

FOLIA FORESTALIA 447

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1980

OLLI UUSVAARA

PELKKAHAKKUREILLA TEHDYN HAKKEEN
JA SAHATAVARAN PINNAN LAATU

QUALITY OF CHIPS AND SURFACE OF
SAWN TIMBER MADE BY
CHIPPER HEADRIGS

- 1979
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976. Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa. The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla. Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta. Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löytyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhoista. On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen. Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys. Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuodistusaloilla ja metsite-tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76. Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesi-myyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa. Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa. Kirjallisuuskatsaus. Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla. Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa. End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon. The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter et al. -sienen esiintyminen männyn karisteen yhteydessä. Association of *Lophodermium seditiosum* Minter et al. with a needle cast epidemic on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla. The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.
- No 395 Löytyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests in forests of the Nordic Countries 1972—1976. Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boorin-puutosalueella. Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976 (1964—1973). Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973) by districts.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana. Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katriina & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa. Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce stands in SW Finland.
- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlan-noitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979. Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon. The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.

FOLIA FORESTALIA 447

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1980

Olli Uusvaara

PELKKAHAKKUREILLA TEHDYN HAKKEEN JA
SAHATAVARAN PINNAN LAATU

Quality of chips and surface of sawn timber made
by chipper headrigs

ODC 861.0:832.181
ISBN 951-40-0469-8
ISSN 0015-5543

UUSVAARA, O. 1980. Pelkkahakkureilla tehdyn hakkeen ja sahatavaran pinnan laatu. Summary: Quality of chips and surface of sawn timber made by chipper headrigs. *Folia For.* 447:1—24.

Tutkimuksessa tarkastellaan pelkkahakkureiden tekemän hakkeen teknistä laatua käytännön oloissa. Koneiden työstämien sahatavarakappaleiden pinnan sileyttä tutkitaan oksakolojen ja syyrepeämien perusteella.

Hakevirrasta otetuista näytteistä mitattiin hakkeen kosteussuhde, kuoren, oksapuun ja sydänpuun määrä sekä palakokojakauma. Tuloksia vertaillaan muista selluteollisuuden käyttämistä hakelaaduista, tavallisesta sahanhakkeesta ja kuitupuuhakkeesta saatuihin arvoihin.

Tulokset osoittavat, että eri tyyppisten pelkkahakkureiden hakkeet eroavat toisistaan koostumukseltaan koneiden rakenteellisten eroavaisuuksien johdosta. Pelkkahake käsittää keskimäärin niukemmin ylisuuria paloja mutta runsaammin hienojaetta kuin tavanomaiset saha- ja kuitupuuhake.

Hakkurien terät aiheuttavat sekä oksia että niiden ympärystä leikatessaan repeämiä, joiden syvyys riippuu pääasiassa oksan läpimitasta sekä hakkurityypistä.

The technical quality of chips made by different types of chipper headrigs was studied in practical conditions. The smoothness of the surface of sawn goods pieces processed by the machines was assessed on the basis of knot holes and fibre tears of the wood.

The moisture content of the chips, the knotwood and heartwood content and size distribution were studied in samples taken from the chip flow. The results were compared with other chip qualities utilised by the chemical pulp industry, ordinary sawmill chips and pulpwood chips.

The results show that the chips made by different types of chipper headrigs differ in composition because of the structural differences of the machines. Chipper headrig chips contain on average fewer oversized chips but more fines than ordinary sawmill chips and pulpwood chips.

The chipper blades cause tears when they cut the knots and the wood surrounding them. The depth of the holes depends chiefly on the knot diameter and chipper type.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO	5
21. Tutkimusmenetelmä	5
22. Tutkimusaineisto	6
3. TULOKSET	7
31. Kosteussuhde	7
32. Kuoren määrä	8
33. Oksapuumäärä	8
34. Sydänpuumäärä	10
35. Kiintotilavuusprosentti	10
36. Palakoko	12
37. Pelkan pinnan laatu	15
4. KÄYTÄNNÖN NÄKÖKOHTIA	18
5. TIIVISTELMÄ	22
KIRJALLISUUS	23
SUMMARY	24

1. JOHDANTO

Sahanhake on sahojen tärkein sivutuote, sillä sahateollisuuden tuotannosta on noin kolmas osa haketta (Kaivola 1979). Sitä käytetään pääasiassa sellu-, puolisel-, hioke- ja levyteollisuuden raaka-aineena, joissa sen merkitys ilmeisesti kasvaa tulevaisuudessa osittain uusien pelkkahakkuri- ja sahauslinjojen yleistymisen myötä.

Pelkkahakkuri on sahakoneen yhteydessä toimiva yksikkö, joka lastuaa tukin pintaosat suoraan hakkeeksi. Pelkkahakkurin käytön ansiosta voidaan poistaa joitakin perinteiselle kehysahalaitokselle ominaisia haittoja. Työvoiman tarve pienenee, tuotantokapasiteetti nousee, investointikustannukset alenevat ja jätteen käsittely ei vaadi lisäkustannuksia (Keitaanniemi 1974, Anttila 1977). Myös pieniläpimitaisen raakapuun hyväksikäyttö tehostuu. Pelkkahakkureiden yleistymisen on tuonut mukanaan myös joitakin ongelmia. Hake on havaittu melko pienikokoiseksi ja ohueksi, jolloin se helposti murtuu lisäten hienonainemäärää (Forsen 1977). Sellukeittimen täyttöaste on siten pelkkahaketta käytettäessä normaalia alempi.

Pelkkahakkurit poikkeavat täysin tavallisista hakkureista toimintaperiaatteensa ja teräkrakenteensa suhteen (mm. Keitaanniemi 1974, Forsen 1977, Kivimaa 1977). Tästä syystä myös pelkkahakkeen laatuominaisuudet poikkeavat käytön kannalta tavanomaisesta ostohakkeesta mutta etenkin sellutehtaiden omasta kuitupuuhakkeesta (Uusvaara 1972a, 1972b, Edberg ym. 1973, Keitaanniemi 1974, Usenius 1976). Vaikka pelkkahake sekoittuu yleensä tavalliseen sahanhakkeeseen jo kuljettimilla tai sahalaitoksen siloissa, sen erikoispiirteet ovat käytön

kannalta merkityksellisiä. Erillisen pelkkahakkeeseen liittyvän osaongelman muodostaa myös työstön jälkeen syntyvän pelkan tai sahatavarakappaleen pinnan laatu, jolla on merkitystä sahatavaraa edelleenjalostettaessa (Keitaanniemi 1974, Usenius 1976).

Tavanomaista, tukkien pinnoista ja sahatavaran katkaisupätkistä valmistettua haketta on tutkittu verraten paljon hakkeen mittauksen, kauppaan vaikuttavien laatutekijöiden sekä jalostuksen kannalta (mm. Sahanhake ja paperipuuhaake... I ja II 1969, 1972, Uusvaara 1969, 1972a ja b, Uusvaara ja Heiskanen 1975). Pelkkahaketta koskevat tutkimukset rajoittuvat tähän mennessä käsittelemään pääasiassa hakkureiden rakennetta ja niiden säädön ja haketusolosuhteiden vaikutusta hakkeen ja sahatavaran laadun vaihteluihin (Calloway ja Thomas 1972, Sandqvist 1972, Sandqvist ja Blümer 1972, Forsen 1977). Toisaalta on tutkittu haketta sellukeiton ja sellun paperiteknisten ominaisuuksien osalta (Hyppönen 1966, Edberg ym. 1973, Keitaanniemi 1974).

Käsillä olevan työn tarkoituksena on selvittää pelkkahakkeen puuteknisiä ominaisuuksia ja niiden eroja tavanomaiseen sellutehtaiden raaka-aineenaan käyttämään hakkeeseen verrattuna. Normaaaleissa käyttöolosuhteissa toteutetun työn perusteella pyritään vertailemaan keskenään eri tyyppisiä hakkureita sekä haketusolosuhteita hakkeen laadun sekä koneiden työstämän pelkan tai sahatavaran pinnan laadun kannalta.

Kenttätöitä johti metsäteknikko Tauno Oittinen. Käsikirjoituksen tarkastivat vt.prof. Pentti Nisula ja toht. Seppo Kellomäki. Työn käytännön toteutuksessa on saatu lisäksi apua useilta yhtiöiltä. Allekirjoittanut lausuu parhaat kiitoksensa kaikille työn eri vaiheissa avustaneille henkilöille.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

2.1. Tutkimusmenetelmä

Kenttätöitä suoritettiin sahalaiteksilla, joilla pelkka-haketuslinjoja käytettiin yleensä muiden totuttujen sahaustapojen täydennyksenä. Integroiduilla tehtailla hake kulkeutui heti valmistuksen jälkeen jalostettavaksi sellutehtaalle, tai sekoitui muuhun sahanhakkeeseen kuljettimilla tai viimeistään sahalaiteksen ha-kevarastoissa.

Näytteet pyrittiin ottamaan siten, että ne edustivat kullakin sahalaiteksella laadultaan ja dimensioiltaan normaalia tukkiaineistoa. Jotta kunkin sahan raaka-aineen ja hakkeen laadun vaihtelut tasoituisivat, näytteitä otettiin kullakin sahalla työpäivän eri aikoina ja usean päivän ajan.

Hakkeen pudottua pelkkahakkurin jälkeen kuljettimelle otettiin hakevirrasta 15–30 sekunnin välein 1 dm³:n suuruisia näytekappaleita siksi kunnes säkkiin oli kertynyt, olosuhteista riippuen, 30–80 dm³ haketta. Tällaisen näytteen otto toistettiin aina samaa dimensiota käsittevästä tukkierästä pienien aikavälin jälkeen. Näin kerätyt näytteet edustivat siten useaa kymmentä tukkia. Sekoituksen jälkeen kummastakin hakeerästä erotettiin 15 dm³ seulontanäytteeksi, 2 dm³ kosteusnäytteeksi ja 1 dm³ kuoren, oksien ja sydänpuumäärän selvityksiin. Toinen seulontanäyte seulottiin sahalaiteksen seuloilta sahan taukojen aikana.

Seulomaton hake käsitti normaalin pelkkahakkeen lisäksi segmenttiterien purun, sivulautoja ja sydäntavaraa irroitettavien pyörösahanterien tai vannesahan purun asetteen mukaan sekä silytsterien purun. Erilaisissa terissä syntyvän hienoaineksen määrä vaihteli jonkin verran käytetyn asetteen ja koneen rakenteen mukaan. Käytäntönä saattoi olla myös, että sahanterien puru ohjautui eri kuljettimelle välittömästi hakkurin jälkeen.

Seulalaitteet olivat yleensä kiertäviä tasoseuloja, jotka koostuivat kahdesta seulalevyistä. Alalevyn muodosti tavallisesti 6–10 mm reijitetty teräslevy ja yläseulan verkkolevy, jossa reikien läpimitta vaihteli 32–45 mm. Yhdellä sahalaiteksella käytettiin myös 18 mm reijin varustettua väliseulalevyä. Kaksi yhtiötä seuloi pois pelkästään purujakeen 8 mm reikälevyllä.

Sivulauta-aihioiden särmäys tapahtuu isoilla sahalaiteksilla yleensä särmäyskursoilla, jotka hakettavat lautojen ulkopuolelle jäävät osat. Koska tällaisen hakkeen merkitys muiden hakelaatujen rinnalla on suhteellisen suuri, katsottiin tarpeelliseksi seurata myös sen laatua erityisesti palakokojakauman kannalta. Särmäyskursohaketta ei sahalla yleensä seulottu, jonka vuoksi hakenäyte otettiin seulomattomana joko kuljettimelta tai sen pudotessa kuljettimelta toiselle samalla menetelmällä jota sovellettiin tavalliseen pelkkahakkeeseen.

Yhdellä tehdaslaitoksella tukeista irrotetut pintaosat hakettiin itse suunnitellulla rakenneperiaatteellaan pelkkahakkuria muistuttavalla pintahakkurilla (taulukko 1). Pelkan tullessa toiselle sahayksikölle kaksi vannesahan terää irrotti sydäntavaran erilleen kummankin puolen pintaosasta. Pintakappaleet syötettiin tämän jälkeen pintahakkuriin joka löi pintapuun suoraan hakkeeksi, samalla kun vannesahauksella vielä erotettiin paksuimmista pintakappaleista kaksi sivulautaa.

Muutamilla sellutehtailla sekä sahoilla otettiin seulontakokeiden vertailuksi näytteitä tavallisesta kuitupuun- ja sahanhakkeesta. Hakkeen laatu riippuu raaka-aineen laadusta, koneen ja eri laitteiden säädöstä ja rakenteesta sekä haketusolosuhteista. Mikäli saha luokitteli tukkimateriaalin, sahattujen tukkien laatu-olot merkittiin muistiin. Samalla mitattiin tukkien latvaläpimitat ja käytetyt asetteet sahan antamien tietojen perusteella. Hakkeen laatuun vaikuttavista olosuhteista havainnoitiin mm. tukkien varastoimistapa ja -aika, kuorintajärjestelyt ja ilman lämpötila. Kuorimakonetta, seulalaitteita, kuljetinjärjestelyjä ja erityisesti hakkuria koskevat tekniset tiedot tarkistettiin. Hakkureita koskevat tiedot on esitetty taulukossa 1.

Yhdellä sahalaiteksella tutkittiin ja verrattiin keskenään pelkkahakkurilla ja tavallisella laikkahakkurilla valmistetun hakkeen kiintotilavuusprosenttia. Hakkeen tiivys tutkittiin 74 dm³:n astiassa, joka aluksi täytettiin hakkeella ja tiivistettiin jonkin verran alustaa vasten tärisyttäen. Hakepinta peitettiin verkolla, hake punnittiin, astia täytettiin vedellä ja punnittiin jälleen. Vesi kaadettiin pois ja suoritettiin viimeinen punnitus. Punnitusten avulla saadun hakkeen tilavuuden ja astian tilavuuden perusteella laskettiin hakkeen kiintotilavuusprosentti.

Taulukko 1. Pelkkahakkureiden teknisiä tietoja.

Table 1. Technical information on chipper headrigs.

Hakkuri	Moottori, kW	Leikkuunopeus, m/s	Syöttönopeus, m/min	Teriä, kpl	Kierros-luku, r/s	Teräpyörän ø, mm
Chipper	Motor, kW	Cutting speed, m/s	Feeding speed, m/min	Number of blades	Rotational freq., r/s	ø of cutter wheel, mm
A. Ahlström	55	45,8	45—70	2 × 16	29,2	500
Kockums 240—15	74	43	52	2 × 114	11,7	1460
Kockums 240—12	143	30	52	2 × 90	11,7	1250
Linck V 25	55	31—47	45—60	4—8	18,4	—
Linck V 40	—	—	45—60	4—8	12,3	—
Pintahakkuri	—	53,5	51,5	56	20,3	—
Slabchipper	—	—	—	—	—	—

Eriaiset sahakoneet ja haketuslaitteet tekevät sahatavaraan erilaisen pinnan, josta riippuu suurella määrin kappaleen arvo jatkojalostuksessa, mm. puuta höylättäessä. Hakkurien vaikutusta sahatavarakappaleiden pinnan tasaisuuteen ja pintavikojen syntyymiseen tutkittiin mittaamalla työntötolkkilla oksien yhteyteen syntyvien kolojen syvyyksiä. Samalla mitattiin oksien läpimitat.

Hakkeen palakokojakauma määritettiin Williams-seulalla sekä reikä- että rakolevyin Keskuslaboratorion standardin mukaisesti (S a u k k o n e n 1971) sekä osasta aineistoa ruotsalaisella menetelmällä, jossa sekä puituus- että paksuusjakauma otetaan samanaikaisesti huomioon (E d b e r g ym. 1971).

Kuoren määrän ja sen eri komponenttien selvittämiseksi ulkokuori ja nila erotettiin toisistaan ja hakepaloista noin 1 dm³:n suuruisesta näytteestä. Puuaines ja kuoren eri osat punnittiin, kuivattiin lämpökaapissa ja punnittiin uudelleen.

Kuorettomasta hakenäytteestä poimittiin pois oksat, niiden massa määritettiin ja laskettiin painoprosentteina koko näytteen massasta.

Sydänpuumääritys tapahtui osasta mäntyhakenäytteitä, kemiallisella liuoksella, jonka valmistuksen ja käytön osalta viitataan selostukseen aiemmassa julkaisussa (U s v a a r a 1972b).

Hakkeen kosteusuhde määritettiin 2 dm³:n hakerästä tuore- ja kuivapunnitusten perusteella. Joistakin seulontanäytteistä tutkittiin myös eri seulalevyille kertyneen hakkeen kosteus.

22. Tutkimusaineisto

Tutkimusaineistoa kerättiin kesäaikana sekä puun jäätymisyyden vaikutuksien selvittämiseksi talvella kaikkiaan yhdeksällä sahalaiteksella. Näistä seitsemän oli integroituneita yrityksiä, joilla hakkeen jatkojalos-

tus tapahtui samassa yhtiössä. Aineisto jakaantui eri tehtailta tutkimustarkoituksen mukaan ryhmitellen taulukon 2 mukaisesti. Tämän lisäksi hakkeen kiintoilavuusprosentti määritettiin yhdellä tutkimuspaikalla 40:stä osanäytteestä koostuvasta sarjasta ja seulontajakeitten kosteusuhde 10 seulontanäytteestä.

Seulonta- ja kosteusuhde 238 kpl oli mäntyä ja 204 kpl kuusta. Seulontakokeiden vertailuaineistoksi otettiin 10 näytettä tavanomaisesta sahanhakkeesta sekä 12 näytettä sellutehtaitten kuitupuuhakkeesta. Särämäyskursohakkeen palakoko tutkittiin 35 näytteestä.

Haketuksessa käytetyt pelkkahakkurimallit sekä niiden tekniset tiedot on esitetty taulukossa 1. Eritellyt Kockums- ja Linck-hakkurit eroavat tosin rakenteeltaan toisistaan, mutta niiden tekemä hake on koneiden toimintaperiaatteen samankaltaisuuden johdosta hyvin toisiinsa verrattavissa. Ahlström- ja Linck-hakkurit muistuttavat höylänkutterinomaisen sylinteriteräpään ja teräkulmiensa suhteen laikkahakkuria. Sen sijaan Kockums-hakkureiden terät kiinnittyvät spiraalimaisesti katkaistun kartion muotoisiin terälappoihin. Ahlström- sekä Linck-hakkureiden yhteydessä sahatavarakappaleiden erotus tapahtuu pyörösahalla mutta Kockums-hakkurissa vannesahalla. Kockums-hakkurin terästön keskiosassa on 4—8 siloitusterää ja Linck-hakkurissa pyörösahanterät sahatavaran pinnan tasoittamiseksi. Tasoitusterien tuottamat lastut ja puru sekoittuivat yleensä hakkeen joukkoon.

Seuraavassa esitetään Kockums- ja Linck-särämäyskursojen tekniset tiedot.

Malli	Moottori, kW	Syöttönopeus, m/min	Teriä, kpl	Kierros-luku, r/s	Terän leveys, mm
Kockums 515-C	45	134	—	36,7	4,0
Linck WC6	45	150	2×3	50,0	4,5

Taulukko 2. Tutkimusaineisto paikkakunnittain.
Table 2. Investigation material by localities.

Paikkakunta Locality	Kosteus Moisture content	Kuori Bark	Oksapuu Knotwood	Sydänpuu Heartwood	Palakoko Size distribution	Laudat Boards	Oksat Knots
			Näytteitä, kpl — Number of samples				
Riihimäki	53	12	5	5	57	50	54
Naantali	48	9	5	5	45	45	224
Tolkkinen	51	8	5	5	44	40	90
Kotka	50	9	5	5	45	30	15
Joutseno	41	11	5	5	35	75	358
Varkaus	52	11	5	5	28	55	255
Lappeenranta	24	12	5	5	20	40	165
Pori	71	13	5	5	54	93	423
Kemi	52	16	5	5	36	51	365
Yhteensä Total	390	101	45	45	364	479	1949

3. TULOKSET

31. Kosteussuhde

Taulukossa 3 esitetään pelkkahakkeen kosteuden riippuvuus tukkien varastoimistavasta. Vesivarastossa säilytetyistä tukeista peräisin olevan hakkeen kosteussuhde oli 20 prosenttiyksikköä korkeampi kuin maalla varastoiduista tukeista valmistetulla hakkeella. Vesivarastointiaika vaihteli yhdestä viikosta yhteen vuoteen keskiarvon ollessa noin kaksi kuukautta. Eri varastointitapojen välistä hakkeen kosteuseroa lisäsi edelleen maavarastoiduilla puilla kuorinnan ja haketuksen välinen usein verraten pitkäaikainen viive, joka edisti puiden kuivumista kesäaikana.

Yhdeksästä sahalaitoksesta kuusi käytti vesivarastointia lähes yksinomaisten varastointimenetelmänä. Vesivarastointi ei ole kuitenkaan aina menetelmänä ehdottoman yksiselitteinen, vaan käytännössä esiintyy eri varastointitapojen sekoitusta.

Pelkkahakkeen kosteus vaihtelee kuitenkin myös puuaineen laadun, erityisesti sydänpuun määrän, tukkien laadun ja koon mukaan. Tukin halkaisijasta ja halutusta sivulautamäärästä ja niiden määräamästä redusoinnista riippuu kuinka paljon tukista hakataan pelkkahakkurissa suoraan hakkeeksi. Hakkeen kosteus alenee mikäli käytetään seulomatonta haketta, jossa pyörö- tai vannesahojen puru on mukana. Puru on näet peräisin pääasiassa normaalipuuta kuivemman sydänpuun alueelta. Kockums- ja Linck-hakkureissa on terärakenteen sisäreunassa siloitusterät, joiden valmistaman hienojakoisen lastun tai purun joukossa on

enemmän sydänpuuta kuin hakkeessa yleensä. Hakkeen kosteus riippuu pääasiassa tukkien varastoimistavasta, mutta pelkkahakkeen usein sisältämä runsas hienojaeosuus sekä ohuiden lastujen murentuminen laskevat jonkin verran kosteutta tavalliseen sahanhakkeeseen verrattuna. Puru tai hienojae kuivuu ilmatilassa myös isoja paloja helpommin. Seuraava pelkkahakkeesta ja särmäyskursohakkeesta saatu mittaustulos osoittaa, että hakkeen kosteus alenee seulonnan perusteella saadun palakoon pienetessä.

Mäntypelkkahake, seulomaton		Särmäyskursohake, seulottu	
Jae, mm	Kosteussuhde	Jae, mm	Kosteussuhde
	%		%
> 32	152	> 32	146
32 — 25	147	32 — 25	139
25 — 19	141	25 — 19	149
19 — 16	137	19 — 16	153
16 — 13	132	16 — 13	149
13 — 6	125	13 — 6	143
6 — 3	119	6 — 3	125
< 3	110	< 3	96

Pelkkahakkeen keskimääräinen kosteussuhde ja vastaava keskimääräinen kosteus, jotka on laskettu sekä kesä- että talviaikana kerätyn aineiston perusteella, olivat 145 ja 59 prosenttiyksikköä. Talvella tukkien pintaan kiinnittyvä lumi ja jää nostavat kuitenkin jonkin verran kosteutta. Kahden aiemman tutkimuksen mukaan (U s v a a r a 1969, 1972b) tavallisen sahanhakkeen kosteussuhde oli keskimäärin 122 ja 132 prosenttiyksikköä. Tutkimukset osoittavat lisäksi, että vesivarastoiduista tukeista peräisin olevan hakkeen kosteussuhteen keskiha-

Taulukko 3. Pelkkahakkeen kosteuden riippuvuus tukkien varastoimistavasta.
Table 3. Correlation between the moisture content of chips of chipper headrigs and the method of storing the logs.

Varastoimistapa	Näytteitä, kpl	Kosteus- suhde,%	Kosteus, %	Keskihajonta, % — Dispersion, %	
Method of storage	Number of samples	Moisture content, %	Moisture, %	Kuivapainosta Of dry weight	Tuorepainosta Of green weight
Vesivarasto Water storage	202	151	60	15,7	2,1
Maavarasto Land storage	114	132	57	16,7	3,3

jonta oli etenkin aiemmissa tutkimuksissa huomattavasti pienempi kuin maalla säilytetyistä tukeista tehdyllä hakkeella.

Taulukossa 4 esitetään eri valmistajien hakkeen kosteussuhteet sekä käytetyt varastoimistavat.

32. Kuoren määrä

Taulukossa 5 esitetään lukuja pelkkahakkeen kuoren massaosuuksista, jotka on laskeettu sekä näytteiden tuore- että kuivapainosta. Hakkeen laatua käytännössä seurattaessa määritetään kuoren osuus molemmilla tavoilla, mutta kuoressa esiintyvien huomattavien kosteusvaihteluiden vuoksi on kuoriprosentin ilmaisu kuivapainosta ainoa oikea ilmaisutapa. Esimerkiksi käsillä olevassa aineistossa kuoren kosteussuhde oli keskimäärin 238 % mutta pelkällä puuainella vain 145 prosenttiyksikköä (sivu 7).

Tuoreen ja kuivan kuoren keskimääräiset massaosuudet olivat 0,63 ja 0,49 % kesäaikana, 3,58 ja 2,47 % talvella sekä 1,15 % vuotuisena keskiarvona. Puulajeittain kuoriprosentit olivat männyllä 0,41 ja kuusella 2,27 prosenttiyksikköä. Mäntytukeilla kuorinta onnistui siis huomattavasti paremmin kuin kuusitukeilla, joilla kuoriprosentti ylitti selvästi hakekaupassa sovellettavien laatuvaatimusten salliman yhden prosenttiyksikön rajan (U s v a a r a 1972a). Useimmat sahat varastoivat tukkinsa vedessä, mikä ilmeisesti on vaikuttanut suotuisasti kuoren irtoamiseen. Tämä ilmenee myös seuraavasta asetelmasta, joka osoittaa kuoren eri osien ja kokonaiskuoren suhteet tukkien varastoimistapojen mukaan ryhmiteltyinä.

Puulaji ja varastoimistapa	Nila, %		Kaarna, %		Kuori yhteensä, %	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Mänty, maa	0,27	0,13	0,12	0,23	0,39	0,31
Mänty, vesi	0,23	0,24	0,18	0,36	0,41	0,50
Kuusi, maa	2,17	1,83	0,75	0,69	2,86	2,28
Kuusi, vesi	1,54	2,46	0,30	0,42	1,84	2,83

Kuoriprosenttia seurattiin kuitenkin myös talviaikana, jolloin vallitsivat yleensä verrattain kovat pakkaset ja veteen varastoidut tukit olivat ehtineet jäätyä ennen sahausta. Tutkimusten ja käytännön kokemusten perusteella erityisesti kuusen kuorinta tuottaa talvella vaikeuksia (U s v a a r a

1972a). Myös taulukossa 6 esiintyvät korkeimmat kuoriprosentit aiheutuvat nimenomaan kuusitukkien epäonnistuneesta kuorinnasta.

Korkean kuoriprosentin aiheuttamaa hakkeen käyttöarvon alenemista pienentää kuitenkin nilan korkea osuus koko kuorimäärästä, noin 75 % männyllä ja 83 % kuusella (U s v a a r a 1972a). Nilan haitallisuus massan valmistuksessa on nimittäin huomattavasti kaarnaa vähäisempi (N e v a l a i n e n 1968, U s v a a r a 1977). Nila voi esiintyä hakkeessa joko irrallisena tai kaarnaan tai hakepaloihin kiinnittyneenä. Seuraava asetelma osoittaa, että yli puolet kaikesta kuoren sisältämästä nila-aineksesta on hakkeessa joko irrallaan tai hakepaloihin kiinnittyneenä (vrt. U s v a a r a 1972a).

Komponentin osuus	Irrallinen kaarna	Irrallinen nila	Nila + kaarna	
			Nila + kaarna	Nila + puu
			%	
Tuoreesta massasta	10,1	23,6	33,9	32,5
Kuivasta massasta	14,2	23,4	35,2	27,2
Koko näytteen kuivasta massasta	0,1	0,1	0,3	0,1

U s v a a r a n (1972b) mukaan tavallisen sahanhakkeen kuoriprosentti on 1,05 vuotuisena keskiarvona. Erot kahden tutkimuksen välillä ovat siis hyvin pienet, mutta tulosten vertailua vaikeuttavat lukuisat raaka-aineen ja kuorintaolojen erot.

33. Oksapuumäärä

Koska sahoilta saatava hake on peräisin yleensä vanhojen, järeiden runkojen pinta-

osista, on oksien osuus vähäisempi verrattuna kokonaisuun runkoihin ja varsinkin sellun raaka-aineena käytettäviin kuitupuurunkoihin. Samasta syystä kuolleiden, kuivien oksien osuus lienee eläviä oksia suurempi.

Seuraavasta asetelmasta nähdään pelkkahakkeen oksapuuprosentti tutkimukseen

Taulukko 4. Pelkkahakkeen kosteus sahoittain.

Table 4. Moisture content of chips of chipper headrigs at various sawmills.

Paikkakunta Locality	Varastointi- tapa ¹⁾ Method of storage ¹⁾	Kosteus suhde Moisture content	Kosteus Moisture	Keskihajonta — Dispersion	
				Kosteussuhde Moisture content	Kosteus Moisture
			%		
Riihimäki	1	125,5	55,4	16,6	3,4
Naantali	2	149,4	59,7	13,0	2,1
Tolkkinen	2	165,0	61,9	27,8	3,6
Kotka	2	151,6	60,0	17,5	2,7
Joutseno	2	148,5	59,7	8,5	1,4
Varkaus	2	162,2	61,8	9,8	1,5
Lappeenranta	2	139,6	58,2	11,0	1,9
Pori	1	138,5	58,0	12,8	2,3
Kemi	2	159,1	61,4	7,8	1,2

1)

1 = Maavarasto — Land storage

2 = Vesivarasto — Water storage

Taulukko 5. Pelkkahakkeen kuoren määrä eri vuodenaikoina.

Table 5. The bark percentage of chipper headrig chips in various seasons.

Puulaji ja aika Tree species and season	Kuorta, % — Bark, %			Keskihajonta, % — Dispersion, %		
	Nila Inner bark	Kaarna Outer bark	Kuori yht. Total bark	Nila Inner bark	Kaarna Outer bark	Kuori yht. Total bark
			Tuorepainosta — Of green weight			
Mänty, kesä Pine, summer	0,33	0,15	0,48	0,31	0,30	0,51
Mänty, talvi Pine, winter	0,55	0,12	0,67	0,58	0,22	0,67
Kuusi, kesä Spruce, summer	0,66	0,33	1,00	0,72	0,47	0,99
Kuusi, talvi Spruce, winter	4,90	0,68	5,58	3,96	0,65	4,43
			Kuivapainosta — Of dry weight			
Mänty, kesä Pine, summer	0,20	0,17	0,38	0,17	0,35	0,47
Mänty, talvi Pine, winter	0,40	0,13	0,53	0,31	0,24	0,43
Kuusi, kesä Spruce, summer	0,45	0,28	0,75	0,46	0,39	0,77
Kuusi, talvi Spruce, winter	3,16	0,69	3,79	2,45	0,68	2,96

Taulukko 6. Kuoren määrä sahoittain.

Table 6. Proportion of bark at various sawmills.

Paikkakunta Locality	Nila Inner bark		Ulkokuori Outer bark		Kuori yht. Bark total		Varastointitapa ¹⁾ Method of storage ¹⁾
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	
			%				
Riihimäki	2,70	1,83	0,94	0,69	3,57	2,21	1
Naantali	0,38	0,37	0,16	0,14	0,57	0,40	2
Tolkkinen	0,94	1,05	0,25	0,21	1,20	1,21	2
Kotka	2,49	3,53	0,57	0,49	3,07	3,99	2
Joutseno	0,15	0,13	0,15	0,37	0,31	0,39	2
Varkaus	0,49	0,84	0,11	0,23	0,60	0,84	2
Lappeenranta	0,09	0,08	0,04	0,12	0,12	0,19	2
Pori	0,34	0,21	0,09	0,10	0,42	0,26	1
Kemi	0,33	0,24	0,29	0,53	0,62	0,71	2

(1)

1 = Maavarasto — Land storage

2 = Vesivarasto — Water storage

kuuluneilla sahalaitoksilla näytteiden tuoremassasta laskettuna.

Paikkakunta	Oksaprocentti	Näytteitä, kpl	Puulaji
Riihimäki	0,35	12	Kuusi
Naantali	0,58	9	Mänty
Tolkkinen	1,70	8	Kuusi
Kotka	0,94	9	Kuusi ja mänty
Joutseno	0,57	11	Mänty
Varkaus	1,19	11	Kuusi
Lappeenranta	2,61	12	Kuusi ja mänty
Pori	0,68	13	Mänty
Kemi	0,66	16	Mänty

Oksaprocentin keskiarvoksi saatiin 1,0 % ja keskihajonnaksi 1,4 %. Oksaprocentti olisi ollut vielä suurempi, jos tulokset olisi laskettu näytteiden kuivapainosta, sillä oksien kosteus on huomattavasti runkopuuta alhaisempi.

Pelkkahakkeen oksaprocentti oli jonkin verran alhaisempi kuin tavallisella sahanhakkeella ja kuitupuuhaakkeella aikaisemmin saadut arvot 1,5 ja 4,5 (Uusvaara 1972b). Hakkeen sisältämien oksien määrä vaihtelee kuitenkin erittäin paljon mm. puulajin, tukkien laadun, niiden koon sekä maantieteellisen alueen mukaan. Kuusen oksapuuosuus sekä oksien kuiva-tuoretiheys ovat mäntyä korkeampia (Hakkila 1971), mikä on omiaan suurentamaan oksien määrää käytettäessä painoprocenttia tilavuusprocentin sijasta.

34. Sydänpuumäärä

Sydänpuun osuus mitattiin männyllä otamalla osasta aineistoa, ja tulokset laskettiin tuoreesta hakkeesta massaosuuksina. Kuusen sydänpuuprocenttia ei tutkittu käyttökelpoisen tunnistamismenetelmän puuttuessa, mutta kuusen sydänpuumäärän tiedetään olevan mäntyä korkeamman (esim. Bruun ja Willberg 1964). Sydänpuuprocentit olivat sahoittain seuraavat.

Paikkakunta	Sydänpuuta, %	Näytteitä, kpl
Riihimäki	—	—
Naantali	0,72	9
Tolkkinen	—	—
Kotka	3,92	6
Joutseno	0,98	11
Varkaus	—	—
Lappeenranta	3,31	12
Pori	1,74	9
Kemi	5,17	16

Sydänpuuprocentin keskiarvo ja sen keskihajonta olivat 2,8 ja 2,5. Sydänpuun määrä vaihteli sahoittain vähän, mutta suppeasta aineistosta huolimatta on kuitenkin nähtävissä, että Pohjois-Suomessa sydänpuuprocentti on muita paikkakuntia korkeampi. Uusvaara (1972b) sai sahanhakkeen sydänpuuprocentiksi 9,7 ja sydänpuun osuus kasvoi Keski-Suomesta pohjoista kohti. Pelkkahakkeen alhainen sydänpuuprocentti tavalliseen sahanhakkeeseen verrattuna saattaa osittain johtua sahatavaran katkaisupätkien puuttumisesta, joiden osuus normaalisti on noin 10 % hakemäärästä. Kirjallisuudesta ei ole löydettävissä tietoja mäntytukien sydänpuuprocentin vaihtelusta, mutta tavallisen mäntykuitupuun sydänpuuosuus nousee Etelä-Suomesta Pohjois-Suomeen siirryttäessä noin 20 prosenttiyksikköä (Bruun 1967, Hakkila 1968).

35. Kiintotilavuusprocentti

Kiintotilavuusprocentti eli hakkeen tiheys kuvaa tilavuusyksikön sisältämää kuiva-ainemäärää ja siten hakkeen arvoa. Hakkeen tiheys vaikuttaa myös keittimen täyttöasteeseen sellun valmistuksessa. Koska keittimeen annostellaan sulfaattikeitossa yleensä vakio alkalimäärä, niin keittimen täyttöasteen muuttuminen kesken haketäytön huonontaa massan tasaisuutta ja häiritsee keiton jälkeisiä massanvalmistusprosesseja (Anttikoski 1968).

Pelkkahakkeen kiintotilavuusprocenttia tutkittiin rajoitetusti yhden sahalaitoksen hakkeella, mutta vertailun vuoksi tehtiin mittauksia myös tavanomaisesta sahanhakkeesta. Tiheysmittausten tulokset, jotka koskevat seulomatonta pelkkahaketta ja seulotua tavallista sahanhaketta, on esitetty seuraavassa asetelmassa.

Aika	Pelkkahake	Tavallinen sahanhake	Pintahakkurihake
Kiintotilavuus, %			
Kesä	36,1	36,1	33,9
Talvi	40,1	42,5	40,0

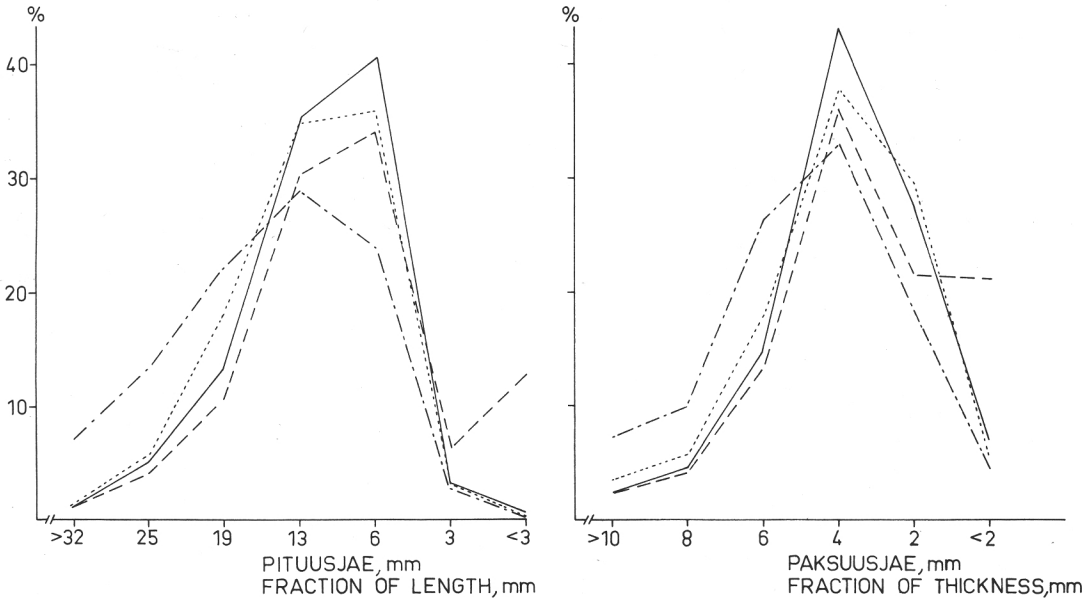
Pelkka- ja pintahakkureiden hakkeen kiintotilavuusprocentti oli alhaisempi kuin tavallisella sahanhakkeella, mikä johtui ilmeisesti pääasiassa viimeksimainitun hakkeen suuremmasta palapaksuudesta sekä pa-

lakokojakauman homogeenisuudesta (sivu 12) (I s o m ä k i 1969, U s v a a r a 1969, E d b e r g ym. 1973). Ruotsissa vertailtiin keskenään eri pelkkahakkureiden sekä Kockums- ja Bruks-rimahakkureiden haketta, jolloin edellisen hakkurityypin hake todettiin pääasiassa ohutpalaisuuden ansiosta tiheydeltään 10—15 % rimahaketta alhaisemmaksi (E d b e r g ym. 1973). I s o m ä k i (1969) ei havainnut selvää riippuvuutta lastun pituuden ja hakkeen tiheyden välillä, kun taas paksupalainen hake oli selvästi tiheämpää kuin ohutpalainen (U s v a a r a 1969, H a r t l e r 1972, K e i t a a n n i e m i 1974). K e i t a a n n i e m i (1974) mainitsee myös pelkkahakkeen tiheyden jäävän kuusipaperipuuhakkeeseen verrattuna noin 10 % alhaisemmaksi. Koska hakkeen tiheys riippuu palakokojakaumasta, vaikuttaa siihen myös hakkurin säätö, lähinnä terän leikkuunopeuden muutokset.

Toisaalta seulomattoman pelkkahakkeen runsas hienojaeosuus on ilmeisesti vaikuttanut osittain päinvastaiseen suuntaan. I s o m ä e n (1969) mukaan nimittäin alle 6 mm purujakeen lisäys nosti tiheyttä, samoin kuin

6—13 mm jakeen lisäys aina 20 %:iin asti. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan tiheyttä lisää eniten kehysahanpurun lisäys (E d b e r g ym. 1973).

Suorittaessa kiintotilavuusprosentin mitauksia laatikossa päädytään paljon alhaisempaan tiiviyteen kuin käytännön oloissa, joten tulokset eivät ole sellaisenaan verrattavissa autokuormamittausten antamiin tuloksiin (H e i s k a n e n 1963, U s v a a r a 1969, 1972b). Mittalaatikon täyttötapa alentaa tiiviyttä ja hakkeen joukkoon vesimitauksessa jäävät ilmakuplat aiheuttavat virhettä tuloksissa (H e i s k a n e n 1963). Vaikka pelkkahakkeen kiintotilavuusprosenttia ei voitu tutkia auton kuormatilassa, sen kiintotilavuus näyttää muodostuvan tavallisen sahanhakkeen tiiviyttä pienemmäksi. On siis syytä epäillä että pelkkahakkeen tiiviyys olisi nyt saatua parempi jos mittaus olisi suoritettu autokuormittain. Tähän viittaavat myös U s v a a r a n (1969, 1972b) aikaisemmat tulokset, jolloin kiintotilavuudeksi saatiin tavalliselle sahanhakkeelle autokuormittain 37,5 ja 39,5 % lähtö- ja tulomittauksen mukaan.



Kuva 1. Pelkkahakkeen ja muiden tavanomaisten hakelajien palakokojakaumat (— = seulottu hake, --- = seulomaton hake, ···· = tavallinen sahanhake, -·-·- = kuitupuuhake, U s v a a r a 1972).

Fig. 1. Size distributions of chips of chipper headrigs and conventional chips (— = screened chips, --- = unscreened chips, ···· = conventional sawmill chips, -·-·- = pulpwood chips, U s v a a r a 1972).

36. Palakoko

Palakoko on hakkeen laadun tunnus, jolla on merkitystä mm. hakesaantojen, hakkeen kuljetusten, keittokattiloiden täytön ja keittotekijöiden sekä lopputuotteen laadun kannalta. Palakoko voidaan ilmaista hakepalojen dimensioitten sekä niiden jakaumien taseisuuden perusteella.

Kuvassa 1 esitetään pelkkahakkeen sekä vertailun vuoksi muiden tavallisimpien selun raaka-aineena käytettävien hakelajien pituus- ja paksuusjakaumat (U s v a a r a 1972b). Eri hakelaatujen vertailu keskenään osoitti, että pelkkahake on lyhytpalaisinta ja kuitupuuhake kaikkein karkeinta. Erityisen korkea on seulomattoman pelkkahakkeen osuus alle 6 mm:n pituus- ja alle 2 mm:n paksuusjaeryhmissä. Kun ostohakkeen laatuvaatimusten mukaan äärijakeitten, yli 32 mm ja alle 6 mm, osuuden yläraja on 5 %, alitti tehtaalla seulottu pelkkahake vaatimukset sulan puun aikana mutta ylitti ne toisaalta talven kylmimpinä kuukausina noin kolmella prosenttiyksiköllä. Yli 32 mm:n osuus on pelkkahakkeella vain 1,3 %, tavallisella sahanhakkeella lähes sama mutta kuitupuuhakkeella jopa 7,0 % (U s v a a r a 1972b).

Kuvasta 2 nähdään pelkkahakkureilla saadun, sahalaitoksilla seulotun hakkeen pituus- ja paksuusjakaumat eri vuodenaikoina (vrt. kuva 3). Ahlströmin hakkurin hake oli muihin hakkureihin verrattuna huomattavasti lyhyt- ja ohutpalaisempaa, ja tyypillinen piirre oli lisäksi pituusjakauman taseisuus; noin 64 % jakaumasta keskittyi 6 mm seulalle. Linck-hakkurilla saatu hake oli edelleen Kockums-hakkurin haketta pienipalaisempaa, mutta niiden väliset erot eivät olleet suuret. Seuraavasta asetelmasta nähdään pelkkahakkeen teoreettiset, eri seulalevyille kertyneillä hakemäärillä punnitut keskipituudet ja -paksuudet eri vuodenaikoina.

Hakkuri	Keskipituus, mm		Keskipaksuus, mm	
	Kesä	Talvi	Kesä	Talvi
Ahlström	11,7	10,5	4,5	4,3
Kockums	16,3	14,6	5,0	4,6
Linck	15,3	12,9	5,2	4,2

Mainittakoon, että koneiden valmistajien ilmoituksen mukaan lastun pituus on Ahlström-, Kockums- ja Linck-hakkureilla 13—20, 5—25 ja 20—27 mm.

Hakkurilla saatavan lastun koko ja muoto riippuvat sekä raaka-ainemuuttujien että toisaalta hakkurimuuttujien arvoista. Raaka-ainemuuttujista tärkeimpiä ovat tukin koko ja laatu, jäätyneisyys, kosteus sekä puun ikä ja lastun leveys. Hakkurista johtuvia tekijöitä ovat mm. syöttö- ja leikkuunopeus, terien muoto ja kulmat sekä redusointimäärä (K e i t a a n n i e m i 1974, F o r s e n 1977). Syöttönopeuden lisääminen pidentää lastun pituutta, kun taas leikkuunopeuden kasvaessa palapituus pienenee verrattain taseisesti, sillä hake murtuu tällöin helpommin syyn suuntaan. Myös lastun paksuus muuttuu leikkuunopeuden kasvaessa, mutta pituudesta poiketen paksuuden muutoksia kuvaava käyrä on paraabelimainen (K e i t a a n n i e m i 1974).

Syöttönopeuden vaikutuksesta lastun pituuteen voidaan esittää seuraavat jakaumat, jotka on saatu erällä sahalaitoksella Kockums-hakkurilla valmistetusta seulotusta hakkeesta. Hakkurin leikkuunopeus oli 43 m/s.

Syöttönopeus m/min	Pituusjake, mm						
	> 32	32—25	25—19	19—13	13—6	6—3	< 3
38—45	0,2	3,0	9,1	38,0	44,5	4,1	1,1
52—60	2,1	4,4	11,0	36,7	42,6	2,2	1,0

Syöttönopeuden lisääminen aiheutti siis esimerkkitapauksessa pitkissä palaryhmissä noin 2 %:n lisäyksen mutta lyhyissä, alle 13 mm jakeissa vastaavan suuruisen vähenyksen.

Ahlströmin hakkurin aiheuttamaan pieneen ja ohueen palakokoon vaikuttivat ilmeisesti lähinnä suuri leikkuunopeus, 49 m/s ulkokehällä (vrt. F o r s e n 1977), verraten pieni redusointimäärä sekä puulaji, joka oli tutkimuksen aikana kuusi. Kuusipuu murtuu haketuksessa mäntyä helpommin. Muilla hakkureilla haketusterien leikkuunopeus vaihteli 30—43 m/s.

Seulomattoman hakkeen palakokojakauma hakkureittain oli seuraava.

Hakkuri	Pituusjake, mm						
	> 32	32—25	25—19	19—13	13—6	6—3	< 3
Ahlström	1,4	0,9	2,5	17,6	46,6	8,1	23,0
Kockums	2,0	6,9	13,1	31,8	30,0	4,7	10,9
Linck	0,8	2,7	10,3	31,4	34,6	7,4	12,7

Hakkuri	Paksuusjake, mm			
	> 10	10—8	8—6	6—4
Ahlström	2,8	3,4	9,2	22,7
Kockums	2,3	4,4	13,0	38,5
Linck	2,6	4,2	14,5	36,3

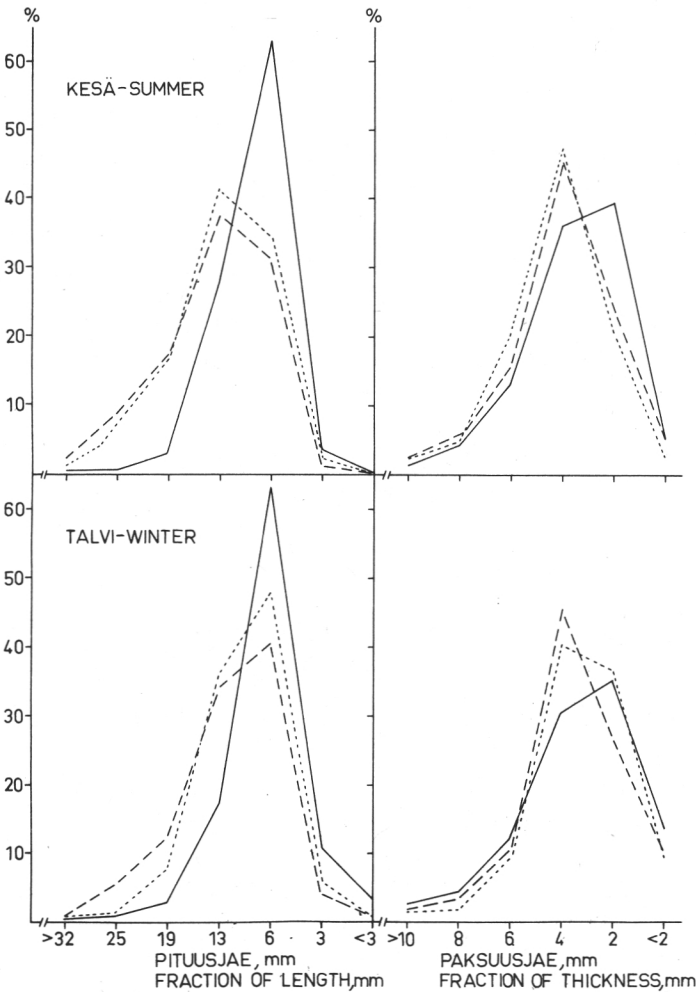
Sahalaitoksessa seulotun pelkkahakkeen äärijakeitten osuudet olivat talvella ja kesällä 8,0 ja 3,6 %, joten eroavaisuudet tavaliseen sahanhakkeeseen olivat tässä suhteessa vähäiset. Yli 32 mm ja alle 6 mm jakeiden määrät olivat viimeksimainitulla hakelajilla aikaisempien tutkimusten mukaan kesä- ja talviaikana 5,0 ja 5,9 % (U s v a a r a 1972b). Sekä palapituus- että paksuusjakama oli pelkkahakkeella merkittävästi sahanhaketta tasaisempi.

Kokojakauman tasaisuuden ja ohuiden lastujen huomattavan osuuden ansiosta pelkkahakkeen kiintotilavuusprosentti jää tavallista haketta alhaisemmaksi. Koska hakepalojen paksuuden vaihtelu kuitenkin parantaa hakkeen tiiviyyttä (vrt. sivu 11), voidaan olettaa, että pelkkahake normaaliin

sahanhakkeeseen sekoitettuna nostaa sellutehtaitten ostohakkeen tiiviyyttä.

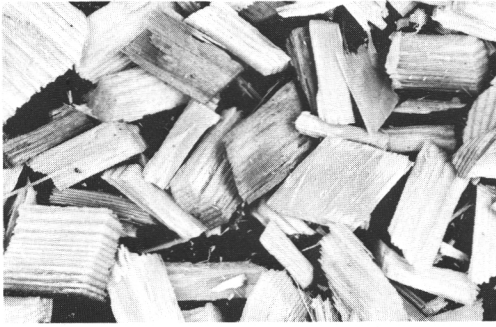
Kun hake ei ollut seulottua, lisääntyi erityisesti alle 3 mm pitkän ja alle 2 mm paksun hienojakeen osuus voimakkaasti lähinnä mukana olevien halkaisusahanterien sekä siloitusterien lastun ja purun ansiosta. Äärijakeitten osuus seulomattomassa hakkeessa oli keskimäärin 20,7 prosenttiyksikköä, joten pelkkahake ei täytä seulomattomana ostohakkeen laatuvaatimuksia.

S a n d q v i s t (1972) mainitsee Linck V-40 -hakkurin hienoainemäärän vaihtelevan 14—20 %. A n t i l a n (1977) mukaan pelkkahakkurivannesahalinjalla saadaan suurin hakesaanto, koska sahausmenetelmä tuottaa vähiten purua. U s e n i u k s e n (1976) tutkimuksessa erilaisilta pelkkahak-



Kuva 2. Eri pelkkahakkureilla saadun hakkeen palakokojakauma eri vuodenaikoina (— = A. Ahlström, --- = Kockums, ... = Linck).

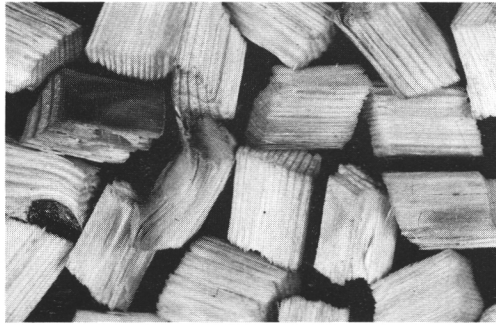
Fig. 2. Size distribution of chips of different chipper headrigs in different seasons (— = A. Ahlström, --- = Kockums, ... = Linck).



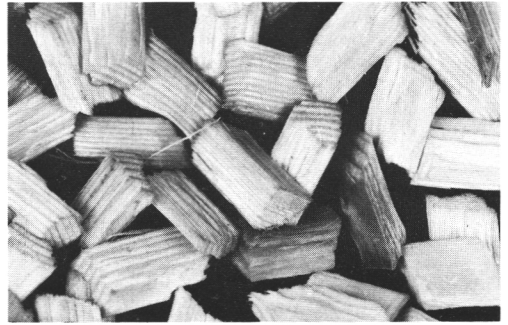
Seulomaton — *Unscreened*



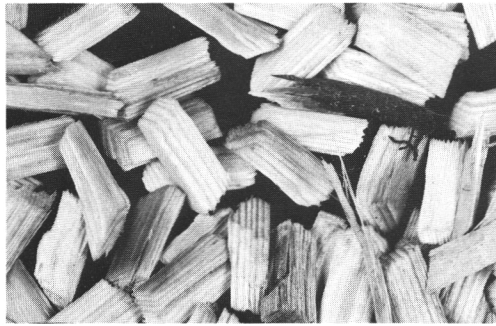
25–32 mm



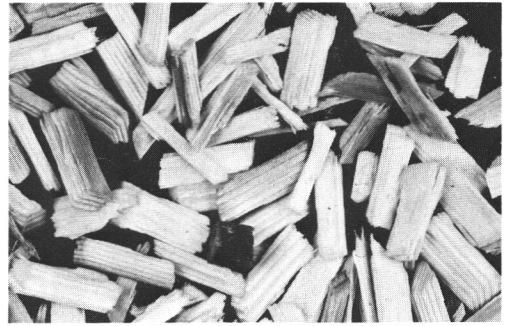
19–25 mm



16–19 mm



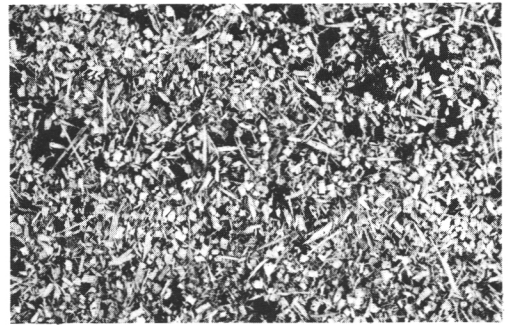
13–16 mm



6–13 mm



3–6 mm



< 3 mm

Kuva 3. Pelkkahakkeen seulontajakeet. Kockums hakkuri.
Fig. 3. The screening fractions of chips of chipper headrigs. Kockums chipper.

Hakkuri	> 32	32—25	25—19	Pituusjake, mm			
				19—13	13—6	6—3	< 3
				%			
Särmäyskurso, seulottu	1,2	4,8	14,0	37,9	39,3	2,3	0,5
Särmäyskurso, seulomaton	1,8	4,8	11,1	27,4	37,8	6,9	10,2
Pintahakkuri, seulomaton	0,0	1,0	4,1	25,1	58,8	7,9	3,0

Hakkuri	> 10	10—8	Paksuusjake, mm				
			8—6	6—4	4—2	< 2	
				%			
Särmäyskurso, seulottu	2,4	4,2	16,1	46,7	26,7	4,0	
Särmäyskurso, seulomaton	3,5	4,8	13,8	33,5	24,9	19,2	
Pintahakkuri, seulomaton	0,0	0,4	1,2	44,4	34,8	19,2	

kuriyhdistelmiltä saadun hakkeen hienojäämäärä vaihteli 2,9—7,4 prosenttiyksikköön.

Särmäyskursohakkeen ja pintahakkurilla valmistetun hakkeen palakokojakaumat selviävät yllä olevasta asetelmasta.

Sekä seulomattoman että seulotun särmäyskursohakkeen palakokojakauma oli siis hyvin lähellä tavallisen pelkkahakkeen palakokoa.

Osa aineistosta seuloitiin myös uudella ruotsalaisella seulontamenetelmällä, jossa on käytetty samanaikaisesti 45,7 ja 3 mm:n reikä- ja 8 mm:n rakoseulalevyjä (E d b e r g ym. 1971). Menetelmä, joka on tällä hetkellä jo osittain käytössä Ruotsissa, seulo samanaikaisesti pois liian pitkät ja paksut hakepalat sekä purun. Uudella seula-laitteistolla saatiin seuraavat tulokset, joissa pelkkahaketta verrattiin myös tavalliseen sahanhakkeeseen, kuitupuuhakkeeseen ja särmäyskursohakkeeseen. Sahanhakkeen valmistuksessa käytettiin Söderhamn 671 hakuria ja 30 sekä 8 mm seulalevyjä ja kuitupuut haketettiin Karhulan hakkurilla malli 620 U-18.

Hakelaji	45(reikä)	8(rako)	Jae, mm		< 3
			7(reikä)	3(reikä)	
			%		
Pelkkahake	0,2	5,5	84,0	9,5	1,0
Sahanhake	0,0	3,4	82,6	13,3	0,7
Kuitupuuhake	0,0	16,8	80,3	2,7	0,2
Särmäyskursohake	0,2	5,6	86,5	7,1	0,5

Ruotsissa sovelletaan hakekaupassa eri seulontafraktioilla seuraavia painoprosentteina ilmaistuja korkeimman sallitun hyl-

käysrajan ja toisaalta priimahakkeen rajan arvoja (T a m m i n e n 1980).

Jae, mm	Priimahake	Hylkäysraja
45	1,5	3,0
8	25,0	35,0
3	10,0	—
< 3	2,0	3,5

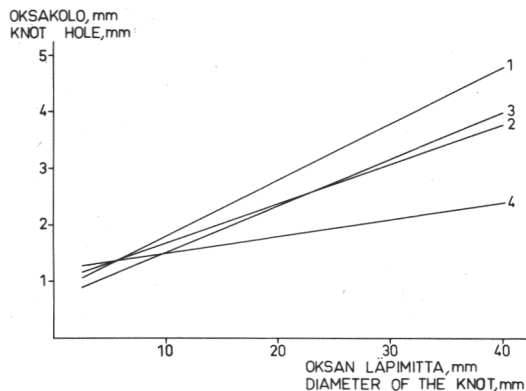
Uusi seulontamenetelmä merkitsisi meikäläisessä hakkeen laadun arvioinnissa vaatimusten löyhtymistä suurimmissa ja pienimmissä palakokoluokissa, mutta vastaavasti kiristymistä paksuuden huomioimisen ansiosta.

37. Pelkan pinnan laatu

Sahauksessa syntyvän pelkan tai sahataran pinnan laatu riippuu puun laadusta, sahakoneen rakenteesta ja terien laadusta ja säädöstä. Sahatavarakappaleiden pinnan repeämät mainitaan pelkkahakkurimenetelmän heikkoudeksi useissa tutkimuksissa (mm. T h u n e l l 1971, S a n d q v i s t 1972, U s e n i u s 1976). Oksat aiheuttavat repeämiä itse oksassa ja niiden ympäryspuussa, ja vääräsyisyydestä aiheutuu puun syiden repeämistä ja muita pintavikoja muuallakin sahatavarakappaleen pinnassa. Heikkolaatuisista, oksaisista, mutkaisista ja lengoista tukeista saadaan näin ollen pinnaltaan huonoa sahatavaraa. Pintavioista noin 90 % mainitaan kuitenkin johtuvan oksavaurioista (K e i t a a n n i e m i 1974).

Oksavaurioiden huomattavan merkityksen vuoksi tässä työssä keskityttiin pääasiassa niiden selvittelyyn muiden pinnan laatuun vaikuttavien tekijöiden jäädessä vain visuaalisen tarkastelun varaan. Taulukossa 7 esitetään oksakolojen syvyydet sahatavaran pinnassa hakkureittain sekä yli 3 mm syvien kolojen osuus prosentteina. Vertailu osoittaa, että selvästi ehein pinta syntyi pintahakkurilla ja heikoin pinta Linck-hakkurilla. Eron tekee erityisen suureksi se, että pintahakkurilla hakettaessa oksan läpimitta oli keskimäärin 26,7 mm, kun se muilla hakkureilla vaihteli 12,9–20,3 mm:iin. Testattaessa eri hakkureiden ja keskimääräisen kolon syvyyden erojen merkitsevyyksiä, vain Linck-hakkurilla ero oli tilastollisesti merkitsevä. Sandqvist (1972) mainitsee, että Kockums-hakkureiden tekemän pelkan pinnassa on oksien kohdalla repeämiä, joiden syvyys on 1,0–2,0 mm. Samassa tutkimuksessa on Linck-hakkurin tekemän sahatavaran pinta sen sijaan todettu sileäksi eikä oksavaurioita havaittu.

Vuodenajalla ei havaittu olevan vaikutusta oksakolojen määrään tai syvyyteen. Myöskään lautojen oksaisuuden eli oksien määrän ja kolojen syvyyden välillä ei todettu korrelaatiota tai se oli hyvin heikko. Kolon syvyys kasvoi sen sijaan voimakkaasti oksan läpimitan kasvaessa (taulukot 7–8). Tämä nähdään myös kuvasta 4, joka kuvaa oksan läpimitan ja oksakolon syvyyden välistä riippuvuutta eri hakkureilla. Suoriin liittyvät



Kuva 4. Oksakolon syvyyden ja oksan läpimitan välinen korrelaatio.

Fig. 4. Correlation between the depth of knot hole and the knot diameter.

yhtälöt korrelaatiokertoimineen ovat seuraavat.

A. Ahlström	$Y = 0,98x + 8,38$	$r = 0,61$
Kockums	$Y = 0,70x + 10,26$	$r = 0,50$
Linck	$Y = 0,79x + 15,63$	$r = 0,41$
Pintahakkuri	$Y = 0,28x + 12,56$	$r = 0,40$

Y = oksakolojen syvyys, mm
x = oksan läpimitta, mm

Taulukko 8 osoittaa, että pieniin (alle 10 mm) oksiin liittyvät kolot ovat suurien oksien yhteyteen syntyviä repeämiä pienempiä. Noin kolme neljäsosaa koloista syntyi oksan viereen ja loput oksan alueelle (kuva 5). Hakkurin terät aiheuttavat kuitenkin usein oksan lohkeamista, josta syystä

Taulukko 7. Eri hakkurityyppien aiheuttamien oksavaurioiden analysointi.
Table 7. Analysis of the knot damage caused by different types of chipper headrigs.

Hakkuri Chipper	Vuoden- aika ⁽¹⁾ Season	Oksa, mm Branch dia- meter, mm	Kolon syvyys, mm Depth of the hole, mm	Keski- hajonta, mm Dispersion, mm	Yli 3 mm syviä koloja, % Holes, depth more than 3 mm, %
A. Ahlström	1	12,6	2,0	—	13,0
	2	18,9	1,8	—	16,7
	K	12,9	2,0	1,15	13,2
Linck	1	22,2	3,0	—	34,6
	2	15,3	1,8	—	8,5
	K	20,3	2,7	1,46	27,4
Kockums	1	19,3	2,3	—	18,4
	2	19,1	2,3	—	19,1
	K	19,2	2,3	1,10	18,7
Pintahakkuri Slabchipper	1	28,4	2,0	—	2,3
	2	25,1	2,1	—	7,8
	K	26,7	2,0	0,68	5,3

(1)
1 = Kesä — Summer
2 = Talvi — Winter
K = Keskimäärin — Average

Taulukko 8. Oksavaurioiden syvyyden riippuvuus oksan läpimitasta.
Table 8. Correlation between the depth of the knot damage and the knot diameter.

Paikka Locality	Hakkuri Chipper	Vuodenaika Season	Kolo-% Holes, %	Oksa, mm — Knot, mm		Vaihteluväli, mm Range of variation, mm	Kolo, mm — Hole, mm		Vaihteluväli, mm Range of variation, mm
				Pieni ⁽¹⁾ Small ⁽¹⁾	Iso ⁽²⁾ Big ⁽²⁾		Pieni ⁽¹⁾ Small ⁽¹⁾	Iso ⁽²⁾ Big ⁽²⁾	
Riihimäki	Linck	1	4	8,3	21,6	7—46	1,7	3,5	1,1—9,6
		2	20,1	—	17,7	13—22	—	2,6	1,7—3,5
Naantali	Kockums	1	91	7,4	24,4	5—59	1,9	2,4	1,4—5,7
	Pintahakkuri Slabchipper	1	23	7,5	29,4	5—48	2,3	2,0	0,8—5,2
	Kockums	2	77	8,5	22,2	5—49	1,5	2,2	0,6—5,8
	Pintahakkuri Slabchipper	2	70	9,6	26,1	9—44	1,3	2,1	1,1—4,2
Tolkkinen	Linck	1	12	8,0	23,2	5—48	2,5	3,4	1,1—10,5
Kotka	Linck	1	2	—	26,0	20—32	—	2,2	1,9—2,4
Joutseno	Kockums	1	61	8,2	22,1	5—56	1,8	2,0	1,0—4,8
		2	71	8,0	27,0	7—59	1,7	2,3	1,0—5,9
Varkaus	A. Ahlström	1	50	7,4	16,1	3—37	1,6	2,4	0,7—5,0
		2	10	—	18,9	13—27	—	1,8	1,0—6,2
Lappeenranta	Kockums	1	36	8,9	26,0	6—54	2,0	2,9	1,1—7,6
Pori	Kockums	1	76	7,3	20,2	2—59	1,9	2,7	1,0—5,9
	Linck	1	5	—	23,0	11—42	—	2,9	1,5—6,9
	Kockums	2	45	8,5	17,1	5—39	1,8	2,4	0,8—9,3
	Linck	2	31	7,7	17,0	5—39	1,3	1,9	0,8—6,4
Kemi	Kockums	1	87	6,7	21,7	2—52	1,7	2,7	0,9—13,3
		2	77	7,3	22,0	5—44	1,7	2,7	1,0—10,7
Keskimäärin Average		1	40	7,3	22,1		1,7	2,5	
		2	51	8,2	21,7		1,7	2,4	
Kaikki All			43	7,6	22,0		1,7	2,5	

⁽¹⁾ Oksa alle 10 mm — Knot under 10 mm

⁽²⁾ Oksa yli 10 mm — Knot over 10 mm

oksiin syntyvät kolot olivat keskimäärin ympäröspuuhun syntyviä repeämiä syvempiä. Oksavaurion syvyys ei näyttänyt riippuvan oksan laadusta, vaan sekä tuore että kuiva oksa aiheuttivat yhtä syvän kolon.

Keitaa n i e m e n (1974) tutkimuksessa ei todettu oksien koon ja kolon syvyyden välistä riippuvuutta. Keitaa n i e m i havaitsi oksavaurioiden syvyyden ensin hitaasti kasvavan leikkuunopeuden kasvassa mutta sitten pienenevän jyrkästi suuria leikkuunopeuksia käytettäessä. Keitaa n i e m e n mukaan kolojen syvyys oli Ahlströmin pelkkahakkurilla suurin leikkuunopeudella 30 m/s. Redusointimäärän laskiessa 4":sta 1,5":aan pienenevät oksien aiheuttamien kolojen syvyydet samalla hakkurilla 19—32 %. Myös Forsen (1977) totesi työstöpinnan laadun paranevan hakkurin leikkuusyvytyden pienessä.

Silmävaraisesti pinnan tasaisuutta tarkastellen teki pintahakkuri sahatavaraan sileimmän pinnan, mutta eri pelkkahakkurityyp-

pien väliset erot olivat pienet. Pelkan pinta silottavien segmenttiterien ansiosta jälki muistutti Linck- ja Kockums-hakkureissa pyörösahanterän jälkeä (kuva 6). Silmävaraisesti katsoen on kaikkien pelkkahakkurien työstöjälki tasaisempi kuin kehys-sahan jättämä pinta, joka sisältää runsaasti irtonaisia kuitukimppuja. Keitaa n i e m e n (1974) mukaan oksien ympärille ei kehys-sahalla kuitenkaan synny koloja. Sileän pinnan aikaansaaminen vaatii ainoastaan 0,5—1,5 mm paksuisen kerroksen höyläyksen, kun taas pelkkahakkurilla sileään pintaan pyrittäessä on poistettava ilman oksakolojakin 0,30—0,69 mm:n paksuinen kerros. Käytössä olevista sahakoneista vannesahalla saadaan kuitenkin paras pinnansileys (kuva 6). U s e n i u s (1976) ja A n t i l a (1977) asetettavat sahakoneet pinnan tasaisuuden suhteen seuraavaan järjestykseen parhaasta huonoimpaan: vannesaha, pelkkahakkuri, pyörösaha, kehäsaha.



Kuva 5. Sahatavarakappaleen pinnan repeämä oksan vieressä.
 Fig. 5. Tear on the surface of a sawn timber piece adjoining a knot.

4. KÄYTÄNNÖN NÄKÖKOHTIA

Pelkkahakkeen tärkein käyttömuoto on selluteollisuuden raaka-aineena, jonka vuoksi sen merkitystä on tarkasteltava lähinnä sulfaatti- ja sulfiittiselluteollisuuden tarpeiden ja vaatimusten valossa. Sahanhake on peräisin etupäässä järeiden tukkien pinta-puusta, jonka vuoksi sen puuaineen kuiva-tuoretiheys on normaalia kuitupuuta korkeampi (U s v a a r a 1969, 1972b). Pääasiassa tästä syystä männyn sulfaattikeitos-sa saadaan sahanhakkeesta yleensä 1—2 % parempi saanto kuin kuitupuuhakkeesta (P e k k a l a 1972). Sahanhake keittyy myös yleensä hieman nopeammin ja tasaisemmin kuin kuitupuuhake pienemmän oksa- ja sydänpuuosuuden sekä pienemmän lastukoon ansiosta (P e k k a l a 1972, S a u k k o n e n 1972).

Hakkeen täydellinen kuituuntuminen edellyttää hakkeen imeytymistä keittone-steellä täydellisesti ja tasaisesti. Imeytymis-intensiteetti on kummallakin yleisimmällä keittomenetelmällä erilainen. Sulfiittimene-telmässä pidetään optimihakkeen pituutena 19—25 mm ja paksuutena 5 mm, kun taas sulfaattikeitossa vastaavien arvojen tulisi py-sytellä rajoissa 13—25 mm ja 3—5 mm (N i k k i 1968).

Pelkkahakkeen tyypillisin ominaisuus ovat ohuet ja muihin hakkeisiin verrattuna lyhyet lastut sekä toisinaan korkea hieno-jakeen ja alhainen suurten hakepalojen mää-rä. Pelkkahakkeen sisältämä runsas puru-määrä aiheuttaa tukkeamia tehtaan syöttö-laitteissa ja kuljettimissa sekä lisää jossakin määrin keittonesteen kulutusta (U s -



6a. Ahlström-hakkuri — *Ahlström chipper*



6b. Linck-hakkuri — *Linck chipper*



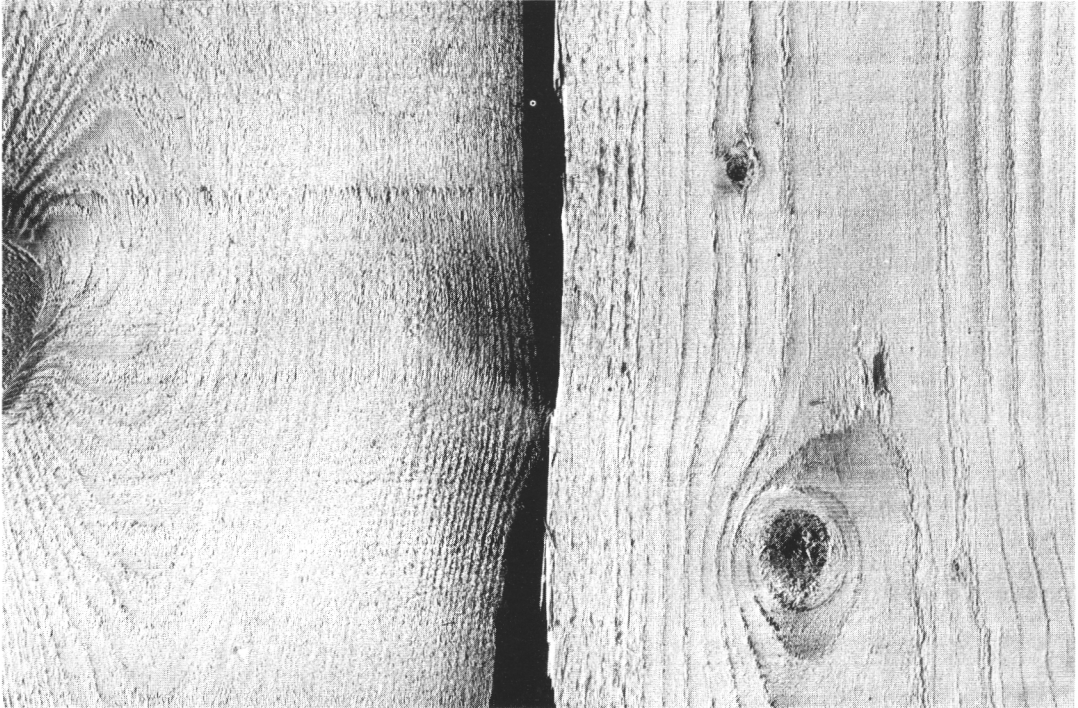
6c. Kockums-hakkuri — *Kockums chipper*



6d. Pintahakkuri — *Slabchipper*



6e. Kehäsaha — *Frame saw*



6f. Vannesaha — *Band saw*

Kuva 6. Eri pelkkahakkureilla sekä kehys- ja vannesahalla valmistetun sahatavaran pinnan sileys.

Fig. 6. Smoothness of the surface of sawn goods produced by different chipper headrigs and a frame and band saw.

v a a r a 1974). Pieni palapituus ja -pak-
suus aiheuttavat toisaalta hakkeen kiintotila-
vuuden alenemista ja keittimien täyttöas-
teen heikkenemistä (B a u s c h ja H a r t -
l e r 1960, E d b e r g ym. 1973). Keiton
saannon kannalta kokojakauma ja sen vaihteluiden vähäisyys on etu, sillä esimerkiksi K e i t a a n n i e m e n (1974) tutkimuk-
sissa Ahlström-hakkurin pelkkahakkeesta
saatiin sulfaattikeitossa keskimäärin 2 % ja
sulfiittikeitossa 4 % parempi lajiteltu saanto
kuin saman tehtaan kuitupuuhakkeesta. Pa-
rempi saanto johtunee kuitenkin pääasiassa
kuitupuuta korkeammasta puuaineen kuiva-
tuoretiheydestä sekä tasalaatuisesta puuai-
neesta. Kockums-hakkurin hakkeen havait-

tiin myös antavan sulfaattikeitossa 2,3 %
korkeamman saannon sekä paremman mas-
san repäisyjuuden kuin tavallisesta mänty-
kuitupuusta valmistetun hakkeen (H y p -
ö n e n 1966). Sekakeitossa etua kuiten-
kin ilmeisesti jonkin verran menetetään. Ta-
vanomaisen kuitupuun kanssa massaa kei-
tettäessä saanto laski K e i t a a n n i e m e n (1974) mukaan noin yhden prosentin
ylikeittymisen johdosta.

Pelkkahakkeesta ei ole suoritettu keitto-
kokeita tavallisen sahanhakkeen joukossa
mutta on ilmeistä, että näiden hakelajien
välillä erot ovat edellä mainittuja vähäisem-
piä.

5. TIIVISTELMÄ

Pelkkahakkuri on sahakoneen yhteydessä
toimiva, tavallisista hakkureista toimintape-
riaatteensa ja rakenteensa suhteen poikkeava
yksikkö, joka lastuaa tukin pintaosat suo-
raan hakkeeksi. Hake, jonka pääasiallisin
käyttömuoto on sellun raaka-aineena, eroaa
monessa suhteessa muista, yleisimmin käy-
tetyistä hakelaaduista.

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään ha-
kevirrasta otettujen näytteiden perusteella
pelkkahakkeen teknisiä laatuominaisuuksia
käytön kannalta sekä vertailemaan keske-
nään käytössä olevia hakkurityyppejä. Ko-
neilla työstettyjen sahatavarakappaleiden
pinnan sileyttä ja pintavaurioita tutkittiin
käytännön oloissa.

Tärkeimmät tutkimustulokset olivat seu-
raavat:

Hakkeen kosteussuhde sekä sitä vastaava
kosteus olivat 132 ja 57 % maavarastoiduis-
ta ja 151 ja 60 % vesivarastoiduista tukeista
peräisin olevalla hakkeella. Kosteus aleni
jossakin määrin hakkeen hienojakeen ja pu-
run lisääntyessä.

Mänty- ja kuusihakkeen keskimääräiset
kuoriprosentit olivat 0,4 ja 2,3 sekä 1,2 %
vuotuisena keskiarvona. Kuusihakkeen kuor-
en määrä ylitti talviaikana selvästi laatu-
vaatimusten salliman yhden prosenttiyksii-

kön rajan, mutta tukkien säilyttäminen ve-
sivarastossa vaikutti suotuisasti kuoren irt-
toamiseen.

Pelkkahake on, kuten sahanhake yleensä,
peräisin runkojen pintapuun alueelta ja siten
ominaisuuksiltaan tasaista. Oksaprosentin ja
mäntyhakkeen sydänpuuprosentin keskiar-
vot olivat 1,0 ja 2,8.

Pelkkahake on lyhyt- ja ohutpalaisempaa
kuin tavanomainen sahanhake sekä etenkin
sellutehtaiden kuitupuuhake. Sahalaitoksilla
seulotun pelkkahakkeen äärijakeiden osuu-
det olivat talvella 8,0 ja kesällä 3,6 %, joten
hake ylitti kylmänä vuodenaikana laatuvaai-
timusten salliman 5 %:n rajan. Seulomatto-
malla hakkeella nousi käyttöön kelpaamat-
toman jakeen osuus pääasiassa purun an-
siosta 20,7 prosenttiyksikköön.

Ohuiden lastujen huomattavasta osuude-
sta sekä palakokojakauman tasaisuudesta
johtuen pelkkahakkeen kiintotilavuuspro-
sentti on sahanhaketta ja kuitupuuhaketta
alhaisempi.

Hakkurien terät aiheuttavat sekä oksia
että niiden ympäryspuuta leikatessaan pin-
nan repeämiä, joiden keskisyvyudet vaihteli-
vat eri hakkureilla keskimäärin 2,0—2,7
mm:in. Silmävarainen pinnan sileyden tar-
kastelu osoitti eri hakkurien välillä vain vä-
häisiä eroja.

KIRJALLISUUS

- ANTILA, R. 1977. Kehyssahaus verrattuna muihin sahausmenetelmiin. Puumies 11:265—267.
- ANTTIKOSKI, A. 1968. Spiraalihakututkimus. Keskuslaboratorion seloste 887. Ei julkaistu.
- BAUSCH, H. & HARTLER, N. 1960. Determination of chip dimensions. Svensk PappTidn. 63(10):319—326.
- BRUUN, H. 1967. Selluteollisuuden käyttämän männyn ja kuusen sydänpuupitoisuus. Kemian teollisuus 24:20—22.
- & WILLBERG, J. 1964. The heartwood contents of Pine (*Pinus silvestris*) and Spruce (*Picea abies*). Paperi ja Puu 46(4a):221—227.
- EDBERG, U., ENGSTRÖM, L. & HARTLER, N. 1971. Så sällas sågverksflis. Sågverken/Trävaruindustrien 7:451—453.
- , ENGSTRÖM, L. & HARTLER, N. 1973. Reducerfliskvalitet — jämförelse av flis från några olika maskiner. Svensk PappTidn. 76(15):534—539.
- FORSEN, H. 1977. Blockningsflisens kvalitet och på den inverkan faktorerna. Teknillinen Korkeakoulu, puunjalostusosasto. Diplomityö. 99 s.
- GALLOWAY, L. & THOMAS, P. 1972. Studies on chip quality from a chip-N-saw chipping headrig. Pulp Paper Mag. Can. 73(8):82—86.
- HAKKILA, P. 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. Lyhennelmä: Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 66(8):1—59.
- 1971. Coniferous branches as a raw material source. Lyhennelmä: Havupuun oksat raaka-ainelähteenä. Commun. Inst. For. Fenn. 75(1):1—60.
- HARTLER, N. 1972. Chips for industrial use. FAO:n julkaisu. FAO:TWC/72/25.
- HEISKANEN, V. 1963. Mittalaatikon suuruuden vaikutus hakkeen irtokuutiometripainoon. Autokuoriamittauksen ja laatikkomittauksen vertailua. Summary: The influence of the size of measuring box on the cubic metre weight of wood chips. Comparisons of measuring in truck loads and in small boxes. Pienpuu. Toimik. julk. 149:1—34.
- HYPPÖNEN, O. 1966. Pelkkahakkeen käyttö sa-massan raaka-aineena. Oy Kaukas Ab. Seloste M 6664. Ei julkaistu.
- ISOMÄKI, O. 1969. Sahanhakkeen tiheyden vaihtelut. Paperi ja Puu 51(11):829—836.
- KAIVOLA, R. 1979. Mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteiden määrät ja laadut. Mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotetutkimus. Osaraportti 1:1—39.
- KEITAANNIEMI, O. 1974. Lastutusolosuhteiden vaikutus pelkkahakurilla saadun hakkeen ja pelkan pinnan laatuun. Teknillinen Korkeakoulu, puunjalostusosasto. 116 s.
- KIVIMAA, A. 1977. Pelkkahakurit. Puumies 11:256—257.
- NEVALAINEN, K. 1968. Havupuukuoren sellukeitto. Esitelmä Leningradissa 11.—16.6.1968. 6 s. Moniste.
- NIKKI, M. 1968. Hakkeen ominaisuuksien vaikutuksesta massan valmistuksessa. Haketutkimustoimikunta. 20 s. Moniste.
- PEKKALA, O. 1972. Pohjois- ja Keski-Suomen sahanhake sellun raaka-aineena. Haketutkimustoimikunta. 6 s. Moniste.
- Sahanhake ja paperipuuhake massan raaka-aineena. 1969. Haketutkimustoimikunta. 19 s. Moniste.
- Sahanhake ja paperipuuhake massan raaka-aineena II. 1972. Haketutkimustoimikunta. 16 s. Moniste.
- SANDQVIST, I. 1972. Sågade trävaror och flis vid bearbetning i Kockum-Söderhamn AB:s blockreducerare typ 240—12 och Gebrüder Lincks blockreducerare typ V-40. Medd. Svenska TräforsknInst. Serie B. 101.
- & BLÜMER, H. 1972. Sågade trävaror och flis vid bearbetning i Canadian Car Pacific's Chip-N-Saw Mark II och Kockum-Söderhamn AB:s blockreducerare typ 240—15. Medd. Svenska TräforsknInst. Serie B 115.
- SAUKKONEN, M. 1971. Hakkeen näytteenotto ja laatuanalyysimenetelmät. Keskuslaboratorion seloste 1045. Ei julkaistu.
- 1972. Sahanhakkeen ja paperipuuhakkeen sekakeitto. Haketutkimustoimikunta. 5 s. Moniste.
- TAMMINEN, Z. 1980. Hakkeen uusi seulontamenetelmä Ruotsissa. Kirjallinen tiedonanto.
- THUNELL, B. 1971. Production of sawn timber in integrated machine units. Svensk PappTidn. 74(16):475—479.
- USENIUS, A. 1976. Sahausmenetelmien vertailututkimus. Sahatavaran, hakkeen ja purun laadun analysointi. Tied. Valt. Tekn. Tutkimusk. 14:1—34.
- UUSVAARA, O. 1969. Sahanhakkeen tiheys ja paino. Summary: On density and weight of sawmill chips. Commun. Inst. For. Fenn. 67(3):1—44.
- 1972a. Sahanhakkeen ja paperipuuhakkeen ominaisuuksista. Haketutkimustoimikunta. 14 s. Moniste.
- 1972b. Sahanhakkeen ominaisuuksia. Summary: On the properties of saw mill chips. Commun. Inst. For. Fenn. 75(4):1—55.
- 1974. Teollisuudessa käytettävän sahanpurun ominaisuudet. Summary: Properties of sawdust utilised in industry. Commun. Inst. For. Fenn. 83(1):1—43.
- 1977. Männyn ja kuusen kuoren vaikutus sellua keitetessä. Moniste 6:1—16.
- & HEISKANEN, V. 1975. Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa. Summary: Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. Folia For. 234:1—28.

SUMMARY

The chipper headrig is a unit which works in connection with a sawing machine and differs from conventional chippers in its working principle and structure. It chips the outer parts of the log directly into chips. The chips, to be used mainly for pulping, differ in many respects from the most commonly utilised chip qualities.

Using samples taken from the chip flow the technical properties of the chips of chipper headrigs were studied from the utilization point of view and to compare the chipper headrigs in use. The surface smoothness and surface damage of sawn timber pieces processed by the machines were studied in practical conditions.

The main results were as follows:

The dry and green weight moisture contents of the chips were 132 % and 57 %, respectively, for chips from logs stored on land and 151 % and 60 % for chips logs stored in water. The moisture content decreased somewhat with the increase in chip fines and sawdust.

The average bark percentages of pine and spruce chips were 0,4 and 2,3 % and 1,2 % as an annual average. The bark content of spruce chips during the winter season rose distinctly above the 1 per cent unit limit permitted by the quality requirements, but the

storing of logs in water improved the loosening of bark.

Chips of chipper headrigs, like sawmill chips, generally derive mainly from the stem sapwood and are thus homogeneous in their properties. The knot percentage and heartwood content of pine chips were 1,0 % and 2,8 % on average.

Chipper headrig chips contain more fines and thin pieces than ordinary sawmill chips and especially the pulpwood chips. The proportions of oversized chips from chipper headrigs screened at sawmills were 8,0 % in the winter and 3,6 % in the summer and the chips thus exceeded during the cold season the 5 % limit permitted by quality requirements. The share of the unacceptable fraction rose in unscreened chips to 20,7 % chiefly on account of sawdust.

Owing to the considerable proportion of thin chips and the uniform size distribution the solid wood content (solid m³/loose m³) of chipper headrig chips is lower than that of sawmill chips and pulpwood chips.

In cutting both the knots and the wood surrounding them the chipper blades gash the sawn goods surface; the average depth of the knot holes varies from 2,0 to 2,7 mm in different chippers. Examination of the surface smoothness by the naked eye revealed only small differences between the various chippers.

ODC 861.0:832.181
ISBN 951-40-0469-8
ISSN 0015-5543

UUSVAARA, O. 1980. Pelkkahakkureilla tehdyn hakkeen ja sahatavaran pinnan laatu. Summary: Quality of chips and surface of sawn timber made by chipper headrings. Folia For. 447:1—24.

The technical properties and composition of chips made by chipper headrings were studied and compared with the ordinary chip qualities utilized by industry. The processing effect of different chipper types on the surface of sawn goods pieces was studied chiefly on the basis of knot holes.

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

ODC 861.0:832.181
ISBN 951-40-0469-8
ISSN 0015-5543

UUSVAARA, O. 1980. Pelkkahakkureilla tehdyn hakkeen ja sahatavaran pinnan laatu. Summary: Quality of chips and surface of sawn timber made by chipper headrings. Folia For. 447:1—24.

The technical properties and composition of chips made by chipper headrings were studied and compared with the ordinary chip qualities utilized by industry. The processing effect of different chipper types on the surface of sawn goods pieces was studied chiefly on the basis of knot holes.

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

ODC 861.0:832.181
ISBN 951-40-0469-8
ISSN 0015-5543

UUSVAARA, O. 1980. Pelkkahakkureilla tehdyn hakkeen ja sahatavaran pinnan laatu. Summary: Quality of chips and surface of sawn timber made by chipper headrings. Folia For. 447:1—24.

The technical properties and composition of chips made by chipper headrings were studied and compared with the ordinary chip qualities utilized by industry. The processing effect of different chipper types on the surface of sawn goods pieces was studied chiefly on the basis of knot holes.

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

ODC 861.0:832.181
ISBN 951-40-0469-8
ISSN 0015-5543

UUSVAARA, O. 1980. Pelkkahakkureilla tehdyn hakkeen ja sahatavaran pinnan laatu. Summary: Quality of chips and surface of sawn timber made by chipper headrings. Folia For. 447:1—24.

The technical properties and composition of chips made by chipper headrings were studied and compared with the ordinary chip qualities utilized by industry. The processing effect of different chipper types on the surface of sawn goods pieces was studied chiefly on the basis of knot holes.

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

- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan fysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in Finnish Lapland.
- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet.
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä.
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.
- No 405 Sepponen, Pentti & Haapala, Heikki: Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin.
On the effect of drainage on the chemical properties of peat.
- No 406 Elovirta, Pertti: Metsätyövoiman allapysyvyys 1969—1977.
Permanence of forest labour in Finland 1969—1977.
- No 407 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston perusteella.
Variation in tree growth in Finland based on the 6th National Forest Inventory.
- No 408 Lilja, Arja: Koivun siemenen sienet ja niiden patogeenisuus.
Fungi on birch seeds and their pathogenicity.
- No 409 Kallio, Tauno & Häkkinen, Risto: Juurikäävän (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) ja *Phlebia gigantean* (Fr.) Donk vaikutus pellolle istutettujen kuusen, männyn, tervalepän ja rauduskoivun taimien pituuskasvuun ja elossapysymiseen.
Effect of *Heterobasidion annosum* and *Phlebia gigantea* infection on the height growth and survival rate of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* and *Betula pendula* seedlings planted on old fields.
- No 410 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa.
Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps.
- No 411 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1977—79.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1977—79.
- No 412 Raitio, Hannu: Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopelolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta.
Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms.
- No 413 Kellomäki, Seppo & Salmi, Juhani: Koivuvaneritukkien kuoren määrä.
Bark quantity of birch logs.
- No 414 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia.
Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results.
- No 415 Teivainen, Terttu: Eräiden viljeltyjen pajujen kelpaavuus peltomyyrälle (*Microtus agrestis* L.) ruokintakokeiden mukaan.
Palatability of some cultivated willows to field voles (*Microtus agrestis* L.) in feeding trials.
- No 416 Velling, Pirkko: Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa.
Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials.
- No 417 Mattila, Eero: Kangasmaiden luppometsien ominaisuuksia Suomen poronhoitoalueella 1976—1978.
Characteristics of the mineral soil forests with arboreal lichens (*Alectoria*, *Bryoria* and *Usnea* spp.) in the Finnish reindeer management area, 1976—1978.
- 1980 No 418 Hakki, Pentti & Kalaja, Hannu: Harvesting fuel chips with the Pallari swath harvester.
Polttopuun korjuu Pallarin leikkuuhakkurilla.
- No 419 Kinnunen, Kaarlo & Lemmetyinen, Markku: Paakkukoon vaikutus männyn taimien alkukehitykseen.
Initial development of containerized pine seedlings as affected by the size of earth ball.
- No 420 Keipi, Kari & Laakkonen, Olavi: Päätehakkuuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja.
Profitability comparisons of urea fertilization in old stands.
- No 421 Lipas, Erkki & Levula, Teuvo: Urealannoitus eri vuodenaikoina.
Urea fertilization at different times of the year.
- No 422 Weissenberg, Kim, von & Kurkela, Timo (Eds.): Proceedings of the meeting of the IUFRO Working Party S2.05—05, Resistance in pines to *Melampsora pinitorqua*, June 1979, Suonenjoki, Finland.
IUFRO:n työryhmän S2.05—05, Versoruosteenkestävyys männnyssä, kesäkuussa 1979 Suonenjoella pidetyn kokouksen esitelmät.
- No 423 Kylmänen, Pekka: Ennakkotuloksia nuorissa männyn siemenviljelyksissä syntyvän Pohjois-Suomi x Etelä-Suomi -kaukoristeyssiemenen käyttömahdollisuuksista.
Preliminary results concerning usability of North Finland x South Finland hybrid seed born in young Scots pine seed orchards.
- No 424 Sievänen, Risto: A preliminary simulation model for annual photosynthetic production and growth in a short rotation plantation.
Alustava lyhytkiertoviljelmän vuotuisen fotosynteesin tuotoksen ja kasvun simulointimalli.

- No 425 Kohmo, Ilkka: Metsiköiden kasvuprosentti Suomessa vuosina 1971—1976.
Increment percentage of forest stands in Finland 1971—1976.
- No 426 Rautiainen, Olavi & Räsänen, Pentti K.: Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968—1976.
Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968—1976.
- No 427 Tiihonen, Paavo: ATK-karttamenetelmän kokeilu työkohteiden etsinnässä Pohjois-Savossa 1976—1978.
Experimenting with the ADP-map method for locating working sites in northern Savo, East Finland, 1976—1978.
- No 428 Ryytänen, Leena: Männyn siemenen varastointi ja vanheneminen.
Storage of Scots pine seed and seed ageing.
- No 429 Raivonen, Marjut & Leikola, Matti: Hakkuutähteiden poistamisen vaikutus istutettujen kuusen taimien alkukehitykseen.
The influence of the removal of logging waste on the initial development of planted Norway spruce seedlings.
- No 430 Metsätalastollinen vuosikirja 1979.
Yearbook of Forest Statistics 1979.
- No 431 Kyttä, Timo: Puuston vaurioituminen harvennushakkuissa. — Kirjallisuustarkastelu.
Stand damage during thinnings. — Literature review.
- No 432 Silfverberg, Klaus: Kuusen kasvuhäiriö ja hivenravinteet.
Micronutritional growth disorder in Norway spruce.
- No 433 Hakkila, Pentti & Wójcik, Tomasz: Thinning young pine stands with the Makeri tractor in Poland.
Makeri pientraktori nuoren männikön harvennuksessa Puolassa.
Próba zastosowania ciągnika Makeri do pozyskiwania drewna w trzebieżach drzewostanów sosnowych w Polsce.
- No 434 Seppälä, Heikki, Kuuluvainen, Jari & Seppälä, Risto: Suomen metsäsektori tienhaarassa. Tutkimus Suomen metsäsektorin kehityksestä ja tulevaisuuden vaihtoehdoista.
The Finnish forest sector at a cross road.
- No 435 Julkaisut 1979. Metsäntutkimuslaitos.
Abstracts of publications, 1979. The Finnish Forest Research Institute.
- No 436 Mattila, Eero & Kujala, Matti: Utsjoen, Inarin ja Enontekiön metsävarat 1978.
Forest resources of Utsjoki, Inari and Enontekiö, North Finland, in 1978.
- No 437 Kurvinen, Pekka & Harstela, Pertti: Haketustyön ergonomia ja työn järjestely.
Ergonomics and work organizing of chipping work.
- No 438 Nisula, Pentti: Neulasten pitolajuuden mittari.
Needle retention gauge.
- No 439 Nisula, Pentti: Tutkimuksia kantoherbisidin levittämisestä raivaussahalla.
Studies on stump herbicide spraying using a brush saw.
- No 440 Nisula Pentti: Näkökohtia polttohakkeen kuivaamisesta.
Aspects of the drying of fuel chips.
- No 441 Kujala, Matti: Runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laskentamenetelmä.
A calculation method for measuring the volume growth over bark of stemwood.
- No 442 Päivinen, Risto: Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotunnusten laskenta.
On the estimation of the stem-diameter distribution and stand characteristics.
- No 443 Veijalainen, Heikki: Eräiden hivenlannoitteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Neulasanalyysiin perustuva tarkastelu.
Usability of some micronutrient fertilizers in peatland forests. Report basing on needle analysis.
- No 444 Tervonen, Markku & Issakainen, Jorma: Sarkaleveyden ja lannoituksen vaikutus männyn sädekasvun elpymiseen ohutturpeisella piensararämeellä.
Effect of ditch spacing and fertilization on the revival of radial growth of Scots pine on shallow-peated small sedge bog.
- No 445 Huuri, Olavi: Juurten hienfosfaattikäsitelyn vaikutus männyn ja kuusen istutus-taimien alkukehitykseen kivennäismailla.
Effect of milled rock phosphate root coating on the initial development of Scots pine and Norway spruce transplants on mineral soils.
- No 446 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Ahvenanmaan maakunnan ja maan yhdeksän eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueen metsävarat 1977—1979.
Forest resources in the Province of Ahvenanmaa and the nine southernmost Forestry Board Districts in Finland 1977—1979.
- No 447 Uusvaara, Olli: Pelkkahakkureilla tehdyn hakkeen ja sahatavaran pinnan laatu.
Quality of chips and surface of sawn timber made by chipper headrigs.
- No 448 Vuokila, Yrjö: Kasvatustiheyden vaikutus istutuskuusikon kasvuun ja tuotukseen.
The dependence of growth and yield on the density of spruce plantations in Finland.
- No 449 Kinnunen, Kaarlo & Mäki-Kojola, Sakari: Männyn luontaisesta uudistumisesta Pohjois-Satakunnassa.
Natural regeneration of Scots pine in western Finland.