

# **Koneellisen harvennushakkuun tuottavuus**

**Juha Rajamäki**  
**Arto Kariniemi**  
**Teppo Oijala**

Metsätehon raportti 8  
9.12.1996

Osakkaiden yhteishanke

Asiasanat: harvennushakkuu, tuottavuus, hakkuukone

Helsinki 1996

	<b>TIIVISTELMÄ</b> .....	3
4	<b>1 TAUSTAA JA TAVOITE</b> .....	
	<b>2 TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO</b> .....	4
	2.1 Tutkimusmenetelmä .....	4
5	2.2 Tutkimuskoneet .....	
	2.3 Aineisto .....	
6	2.4 Tutkimuksen aikakäsitteet .....	7
	<b>3 TULOKSET TUOTTAVUUDESTA</b> .....	7
	3.1 Ajanmenekin rakenne .....	7
	3.2 Hakkuun tehoajanmenekki ja tehotuntituottavuus hakkuukoneiden kokoluokittain .....	9
	3.3 Tiheyden vaikutus tuottavuuteen .....	12
	3.4 Keskeytykset .....	
13	3.5 Alikasvoksen raivaus .....	15
	3.6 Hakkuun käyttötuntituottavuus .....	
17	<b>4 TULOKSET KORJUJÄLJESTÄ</b> .....	
18	<b>5 PÄÄTELMÄT JA VERTAILU EDELLISEEN TUTKIMUKSEEN</b> .....	
18		

## TIIVISTELMÄ

Metsäteho toteutti vuosien 1995 ja 1996 aikana koneellisen harvennushakkuun tuottavuustutkimuksen. Projektin tavoitteena oli selvittää harvennushakkuun tuottavuus eri kokoisilla hakkuukoneilla. Lisäksi selvitettiin harvennushakkuun tuottavuutta päätehakkuun tuottavuuteen verrattuna. Tutkimuksessa olivat mukana yleisimmät harvennushakkuihin soveltuvat hakkuukoneet. Hakkuukoneet luokiteltiin koon mukaan isoihin yleiskoneisiin, yleiskoneisiin ja harvennuskoneisiin.

Hakkuun ajankäyttöä tutkittiin työnvaiheittain kelloaikatutkimuksella. Koneilta kerättiin aineistoa kesä- ja talviolosuhteissa tyypillisissä harvennushakkuukohteissa sekä vertailuaineistoa päätehakkuulta. Tutkimusleimikoita oli yhteensä 89 kappaletta, joista harvennusleimikoita oli 69.

Harvennushakkuun tuottavuus oli yhtä hyvä eri kokoisilla hakkuukoneilla pienirunkoisissa leimikoissa. Tärkein tuottavuuteen vaikuttanut tekijä oli koneen kuljettaja. Tehokkaimpien kuljettajien tuottavuus hitaimpiin verrattuna oli kaksinkertainen samoissa olosuhteissa vastaavilla konetyypeillä. Ensiharvennuksen ja muun harvennuksen ajanmenekin ero selittyi rungon koolla.

Harvennushakkuun tuottavuus oli parantunut Metsätehon edelliseen hakkuun tuottavuustutkimukseen vuosilta 1990 - 1992 verrattuna noin 5 prosenttiyksikköä. Tutkimuksen tuloksena syntyivät ajantasalla olevat puulajeittaiset tuottavuusfunktiot hakkuutavoittain.

# 1 TAUSTAA JA TAVOITE

Metsäteho toteutti laajan koneellisen hakkuun ja metsäkuljetuksen tuottavuustutkimuksen vuosina 1990 - 1992. Harvennushakkuiden aineisto jäi silloin suppeaksi erityisesti pienirunkoisissa leimikoissa, sillä ensiharvennukset tehtiin tuolloin vielä pääasiallisesti metsurihakkuuna. Metsätehossa tehtiin vuoden 1993 aikana esitutkimus, jossa selvitettiin tuottavuustutkimusten tarvetta yrityskohtaisesti. Puunkorjuun alueelta kiireellisimmin toteutettavaksi tutkimusaiheeksi katsottiin puutavaran koneellisen hakkuun tuottavuus harvennushakkuissa.

Konehakkuumaksut olivat yhteensä lähes 800 miljoonaa markkaa vuonna 1995. Metsäteollisuuden ja Metsähallituksen päätehakkuista hakattiin koneellisesti noin 90 % ja harvennushakkuista yli 60 %. Tulevaisuudessa harvennushakkuun merkitys teollisuuden puuhuollossa korostuu.

Koneellisen harvennushakkuun tuottavuustutkimus käynnistettiin vuoden 1995 keväällä. Projektille asetettiin seuraavat tavoitteet.

- Selvittää koneellisen harvennushakkuun tuottavuus yleisimmillä hakkuukoneilla
- Selvittää harvennuskoneiden tuottavuus yleiskoneiden tuottavuuteen verrattuna
- Selvittää harvennushakkuun tuottavuus päätehakkuun tuottavuuteen verrattuna.

Projektin johtoryhmän muodostivat Raimo Aholainen (Tehdaspuu Oy), Seppo Korteniemi (Veitsiluoto Oy), Veli-Mikko Penttinen (Enso-Gutzeit Oy), Yrjö Perälä (Osuuskunta Metsäliitto) ja Jyri Schildt (Yhtyneet Paperitehtaat Oy).

## 2 TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

### 2.1 Tutkimusmenetelmä

Koneellisen harvennushakkuun ajankäyttöä tutkittiin työvaiheittain kelloikatutkimuksella. Työvaiheet olivat seuraavat: siirtyminen, hakkuulaitteen vienti puulle ja kaatosahaus, puun kaato, karsinta ja katkonta sekä keskeytykset. Keskeytykset jaettiin koneesta, kuljettajasta, organisaatiosta ja tutkimuksesta johtuviin. Kelloikatutkimus tehtiin Husky Hunter-tiedonkeruulaitteella. Aineiston keräsi Metsätehon työntutkija urakanantajan työntekijän avustuksella. Hakkuukoneilta kerättiin aineistoa kesä- ja talviolosuhteissa tyypillisissä harvennushakkuukohteissa sekä vertailuaineistoa päätehakkuusta.

Tutkimuksessa tarkasteltiin pääasiassa 20 metrin ajouraväliin perustuvaa harvennushakkuun menetelmää. Lisäksi 30 metrin uraväliin perustuvasta hakkuumenetelmästä kerättiin aineistoa. 20 metrin uraväliä käyttäen työskenteli 10 hakkuukonetta ja 30 metrin uraväliä käyttäen kaksi hakkuukonetta, joista toinen oli yleis- ja toinen harvennuskone. 30 metrin uraväliä käyttäviä koneita oli niin vähän, että eri menetelmien tuottavuutta ja korjuujälkeä ei voi luotettavasti verrata keskenään.

Työntutkija mittasi jokaiselta harvennusleimikolta korjuujälkeä. Tutkimukseen mukaanotettujen työmaiden korjuujäljen täytyi olla hyväksyttävää tasoa. Korjuujäljen tuloksista julkaistaan erillinen Metsätehon raportti numero 12.

## 2.2 Tutkimuskoneet

Tutkimuksessa olivat mukana yleisimmät harvennuksiin soveltuvat hakkuukoneet. Peruskoneet ja hakkuulaitteet selviävät konekohtaisesti seuraavasta taulukosta. Taulukosta ilmenee myös hakkuukoneiden luokittelu isoihin yleiskoneisiin, yleiskoneisiin ja harvennuskoneisiin sekä niiden alueellinen sijainti. Harvennuskoneista Valmet 711:n valmistus on lopetettu.

TAULUKKO 1 Tutkimuksessa mukana olleet hakkuukoneet

Hakkuukoneet	Peruskone	Hakkuulaite	Alue
Isot yleiskoneet	Valmet 911	960	Itä-Suomi
	Timberjack 1270	746 B	Länsi-Suomi
	Ponsse HS 15	H 60	Itä-Suomi
Yleiskoneet	Valmet 901 4-p	942	Pohjois-Suomi
	Valmet 901 4-p	960	Länsi-Suomi
	Timberjack 870	746 B	Länsi-Suomi
	Ponsse HS 10	H 60	Itä-Suomi
	Logman 801	Keto 150	Itä-Suomi
	Logman 801	Keto 100	Länsi-Suomi
Harvennuskoneet	Nokka-Tume 6-p	Keto 51	Pohjois-Suomi
	Nokka-Tume 6-p	Keto100	Itä-Suomi
	Valmet 711	Keto 51	Länsi-Suomi

## 2.3 Aineisto

Tutkimuksessa kerättiin aikatutkimustietoa jokaiselta koneelta sekä sulan maan aikana että talvikaudella. Aineiston kuvaus esitetään tutkimuskausittain seuraavissa taulukoissa.

TAULUKKO 2a Tutkimuksen kesäkauden aineisto

Hakkuutapa	Tutkimusleimikoita, kpl	Hakattu puumäärä, m <sup>3</sup>	Runkoja, kpl	Keskijäreys, dm <sup>3</sup>
Ensiharvennus	16	462	5 515	84
Muu harvennus	20	1 193	6 776	176
Päätehakkuu	11	995	2 844	350

TAULUKKO 2b Tutkimuksen talvikauden aineisto

Hakkuutapa	Tutkimusleimikoita, kpl	Hakattu puumäärä, m <sup>3</sup>	Runkoja, kpl	Keskijäreys, dm <sup>3</sup>
Ensiharvennus	16	573	6 594	87
Muu harvennus	17	991	5 888	168
Päätehakkuu	9	806	2 297	351

TAULUKKO 2c Tutkimuksen koko aineisto

Hakkuutapa	Tutkimusleimikoita, kpl	Hakattu puumäärä, m <sup>3</sup>	Runkoja, kpl	Keskijäreys, dm <sup>3</sup>
Ensiharvennus	32	1 035	12 109	85
Muu harvennus	37	2 182	12 664	172
Päätehakkuu	20	1 801	5 141	350

Tutkimusleimikoita oli yhteensä 89, joista harvennusleimikoita oli 69. Harvennuksista 9 leimikkoa toteutettiin 30 metrin uraväliä käyttäen. Yhden yrittäjän kesäkauden harvennusleimikot poistettiin tuloksista, koska ne oli leimattu etukäteen. Harvennuskoneista molemmilta Nokka-koneilta kerättiin vertailuaineistoa myös päätehakkuusta. Sen sijaan Valmet 711-hakkuukoneen aineistoa kerättiin vain harvennushakkuusta.

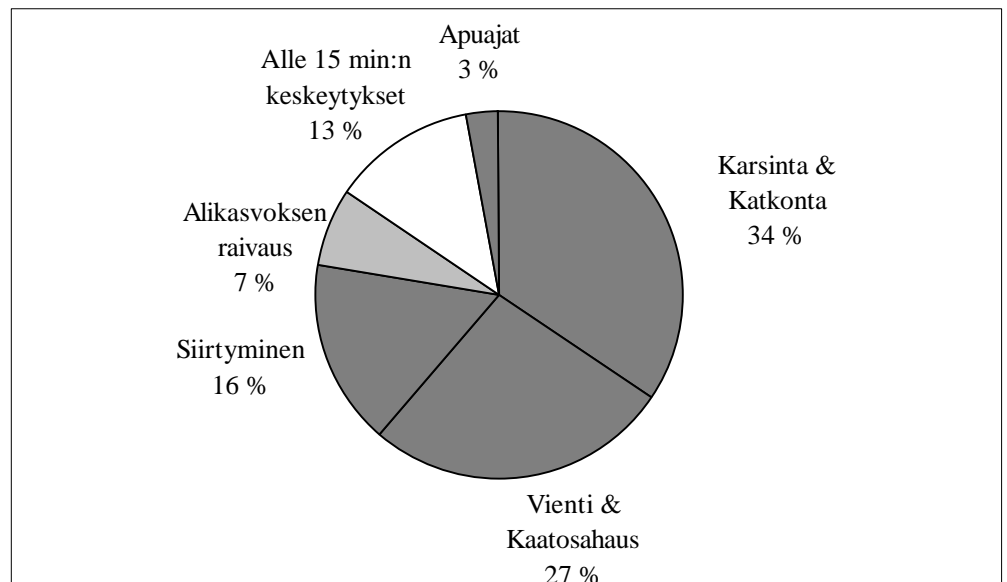
## 2.4 Tutkimuksen aikakäsitteet

Tutkimuksen aikakäsitteet perustuvat pohjoismaiseen metsätyöntutkimuksen aikastandardiin. Tutkimuksen tuottavuudet laskettiin sekä teho- että käyttöajanmenekkiä kohti. Tehoajanmenekillä tarkoitetaan ajanmenekkiä, josta on poistettu keskeytyksiin ja alikasvoksen raivaukseen kuluva aika. Siihen kuuluvat työpisteiden väliset siirtymiset ja puutavaran valmistamiseen kuluva aika. Normaalisissa hakkuutyössä käyttötuntituottavuus kuvaa paremmin koneiden tuottavuutta kuin tehotuntituottavuus. Tehoajan lisäksi käyttöaikaan kuuluvat alle 15 minuutin keskeytykset.

## 3 TULOKSET TUOTTAVUUDESTA

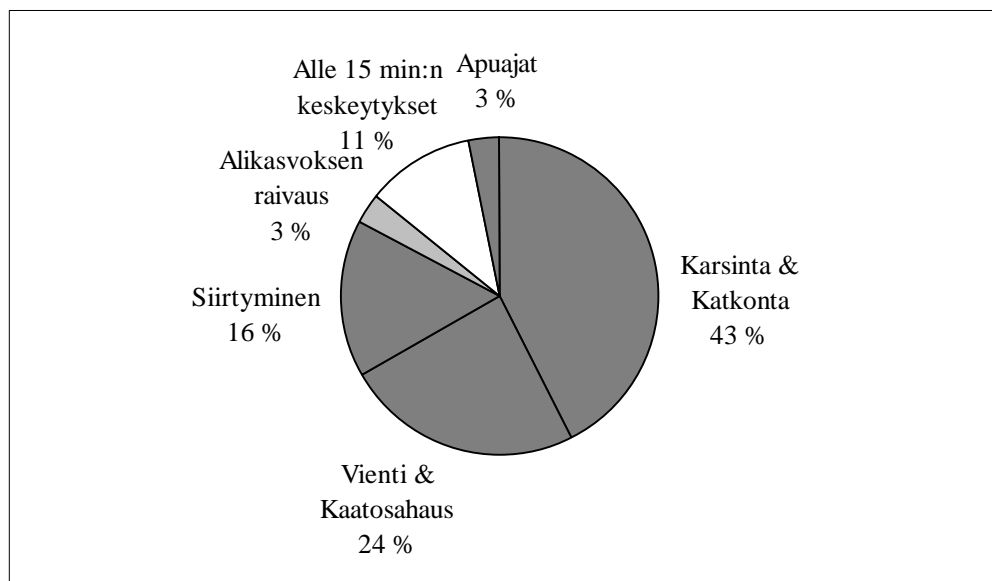
### 3.1 Ajanmenekin rakenne

Tutkimuskoneiden ajanmenekin rakenne esitetään seuraavissa kuvissa hakkuutavoittain. Siirtymiseen kuuluivat hakkuukoneen ajot työmaalla työpisteiden välillä. Apuaikoihin luettiin esimerkiksi hakkuutähteiden sijoittelu ajouralle ja kasojen erillinen järjestely. Lisäksi sekä alle että vähintään 15 minuutin mittaiset keskeytykset luokiteltiin erikseen.



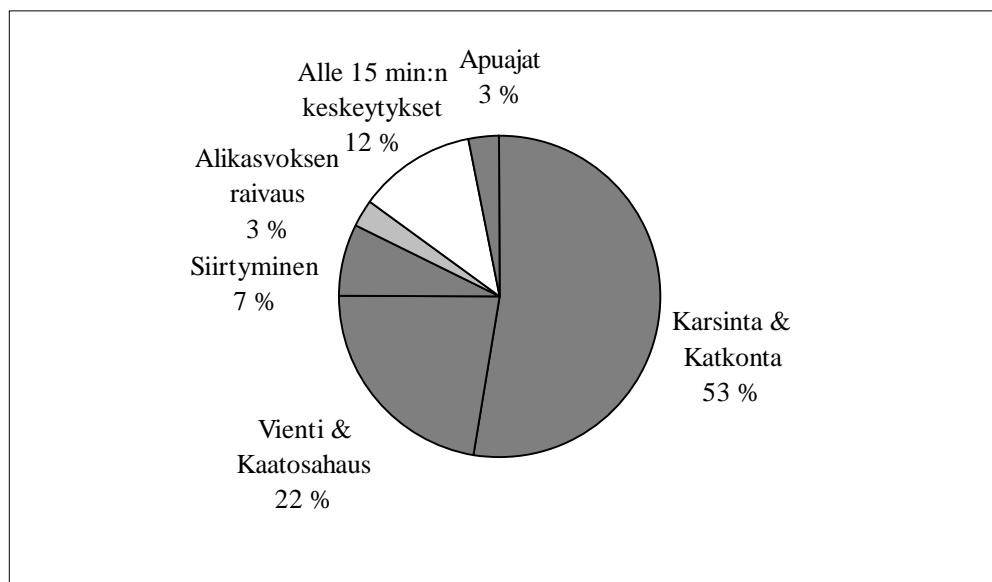
**Kuva 1.** Ensiharvennuksen käyttöajanmenekin rakenne

Ensiharvennuksessa karsintaan ja katkontaan kului noin kolmannes koko käyttöajasta. Hakkuulaitteen vienti rungolle ja kaatosahaus veivät hieman vähemmän aikaa. Alikasvoksen raivauksen osuus käyttöajasta oli peräti 7 %.



**Kuva 2.** Muun harvennuksen käyttöajanmenekin rakenne

Myöhemmässä harvennuksessa karsinnan ja katkonnan osuus ajankäytöstä kasvoi noin 10 prosenttiyksikköä verrattuna ensiharvennukseseen, mikä johtui pääasiassa puiden koon kasvusta. Siirtymisen sekä viennin ja kaatosahauksen osuus ajanmenekistä oli lähes yhtä suuri kuin ensiharvennuksessa. Alikasvoksen raivauksen osuus ajanmenekistä oli noin 3 %.



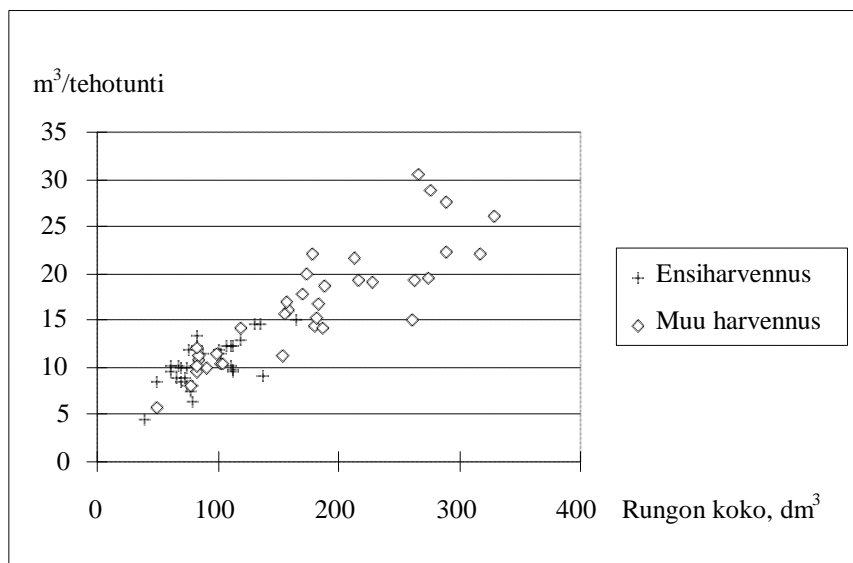
**Kuva 3.** Päätehakuun käyttöajanmenekin rakenne

Päätehakuussa karsinnan ja katkonnan osuus ajanmenekistä oli yli puolet. Viennin ja kaatosahauksen osuus oli viidesosa kokonaisajanmenekistä. Siirtymisten osuus ajanmenekistä oli päätehakuussa puolta pienempi kuin harvennushakuussa. Alikasvoksen raivauksen osuus päätehakuussa oli samaa suuruusluokkaa kuin myöhemmässä harvennuksessa.



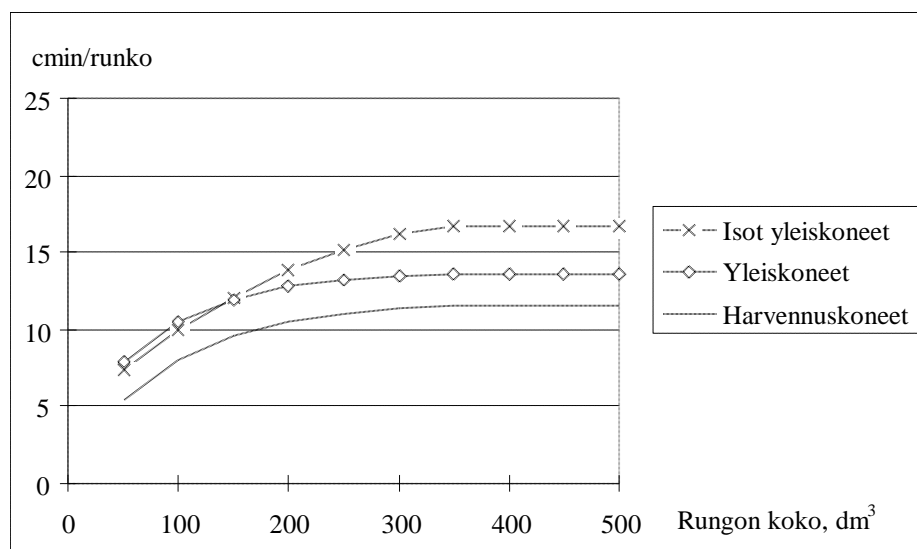
### 3.2 Hakkuun tehoajanmenekki ja tehotuntuottavuus hakkuukoneiden kokoluokittain

Hakkuun tehotuntuottavuudessa on mukana puutavaran valmistus (myös apuajat) ilman keskeytyksiä ja alikasvoksen raivausta. Ensiharvennuksen ja muun harvennuksen tuottavuuserot johtuivat pääosin rungon koosta ja alikasvoksen raivauksesta. Tämä ilmenee kuvasta 4, jossa on esitetty kaikkien harvennusleimikoiden tehotuntuottavuudet rungon koon mukaan. Tämän vuoksi harvennushakkuun tuottavuus esitetään tuonnempana yhtenä käyränä.



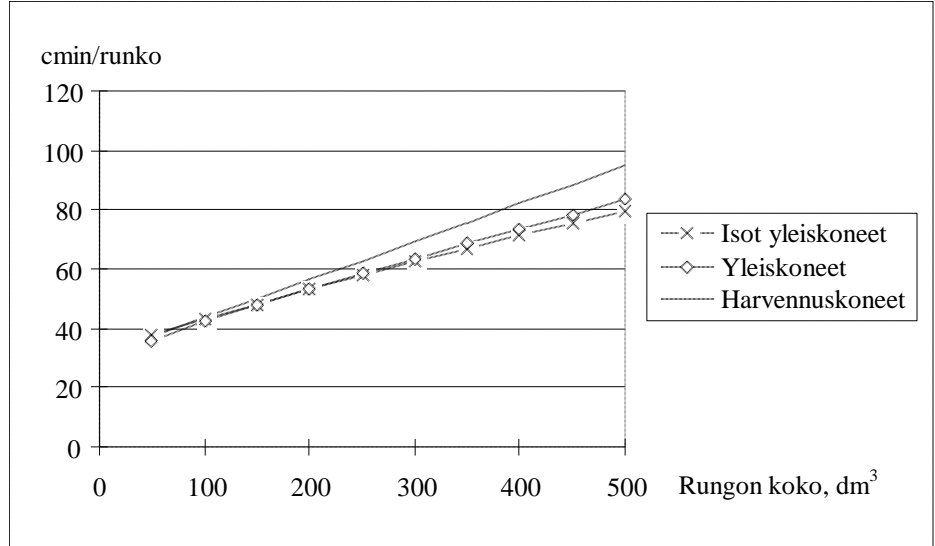
**Kuva 4.** Harvennusleimikoiden tehotuntuottavuudet rungon koon mukaan

Hakkuun tehoajanmenekki laskettiin yhdistämällä runkojen käsittelyaika ja siirtymisaika hakkuutavoittain. Leimikoiden tiheys laskettiin edellisen tuottavuustutkimuksen perusteella laadittujen funktioiden avulla.



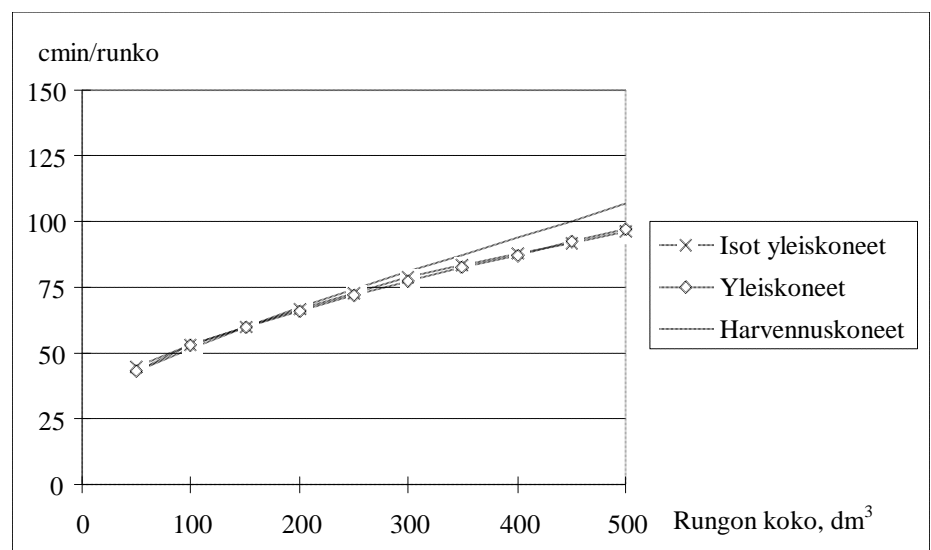
**Kuva 5.** Harvennushakkuun runkokohtainen siirtymisaajanmenekki rungon koon mukaan koneryhmittäin

Harvennushakkuussa siirtymisten osuus oli keskimäärin 20 % puutavaran valmistuksen tehoajasta. Harvennuskoneiden siirtyminen oli yleiskoneita selvästi nopeampaa. Isojen yleiskoneiden siirtyminen työpisteeltä toiselle oli hitainta.



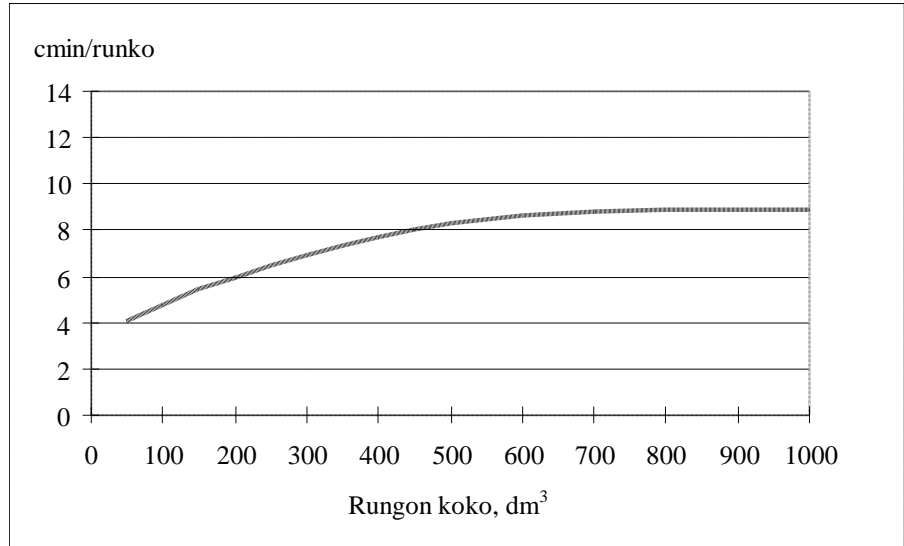
**Kuva 6.** Harvennushakkuun käsittelyajanmenekki rungon koon mukaan koneryhmittäin

Harvennushakkuun käsittelyajanmenekin osuus koko tehoajasta oli noin 80 %. Kaikki konetyypit olivat yhtä tehokkaita runkojen ollessa pieniä. Puiden järeytyessä harvennuskoneiden ajanmenekki nousi yleiskoneita ja isoja yleiskoneita suuremmaksi.



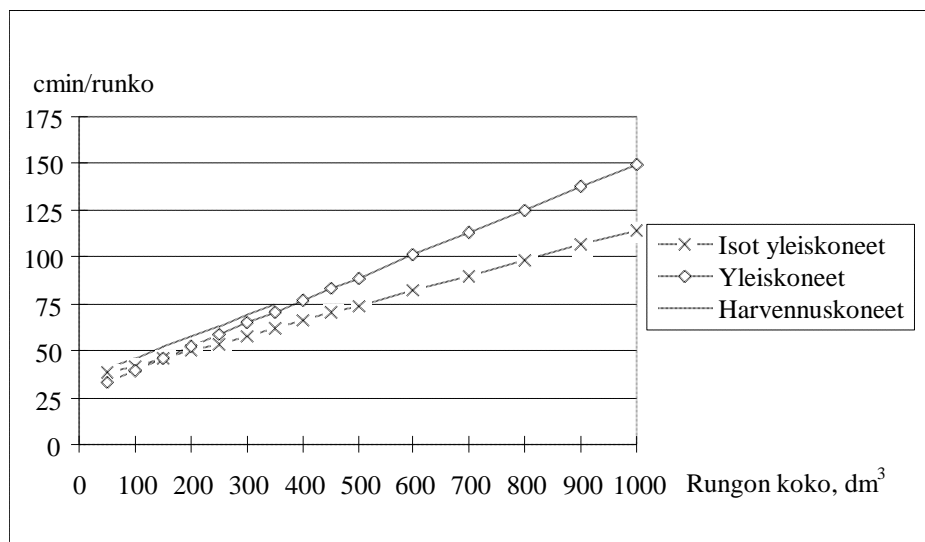
**Kuva 7.** Harvennushakkuun tehoajanmenekki rungon koon mukaan koneryhmittäin

Harvennushakkuun tehoajanmenekissä eri kokoiset hakkuukoneet olivat yhtä tehokkaita pienillä rungoilla. Kun rungon järeys nousi yli 250 dm<sup>3</sup>:n, harvennuskoneiden ajanmenekki nousi muita koneita suuremmaksi. Yleiskoneiden ja isojen yleiskoneiden tehoajanmenekit eivät eronneet toisistaan.

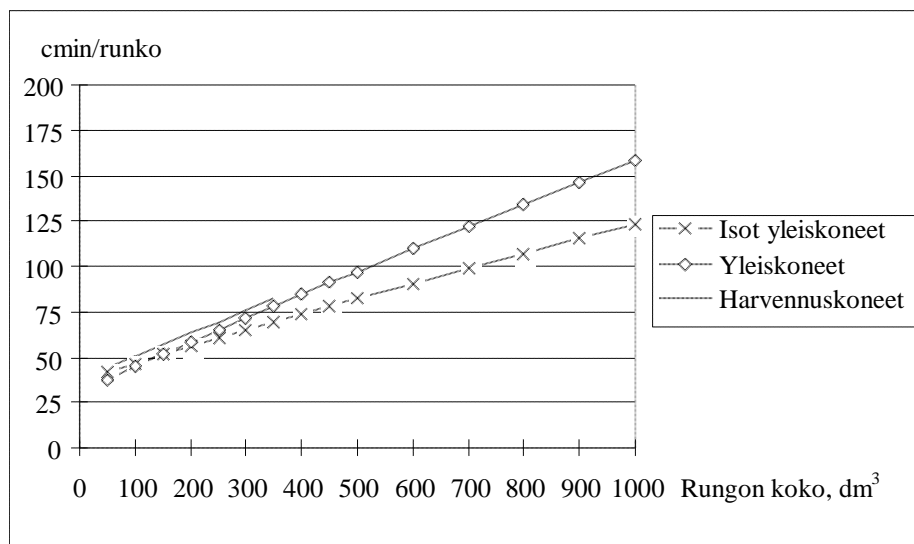


**Kuva 8.** Päätehakkuun runkokohtainen siirtymisajanmenekki rungon koon mukaan yleiskoneilla

Päätehakkuun leimikoita oli tutkimuksessa liian vähän, jotta olisi voitu laskea päätehakkuun siirtymisajanmenekkiä kuvaavat funktiot koneryhmittäin. Siirtymisen osuus tehoajanmenekistä päätehakkuussa oli vain noin 10 %.



**Kuva 9.** Päätehakkuun käsittelyajanmenekki rungon koon mukaan koneryhmittäin

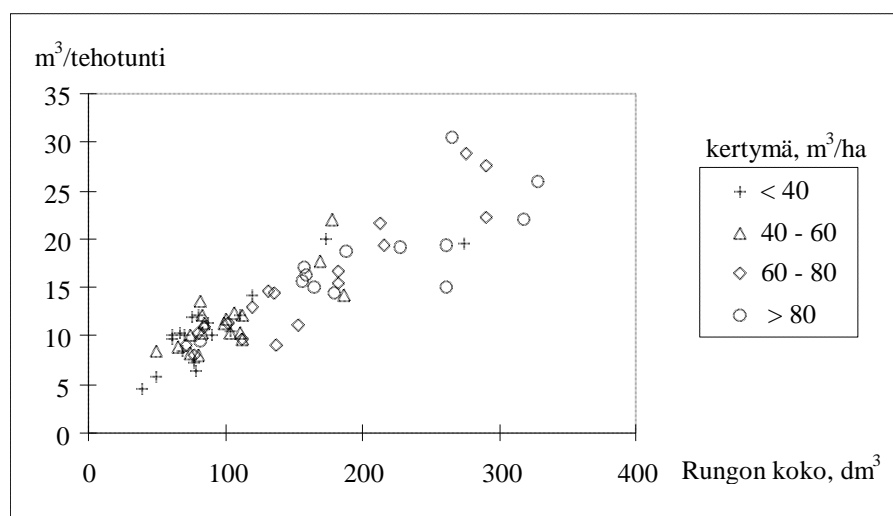


**Kuva 10.** Päätehakuun tehoajanmenekki rungon koon mukaan koneryhmittäin

Käsittelyajanmenekin osuus tehoajanmenekistä oli 90 %, minkä vuoksi käsittelyajanmenekki vaikutti ratkaisevasti tehoajanmenekkiin. Päätehakuissa isojen yleiskoneiden ajanmenekki oli erityisesti järeillä rungoilla yleiskoneita huomattavasti pienempi. Harvennuskoneiden tehoajanmenekki oli yleiskoneita hieman suurempi pienirunkoisissa päätehakuissa. Harvennuskoneiden päätehakuun aineistona oli vain kolme leimikkoa.

### 3.3 Tiheyden vaikutus tuottavuuteen

Poistuman määrä ei vaikuttanut merkittävästi hakkuun tuottavuuteen. Seuraavissa kuvissa on esitetty hakkuutavoittain leimikkokohtainen tehotuntituottavuus tiheysluokittain rungon koon mukaan.



**Kuva 11.** Harvennushakuun leimikkokohtainen tehotuntituottavuus tiheysluokittain rungon koon mukaan esitettynä

Harvennushakkuun kertymä jaettiin neljään eri tiheysluokkaan. Tiheydellä ei ollut oleellista vaikutusta hakkuun tuottavuuteen, vaan keskeisin tuottavuuteen vaikuttava tekijä oli rungon koko.

### 3.4 Keskeytykset

Tehoaika ei sisällä työn keskeytyksiä. Sen sijaan käyttöaikaan sisältyivät alle 15 minuutin keskeytykset. Seuraavissa taulukoissa esitetään keskeytysten osuus hakkuun käyttöajasta hakkuutavoittain ja kokoluokittain. Tähän käyttöaikaan ei sisälly alikasvoksen raivaukseen kulunutta aikaa.

TAULUKKO 3 Alle 15 minuutin keskeytysten osuus harvennushakkuun käyttöajasta koneryhmittäin

Koneryhmä	Kesä	Talvi	Yhteensä
Isot yleiskoneet	13,8	12,6	13,2
Yleiskoneet	10,6	8,2	9,5
Harvennuskoneet	16,3	16,6	16,5
<b>Yhteensä</b>	<b>12,5</b>	<b>11,2</b>	<b>11,9</b>

Harvennushakkuissa keskeytysten osuus vaihteli huomattavasti eri kone-luokissa. Selvästi vähiten keskeytyksiä oli yleiskoneilla keskiarvon jäädessä alle 10 %:n. Harvennuskoneilla oli eniten keskeytyksiä sekä kesä- että talvi-kausilla. Harvennushakkuissa keskeytyksiä oli vähemmän kuin päätehakkuussa.

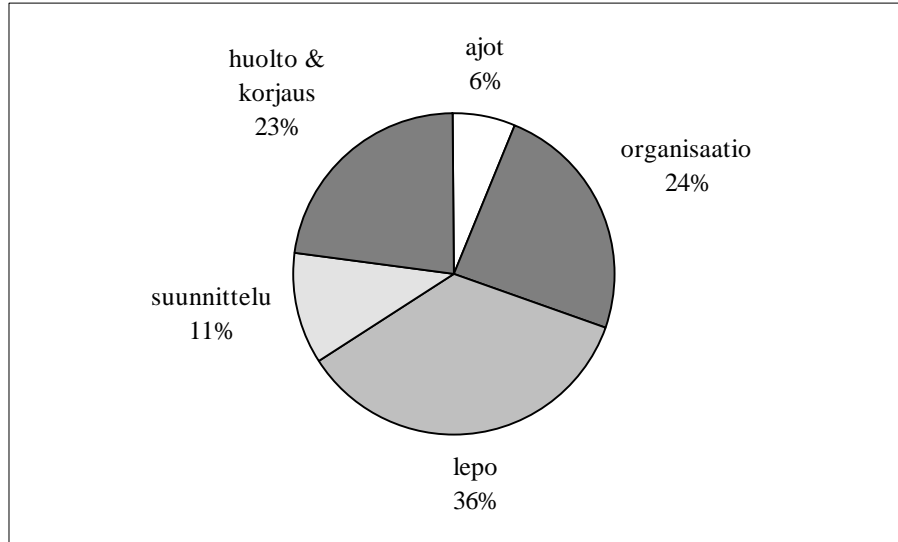
TAULUKKO 4 Alle 15 minuutin keskeytysten osuus päätehakkuun käyttöajasta koneryhmittäin

Koneryhmä	Kesä	Talvi	Yhteensä
Isot yleiskoneet	14,9	15,1	15,0
Yleiskoneet	13,0	16,0	14,2
<b>Yhteensä</b>	<b>13,6</b>	<b>15,6</b>	<b>14,5</b>

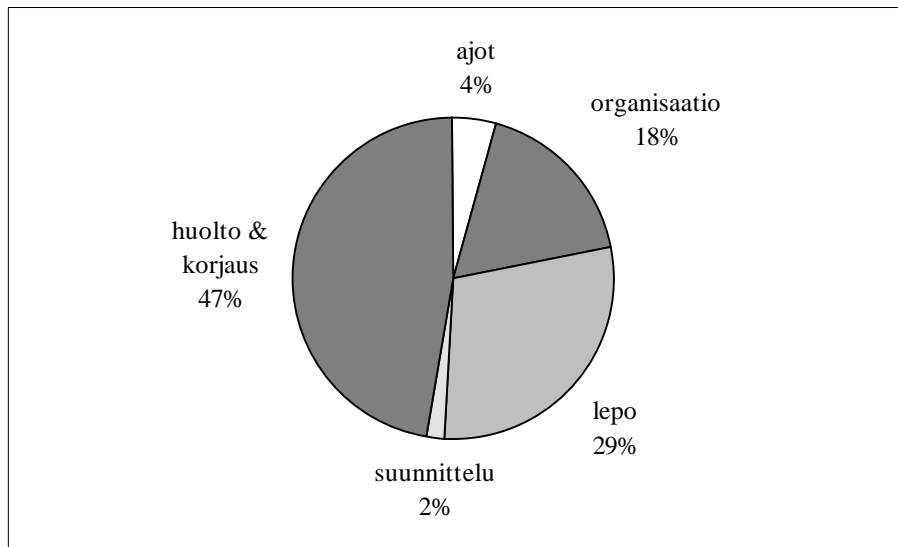
Sekä yleiskoneiden että isojen yleiskoneiden keskeytysten osuus käyttöajasta oli samaa tasoa ja vaihteli vain vähän eri kausilla. Talvella molemmilla koneryhmillä oli hieman enemmän keskeytyksiä kuin kesällä. Harvennuskoneiden tutkimusjakso päätehakkuusta jäi niin suppeaksi, että erillisiä tuloksia ei voida esittää.

Alle 15 minuutin keskeytysten lisäksi laskettiin pitempien, vähintään 15 minuutin, keskeytysten ajanmenekit työmaittain. Kaikista keskeytyksistä alle 15 minuutin keskeytyksiä oli 52 % ja vähintään 15 minuutin keskeytyksiä 48 %. Talvella pitempien keskeytysten osuus oli hieman yli puolet keskeytyksistä. Pitempien keskeytysten tarkastelu esimerkiksi koneryhmittäin olisi vaatinut seurantatutkimusta.

Keskeytykset jaettiin seuraaviin luokkiin: ajot, organisaatio, lepo, suunnittelu sekä huolto ja korjaus. Ajot sisältävät hakkuutyöhön kuulumattomat erilliset siirtymiset työmailla. Organisaatiosta johtuvat keskeytykset sisältävät yhteydenpidon urakanantajan edustajien kanssa. Suunnittelu sisältää työn yhteydessä tehdyn työmaasuunnittelun.



**Kuva 12.** Harvennishakkuun keskeytysten osuudet

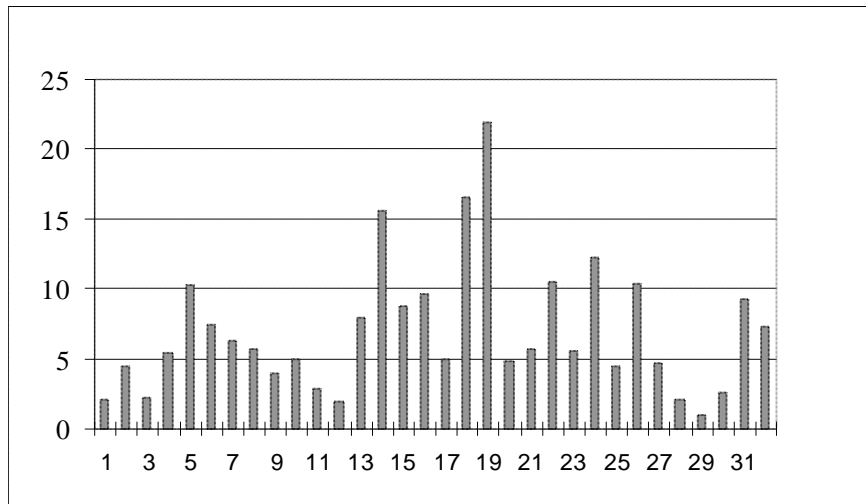


**Kuva 13.** Päätehakkuun keskeytysten osuudet

Harvennishakkuun ja päätehakkuun keskeytysten osuudet erosivat toisistaan huomattavasti korjausten ja huoltojen sekä suunnittelun suhteen. Päätehakkuussa lähes puolet keskeytysajasta oli huoltoja ja korjauksia. Vastava luku harvennuksissa oli alle neljäsosa. Harvennuksissa suunnittelun osuus keskeytyksistä oli 11 %, kun se päätehakkuussa oli vain 2 %.

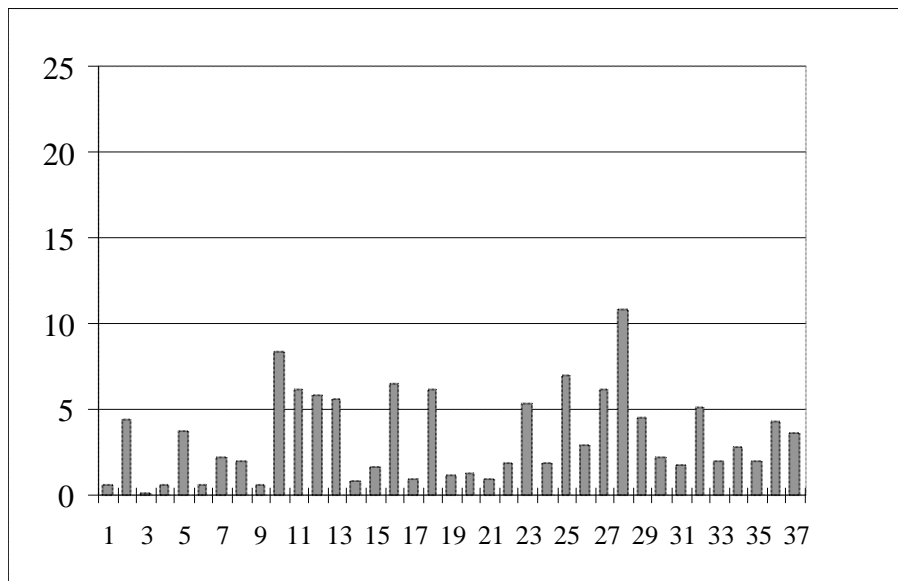
### 3.5 Alikasvoksen raivaus

Alikasvoksen raivauksen ajanmenekin osuus on laskettu käyttöajasta, johon sisältyy alikasvoksen raivaukseen kulunut aika.



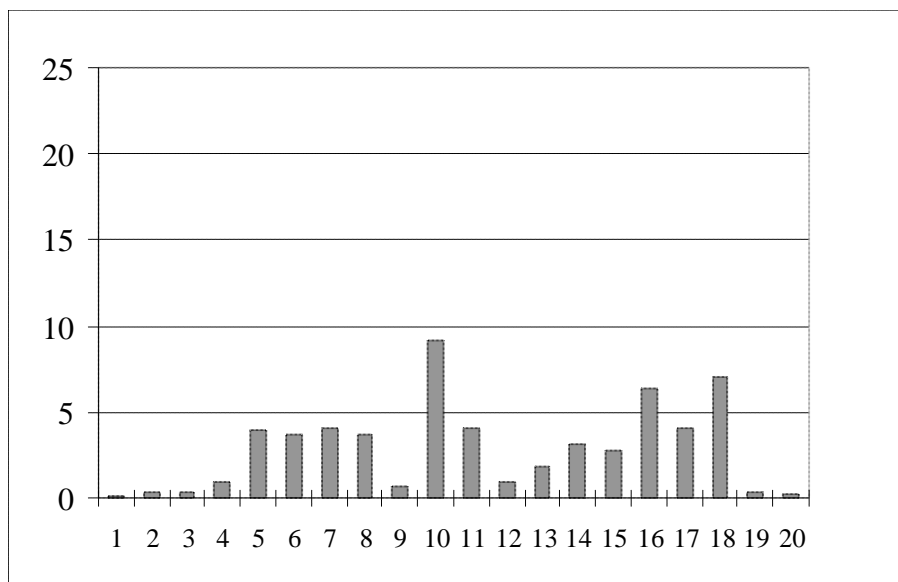
**Kuva 14.** Ensiharvennuksen alikasvoksen raivauksen osuus käyttöajasta leimikoittain

Ensiharvennuksissa alikasvoksen raivaukseen käytettiin keskimäärin 7 % käyttöajasta. Kolmella leimikolla alikasvoksen raivauksen osuus käyttöajasta oli yli 15 %. Tutkimuksessa ei otettu huomioon alikasvoksen muulla tavoin työskentelyä hidastavaa ja näkyvyyttä heikentävää vaikutusta. Aineistossa oli myös ennalta raivattuja tai muuten vähän alikasvosta sisältäviä leimikoita, joissa alikasvoksen raivaukseen käytetty aika oli vain muutamia prosentteja käyttöajasta.



**Kuva 15.** Muun harvennuksen alikasvoksen raivauksen osuus käyttöajasta leimikoittain

Muissa harvennuksissa alikasvoksen raivaukseen käytetty aika oli selvästi ensiharvennusta pienempi. Keskimäärin alikasvoksen raivaukseen käytettiin noin 3 % käyttöajasta.



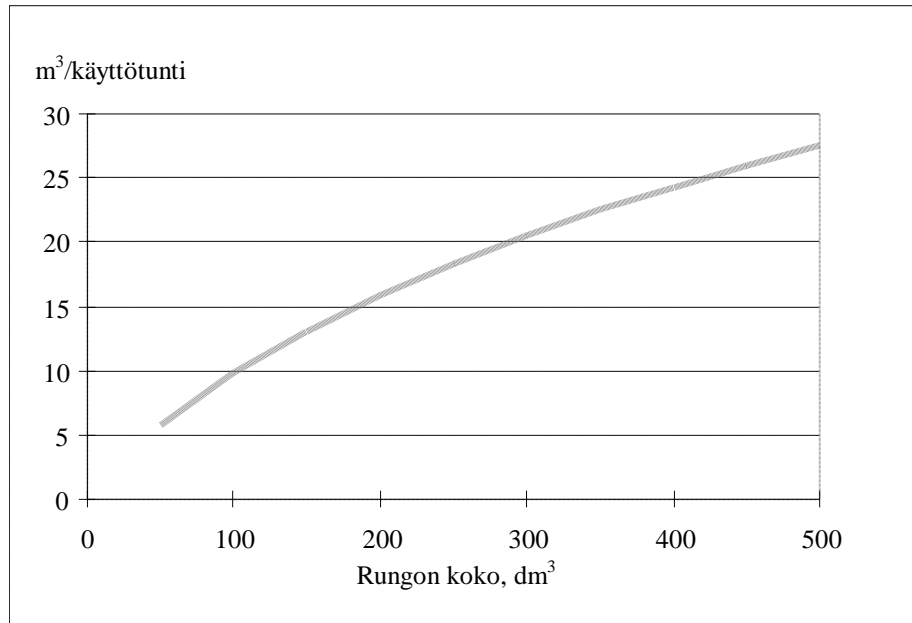
**Kuva 16.** Päätehakuun alikasvoksen raivauksen osuus käyttöajasta leimikoittain

Päätehakuussa alikasvoksen raivaukseen käytetty aika oli samaa tasoa kuin muissa harvennuksissa keskiarvon ollessa noin 3 %.



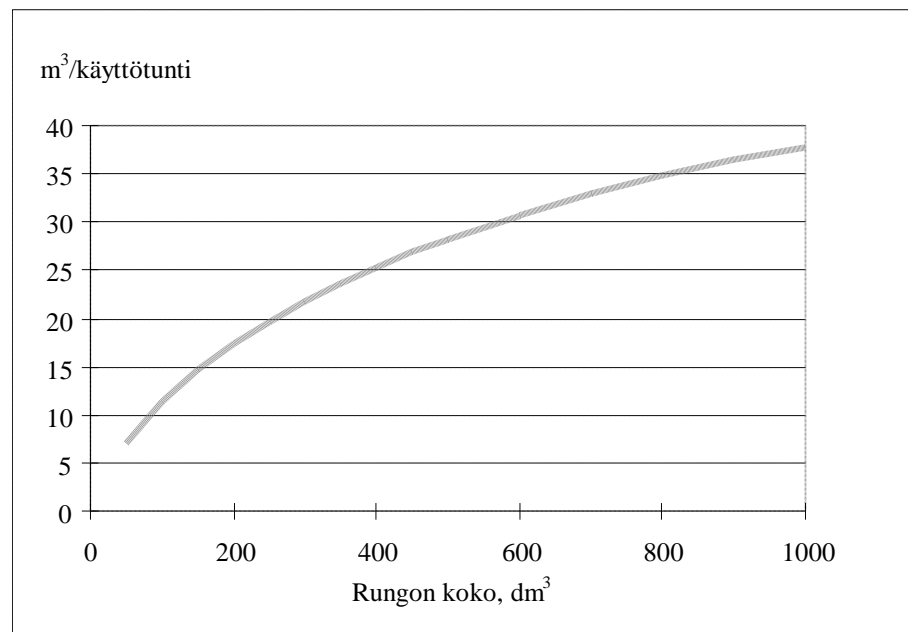
### 3.6 Hakkuun käyttötuntuottavuus

Hakkuun käyttötuntuottavuus esitetään hakkuutavoittain rungon koon mukaan. Käyttöaikaan ei sisälly alikasvoksen raivausta. Käyttötuntuottavuudessa ovat mukana kaikki puulajit.



**Kuva 17.** Harvennushakkuun käyttötuntuottavuus rungon koon mukaan

Harvennushakkuussa kuusen osuus oli 44 %, männyn 39 % ja lehtipuun 17 % hakatuista rungoista. Hakatusta puumäärästä (m<sup>3</sup>) kuusen osuus oli 52 %, männyn 36 % ja lehtipuun 12 %.



**Kuva 18.** Päätehakkuun käyttötuntuottavuus rungon koon mukaan

Päätehakuussa kuusen osuus oli 58 %, männyn 30 % ja lehtipuun 11 % hakatuista rungoista. Päätehakuun puumäärästä kuusta oli 66 %, mäntyä 30 % ja lehtipuuta 4 %.

Tutkimuksessa kertyi eniten aineistoa kuusesta, joten männyn ja lehtipuun hakkuun ajanmenekkiä verrattiin yrittäjäkohtaisesti kuusen ajanmenekki-funktioihin hakkuutavoittain. Puulaji ei vaikuta siirtymisen ajanmenekkiin, joten vertailu tehtiin käsittelyajanmenekkien välillä. Harvennushakkuussa männyn käsittelyyn kului 2 % vähemmän ja lehtipuun käsittelyyn 9 % enemmän aikaa kuin kuusen käsittelyyn. Päätehakuussa havupuiden ajanmenekissä ei ollut eroja. Lehtipuun käsittely oli 7 % hitaampaa kuin kuusen käsittely.

## **4 TULOKSET KORJUUJÄLJESTÄ**

Korjuujälkeä mitattiin tutkimuksen jokaisesta leimikosta tutkimusta varten kehitetyllä menetelmällä. Korjuujälki oli tutkimuksen jokaisella leimikolla niin hyvä, että kaikki tutkimusleimikot voitiin ottaa mukaan tuottavuustulosten laskentaan. Korjuujäljen mittaustuloksista julkaistaan erillinen Metsätehon raportti numero 12.

## **5 PÄATELMÄT JA VERTAILU EDELLISEEN TUTKIMUKSEEN**

Harvennushakkuun tuottavuus oli yhtä hyvä eri kokoisilla hakkuukoneilla pienirunkoisissa leimikoissa. Metsätehon aikaisemmissa tutkimuksissa harvennuskoneiden tuottavuus on ollut selvästi yleiskoneita pienempi. Harvennuskoneiden kuljettajat olivat erikoistuneita pienirunkoisten harvennusten hakkuuseen. Vastaavasti järeimpien hakkuukoneiden kuljettajat olivat tehneet ensiharvennuksia suhteellisen vähän. Harvennuskoneet ovat kehittyneet ja suurentuneet viime vuosina niin paljon, että niillä on mahdollista tehdä myös pienirunkoisia päätehakkuita.

Tärkein tuottavuuteen vaikuttanut tekijä oli koneen kuljettaja. Tehokkaimpien kuljettajien tuottavuus oli samoissa olosuhteissa kaksinkertainen hitaimpiin verrattuna vastaavilla konetyypeillä. Tämän vuoksi eri konemerkkien tuottavuutta ei voi luotettavasti verrata keskenään. Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että kaikki mukana olleet hakkuukoneet soveltuivat hyvin harvennushakkuihin.

Tässä tutkimuksessa 20 metrin ja 30 metrin ajouraväliä käyttäneiden hakkuukoneiden harvennushakkuun tuottavuudessa ja korjuujäljessä ei havaittu oleellista eroa. Hyvään tuottavuuteen ja korjuujälkeen on mahdollista päästä eri menetelmillä, kun kuljettaja hallitsee käyttämänsä menetelmän riittävän hyvin.

Seuraavissa taulukoissa on verrattu tämän tutkimuksen tuottavuutta hakkuutavoittain Metsätehon edelliseen tuottavuustutkimukseen vuosilta 1991 ja 1992. Puulajien osuuksina käytettiin tämän tutkimuksen mukaisia harvennushakkuun puulajiosuuksia. Taulukoissa esitetään hakkuun käyttötuntituottavuus rungon koon mukaan ilman seurantakerrointa ja alikasvoksen raivauksen ajanmenekkiä. Seurantakerroimen avulla otetaan huomioon se, että pitemmän ajan käyttötuntituottavuus on aikaututkimuksen tuottavuutta heikompi esim. hämärässä ja pimeässä työskentelyn vuoksi. Edellisen tutkimuksen seurannassa kului 24,5 % enemmän aikaa kuin aikaututkimuksessa, kun alikasvoksen raivaukseen kulunut aika jätettiin pois.

TAULUKKO 5 Harvennushakkuun käyttötuntituottavuuden vertailu Metsätehon tuottavuustutkimukseen vuodelta 1992

Rungon koko, dm <sup>3</sup>	Uusi, m <sup>3</sup> /h	Vanha, m <sup>3</sup> /h	Ero, %
50	6,15	5,93	3,8
70	7,89	7,50	5,3
90	9,42	8,88	6,1
110	10,79	10,12	6,7
130	12,05	11,26	7,0
150	13,21	12,33	7,1
170	14,29	13,34	7,1
190	15,30	14,29	7,1
210	16,26	15,21	6,9
260	18,45	17,37	6,2
310	20,42	19,42	5,1
360	22,22	21,45	3,6
410	23,88	23,47	1,7
460	25,40	25,38	0,1

Harvennushakkuun tuottavuus oli parantunut Metsätehon edelliseen hakkuun tuottavuustutkimukseen verrattuna keskimääräisissä harvennushakkuun olosuhteissa 5 - 7 %. Pääosa tuottavuuden kasvusta johtui keskeytyksiin kuluneen ajan vähenemisestä. Tehoajanmenekki pienentyi edelliseen tutkimukseen verrattuna noin 2 %.

Päätihakkuun ajanmenekin rakenteista eri olosuhteissa on hyvä tieto Metsätehon edellisestä laajasta hakkuun tuottavuustutkimuksesta vuosilta 1990 - 1992. Tämän tutkimuksen suppean päätihakkuuaineston ajanmenekki oli keskimäärin samaa tasoa kuin edellisessä tutkimuksessa. Ajanmenekki oli hieman suurempi pienillä rungoilla mutta vastaavasti pienempi isoilla rungoilla. Isojen yleiskoneiden tuottavuus oli erityisesti järeillä rungoilla yleiskoneita huomattavasti suurempi. Harvennuskoneiden aineisto oli niin pieni, että luotettavia tuloksia päätihakkuun tuottavuudesta ei voi esittää.

Hakkuutapojen välistä tuottavuuseroa on luotettavinta verrata siten, että tämän tutkimuksen harvennushakkuun tuottavuutta verrataan edellisen tutkimuksen päätehakkuun tuottavuuteen.

TAULUKKO 6 Pääte- ja harvennushakkuun käyttötuntituottavuuden vertailu rungon koon mukaan

Rungon koko, dm <sup>3</sup>	Pääte- hakkuu, m <sup>3</sup> /h	Harvennus- hakkuu, m <sup>3</sup> /h	Ero, %	Pääteh.	Harvennush.
				Tiheys, runkoa/ha	
50	6,83	6,15	-9,9	1 000	1 000
70	9,00	7,89	-12,3	1 000	856
90	10,92	9,42	-13,8	1 000	740
110	12,65	10,79	-14,7	1 000	646
130	14,22	12,05	-15,3	1 000	569
150	15,64	13,21	-15,5	1 000	506
170	16,93	14,29	-15,6	1 000	454
190	18,10	15,30	-15,5	945	412
210	19,16	16,26	-15,1	893	377
260	21,39	18,45	-13,7	780	314
310	23,17	20,42	-11,9	689	279
360	24,64	22,22	-9,8	616	264
410	25,89	23,88	-7,8	556	264
460	26,98	25,40	-4,1	508	264

Harvennus- ja päätehakkuun välinen tuottavuusero oli pienentynyt edelliseen tutkimukseen verrattuna keskimäärin 5 prosenttiyksikköä. Vertailussa on otettava huomioon, että pääte- ja harvennushakkuun tiheydet eroavat toisistaan. Tiheys on laskettu hakkuutavoittain rungon koon mukaan. Mikäli alikasvoksen raivaukseen kuluva aika otettaisiin vertailussa huomioon, kasvaisi harvennus- ja päätehakkuun välinen tuottavuusero keskimäärin 2 - 3 prosenttiyksikköä.

Tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa koneellisen hakkuun maksurakenteissa sekä kustannuslaskentamallien tuottavuusfunktioiden päivityksessä.