

# FOLIA FORESTALIA 204

ETSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1974

---

---

PENTTI HAKKILA JA HANNU KALAJA

---

OKSARAACA-AINEEN KASAUS MELROE  
BOBCAT M-600 KUORMAAJALLA

---

BUNCHING OF BRANCH RAW MATERIAL BY  
MELROE BOBCAT M-600 LOADER

---

- 1972 No 134 Aarne Reunala & Ilpo Tikkanen: Metsätilanomistajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.  
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila & Olavi Saikku: Kuoriprosentin määräytymisen sahanhakkeesta.  
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.  
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.  
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä.  
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen & Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla.  
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.  
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä.  
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiihonen & Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.  
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezechneten Bestandes auf Grund von Stammzahlaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 144 Esko Leinonen: Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä.  
Measurement of timber by the load and sampling methods. 4,—
- No 145 Esko Leinonen: Tilavuuspaino-otanta sahatukkien mittauksessa.  
Green density sampling in sawlog scaling. 1,50
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuri puun kuljetus.  
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila, Jouko Laasasenaho & Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.  
Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Suomessa.  
Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland.  
Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmiöitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmännyt ja pluskuuset.  
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela & Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja tärinäaltistus pelkässä kaadossa.  
Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in feeling. 5,—
- No 152 Kari Keipi: Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa.  
The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. 4,—
- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetöissä syksyllä 1971.  
The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.  
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukkipuutaulukot.  
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Eljas Pohtila: Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930—45 tehdyistä kuusiviljelyistä.  
Results of spruce cultivation from 1930—45 on state-owned lands in Perä-Pohjola. 1,50
- No 157 Eino Mälkönen: Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin.  
Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. 1,50
- No 158 Kaarlo Kinnunen & Erkki Lähde: Kylvöajankohdan vaikutus kennotaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana.  
The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. 2,50
- No 159 Pentti Hakkila: Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa.  
Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. 2,—
- No 160 Kullervo Etholén: Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä.  
The success of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed.  
Состояние культур сосны в Северной Финляндии и происхождение семян. 3,—

## FOLIA FORESTALIA 204

Metsäntutkimuslaitos, Institutum Forestale Fenniae, Helsinki 1974

Pentti Hakkila ja Hannu Kalaja

### OKSARAACA-AINEEN KASAUS MELROE BOBCAT M-600 KUORMAAJALLA

Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader

Yhteispuhjoismaisen hakkuutähdetutkimuksen alaprojekti

A sub-project of the joint Nordic research programme for the utilization  
of logging residues

#### ALKUSANAT

Pohjoismaiden Metsätyöntutkimusneuvosto, NSR, pani vuonna 1964 alulle hakkuutähteitten hyväksikäyttöön tähtävän tutkimusohjelman, joka kohdistuu toisaalta kanto- ja juuripuuhun sekä toisaalta oksaraaka-aineeseen. Oksien osalta on aikaisemmin selvitelty määrää, teknisiä ominaisuuksia sekä teollisia käyttömahdollisuuksia, mutta varsinaista korjuutekniikkaa ei ole tois-  
taiseksi päästy kehittämään. Oksaraaka-aineen käytön estäväksi pullonkaulaksi on kuitenkin yhä selvemmin jäämässä yksinomaan korjuukaluston ja -menetelmien alkeellisuus.

Käsillä oleva tutkimus on projektin ensimmäinen yritys oksaraaka-aineen korjuutekniikan kehittämiseksi. Kysymyksessä on oksien kasaus moottorisahatyöskentelyn jäljiltä hajaltaan palsalta. Myöhemmin ryhdytään luomaan korjuuketjun muihin vaiheisiin soveltuvaa tekniikkaa.

Kokeen suunnittelussa ja toteuttamisessa ovat monin tavoin avustaneet ins. KALERVO MALINEN ja metsänhoitaja MARKKU MÄKE-

LÄ. Kenttätöissä ovat olleet mukana metsä-  
teknikko PERTTI LAAKSO, kenttämestari SAULI TAKALO, metsät. yo. PAAVO SIMOLA ja yo. TAUNO SAVOLAINEN. Kuormaajan kuljettajana on koko koesarjan ajan toiminut ÅKE WECKSTRÖM. Sisätyövaiheeseen ovat osallistuneet hum.kand. KAIJA KANNINEN, neiti PIRJO SALONEN, neiti RAIJA SIEKINEN ja neiti MERVI SURAKKA.

Englanninkieliset käännökset ovat maisteri PÄIVIKKI OJANSUUN ja maisteri L.A. KEYWORTIN käsialaa. Värikuvasivun on lahjoittanut Osakeyhtiö EKSTRÖMIN KONELIIKE. Pääosan kuvista on ottanut valokuvaaja MATTI RUOTSALAINEN.

Lausumme parhaat kiitoksemme kaikille mukana olleille.

Helsingissä helmikuussa 1974

Pentti Hakkila

Hannu Kalaja

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY .....	3
TIIVISTELMÄ .....	4
1. JOHDANTO .....	4
2. KONEEN RAKENNE .....	6
3. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO .....	8
4. TULOKSET .....	10
41. Raaka-ainekertymä .....	10
42. Työn laatu .....	12
43. Työn tuotos ja kustannukset .....	13
5. PÄÄTELMIÄ .....	15
KIRJALLISUUSLUETTELO .....	16

BUNCHING OF BRANCH RAW MATERIAL  
BY MELROE BOBCAT M-600 LOADER

SUMMARY

The bunching of Norway spruce and Scots pine branch raw material left in the compartment after manual logging was studied. The bunching was done with a Melroe Bobcat M-600 loader equipped with a grapple fork. The procedure involved was thus the first phase of the harvesting of branch raw material, probably to be followed by forest transport by forwarder, chipping at the landing and long-distance transport by truck or, alternatively, chipping in the compartment.

The study covered three clear-cutting areas of 1 hectare, two spruce stands and a pine stand. From the first, 334 solid cu.m./hectare of stem wood was harvested, from the second 150 and from the third 182 (Table 1). The terrain was classified as easy or average for transport.

Some degree of drying had already occurred in the branches of the first spruce sample plot, and in the second spruce sample plot the branches had shed their needles almost completely. In the pine stand branches were bunched immediately after felling.

The yield of green branch raw material from the three sample plots was 27–73 tons/hectare. The dry-matter yield inclusive of needles was 12–40 tons and without needles 10–30 tons per hectare (Table 2).

Dry branch raw material inclusive of needles calculated per unbarked solid cu.m. of stem-

wood amounted to 70–150 kg, i.e. 16–38 per cent of the dry weight of merchantable stemwood (Table 3). In addition, waste was left uncollected on the ground which, excluding the shed needles, was on average 11 per cent of the total weight of branch raw material (Table 5).

The average volume of the heaps in the sample plots was 7–18 cu.m. The green weight of the bunched branches was 82–126 and dry weight 45–56 kg/piled cu.m. (Table 4).

In the bunching work 0.8–1.8 hectares were treated per working day. The daily output was 24–35 tons of dry matter, without needles 24–29 tons. The cost was 6.80–9.80 marks, without needles 8.40–9.90 marks, per ton of dry matter.

The investigation shows that branch raw material left in the compartment after manual logging can be bunched in good and middling terrain and stand conditions effectively and at relatively low cost for the following work phases of the harvesting schedule. The Melroe-Bobcat M-600 loader does the work so well that the first phase of harvesting branch raw material can be regarded as satisfactorily solved in the conditions under consideration. However, continuous use in forest requires some minor modifications to the loader. The most important of these is improving the driver's seat.

## TIIVISTELMÄ

Käsillä olevassa tutkimuksessa selvitetään moottorisahatyökentelyssä palstalle jääneen kuusen ja männyn oksaraaka-aineen kasausta haarukkakouralla varustetulla Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla. Kysymyksessä on siis oksaraaka-aineen korjuun ensimmäinen vaihe, jota seuraavat todennäköisesti lähikuljetus kuorma-tractorilla, haketus väliavarastolla ja kaukokuljetus kuorma-autolla tai vaihtoehtoisesti haketus palstalla.

Tutkimukseen sisältyi kolme kooltaan hehtaarin avohakkuualaa, kaksi kuusikkoa ja männikkö. Ensimmäiseltä oli korjattu runkopuuta 334, toiselta 150 ja kolmannelta 182  $\text{k-m}^3/\text{ha}$  (taulukko 1). Maasto luokiteltiin eri tapauksissa kulkuvaikeudeltaan helpoksi tai keskinkertaiseksi.

Ensimmäisellä kuusikoealalla oksissa oli tapahtunut jo jonkin verran kuivumista, ja toisella kuusikoealalla neulaset olivat varisseet oksista lähes kokonaan. Männikössä oksat kasattiin välittömästi hakkuun jälkeen.

Oksaraaka-ainetta kertyi eri koealoilla tuoreena 27–73 tonnia/ha. Kuiva-ainetta saatiin vastaavasti neulaset mukaan luettuina 12–40 tonnia ja ilman neulasia 10–30 tonnia hehtaaria kohti (taulukko 2).

Runkopuun kuorellista kiintokuutiometriä kohti laskettuna kuivaa oksaraaka-ainetta oli

neulaset mukaan luettuina 70–150 kg eli 16–38 % markkinakelpoisen runkopuun kuivapainosta (taulukko 3). Lisäksi jäi maahan keräämättä tähteitä, joitten osuus varisseita neulasia lukuun ottamatta oli keskimäärin 11 % oksaraaka-aineen kokonaispainosta (taulukko 5).

Kasamuodostelmien keskikoko eri koealoilla oli 7–18  $\text{m}^3$ . Kasattujen oksien tuorepaino oli 82–126 ja kuivapaino vastaavasti 45–56  $\text{kg/i-m}^3$  (taulukko 4).

Kasaustyössä käsiteltiin 0.8–1.8 ha 8 tunnin työpäivää kohti. Päivätuotos oli 24–35 tonnia, neulaset pois vähennettyinä 24–29 tonnia kuiva-ainetta. Kustannukset olivat vastaavasti 6.80–9.80 sekä ilman neulasia 8.40–9.90  $\text{mk}/\text{kuiva-ainetonni}$ .

Tutkimus osoittaa, että moottorisahatyökentelyn jälkeen palstalle jäänyt oksaraaka-aine voidaan hyvissä ja keskinkertaisissa maasto- ja leimikko-oloissa tehokkaasti ja suhteellisen alhaisin kustannuksin kasata korjuuketjun seuraavia työvaiheita silmällä pitäen. Melroe Bobcat M-600 kuormaaja suoriutuu työstä niin hyvin, että oksaraaka-aineen korjuun ensimmäistä vaihetta voidaan pitää tyydyttävästi ratkaistuna. Jatkuva käyttö metsässä edellyttää kuormaajan kuitenkin eräitä muutoksia, joista tärkein on kuljettajan istuimen parantaminen.

## JOHDANTO

*Oksaraaka-aine* sisältää oksat neulasineen sekä niihin käytännön korjuutoiminnassa sekoitettavan runkohukkapuun. Näin määritellen jää vuotuisissa hakkuissamme metsään 8.8 milj. tonnia kuivaa oksaraaka-ainetta, josta noin 1.0 milj. tonnia on runkohukkapuuta ja loput oksia. Puolet kokonaismäärästä on varsinaista puuainetta (HAKKILA 1972).

Koostumuksensa ja puuaineen ominaisuuksiensa vuoksi oksaraaka-aineen käyttömahdollisuudet rajoittuvat tiettyihin levy- ja massatuotteisiin, ja silloinkin edellytyksenä on alhainen tehdashinta. Korjuukustannusten on siis jäätävä pieniksi. Yhä realistisempaan nousee esiin myös oksien käyttö lämpöenergian lähteenä.

Oksien talteenotto mahdollistunee ensimmäiseksi puunetelmien yhteydessä, kun oksaraaka-ainetta kulkeutuu ylävarastolle jopa kustannuksitta. Puunetelmien osuuden ennustetaan kuluva vuosikymmenen lopullakin kuitenkin jäävän alle 15 %:n teollisuuden ja metsähallituksen korjaamasta puutavarasta (RYSÄ, SAVOLAINEN ja VÄISÄNEN 1972). Kun kokopuujuonossa lisäksi puolet oksista putoilee matkan varrelle (KVIST 1964, RHEBORG 1972, GUNNARFELT 1973), kulkeutuu tällä tavoin vain murto-osa oksaraaka-ainereservistä ylävarastolle (HAKKILA 1972).

Puunetelmin ylävarastolle tuleva oksaraaka-aine, milj. tonnia v. 1980

Puuaine	0.36
Kuori	0.16
Neulas	0.16
<b>Yhteensä</b>	<b>0.68</b>

Puunetelmät eivät siis tuo kokonaisratkaisua oksaraaka-aineen korjuuongelmaan, sillä vielä vuonna 1980 jää parhaassakin tapauksessa runsaasti yli 90 % oksista metsään. Ja tällä hetkellä on puunetelmien merkitys varsin vähäinen.

Pääosa avohakkuulojen puutavarasta tullaan vastaisuudessaakin korjaamaan tavaralaji- tai runkometelmin, joissa karsiminen tapahtuu palstalla moottorisahalla tai monitoimikonein. Laajamittainen oksaraaka-aineen käyttö edellyttää niin ollen keruuta palstalta runkopuun korjuusta erillisenä toimenpiteenä. Mikäli neulasille ei synny menekkiä tai ne esimerkiksi ravinnetapioitten välttämiseksi halutaan jättää metsään, voidaan tällöin käyttää hyväksi neulasten varisemista.

Oksien keruu lienee toteutettavissa vain päätehakkualoilta, joihin tässä yhteydessä voidaan lukea myös siemen- ja suojuspuuhakkuut. Vuonna 1970 niiltä saatiin 57 % metsähallituksen ja teollisuuden korjaamasta puutavarasta, eikä osuuden ennusteta kuluvalle vuosikymmenellä oleellisesti muuttuvan (RYSÄ, SAVOLAINEN ja VÄISÄNEN 1972). Jos esimerkiksi palstalle jääneestä oksaraaka-aineesta voidaan kerätä talteen keskimäärin 70 %, on leimikon taloudellisesta vähimmäiskoosta riippuen koottavissa seuraavat oksaraaka-ainemäärät, joihin sisältyy myös edellä mainittu puunetelmin saatavissa oleva 0.68 milj. tonnia (HAKKILA 1972).

	Leimikon vähimmäiskoko 300 k-m <sup>3</sup> runkopuuta	Leimikon vähimmäiskoko 1000 k-m <sup>3</sup> runkopuuta
Hajaltaan kerättävissä oleva oksaraaka-aine, milj. tonnia v. 1980		
Puuaine	1.41	0.88
Kuori	0.61	0.38
Neulas	0.66	0.41
<b>Yhteensä</b>	<b>2.68</b>	<b>1.67</b>

Palstakeräys mahdollistaa siis jo nyt huomattavasti suurempien oksaraaka-ainemäärien talteenoton kuin puunetelmät yksinään vuosikymmenen lopulla. Jos koneellisten keruunetelmien edellyttämä leimikon vähimmäiskoko on 300 k-m<sup>3</sup> runkopuuta, voidaan palstakeräyksellä saada välittömästi nelinkertaisena se raaka-ainemäärä, jonka on ennustettu kertyvän puunetelmillä ylävarastolle vuonna 1980.

Oksaraaka-aineen korjuussa tulevat tällä hetkellä kysymykseen lähinnä seuraavat vaihtoehdot (vrt. ELOVAINIO, HAKKILA, RUOSTE ja SCHILDT 1973):

1) Kokopuunetelmiin perustuva ylävarastokäsittely. Oksaraaka-aineen korjuu erillisenä työvaiheena alkaa ylävarastolla olevista kasoista. Tarvitaan esimerkiksi etukuormaajalla varustettu maataloustraktori tai kevyt pyöräkuormaaja oksien siirtelyä varten, oksahakkuri sekä vaihdettavilla isokokoisilla perävaunuilla varustettu hakeauto kaukokuljetukseen.

2) Moottorisahatyöskentelyn jälkeen tapahtuva keräys palstalta ja sitä seuraava ylävarastokäsittely. Hajalleen jääneet oksat on kasattava ennen metsäkuljetusta, joka tapahtuu kuormatraktorilla. Haketus ja kaukokuljetus suoritetaan kuten korjuuketjussa 1. Mikäli oksat jäävät kesäolosuhteissa levälleen palstalle, osa neulasista varisee oksien kuivussa.

3) Monitoimikonetyöskentelyn jälkeen tapahtuva keräys palstalta ja sitä seuraava ylävarastokäsittely. Oksat ja latvukset jäävät koneellisen karsinnan jäljiltä kasoihin, joten muuta kasausta ei välttämättä tarvita. Koska syntyvät muodostelmat kuitenkin ovat pienempiä kuin erillisen kasausvaiheen jälkeen, kohoavat kuormatraktorin kuljetuskustannukset ylävarastolle korkeammiksi kuin korjuuketjussa 2. Muutoin tapahtuu oksaraaka-aineen korjuu samoin kuin edellisessä vaihtoehdossa.

4) Haketus palstalla. Kasaus tapahtuu kuten vaihtoehdoissa 2 tai 3. Maastokelpoinen hak-

kuri-traktoriyhdistelmä toimii palstalla ja kuljettaa hakkeen ylävarastolle.

5) Vaihtoehtojen 1–3 pohjalle rakentuva korjuuketju, jossa hakettaminen tapahtuu vasta alavarastolla tai tehtaalla. Tämä ratkaisu poistaa hakemenetelmään liittyvät organisatoriset vaikeudet ja alentaa haketuskustannuksia. Toisaalta kuitenkin kaukokuljetuskustannukset lisääntyvät (vrt. GUNNARFELT 1974 b).

Ruotsissa, missä monitoimikoneitten merkitys on suurempi kuin Suomessa, tarjoaa korjuuketju 3 edullisen lähtökohdan kehitystyölle (vrt. SONDELL 1973). Suomessa sen sijaan on moottorisahatyöskentelyn jälkeen tapahtuva palstakeräys toistaiseksi ratkaisevassa asemassa.

Korjuuketjun ensimmäinen työvaihe on niin ollen oksien kasaus lähikuljetusajoneuvoa varten.

Koneellinen kasaus voi tapahtua pusku-tractorilla, laahustraktorin vetämällä haravalla, kourakuormaajalla varustetulla traktorilla tai pyöräkuormaajalla. Kahden ensimmäisen heikkoutena ovat oksien joukkoon kerääntyvät kivet ja muut epäpuhtaudet.

Käsillä olevassa työssä selvitetään moottorisahatyöskentelyssä palstalle jääneen kuusen ja männyn oksaraaka-aineen kasausta Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla. Tutkittavina ovat raaka-ainekertymä, keruutyön tarkkuus, tuotos sekä kustannukset.

## 2. KONEEN RAKENNE

Jotta kasaustyön tulos olisi sekä kustannuksiltaan että laadultaan hyväksyttävissä, on koneen selviydyttävä seuraavista vaatimuksista:

- On kyettävä käsittelemään taloudellisesti myös verraten pieniä, ainakin 300 runkopuukuutiometrin työmaita. Tämä edellyttää alhaisia siirtokustannuksia.
- Koneen on toimittava vaikeuksista ainakin keskinkertaisissa maasto-oloissa, mieluummin myös talviaikana.
- On eduksi, jos kasauskone soveltuu tarvittaessa myös oksaraaka-aineen kuormaukseen ja välivarastokäsittelyyn.
- Kun kone kerää oksat riittävän suuriin ja korkeisiin kasoihin, lähikuljetusajoneuvon kuormausajo supistuu vähäiseksi.
- Oksaraaka-aine tulee saada talteen mahdollisimman tarkoin.
- Oksaraaka-aineen tulisi säilyä puhtaana kivistä ja pintakasvillisuudesta. Erityisesti kivet ovat haketuksessa haitaksi.
- Pääomakustannusten kurissa pitämiseksi ja koneen työllistämiseksi on toivottavaa, että välineistön käyttömahdollisuudet eivät rajoitu pelkästään oksien korjuuseen.

Asetetut vaatimukset johdattavat etsimään konetta, jolla oksat voidaan kerätä tai jättää paikalleen kuljettajan harkinnan mukaan ja kasata leimikon tiheydestä riippuen ainakin

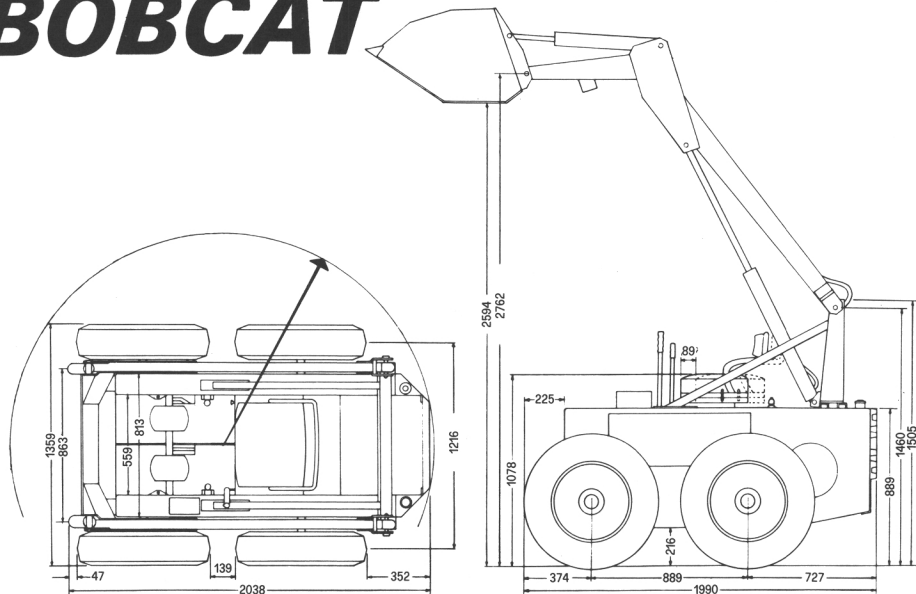
10–30 m<sup>3</sup>:n muodostelmiin. Työn luonteesta johtuen koneelta edellytetään ketteryyttä ja nopeata kääntymiskykyä. Oksaraaka-aineen alhaisen pinotiheyden vuoksi taakat jäävät keveiksi, joten välttämättä ei tarvita järeätä konetta. Pieni koko on eduksi myös välivarastolla työskenneltäessä ja konetta siirrettäessä, ja lisäksi se helpottaa toimintaa siemen- ja suojuspuualoilla.

Tutkittavaksi koneeksi valittiin Melroe Bobcat M-600 kuormaaja. Sen perusmitat (kuva 1) ja tärkeimmät suoritusarvot selviävät seuraavasta:

- Työpaino 1800 kg
- Leveys maastorenkailla 152 cm
- Pituus ilman haarukkakouraa 200 cm
- Haarukkakouran pituus 72 cm
- Pyörän koko 10 x 16,5"
- Ilmajäähdytteisen moottorin teho 25 hv/2400 rpm
- Hydraulilaitteiston hammasrataspumpun teho 45 ltr/min ja paine 130 kg/cm<sup>2</sup>
- Nelipyöräveto. Ajoa eteen ja taakse säädellään portaattomasti kahdella käsivivulla. Ristiin vedättämällä kone kääntyy paikallaan ympäri. Puomin ja haarukkakouran hallinta tapahtuu jalkaohjaimilla.
- Ajonopeus eteen ja taakse portaattomasti 0–11 km/t, erityisjärjestelyin 0–16 km/t.



# BOBCAT



Kuva 1. Bobcat M-600 kuormaajan mitat.

Figure 1. Dimensional specifications of the Bobcat M-600 loader.

- Suurin nettokuorma haarukakourassa 500–600 kg.

Pienestä maavarasta huolimatta traktorin maastokelpoisuus on riittävä keskinkertaisissa kangasmaastoissa työskentelyyn lumettomissa tai vähälumisissa oloissa. Maastossa liikkumista edistävät seuraavat seikat:

- Alusta on tasainen ja pohjapanssarilla suojattu
- Nelipyöräveto ilman tasaussyörästä
- Erittäin lyhyt akseliväli
- Koneen kapeus ja kääntymiskyky mahdollistavat pujottelun esteitten välistä
- Painopiste on alhaalla
- Haarukakouraa voidaan käyttää apuna koneen jäädessä kiinni.

Melroe Bobcat M-600 kuormaajaan on saatavissa erilaisia työkohtaisia hydraulisesti hallittavia lisälaitteita, jotka ovat nopeasti keskenään vaihdettavissa. Oksien kasaukseen, siirtelyyn ja kuormaamiseen soveltuvat haarukakourat. Työskentelytekniikka nähdään värikuvasivulta ja kuvasta 2.

Oksia kasatessaan kone etenee haarukakoura alas laskettuna varoen kuitenkin piikkien törmäämistä maahan. Kuljettaja säätelee kouran korkeutta maanpinnan tasaisuudesta ja tähteistä riippuen. Mikäli tähteet eivät muodosta yhtenäistä peittoa, on kouran täyttämiseksi siirryttävä oksaryhmältä toiselle kouraa välillä ylös nostaen. Kouran täytyttyä oksaraaka-aine siirretään kasoihin, joita leimikon tiheydestä riippuen tehdään 20–50 kappaletta hehtaaria kohti.

Tässä tutkimuksessa käytettiin kouraa, jonka alaleuassa oli 8 kappaletta 72 cm:n pituisia suoria piikkejä ja yläleuassa 4 käyrää hammasta.

Haarukakouran ollessa suljettuna on ylä- ja alaleuan etäisyys hampaitten kärjen kohdalla 11 cm. Suurin aukenema hampaitten kärjessä on 52 cm. Vastaavat mitat ovat kouran pesän kohdalla 36 ja 93 cm. Laitteen paino on 180 kg.

Kuormaajan siirtely työmaalta toiselle tapahtuu yksinkertaisimmin kevyellä traktorin peräkärjellä tai kuorma-autolla. Kone saadaan lavalle nosturilla tai palkkeja pitkin ajamalla. Mikäli matka jää alle 10–15 km:n, on edullisinta suorittaa siirto ajamalla. Aikaa tarvitaan tuolloin 1–2 tuntia.



Kuva 2. Oksaraaka-aineen keruu kasalle.  
*Figure 2. Collecting branch raw material to heap.*

### 3. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

Tuotoksen ja kustannusten selvittämiseksi mitattiin kasoille kertyneen oksaraaka-aineen määrä ja työhön käytetty aika koealoittain. Aikatutkimus tehtiin jatkuvana kasakohtaisesti, ja sen pääasiallinen tavoite oli saada selville kasausaika seuraavien tunnusten funktiona:

- Hehtaaria kohti
- Oksakuutiometriä kohti
- Tuoretta raaka-ainetonnia kohti
- Kuivaa raaka-ainetonnia kohti
- Runkopuun kiintokuutiometriä kohti.

Raaka-aineen määrän mittaamiseksi punnittiin 30 % kasoista. Haarukkakoura täytettiin oksilla, irrotettiin peruskoneesta ja nostettiin PIAB-dynamometriin köydellä kiinnitettynä kuormaajan kouran tukivarsien varassa ilmaan

(kuva 3). Dynamometri, jonka enimmäiskapasiteetti on 500 kiloa, osoitti punnittavan erän painon 10 kg:n tarkkuudella.

Tuorepainot muunnettiin edelleen kuivapainoiksi. Kosteusnäytteitä otettiin punnituista kasoista siten, että kukin näyte ulottui kasan pinnalta pohjakerrokseen saakka. Näyte suljettiin tiiviiseen muovipussiin ja punnittiin laboratoriossa ensin tuoreena ja uudelleen uunikuivana. Näytteestä määritettiin kuivapitoisuus ja neulasten osuus kuiva-aineesta. Näytteen keskimääräinen tuorepaino oli Turengissa 5423 gr, Evolla 1739 gr ja Humppilassa 2614 gr.

Oksaraaka-ainekasoista määritettiin myös tilavuus pohjapinta-alan ja keskimääräisen korkeuden tulona. Paino- ja tilavuuslukujen perusteella laskettiin kuljetuksen kannalta tärkeät oksakuutiometrin tuore- ja kuivapainot.



Kuva 3. Oksaraaka-aineen punnitseminen kuormaajan haarukkakouran tukivarsille ripustetulla dynamometrillä.

Figure 3. Weighing branch raw material with a dynamometer hanging from the fork arms of the loader.

Keruutyön huolellisuus arvioitiin neljän neliömetrin ruuduista, jotka kuusikoealoilla muodostivat 15 x 30 ja mäntykoealalla 10 x 20 metrin systemaattisen verkoston. Ruutujen peittävyys oli 1–2 % koealan kokonaispinta-alasta. Kaikki kuormaajan jäljiltä ruutuihin jääneet tähteet kerättiin talteen ja punnittiin viiden gramman tarkkuudella.

Kokeet tehtiin kolmella eri avohakkuualalla, kuusikoealat 1 ja 2 syksyllä 1973 ja mänty-

koeala 3 tammikuussa 1974. Tiedot ennen oksaraaka-aineen kasauskokeita korjatusta puutavarasta selviävät taulukosta 1. Koealan 2 osalta on todettava, että taulukkoarvot edustavat suurempaa leimikkokokonaisuutta, josta vain osa sisältyi oksaraaka-aineen kasauskokeeseen. Tutkimuskohteen puusto oli lähes puhdasta kuusikkoa, joten taulukko osoittaa männyn osuuden liioiteltuna.

Taulukko 1. Koealoilta korjattu kuorellinen puutavara.

Table 1. The unbarked timber harvested from the sample plots.

Koeala Sample plot	Tukkipuu – Sawlogs		Paperipuu – Pulpwood		Yhteensä Total
	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	
	Runkopuuta k-m <sup>3</sup> /ha – Stemwood, solid cu.m. per ha				
1	251	6	73	4	334
2	115	23	8	4	150
3	–	174	–	8	182

*Koala 1* sijaitsee yksityismaalla Turengissa. Avohakkuu oli suoritettu 15–30.7.1973. Alueelta oli korjattu 334 k-m<sup>3</sup> runkopuuta hehtaaria kohti, miltei yksinomaan kuusta. Kasauskokeet tapahtuivat syyskuun 1973 jälkipuoliskolla, jolloin osassa oksista oli tapahtunut selvää kuivumista ja neulasten varisemista. Myös kasausvaiheessa oksista irtosi neulasia. Keskimäärin varsin paksun hakkuutähdematon alaosassa neulasen olivat kuitenkin vielä joko vihreitä ja tuoreita tai toisin paikoin homehtuneita. Raaka-aineen kosteus oli niin ollen epätasainen.

Alueen pinta-ala oli 1.01 ha. Maaston kaltevuus vaihteli välillä 0–24°. Kolmannes pinta-alasta oli kaltevuudeltaan enemmän kuin 10°.

Kantoja oli runsaasti, 640 kpl/ha. Ne olivat pinnanmuodostuksesta johtuen tyveltään laajentuneita ja paksujuurisia ja siten koneitten liikuntaa haittaavia. Myös kiviä oli jonkin verran. Maasto oli kantavuudeltaan hyvä, kuului II vaikeusluokkaan.

*Koala 2* sijaitsee metsähallituksen Hämeenlinnan hoitoalueen maalla Evolla. Avohakkuu oli suoritettu 1.9–31.12.1972. Alueelta oli korjattu 150 k-m<sup>3</sup> runkopuuta hehtaaria kohti, pääosaltaan kuusta. Mäntyä oli koko leimikon puumäärästä vajaa viidesosa, mutta varsinaisella koelalla oli mäntyä vähemmän. Kasauskokeet

tapahtuivat lokakuun 1973 alussa. Neulasen olivat jo lähes täydellisesti varisseet. Raaka-aineen kosteus oli pitkälle edistyneestä kuivumisesta johtuen tasainen.

Alueen pinta-ala oli 0.98 ha. Maaston kaltevuus vaihteli välillä 0–18°. Kolmannes pinta-alasta oli kaltevuudeltaan enemmän kuin 10°.

Kantoja oli 310 kpl/ha. Niissä ei yleensä ollut tyvilaaientumaa, eivätkä ne haitanneet oleellisesti liikkumista. Kiviä oli kuitenkin paikka paikoin runsaasti. Maasto luettiin hakkuun ja ajon kannalta suurimmalta osin I luokkaan.

*Koala 3* sijaitsee yksityismaalla Humppilassa. Avohakkuu oli suoritettu 7–14.1.1974. Runkopuuta kertyi 182 k-m<sup>3</sup> hehtaaria kohti, miltei yksinomaan mäntyä. Kasauskokeet suoritettiin heti hakkuun jälkeisinä päivinä 14.–15.1.1974. Alueella oli lunta 10–30 cm, mutta kova ja jäinen hanki kantoi konetta suurimmalla osalla aluetta. Hakkuutähteet olivat puhtaita lumesta. Raaka-aineen kosteus oli tasainen.

Alueen pinta-ala oli 0.76 ha. Maaston kaltevuus vaihteli välillä 0–11°. Suurin osa alueesta oli tasaista. Kiviä ja mäntäitä oli hyvin vähän.

Kantoja oli 400 kpl/ha. Ne olivat suhteellisen pieniä eivätkä oleellisesti haitanneet koneen liikkumista. Maasto luettiin hakkuun ja ajon kannalta I luokkaan.

#### 4. TULOKSET

##### 41. Raaka-ainekertymä

Raaka-ainekertymällä tarkoitetaan kuormajan kasoille kokoaman oksaraaka-aineen painoa, joka riippuu palstalle jääneiden oksien, latvakappaleitten ja muun runkohukkapuun määrän ohella myös kasautyön huolellisuudesta. Tuorepainot ovat tärkeitä lähinnä kuljetuskaluston mitoittamisen kannalta, kun taas kuivapainot osoittavat todellisen raaka-ainemäärän. On huomattava, että osa tässä vaiheessa talteen saadusta raaka-aineesta häviää vielä lähikuljetuksessa, välivarastoinnissa ja haketuksessa.

Kaikissa tapauksissa toimittiin avohakkuualoilla, joilta korjatun puuston määrä oli keskimääräistä suurempi. Niin ollen myös oksaraaka-ainekertymä oli varsin suuri (taulukko 2).

Koelalla 2 kuivuminen oli edennyt jo varsin pitkälle ja neulasen lähes täydellisesti varisseet. Myös koelalla 1 oli neulasia varissut jonkun verran päälimmäisistä oksista. Koelan 3 mäntytavara taas oli täysin tuoretta, mutta kasaus tapahtui pakkaskelillä, jolloin oksankärkiä neulastupsuineen jäi keruutyön jäljiltä maahan runsaasti.

Keskimääräinen kuivapitoisuus oli 54.0 % koelalla 1, 68.5 % koelalla 2 ja 44.3 % koelalla 3. Neulasten osuus kuiva-aineesta oli koelaittain vastaavasti 24.2, 0.9 ja 19.4 %.

Oksaraaka-aineen määrä runkopuun kuutiometriä kohti on kuusella selvästi suurempi kuin mänyllä. Toisaalta taas oksia on suhteellisesti sitä vähemmän, mitä suuremmat ja tiheämmässä asennossa kasvaneet puut ovat kysy-





Taulukko 2. Oksaraaka-ainekertymä tonneina hehtaaria kohti.

Table 2. Yield of branch raw material in tons per hectare.

Mittayksikkö Unit of measurement	Koeala – Sample plot*		
	1	2	3
	Tonnia – Tons/ha		
Tuorepaino Green weight			
Neulasineen With needles	73.6	32.4	27.5
Kuivapaino Dry weight			
Neulasineen With needles	39.7	22.2	12.2
Neulasitta Without needles	29.8	22.0	9.8

\* 1 ja 2 kuusikoita, 3 männikkö  
1 and 2 are spruce stands, 3 a pine stand.

Taulukko 3. Oksaraaka-ainekertymä kiloina markkinakelpoisen runkopuun kuorellista kiintokuutiometriä kohti.

Table 3. Yield of branch raw material in kg per solid cubic metre of merchantable unbarked stem wood.

Mittayksikkö Unit of measurement	Koeala – Sample plot		
	1	2	3
	Kg/k-m <sup>3</sup> – Kg/cu.m		
Tuorepaino Green weight			
Neulasineen With needles	220	216	151
Kuivapaino Dry weight			
Neulasineen With needles	119	148	67
Neulasitta Without needles	89	147	54

myksessä (vrt. HAKKILA 1969 ja 1971). Niin ollen oksia oli suhteellisesti eniten koealalla 2 (taulukko 3). Oksaraaka-ainekertymä oli koealoittain 30.5, 38.0 ja 16.1 % markkinakelpoisen kuorellisen runkopuun kuivapainosta.

Vaikka kertymää kuvaavat tarkoituksenmukaisimmin tuore- ja kuivapainot, tarvitaan lisäksi tietoja oksakasojen tilavuudesta, joka vaikuttaa kuljetuskaluston mitoittamiseen ja varastoalueitten tilantarpeeseen. Raaka-aineen vaatima suuri

tilavuus osoittaa, että välivarastokäsittelyssä saatetaan ajautua järjestelyvaikeuksiin, ellei haketusta ja jatkokuljetusta voida suorittaa lähikuljetuksen kanssa osittain samanaikaisesti.

Koeala	Puulaji	Oksaraaka-ainetta p-m <sup>3</sup> /ha
1	Kuusi	850
2	Kuusi	380
3	Mänty	210

Taulukko 4. Oksaraaka-ainekasojen koko ja lukumäärä.

Table 4. The size and number of branch raw material heaps.

Yksikkö – Unit	Koeala – Sample plot		
	1	2	3
Kpl/ha – Number/ha	47	34	24
Korkeus, cm – Height, cm	133	115	113
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> – Basal area, m <sup>2</sup>	13.7	9.3	6.1
Tilavuus, m <sup>3</sup> – Volume, cu.m	18.2	11.0	6.7
Tuorepaino, kg* – Green weight, kg*	1533	903	847
Kuivapaino, kg* – Dry weight, kg*	828	619	375
Tuorepaino, kg/i-m <sup>3</sup> – Green weight, kg/cu.m	84	82	126
Kuivapaino, kg/i-m <sup>3</sup> – Dry weight, kg/cu.m	45	56	56

\* Perustuu pienempään näytemäärään kuin tilavuusmittaukset.  
Is based on a smaller amount of samples than the volume measurements.

## 42. Keruutyön laatu

Muodostelmien koko riippuu osin raaka-ainekertymästä (kuvat 4–5). Tiheässä leimikossa kasat tehdään suuriksi siitäkin huolimatta, että niitä syntyy pinta-alayksikköä kohti enemmän kuin harvassa leimikossa. Haluttu koko riippuu luonnollisesti myös raaka-aineen jatkokäsittelystä.

Kuljetuksen kannalta oksaraaka-ainekasojen tiheys on epäedullisen alhainen. Esimerkiksi

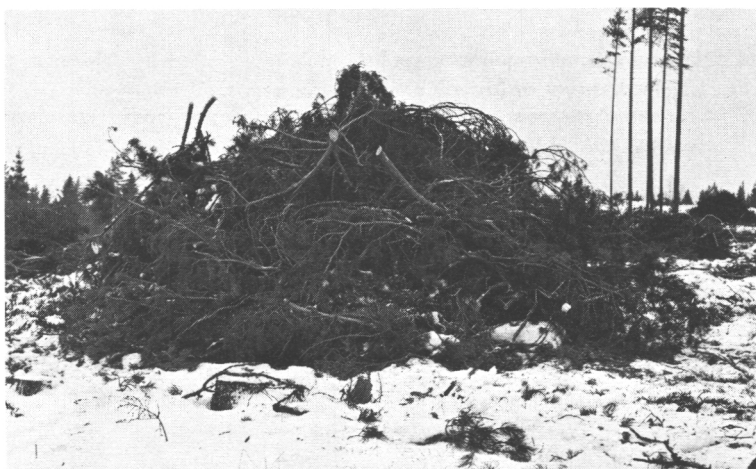
30 m<sup>3</sup>:n lavarakenteella varustetun traktorin kuormassa olisi eri koaloilla vain 1,4–1,7 tonnia kuiva-ainetta, mikäli oksien tiivistäminen tavalla tai toisella ei osoittaudu mahdolliseksi. Vertailuna mainittakoon Ruotsissa talvella 3 m<sup>3</sup>:n mittalaatikossa saadut tulokset, joitten mukaan kaatotuoreen oksaraaka-aineen tuorepaino oli kuusella 94 ja männyllä 103 kg kuutiometriä kohti (GUNNARFELT 1974 a).

Tärkeä laatunäkökohta keruutyössä on oksaraaka-aineen puhtaus. Hakkurin terien suojele-



Kuva 4. Oksaraaka-ainekasa. Kuusi.

*Figure 4. A heap of branch raw material. Norway spruce.*



Kuva 5. Oksaraaka-ainekasa. Mänty.

*Figure 5. A heap of branch raw material. Scots pine.*



miseksi olisi tavara korjattava kivettömänä. Myös levyteollisuuden lopputuotteen laadulle ovat hiekka ja kivet vahingollisia.

Tutkimuksessa ei ollut mahdollista tehdä numeerisia mittauksia raaka-aineen joukkoon kerääntyneistä epäpuhtauksista. On ilmeistä, että niiltä ei voida lumettomana aikana työskenneltäessä kokonaan välttyä. Toisaalta näyttää raaka-aine kuitenkin silmämääräisesti arvostellen varsin puhtaalta, niin että esimerkiksi haravaperiaatteella kasattaessa tuskin voidaan päästä tässä suhteessa yhtä hyviin tuloksiin. Koealalla 3 työskenneltiin vähälumisena aikana, jolloin oksaraaka-aineeseen ei näyttänyt sekoittuvan epäpuhtauksia. Huomattakoon kuitenkin, että Bobcat M-600 kuormaaja tuskin kykenee teloil-lakaan varustettuna toimimaan paksussa lumessa.

Työn huolellisuutta kuvaa kasaamatta jääneen raaka-aineen määrä. Myös tältä osin tulos oli tyydyttävä, sillä oksien kuiva-ainetta jäi hehtaarille keskimäärin vain 3000 kg. Oksista irronneet neulaset tosin eivät ole tässä luvussa mukana. Erityisesti mäntykoeala 3, jolla keruutyö tapahtui pakkassäällä, maahan jäi runsaasti neulastupsuja ja oksankärkiä, jotka eivät ole taulukon 5 luvuissa mukana. Tämän neulamateriaalin määrä oli itse asiassa suurempi kuin keräämättä jääneen varsinaisen oksa-aineksen, tuoreena peräti 3.9 tonnia/ha.

Oksaraaka-aineen kysyntä ja arvo tulevat ratkaisemaan, miten huolelliseen talteenottoon on tarkoituksenmukaista pyrkiä. Tutkimustyömailla jäi keskimäärin 11 % oksaraaka-aineesta keräämättä, jolloin siis irronneita neulasia ja neulastupsuja ei ole otettu huomioon.

On kuitenkin pantava merkille, että kysymyksessä olivat runsaspuustoiset leimikot. Jäljelle jäävien tähteitten määrä taas ei kovinkaan kiinteästi riippune oksien alkuperäisestä määrästä vaan on suhteellisesti siis sitä suurempi, mitä harvemmassa leimikossa työskennellään. Tältä osin toimittiin selvästi keskimääräistä edullisemmissa oloissa, mutta vastaavasti myös käytännössä oksaraaka-aineen korjuutoiminta kohdistunee aikanaan juuri tämänkaltaisiin met-siin.

#### 43. Työn tuotos ja kustannukset

Kustannuslaskelmien lähtökohtana on Bobcat M-600 kuormaajan tuntivuokra 30 mk, joka sisältää myös kuljettajan palkan. Koska konetta ei ole käytetty Suomessa aikaisemmin metsä-töissä, ei sen todellisesta tuntikustannuksesta ole olemassa käytännön kokemuksia. Kun koneen hankintahinta haarukkakourineen on vuoden 1973 päättyessä 47600 mk, voitaneen käytettyä 30 mk:n tuntivuokraa pitää yleiseen tasoon ja koneen järeyyteen nähden riittävän korkeana. Tuntivuokra peittänee myös osan siirtokustannuksista.

	Koeala		
	1	2	3
Tehotyöaika, min/ha	524	381	232
Tuotos, ha/työvuoro * <sup>x</sup>	0.80	1.10	1.80
Kustannus, mk/ha * <sup>x</sup>	300	218	132

\*<sup>x</sup> Tehotyöajaksi 8 tunnin työvuorossa oletettu 7 t.

Taulukko 5. Keruutyössä maahan tähteeksi jääneen oksaraaka-aineen määrä.  
Table 5. The amount of branch raw material left uncollected on the ground.

Mittayksikkö Unit of measurement	Koeala – Sample plot		
	1	2	3
Tuorepaino, tonnia/ha – Green weight, tons/ha	7.4	5.6	2.6 * <sup>x</sup>
Kuivapaino, tonnia/ha – Dry weight, tons/ha	4.0	3.8	1.2
Tuorepaino, kg/k-m <sup>3</sup> – Green weight, kg/cu.m	22.2	37.1	14.3
Kuivapaino, kg/k-m <sup>3</sup> – Dry weight, kg/cu.m	12.0	25.4	6.6
Tähteitä, % – Waste, %	9.1	14.6	9.0

\*<sup>x</sup> Lisäksi 3.9 tonnia tuoreita neulastupsuja ja oksankärkiä.  
In addition 3.9 tons of green needles and tops of branches.

Bobcat M-600 kuormaaja käsittelee keskinertaisissa leimikko-oloissa hehtaarin alan työvuorossa. Hyvissä oloissa työsaavutus on huomattavasti suurempi, tässä tapauksessa maastoltaan helpossa männikössä edullisten lumisuhteitten vallitessa 1.8 ha työvuorossa. Jos oksaraaka-ainetta on koealan 1 tapaan poikkeuksellisen runsaasti, päiväsaavutus jää alle hehtaarin. Työtulos ei kuitenkaan muutu samassa suhteessa kuin oksien määrä, ja siitä syystä raaka-aineyksikköä kohti laskettu tuotos ja kustannus riippuvat voimakkaasti leimikon tiheydestä. Koska männyllä on aina vähemmän oksia kuin kuusella, ovat männyn oksaraaka-aineen kasaukskustannukset samoissa maasto-oloissa selvästi korkeammat. Kuivien kankaitten männiköissä maasto on toisaalta usein varsin edullista, ja tämä puolestaan saattaa johtaa männylläkin alhaisiin kustannuksiin. Tästä on esimerkkinä koeala 3.

Koska oksaraaka-aineen kosteus vaihtelee hakuusta kuluneen ajan pituudesta riippuen,

on tarkoituksenmukaisinta perustaa tuotos- ja kustannusvertailut kuivapainoihin. Kuusikoealoilla työn tuotos oli 24 ja 32 tonnia oksaraaka-ainetta työvuorossa. Männikössä tuotos oli 35 tonnia.

Mikäli neulaset luetaan oksaraaka-aineesta negatiiviseksi tekijäksi, on niiden osuus kuiva-aineesta vähennettävä tuotos- ja kustannuslaskelmia tehtäessä. Kuusikoealoilla oli työvuoron kasautulos kummassakin tapauksessa 24 tonnia kuorellista, kuivaa oksaraaka-ainetta, jossa neulasten painoa ei siis ole otettu huomioon. Männikössä päästiin vastaavasti 29 tonniin.

Kasaukskustannukset olivat eri tapauksissa 6.80–9.80 mk kuivaa oksaraaka-ainetonna kohti. Jättämällä neulasten paino huomioon ottamatta saadaan kasaukskustannukset oksaraaka-aineen kuorellista puutonna kohti. Tämä useitten teollisuudenalojen kannalta tärkeä kustannus oli eri koealoilla 8.40–9.90 mk neulasetonta kuivaa raaka-ainetonna kohti.

Taulukko 6. Kasautuksen tuotos ja kustannukset.  
Table 6. The output and cost of bunching.

Mittayksikkö Unit of measurement	Koeala – Sample plot		
	1	2	3
	Tonnia/työvuoro* – Tons per shift *		
Tuorepaino – Green weight			
Neulasineen – With needles	59.0	35.7	80.0
Kuivapaino – Dry weight			
Neulasineen – With needles	31.9	24.5	35.4
Neulasitta – Without needles	24.2	24.3	28.7
	Mk/tonni – Marks per ton		
Tuorepaino – Green weight			
Neulasineen – With needles	4.07	6.72	3.00
Kuivapaino – Dry weight			
Neulasineen – With needles	7.52	9.80	6.78
Neulasitta – Without needles	9.92	9.88	8.36

\* 8 tunnin työvuorossa 7 tehotyötuntia.  
Effective working time 7 hours per 8-hour shift.

## 5. PÄÄTELMIÄ

Tutkimus osoittaa, että moottorisahatyökentelyn jälkeen palstalle jäänyt oksaraaka-aine voidaan tietyissä maasto- ja leimikko-oloissa tehokkaasti kasata korjuuketjun seuraavia työvaiheita – lähikuljetusta tai palstalla tapahtuvaa haketusta – silmällä pitäen. Melroe Bobcat M-600 kuormaaja suoriutuu oksien kasauksesta täysin tyydyttävästi keskinkertaisissa tai sitä paremmissa maastoissa. Kuitenkaan sen käyttö ei tule kysymykseen soilla eikä paksussa lumessa.

Vuotuisissa hakkuissamme käyttämättömänä metsään jäävä oksaraaka-aine, kuivapainoltaan kaikkiaan 8.8 milj. tonnia, on niin valtava potentiaalinen raaka-ainereservi, että ainakin ensimmäisessä vaiheessa voidaan ajatella vain osalle siitä löytyvän teollista käyttöä. Tästä syystä ei toistaiseksi näytä välttämättömältä pyrkiä korjaamaan oksaraaka-ainetta esimerkiksi soilta tai kivisyyden takia vaikeakulkuisilta mailta, vaan toiminta voidaan rajoittaa edullisimpiin kohteisiin. Ainoastaan laajamit-

tainen käyttö lämpöenergian lähteenä saattaisi jo lähitulevaisuudessa motivoida myös vaikeitten maastokohteitten mukaan ottamisen.

Nykytilanteessa voitaneen tässä kokeillun menetelmän katsoa ratkaisevan hyvissä ja keskinkertaisissa oloissa oksaraaka-aineen korjuuketjun ensimmäisen vaiheen, kasauksen. Kehitystyö on niin ollen seuraavaksi suunnattava lähikuljetukseen ja ennen kaikkea haketukseen.

Tutkittu menetelmä mahdollistaa oksien laajamittaisenkin kasaustoiminnan. Bobcat M-600 kuormaajaa ei kuitenkaan ole rakennettu ensisijaisesti metsässä toimimaan, ja siitä syystä eräät muutokset ovat tarpeen. Ennen kaikkea tulisi kiinnittää huomiota ergonomisiin näkökohtiin, joista tärkein on kuljettajan istuimen kehittäminen. Lisäksi olisi tehostettava moottoritilan suojausta sinne alhaalta tunkeutuvia oksia vastaan. Samoin olisi haarukakouran hydrauliputkia suojattava ja kouran alapiikkejä vahvistettava. Näillä sinänsä vähäisillä muutoksilla varmistetaan menetelmän käyttökelpoisuus.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- GUNNARFELT, BJÖRN 1973. Grönriskvantiteter vid helträdslunning vintertid. Summary: Quantities of branches and tops when skidding full trees under winter conditions. Skogshögskolan, institutionen för skogsteknik. Rapporter och Uppsatser Nr 60.
- GUNNARFELT, BJÖRN 1974 a. En undersökning över volymvikten hos grönris av tall och gran. Skogshögskolan. Institutionen för skogsteknik. Moniste.
- GUNNARFELT, BJÖRN 1974 b. Analys av tre avverkningsystem för tillvaratagande av hyggesavfall. Skogshögskolan. Institutionen för skogsteknik. Moniste.
- ELOVAINIO, AARNE, HAKKILA, PENTTI, RUOSTE, TEEMU ja SCHILDT, YRJÖ. 1973. Oksaraaka-aineen korjuu. Projekti-suunnitelma. Moniste.
- HAKKILA, PENTTI. 1969. Weight and composition of the branches of large Scots pine and Norway spruce trees. Lyhennelmä: Järeitten mänty- ja kuusipuitten oksien paino ja koostumus. MTJ 67.6.
- HAKKILA, PENTTI. 1971. Coniferous branches as a raw material source. Lyhennelmä: Havupuun oksat raaka-ainelähteenä. MTJ 75.1.
- HAKKILA, PENTTI. 1972. Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa. Summary: Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. Folia Forestalia 159.
- KVIST, GÖTE. 1964. Avverkningsavfallet vid högmekaniserad slutavverkning. Norrlands Skogsvårdsförbunds tidskrift 1964:261–303.
- RHEBORG, HANS. 1972. Kvistkvantiteter vid helträdslunning. Summary: A study of quantities of branches and tops gathered at the landing when skidding full trees. Skogshögskolan, institutionen för skogsteknik. Rapporter och Uppsatser Nr 48.
- RYSÄ, MARKKU, SAVOLAINEN, RAIMO ja VÄISÄNEN, UNTO. 1972. Puunkorjuun kehityssennuste 1970-luvulle. Summary: Forecast of the development of timber harvesting in the 1970s. Metsätalon tiedotus 314.
- SONDELL, JAN. 1973. Kostnadsanalys av fyra drivningssystem. Skogsarbeten. Käsikirjoitus.

- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alkukehitykseen.  
The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50
- No 162 Veijo Heiskanen, Antero Kuronen & Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja tukkilukuun perustuvat sahapuiden kuutioimistaulukot.  
Volume tables for saw timber stems based on the breast height diameter and the number of log per stem. 1,50
- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu.  
The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2, —
- No 165 Metsätilastollinen vuosikirja 1971.  
Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralajitaulukot.  
Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom.  
Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus.  
Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus.  
Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa.  
Estimation of the share of waste bolts in pile measurements. 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoiuvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta.  
Skogsforskningsinsitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingsstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967).  
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa.  
The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland.  
Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen.  
Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen.  
The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana.  
Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteraus kuusisaha-puun teossa.  
The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikonen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla.  
Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa.  
Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50.
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä.  
The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla.  
The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50

- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana.  
On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50.
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta.  
Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- 1974 No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypisistä ja geneettisestä vaihtelusta.  
Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—
- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa.  
Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa.  
On the supply of roundwood in Finland.
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.  
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72.
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä.  
Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.  
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Hebisidirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista.  
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätilastollinen vuosikirja 1972.  
Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed.  
Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen.
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit.  
Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta.  
Dry-weight scaling based on chip samples.
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimusia Pallarin kantoharvesterista.  
Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla.  
The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.  
Zur kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.  
Direct seeding on peatlands.
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.  
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—