelyn perustamiseen voisi suositella.

Männyn kuusen ja rauduskoivun uudistamisesta ja kasvattamisesta yhden puulajin metsikköinä löytyy ajantasaiset, valtakunnallisesti käytössä olevat tutkimuksiin perustuvat Metsänhoidon suositukset (Äijälä ym. 2019). Puulajikohtaisia, sekaviljelyyn tähtääviä suosituksia sen sijaan on vähemmän. Metsänhoidon suosituksia tai kattavaa, kenttäkokeisiin perustuvaa tutkimustietoa tasaikäisrakenteisen metsän uudistamisesta sekaviljelyllä on rajallisesti saatavilla (Huuskonen ym. 2021).

Opinnäytetyössäni tutkitaan metsikön uudistamistuloksia eri puulajeilla. Tutkimuksessa tarkastellaan uudistamisen tuloksia kokeella, jossa on sekä sekaviljelyllä että yhden puulajin viljelyllä perustettuja koealoja. Työn tarkoitus on selvittää taimien ilmiäsun ja mitattujen tunnusten perusteella onko tutkittavien puulajien

välillä eroja pituuskasvun, eloonjäämisen ja tuhojen suhteen ensimmäisen kasvukauden jälkeen. Lisäksi tarkastellaan kokeella käytettyjä ja suositusten mukaisia uudistamismenetelmiä.

Työssä selvitetään maanmuokkaus- ja istutustyön työnjälki ja sen vaikutus viljeltyjen taimien kasvuun ja ilmiasuun. Tutkimuksella vertaillaan puulajeittain viljeltyjen taimien pituuksia ja ensimmäisen kasvukauden kasvua. Selvitettävänä on myös, miten mättään laatu ja taimen sijainti mättäällä vaikuttavat ilmenneisiin tuhoihin ja eloonjäämiseen sekä taimien ilmiasuun. Myös puulajien välisiä eroja taimien ilmiasun ja eloonjäämisen sekä ilmenneiden tuhojen ja niiden aiheuttajien suhteen kartoitetaan.

2 AIHEEN TAUSTAA

2.1 Metsänuudistamisen kehitys

Ennen metsätalouden kehittymistä metsät uudistuivat luonnon oman kiertokulun mukaan esimerkiksi myrskyissä tai metsäpaloissa. Tuoreilla kankailla metsä uudistuu yleensä lehtipuutaimikoksi ja kuivilla kankailla männiköiksi (Leikola 1987). Kaskiviljelyn aikakaudella, kun hakkuut Suomessa olivat vielä valikoivia eikä hakkuoaloja uudistettu aktiivisesti, myös sekametsien osuus oli suurempi (Huuskonen ym. 2021).

Metsätalouden varhaisista vaiheista saakka huolenaiheena on ollut metsien uudistumisen jatkuminen. Kun Suomessa alettiin kehittää metsänhoitoa, olivat uudistamismenetelmät yhtenä keskeisempänä kehitys- ja tutkimuskohteena. 1920-luvulla Saksan metsänhoidon suuntaukset vaikuttivat Suomessakin metsänhoidon oppeihin ja suosituksiin: Metsän hakkaamista aukeaksi pidettiin metsän hävittämisenä ja ekologisesti epäedullisena toimintana. Ajateltiin, että aukeaksi hakatulla metsämaalla kasvavat puuntaimet jäivät suojattomaksi mm. kuivuudelle, hallalle, heinittymiselle ja routimiselle (Leikola 1987).

1930-luvulle asti oli ”uudistushakkuina” käytössä määrämittaharsintaa muistuttavia hakkuita, joissa valikoitiin poimittavaksi vain terveet ja uudistuskypsät puut (Valkonen ym. 2001). Tällaisia hakkuita toteutettiin yhdellä kertaa suurillekin metsäalueille. Tällaisten käsittelyiden jäljiltä puusto jäi yleensä kuitenkin heikkoon kuntoon. Metsien uudistuminen oli pitkälti luontaisen uudistumisen varassa aina 1950-luvulle saakka.

Määrämittaharsinnan kaltaisten poimintahakkuiden aikakaudella yhtenä ongelmana oli männyn uudistuminen. Mänty ei päässyt hyvin uudistumaan tilan ja valonpuutteen vuoksi, ja seurauksena oli lisääntynyt kuusettuminen jopa kuivienkin kankaiden kasvupaikoilla (Leikola 1987).

Erityisesti sotien jälkeen Suomessa kasvoi tarve kehittää metsien puuntuotoskykyä, jolloin hakkuita kehitettiin ja lisättiin merkittävästi. Asenne avohakkuita kohtaan muuttui 1960-luvulla, kun huomattiin, että viljelemällä ja hyödyntämällä metsänjalostuksen tuloksia metsät saatiin kasvamaan paremmin kuin luontaisesti uudistamalla (Leikola 1987). Viljelymetsätaloutta kohti siirryttäessä uudistushakkuutavoiksi alettiin suositella avohakkuuta, siemenpuuhakkuuta ja suojuspuuhakkuuta (Valkonen ym. 2001).

2.1.1 Maanmuokkaus

Metsämaan maanmuokkauksella pyritään parantamaan uudistumisen onnistumista ja laatua ja viljeltyjen taimien menestymistä. Maanmuokkauksella maa valmistellaan viljelyä varten.

1930-luvulle tultaessa Suomessa oli jo saatu tutkimustietoa maanmuokkauksen hyödyistä metsänuudistamisessa, vaikka käytännössä maanmuokkauksesta ei tuolloin ollut vielä saatu kannattavaa (Valkonen ym. 2001).

Ennen metsien uudistamista edistävää mekaanista maanmuokkausta käytettiin maanmuokkauksen tai maanparantamisen keinona kulotusta. Kulotusaloja saatettiin lisäksi kevyesti laikuttaa (Laine ym. 2019). Kulotus oli metsänuudistamisessa 1950–1960-luvuilla metsämaan käsittelyn valtamenetelmänä.

Viljelytyön ja taimettumisen edistämiseksi kokeiltiin 1960-luvulla viljelyalan mekaanista muokkausta aurausmenetelmällä. Kyseinen menetelmä rikkoo maanpintaa syvältä ja laajalta alueelta. 1970-luvulla auraus yleistyi ja korvasi lopulta lähes kokonaan aiemman kulotusmenetelmän (Leikola 1987).

Raskas aurausmenetelmä koki kritiikkiä mm. siitä aiheutuvan vesistökuormituksen takia, ja alettiin suositella siirtymistä kevyempiin, kasvupaikan olosuhteiden mukaan valittuihin menetelmiin. 1990-luvulla syväaurausmenetelmästä luovuttiin ja maanmuokkauksen suositelluiksi menetelmiksi nousivat ainoastaan pinta- maata paljastava lautasaurausta eli äestystä sekä laikutus ja mätästysmenetelmät (Laine ym. 2019).

2.1.2 Metsänviljely

Metsänviljelyllä tarkoitetaan metsikön perustamista istuttamalla metsäpuiden taimia tai kylvämällä metsäpuiden siemeniä. Metsänviljelyn kokeilevia tutkimuksia aloitettiin Suomessa jo 1800-luvun puolella (mm. Evolla A.G. Blomqvist). Metsänviljelystä saatiin hyviä käytännön kokemuksia ja tuloksia, ja se alkoi yleistyä. 1960-luvulla luontaisen uudistamisen pinta-ala väheni, kun metsänviljelyn osuus kasvoi. 1980-luvulla metsiä uudistettiin pääasiallisesti avohakkuin ja männyn istutuksin (Valkonen ym. 2001).

Sittemmin huomattiin, että mäntyä ei kannattanut kasvattaa viljavimmilla kasvupaikoilla, joille kuusi sopikin paremmin. 90-luvulta lähtien kuusen vuotuinen istutusala on ollut suurempi kuin männyn (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, 2021).

1980-luvun alussa paakkutaimilla alettiin korvata paljasjuuritaimia metsänviljelyssä. Kuusen taimien viljelykustannukset pienenevät ja taimien kasvu nopeutui kuusen paakkutaimien kehittämisen ja mätästykseen käyttöönoton myötä (Valkonen ym. 2001).

2.2 Tasaikäisrakenteisen metsän uudistaminen

Metsänhoidon suositukset (Äijälä ym. 2019) on käsikirjanomainen opas metsien hoitoon ja kasvatukseen. Metsänhoidon suositukset -teos esittelee erilaisia metsänhoidon vaihtoehtoja, jotka on laadittu tuoreimman tutkimustiedon ja metsänhoidon käytännön kokemusten pohjalta.

Suunnitteleamalla harkiten uudistamisvaiheen metsänhoidon toimenpiteet voidaan edistää metsän sopeutumista muuttuviin olosuhteisiin esimerkiksi varautumalla etukäteen kuiviin ja kuumiin sääjaksoihin, valitsemalla kasvupaikoille suositusten mukaiset lajit ja käyttämällä alkuperältään maantieteellisesti soveltuvaa

viljelymateriaalia. Metsänjalostuksella voidaan vaikuttaa viljeltävien puiden sopeutumiseen ja puuntuotoskyvyn paranemiseen, kun kasvuolosuhteet muuttuvat tulevaisuudessa (Äijälä ym. 2019).

Metsikön kasvupaikan ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten kohde uudistetaan ja mikä puulaji sinne valitaan kasvatettavaksi. Esimerkiksi kuusi soveltuu kasvatettavaksi viljaville kasvupaikoille ja mänty karummille. Kasvupaikkatyyppi määräytyy kasvupaikan pysyvämpien ominaisuuksien, kuten maalajin, maaperän, ilmaston ja lämpösumman mukaan.

Nykypäivänä käytössä olevia maanmuokkausmenetelmiä ovat laikutus, mätästys ja äestys. Nykyiset suositukset ohjaavat tekemään maanmuokkauksen kasvupaikan ominaisuuksien ja maan vesitalouden mukaan mahdollisimman kevyesti. Maanmuokkauksen tarkoituksena on parantaa viljeltävän materiaalin kasvuolosuhteita. Maanmuokkauksella voidaan mm. luoda lämpimämpi kasvupaikka, parantaa taimien ravinteiden saantia, pienentää tukkimiehentäin tuhoriskiä ja vähentää kilpailevaa kasvillisuutta (Laine ym. 2021).

Istutus on metsänviljelyn vaihtoehtoista varmin ja nopein. Kuitenkin istutuksen korkeiden materiaali- ja työkustannusten vuoksi istutusta voi olla vaikeampaa saada taloudellisesti kannattavaksi esimerkiksi karuilla kasvupaikoilla, joilla taimien kasvu on hitaampaa (Äijälä ym. 2019).

Kylvö on edullisempaa kuin istutus. Kylvön etu verrattuna luontaiseen uudistamiseen on jalostetun viljelymateriaalin käyttömahdollisuus. Mäntyä kylvämällä voidaan saada aikaan tiheämpi taimikko kuin istuttamalla. Tiheästä taimikosta on etua männyn puutavaran laadulle, mutta myös hirvituhojen hallintaan, sillä ensimmäisinä vuosinaan tiheässä kasvava kylvötaimikko kestää hirvituhoja istutus-taimikkoa paremmin (Äijälä ym. 2019).

Kylvöä ei kuitenkaan suositella, mikäli kasvupaikkatyyppin tai kohteen maalajin vuoksi hennoilla sirkkataimilla on riskinä roustetuhot tai voimakkaan pintakasvillisuuden ja lehtipuuston aiheuttama kilpailu. Männyn kylvöön soveltuvat lähinnä karummat kasvupaikat, ja kokemukset kuusen kylvöstä ovat olleet huonoja (Helenius & Nygren 2006).

Luontaista uudistamista pidetään suositeltavana vaihtoehtona, mikäli olosuhteet metsikön taimettumiselle ovat hyvät. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että lähellä uudistamisalaa on riittävästi laadukkaita siemenpuita. Luontaiselle uudistamisvalle suositeltavat kasvupaikkatyypit ovat kuivahkot ja sitä karummat kankaat, joilla maalaji on sopivan karkea.

2.2.1 Männyn uudistamisen suositukset

Kasvupaikkojen suhteen mänty sopii parhaiten kasvatettavaksi pääpuulajina kuivahkoilla ja sitä karummilla kankailla. Turvemailta kasvupaikoiksi sopivat rämeet ja karut korvet. Mänty sopii pääpuulajiksi myös karkealajitteisille tuoreille kankailla. Kasvupaikan viljavuuden lisääntyessä edellytykset saada metsästä laadukasta mäntytukkivuuta pienenevät oksikkuuden lisääntyessä.

Mänty voidaan uudistaa luontaisesti siemenpuuhakkuulla, jolloin siemenpuita jätetään 50–100 kpl/ha, tai kaistalehakkuulla, mikäli kasvupaikka on hyvin taimettuvaa lajittunutta kangasmaata. Karkeilla ja keskikarkeilla mailla maanmuokkaus on suositeltavaa myös luontaisen uudistamisen yhteydessä. Luontainen uudistaminen sopii männyn kasvupaikoista kuivahkoille ja sitä karummille kankailla (Äijälä ym. 2019).

Männyn istutus sopii hienojakoisille kuivahkoille kankailla ja kaskikarkeille ja karkeille tuoreille kankailla (Äijälä ym. 2019). Hienojakoiselle maalle suositellaan mätästystä, mutta sitä karkeammilla kevyempi muokkaustapa riittää. Taimien suositeltu tiheys istutusvaiheessa on yleisesti 2200 tainta hehtaarilla. Kylvämällä voidaan saada tiheämpiä 4000–5000 kpl/ha taimikoita.

Männyn kylvää suositellaan kuivahkoille ja kuiville kivennäismaille sekä puolukka- ja varputurvekankailla (Äijälä ym. 2019). Kylvää harkitessa tulisi ottaa huomioon kasvupaikan lehtipuiden luontaisen taimettumisen voimakkuus ja taipumus heinittymiseen, mistä voi olla haittaa kylvötaimikolle. Kylvöaloille suositel-

laan maanmuokkausta. Männyn kylvöaika alkaa heti lumen sulettua ja kestää juhannukseen saakka. Myöhäisen syksyn kylvöistä on saatu vaihtelevia tuloksia, joten nykypäivän tiedoilla sitä ei suositella (Äijälä ym. 2019).

2.2.2 Kuusen uudistamisen suositukset

Kuusi sopii kasvatettavaksi pääpuulajiksi parhaiten keskikarkean tai hienon maalajin tuoreille ja lehtomaisille kankaille tai turvemaiilla ruoho- mustikka- ja puolukaturvekankaille. Karkeamman maalajin kohteille kuusi sopii paremmin kasvatettavaksi toisen pääpuulajin kanssa sekapuuna.

Kuusi viljellään istuttamalla. Istutuksen yhteydessä on suositeltavaa käyttää maanmuokkaustapana mätästystä. Kuusen viljavilla ja hienojakoisilla istutusaloilla haasteena ovat heinittyminen sekä vesitalouden ongelmat, joita voidaan hallita sopivalla maanmuokkauksella. Kuusentaimet istutetaan tiheyteen 1800 tainta hehtaarille. Kuusen istutuskausi kestää toukokuusta syyskuun loppuun. Myöhään istutetut taimet ovat alltiita rousteelle hienojakoisilla mailla.

Kuusen luontaiseen uudistamiseen voidaan käyttää suojuspuuhakkuuta tai kaistalehakkuuta, kun kasvupaikalla kuusen luontainen taimettuminen on tarpeeksi hyvää. Yleensä kaistalehakkuun jälkeen suositellaan tehtäväksi myös maanmuokkausta (Äijälä ym. 2019).

2.2.3 Rauduskoivun uudistamisen suositukset

Rauduskoivun suositeltuja kasvupaikkoja ovat lehtomaiset kankaat ja lehdot sekä vesitaloudeltaan tasapainossa olevat tuoreet kankaat. Rauduskoivu suositellaan yleensä uudistettavaksi istuttamalla. Taimien suositeltu istutustiheys on 1600 kappaletta hehtaarille. Muille rauduskoivun kasvupaikoille paitsi lehtoihin suositellaan maanmuokkaustavaksi laikkumätästystä tai laikutusta. Rauduskoivun luontainen uudistaminen sopii keskikarkeille rinnemaille ja voidaan toteuttaa sie-

menpuuhakkuulla. Kylvö voidaan saada onnistumaan tuoreilla keskikarkeilla rinneilla, mutta on koivulla istutusta epävarmempi uudistustapa. (Äijälä ym. 2019).

2.3 Uudistusalojen tuhot ja riskit

Puuyksilöiden elinkaari on huomattavasti pidempi verrattuna esimerkiksi metsätuhoja aiheuttavien hyönteisten elinkaareen. Siksi puut sopeutuvat elinympäristön olosuhteiden muutoksiin tuholaisiaan hitaammin. Tällöin tuhonhyönteisillä on puihin nähden etulyöntiasema esimerkiksi ilmaston lämpenemisen tuomiin muutoksiin mukautumisen haasteissa. On havaittu, että yhden puulajin metsät voivat olla erityisen haavoittuvaisia bioottisille tuhoille, kuten hyönteistuhoilta, joiden voidaan olettaa yleistyvän Suomessakin ympäristö- ja ilmasto-olojen muutosten myötä (Huuskonen ym. 2021).

Tukkimiehentäi on havupuiden, erityisesti männyn, taimien pahin tuhojen aiheuttaja ja merkittävimpiä tuhonaiheuttajia istutusalojen havupuiden taimikoissa. Tukkimiehentäi vaurioittaa taimia syömällä niiden kuorta (Poteri 1999). Tuoreet hakkuualat houkuttelevat tukkimiehentäitä, mutta kivennäis- tai turvemaata paljastavat maanmuokkausjäljet ja taimien käsittely torjunta-aineella ehkäisevät tuhoja.

Hirvieläinten syönnin seurauksena taimet menettävät kasvua ja kärsivät laatuviikoja. Taimet voivat myös kuolla hirvieläintuhojen takia: Esimerkiksi uudet pienet taimet saattavat syönnin seurauksena nousta paakkuineen ylös maasta, tai puraisukohta on niin alhaalla, että taimi kuolee.

Metsätaloudelle tärkeimmistä puista hirvi syö ensisijaisesti koivua ja mäntyä, mutta toisinaan myös kuusta. Metsäkauris ja valkohäntäpeura syövät myös kuusta. Hirvieläinten aiheuttamien tuhojen on ennustettu lisääntyvän tulevaisuudessa ilmaston lämpenemisen vaikutusten vuoksi. Tuhoriskiä voidaan vähentää hirvieläinkannan säätelyllä ja pitämällä taimikot riittävän tiheinä ja hyvin hoidettuina. (Äijälä ym. 2019.)

Peltomyyrä ja metsämyyrä ovat yleisimmät taimikoiden tuhoja aiheuttavat myyrälajit. Myyrätuhot voivat kohdistua mihin tahansa taimen osaan juuret mukaan lukien. Peltomyyrä syö mieluiten rauduskoivun ja männyn taimia ja metsämyyrä männyn ja kuusen taimia. Peltomyyrä vahingoittaa tainta syömällä kuorta tyveltä, kun taas metsämyyrä voi syödä taimien silmuja ja latvakasvaimien kuorta. Vauriot taimen kuoressa voivat altistaa sienitaudeille, ja latvan syöntijäljet aiheuttavat puussa rungon laatuviikoja. (Poteri 1999.)

Myyrän syövä taimi voi pahimmillaan kuolla kokonaan. Myyrätuhoja voidaan estää uudistamisvaiheessa maanmuokkauksella ja heinätorjunnalla. Myyrätuhojen torjumisen näkökulmasta istutuksen ajankohta kannattaa valita heti hyvien myyrävuosien jälkeen, sillä hyvin kasvuun lähteneet taimet selviävät paremmin seuraavista myyrävuosista.

Elävien eliöiden aiheuttamien tuhojen lisäksi uudistusaloilla tavataan myös abioottisia tuhoja. Abioottisia tuhoja aiheutuu mm. ilmaston ja sääolosuhteiden vaikutuksesta.

Hallavaurioita taimilla tavataan erityisesti turvemaiden kuusentaimikoissa. Hallanaroilla paikoilla taimien suojaksi voidaan jättää isompaa puustoa. Myös esimerkiksi lehtipuuvesakko kuusen taimien päällä voi pienentää hallavaurioiden riskiä.

Maan routiminen aiheuttaa roustetta, joka voi nostaa taimen pois maasta tai rikkoa hentoa juuristoa. Tätä ongelmaa kohdataan etenkin hienojakoisilla mailla, koska ne routivat voimakkaimmin. Tuhoriskiä voidaan pienentää välttämällä syysistutuksia ja hienojakoisten maiden uudistamista kylvämällä tai siemenpuuhakkuulla sekä huolehtimalla istutuksissa, että taimet istutetaan tarpeeksi syväälle (Äijälä ym. 2019).

Lämpenevän ilmaston odotetaan lisäävän kuivuuden aiheuttamia tuhoja uudistusaloilla. Lämpenevän ilmaston seurauksena sateettomat ja kuumat kaudet pitkittyvät ja talvella keskimääräinen lumensyvyys vähenee ja lumipeite sulaa keväällä aikaisemmin pois. Istutustaimikoiden kuivumistuhoja voidaan ehkäistä huolehtimalla istutettavien taimien asianmukaisesta varastoinnista, suositusten

mukaisella maanmuokkauksella ja istutustyöllä, sekä kastelemalla taimien paa-
kut riittävän hyvin ennen istuttamista (Luoranen ym. 2023).

Myös kasvien välinen kilpailu aiheuttaa taimien kuolemia. Kasvien välisellä kilpai-
lulla tarkoitetaan sitä, kun kasvatettava taimikko kärsii nopeampikasvuisesta
luontaisesta taimiaineksesta tai heinittymisestä. Luontainen taimiaines sekä va-
delmat ja heinät varjostavat pieniä taimia, vievät kasvutilaa ja käyttävät maaperän
ravinteita. Kilpailun haittavaikutuksia voidaan ehkäistä auttamalla viljelytaimi no-
peammin kasvuun esimerkiksi maanmuokkauksella. Lisäksi heinäyksellä voi-
daan tarpeen mukaan vähentää viljelytaimiin kohdistuvaa kasvien välistä kilpai-
lua.

3 TUTKIMUSAINEISTO

3.1 Kokeen esittely

Aineisto kerättiin Luonnonvarakeskuksen SEKAVA projektin kokeelta. Kyseinen 5,9 hehtaarin SEKAVA16 koemetsikkö sijaitsee Etelä-Savossa. Kohde on maastoltaan kivinen alue, jossa notkot ovat osin märkiä. Kasvupaikkatyyppejä on tuore kangas.

SEKAVA on vuonna 2020 perustettu Luonnonvarakeskuksen Sekametsien kasvatustutkimuksen projekti. Projektin tarkoituksena on tuottaa tutkimuksella tietoa siitä, miten nykyisiä sekametsiä voidaan kasvattaa ja miten uusia sekametsiä perustetaan ja kasvatetaan. Projekti tutkii muun muassa millaisilla uudistamismenetelmillä sekametsä perustetaan ja miten taimikko hoidetaan, jotta puusto voidaan kasvattaa yksijaksoisena sekapuustoisena metsikkönä koko kiertoajan. (Luonnonvarakeskus)

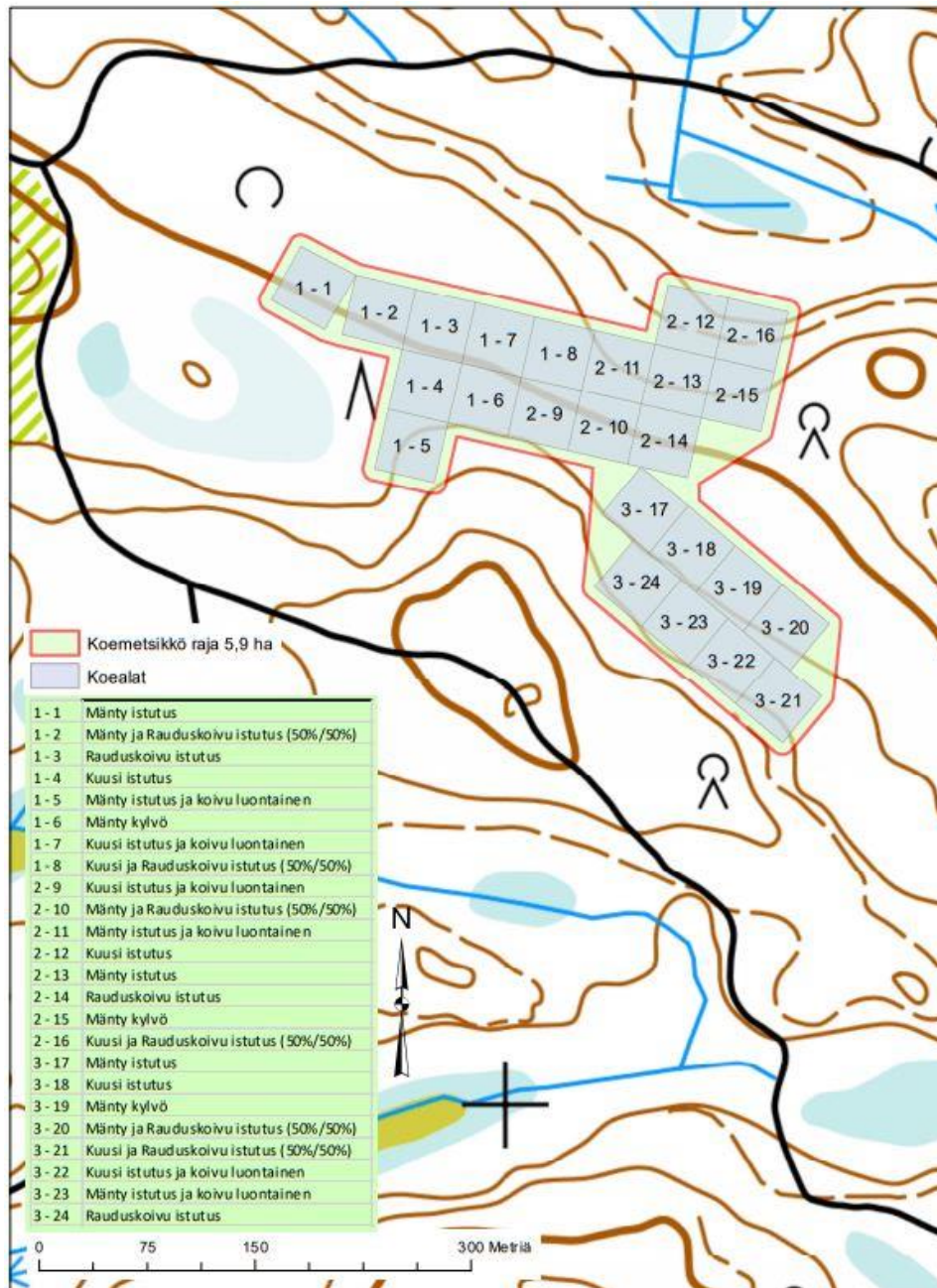
Kohteella tehtiin uudistushakkuu helmikuussa 2022. Hakkuutähteitä ei kohteelta kerätty. Uudistusalan maanmuokkaus toteutettiin toukokuussa 2022. Maanmuokkaustapana käytettiin koko kokeella kääntömätästystä, mutta alueen kivisyyden takia maanmuokkaustavassa oli vaihtelua, ja osa muokkausjäljistä oli laikkuja. Jokaiselle koealaluudulle oli määritetty muokkausjälkien tavoiteteiheys sen mukaan, mikä viljelytapa luudulle oli suunniteltu. Muokkausjälkien tavoiteteiheys vaihteli koealaluuduittain välillä 1600–2200 kpl/ha.

Ala viljeltiin kesäkuussa 2022. Viljelymateriaalina käytettiin männyn, kuusen ja rauduskoivun taimia sekä männyn siemeniä. Taimet pyrittiin istuttamaan keskelle kääntömätästä siten, että sen ympärillä olisi näkyvillä kivennäismaata. Myös siemenet pyrittiin kylvämään muokattuihin mätäisiin.

Kokeella on 24 koealaa. Keväällä 2022 rajatut bruttokoealat ovat kooltaan 1800 m² (42 m x 42 m). Jokaisen bruttokoealan sisään rajattiin nettokoeala, joiden kunkin osuus bruttokoealasta on 1000 m² (33,3 m x 30 m). Koe ei käsitä siis koko

uudistusala, vaan se on rajattu uudistusalan sisälle. Nettokoealojen kulmat ja keskipiste merkittiin maastoon numeroiduilla puupaaluilla.

Koe on jaettu kolmeen lohkoon. Lohkon sisällä kasvuolosuhteet ovat mahdollisimman samanlaiset. Jokaisen lohkon koealoille arvottiin käsittelytapa kahdeksasta vaihtoehdosta. Jokaisella lohkolla on yhtä käsittelyä yhden kerran (kuva 2). Käsittelyvaihtoehdot olivat kuusen istutus, männyn istutus, rauduskoivun istutus ja männyn kylvö, sekä sekaviljelynä toteutetut käsittelyt, joita olivat kuusen ja rauduskoivun sekaistutus, männyn ja rauduskoivun sekaistutus, kuusen istutus ja koivun luontainen uudistuminen tai männyn istutus ja koivun luontainen uudistuminen. Sekaviljelyssä puulajien osuudet taimista olivat 50–50 prosenttia. Istutuksen ja luontaisen viljelyn käsittelyillä joka toinen mätäs jätettiin viljelemättä.



KUVA 2. Käsittelytavat koeloittain. (Kuva: Luonnonvarakeskus)

3.2 Maastoinventointi

Kohteella tehtiin Sekava-projektiin liittyvät perustamismittaukset kasvukauden päätyttyä loppukesästä 2022. Nettokoeloilta mitattiin ja kartoitettiin viljelytaimet, luontainen taimiaines sekä tyhjät muokkausjäljet. Jokaisen istutustaimen sijainti määritettiin. Samoilla käytänteillä määritettiin myös tyhjät mättäät, sekä kylvetyiltä

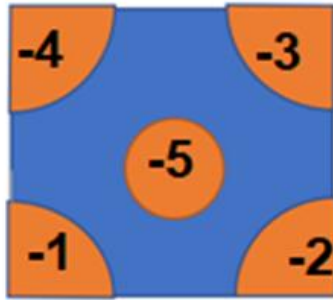
mättäiltä sirkkataimien keskimääräinen sijainti. Näin tulevilla mittauskerroilla pystytään mittaamaan aina samasta taimesta uudet tunnuksiset sekä seuraamaan tyhjien mättäiden taimettumista.

Jokaisen taimen sijaintiluokka istutuspaikalla määritettiin, jolloin saatiin tietoa kiivenäismaan määrästä muokkausjäljessä, istutustyön sekä mättäiden laadusta ja maanmuokkauksen työnjäljessä. Kylvetyillä koealoilla mittausajankohtaan mennessä syntyneet sirkkataimet laskettiin muokkausjäljistä ja määritettiin niiden keskimääräinen sijaintiluokka.

Istutustaimien kehitystä seurattiin taimia mittaamalla. Istutustaimilta mitattiin taimen koko pituus sekä pituuskasvu viimeisen kasvukauden ajalta. Taimen terveydentila määriteltiin ilmiasuluokituksen avulla. Tästä luokituksesta selviää, onko taimi terve, kärsinyt tuhoista vai kuollut. Tuhon syy kirjattiin, mikäli se pystyttiin päättämään taimen ulkomuodosta. Muutoin tuhon syyksi kirjattiin tuntematon. Tuhon astetta arvioitiin termeillä ”ohi mennyt” jolloin tuho oli jo korjautunut, ”ohi menevä” kun tuho todennäköisesti hidastaa puun kehitystä, ”vaurioita jättävä” kun tuho voi aiheuttaa puutavaran laadun alenemiseen johtavia vaurioita, tai ”tapava tai puu on jo kuollut”.

Luontaisen taimiaineksen määrä mitattiin ympyräkoealoilla. Jokaiselta koealalta mitattiin viisi kooltaan 50 m² ympyräkoealaa, joiden keskipisteinä toimivat koealan keskipisteen sekä nurkkien paalut. Keskipisteen ympyräkoealan säde oli 3,99 metriä. Jotta nurkkapaalujen ympyräkoealojen mitattavat puut olisivat kokonaan koealan rajojen sisällä, käytettiin säteen pituutena 7,98 metriä, jolloin vain neljännesympyrä otettiin huomioon (kuva 3).

Ympyräkoealoilta laskettiin luontaisesti syntyneiden taimien runkoluku puulajeittain ja pituusluokittain. Vesasyntyiset taimet kirjattiin erilleen siemensyntyisistä taimista. Aikaisemman puusukupolven kantopinta-alan selvittämiseksi ympyräkoealoilta kirjattiin ylös kantojen puulaji ja läpimitta. Lahokannot huomioitiin erikseen ja niiden sijainti paikannettiin.



KUVA 3. Paalujen numerot sekä ympyräkoealat havainnollistettuna koealaruudulla. (Kuva: Luonnonvarakeskus)

3.3 Tulosten laskenta ja analysointi

Hehtaariohittaiset tunnuksot laskettiin kunkin koealan taimien määrän perusteella. Kullekin käsittelytavalle laskettiin taimien määrän keskiarvo. Jokaista käsittelyä toistettiin kokeella kolme kertaa, jolloin yhden käsittelytavan keskiarvo muodostui kolmen koealan keskiarvojen perusteella.

Työssä käytetty tutkimusaineisto kattaa Luonnonvarakeskuksen SEKAVA -koesarjan yhden kokeen yhden kasvukauden tulokset. Tarkasteltavat puulajit ovat kokeella viljellyt mänty, kuusi ja rauduskoivu. Aineistona on yhden metsikköalan kattava koe, jolla on 24 koealaa. Koealoilla käytettiin keskenään erilaisia uudistamisen menetelmiä. Viljelymateriaali, viljellyt puulajit ja puulajisuhteet vaihtelevat koealoittain. Maanmuokkausmenetelmä on koko kokeella yhdenmukainen.

Tässä työssä viljelytyön jälkeen arvioidaan kokeelta kerätystä aineistosta lasketujen toteutuneiden hehtaariohittaisen istutustiheyksien perusteella. Niitä verrataan Metsänhoidon suositusten (Äijälä ym. 2019) mukaisiin tavoiteteheyksiin. Myös muokkausjälkien hehtaariohittaiset tiheydet lasketaan samoin. Maanmuokkausta arvioidaan vertailemalla mättäiden laatua taimien ilmiasuun ja maanmuokkaustavan ohjeisiin.

Uudistusalan tuhoja arvioidaan taimien ilmiasun ja niiden eri laatuissa mättäissä menestymisen perusteella. Eri aiheuttajien tuhomääriä vertaillaan puulajien välillä. Taimien pituudet ja kasvukauden kasvu mitataan ja tuloksia vertaillaan puu-

lajeittain ja käsittelyittäin sekä mättään laadun perusteella. Luontaisen taimiaineksen puulajisuhteita tarkastellaan käsittelyittäin ja pohditaan vaikutuksia viljeltytimiin.

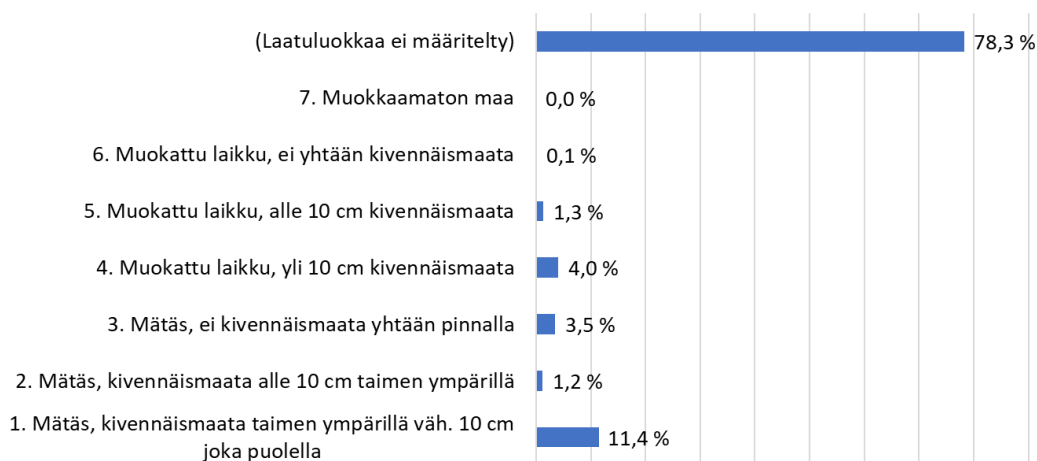
Eri puulajien yhden kasvukauden kasvuja vertaillaan mättäiden laatuluokittain T-testin avulla. Testissä varianssit on oletettu yhtä suuriksi.

T-testi on tilastollinen testi kahden ryhmän keskiarvojen erolle. Jos halutaan selvittää, onko kahden ryhmän välillä tilastollisesti merkitsevää eroa, voidaan t-testin avulla päätellä, onko ero todellinen vai pelkästään otantaan liittyvää satunnaisvaihtelua. (Tilastokeskus.)

4 TULOKSET

4.1 Uudistamistyöt ja viljely

Koko kokeella muokkausjälkien määrä oli keskimäärin 1589 kpl/ha (taulukko 1). Toteutunut muokkaustiheys oli jokaisella käsittelyllä alempi kuin asetettu tavoite-tiheys. Jokaisella käsittelyllä oli myös tyhjäksi jääneitä mätäitä. Suurinta osaa tyhjiä mätäistä ei ollut luokiteltu laatuluokkiin. Vain noin 22 prosentille tyhjiä mätäitä laatuluokka oli määritetty (kuva 4).



KUVA 4. Tyhjät mätäit laatuluokittain.

Muokkausjälkien toteutunut tiheys oli jäänyt eniten tavoitellusta niillä käsittelyillä, joiden tavoitetiheys oli 2000 tai 2200 kpl/ha. Näillä käsittelyillä myös toteutunut istutustiheys oli jäänyt eniten tavoitellusta taimien tiheydestä. Käsittelyillä, joiden muokkausjälkien tavoitetiheydeksi oli asetettu 1800 tai 1600 kpl/ha, tulos oli pa-rempi.

Koelohjoilla, joilla käsittelynä oli männyn kylvö, muokkausjälkiä oli keskimäärin 1700 kpl/ha (taulukko 1). Tavoitetiheys oli 2200 kpl/ha. Viljeltyjä muokkausjälkiä (joilta löytyi sirkkataimia) oli 1347 kpl/ha. Sirkkataimia löytyi männyn kylvön koelohjoilta keskimäärin 7150 tainta/ha. Viljellyssä muokkausjäljessä kasvoi keskimää-rin 5,3 sirkkatainta.

TAULUKKO 1. Suunniteltu ja toteutunut muokkausjälkien sekä tyhjien jälkien tiheys ja taimien toteutunut istutustiheys käsittelyittäin. Muokkausjälkien tavoitettiheys on jaettu niiden käsittelytapojen kohdalla, joilla puolet mättäistä oli tarkoitus viljellä ja puolet jättää taimettumaan luontaisesti koivulle. Prosenttimäärissä on verrattu toteutunutta ja tavoiteltua tiheyttä.

	Muokkausjälkiä kpl/ha		Tyhjiä muokkausjälkiä kpl/ha		Istutustaimia kpl/ha		
	Tavoite	Toteutunut	Toteutunut		Toteutunut		
Kuusi istutus	1800	1640	91 %	87	5 %	1553	86 %
Kuusi istutus ja koivu luontainen	900+900	1500	83 %	667	44 %	833	93 %
Kuusi ja Rauduskoivu istutus	1800	1610	89 %	73	5 %	1533	85 %
Mänty istutus	2200	1817	83 %	240	13 %	1577	72 %
Mänty istutus ja koivu luontainen	1000+1000	1590	80 %	637	40 %	950	95 %
Mänty ja Rauduskoivu istutus	2000	1433	72 %	277	19 %	1157	58 %
Mänty kylvä	2200	1700	77 %	353	21 %		
Rauduskoivu istutus	1600	1423	89 %	147	10 %	1270	79 %
	Keskiarvo	1589					

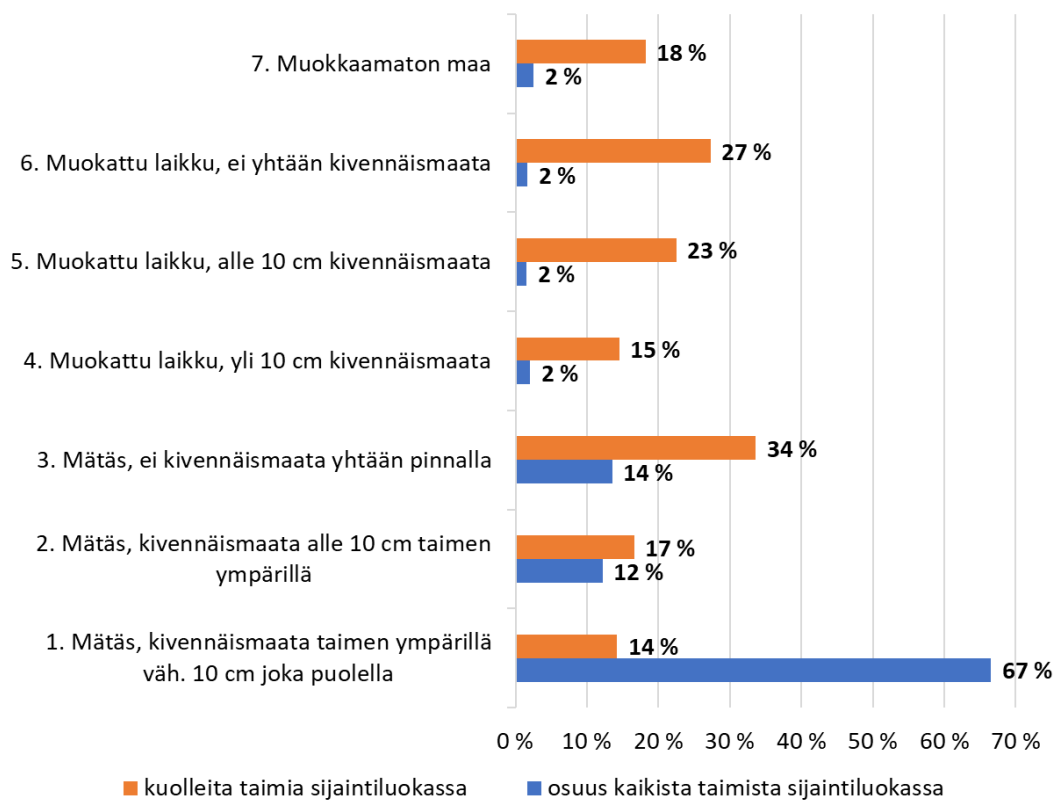
Muokkausjälkiä luokiteltiin 7 eri laatuluokkaan kivennäismaan määrän ja taimen istutuksen kohdistamisen perusteella. Taimista 93 prosenttia oli istutettu muokattuun mättääseen (luokat 1., 2. ja 3. yhteensä) ja loput muokattuihin laikkuihin tai muokkaamattomalle maalle (kuva 5). Noin 16 % taimista oli istutettu muokkausjälkeen, jolla ei ollut lainkaan kivennäismaata näkyvillä, vain rikkoutunut humus- tai turvekerros; näitä olivat laatuluokat 3. ja 6 (kuva 5). Muokkaamattomalle maalle oli istutettu 2 prosenttia taimista.

4.2 Taimien elossaolo

Luokka ”1. Mätäs, kivennäismaata taimen ympärillä väh. 10 cm joka puolella” edusti teoriassa parhaiten uudistusallalla käytetyn maanmuokkaustavan ohjeiden mukaista kääntömätästä ja ohjeiden mukaista istutustyötä. Taimien istutuspaikoista 67 prosenttia sopi tähän kyseiseen luokkaan (kuva 5). Tässä luokassa kuolleiden taimyksilöiden prosenttiosuus oli alhaisin.

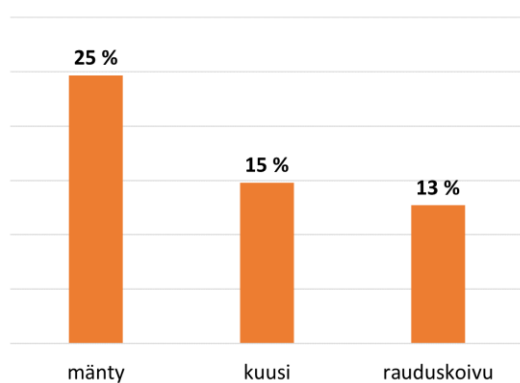
Korkeimmat kuolleiden taimien prosenttiosuudet olivat niissä laatuluokissa, joissa taimen ympärillä ei ollut lainkaan kivennäismaata näkyvillä: Luokassa ”6. Muokattu laikku, ei yhtään kivennäismaata” kuolleiden osuus oli 27 prosenttia ja luokassa ”3. Mätäs, ei kivennäismaata yhtään pinnalla” 34 prosenttia. Istutustaimista

2 prosenttia oli luokassa ”7. Muokkaamaton maa” ja kuolleiden osuus oli 18 prosenttia. (Kuva 5).



KUVA 5. Istutustaimien jakaantuminen muokkauksen laatuluokkiin sekä kuolleiden taimien osuus.

Istutetuista taimista kuolleita oli 18 %. Männyillä kuolleisuusprosentti oli suurin; männyn istutustaimista 25 prosenttia oli kuolleita (kuva 6).



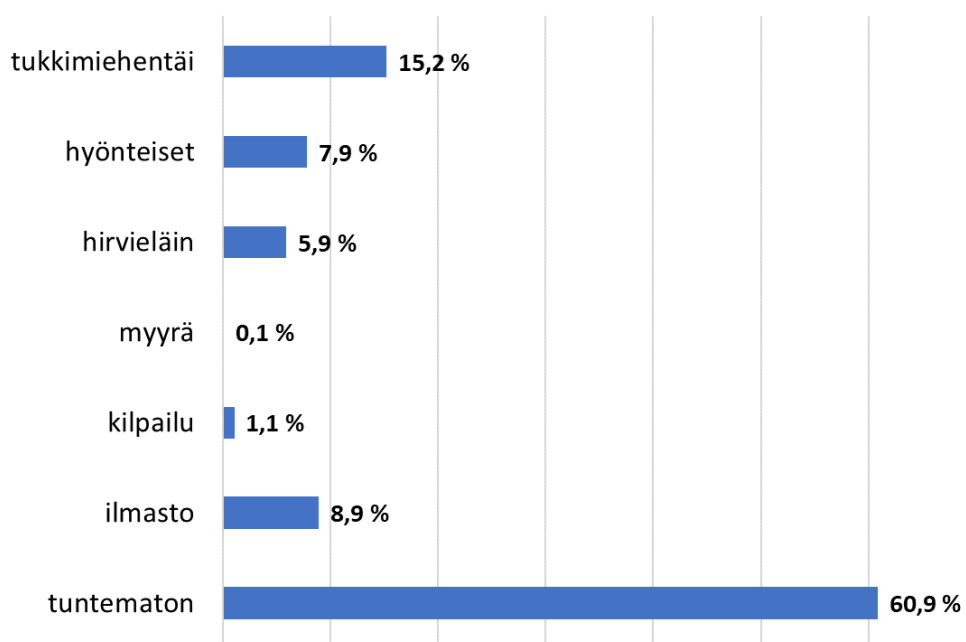
KUVA 6. Kuolleiden taimien osuudet puulajeittain.

4.3 Tuhot

Kaikista istutustaimista 20 prosentilla havaittiin tuhoja, joista 14 % arvioitiin olevan vaurioita jättäviä ja 6 % ohimeneviä. Vaurioita jättävät tuhot ovat pitkäaikaisia tai pysyviä ja saattavat vaikuttaa lopullisen puun laatuun.

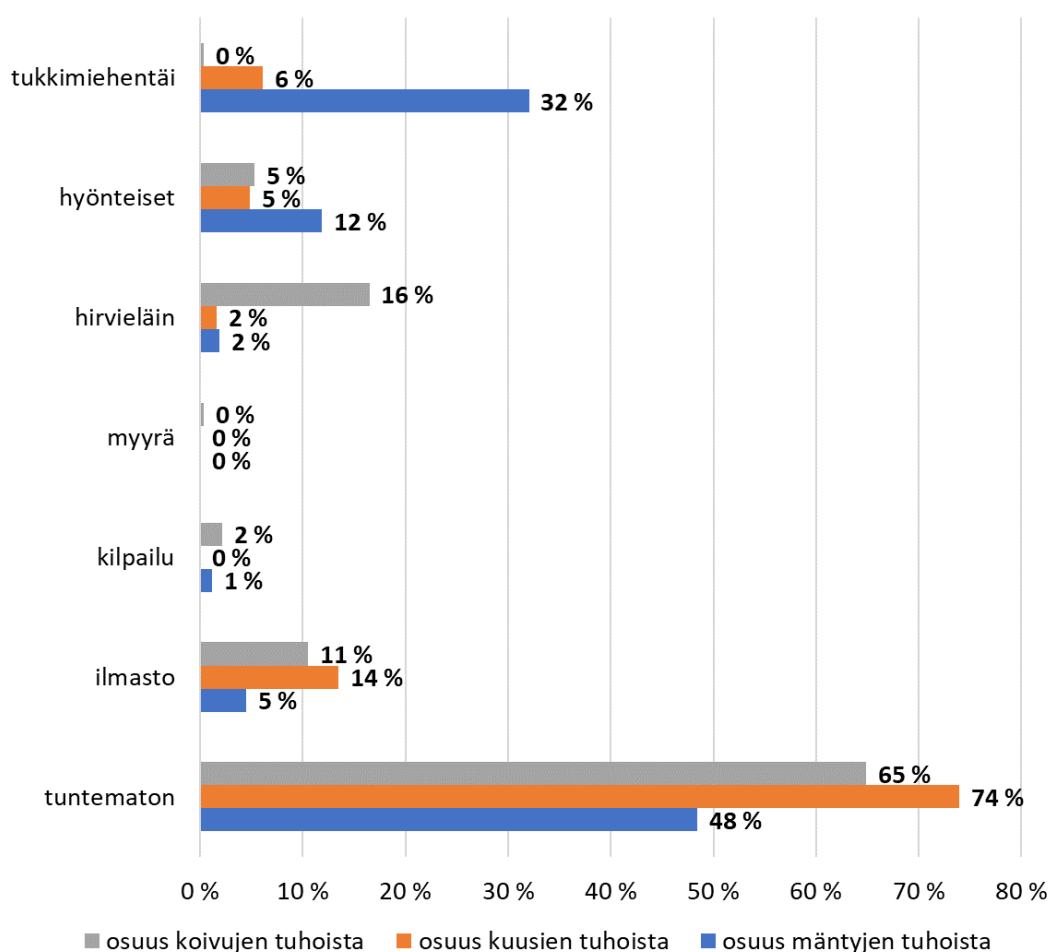
Yli 60 prosenttia istutustaimien tuhotapauksista oli sellaisia, että niiden syytä ei pystytty määrittelemään taimen ulkoasun perusteella (kuva 7). Tällöin tuhon aiheuttajaksi merkittiin ”tuntematon”.

Tukkimiehentäi oli tuhon syistä toiseksi yleisin. Istutustaimien tuhoista noin 15 prosenttia oli tukkimiehentäin aiheuttamia. Muita tarkemmin luokittelemattomia hyönteistuhoja oli 7,9 prosenttia tuhoista. Lähes 9 prosenttia tuhoista oli aiheutunut muista ilmastotekijöistä, joihin lukeutuvat mahdollisina tekijöinä mm. kasvupaikan kuivuus tai taimen veden varaan joutuminen. Hirvieläintuhojen osuus oli lähes 6 prosenttia kaikista tuhoista. Kasvien välinen kilpailu aiheutti 1,1 prosenttia tuhoista: Tällöin saattoi olla kyse esimerkiksi istutustaimen kasvua häiritsevästä liian lähellä kasvavasta toisesta taimesta, luontaisen taimiaineksen varjostuksesta tai kasvupaikan heinittymisestä.



KUVA 7. Kaikkien tuhoja kärsineiden istutustaimien jakautuminen tuhon aiheuttajaluokkiin prosentteina.

Männyn istutustaimilla yleisin tunnistettu tuhon aiheuttaja oli tukkimiehentäi (kuva 8). Männyn tuhoista 12 % oli erittelemättömiä hyönteistuhoja. Männyllä havaittiin kuuseen ja rauduskoivuun verrattuna vähiten tuntemattomista tai ilmastosyistä aiheutuneita tuhoja. Rauduskoivulla hirvieläintuhot olivat merkittävin tunnistettu tuhon syy, 16 prosenttia. Myyrän sekä kasvien välisen kilpaillun aiheuttamat tuhot olivat tällä kokeella hyvin harvinaisia ja ne olivat yleensä rauduskoivun tuhoja. Kuusen merkittävimpana yksittäisenä tuhojen aiheuttajana olivat ilmastotekijät, joita oli 14 prosenttia kuusien tuhoista. Peräti 74 prosenttia kuusen taimien tuhojen aiheuttajista oli luokiteltu tuntemattomiksi (kuva 8).

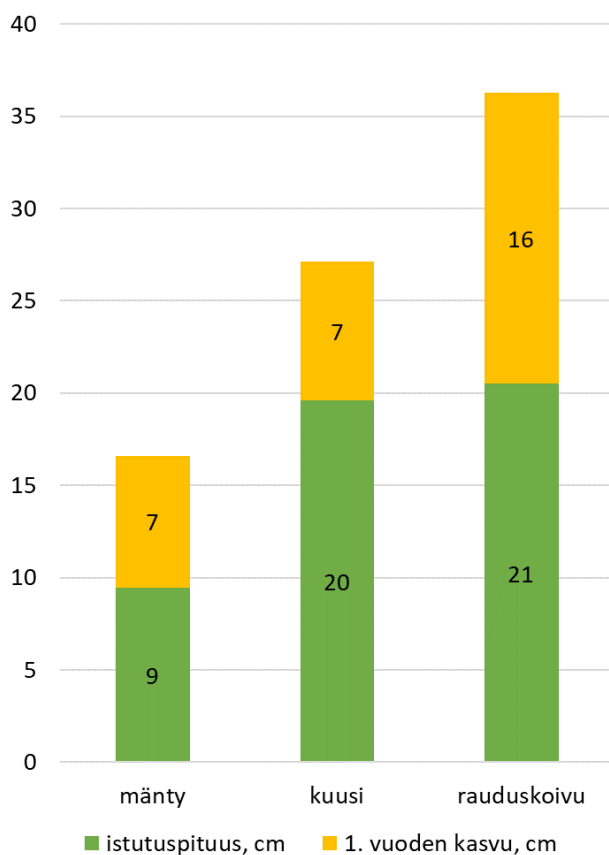


KUVA 8. Tuhojen aiheuttajien määrät prosentteina puulajeittain.

4.4 Taimien pituuskasvu

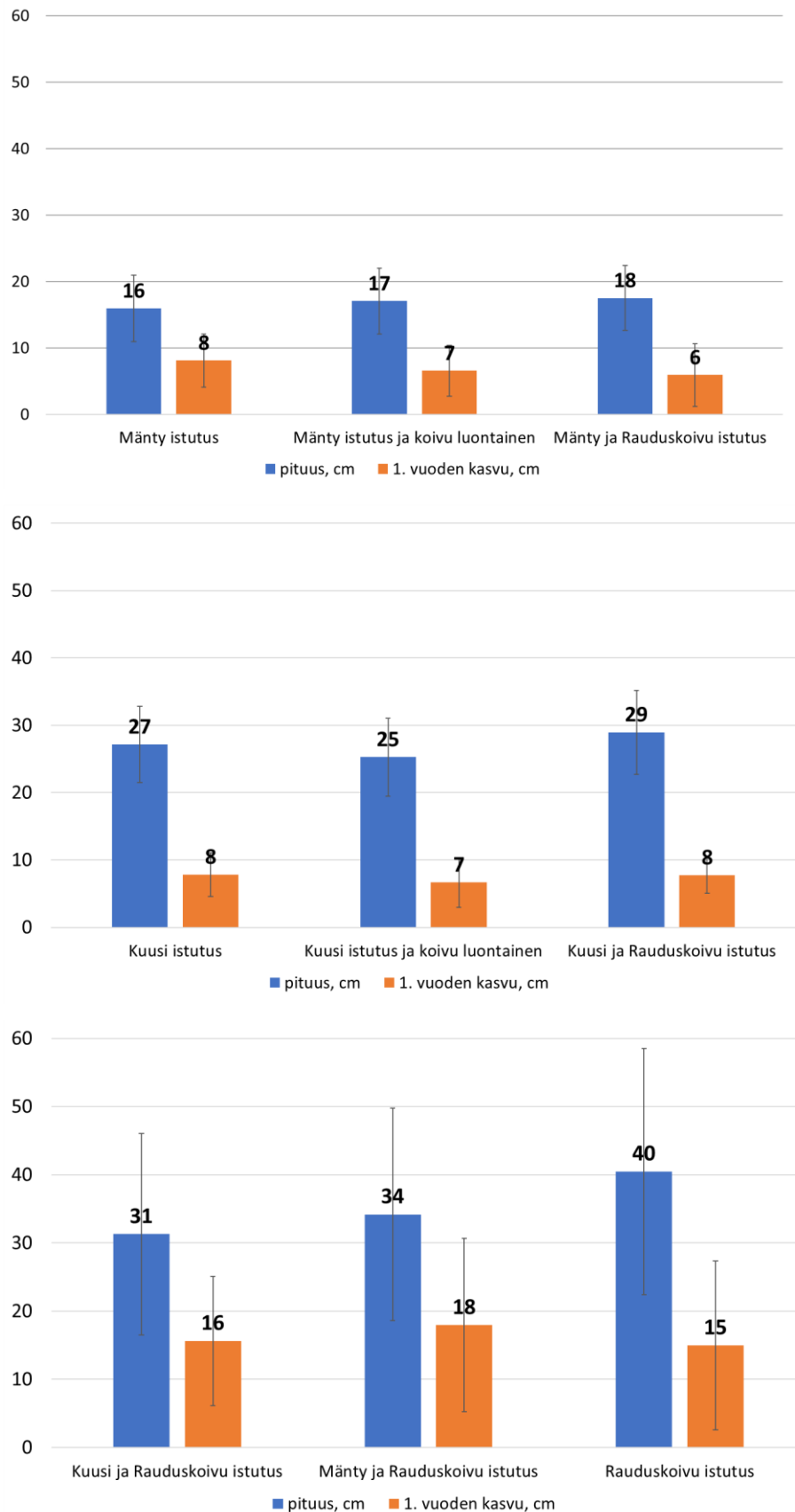
Istutettujen taimien pituus ensimmäisen kasvukauden jälkeen oli männyllä keskimäärin 17 cm, kuusilla 27 cm ja rauduskoivuilla 36 cm (kuva 9). Yhden vuoden

kasvu saatiin mittaamalla viimeisimmän kasvukauden kasvu erikseen. Vähentämällä ensimmäisen vuoden kasvu taimen koko pituudesta saatiin istutuspituus. Yhden vuoden kasvu oli männyillä ja kuusilla keskimäärin 8 cm ja rauduskoivuilla 16 cm.



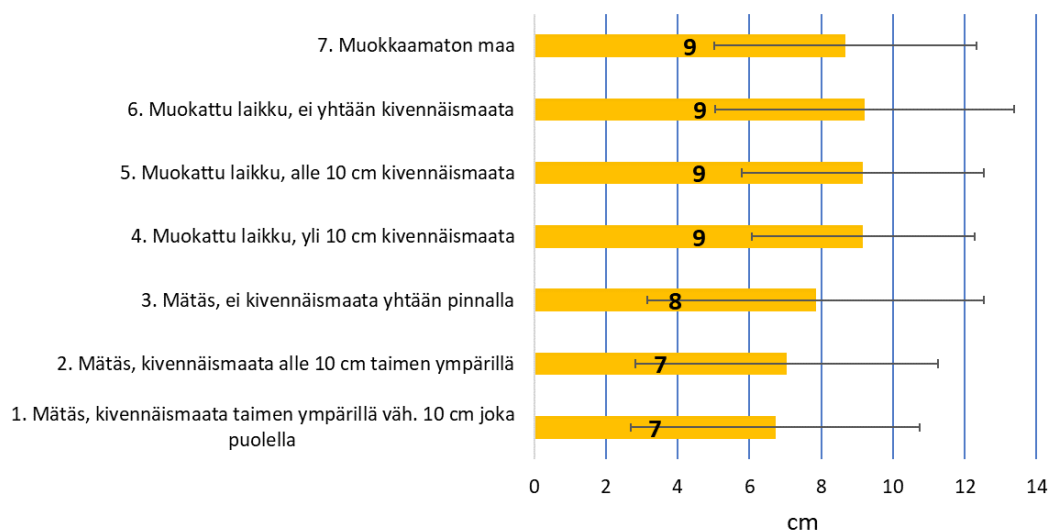
KUVA 9. Istutustaimien istutuspituuksien ja yhden vuoden kasvujen keskiarvot puulajeittain.

Puulajien kesipituuksia ja keskikasvuja tarkasteltaessa käsittelyittäin ei löytynyt keskihajonnan perusteella merkittäviä eroja (kuva 10).



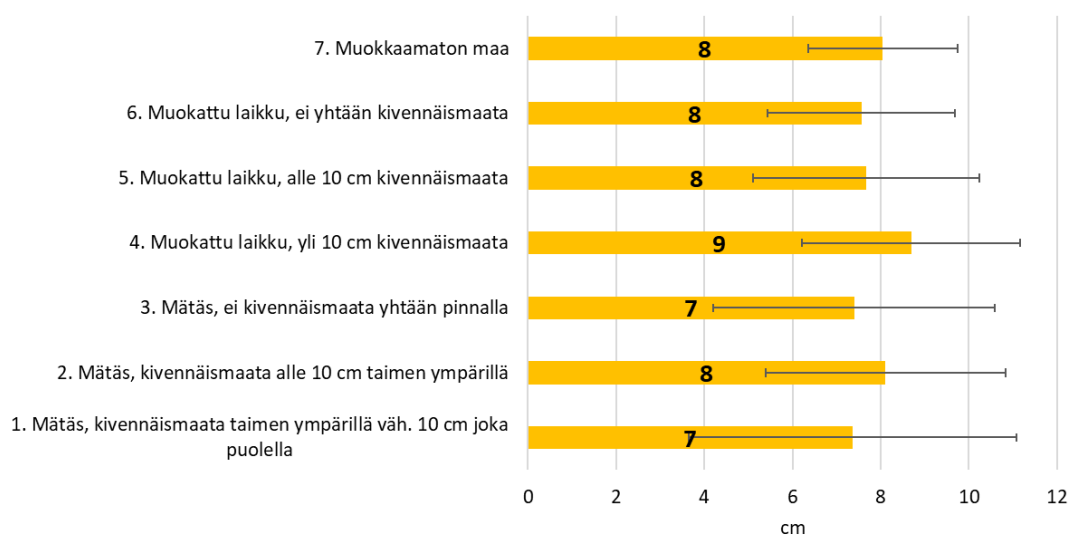
KUVA 10. Ylhäältä alas männyn, kuusen ja rauduskoivun istutustaimien ensimmäisen kasvukauden jälkeen mitattujen pituuksien ja kasvun keskiarvot käsitteilyttään senttimetreinä. Virhepalkit kuvaavat keskihajontaa.

Tällä kokeella männyn keskimääräinen yhden vuoden kasvu oli hiukan pidempää laikkuihin istutettuina, kuin mätäisiin istutettuina (kuva 11). Maanmuokkaustavan näkökulmasta hyvälaatuisimmilla mätäillä (luokka 1.) männyn kasvu oli lyhimmillään.



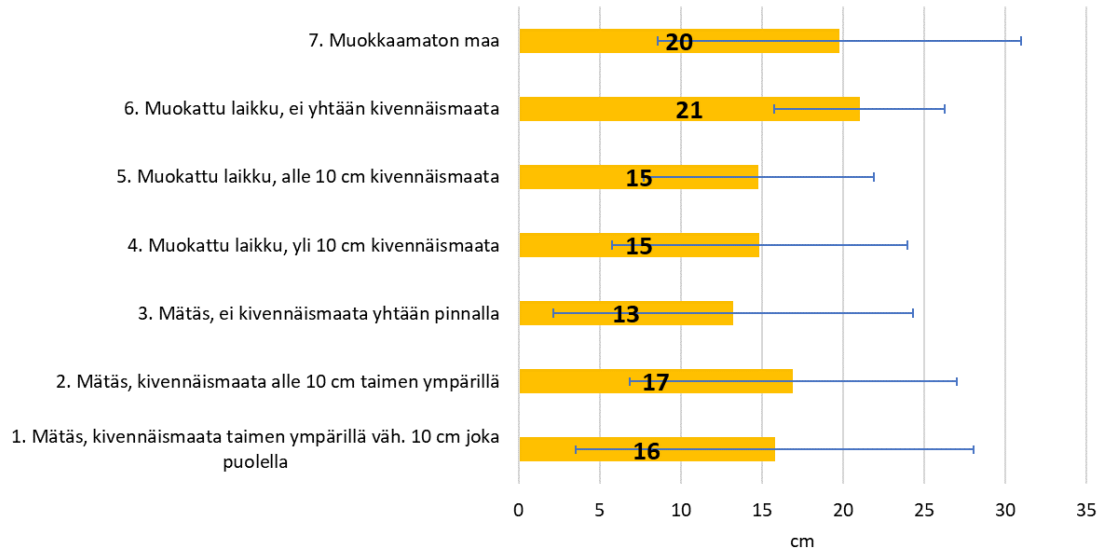
KUVA 11. Männyn istutustaimien yhden vuoden kasvun keskiarvot sijaintiluokittain. Virhepalkit kuvaavat keskihajontaa.

Kuusen taimien yhden vuoden kasvu eri sijaintiluokissa oli melko tasaista (kuva 12).



KUVA 12. Kuusen istutustaimien yhden vuoden kasvun keskiarvot sijaintiluokittain. Virhepalkit kuvaavat keskihajontaa.

Rauduskoivun kasvu oli pisintä muokatuilla laikuilla, joilla ei ollut lainkaan kivennäismaata näkyvillä, sekä muokkaamattomalle maalle istutettuna. Keskihajonnan perusteella laatuluokkien väleiltä ei löytynyt merkitseviä eroja (kuva 13).

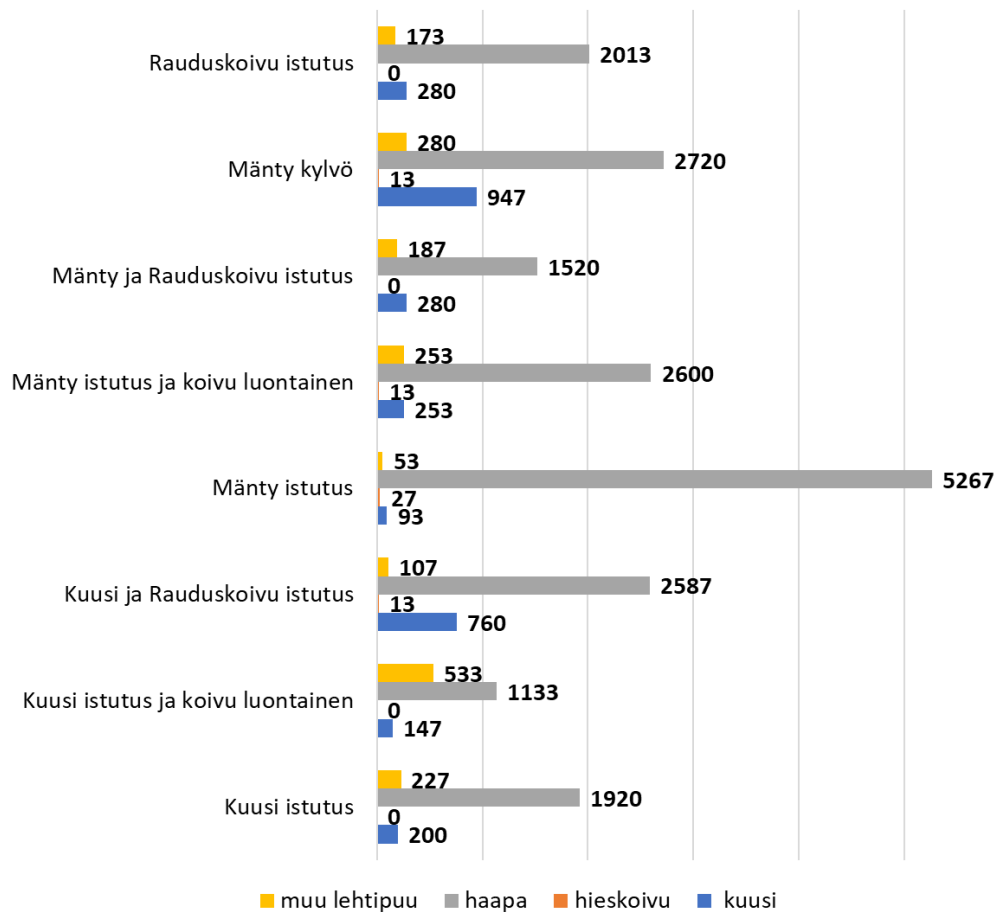


KUVA 13. Rauduskoivun istutustaimien yhden vuoden kasvun keskiarvot sijaintiluokittain. Virhepalkit kuvaavat keskihajontaa.

Taimien yhden kasvukauden kasvuja mättäiden eri laatuluokissa vertailtiin puulajeittain t-testillä. Kaikkia laatuluokkia verrattiin keskenään pareittain. Laatuluokkien välisiä tilastollisesti merkitseviä eroja löytyi männyltä ja koivulta laatuluokkien 1 ja 3 sekä 2 ja 3 väleiltä. Lisäksi männyllä eroa löytyi luokkien 1 ja 4 väliltä ja koivulta luokkien 3 ja 7 väliltä. Kuusella eroa löytyi ainoastaan laatuluokkien 2 ja 6 väliltä. Kasvun alkuvaiheessa tilastollisten erojen perusteella ei voida tehdä varmoja päätelmiä.

4.5 Luontainen taimiaines

Luontaisista puulajeista runsaimmin oli syntynyt haapaa. Luontainen haapa oli kaikilla käsittelyillä vesasyntyistä. ”Muu lehtipuu” oli lähinnä pihlajaa. Muita puulajeja oli syntynyt verraten vähän ensimmäisen vuoden aikana luontaista taimiainesta tarkasteltaessa (kuva 14).



KUVA 14. Luontaisten taimien määrät keskimäärin kpl/ha puulajeittain eri käsittelyluokissa.

Jokaiselta ympyräkoealalta laskettiin ja mitattiin kannot, jotta saataisiin tietoa edellisestä puusukupolvesta. Mittauksissa merkittiin ylös myös, jos mitattu kanto oli laho. Kaikista kannoista lahoja oli 17,5 prosenttia.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Uudistusalan maanmuokkaustyön laatu vaikutti kokeen toteutuneisiin viljelytiheyksiin. Jokaisella käsittelyllä muokkausjälkien tavoitetiheys oli määritelty samaksi kuin viljelyn tavoitetiheys. Viljeltävää tainta kohden tulisi olla aina yksi muokkausjälki. Muokkausjälkiä ei ollut tehty tarpeeksi istutustaimien tavoitetiheyksiin nähden.

Myös viljelytyön tuloksissa jäätiin tavoitteista. Istutustyön tulokset ovat keskeisesti riippuvaisia maanmuokkaustyön laadusta. Istutustaimien toteutuneet tiheydet olivat alhaisempia kuin oli suunniteltu. Tähän voidaan katsoa vaikuttaneen osittain muokkausjälkien vähyys, mutta myös istutuksessa tyhjiksi jääneet mättäät. Muokkausjälki laskettiin tyhjäksi, mikäli se katsottiin mahdolliseksi istutuspaikaksi ja istutettua tainta ei löytynyt. Istutuskohta saattaa jäädä viljelyssä tyhjäksi, jos se on laadultaan huono. Tyhjiä muokkausjälkien luokittelu laatuluokkiin voisi auttaa päättelemään, miksi mättäitä oli jätetty istuttamatta.

Käsittelyillä ”kuusi istutus ja koivu luontainen” sekä ”mänty istutus ja koivu luontainen” olivat istutustiheydet lähes tavoitteiden mukaiset, mutta toisaalta vajaan muokkausjälkien tiheyden vuoksi ei luontaisille koivun taimille ole tällöin jäänyt tyhjiä mättäitä niin paljon, kuin oli suunniteltu.

Suurin osa taimista oli istutettu asianmukaiseen mättääseen. Istutustaimien elossaoloa ja maanmuokkauksen luokkaa vertaillen voitiin huomata, että vähemmän kuin 10 cm:n määrä kivennäismaata taimen ympärillä kasvatti kuolleisuusprosenttia. Pienimmät taimien kuolleisuusprosentit havaittiin sellaisilla mättäillä, joilla kivennäismaata oli suositusten mukaisesti näkyvillä vähintään 10 cm taimen ympärillä. Taimien elossaolot vaihtelivat puulajeittain. Männyn istutustaimilla oli suurin kuolleisuus.

Istutustaimista noin viidesosalla havaittiin jokin tuho. Suurimmassa osassa taimien tuhotapauksista tuhon aiheuttajaa ei pystytty tunnistamaan. Tunnistamatto-

mien tuhojen osuutta voisi pienentää esimerkiksi mittaajien laajemmalla tietämyksellä taimien tuhovaurioista sekä tarkentamalla määrittelyohjeet tuhojen tunnistamiseen.

Tunnistetuista tuhonaiheuttajista yleisin oli tukkimiehentäi. Kaiken kaikkiaan hyönteisten aiheuttamia tuhoja oli yhteensä yli viidesosa kaikista istutustaimien tuhoista. Tukkimiehentäi oli eniten taimille tuhoja aiheuttanut yksittäinen tekijä. Suurin osa tukkimiehentäin aiheuttamista tuhoista havaittiin männyin taimilla. On huomattu, että huolellinen istutustyö, ja taimien istuttaminen riittävän syväälle (noin 5–6 cm tai 20 %–40 % taimesta maan alla) voivat vähentää kuivuuden ja tukkimiehentäin vahinkoja männyillä (Pikkarainen ym. 2021).

Rauduskoivujen merkittävimpana tuhon aiheuttajana olivat hirvieläimet. Hirvieläintuhoja havaittiin pääosin rauduskoivujen taimilta. Muita nisäkästuhoja ei löytynyt mainittavaa määrää. On havaittu, että lehtipuut houkuttelevat hirviä taimikkoon syömään, ja että nopeakasvuisilla jalostetuilla viljelytaimilla on erityisen suuri riski tulla hirven syömäksi (Huuskonen ym. 2021).

Tulevaisuudessa sääolot voivat vaikuttaa yhä enemmän puiden taimien menestymiseen uudistamisaloilla. Ilmaston ennustettu lämpeneminen muuttaa kasvuolosuhteita kuivemmiksi ja kuumemmiksi, jolloin erot puulajien välillä ja hyvän maanmuokkauksen merkitys metsänuudistamisessa korostuvat.

Tässä tutkimuksessa ilmastotekijöistä kärsineillä taimilla tuhojen syitä ei ollut tarkemmin eritelty. Ilmastotekijätuhojen todennäköisimpinä aiheuttajina voidaan pitää esimerkiksi istutustyön laatua, jos taimi on istutettu liian syväälle tai lähelle maanpintaa, tai erityisen kuumaa ja kuivaa kasvukautta tai näiden yhteisvaikutusta.

Rauduskoivujen keskimääräinen pituus kuivan kesän jälkeen oli ensimmäisen kasvukauden jälkeen hiukan yli 35 cm. Taimet voivat jäädä tavallista lyhyemmiksi kasvukauden poikkeuksellisten korkeiden lämpötilojen ja kuivuuden takia. Pikkarainen ym. (2021) totesivat, että uudistusalojen viljelyllä tavallista kuivempi ja kuumempi kasvukauden alku vähensi kuusen taimien pituuskasvua. Mäntyjen

suositellut kasvupaikat ovat kuivempia ja vähäravinteisempia kuin taas rauduskoivuille ja kuusille suositellaan kosteampia ja ravinteikkaampia kasvupaikkoja. Jos mänty menestyy paremmin ja rauduskoivu huonommin, voi syynä olla kasvupaikan kuivuus ja vähäravinteisuus.

Tässä työssä tilastollisen testauksen käyttämisen heikkoutena oli se, että ensimmäisen kasvukauden tulokset eivät kerro lopullista tilannetta tarkasteltavana olevan kokeen tilanteesta. Puuntaimen kehitys voi jo seuraavalla mittauskerralla olla täysin muuttunut. Taimien ensimmäisen kasvukauden tilanteen perusteella ei voida tehdä päätelmiä käytetyistä käsittelytavoista tai metsikön tilasta. Kyseisillä aineistoilla tehdyt tilastolliset testitkään eivät siten välttämättä kerro todellisista merkitsevistä eroista.

Maanmuokkauksen ohjeistuksessa ensisijaisena tavoitteena oli muokata koko kokeen alue mätästämällä. Kuitenkin maaston kivisyyden vuoksi niillä kohdilla, joilla mättäitä ei voinut tehdä, tehtiin niiden sijasta laikkuja. Taimien yhden kasvukauden kasvuja mättäiden laatuluokittain vertailtaessa löytyi sekä puulajien että laatuluokkien välisiä merkitseviä eroja. Männyllä keskimääräinen pituuskasvu ensimmäisellä kasvukaudella oli tällä kokeella hiukan pidempää laikuissa kasvavilla taimilla verrattuna mättäisiin istutettuihin. Männy istutustaimilla lyhin kasvu oli niissä muokkausjäljissä, jotka olivat ensisijaisesti tarkoituksenmukaisesti toteutettu, eli mättäillä, joissa taimen ympärillä oli vähintään 10 cm kivennäismaata. Huonompi kasvu mättäissä kuin laikuissa saattaa selittyä kuivuudesta kärsineillä taimilla.

Pienten männyntaimien on havaittu myös keskittyvän ensimmäisen vuoden aikana enemmän juurten kasvattamiseen kuin pituuskasvuun (Pikkarainen ym. 2021). Ensimmäisen kasvukauden vähäinen kasvu tai lyhyeksi jäänyt taimen pituus voivat siis olla merkkejä taimen keskittymisestä juurtumiseen.

Luontaisesti syntyvän taimiaineksen runsauteen uudistusosalalla vaikuttaa moni tekijä, esimerkiksi kasvupaikan ja maaperän ravinteisuus, maanmuokkausmenetelmä ja ilmasto. Laine ym. (2021) vertailivat luontaisesti syntyvän koivun taimiaineksen määrää eri muokkausmenetelmillä käsitellyin alojen välillä: Tuloksissa

havaittiin, että enemmän kivennäismaata paljastavalla menetelmällä luontaisen taimiaineksen määrä oli suurempi.

Luontaisesti syntyvien taimien määrällä voidaan joissain tapauksissa paikata vaajaaksi jäänyttä viljelytiheyttä. Luontaisten taimien joukosta voidaan taimikon hoidon yhteydessä valita kasvatettavaksi jätettäviä puita viljelytaimikon tiheyttä ja tilajärjestystä silmällä pitäen.

Tässä opinnäytetyössä eri puulajien uudistamistuloksia voitiin vertailla keskenään, koska niitä oli viljelty samalle kohteelle. Tutkimuksen etuna oli se, että vertailtavat puulajit mänty, kuusi ja rauduskoivu olivat samalla kokeella.

Tulosten vertailukelpoisuutta tukee se, että aineisto kerättiin tutkimuskäyttöön perustetulta ja suunnitelmallisesti järjestetyltä kokeelta. Tulosten vertailukelpoisuuteen vaikuttaa myös se, että uudistamisen työvaiheista oli laadittu tarkka ohjeistus työn toteuttamiseksi. Myös maastoinventoinnit toteutettiin yhtenäisten ohjeiden mukaan, vaikka tekijöitä oli useita.

Tutkimuksessa tarkasteltiin vain yhdeltä kokeelta mitattuja tunnuksia, joten tuloksissa ei voitu ottaa huomioon maantieteellisen vaihtelun vaikutuksia. Uudistusalan perustamisen ensimmäisenä kasvukautena sääolot olivat tavallisesta poikkeavat. Poikkeuksellisen kuivan ja kuumen kasvukauden vaikutuksia takia tuloksia ei voida yleistää.

Opinnäytetyössä käsitellyn tutkimuksen perusteella yksinään ei voida tehdä yleisiä johtopäätöksiä eri puulajien uudistumisesta ja ensimmäisen kasvukauden pituuskasvusta. Tuloksista voidaan päätellä ainoastaan kyseisen yhden kokeen uudistumistulokset.

Tutkimusaineiston lähteenä oleva koe on osa laajempaa kokeiden sarjaa liittyen SEKAVA-tutkimusprojektiin. Tässä työssä on esiteltynä case-tyyppinen tutkimus tuloksineen. Tulosten soveltaminen käytäntöön vaatii koko koesarjan muidenkin tutkimusten tulosten huomiointia. Maastoinventoinnit taimikolla on myös tarkoitus toistaa kokeella muutaman vuoden välein, joten tiedot taimien kehityksestä tarkentuvat tutkimuksen edetessä.

LÄHTEET

Felton, A., Nilsson, U., Sonesson, J. ym. 2016. Replacing monocultures with mixed-species stands: Ecosystem service implications of two production forest alternatives in Sweden. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0749-2>

Helenius, P., & Nygren, M. 2006. Kylväisinkö kuusta? Suomalaisia ja ruotsalaisia tutkimustuloksia. *Taimiuutiset* 3/2006. Metsäntutkimuslaitos.

Huuskonen S, Domisch T, Finér L, Hantula J, Hynynen J, Matala J, Miina J, Neuvonen S, Nevalainen S, Niemistö P. 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118558>

Korhonen K.T., Ahola A., Heikkinen J., Henttonen H.M., Hotanen J.-P., Ihalainen A., Melin M., Pitkänen J., Rätty M., Sirviö M., Strandström M. 2021. Forests of Finland 2014–2018 and their development 1921–2018. *Silva Fennica* vol. 55 no. 5 article id 10662. <https://doi.org/10.14214/sf.10662>

Laine T., Kankaanhuhta V., Rantala J., Saksa T. 2020. Effects of spot mounding and inverting on growth of conifers, exposed mineral soil and natural birch regeneration. *Silva Fennica* vol. 54 no. 5 article id 10369. <https://doi.org/10.14214/sf.10369>

Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2019. Metsämaan muokkaus : kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyteen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-813-5>

Leikola, M. 1987. Metsien hoidon aatehistoriaa. *Silva Fennica*, 21 (1987), pp. 332-341

Luonnonvarakeskus. Sekametsien kasvatusmallit. Verkkosivu. Viitattu 1.4.2023. <https://www.luke.fi/fi/projektit/sekava/sekametsat>

Luoranen, J., Riikonen, J., & Saksa, T. 2023. Damage caused by an exceptionally warm and dry early summer on newly planted Norway spruce container seedlings in Nordic boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 528, 120649. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120649>

Peltola, A. (toim.) 2014. Metsätalastollinen vuosikirja 2014. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2014. Metsäntutkimuslaitos.

Pikkarainen, L., Luoranen, J., & Peltola, H. 2021. Early Field Performance of Small-Sized Silver Birch and Scots Pine Container Seedlings at Different Planting Depths. *Forests*, 12(5), 519. <https://doi.org/10.3390/f12050519>

Poteri, M. (toim.) 1999. Taimituho-opas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 737. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1686-6>

Saastamoinen, O., Kniivilä, M., Alahuhta, J., Arovuori, K., Kosenius, A-K., Horne, P., Otsamo, A. & Vaara, M. 2014. Yhdistävä luonto: ekosysteemipalvelut Suomessa. Publications of the University of Eastern Finland Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences. No 15.

Tilastokeskus. T-testi. Verkkosivu. Viitattu 9.5.2023.
https://www.stat.fi/meta/kas/t_testi.html

Vaahtera, E., Niinistö, T., Peltola, A., Rätty, M., Sauvula-Seppälä, T., Torvelainen, J., Uotila, E. & Kulju, I. 2021. Metsätilastollinen vuosikirja 2021. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-325-1>

Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E., & Saarinen, M. 2001. Onnistunut metsänuudistaminen. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja.