

Mikael Kukkonen ja Eila Kukkonen

KONEELLINEN METSÄNHÖITO



KONEELLINEN METSÄNHÖITO

Mikael Kukkonen ja Eila Kukkonen

<i>Julkaisusarja</i>	B: 12
<i>Julkaisusarjan vastaava toimittaja</i>	Kari Tiainen
<i>Tekijät</i>	Mikael Kukkonen (projektipäällikkö, Mekrijärven tutkimusasema) ja Eila Kukkonen (lehtori, Karelia-ammattikorkeakoulu)
<i>Graafinen suunnittelu ja taitto</i>	Salla Anttila
<i>Kansikuva</i>	Mikael Kukkonen

© Tekijät ja Karelia-ammattikorkeakoulu

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

ISBN 978-952-275-084-6 (painettu)
ISBN 978-952-275-085-3 (verkkajulkaisu)
ISSN-L 2323-6876
ISSN 2323-6876

Julkaisumyynti Karelia-ammattikorkeakoulu
julkaisut@karelia.fi
<http://www.tahtijulkaisut.net>

Kuopio 2013, Kopijyvä Oy

SISÄLLYS

ALKUSANAT	9
1 JOHDANTO	11
2 METSÄNUUDISTAMINEN	15
2.1 KONEELLINEN METSÄNUUDISTAMINEN OSANA METSÄNKASVATUSTA	16
2.2 KONEELLINEN KYLVÖ	20
2.2.1 Koneellisen kylvön perusteet	20
2.2.2 Laadun varmistus konekylvössä	22
2.3 KONEELLINEN ISTUTUS	23
2.3.1 Koneellisen istutuksen perusteet	24
2.3.2 Istutustyön toteutus	28
2.3.3 Koneellisen istutuksen laadunhallinta	36
3 TAIMIKONHOITO	43
3.1 TAIMIKONHOIDON TAUSTAA	43
3.2 KONEKITKENTÄ	50
3.2.1 Konekitkennän työmaasuunnittelu	53
3.2.2 Kuusen taimikon konekitkentätyö	61
3.2.3 Männyn taimikon konekitkentätyö	63
3.2.4 Konekitkennän työtekniikka ja hyvät käytännöt	65
3.2.5 Konekitkentätyön laadunseuranta	70
3.2.6 Konekitkennän tuottavuus, vauriot ja tuloksia kasvuaikutuksista	75
3.3 KONEELLINEN TAIMIKONHARVENNUS	79
3.3.1 Koneellisen taimikonharvennuksen ajolinjat	83
3.3.2 Koneellisen taimikonharvennuksen suunnittelu ja toteutus	89
3.3.3 Koneellisen taimikonharvennuksen tavoitetiheyden hallinta	92
4 KUSTANNUKSET	103
4.1 KUSTANNUKSET METSÄNOMISTAJAN KANNALTA	103
4.2 KONEELLISET METSÄNHOITOTYÖT METSÄKONEYRITYKSEN LIIKETOIMINNASSA	106
5 YMPÄRISTÖNHOITO	111
5.1 YMPÄRISTÖNHOITO JA VESIENSUOJELU KONEELLISESSA METSÄNUUDISTAMISESSA	112
5.2 YMPÄRISTÖNHOITO KONEELLISESSA TAIMIKONHOIDOSSA	114
Liite 1.	117
Liite 2.	123
Liite 3.	124
Liite 4.	125
Lähteet	127

ALKUSANAT

Tämä kirja on toteutettu Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän, Karelia-ammatti-korkeakoulun ja Itä-Suomen yliopiston yhteisessä Metsänhoitotöiden koneellistaminen -kehittämishankkeessa, jota ovat rahoittaneet Pohjois-Karjalan Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskus sekä Euroopan sosiaalirahasto. Hankkeen tavoitteena on käynnistää koneellisen metsänhoidon koulutus sekä parantaa metsäalan organisaatioiden kykyä ottaa käyttöön uusia metsänhoitoon liittyviä teknisiä ja menetelmällisiä ratkaisuja talouden, toimivuuden ja organisoitumisen näkökulmat huomioiden. Koneellinen metsänhoito on vasta yleistymässä laajaan käyttöön ja erityisesti koneellista taimikonhoitoa käsittelevää kirjallisuutta ei ole ollut saatavilla.

Kirjan tarkoitus on tarjota tietoa koneellisten metsänhoitotöiden toteuttamiseen kaikille metsänhoidon sidosryhmille. Kirja soveltuu oppikirjaksi koneellisen metsänhoidon opetukseen eri koulutusasteilla. Kirja tarjoaa kattavan tietopaketin myös metsäalan organisaatioissa toimiville sekä metsänomistajille. Kirja koostuu kylvöstä, koneistutuksesta, konekitkennästä ja koneellisesta taimikonharvennuksesta. Kylvöstä ja koneistutuksesta on jonkin verran materiaalia, joten tämän kirjan painopiste on konekitkennässä ja koneellisessa taimikonharvennuksessa, joista kirjassa julkaistaan paljon uutta tietoa. Näiden lisäksi lopuksi käydään läpi kustannukset ja ympäristönhoito -osiot. Tekstissä on käytetty lähdeviittauksia lähinnä yksityiskohtaisempaa tutkimustietoa käsittelevissä osioissa. Kirjan loppuun on kerätty kirjallisuuslähteitä, joista lukija halutessaan löytää lisätietoa.

Kirjoittajat tekivät kirjan yhdessä siten, että Mikael Kukkonen toimi päävastuussa sisällystöstä ja Eila Kukkonen vastasi ulkoasun yhdenmukaisuudesta. Luvussa 2 (Metsänuudistaminen) tärkeimmät lähteet ovat Jaana Luorasen, Timo Saksan ja Karri Uotilan Metsänuudistaminen (2012), Markku Nygrenin Metsäkylvöopas (2011) sekä Tiina Laineen ja Mikko Syrin Koneellisen metsänistutuksen opas (2012). Luvun 3 (Taimikonhoito) tekstit ovat Mikael Kukkokosen kirjoittamia.

Kirjoittajat haluavat kiittää Metsänhoitotöiden koneellistaminen -kehittämishankkeen jäseniä ja muita eri vaiheissa osallistuneita henkilöitä tuesta. Erityisesti haluamme kiittää UPM Metsää ja Kari Kurua yhteistyöstä konekitkentä- ja taimikonhoito-ohjeiden teossa, Matti Salmelaa syvällisestä kitkentäkoneen kuljettajanäkökulman tuomisesta kitkentämenetelmän kehittämistyöhön sekä Kari Väätäistä hyvästä konekustannuslaskennan laskentapohjasta.

Joensuussa, 19.11.2013

Mikael Kukkonen ja Eila Kukkonen

1 JOHDANTO

Metsänuudistamisen ja hoitotöiden laadulla ja kustannustehokkuudella on ratkaiseva merkitys metsätalouden kannattavuudelle. Perinteisen miestyön menetelmien kehityksessä on saavutettu eräänlainen lakipiste. Samanaikaisesti kun koneellistamisen myötä puunkorjuun kustannukset on saatu puolitettua, taimikonhoitokustannukset ovat kaksinkertaistuneet. Koneellisista metsänhoitomenetelmistä on löytymässä toteutuskelpoisia ja kustannuksiltaan kilpailukykyisiä ratkaisuja uudistamiseen sekä jatkuvasti lisääntyneiden taimikonhoitorästien hoitoon. Suomessa on alkanut vahva metsänhoidon koneellistamisen aika.

Tällä hetkellä metsänhoitotöistä maanmuokkaus on koneellistettu täysin ja metsäkylvöistäkin yli 70 %. Istutukseen ja taimikonhoitoon on 1980-luvulta alkaen ollut laitteita, joilla hyvissä olosuhteissa päästään laadukkaaseen työljälkeen, mutta näistä töistä vain muutama prosentti on toteutettu koneellisesti. Istutus- ja taimikonhoitokoneiden käytön yleistymistä ovat rajoittaneet ennakkoluulot niin metsäammattilaisten, metsänomistajien kuin yrittäjienkin keskuudessa sekä koneiden huono kustannuskilpailukyky. Istutuksen ja taimikonhoidon koneellistaminen on vastaavassa tilanteessa kuin puunkorjuu oli yli 30 vuotta sitten. Koneellisia ratkaisuja on kuitenkin paranneltu ja kehitetty lisää. Metsätalouden työvoimapula uhkaa lähitulevaisuudessa ja yksityismetsänomistajien omatoimisesti tekemien istutus- ja taimikonhoitotöiden määrä on jatkuvasti vähentynyt. Kustannuspaineiden keskellä metsänhoitotöiden urakoinnissa myös harmaan talouden toiminta on yleistynyt etenkin ulkomaista kausityövoimaa käytettäessä. Kysyntä tehokkaille, laadukkaille, hinnaltaan kilpailukykyisille ja yhteiskuntavastuullisille metsänhoitopalveluille tulee lisääntymään.

Viivyttely metsänuudistamisessa ja taimikonhoitotöissä kasvattaa aina metsänhoitokustannuksia, heikentää metsän tuottoa ja lykkää tulojen saantia. Metsien hoidon taso erityisesti yksityismetsissä on heikentynyt ja varsinkin taimikoiden hoitamattomuus on näkynyt valtakunnan metsien inventoinneissa (VMI). Valtakunnan metsien 10. inventoinnissa (VMI10) pienistä taimikoista metsänhoidollisesti hyvien taimikoiden osuus laski 54 prosentista 41 prosenttiin ja varttuneissa taimikoissa 32 prosentista 24 prosenttiin. Taimikoiden varttuessa hoitamattomuuden ongelmat yleensä kertautuvat.

Tulevaisuudessa tullaan yhä vähemmän vertailemaan keskenään miestyötä ja konetyötä, sillä käytännössä vastakkainasettelu on ajallaan tehty vs. tekemätön työ. Esimerkiksi taimikonhoidon osalta näkökulma on pahasti pielessä, mikäli hoitotyöt lykkääntyvät tai jäävät hoitamatta miestyön saatavuusongelmista johtuen eikä konetyötä hyväksytä peläten koneen jälkeä. Taimikonhoidon kiireellisyyttä ei tulisi väheksyä, sillä jo parilla vuodella viivästyttäminen alentaa kasvatettavan puuston tilavuutta normaaliin ensiharvennusikään mennessä helposti 7–10 prosentilla. Metsän hoitaminen tai sen laiminlyönti näkyy ensiharvennuskertymässä, ja lisäksi ajallaan tehdyn taimikonhoidon jälkeen ensiharvennuksen ajankohdan kanssa on enemmän pelivaraa.

Istutuksen ja taimikonhoidon koneellistaminen on edennyt suurten metsäyhtiöiden mailla selvästi yksityismaita nopeammin. Vaikuttaakin siltä, että suuret organisaatiot sopeutuvat toimintaympäristön muutoksiin ennakoivammin kuin yksityismetsänomistajat. Metsäyhtiöiden istutuksista koneistutuksena toteutetaan jo jopa noin kolmannes, mutta kiinnostus yksityismailla on kasvanut hitaasti. Tieto koneellisten metsänhoitoratkaisujen eduista ei ole vielä kovin laajasti saavuttanut yksityismetsänomistajia eikä heille metsäpalveluita tarjoavia toimihenkilöitä, mikä on mm. tämän oppaan kirjoittamisen tärkeimpiä syitä. Tiedon leviämisen myötä koneellisen metsänhoidon urakoitsijoita tarvitaan yhä enemmän. Metsänhoitotyöt ajoittuvat suurimmaksi osaksi sulan maan aikaan, jolloin hakkuiden vähentyessä koneyritykset voivat työllistää kuljettajansa metsänhoitotöissä. Kasvava kysyntä ja peruskoneiden käyttöasteen nousu keskittää koneiden toiminta-alueita ja parantaa koneyritysten kannattavuutta. Tästä hyöttyy viime kädessä myös asiakas eli metsänomistaja.

Näyttää siltä, että myös useat metsänhoitoyhdistykset joutuvat lähivuosina solmimaan alueellaan toimivia koneistutuksen ja -kitkennän urakointisopimuksia pystyäkseen huolehtimaan asiakkaidensa tarpeista. Istutuskoneiden määrä Suomessa vuonna 2013 on noin 35 konetta. Niitä täytyisi olla noin 200, jotta nykyisistä istutuksista puolet voitaisiin tehdä koneellisesti.

Konetyön ihmistyöhön verrattuna suurempi nostovoima mahdollistaa konekitkennän, joka on kokonaan uusi metsänhoitomenetelmä. Siinä haittapuusto katkaisemisen sijaan revitään maasta juurineen (kuva 1). Metsikön lehtipuusekoitus saadaan hallintaan jo metrin pituudessa, ja tämän jälkeen kasvuresurssit kohdistuvat vain kasvatettavaan puustoon. Tämä metsäteknologinen parannus on selvä läpimurto taimikon varhaisperkausten koneellistamisessa, joka on ollut metsänhoidon vaikeimmin kustannustehokkaasti koneellistettava työlaji.



Kuva 1. Koneellisella kitkennällä taimikko hoidetaan jo varhaisessa vaiheessa. Haittapuusto revitään maasta juurineen. Kuva: Mikael Kukkonen.

Koneellistamisesta puhuttaessa tulee muistaa, että konetyönkin tekee ihminen, mutta työssä käytettävät välineet vain ovat nykyaikaisia: tuottavampia ja mielekkäämpiä työntekijälle mm. ergonomian osalta. Metsurien tapaturmat ja vaaratilanteet aiheutuvat tyypillisesti kompuroinnista varhaisperkaus- ja taimikonharvennuskohteilla. Koneen ohjauksessa työturvallisuus ja vaihtelevien sääolosuhteiden haitat ovat paremmin hallinnassa.

Teknologinen kehitys mm. paikkatieto- ja koneaistiteknologiassa tarjoaa yhä uusia mahdollisuuksia koneellisen työn tehostamiseen sekä eri työvaiheiden automatisointiin. Koneellisiin menetelmiin voidaan myös yhdistää muita samanaikaisesti tehtäviä toimenpiteitä. Esimerkiksi koneistutukseen tai -kitkennään yhdistettynä metsän terveyslannoitus voi kasvattaa koneyrityksen palvelumyyntiä ja silti metsänomistajalle sen kustannukset jopa puolittuvat. Koneellisen taimikonhoidon laitteilla voidaan tehdä myös maisemanhoitoa ja muuta vesakon poistoa. Erityisesti turvemaidella haasteita riittää sekä koneellisessa metsänviljelyssä että taimikonhoidossa. Uusille laiteratkaisuille ja innovatiivisille menetelmille on kasvava tarve – sekä haastamaan olemassa olevia ratkaisuja – että luomaan entistä kilpailukykyisempiä menetelmiä metsiemme uudistamiseen ja hoitoon. Uusi teknologia ja koneellistaminen mahdollistaa metsänhoitomenetelmien jatkuvan kehittämisen niin laadun kuin tuottavuuden osalta.

2 METSÄN- UUDISTAMINEN

UUDISTAMISEN LÄHTÖKOHDAT

Metsänuudistamisella tarkoitetaan hakkuukypsän puuston korvaamista uudella puusukupolvella. Metsänuudistamisessa puustoon sitoutunut pääoma realisoidaan eli muutetaan rahaksi ja kasvupaikalle perustetaan uusi tuottava taimikko. Uuden metsikön perustaminen on aina investointi, johon kohdistuu tuotto-odotuksia.

Metsänuudistamistilanteessa tehdään päätöksiä, jotka vaikuttavat metsikön koko kiertoajan eli seuraavaan päätehakkuuseen asti. Päätöksistä tärkein on puulajivalinta, joka tehdään pääasiassa metsikön potentiaalini eli kasvupaikan ravinteisuuden sekä markkinoiden kysynnän eli metsäteollisuuden tarpeiden perusteella. Onnistuneella metsänuudistamisella uusi puusukupolvi saadaan kasvuun mahdollisimman nopeasti ja rakennetaan perusta kasvupaikan tuottokyvyn täysimääräiseen hyödyntämiseen koko metsän kiertoaikana (kuva 2).



Kuva 2. Onnistuneella metsänuudistamisella uusi puusukupolvi saadaan kasvuun mahdollisimman nopeasti. Kuva: Mikael Kukkonen.

Suomessa valtaosa metsiköistä (n. 96 %) uudistetaan joko kuuselle tai männylle. Kuusi tarvitsee mäntyä ravinteikkaamman kasvupaikan, ja sitä uudistetaan vuosittain noin 60 000 hehtaaria. Männyn viljelyä tehdään lähes yhtä paljon, noin 56 000 hehtaaria. Mäntyä uudistetaan myös luontaisesti jättämällä uudistushakkuualalle parhaita runkoja siemenpuiksi. Metsänviljelyssä istutuksen osuus on viime aikoina lisääntynyt kylvön osuuden vähentyessä. Edellä mainittu kehitys johtuu kuusen osuuden kasvusta uudistettavana puulajina.

Maanmuokkauksessa mätästyksen osuus on viime vuosina kasvanut, kun taas äestys ja laikutus ovat vähentyneet. Mätästyksen ja kuusen istutuksen osuuden kasvu johtuu menetelmän sopivuudesta ja hyvistä tuloksista ravinteikkaiden maiden metsänuudistamisessa. Kehitys edesauttaa uudistamistöiden koneellistamista, koska mätästyksen ja kuusen istutukseen on varmatoimisia laitteita.

Karummilla mailla puolestaan männyn konekylvö on hyvin yhdistettävissä äestykseen tai laikutukseen ja on jo valtamenetelmä männyn kylvössä.

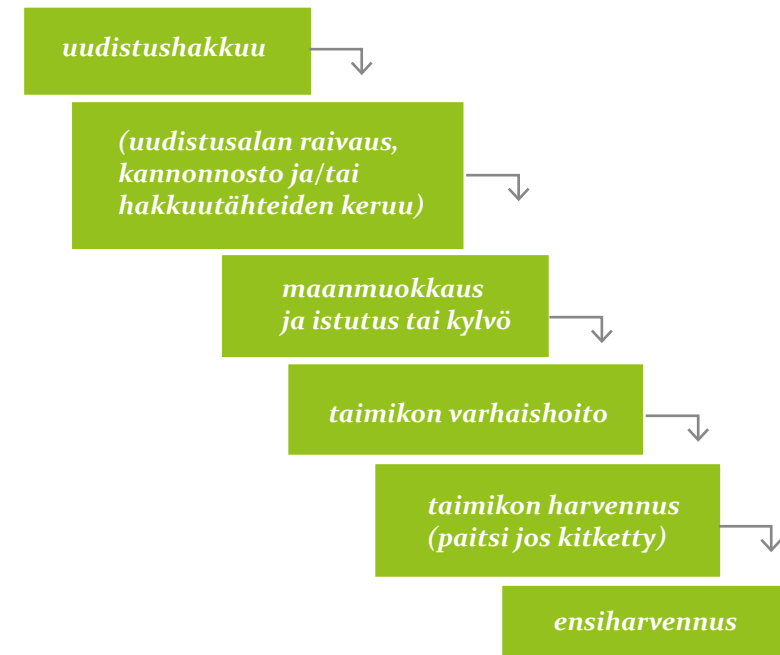
2.1 KONEELLINEN METSÄNUUDISTAMINEN OSANA METSÄNKASVATUSTA

Uudistamisketju

Metsänuudistamiseen kuuluu joukko toimenpiteitä, joista muodostuu uudistamisketju (kuvio 1). Uudistamisketjun menetelmävalinnat ovat vahvasti toisistaan riippuvaisia. Aiemmat toimenpiteet vaikuttavat ketjun myöhempien toimenpiteiden valintaan, ajoitukseen ja kustannuksiin. Metsänuudistamisen kustannuksia, kustannustehokkuutta ja kannattavuutta tulee tarkastella koko uudistamisketjun näkökulmasta.

Metsänuudistamisen ensimmäisiä toimenpiteitä ovat päätehakkuu ja uudistusalan raivaus sekä mahdollinen kantojen ja hakkuutähteiden korjuu. Tätä seuraavat uuden puuston perustamistoimenpiteet maanmuokkaus ja metsänviljely. Maanmuokkauksen tarkoitus on parantaa metsänviljelyn onnistumista ja taimien kasvuun lähtöä. Yleisimmät maanmuokkaustavat ovat mätästys, äestys ja laikutus. Kulloinkin sopivan muokkaustavan valintaan vaikuttaa kasvatettava puulaji ja maaperän ominaisuudet. Kuusella se yleensä tarkoittaa mätästystä, mutta männyllä käytetään maaperästä riippuen myös äestystä ja laikutusta. Metsänuudistamiseen katsotaan yleensä kuuluvaksi myös taimikosta huolehtiminen aina ensiharvennukseen saakka. Metsänuudistaminen koostuu siis joukosta toisiinsa vaikuttavia toimenpiteitä, jotka suunnitellaan uudistamisketjuksi tavoitteena tuottava ja laadukas metsikkö.

Uudistamisketjussa tehdyt toimenpiteet, niiden ajoitus ja laatu vaikuttavat ketjun myöhempiin toimenpiteisiin ja metsikön kehitykseen. Esimerkiksi rehevällä maalla tehty kevyt maanmuokkaus (äestys tai laikutus) ja istutus pienillä taimilla voi tulla taimikon perustamisvaiheessa halvaksi, mutta myöhemmin täydennysistutuksesta sekä taimikonhoitotöistä (heinän- ja vesakontorjunta) aiheutuu lisäkustannuksia. Epäonnistuneet toimenpiteet voivat johtaa kasvupaikan tuottokykyyn nähden vajaatuottoisen metsikön kehittymiseen. Loppupäätelmänä on, että suositeltava uudistamisketju on kokonaisuutena halvempi ja johtaa kiertoajan kuluessa selvästi tuottavampaan metsään kuin ”säästövaihtoehto”.



Kuvio 1. Metsänuudistamisketju.

Metsänuudistamisen koneellistamismahdollisuudet ovat sidoksissa hakkuutapaan. Koneellista kylvöä tai istutusta edeltää avohakkuu. Uudistuslalle sopivan maanmuokkaustavan valinta on erityisen tärkeä onnistuneelle taimikon perustamiselle ja koko metsikön kiertoajan kehitykselle. Koneellisen muokkauksen yhteydessä samanaikaisesti tehdään konekylvö tai -istutus.

Hakkuutähteiden ja kantojen energiakäyttö on lisääntynyt nopeasti ja niiden korjuu kohdistuu erityisesti kuusivaltaisille uudistushakkuualoille. Kantojen nostoaloilla muokkaustyö ja koneellinen istutus nopeutuvat ja työn laatu paranee. Kantojen nostoaloilla luontainen taimettuminen voi lisääntyä, mikä lisää taimikon perkaus- ja harvennustarvetta.

Metsänviljely tehdään joko kylväen tai istuttaen. Kylvöä käytetään männyn uudistamisessa ja valtaosaltaan kylvö tapahtuu koneellisesti maanmuokkauksen yhteydessä. Istutus tehdään valtaosaltaan manuaalisesti metsänomistajien omana työnä tai palkatulla työvoimalla. Koneelliseen istutukseen parhaiten sopivia kohteita ovat tällä hetkellä kivinäismaiden kuusen istutusalat.

Taimikonhoitoon kuuluu taimikonharvennus sekä sitä ennen tehtävä taimikon varhaishoito, jossa tehdään tarvittaessa myös täydennysviljelyä ja pintakasvillisuuden torjuntaa. Raivaussahatyöt ovat perinteisesti omatoimisten metsänomistajien kevät–kesän ja syksyn aktiviteetteja, mutta jatkuvasti yhä suurempi osa taimikonhoitotöistä tehdään

palkatulla työvoimalla tai ne jäävät tekemättä. Taimikonhoidolla estetään kehityskelpoisen taimikon taantuminen, mikä on kannattavinta tehdä ennaltaehkäisevästi. Tämänhetkiset koneelliset taimikonhoitomenetelmät konekitkentä ja koneellinen taimikonharvennus soveltuvat parhaiten varhaishoitovaiheessa kivennäismailla ja taimikon harvennuksessa mahdollisesti myös turvemaille.

Uudistamisessa tavoitteena aikaansaada hyvä taimikko

- » *nopeasti*
- » *kustannustehokkaasti*
- » *oikealla puulajilla*
- » *oikealla alkuperällä*
- » *jalostetulla materiaalilla*
- » *tavoitetiheyteen*

Metsänuudistamisen tavoitteena on saada aikaan tuottava, kehityskelpoinen ja laadukas taimikko.

Metsänuudistamisketjun toimenpidevalinnat on tehtävä uudistamiskohteen ominaisuuksien mukaan.

Uudistamisketjun toimenpidevalintaan vaikuttavia tekijöitä:

- » *maaperä*
- » *vesitalous*
- » *kivisyys*
- » *maaston muodot*
- » *kasvupaikka ja haluttu puulaji*
- » *puuston terveys*

Maaperä - Ilmaston ja maaperän kasvupaikkatekijöiden yhteisvaikutus määrää kunkin kasvupaikan viljavuuden eli puuntuotoskyvyn.

Metsämaan tärkeimmät viljavuuteen vaikuttavat kasvupaikkatekijät ovat vesi-, lämpö- ja ravinnetalous sekä happamuus. Näihin tekijöihin voidaan vaikuttaa metsänkäsittelyn toimenpiteillä (esim. maanmuokkaus, ojitus, lannoitus, kulotus, harvennushakkuut).

Metsänuudistamisessa kasvupaikan maalajin määrittäminen on tärkeää valittaessa alueelle soveltuvaa metsänuudistamisketjua. Käytännössä kivennäismaalajin määrityksessä riittää jaottelu karkeisiin, keskikarkeisiin ja hienoihin maihin.

Maaperän kivisyys - Kivisyys ja kallioisuus voivat alentaa kohteen puuntuotoskykyä. Metsänuudistamisessa kivisyys vaikuttaa maanmuokkausmenetelmän valintaan sekä rajoittaa koneistutuksen kohdevalintaa.

Maaston muodot - Maaston muodot on huomioitava uudistamistoimenpiteitä suunniteltaessa ja maanmuokkaus suunnitellaan siten, ettei eroosio pääse kuljettamaan maata muokkausjäljissä rinnettä alas.

Kasvupaikat - Kivennäismaiden kasvupaikkojen puuntuotoskykyä kuvataan Suomessa kasvupaikka- ja metsätyypeillä. *Kasvupaikkatyyppit* kuvastavat maaperän viljavuutta. Kasvupaikkatyyppiä ovat lehdot, lehtomaiset kankaat, tuoreet kankaat, kuivahkot kankaat, kuivat kankaat ja karukkokankaat.

Ilmastotekijöiden perusteella Suomi on jaettu metsäkasvillisuusvyöhykkeisiin, joilla ilmastoon liittyvät kasvupaikkatekijät ovat vyöhykkeittäin samankaltaiset. Metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin kasvupaikoille on nimetty niitä vastaavat metsätyypit. *Metsätyyppi* määritetään metsikön pintakasvillisuuden perusteella, mutta luokittelussa tulee tarkastella myös metsää kokonaisuutenaan.

Kasvupaikka- ja metsätyyppi eivät aina kuvaa riittävästi alueen ominaisuuksia uudistamisen toimenpiteitä suunniteltaessa. Esimerkiksi veden vaivaamien kivennäismaiden uudistamisessa on ojitusmätästyksellä alennettava pohjavesipintaa. Rungas kivisyys ja kallioisuus alentavat puuntuotoskykyä ja hankaloittavat myös maanmuokkausta sekä koneellista että manuaalista istutusta.

Turvemaiden luokitus käytännön metsätaloudessa kohdistuu nykyisin ojitetuille soille.

Ojituksen vaikutuksesta suo muuttuu useimmiten ojikko- ja muuttumavaiheen kautta vähitellen ns. turvekankaaksi. Ojitetut suot luokitellaan kivennäismaan metsätyyppeihin rinnastettaviin turvekangastyyppeihin, jota suo on tai joksi sen arvioidaan kehittyvän. Turvekangasvaiheessa alkuperäisen suon pintakasvillisuus on korvautunut pääosin kangasmetsän kasvillisuudella ja puuston kasvu on elpynyt huomattavasti.

Puulajit - Kuusta suositellaan uudistettavaksi pääpuulajiksi keskikarkeille ja hienoille tuoreille ja sitä paremmille kankailla ja vastaaville turvemaille. Männyn kasvupaikkoja ovat karkeat tuoreet kankaat ja kuivahkot kankaat sekä niitä karummat kasvupaikat sekä vastaavat turvemaat. Rauduskoivu sopii puolestaan tuoreille kankailla ja niitä paremmille ilmaville kasvupaikoille.

2.2 KONEELLINEN KYLVÖ

Nykyisin kylvö tehdään useimmiten koneellisesti joko metsämaan äestyksen tai laikutuksen yhteydessä. Konekylvön osuus kaikista kylvöistä on yli 70 % ja Metsähallituksen ja metsäyhtiöiden mailla suurin osa kylvöistä tehdään maanmuokkauksen yhteydessä. Koneellisen kylvön osuus tulee lisääntymään myös yksityismetsissä, koska metsänomistajien omatoimisuus vähenee ja metsurityövoimaa on entistä niukemmin töissä.

2.2.1 KONEELLISEN KYLVÖN PERUSTEET

Kylvöä käytetään metsänviljelyssä käytännössä ainoastaan männyn uudistamisessa. Kaikki kohteet, jotka voidaan uudistaa luontaisesti, voidaan kylvää ja suurin osa niistä koneellisesti. Kylvö on varmempi, helpompi ja pitkällä tähtäimellä edullisempi tapa kuin luontainen uudistaminen. Siemenpuiden seisottamisesta aiheutuva korkotulon menetys vastaa käytännössä kylvön siemen- ja työkustannuksia. Luontaisessa uudistamisessa ei myöskään saada jalostushyötyä, joka käyttämällä jalostettua siementä voi lisätä tilavuuskasvua 15–20 % sekä parantaa laatua. Konekylvö on kustannuksiltaan kilpailukykyinen käsinkylvöön verrattuna ja tasaa työvoimahuippuja.

Konekylvöllä saavutetaan seuraavanlaisia hyötyjä luontaiseen uudistamiseen ja käsin kylvöön verrattuna:

- » kaksi toimenpidettä tehdään samalla kertaa: maanmuokkaus ja kylvö
- » siemen pääsee aina tuoreeseen ja kosteaan muokkausjälkeen
- » ei tarvitse tulla korjaamaan myrskyn kaatamia siemenpuita eikä ylipäättään siemenpuita
- » jalostetun siemenen käyttö: parempi laatu ja kasvu
- » siemen varmasti maassa; ei riippuvaisuutta siemenvuosista
- » parempi tilajärjestys (tasaisempi ja tiheämpi taimikko)
- » puukaupassa kerralla suurempi kertymä [kuin siemenpuuhakkuussa]

Kylvökohteet

Maaperältään kylvökohteiksi soveltuvia kasvupaikkoja ovat kivennäismailla kuivahkot (puolukkatyyppin ryhmä) ja kuivat (kanervatyyppin ryhmä) kankaat. Ne ovat luontaisesti männyn kasvupaikkoja, joilla niukka pintakasvillisuus ei haittaa kylvötaimien kehitystä. Myös maaperältään karkeat ja hyvin vettäläpäisevät vähäravinteiset tuoreet kankaat (mustikkatyyppin ryhmä) soveltuvat kylvökohteiksi. Turvekankailla mäntyä voidaan kylvää ravinteisuudeltaan kuivahkoja ja kuivia kankaita vastaavilla kasvupaikoilla, puolukka- ja varputurvekankailla.

Kasvupaikkatyyppi yksin ei kuvaa riittävän hyvin uudistamisolosuhteita, sillä erityisesti kylvön onnistumisen kannalta tärkeät tunnuksot – maaperän vedenläpäisevyys, ilmavuus, routiminen, ravinteiden saatavuus ja pintakasvillisuuden kilpailu – riippuvat maalajista. Kylvö soveltuu parhaiten maalajiltaan karkean ja keskikarkean kuivan tai kuivahkon kankaan uudistamiseen. Hienojen lajitteiden (hieno hieta ja hienommat) suuri määrä kasvattaa epäonnistumisriskiä metsätyyppistä riippumatta. Lajittuneilla mailla kylvö onnistuu paremmin kuin moreenimailla. Tuoreella ja lehtomaisella kankaalla rouste, pintakasvillisuus ja lehtipuuvesakko hidastavat kylvötaimien kasvua ja lisäävät taimien kuolleisuutta.

Kylvökohteet vaativat aina maanmuokkauksen, mutta kivennäismaan paljastaminen riittää (kuva 3). Muokkausjälkeen voi jäädä hieman humusta, mutta liian syväälle kivennäismaahan ulottuva muokkaus heikentää taimettumista.



Kuva 3. Kylvössä parhaaseen tulokseen päästään kevyellä, humuksen ja kivennäismaan rajan eli vaalean huuhtoutumiskerroksen pinnan paljastavalla muokkauksella. Kuvassa maa on muokattu kylvön yhteydessä äestäen. Kuva: Timo Tomperi.

Kylvö onnistuu varmimmin vapusta juhannukseen. Maa on vielä kostea roudan sulamisen jäljiltä, mutta jo riittävän lämmintä. Heinäkuussa kuivuus- ja roustetuhoriski lisääntyy ja myöhemmin syntyneet taimet eivät ehdi talveentua riittävästi. Pohjois-Suomessa myös syyskylvö voi onnistua, kuitenkin aikaisintaan lokakuussa. Silloin siemenet talvehtivat lumen alla ja itävät seuraavana keväänä. Etelä-Suomessa siemenet yleensä tuhoutuvat talven aikana.

Koneellisen kylvön edut

Kylvö kannattaa ensisijaisesti tehdä koneellisen maanmuokkauksen yhteydessä. Koneellinen kylvö on helppo, nopea ja halpa menetelmä käsinkylvöön ja istutukseen verrattuna. Uudistamistulos koneellisessa kylvössä on jopa parempi kuin käsin kylvössä, sillä kone-

kylvössä siemen pääsee aina tuoreeseen ja kosteaan muokkausjälkeen. Uudistamistulos voi olla parempi myös siksi, että konekylvöt tehdään todennäköisesti enemmän oikeaan aikaan touko–kesäkuussa kuin käsinkylvöt. Koneellisella kylvöllä on myös hyvä imago, sillä kylvö koetaan luonnonmukaisemmaksi uudistamismenetelmäksi kuin istutus.

Konekylvölaitteet

Konekylvössä peruskoneena on kaivinkone tai metsätraktori, johon maanmuokkaus- ja kylvölaite yhdistetään. Maanmuokkaus tehdään joko äestyksenä tai laikutuksena. Siemenannostelija kiinnitetään joko metsä-äkeeseen (kuva 4) tai laikutuksessa kaivinkoneen kauhaan tai jatkuvatoimiseen laikkuriin. Metsä-äkeellä muokattaessa tehdään noin 60 cm:n levyistä kivennäismaakaistaa 4 000–5 000 metriä hehtaarille. Laikutuksen yhteydessä kylvettäessä kylvökohtia tehdään 4000–5000 kappaletta hehtaarille. Siementä tarvitaan konekylvössä noin 350 grammaa hehtaarille.



Kuva 4. Metsä-äes + kylvölaite. Kuva: Timo Tomperi.

2.2.2 LAADUN VARMISTUS KONEKYLVOSSÄ

Koneellisen kylvön laadunhallinta on koneyrittäjän vastuulla. Kylvökoneen kuljettajan tulee kerätä ja laatia työkohdekohtainen dokumentti kylvöajankohdasta, siemenmäärästä, muokkaustiheydestä ja muista tarvittavista laatutekijöistä. Siksi kuljettajalla tulee olla hyvät kirjalliset työ- ja mittausohjeet.

Ensimmäisen kylvön jälkeisen syksyn taimimäärä voi vaihdella voimakkaasti kesän sääolosuhteista riippuen. Keskimäärin puolet ensimmäisenä syksynä elossa olevista kylvötaimista on elossa 10 vuoden kuluttua kylvöstä. Ensimmäinen luotettava arvio kylvön



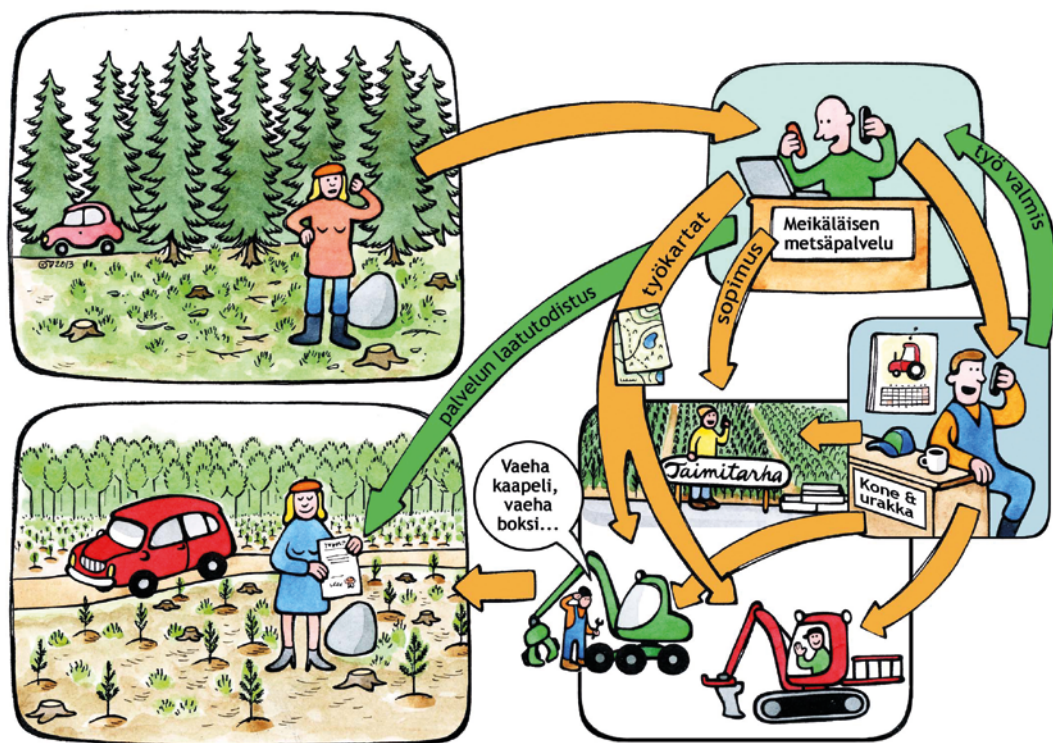
Kuva 5. Hyvä kylvötulos. Metsänviljelyssä kylvö sopii ainoastaan männyn uudistamiseen. Kuva: Metla.

onnistumisesta (kuva 5) saadaan kuitenkin vasta toisena kylvön jälkeisenä syksynä. Kylvösiemenen jälki-itäminen on Etelä-Suomessa vähäistä. Muokkausjälki pysyy taimettumiskuntoisena säästöpuista ja reuna-metsästä tulevalle siemennykselle 3–5 vuotta kasvupaikasta ja kohteen sijainnista riippuen.

Konekylvön tulosta heikentävät lähinnä kivisyys, kannot ja runsas hakkuutähteiden määrä. Muokkausjälkeä ja kylvön työjälkeä seurataan koneenkuljettajan tekemänä omavalvontana. Äestysjäljen laadunvarmistus koostuu uudistuslalle tehdyn äesjäljen tiheyden mittauksesta sekä äesjäljen ominaisuuksien tarkastamisesta. Laikutuksessa muokkausasteiden tiheys ja laatu ovat tarkastelun kohteena omavalvonnassa. Kylvön laadun varmistamiseksi kylvölaitteen toiminta, esimerkiksi suuttimien suuntaus ja puhkaus on tarkistettava säännöllisesti. Riittävä siemenmäärä muokkausjäljessä varmistaa taimettumista.

2.3 KONEELLINEN ISTUTUS

Koneellista istutusta on kokeiltu ja tehty erilaisilla koneratkaisuilla jo muutaman vuosikymmenen ajan, mutta silti vasta pieni osa istutuksista tehdään koneellisesti. Koneellisessa istutuksessa ei ole kyse pelkästään yhden työvaiheen koneellistamisesta, vaan siinä maanmuokkaus ja istutus tehdään samalla koneella yhtä aikaa. Uudistamiskohde saadaan valmiiksi yhdellä kertaa ja saman koneyrittäjän toimesta (kuva 6). Istutusprosessin toimijoita ovat koneyrittäjän lisäksi metsäpalveluntarjoaja, jolta asiakas ostaa istutuspalvelun sekä taimitarha, joka pitkin istutuskautta toimittaa koneyrittäjälle oikean määrän istutusajankohtaan sopivia taimia. Koneyrittäjän näkökulmasta tarkasteltuna metsäpalveluntarjoaja on urakanantaja.



Kuva 6. Koneellisen istutuspalvelun tuottaminen. Metsänomistaja ostaa istutuspalvelun metsäpalveluntarjoajalta. Metsäpalveluntarjoaja tarjoaa istutusurakan koneyrittäjälle, joka saa taimitarhalta istutusajankohtaan sopivat taimet. Uudistamiskohde saadaan valmiiksi yhdellä kertaa ja saman koneyrittäjän toimesta. Kuva: Tupu Vuorinen

2.3.1 KONEELLISEN ISTUTUKSEN PERUSTEET

Koneellista istutusta käytetään pääasiassa kuusen paakkutaimien istutukseen. Istutuslaitteiden peruskoneena on yleisimmin kaivinkone, mutta peruskoneena voidaan käyttää myös hakkuukonetta. Koneellinen istutus soveltuu kohteisiin, joiden uudistamismenetelmänä on laikkumätästys ja kuusen istutus. Kohde ei kuitenkaan saa olla liian kivinen ja vesitalouden tulee olla kunnossa. Toteutusta helpottaa, jos alueelta on ennen istutusta korjattu hakkuutähteet ja nostettu kannot.

Koneistutuksen onnistumisen kannalta tärkeää on hyvä maanmuokkaus sekä istutusajankohtaan sopiva ja oikeankokoinen taimimateriaali. Lisäksi oikea kohdevalinta ja ammattitaitoinen koneenkuljettaja varmistavat hyvän lopputuloksen. Tutkimuksissa koneistutuksen muokkaus- ja istutustiheys ovat olleet tavoitteiden mukaisia ja taimien elävyys jopa parempaa kuin erikseen tehdyissä laikkumätästyksessä ja istutuksessa. Tämä johtuu siitä, että taimien kasvuun lähtöön ja elossa pysymiseen vaikuttavat yksityiskohdat toteutuvat koneistutuksessa miestyötä varmemmin hyvällä laadulla.

Taimihuolto

Taimityypiltään kaikki istutuskoneilla istutettavat taimet ovat paakkutaimia ja puulajeistamme kuusi soveltuu parhaiten koneelliseen istutukseen, mutta myös mäntyä istutetaan koneellisesti. Etelä-Suomessa kuusta voidaan istuttaa toukokuusta syyskuun loppuun. Männyn taimia suositellaan istutettavan vain keväällä kesäkuun alkuun saakka ja syyskesällä elokuusta syyskuun loppuun. Kesällä kasvussa oleva männyn vuosikasvain on herkkä vaurioitumaan eikä kesäistutuksia siksi suositella.

Koneistutuksessa taimimateriaalin alkuperä- ja laatuvaatimukset ovat samat kuin mies-työnä tehtävässä istutuksessa (kuva 7). Koneella istutettaessa taimien tasalaatuisuuden ja yksittäisen taimierän tasakokoisuuden merkitys kuitenkin korostuu. Juuriston on oltava ehjä ja elinvoimainen sekä juuripaakun riittävän kiinteä, jotta paakku pysyy ehjänä koneen tärinässä. Koska kuusen istutuskausi kestää koko kesäkauden, eri istutusajankohtiin on valittava juuri niihin tuotettuja taimia. Taimihuollon organisoimiseksi on tiedettävä eri istutuskauden vaiheisiin (keväät-kesä-syysy) tarvittavat taimimäärät, jotta taimitarhalta voidaan toimittaa istutusajankohtaan parhaiten soveltuva taimimateriaali.



Kuva 7. Taimierän alkuperä- ja kasvatustiedot ilmenevät taimipakkauksen etiketistä. Kuva: Metla.

Keväällä voidaan istuttaa maalajiltaan kaikenlaisia kohteita. Rousteherkät hienojakoiset maat on istutettava keväällä, jotta taimet ehtivät juurtua paremmin kasvupaikalleen ja rousteriski pienenee. Myös ahavahekät kohteet on istutettava alkukesällä roudan sulamisen jälkeen, jotta taimet juurtuvat ennen syysy. Kevätistutuksissa käytetään ulkona tai pakkasvarastossa varastoituja lepotilaisia taimia. Pakkasvarastoitujen taimien on oltava täysin sulaneita istutettaessa.

Kesäistutusta suositellaan nykyisen tutkimustiedon valossa vain kuuselle. Heinäkuussa istutetaan riittävän kookkaita, kasvussa olevia 1 ½ -vuotiaita kuusen taimia, jotka on tuotettu nimenomaan kesäistutuksiin. Kesäistutuksessa taimilla on suurempi riski vaurioitua mekaanisesti kuin lepotilaisilla taimilla. Kesällä istutetut kuusen taimet juurtuvat kuitenkin nopeasti lämpimässä maassa ja niiden kasvu on nopeaa, mutta niillä on keväällä istutettuja taimia suurempi kuivumisriski.

Syysistutuksissa heinäkuun lopusta eteenpäin istutetaan lyhytpäiväkäsiteltyjä taimia, jotka kestävät syyshalloja ja kuivuutta käsittelemättömiä taimia paremmin. Syksyllä voidaan istuttaa sekä lyhytpäiväkäsiteltyä mäntyä että kuusta ja nykytiedon perusteella syyskuun jälkipuoliskolla myös käsittelemättömiä taimia. Istutuskausi suositellaan lopetettavaksi syyskuun lopussa, jotta taimet ehtivät juurtua.

Koneistutus vähentää työnjohdon tarvetta, sillä taimet toimitetaan suoraan istutuksesta vastaavan koneyrityksen välivarastoon. Välivaraston on oltava tasainen ja varjoisa paikka, esimerkiksi konehallin vierusta, jossa taimien kastelu ja huolto on helpommin toteutettavissa kuin maastossa. Välivarastoon toimitetaan noin kahden viikon tarvetta vastaava taimimäärä. Kesällä taimet kasvavat pituutta 1-2 cm vuorokaudessa, joten taimien toimitusaikataulut ja määrät täytyy olla hallinnassa, etteivät taimet kasva yli pituuskokonsa. Istutuskoneen kuljettaja yleensä vie mukanaan päivittäin tarvittavan taimimäärän välivarastolta työkohteelle.

Kohdevalinta

Onnistunut kohdevalinta on koneellisessa istutuksessa hyvän laadun ja tuottavuuden edellytys. Kaikki uudistamiskohteet eivät sovi koneelliseen istutukseen. Lähtökohtaisesti kaikki kohteet, jotka voidaan mätästää, voidaan myös istuttaa koneellisesti.

Kohdevalintaan vaikuttavat:

- » *kivisyys*
- » *kohteen pinta-ala*
- » *kasvupaikka*
- » *puulaji*
- » *kohteen vesitalous ja kaltevuus*

Runsas **kivisyys** vaikeuttaa ja hidastaa koneellista istutusta huomattavasti. Ongelmalista on, ettei kivisyydestä aina saada riittävän tarkkaa ennakkotietoa uudistamisen suunnittelun yhteydessä, sillä kivisyyden silmämääräinen arviointi ei anna luotettavaa tulosta. Koneellisen istutuksen kannalta merkitsevää on maanperän kivisyys maanmuokkaukseen kohdistuvassa noin 20–30 cm paksussa humus- ja kivennäismaakeroksessa. Maanperän kivisyyden mittaamiseksi voidaan käyttää kivisyysrassia (kuva 8), jolla mitataan alle 20 cm syvyydessä kiveen osuneiden painallusten osuus. Kohde soveltuu hyvin koneelliseen istutukseen, kun kiveen osuneiden painallusten osuus on korkeintaan 60 %.



Kuva 8. Kohteen kivisyys määritetään kivisyysrassilla, jolla mitataan alle 20 cm syvien painumien osuus. Kuva: Metla.

Koneellisesti uudistettavan **kohteen pinta-ala** on oltava riittävän iso, jotta työ on tarpeeksi kustannustehokasta. Pienillä kohteilla koneen siirrot ja muut oheistoiminnot vievät liian suuren osan työajasta ja yksikkökustannukset nousevat. Käytännössä uudistettavan kohteen tulisi olla vähintään hehtaarin kokoinen. Riittävän ajoissa ennen istutuskautta tehtävällä uudistuskohdeiden suunnittelulla voidaan työkohteet ketjuttaa järkeviksi kokonaisuuksiksi.

Kasvupaikoista koneistutuskohteiksi soveltuvat parhaiten tuoreet kankaat (MT) ja sitä viljavammat kasvupaikat sekä mätästettävät kuivahkot kankaat (VT), koska koneellisessa istutuksessa käytetään maanmuokkaustapana laikkumätästystä. Koneellista istutusta on käytetty ensisijaisesti kivennäismailla, sillä turvemaiden koneistutuksesta on vähän tutkimustietoa. Koneistutus soveltuu ruoho- ja mustikkaturvekankaalle, joilla kuivatuserot ovat kunnossa.

Puulajeista kuusi soveltuu parhaiten koneistutukseen, sillä kuusen uudistusaloilla laikkumätästys on paras maanmuokkausmenetelmä ja kuusta voidaan istuttaa koko istutuskausi toukokuusta syyskuun loppuun. Myös männyn koneistutus onnistuu hyvin, mutta mänty ei sovellu kesäistutukseen vuosikasvaimen vaurioitumisherkkyiden vuoksi. Periaatteessa istutuslaitteilla voidaan istuttaa muidenkin puulajien paakku-taimia, mutta käytännössä kuusi ja mänty ovat ainoat istutettavat. Mäntyä istutettaessa tavoiteltiheydenä Etelä-Suomessa voidaan pitää 2000–2500 tainta hehtaarille ja kuuselle 1800–2200 tainta hehtaarille kasvupaikkatyyppistä riippuen.

Kohteen vesitalous ja maaston kaltevuus ovat muita huomioon otettavia asioita koneellisen istutuksen kohdevalintaa tehtäessä. Ojitukset ym. vesitalouden järjestelytoi-

menpiteet tulee tarvittaessa tehdä ennen istutusta. Laikkumätästystä voidaan kuitenkin käyttää kohteessa, jossa pohjavesi ei nouse mättään korkeudelle. Pienialaiset kosteat painanteet voidaan jättää käsittelemättä ja antaa niiden uudistua luontaisesti. Kohteen maasto ei saa olla jyrkkärinteistä, vaan kaltevuuden osalta tulee ottaa huomioon koneen vaatimukset.

Hakkuutähteiden ja kantojen korjuu nopeuttaa koneellista istuttamista, parantaa työn laatua sekä helpottaa kohteen kivisyyden arviointia.

2.3.2 ISTUTUSTYÖN TOTEUTUS

Laitteet

Käytössä olevien istutuslaitteiden peruskoneena on useimmiten kaivinkone (kuva 9), mutta käytössä on myös hakkuukoneeseen yhdistettyjä istutuslaitteita. Peruskoneen puomin on oltava tarpeeksi kestävä laikkumätästykseen ja koneen maavaran ja raidelevyyden on oltava sellaisia, että sillä pystytään työskentelemään ja tasapaino säilyy istutuslaitetta käytettäessä.



Kuva 9. Käytössä olevien istutuslaitteiden peruskoneena on useimmiten kaivinkone. Kuvassa Risutec istutuskone. Kuva: Jussi Aikala.



Kuva 10. Istutuslaite asennetaan peruskoneen puomin päähän. Kuvassa Bracke-istutuslaite. Kuva: Mikael Kukkonen.

Istutuslaite asennetaan peruskoneen puomin päähän ja sillä tehdään sekä maanmuokaus että istutus (kuva 10). Markkinoilla on tällä hetkellä seuraavien valmistajien istutuslaitteita: suomalaiset M-Planter (M-Planter Oy) ja Risutec (Risutec Oy) sekä ruotsalainen Bracke (Bracke Forest Ab). M-Planter valmistaa muista poiketen yksipäisen istutuslaitteen lisäksi myös laitetta, jossa on kaksi istutuspäätä. Risutec puolestaan on kehittänyt laitetta, jossa taimikasetin syöttö tapahtuu automaattisesti. Jatkuvatoimisella istutuslaitteella olisi mahdollisuus nostaa työn tuottavuus kokonaan uudelle tasolle. Muutamalla laitevalmistajalla on siihen lupaavia ratkaisuja kehitteillä, mutta tähän mennessä (2013) mikään niistä ei ole onnistunut tekemään läpimurtoa.

Tuottavuustutkimuksissa kaksipäinen istutuslaite on osoittautunut yksipäistä nopeammaksi. Yksi- ja kaksipäisen istutuslaitteen tuottavuusero kapenee haastavissa istutuskohteissa eli kivisyyden ja kantojen määrän kasvaessa, jolloin kaksipäisellä istutuslaitteella käytetäänkin vain toista istutuspäätä. Kaksipäinen istutuslaite on lisäksi kaivinkoneen puomin rasituskestävyydelle vaativampi etenkin kivisillä kohteilla ja sille suositellaan vähintään 14 tonnin metsäalustaista kaivinkonetta. Rinnemaastoissa ihan-teellinen kokoluokka laitevalmistajan mukaan on noin 17 tonnia.



Kuva 11. Kaivinkoneeseen asennettu kaksipäinen M-Planter istutuslaite.
Kuva: Mikael Kukkonen.

Taimia kuljetetaan istutuskoneen mukana olevassa taimitelineessä yhden työvuoron tai työpäivän tarpeisiin. Taimitelineitä on hiukan erilaisia, mutta yleensä ne on sijoitettu peruskoneen taakse (kuva 12).



Kuva 12. Taimiteline on kiinnitetty hakkuukonealustaisen istutuskoneen taakse.
Kuva: Mikael Kukkonen.

Kuljettaja lataa taimet käsin istutuslaitteen päällä olevaan taimikasettiin (kuva 13). Istutuslaitteeseen ladattavien ja välivarastoon jäävien taimien juuripaakkujen on oltava riittävän märkiä, eivätkä taimet saa kuivua missään vaiheessa. Työmaalla on huolehdittava taimien riittävästä kosteudesta, joten taimihyllyjen pohjalle voidaan laittaa esimerkiksi kasteltu öljyn imeytysmatto. Silti helteisinä päivinä on varauduttava kastelemaan taimia työvuoron aikana. Taimitelineessä on hyvä olla sadesuoja estämässä taimien vettymistä kovalla sateella.



Kuva 13. Kuljettaja lataa taimet käsin taimikasettiin. Kuva: Timo Tomperi.

Istutustyön eteneminen

Koneellisessa istutuksessa uudistusalalla tehdään maanmuokkaus laikkumätästykseenä ja istutus samalla kertaa. Maanmuokkauksen tavoitteena on luoda suotuisat olosuhteet taimien kasvulle. Erityisesti mätäissä taimelle käyttökelpoisten ravinteiden määrä lisääntyy, sillä pinnan kivennäismaan alla oleva kaksinkertainen humuskerros on ravinteiden suhteen taimelle hyvä kasvupaikka mätään lämpöisyyden ja voimakkaan mikrobien hajotustoiminnan yhteisvaikutuksen vuoksi. Pintakasvillisuus haittaa selvästi vähemmän taimien kasvua sekä tukkimiehentäi- ja myyrätuhot vähenevät muokatuilla aloilla. Tukkimiehentäit eivät liiku mielellään paljastetulla kivennäismaalla. Tutkimukset osoittavat, että metsänuudistamistulokset ovat parantuneet muokkausmenetelmien kehittyessä.

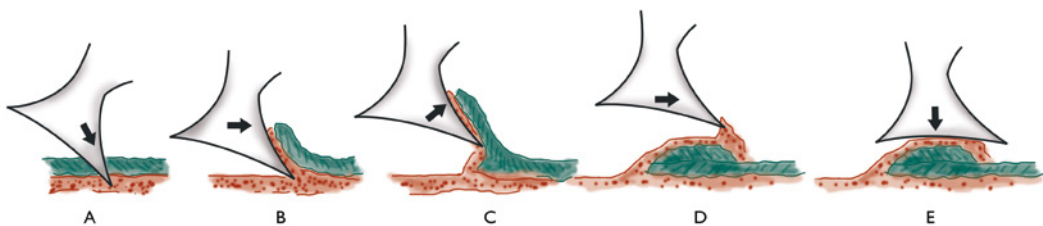
Laikkumätäs tehdään kääntämällä muokkauslevyllä vedetty maa muokkaamattoman maan pinnalle, jolloin tehdyn mätään sisään jää kaksinkertainen humuskerros ja mätään pinta on yhtenäistä kivennäismaata. Mätään pinnalla olevan kivennäismaakerroksen tulisi olla paksuudeltaan 5–15 cm. Mätään peittävän kivennäismaamäärän saamiseksi mätään pintaan laikun pituutta tarvittaessa lisätään. Kivisissä kohdissa ja kohteilla, joissa on paksu humuskerros, joudutaan myös lisäämään laikun syvyyttä riittävän kivennäismaamäärän saamiseksi mätään pintaan.

Mättäät tehdään kohtiin, joissa ei ole häiritseviä kiviä, kantoja, hakkuutähteitä tai muita pintaesteitä. Tarvittaessa hakkuutähteet työnnetään syrjään istutuslaitteella. Mättäitä ei tule tehdä kuopan tai painanteen pohjalle. Työkohteen maastonmuodot vaikuttavat siihen, mihin kohtaan laikkumätäs voidaan tai on kannattavaa tehdä. Työmaalla, jossa kantoja ei ole nostettu, laikkumätäs on osattava tehdä kantojen juurten väliin (kuva 14) Jos kannot on nostettu tai kantoja ei ole istutuskohdan lähetyvillä, laikkumätäs tehdään mahdollisimman korkealle kohdalle.



Kuva 14. Kantoisessa maastossa laikkumätäs on osattava tehdä juurten väliin.
Kuva: Mikael Kukkonen.

Muokkausvaiheen alussa työnnetään mahdolliset hakkuutähteet pois sopivalta istutuskohdalta ja sen jälkeen tehdään mätäs vetämällä istutuslaitetta takaisin peruskonetta kohti. Mätästykseen tarkoituksena on saada mättään sisään kaksinkertainen humuskerros. Mättään tekemisen periaate vaiheittain näkyy kuvasta 15.



Kuva 15. Periaatekuva mättään tekemisestä kiinteällä istutuspäällä.
Kuva: Essi Puranen, Metla.

Kuvan 15 mukaisesti istutusmätäs muodostuu kiinteällä istutuspäällä maa-aineksen kääntyessä ympäri ja taimi asetetaan mättääseen. Tehty mätäs tiivistyy istutuslaitteen painon alla ja istutettu taimi tiivistetään (kuva 16). Istutuspuun mätästyslevy voi olla myös hydraulitoiminen.



Kuva 16. Istutuslaitteen tiivistystassut tiivistävät jokaisen taimen vakiopaineella.
Kuva: Mikael Kukkonen.

Hyvän mättään leveyden tulee olla 50–70 cm ja pituuden 60–90 cm. Mättään pinnalla olevan kivennäismaakerroksen tulee olla paksuudeltaan 5–15 cm. Mättään korkeus vaihtelee 5–30 cm kasvupaikan mukaan siten, että hienojakoisilla ja turvemaiilla mättäät ovat matalampia. Mättääseen ei saa jäädä hakkuutähdettä, sillä se jättää helposti humuskerroksen väliin ilmakerroksen. Tämä estää veden kapillaarisen nousun pohjamaasta mättään pintaosiin ja lisää siten mättään kuivumisriskiä. Taimi istutetaan mättään keskelle siten, että taimen ympärille jää 10–20 cm yhtenäinen kivennäismaapinta. Tämä vähentää sekä pintakasvillisuuden kilpailua että tukkimiehentäin syöntiä.

Kuva 17. Kuusen taimi istutetaan ns. syväistutuksena, jolloin taimipaakun yläreunan päälle tulee maata vähintään 5 cm. Juuripaakun on yletyttävä kaksinkertaiseen humuskerrokseen. Vähintään puolet versosta on oltava maan päällä, jotta riittävä neulasten yhteyttämispinta-ala maan pinnalla takaa hyvän kasvun ja elinvoimaisuuden. Kuva: Erkki Oksanen, Metla.



Taimi istutetaan suoraan ja keskelle mätästä ns. syväistutuksena, jolloin paakun yläreunan päälle tulee maata vähintään 5 cm ja taimipaakun alapinta ulottuu mättään sisään jääneeseen humuskerrokseen (kuva 17). Taimen elossa säilymisen varmistamiseksi vähintään puolet versosta on oltava maan pinnalla. Kun istutus on tapahtunut, pidetään laitetta paikoillaan riittävän kauan, jotta maa-aines taimen ympärillä ehtii tiivistyä kunnolla. Tämän jälkeen istutuslaite nostetaan kohtisuoraan ylös, jotta taimi ei vaurioidukaan tai käänny vinoon.



Kuva 18. Koneistutuksessa jokainen taimi istutetaan tuoreeseen mättääseen ja jokaisessa mättäässä on taimi. Kuvassa Risutecilla peltoon istutettu kuusi. Kuva: Mikael Kukkonen.

Istuttaminen hakkuukoneella

Koneellista istutusta voidaan tehdä myös hakkuukoneella (kuva 19). Tällöin liikeratapuomia käytännöllisempi on liukupuomi, jolla liike on enemmän kaivurimainen. Menetelmä vaikuttaa erittäin hyvältä ja siihen sopii vanhempikin hakkuukone, kunhan koneen puomi on riittävän vahva kestämään koneistutustyön väännöt. Istutustyön tuotavuuteen ei alustakoneella ole ollut vaikutusta.



Kuva 19. Hakkuukoneella työskennellään eteenpäin ajaen siten, että ensin istutetaan molemmat sivut puolikaareissa ja lopuksi ajolinjan keskelle. Osa koneen alkupe- räisestä puomista on korvattu vahvemmalla. Kuva: Mikael Kukkonen.

Työmalli hakkuukoneella istuttaessa poikkeaa kaivinkoneella tapahtuvasta koneistutuksesta. Kaivinkoneella kuljetaan peruuttaen ja istutetaan koneen jälkeen, mutta hakkuukoneella istutetaan eteenpäin mennessä. Näkyvyys on tällöin hyvä ja liikkuminen sujuvaa. Koneella istutetaan ensin puolikaareissa molemmat sivut ja jätetään koneen edusta istuttamatta. Lopuksi koneen eteen ajolinjan keskelle istutetaan siten, että koneella voidaan ajaa ajolinjalla olevien taimien yli renkaiden niitä vahingoittamatta.

Ajolinjojen tekeminen istutusvaiheessa voi helpottaa seuraavia käsittelyitä, kuten konekitkentää. Taimikon tilajärjestyksestä on helppo hahmottaa istutuskoneen ajolinjat, ja vähentää yliajossa vaurioituvien kuusten määrää ajamalla samoja renkaanjälkiä pitkin. Asiaa helpottaa edelleen, mikäli taimien sijainnista istutusvaiheessa tallennetaan metsätietojärjestelmään tarkkaa gps-paikannusta hyödyntäen sijaintitieto.

2.3.3 KONEELLISEN ISTUTUKSEN LAADUNHALLINTA

Työn laatu koneellisessa istutuksessa

Tehtyjen tutkimusten mukaan koneellisessa istutuksessa muokkaus- ja istutustiheys ovat olleet tavoitteen mukaisia ja taimien elävyys jopa parempaa kuin erikseen tehdystä laikkumätästyksestä ja käsinistutuksessa. Esimerkiksi taimikoiden inventointitutkimuksien mukaan eteläsuomalaisissa yksityismetsissä kolmen vuoden jälkeen istutuksesta on elossa olevia taimia ollut keskimäärin alle 1400 tainta hehtaarilla. Vastaavasti koneistetuista taimista elossa on ollut 1600 tainta hehtaarilla.

Koneellisen istutuksen onnistumisen kannalta tärkeää on hyvä maanmuokkaus ja istutusajankohtaan sopiva, oikeankokoinen taimimateriaali. Lisäksi ensiarvoisen tärkeää on oikea kohdevalinta sekä konetyötä tekevä maanmuokkauksen ja istutuksen biologiset perusteet hallitseva kuljettaja.

Koneellisen istutuksen etuna erilliseen maanmuokkaukseen ja käsinistutukseen verrattuna on, että uudistamiskohde tulee kerralla valmiiksi. Mikäli hakkuun ja metsänuudistamisen välissä uudistusala on ehtinyt heinittyä, koneistutuksen jäljiltä taimen lähiympäristö on kuitenkin vapaa heinäkasveista. Istutuskoneilla taimet istutetaan aina mättään keskelle tuoreeseen muokkausjälkeen, mikä varmistaa hyvän alkukehityksen taimelle. Koneistutuksessa jokaiseen mättääseen tulee taimi ja toisaalta myös kaikki taimet ovat mättäissä.

Tehokkaasti kerralla tehtävällä uudistamisella tavoitellaan kustannussäästöjä taimikon kehityksen myöhemmissä vaiheissa. Tuore mätäs vähentää tukkimiehentäin tuhoja ja häiritsevän vesakon kehitys on vähäisempää. Taimi on mättäessä muokkaamattoman maan pintaa korkeammalla, jolloin pintakasvillisuuden kilpailu vähenee taimen lähellä. Mätästys myös vähentää hallavaurioita ja kohottaa maan lämpötilaa, jolloin juurten kasvu ja veden sekä ravinteiden saanti paranee. Kunnollisella maanmuokkauksella ja istutuksella saavutetaan säästöjä myös alhaisemman taimikuolleisuuden, pienemmän täydennysviljelytarpeen ja paremman kasvun ansiosta. Kustannussäästöä syntyy myös taimikonhoidossa, kun poistettavaa puustoa on vähemmän ja taimet ovat aina mättäissä ja näin työ on nopeampaa ja edullisempää. Koneellinen taimikonhoito onnistuu myös helpommin, mistä syntyy lisää kustannussäästöä.

Koneellisen istutuksen etuna on työn tasalaatuisuus, koska kone istuttaa taimet maahan aina samalla vakiovoimalla. Työn tuloksen laadukkuus paranee myös siksi, että sama yrittäjä vastaa koko uudistamistoimenpiteestä eikä työvaiheiden väliin synny aika- eikä tietokatkoksia. Onnistunut ja nopea uudistaminen vaikuttaa kasvatettavan metsän laatuun ja tuotokseen koko kiertoajalla sekä lyhentää kiertoaikaa.

Työn laadun valvonta

Koneellisen istutuksen laatua valvotaan omavalvonnalla. Omavalvonnassa istutuskooneen kuljettaja itse mittaa systemaattisesti työnsä laatua ja kirjaa tulokset ylös. Omavalvonnan tärkeimpänä tavoitteena on varmistaa istutuksen tavoitetiheys sekä maanmuokkauksen ja istutustyön laatu.

Koneellisen istutuksen omavalvonnassa kuljettaja mittaa tietyn määrän koealoja istutuskohteelta. Jokaiselta koealalta mitataan istutustiheys ja taimen istutussyvyys sekä muokkausjäljen koko. Lisäksi määritetään maalaji sekä tieto kivisyydestä ja hakkuutähteistä, mikäli ne ovat heikentäneet työn laatua. Istutustiheys lasketaan mitattujen koealojen keskiarvona ja muunnetaan hehtaarikohtaiseksi.



Kuva 20. Omavalvonnalla koneenkuljettaja mittaa systemaattisesti työn laatua ja tarvittaessa korjaa havaitut puutteet välittömästi. Kuva: Metla.

Koneellisessa istutuksessa on ollut vähemmän laatupoikkeamia verrattuna miestyönä tehtyyn istutukseen. Laatupoikkeamat liittyvät yleensä liian pinnalliseen istutussyvyyteen tai puutteelliseen taimen tiivistykseen, jotka osittain voivat johtua väärästä kohdevalinnasta tai huolimattomuudesta taimien käsittelyssä. Istutustyön laatu määritetään laskemalla epäonnistuneesti istutettujen taimien lukumäärä. Epäonnistuneeksi istutukseksi katsotaan taimien kuolemaan johtavat syyt, joita ovat liian pinnallisen istutuksen seurauksena juuripaakun osan jääminen maan pinnalle kuivumaan tai taimessa oleva mekaaninen istutusvaurio. Lisäksi lasketaan hukkataimet eli istutusputkesta pudonneet istuttamattomat taimet.

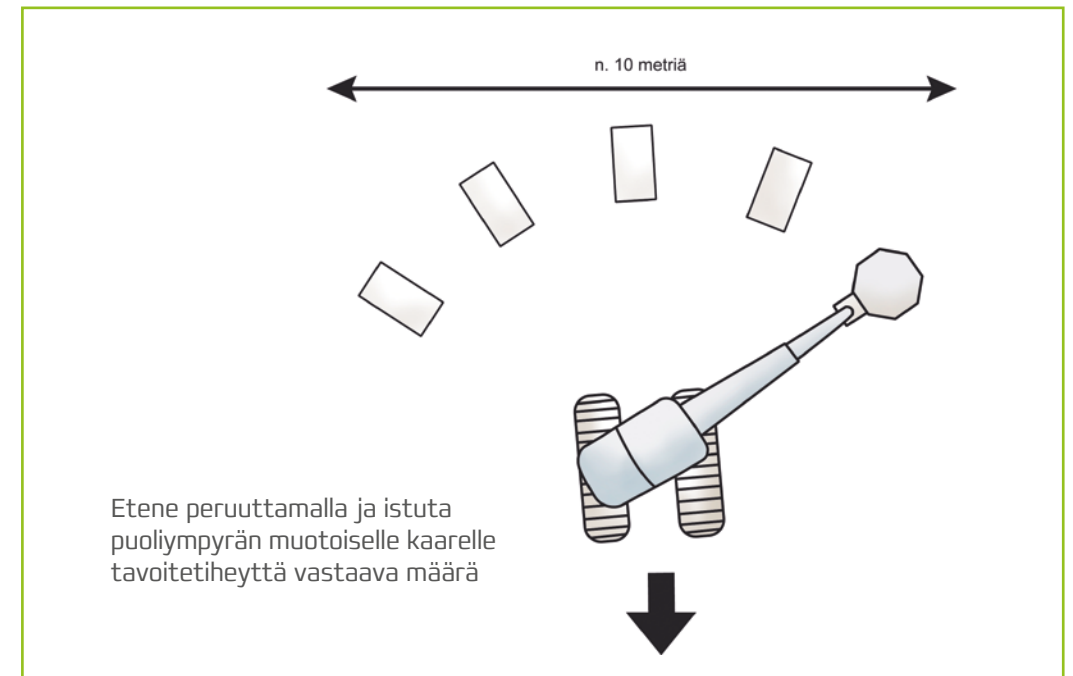
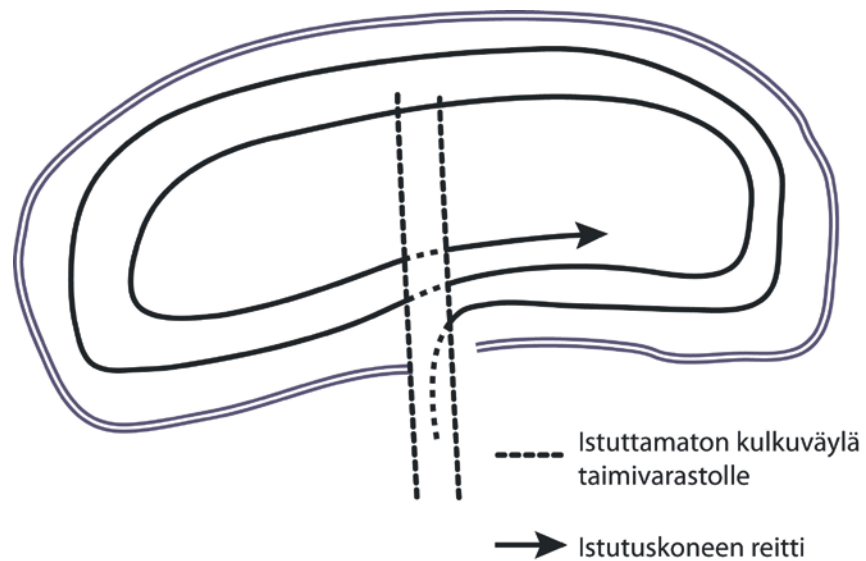
Istutuskoneen kuljettajan suorittamien valvontamittausten (kuva 20) ohella urakanantaja valvoo kontrollimittauksin omavalvonnan toteutusta ja työn laatua.

KONEISTUTUSOHJE KONEENKULJETTAJILLE KAIVINKONEELLA ISTUTETTAESSA

Istuttajan muistilista

1. tarkista peruskoneen ja istutuslaitteen käyttökunto ja tee tarvittavat säädöt
2. ota uudistusalueelle vain työpäivän tarpeen verran taimia
3. muista taimien kastelu – ÄLÄ ISTUTA KUIVIA TAIMIA
4. täytä taimikasetti huolellisesti –syöttöhäiriöt vähenevät
5. suunnittele eteneminen uudistusalueella etukäteen, jotta istutuskoneelle tulee mahdollisimman vähän siirtoajoja
6. etene kaltevilla kohteilla rinteeseen suuntaisesti
7. etene koneella peruuttamalla ja istuttamalla puoliympyrän muotoista kaarta
8. tehosta työskentelyä liittämällä eri työvaiheita
9. Istuta kohtiin, jossa ei ole maanmuokkausta häiritseviä pintaesteitä
10. pyri tekemään mättäät yhdellä vedolla
11. tiivistä mättäät
12. istuta taimi suoraan ja keskelle mätästä
13. istuta taimi riittävän syväälle
14. mittaa istutustyön laatu säännöllisesti

Istutustyön eteneminen – etene maastoa myötäillen työmaan reunoilta kohti alueen keskustaa jättäen istuttamaton kulkuväylä huoltopisteelle

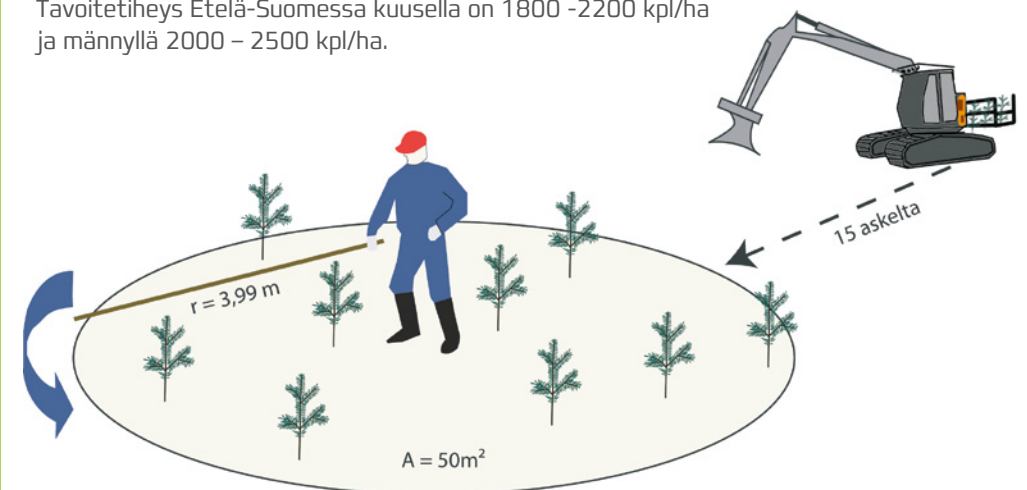


Koneistutuksen laadunhallinta

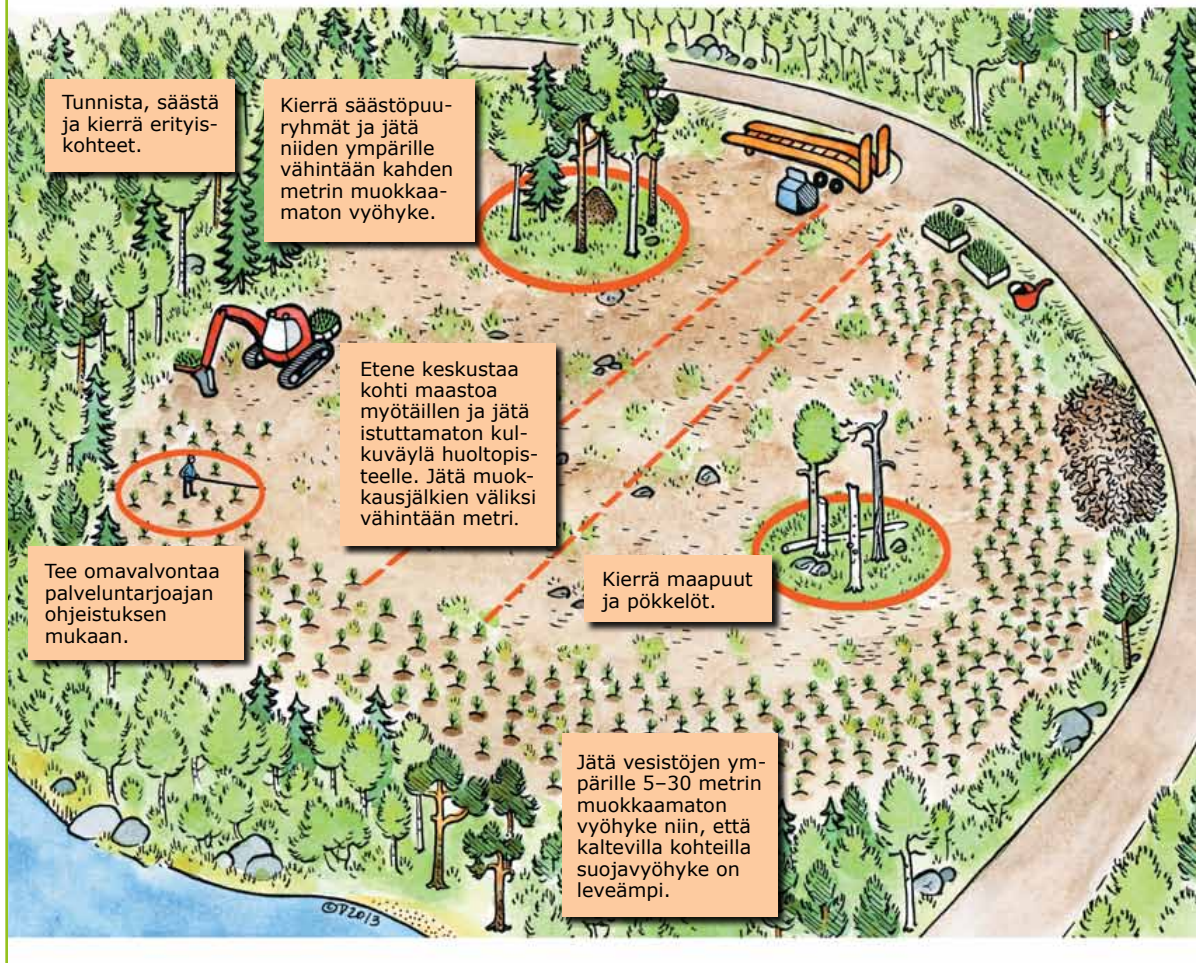
Oma valvonnassa kuljettaja mittaa systemaattisesti työn laatua ja kirjaa tulokset ylös » mahdolliset korjaukset tehdään välittömästi.

Koelalat mitataan taimikasetin täytön yhteydessä urakanantajan ohjeiden mukaisesti. Jokaiselta koelalalta mitataan istutustiheys ja maanmuokkauksen sekä istutuksen laatu. Kun ympyräkoelalan säde on 3,99 metriä, hehtaarikohtainen tiheys saadaan kertomalla koelalalla olevien taimien lukumäärä 200:lla.

Tavoitetiheys Etelä-Suomessa kuusella on 1800 -2200 kpl/ha ja männyllä 2000 - 2500 kpl/ha.



Koneistutuksen ympäristöhoito



Alla olevat kommentit kuvaavat käytännön toimijoiden kokemuksia ja näkemyksiä koneistutuksesta. On nähtävissä selkeä tarve kehittää työmenetelmiä sekä kouluttaa metsäammattilaisia, koneenkuljettajia ja metsänomistajia.

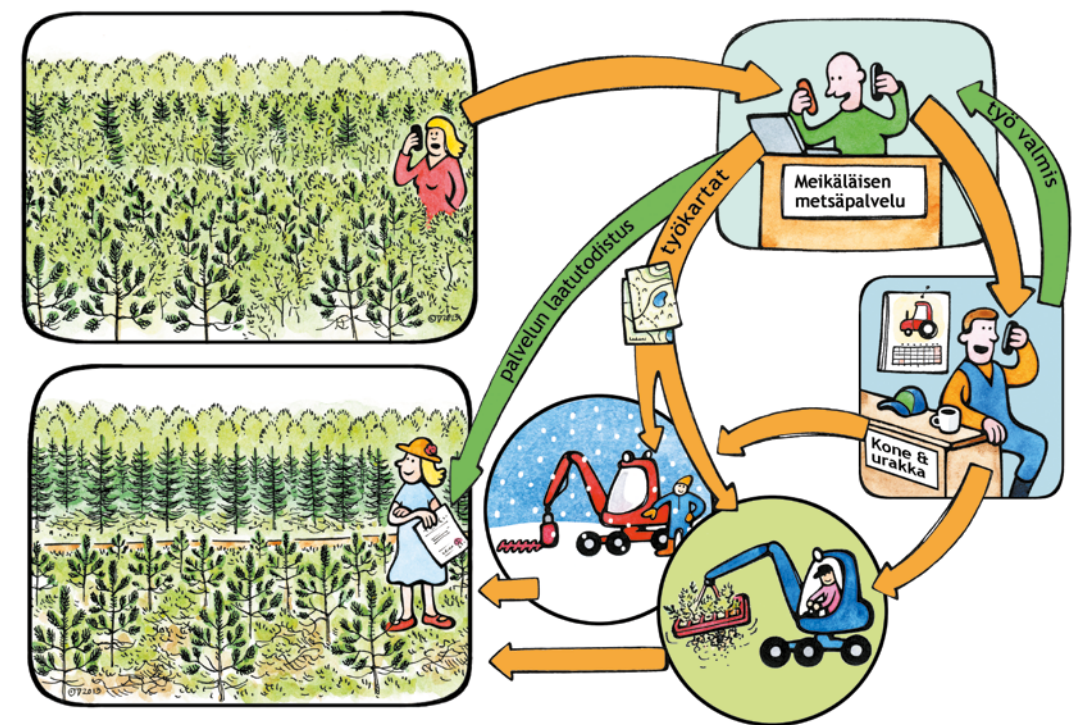
Käytännön toimijoiden näkemyksiä koneistutuksesta

(haastateltu kuutta eri metsäorganisaation ammattilaista)

- » sopivien kohteiden valinta oleellista
- » laatu yleensä hyvä (parempi kuin miestyö)
- » taimihuolto helpottuu – yrittäjien varastot
- » hinta ongelmana – tehokkuutta lisää » toisaalta muistettava, että maanmuokkaus ja istutus yhdellä kertaa
- » taimimateriaalin oltava tasalaatuista ja istutusajankohtaan sopivaa sekä juuripaakun kestettävä tärinää
- » teknologiaa kehitettävä, mm. taimikasettiin lisää automatiikkaa
- » yrittäjistä puutetta
- » kuljettajille koulutusta, selkeät työskentelymallit, omavalvontaa kehitettävä
- » metsänomistajien neuvontaan panostettava » koulutus ja työnäytökset

3 TAIMIKONHOITO

3.1 TAIMIKONHOIDON TAUSTAA



Kuva 25. Taimikonhoitopalvelun tuottaminen. Omatoimisten metsänhoitotöiden vähentyessä on kasvava tarve tehokkaille, laadukkaille, hinnaltaan kilpailukykyisille ja yhteiskuntavastuullisille metsänhoitopalveluille. Koneellinen taimikonhoito mahdollistaa hakkuukoneen ympärivuotisen työn. Kuva: Tupu Vuorinen.

Taimikon varhaishoidolla tarkoitetaan pintakasvillisuuden torjumista eli heinimistä ja varhaisperkausta. Varhaisperkauksessa havupuutaimikoista poistetaan kasvatettavien havupuiden kasvua haittaavaa lehtipuustoa. Lehtipuusto aiheuttaa havupuutaimikolle kasvutappioita ja mekaanisia vaurioita. Kasvutappiot johtuvat suurimmaksi osaksi varjostuksesta ja jonkin verran myös juuristikilpailusta. Mekaanisilla vaurioilla tarkoitetaan lehtipuiden oksien piiskaamisesta aiheutuvia rungon, kasvaimien, silmujen sekä neulasten vaurioita (kuva 26).

Myöhemmässä taimikonhoidossa havupuiden taimikosta perataan lehtipuustoa ja tarvittaessa harvennetaan havupuustoa. Harvennuksessa pyritään parantamaan puuston laatua ja luomaan tilajärjestykseltään tasainen metsikkö.

Pintakasvillisuuden aiheuttamaa haittaa ja heinimisen tarvetta voidaan vähentää mätästyksellä, oikealla taimivalinnalla ja istuttamalla taimet viivyttämättä maanmuokkauksen jälkeen. Silti rehevillä kasvupaikoilla ja etenkin pellon metsityskohteilla pintakasvillisuus on usein vaarassa viedä kasvatettavilta puilta liikaa valoa, ravinteita ja vettä. Tällöin heinimisen voi joutua tekemään parina vuonna peräkkäin. Heinimisen tarpeessa olevan kuusen taimikon hoitamattomuus aiheuttaa jopa 75 prosentin tappion puuston runkotilavuudessa 15 vuoden ikään mennessä. Mätästetyistä kuusentaimikoista noin kuudesosa vaatii heinäntorjunnan.



Kuva 26. Taimikkoon luonnostaan syntynyt lehtipuusto aiheuttaa havupuutaimikossa kasvutappioita ja laatuviikoja. Kuva: Mikael Kukkonen.

Varhaisperkauksessa poistettavan lehtipuuston määrään ja varhaisperkauksen ajoitukseen voidaan jossain määrin vaikuttaa maanmuokkausmenetelmän valinnalla. Mitä enemmän maanpintaa rikotaan maanmuokkauksessa, sitä enemmän siemensyntyistä lehtipuustoa syntyy. Esimerkiksi äestysaloilla syntyy puolitoistakertainen määrä lehtipuustoa mätästysaloihin verrattuna. Lisäksi laikussa ja äesjäljessä lehtipuustoa syntyy hyvin lähelle viljeltyä havupuuta. Mätäässä olosuhteet lehtipuun siemenen itämiselle ovat epäsuotuiset useamman kasvukauden ajan. Mätästetyillä alueilla varhaisperkauksen ajoituksessa on hieman enemmän pelivaraa kuin muilla menetelmillä muokatuilla aloilla.

Metsänuudistamisessa rikkoutuu maanpintaa ja paljastuu kivennäismaata, joka on otollinen itämisalusta lehtipuulle. Lehtipuustoa syntyy uudistusalalle noin kolmen vuoden ajan maanmuokkauksesta. Tämän jälkeen maanpinnan ominaisuudet lehtipuiden itämisalustana heikkenevät nopeasti uudistusalalle syntyneen pintakasvillisuuden ja muiden tekijöiden johdosta. Tulevan metsän lehtipuuyksilöt ovatkin jo syntyneet taimikon varhaisperkaukseen mennessä. Tämän jälkeen uusista siemensyntyisistä lehtipuista ei muutenkaan ole enää uhkaa. Metsiemme lehtipuulajit ovat paljon valoa tarvitsevia, eivätkä siemensyntyiset lehtipuut enää alakyntein jäädessään pärjää hyvässä kasvukunnossa olevalle kuuselle tai männylle. Kuivahkolla kankaalla metrin pituuden jälkeen mänty pärjää yksittäiselle samanpituiselle siemensyntyiselle rauduskoivulle pituuskilpailussa, kunhan koivu on yli metrin päässä. Kuusen osalta tilanne on tuoreella ja lehtomaisella kankaalla vastaava.

Taimikonhoidon ajankohta

Vaikka kuusi kestää varjostusta mäntyä paremmin, lehtipuubarjostus hidastaa sekä kuusen että männyin taimien kasvua. Kasvun taantuma näkyy selvästi taimen läpimitan ja pituuden kasvussa. Varhaisperkauksella turvataan havupuiden yhteyttävän latvuksen häiriötön kehitys. Varhaisperatusta taimikossa lehtipuiden kilpailusta vapautetut havupuun taimet kasvavat nopeammin kuin perkaamattomassa taimikossa. Kasvuero näkyy välittömästi havupuun taimien paksuuskasvussa ja vuoden parin viiveellä voimakkaasti myös pituuskehityksessä. Jo parin vuoden kuluttua varhaisperkauksesta kuusten tyviläpimitan kasvu on 20–30 % perkaamattoman taimikon taimia parempi, ja perkaamaton taimikko on kasvun taantumana vuoksi 1–2 m lyhyempi peratun taimikon ollessa jo taimikon harvennusvaiheessa.

Nykyisen viljelytekniikan mukaiset paakkutaimet mätääseen istutettuna lähtevät heti istutuksen jälkeen hyvään kasvuun, ja mikäli varhaishoidosta huolehditaan, ne eivät jää juromaan. Taimet saavuttavat metrin pituuden noin 4–7 vuoden kuluessa istutuksesta ja tällöin vesakkokin on kasvanut jo sen verran, että on oikea aika varhaisperkaukselle.

Myöhempi taimikonhoito suositellaan nykyisin tehtäväksi 3–4 metrin pituudessa. Aiemmin taimikonhoitoa on lykätty jopa 8 metrin pituuteen saakka. Turhan myöhäisellä taimikonhoidolla kuitenkin aiheutetaan kasvutappioita ja työn vaikeusaste kasvattaa kustannuksia. Kasvatettava puusto ei myöskään ehdi järeytyä yhtä hyvin ennen ensiharvennusta. Varhaisessa vaiheessa myös susipuiden poisto onnistuu paremmin, ennen kuin ne ehtivät aiheuttaa liian suurta haittaa niitä ympäröiville parempilaatuisille taimille.

Lehtipuusekoituksella metsässä on useita suotuisia vaikutuksia mm. maaperän happamuuden, metsän terveyden, tuhoriskien (pl. männyntaimikon hirvituhot), maiseman

ja riistan kannalta. Rauduskoivulla on positiivisia vaikutuksia myös puuntuottamiseen. Sekä männiköissä että kuusikoissa suositellaan lehtipuuston luontaisilla kasvupaikoilla noin 5–10 prosentin lehtipuuosuutta.

Mänty valopuu – kuusi varjopuu?

Paljasjuuristen kuusen taimien aikaan kuusta pidettiin varjopuuna ja edelleen siitä usein puhutaan puolivarjopuuna. Tämä johtuu siitä, että kuusi säilyy muihin puulajihiimme verrattuna hyvin hengissä varjostettunakin. On kuitenkin ollut jo pitkään tiedossa, että lehtipuubarjostus hidastaa sekä kuusen että männyn taimien kasvua. Kasvun taantuma näkyy selvästi taimen läpimitan ja pituuden kasvussa. Sopiva puiden välinen kilpailutilanne voi kuitenkin jopa hieman parantaa ainakin männyn pituuskasvua. Tällainen tila saavutetaan mm. reikäperkauksessa, jossa metrin säteeltä poistetaan kaikki vesakko ja tätä kauempaa vain selvästi kasvatettavia taimia pidemmät lehtipuut. Eniten lehtipuista onkin haittaa, mikäli ne pääsevät varjostamaan tai piiskaamaan havupuutaimien latvuksia.

Walfridssonin (1976) mukaan lehtipuuston pohjapinta-alan kasvaessa 0–20 m²/ha lehtipuubarjostuksella on lähes suoraviivainen rajoittava vaikutus männyn ja kuusen kasvuun. Pohjapinta-alaltaan 10 m²/ha lehtipuusto alentaa sekä kuusen että männyn taimien pituuskasvua 20 % ja lisäksi läpimitan kasvua kuusella 20 % ja männyllä 33 %. Pohtilan ja Valkosen (1985) mukaan vesakon peittäessä vähintään kolmanneksen taimikon pinta-alasta männyn istutustaimien pituuskasvu taantuu huomattavasti viimeistään puolentoista metrin pituudessa. Alakynteen jääneiden mäntyjen kasvu jää pysyvästi alemmaksi kuin vastaavan kokoisilla pidempään vapaana kasvaneilla (Ruha ja Varmola 1997).

Kailan ym. (2006) mukaan tekemätön taimikonhoito alentaa kuusen pituuskasvua noin 10 % ja läpimitan kasvua 18 % 11 metrin pituuteen mennessä. Myös pari vuotta viivästetty taimikonhoito näkyi 11 metrin pituudessa 3,7 %:n alentuneena läpimitan kasvuna, joka vastaa n. 8 %:n tilavuuskasvutappiota. Oikea-aikaisen taimikonhoidon vaikutukset työajanmenekkiin ovat vielä suuremmat: parin vuoden viivästyttäminen lisää taimikonhoidon ajanmenekkiä 8–42 %.

Nykyisten kuusen kasvumallien soveltuvuus vaikuttaa rajoittuneen entiseen aikaan, sillä ne aliarvioivat nykyviljelymenetelmän mukaisten kuusten kasvua. Kun istutuksen jälkeisistä hoitotoimista huolehditaan, mättäisiin istutetut kuusen paakkutaimet kasvavat niin hyvin, etteivät aiemmat kasvumallit pysy perässä. Tämä on vahvistanut entisestään jo edellä esitetyissä tutkimuksissakin todettua, että myös kuusi kasvaa parhaiten täysin ilman varjostusta.

TIETOTAULU: HAVUMETSÄÄ TÄYDENTÄVÄN LEHTIPUUSTON SYNTYMINEN JA SEN HALLINTA ERITYISESTI KIVENNÄISMAILLA

Mistä täyskasvuisen metsikön lehtipuusekoitus koostuu

Lehtipuusto täydentää ja monipuolistaa muutoin niin yksipuolista havumetsää (kuva 27), ja kun sen määrä, koko ja laatu ovat halutunlaisia, se tuottaa useita sekä luontoon että tilipussiin kohdistuvia lisäarvoja. Taimikkovaiheessa vesakosta on yleensä vain riesaa, mutta harvennusten koivukuitupinot sekä etenkin kuusikoissa arvokkaaksi koivutukiksi kasvavat rauduskoivut ovat jo rahanarvoista tavaraa. Mutta kuinka varhaisessa vaiheessa tämä olisi mahdollista saada hallintaan?



Kuva 27. Kaunis lehtipuusekoitus monipuolistaa metsää sekä maisemaa.
Kuva: Mikael Kukkonen.

Uudistusalan vesakoituminen

Hakkuun jälkeen uudistusalalle syntyy luontaisesti lehtipuustoa, joka aiheuttaa haittaa kasvatettavalle puustolle sekä männyn että kuusen taimikoissa. Osa lehtipuustosta voi olla edellisen puusukupolven alikasvustoa ja päätehakkuun tai uudistusalan raivauksen lehtipuukannoista syntyneitä vesoja, mutta valtaosa lehtipuustosta syntyy uudistusalalle luonnostaan leviävistä lehtipuiden siemenistä.

Päätehakkuu ja uuden puusukupolven perustamisessa tehty maanmuokkaus parantavat siemensyntyisen lehtipuuston taimettumista. Lehtipuut sekä uudistusalan valtaava pintakasvillisuus kilpailevat vastamuokatusta maasta noin kolmen vuoden ajan. Kun maanmuokkauksesta on kulunut noin kolme vuotta, ei uusia lehtipuita enää juurikaan synny etenkin kivennäismaiden uudistusaloilla.

Lehtipuusto hallintaan mahdollisimman varhaisesta alkaen

Ymmärtääkseen miten metsikön lehtipuusekoitus muodostuu aina päätehakkuuseen saakka, on tärkeintä oivaltaa, kuinka hakkuissa korjattavat lehtipuurungot metsikköön syntyvät ja kuinka ne kasvavat halutunlaiseen tilaan. Tähän saakka metsänhoito-ohjeissa ei ole tuotu riittävästi esiin sitä, että kaikki kivennäismailla hakkuissa korjattavat lehtipuuyksilöt ovat olemassa jo taimikon varhaisperkausvaiheessa, kun varhaisperkaus tehdään neljästä kuuteen vuotta maanmuokkauksen jälkeen.

Taimikonharvennuksessa, ennakkoraivauksessa, ensiharvennuksessa ja muissa hakkuissa aina päätehakkuuseen saakka metsiköstä poistetaan siis taimikon varhaisperkauksessa kasvamaan jätettyjä lehtipuita tai siinä katkaistujen lehtipuiden kantojen vesasyntyisiä runkoja. Taimikonhoidon kokonaisuuden hallinta edellyttääkin sekä havupuiden kasvuun että lehtipuuston syntymiseen ja kasvuun liittyvien biologisten perusasioiden ymmärtämistä.

Kantovesasyntyinen lehtipuusto

Useimmat lehtipuulajimme pystyvät korvaamaan katkaistun rungon synnyttämällä kannon silmuista vesoja. Vain haapa synnyttää vesansa maanalaisesta juuresta. Vesomisominaisuudet vaihtelevat puulajeittain, mutta tiettyjä yleistyksiä voidaan tehdä.

Vesasyntyiset lehtipuut hyödyntävät emopuunsa juuristoa ja voivat siksi alkuvaiheessa kasvaa huomattavasti siemensyntyisiä lehtipuita sekä kasvatettavia mäntyjä ja kuusia nopeammin. Samasta kannosta voi kasvaa useita runkoja, keskimäärin noin 2,5 vesaa kantoa kohden (kuva 28).



Kuva 28. Katkaistujen lehtipuiden kantojen silmuista syntyy keskimäärin noin 2,5 nopeakasvuista vesaa kantoa kohden. Kuva: Mikael Kukkonen.

Vesojen kasvun hillitsemiseksi katkaisumenetelmiin perustuva varhaisperkaus suositellaan tehtävän juhannusta seuraavan kuuden viikon aikana. Tällöin lehtipuujuuriston elinvoimasta mahdollisimman suuri osa on siirtynyt runkoon ja lehtiin, mikä voi hieman heikentää uusien vesojen kasvunopeutta. Osassa tutkimuksista kaatoajankohdan ei kuitenkaan ole havaittu vaikuttavan vesomiseen.

Vesasyntyisen lehtipuuston laatuviat

Vesasyntyiset lehtipuut kasvavat usein tyvestä lenkona, mikä heikentää puuaineen käyttöominaisuuksia etenkin teollisuudessa. Lahoavasta emopuun kannosta lahovika myös leviää helposti vesoihin. Uudet vesat ovat alkuvuosinaan voimakkaassa pituuskasvussa emopuun juuriston voimalla. Ne eivät kuitenkaan pysty elättämään emopuun juuristoa huomattavasti vähemmällä yhteyttämisellä vaan se alkaa kuolla ja lahota, minkä vuoksi vesasyntyisten lehtipuiden kasvu alkaa hidastua.

Lahoviat leviävät pian myös runkoon eikä vesasyntyisestä lehtipuusta tämänkään vuoksi saada arvopuuta. Mikäli havupuumetsikössä halutaan kasvattaa laadukasta koivutukia, tuleekin se huomioida jo varhaishoitovaiheessa jättämällä sopivan kokoisia siemensyntyisiä rauduskoivuja (kuva 29).



Kuva 29. Laadukkaan koivutukin kasvattaminen havumetsässä huomioidaan jo taimikkovaiheessa jättämällä kasvamaan sopivan kokoisia siemensyntyisiä rauduskoivuja. Kuvan taimikko on kuvattu kaksi kasvukautta konekitkennän jälkeen. Kuva: Mikael Kukkonen.

Siemensyntyisen lehtipuuston kasvurytmi

Taimikon varhaiskehitysvaiheessa vesasyntyisten lisäksi myös siemensyntyisten lehtipuiden pituuskasvu on usein uudistusalalla kasvatettavien mäntyjen tai kuusten pituuskasvua suurempi. Siemensyntyisen lehtipuuston suhteellinen kasvuetu suurenee Suomessa pohjoisesta etelään päin. Mäntyjen ja kuusten pituuskasvu pärjää siemen-

syntyisen lehtipuuston pituuskasvulle jatkuvasti paremmin niiden kasvettua 1–2 metrin pituusvaiheen ohi. Tämän jälkeen välitöntä haittaa aiheutuukin enää vain lähellä kasvavista mäntyjä tai kuusia pidemmistä lehtipuista.

Mikäli taimikon varhaishoito tehdään oikea-aikaisesti noin metrin pituudessa menetelmällä, jolla lehtipuiden vesominen saadaan kuriin, saadaan taimikko hoidettua kerralla kuntoon jo varhain. Sekapuuna voidaan vesasyntyisten haittapuiden sijaan kasvattaa arvokkaita siemensyntyisiä koivuja ja antaa puuston varttua kohti tulevia hakkuita.

3.2 KONEKITKENTÄ

Konekitkennän taustaa

Varhaisperkaus on syytä tehdä lähes kaikissa kuusen taimikoissa ja männyn kylvötaimikoissa. Katkaisumenetelmällä perkaus menee kuitenkin osittain hukkaan. Mikäli lehtipuuvesomista ei saada muilla tavoin estettyä tai vesakkoa ei poisteta kantoineen, katkaistujen lehtipuiden kannoista syntyy entistä pahempi vesakko. Kantovesasyntyinen vesakko häiritsee ja haittaa tuotantopuuston kasvua, ja tuotantopuuston pelastamiseksi taimikonhoito joudutaan uusimaan yleensä 5–10 vuoden päästä. Kasvatettava puusto on tällöin 3–6 metrin pituista. Oikea-aikaisella taimikonhoitotyöllä minimoidaan kustannuksia ja huolehditaan taimikon hyvästä kasvusta. Parinkin vuoden lykkäys taimikonhoitotyössä voi kostautua jopa kolmanneksen kalliimpaan taimikonhoitotyönä, kun vesasyntyinen lehtipuusto on ns. riistäytynyt käsistä. Lisäksi kasvatettavien taimien alakynteen joutuminen aiheuttaa aina kasvutappioita.

Varhaisperkaus tehdään yleisimmin raivaussahalla. Uudelleenvesomisen hillitsemiseksi työ kannattaisi tehdä kesällä lehtien kasvettua täyteen kokoonsa, sillä tuolloin juuriston ravinnevarastot ovat pienimmillään, mikä voi heikentää uusien vesojen pituuskehitystä.

Perinteisesti on totuttu ajattelemaan, että männyn ja kuusen taimikonhoito tehdään kaksivaiheisena. Ensin varhaisperkauksessa taimikosta poistetaan haittapuusto, ja taimikko harvennetaan myöhemmin haluttuun kasvatustiheyteen jälkimmäisessä eli ns. varsinaisessa taimikonhoidossa. Ajatus on kuitenkin osittain epälooginen, sillä toinen taimikonhoito johtuu pääasiassa joko varhaisperkauksen jälkeisestä vesomisesta tai konaan tekemättömästä varhaisperkauksesta.

Lisäksi kun jälkimmäisessä taimikonhoidossa taimikko harvennetaan sopivaan kasvatustiheyteen, pyritään samaan tiheyteen kuin alun perin taimikkoa perustettaessa. Männyn kylvössä tosin pyritään varmistamaan uudistamisen tasainen onnistuminen kylvämällä kuhunkin kasvukohtaan 3–5 siementä. Taimikonhoitoon mennessä menetettyjen taimien tilalle valitaan mahdollisuuksien mukaan täydentäviä taimia luonnostaan syntyneistä havupuista ja siemensyntyisistä lehtipuista. Raivaussahatyön jäljiltä täydentäviksi lehtipuiksi joudutaan usein valitsemaan vesasyntyisiä koivuja, joista ei laatupuuta voi kasvattaa.



Kuva 30. Lehtipuusto houkuttelee hirviä männyn taimikkoon, ja hirville maistuu samalla myös erityisesti lehtipuiden varjostamat männyn taimet. Hirvituhoja voi vähentää poistamalla lehtipuuston männyn taimikosta. Kuva: Mikael Kukkonen.

Aiemmin on ajateltu, että kylvään ja luontaisesti uudistetuissa männyn taimikoissa männyn laadun ja hirvituhojen kannalta tulisi mäntyryhmät harventaa vasta myöhemmässä vaiheessa. On kuitenkin tiedossa, että lehtipuusto toimii hirvien houkuttimena männyn taimikoihin ja hirville maistuvat samalla myös erityisesti lehtipuiden varjostamat männyn taimet (kuva 30). Kitketyistä männyn taimikoista ongelmallinen vesakko puuttuu ja käytännön kokemukset ovat vahvistaneet, ettei mäntyjen lievä harventaminen laatukasvatustiheyteen altista taimikkoa hirvituhoille.

Mäntyjen harventamista varhaisessa vaiheessa voidaan perustella myös viimeaikaisilla tutkimuksilla, joiden mukaan männynjuurikäpää (*Heterobasidion annosum*) voi saastuttaa taimikon levittäytymällä taimikkoon jo läpimitaltaan 5 cm olevien kantojen kautta. Suomi on männynjuurikäävän esiintymisalueen pohjoisrajalla, ja ilmastonlämpenemisen myötä juurikäävantorjunta on tullut yhä merkittävämmäksi ottaa huomioon.

Omissa metsissään liikkuvalla metsänomistajalle sekä muuten virkistyskäytössä olevilla metsäalueilla taimikkovaihe on metsänkasvatuksessa heikointa aikaa, jolloin metsikössä liikkumista haittaa usein ensiharvennukseen saakka vesakon aiheuttama ylitiheys ja/tai raivaussahatyön kannot sekä maahan kaadetut rungot (kuva 31). Tavallista onkin, että taimikon läpi kulkeminen on niin epämieluisa, että sen joutuu metsässä liikkuessa kiertämään vähintään 20 vuoden ajan. Tämä puoltaa sekä konekitkettä, jossa ei synny kantoja ja vesakko hoidetaan kerralla pois – että koneellista taimikonharvennusta, jossa syntyvät koneen ajolinjat parantavat metsikön kulkukelpoisuutta.



Kuva 31. Taimikkovaihe on metsänkasvatuksessa aikaa, jolloin vesakon aiheuttamasta ylitihedestä ja/tai raivaussahatyön kannoista sekä maahan kaadetuista rungoista aiheutuu haittaa metsässä liikkuville. Kuva: Mikael Kukkonen.

Konekitkennän periaate ja laitteet

Kitkentälaitte asennetaan yleisimmin hakkuukoneen puomin päähän. Liikeratapuomi soveltuu tähän ehkä parhaiten. Kitkentälaitte (kuva 32) siirretään lehtipuiden (tai muiden poistettavien taimien) ylle ja laitetta lasketaan alaspäin niin, että lehtipuut joutuvat laitteen sisään. Laitteen leuat suljetaan, jolloin ylemmän kehikon tartuntaleuat puristavat väliin jääneet lehtipuut alemman kehikon tartuntaleukoja vasten. Tämän jälkeen kitkentälaitetta nostetaan ylöspäin kunnes lehtipuut irtoavat maasta juurineen. Laitteen leuat vapautetaan, jotta lehtipuut irtoavat laitteesta ja putoavat maahan.



Kuva 32. Kitkentälaitteella revitään lehtipuut maasta juurineen. Kuva: Mikael Kukkonen.

Lehtipuut pudotetaan laitteesta siten, etteivät ne paina kasvatettavia taimia eivätkä haittaa muiden poistettavien taimien kitkettä. Mikäli yhdellä kitkentäliikkeellä ei saada poistettua kaikkia lehtipuita kerralla, toistetaan liike kunnes kasvatettava kuusi tai mänty on vapautettu kilpailijoista.

3.2.1 KONEKITKENNÄN TYÖMAASUUNNITTELU

Konekitkentä osana laadukasta ja kustannustehokasta metsänkasvatusta

Onnistunut konekitkentätyö ja taimikon hyvä kasvuun lähtö edellyttää koko metsänuudistamisprosessin hyvää laatua. Viivyttelyä päätehakkuun, maanmuokkauksen ja metsänviljelyn välissä tulee välttää, muutoin uudistusalalle syntyneestä pintakasvillisuudesta ja vesakosta aiheutuu arvokkaille taimille normaalia enemmän haittaa.

Kasvupaikalle sopivan maanmuokkausmenetelmän valinta ja hyvin tehty maanmuokkaustyö luovat edellytyksiä tehdä myös istutustyö hyvin. Heinäntorjuntaa tehdään tarvittaessa. Metsänuudistamisen oikea-aikaisuus ja hyvä laatu mahdollistavat, etteivät kuuset missään vaiheessa joudu varjostettuun asemaan, vaihda varjoneulasiin ja ala juromaan. Samoin taimien elossa pysymisen sekä elinvoimaisuuden turvaa viivyttämättä ja laadukkaasti tehty metsänuudistaminen.

Hyvä siemenmateriaali sekä laadukkaat taimet ja niiden elinvoimaisuudesta huolehtiminen taimitarhalla mättääseen saakka ovat avainasemassa. Myös luonnontekijät kuten halla ja muut metsän tuhot voivat vaikuttaa taimikon alkukehitykseen. Lisäksi maaperän ravinnetasapainon on oltava kunnossa. Konekitkettä suositellaan ensisijaisesti taimikoihin, joissa metsänuudistamisesta on huolehdittu asiaankuuluvasti ja taimikko on tasaisesti hyvässä kasvussa. Tällaisilla kohteilla konekitkennällä vapautetut männyn tai kuusen taimet valtaavat taimikon kasvutilan nopeasti eikä myöhempää taimikonhoitotarvetta enää muodostu.

Hyväkasvuisilla kohteilla onnistuneen konekitkentätyön jälkeen kuuset kasvavat perinteiseen metsänkasvatustietoon verrattuna pienemmällä kilpailulla ja järeilytävät ainespuumittoihin tavallista nopeammin. Vastaavasti männynä etuna on häiriintymätön kasvu sopivassa laatuolosuhteissa jo varhaisesta alkaen. Konekitkentä soveltuu monenlaisille kohteille ja kitkemällä voidaan hoitaa muitakin kuin oppikirjamaisia kohteita, mutta tämä vaatii kokemusta.

Kitkemällä on hoidettu sekä kuusen että männyn taimikoita, ja menetelmä sopii molempiin yhtä hyvin. Oikeastaan lähes kaikki kivennäismaiden taimikot voidaan kitkeä, kunhan toimenpiteiden ajoitus on oikea. Tavallinen virhe työmaasuunnittelussa varsinkin alkuvaiheessa on tarjota konekitkettä selvästi liian myöhäisiä kohteita, ikään kuin kohteella tulisi jo olla näkyvissä selvä perkaustarve. Kannattavinta kuitenkin on tehdä konekitkentä hyvissä ajoin ja hoitaa taimikko kerralla kuntoon ennaltaehkäisevästi. Seuraavassa esitellään konekitkentäkohteen valintaan vaikuttavia tekijöitä tarkemmin.

Kitkettävän taimikon valinta

Maanmuokkaus. Kuusen taimikoista parhaiten konekitkentään soveltuvat laikkumätästetyt kuusentaimikot. Laikkumätättäisiin istutetut kuusentaimet näkyvät hyvin koneenkuljettajalle. Etenkin mätästysaloilla, joissa mätätät on tiivistetty hyvin, suurin osa siemensyntyisestä lehtipuustosta sijaitsee laikuissa ja välialueilla eikä aivan taimen vieressä. Tämä helpottaa kitkentälaitteen asettelua ja mätätässä kasvavat taimet näkyvät kuljettajalle paremmin. Lisäksi laikkumätästetyillä aloilla kuusen alkuvaiheen pituuskehitys on yleensä hyvä, joten onnistuneen konekitkennän jälkeen kuuset valtaavat kasvutilan nopeasti.

Äestetyissä männyn taimikoissa koneella kannattaa ajaa äesjäljen suuntaisesti. Tämä helpottaa kasvatettavien taimien väistämistä.

Kannonnosto. Kannonnostossa paljastuu paljon lehtipuuston siemenille sopivaa itämisalustaa, minkä vuoksi kannonnostoaloilla poistettavan lehtipuuston määrä on keskimäärin tavanomaista suurempi. Kannonnostoaloille tyypillinen runsas siemensyntyinen lehtipuusto on kuitenkin helppo poistaa konekitkennällä, sillä niiden juuret eivät ole tiukassa ja lehtipuusto on yleensä varsin tasapituista. Kannonnostoaloilla korostuu kitkentämenetelmän paremmuus verrattuna katkaisumenetelmiin, joissa runsaan poistuman kohteissa työn ajanmenekki kasvaa ja lehtipuiden kantovesominen on runsasta.

Hakkuutähteiden keruu. Hakkuutähteiden keruu uudistusosalta helpottaa kitkentätyötä. Kuiva oksa voi kitkentälaitteen leukojen väliin joutuessaan rajoittaa kitkentäleukojen kiinni asti sulkemista. Kuivat oksat eivät taivu laitteen puristuksessa tuoreiden tavoin ja osa kuivista oksista voi olla paksuja. Mikäli kitkentälaitteen tarttumisleuat eivät sulkeudu täysin, laitteen tarttumaote lehtipuihin ei ole riittävän pitävä ja ne voivat joko luistaa välistä tai kuoriutua.

Koneellinen istutus. Pääsääntöisesti koneellisesti istutetut kohteet ovat myös hyviä konekitkentäkohteita, kunhan konekitkentä tehdään oikea-aikaisesti. Koneellisesti istutetut taimikot soveltuvat konekitkennälle erittäin hyvin. Koneellisesti istutetuissa taimikoissa on kuusilla yleensä hyvä pituuskasvu ja miestyönä istutettuihin verrattuna pituusvaihtelu on pienempää. Istutuskoneelle suunnitellut työmaat ovat yleensä maastoltaankin koneellistamista ajatellen hyviä kohteita. Jatkokehitykseltään parhaat kitketyt kuusen taimikot ovatkin olleet koneistutettuja.

Uudistusalan raivaus. Laiminlyöty uudistusalan raivaus ei välttämättä ole este konekitkennälle, sillä kitkentälaitteella voidaan poistaa suurehkojakin puita. Konekitkentätyötä haittaa erityisesti tiheä kehityskelvoton alikasvoskuusikko, jonka mukana voi konekitkennässä nousta myös kasvatettavia taimia. Lisäksi mikäli kohteessa on laiminlyödyn uudistusalan raivauksen vuoksi paljon ylispuustoa, voi suurten lehtipuiden juuripaakkujen nosto vaarantaa kasvatettavia taimia.

Konekitkennän oikea ajoitus

Kasvatettavien puiden pituus. Sopiva kitkettävän taimikon pituus sekä kuusen että männyn taimikoissa on kasvatettavien puiden osalta noin metri (kuva 33). Alle puolimetrisessä taimikossa siemensyntyinen lehtipuusto on usein vielä niin lyhyttä, että sen tarkka poistaminen voi olla vaikeaa. Myös kasvatettavien puiden löytäminen on vaikeampaa.



Kuva 33. Sopiva pituus taimikon konekitkennälle on noin metri. Kuva välittömästi työn jälkeen. Kuva: Mikael Kukkonen.

Noin metrin pituisessa taimikossa voidaan koneen maavaran turvin ajaa kasvatettavien taimien yli, sillä taimet taipuvat kevyesti koneen pohjan alla vaurioitumatta ja palautuvat yliajon jälkeen suoraksi. Äestäen perustetuissa männyn taimikoissa voidaan ajaa äesjäljen suuntaisesti ja näin pyrkiä vähentämään yliajossa vaurioituneiden taimien määrää. Ylipitkässä taimikossa konekitkentätyö vaikeutuu ja näkyvyyshaitta lisääntyy, mikä alentaa tuottavuutta ja altistaa kasvatettavat taimet kitkentälaitteen käsittelyn aiheuttamille vaurioille. Lisäksi koneen yliajossa vaurioituvien taimien määrä voi kasvaa.

Tärkeää kylväen tai luontaisesti uudistetuissa männyn taimikoissa on, ettei taimikossa ole paljoa alle puolimetrisiä männyn taimia, joiden harventaminen sopivaan kasvustiheyteen on kitkentälaitteella haasteellisempää. Mikäli lyhyitä männyn taimia on vielä paljon nousemassa, kohteen konekitkentä kannattaa lykätä tehtäväksi joko kasvukauden jälkeen tai seuraavana vuonna.

Kasvatettavien puiden ikä. Kuusen taimikon konekitkentä on ajankohtaista 4–5 vuotta istutuksen jälkeen. Vastaavasti kylvömänniköissä taimikko on varttunut konekitkennään sopivaksi, kun kylvöstä on kulunut 6–8 vuotta (kuva 34).

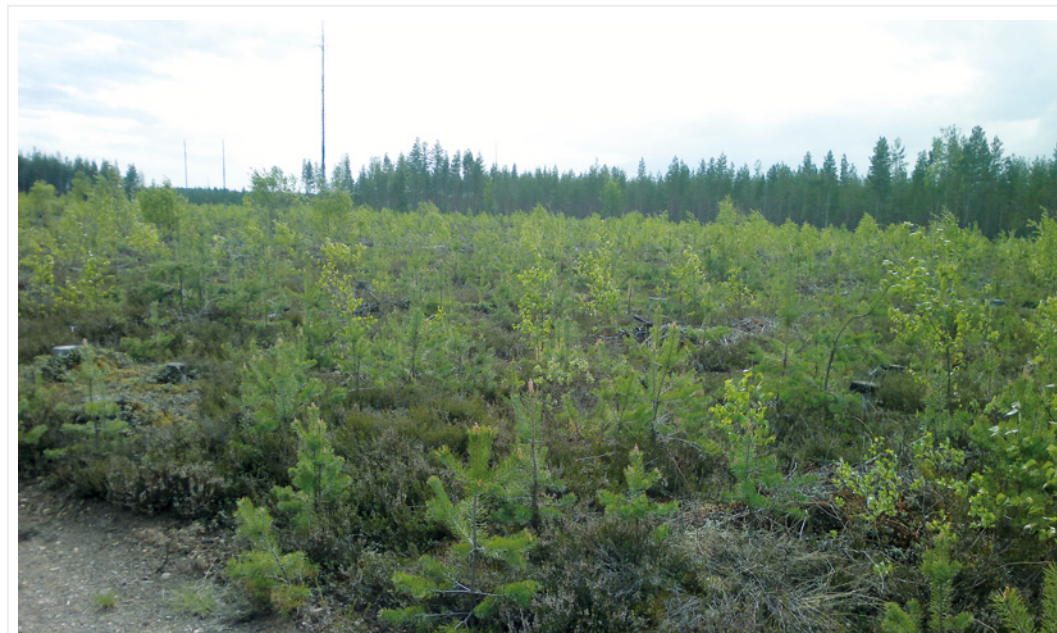


Kuva 34. Männyn taimikko on varttunut konekitkentään sopivaksi, kun kylvöstä on kulunut 6–8 vuotta. Kitkentävaiheessa taimikossa on jo poistettavissa sitä haittaava lehtipuusto. Kuva konekitkennän jälkeen. Kuva: Mikael Kukkonen.

Kitkentävaiheessa taimikossa on jo poistettavissa sitä haittaava lehtipuusto eivätkä taimet ole vielä liian suuria. Maaperä menettää hyvät ominaisuutensa lehtipuiden siementen itämislustana muutamassa vuodessa maanmuokkauksen jälkeen, joten konekitkennän jälkeisestä siemensyntyisestä lehtipuustosta ei ole enää uhkaa taimikolle. Mikäli metsänuudistamistoimenpiteissä ei ole viivytelty, ei taimikko ole konekitkentään mennessä pahemmin vielä ehtinyt kärsiä lehtipuustosta. Pohjoisemmassa Suomessa sopiva taimikon ikä voi olla vuotta myöhemmin, taimikon pituuskehityksestä riippuen.

Vuodenajan ja päivänvalon vaikutus. Konekitkentää voidaan tehdä koko sulan maan kauden ajan, joten näkyvydeltään kaikkein peitteisimmät taimikot kannattaa ajoittaa joko heti keväälle tai syksyille lehdettömään aikaan. Lehdelliseen aikaan kuusen taimikoiden konekitkentä hidastuu keskimäärin noin 10 %. Rehevimmän keskikesän aikaan kannattaa mahdollisuuksien mukaan ajoittaa kitkettäväksi männyn taimikoita, sillä niissä näkyvyys on keskimäärin huomattavasti kuusen taimikoita parempi, ja lehdelliseen aikaan pientenkin lehtipuiden havaitseminen on helppoa (kuva 35).

Keväällä työt aloitetaan kantavimmilta mailta heti kun routa on sulanut. Nila-aikaan lehtipuut ovat tavallista herkempiä kuoriutumaan, mikä tulee ottaa huomioon työtekniikassa ja laitteen paineiden säädöissä. Syksyllä pakkasten tullessa lehtipuut katkeavat helpommin, mikä estää konekitkennän suorittamisen.



Kuva 35. Männyn taimikoiden konekitkennässä näkyvyys on hyvä myös rehevimpään keskikesän aikaan. Lehdelliseen aikaan pienetkin lehtipuut näkyvät kuljettajalle hyvin, mikä helpottaa niiden tarkkaa poistamista. Kuva juuri ennen konekitkentää. Kuva: Mikael Kukkonen.

Syksyllä pimeän tulo ei ole este konekitkennälle. Kuljettajien mukaan kuusen neulasten vihreä väri erottuu lehtipuiden ja muun kasvillisuuden lehtivihreästä laitteen valojen valaisemana jopa paremmin kuin päivänvalossa.

Poistettavan puuston vaikutus konekitkentään

Lehtipuuston pituus. Poistettavan lehtipuuston pituuden osalta konekitkennässä ei ole kovin tarkkoja ehtoja. Konekitkentä estää taimikon uudelleenvesoittumisen riippumatta siitä, poistetaanko lehtipuut niiden ollessa lyhyitä tai pitkiä. Ihanteellinen poistettava lehtipuusto on tasaista siemensyntyistä parimetristä hieskoivua. Mikäli kitkentäkehikon sisään joutuu useita eripaksuisia lehtipuita, voivat ohuimmat jäädä tarttumatta paksuimpien taimien rajoittaessa leukojen sulkeutumista. Kitkentäliikkeen joutuu tällöin toistamaan. Suurten puiden juuret ovat tiukemmassa, mikä voi peruskoneen ominaisuuksista riippuen lyhentää ajolinjojen väliä ja siten kasvattaa renkaiden vaurioittamien taimien määrää. Lyhyen lehtipuuston kohteissa konekitkentää on helppo tehdä koko puomin pituudella, mutta suurta nostovoimaa vaativien puiden nostaminen kaukana koneesta voi aiheuttaa koneen epävakautta. Kitkentälaitteella voidaan poistaa myös melko suuria puita, joita voi työkohteessa olla esimerkiksi laiminlyödyn uudistusalan raivauksen vuoksi.

Lehtipuuston määrä. Poistettavan lehtipuuston määrä ei varsinaisesti vaikuta konekitkentäkohteen valintaan, mutta ajoitukseen ja kohteiden priorisointiin se voi vaikuttaa. Mikäli kiireisempiä kohteita on kitkettävänä, konekitkentää ei kannata priorisoida en-

sisijaiseksi kohteisiin, joissa lehtipuustoa on niin vähän, ettei taimikkoon tule lainkaan varhaisperkaustarvetta vaan selvittää yhdellä taimikonhoitokerralla. Poistuman määrä vaikuttaa jonkin verran kitkentätöiden ajanmenekkiin, mutta – riippumatta poistettavan lehtipuuston määrästä – tarkka työpöytä konekitkennässä tuo metsänomistajalle ratkaisevan edun, kun metsänomistaja säästää myöhemmät taimikonhoitokustannukset ja taimikko kasvaa tavallista paremmin.

Pihlaja. Erittäin pihlajavaltaisia kuvioita vältetään konekitkennän kohdevalinnassa, sillä suuret 4-6-metriset pihlajapusikot ovat työläisiä kitkeä. Pihlajan paksut oksat rajoittavat kitkentäkehikon sulkemista, joten kitkentäliikettä voi joutua toistamaan useita kertoja ennen kuin koko pusikko on poistettu. Pihlajan aiheuttama haitta taimikossa painottuu varhaisvaiheeseen. Konekitkentätöissä pihlajat jätetään luonnon monimuotoisuuden ja riistan vuoksi kitkemättä kohdissa, joissa niistä ei ole kasvatettaville taimille haittaa.



Kuva 36. Haapaa kitkettäessä voi nousta paksuja juuria. Kuva: Mikael Kukkonen.

Haapa. Haapa poikkeaa muista lehtipuulajeistamme siinä, että se pystyy korvaamaan poistetut rungot synnyttämällä juurivesoja. Muiden lehtipuidemme vesomisen saa kitkemällä estettyä täysin, sillä niiden vesat ovat kantovesoja. Haavan vesoja kitkettäessä voi nostosunnasta riippuen nousta paljonkin haavan juuristoa (kuva 36). Haavan vesomista selvitetiin pienimuotoisesti perustamalla konekitkennän, raivaussahatyön ja hoitamattoman varhaisperkauksen koealoja männyn taimikkoon, jossa oli poikkeuksellisen paljon haapaa. Kokeen perusteella konekitkentä voi ehkä hieman viivästyttää

(raivaussahattu alue vesoi nopeammin) ja mahdollisesti myös hiukan heikentää haavan vesojen syntymistä ja kasvua verrattuna raivaussahatyöhön. Kokeessa kuitenkin selvisi, että konekitkentä ei estä haavan juurivesojen syntymistä.

Hieskoivu. Hieskoivu on pajujen ohella helpoin poistettava.

Rauduskoivu. Rauduskoivu on hyvä kitkettävä. Hyvän siemensyntyisen rauduskoivun voi jättää täydennykseksi sopivaan aukkopaiikkaan.

Leppä. Leppä katkeaa konekitkennässä muita puulajeja helpommin. Kohteissa, joissa on runsaasti leppää, tulee välttää tarpeettoman suuren hydraulisen paineen käyttöä.

Maaperä ja maastotekijät

Kivennäismaat

Konekitkentää suositellaan tällä hetkellä vain kivennäismaille. Soistuneilla kohdilla lehtipuuston poistamisen yhteydessä kuusenkin juuret voivat vaurioitua tai kuuset voivat jopa nousta juuripaakkujen mukana. Lisäksi huonosti kantavilla mailla sulan maan kauden aikana koneella liikkuminen voi aiheuttaa juuristo- ja maaperävaurioita. Tästä syystä vain pienialaiset kosteamat ja soistuneet kohdat kitketään, mutta suuremmat rajataan miestyönä tehtäväksi. Toisaalta kosteammilla kohdilla on usein paljon poistumaa ja raivaussahatyön jälkeinen vesominen on voimakasta, mikä nostaa raivaussahatyön kokonaiskustannusta ja puoltaa konekitkentämenetelmän käyttöä, mikäli konekitkentä vain onnistuu ilman suurempia vaurioita. Olosuhteet hieman vaihtelevat alueittain, minkä vuoksi kohdevalinnan rajaus tulee tapahtua työmaasuunnittelun ja kuljettajan kokemusten yhteistyönä. Paikalliset olosuhteet sekä käytettävissä olevat vaihtoehdot (metsurityövoiman saatavuus, ”parempien” konekitkentätöiden tarjonta) vaikuttavat työmaiden priorisointiin.

Maaston kulkukelpoisuuden vaikutukset

Yleisesti voidaan määritellä, että mikäli kohde on teknisesti konekelpoinen, se soveltuu myös konekitkennälle. Kesäajan puunkorjuuseen verrattuna maaston kantavuudelle ei konekitkennässä tule yhtä suurta vaatimusta, sillä kitkentäkohteesta ei ajeta puukuormaa pois. Maaston jyrkkyydessä konekitkentätöiden osalta sen sijaan on syytä huomioda, että koneella joudutaan väistelemään kasvatettavia taimia. Mutkittelu heikentää koneen kantavuutta ja erityisesti huonosti kantavissa rinteissä taimien väistely vaikeutuu. Jyrkässä maastonkohdassa voidaan joutua ajamaan edestakaisin ennen kuin pitävä kohta löytyy, mikä helposti kasvattaa ylijossa vaurioituvien taimien määrää. Ylijossa vaurioituvien määrä kasvaa myös, mikäli koneessa joudutaan käyttämään teloja ja ketjuja. Koneella vierestä ajatun kuusen oksa voi joutua telan vetämänä renkaan alle ja vetää koko kuusen sinne mukanaan.

Pintakivikkoisuus

Hyvin runsas pintakivikkoisuus voi estää kitkentäkehikon alas laskemista, mikä voi vaikeuttaa lehtipuiden riittävän tarkkaa poistamista. Kohteet ja kuvion osat, joissa on poikkeuksellisen paljon konekitkentää haittaavaa pintakivikkoa, tehdään metsurityönä.

Työmaiden ketjutus

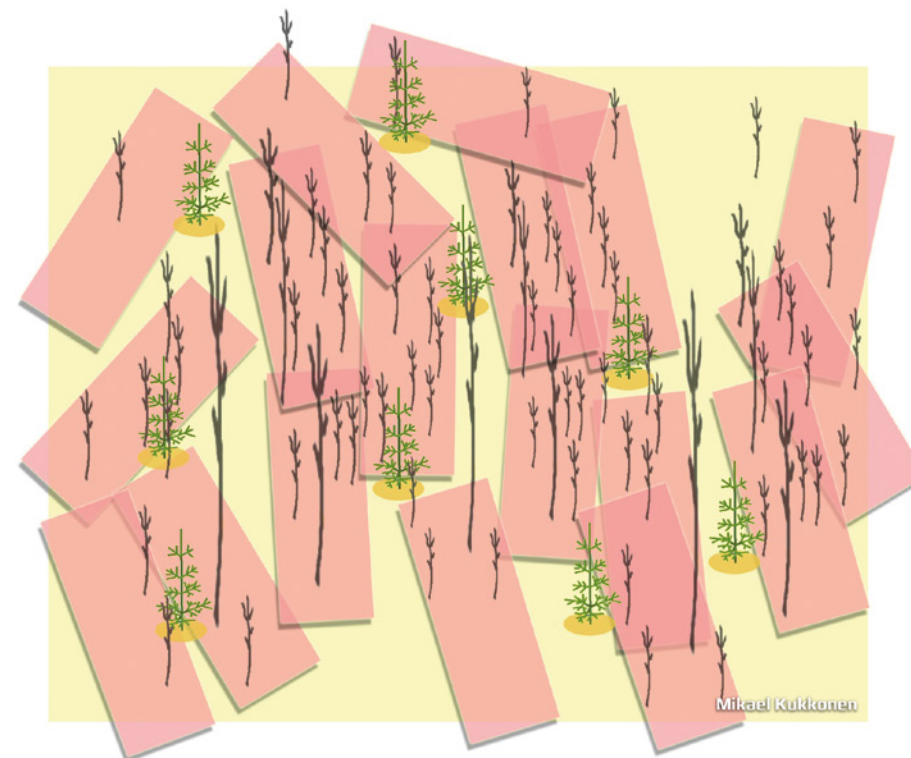
Työmaita voidaan keskittää samalle alueelle siten, että metsäsuunnittelija luovuttaa konekitkentäryttäjälle kahden vuoden työmaat kerralla. Koneyrittäjä tarkistaa kohteet ja laatii niille tarkemman työjärjestyksen. Työjärjestykseen vaikuttaa perkauksen kiireellisyys, poistuman määrä ja koko sekä läheisten kuvioden kiireellisyys. Männyntaimikoita ajoitetaan mahdollisuuksien mukaan rehevimpään keskikesän aikaan ja tehdään eniten umpeen kasvaneet kuusentaimikot lehdeettömään aikaan keväällä tai syksyllä. Työmaiden ketjutuksen hyödyt ovat suurimmillaan, kun tila- ja kylätasolla voidaan yhdellä käynnillä tehdä kahden peräkkäisen vuoden konekitkentätyöt.

Koneen siirtokustannusten minimoimiseksi vältetään yksittäisiä alle kahden hehtaarin työmaita. Työmaan järjevä minimikoko voi vaihdella riippuen kohteen etäisyydestä muihin työmaihin, työskentelyalueesta ja suurempien työmaiden tarjonnasta. Mikäli pienellä alueella on paljon kitkentäkoneelle soveltuvia työmaita tarjolla ja vain yksi kone, kannattaa kitkentäkoneelle koostaa vain suuria ja parhaita työmaita. Mikäli joku kohde ei sovellu kitkettäväksi, koneyrittäjä voi tarkistamisen jälkeen palauttaa kohteen metsäsuunnittelijalle, ja kohde tehdään tarvittaessa metsurityönä.

Yhteenvedo konekitkennän työmaasuunnittelusta

- » Suositaan erityisesti:
 - » Mätätetyt kuusentaimikot 4–5 vuotta istutuksesta
 - » Kylvömänniköt 6–8 vuotta kylvöstä
 - » Kasvatettavat taimet noin metrin pituisia
 - » Kivennäismaat, joilla enintään pienialaisesti kosteampia kohtia
 - » Kasvatettavat taimet hyvässä kasvussa
 - » Koneistutetut taimikot
 - » Kannonnosto- ja metsäenergiakohteet
- » Vältetään:
 - » Jyrkät maastot
 - » Turve- ja soistuneet kankaat
 - » Erityisen pintakiviset kuviot
 - » Pihlajan valtaamat kuviot
- » Minimikoko 2 ha, tila- tai kylätasolla voidaan keskittää kahden vuoden työmaat kerralla.
- » Paikalliset olosuhteet sekä käytettävissä olevat vaihtoehdot (metsurityövoiman saatavuus, ”parempien” konekitkentätyömaiden tarjonta) vaikuttavat työmaiden priorisointiin.
- » Tärkeää suunnittelijan ja kuljettajan välinen tiedonkulku, suunnittelijan tulee saada palaute työmaista.
- » Oikea-aikaisessa konekitkennässä lehtipuusto hoidetaan pois ennakoivasti!

3.2.2 KUUSEN TAIMIKON KONEKITKENTÄTYÖ



Kuva 37. Kuusen taimikon konekitkentäohje kuvana. Keltainen tausta kuvassa vastaa 50 m²:n (7,91 m * 6,32 m:n) pinta-alaa taimikossa. Kuvassa on metrin pituisia kuusia 9 kpl eli 1 800 kpl/ha ja lehtipuita 75 kpl eli 15 000 kpl/ha. Punaiset ruudut kuvastavat lehtipuiden poistamista kitkentälaitteella. Oikeassa yläreunassa olevaan aukkopaiikkaan on jätetty sopivan kokoinen siemensyntyinen koivu, joka vastaa ohjeen mukaista koivusekoitusta 200 kpl/ha. Kuva: Mikael Kukkonen.

Kuusentaimikon konekitkennässä (kuva 37) poistetaan kaikki lehtipuusto kasvatettavien taimien läheisyydestä, jotta kuuset pääsevät valtaamaan kasvutilan. Kasvatettavilla taimilla tarkoitetaan istutettuja kuusentaimia, joita tulisi kitkentävaiheessa olla vähintään 1 600–1 800 kpl/ha. Työ tulee tehdä kerralla tarkasti, sillä yksikin kuusen viereen jäänyt liian suuri lehtipuu (kuva 38) voi ensiharvennukseen mennessä haitata kuusta selvästi. Aukkopaikkoihin voidaan jättää suurin piirtein kuusten pituisia siemensyntyisiä koivuja kasvamaan yksittäin tai ryhmissä. Taimikosta poistetaan kaikki ylipitkät lehtipuut, jotka yleensä ovat vesasyntyisiä. Kaikki muutkin vesasyntyiset lehtipuut poistetaan. Myös alikasvoskuuset kitketään pois kasvatettavien taimien läheisyydestä.

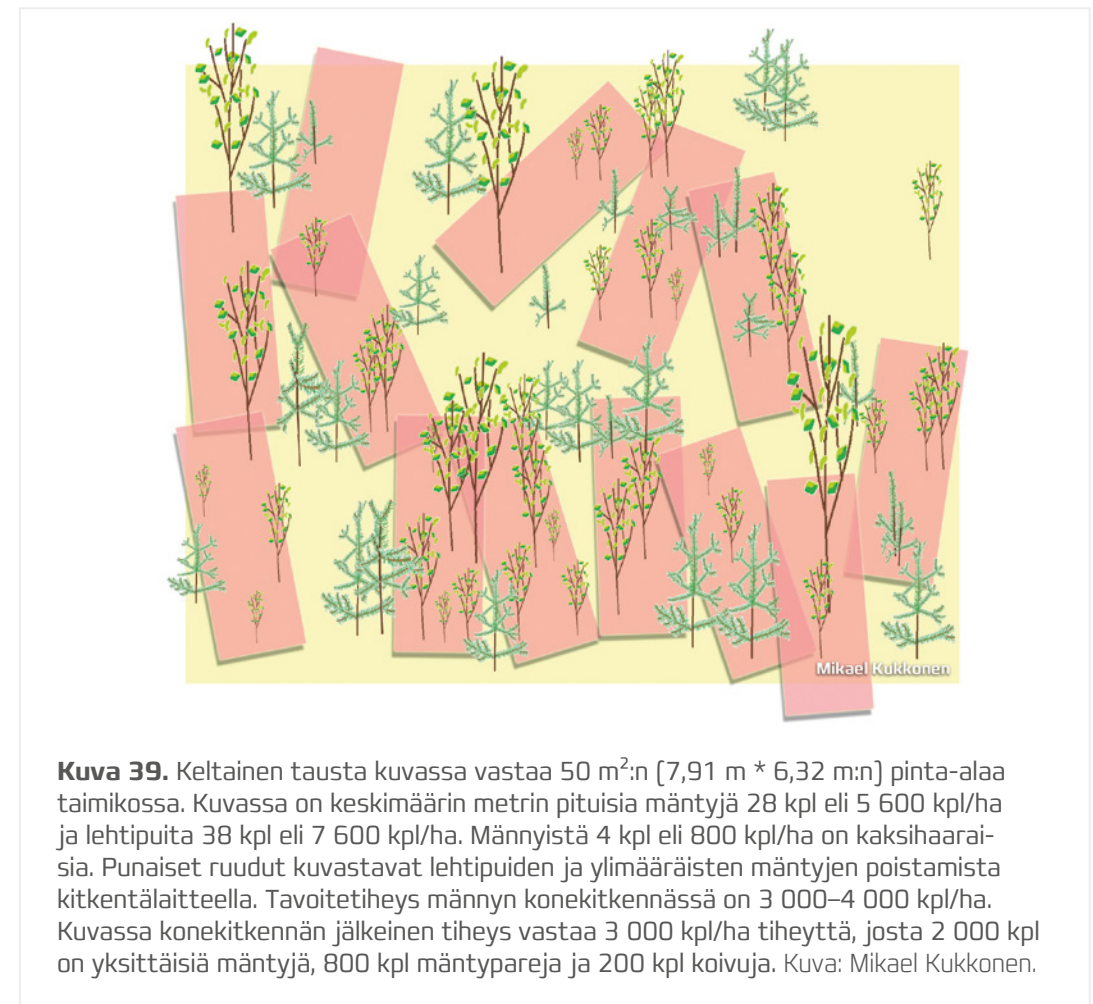


Kuva 38. Kuusen konekitkennän tavoitteena on vapauttaa kuuset hyvään kasvuun laatupuiksi, jotka eivät kärsi lehtipuukilpailusta. Konekitkennässä kuusen viereen jäänyt koivu haittaa kuusen kasvua hyvälaatuisiksi tukkipuiksi. Kuva neljä vuotta konekitkennän jälkeen. Kuva: Mikael Kukkonen.

Kasvatustiheyttä täydennetään tarvittaessa jättämällä mänty tai siemensyntyinen rauduskoivu kohtiin, joista puuttuu kasvatuskelpoinen kuusi. Sille vapautetaan kasvutilaa samoin kuin kasvatettaville kuusille. Tavoitteena on jättää ensiharvennusvaiheessa runkoluvusta 5–10 %:n sekoitus parhaita koivuja kasvatettavaksi koivutukiksi.

Mikäli kuusen taimikko halutaan kasvattaa perinteisen ensiharvennuksen sijaan kohti energiapuuharvennusta, voidaan vapautettujen kuusten välialueille jättää lehtipuuryhmiä siten, että taimikon kokonaistiheys nousee noin 3 000–4 000 runkoon hehtaarilla. Silloinkin jätettyjen lehtipuiden tulee olla siemensyntyisiä, etteivät ne valtaa kasvutilaa kuuselta. Suositeltavaa kuitenkin on, että kuusta kasvatetaan korkeintaan pienellä lehtipuusekoituksella, jolloin kuuset parhaiten hyödyntävät taimikon kasvupotentiaalin.

3.2.3 MÄNNYN TAIMIKON KONEKITKENTÄTYÖ



Kuva 39. Keltainen tausta kuvassa vastaa 50 m²:n (7,91 m * 6,32 m:n) pinta-alaa taimikossa. Kuvassa on keskimäärin metrin pituisia mäntyjä 28 kpl eli 5 600 kpl/ha ja lehtipuita 38 kpl eli 7 600 kpl/ha. Männyistä 4 kpl eli 800 kpl/ha on kaksihaarisia. Punaiset ruudut kuvastavat lehtipuiden ja ylimääräisten mäntyjen poistamista kitkentälaitteella. Tavoitetiheys männyn konekitkennässä on 3 000–4 000 kpl/ha. Kuvassa konekitkennän jälkeinen tiheys vastaa 3 000 kpl/ha tiheyttä, josta 2 000 kpl on yksittäisiä mäntyjä, 800 kpl mäntypareja ja 200 kpl koivuja. Kuva: Mikael Kukkonen.

Männyn konekitkennässä (kuva 39) poistetaan taimikosta kaikki mäntyjä haittaavat lehtipuut. Lehtipuita voi jättää kohtiin, joissa männyn uudistuminen on epäonnistunut. Tällöin konekitkennällä voidaan harventaa lehtipuita siten, että parhaille koivuille vapautetaan kasvutilaa. Vain vähäarvoista lehtipuustoa kasvavat aukkopaidat voidaan jättää käsittelemättä. Niistäkin tulee kuitenkin poistaa selvästi mäntyä pidemmät lehtipuut, jotka kasvaessaan ylispuiksi vievät vettä ja ravinteita sekä aiheuttavat varjostusta verraten laajalle alueelle. Lehtipuiden lisäksi männyn konekitkennässä poistetaan myös ylimääräiset männyn taimet. Siemenkylvöllä tai luontaisesti uudistetuissa männyn taimikoissa voi mäntyjä paikoitellen olla moninkertainen määrä tavoiteltuun kasvatustiheyteen verrattuna. Konekitkennässä kasvamaan jätettävien männyn taimien valinta tehdään ensisijaisesti taimien laadun ja hyvän tilajärjestyksen perusteella. Yksittäisiksi männnyiksi vapautettavien taimien tulisi olla mahdollisimman hyvälaatuisia.

Kuivahkon kankaan männyn taimikossa konekitkennällä tavoitellaan 3 000–4 000 rungon kasvatustiheyttä hehtaarilla ja pyritään noin 5 % lehtipuusekoitukseen. Kuivalla kankaalla tavoitetiheys on 1 800–2 000 kpl/ha. Tällöin männyn tyvitukin laadusta tulee hyvä ja männyt kasvavat ensiharvennukseen mennessä ainespuumittoihin. Yli 4 000 runkoa hehtaarilla suurempaa kasvatustiheyttä ei kuivahkolla kankaalla suositella, ellei metsänomistaja jostain syystä halua normaalin ensiharvennuksen sijaan tehdä energia-puuharvennuksen jo 8–10 metrin pituudessa. Kasvatettaessa mäntyä konekitkennän jälkeen alle 3 000 runkoa hehtaarilla voi männyn laatu kärsiä etenkin kuivahkon kankaan ravinteikkaammilla kasvupaikoilla.



Kuva 40. Konekitkennässä voidaan kasvattaa ensiharvennuskertymää jättämällä osa männyn taimista kasvamaan toisen männyn taimen kanssa parina tai kolmen taimen ryhmänä. Kuva: Mikael Kukkonen.

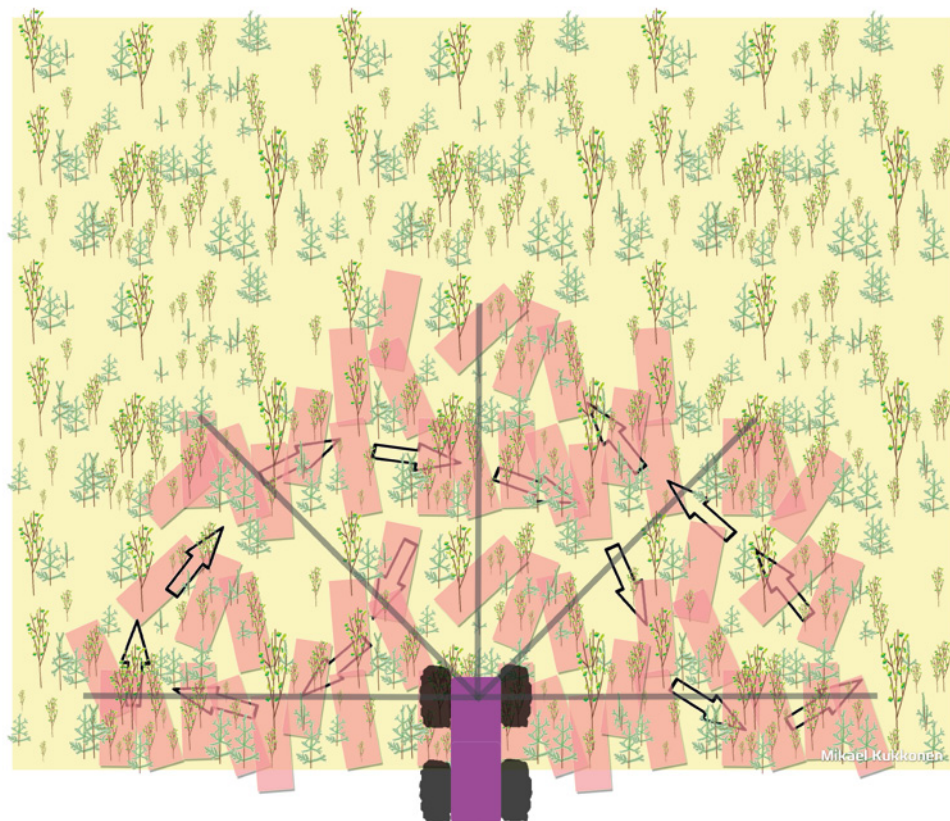
Konekitkennällä voidaan kasvattaa männikön ensiharvennuskertymää jättämällä osa männyn taimista kasvamaan toisen männyn taimen kanssa parina tai kolmen taimen ryhmänä (kuva 40). Sopiva määrä puupareja on noin 1 000 kpl/ha. Puuparit lasketaan runkoluvussa yhtenä joukkokäsittely-yksikkönä olettaen, että tulevaisuudessa ensiharvennus tehdään joukkokäsittelyynä. Ensiharvennuskertymä lisääntyy, sillä samasta kylvökohdasta kasvavat kaksi mäntyä vähentävät toistensa läpimitan kasvua vain noin 10 %, mutta ympäröivien runkojen kasvuun niillä ei ole vaikutusta juuri enemmän kuin yhden rungon tapauksessa. Ensiharvennuksessa kasvamaan jätettävien laadukkaiden mäntytien tulee olla yksittäin kasvaneita, joten huonostikin uudistuneissa kohdissa suurin osa männystä täytyy vapauttaa liian lähellä kasvavista muista taimista.

3.2.4 KONEKITKENNÄN TYÖTEKNIikka JA HYVÄT KÄYTÄNNÖT



Kuva 41. Kitkentälaitte siirretään lehtipuiden ylle, minkä jälkeen laitetta lasketaan alaspäin, jotta lehtipuita joutuu laitteen sisään. Kuva: Mikael Kukkonen.

Konekitkentä tapahtuu siten, että kitkentälaitte siirretään lehtipuiden ylle, minkä jälkeen laitetta lasketaan alaspäin, jotta lehtipuita joutuu laitteen sisään (kuva 41). Laitteen ylemmän kehikon tartuntaleuoilla puristetaan lehtipuut alemman kehikon tartuntaleukoja vasten ja nostetaan kitkentälaitetta ylöspäin, kunnes lehtipuut irtoavat maasta juurineen. Laitteen leuat vapautetaan, jotta lehtipuut irtoavat laitteesta ja putoavat maahan. Lehtipuut pudotetaan laitteesta siten, etteivät ne paina kasvatettavia taimia eivätkä haittaa poistettavien taimien kitkentää. Mikäli yhdellä kitkentäliikkeellä ei saada poistettua kaikkia lehtipuita kerralla, toistetaan liike kunnes kasvatettava taimi on vapautettu kilpailijoista. Konekitkennässä tulee varoa, ettei kitkentälaitte vaurioita kasvatettavia puita. Konekitkennässä pyritään tehokkuuteen minimoimalla puomin liikkeet (kuva 42).



Kuva 42. Konekitentätyössä pyritään tehokkuuteen minimoimalla puomin ja koneen liikkeitä. Kuvassa konekitentää männyn taimikossa tekee 2,8 metriä leveä keskiras-kas hakkuukone, jonka työleveys on 10 metrin ulottuvuudella 20 metriä. Kuljettaja kitkee työpisteestä käsin ensin koneen molemmilta sivuilta ja seuraavalle työpisteelle siirtymisen yhteydessä edestäpäin. Kuva: Mikael Kukkonen.

Etenkin kylväen uudistetuissa männyn taimikoissa kitkentälaitteella joudutaan poistamaan ylimääräisiä havupuita aivan kasvatettavan havupuun vierestä. Männyn vierestä toisen männyn konekitentätyössä on riskinä vaurioittaa kasvamaan jätettävän taimen juuristoa, joten se kannattaa mieluummin katkaista (kuva 43). Havupuun katkaiseminen tapahtuu siten, että kitkentälaitteella tartutaan havupuun taimen varteeseen esimerkiksi noin puolen metrin korkeudelta ja lasketaan laitetta suljettuna alaspäin kunnes taimi katkeaa. Tämä on usein paras tapa vapauttaa taimirivistä kaksi reunimmaista mäntyä yksittäin kasvaviksi männnyiksi.



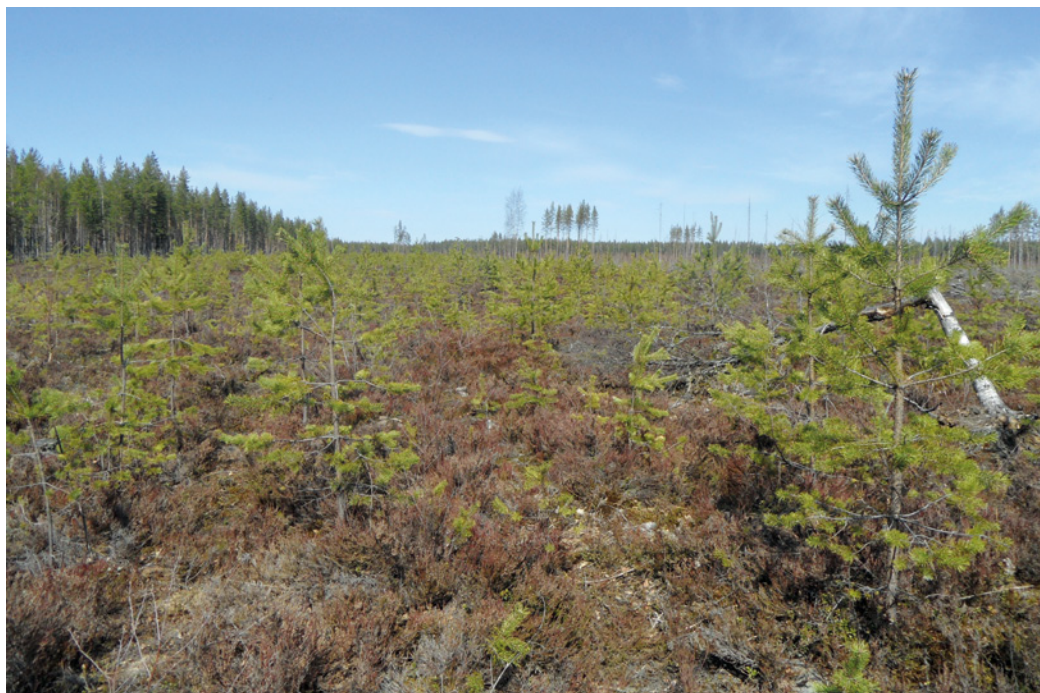
Kuva 43. Kuvassa vasemmalla kasvavan männyn taimen vierestä oikealta puolelta on kitkentälaitteella katkaistu ylimääräinen männyn taimi. Kuva: Mikael Kukkonen.

Mikäli kohteessa on paljon vaihtelevan pituista lehtipuustoa ja kuuset tai männyt ovat huonosti näkyvissä, kannattaa ensin poistaa pisimmät lehtipuut päältä kitkemällä.

Kasvatettavan taimen vierestä lehtipuun poistamista helpottaa kuusentaimen kevyt taiputus. Kitkentälaitteella painetaan kasvatettavaa kuusta kevyesti, jotta se taipuu hieman ja lehtipuu saadaan ohjattua kitkentälaitteen sisäpuolelle.

Tiehen rajautuvan taimikon tienvarret kannattaa kitkeä työn yhteydessä, sillä konekitentä on tehokas menetelmä myös tienvarsiraivauksessa.

Kitkentälaitteella voidaan poistaa myös melko suuria puita (kuva 44). Laitteella on esimerkiksi konekitentätyössä yhteydessä poistettu jopa kymmenmetrisiä koivuja, joita on taimikossa ollut laiminlyödyn uudistusalan raivauksen vuoksi. Suuren puun juuristo on tiukassa, joten sen irti vetäminen vaatii ensin puun kaatamisen. Kitkentälaitteella tartutaan puusta kiinni ja puomia käyttämällä joko vedetään tai työnnetään puu nurin. Tämän jälkeen vedetään kaadettua puuta maata pitkin sen verran, että sen juuristoyhteydet katkeavat.



Kuva 44. Konekitkennässä voidaan kaataa melko suuria puita [oik.]. Konekitkennästä kolme kasvukautta. Kuva: Mikael Kukkonen.

Kun poistetaan suuria puita kasvatettavan puun vierestä tai puuryhmiä, voi juuripaakujen mukana lähteä ympäröivää maata levymäisenä muodostelmana ja kasvatettavakin puu sen mukana. Tällöin kannattaa tarttua poistettavaan lehtipuuryhmän reunimmaisiin taimiin osa kerrallaan ja vetää niitä sivulle päin. Sivulle päin kitkeminen voi olla ainut keino vapauttaa kuusi, jonka ympärillä on niin monta lehtipuuta, että kuusi nousisi niiden juuriston mukana, mikäli ne nostettaisiin kerralla ylöspäin.

Vaaditaan erityistä huomiota kasvatettavien taimien väistelyssä, mikäli toimitaan niin jyrkillä ja huonosti kantavilla mailla, että joudutaan käyttämään teloja ja ketjuja ja mahdollisesti normaalia leveämpiä renkaita. Kun rinteessä joudutaan esimerkiksi väistämään kantoa, tulee huomioida takapyörien liikerata, sillä ketjutela voi tarttua vierestä ohi ajettavan kuusen oksaan ja vetää kuusen mukanaan pyörän alle.

Laitteen alas asti laskemalla lyhyetkin lehtipuut saadaan poistettua, mutta lyhyitä lehtipuita voi joutua tarttumaan useampaan otteeseen, mikäli ne luiskahtavat kitkentälaitteen välistä laitteen tartuntaleukoja suljettaessa. Tarttumisliikkeessä laitteen ylempi kehikko liikkuu noin 30 cm matkan puristuen alemman kehikon rautaa vasten, joten aivan lyhyimmistä lehtipuista saadaan ote vain sijoittamalla lehtipuu alemman kitkentäkehikon tartuntaraudan tuntumaan (kuva 45).



Kuva 45. Tarttumisliikkeessä laitteen ylempi kehikko liikkuu noin 30 cm matkan puristuen alemman kehikon rautaa vasten, joten aivan lyhyimmistä lehtipuista saadaan ote vain sijoittamalla lehtipuu alemman kitkentäkehikon tartuntaraudan tuntumaan. Kuva: Mikael Kukkonen.

Mikäli laite tarttuu lehtipuihin niin huonosti, että ne eivät irtoa maasta vaan niistä irtoaa vain kuori, on tarkistettava kitkentälaitteen leukojen purenta. Kitkentälaitteen leuat suljetaan ja tarkistetaan jääkö johonkin tartuntaleukojen väliin rakoa. Laitteen purentaa voidaan säätää asentamalla pulttiin rikka (leveä metallilevy, jossa on reikä pultille) kitkentälaitteen rautapalkin ja tartuntatassun väliin.

Mikäli kohteessa on vielä jäljellä hakkuutähdeksäjoja, kannattaa niitä hyödyntää mahdollisuuksien mukaan etenkin suurten poistettavien puiden pudotuspaikkana. Tällöin niistä ei ole haittaa kasvatettaville puille.

Konekitkentä on jatkuvaa tarkkuutta vaativa työlaji ja siksi sen kognitiivinen rasittavuus on normaalia hakkuukonetöskentelyä raskaampi. Kuljettaja joutuu konekitkennässä kitkentäkehikkoa alas lasiessaan jatkuvasti varomaan kasvatettavia taimia, jotka pieninkin virheliikkeen seurauksena voivat litistyä maata vasten ja vaurioitua. Kokoneiden konekitkentää tehneiden kuljettajien mukaan 8–9 tunnin työpäivä on maksimi ja ylitöiden tekoa kannattaa välttää.

3.2.5 KONEKITKENTÄTYÖN LAADUNSEURANTA

Konekitkentätyön laatua seurataan kuljettajan tekemällä omavalvonnalla. Laadunseuranta tehdään 5,64 metrin säteisillä ympyräkoaloilla, jolloin koealan hehtaarikohdainen yleistyskerroin on 100. Tarkkaan laadunmittaukseen tarvitaan vähintään 7–10 ympyräkoalaa tasaisesti eripuolilla kuviota, mutta rajallisen mittaukseen käytettävissä olevan työajan vuoksi kuljettajan itse tekemään omalaadunseurantaan riittää 1–2 koealaa työvuoron aikana. Tavoitteena tällöin on oman työn laadunseuranta sekä hyvään työn tarkkuuteen oppiminen.

Kuusen konekitkennän laadunseurannan toteutus

Kuusen konekitkennän laadunseurannassa ympyräkoalan kuuset luokitellaan tämän kappaleen alalukujen mukaisesti seuraaviin luokkiin:

- » Vapautetut kuuset
- » Konekitkennässä kuolleet kuuset
- » Konekitkennässä vaurioituneet kuuset
- » Lehtipuiden piiskaamaksi joutuneet kuuset
- » Alakynteen jäävät kuuset

Näiden lisäksi mitataan koivujen runkoluku, kuusen valtapituus sekä keskipituus kuuselta ja koivulta. Tiedot kirjataan laadunmittauslomakkeeseen (liite 2).

Vapautetut kuuset

Nämä kuuset kasvavat konekitkennän jälkeen täysin tai lähes täysin ilman lehtipuukilpailua. Ne ottavat konekitkennässä vapautetut kasvuresurssit tehokkaasti käyttöön ja säilyttävät valta-asemansa ilman myöhempää taimikonhoitoa. Vapautettujen kuusten joukosta valitaan tulevaisuudessa kasvatushakkuissa kasvamaan jätettävät – metsikön arvokkaimmat puut.

Konekitkennässä kuolleet kuuset

Näiden takia arvokkaan tuotantopuuston määrä on vähentynyt konekitkennässä. Tavoitteena voidaan pitää, että konekitkennässä kuolee korkeintaan 5 % runkoluvusta.

Konekitkennässä vaurioituneet kuuset

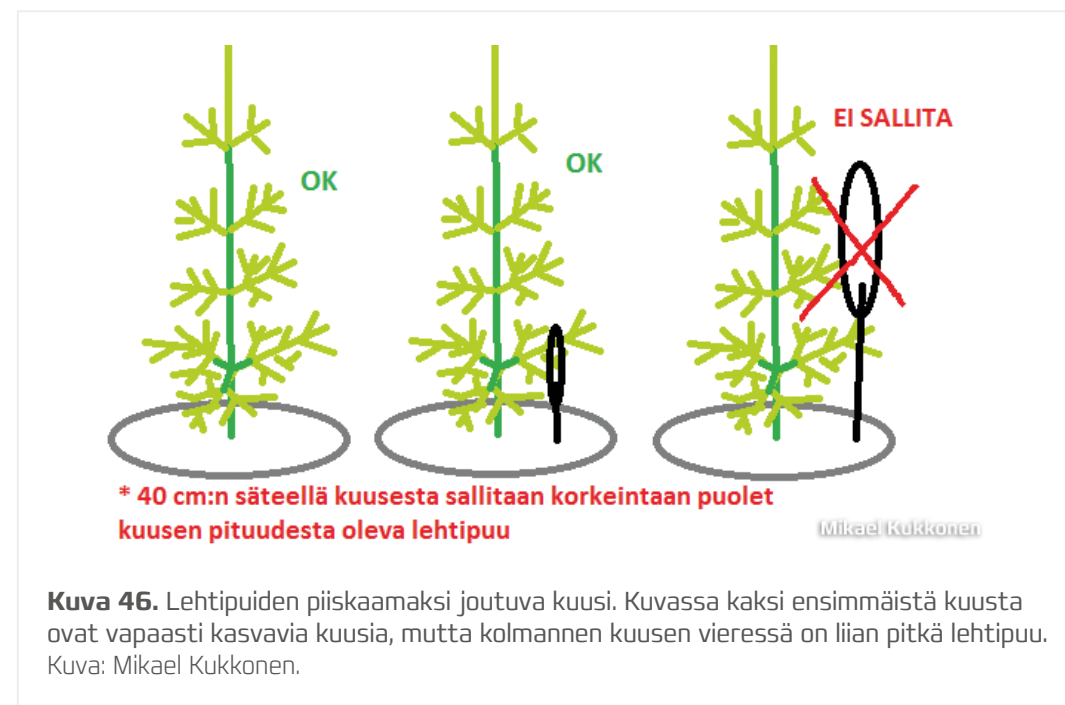
Näiden takia ensiharvennuksessa on vähemmän valinnanvaraa kasvamaan jätettävissä puissa. Konekitkennässä vaurioituneet kuuset kasvatetaan kuitupuuksi ja poistetaan ensiharvennuksessa.

Lehtipuiden piiskaamaksi joutuvat kuuset

Näiden takia joudutaan tekemään joko taimikonhoito tai ennakkoraivaus. Jos lehtipuuta ei poisteta, on riskinä kuusen rungon vaurioituminen. Tästä johtuen kyseistä kuusta ei voi kasvattaa laadukkaaksi tukkipuuksi asti vaan se poistetaan ensiharvennuksessa. Tähän luokkaan luokiteltavan kuusen vaurio voi syntyä joko lehtipuun piiskauksesta tai hakkuukourasta ensiharvennuksessa.

Määritelmä:

Kuusi, jonka vieressä 40 cm säteellä kasvaa lehtipuu, joka on vähintään puolet kyseisen kuusen pituudesta (kuva 46).



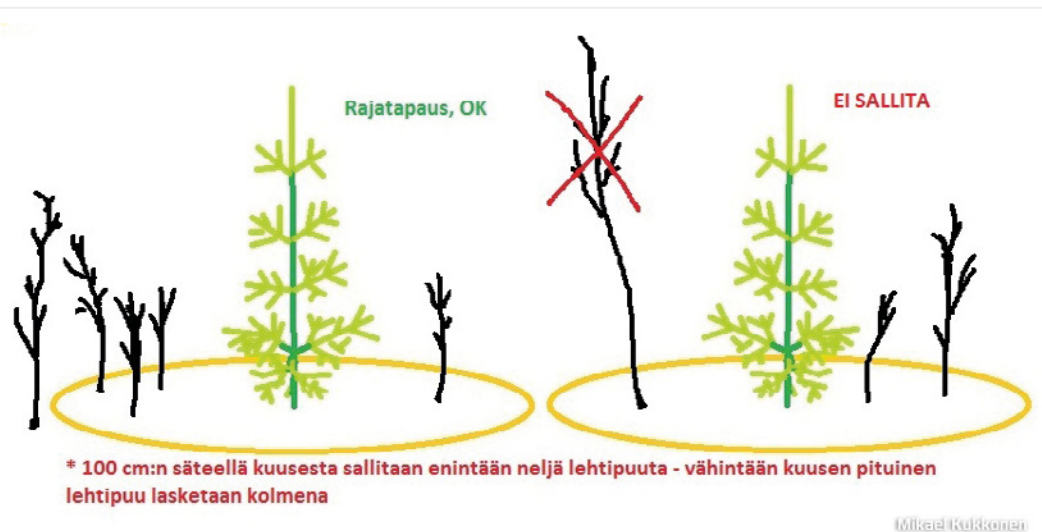
Kuva 46. Lehtipuiden piiskaamaksi joutuva kuusi. Kuvassa kaksi ensimmäistä kuusta ovat vapaasti kasvavia kuusia, mutta kolmannen kuusen vieressä on liian pitkä lehtipuu. Kuva: Mikael Kukkonen.

Alakynteen jäävät kuuset

Nämä aiheuttavat tulevan taimikonhoitotarpeen. Alakynteen jäävät kuuset eivät selviä ensiharvennukseseen asti ilman hoitoa, sillä ympäröivät lehtipuut vievät kuuselta kasvuresursseja ja hidastavat kuusen kasvua liikaa.

Määritelmä:

Kuusi, jonka läheisyydessä 100 cm säteellä kasvaa vähintään viisi lehtipuuta. Lehtipuilla alamitta on kolmannes kohdekuusen pituudesta. Lehtipuu, joka on vähintään kuusen pituinen, lasketaan kolmena (kuva 47).



Kuva 47. Alakynteen jäävä kuusi. Kuvassa vasemmalla on rajatapaus vapaasti kasvavasta kuusesta, kun metrin säteellä kasvaa neljä lehtipuuta ja viides lehtipuu rajautuu metrin säteen ulkopuolelle. Kuvassa oikealla oleva kuusi jää alakynteen, sillä metrin säteellä on kolme lehtipuuta ja niistä pisin lasketaan kolmena. Kuva: Mikael Kukkonen.

Huomioita kuusen konekitkentätyön arviointiin:

- » Lähtöpuuston runkolukuun lasketaan konekitkennässä kuolleet, vaurioituneet, vapautetut, piiskaantuvat ja alakynteen jäävät eli kaikki kuuset
- » Konekitkennässä pyritään vapauttamaan kaikki kasvatuskelpoiset kuuset. Vapaita kuusia tulisi olla vähintään 80 % kitkentää edeltävästä kuusen runkoluvusta (sisältäen kitkennässä vaurioituneet). Konekitkennän kannattavuus perustuu tulevan perkaustarpeen välttämiseen.
- » Mieluummin tehdään aina konekitkentä kerralla tarkasti ja varmistetaan hyvä lopputulos
- » Epäonnistuneella konekitkentätyömaalla tai sen osalla tehdään tarpeen mukaan taimikonhoitoa metsurityönä

Männyn konekitkennän laadunseurannan toteutus

Männyn konekitkennän laadunseurannassa ympyräkoelan männyn luokitellaan tämän kappaleen alalukujen mukaisesti seuraaviin luokkiin:

- » Yksittäiset männyt
- » Mäntyparit
- » Konekitkennässä kuolleet männyt
- » Konekitkennässä vaurioituneet männyt

Näiden lisäksi mitataan koivujen runkoluku, männyn valtapituus sekä keskipituus männyltä ja koivuilta. Tiedot kirjataan laadunmittauslomakkeeseen (liite 3).

Yksittäiset männyt

Nämä männyt kasvavat konekitkennän jälkeen männyn laatuksivatukseen sopivalla kilpailulla. Ne ottavat konekitkennässä vapautetut kasvuresurssit tehokkaasti käyttöön ja säilyttävät asemansa ilman myöhempää taimikonhoitotarvetta. Yksittäisten mäntyjien joukosta valitaan tulevissa kasvatushakuissa kasvamaan jätettävät – metsikön arvokkaimmat puut.

Laatukasvatuksen kannalta tärkeää on, että yksittäisiä mäntyjä on tasaisesti jakautuneena 2 000–3 000 kpl/ha ja kokonaistiheys on välillä 3 000–4 000 kpl/ha.

Mäntyparit

Näillä kasvatetaan ensiharvennuskertymää. Samasta kylvökohdasta kasvavien mäntyparien jättäminen myös hieman nopeuttaa konekitkentätyötä. Mäntypari lasketaan runkolukuun yhtenä runkona. Mäntypariksi lasketaan kaksi mäntyä, jotka kasvavat korkeintaan 40 cm etäisyydellä toisistaan.

Tavoitteena on, että mäntypareja on taimikossa tasaisesti jakautuneena noin 1 000 kpl/ha. Kuitenkin ensisijaisen tärkeää on varmistaa yksittäisten mäntyjien riittävä määrä (väh. 2 000 kpl/ha), joten mäntypareista aina toinen vapautetaan tarvittaessa yksittäiseksi männyksi.

Konekitkennässä kuolleet männyt

Männyn konekitkennässä poistetaan lehtipuiden lisäksi myös mäntyjä, joten konekitkennässä kuolleisiin mäntyihin lasketaan vain yliajossa kuolleet männyt. Näillä on käytännön merkitystä vain, mikäli taimikon kasvustiheys jää vajaaksi.

Konekitkennässä vaurioituneet männyt

Näiden takia ensiharvennuksessa on vähemmän valinnanvaraa kasvamaan jätettävissä puissa. Konekitkennässä vaurioituneet männyt kasvatetaan kuitupuuksi ja poistetaan ensiharvennuksessa.

Huomioita männyn konekitkentätyön arviointiin:

- » Kokonaistiheyteen lasketaan konekitkennässä vaurioituneet, ja yksittäiset männyt sekä mäntyparit ja koivut
- » Kokonaistiheydessä yksi mäntypari vastaa yhtä runkoa
- » Konekitkennässä tavoitellaan **tasaista** 3 000–4 000 kpl/ha kasvatustiheyttä – sekä ali- että ylitheyttä pyritään välttämään
- » Yksittäin kasvavia mäntyjä tulee olla tasaisesti jakautuneena 2 000–3 500 kpl/ha
- » Mäntypareja tulisi olla tasaisesti jakautuneena korkeintaan 1 000 kpl/ha
- » Mieluummin tehdään aina konekitkentä kerralla tarkasti, jotta varmistetaan hyvä lopputulos (kuva 48). Konekitkennän kannattavuus perustuu tulevan perkaustarpeen välttämiseen
- » Epäonnistuneella konekitkentätyömaalla tai sen osalla tehdään tarpeen mukaan taimikonhoitoa metsurityönä



Kuva 48. Hyvin kitketty männyn taimikko viisi vuotta konekitkennän jälkeen.
Kuva: Mikael Kukkonen.

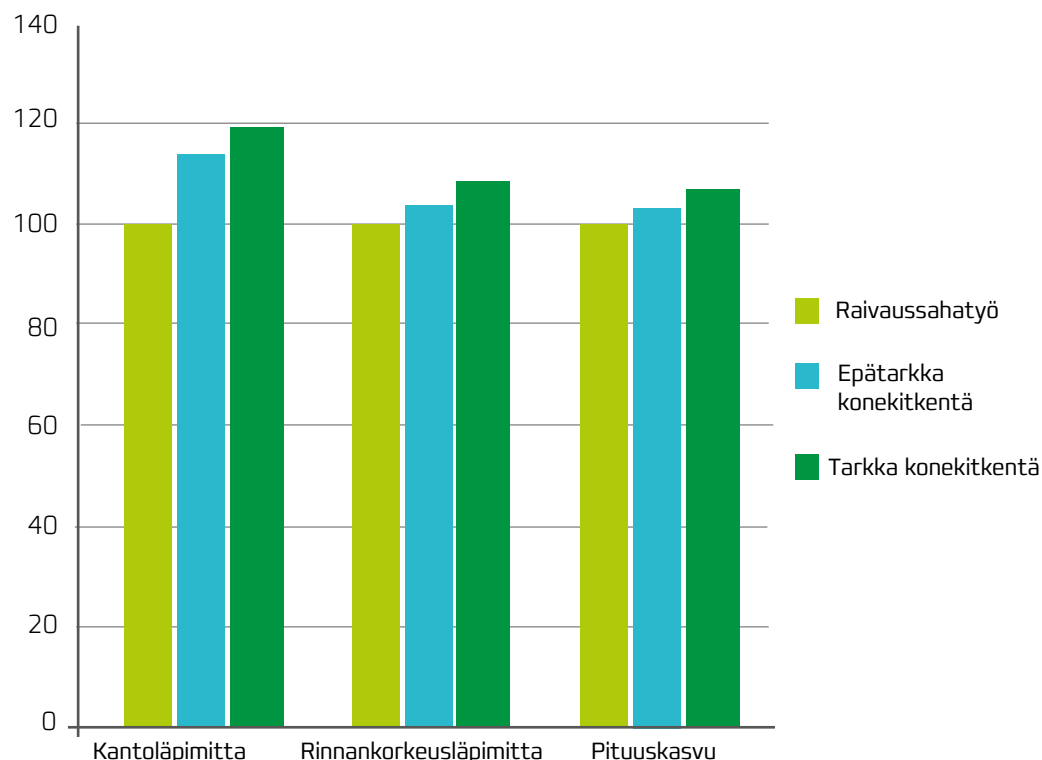
3.2.6 KONEKITKENNÄN TUOTTAVUUS, VAURIOT JA TULOKSIA KASVUVAIKUTUKSISTA

Konekitkennän tuottavuus on keskimäärin noin 1–1,5 hehtaaria 8 tunnin työvuorossa. Ajanmenekki kuusen ja männyn taimikoissa on keskimäärin samalla tasolla, vaikka kuusen taimikoissa poistettavan puuston määrä on yleensä selvästi männyn taimikoita suurempi. Kuusen taimikoissa työnopeudelle on eduksi kasvatettavien puiden valinnan helppous; kaikki istutetut kuuset vapautetaan kilpailijoista. Sitä vastoin männyn konekitkennässä keskimääräinen poistuma on pienempi, mutta poistettavien taimien valinta ja taimikon jäävän puuston oikea tiheys vaativat enemmän huolellisuutta.

Konekitkennässä menetettyjen taimien määrä sekä kuusella että männyllä on noin 5 %. Konekitkennässä syntyneet vauriot johtuvat pääasiassa renkaan alle jäämisestä. Koneella pystytään jonkin verran väistelemään taimia ja ajamaan taimien yli siten, että kasvatettavat puut eivät jää renkaiden alle. Alle jääneet taimet yleensä taipuvat koneen pohjan alla ja säilyvät vaurioitumatta, mutta renkaiden alle jääneet taimet lähes aina kuolevat. Renkaan alle jäämisen lisäksi kasvatettavia taimia voi joskus nousta mukana tai vaurioitua, kun joudutaan poistamaan suuria lehtipuita aivan kasvatettavan puun vierestä. Tällöin vaurioita voi jonkin verran vähentää kitkemällä lehtipuut pystysuunnan sijaan sivulle poispäin kasvatettavasta taimesta.

Lehtipuiden konekitkentä erityisesti kuusen taimikosta saattaa herättää epäilyn myös kuusten juurten vaurioitumisesta, mutta konekitkentä päinvastoin parantaa kasvatettavien taimien juuristo-olosuhteita. On tavallista, että routa katkoo kuusen hienojuuria joka syksy. Poistettavien taimien juuret ovat harvoin vahvasti yhteydessä kasvatettavien taimien juuriin. Kun emopuunsa laajan juuriston avulla nopeakasvuisia kantovesoja tuottavat lehtipuut puuttuvat taimikosta, kasvatettavien taimien juuristokilpailu vähenee olennaisesti. Taimen sekä juurten elinvoimaisuus näkyy voimakkaana kasvuna (kuvio 2).

Suhteellinen kasvu, %



Kuvio 2. Koneitkennän ja raivaussahatyön jälkeisen suhteellisen (raivaussahatyö=100) kasvun vertailu. Kuvio: Mikael Kukkonen

*Tarkennus: Koneitkennän vaikutusta kuusen kasvuun tutkittiin neljä vuotta aiemmin perustetusta varhaisperkauskokeesta, jossa osia taimikoista hoidettiin kitkemällä ja osia raivaussahalla. Kokeen perustamisvaiheessa koneitkentätyön tarkkuuden laatuksiteereitä ei ollut vielä laadittu. Koneitkentätyön jälki oli summittaista, sillä kuljettaja pyrki vapauttamaan kasvatettavan kuusen kilpailijoista yhdellä lehtipuiden nostoliikkeellä. Keskimäärin joka neljännelle kuuselle jäi kasvua haittaavia lehtipuita aivan kuusen taimen viereen. Summittaisesta koneitkentäjäljelmästä aiheutui epäselvyyttä tarvitseeko kitketyillä taimikoilla uusia taimikonhoito. Tutkimuksissa [Kukkonen 2011a sekä Ivakko 2012] selvisi, että taimikot selviävät yhdellä koneitkentäkäsittelyllä ilman taimikonhoitotarpeen uusiutumista, kun koneitkentä tehdään kerralla riittävän tarkasti. Kuljettajille koulutettiin tässä kirjassa esitellyt kuusen koneitkennän laatuvaatimukset [Kukkonen 2011b] kesällä 2011. Samanaikaisesti laitekehitys nykyiseen laiteversioon ratkaisevasti helpotti kuljettajia saavuttamaan vaaditun työn tarkkuuden. Koneitkennän ja raivaussahatyön välinen kasviero esitetään siksi oheisessa kuvassa jakamalla koneitkentä luokkiin "epätarkka koneitkentä" ja "tarkka koneitkentä". Luokassa "tarkka koneitkentä" mittausaineistoon on rajattu kuuluvaksi kuuset, jotka vastaavat nykyistä koneitkennän työtarkkuutta. Luokka "epätarkka koneitkentä" sisältää myös epätarkasti kitketyt kuuset, joita aineistossa oli neljäsosa. Epätarkassa koneitkennässä on samat hyödyt kuin tarkassa koneitkennässä, mutta luonnollisesti lievempänä. Lisätietoja kyseistä kasvuvvertailua käsittelevässä opinnäytetyössä [Hytönen 2013].

Kuusen kasvu on koneitkennän jälkeen huomattavasti parempi kuin raivaussahatyön jälkeen. Voimakkain kasvunlisäys ensimmäisinä vuosina koneitkennän jälkeen kohdistuu kantoläpimitan kasvuun. Neljän kasvukauden keskimääräinen kantoläpimitan kasvu kitkemällä vapautetuilla kuusilla on noin viidesosan (19 %) suurempi kuin raivaussahatyön jälkeen. Rinnankorkeusläpimitan kasvussa koneitkennän vaikuttama kasvunlisäys verrattuna raivaussahatyöhön on keskimäärin 8 % ja pituuskasvussa keskimäärin 6 %. Tietoa kasvuerojen jatkokehityksestä saadaan myöhemmin koetaimikoiden varttuessa. Oletettavasti koneitkennän vaikuttamat suhteellisen kasvun hyödyt säilyvät voimakkaana raivaussahalla hoidettujen taimikon osien lähestyessä taimikonhoidon ikää ja vielä sen jälkeen.

Koneitkennän jälkeinen kehitys poikkeaa raivaussahatyöstä näkyvästi sekä kuusella että männyllä. Kuvat 49, 50 ja 51 on otettu 30 metrin välein toisistaan varhaisperkauskoetaimikossa, jossa verrattiin keskenään koneitkentää ja raivaussahatyötä sekä lisäksi jätettiin osa alueesta hoitamatta. Viisi kasvukautta kokeen perustamisen jälkeen raivaussahalla peratun alueen (kuva 50) kannoista noussut vesakko on saavuttanut männyt, mutta viereisellä kitketyllä alueella (kuva 49) uusi vesakko on kokonaan jäänyt syntymättä. Hoitamattomalla kontrollialueella (kuva 51) sen sijaan lehtipuut ovat jo aiheuttaneet männyille vikoja ja kasvutappioita.



Kuva 49. Koneitketyn koealan näkymää viisi vuotta perkauskokeen perustamisen jälkeen. Kitkennän jälkeen vesakosta ei ole enää uhkaa kasvatettavalle puustolle. Kuva: Mikael Kukkonen.



Kuva 50. Raivaussahatun koealan näkymää viisi vuotta perkauskokeen perustamisen jälkeen. Nopeakasvuiset kantovesat ovat jo saavuttaneet kasvatettavan puuston.
Kuva: Mikael Kukkonen.



Kuva 51. Hoitamatta jätetyn koealan näkymää viisi vuotta perkauskokeen perustamisen jälkeen, kun männyn taimet ovat jo taantuneet huomattavasti.
Kuva: Mikael Kukkonen.

3.3 KONEELLINEN TAIMIKONHARVENNUS

Koneellisen taimikonharvennuksen taustaa

Koneellinen taimikonharvennus voidaan tehdä metsäkelpoisella lyhytperäisellä kaivinkoneella tai harvesterilla käyttämällä puomin päähän kiinnitettävää raivauspäätä (kuva 52). Hakkuukonekäyttöisiä raivauslaitteita on Suomessa ja Ruotsissa ollut käytössä ainakin 1980-luvulta alkaen. Koneelliseen taimikonhoitoon on myös erillisiä alustakoneita kuten Usewood Oy:n Tehojätkä koneet.



Kuva 52. Taimikonharvennus voidaan tehdä koneellisesti harvesterilla tai metsäkelpoisella lyhytperäisellä kaivinkoneella käyttämällä puomin päähän kiinnitettävää raivauspäätä. Kuvassa Risutecin raivaava energiapuukorjuulaite, joka sopii myös taimikonhoitoon.
Kuva: Jussi Aikala.

Koneellisessa taimikonhoidossa taimikko harvennetaan normaalin taimikonhoitotyön tapaan katkaisemalla poistettavat puut raivauslaitteella. Lisäksi tarvittaessa raivauslaitteella katkaistaan ajolinjalta koneen liikkumista haittaavat puut (kuva 53).

Koneen leveys ja maasto-ominaisuudet vaikuttavat mahdollisuuteen ajaa kasvatettavien puiden välistä ilman niiden katkaisemista. Koska taimikosta ei ajeta puita ajokoneella, ajolinjoja ei tarvitse tehdä yhtä leveäksi kuin ensiharvennuksessa. Pienellä harvesterilla ajolinjan leveys pystytään pitämään alle 3 metrin ja keskikokoisellakin harvesterilla noin 3,5 metrimissä. Leveydeltään noin 3 metriä olevilla ajourilla ei ole juurikaan merkitystä puuntuotannon kannalta. Mikäli ajolinjan leveys kuitenkin ylittää 3 metriä, kannattaa ajolinjat sijoittaa siten, että niitä voidaan hyödyntää ensiharvennuksessa.



Kuva 53. Koneellisessa taimikonhoidossa taimikko harvennetaan normaalin taimikonhoitotyön tapaan katkaisemalla poistettavat puut raivauslaitteella. Lisäksi tarvittaessa raivauslaitteella katkaistaan ajolinjalta koneen liikkumista haittaavat puut. Kuvassa MenSe raivauspää. Kuva: Mikael Kukkonen.

Taimikonhoidossa koneellistamisen etuja ovat mm. ympärivuotisuus, työn parempi tuottavuus, turvalliset työskentelyolosuhteet ja työn ergonomia.

Koneellisen taimikonhoidon keskimääräinen hehtaarikustannus on aiemmin ollut hieman miestyönä tehtävää taimikonhoitokustannusta suurempi. Koneellinen taimikonhoito on ollut taloudellisesti kannattavaa lähinnä taimikoissa, joissa poistuma on ollut keskimääräistä suurempi. Taimikonhoitokoneiden tuottavuus ei kuitenkaan laske yhtä rajusti poistuman koon ja määrän kasvaessa kuin miestyössä. Vaikuttaa siltä, että koneellisessa taimikonharvennuksessa ollaan menossa siihen suuntaan, että taimikonhoitotyöstä maksetaan palveluntarjoajalle tietty hinta, ja palveluntarjoaja päättää minkä kohteen ohjaa koneella tehtäväksi ja minkä teettää miestyönä.

Taimikonhoitokoneilla pystytään tekemään lähes kaikenlaiset taimikonhoitokohteet, kunhan ajoitus on oikea. Mikäli koneille valitaan vain erityiskohteita, seurauksena on siirtomatkojen pidentyminen, mikä heikentää työn kannattavuutta. Työmaita tulee olla työskentelysäteellä riittävän paljon, jotta yrittäminen kannattaa ja taimikonhoitopalvelun kustannukset pysyvät kohtuullisina. Kun taimikonhoitokoneen toimintasäteeltä osoitetaan koneelle kaikki sille kelvolliset taimikot, säästetään suunnittelussa ja siirtomatkoissa. Työn hinnoittelun perusteet ovat samat kuin miestyössä: hintaan vaikuttaa työnvaikeustekijät kuten poistuma. Pienillä kohteilla lisäkustannusta voi tulla koneen siirrosta.

KONEELLISEN METSÄNHOIDON LAITEKEHITTÄJÄN JA -VALMISTAJAN NÄKÖKULMA: JUSSI AIKALA, RISUTEC OY



Jussi Aikala (Risutec Oy) on kehittänyt koneellisen metsänhoidon laiteratkaisuja sekä metsänviljelyyn että taimikonhoitoon vuodesta 2004 alkaen.

Tuottavuuden ongelmia koneellisessa metsänhoidossa

Taimikonhoidon koneellistumisen suurin este on ollut hehtaarikohtaisen työsuorituksen suhde hehtaarikohtaiseen tuottoon tai oikeammin kustannukseen. Metsänomistajat eivät ole halunneet taimikkoon suuria koneita, tämä taas aiheuttaa ristiriidan työn tuottavuuden ja kustannusten osalta.

Työn tuottavuuden suurin tekijä on työsuoritteen määrä tunnissa. Katkaisu-, istutus- tai mätästysliike tunnissa on ainoa määräävä tekijä urakoitsijan saamaan korvaukseen. Työn laatu sekä logistiset tekijät, esimerkiksi mahdolliset muut samaan aikaan tehtävät lisätyöt ovat lisäkorvauksen piirissä. Koneellisessa metsänhoidossa työn laadulla on merkittävä osuus, koska konetyötä verrataan manuaalityöhön.

Tuottavuuteen vaikuttaa eniten alustakoneen etenemisnopeus. Jos koneessa on puomisto, jolla liikutetaan työlaitetta, työlaite ei tee työtä alustakoneen liikkeessä ollessa. Järeällä alustakoneella tämäkin on tietyillä toimilaitteilla mahdollista. Puomiston liikuminen on toinen työnopeutta rajoittava tekijä, lyhyt puomi on nopea, mutta aiheuttaa taas peruskoneen siirtämistarvetta. Kolmas työnopeuteen ja erityisesti työlälkeen vaikuttava tekijä on kuljettaja.

...ja niiden ratkaisemista

Olemme lähteneet aikanaan liikkeelle siitä, että metsänhoidolliset työt on tehtävä oikeassa järjestyksessä riippumatta siitä onko lopputuote tukkia tai energiapuuta. Valmistamamme tuotteet ja menetelmät liittyvät lähinnä metsänkasvatuksen ongelmien minimoimiseen ja tuoton maksimoimiseen.

Varhaisperkauksen merkitys on metsänhoidollisesti oleellinen. Koneellisessa taimikonhoidossa työnopeudelle asetettavat vaatimukset vähenevät, jos taimikonhoito voidaan hoitaa yhdellä käsittelyllä jo varhaisperkausvaiheessa. Leikkaavien laitteiden käyttö varhaisperkauksessa ilman niihin liitettyä biologista vesakontorjuntaa (purppuranahkavalmiste) ei ole järkevää. Olemme kehittämässä uutta menetelmää ja teknistä laitetta, jolla ainakin taimien löytäminen ja hehtaarikohtainen työsaavutus on ratkaistu. Menetelmän toimivuuteen ja tuottavuuteen liittyvät tutkimukset ovat meneillään (v.2013).

Perinteiseen taimikonhoitoon on saatavissa jo useiden valmistajien laitteita. Ensimmäinen markkinoille saattamamme kaupallinen laite on ollut Risutec III, jonka katkaisu perustuu hidaskierroksiseen pyörivään terään. Olemme pyrkineet kopioimaan tätä ratkaisua menetelmän etujen vuoksi. Hidas terä repii kannon, mikä voi vähentää kantovesomista. Hidaskierroksinen terä on vaurioita kestävä ja se on helppo hallita. Samalla voidaan levittää taimikkoon boorilannosta ja katkaisupintaan edellä mainittua purppuranahakkaa.

Taimikonhoidon kustannuksia voidaan myös pienentää keräämällä energiapuuksi poistettavaa puuainesta. Tämä ei tietenkään onnistu nuorissa tai harvoissa taimikoissa, mutta jo yli viiden metrin taimikossa saattaa poistettua kokopuuta kertyä 20–40 k-m³. Tämä vaikuttaa negatiivisesti karuilla mailla maan ravinnetalouteen, sillä poistettavien puiden neulasten ja oksien mukana poistuu ravinteita. Samoin ajourat vaikuttavat ensiharvennuskertymää vähentävästi. Mutta kasvua lisäävä vaikutus on suurempi: oikealla korjuutekniikalla ajouran varrella kasvavien puiden ns. reunavaikutus nopeuttaa paksuus- ja pituuskasvua. Samoin puuparien jättö ajouraa nähden poikittain vähentää ajouravaikutusta. Suurin kasvunlisäys tulee vapautuneesta kasvutilasta ja puiden käyttöön jäävä juurimassa. Lisäksi maahan raivataan noin 30 % puuainesta, käytännössä alle 4 cm raipat. Oikein toteutettu ajoura jättää myös pyörien väliin jääneet taimet kasvuun, eli ajouraa ei raivata puhtaaksi.

Ennakkoraivaavat energiapuukouramme (Risutec L3 A, M30, M10) ovat ratkaisuja, paitsi edellä mainittuun normaaliin taimikonhoitoon, myös karanneiden taimikoiden tai harvennusten ennakkoraivaamiseen. Oikein toteutettuna kesäajan korjuuna pienniput jätetään odottamaan ajoa kuukaudeksi eli puuta ei ajeta heti kasaan homehtumaan. Tämä haastaa korjuun hinnoittelun. Kokopuun korjuu lisää hehtaarilta saatavaa biomassaa verrattuna korjuukustannukseen, ajokustannuksen nousu verrattuna karsittuun rankaan voidaan pitää kurissa puristavalla kuormatilalla. Lisätietoja ja tutkimustuloksia TTS:n julkaisusta 4/2011 (Rieppo & Mutikainen, ennakkoraivaus ja energiapuun hakkuu samalla laitteella).

Alussa oli taimikon perustaminen

Turvemaat tulevat päätehakkuihin ja niiden uudistaminen tulee olemaan voimaponnistus. Valmistamme istutuskonetta, joka on suunniteltu ulkomaan vientiin, mutta sama laite sopii myös koneistutukseen turvemailla. Olemme ainoana istutuskonevalmistajana ottaneet huomioon sekä alustakoneiden tyyppien paljouden että istutusmenetelmien erilaisuuden. Taimikasetteja valmistamme 120 kappaleen kasetista useiden tuhansien kappaleiden kasettiin. Laitteillamme voidaan tehdä lisätyötä kuten boorilannoitusta, tukkimiehentäin torjuntaa (sekä ulkomailla käytössä olevaa raelannoitusta, vesigeelin ajoa ja glyfosaatin levitystä). Laitteissamme on etädiagnostiikka ja mahdollisuus gps-ohjaukseen. Kaikki uudistusalat eivät ole tasalaatuisia ja usein on järkevämpää

tehdä laikku, mihin kylvetään männyn siemenet. Istutuskoneisiimme ja mätästimme on saatavissa sähkötoiminen kylvölaite laskurilla. Laite voidaan asentaa myös laikutuskuhaan ja jopa ojakuhaan.

Konevalmistajan näkökanta

Suurin ongelma koneellisten menetelmien yleistymiseen on metsäalan kyky omaksua uusia asioita. Koneellistaminen on enemmän menetelmäkehitystä kuin koneenrakennusta. On annettava arvo organisaatioille, jotka ottavat omakseen uusien menetelmien läpiviemisen. Metsäyhtiöt ovat huomanneet uusien laiteratkaisujen tarpeen, mutta yksityismetsätalous laahaa perässä. Konevalmistajan kannalta on tärkeää saada laitteita metsiin, jotta laitteisiin panostetut voimavarat saadaan tuottamaan. Laitteista saatava kokemus kehittää laitteita, jolloin saavutetaan toimintavarmuutta. Risutec Oy:n laitteet on rakennettu yrittäjien tarpeiden pohjalta ilman julkista rahoitusta.

Tulevaisuus

Suomessa on tuudittauduttu oman metsäosaamisen korkeaan tasoon. Näin ei kuitenkaan ole, olemme jo monessa asiassa jäämässä omahyväisyyden ansaan. Mikäli emme saa käyttöön lisää koneellisen metsänhoidon laitteita ja menetelmiä, valuu osaamistamme muihin maihin. Lisäksi metsän jättäminen huonolle hoidolle päätehakkuun jälkeen on halvempaa kuin hoitaminen. Neuvonnan, metsäyhtiöiden sekä koulutuksen yhteistoimintaa tarvitaan tämän torjumiseksi. On syytä painottaa erityisesti koulutusta; koneellisen metsänhoidonlaitteiden ajaminen on erikoisosaamista.

3.3.1 KONEELLISEN TAIMIKONHARVENNUKSEN AJOLINJAT

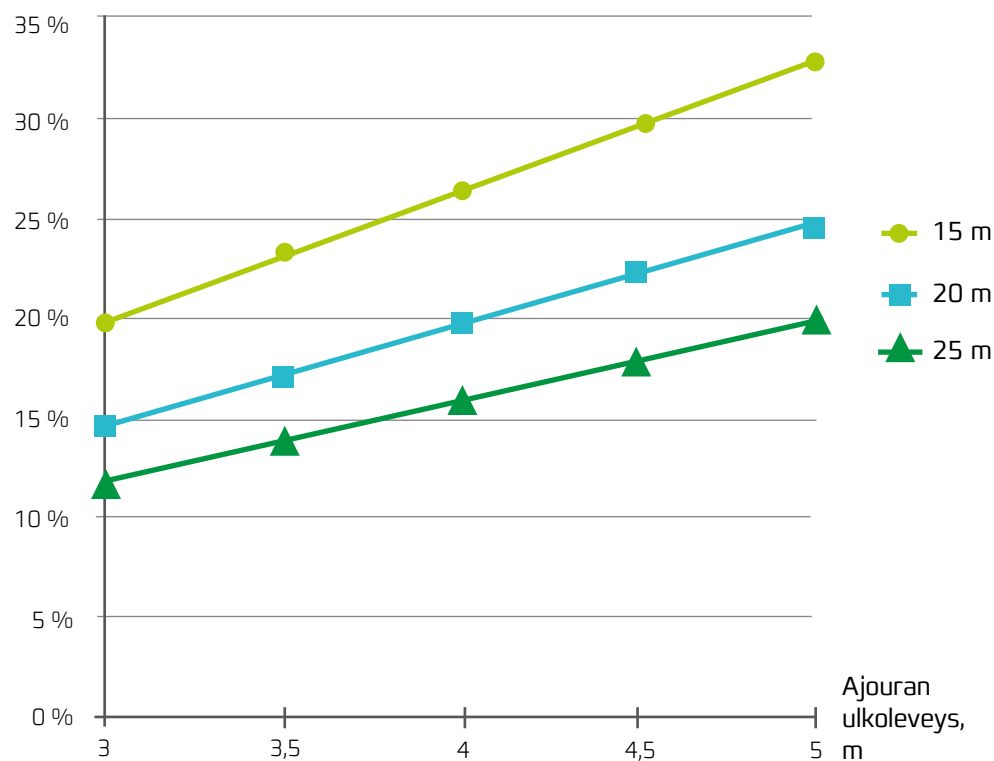
Kun puunkorjuu koneellistui muutama vuosikymmen sitten, pidettiin epätodennäköisenä, että koneellinen puunkorjuu laajenee myös ensiharvennuksiin. Näin ennusti muun muassa professori Yrjö Vuokila julkaisussaan Ensiharvennuskertymä (1976). Konetyön aiheuttamat puuston ja maaperän vauriot, harvennuksissa syntyvät ajourat ja niiden vaikutus puuntuottamisessa menetettyyn pinta-alaan sekä mahdolliset kasvutappiot koettiin uhkana. Kysymyksiä herätti myös ajouran kasvutilan mahdollinen vaikutus uranvarsipuiden kasvuun.

Koneellista ensiharvennusta ei vastaavalla tavalla enää kyseenalaisteta. Laiteratkaisujen kehitys on kasvattanut puunkorjuun tuottavuutta myös pieniläpimittaisten puiden käsittelyssä ja joukkokäsittelyssä, ja enenevässä määrin taimikonhoidon rästikohteiltakin korjataan jo energiapuuta. Silloin metsän kunnostamisen muuten hyvin kalliista työstä voi koitua jopa tuloa, vaikkakin kokonaisuutta ajatellen edullisinta on aina oikea-aikainen hoitotyö.

Tutkimustiedon tuottamisella on koneellisten menetelmien laajentamisessa keskeinen vaikutus. Puunkorjuun koneellistuessa ensiharvennusurien vaikutuksiin liittyviin kysymyksiin täytyi saada vastauksia, jotta niihin perustuen oli mahdollista laatia suositukset hyväksytystä ajourien minimivälistä ja uran maksimileveydestä. Tieto vaikutuksista mahdollistaa miinusten ja plussien yhteenlaskun ja siten helpottaa päätöksentekoa.

Vastaava epätietoisuus liittyen ajolinjojen vuoksi menetettyyn taimikon pinta-alaan ja ajolinjojen aiheuttamiin kasvutappioihin on vaikeuttanut koneellisen taimikonharvennuksessa laajentamista. Osaltaan asiaa on monimutkaistanut se, että kentällä on paljon erilaisia käytäntöjä ja erilaisia alustakoneita. Koneellisen taimikonharvennuksen menetelmän standardointi toisi helpotusta menetelmän laajentamiseen. Erilaisilla alustakoneilla saavutetaan erilainen ajolinjaleveys ja -väli. Pienimmillä koneratkaisuilla taimikossa kulkemiseen riittää kapeampikin tila, mutta toisaalta keskikokoisilla hakuukoneilla paremman ulottuvuuden vuoksi samaa ajolinjaa voidaan käyttää myöhemmin ensiharvennuksessa. Alla on esitetty uravälin ja -leveyden vaikutus uraverkoston viemään suhteelliseen pinta-alaan metsikössä (kuvio 3).

Osuus pinta-alasta



Kuvio 3. Ajouravälin ja uran ulkoleveyden vaikutus ajouran osuuteen taimikon pinta alasta.

Muistettava: Taimikon kasvatuksessa ei kasvateta taimikon pinta-alaa vaan taimikon puustoa. Taimilla on tietty kasvutila jonka ne voivat käyttää hyödyksi, mihin perustuu mm. käsite ajouran puuntuotannollinen leveys.

Koneellisessa taimikonharvennuksessa ei puhuta ajourista vaan ajolinjoista. Ajolinjojen leveydeksi riittää taimikonharvennuksessa käytetyn koneen vaatima tila. Ajolinjaleveyttä ei tehdä enemmän uraleveyttä vaativien ajokoneiden kulkemiseen, sillä oikea-aikaisessa taimikonhoidossa puuta ei korjata talteen.

URANVARSHIPUIDEN KASVUUN LIITTYVÄT TUTKIMUKSET JA SUOSITUS ALUSTAKONEESTA RIIPPUMATTOMASTA KONEELLISEN TAIMIKONHARVENNUKSEN TOIMINTAMALLISTA

Tässä alaluvussa tarkastellaan ensiharvennusten aikaan tehtyjä tutkimuksia johdatuksena taimikonhoidossa syntyvien urien vaikutukseen kasvutappioihin sekä uravarsipuiden mahdolliseen kasvunlisäykseen. Tähän sovellettavissa olevaa tietoa on erityisesti Suomessa ja Ruotsissa 80- ja 90-luvulla tehdyistä harvennusuria koskevista tutkimuksista, joista tarkastelemme seuraavassa pääasiassa kolmea.

Erona kysymyksenasettelussa on, että ensiharvennusuria koskevista tutkimuksista saadaan tietoa uravaikutuksista ensiharvennuksen jälkeen, kun taas koneellisen taimikonhoidon vaikutuksiin tarvitaan tietoa uravaikutuksesta ensiharvennuksen saakka. Puiden pienempi koko ja nuorempi ikä tuovat tiettyjä eroja niiden kykyyn hyödyntää lisääntyneitä kasvutilaa. Lisäksi vaikutukset ovat hieman erilaiset männyllä ja kuusella.

Tutkimus I: Isomäki, A. 1986. Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos, Folia Forestalia 678. 30 s.

Isomäki (1986) tutki normaaleja ajouria leveämmän linjakäytävän vaikutusta reuna-puustoon.

Mittaushetkellä 13 metrin pituudessa olevissa puolukkatyyppin männiköissä (koealat 1 ja 2) 10 metriä leveän linjakäytävän reunapuiden läpimitan kasvu voimistui 5–6 vuotta käytävän avaamisen jälkeen. Suhteellisen sädekasvun kehitys 0–2 metrin vyöhykkeellä linjakäytävästä oli jopa puolitoistakertainen verrattuna yli 5 metrin päässä linjakäytävästä kasvavilla puilla. Suhteellisen sädekasvun ero jatkui vähentymättä aina mittaushetkeen saakka, jolloin linjakäytävä oli 22 vuotta vanha. **Reunapuiden pohjapinta-alan** lisäkasvu 0–2 metrin vyöhykkeellä linjakäytävästä oli linjakäytävän pohjoispuolella +55 % 5–10 metrin päässä linjakäytävästä kasvaviin verrattuna ja linjakäytävän eteläpuolella vastaavasti +17 %. **Johtopäätös:** männikön reunapuut hyödyntävät ylimääräisen kasvutilan tehokkaasti. Uran pohjoispuolen puille tulee enempi valoa ja ne voivat kasvaa leveän uran varrella jopa puolet muita puita paksummaksi.

Koealalla 3 CT-tyyppin männikössä 4 metriä leveän linjakäytävän reunapuut eivät saaneet vastaavaa suhteellisen sädekasvun etua. Puustotietoja tarkasteltuani pidän erittäin todennäköisenä, että tämä on johtunut alhaisesta kasvatustiheydestä (855 kpl/ha), jolloin lisääntyneestä kasvutilasta ei ole ollut reunapuulle lisähyötyä. **Johtopäätös:** uran kasvutilasta on hyötyä vain, mikäli reunapuusto on riittävän tiheä.

Myöskään koealan 4 männikössä merkittävää etua reunapuiden hyväksi ei ole havaittavissa. Tässä tapauksessa on Isomäen mukaan mahdollista, että männikön sijainti loivasti pohjoiseen viettävällä rinteellä on vaikuttanut asiaan eikä 5 metriä leveä linjakäytävä ole parantanut ratkaisevasti reunapuiden valaistusolosuhteita. **Johtopäätös:** pohjoiseen viettävillä rinteillä lisäkasvu voi olla pienempi tai jäädä kokonaan syntymättä, mutta vahvoja johtopäätöksiä tästä ei voida tehdä.

Sulkeutuneissa kuusikoissa (koealat 8 ja 11) linjakäytävä on lisännyt reunapuiden paksuuskasvua heti ensimmäisestä vuodesta alkaen ja jatkunut voimakkaana (lähes kaksinkertaisena) kokeen loppuun saakka. Koealalla 8 linjakäytävä oli 25 metriä leveä ja koealalla 11 7 metriä leveä. Molemmilla koealoilla kasvunlisäys on alusta saakka ollut sekä 0–2 metrin että 2–5 metrin vyöhykkeelle saakka, mutta koealalla 11 noin 10 vuoden kuluttua linjakäytävän avaamisesta reunapuusto on sulkeutunut ja 2–5 metrin vyöhykkeellä puiden läpimitan kasvu on alentunut normaalille tasolle. Johtopäätös: kuusi hyödyntää kasvutilan vielä mäntyä paremmin.

Linjakäytävän reunapuusto kasvaa huomattavasti muuta puustoa paremmin etenkin kuusikoissa, joissa reunavaikutus näkyy läpimitan lisäksi myös pituuskasvussa.

Leveät linjakäytävät voivat aiheuttaa hieman elliptistä kasvua reunapuulle; linjakäytävän suuntainen läpimitta oli kuusikoissa enintään 3,2 % ja männiköissä 2,1 % suurempi kuin linjakäytävän vastainen läpimitta. Koneellisessa taimikonharvennuksessa elliptistä kasvua tuskin juurikaan syntyy, sillä ajolinjat ovat huomattavasti kapeampia.

Välittömästi voimakkaasti kasvavien reunapuiden takana sijaitsevissa puissa oli havaittavissa lievä kasvun taantuminen koealoilla 1, 2, 6, 12 ja 14.

Tutkimus II: Niemistö, P. 1989. A simulation method for estimating growth losses caused by strip roads. Scandinavian Journal of Forest Research 4: 203–214.

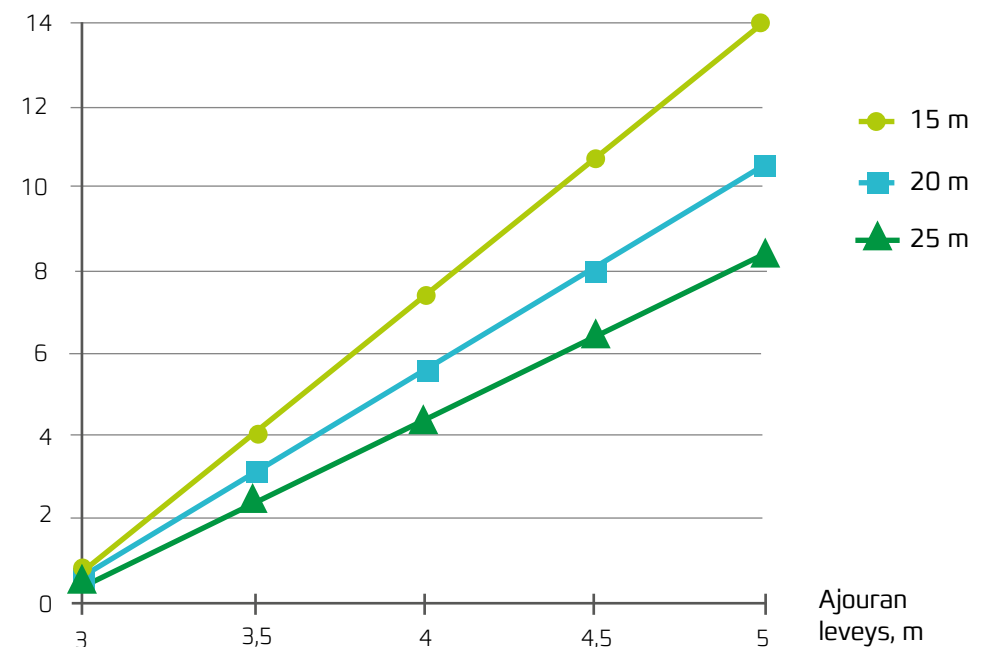
Niemistö (1989) esitteli simulointimenetelmän ajouraleveyden ja -välin aiheuttamien kasvutappioiden arviointiin.

Ajouran reunuspuusto kasvaa 20–30 % muuta puustoa voimakkaammin harvennusta seuraavien 5–10 vuoden ajan. Niemistön mukaan useissa tutkimuksissa (Andersson, 1969; Fries, 1976; Bucht, 1981; Bucht ja Elfving, 1977; Elfving 1984; Eriksson, 1987) on saatu vastaavia tuloksia ajourien ja käytävien vaikutuksista.

Seuraavassa on esitetty Niemistön simulointimenetelmään perustuen kuva ensiharvennusravälin ja -leveyden vaikutuksesta harvennusurista aiheutuneeseen kasvutappioon (kuvio 4). Niemistön aineistossa uraleveys on alimmillaankin yli kolme metriä. Kuvassa tulokset on ekstrapoloitu alkamaan kolmen metrin uraleveydestä, sillä tulokset Niemistön simulointimenetelmässä ovat täysin lineaarisia. Laskelman oletuksissa on, että ensiharvennuksen jälkeinen puuston määrä on 1 200 kpl/ha.

Verrattaessa Niemistön simulointimenetelmällä laskettuja tuloksia (kuvio 4) uravälin ja leveyden vaikutukseen uraverkoston suhteellisesta pinta-alasta metsikössä (kuvio 3) voidaan havaita, että Niemistön simulointimenetelmän perusteella ajouran leveydellä on huomattavasti uraväliä suurempi vaikutus kasvutappioon. Tämä voisi olla perusteena suosia koneellisessa taimikonharvennuksessa koneita, joilla jää kapeat urat. Tällöin ei välttämättä haittaisi, vaikka pienellä koneella ei saavutettaisi yhtä suurta uraväliä kuin mitä ensiharvennuksessa tullaan käyttämään. Mikäli käytetään ensiharvennusuria pienempää uraväliä, mahdollisten puustovaurioiden merkitys uran varressa kuitenkin korostuu. Puustovaurioiden merkitys on aina sitä suurempi, mitä pidemmäksi aikaa vaurioituneiden puiden olisi tarkoitus jäädä kasvamaan.

Kasvutappio, %



Kuvio 4. Ensiharvennuksen ajouravälin ja -leveyden vaikutus kasvutappioon. Huomioitavaa on, että uraleveys vaikuttaa kasvutappioon huomattavasti enemmän kuin uraväli.

Tutkimus III: Isomäki, A. & Niemistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos, Folia Forestalia 756. 36 s.

Isomäki ja Niemistö (1990) tutkivat tavanomaisten ajourien vaikutusta kuusikon ensiharvennuksessa.

Reunapuiden kasvunlisäys alkoi heti ensimmäisestä vuodesta ja saavutti korkeimman tason viidentenä kasvukautena harvennuksen jälkeen. Paksuuskasvu oli 25 % muuta puustoa suurempi kolmen metrin etäisyydelle uran reunasta. Osalla koealoista reunavaikutus ulottui pidemmällekin. Kasvunlisäys koski reunapuiden lisäksi jonkin verran taustapuita.

Tutkimuksen tärkeimpiä havaintoja oli, että ajourien väliselle alueelle ns. ajouravarana ei ole johdonmukaista jättää ylimääräisiä puita, sillä lisäkasvu koskee vain ajouran lähipuuta. Suora lainaus Isomäen ja Niemistön tekstistä: ”Ainoa puujoukko, jonka määrää tulisi lisätä ajourien avaamisen yhteydessä, muodostuu ajourien reunapuista sekä välittömästi niiden takana sijaitsevista ns. taustapuista. Yli 3 metrin etäisyydellä ajouran reunasta kasvava puusto on syytä käsitellä parhaan hyödyn antavalla harvennuksella riippumatta siitä avataanko ajoura vai ei.”

Toinen koneellisen taimikonharvennuksen kannalta tärkeä havainto oli, että ajouravyöhykkeen kasvu oli voimakkaasti riippuvainen ajouravyöhykkeelle kasvamaan jätettyä puustosta. Kun puuston pohjapinta-alaa lisättiin 3 %:lla tilavuuskasvu kohosi 2 %:lla. Suhde pysyi samana koko tutkimusaineiston vaihtelualueella.

Johdopäätöksiä sovellettuna koneelliseen taimikonharvennuksen:

- » Kun koneellinen taimikonharvennus tehdään 3–5 metrin pituudessa, reunapuusto ennättää hyötyä lisääntyneestä kasvutilasta erittäin hyvin ennen ensiharvennusta
- » Ajolinjalta menetetty puusto kompensoituu osittain reunapuuston parempana kasvuna
- » Reunapuuston kasvunlisäyksen määrä ja vaikutussäde riippuu ainakin taimikon koosta, tiheydestä ja puulajista
- » Kasvunlisäys on suurin ja ulottuu pisimmälle linjakäytävien pohjoispuoliseen reunapuustoon, mutta tätä on todennäköisesti liian vaikea sisällyttää työohjeeseen
- » Ensiharvennuksen kertymästä noin puolet syntyy ajouran teosta, joten ajolinjan varteen jätetty puuston lisäys on tämänkin vuoksi tärkeä
- » Kasvunlisäyspotentiaali menetetään, mikäli reunapuusto on harva
- » Alle 3 metrin levyisillä linjakäytävillä ei ole merkittävää vaikutusta ainespuun kasvatukseen

Ajolinjojen aiheuttama kasvutappio minimoidaan seuraavasti:

- » Linjaväli maksimaalinen, suositus vähintään 20 metriä
- » Linjan leveys tulee olla minimaalinen, ehdottomasti alle 4,0 metriä (mielellään alle 3,5 m)
- » Ajolinjan varteen 2–3 metrin säteelle jätetään lisäpuiksi muutaman puun ryhmiä, mieluiten puupareja
- » Ylimääräiset reunapuut lisäävät ensiharvennuksen ainespuukertymää selvästi
- » Lisäpuiksi voidaan laskea vain yli puolet taimikon keskipituudesta olevat puut
- » Vaurioituneet puut tulee poistaa
- » Ylipitkät lehtipuut poistetaan myös ajolinjan varresta
- » Ylimääräiset reunapuut ja puuryhmät eivät saa haitata muuta kasvatettavaa puustoa

Reunapuuston oikea tiheys saavutetaan seuraavasti:

”Reunapuusto on riittävän tiheä ajolinjan leveydestä riippumatta, kun taimikonhoidon tavoitetiheys täyttyy ajolinjan keskeltä mitatulla 5,64 metrin säteisellä (100 m²) ympyräkoelalla.”

- » Tähän pystytään koneen leveydestä riippumatta
- » Ajolinjan leveyttä eikä -väliä tällöin välttämättä tarvitse mitata erikseen
- » Taimikon tavoitetiheys mitataan reunapuuston mittauksen lisäksi ajolinjojen väliseltä alueelta 3,99 metrin säteisellä (50 m²) ympyräkoelalla, joka ei sisällä reunavyöhykkeitä
- » Kuljettaja voi helpottaa reunapuuston määrän kontrollointia tekemällä puomiin merkinnän 5,64 metrin kohdalle
- » Tämä on kaikille laajennettavissa oleva toimintamalli, jossa metsänhoidolliset näkökulmat on huomioitu
- » Näin toimittaessa oikea-aikaisella koneellisella taimikonhoidolla ei aiheuteta kasvutappiovaikutuksia käyttöpuuhun
- » Yhtenäinen toimintamalli tuo selkeyttä, vähentää uuden menetelmän vastustusta ja helpottaa koneellisen taimikonharvennuksen markkinointia

3.3.2 KONEELLISEN TAIMIKONHARVENNUKSEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Koneellisen taimikonharvennuksen kohdevalinta

Sopivat kohteet. Koneelliseen taimikonharvennuksen parhaiten soveltuvia kohteita ovat kivennäismailla kasvavat 3–7 metriä pitkät männyn taimikot. Kuusen taimikoita ja heikosti kantavia kohteita perataan vain maan ollessa jäässä tai lumen peitossa marras–huhtikuun välisenä aikana. Koneen työskentelyä ajatellen parhaita kohteita ovat taimikot, joiden tavoitetiheys on 1 800–2 000 kpl/ha. Lyhyissä taimikoissa (3–5 metriä) etuna voi myös olla mahdollisuus puomin siirroille koneen lähellä olevien kasvatettavien taimien yli, koneen puomin ominaisuuksista riippuen.

Koneelle osoitetaan mieluiten oikea-aikaisen taimikonhoidon kohteita ja vältetään rästikohteita, paitsi mikäli kohteilta korjataan myös energiapuuta. Koneelliseen taimikonhoitoon ei tule osoittaa pelkästään ylitiheitä rästikohteita, mutta ei mielellään myöskään kohteita, joiden poistuma on valtaosassa kuviota alle 10 000 runkoa hehtaarilla.

Maasto. Sopivia kohteita ovat kivisyydeltään normaali- tai vähäkiviset kohteet jyrkkärinteisiä kuvioita lukuun ottamatta.

Ajoitus. Lehtipuuvaltaiset taimikot perataan paremman näkyvyyden vuoksi mieluiten lehdettömään aikaan. Työ aloitetaan roudan sulamisen jälkeen kantavimmilta mailta. Turvemaita eikä soistuneita kankaita tehdä sulan maan aikaan, eikä hienojakoisia maita niiden ollessa märkiä.

Männyn taimikoita voidaan tehdä ympärivuotisesti. Kuusen taimikoita harvennetaan koneellisesti vain maan ollessa jäässä tai lumen peitossa, muuten ajolinjan varren kuusen juuret ovat alttiina urapainumien aiheuttamille vaurioille. Lisäksi sulan maan aikaan koneen paino voi hieman tiivistää maata ajolinjalta, mikä aiheuttaa ajolinjan reunapuuston kuusille selvää kasvutappiota muutaman vuoden ajan.

Ketjutus. Työmaita kannattaa ketjuttaa siten, että kylä-/tilatasolla tehdään yhdellä käynnillä kahden vuoden taimikonhoitotyöt. Pyritään välttämään alle 2 hehtaarin kuvioita, mikäli koneen siirtoon tarvitaan lavetta.

Ajolinjojen suunnittelu ja työn eteneminen

Koneellisessa taimikonhoidossa taimikko harvennetaan normaalin taimikonhoitotyön tapaan katkaisemalla poistettavat puut raivauslaitteella. Lisäksi koneen ajolinjalta kaadetaan liikkumista haittaavia puita. Ajolinjat tulisi kuitenkin jättää selvästi kapeammaksi kuin ensiharvennuksessa, jolloin ajouria levennetään puunajokoneen vuoksi.



Kuva 55. Koneellisessa taimikonhoidossa kuljettaja poistaa ajolinjalta vain liikkumista haittaavat puut. Ajolinjojen leveys on kapeampi kuin ensiharvennuksen ajourilla, jotka tehdään puunajokoneen vuoksi leveämmäksi. Kuva: Mikael Kukkonen.

Tien varrella olevaan taimikkoon tehdään ensimmäinen ajolinja kuvion päädyistä alkaen tiensuuntaisesti tai jos kuvio ei ole tien varressa, niin kuvion reunaa myötäillen koneen työskentelyulottuvuuden etäisyydellä kuviorajasta. Taimikossa edetään kuvion pituus-suunnassa, mutta rinteet ajetaan poikkisuuntaisesti. Ajolinjojen väli tehdään hyödyntäen puomin täyttä ulottuvuutta. Mikäli ajolinjojen leveys ylittää 3,0 metriä, tulisi ajolinjaväli mielellään olla ensiharvennuksen sopiva 20 metriä. Ajolinjojen reunapuiden ja niiden juurenniskojen kolhimista tulee välttää. Ajolinjat tehdään mahdollisimman suoriksi hyödyntäen luontaisia aukkoja. Kosteikat kierretään koneella. Urapainumia tulee välttää, sillä ne aiheuttavat juurikäpäriskiä ja heikentävät puuston kasvua.

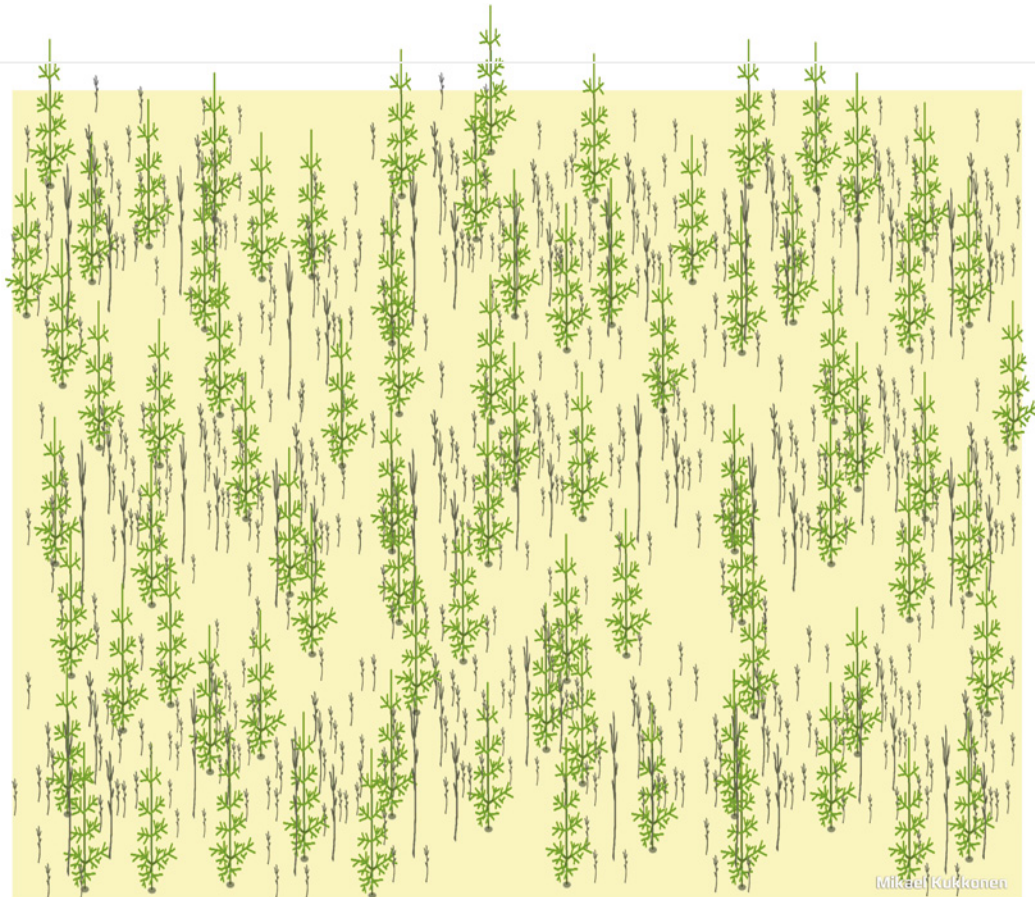
Puuvalinta. Kasvatettaviksi puiksi valitaan laatuominaisuuksiltaan parhaat pääpuulajin puut. Taimikonhoidon tavoiteteheyteen pääsemiseksi valitaan pääpuulajin lisäksi ensisijaisesti havupuita ja mieluiten siemensyntyisiä rauduskoivuja. Toissijaisesti täydennykseksi voidaan jättää muita lehtipuita.

Taimikosta poistetaan huonolaatuiset puut, susipuut ja vioittuneet rungot sekä ylimääräinen vesa- tai siemensyntyinen taimiaines ja kuusialikasvos. Ylitarkkaa siistimistä pyritään välttämään. Kasvatettavien taimien vieressä kasvavien puiden poistaminen on erityisen tärkeää ja vaatii huolellisuutta, jotteivät kasvatettavien taimien tyvet vahingoitu. Myös tienvarret ja ojien laidat perataan. Ainespuukokoiset rungot jätetään taimikkoon kasvamaan.

Ajolinjojen varteen ja muihin aukkopaikkoihin kasvatustiheyttä täydentäviä puita voi jättää myös pienissä ryhmissä, mieluiten 2–3 kappaletta per ryhmä. Ajolinjan mahdollisimman kapea leveys sekä ajolinjan reunapuuston riittävä tiheys ovat tärkeitä, sillä ensiharvennuksen kertymästä noin puolet yleensä syntyy ajouran teosta. Lisäpuiksi ei tule jättää vaurioituneita puita eikä ylipitkiä lehtipuita. Ylimääräiset reunapuut ja puuryhmät eivät saa haitata muuta kasvatettavaa puustoa.

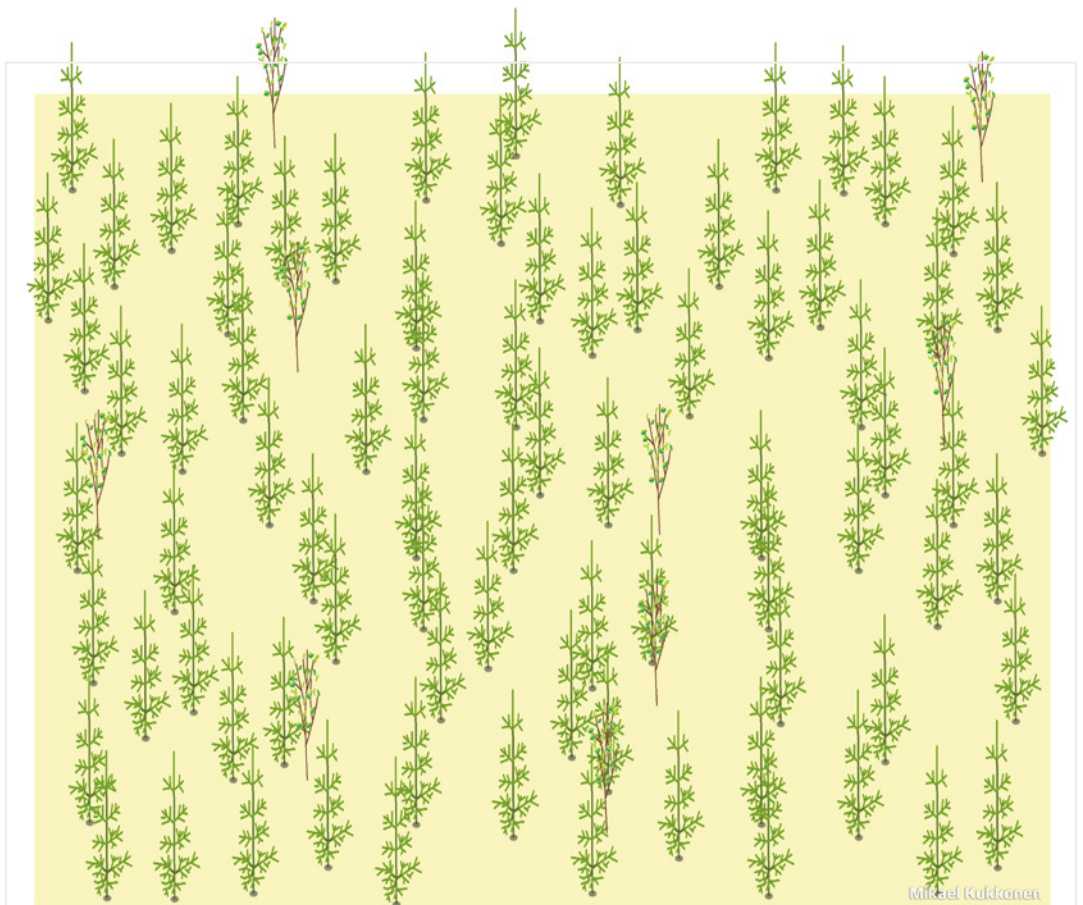
3.3.3 KONEELLISEN TAIMIKONHARVENNUKSEN TAVOITETIHEYDEN HALLINTA

Kuvassa 56 on esitetty normaali kuusen taimikko. Kuvan taimikossa runkoluku on kuusella 1 800 kpl/ha ja lehtipuilla 15 000 kpl/ha. Kuvan kuuset ovat kaikki 3,5 metriä pitkiä. Selkeyden vuoksi lehtipuut on kuvassa piirretty lehdettömiksi ja normaalia lyhyemmiksi. Myös kuusia on yksinkertaistettu ja lisäksi korostettu niiden tyvi harmaalla merkillä.



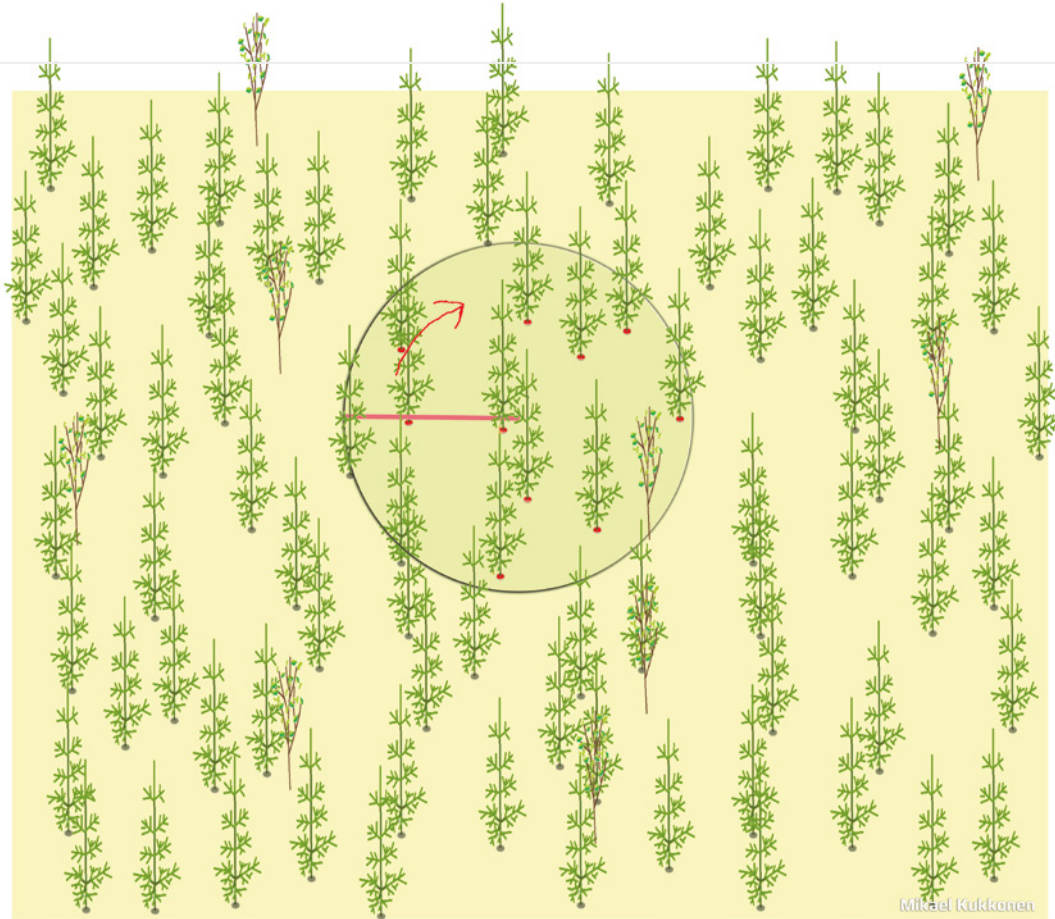
Kuva 56. Taimikon tila ennen taimikonhoitoa. Kuva: Mikael Kukkonen.

Kun taimikossa tehdään taimikonhoito raivaussahatyönä tai mikäli taimikonhoito tehdään kasvatettavien taimien välistä mahtuvalla kapealla koneella, taimikkoon jätetään kasvamaan istutetut kuuset (kuvassa 1 800 kpl/ha) ja parhaita rauduskoivuja 200 kpl/ha (kuva 57). Tarvittaessa kasvatustiheyttä täydennetään jättämällä enemmän koivuja, esimerkiksi mikäli kasvatettavia puita on kuollut.



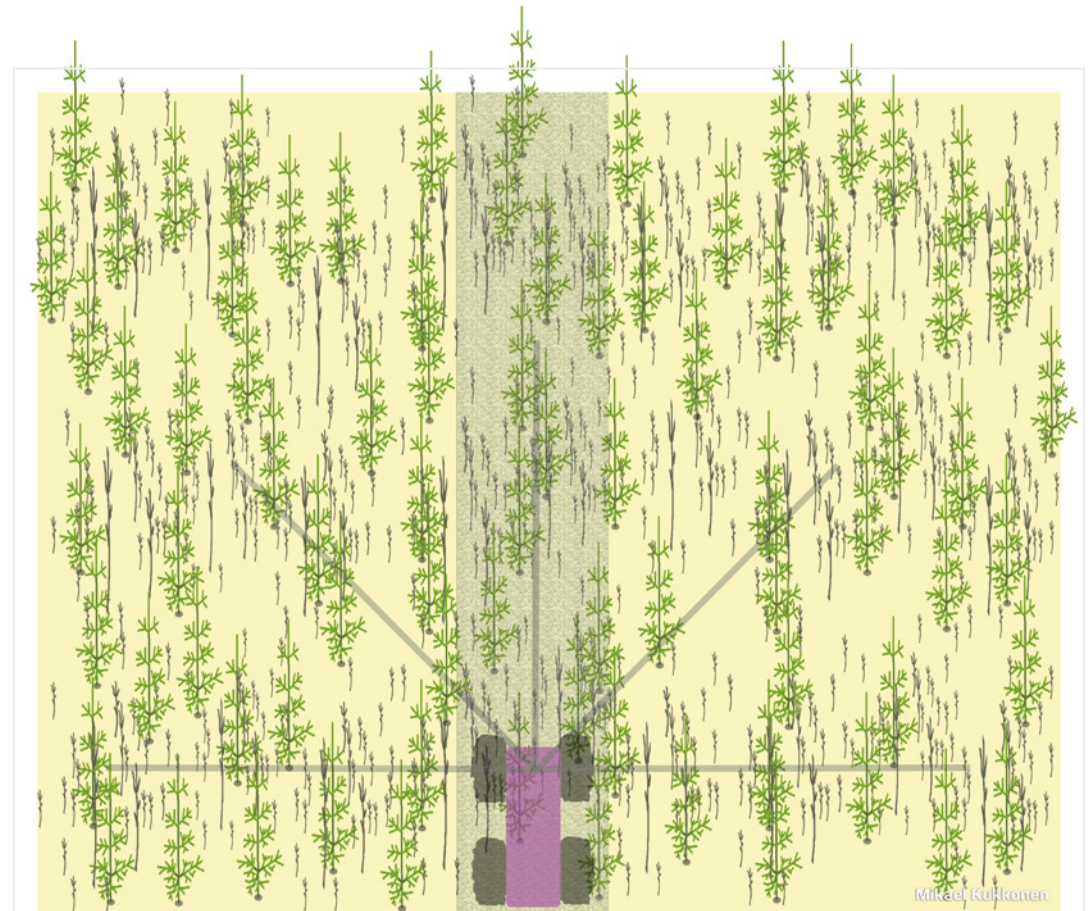
Kuva 57. Taimikon tila taimikonhoidon jälkeen: kuusia 1 800 kpl/ha ja rauduskoivuja 200 kpl/ha. Kuva: Mikael Kukkonen.

Taimikonhoidon tavoitetiheyden täyttymistä kontrolloidaan omavalvontamittauksella. Mittauksessa käytetään 3,99 metrin säteisistä ympyräkoealaa (50 m²), jolloin yleistyskerroin on 200. Kuvassa 58 ympyräkoealalle osuneet kuusten tyvet on korostettu punaisella merkillä. Koealalle osui kuusia 10 kpl, mikä vastaa 2 000 kpl/ha tiheyttä. Koivuja kuvan koealalle ei osunut, mutta mittaamalla useampi koeala mittausero lähestyy kuvan taimikkoon jätettyä koivun määrää 200 kpl/ha.



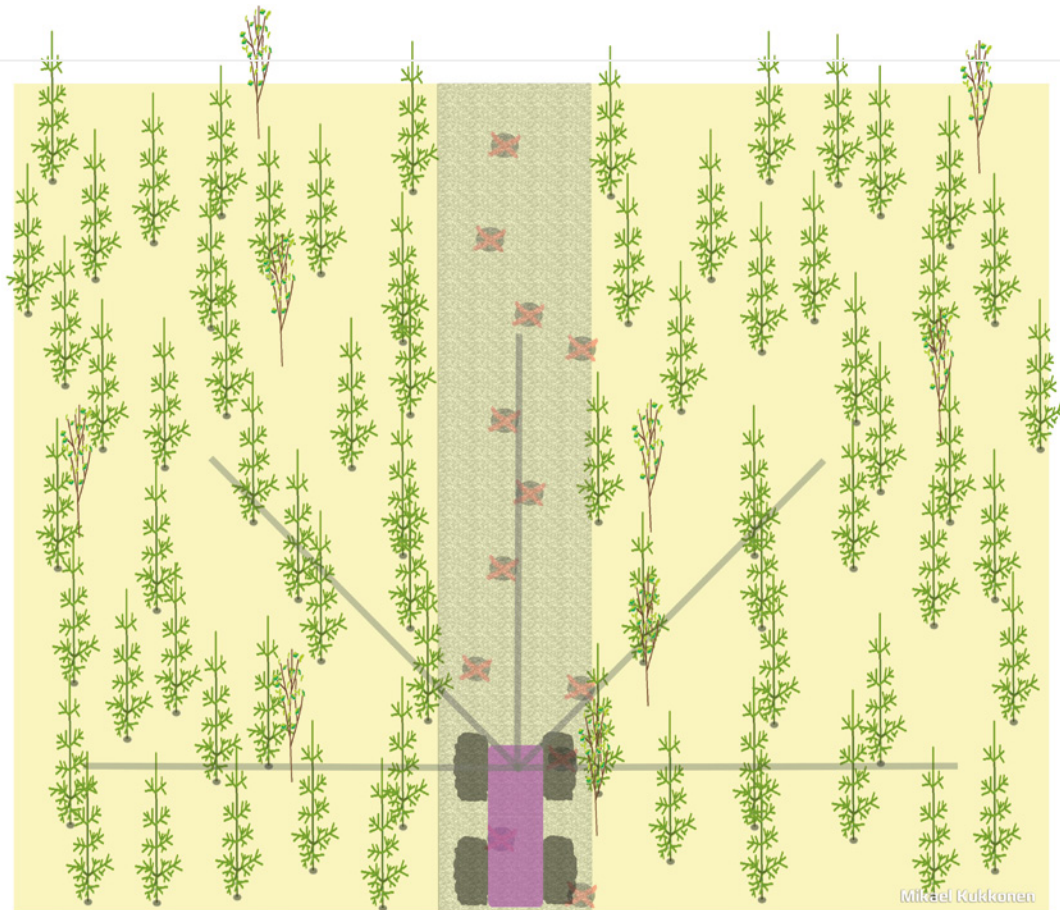
Kuva 58. Taimikonhoidon omavalvontamittaus tehdään 3,99 metrin säteisellä ympyräkoealalla kun taimikkoon ei avata ajolinjoja koneen liikkumiseksi. Kuva: Mikael Kukkonen.

Koneellisessa taimikonharvennuksessa noudatetaan samoja tavoitetiheyksiä kuin raivaussahatyössä. Kun taimikonharvennus tehdään taimikonhoitolaiteella varustellulla keskiraskaalla hakkuukoneella (kuva 59), taimikosta joudutaan kuitenkin poistamaan koneen ajolinjoilta myös kasvatettavia puita. Huonon näkyvyyden kuusikkokohteissa voi koneella joutua tekemään pieniä siirtoja nähdäkseen näköesteenä olevien puiden taakse. Kuvassa 59 ajolinjan leveydeksi tulee 3,5 metriä koneella, jonka leveys on 2,8 metriä ja puomin ulottuvuus 10 metriä.



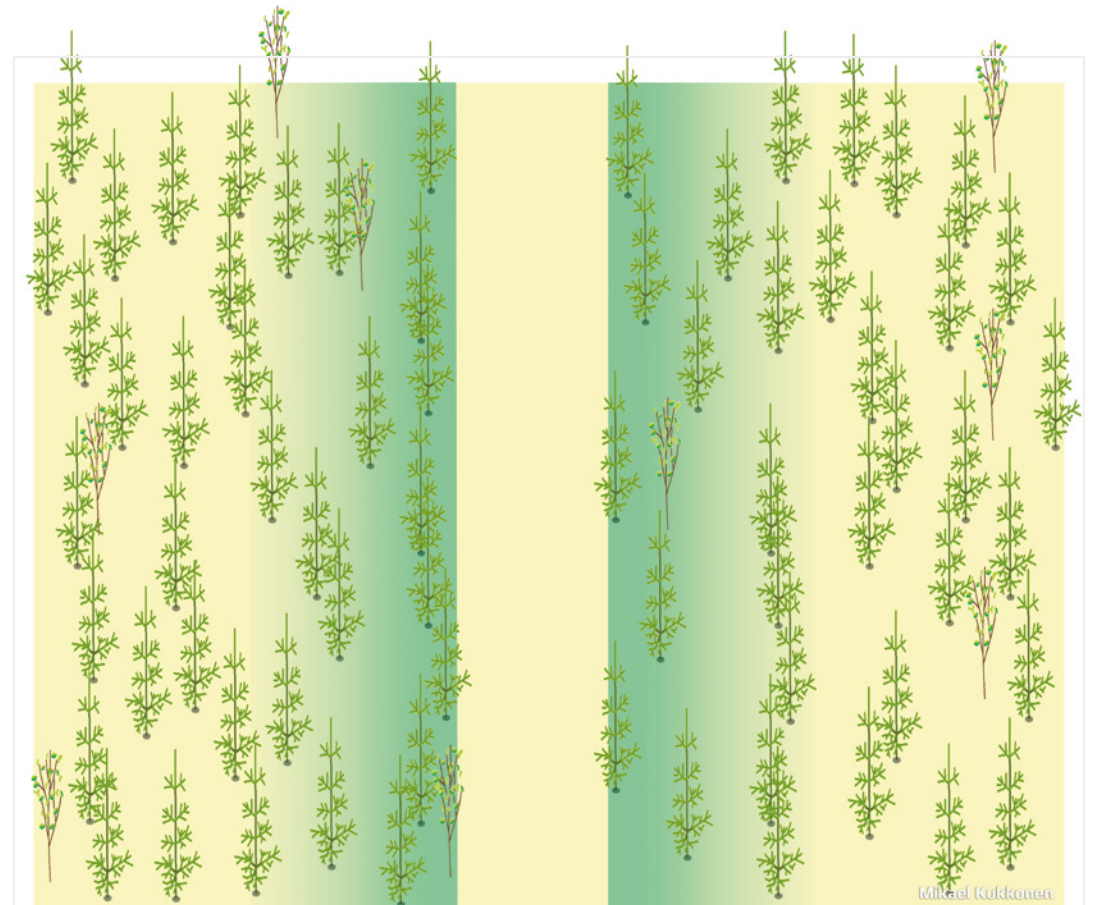
Kuva 59. Koneellinen taimikonharvennus keskiraskaaseen hakkuukoneeseen liitettyä taimikonhoitolaiteella. Koska ajolinjan leveys ylittää 3 metriä, tehdään ajolinjat 20 metrin välein. Samoja ajolinjoja voidaan silloin käyttää ensiharvennuksessa. Ajolinjan enimmäisleveyden suositus kasvatappioiden välttämiseksi koneellisessa taimikonharvennuksessa on 3,5 metriä. Kuva: Mikael Kukkonen.

Taimikonhoitokoneen ajolinjalta poistetut puut vähentävät taimikon tuotantopuuston määrää. Mikäli ajolinjalta poistettuja puita ei kompensoida mitenkään, menetetään osa runkoluvusta. 3,5 metriä leveillä ajolinjoilla menetetään keskimäärin 17,5 % taimikon runkoluvusta, kun ajolinjaväli on 20 metriä (kuva 60).



Kuva 60. Koneellisessa taimikonharvennuksessa ajolinjalta poistetaan koneen liikku- mista haittaavat puut. Ajolinjat kattavat 17,5 % taimikon maanpinnan pinta-alasta, kun linjaväli on 20 metriä ja -leveys 3,5 metriä. Tällöin kasvatettavia puita poistetaan keskimäärin saman verran (17,5 %). Kuvan ajolinjalta on jouduttu poistamaan 12 kuusta, mikä vastaa 315 menetettyä kuusta hehtaarilla. Poistetut kuuset on merkitty punaisella rastilla. Jäävä tiheys ilman menetettyjen puiden kompensointia on 1 685 kpl/ha [1 485 kuusta ja 200 koivua]. Kuva: Mikael Kukkonen.

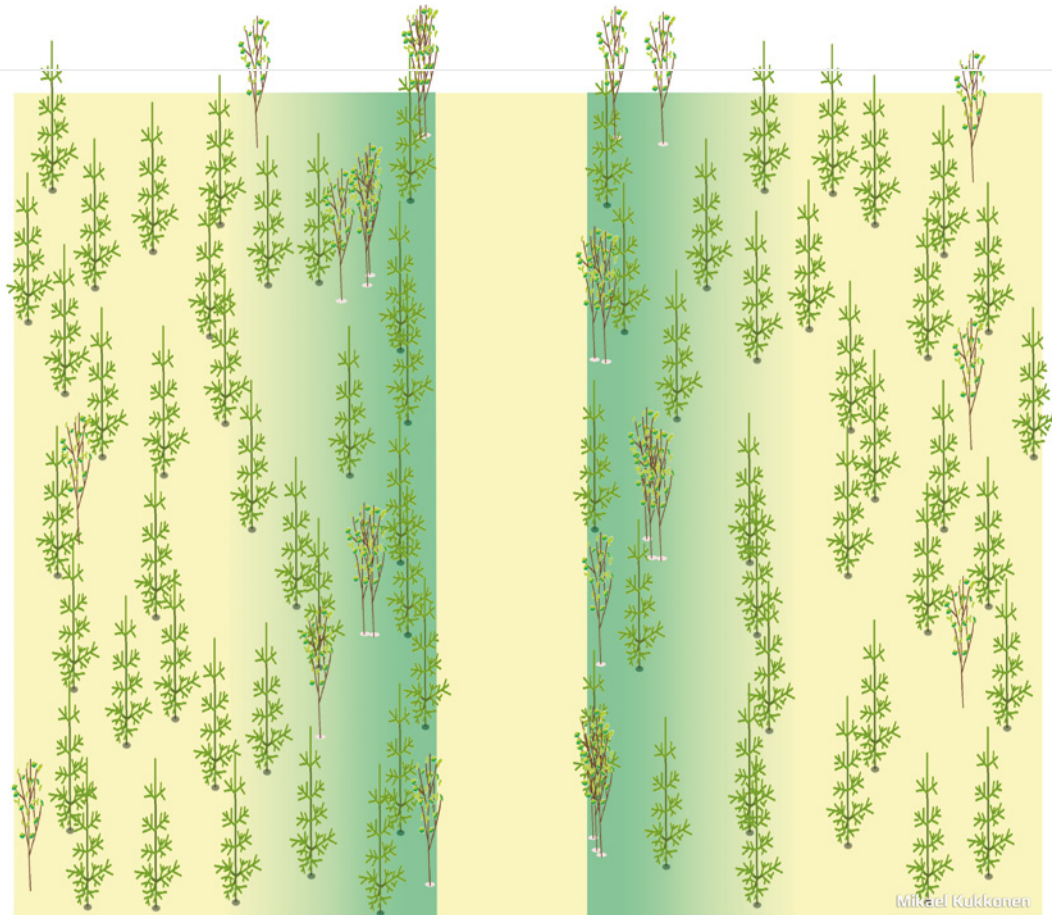
Nuoret puut hyödyntävät pienaukkojen ja ajolinjojen ylimääräistä kasvutilaa 2–3 metrin etäisyydelle saakka. Kasvua lisäävä vaikutus heikkenee pienaukon tai ajolinjan reunasta loitontuessa (kuva 61). Ajolinjojen reunapuut kasvavat selvästi muuta puustoa paremmin. Reunapuiden lisäkasvu ei kuitenkaan korvaa ajolinjan puiden poistamista.



Kuva 61. Linjan reunapuut hyödyntävät ylimääräistä kasvutilaa enintään 3 metrin päähän ajolinjasta. Reunavyöhyke on esitetty kuvassa vihreällä taustavärillä. Lisäkasvu- vaikutus heikkenee reunasta loitontuessa. Kuva: Mikael Kukkonen.

Taimikonhoitokoneen ajolinjalta poistettuja puita ei tule kompensoida jättämällä lisä- puita etäälle ajolinjasta, sillä puut eivät hyödynnä liian kaukana olevaa kasvutilaa. Mikäli taimikon tiheys ajolinjan kohdalla on vajaa ja etäällä ajolinjasta ylitieheä, puuntuotantoon vaikuttavat kasvutappiot kasvavat. Ylitieheässä kasvavien puiden vuoksi ensiharvennusta ei ole varaa viivästyttää, ja ajolinjan varren alitiheyden vuoksi ensiharvennuk- sen hakkuukertymä jää pieneksi. On huomioitava, että normaalisti ensiharvennuksen kertymästä noin puolet syntyy ajourien avaamisesta, ja lisäksi mikäli taimikonhoito on hoidettu suosituksen mukaisesti, voi ensiharvennuskertymää halutessaan kasvattaa viivästyttämällä ensiharvennusta.

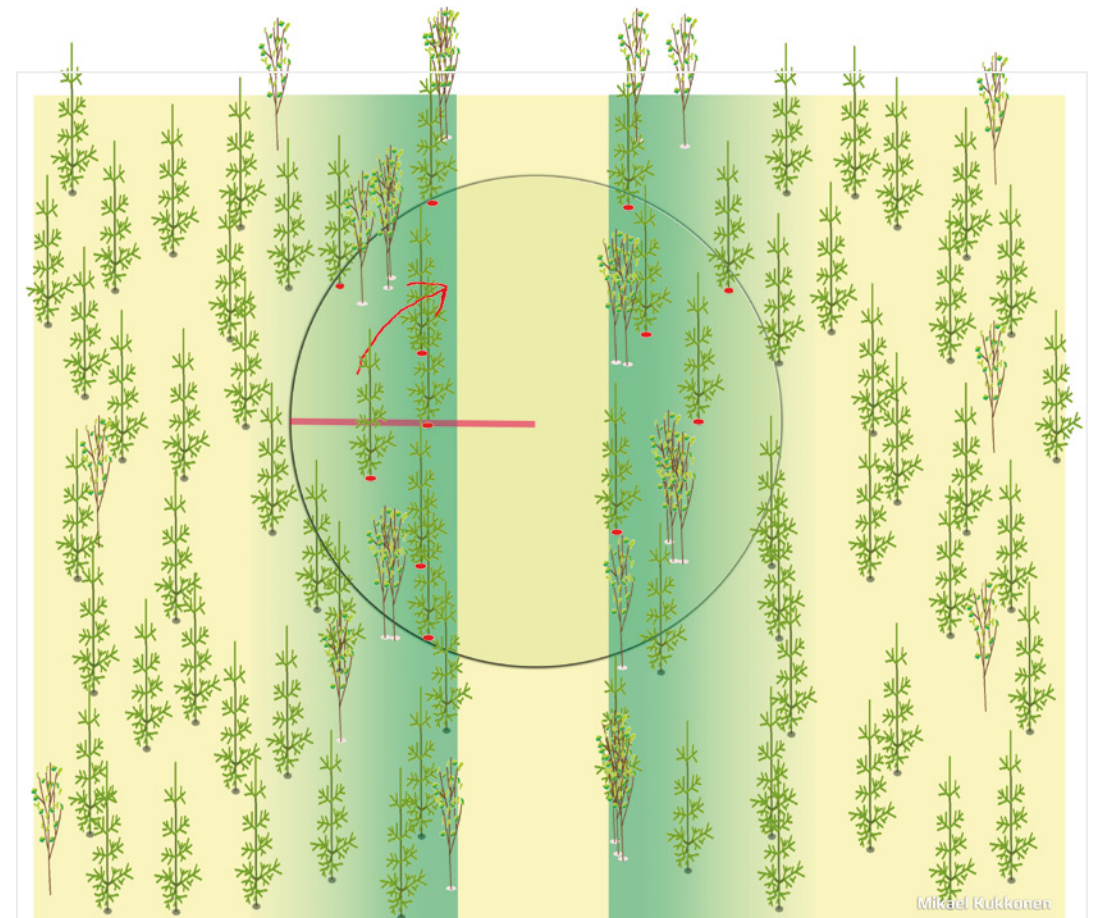
Reunavyöhykkeen lisäkasvu hyödynnetään parhaiten jättämällä ajolinjan varteen lisäpuita. Lisäpuut hyödyntävät kasvutilan ja kasvattavat ensiharvennuskertymää. Lisäpuut kannattaa jättää mahdollisimman lähelle ajolinjaa pareittain tai pienissä ryhmissä. Näin minimoidaan ajolinjan aiheuttamat kasvutappiot ja varmistetaan hyvä ainespuukertymä ensiharvennuksessa. Lehtipuut, jotka ovat lähellä kasvatettavia havupuita, eivät saa olla niitä pidempiä ja muutenkaan lisäpuut eivät saa haitata kasvatettavia puita. Reunavyöhykkeen lisäpuiden tulee olla vähintään puolet ympäröivän puuston pituudesta. Kuvassa 62 lisäpuiksi jätettyjen koivujen tyvi on korostettu valkoisella merkillä.



Kuva 62. Lisäkasvupotentiaali hyödynnetään parhaiten jättämällä reunavyöhykkeelle lisäpuita, jotka korjataan ensiharvennuksessa joukkokäsittelyä. Reunavyöhykkeiden ulkopuolinen alue hoidetaan tavoiteteiheyteen. Kuva: Mikael Kukkonen.

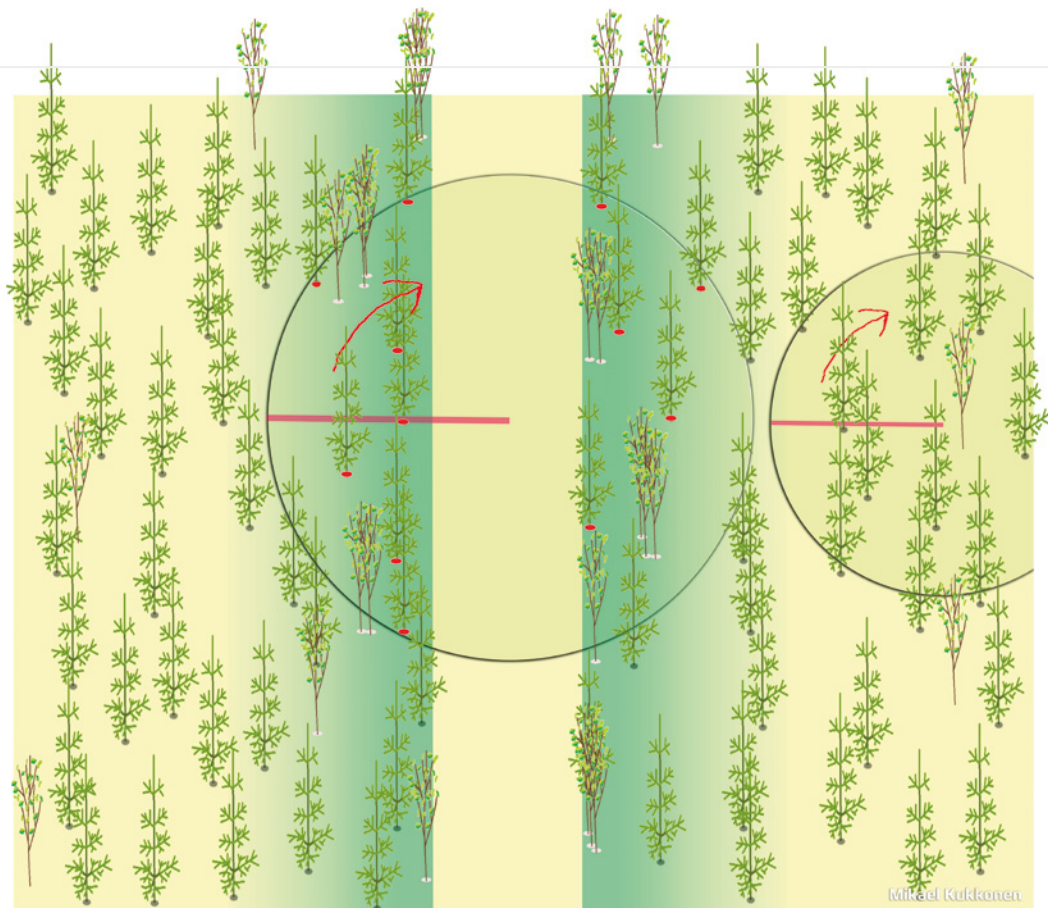
Männyn taimikon harvennuksessa lisäpuiksi valitaan ensisijaisesti mäntyjä. Koska ajolinja on selvästi ensiharvennuksen 4 metrin ajouraa kapeampi, kannattaa aivan ajolinjan varteen jättää osa mahdollisista kylvoryhmistä harventamatta.

Reunapuuston tavoiteteiheyttä kontrolloidaan omavalvontamittauksella (kuva 63). Reunavyöhyke on riittävän tiheä, kun taimikonhoidon tavoiteteiheys (tässä 2 000 kpl/ha) täyttyy keskeltä ajolinjaa mitatulla 100 m²:n (5,64 metrin säde) ympyräkoelalla. Lisäpuita ei ole syytä jättää tavoitemäärää enemmän. Kuljettajan työtä helpottaa, kun koneen puomiin tekee merkin 5,64 metrin kohdalle.



Kuva 63. Ajolinjan reunapuuston oikean määrän kontrollointi tehdään ajolinjan keskeltä 100 neliön ympyräkoelalla (5,64 metrin säde), jolloin yleistyskerroin on 100. Kuvan koelalle osui 12 kuusta ja 8 koivua, mikä vastaa tavoiteteiheyttä 2 000 kpl/ha. Kuva: Mikael Kukkonen.

Koneellisen taimikonharvennuksen jälkeisen puustotiedon mittaus on tärkeä tehdä ajolinjojen välistä (kuva 64), joka kattaa suurimman osan taimikon pinta-alasta. Reunavyöhykkeen kasvatustiheyden kuljettaja mittaa 5,64 metrin säteellä joko koneesta käsin puomin avulla tai ajolinjan keskeltä, mutta muuten puustotiedot mitataan 3,99 metrin ympyräkoelalalta. Molempien koalojen tiedot tallennetaan mittauslomakkeeseen, jonka malli on liitteenä (liite 4).



Kuva 64. Reunavyöhykkeiden ulkopuolisen alueen tavoitetiheyden kontrollointi tapahtuu 10 metrin päässä ajolinjan keskipisteestä eli vierekkäisten ajolinjojen puolella välissä. Taimikonhoidon jälkeinen tiheys mitataan 3,99 metrin säteisellä ympyräkoelalalla (50 m²) linjavälin keskeltä. Kuvassa linjojen välistä mitattava koela ei mahtunut kokonaan kuvaan. Kuva: Mikael Kukkonen.

Kuljettajan muistilista

- » Ajolinjojen väli 20m (keskeltä keskelle)
- » Ajolinjojen yleisrakenteessa pyritään välttämään risteyksiä ja jyrkkiä käännoiksiä
- » Rinteen suuntaiset ajolinjaukset mahdollistavat täysimääräisen työleveyden
- » Ajolinjoilla liikkumista tulee välttää, joten esim. huoltoon kannattaa käyttää ennakkoon suunniteltua, kovapohjaista ajolinjaa
- » Suorat ajolinjat säästävät maanpintaa, nopeuttavat liikkumista ja selkeyttävät viereisen ajolinjan määrittämistä
- » Ajolinjojen suunnittelun apuvälineenä voidaan käyttää mm. gps-laitetta ja kuviokarttaa
- » Luontoarvot tulee huomioida ajolinjauksien suunnittelussa esim. kelot ja muurahaispesät
- » Pehmeät maastonkohdat ylitetään kohtisuoraan. Jos on oletus painumien muodostumisesta, alue jätetään käsittelemättä. Pituussuuntaiset painumat voivat aiheuttaa ravinteiden ja maa-aineksen pääsyä pintaveden mukana vesistöön. Kovareunaisia, kuivia ojia voi myös käyttää ajolinjoina tiheästi ojitetulla alueella. Toimivien ojien ylityksiä ja niiden päällä liikkumista tulee välttää.
- » Tarvittaessa kasvatettavia taimia väistetään loivin käännoiksiin

Alla olevat kommentit kuvaavat käytännön toimijoiden kokemuksia ja näkemyksiä koneellisesta taimikonhoidosta ja ne on poimittu kuuden eri metsäorganisaation ammattilaisten haastatteluista.

Käytännön toimijoiden näkemyksiä koneellisesta taimikonhoidosta

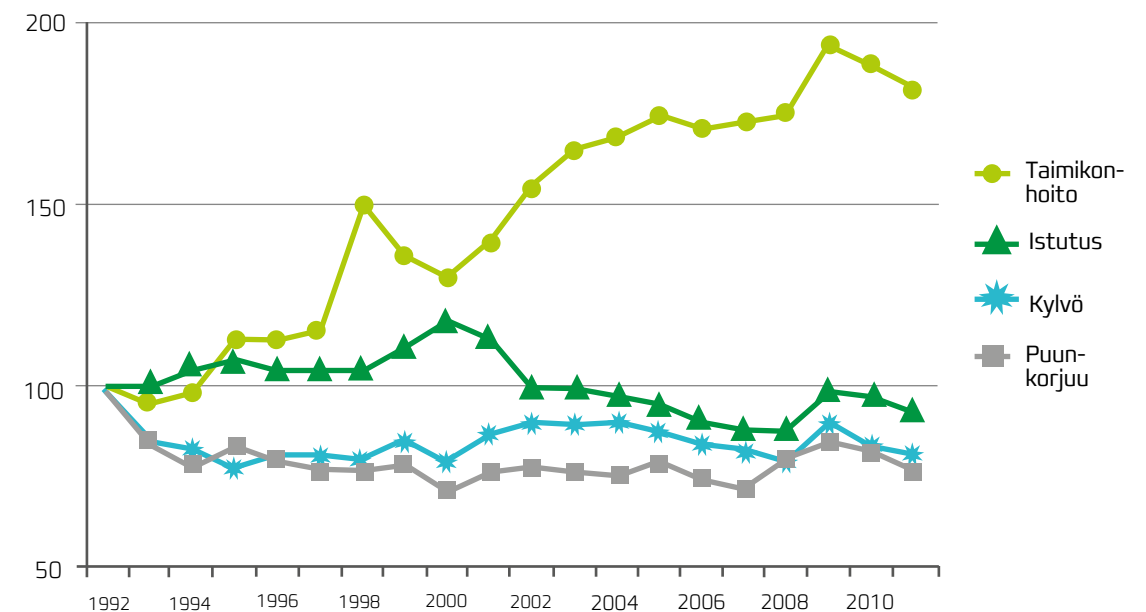
- » *kitkevä parempi kuin leikkaava*
- » *tyytyväisiä kokemuksiin*
- » *vähän kokemuksia*
- » *idea hyvä, tuloksia odotellaan*
- » *kuljettajien koulutusta lisää, työmallit*
- » *metsänomistajien informointiin panostettava*
- » *sopivien kohteiden ja menetelmien valinta ratkaisee*

4 KUSTANNUKSET

4.1 KUSTANNUKSET METSÄNOMISTAJAN KANNALTA

Metsäkasvatuksen kustannukset ajoittuvat suurelta osin kiertoajan alkuun ja aiheutuvat erilaisista metsänhoitotöistä uuden puusukupolven perustamisvaiheessa. Hakkuukyp-sän puuston uudistushakkuun jälkeen tehtävät toimenpiteet muodostavat uudistamis-ketjun, jonka toimenpidevalintoja, niiden ajoitusta ja kustannuksia tulee tarkastella kokonaisuutena. Liian usein pyritään vain minimoimaan yksittäisen toimenpiteen kus-tannuksia ottamatta huomioon sitä, että säästö yhdessä työvaiheessa voi myöhemmin kostautua ylimääräisinä toimenpiteinä ja mittavina kustannusten lisäyksinä. Uudista-mistoimet tuleekin nähdä investointina tulevaan puustopääomaan. Uuden laadukkaan ja hyvän kasvupotentiaalin omaavan puusukupolven aikaansaaminen mahdollisimman nopeasti päätehakkuun jälkeen luo perustan kannattavalle puuntuotannolle.

Metsänhoitotyöt on tehty pääasiassa ihmistyövaltaisilla menetelmillä. Viimeksi ku-luneiden kahdenkymmenen vuoden aikana erityisesti taimikonhoitotöiden reaalinen kustannustaso on kohonnut nopeasti (kuvio 5).



Kuvio 5. Metsänhoitotöiden ja puunkorjuun reaalin kustannustason suhteellinen kehitys vuosina 1992-2011 [vuosi 1992 = 100] Lähteet: Metinfo / Metla ja Tilastokeskus.

Epäsuotuisan kustannuskehityksen lisäksi metsänomistajien omatoimisesti tekemien uudistamis- ja taimikonhoitotöiden väheneminen sekä näköpiirissä oleva työvoimapula luo tarpeen uusille ratkaisuille metsänhoitotöissä. Haasteisiin voidaan vastata koneellistamalla istutusta ja taimikonhoitoa. Ohessa on esitetty käytännössä toteutuneita metsänhoitokustannuksia (asetelma 1).

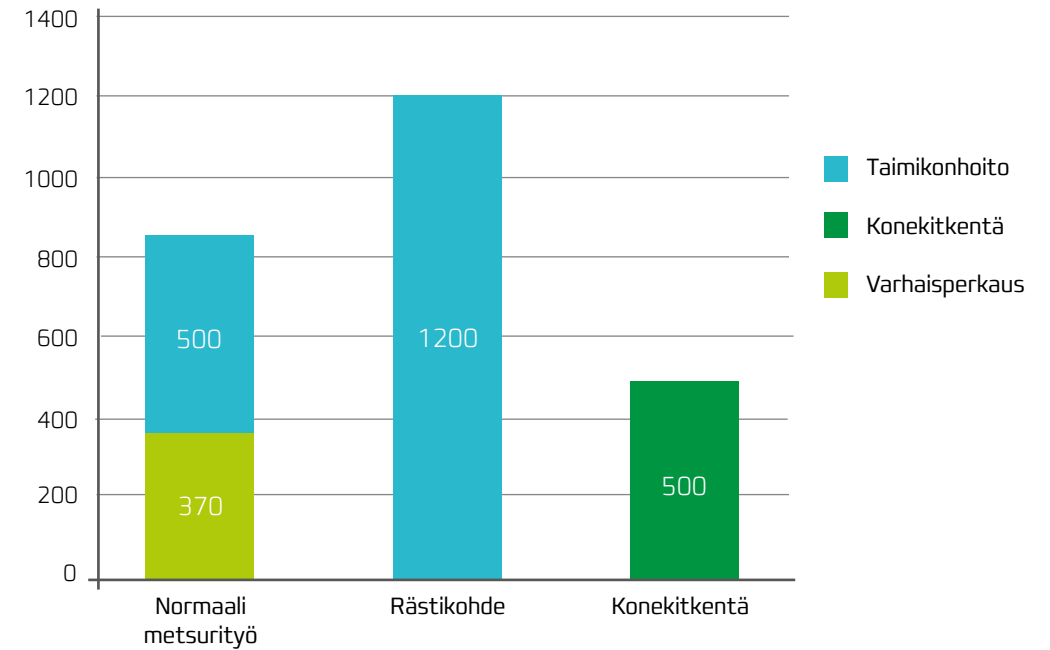
Asetelma 1. Metsänhoitotöiden toteutuneita kustannustasoja v. 2012, €/ha (kustannusten suuruusluokat ja niihin vaikuttavia tekijöitä).

	Miestyö	Koneellinen
kylvö + maanmuokkaus (mä)	äestyskohteilla 390 €/ha laikutuskohteet 500 €/ha	260–300 €/ha, ala yli 1 ha
istutus + maanmuokkaus (kuusi 1800kpl/ha)	1170 €/ha	900–1170 €/ha, vaikuttaa kohteen pinta-ala ja onko hakkuutähteet korjattu
taimikon varhaishoito	reikäperkauksena 370–500 €/ha totaalinen varhaisperkaus 350–600 €/ha	koneella 400–600 €/ha vaikeusasteen mukaan
taimikon myöhempi hoito	500–1300 €/ha, vaikuttaa poistuman läpimitta ja tiheys	koneellinen taimikonharvennus 500–1300 €/ha, vaikuttaa poistuman läpimitta ja tiheys

Taimikon perustamisen jälkeisen metsikön jatkokehityksen takaamiseksi riittävän ajoissa tehty taimikonhoito on avainasemassa. Metsikön laadun sekä kasvu- ja tuottokyvyn heikkeneminen jatkossa voidaan ehkäistä oikea-aikaisella taimikon varhaisoidolla. Taimikonhoidon viivästyminen vaikuttaa myös suoraan myöhemmin tehtävän taimikonhoidon kustannuksiin.

Varhaisperkaus on ajankohtainen 4–7 -vuotiaissa havupuutaimikoissa, sillä muutoin vähäarvoinen lehtipuusto valtaa taimikon kasvutilan nopeasti uudistamisen jälkeen. Ajoissa tehtynä kustannukset pysyvät kurissa verrattuna myöhemmäksi siirrettyyn taimikonhoitoon (asetelma 1) ja puuston kasvu ja laatu säilyvät hyvänä. Koska varhaisperkaus alentaa myös myöhemmän taimikonhoidon kustannuksia, tehokkaan taimikonhoito-ohjelman kokonaiskustannukset jäävät alhaisiksi. Konekitkentään soveltuvilla kohteilla keskimääräiset taimikonhoidon kokonaiskustannukset saadaan suurin piirtein puolitettua (kuvio 6). Lisäksi konekitkennällä saavutetaan mm. maisemaan ja virkistyskäyttöön liittyviä hyötyjä, joita on vaikea mitata rahassa (kuva 65).

Taimikonhoitokustannukset, €/ha



Kuvio 6. Taimikonhoitokustannukset raivaussahatyössä ja konekitkennässä.



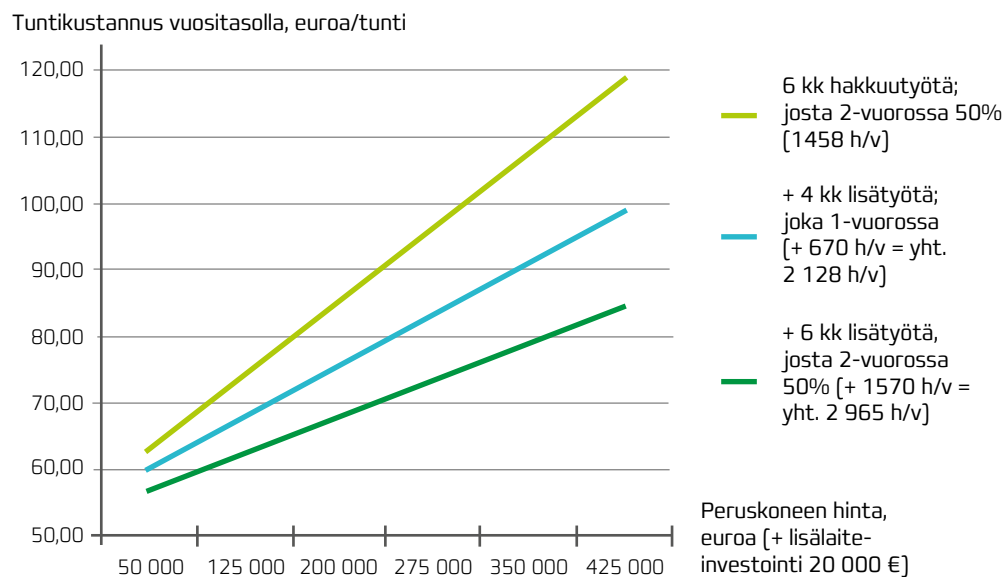
Kuva 65. Taloudellisen tuoton lisäksi metsään liittyy vaikeasti rahassa mitattavia arvoja. Aktiivisesti omassa metsässä liikkuvalla voi olla jopa tärkein asia, ettei vesakointunutta taimikkoa tarvitse konekitkennän jälkeen kiertää eikä taimikossa ole liikkumista haittaavia kantoja. Kuva: Mikael Kukkonen.

4.2 KONEELLISET METSÄNHOITOTYÖT METSÄKONEYRITYKSEN LIIKETOIMINNASSA

Koneellisten metsänhoitopalveluiden toteuttajia ovat tyypillisesti metsäkoneyritykset, jotka hoitavat tulevaisuudessa yhä suuremman osuuden myös metsänhoitotöiden urakoinnista. Tuleekin muistaa, että aina kun puhutaan jonkin palvelun kustannuksista, puhutaan samanaikaisesti myös palveluntuottajan tulonmuodostumisesta. Jotta metsänhoitotöiden koneellistaminen voi edetä, koneistutuksen ja koneellisen taimikonhoidon on oltava liiketaloudellisesti kannattavia työlajeja koneyrittäjille.

Puunkorjuu painottuu talvikuukausille ja vuotuiset sääolosuhteiden vaihtelut tuovat haasteita koneyrittäjille. Suomessa on noin 3 200 hakkuukonetta, joista noin 1 000 seisoo kesäajan. Koneen seisossa tuloja ei muodostu, mutta pääoman korko ja lainanlyhennykset tulee silti maksaa joka kuukausi. Koneellisen metsänhoidon työlajit tasaavat kausivaihteluita metsäkoneyrityksissä niin kaluston kuin henkilöstönkin osalta. Koneenkuljettajat voidaan työllistää ympärivuotisesti hankkimalla kesäkauden töihin istutuslaitteella varusteltu kaivinkone tai hankkimalla hakkuukoneeseen metsänhoitotöihin soveltuva lisälaitte, jolloin hakkuukonekin saadaan ympärivuotisesti työllistettyä.

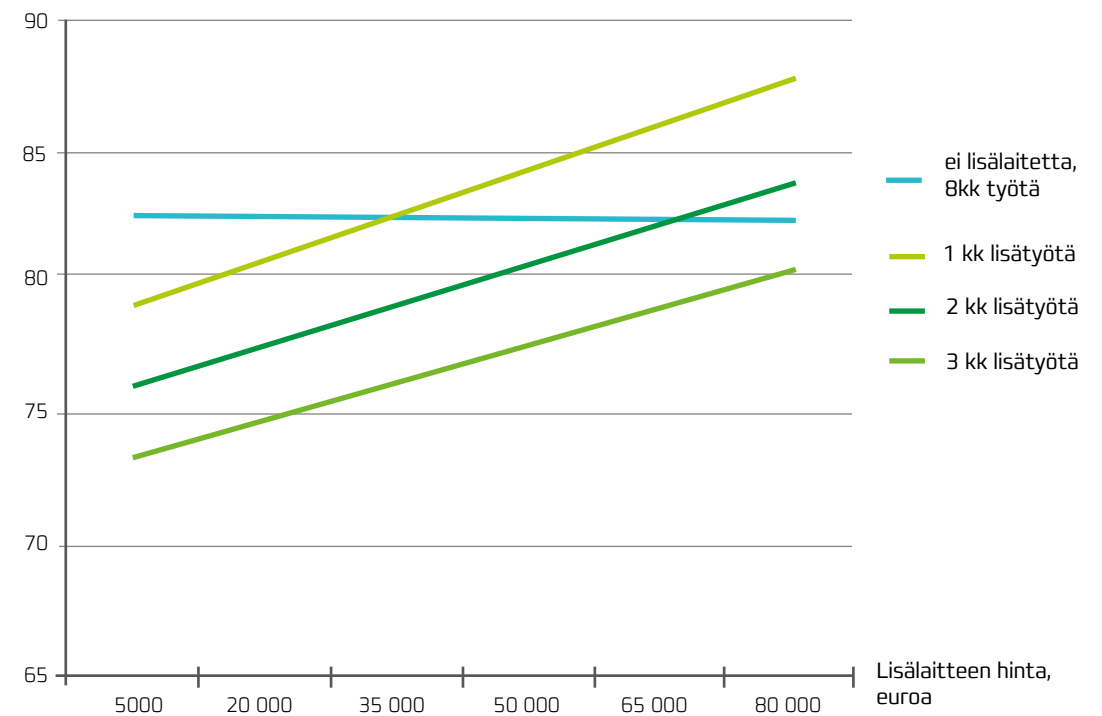
Hakkuukoneeseen sitoutunut pääoma on varsin suuri kustannustekijä metsäkoneyritykselle. Kun peruskoneen käyttöastetta saadaan nostettua sulan maan aikaan tehtävillä metsänhoitotöillä, kiinteät kustannukset jakautuvat suuremmalla tuntimäärällä, mikä tarkoittaa käyttötuntikustannusten alenemista. Kuviossa 7 on esitetty peruskoneen hinnan vaikutus ja 20 000 euron hintaisella lisälaitteella tehdyn lisätyön vaikutus hakkuukoneen tuntikustannukseen vuositasona verrattuna tilanteeseen, jossa hakkuukoneelle on töitä vain puoleksi vuodeksi.



Kuvio 7. Peruskoneen hinnan ja 20 000 euron hintaisella lisälaitteella tehtävän lisätyön tuntimäärän vaikutus hakkuukoneen tuntikustannukseen vuositasona.

Metsäkoneen käytön kokonaistalouden kannalta käyttötuntien kokonaismäärä on niin merkittävä tekijä, että metsänhoitotöissä käytettävät lisälaitteet ovat varsin vähäiselläkin lisätyöllä koneyrittäjien kannalta edullisia hankintoja. Kuviossa 8 on esitetty 150 000 euron hintaisen peruskoneen tuntikustannuksen muutos erihintaisilla lisälaitteilla, jos lisälaitteinvestoinnilla voidaan lisätä työmäärää 1–3 kuukautta vuodessa verrattuna lähtötilanteeseen, jossa hakkuukoneelle töitä on vain 8 kuukaudelle vuodessa. On selvää, että kuljettaja tarvitsee riittävästi työkokemusta työlajista hyvän työpöjan ja tuottavuuden saavuttamiseksi, mutta kuvio havainnollistaa että lisälaitteinvestointi voi olla koneyrittäjien kannalta hyvinkin kannattava jo varsin alhaisella lisätyömäärällä.

Tuntikustannus vuositasona, euroa/tunti



Kuvio 8. Lisälaitteen hinnan ja lisälaitteella tehtävän lisätyön määrän vaikutus hakkuukoneen tuntikustannukseen verrattuna tilanteeseen, jossa hakkuukoneella on töitä 8 kuukautta vuodessa. Kuvioista voidaan nähdä, että lisälaitteinvestointi voi olla hyvinkin kannattava vaikka lisätyötä olisi vain 1–3 kuukautta vuodessa.

KONEYRITTÄJILLE KONEELLISTEN METSÄNHOITOTÖIDEN TEKEMINEN TULEE OLLA KANNATTAVAA LIKETOIMINTAA

Ville Manner, Koneyrittäjiliitto



Mikä on yritystoiminnan perimmäinen tarkoitus ja päämäärä: Koneistutus, työpaikka, elämäntapa vai kenties työn hyvä laatu? Ei mikään edellä mainituista, vaan tuloksen tekeminen valittujen tuotteiden tai palvelujen tarjoamisella, joilla ratkaistaan asiakkaan ongelmia ja tarpeita. Tavoitteena ja perusedellytyksenä koneyrittäjän liiketoiminnalle on saada tuottoa sijoitetulle pääomalle. Näin on myös koneistutuksessa ja koneellisessa taimikonhoidossa, jotka vaativat osaamista, peruskoneen ja lisälaitteita. Nämä puolestaan vaativat pääomia, joille on saatava tuottoa. Tuotto mahdollistaa kehittymisen, joka puolestaan takaa yritystoiminnan jatkuvuuden.

Tuoton saamiseksi tarvitaan riittävä liikevaihto. Koneyrittäjän näkökulmasta koneelliselle metsänhoitopalveluille pitää olla riittävästi kysyntää, jotta kalustoon ja laitteisiin kannattaa harkita investoimista. Yhtäläillä metsänhoidon koneellistamiseen pitäisi kehittää houkuttelevia ja kustannustehokkaita toimintamalleja, jotta maanomistajan ja palveluiden ostajan kiinnostus herää ja koneellistuminen etenee. Tärkeä rooli on myös kalustolla. Tarvitaan tuottavia, tehokkaita ja varmatoimisia koneita sekä lisälaitteita. Tämä tuo uskottavuutta markkinoille ja koneyrittäjien kiinnostus herää.

Koneyrittäjän taloudenseuranta on oltava kunnossa, jotta voidaan asettaa tavoitteet yritystoiminnalle, kuten koneellisille metsänhoitotöille. Tavoitteita asetetaan mm. liikevaihdon, käyttökatteen, omavaraisuusasteen ja liikevoiton suhteen. Koneyrittäjä asettaa yleisten talouden tavoitteiden ohella myös toiminnalliset osatavoitteet hinnan, kustannusten, tuottavuuden ja määrien suhteen. Kustannuslaskenta ja oman työn hinnoittelu ovat avaintekijöitä koneyrittäjän harkitessa koneellisia metsänhoitotöitä.

Riskien jakaminen kokeilu- ja käyttöönottovaiheessa on tärkeää sopimusosapuolten välillä. Kokeilijoita riittää, mutta koneellistuminen ei laajemmin etene. Koneyrittäjien riskiä alku- ja kokeiluvaiheessa pienentää tuntihinnan käyttämisen mahdollisuus maksuperusteena. Tällöin tuottavuudesta ja kohteista sekä erilaisista olosuhteista saataisiin kokemuksia ja voitaisiin paremmin muodostaa olosuhteet huomioonottava suoriteperusteinen hinta.

Koneyrittäjän näkökulmasta työmäärä vuositasona tulee olla riittävä. Koneistutuksessa koneen tulisi olla työssä koko sulanmaan ajan, mieluiten kahdessa vuorossa. Peruskoneelle tulisi saada istutuskauten ulkopuolella myös työtunteja, koska investoinnit kalustoon ovat sitä luokkaa, että pelkkä sulanmaan aikana koneistutus ei riitä tuottamaan tarvittavaa liikevaihtoa ja tuottoa sijoitetulle pääomalle varsinkaan uudelle kalustolle. Toisaalta koneellinen taimikonhoito voi tuoda kesääjäksi työtä ja koneelle lisää työtunteja sekä parantaa näin koneen käyttöastetta. Moton keulalle vaihdetaan kesääjäksi vain toisenlainen laite hakkuupään sijaan. Voidaan todeta, että mitä tahansa koneellista työtä tehdään yrittäjän toimesta, tulee sen olla liiketaloudellisesti kannattavaa.

Ammattitaitoiset, osaavat, motivoituneet ja luotettavat koneyrittäjät ovat metsänhoitotöiden koneellistamiskehityksessä tärkeässä roolissa. Koneellistamisen voimakas kasvu edellyttää, että liiketoimintaympäristö mahdollistaa kannattavan urakoinnin. Tästä syntyy aito ja laaja kiinnostus. Näin metsänhoitotyötkin koneellistuvat, kuten puunkorjuu ja maanmuokkaus aikoinaan.

Koneyrittäjän kannalta tärkeitä asioita

- » Riittävä vuositason liikevaihto/takuuliikevaihto
- » Alkuvaiheessa tuntihinnan käytön mahdollisuus maksuperusteena
- » Riittävän tuottavaan ja varmatoimiseen koneeseen ja lisälaitteisiin investointi
- » Osaava ja tuottava työntekijä
- » Riittävän suuret työmaakohteet, vähintään yli 2 ha
- » Alueen kohteiden järkevä ketjutus, mahdollisuus tehdä useammalle asiakkaalle
- » Oikea kohdevalinta

5 YMPÄRISTÖN- HOITO

Metsänuudistamistöissä ja taimikonhoidossa kuten muussakin metsienkäsittelyssä on turvattava metsäluonnon monimuotoisuus sekä otettava huomioon vesiensuojelu sekä muu metsäympäristönhoito. Ammattitaitoinen koneenkuljettaja ottaa työssään huomioon ympäristönhoidon vaatimukset (kuva 67).



Kuva 67. Ammattitaitoinen koneenkuljettaja ottaa työssään huomioon ympäristönhoidon vaatimukset. Kuva: Mikael Kukkonen.

Metsälaki määrittää metsänhoidon vähimmäistason ja ohjaa puuntuotantoa velvoittamalla metsänomistajan uudistamaan hakatun metsän ja varmistamaan syntyneen taimikon elinkelpoisuuden. Metsälailta edistetään metsien taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävää käyttöä niin, että metsät antavat kestävästi hyvän tuoton samalla, kun niiden biologinen monimuotoisuus säilyy. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisema Hyvän metsänhoidon suositukset on keskeinen metsänhoitoon liittyvä ohjeisto, jonka tavoitteena on neuvoa ja kannustaa metsänomistajia sekä puuntuotannollisesti että ympäristön- ja luonnonhoidollisesti hyvään metsänhoitoon.

Hyvän metsänhoidon suositusten lisäksi metsien sertifiointin tavoitteena on metsälain vähimmäistasoa parempi metsien hoito ja käyttö. Metsien sertifiointilla metsänomistajat, metsäteollisuus ja koko puunjalosteiden tuotantoketju osoittavat, että tuotteisiin käytetään hyvin hoidetuista metsistä peräisin olevaa puuraaka-ainetta. Käytännössä metsäsertifiointi on kolmannen, riippumattoman osapuolen myöntämä kirjallinen todistus siitä, että metsää hoidetaan ja käytetään sertifikaatissa määriteltyjen kriteerien mukaisesti.

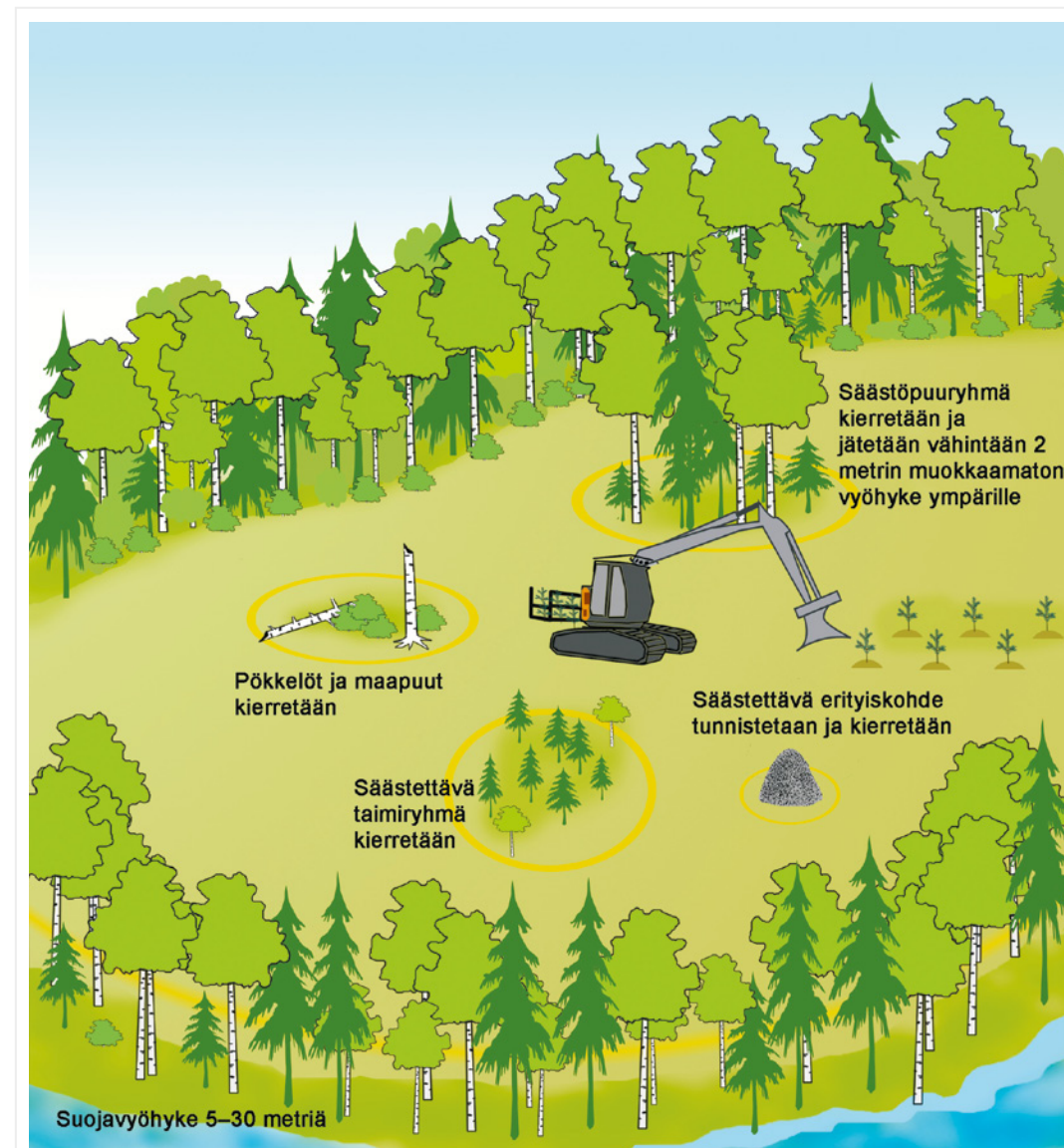
5.1 YMPÄRISTÖHOITO JA VESIENSUOJELU KONEELLISESSA METSÄNUUDISTAMISESSA

Metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamisen kannalta erityisen tärkeät elinympäristöt tulee käsitellä metsälain ja metsäsertifikaatin vaatimalla tavalla. Lisäksi erilaiset säästettävät erityiskohteet tulee tunnistaa ja kiertää (kuva 68). Säästettävä erityiskohde käsittää ne elinympäristöt, jotka ovat metsälain tai metsäsertifikaatin nimikkeistön mukaisia, mutta eivät täytä niiden vaatimuksia. On suositeltavaa, että nämä kohteet turvataan kuten metsälain tai metsäsertifikaatin mukaiset vastaavat kohteet. Tällaisia säästettäviä erityiskohteita ovat mm. pesäluolastot, muurahais- tai metsäkanalintujen pesät, muinaisjäännökset ja polut. Myös puuntuotannon kannalta vähärvoiset kohteet, kuten kalliokot ja kosteat painanteet, tulee kiertää. Nämä kohteet ovat riistalle ja linnuille tärkeitä ravinto- ja suojapaikkoja sekä useiden harvinaisten lajien elinympäristöjä.

Järven, joen, puron ja pienveden ympärille jätetään 5–30 metrin muokkaamaton suojavyöhyke. Mitä suurempi maanpinnan kaltevuus ja mitä hienempi maalaji on, sitä leveämpi suojavyöhyke jätetään. Ennakoivilla vesiensuojelutoimilla vähennetään kiintoaineksen ja ravinteiden kulkeutumista vesistöihin. Toimivan ojan reunaan jätetään noin yhden metrin vyöhyke, jota ei rikota istutuksessa.

Taimien varastopaikka sijoitetaan vähintään 25 metrin päähän vesistöstä. Tyhjät taimilaatikat niputetaan ja palautetaan taimitarhalle. Kertakäyttöiset taimisäkit ja -laatikat sekä muut luontoon kuulumattomat maatumattomat materiaalit kuljetetaan pois uudistusalueelta ja hävitetään asianmukaisesti. Istutuskoneessa tulee olla öljyntorjuntamatto öljyvahingon ensitorjuntaa varten.

Kasvupaikalle sopiva kasvatuskelpoinen taimiryhmä kierretään. Säästöpuiden ja säästöpuuryhmien ympärille jätetään vähintään 2 metrin muokkaamaton suojavyöhyke. Näin estetään juurten katkeaminen ja vahingoittuminen, mikä altistaa säästöpuut kaatumiselle. Kuolleita tai lahoja pystypuita ja pötkelöitä ei kaadeta ja hakkuussa säästyneet maapuut kierretään, sillä puuaineksen rikkoutuminen ja kuivuminen aiheuttaa häiriöitä maapuussa eläville lajeille.



Kuva 68. Istutuskohteella ympäristönäkökohdat otetaan huomioon säästämällä erityiskohteet ja jättämällä riittävät suojavyöhykkeet vesistöjen ympärille.
Kuva: Essi Puranen, Metla.

5.2 YMPÄRISTÖHOITO KONEELLISESSA TAIMIKONHOIDOSSA

Koneellisissa taimikonhoitotöissä luonnon monimuotoisuus turvataan siten, että säilytetään riittävä etäisyys luontokohteisiin ja vältetään turhaa konekitkettä/taimikonharvennusta kohdissa, joissa ei ole kasvatuskelpoisia puita. Metsälain mukaiset luontokohteet ja metsäluonnon arvokkaat elinympäristöt sekä niiden suojavyöhykkeet jätetään kokonaan käsittelemättä. Sopiva suojavyöhykkeen leveys on yleensä huomioitu jo maanmuokkaus- ja istutusvaiheessa, jolloin sitä noudatetaan myös taimikonhoitotöissä. Suojavyöhyke tulee kuitenkin aina olla vähintään 5 metriä.

Purojen ja vesistöjen varrelle jätetään 10–20 metrin suojakaistale, jossa ei ajeta koneella. Poistettuja puita ei pudoteta tai kaadeta ojiin vaan aina kuivalle maalle. Koneessa tulee olla valmiudet öljyvahingon torjumiseen.

Säästöpuuryhmien ja järeiden maapuiden välittömässä läheisyydessä oleva alikasvos ja pensaskerros jätetään käsittelemättä. Jalot lehtipuut ja katajat säästetään. Lisäksi tulee välttää luonnon-, riistan- tai maisemanhoidon kannalta arvokkaiden puiden poistamista. Pihlaja-, haapa-, raita- ja leppäkeskittymiä jätetään kohtiin, joissa niistä ei ole merkittävää metsätaloudellista haittaa.

Tuulen kaatamia puita, maapuita ja lahoja pötkelöitä varotaan koneella liikkuesssa. Niiden yliajoa vältetään aina kun mahdollista. Lintujen pesimäaikana maassa havaitut pesät ja poikaset jätetään rauhaan. Havaitun pesän ympärille jätetään tilanteen mukaan riittävä käsittelemätön suojavyöhyke.

Konekitkentä on maiseman ja metsien virkistyskäytön kannalta hyvä menetelmä. Kitketyissä taimikoissa ei ole kävelyä haittaavia raivaussahatyön kantoja (kuva 69) ja kulkukelpoisuus on raivaussahalla hoidettuihin taimikoihin verrattuna paljon parempi, kun myös vesasyntyiset lehtipuut puuttuvat. Valtaosa kitkemällä poistetusta lehtipuustosta on niin pieniläpimittaista, että se maatuu parissa vuodessa. Myös koneellisen taimikonharvennuksen ajolinjat parantavat taimikon kulkukelpoisuutta.



Kuva 69. Kitketyssä taimikossa ei ole raivauskantoja eikä vesakkoa vaan siellä on miellyttävä kävellä. Kuvan Aittolansalon tilalla olevassa kuusen taimikossa on kuvanottohetkellä konekitkennän jälkeen kolmas kasvukausi alussa kesäkuussa 2011 ja konekitkettä edeltäneestä tiheästä vesakosta ei ole enää paljoa merkkejä näkyvissä. Kuva: Mikael Kukkonen.

MÄNNYN TAIMIKON KONEKITKENNÄN METSÄNHOIDOLLISET PERUSTEET

Mikael Kukkonen

Perinteisten taimikkoa kuvaavien tunnuslukujen arviointi

Perinteisesti metsätaloudessa on totuttu kuvaamaan taimikkoa yleistunnuksilla kuten kasvatettavan puuston valtapituus, keskipituus ja runkoluku puulajeittain. Nämä yleis-tunnukset lasketaan koealoilta mitatuista tiedoista, yleistetään keskiarvoiksi ja skaala-taan koealapinta-alan mukaan hehtaarikohtaisiksi. Yleistunnukset antavat jonkinlaisen käsityksen metsikön tilasta, mutta etenkin epätasaisen tilajärjestyksen omaavissa met-siköissä tarvitaan tarkempaa tietoa. Kasvutilasta kilpailevan ja kasvatettavaa puustoa haittaavan puuston osalta edellä mainitut tunnuksset voivat olla riittämättömiä kuvaamaan esimerkiksi taimikonhoitotyön onnistumista sekä nykyistä tai tulevaa metsikön harvennustarvetta.

Kasvatettavan puuston hehtaarikohtainen runkoluku itsessään esimerkiksi kylvömän-niköiden tapauksessa voi olla melko tehoton tunnus, mikäli taimikon kaikki taimet luetaan mukaan. Perinteisesti raivaussahatyössä onkin käytetty erilaisia runkoluvun ”leikkureita” kuten esimerkiksi runkoluvun rajoittaminen mittauksessa kultakin koea-lalta maksimissaan 4 000 kpl/ha tiheyteen asti. Samoin metsänuudistamistuloksen arvi-oimisessa taimikon tarkastuksessa jätetään osa liian lähellä toisiaan kasvavista taimista lukematta ja käytetään termiä kasvatuskelpoisten taimien määrä.

Erityisesti luontaisesti uudistetuilla aloilla on tyypillistä epätasainen taimettuminen. Istutusaloilla on tavallista, että istutustiheys kuvion sisällä vaihtelee jonkin verran, esi-merkiksi ollen tien läheisyydessä suurempi kuin kuvion perällä. Keskimääräinen heh-taarikohtainen runkoluku onkin usein enemmän tai vähemmän harhaanjohtava ja riit-tämätön tunnus. Taimikon alitiheyttä ei pitäisi yrittää nostaa istuttamalla osa alueesta ylitiheäksi, sillä tällöin metsikön myöhempien käsittelyiden optimaalinen ajoittaminen vaikeutuu. Voidaan kysyä olisiko parempi, että koko kuvion harvennustarve hieman aikaistuu tai myöhästyy – verrattuna tilanteeseen, jossa osa kuviosta kärsii ylitiheydestä jo ennen normaalia harvennusajankohtaa?

Varhaisperkauksen jälkeä kuvaavaa ja jatkokäsittelyiden kannalta käyttökelpoista tietoa voidaan saada sellaisten tunnusten mittaamisesta, joilla pystytään täsmällisesti kuvaamaan taimikon kehityskelpoisuus ja taimikossa olevien lehtipuiden kasvatetta-valle puustolle aiheuttama haitta. Järkeviä tarkasteltavia seikkoja voivat olla esimerkiksi kasvatettavan puuston keskipituutta pidempien lehtipuiden määrä, lehtipuiden valta-pituus sekä kasvatettavan puulajin osalta vapaana kasvavien ja alistettuna kasvavien taimien määrä ja osuus. Kun aukkoisuutta kuvataan nollaruutuprosentilla (mm. Pohtila 1977), tulee kehittää myös vastaava harvennettävien tiheiköiden osuutta kuvaava tun-nus, kuten mm. Kilkki ym. (1985) ovat jo esittäneet. Kuusen reikäperkauksessa kes-kimääräisen perkaussäteen sijaan voitaisiin käyttää riittävän suurella ja liian pienellä

perkaussäteellä perattujen kuusten määrää. Taimikkovaiheessa valtapituus voitaisiin tarvittaessa kuvata tunnuksen H_{dom100} sijaan esimerkiksi tunnuksella H_{dom500} .

Metsänkasvatuksen tärkeimmät tavoitteet tulee huomioida jo taimikon varhaishoitovaiheessa ja näistä tavoitteista johdetut tunnukset tulee olla työn laadunmittauskriteerien taustalla. Kuusen taimikon konekitkennän laadunmittauksessa on jo otettu askel eteenpäin, ja metrin pituisille kuusille on kasvumalleihin perustuen luotu luokittelukriteerit (Kukkonen 2011b). Tavoitteena on saada kitkemällä vapautettua riittävä määrä hyvälaatuisia tukkipuuaihoita, jotka voidaan aikanaan ensiharvennuksessa jättää kasvamaan. Männyllä on kuuseen verrattuna hieman haasteellisempaa sopivan kasvutilan määrittely, sillä kuusen sijaan mänty tarvitsee kasvutilan vähimmäisvaatimuksen lisäksi kasvutilan maksimirajoitteen. Tässä raportissa käsitellään hyvälaatuisen tukkipuuaihoon ominaisuuksia männyn taimikon konekitkennän kannalta.

Epätasaisen tilajärjestyksen ongelma ja mahdollisuus

Kasvatustiheyden vaihdellessa kuvion sisäisesti kuvion harvempienkin osien harvennus joudutaan yleensä tekemään samassa yhteydessä muun kuvion kanssa, mikä voi mm. alentaa harvennuskertymää. Kasvatustiheyden tulisikin vaihdella kuvionsisäisesti ainoastaan vähän ja sen tulisi perustua maaperän tuotoskyvyn vaihteluun; kasvuolosuhteiltaan paremmilla kohdilla puustoa voidaan kasvattaa hieman tiheämpänä kuin huonoilla kohdilla.

Epätasainen tilajärjestys metsikössä aiheuttaa yleensä tuotostappioita (Eriksson 1976a, Braastad 1983), mutta hallitusti luotuna se voidaan myös nähdä mahdollisuutena suuremmalle tuotokselle. Ruhan ja Varmolan (1997) mukaan suurimpien puiden valitseminen kasvatettaviksi puiksi taimikonhoidossa tuottaa suuremman kokonaiskasvun, vaikka siitä aiheutuisi ryhmittäisyyttä, sillä pienimmät puut hyödyntävät lisääntyneen kasvutilan huonosti. Samasta kylvötuppaasta vierekkäin eli puuparina kasvavat kaksi mäntyä tuottavat yksittäin kasvavaa puuta enemmän harvennuskertymää ensiharvennuksen (Varmola ym. 1998). Ensiharvennuksessa poistettavien puiden elinvoimaisuus harvennusvaiheessa ei ole yhtä merkityksellinen kuin kasvamaan jätettävien puiden osalta. Taimikonhoidossa pyritään normaalisti vaikuttamaan taimikon tilajärjestykseen, jolloin kuitenkin metsän puuntuotospotentiaalia hyödynnetään hieman vajaasti. Täysin tasaisesta tilajärjestyksestä poikkeamalla on siis mahdollista toteuttaa hallitusti taimikkovaiheen metsänkasvatuksen kahta keskenään hieman ristiriitaista tavoitetta aiempaa tehokkaammin. Tällöin männyntaimikon varhaisperkauksessa luodaan riittävän monelle taimelle laatuiseksi sopiva kasvutila, mutta jätetään lisäksi puupareja suuremman harvennuskertymän tuottamiseksi. Tämä sisältää taustaoletuksen, että tulevaisuuden hakkuut tehdään kehittyneellä joukkokäsittelymenetelmällä. Tällöin lisääntyneen ensiharvennuskertymän tuoma hyöty on suurempi kuin siitä aiheutuva keskimääräisen rungon koon pienentymisen aiheuttama haitta.

Sopivaa laatuisten ja harvennuksessa poistettavien puiden välistä suhdetta laadittaessa tulee pitää mielessä, että taimikonhoidon ja kasvatushakkuiden päätavoitteena on varmistaa puuston laatu ja elinvoimaisuus ajatellen päätehakkuuta, joka on metsänkasvatuksen tärkein yksittäinen tulonlähde. Osa taimikkovaiheessa laatuun kriteerit täyttävistä puista voi myöhemmin vaurioitua tai tulla poisteluksi harvennushakkuissa.

Päätehakkuuvaiheen hyvän laatuikkokertymän varmistamiseksi niitä tulee taimikkovaiheessa olla riittävästi. Tärkeää on myös varmistaa laatuisten mahdollisimman tasainen jakautuminen kuviolla.

Männyntaimikon laatu- ja konekitkennämenetelmän käyttö

Taimikonhoidon vaikutusta mäntypuuston laatuun ovat Suomessa tutkineet mm. Heiskanen (1965), Vuokila (1972, 1976), Varmola (1980, 1992, 1996), Kellomäki ja Tuimala (1981), Kellomäki (1984), Halinen (1985), Kellomäki ym. (1992), Varmola ym. (1998), Varmola ja Salminen (2004), Huuskonen ja Hynynen (2006), Saksa ja Miina (2007, 2010) ja Huuskonen (2008). Ruotsissa aihetta ovat tutkineet mm. Andersson (1982), Fahlvik ym. (2005) ja Ahnlund Ulvcröna (2011). Tutkimusten perusteella on laadittu erinäisiä suosituksia liittyen taimikonhoitokertojen lukumäärään, ajoitukseen ja voimakkuuteen. Seuraavassa on kuvattu tärkeimpiä tuloksia ja periaatteita, joista koostuu männyntaimikon konekitkennämenetelmän metsänhoidollinen perusta.

Männyn uudistamistiheydeksi suositellaan laatu- ja kasvatuksessa 4 000–5 000 kpl/ha (Hyvän metsänhoidon suositukset 2007). Myös luonnostaan syntynyt vesakko ja sen käsittely vaikuttavat männyn tekniseen laatuun ja järeyskehitykseen. Kasvatustiheys on avainasemassa laatumännikön kasvatuksessa erityisesti kuivahkolla kankaalla, sillä rehevämällä kasvupaikoilla hyvää laatua ei välttämättä saavuteta korkeillakaan kasvatustiheyksillä ja karuilla kasvupaikoilla harvempikin kasvatusasento riittää (Heiskanen 1965). Männyn laatukehityksen kannalta taimikonhoidon ajoitus ja harvennusvoimakkuus ovat lievästi toistensa substituutteja, ts. samansuuntainen tulos laadussa voidaan saavuttaa harventamalla taimikko joko varhaisemmin hieman lievemmin tai myöhemmin hieman voimakkaammin (Fahlvik 2005). Ulvcröna ym. (2007) mukaan taimikonhoidon voimakkuudella on ajoitusta suurempi vaikutus puiden kokoon ja rungon muotoon. Sitä vastoin Vuokilan (1972) ja Kellomäen ym. (1992) mukaan suurempi vaikutus männyn laatuun on nimenomaan ajoituksella.

Varhain lievänä (3 m, 3 000 kpl/ha) tehty taimikonharvennus tuottaa myöhempään (7 m, 2 000 kpl/ha) verrattuna huomattavasti suuremman (+ 40 %) ensiharvennuskertymän (Huuskonen 2008). Varhaisen taimikonharvennuksen etu on myös päävaltapuuasemassa olevien huonolaatuisten puiden eli ”susipuiden” poisto ajoissa, jolloin kasvu keskittyy laadukkaampiin puuyksiköihin. Ensiharvennuksen lähestyessä hoitamattomuus ja ylitiheys pienentää rungon keskikokoon kasvua, kasvattaa hukkapuuosuutta ja aiheuttaa mutkaisuutta sekä vallittujen puiden laadun ja elinvoimaisuuden heikentymistä (Varmola 1996). Voimakkaan taimikonhoidon jälkeen, esimerkiksi 2 000 kpl/ha tiheydessä kasvatettaessa, ensiharvennuksen kustannustehokkuutta voidaan parantaa lykkäämällä ensiharvennus jopa 15–16 metrin pituuteen saakka (Hynynen ja Arola 1999). Tällöin laatu- ja kasvatustavoitteiden mahdollisuus ensiharvennuksessa kuitenkin heikentyy, sillä kookkaimmat puut ovat jo ehtineet heikentää lisävaltapuita, jotka vielä 10–12 metrin pituudessa olisi voitu valita laadukkaimpina kasvamaan. Männyn laatu- ja kasvatustavoitteita ajatellen on siis parempi kasvattaa taimikko tiheämpänä eikä ensiharvennusta tällöin tarvitse viivästyttää.

Kasvatustiheyden ylärajana viimeisellä taimikonhoitokerralla voidaan pitää kasvupaikan puuntuotoskykyä ja elävän latvuksen elinvoimaisuuden säilymistä puuston pituu-

LITE 1.

den kasvaessa. Jos taimikko kasvatetaan liian tiheänä, voi olla mahdollista saada saavutusta kannattava ensiharvennus. Tällöin usein joudutaan tekemään nuoren metsän kunnostus tai energiapuuharvennus noin 10 metrin pituudessa. Metsän pohjapinta-ala on yleensä nuoren metsän kunnostuksen jälkeen alle alarajasuositusten ja harvennuksessa tavoitellaankin vain riittävää runkojen lukumäärää 1 000–1 400 kpl/ha (Tapio 2010). Nuoren metsän kunnostus on usein taimikonhoidon laiminlyönnin seurauksena välttämätön toimenpide, joka pelastaa sen mitä vielä pelastettavissa on. Hoitamattomuuden seurauksena on kuitenkin jäävän puuston huono elinvoimaisuus ja siitä aiheutuvat puuston kasvun ja tulon menetykset.

Varmolan (1996) mukaan mäntypuusto kasvaa kuivahkolla kankaalla 12 metrin pituudessa tehtävään ensiharvennukseen mennessä kuitupuukokoiseksi jopa 3 000–4 000 kpl/ha tiheydellä. Tällöin metsikön tiheimmissä osissa vallitut puut heikkenevät, mutta pää- ja lisävaltapuiden elinvoimaisuus sen sijaan säilyy hyvin. Tätä tukee myös Hynysen ja Arolan (1999) tutkimus, jossa normaalia tasakokoisemmassa männikössä reilusti viivästetty ensiharvennus lisäsi sairaiden ja kuolleiden puiden määrän jopa 20 %:in runkoluvusta, mutta ei altistanut kasvamaan jätettävää puustoa tuhoille tavanomaista enemmän. Myös Karlssonin ym. (2002) perkauskokeessa perkaamattomien koealojen männystä selvisivät elinvoimaisena vain päävaltapuut. Puiden keskinäinen pituusjärjestys ja kilpailuasetelma vakiintuvat männyntaimikossa pääasiassa jo ennen 0,5–1 metrin keskipituutta (Ruha ym. 1997).

Salminen ja Varmola (1990) totesivat, että lisävaltapuut ovat ensiharvennuksessa keskimäärin päävaltapuita laadukkaampia ja puiden tekninen laatu on paras tiheyksissä 3 000–4 000 kpl/ha. Kellomäen ym. (1992) mukaan männyn latvusprojektion suuruus on alle 1 000 kpl/ha puustoissa likimain vakio (10–12 m²) ja pienenee eksponentiaalisesti tiheyden kasvaessa 2 000–3 000 kpl/ha, minkä jälkeen latvusprojektion suuruus pienenee puuston tiheyden kasvaessa enää hitaasti. Myös männyn tyvitukin paksuimman oksan paksuus pienenee voimakkaimmin tiheyden ollessa välillä 1 000–2 500 kpl/ha (Kellomäki ja Tuimala 1981) ja enää lievemmin tiheyden ylittäessä 3 000 kpl/ha (Kellomäki 1984). Mäntypuuston laadun kannalta voidaan todeta, että hyvän laadun tuottamiseksi päävaltapuille tarvitaan taimikkovaiheessa yli 3 000 kpl/ha kasvatustiheys ja vallituille sekä lisävaltapuille riittää 3 000–4 000 kpl/ha kasvatustiheys. On kuitenkin mahdollista, että päävaltapuista tulee kasvatustiheydestä riippumatta liian oksikkaita (Kellomäki ym. 1992), joten niiden tarkastelu erillään on perusteltua.

Lehtipuuston vaikutukset männyn taimikossa

Raivaussahamenetelmässä poistetaan varhaisperkauksessa vain lehtipuustoa ja susipuut. Joitakin vuosia tämän jälkeen taimikko harvennetaan sopivaan kasvatustiheyteen varsinaisen taimikonhoidon yhteydessä. Tällöin taimikosta poistetaan lehtipuiden lisäksi myös ylitiheässä kasvavia mäntyjä. Saksan ja Miinan (2010) mukaan myös runsaasti koivua sisältävissä istutusmänniköissä taimikonhoito on tehtävä kaksivaiheisena männikön jatkokehityksen ja ensiharvennuskertymän turvaamiseksi. Varhaisperkauksella voidaan parantaa mäntujen elossapysymistä. Kaksivaiheinen taimikonhoito ei myöskään tule yhtä myöhään tehtyä taimikonhoitoa merkittävästi kalliimmaksi (Saksa ja Miina 2010).

Konekitkennän ja raivaussahatyön suurin ero on lehtipuiden vesomisessa. Noin metrin pituisessa männyntaimikossa katkaisemalla poistetut lehtipuut tuottavat nopeakasuvi-

sia vesoja, mikä edellyttää taimikonhoidon uusimista (Maltamo ym. 1989). Konekitkettä käytettäessä taimikossa ei tarvitse tehdä toista taimikonhoitoa ennen metsikön ensiharvennusta. Kellomäen ym. (1992) mukaan hyvän laadun saavuttamiseksi kuivahkon kankaan männyntaimikossa ei tarvitse tehdä taimikonhoitoa, mikäli alkutiheys on korkeintaan 3 000 kpl/ha. On selvää, että pelkällä konekitkennällä selviäminen edellyttää, että taimikko on kitkentähetkellä jo vakiintunut ja konekitkentä tehdään kerralla riittävän hyvin.

Siemensyntyinen lehtipuusto kasvaa ensimmäisinä vuosina pituutta paremmin kuin mänty (Andersson 1982). Mäntyjä lyhyemmät siemensyntyiset koivut eivät kuitenkaan saavuta mäntujen etumatkaa, kun männyt ovat yli metrin pituisia. Lehtipuiden vesominen lisää taimikon tiheyttä toiseen taimikonhoitoon saakka ja sikäli auttaa raivaussahatyönä varhaisperatun taimikon kasvutilan pysymään riittävän kilpailutuna (Valkonen ja Ruuska 2003). Lehtipuusekoitus voi parantaa mäntujen laatua (Jakkila ja Pohtila 1978, Ikäheimo ja Norokorpi 1986), mutta myös aiheuttaa männynlehtien runkovaurioita (Karlsson 2002, Saksa ja Miina 2007, Saksa ja Miina 2010). Haitallisia lehtipuita ovat etenkin metrin säteellä kasvavat mäntyä pidemmät lehtipuut (Andersson 1993). Sen sijaan alakynteen jääneestä lehtipuustosta on männyn laadulle enemmän hyötyä kuin haittaa (Saksa ja Miina 2007).

Lehtipuusekoitus voi myös altistaa männyntaimikon hirvituhoille (esim. Yli-Vakkuri 1956). Männyntaimikossa hirvälle maistuvat varsinkin lehtipuut ja männystä erityisesti ne, jotka ovat kasvaneet lehtipuun varjostamina. Myös raivaussahatyössä on hirvituhojen riskialueilla suositeltavaa perata männyntaimikosta lehtipuusto ja harventaa männyt tiheyteen 3 000 kpl/ha (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006). Koska konekitkennän jälkeen taimikkoon ei synny vesasyntyisiä lehtipuita, voidaan olettaa konekitkennän vähentävän hirvituhojen riskiä raivaussahatyönä tehtävää varhaisperkausta enemmän.

Yhteenvedon voidaan todeta, että konekitkennässä on tärkeä poistaa kaikki vesasyntyinen lehtipuusto sekä lehtipuusto, joka kilpailee männyn kanssa. Käytännössä tämä tarkoittaa noin metrin pituisia männyn taimikkoa kitkettäessä kaikkien lehtipuiden poistamista, pois lukien selvissä aukkopaikeissa kasvavat lehtipuut.

Puiden kilpailu ja konekitkennässä tavoiteltava laatupuun kasvutila

Puiden kasvu vaihtelee metsikön sisäisesti johtuen mm. puiden välisestä kilpailusta, perinnöllisistä eroista ja puun kasvukohdan ominaisuuksista. Puut kilpailevat keskenään ja pintakasvillisuuden kanssa kasvuresurkseista. Puuyksilöiden välinen kilpailu on etäisyydestä ja koosta riippuvaista ja painottuu lähes pelkästään naapuripuihin. Eriksonin (1976b) mukaan pituudeltaan 1,3–5,8 metriä olevissa taimikoissa puiden läpimitan kasvuun vaikuttaa korkeintaan 3 metrin etäisyydellä olevat kilpailijat. Myöhemmin ensiharvennusvaiheessa kasvuun vaikuttava alue on laajempi, mutta tällöinkin esimerkiksi harvennusuran kasvutilasta hyötyvät lähes ainoastaan vain uran varrella kasvavat reunapuut (Isomäki ja Niemistö 1990). Pukalan ja Kolströmin (1987) mukaan nuorten mäntujen läpimitan- ja oksanpaksuuskasvun kuvaamisessa tehokas kilpailusäde on korkeintaan viisi metriä.

Kohteen yleisedot												
Metsänomistaja	Kunta			Päiväys			Istutus kk/vuosi					
Tilan nimi ja paista-/rekisterinro.	Kuvionro			Pinta-ala			Hankenumero					
Koeala nro	Runkoluku vapaa kuusi	ei vapaa kuusi	mänty	koivut	runkoluku yhteensä, kpl/ha	vapaiden osuus (kuusista), %	kuusen keskipituus	kuusen valtapituus	koivun keskipituus	vakava	lievä	yht.
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Keski-arvo												
K.a., kpl/ha												

Huomioita / sanallinen kuvaus kohteesta:

Vaurioiden osuus kaikista kuusista, %:

Naapuripuiden välistä kilpailua kuvataan useimmin pituus-etäisyysuhteisiin tai horisontaalikulmiin perustuvilla kilpailuindekseillä. Useissa puutason kasvumalleissa puun potentiaalisesta kasvusta vähennetään kilpailun kasvua rajoittava vaikutus. Kilpailevien puiden lukumäärän, koon ja etäisyyden lisäksi niiden suunta on merkityksellinen (Pukkala 1989). Toispuoleisesti varjostetun puun oksat voivat kasvaa valon puolelle paksumpana. Sen sijaan ristikkäisen kilpailun tapauksessa eli rivi-istutuksessa männyn paksumman oksan läpimitta kasvaa vapaan kasvutilan suuntaan joko saman verran tai hieman vähemmän kuin tasaisessa tilajärjestyksessä (Salminen ja Varmola 1993). Toispuoleiset oksat voivat auksiinikonsentraation kohoamisen vuoksi aiheuttaa mäntyyn myös puuaineen laatua heikentävää lylä (Kärkkäinen 2003).

Luontaisesti syntyneessä männikössä puiden välinen kilpailutilanne selittää puiden sädekasvun vaihtelusta noin puolet (Pukkala ja Kolström 1987). Kilpailun vaikutus puun läpimitan sekä oksien kasvuun on selvästi suurimmillaan epätasaisen tilajärjestyksen omaavissa metsiköissä. Kellomäki ym. (1992) ovat määrittäneet männylle puukohtaisen teoreettisen kasvutilan puun latvusprojektion koon mukaan, mikä selittää kohtuullisen hyvin sekä puun oksapuumassaa että runkopuumassaa. Pukkalan ym. (1992) mukaan keskimääräisellä kilpailuasemalla kasvavat männyt kasvavat selvästi hieno-oksaisemmiksi (4,5 mm ero) kuin samassa metsikössä lähes ilman kilpailua kasvavat männyt. Toisaalta keskimääräistä suurempi kilpailu ei tuo enää mainittavaa lisähyötyä (vain 1 mm ero).

Aiempana tehtyjen tarkasteluiden perusteella esitetään yhteenvetona seuraavaa:

- » Laatupuukasvatuksen kannalta sopiva konekitkennän jälkeinen kasvatustiheys on kylvään tai luontaisesti uudistetuissa VT-männiköissä 3 000–4 000 kpl/ha.
- » Männystä vähintään 2 000 kpl/ha tulee kasvaa vapaana kilpailijoista vähintään metrin säteellä.
- » Yksittäin kasvavien mäntyjen tulee olla tasaisesti jakautuneena kuviolla, jotta niistä voidaan ensiharvennussvaiheessa valita kasvatettava puusto.
- » Loput männyt voivat kasvaa myös joko yksittäin tai pienissä (2–3 taimen) ryhmissä. Kaikkia samasta kylvökohdasta kasvavia taimia ei siis tarvitse harventaa. Tämä nopeuttaa konekitkentätyötä sekä kasvattaa tulevaa ensiharvennuskertymää.
- » Samasta kylvökohdasta puuparina kasvavat männyt lasketaan runkolukuun yhtenä.
- » Siemensyntyisen koivun [pituudeltaan alle 2 metriä] voi jättää selvään aukkopaiikkaan.
- » Lähes kaikki lehtipuusto kitketään pois, noin 5 % lehtipuusekoitus täytetään ensisijaisesti aukkopaikkoihin jätetyistä lehtipuista.
- » Metsikön seuraava käsittely on noin 12 metrin pituudessa laatuharvennuksena tehtävä ensiharvennus.
- » Kitkettävä taimikko tulee olla pituudeltaan noin 0,8–1,3 metriä, jotta taimikon tilajärjestys saadaan konekitkennällä vakiinnutettua. Taimikoita, joissa on vielä paljon alle 50 cm pituisia taimia, siirretään myöhemmin tehtäväksi.

Koneellisen Työntekijä (nimi / yritys):
 taimikonharvennuksen Koealasäde 3,99m, kerroin=200
 laadunmittauslomake Koealasäde 5,64m, kerroin=100

* Ohje: Runkoluku
 (3,99m säde)
 mitataan ajoilinjien
 välistä. Samaa
 tavoitettavuutta
 käytetään ajoilinjien
 reunaapuilla (5,64m
 säde ajoilinjien
 kesketä).

Kohteen yleisetiedot					
Metsänomistaja	Kunta	Päiväys	Tavoitepuulaji	Tavoitetheys*	
Tilan nimi ja palsta-/rekisterinro.	Kuvionno	Pinta-ala	Hankennumero		

Koeala nro	Runkoluku (3,99), kpl*			Puuston mitat, cm			Ajoilinjän reunaapuut (5,64), kpl			Reunaapuuston vauriot, kpl					
	kuusi	mänty	koivu	yht.	runko- vaurio	keski- pituus	keski- läpimitta	valta- pituus	havu- puu	koivu	yht.	linjaväli, m	havupuu	koivu	yht.
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
Keski- arvo															
K.a., kpl/ha															
Huomioita / sanallinen kuvaus kohteesta:															
runkoluku, kpl/ha															
runkovauriot, %															
reunapuusto															
keskimäärin, kpl/ha															
reunapuuston vauriot, %															

Lomake: Mikael Kukkonen

K.a., kpl/ha	Vaurioiden osuus kaikista männystä, %:		

Huomioita / sanallinen kuvaus kohteesta:

Kohteen yleisetiedot					
Metsänomistaja	Kunta	Päiväys	Kuvionno	Pinta-ala	Hankennumero
Tilan nimi ja palsta-/rekisterinro.	Tavoitetheys				
Uudistamisvuosi					
Uudistamisvuosi					

Koeala nro	Runkoluku ympyräkoealalla, kpl			Kitkennän tarkkuus			Pituudet, cm			Vauriot, kpl		
	yksittäinen mänty	mäntypari tai kolmen ryhmä	koivut	runkoluku yhteensä, kpl/ha	yksittäisten osuus, %	männyn keskipituus	männyn valtapituus	koivun keskipituus	vakava	lievä	yht.	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Keski- arvo												

Työntekijä (nimi / yritys):

Koealasäde: 3,99m, kerroin=200
 (ylivivaa toinen) 5,64m, kerroin=100

Männyn konekitkennän
 laadunmittauslomake

Lomake: Mikael Kukkonen

LÄHTEET:

- Ahnlund Ulvcróna, K. 2011. Effects of silvicultural treatments in young Scots pine-dominated stands on the potential for early biofuel harvests. Diss. (sammanfattning/summary) Umeå : Sveriges lantbruksuniv., Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 1652-6880; 2011: 79. [Doctoral thesis]. http://pub.epsilon.slu.se/8300/4/Ahnlund_Ulvcróna_110830.pdf
- Aholaakko, K. 2009. Kylvömännikön koneellisen kitkennän laatu ja tuotos. Opinnäytetyö, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma.
- Andersson, B. 1982. Lövträdens inverkan på unga tallars överlevnad och tillväxt i Västerbottens kust- och inland. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 80(6): 11-24.
- Braastad, H. 1983. Yield level in *Picea abies* stands with low initial density and irregular spacing. Norwegian Forest Research Institute, Research paper 7. (Norjaksi ja tiivistelmä englanniksi.)
- Eriksson, H. 1976a. Yield of Norway spruce. Royal College of Forestry, Department of Forest Yield Research, Research notes 41. (Ruotsiksi ja tiivistelmä englanniksi.)
- Eriksson, L. 1976b. Competition models for individual trees after cleaning. Royal College of Forestry, Department of Operational Efficiency, Research notes 99. (Ruotsiksi ja tiivistelmä englanniksi.)
- Fahlvik, N., Ekö, P.-M. & Pettersson, N. 2005. Influence of precommercial thinning grade on branch diameter and crown ratio in *Pinus sylvestris* in southern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 20:3, 243-251. <http://dx.doi.org/10.1080/02827580510008266>
- Halinen, M. 1985. Männyn nuoruusvaiheen kasvunopeuden vaikutus sahatavaran laatuun. Summary: The effect of the growth rate of young pine on the quality of sawn goods. *Silva Fennica* 19(4): 377-385.
- Hallongren, H. & Rantala, J. 2013. A search for better competitiveness in mechanized early cleaning through product development: evaluation of two Naarva uprooters. *International Journal of Forest Engineering*, 24:2, 91-100, DOI: 10.1080/14942119.2013.841930
- Heikkinen, O. 2009. Kitkevän reikäperkauksen vaikutus lehtipuiden kantovesomisen määrään. Opinnäytetyö, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma.
- Heiskanen, V. 1965. Puiden paksuuden ja nuoruuden kehityksen sekä oksaisuuden ja sahapuulaadun välisistä suhteista männikössä. Summary: On the relations between the development of the early age and thickness of trees and their branchiness in pine stands. *Acta For. Fennica* 80(2): 1-62.
- Huuskonen, S. 2008. The development of young Scots pine stands - precommercial and first commercial thinning. *Dissertationes Forestales* 62. <http://www.metla.fi/dissertationes/df62.htm>
- Huuskonen, S. & Hynynen, J. 2006. Timing and intensity of precommercial thinning and their effects on the first commercial thinning in Scots pine stands. *Silva Fennica* 40(4): 645-662. <http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf40/sf404645.pdf>
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2006. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, julkaisusarja 22/2006. www.metsavastaa.net/metsanhoito
- Hynynen, J. & Arola, M. 1999. Ensiharvennusajankohdan vaikutus hoidetun männikön kehitykseen ja harvennuksen kannattavuuteen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/1999: 5-23.
- Hytönen, H. 2013. Kitkentäperkauksen ja raivaussahatyön vaikutus kuusen pituuskasvuun ja kantoläpimittaan neljä vuotta varhaisperkauksen jälkeen. Itä-Suomen yliopisto, luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, metsätieteiden kandidaatintutkielma.

Ikäheimo, E. & Norokorpi, Y. 1986. Perkauksen vaikutus männyn istutustaimikoiden kehitykseen, laatuun ja tuhoihin Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of cleaning on the incidence of damage and the development and quality of Scots pine plantations in northern Finland. *Folia Forestalia* 647: 1–49.

Isomäki, A. 1986. Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos, *Folia Forestalia* 678. 30 s.

Isomäki, A. & Niemistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. Abstract: Effect of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in southern Finland. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos, *Folia Forestalia* 756.

Ivanko, P. 2012. Kuusen taimikoiden koneellisen kitkennän jälkeisen kehityksen seuranta-tutkimus. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. <http://metko.info/pages/materiaalipankki.php>

Jakkila, J. & Pohtila, E. 1978. Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Summary: Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland. *Folia Forestalia* 360: 1–27.

Kaila, S., Kiljunen, N., Miettinen, A. & Valkonen, S. 2006. Effect of timing of precommercial thinning on the consumption of working time in *Picea abies* stands in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 496–504.

Kallioniemi, P. 2011. MenSe-raivauspäällä varustetulla metsäkoneella toteutetun koneellisen taimikonhoidon työnjälki ja puuntuotannolliset vaikutukset varttuneessa taimikossa. Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, metsätieteen pro gradu tutkielma.

Karlsson, A., Albrektson, A., Elfving, B. & Fries, C. 2002. Development of *Pinus sylvestris* main stems following three different precommercial thinning methods in a mixed stand. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 256–262.

Kellomäki, S. 1984. Havaintoja puuston kasvatustiheyden vaikutuksesta mäntyjen oksikkuuteen. Summary: Observations on the influence of stand density on branchiness of young Scots pines. *Silva Fennica* 18(2): 101–114.

Kellomäki, S., Lämsä, P., Pauline O.-B. & Uusvaara, O. 1992. Männyn laatukasvatus. Joensuu: Joensuun yliopisto, *Silva Carelica* 23.

Kellomäki, S. & Tuimala, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. *Folia Forestalia* 478: 1–27.

Kilki, P., Pohjola, T. & Pohtila, E. 1985. Puiden ryhmittäisyyden huomioon ottaminen harvennuskasvatusmallissa. Summary: Use of spatial distribution of trees in thinning models. *Silva Fennica* 19(2): 137–143.

Korhonen, N. 2013. Kitkentäperkauksen laatu Metsähallituksen Lieksan ja Nurmeksen tiimeillä. Opinnäytetyö. Karelia ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma.

Kukkonen, M. 2008. Kitkevän reikäperkauksen soveltuvuus männyntaimikon varhaisperkaukseen. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, metsäsuunnittelun ja -ekonomian kandidaatin tutkielma.

Kukkonen, M. 2011a. Varhaisperkauksen onnistuminen arviointi ja tulevan perkaustarpeen ennustaminen koneellisesti kitketyissä kuusen (*Picea abies*) taimikoissa. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, metsätieteen pro gradu tutkielma. http://epublications.uef.fi/pub/urn_nbn_fi_uef-20110051/urn_nbn_fi_uef-20110051.pdf

Kukkonen, M. 2011b. Kuusentaimikon kitkentäperkausohje: työn suunnittelu, toteutus ja laadunseuranta. Metsänhoitotöiden koneellistaminen kehittämissuunnitelman raportti. 2011. Kärkkäinen, M. 2003. Puutieteen perusteet. Helsinki: Metsälehti Kustannus

Laine, T. & Syri, M. 2012. Koneellisen metsänistutuksen opas. Lahti: Suomen metsäkeskus.

Laitila, J. & Väätäinen, K. 2012. Joukkokäsittelyhakuun tuottavuus kaivukonealustaisella hakkuukoneella ja Naarva EF 28 hakkuulaitteella. Metlan työraportteja 243. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp243.htm>

Lehtinen, M. 2013. Kyselytutkimus metsänomistajille Naarva – perkaajalla ja metsurityönä suoritettujen taimikonhoidon työjäljestä maiseman ja virkistyskäytön kannalta. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma.

Luoranen, J., Saksa, T. & Uotila, K. 2012. Metsänuudistaminen. Helsinki: Metsäkustannus.

Luoranen, J., Saksa, T., Finer, L. & Tamminen, P. 2007. Metsämaan muokkausopas. Suonenjoki : Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen yksikkö.

Maltamo, M., Kangas, J. & Tolonen, R. 1989. Vesakon alkukehitys ja sen vaikutus taimikkoon. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 343.

Niemistö, P. 1989. A simulation method for estimating growth losses caused by strip roads. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4: 203–214.

Nuortimo, P. 2008. Kitkentään tarvittava voima koneellisessa varhaisperkauksessa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Nygren, M. 2011. Metsänkylvöopas. Suonenjoki : Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen yksikkö.

Peltola, S. 2006. Reikäperkauksen, purppuranahakkasienikäsitteilyn (*Chondrostereum purpureum*) ja kitkennän vaikutukset kuusen taimikon varhaiskehitykseen. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, metsätieteen pro gradu tutkielma.

Pohtila, E. 1977. Taimiston inventoinnin tarkkuus. Summary: Accuracy of regeneration surveys. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 92:2: 1–43.

Pohtila, E. & Valkonen, S. 1985. Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä. Summary: Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland. *FF* 631:1-19.

Pukkala, T. 1989. Prediction of tree diameter and height in a Scots pine stand as a function of the spatial pattern of trees. *Silva Fennica* 23: 83–99.

Pukkala, T. & Kolström, T. 1987. Competition indices and the prediction of radial growth in Scots pine. Tiivistelmä: Kilpailutekijät ja männyn sädekasvun ennustaminen. *Silva Fennica* 21(1): 55–67.

Pukkala, T., Miina, J. & Kellomäki, S. 1998. Response to different thinning intensities in young *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13:1–4, 141–150.

Ruha, T., Hökkä, H., Varmola, M. & Salminen, H. 1997. Stability of height positions in young naturally regenerated stands of Scots pine. *Forest Ecology and Management* 97 (1997) 155–163.

Ruha, T. & Varmola, M. 1997. Precommercial thinning in naturally regenerated Scots pine stands in northern Finland. *Silva Fennica* 31(4): 401–415.

- Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen. Summary: Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning. *Folia Forestalia* 752: 29 pp.
- Salminen, H. & Varmola, M. 1993. Influence of initial spacing and planting design on the development of young Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. Tiivistelmä: Istutustiheyden ja kuvioinnin vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen. *Silva Fennica* 27(1): 21–28.
- Saksa, T. & Miina, J. 2007. Cleaning methods in planted Scots pine stands in southern Finland: 4-year results on survival, growth and whipping damages of pines. *Silva Fennica* 41(4): 661–670.
- Saksa, T. & Miina, J. 2010. Perkaustavan ja -ajankohdan vaikutus männyn istutustaimikon kehitykseen Etelä-Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2010: 115–127.
- Strandström, M. 2010. Tuloksia MenSe-raivauspään seurantatutkimuksesta. *Metsätehon tuloskalvosarja* 6/2010.
- Strandström, M., Hämäläinen, J. & Pajuoja, H. 2009. Metsänhoidon koneellistaminen. Visio ja T&K-ohjelma. *Metsätehon raportti* 206.
- Strandström, M., Saarinen, V.-M., Hallongren, H., Hämäläinen, J., Poikela, A. & Rantala, J. 2011. Koneellisen istutuksen ja taimikonhoidon kilpailukyky. *Metsätehon raportti* 218.
- Ulvcrona, K. A., Claesson, S., Sahlén, K. & Lundmark, T. 2007. The effects of timing of pre-commercial thinning and stand density on stem form and branch characteristics of *Pinus sylvestris*. *Forestry* 80(3): 323–335.
- Valkonen, S. & Ruuska, J. 2003. Effect of *Betula pendula* admixture on tree growth and branch diameter in young *Pinus sylvestris* stands in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 416–426.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. *Folia Forestalia* 451: 1–21.
- Varmola, M. 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. Abstract: Yield and quality of young Scots pine cultivations. Helsinki: Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 585.
- Varmola, M. 1992. Taimikko- ja riukuvaiheen männikön kehitys harvennuksen jälkeen. Summary: Development of Scots pine stands at the sapling and pole stands after thinning. *Folia Forestalia* 524: 1–31.
- Varmola, M., Kolström, T. & Mehtätalo, E. 1998. The effect of cutting on the growing and external quality of the dominant trees in a *Pinus sylvestris* stand established by spot sowing. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13:1–4, 151–159. <http://dx.doi.org/10.1080/02827589809382971>
- Varmola, M. & Salminen, H. 2004. Timing and intensity of precommercial thinning in *Pinus sylvestris* stands, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19:2, 142–151.
- Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summary: Precommercial thinning of young stands of Scots pine and Norway spruce: I: Data, stability, dimension distribution, etc. *Norsk Institutt for Skogforskning*. 33(9): 314–436.
- Vuokila, Y. 1976. Ensiharvennuskertymä. Summary: Yield from the first thinning. *Folia Forestalia* 264.
- Walfridsson, E. 1976. Lövets konkurrens i barkulturer. *Skogen* 63: 631–633.
- Yli-Vakkuri, P. 1956. Männyn kylvötaimistojen hirvivahingoista Pohjanmaalla. Summary: Moose damage in seedling stands of pine in Ostrobothnia. *Silva Fennica* 88(3): 1–17.

Koneellinen metsänhoito -kirja tarjoaa syvällisen tietopaketin koneellisen metsänhoidon nykytilasta ja kehityssuunnasta. Kirjassa esitellään koneellinen kylvö, koneistutus, konekitkentä ja koneellinen taimikonharvennus. Erityisesti tässä kirjassa syvennytään konekitkentään ja koneelliseen taimikonharvennukseen sekä julkaistaan etenkin konekitkennästä uutta tutkimustietoa. Koneellisten metsänhoitotöiden eri työlajit käydään läpi aina työn suunnittelusta toteutukseen ja laadunseurantaan siten, että lukija saa aiheesta havainnollistavien kuvien avulla kattavan kokonaiskuvan.

Kirja soveltuu niin koneellisen metsänhoidon opetukseen eri koulutusasteilla kuin tietolähteeksi metsäalan organisaatioissa toimiville. Mielenkiintoisen kirjoitustyylin ja selkeän ulkoasun vuoksi sisältö avautuu ammattilaisten lisäksi metsänomistajille ja muille aiheesta kiinnostuneille riippumatta aiemmasta perehtyneisyydestä.

Kirja on toteutettu Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän, Karelia-ammattikorkeakoulun ja Itä-Suomen yliopiston yhteisessä Metsänhoitotöiden koneellistaminen -kehittämishankkeessa, joka pioneerina käynnistää koneellisen metsänhoidon koulutuksen Suomessa. Hanketta ovat rahoittaneet Pohjois-Karjalan Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskus sekä Euroopan sosiaalirahasto.

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUJA B:12

ISBN 978-952-275-084-6 (painettu)
ISBN 978-952-275-085-3 (verkkojulkaisu)
ISSN-L 2323-6876 | ISSN 2323-6876