

FOLIA FORESTALIA 309

ETSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1977

MARKKU MÄKELÄ

HAKKUUTÄHTEN OMINAISUUKSIEN
MUUTTUMINEN

CHANGES IN THE QUALITY OF
LOGGING RESIDUES

- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäkökymät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000.
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter.
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland.
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat. Greenhouse experiments.
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuun, järeä kuitupuun sekä likipituinen havukuitupuun. Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length.
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material.
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature.
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat.
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna.
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees.
- No 241 Victor Ipatiev ja Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarämeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cuttongrass pine swamp.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood.
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods.
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading.
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher.
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response.
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production.
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesienen (*Lophophacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa.
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophophacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland.
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.
Pallari Bushharvester.
- No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Havusahatukien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it.
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla.
Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil.
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.
Work Study of the Lamu Seeding Machine.
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukien kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä.
A control method for the measurement of pine and spruce logs.
- No 255 Metsätalastollinen vuosikirja 1974.
Yearbook of forest statistics 1974.

FOLIA FORESTALIA 309

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1977

Markku Mäkelä

HAKKUUTÄHTEEN OMINAISUUKSIEN MUUTTUMINEN

Changes in the quality of logging residues

ODC 33
ISBN 951-40-0274-1
ISSN 0015-5543

MÄKELÄ, M. 1977. Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen. Summary: Changes in the quality of logging residues. *Folia For.* 309: 1–16.

Tutkimuksessa tarkasteltiin hakkuutähteen muuttumista hakkuun jälkeen yhdellätoista vuosina 1975–76 korjatulla hakkuutähdetyömaalla. Haketuksen aikana otettiin työmailta hakenäytteet, joista määritettiin hakkeen kosteus ja raaka-ainesisältö.

Varastointiajalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa runkopuun hakkuun ja hakkuutähteiden metsäkuljetuksen välistä aikaa. Kun tarkasteltiin varastointiajan pituuden vaikutusta hakkeen raaka-ainesisältöön, havaittiin yli kahden kuukauden varastointiajan nostaneen hakkeen puuainepitoisuuden yli 60 %:iin. Kuoren osuus oli tällöin alle 30 % ja neulasten osuus alle 10 %. Yli 6 mm pituisilla hakepaloilla jo yhden kuukauden varastointi nosti puuainepitoisuuden 70–80 %:iin, kuoren osuuden ollessa 20–29 %. Neulasia oli hakkeessa tällöin hyvin vähän.

Tutkimusten tulosten perusteella voidaan suositella hakkuutähteelle korjuumenetelmää, jossa hakkuutähteen metsäkuljetusta ei suoriteta välittömästi runkopuun hakkuun jälkeen. Korjuu tulisi ajoittaa siten, että hakkuutähdde voisi olla kesäaikana levällään maastossa ainakin kahden kuukauden ajan.

The changes in the quality of logging residues were studied at 11 work sites, which were harvested in 1975 and 1976. Chip samples were taken from every work site during chipping and the moisture content and the distribution of the raw material was determined.

The storage time in this study refers to the time between harvesting of stemwood and forest haulage of logging residues. When the storage time was over 2 months the proportion of wood increased up to 60 %. The proportion of bark was then 30 % and the proportion of needles less than 10 %. The proportion of wood in the chips over 6 mm long was already after one month 70–80 %, the proportion of bark was 20–29 %. Only very small amounts of needles were found.

According to the results of the study the method for harvesting logging residues in which the forest haulage of logging residues is not done immediately after logging of stemwood is to be recommended. The harvesting of logging residues should be timed so that they are left during the summer time for at least two months in the forest before forest haulage.

SISÄLLYS

	Sivu
1. JOHDANTO	4
2. AINEISTO	5
3. TUTKIMUSMENETELMÄ	5
4. TULOKSIA	6
41. Varastointiajan vaikutus hakkuutähteen koostumukseen	6
42. Varastointiajan vaikutus hakkuutähteen kosteussuhteeseen	7
43. Kosteuden vaikutus puuainepitoisuuteen	7
44. Irtoilavuusyksikön puuainemäärä	9
5. PÄÄTELMÄ	9
6. YHDISTELMÄ	10
KIRJALLISUUS	11
SUMMARY	12
TAULUKOT JA LIITTEET	13

1. JOHDANTO

Hakkuutähde sisältää korjuussa metsään käyttämättömänä jäävät oksat, latvukset, ainespuun sekä raivauspuun. Sen korjuu ja teollinen hyväksikäyttö on ollut maassamme viime aikoina kiinnostuksen kohteena. Tämä on loogista jatkoa kanto- ja juuripuun sekä kokopuun korjuu- ja hyväksikäyttöselvityksille. Hakkuutähteen käyttökohteina tulee ensisijaisesti kyseeseen levyteollisuus, mutta mahdollisesti myös sulfaattiselvityksellisyys.

Hakkuutähteen korjuu tulee käytännön mitakaavassa tapahtumaan luultavimmin seuraavalla tavalla: Runkopuun hakkuun jälkeen hakkuutähde kuljetetaan monitoimikonetyömailla kuormatraktorilla välivarastolle (Melkko 1976a). Moottorisahatyömailla tarvitaan ennen hakkuutähteen metsäkuljetusta jonkinlaista esikasusta (Mäkelä 1975, Melkko 1976b). Välivarastolla hakkuutähde haketetaan joko hakkuutähde- tai monikäyttöhakurilla (Melkko 1976c, 1977) suoraan auton lavalle tai vaihtoehtoisesti maahan odottamaan myöhemmin tapahtuvaa kaukokuljetusta. Hakeautoilla hakkuutähdehake viedään käyttökohteeseen, jossa se luultavasti seulotaan ennen prosessiin joutumista.

Perusta mahdolliselle hakkuutähteen hyväksikäytölle luodaan kuitenkin korjuussa saavutettavilla tuloksilla. Kulloinkin hakkuutähteen korjuussa käytettävien korjuumenetelmien ja -välineiden valintaan tulevat vaikuttamaan mm. runkopuun korjuumenetelmä ja ajankohta, leimikon koko ja sijainti sekä halutulle hakkuutähderäaka-aineelle asetettavat laatuvaatimukset. Tässä tutkimuksessa on pyritty selvittämään korjatun hakkuutähteen laatua sekä sen ominaisuuksien muuttumista hakkuun jälkeen.

Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen on runkopuun hakkuun ja hyväksikäytön

välillä jaettavissa muuttumiseen hakkuutähteenä ja muuttumiseen hakkeena. Jälkimmäisestä, johon ei tässä tutkimuksessa puututa, on saatavissa tietoutta kuitupuun- ja kokopuuhakkeen muuttumisesta varastoinnin aikana (mm. Bergman 1973a, 1973b, Gisle Rud 1974, Gisle Rud ja Grønlien 1977). Suomessa tehdään parhaillaan hakkuutähdehakkeen säilymisestä tutkimusta, mutta sen tulokset eivät ole vielä käytettävissä.

Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen on jaettavissa neulasten^{*)} vähenemiseen, kuoren irtoamiseen ja puuaineen lahoamiseen. Neulasten määrän väheneminen ja kuoren osittainen irtoaminen puuaineesta ovat hakkeen laatua parantavia tekijöitä. Puuaineen lahoaminen varastoinnin aikana puolestaan pienentää hakkeesta valmistettavan tuotteen saantoa ja näin ollen alentaa hakkeen käyttöarvoa.

Suomen olosuhteisiin soveltuva tutkimustietoutta on potentiaalisen raaka-ainejakauman osalta Hakkilan (1971) tutkimuksessa. Tiiosen (1963) tutkimuksessa puolestaan selostetaan visuaalisia muutoksia, joita hakkuutähteessä tapahtuu hakkuun jälkeen.

Hakkuutähteen kuivumisesta ja muuttumisesta on tuloksia mm. Toolen (1955) ja Waden (1969) tutkimuksissa, mutta näitä tuloksia ei olosuhteiden erilaisuuden vuoksi voitane soveltaa Suomeen.

Tutkimuksessa ovat avustaneet Tapio Järvinen (aineiston käsittely), Leena Kunnari ja Leena Muronranta (piirroksiset) sekä Aune Rytönen ja Leena Turunen (konekirjoitustyöt). Käsikirjoituksen ovat lukeneet Pertti Harstela, Matti Kärkkäinen ja Olli Uusvaara. Kiitän tuesta.

*) neulasiin sisällytetään tässä tutkimusraportissa myös mahdollisesti mukana olevat lehdet.

2. AINEISTO

Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttumista koskeva tutkimus tehtiin Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton ry:n hakkuutähdeprojektin metsäryhmän toimintasuunnitelman mukaisesti vuosien 1975 ja -76 hakkuutähdetyömailla. Kaksi työmaista sijaitsi Uudellamaalla, loput yhdeksän Kymenlaaksossa tai Etelä-Karjalassa.

Tutkimusaineisto käsitti näin ollen 11 hakkuutähteen korjuutyömaata. Näistä korjattiin 8 vuoden 1975 aikana ja loput 3 vuonna 1976. Koska suurimmat muutokset hakkuutähteessä tapahtunevat kesäaikana, on kesäkauden säätiloilla merkitystä tuloksiin. Tutkimuksen aikana kesällä 1975 oli suhteellisen kuivaa ja lämmintä, kun taas kesällä 1976 oli viileää ja satoi useasti.

Koetyömaiden tutkimuksellinen päätarkoitus oli hakkuutähteen leimikoittaisen määrän ja talteensaannon selvittäminen. Ne oli siksi pyritty valitsemaan

tältä kannalta mahdollisimman edustavasti niin sijainnin kuin korjuutapojenkin puolesta. Tämä aiheutti sen, ettei aineisto ole hakkuutähteen muuttumista koskevien tekijöiden, kuten esimerkiksi varastointiaikojen puolesta kovin laaja.

Suurimmassa osassa tutkimustyömaista oli runkopuu hakattu monitoimikoneella, jolloin hakkuutähte oli jäänyt kasoihin palstalle. Näistä kasoista hakkuutähte kuljetettiin välivarastolle kuormatraktorilla. Miestyönä suoritettun runkopuun hakkuun jälkeen hakkuutähte kerättiin kasoihin tai aumoihin yleensä maataloustraktoriperustaisella kasauslaitteella (esim. kultivaattorilla). Kasattu hakkuutähte kuljetettiin välivarastolle kuormatraktorilla. Hakkuutähte haketettiin välivarastolla vuonna 1975 Trelan- ja Karhula-laikkahakkureilla ja vuonna 1976 Algol-rumpuhakkureilla. Taulukossa 1 on esitetty tietoja tutkimustyömaista.

3. TUTKIMUSMENETELMÄ

Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttumista tutkittiin vertaamalla pystypuiden puuaineen, kuoren ja neulasten suhdetta hakkuutähteen korjuussa talteensaatan hakkeen vastaavaan suhteeseen. Puuaineen lahoamisesta ei tehty varsinaista selvitystä. Suoritettua visuaalisessa tarkastelussa ei havaittu puuaineen lahoamista.

Pystypuiden puuaineen, kuoren ja neulasten määrät laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla kehitetyllä laskentaohjelmalla (Lehtonen ja Mäkelä 1976). Siinä tarvittavat lähtötiedot saatiin leimikoiden pystymittaustiedoista. Laskennasta voi aiheutua virhettä, koska koeleimikoiden puut ovat saattaneet olla erilaiset kuin laskennan perusteena käytetyn tutkimuksen koepuut. Mahdollisesta virheestä ei ole kuitenkaan tämän tutkimuksen tulosten käytettävyyteen merkittävää vaikutusta, sillä tärkeimmät tulokset perustuvat työmailta saatujen hakkuutähdihakkeiden laadun analysointiin.

Hakkuutähteen korjuussa talteensaatan hakkeen raaka-ainejakauma selvitettiin hakeanalyysin avulla.

Tämä tapahtui seuraavasti: Kultakin tutkimustyömaalta otettiin kaksi erillistä 15–30 litran hakenäytettä, jotka jatkossa käsiteltiin erikseen. Myöhemmin esitettävät tulokset ovat näiden keskiarvoja. Kumpikin näyte seulottiin Williams-reikäseulalla. Jokainen jaekoko punnittiin ja laskettiin niiden suhteelliset osuudet. Tämän jälkeen jakeissa olevista hakepaloista erotettiin puuaines, kuori ja neulaset, jotka punnittiin tuoreena ja absoluuttisen kuivana. Jakeet 32–13 mm käsiteltiin kokonaisuudessaan ja jakeista 13–3 mm otettiin käsiteltäyn edustava näyte. Mittausten perusteella laskettiin eri jaekokojen ja koko näytteen raaka-ainejakaumat. Tulokset on esitetty kuivina massoina ellei toisin mainita. Tämän tutkimusraportin liitteenä on esitetty esimerkkejä hakeanalyysin tuloksista.

Hakkeesta otettiin kutakin työmaata kohti myös kaksi kosteusnäytettä, jotka käsiteltiin laboratorioissa. Hakkeen irtotilavuutena mitatun kuutiometrin kuivat ja tuoremassat saatiin autokuormien punnitustietojen ja kosteusnäytteiden avulla.

4. TULOKSIA

41. Varastointiajan vaikutus hakkuutähteen koostumukseen

Seuraavissa tarkasteluissa on aikatekijäksi (= myöhemmin varastointiaika) otettu runkopuun hakkuun ja hakkuutähteen metsäkuljetuksen välinen aika. Tämän ajan voi katsoa kuvaavan paremmin hakkuutähteen varastointiaikaa kuin runkopuun hakkuun ja hakkuutähteen haketuksen välisen ajan. Tämä johtuu siitä, että hakkuutähte kuivuu tehokkaasti vain ollessaan levällään maastossa hakkuun jäljiltä. Välivarastokasoissa kuivuminen tapahtuu yleensä vain päällimmäisessä kerroksessa ja sen vaikutus kokonaisuuteen isoissa kasoissa on pieni. Mikäli välivarastokasat ovat pieniä tai kapeita ja matalia, tapahtunee kuivumista jonkin verran myös kasojen sisäosissa.

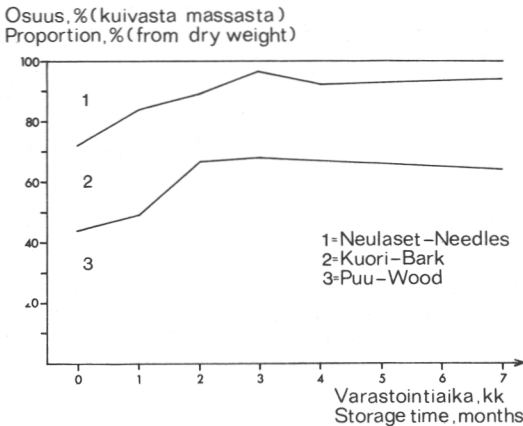
Hakeanalyysin ja pystypuiden hakkuutähteen määrän laskentatulokset on esitetty taulukossa 2. Sen perusteella voidaan todeta, että hakkeen puuainepitoisuus on ollut 42–79 %, kuoripitoisuus 21–37 % ja neulaspitoisuus 0–28 %. Varastointiaikana puuaineen osuus on

lisääntynyt 3–40 prosenttiyksikköä, kuoren osuus muuttunut –1–+11 prosenttiyksikköä ja neulasten määrä vähentynyt 17–39 prosenttiyksikköä. Ennen hakkuuta oli hakkuutähteessä keskimäärin puuainetta 40 %, kuorta 23 % ja neulasia 37 %. Kuvassa 1 on esitetty varastointiajan vaikutus hakkeen raaka-ainejakaumaan.

Mikäli ei tarkastella koko haketta, vaan vain reikäseulonnan jaottelemia yli 6 mm pituisia hakepaloja, muuttuu myös raaka-ainesuhde (kuva 2). Perusteena näin suoritettulle jaottelulle voidaan pitää teollisuudessa monin paikoin suoritettavaa purujakeen eli alle 6 mm pituisten hakepalasten poistoa seulonnan yhteydessä.

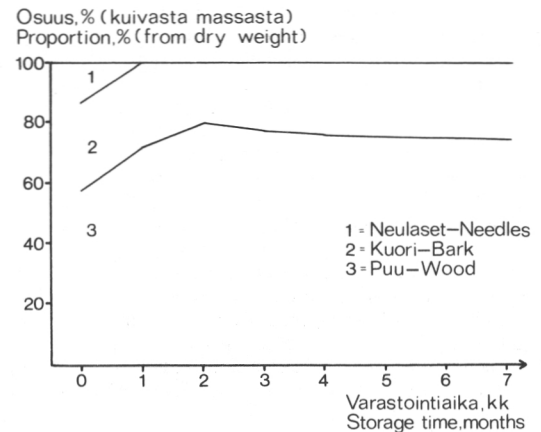
Kuvien 1 ja 2 raaka-ainesuhteita vertaamalla havaitaan, että purujakeen poistaminen nostaa puuaineen osuutta 4–29 % ja muuttaa kuoren osuutta –13–+3 %. Neulaset ovat aivan tuorena hakettua hakkuutähdettä lukuunottamatta olleet alle 6 mm jakeissa.

Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että varastointiaika on kunkin leimikon runkopuun hakkuun ja hakkuutähteen metsäkuljetuksen välinen aika. Kulloinkin esitettävät



Kuva 1. Hakkuutähteen varastointiajan vaikutus hakkeen raaka-ainejakaumaan.

Fig. 1. The correlation between the storage time and the raw material distribution of chips.



Kuva 2. Varastointiajan vaikutus hakkeen raaka-ainejakaumaan yli 6 mm pituisella hakkeella.

Fig. 2. The correlation between the storage time and the raw material distribution of chips over 6 mm long.

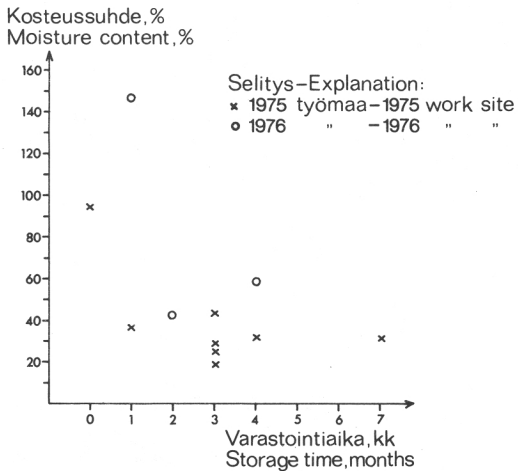
ominaisuudet ovat eri leimikoiden hakkuutäh-
teen korjuun lopputuloksia. Mahdollisesti olisi
päädytty toisiin tuloksiin, mikäli eri varastointi-
aikojen havainnot olisi tehty samalta leimikolta.
Tutkimuksessa käytetty menetelmä antaa kuitenkin
paremmin käytäntöä palvelevia tietoja.

Kuvan 1 perusteella voidaan todeta, että
hakkuutähteen varastointiajan ollessa yli 2 kuukautta
on siitä tehdyn hakkeen puuainepitoisuus
ollut yli 60 %. Kuoren osuus on vastaavassa
hakkeessa hieman alle 30 % ja neulasten osuus
10 %. Varastointiajan ollessa 0–1 kuukautta
on hakkeen puuainepitoisuus ollut yleensä 45–
55 %, kuoripitoisuus noin 30 % ja neulasten
osuus 20–25 %.

Jos tarkastellaan puolestaan tuloksia yli
6 mm:n pituisista hakepaloista (kuva 2) havai-
taan, että jo yhden kuukauden varastointi on
nostanut puuainepitoisuuden 70–80 prosentti-
yksikköön. Kuoren osuus hakkeessa on ollut
20–29 %, eikä vaihtelu näytä riippuvan varas-
tointiajasta. Tulosten yleistettävyyttä edellyttää,
että ainakin osa varastointiajasta osuu kesä-
kauteen.

42. Varastointiajan vaikutus hakkuutähteen kosteussuhteeseen

Hakkuutähteen kuivuminen riippuu paitsi
varastointiajan pituudesta, myös sen ajankoh-



Kuva 3. Varastointiajan ja hakketun hakkuutähteen
kosteussuhteen välinen riippuvuus.
Fig. 3. The correlation between the storage time
and the moisture content.

dasta ja vallinneista säätiloista. Talvella ei hak-
kuutähteen kosteudessa tapahtune suuresti muu-
toksia, kesällä voi sen sijaan suhteellisen lyhyt,
lämmin ja kuiva aika merkitä paljon. Koska
kaikilla tutkimustyömailta tapahtui haketus kesä-
sän tai syksyn aikana, osui yhtä työmaata
lukuun ottamatta (työmaa 9) ainakin osa varas-
tointiajasta kesäkaudelle. Hakkeen kosteussuh-
teen ja varastointiajan välistä riippuvuutta on
tarkasteltu kuvassa 3. Hakkuutähdehakkeen
työmaittaiset kosteussuhteet on esitetty seuraavassa
asetelmassa.

Työmaa	Kosteussuhde %
1	31
2	32
3	29
4	25
5	19
6	43
7	37
8	95
9	146
10	59
11	43

Kuvan 3 mukaan hakkuutähteen kosteus
alkaa laskea suotuisissa olosuhteissa (kesä 1975)
varsin nopeasti hakkuun jälkeen. Kesällä 1976
vallinnut kosteus ja kylmyys näyttää hidastaneen
kuivumista.

43. Kosteuden vaikutus puuainepitoisuuteen

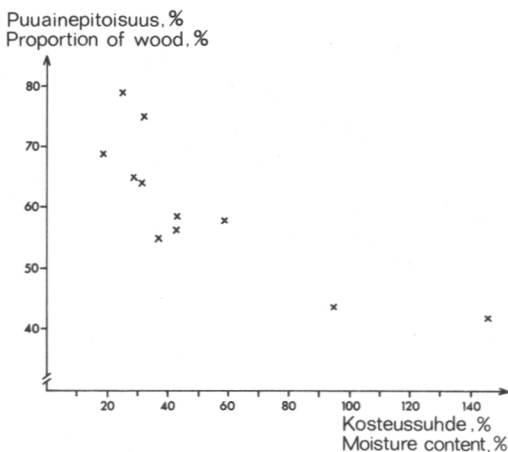
Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttumiseen
hakkuun jälkeen vaikuttaa ensisijaisesti kosteuden
muuttuminen eikä niinkään varastointiaika, vaikka se
on esitetty tässä tutkimusraportissa ensimmäisenä
kohtana. Esitysjärjestys johtuu siitä, että varas-
tointiaika on se tekijä, johon käytännön suunnittelu-
ja korjuutyössä voidaan parhaiten vaikuttaa ja joka
on helpoin määrittää.

Kuivuminen saa aikaan hakkuutähteessä
neulasten varisemista ja kuoren osittaista irtoamista
puuaineesta. Tarpeeksi pitkällä varastointiajalla
on jopa mahdollista päästä eroon kaikista neula-
sista. Neulasten ja pienessä määrin myös kuoren
vähentäminen nostaa puuainepitoisuuden ja vähäisessä
määrin myös kuoren suhteellista osuutta hakkeessa.
Kuvassa 4 on esitetty tutkimustyömailta saatujen
hakkeiden puuainepitoisuuden ja hakkeen kosteussuhteen
välinen riippuvuus.

Kuvan 4 mukaan hakkeen puuainepitoisuus
alkaa nousta varsin nopeasti kosteussuhteen

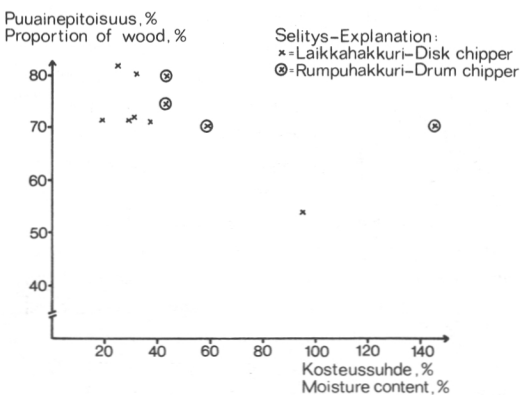
laskiessa 60 % alapuolelle. Suurimmat puuainepitoisuudet saavutetaan kosteussuhteen ollessa 20–30 %. Koetyömailla oli puuainepitoisuus tällöin 64–79 %.

Kuvassa 5 on tarkasteltu hakkurityypeittäin ryhmiteltyä haketta, josta on poistettu alle 6 mm pituiset hakepalat. Havaintojen vähäisyyden perusteella ei kuvasta voida tehdä mitään varmoja johtopäätöksiä. Näyttäisi kuitenkin siltä, että laikkahakkurilla hakettaessa puuainepitoisuus laskee kosteussuhteen noustessa, kun taas rumpuhakkurilla puuainepitoisuus pysyy



Kuva 4. Hakuutähdehakkeen kosteussuhteen ja puuainepitoisuuden välinen riippuvuus.

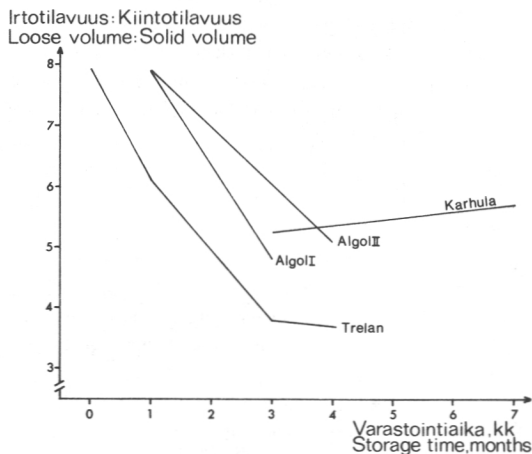
Fig. 4. The correlation between the moisture content and the proportion of wood in chips.



Kuva 5. Yli 6 mm pituisen hakuutähdehakkeen kosteussuhteen ja puuainepitoisuuden välinen riippuvuus.

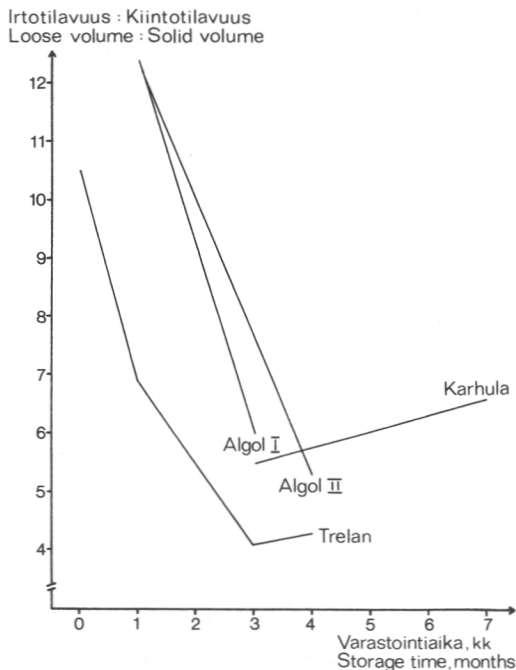
Fig. 5. The correlation between the moisture content and the proportion of wood in chips over 6 mm long.

lähes vakiona kosteussuhteesta riippumatta. Tämä johtuu siitä, että vaikka kuorta ja neulasia on hakkuutähdeessä paljon, ne murskautuvat rumpuhakkurissa tai sen jälkeisessä seulassa suurimmaksi osaksi alle 6 mm pituisiksi pala-



Kuva 6. Hakuutähdehakkeen puuainesisältö.

Fig. 6. The amount of wood in logging residue chips.



Kuva 7. Yli 6 mm pituisen hakuutähdehakkeen puuainesisältö.

Fig. 7. The amount of wood in logging residue chips over 6 mm long.

siksi. Kosteussuhteen noustessa alle 6 mm hakepalojen määrä kasvaa, lähinnä neulasten ansiosta, mutta puuainepitoisuus yli 6 mm pituisessa hakkeessa pysyy lähes vakiona.

44. Irtotilavuusyksikön puuainemäärä

Hakkuutähdehakkeen irtotilavuutena mitattun kuutiometrin sisältämän puuaineen määrää on tarkasteltu hakkurikohtaisesti kuvassa 6. X-akselilla on varastointiajan pituus ja y-akselilla on nähtävissä hakemäärän irtotilavuuden ja siinä olevan puuaineen kiintotilavuuden suhde. Kuvan 6 mukaan Trelan-hakkurilla hakettaessa 3 kuukautta maastossa levällään ollut hakkuutähdeä tarvitaan yhden kuorettoman puuainekuutiometrin saamiseksi noin 4 irtotilavuutena mitattua kuutiometriä haketta, kun taas vastaavaan puuainemäärään tarvitaan kuukauden varastoitua hakkuutähdeä noin 6 irtotilavuutena mitattua kuutiometriä haketta.

Vaikka hakkurikohtainen aineisto on varsin

suppea, voitaneen kuvan 6 perusteella tehdä joitakin johtopäätöksiä.

Puuainekuutiometrin saamiseksi tarvittava hakemäärä näyttää vähenevän aluksi jyrkästi varastointiajan kasvaessa. Jonkinlainen tasaantumiskohta näyttää olevan 3 kuukauden kohdalla, mutta tästä ei voi olla aivan varma aineiston suppeudesta johtuen.

Kuvassa 7 on esitetty vastaava piirros hakkeesta, josta on poistettu alle 6 mm pitkät hakepalat. Suorat käyttäytyvät samoin kuin kuvassa 6 eroten vain y-akselin arvoiltaan.

Trelan-(laikka)hakkurilla hakettaessa näytetään päästävän suurempaan puuainemäärään kuin Algol-(rumpu)hakkureilla. Eroa selittää ainakin osaltaan se, että Trelan-hakkurin hakettava hakkuutähde oli kuivunut sääoloista johtuen tehokkaammin samanpituisessa varastointiajassa. Toinen asiaan vaikuttava tekijä on Trelan-syöttölaitteesta johtunut pienten oksien ja neulastupsujen kulkeutuminen hakkurin alle. Tämä poisti hakkuutähteestä osan pienimmistä oksista, joiden puuainepitoisuus oli varsin pieni.

5. PÄÄTELMIÄ

Tulokset ovat osoittaneet, että jättämällä hakkuutähteet kesän ajaksi korjaamattomina metsään, voidaan niiden puuainepitoisuutta korottaa sekä neulasten, lehtien ja muun käytön kannalta epäsuotuisan aineksen määrää vähentää merkittävästi.

Kun runkopuun hakkuun ja hakkuutähteen metsäkuljetuksen välillä pidetään kesäkautena yli kahden kuukauden väli, nousee hakkuutähdehakkeen puuainepitoisuus tutkimusaineiston mukaan yli 60 %:iin, samalla kun neulasten osuus jää alle 10 %. Jos varastointi tehdään vuodenaikana, jolloin hakkuutähde ei kuivu, oleellisia muutoksia ei tapahtune.

Mikäli tarkastellaan vain 6 mm pitempää haketta, nostaa jo yhden kuukauden varastointi puuainepitoisuuden 70–80 prosenttiyksikköön. Kuoren osuus on tällöin 20–29 % ja neulasia on varsin vähän.

Hakkeen puuainepitoisuuden nostaminen vaikuttaa käyttökohteeseen hankittavan hakkuutähdehakkeen määrään, mikäli tiettyä puuainemäärää pidetään tavoitteena. Tutkimusaineiston mukaan esimerkiksi Trelan-hakkurilla

tuoreena hakettua hakkuutähdeä tulee olla yli 100 % enemmän kuin 3 kuukautta maastossa levällään kuivuneesta hakkuutähteestä tehtyä haketta, mikäli halutaan saada sama puuainemäärä. Sama koskee myös haketta, josta on poistettu alle 6 mm pituiset hakepalat.

Edellä esitetyn perusteella voidaan päätyä suosittelemaan hakkuutähteen korjuumenetelmää, jossa hakkuutähteen metsäkuljetusta ei suoriteta välittömästi runkopuun hakkuun jälkeen. Korjuu tulisi ajoittaa siten, että hakkuutähde voisi olla kesäaikana levällään maastossa ainakin kahden kuukauden ajan.

Mikäli tarkastellaan vain yli 6 mm jakeita, saavutetaan tällöin jo yhden kuukauden varastoisella varsin korkea puuainepitoisuus. Tällöin on kuitenkin alle 6 mm:n jakeiden osuus koko hakemäärästä huomattava, ja siitä on vielä neulasia suurin osa. Vaikka tällaisella purujakeella on kieltämättä polttoarvoa, lienee kuitenkin kokonaisuutta ajatellen parempi pyrkiä jättämään mahdollisimman suuri osa neulasista hakkuualalle, jossa niiden runsaat ravinteet palaavat ravinnekiertoon.

6. YHDISTELMÄ

Tutkimuksessa tarkasteltiin hakkuutähteen muuttumista hakkuun jälkeen yhdellätoista vuosi-
sina 1975–76 korjatulla hakkuutähdetyömaalla. Haketuksen aikana otettiin työmailta hakenäytteet, joista määritettiin hakkeen kosteus ja raaka-ainesisältö.

Varastointiajalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa runkokuun hakkuun ja hakkuutähteen metsäkuljetuksen välistä aikaa. Kun tarkasteltiin varastointiajan pituuden vaikutusta hakkeen raaka-ainesisältöön, havaittiin yli kahden kuukauden varastointiajan nostaneen hakkeen puuainepitoisuuden yli 60 %:iin. Kuoren osuus oli tällöin alle 30 % ja neulasten osuus alle 10 %. Yli 6 mm pituisilla hakepaloilla jo yhden kuukauden varastointi nosti puuainepitoisuuden 70–80 %:iin, kuoren osuuden ollessa 20–29 %. Neulasia oli hakkeessa tällöin hyvin vähän (kuvat 1 ja 2).

Kun tarkasteltiin kosteussuhteen ja puuainepitoisuuden välistä riippuvuutta, havaittiin puuainepitoisuuden alkaneen nousta varsin nopeasti kosteussuhteen laskiessa 60 % alapuolelle. Suurimmat puuainepitoisuudet saavutettiin kosteussuhteen ollessa 20–30 % (kuva 4). Yli 6 mm pituisella laikkahakkurin (Trelan) hakkeella puuainepitoisuus alkaa laskea kosteus-

suhteen noustessa. Vastaavassa rumpuhakkurin (Algol) hakkeessa sen sijaan näyttää puuainepitoisuus pysyvän lähes vakiona kosteussuhteen muuttuessa (kuva 5).

Seuraavaksi tarkasteltiin irtotilavuutena mitatun hakkuutähdihakkeen sisältämän puumäärän riippuvuutta hakkurista ja varastointiajasta. Trelan-laikkahakkurilla haketettaessa päästiin suurempaan puuainemäärään kuin Algol-rumpuhakkurilla varastointiajan ollessa sama (kuvat 6 ja 7). Yhden puuainekuutiometrin saamiseksi tarvittava irtotilavuutena mitattu hakemäärä vähenee jyrkästi varastointiajan kasvaessa. Tietynlainen tasaantumiskohta on kolmen kuukauden kohdalla. Esimerkkinä mainittakoon, että Trelan-hakkurilla haketettaessa tuoretta hakkuutähdettä tulee tätä olla hakkeena 100 % enemmän kuin kolme kuukautta varastoitua hakkuutähdettä, mikäli halutaan saada sama puuainemäärä.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan suositella hakkuutähteelle korjuumenetelmää, jossa hakkuutähteen metsäkuljetusta ei suoriteta välittömästi runkokuun hakkuun jälkeen. Korjuu tulisi ajoittaa siten, että hakkuutähdettä voisi olla kesäaikana levällään maastossa ainakin kahden kuukauden ajan.

KIRJALLISUUS

- BERGMAN, Ö. 1973a. Lagring av bränsleflis. Summary: Storage of fuel chips. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 85: 1-70.
- 1973b. Wood substance losses in some chip storage experiments. IUFRO-Symposium, Protection of wood in storage. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 83. XVII: 1-28.
- GISLERUD, O. 1974. Heltreutnyttelse. V. Lagring av heltreflis. Summary: Storing of whole tree chips. NISK Rapport 5/74: 1-29.
- & GRØNLIEN, H. 1977. Lagring av heltreflis. Summary: Storage of whole-tree chips. NISK Rapport 1/77: 1-26.
- HAKKILA, P. 1971. Coniferous branches as a raw material source. Tiivistelmä: Havupuun oksat raaka-ainelähteenä. Commun. Inst. For. Fenn. 75 (1): 1-60.
- LEHTONEN, E. & MÄKELÄ, M. 1976. Hakkuutähteen määrä. METLA, moniste. 1-6.
- MELKKO, M. 1976a. Hakkuutähteen metsäkuljetus kuormatraktorilla. Summary: Forest haulage of logging residues by forwarder. Metsätehon tiedotus 339: 1-16.
- 1976b. Hakkuutähteen kasaus liukupuomi-kuormaimella. Summary: Bunching of logging residues by slide boom loader. Metsätehon katsaus 5: 1-4.
- MELKKO, M. 1976c. Hakkuutähteen haketus väli-varastolla Trelan D-60 -laikkahakkurilla. Metsätehon seloste 7: 1-10.
- 1977. Algol monikäyttöhakkuri. Summary: Algol multipurpose chipper. Metsätehon katsaus 12: 1-6.
- MÄKELÄ, M. 1975. Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus. Summary: Bunching and transportation of branch raw material. Folia For. 237: 1-19.
- TIIHONEN, P. 1963. Hakkuun ajankohdan arvioiminen metsävarojen inventoinnissa ja ohjeet sen suorittamiseksi. Summary: On the determining of cutting date from logging residuals and the instructions for use in practical inventories. Commun. Inst. For. Fenn. 57 (6): 1-41.
- TOOLE, E.R. 1965. Deterioration of hardwood logging slash in the South. Tech. Bull. U.S. Dep. Agric. No 1328.
- WADE, D.D. 1969. Research on logging slash disposal by fire. Proc. Tall Timbers Fire Ecol. Conf. no 9/1969: 229-34 (ref. Forestry Abstracts 1971: 956).

SUMMARY

The changes in the quality of logging residues was studied at 11 work sites, which were harvested in 1975 and 1976. Chip samples were taken from every work site during chipping and the moisture content and the distribution of the raw material was determined.

The storage time in this study refers to the time between harvesting of stemwood and forest haulage of logging residues. When the storage time was over 2 months the proportion of wood increased up to 60 %. The proportion of bark was then 30 % and the proportion of needles less than 10 %. The proportion of wood in the chips over 6 mm long was already after one month 70–80 %, the proportion of bark was 20–29 %. Only very small amounts of needles were found (fig. 1 and 2).

The proportion of wood started to increase quite fast after the moisture content had decreased to under 60 %. The greatest proportion of wood was when the moisture content was 20–30 % (fig. 4). In the case of the chips with a length of more than 6 mm from the Trelan disk chipper, the proportion of wood starts to decrease after the moisture content increases. In the chips made by the Algol drum chipper the proportion of wood seems to remain

constant when the moisture content is changing (fig. 5).

The dependence of the amounts of wood in one loose chip cubic meter on the chipper and the storage time was then studied. It was found that the wood content was greater when chipping with a Trelan chipper than when the chips were made by an Algol chipper, the storage time being the same (fig. 6 and 7). The number of loose chips cubic meters which are equivalent to one solid cubic meter of wood becomes much smaller when the storage time is increased. A steady state is reached in three months. As an example it can be mentioned that when chipping fresh logging residues with the Trelan chipper 100 % more chips are needed than when chipping the same logging residues stored three months, if the same amount of wood is to be obtained.

According to the results of the study the method for harvesting logging residues in which the forest haulage of logging residues is not done immediately after logging of stemwood is to be recommended. The harvesting of logging residues should be timed so that they are left during the summer time for at least two months in the forest before forest haulage.

Taulukko 1. Tietoja tutkimustyömaista.
Table 1. Information about the research work sites.

Leimikko Work site	Puulajisuhteet, % Proportion of species, %						Runkopuu korjuu Harvesting of stemwood			Hakkuutahteen korjuu Harvesting of logging residues		
	Runkopuu, m ³ Stemwood, m ³			Hakkuutähde (kuiva- massa) – Logging residues			Menetelmä/ monitoimi- kone Method 1)	Aika Date 2)	Hakkuri Chipper	Keräysaika Date of forest haulage	Haketusaika Date of chipping	
	mänty pine	kuusi spruce	koivu birch	mänty pine	kuusi spruce	koivu birch						
1	36	57	7	18	77	5	Moto/Volvo	Marrask. -74	Karhula	Kesäk. -75	Lo kak. -75	
2	29	60	11	16	77	7	–”–	Helmik. -75	Trelan	Toukok. -75	–”–	
3	14	78	8	7	89	4	Manu	Huhtik. -75	Karhula	Kesäk. -75	Syysk. -75	
4	13	83	4	6	91	3	–”–	–”–	Trelan	–”–	Elok. -75	
5	27	69	4	12	86	2	Moto/Volvo	–”–	Karhula	–”–	Lo kak. -75	
6	9	90	1	5	95	Δ	–”–	–”–	Algot I	–”–	Elok. -75	
7	13	85	2	6	93	1	–”–	Toukok. -75	Trelan	–”–	–”–	
8	..	..	..	..	..	..	Moto/Pika 75	Elok. -75	Trelan	Elok. -75	Syysk. -75
9	2	98	Δ	1	99	Δ	Moto/Kockum	Syysk. -75	Algot I	Lo kak. -75	Heinäk. -76	
10	12	86	2	6	93	1	Moto/ÖSA	Helmik. -76	Algot II	Kesäk. -76	Marrask. -76	
11	24	75	1	14	85	1	Moto/Pika 75	Huhtik. -76	Algot II	–”–	Elok. -76	

1) Manu = harvesting manually

Moto = multipurpose logging machine harvest

2) Helmikuu = February

Huhtikuu = April

Toukokuu = May

Kesäkuu = June

Heinäkuu = July

Elokuu = August

Syyskuu = September

Lo kakuu = October

Marraskuu = November

Taulukko 2. Hakkuutähteen raaka-ainejakauma runkopuun hakkuun aikana sekä hakkuutähteen haketusajankohtana.
 Table 2. The raw material distribution of logging residues during stemwood logging and chipping.

Leimikko Work site	Varastointi- aika (kk) ja vuosi Storage time Date, month and year	Hakkuun aikana <i>During stemwood logging</i>			Haketusaikana <i>During chipping</i>		
		Osuus, % (kuivasta massasta) <i>Proportion (from dry weight)</i>			Osuus, % kuivasta massasta) <i>Proportion (from dry weight)</i>		
		Puuta <i>Wood</i>	Kuorta <i>Bark</i>	Neulasia <i>Needles</i>	Puuta <i>Wood</i>	Kuorta <i>Bark</i>	Neulasia <i>Needles</i>
1	7, -75	43	23	34	64	30	6
2	4, -75	42	23	35	75	23	2
3	3, -75	40	22	38	65	33	2
4	3, -75	39	22	39	79	21	Δ
5	3, -75	39	22	39	69	30	1
6	3, -75	38	22	40	59	33	8
7	1, -75	38	22	40	55	25	20
8	0, -75	..	..	..	44	28	28
9	1, -76	39	23	38	42	37	21
10	4, -76	41	24	35	58	29	13
11	2, -76	41	23	36	57	32	11

LIITTEET

Liite 1. Esimerkkejä Algol hakkurilla tehdyn hakkuutähdehakkeen jakautumisesta puuaineeseen, kuoreen ja neula-siin.

A = Työmaa 10

– varastoimisaika 4 kuukautta

– hakkuutähteen puulajisuhde = mänty 6 %, kuusi 93 %, koivu 1 %

B = Työmaa 11

– varastoimisaika 2 kuukautta

– hakkuutähteen puulajisuhde = mänty 14 %, kuusi 85 %, koivu 1 %

Taulukko = Hakeanalyysin tulokset (kuivana massana)

Jaekoko mm (reikäseulonta)	Osuus erästä %	Jakeen puupitoi- suus %	Puuta jakeessa %	Jakeen kuoripitoi- suus %	Kuorta jakeessa %	Jakeen neulaspit. %	Neulasia jakeessa %
T y ö m a a A							
> 32	5	84	4	16	1	–	–
32...25	5	85	4	15	1	–	–
25...19	11	83	9	17	2	–	–
19...16	10	80	8	19	2	1	–
16...13	12	77	9	22	3	1	–
13...6	30	59	18	39	12	2	–
6...3	12	31	4	44	5	25	3
< 3	15	5	1	30	4	65	10
Yhteensä	100		57		30		13
T y ö m a a B							
> 32	1	100	1	△	△	△	△
32...25	3	97	3	3	△	△	△
25...19	6	90	5	10	1	△	△
19...16	8	90	7	10	1	△	△
16...13	8	84	7	16	1	△	△
13...6	32	72	23	27	9	1	△
6...3	21	44	9	44	9	12	3
< 3	21	11	2	50	11	39	8
Yhteensä	100		57		32		11

Liite 2. Esimerkkejä Trelan hakkurilla tehdyn hakkuutähdehakkeen jakautumisesta puuaineeseen, kuoreen ja neulasin.

C = Työmaa 2

- varastoisaisaika 4 kuukautta
- hakkuutähteen puulajisuhde = mänty 16 %, kuusi 77 %, koivu 7 %

D = Työmaa 7

- varastoisaisaika 1 kuukausi
- hakkuutähteen puulajisuhde = mänty,6 %, kuusi 93 %, koivu 1 %

Taulukko = Hakeanalyysin tulokset (kuivana massana)

Jaekoko mm (reikäseulonta)	Osuus erästä %	Jakeen puupitoi- suus %	Puuta jakeessa %	Jakeen kuoripitoi- suus %	Kuorta jakeessa %	Jakeen neulaspit. %	Neulasia jakeessa %
T y ö m a a C							
> 32	6	86	6	13	1	1	△
32... 25	7	88	6	12	1	△	△
25... 19	12	89	10	11	1	△	△
19... 16	10	84	8	16	2	△	△
16... 13	12	83	10	16	2	1	△
13... 6	33	74	24	25	8	1	△
6... 3	13	59	7	31	4	10	1
< 3	7	29	4	57	4	14	1
Yhteensä	100		75		23		2
T y ö m a a D							
> 32	8	80	6	19	2	1	△
32... 25	8	84	7	15	1	1	△
25... 19	10	80	8	18	2	2	△
19... 16	8	75	6	21	2	4	△
16... 13	9	74	7	22	2	4	△
13... 6	22	57	13	41	9	2	△
6... 3	15	34	5	60	9	6	1
< 3	20	6	1	60	12	34	7
Yhteensä	100		53		39		8

ODC 33
ISBN 951-40-0274-1
ISSN 0015-5543

MÄKELÄ, M. 1977. Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen. Summary: Changes in the quality of logging residues. *Folia For.* 309: 1–16.

The aim of the study was to examine changes in the moisture content and amounts of wood, bark and needles of logging residues after stemwood harvesting. Chips taken from logging residue harvesting work sites were examined. In the results the correlation between the storage time and wood, bark and needles composition and the moisture content, the correlation between the moisture content and the wood content and the wood amount in loose chip cubic meters has been presented. Recommendations for timing of harvesting of logging residues has also been made.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 33
ISBN 951-40-0274-1
ISSN 0015-5543

MÄKELÄ, M. 1977. Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen. Summary: Changes in the quality of logging residues. *Folia For.* 309: 1–16.

The aim of the study was to examine changes in the moisture content and amounts of wood, bark and needles of logging residues after stemwood harvesting. Chips taken from logging residue harvesting work sites were examined. In the results the correlation between the storage time and wood, bark and needles composition and the moisture content, the correlation between the moisture content and the wood content and the wood amount in loose chip cubic meters has been presented. Recommendations for timing of harvesting of logging residues has also been made.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 33
ISBN 951-40-0274-1
ISSN 0015-5543

MÄKELÄ, M. 1977. Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen. Summary: Changes in the quality of logging residues. *Folia For.* 309: 1–16.

The aim of the study was to examine changes in the moisture content and amounts of wood, bark and needles of logging residues after stemwood harvesting. Chips taken from logging residue harvesting work sites were examined. In the results the correlation between the storage time and wood, bark and needles composition and the moisture content, the correlation between the moisture content and the wood content and the wood amount in loose chip cubic meters has been presented. Recommendations for timing of harvesting of logging residues has also been made.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 33
ISBN 951-40-0274-1
ISSN 0015-5543

MÄKELÄ, M. 1977. Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen. Summary: Changes in the quality of logging residues. *Folia For.* 309: 1–16.

The aim of the study was to examine changes in the moisture content and amounts of wood, bark and needles of logging residues after stemwood harvesting. Chips taken from logging residue harvesting work sites were examined. In the results the correlation between the storage time and wood, bark and needles composition and the moisture content, the correlation between the moisture content and the wood content and the wood amount in loose chip cubic meters has been presented. Recommendations for timing of harvesting of logging residues has also been made.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

- 1976 No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa.
Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine.
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta.
The wood basic density variation of pine and spruce provenances.
- No 258 Pentti Nisula: Muovihuoneen sadetuskone.
A sprinkler for a plastic greenhouse.
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973.
- No 260 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku-puomikuormausta varten.
Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading.
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla.
Felling of small-size trees with felling devices based on the chain saw and clearing saw.
- No 262 Olli Saikku ja Pentti Rikkonen: Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät
Bark amount of pulpwood and factors affecting it.
- No 263 Reino Saarnio: Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa.
The quality and development of cultivated curly-birch (*Betula verrucosa f. carelica* Sok.) stands in southern Finland.
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.
Yield from the first thinning.
- No 265 Olavi Huuri: Kallistusilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia.
Tilting of planted pines; survey results.
- No 266 Proposed tree breeding programme in Finland 1976—1985.
Abbreviation of the report issued by the Tree Breeding Committee (Committee Report 1975:25).
- No 267 Jari Parviainen: Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature.
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys.
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine
- No 269 Heikki Seppälä: Metsäsektorin alueellinen merkitys Suomessa.
Regional importance of the forest sector in Finland.
- No 270 Jaakko Virtanen: Metsänomistaja tienrakennuttajana.
The role of the forest owners in logging roads construction.
- No 271 Pertti Elovirta: Metsätalouden työvoiman tarjonta Suomessa 1945—1974 ja ennuste vuosille 1975—1985.
Forest labour supply in Finland 1945—1974 and a forecast to years 1975—1985.
- No 272 Eero Paavilainen: Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararämeillä.
Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps.
- No 273 Paavo Simola ja Markku Mäkelä: Rasiinkaato kokopuiden korjuussa.
Leaf-seasoning method in whole-tree logging.
- No 274 Kullervo Kuusela ja Sakari Salminen: Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973—74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala in 1973—74, Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1974, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1975.
- No 275 L. Runeberg: Driftsresultat från Skogsforskningsinstitutets företagsekonomiska forskningsskogar åren 1945—74.
The business economics result from the Forest Research Institute's research forests 1945—74.
- No 276 Pentti Iisalo, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Suomen metsien rakenteen seuranta-menettelmä.
Eine methode zur laufenden Überprüfung der Struktur der Wälder Finnlands.
- No 277 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja koivun terveystilaan.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1973—75.
- No 278 Heikki Juslin: Metsäalan toimihenkilöiden täydennyskoulutustarve.
The need for future education in forestry
- No 279 Jyrki Raulo ja Erkki Lähde: Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa.
Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 280 Veijo Heiskanen: Havusahatuktien kuorelliset keskusmuotoluvut.
Middle form factors of pine and spruce sawlogs.
- No 281 Yrjö Vuokila: Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan.
Effect of green pruning on the health of pine and birch.
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana.
The boring of standing trees as a source of defects.
- No 283 Leevi Pajunen: Metsurin työvälinekustannukset 1975—1976.
Forest worker's equipment costs 1975—1976
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehtipuun vioittajana sekä voittusten sienisaastunta.

- 1976 *Cicadella viridis* (L.) as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi.
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän inventoinnin koe Lounais-Suomessa. A test of two-step forest inventory in South-West Finland.
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia. Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland.
- No 287 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Koivutukkien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot. Top form factors and unit volumes of birch logs.
- No 288 Matti Leikola: Taimitarhamaan lämpöolot muovihuoneessa ja avomaalla. Soil temperature conditions in plastic greenhouse and in open nursery.
- No 289 Lehkoinen, Tapio: Pohjois- ja Etelä-Suomen väliset kantohintaerot. Stumpage price differences between Northern and Southern Finland.
- No 290 Heiskanen, Veijo: Tarkistetut havusahatukkien kuorelliset yksikkökuutioluvut. The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs.
- 1977 No 291 Uusitalo, Matti: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972—74. Costs of timber production in Finland in 1972—74.
- No 292 Hakkila, Pentti: Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena. Stumpwood as industrial raw material.
- No 293 Lehtonen, Irja: Puu polttoaineena. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Wood as a fuel. A study based on literature.
- No 294 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia. Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine).
- No 295 Metsätilastollinen vuosikirja 1975. Yearbook of Forest Statistics 1975.
- No 296 Heiskanen, Veijo: Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen puutavaran laatuerot. Quality differences of timber between Southern and Northern Finland.
- No 297 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Effect of spreading method on forest fertilization results.
- No 298 Vuokila, Yrjö: Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. Selective thinning from above as a factor of growth and yield.
- No 299 Vuokila, Yrjö: Hyvän kasvupaikan haavikoiden kasvukyvystä. On the growth capacity of aspen stands on good sites.
- No 300 Paavilainen, Eero: Helpoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levitysjan-kohdasta turvemaalla. Effect of application time on growth response to easily dissolving fertilizers on peatlands.
- No 301 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen tukkipuutaulukot. Tukkien minimiläpimittaluokka männynllä 13 cm ja kuusella 13 ja 15 cm. Massentafeln für Kiefern- und Fichtenblochholz. Mindestdurchmesserklassen der Blöcher für Kiefer 13 cm und für Fichte 13 und 15 cm.
- No 302 Simola, Paavo: Pienikokoisen lehtipuuston biomassa. The biomass of small-sized hardwood trees.
- No 303 Vuokila, Yrjö: Talvikityypin puuntuotannollinen asema metsätyyppijärjestelmässä. Position of the Pyrola type in the forest site type system of Cajander.
- No 304 Puro, Tiina: Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta. Results of the second fertilization with nitrogen.
- No 305 Virtanen, Jaakko & Ylinen, Mikko: Ojitusalueiden lentolannoitus. Aerial spreading of fertilizers on peatlands.
- No 306 Astorga S., Luis E.: Effectuating possibilities of waste wood utilization in Finland. Step 1.
- No 307 Jätepuun käytön tehostamismahdollisuudet Suomessa. Osa 1. Kilkki, Pekka, Kuusela, Kullervo & Siitonen, Markku: Puuntuotanto-ohjelmat Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueille. Timber production programs for the forestry board districts of Southern Finland.
- No 309 Mäkelä, Markku: Hakuuutähteen ominaisuuksien muuttuminen. Changes in the quality of logging residues.
- No 308 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1974—76. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1974—76. harvennushakkuumenetelmistä (Levälleenteko ja LEKA-menetelmä).
- No 310 Hastela, Pertti, Järvinen, Juhani, Tervo, Leo & Aholainen, Raimo: Tutkimus eräistä harvennushakkuumenetelmistä (Levälleenteko ja LEKA-menetelmä). The study of some short wood methods of cutting in thinnings (Cutting without bunching and SCAPE method).

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10,

p 611 022

Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää

1277046262

ISBN 951-40-0274-1

ISSN 0015-5543