

Metsätehon raportti 137  
20.9.2002

## **Joukkohakkuu aines- ja energia- puun korjuussa**

*Markku Mäkelä  
Asko Poikela  
Reima Liikkanen*

# **Joukkohakkuu aines- ja energiapuun korjuussa**

**Markku Mäkelä**  
**Asko Poikela**  
**Reima Liikkanen**

Metsätehon raportti 137  
20.9.2002

Ryhmähanke: Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Yksityismetsätalouden Työnantajat r.y.

Asiasanat: joukkohakkuu, ensiharvennukset, energiapuun korjuu

© Metsäteho Oy

Helsinki 2002

## SISÄLLYS

<b>TIIVISTELMÄ</b> .....	<b>4</b>
<b>1 TAUSTA</b> .....	<b>5</b>
<b>2 TAVOITE</b> .....	<b>5</b>
<b>3 TOTEUTUS</b> .....	<b>5</b>
3.1 Tutkitut menetelmät .....	5
3.2 Aineistot.....	5
<b>4 TULOKSET</b> .....	<b>11</b>
4.1 Aines- ja energiapuun määrät .....	11
4.2 Mittaustarkkuus.....	12
4.3 Joukkohakkuun ajanmenekki ja tuottavuus .....	13
4.4 Kertymät ja korjuuolosuhteet tyypillisillä ensiharvennuskohteilla..	14
<b>5 PÄÄTELMÄT</b> .....	<b>17</b>
<b>KIRJALLISUUS</b> .....	<b>18</b>

## TIIVISTELMÄ

Hankkeessa tutkittiin joukkohakkuumenetelmän mahdollisuuksia aines- ja energiapuun korjuussa. Kahdessa maastokokeessa selvitettiin työtekniikan soveltuvuutta ensiharvennuksissa, joukkohakkuun hakkuukonemittauksen käyttökelpoisuutta sekä kertyviä aines- ja energiapuumääriä. Tutkittu kone oli Timberjack 1270 A varustettuna 745-hakkuulaitteella. Lisäksi koostettiin tietoa tyypillisten ensiharvennusten korjuuolosuhteista ja puumääristä.

Käytetyllä joukkohakkuumenetelmällä oli työtekniisesti mahdollista kerätä sekä aines- että energiapuuta talteen. Talteen saatava energiapuu lisäsi hakkuukertymää tutkituissa kohteissa 23 – 33 %.

Hakkuukonemittauksen tulokset osoittivat, että mittatarkkuus joukkohakkuumenetelmässä on huono. Mittaukseen tulisi kehittää jokin muu yksinkertainen menetelmä, joka ei katkaisisi korjuuketjua.

Kokeilu osoitti joukkohakkuun soveltuvan teknisesti hyvin myös pelkän energiapuun hakkuuseen. Menetelmällä saavutettiin selvää ajanmenekki- säästöä yksinpuin hakkuuseen verrattuna. Samalla työn luonne muuttui mielekkääksi kuljettajalle.

Kun leimikolta kerätään energiapuu tutkitulla menetelmällä, se korvaa rai- vauksen, mutta toisaalta siirtää ensimmäistä ainespuuharvennusta myöhemmäksi. Tuolloin käytettävissä on valmis ajouraverkosto ja poistettavat puut ovat järeämpiä kuin normaalissa ensiharvennuksessa on totuttu.

Tutkitussa menetelmässä hakkuutähteet jäävät pääosin palstalle, mutta osa alle ainespuun kokoisista rungonosista saadaan talteen. Metlan tutkimusten mukaan näiden rungonosien kokonaispotentiaali on noin 20 m<sup>3</sup>/ha. Puhtaassa energiapuun korjuussa nuoren metsän rahoitustuen ehdot täyttyvät valtaosalla ensiharvennuskohteista.

# 1 TAUSTA

Joukkohakkuusta on puhuttu pitkään yhtenä toteutusvaihtoehtona koneellisiin ensiharvennuksiin. Menetelmän käyttö on ollut kuitenkin kokeiluluonteista muutamaa erityisolosuhteissa toimivaa konetta lukuun ottamatta. Suurimpia syitä menetelmän vähäiseen käyttöön ainespuukorjuussa ovat olleet huono mittatarkkuus sekä pelko mittavaatimukset täyttämättömistä puista. Energiapuun hankinta ensiharvennusemetsistä saattaa kuitenkin muuttaa joukkohakkuun käyttöedellytyksiä.

## 2 TAVOITE

Tavoitteena oli selvittää joukkohakkuun ongelmia ensiharvennuksissa ja pyrkiä löytämään ratkaisuja menetelmän laajaa käyttöä estäviin tekijöihin. Samalla selvitettiin aines- ja energiapuun yhteishankinnan tai jommankumman erillishankinnan toteuttamismahdollisuuksia ja vaihtoehtoja.

Lisäksi koottiin tietoa potentiaalisten hakkuukohteiden olosuhteista.

## 3 TOTEUTUS

### 3.1 Tutkitut menetelmät

Ensimmäisessä vaiheessa kokeiltiin syksyllä 2001 joukkohakkuuta kolmessa ensiharvennusemännikössä Ruokolahdella. Tutkittava menetelmä oli joukkohakkuu aines- ja energiapuuksi. Selvitettävät asiat olivat aines- ja energiapuun raaka-ainekertymät sekä hakkuukoneen mittaustarkkuus. Kokeilussa hakkuukoneen kuljettaja valitsi hakattavat puut. Puista, joista saatiin ainespuumitat täyttäviä pölkkyjä, ainespuupölkkyt otettiin omaan kasaan ja latvat tehtiin karsituksi energiarangaksi omaan kasaan. Muut poistettavat puut hakattiin karsituksi energiapuuksi.

Tulosten valmistuttua tehtiin tammikuussa 2002 toinen kokeilu Imatran ympäristössä ensiharvennusemännikössä ja -sekametsässä. Selvitettävä asia tässä kokeilussa oli joukkohakkuun ajanmenekki verrattuna yksinpuinhakkuuseen. Kohteilta hakattiin kaikki puu energiakäyttöön.

### 3.2 Aineistot

Ruokolahden joukkohakkuukokeilussa selvitettiin aines- ja energiapuukertymät sekä hakkuukonemittauksen tarkkuus. Kohteilta hakattujen puiden rinnankorkeusläpimitat olivat:

	Ainespuu, cm	Energiapu, cm
- kohde 1	10,5	6,5
- kohde 2	11,9	6,5
- kohde 3	13,0	7,6



Joukkohakkuukokeilu, Ruokolahti, syksy 2001. Pienipuustoisin kohde ennen ja jälkeen hakkuun.



Joukkohakkuukokeilu, Ruokolahti, syksy 2001. Puustoltaan keskikokoinen kohde ennen ja jälkeen hakkuun.



Joukkohakkuukokeilu, Ruokolahti, syksy 2001. Puustoltaan järein kohde ennen ja jälkeen hakkuun.





Joukkohakkuukokeilu, Imatra, talvi 2002. Ensiharvennusmännikkö ennen ja jälkeen hakkuun.



Joukkohakkuukokeilu, Imatra, talvi 2002. Sekametsikkö ennen ja jälkeen hakkuun.

Kolmelta kohteelta hakattiin yhteensä 475 puuta. Hakkuun jälkeen otettiin hakkuukoneelta tulostus sen mittaamista puista ja taakoista. Samat puut tarkastusmitattiin pätkittäin ja tuloksia verrattiin pölkyittäin hakkuukonemittaan.

Imatran kokeilussa selvitettiin joukko- ja yksinpuinhakkuun ajanmenekierot. Kohteina oli kaksi erilaista ensiharvennusmetsikköä. Toinen oli hyvin tiheä männikkö, toinen kuusta, mäntyä ja lehtipuuta sisältävä raivaamon kohde. Kummastakin leimikosta pyrittiin valitsemaan eri hakkuumenetelmille mahdollisimman samankaltainen kohde, mikä ei männikkökohteessa kuitenkaan onnistunut. Puuston tiheydet ja keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat olivat:

	Puita, kpl/ha	Läpimitta, d <sub>1,3</sub> , cm
Männikkö, yksinpuin	9 870	7,1
Männikkö, joukkohakkuu	4 140	8,5
Sekametsä, yksinpuin	2 360	9,2
Sekametsä, joukkohakkuu	3 640	9,1

Kaikille kohteille jäi hakkuun jälkeen noin 1 000 runkoa hehtaarille.

## 4 TULOKSET

### 4.1 Aines- ja energiapuun määrät

Mikäli joukkohakkuumenetelmässä ei oteta latvaosista energiapuuta, tulee helposti mukaan minimimitat täyttämättömiä pölkyjä. Kokeilussa hakattu ainespuu oli minimimittavaatimukset täyttävää. Sekä aines- että energiapuut olivat hyvin karsiutuneita.

Menetelmässä energiapuun talteenotto lisäsi puumääriä ja taakkoja seuraavasti:

	Puumäärä, % (m <sup>3</sup> )	Taakat, % (kpl)
- kohde 1	33	50
- kohde 2	27	52
- kohde 3	23	18

Energiapuutaakoissa puut olivat pienempiä, mutta niitä oli useampia kuin ainespuutaakoissa. Energiapuutaakoissa puita oli 19 – 54 % enemmän kuin ainespuutaakoissa eli seuraavasti:

	Puita ainespuutaakassa, kpl	Puita energiapuutaakassa, kpl
- kohde 1	1,6	2,5
- kohde 2	2,4	3,3
- kohde 3	2,2	2,7

Ainespuutaakkojen keskikoot olivat selvästi energiapuutaakkoja suuremmat. Keskimääräiset taakat olivat eri kohteissa:

	Ainespuutaakka (dm <sup>3</sup> )	Energiapuutaakka (dm <sup>3</sup> )
- kohde 1	23,7	8,6
- kohde 2	33,0	7,4
- kohde 3	39,7	10,7

*Tuloksista voidaan todeta, että käytetyllä joukkohakkuumenetelmällä on työteknisesti mahdollista kerätä samalla energiapuuta talteen. Talteen saatava energiapuuta lisäsi kokonaiskertymää 23 – 33 %. Kun ensiharvennuksissa talteen otettava energiapuuta karsitaan, jäävät ravinteiden kannalta tärkeät neulas ja pienokset maastoon. Hakkuukoneen kuljettaja piti käytettyä menetelmää kuljettajan kannalta mielekkäänä.*

## 4.2 Mittaustarkkuus

Hakkuukoneen mittaaminen on suunniteltu antamaan oikea tulos, kun puut karsitaan yksitellen. Joukkohakkuussa kahden tai useamman puun nipusta mitattu läpimitta antaa suuremman tilavuuden kuin kyseisten puiden läpimitoista lasketut tilavuudet. Tämä johtuu siitä, että läpimitan yliarvio vaikuttaa tilavuuteen erittäin voimakkaasti. Pituuden hakkuukone mittaa joukkokäsittelyssä taakan pisimmän puun mukaan. Ainespuutaakoissa ei yleensä ole eroa pölkkyjen pituuksissa. Sen sijaan energiapuutaakat ja energiapuiksi tarkoitettut latvapölkkyt ovat usein vaihtelevan mittaisia. Pituuden mittauserheen vaikutus mittaustuloksen oikeellisuuteen on selvästi pienempi kuin läpimitan.

Hakkuukoneen ja tarkastusmittauksen (= jatkossa todellinen) tilavuudet poikkesivat toisistaan. Lähes kaikissa joukkotaakoissa oli hakkuukoneen mittaama tilavuus todellista suurempi. Hakkuukoneen mittalaite oli kalibroitu vähän ennen kokeilua, joten sen luotettavuus yksinpuunkäsittelyssä piti olla hyvä. Tilavuuseroja syntyi kuitenkin myös yksittäisillä puilla. Tosin hakkuukoneen kalibroinnissa pääpaino ei ole yleensä pienissä puissa ja lisäksi osa latvakuidusta eli energiaisuus oli monesti alimitaisia pölkkyjä.

Hakkuukoneen mitaamat tilavuudet olivat keskimäärin todellisia tilavuuksia suurempia. Tilavuuserot (%) olivat keskimäärin:

Taakassa	1 puu	2 puuta	3 puuta	4 puuta
- kohde 1	19	58	50	54
- kohde 2	29	47	44	50
- kohde 3	12	44	68	..

Pölkyn koko ei usean puun taakoissa suuresti vaikuttanut eron suuruuteen. Pienillä pölkyillä ero oli kuitenkin hieman suurempi kuin järeämillä pölkyillä.

Pituuksien erot olivat selvästi tilavuuksia pienempiä. Hakkuukoneen mitaama pituus oli lähes kaikissa tapauksissa pitempi kuin pölkyittäin mitaamalla saatu tulos. Erot olivat eri kohteissa keskimäärin 0,4 – 8,9 prosenttia. Mittoina (cm) erot olivat:

Taakassa	1 puu	2 puuta	3 puuta	4 puuta
- kohde 1	3,8	11,1	4,9	2,0
- kohde 2	20,8	11,1	11,8	14,2
- kohde 3	3,9	10,8	29,8	-0,3

*Mittaustulokset osoittivat, että hakkuukoneen mittalaitteen mittatarkkuus joukkohakkuumenetelmässä on huono. Mittaukseen tulisi kehittää jokin muu yksinkertainen menetelmä, joka ei katkaisisi korjuuketjua.*

### 4.3 Joukkohakkuun ajanmenekki ja tuottavuus

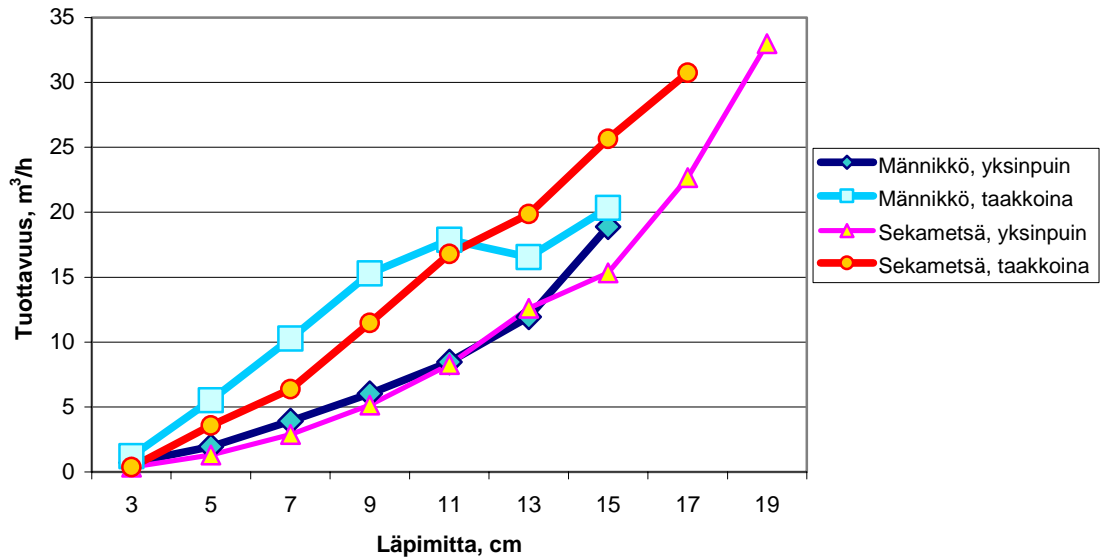
Tuottavuusselvityksessä kaikki puut tehtiin karsituksi energiapuuksi. Tällöin minimiläpimitta määräytyi lähinnä hakkuukoneen järkevän käytön perusteella. Hakattujen pölkyjen minimiläpimitoissa ei menetelmittain eikä kohteittain ollut suuria eroja. Yksinpuin hakattaessa minimiläpimitat olivat kohteittain keskimäärin 4,2 – 4,4 cm ja joukkohakkuussa vastaavasti 3,7 – 4,5 cm.

Puutavaran hakkuun taakkakohtaiset ajanmenekit olivat yksinpuin hakkuussa pienemmät kuin joukkohakkuussa. Joukkohakkuu oli kuitenkin nopeampaa hakattua tilavuusyksikköä kohti tarkasteltuna. Kun yksinpuin hakkuun ajanmenekille annettiin arvo 100, oli joukkohakkuun ajanmenekki männikössä 71 ja sekametsikössä 72.

Joukkohakkuussa puukohtainen ajanmenekki pieneni puiden lukumäärän kasvaessa. Tämä aiheutui pääosin tekovaiheen (karsinta ja kasaus) ajanmenekin pienentymisestä. Kaatovaiheen puukohtaiseen aikaan puiden lukumäärä ei suuresti vaikuttanut.

Tuottavuudet olivat joukkohakkuumenetelmässä selvästi paremmat kuin yksinpuinhakkuussa. Erot olivat suurimmillaan 7 – 11 cm:n läpimittaluokissa. Tätä suuremmilla puilla taakat käsittivät yleensä korkeintaan kaksi puuta, joten ero yksinpuinhakkuuseen pieneni puiden koon kasvaessa (kuva 1).

**Tuottavuusvertailu, energiapuun joukkohakkuututkimus.  
Imatra, talvi 2002**



**Kuva 1.** Tuottavuusvertailu - yksinpuin ja joukkohakkuu

*Kokeilu osoitti joukkohakkuun soveltuvan teknisesti hyvin energiapuun hakkuuseen. Menetelmällä saavutettiin myös ajanmenekistä, eli työ tuli tehdyksi halvemmalla. Samalla työn luonne muuttui mielekkääksi kuljettajalle.*

*Kun hoitamattomalta kohteelta kerätään energiapuu käytetyllä menetelmällä, se korvaa raivauksen ja samalla siirtää seuraavaa käsittelykertaa myöhemmäksi. Ensimmäisessä ainespuuhakkuussa on käytettävissä valmis ajouraverkosto ja poistettavat puut ovat järeämpiä kuin ensimmäisessä ainespuuharvennuksessa on totuttu. Käytetyssä menetelmässä hakkuutahteet jäävät pääosin hakkuualueelle.*

#### **4.4 Kertymät ja korjuuolosuhteet tyypillisillä ensiharvennuskohdeilla**

Metsäntutkimuslaitoksen raportissa "Ensiharvennusten korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet" (Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 837, 2002) on esitetty mm. koealamittauksiin ja aluesuunnitelmatietoihin tukeutuvia tuloksia tyypillisistä korjuuolosuhteista ja kertymistä. Seuraavassa esitetään tiiviisti kyseisen raportin keskeisimpiä tuloksia. Alkuperäisessä raportissa tulokset on esitetty metsäkeskusalueittain (Etelä- ja/tai Pohjois-Pohjanmaa, Keski-Suomi, Häme-Uusimaa) sekä erikseen turve- ja kivennäismaille. Tässä raportissa keskitytään Pohjanmaan turvemaihin ja Keski-Suomen kivennäismaihin.

Koealamittauksia tehtiin yli 60:llä kiireellisesti korjattavaksi tarjotulla, männyvaltaisella (>70 %) ensiharvennuskohteella. Mallileimauksena oli voimakas laatuharvennus, jossa poistettiin myös suuria heikompilaatuisia puita.

*Koealamittauksiin* perustuvat puustotiedot tyypillisillä hakattavaksi tarjottavilla ensiharvennuskohteilla:

	Kivennäismaa (MT, Keski-Suomi)		Turvemaa (VT, Pohjanmaa)	
	5	7	5	7
<b>Ainesp. minimilpm, cm</b>	5	7	5	7
Ainespuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	75	64	64	52
Poistuma, r/ha	1 450	975	1 339	907
Keskijäreys, dm <sup>3</sup> /runko	52	66	47	57
Alikasvos (>1,3 m), r/ha	2 650	3 125	1 864	2 296

Mainittakoon, että edellä esitetyt koealamittauksiin perustuvat ainespuukertymät olivat jopa yli kaksi kertaa suurempia kuin vastaavien alueiden alue-suunnitelmatietojen perusteella määritetyt kertymät. Eroa selitetään muun muassa sillä, että hakattaviksi tarjotaan keskimääräistä parempia leimikoita.

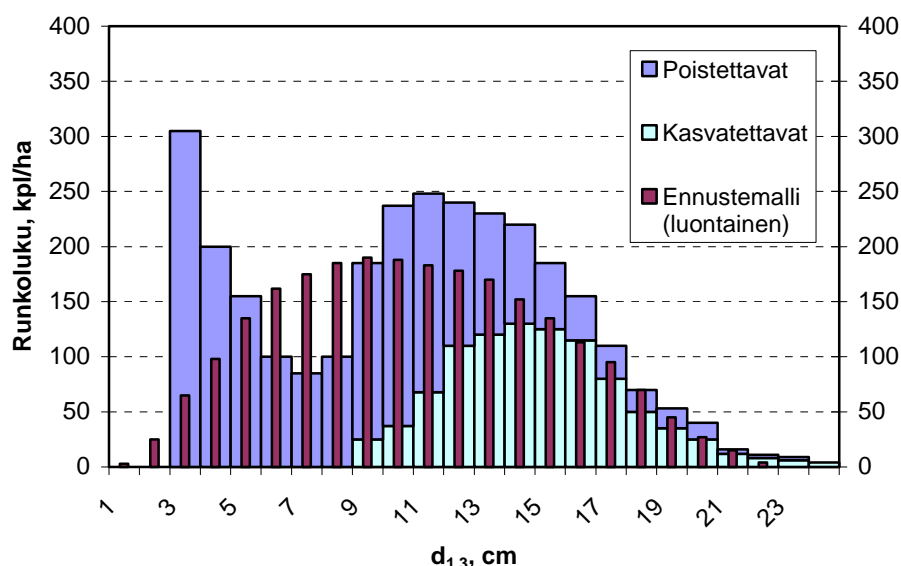
Nuoren metsän rahoitustuen ehdot täytti 41 prosenttia 66 mitatusta leimikosta. Näissä kohteissa poistumaa kuvaavat seuraavat keskimääräiset tunnusluvut:

	Rahoitustuen ehdot täyttävät kohteet		
	0	5	7
<b>Ainesp. minimilpm, cm</b>	0	5	7
Ainespuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	92	81	69
Poistuma, r/ha	2 430	1 552	1 167
Keskijäreys, dm <sup>3</sup> /runko	38	52	59

Voimakkaimmin kohteita rajasi pois tuen piiristä valtapituusrajavaatimus (= havupuustossa 10 - 14 m hoitotyön jälkeen). Jos korjattava puu käytetään kokonaan energiapuuksi, valtapituusrajavaatimusta ei sovelleta tukea harkittaessa ja tukiehdot täyttävien leimikoiden osuus kasvaa tutkitussa leimikkjoukossa 71 prosenttiin.

Jos päädytään puhtaaseen energiapuun korjuuseen tai yhdistettyyn ainespuun ja energiapuun korjuuseen, korjuukertymää kasvattaa sekä ainespuukokoisten runkojen latvaosat että alimittaiset rungot. Kun näistä hyödynnetään ainoastaan runkopuu, edellisissä taulukoissa esitetyt tavanomaiset hehtaarikertymät (vrt. minimiläpimitta = 7 cm) kasvavat keskimäärin yli 20 m<sup>3</sup>. Jos runkopuun lisäksi otetaan talteen myös oksat, kertymä kasvaa edelleen yli 10 m<sup>3</sup>. Laskennallinen kokonaiskertymä (kaikki runkopuu + oksat) nouseekin energiapuun korjuussa jopa yli 100 m<sup>3</sup>:iin. Käytännössä osa oksajakeesta ja pienimmistä rungon osista jää metsään.

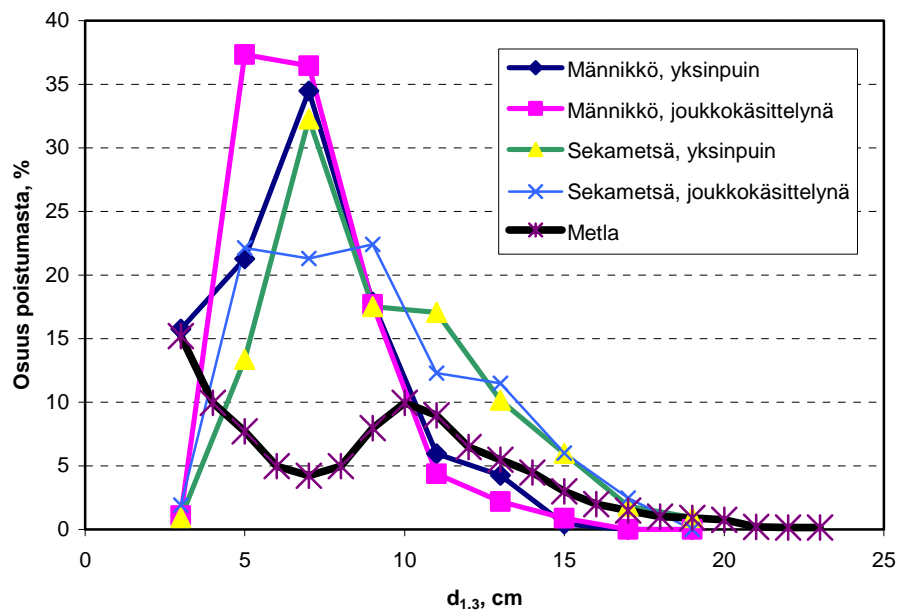
Ongelmallisista ja samalla joukkohakkuun näkökulmasta kiinnostavin leimikkotyyppi on taimikonhoidotta jäänyt kohde. Näiden kohteiden tuloksia ei ole raportoitu tiedonannossa erikseen. Kun hoidetut ja hoitamattomat kohteet on yhdistetty laskentavaiheessa, tuloksena saadut keskimääräiset runkolukusarjat eivät välttämättä esiinny sellaisenaan missään yksittäisessä leimikossa (kuva 2).



**Kuva 2.** 66 ensiharvennuskohteen keskimääräiset runkolukusarjat (poistettavat ja kasvatettavat rungot) sekä ennustemallilla määritetty, luontaisesti syntyneen puuston keskimääräinen runkolukusarja ennen hakkuuta.

Kun verrataan edellisen kuvan poistettavien puiden runkolukusarjaa tässä tutkimuksessa todettuihin jakaumiin, ero on selvä (kuva 3). Tämä osoittaa sen, että keskimääräiset runkolukusarjat eivät kuvaa kovin hyvin sitä, millaisia puustoja korjuutyössä käytännössä esiintyy, vaan tarjolla on kahta toisistaan selvästi poikkeavaa perustyyppiä – hoitamaton ja hoidettu.





**Kuva 3.** Poistetun puuston runkolukusarjat tässä tutkimuksessa. Vertailukohtana vastaava jakauma Metlan laajassa leimikko-aineistossa.

*Valtaosa hakattaviksi tarjotuista kohteista näyttäisi koealamittausten perusteella täyttävän tavanomaisen hakkuun korjuukelpoisuuskaiteerit. Leimikkoaineiston jatkoanalyysissä hoidetut ja hoitamattomat (taimikonhoito) kohteet tulisi pitää erillään, jotta saataisiin parempi käsitys tyypillisistä nuoren metsän harvennuskohdeista. Aluesuunnitelmätietojen käyttökelpoisuus tähän tarkoitukseen osoittautui jälleen kerran heikoksi.*

## 5 PÄÄTELMÄT

Tehty tutkimus osoitti, että joukkohakkuu on teknisesti mahdollinen menetelmä ensiharvennusten aines- ja energiapuun korjuussa. Joukkohakkuussa saavutetaan myös parempi tuottavuus, mikä alentaa hakkuukustannuksia. Liian korkeat hankintakustannukset pienillä puilla ovat monesti niiden hyödyntämisen esteenä. Käytetyllä joukkohakkuumenetelmällä korjattava aines- tai/ ja energiapuu saadaan talteen karsittuna, jolloin oksat jäävät ravinteiksi hakkuualueelle.

Joukkohakkuusta on tehty useita tutkimuksia. Tulokset ovat osoittaneet tuottavuuden parantuvan, kun käsitellään kerralla useampia kuin yhtä puuta. Menetelmän käytön kannattavuuden kannalta eivät tuottavuusmuutokset ole kuitenkaan tärkein tekijä, vaan hankinnan kokonaiskustannukset. Nämä muodostuvat kaikkien hankintaketjussa käytettävien koneiden tuottavuuksiensa ja tuntikustannusten kautta. Eri korjuumenetelmä- ja konevaihtoehtojen käytön kannattavuuden selvittäminen vaatii samanlaisissa olosuhteissa tehtäviä tuottavuustutkimuksia ja kustannuslaskelmia. Näitä on tarkoitus tehdä jatkohankkeessa.

Mittaustarkkuus saattaa aiheuttaa joukkohakkuussa ongelmia. Perinteisellä hakkuukonemittauksella ei päästä riittävän hyvään tarkkuuteen. Ennen laajempaa käyttöönottoa tulee joukkohakkuuseen sopia käytettävät työ- ja luovutusmittausmenetelmät.

Ainespuun laatuvaatimusten täyttymättömyys on eräs joukkohakkuun lisääntymistä hidastanut tekijä. Jos kaikki puut hakataan ainespuuksi, tulee joukkoon helposti läpimitaltaan alamittaisia pölkkyjä. Kun ainespuiden latvusosa hakataan energiapuuksi, voidaan alमितat melko hyvin välttää. Näin ei tarvita erillisiä pienpuuasemia kuorintaan ja haketukseen eli menetelmä on käyttökelpoinen lähes kaikkialla.

Metsäntutkimuslaitoksen tutkimuksen mukaan on selvästi useampiin ensiharvennuskohteisiin mahdollista saada nuoren metsän rahoitustukea, mikäli niiltä hakattava puu käytetään pelkästään energian tuotantoon.

## **KIRJALLISUUS**

**Sirén, M.** (toim.) 2002. Ensiharvennusten korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet. Tekesin osarahoittaman tutkimushankkeen loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 837.