

SEULONTATULOKSIA ALGOL-MONIKÄYTTÖHAKKURIN HAKKEESTA

MARKKU MÄKELÄ

SUMMARY:

SCREENING RESULTS ON THE CHIPS MADE BY ALGOL-MULTIPURPOSE CHIPPER

Saapunut toimitukselle 1977-03-23

Tutkimuksessa tarkasteltiin kirjallisuuden perusteella hakkeen laadun määrittämistä, laatuvaatimuksia, todellista laatua, laadun vaikutusta sulfaattiprosessissa sekä hakkeen laatuun vaikuttavia tekijöitä.

Edelleen tarkasteltiin Williams-seulonnan soveltuvuutta kuvaamaan Algol-hakkurin hakkeen pituusjakaumaa. Tulokset osoittivat seulonnan antavan varsin virheellisen pituusjakauman.

Algol-hakkurin hakkeen laatua selviteltiin seulomalla kuitupuu-, ranka-, kokopuu- ja hakkuutähdehakkeesta pituus- ja paksuusjakaumat. Havaittiin, että Algol-hakkurin tekemä kuituja kokopuuhake on pituusjakaumaltaan lähellä muiden hakkureiden haketta. Paksujen palojen osuus on hakkeessa sen sijaan suurempi kuin teollisuushakkeessa. Terien tylsyminen ei vaikuta palakokojakaumaan, mutta lisää murskautuneiden palasten määrää.

1. JOHDANTO

11. Yleistä

Hakkeen laadusta on aina puhuttu kuituja käyttävässä metsäteollisuudessa työkentelevien insinöörien keskuudessa. Heiltä tämä asia on levinnyt myös metsäpuolelle haketuksen kanssa tekemisissä olevien henkilöiden tietouteen. Hakkeen laadun merkitys käytön kannalta on kuitenkin jäänyt monessa tapauksessa epäselväksi. Tämän vuoksi tässä artikkelissa selvitetään hakkeen laadun määrittämistä, laatuvaatimuksia ja teollisuudessa käytettävän hakkeen laatua sekä eri tekijöiden vaikutusta hakkeen laatuun. Johdanto-osassa esitettävän kir-

jallisuustarkastelun tulokset on saatu joko kuitupuu- tai sahanhaketta koskevista tutkimuksista.

Kokopuu hakkureiden hakkeen laatu kysymyksistä on tähän mennessä julkaistu varsin vähän tietoutta. Algol-monikäyttöhakkurin hakkeen laatua tarkastellaan tässä tutkimuksessa seulontatulosten perusteella.

Tutkimuksessa ovat avustaneet Tapio Järvinen (aineiston keräys ja käsittely), Leena Muronranta (piirroukset) sekä Aune Rytönen ja Leena Turunen (konekirjoitustyöt). Englanninkielisen tekstin on kääntänyt John Derome. Käsikirjoituksen ovat lukeneet Pertti Harstela, Matti Kärkäinen ja Olli Uusvaara. Kiitän tuesta.

12. Hakkeen laadun määrittely ja sen luotettavuus

Hakkeen laadusta puhuttaessa tarkoitetaan usein pelkästään palakoon pituus- tai paksuusjakaumaa. Toinen merkittävä, mutta vaikeasti määritettävissä oleva laatuominaisuus on hakepalojen mekaaninen vaurioituneisuus. Hakkeen laatutekijöihin kuuluu myös kuoren, neulasten ym. mahdollisten epäpuhtauksien määrä. Koska nämä riippuvat olennaisesti kulloinkin haketettavasta raaka-aineesta, on tämä laatutekijä jätetty tässä tutkimuksessa tarkastelun ulkopuolelle.

Hakkeen laadusta myöhemmin puhuttaessa pitäydytään hakepalojen mittojen käsittelyssä. Tästä poikkeuksena palataan kuitenkin hakepalojen mekaaniseen vaurioitumiseen käsiteltäessä hakkeen laadun vaikutusta sulfaattisellun valmistukseen (kohta 14).

Hakepalojen pituusjakauma määritetään yleensä seulomalla 15 litran hakenäyte Williams-reikäseulalla 5 min ajan. Paksuusjakauma saadaan vastaavasti Williams-rakoseulalla näytteen koon ollessa 7,5 litraa ja seulonta-ajan 5 min (SAUKKONEN 1971). Hakkeen seulonta Williams-seulalla ei anna kuitenkaan oikeata kuvaa hakkeen palakoosta (esim. DAHM ja LÖSCHBRANDT 1960, WAHLMAN 1967, PALENIUS 1970, KEAYS ja HATTON 1971, EDBERG ja ESKILSSON 1972). Reikäseulonnassa tämä johtuu siitä, että seulan pitäisi lajitella hakepalaset suurimman dimension, siis periaatteessa pituuden mukaan, mutta käytännössä lajittelua tapahtuu usein myös leveyden mukaan. Eriytyisen suureksi virhe seulontatuloksen ja todellisuuden välillä tulee tapauksissa, joissa hakepalat ovat kapeita ja joukossa on paljon ns. neulamaisia hakepaloja. Neulahakkeella tarkoitetaan hakepaloja, joiden leveyden ja paksuuden suhde on alle 2. Tällaiset hakepalat eivät lajitu reikäseulonnassa pituuden mukaan ja ne ovat yleisin osa alimittaisessa jakeessa (< 6 mm) (EDBERG ja ESKILSSON 1972). Muun muassa Algol-hakurin hakkeessa on runsaasti tällaisia kapeita ja neulamaisia hakepaloja. Pituusjakauman käyttökelpoisuutta pienentää myös se, että seulonnassa lajittelu tapahtuu hakepalan suurimman ulottuvuuden eikä syiden

suuntaisen pituuden mukaan (KEAYS ja HATTON 1971).

Pari kirjallisuudesta poimittua esimerkkiä osoittanevat Williams-reikäseulonnan mahdollisuuksia. — DAHM ja LÖSCHBRANDT (1960) ovat havainneet, että hakkeen pituusjakaumassa on todellisuudessa huomattavasti vähemmän hajontaa kuin seulontatuloksen mukaan. Kun WAHLMAN (1967) taas vertasi kahta Williams-seulalla pituusjakaumaltaan samanlaiseksi saatua erää, paksuusjakaumat havaittiin erilaisiksi (vrt. DAHM ja LÖSCHBRANDT 1960). Saatu tulos osoittaa, millaisia vaikeuksia eri erien vertailussa on.

Rakoseulonta jaottelee hakepalat niiden suurimman paksuuden mukaan. Paksuudella on sulfaattiselluteollisuudessa hakkeen käytön kannalta oleellisesti pituutta suurempi merkitys. Seulonnan antamaa nimelistä paksuusjakaumaa tärkeämpää olisi tietää hakepalojen paksuus kemikaalien imeytymisen kannalta. Käytännössä tämä voi merkitä esim. sitä, mikä on maksimietäisyys pinnasta lyhintä tietä hakepalan keskukseen. Tämän kaksinkertaista määrää voi pitää hakepalan tehollisena paksuutena. Valkokuusta koskevassa tutkimuksessa ko. tutkimuksessa määrittelemätön tehollinen paksuus oli yleensä hieman alle 5 mm, myös niissä tapauksissa, joissa hakepalojen nimellinen paksuus oli yli 12 mm. — Tutkimuksessa hakkeen pituus oli 1,25" ja suurin paksuus 3 ... 15 mm (KEAYS ja HATTON 1971).

Edellä esitetyn perusteella voidaan todeta, että nykyisin hakkeelle suoritettavat seulonnat eivät anna kaikissa tapauksissa luotettavaa kuvaa palakokojakaumasta. Seulonnalla määritettävä pituusjakauma ei näin ole aina paras mahdollinen hakkeen ominaisuuksien kuvaaja käyttöarvon kannalta.

13. Hakkeen palakokojakaumaa koskevat laatuvaatimukset ja laatu käytännössä

Seuraavassa käsitellään teollisuuden hakkeelle asettamat optimimitat, jotka koskevat kuitupuun- ja sahanhaketta. Ihanteena ne koskevat myös kokopuu- ja hakkuutähdehaketta. Vuonna 1966 suoritettussa tutkimuksessa (ISOMÄKI 1966) selvitettiin tehtaalle lähetetyillä kyselyillä hakkeen ihanne-

mittoja käyttäjän kannalta. Yhdistelmät saaduista tuloksista on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Taulukko 1. Hakkeen ihannemitat (kyselyn keskiarvot) (ISOMÄKI 1966)

Table 1. Ideal dimensions of chips (ISOMÄKI 1966)

Käyttökohde <i>User</i>	Hakepalan mitta, mm <i>Dimensions of chips, mm</i>		
	Pituus <i>Length</i>	Paksuus <i>Thickness</i>	Leveys <i>Width</i>
Sulfaattisella — <i>Sulphate pulp</i>	20,1	3,5	17,5
Sulfiittisella — <i>Sulphite pulp</i>	21,0	5,2	19,8
Kuitulevy — <i>Particle board</i>	21,0	5,5	16,5

Taulukko 2. Haluttu pituusjakauma (kyselyn keskiarvot) (ISOMÄKI 1966)

Table 2. Ideal length distribution (ISOMÄKI 1966)

Jakeen pituus <i>Length fraction</i> mm	Haluttu pituusjakauma, % <i>Ideal distribution, %</i>	
	Sulfaattisellussa <i>Sulphate pulp</i>	Sulfiittisellussa <i>Sulphite pulp</i>
> 32	1,0	1,5
32 ... 25	12,3	15,2
25 ... 19	29,3	31,8
19 ... 13	38,5	36,2
13 ... 6	17,0	14,3
6 ... 0	1,9	1,0

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty UUSVAARAN (1972) tutkimustuloksia käytännössä esiintyvistä kuitupuun- ja sahanhakkeen pituus- ja paksuusjakaumista.

Taulukko 3. Sahanhakkeen ja kuitupuuhakkeen pituusjakauma eri vuodenaikoina (UUSVAARA 1972)

Table 3. Length distribution of sawmill and pulpwood chips (UUSVAARA 1972)

Hakelaji — <i>Chips</i>	Pituusjake, mm — <i>Fraction of length, mm</i>								Yht. <i>Total</i>
	<32	32 ... 25	25 ... 19	19 ... 16	16 ... 13	13 ... 6	6 ... 3	<3	
	%								
Sahanhake — <i>Sawmill chips</i>									
kesällä — <i>summer</i>	1,6	6,8	19,8	16,9	19,7	31,8	3,0	0,4	100,0
talvella — <i>winter</i>	0,9	4,3	16,5	14,9	18,4	40,0	4,3	0,7	100,0
Kuitupuuhake — <i>Pulpwood chips</i>									
kesällä — <i>summer</i>	5,6	12,3	20,9	14,3	16,4	25,7	3,9	0,9	100,0
talvella — <i>winter</i>	8,3	14,4	23,0	13,9	13,6	22,6	3,2	1,0	100,0
Haluttu jakauma — <i>Ideal distribution</i> (taulukko 2 — <i>table 2</i>)	1,0	12,3	29,3	38,5		17,0	1,9		100,0

Taulukko 4. Sahanhakkeen ja kuitupuuhakkeen paksuusjakauma eri vuodenaikoina (UUSVAARA 1972)

Table 4. Thickness distribution of sawmill and pulpwood chips (UUSVAARA 1972)

Hakelaji — Chips	Paksuusjake, mm — Thickness fraction, mm						Yht. Total
	>10	10 ... 8	8 ... 6	6 ... 4	4 ... 2	<2	
	%						
Sahanhake — Sawmill chips							
kesällä — summer	4,4	6,4	20,5	39,4	24,7	4,6	100,0
talvella — winter	3,0	4,9	14,9	36,2	33,8	7,2	100,0
Kuitupuuhake — Pulpwood chips							
kesällä — summer	7,0	8,9	25,3	34,9	19,0	4,9	100,0
talvella — winter	7,6	11,1	26,8	31,9	17,8	4,8	100,0

Taulukoiden 1 ja 3 sekä 2 ja 4 lukuja vertailemalla havaitaan, että tavoite ja käytäntö ovat paikoitellen varsin kaukana toisistaan.

Käytännössä hakkeelle asetettavat palakokovaatimukset voidaan määrittää sellunkeiton onnistumista silmälläpitäen, sillä levyteollisuus ei ole yhtä arka hakkeen laadun vaihteluille. Keittohake ei saa olla liian isopalaista ja toisaalta ajatellen hakettaessa tapahtuvia vaurioita itse kuidussa, palanen ei saa olla liian pienikään. Kolmas vaatimus on, että palakoko ei saisi samassa hake-erässä vaihdella kohtuuttomasti (PALENIOUS 1970).

Teollisuudelle toimitettavan kokopuuhakkeen laadusta ei ole toistaiseksi yleistettävissä olevia tietoja, mutta kokopuuhakkeen laatua selvittelyä tutkimus on parhaillaan käynnissä Metsäntutkimuslaitoksessa.

14. Hakkeen laadun vaikutus sulfaattisellun valmistuksessa

Sulfiittisellun valmistuksessa tärkein hakkeen palakokoa kuvaava tekijä on syiden suuntainen pituus, joka määrää kemikaalien imeytymisnopeuden.

Koska sulfaattisellun valmistusprosessissa kemikaalien imeytyminen tapahtuu kohtisuoraa syitä vastaan, on hakkeen paksuus tärkein mittakriteeri. Tutkimusten mukaan hakepalan optimipaksuus on 2 ... 5 mm (WAHLMAN 1967) tai tarkemmin 3 mm

(LAANTI 1961, BORLEW ja MILLER 1970). On jopa esitetty, että kun hakepalan paksuus on 1/8" eli n. 3 mm, ei muilla mitoilla ole merkitystä prosessin kannalta (BORLEW ja MILLER 1970). LAANTI (1961) on todennut, että 3 mm paksuinen lastu imeytyy täydellisesti eikä piteuden lisääminen näin ohuella lastulla anna mitään lujuuslisäystä keitetystä massassa. Lyhyt lastu, esim. 10 mm pituinen, imeytyy hyvin paksunakin, mutta lyhyden aiheuttama massan lujuuden heikkeneminen on selvästi havaittavissa. Pintalastu imeytyy ja kyllästyy keitossa hyvin paksuakin lastua käytettäessä, jos pituus ei ole suurempi kuin 40 mm, sydänpuulastu sen sijaan jää paksuna imeytymättä. WAHLMANIN (1967) mukaan lastun paksuuden ollessa 2 ... 5 mm:n on saatava sellu lujuudeltaan optimaalista.

Hakkeen vaurioitumisen vaikutuksesta PALENIOUS (1970) esittää, että sulfaattimenetelmässä hakkeen vaurioituneesta päästä keitetillä sellulla ovat lujuusominaisuudet 0 ... 3 % pienemmät kuin vaurioitumattomasta hakkeesta keitetillä sellulla.

15. Hakkeen palakokoon vaikuttavat tekijät

Hakkeen laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat mm. hakkurityyppi, haketuslaitteiston rakenne ja olosuhteet haketusajana. ISOMÄEN (1969) mukaan laikka- ja rumpuhakurit ovat täysin samanarvoisia edellyttäen,

että leikkauskulmat ovat oikeat. RADULESCU (1972) pitää rumpuhakkureita laikkahakkureita parempina, mikä johtuu niiden monikäyttöisyydestä. Hakkurit, joissa on sisään rakennettu seula (eräät rumpuhakurit), tekevät muita enemmän purua. Ilman seulaa tulee sen sijaan paljon tikkuja eli yli 32 mm pitkiä lastuja. PALENIOUS (1970) kirjoittaa hakkeen vaurioitumisesta puhuesaan, että on pyritty kehittämään uuden tyyppisiä hakkureita, jotka säästävät mahdollisimman suuressa määrin puun kuituja vaurioitumiselta. Tällaisia hakkureita ovat rumpu- ja spiraalihakurit.

Kun tarkastellaan laikka- ja rumpuhakurin soveltuvuutta erityyppisille raaka-aineille, on hyvä tietää syöttöaukon muotoja mitoitusmahdollisuudet. Laikkahakureilla syöttöaukko on yleensä nelion muotoinen ja sen suurentaminen lisää huomattavasti laikan kokoa ja painoa. Rumpuhakureilla syöttöaukko on leveä ja matala. Aukon leventäminen ei suuresti lisää rumpun kokoa, mutta pienikin korottaminen sen sijaan lisää rumpun kokoa huomattavasti.

Yleisesti ottaen lastun paksuus riippuu lastun pituudesta. Paksuus on n. 0,15 ... 0,25 × pituus. Hakkurin leikkauskulmalla on kuitenkin suurempi vaikutus paksuuteen kuin hakkeen pituudella (ISOMÄKI 1970). Hakkurin leikkauskulmalla tarkoitetaan terän leikkuun liikepinnan ja syöttökourun pohjaviivan välistä kulmaa. Sahanhakkeen tekoon soveltuvan ihannehakurin leikkauskulma on ISOMÄEN (1970) mukaan 48 ... 50°. Hän myös toteaa, että pienillä leikkaus- ja teroituskulmilla lastu jää ohueksi ja lastuvauriot pieniksi. Mitä suurempia kulmat ovat, sitä paksumpia lastuista tulee. Leikkauskulman kasvaessa suurenee myös energian tarve. MURTO ja KIVIMAA (1951) ovat havainneet, että leikkauskulman pienentäminen ohentaa lastua ja pienentää 30° kulmaan saakka lastutustyötä ja hienomurskeen määrää. Paksuilla lastuilla saavutetaan suurempi kiintotilavuusprosentti, jolla tarkoitetaan kiintotilavuuden ja irtotilavuuden suhdetta (Kuitupuupinon ... 1975). Hakkeen kiintotilavuusprosenttia pienentää tasainen palakoko, ohuet ja lyhyet hakepalat sekä tylsät terät (ISOMÄKI 1969). Seuraavassa asetelmassa on esitetty erillisten jakeiden kiintotilavuusprosentit (ISOMÄKI 1969).

Jakeen pituus, mm	Kiintotilavuusprosentti
> 32	32
32 ... 25	37
25 ... 19	37
19 ... 13	35
13 ... 6	32

Asetelmasta havaitaan, että isoilla jakeilla on normaalisti suurempi kiintotilavuus kuin pienemmällä. Poikkeuksen muodostaa yli 32 mm jake. Tämä johtunee siitä, ettei sen hake ole pääosiltaan tasaisesti leikkaantunutta, vaan epämääräistä silppua.

Paitsi että terien tylsyminen, alentaa hakkeen kiintotilavuusprosenttia, se lisää myös purujakeen määrää. VILKKI (1959) on eräässä kokeessa mitannut tylsillä terillä hakettaessa purun määräksi 2,2 % enemmän kuin terävillä terillä hakettaessa. Lisäksi hake ruhjoutui enemmän tylsillä terillä.

VILKIN (1959) tutkimuksessa selvitettiin myös puhaltimen vaikutusta hakkeen laatuun. Puhaltimen avulla annettiin hakkeelle suuri nopeus, jolloin voimakkaiden törmäysten johdosta hakkeen palakokojakauma muuttui. Hake seulottiin puhalluksen jälkeen. Ylikarkea jake pieneni 18,6 %, mutta purujakeen määrä kasvoi 1,2 %:sta 3,6 %:iin. Neulamaisten hakepalojen osuus lisääntyi 3,8 %:sta 18,3 %:iin.

Myös olosuhteet vaikuttavat hakkeen laatuun ja haketuksen. MURTO ja KIVIMAA (1951) ovat todenneet, että puun kosteuden ollessa 30 % on hienomurskeen määrä pienemmällä. Jäätäneellä puulla hakkurin terät tylsyvät nopeammin kuin normaalisti. Hienomurskeen määrä on jäätynyttä puuta hakettaessa normaalia suurempi. Jäätyneen puun haketus vaatii 10 % enemmän tehoa kuin sulan puun haketus.

16. Algol-monikäyttöhakuri

Koska jäljempänä selvitetään Algol-hakurin tekemän hakkeen laatua, on paikallaan tarkastella haketusyksikköä.

Algol-hakuri on Osakeyhtiö Algol Aktiebolagin ja Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto ry:n hakkuutähdeprojektin yhteistyössä suunnittelema ja Algolin rakentama monikäyttöhakuri. Periaatteeltaan se on rumpuhakuri.

Haketusyksikön peruskoneena on Valmet 880K kuormatraktori, jonka kuormatilaan on kääntökehälle asennettu rumpuhakkuri syöttölaitteineen sekä erillinen käyttömootori. Hakkuria syötetään kuormatraktorin katolla olevalla liukupuomikuormaimella.

Algol-hakkurin tärkeimmät tekniset tiedot ovat seuraavat:

- käyttömootori Scania DS 14, teho 257 kW (350 Din hv)
- hakkurin syöttöaukko 1 000 mm (leveys) x 300 mm (korkeus)
- hakkurin rummun halkaisija 600 mm

- syöttöpöydän mitat: alatelan pituus 3500 mm, ylätelan pituus 1500 mm, telojen leveys 1000 mm

Algol-hakkurin suunnittelussa on otettu huomioon, että vaikein haketettava tavara monikäyttöhakkurilla on oleva hakkuutähteet. Siksi hakkurin eri osien mitoitus on määritetty nimenomaan hakkuutähteiden mukaan. Suunnittelussa on kuitenkin koko ajan pidetty mielessä, että tärkein ja suurin käyttökohde tällaisille hakkureille on ainakin lähitulevaisuudessa kokopuut.

2. EMPIIRINEN AINEISTO

Tutkimusaineisto käsitti kaksi seulonta-näytettä jokaisesta myöhemmin käsiteltävästä kohteesta. Haketettujen näytteiden lähempi kuvaus on esitetty kunkin raaka-aineen käsittelyn yhteydessä. Tuloksissa on esitetty näytteiden seulontatulosten keskiarvo. Hakenäytteet otettiin erilliseen laatikkoon, auton lavalle tai maahan puhalletusta hakkeesta.

Hakenäytteet seulottiin Williams-tyyppisellä seulalla Metsäntutkimuslaitoksessa sekä reikä- (pituusjakauma) että rakoseulalla (paksuusjakauma). Seulotun hakkeen määrä ja seulonta-aika olivat aiemmin siteeratun standardin mukaisia (SAUKKONEN 1970). Seulontatulokset on esitetty tuorepainoista laskettuina palakokojakaumina.

3. TULOKSET

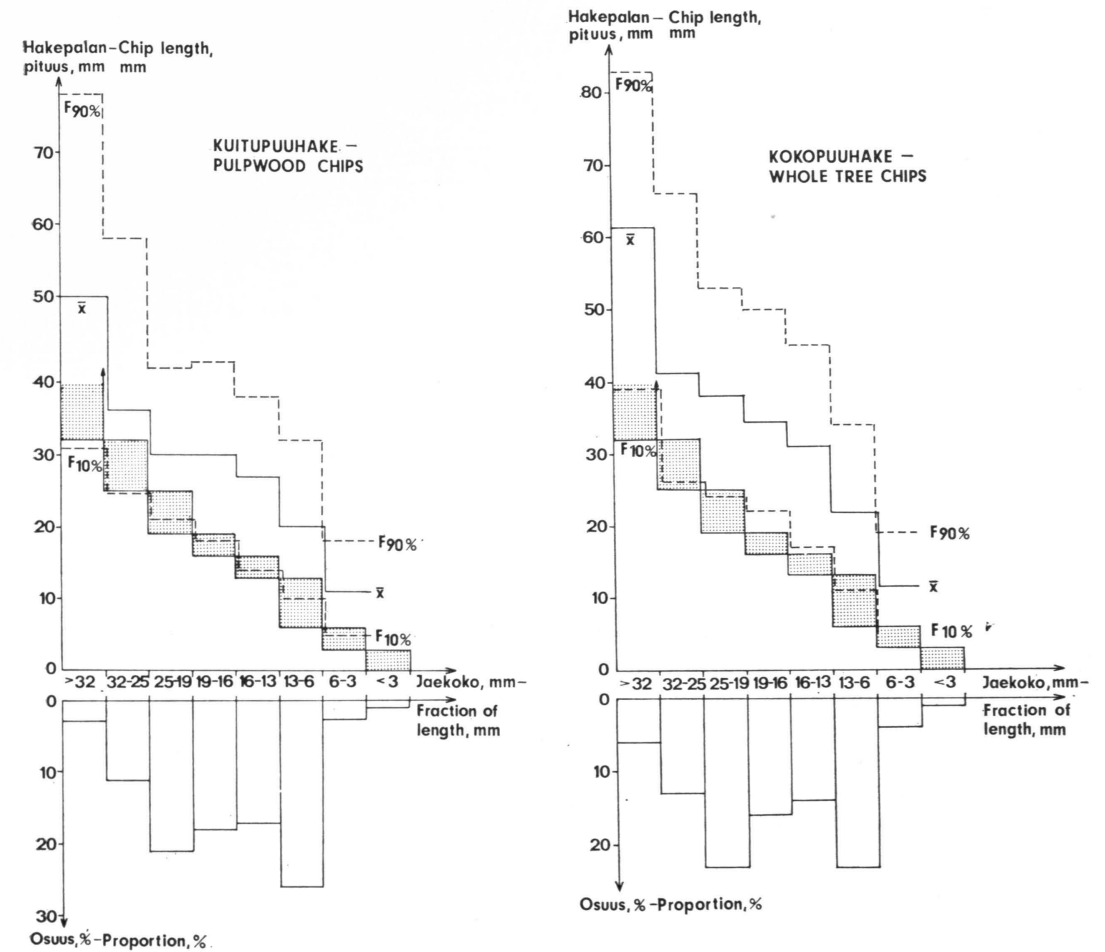
31. Seulonnan luotettavuus

Williams-reikäseulonnan luotettavuus Algol-hakkurin hakkeen seulonnassa tutkittiin seulomalla näyte ensin reikäseulalla. Jokaisesta seulontajakeesta mitattiin tämän jälkeen manuaalisesti hakepalasten syiden suuntaiset pituudet ja verrattiin näitä pituuksia siihen pituusalueeseen, millä kaikkien jakeen palasten pitäisi seulonnan mukaan olla. Tutkimusnäytteinä käytettiin kuitupuun- ja kokopuuhaketta, jotka oli haketettu terävillä terillä.

Kuvassa 1 on esitetty vertailun tulokset. Jokaisessa jakeossa on tummennettu ne pituudet, joita seulonnan mukaan kaikkien kyseiseen jakeeseen kuuluvien hakepalojen pitäisi olla. Ylempi katkoviiva (F 90 %) esittää pituutta, jota lyhyempiä oli 90 % kaikista paloista. Viiva- \bar{x} on palojen

keskiarvo ja alempi katkoviiva (F 10 %) esittää pituutta, jota pitempiä oli 90 % jakeen paloista.

Mittaustulosten mukaan hakepalojen todellinen syiden suuntainen pituus on huomattavasti suurempi kuin seulonnan mukaan pitäisi olla. Palojen pituuksien keskiarvot olivat kuitupuulla 8 ... 14 mm ja kokopuulla 9 ... 19 mm suuremmat kuin sen seulan reikäkoko, jolle ne seulonnassa asettuivat, sekä vastaavasti 4 ... 11 mm ja 6 ... 15 mm pidemmät kuin sen seulan reikäkoko jonka lävitse ne viimeksi menivät. Vasta mitattujen pituuksien F 10 %-käyrä (90 % pituuksista tätä suurempia) on lähellä seulonnan edellyttämää pituusalueetta. Edellä esitetty osoittaa, että seulonnan käsittelylle materiaalille antama pituusjakauma on varsin virheellinen. Suuri ero johtunee pääasiassa Algol-hakkurin hakepalojen kapeudesta. Tä-



Kuva 1. Kuitu- ja kokopuuhakkeen seulotun ja mitatun pituusjakauman välinen ero sekä (alinna) seulontajakauma.

Fig. 1. The difference between screened and manually measured chip length and the screening distribution.

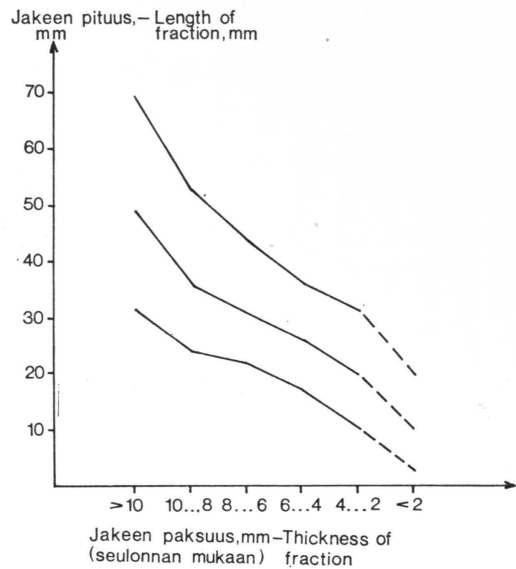
mä on puolestaan seurausta jaetusta terärakenteesta ja mahdollisesti myös erittäin suurinopeuksista hakkeen puhalluslaitteistosta, joka pienentää leveitä hakepalasia.

Vaikka pituusjakaumatulokset eivät vastaa absoluuttista totuutta, voitaneen niitä silti pitää kelvollisina saman hakkurin hakkeen keskinäisissä vertailuissa. Tällöinkin terien kunto yms. voi aiheuttaa vaihtelua, joskaan vaikutus ei ole suuri jäljempänä esitettävien tulosten mukaan. Algol-hakkurin hakkeen seulonnan antamaa pituusjakaumaa ei voida verrata muiden kokopuuhakkureiden vastaavaan jakaumaan ilman

että tiedetään verrattavien hakkureiden hakkeen seulontatulosten luotettavuus.

Hakepalojen paksuuden ja pituuden välisen riippuvuuden selvittämiseksi mitattiin rakoseulalla seulottujen jakeiden hakepalasten syidensuuntaiset pituudet hake-erästä »kuitupuun, terävät terät». Mittausten tulokset on esitetty kuvassa 2.

Mittausten tulokset osoittavat, että mitä paksumpia hakepalaset ovat, sitä suurempi on niiden keskimääräinen pituus. Lyhyet palaset ovat keskittyneet varsin selvästi pituudeltaan alle 2 mm jakeeseen. Seuraavaksi suuremmassa, eli paksuudeltaan 2 ... 4



Kuva 2. Kuitupuun hakepalojen paksuuden ja pituuden välinen riippuvuus. Pieniä palasia (= purua) poistettiin ennen pituuden mittausta 20 % jakeen kokonaispainosta. Kuvassa on esitetty kuvaajat F 10 ja F 90 sekä keskiarvo.

Fig. 2. Correlation between thickness and length of pulpwood chips. Before measuring the smallest pieces (dust) were removed. They presented 20 % of the total weight of the fraction. The three lines are F 10, average, and F 90.

mm jakeessa on keskimääräinen pituus 20 mm ja yli 90 % sen kaikista paloista on 10 mm pitempiä.

32. Kuitupuuhakkeen seulontatulokset

Kuitupuun haketuksessa selvitettiin hakurin syöttönopeuden, hakettavan puun paksuuden sekä terien tylsymisen vaikutusta hakkeen palakokojakaumaan.

Syöttönopeuden vaikutusta selvittäessä hakettiin 7, 15 ja 20 m/min syöttönopeudella neljän paksuudeltaan 11...17 cm kuusikuitupuupölkyn haketusera. Puut olivat olleet pinossa ennen haketusta 5...6 kuukautta, joten ne olivat verraten kuivia ja osittain halkeilleita.

Puun koon vaikutusta hakkeen palakokojakaumaan tutkittiin hakettamalla neljä suu-

rikokoista kuitupuuta (suurimman läpimitta yli 30 cm) syöttönopeudella 20 m/min. Hakenäytteiden seulonnasta saatiin taulukosta 5 olevat tulokset.

Syöttönopeuden lisääntyminen ei aiheuttanut sanottavia muutoksia hakkeen palakokojakaumaan, joskin hakepalasten pituus mahdollisesti hieman kasvoi. Paksujen hakepalasten osuus oli suurista puista tehdyssä hakkeessa muita näytteitä suurempi. Tämä johtuu ainakin osittain leikkauskulman (a) kasvamisesta suurilla puilla hakettaessa (kuva 3).



Kuva 3. Rumpuhakkurin leikkauskulma (a) pienillä ja suurilla pölkkyillä.

Fig. 3. The size of cutting angle (α) of drum chippers when chipping small and large logs.

Hakkurin terien tylsymisen vaikutusta hakkeen laatuun kokeiltiin lehtikuitupuulla. Kokeissa käytetty puutavara oli ollut 1...2 kuukautta pinossa ennen haketusta, joten se oli varsin tuoretta. Pölkkyjen paksuudet olivat 10...25 cm. Hakkurin syöttönopeus oli kokeiden aikana 20 m/min. Ensimmäinen näyte otettiin välittömästi terien vaihdon jälkeen ja toinen kun oli hakettu 30 m³ (irtotilavuutena mitattua) varsin hiekkaista hakkuutähdettä. Kolmatta näytettä otettaessa terillä oli hakettu vastaavasti 60 m³ hakkuutähdettä. Näytteiden seulonnan tulokset on esitetty taulukossa 6.

Terävillä terillä hakettaessa hakepalat olivat säännöllisiä ja hyvin leikkautuneita. Terien tylsyydessä syntyi yhä useammin hakepaloja, joiden toinen pää oli ikäänkuin murskautumalla katkennut. Tämä ilmiö selittää osittain sitä, että hakkeen pituusjakaumassa on lyhyempien jakeiden osuus suurempi tylsillä terillä kuin terävillä terillä. Hakkeen pituusjakaumassa ei voida havaita mitään selviä eroja tylsien ja terävien terien välillä. Mahdollisesti purujakeen (0...6 mm)

Taulukko 5. Syöttönopeuden ja puun koon vaikutus kuitupuuhakkeen palakokojakaumaan

Table 5. The effect of infeeding speed and tree size on chip dimensions

Pituusjakauma — Length distribution					Paksuusjakauma — Thickness distribution				
Jaekoko, mm Fraction, mm	Syöttönopeus, m/min — Infeeding speed				Jaekoko, mm Fraction, mm	Syöttönopeus, m/min — Infeeding speed			
	7	15	22	22 isot puut large trees		7	15	22	22 isot puut large trees
	%					%			
> 32	2	2	1	2	> 10	9	9	9	20
32 ... 25	5	5	5	8	10 ... 8	11	12	14	19
25 ... 19	14	13	19	24	8 ... 6	20	19	24	23
19 ... 16	15	16	16	19	6 ... 4	32	35	31	18
16 ... 13	18	19	19	18	4 ... 2	22	20	17	19
13 ... 6	38	38	33	27	< 2	6	5	5	1
6 ... 3	7	6	6	2					
< 3	1	1	1						
Yhteensä Total	100	100	100	100	Yhteensä Total	100	100	100	100

Taulukko 6. Terien tylsymisen vaikutus kuitupuuhakkeen palakokojakaumaan

Table 6. The effect of blunt blades on pulpwood chip dimensions

Pituusjakauma — Length distribution				Paksuusjakauma — Thickness distribution			
Jaekoko, mm Fraction, mm	Näyte — Sample			Jaekoko, mm Fraction, mm	Näyte — Sample		
	1	2	3		1	2	3
	%				%		
> 32	3	2	5	> 10	16	17	19
32 ... 25	11	6	7	10 ... 8	17	12	12
25 ... 19	21	14	13	8 ... 6	23	17	16
19 ... 16	18	14	13	6 ... 4	26	23	24
16 ... 13	17	16	16	4 ... 2	13	21	21
13 ... 6	26	36	38	< 2	5	10	8
6 ... 3	3	8	7				
< 3	1	4	1				
Yhteensä Total	100	100	100	Yhteensä Total	100	100	100

Selitys — Explanation: Näyte — Sample 1 = terävät terät — sharp blades

» 2 = 30 m³:n haketuksen jälkeen — after chipping 30 m³

» 3 = 60 m³:n » » » 60 m³

määrä kasvoi hieman terien tylsyessä. Suuri paksujen jakeiden osuus selittynee ainakin osittain haketuissa terissä mukana olleilla paksuilla pölyillä.

33. Karsitusta rangasta valmistetun hakkeen seulontatulokset

Rankoina haketetut männyt ja lepät olivat kuivuneet rasissa noin kuukauden ennen haketusta. Rangat karsittiin vasta hieman ennen haketusta. Puiden tyviläpimitat vaihtelivat 5 ... 10 cm. Hakkurin syöttönopeus oli haketuksessa 20 m/min. Kokeen aikana oli hakkurissa terävät terät. Hakkeen seulontatulokset on esitetty taulukossa 7.

34. Kokopuuuhakkeen seulontatulokset

Kokopuiden haketuksessa selvitettiin erilaisten puiden sekä hakkurin terien tylsymisen vaikutusta hakkeen palakokojakaumaan.

Taulukko 8. Terien tylsymisen vaikutus kokopuuuhakkeen palakokojakaumaan

Table 8. The effect of blunt blades on whole tree chip dimensions

Pituusjakauma — Length distribution					Paksuusjakauma — Thickness distribution				
Jaekoko, mm Fraction, mm	Näyte — Sample				Jaekoko, mm Fraction, mm	Näyte — Sample			
	1	2	3	4		1	2	3	4
	%					%			
> 32	3	3	2	4	> 10	17	21	20	21
32 ... 25	6	6	6	5	10 ... 8	16	19	16	17
25 ... 19	16	18	14	14	8 ... 6	18	19	18	19
19 ... 16	15	17	15	16	6 ... 4	19	19	19	19
16 ... 13	15	15	16	17	4 ... 2	15	13	16	15
13 ... 6	30	32	35	35	< 2	15	9	11	9
6 ... 3	11	7	9	7	Yhteensä Total	100	100	100	100
< 3	4	2	3	2					
Yhteensä Total	100	100	100	100					

Selitys — Näyte — 1 = terävillä terillä —
Explanation Sample sharp blades
» 2 = 30 m³ haketuksen jälkeen
after chipping 30 m³

Näyte — 3 = 60 m³:n —
Sample after 60 m³
» 4 = 90 m³:n —
after 90 m³

Taulukko 9. Terien tylsymisen vaikutus hakkuutähdehakkeen palakokojakaumaan

Table 9. The effect of blunt blades on logging residue chip dimensions

Pituusjakauma — Length distribution						Paksuusjakauma — Thickness distribution					
Jaekoko, mm Fraction, mm	Näyte — Sample					Jaekoko, mm Fraction, mm	Näyte — Sample				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	%						%				
> 32	2	2	5	1	1	> 10	14	4	12	6	11
32 ... 25	5	1	3	2	3	10 ... 8	8	3	7	6	8
25 ... 19	8	2	5	4	6	8 ... 6	8	4	8	5	9
19 ... 16	8	2	7	4	8	6 ... 4	11	8	11	9	14
16 ... 13	7	3	7	5	8	4 ... 2	17	16	17	17	24
13 ... 6	23	18	23	19	32	< 2	42	65	45	57	34
6 ... 3	17	28	21	24	21	Yhteensä Total	100	100	100	100	100
< 3	30	44	29	41	21						
Yhteensä Total	100	100	100	100	100						

Selitys — Näyte — 1 = terävät terät — Sharp blades

Explanation Sample

- » 2 = 30 m³:n haketuksen jälkeen — after chipping 30 m³
- » 3 = 60 m³:n haketuksen jälkeen — after chipping 60 m³
- » 4 = 90 m³:n haketuksen jälkeen — after chipping 90 m³
- » 5 = kuiva hakkuutähde — from dry logging residues

Ensimmäinen näyte oli noin kuukauden rasissa kuivanutta mäntyä ja leppää, jonka tyviläpimita oli 5 ... 10 cm. Kokeen aikana hakkurin terät olivat terävät. Näytteet 2, 3 ja 4 hakettiin lähes tuoreista 1 ... 5 cm tyviläpimitteisistä lepistä ja pajuista. Näytteiden 2 ja 3 sekä 3 ja 4 välillä hakettiin varsin hiekaista hakkuutähdettä 30 m³ (irtotilavuutena mitattua). Hakkurin syöttönopeus oli kaikilla näytteillä 20 m/min. Seulontatulokset on esitetty taulukossa 8.

Kokopuiden haketuksessa ei terien tylsymisen voitu todeta vaikuttavan sanottavasti hakkeen palakokojakaumaan. Sen sijaan palasia tarkastelemalla voitiin havaita, että tylsillä terillä tehdyssä hakkeessa oli mukana osittain tai kokonaan murskautumalla pienentyneitä hakepalasia, aivan kuten kuitupuuhakkeessakin. Terävillä terillä tehdyssä hakkeessa ei tällaisia palasia esiintynyt.

35. Hakkuutähdehakkeen seulontatulokset

Hakkuutähdehakkeen haketuksessa selvitettiin hakkuutähdehakkeen laadun sekä hakkurin terien tylsymisen vaikutusta hakkeen palakokojakaumaan. Hakkuutähdehakkeen runkopuu hakattiin syyskesällä 1975 ja hakkuutähdekerätyksiä kerättiin välivarastolle syksyn 1975 kuluessa. Haketus tapahtui syksyllä 1976. Hakkuutähde sisälsi varsin vähän latvuksia, kun taas neulasten osuus oli varsin huomattava. Varastoinnin aikana olivat neulaset tosin osittain »palaneet» ja samalla imeneet itseensä runsaasti kosteutta.

Näyte hakettiin terävillä terillä hakkurin syöttönopeuden ollessa 20 m/min. Näytteiden 1 ja 2, 2 ja 3 sekä 3 ja 4 välillä hakettiin 30 m³ (irtotilavuutena mitattua) hakkuutähdettä. Näin ollen neljäs näyte otettiin, kun terillä haketetun hakkuutähdehakkeen irtotilavuus oli 90 m³.

Koska voitiin olettaa, että hakkuutähteen raaka-ainesältö (= puun, kuoren ja neulasten määrä) vaikuttaa palakokojakaumaan, suoritettiin koehaketus myös työmaalla, jossa suurin osa neulasista oli karissut hakkuutähteen maastokeräyksessä (näyte 5).

Koeseulonnoissa saadut tulokset on esitetty taulukossa 9.

Seulontatulokset osoittivat, että hakkuutähteen raaka-ainesältö vaikuttaa varsin

paljon pienten jaekokojen osuuteen. Kun hakettavassa raaka-aineessa on runsaasti neulasia, ne lajittuvat seulonnassa pienempiin jakeisiin.

Hakkurin terien tylsyminen ei seulontatulosten perusteella näyttänyt vaikuttavan palakokojakaumaan. Paloja tarkastelemalla voitiin kuitenkin havaita, että terien tylsyminen lisäsi murskautumalla muodostuvien palasten osuutta.

4. PÄÄTELMÄ

Tutkittaessa Algol-hakkurilla tehtyä metsähaketta Williams-tyyppisellä seulalla, hakkeen pituusjakaumasta ei saada oikeaa kuvaa. Hakepalaset ovat keskimäärin pidempiä kuin seulonta osoittaa.

Suoritettujen haketusten ja seulontojen perusteella voidaan todeta, että Algol-hakkurin tekemän kuitu- ja kokopuuhakkeen seulonnan antama pituusjakauma ei suuresti poikkea teollisuuden käyttämän kuitupuun- ja sahanhakkeen pituusjakaumasta (vrt. UUSVAARA 1972). Paksujen palojen osuus hakkeessa on sen sijaan suurempi kuin teollisuushakkeessa (vrt. taulukot 3 ja 4) ja eräiden kokopuuhakkeiden hakkeessa (vrt. UUSVAARA 1976). Ero johtunee suuremmasta leikkauskulmasta kuin vertailuilla hakkureilla. Terien tylsymisellä ei ole selvästi havaittavaa vaikutusta kokopuuhakkeen palakokojakaumaan, mutta tylsät terät saavat aikaan hakepalasten osittaista murskautumista.

Hakkuutähtehakkeen palakokojakaumaan

vaikuttaa eniten raaka-aineen puu-, kuori- ja neulaskoostumus. Mikäli neulasia on runsaasti, ne murenevät haketuksessa pienempiin jaekokoihin, mikä puolestaan vääristää muiden jaekokojen suhteellisia määriä. Terien tylsyminen ei vaikuta hakkuutähtehakkeen palakokojakaumaan, sen sijaan murskautumalla pienentyneiden palasten määrä kasvaa terien tylsymisen myötä.

Eräs Algol-hakkurin hakkeen muiden hakkureiden valmistamasta hakkeesta erottava piirre on hakkeen tikuttomuus. Tämä johtuu rumpuhakkurin alla olevasta sisäisestä seulasta, joka erottelee ylisuuret palaset jälkimurskaukseen.

Algol-hakkurin terien vaihto on verrattain hankala ja aikaa vievä toimenpide. Hakettaminen tylsillä terillä ei kuitenkaan sanottavasti vaikeuta työskentelyä, kuten monilla nykyisillä laikkahakkureilla. Tämän perusteella voidaan olettaa, että hakkurin terien vaihto jää usein myöhemmäksi kuin se olisi hakkeen laadun kannalta edullista.

KIRJALLISUUTTA

BORLEW, P. & MILLER, R. 1970. Chip thickness: A critical dimension in kraft pulping. *Tappi* 53(11): 2107–2111.
 DAHM, H. P. & LÖSCHBRANDT, F. 1960. Fliskvalitet og flishugging. *Norsk Skogind.* 14(11): 419–426.
 EDBERG, U. & ESKILSSON, S. 1972. Analysis of pin chips. *Svensk Papptidn.* 75(12): 467–472.
 ISOMÄKI, O. 1966. Tutkimus sahanhakkeen laatuun, saantoon ja kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä. Summary: On the factors influencing the quality, yield and

manufacturing costs of sawmill chips. *Commun. Inst. For. Fenn.* 62.4.
 — » — 1969. Sahanhakkeen tiheyden vaihtelut. Summary: Variations in the density of sawmill chips. *Paperi ja Puu* 51(11): 829–836.
 — » — 1970. Koneiden ja laitteiden vaikutus hakkeen saantoon ja laatuun. Sivutuote-uutisia n:o 2. Sahateollisuuden sivutuote-yhdistys. Helsinki.
 KEAYS, J. L. & HATTON, J. V. 1971. A proposed chip quality analytical procedure for pulp mills. *Int. Rep. For. Prod. Lab. Can. For. Serv.* VP-63.

Kuitupuupinon kiintomittaus. Mittausneuvoston hyväksymä ohje 1975-03-20. Tapiola.
 LAANTI, J. 1961. Hakkeelle asetettavat vaatimukset selluloosan ja puoliseluloosan valmistuksessa sekä laadun vaikutus hintaan. *Puumies* 5(11): 305–307.
 MURTO, J. & KIVIMAA, E. 1951. Selluloosapuun lastutus. Teollisuuden keskuslaboratorion tiedonantoja 67.
 PALENIUS, I. 1970. Tutkimuksia hakkeen laadun vaikutuksesta massan ominaisuuksiin ja laadun määrittäytävät. *Sahamies* 22(2): 34–38.
 RADULESCU, V. 1972. [Some problems in the construction and use of wood chippers.] *Industria Lemnului* 23(5): 187–196 (ref. *Forestry Abstracts* 1973: 3653).
 SAUKKONEN, M. 1971. Hakkeen näytteenotto- ja laatuanalyysimenetelmät. Keskuslaboratorion Seloste 1045. Ei julkaistu.

UUSIVAARA, O. 1972. Sahanhakkeen ja paperipuuhakkeen ominaisuuksista. Sahanhake ja paperipuuhake massan raaka-aineena II. Haketustutkimustoimikunta. Moniste. Helsinki.
 — » — 1976. Kokopuuhakkeen laatu. *Metsä ja Puu* (12): 22–24.
 WAHLMAN, M. 1967. Lastupaksuuden merkitys sulfaattitehtäessä ja lastupaksuusmäärittäminen. Summary: The importance of the chip thickness in alkaline pulping and the chip thickness analyse. *Paperi ja Puu* 49(3): 107–110.
 VILKKI, M. 1959. Tutkimuksia Hake M7A-hakkurilla mäntyohutpuusta valmistetun selluloosahakkeen ominaisuuksista. Summary: Studies of characteristics of chips made of small-diameter pine long logs with the «Hake M7A» chipping machine for use as raw material in pulp industry. *Pienpuualan Toimik. Julk.* 86.

SUMMARY:

SCREENING RESULTS ON THE CHIPS MADE BY ALGOL-MULTIPURPOSE CHIPPER

The first part of this paper consists of a study based on the available literature concerning the analysis of chip quality, chip quality in the sulphate pulp process and the factors having an effect on chip quality.

The second part includes the results of a study on the suitability of the Williams chip classifier in evaluating the quality of chips made by the Algol-chipper. It was found that the grain length of the chips was greater than that indicated by the screening results. In case of pulpwood chips the mean length of the chips was 4 ... 11 mm and for whole tree chips 6 ... 15 mm greater than the

diameter of the round screen holes through which the chips passed through last. This is mainly due to the large number of pin chips.

The quality of Algol chips was tested by screening pulpwood-, long log-, whole tree- and logging residue chips. The length distribution of pulpwood and whole tree chips made by the Algol-chipper was almost equal to chips made by other chippers. The proportion of thick chips was greater than that in industrial chips. The condition of the chipper blades did not seem to have any effect on chip dimensions, but when the blades became blunt the amount of crushed chips increased.