



Mikko Ylimartimo



Jani Heikkilä

Mikko Ylimartimo ja Jani Heikkilä

Taimikonhoitotöiden koneellistamiskelpoisuus

Ylimartimo, M. & Heikkilä, J. 2003. Taimikonhoitotöiden koneellistamiskelpoisuus. Metsätieteen aikakauskirja 4/2003: 429–437.

Tutkimuksessa tarkastellaan taimikonhoitotöiden teknisiä ja taloudellisia koneellistamismahdollisuuksia valtakunnan metsien 9. inventoinnissa (VMI9) käsiteltäviksi ehdotetuilla taimikonhoitokohteilla. Aineistona oli yhdeksän metsäkeskuksen toimialueilta kerätyt VMI:n koealatiedot.

Teknisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä laskettiin vähentämällä inventointia seuraavalla 10-vuotiskaudella hoidettavaksi ehdotettujen taimikoiden kokonaispinta-alasta luontaisesti tai kylvään perustetut taimikot ja sellaiset taimikot, joiden veroluokkaa oli alennettu kivisyyden vuoksi. Teknisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä oli 991 700 ha (68 % kaikista esitetyistä taimikonhoitotöistä). Koneellistamiskelpoisten töiden osuus oli metsäkeskuksittain 45–80 % ehdotettujen töiden pinta-alasta. Kohteista 71 % oli varttuneita taimikoita, joiden pituus ylittää 1,3 m.

Teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden pinta-ala laskettiin vähentämällä seuraavalla 5-vuotiskaudella hoidettavaksi ehdotettujen, teknisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden pinta-alasta ne taimikot, joissa raivaussahatyö on konetyötä halvempaa. Teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden pinta-ala oli nykyistä konetekniikkaa käytettäessä 61 000 ha, mikä on 10 % inventointia seuraavalla 5-vuotiskaudella hoidon tarpeessa olevien taimikoiden pinta-alasta. Teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavissa olevien töiden pinta-alasta 57 300 ha (94 %) oli varttuneiden taimikoiden hoitoa. Pääasiallisena syynä teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavan taimikonhoitotyön vähäiseen määrään oli taimikoiden pieni tiheys, minkä vuoksi koneellinen menetelmä ei olisi ollut kilpailukykyinen verrattuna raivaussahalla tehtävän taimikonhoitoon.

Asiasanat: taimikonhoito, koneellistaminen, VMI

Yhteystiedot: *Ylimartimo*, Pohjois-Suomen metsänomistajien liitto, Ukkoherrantie 15 A 2, 96100 Rovaniemi; *Heikkilä*, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa. Sähköposti jani.heikkila@metla.fi

Hyväksytty 15.10.2003

I Johdanto

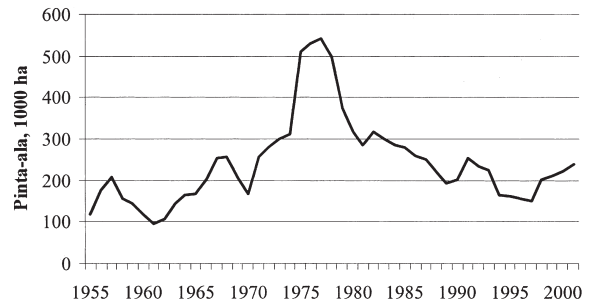
Taimikonhoidon tavoitteena on taimikon tiheyden, puulajisuhteiden ja puuston laadun säätely kasvatettavan puuston suotuisaa kehitystä silmällä pitäen, ja se tehdään metsikön kasvupotentiaalin ohjaamiseksi haluttuun suuntaan.

Taimikonhoito jaetaan kahteen toimenpiteeseen, taimikon perkaukseen ja harvennukseen. Perkauksen tarkoituksena on poistaa kasvatettavan puulajin taimia haittaavaa puustoa. Taimikon harvennus kohdistuu sekä pää- että sivupuulajeihin, ja sen tarkoituksena on ohjata metsikön puuston rakennetta haluttuun suuntaan. Esimerkiksi mäntyvaltainen taimikko suosittelaa harvennettavaksi vasta 5–8 metrin valtapituudessa tiheyteen 1 800–2 000 kappaletta hehtaarilla (Hyvän metsänhoidon... 2001).

Vuonna 2000 hyväksytty Kansallinen metsäohjelma 2010 on asettanut tavoitteeksi nuoren metsän hoidon määrän kasvattamisen tasolle 250 000 ha/v (Kansallinen metsäohjelma... 1999). Vaikka hyvin hoidettujen nuorten metsien merkitys tulevaisuuden hakkuumahdollisuuksien takaajana on yleisesti tunnustettu, on samanaikaisesti taimikonhoitorästien määrä lisääntynyt. Viime vuosina nuoria metsiä on hoidettu hieman yli 200 000 ha vuodessa (kuva 1). Varsinaista taimikonhoitoa, joka ei sisällä nuoren metsän kunnostusta, tehtiin vuonna 2001 147 000 hehtaaria (Västilä 2002).

Eräs syy tavoitetta alhaisempaan taimikonhoidon pinta-alaan on metsurien määrän jyrkkä väheneminen puunkorjuun koneellistumisen ja ammatissa toimivan väestön ikääntymisen myötä. Osan metsänhoitotöistä ovat perinteisesti tehneet tilalla asuvat metsänomistajat, mutta myös heidän ns. omatoiminen työ on vähenemässä (esim. Immonen 2003). Vuosittaiseksi uuden työvoiman tarpeeksi on arvioitu 90 vuosi- ja 150 kausityöntekijää vuosina 2000–2006 (Lilleberg 2000). Ongelmana on myös työn kausiluonteisuus. Työvoiman kysynnässä ja tarjonnassa vallitsee epätasapaino eri vuodenaikoina.

Taimikonhoito on perinteisesti tehty raivaussahalla, mutta myös moottorisahaa on käytetty vartuneempien taimikoiden harvennuksissa. Nykymenetelmillä taimikonhoidon kustannustaso on viime vuosina ollut 210–240 euroa/ha (Västilä 2002, Strandström 2002). Perinteisten työmenetelmien kustannusten voimakas nousu on tehnyt vaihtoeh-



Kuva 1. Taimikonhoidon ja nuoren metsän kunnostuksen määrä vuosina 1955–2000 (Västilä 2002).

toiset menetelmät yhä houkuttelevammiksi. Erääksi ratkaisumalliksi on ehdotettu taimikonhoitotöiden koneellistamista (esim. Immonen 2003).

Koska taimikonhoitotöiden koneellistaminen on vasta alkuvaiheessa, on tärkeää selvittää, mikä on koneiden tekninen ja taloudellinen käyttöalue. Kairvola (1995) on tutkinut valtakunnan metsien 8. inventointiin (VMI8) perustuen koneiden teknistä soveltuvuutta taimikonhoitoon, mutta taloudellista tarkastelua ei ole toistaiseksi tehty.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää valtakunnan metsien 9. inventoinnin (VMI9) perusteella

- 1) teknisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä
- 2) teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä
- 3) koneellisesti harvennettavissa olevien taimikoiden ominaisuudet.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Teknisesti koneellistettavissa olevat taimikonhoitotyöt

Teknistä koneellistamiskelpoisuutta arvioitaessa käytettiin kriteereinä lähinnä maaston kulkukelpoisuutta ja puuston ominaisuuksia. Tutkimuksen perusaineistona oli Metsäntutkimuslaitoksen vuosina 1996–2000 keräämät kymmenen eteläisimmän metsäkeskuksen alueen (pl. Ahvenanmaa) VMI9-koelätiedot. Tiedot käsittivät yhteensä 64 537 koelata, joilta oli mitattu lukuisia koelakuvion hallinnollista

tilaa, kasvupaikkaa, puustoa, tehtyjä toimenpiteitä ja metsänhoidollisia toimenpidetarpeita kuvaavia muuttujia (Valtakunnan metsien... 1999).

Koealoista poimittiin tarkasteluihin ne metsikkökuviot, jotka täyttivät seuraavat kriteerit:

- 1) Kuviolla sijaitsi VMI-koealan keskipiste.
- 2) Kuvion kehitysluokkana oli joko pieni tai varttunut taimikko. Pienen taimikon valtapituus on alle 1,3 m. Varttuneen taimikon valtapituus on yli 1,3 m ja harvennuksessa kasvamaan jätettävien puiden rinnan korkeusläpimitta alle 8 cm (Valtakunnan metsien... 1999).
- 3) Kuviolla ei ollut käyttörajoituksia.
- 4) Kuviolle oli inventoinnissa ehdotettu tehtäväksi taimikon perkaus tai harvennus inventointia seuraavalla kymmenvuotiskaudella.
- 5) Kuvion maaluokka oli metsämaa, ja kuvion tuli olla pinta-alaltaan yli 0,25 ha ja muodoltaan sellainen, että sitä voidaan pitää metsätalousmaana.

Teknisesti koneellistettavissa olevat taimikot rajattiin edellä muodostetusta joukosta seuraavilla kriteereillä:

- 1) Kuvion veroluokkaa ei ollut alennettu kivisyyden vuoksi, minkä tulkittiin tarkoittavan, ettei kuviolla maan pinnalla ollut kivikkoa tai louhikkoa, jotka hidastavat koneiden liikkumista ja puuston käsittelyä.
- 2) Kuvion puusto oli perustettu istuttaen, koska luontaisesti syntyneissä ja kylväen perustetuissa taimikoissa puut kasvavat useimmiten ryhmittäin, mikä vaikeuttaa koneilla tehtävää puiden valintaa.

Ehdot täyttävien koealojen määrän perusteella laskettiin metsäkeskuksittain niiden taimikoiden pinta-ala, joissa taimikonhoitotyöt olivat koneellistettavissa. Taimikonhoitokuvioiden kokonaispinta-ala ja niiden taimikoiden pinta-ala, joissa koneellinen taimikonhoito oli kriteerien mukaan mahdollista, estimoitiin koealakeskipisteiden lukumäärien suhteilla. Käytetty laskentakaava oli:

$$A_s = \frac{N_s}{N} A$$

missä

A_s on laskentaositteen S pinta-alan estimaatti

N_s on ositteeseen S osuneiden koealakeskipisteiden määrä

N on maalle osuneiden keskipisteiden määrä

A on inventointialueen maapinta-ala.

Kokonaispinta-alojen estimoinnissa käytettiin metsäkeskusten tilastoitua maapinta-alaa, jotka saatiin Maanmittauslaitoksen julkaisemista kunnittaisista pinta-alatilastoista (Suomen pinta-alat... 2002).

Valtakunnan metsien 9. inventoinnissa taimikoista kerättiin mm. seuraavia puustoa kuvaavia tunnuksia: jaksollisuus, kehitysluokka, perustamistapa, puulajisuhteet, runkoluku, keskipituus, ikä, tuhot, metsikön laatu jne. Raivaussahatyönä toteutettavan taimikonhoitotyön ajanmenekkiin vaikuttavat poistettavan puuston tiheys ja kantoläpimitta (Metsäalan palkkaus... 2001). Näitä kahta tunnusta ei VMI9:ssä ollut suoraan mitattu, joten kustannuslaskelmia varten arvioitiin taimikonhoidossa poistettavan puuston tiheys ja kantoläpimitta VMI9:ssä koealakuvioilta mitattujen taimien kokonaismäärän, kehityskelpoisten taimien määrän ja puuston keskipituuden avulla. Poistettavan puuston tiheys laskettiin pienissä, alle 1,3 metrin taimikoissa vähentämällä taimien kokonaismäärästä kehityskelpoisten taimien määrän ja puuston keskipituuden avulla. Poistettavan puuston tiheys laskettiin pienissä, alle 1,3 metrin taimikoissa vähentämällä taimien kokonaismäärästä kehityskelpoisten taimien määrän. Varttuneissa taimikoissa poistettavan puuston tiheys saatiin vähentämällä taimien kokonaismäärästä 2000 runkoa/ha. Varttuneissa taimikoissa runkoluku taimikonhoidon jälkeen oli siis enintään 2000 runkoa/ha. Poistettavan puuston kantoläpimitta laskettiin kaavalla: kantoläpimitta = $0,764 \cdot$ keskipituus $- 0,01128 \cdot$ runkoluku $+ 0,503$. Tämä regressioyhtälö laadittiin Hämmäläisen ja Lillebergin (1995) esittämän aineiston ja Rovaniemen maalaiskunnassa vuonna 2002 mitatun aineiston perusteella.

2.2 Teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavissa olevat taimikonhoitotyöt

Taloudellisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä arvioitiin vertaamalla keskenään koneellisen ja raivaussahalla tehtävän taimikonhoidon yksikkökustannuksia koealoittain. Tarkastelu rajattiin koskemaan niitä VMI-koealoja, joilla koneellinen taimikonhoito oli teknisesti mahdollista ja, joissa taimikonhoitotyöt oli inventoinnissa merkitty tehtäväksi seuraavalla 5-vuotiskaudella. Taimikonhoitokustannuksiin vaikuttavia työvaikeustekijöitä ei voitu luotettavasti ennustaa yli 5 vuoden päähän,

minkä vuoksi taloudellisesta tarkastelusta jätettiin pois kohteet, joilla taimikonhoitotyöt oli esitetty tehtäväksi 5–10 vuoden kuluttua.

Taimikonhoitotyöt koealalla katsottiin taloudellisesti koneellistamiskelpoisiksi, kun koneellisen taimikonhoidon yksikkökustannukset olivat raivaussahatyötä pienemmät. Tarkastelussa oletettiin, että pienille taimikoille tehtävä käsittely on taimikon perkaus ja varttuneille taimikoille tehdään taimikon harvennus. Koneellisten menetelmien tehoajanmenekit arvioitiin pienten taimikoiden osalta taimikonperkausta koskevien tutkimusten (Lindman ja Nilsson 1989, Freij ja Tosterud 1990 ja 1991, Andersson ja Bjurulf 1992, Mattsson 1994) perusteella. Varttuneen taimikon koneellisen harvennuksen ajanmenekkiä arvioinnissa käytettiin Anderssonin ja Bjurulfin (1992) sekä Nordmarkin ja Anderssonin (1993) tuloksia. Tehoajanmenekkiarvot muutettiin käyttöajoiksi kertoimella 1,393 (Rieppo 2001). Edellä mainittujen tutkimusten perusteella muodostettu ja laskelmissa käytetty taimikon koneellisen perkauksen käyttöajanmenekki-funktio oli $y = 1,7086 \cdot \ln(x) + 1,4449$, missä y on käyttöajanmenekki (h/ha) ja x on poistettavan puuston tiheys (1000 runkoa/ha). Vastaavasti koneellisen taimikon harvennuksen käyttöajanmenekki-funktio oli: $y = 0,111x + 7,574298$, missä y on käyttöajanmenekki (h/ha) ja x on poistettavan puuston tiheys (1000 runkoa/ha). Keskipituudeltaan alle 1,5-metrille taimikoille käytettiin perkauksen ajanmenekki-funktiota ja muille taimikoille koneellisen harvennuksen ajanmenekki-funktiota. Konekustannuksina laskelmissa käytettiin 53 euroa/käyttötunti.

Raivaussahatyön kustannukset laskettiin Metsäpalkkauksen kehittämisen projektiryhmän esittämien taimikon perkaus-harvennuksen tuotoslukujen avulla (Metsäalan palkkaus... 2001). Kustannukset laskettiin koealoittain poistettavien puiden runkoluvun ja kantoläpimitan avulla. Poistumatyyppi laskelmissa oli havupuu-lehtipuusekapuusto. Maasto- ja kausikorotuksia ei tehty. Metsurin keskipäiväpalkka lisättynä työnantajan sivukustannuksilla ja matkakorvauksilla oli laskelmissa 190 e/päivä.

3 Tulokset

3.1 Teknisesti koneellistettavissa olevat taimikonhoitotyöt

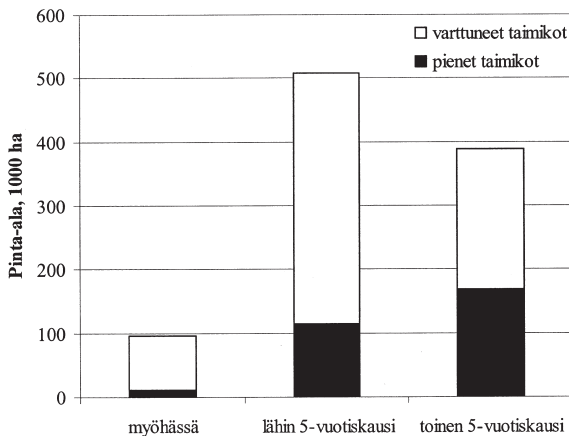
Teknisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden pinta-ala oli yhteensä 991 700 ha, mikä oli keskimäärin 68 % (vaihteluväli 45–80 %) kaikkien taimikonhoitoa tarvitsevien kohteiden alasta. Eniten hoidon tarpeessa olevia taimikoita oli Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella, 225 900 ha. Myös koneellisesti hoidettavissa olevia taimikoita oli eniten Pohjois-Karjalassa, 145 700 ha, kun taas vähiten niitä oli Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella, 51 100 ha. Suhteellisesti eniten koneellisesti hoidettavissa olevia taimikoita oli Etelä-Savon metsäkeskuksessa, 80 %, ja vähiten Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksessa, 45 % (taulukko 1).

Varttuneissa taimikoissa taimikonhoitotyöt olivat useammin myöhässä kuin pienissä taimikoissa. Suurin osa varttuneista taimikoista tulisi hoitaa inventointia lähimmän 5-vuotiskauden kuluessa. Pienten taimikoiden hoito oli harvoin myöhässä ja suurin osa pienistä taimikoista tulisi hoitaa vasta 5–10 vuoden päästä inventoinnista (kuva 2).

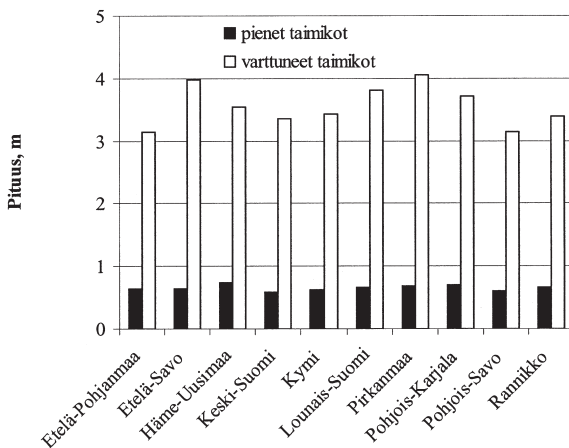
Kohteista valtaosa, 697 400 ha (71 %), oli varttuneita taimikoita, joiden valtapituus on yli 1,3 m. Pienten taimikoiden pinta-ala oli 294 300 ha (kuva 3). Suhteellisesti eniten varttuneita taimikoita

Taulukko 1. Taimikonhoitotöiden määrä ja koneellistamismahdollisuudet eri metsäkeskusten alueilla.

| Metsäkeskus | Taimikonhoitotöiden määrä, ha | Teknisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä, ha | % |
|-----------------|-------------------------------|--|----|
| Etelä-Pohjanmaa | 168 400 | 92 900 | 55 |
| Etelä-Savo | 174 700 | 140 500 | 80 |
| Häme-Uusimaa | 112 600 | 51 100 | 45 |
| Keski-Suomi | 164 500 | 126 100 | 77 |
| Kymi | 98 200 | 75 100 | 76 |
| Lounais-Suomi | 104 300 | 74 200 | 71 |
| Pirkanmaa | 117 600 | 90 700 | 77 |
| Pohjois-Karjala | 225 900 | 145 700 | 64 |
| Pohjois-Savo | 187 200 | 124 400 | 66 |
| Rannikko | 103 300 | 71 100 | 69 |
| Yhteensä | 1 456 700 | 991 700 | 68 |



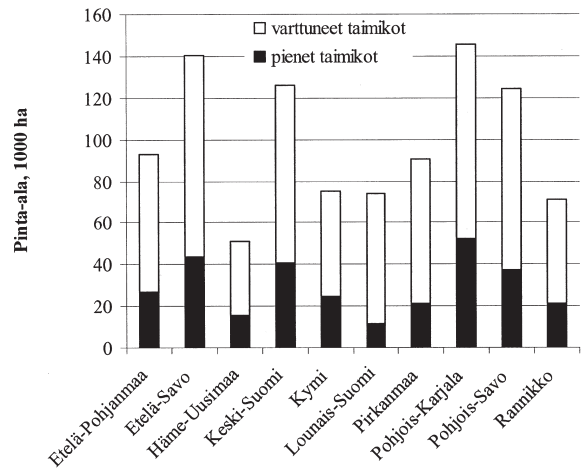
Kuva 2. Teknisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä ja ajankohta pienissä ja varttuneissa taimikoissa.



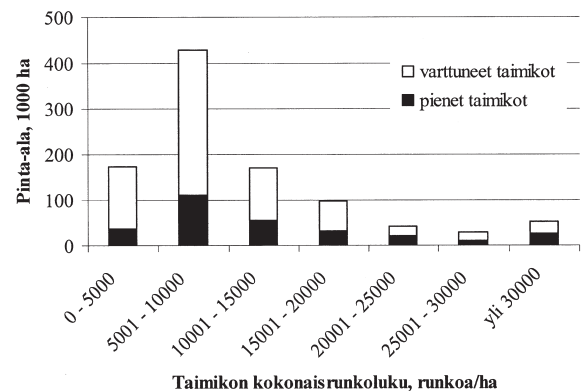
Kuva 4. Koneelliseen taimikonhoitoon teknisesti soveltuvien taimikoiden keskipituudet kehitysluokittain eri metsäkeskusten alueilla.

ta oli Lounais-Suomen metsäkeskuksen alueella, 85 %, kun taas pienten taimikoiden osuus oli suurin Pohjois-Karjalassa, 36 %.

Taimikoiden keskipituus pienissä taimikoissa oli 0,7 m (vaihteluväli 0,6–0,7 m) ja varttuneissa 3,6 m (3,1–4,1 m). Pienten taimikoiden osalta metsäkeskuksittaiset erot olivat vähäisiä. Varttuneet taimikot olivat pisimpiä Pirkanmaalla ja Etelä-Savossa (kuva 4).

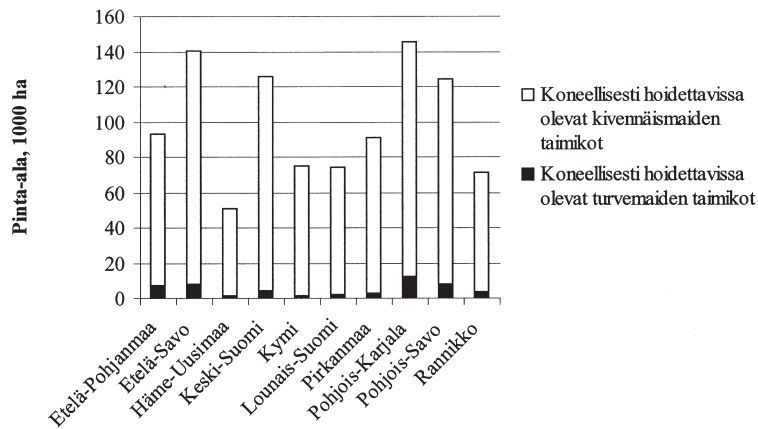


Kuva 3. Teknisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä kehitysluokittain eri metsäkeskusten alueilla.



Kuva 5. Teknisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä kehitysluokittain ja taimikon kokonaisrunkoluvun mukaan.

Valtaosa koneellisesti hoidettavissa olevista taimikoista kuului kokonaisrunkoluvultaan tiheysluokkaan 5001–10000 runkoa/ha. Tähän luokkaan kuului yhteensä 429 200 ha taimikoita, mikä on 43 % koneellisesti hoidettavissa olevien taimikoiden pinta-alasta. Tässä luokassa 74 % kohteista oli varttuneita taimikoita. Kohteita, joissa runkoluku ylitti 20 000 runkoa/ha, oli kokonaispinta-alasta ainoastaan 122 700 ha (14 %). Näissä luokissa pienten



Kuva 6. Teknisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä kivennäis- ja turvemailla eri metsäkeskusten alueilla.

Taulukko 2. Koneelliseen taimikonhoitoon teknisesti soveltuvien kohteiden puulajisuhteet (%) eri metsäkeskusten alueilla.

| Metsäkeskus | Mänty | Kuusi | Rauduskoivu | Hieskoivu | Muut puulajit |
|-----------------|-------|-------|-------------|-----------|---------------|
| Etelä-Pohjanmaa | 90 | 7 | 1 | 2 | 1 |
| Etelä-Savo | 39 | 37 | 20 | 4 | 0 |
| Häme-Uusimaa | 29 | 45 | 23 | 0 | 2 |
| Keski-Suomi | 51 | 36 | 10 | 2 | 0 |
| Kymi | 52 | 36 | 9 | 3 | 0 |
| Lounais-Suomi | 65 | 23 | 7 | 5 | 0 |
| Pirkanmaa | 50 | 36 | 11 | 3 | 0 |
| Pohjois-Karjala | 46 | 36 | 11 | 6 | 0 |
| Pohjois-Savo | 43 | 40 | 13 | 3 | 0 |
| Rannikko | 70 | 19 | 6 | 6 | 0 |
| Keskimäärin | 53 | 31 | 11 | 3 | 1 |

taimikoiden suhteellinen osuus oli suurempi verrattuna alempiin tiheysluokkiin (kuva 5).

Puolet (53 %) koneellisesti hoidettavissa olevista taimikoista oli männiköitä. Erityisen suuri männyn osuus oli Etelä-Pohjanmaan ja Rannikon metsäkeskusten alueilla. Kuusivaltaisia taimikoita oli 31 %. Paljon kuusitaimikoita oli Hämeen-Uudenmaan ja Pohjois-Savon metsäkeskuksissa. Rauduskoivikoita oli eniten Häme-Uudellamaalla. Hieskoivun ja muiden puulajien osuudet olivat vähäisiä (taulukko 2).

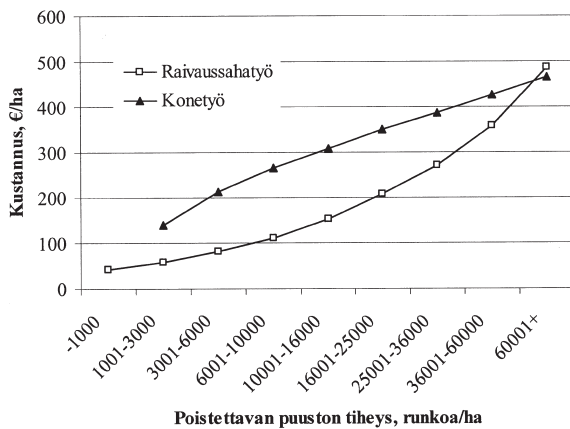
Koneellisesti hoidettavissa olevista taimikoista

51 700 ha (5 %) sijaitsi turvemailla (vaihteluväli 1–8 %). Eniten koneellisesti hoidettavissa olevia turvemaiden taimikoita oli Pohjois-Karjalan (12 300 ha), Pohjois-Savon (8 400 ha) ja Etelä-Savon (8 100 ha) metsäkeskusten alueilla (kuva 6).

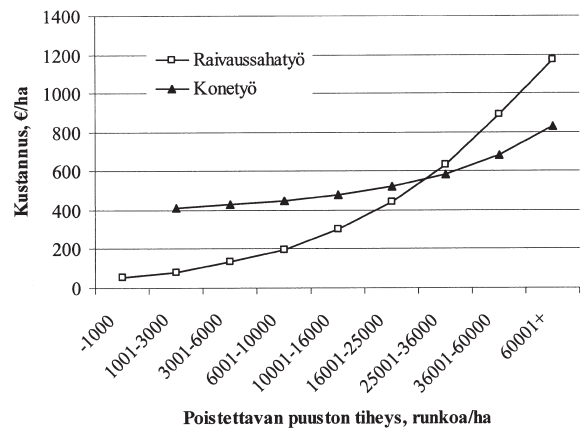
3.2 Teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä

Kun maaston kulkukelpoisuuden ja taimikon perustamistavan lisäksi otettiin huomioon koneellisen taimikonhoidon yksikkökustannukset verrattuna raivaussahatyön yksikkökustannuksiin, koneellinen taimikonhoito oli kannattavaa 61 000 hehtaarilla. Tämä pinta-ala käsittää taimikot, jotka oli VMI:ssä ehdotettu hoidettavaksi heti tai 1–5 vuoden kuluessa inventoinnista. Teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavissa oli 10 % taimikonhoitotöiden määrästä. Tästä pinta-alasta 57 300 ha (94 %) oli varttuneita taimikoita. Määrä vastaa 12 % VMI:ssä seuraavalla 5-vuotiskaudella hoidettavaksi ehdotetusta varttuneiden taimikoiden pinta-alasta.

Pienten taimikoiden perkauskohteilla taloudellisesti koneellistettavissa olevien töiden määrä jäi 3 700 hehtaariin, mikä on ainoastaan 3 % VMI:ssä seuraavalla 5-vuotiskaudella hoidettavaksi ehdotetusta pienten taimikoiden pinta-alasta.



Kuva 7. Poistettavan puuston tiheyden vaikutus pienien taimikon hoitokustannuksiin raivaussahatyössä ja koneellisessa taimikonhoidossa, kun poistettavan puuston kantoläpimitta on 1 cm.



Kuva 8. Poistettavan puuston tiheyden vaikutus varttuneen taimikon hoitokustannuksiin raivaussahatyössä ja koneellisessa taimikonhoidossa, kun poistettavan puuston kantoläpimitta on 3 cm.

Taulukko 3. Teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden pinta-ala kahdella raivaussahatyön kustannustasolla.

| | Raivaussahatyön | Raivaussahatyön |
|---------------------|------------------------|------------------------|
| | suhteellinen kustannus | suhteellinen kustannus |
| | 100 | 130 |
| | Pinta-ala, ha | |
| Pienet taimikot | 3 700 | 8 800 |
| Varttuneet taimikot | 57 300 | 94 900 |
| Yhteensä | 61 000 | 103 700 |

Raivaussahatyön kustannusten nousu ja koneteknologian kehittyminen parantaa koneellisten taimikonhoitomenetelmien kilpailukykyä. Taulukossa 3 on esitetty koneellisesti hoidettavissa olevien taimikoiden määrä raivaussahatyön suhteellisten kustannusten ollessa 1,0 ja 1,3. Koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä kasvaisi saman verran koneellisen taimikonhoidon suhteellisen ajannekin pienentyessä 1,0:sta 0,7:ään.

Koneellisen taimikonhoidon kustannuskilpailukykyyn vaikuttavat eniten poistettavan puuston tiheys ja kantoläpimitta. Suuri tiheys ja etenkin suuri kantoläpimitta hidastavat raivaussahatyötä. Poistettavan puuston kantoläpimitta ei juuri vaikuta koneellisen

taimikonhoidon ajanmenekkiin, mutta tiheyden kasvu lisää ajanmenekkiä – joskin hitaammin kuin raivaussahatyössä. Poistettavan puuston tiheyden vaikutusta taimikonhoidon kustannuksiin on tarkasteltu kuvissa 7 ja 8.

4 Tulosten tarkastelu

Koneellisen taimikonhoidon taloudellisuustarkastelussa tulosten luotettavuuteen vaikuttavat useat tekijät. Taimikonhoitokoneiden tuottavuuslaskelmat ovat useaan eri tutkimukseen perustuvia keskiarvoja. Koneellisen varhaisperkauksen tutkimukset on tehty vakiintuneilla työmenetelmillä ja rutinoituneilla kuljettajilla, mutta varttuneiden taimikoiden harvennuksessa tässä tutkimuksessa käytetyt ajannekkariivot perustuvat koneiden kokeiluluontoiseen käyttöön. Koneellisen taimikonhoitotyön tuottavuus vaikuttaa ratkaisevasti tässä tutkimuksessa lasketuun teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavissa olevaan taimikonhoitotyön määrään.

Raivaussahatyön ajanmenekkiin taimikonhoidossa vaikuttavat kantoläpimitta ja runkoluku. VMI-koealoilta ei ollut mitattu taimikon kantoläpimittoja, joten kustannuslaskelmissa ne jouduttiin esimoimaan taimikon keskipituuden ja runkoluvun

perusteella. Tämä saattaa johtaa satunnaisiin koelakohtaisiin virheisiin raivaussahatyön ajanmenekin laskennassa. Kustannuslaskelmissa taimikoiden kantoläpimittaan tai runkolukuun ei tehty puuston kasvusta aiheutuvia lisäyksiä taimikoissa, jotka oli merkitty hoidettavaksi 1–5 vuoden kuluttua, koska luotettavia malleja näiden laskemiseen ei ollut saatavissa. Tämän vuoksi taloudellisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden laskettu pinta-ala on todennäköisesti aliarvio.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin samaa aluetta kuin Kaivolan (1995) VMI8-aineistosta tehdyssä tutkimuksessa, lukuun ottamatta Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusta, jonka toimialue on hieman kasvanut edellisestä inventoinnista. Kaivolan (1995) tutkimuksessa taimikonhoitoa oli esitetty tehtäväksi seuraavalla 10-vuotiskaudella yhteensä 955 000 ha:lla, kun se tässä tutkimuksessa oli kasvanut 1 456 700 ha:iin. Hoitoa tarvitsevien nuorten metsien määrä oli siten lisääntynyt noin 500 000 ha:lla.

Maaston kulkukelpoisuuden ja taimikon perustamistavan huomioon ottavassa tarkastelussa koneellistettavissa oli 68 % koko 10-vuotiskauden taimikonhoitotöiden pinta-alasta. Kaivolan (1995) tutkimuksessa vastaava osuus oli 73 %. Luvut eivät ole suoraan vertailukelpoisia, koska Kaivolan (1995) tutkimuksessa ei luettu turvemaille tehtäviä taimikonhoitotöitä koneellistamiskelpoisiin. Lisäksi kyseisessä tutkimuksessa oli tehty tiettyjä puulajeja koskevia rajoitteita, joita tässä tutkimuksessa ei tehty.

Teknisesti ja taloudellisesti koneellisesti hoidettaviksi katsotuista taimikonhoitokohteista valtaosa oli varttuneita taimikoita, joiden keskipituus oli 3,6 m. Tällöin koneellistamisvaihtoehtona eivät tule kyseeseen koneet, jotka ylittävät kasvatettavat taimet maavaransa turvin (esim. Freij 1991), vaan koneiden tulee toimia joko ajourilta tai kulkea kasvatettavien puiden välissä.

Valtaosa kohteista oli tiheydeltään alle 10 000 runkoa/ha. Koneelliset menetelmät ovat kustannuksiltaan kilpailukykyisiä raivaussahatyöhön verrattuna vain kaikkein tiheimmillä kohteilla. Ruotsalaisissa perkaustutkimuksissa (esim. Lindman ja Nilsson 1989) koneellinen menetelmä on ollut kustannuksiltaan kilpailukykyinen, kun runkoluku on ylittänyt 20 000 runkoa/ha. VMI9-aineistossa oli tällaisten kohteiden osuus ainoastaan 14 % pinta-alasta.

Pienten taimikoiden perkaustöiden pinta-alasta ai-

noastaan 3 % laskettiin olevan teknisesti ja taloudellisesti koneellistettavissa. Koneellisen taimikonhoitomenetelmän kustannukset laskettiin taimikon täydelliselle perkaukselle. Nykyisten metsänhoitosuosituksen mukaan voidaan tehdä taimikonperkaus ns. reikäperkauksena (Hyvän metsänhoidon... 2001), mikä laskee poistettavan puuston runkolukua huomattavasti. Perkaustyön tuottavuutta kannattanee tässä vaiheessa parantaa kehittämällä joko käsitövälineitä tai kokonaan uudella tavalla toimivia koneyksiköitä. Pentin paja Ky:n valmistama reikäperkauslaite on yksi esimerkki uusista taimikon perkaustyön koneratkaisuista (Saastamoinen ja Voutilainen 2002).

Varttuneiden taimikoiden harvennuksista laskettiin teknisesti ja taloudellisesti koneellisesti hoidettavissa oleviksi 12 %. Näin ollen koneellistaminen näyttäisi ainakin alkuvaiheessa olevan järkevää myös varttuneiden taimikoiden harvennuksissa. Konekaluston kehittäminen on yksi mahdollisuus lisätä koneellistamiskelpoisten taimikonhoitotöiden määrää tulevaisuudessa. Myös energiapuun korjuu kaikkein puustoisimmilta kohteilta voi parantaa koneellisten taimikonhoitomenetelmien kannattavuutta (esim. Hämäläinen ja Lilleberg 1995 ja 1998, Kaivola 1995).

Mikäli koneellistaminen tapahtuu nykytekniikkaa soveltamalla, taloudellisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrä jää suhteellisen vähäiseksi. Tämä asettaa erittäin suuret vaatimukset taimikonhoitotöiden organisoinnille. Yksi vaihtoehto on kausiurakointi. Tällöin on mahdollista varustaa esimerkiksi nykyisin yleiset ns. kevyet hakkuukoneet taimikonhoitotyöhön ja näin parantaa hakkuukoneiden käyttöastetta, joka on viime vuosina ollut noin 80 % (Jaakkola 2001).

Myös se, mihin koneellisten menetelmien kustannuksia verrataan, vaikuttaa taloudellisesti koneellistettavissa olevien taimikonhoitotöiden määrään. Esimerkiksi kokonaan hoitamattomasta männiköstä kiertoajan aikana saatavat nettotulot jäävät korkokannasta riippuen 30–70 %:iin hoidetun metsikön nettotuloksesta (Hynynen ja Niemistö 2001). Voisikin olla järkevää verrata koneellisen työn kustannuksia vaihtoehtoisen taimikonhoitomenetelmän sijaan hoitamattomuudesta aiheutuviin tuottotappioihin. Näin olisi meneteltävä esimerkiksi silloin, kun raivaussahatöitä ei voida tehdä työvoimapulan takia.

Kiitokset

Tutkimus on osa ”A New and Efficient Pre-commercial Thinning: Synthesis of Biology, Technology and Economy” -tutkimushanketta, jonka on rahoittanut SamNordisk Skogsforskning (SNS). Käsikirjoitusta ovat kommentoineet professori Pertti Harstela ja MMT Kari T. Korhonen Metsäntutkimuslaitoksesta. Edellä mainituille, samoin kuin tutkimusartikkelin tarkastajille ja tutkimusaineiston keränneelle Metlan VMI:n henkilöstölle esitämme parhaat kiitoksemme.

Kirjallisuus

- Andersson, G. & Bjurulf, A. 1992. Framtidens röjningsbestånd för maskinell röjning. Skogsarbeten resultat 1. 4 s.
- Freij, J. 1991. Röjningsteknik. Slutrapport från ett av Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd genomfört forskningsprojekt 1986–89. Skogsarbeten redogörelse 2. 56 s.
- & Tosterud, A. 1990. Maskinell röjning med rätt instruktion. Skogsarbeten resultat 21. 4 s.
- & Tosterud, A. 1991. En jämförelse av tre olika röjmaskiner. Skogsarbeten resultat 1. 4 s.
- Hynynen, J. & Niemistö, P. 2001. Kannattava puuntuotanto – tavoitteellista metsänhoitoa vai taloudellista optimointia? Metsätieteen aikakauskirja 1: 45–49.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2001. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Helsinki. 95 s.
- Hämäläinen, J. & Lilleberg, R. 1995. Taimikon myöhäisen harvennuksen olosuhteet ja kustannukset. Metsätehon katsaus 2. 6 s.
- & Lilleberg, R. 1998. Energiapuun korjuu taimikon harvennuksen yhteydessä. Julkaisussa: Nikku, P. (toim.). Projektikirja 1993–1998. Osa I. Puupolttoainneiden tuotantotekniikka. Bioenergian tutkimusohjelma, Julkaisuja 21: 171–177.
- Immonen, K. 2003. Avauspuheenvuoro: Taimikonhoidon tilanne ja kehittämistarpeet. Julkaisussa: Kariniemi, A. (toim.). Kehittyvä puuhuolto 2003. Seminaarijulkaisu. Metsäteho Oy, Helsinki. s. 44–47.
- Jaakkola, S. 2001. Koneyrittäjien liiton työllisyys- ja suhdannekysely: Energia-ala parantaa, metsä notkahdi. Koneyrittäjä 8: 23–25.
- Kaivola, A. 1995. Taimikonhoidon koneellistamismahdollisuudet. Vuosina 1992–94 toteutetun projektin loppuraportti. Työtehoseuran julkaisuja 344. 40 s.
- Kansallinen metsäohjelma 2010. 1999. Maa- ja metsätalousministeriö. Moniste. 38 s.
- Lilleberg, R. 2000. Työvoiman tarve, saatavuus ja laatu. Esitelmä. Metsätieteen päivä 18.10.2000.
- Lindman, J. & Nilsson, N. 1989. Lillebror FMG 0450 röjmaskin. Skogsarbeten resultat 7. 4 s.
- Mattsson, S. 1994. Maskinell röjning i tätatallföryngringar. SkogForsk Resultat 1. 4 s.
- Metsäalan palkkaus 2001. Koulutusaineisto. Oriveden kirjapaino. Orivesi. 47 s.
- Nordmark, U. & Andersson, G. 1993. Maskinell ungskogsröjning – röjningsresultat och konsekvenser i första gallring. SkogForsk Resultat 10. 4 s.
- Rieppo, K. 2001. Suullinen tiedonanto. Julkaisussa: Kärhä, K. 2001. Harvennuksipuun koneelliset korjuuvaihtoehdot. HARKO-projektin (1999–2001) loppuraportti. Työtehoseuran julkaisuja 382. 93 s.
- Saastamoinen, M. & Voutilainen, J. 2002. Ufo Naarva. Koneellinen reikäperkaus starttasi ensi painalluksella. Koneviesti 20: 44–46.
- Strandström, M. 2002. Metsänhoitotöiden suoritteet ja kustannukset vuonna 2001. Metsäteho, tilastoliite. 4 s.
- Suomen pinta-alat kunnittain. 2002. Maanmittauslaitos, kehittämiskeskus. Moniste. 11 s.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 1999. Maastotyön ohjeet. Metsäntutkimuslaitos. 143 s.
- Västilä, S. 2002. Metsien hoito – Silviculture. Julkaisussa: Peltola, A. (toim.). Metsätalostollinen vuosikirja 2002, Skogsstatistik årsbok 2002, Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2002. Metsäntutkimuslaitos. Suomen virallinen tilasto, Maa-, metsä- ja kalatalous 2002:45. s. 101–147.

23 viitettä