

FOLIA FORESTALIA 107

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1971

OLLI UUSVAARA

VANERITEHTAAN JÄTEPUUSTA VALMISTETUN HAKKEEN OMINAISUUKSISTA

ON THE PROPERTIES OF CHIPS PREPARED FROM PLYWOOD PLANT WASTE

- N:ot 1—18 on lueltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.
 Nos. 1—18 are listed in publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- N:ot 19—55 on lueltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 19—96.
 Nos. 19—55 are listed in publications 19—96 of the Folia Forestalia series.
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.
 The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista.
 Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu. 2,50
- No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot. 2,50
- No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahhti ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu.
 Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators. 1,—
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan mestävarat vuonna 1968.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.
 Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65. 2,50
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteeseen esiintymisestä Lapissa.
 Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.
 Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots. 1,50
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.
 Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.
 A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätalastollinen vuosikirja 1968.
 Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvat puutavaralajitaulukot. 1,—
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarsinta pinotavaran teossa.
 Delimiting by axe and power saw in making of cordwood. 2,50
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irroittamisesta.
 On the extraction of stumps and roots. 1,50
- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa.
 Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levityssajakohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoit-
 teiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometissä.
 Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees
 growing on peat. 2,—
- 1970 No 76 Ukko Rummukainen: Tukkimiehintäin, *Hylobius abietis* L., ennakkotorjunnasta taimi-
 tarhassa.
 On the prevention of *Hylobius abietis* L. in the nursery. 1,50
- No 77 Eero Paavilainen: Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä.
 Experimental results of the afforestation of swampy fields. 2,—
- No 78 Veikko Koskela: Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen
 halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskeokentällä.
 On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch
 and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. 2,—
- No 79 Olavi Huikari—Pertti Juvonen: Työmenekki metsäojituksen.
 On the work input in forest draining operations. 1,50
- No 80 Pertti Harstela: Kasausajan ja valtimonlyöntitiheyden sekä tehollisen sahausajan määrit-
 täminen järjestettyjen kokeiden, pulssitutkimuksen ja frekvenssianalyysin avulla.
 Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests
 pulse study and frequency analysis. 1,50
- No 81 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1968—69.
 Stumpage prices in private forests during cutting season 1968—69. 1,—
- No 82 Olavi Huuri, Kaarlo Kytökorpi, Matti Leikola, Jyrki Raulo ja Pentti K. Räsänen: Tutki-
 muksia taimityppiluokituksen laatimista varten. I Vuonna 1967 metsänviljelyyn käytet-
 tyjen taimien morfologiset ominaisuudet.
 Investigations on the basis for grading nursery stock. I The morphological characteristics
 of seedlings used for planting in the year 1967. 1,50

Olli Uusvaara

VANERITEHTAAN JÄTEPUUSTA VALMISTETUN HAKKEEN
OMINAISUUKSISTA

On the properties of chips prepared from plywood plant waste

ALKUSANAT

Tutkimus on suoritettu Tehdaspuu Osakeyhtiön ja Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston yhteistyönä. Edellisen edustajana ja käytännön järjestelyjen hoitajana oli metsänhoitaja ANTTI RENKO. Tutkimusaineiston keruun suoritti metsäteknikko LASSE MOILANEN Tehdaspuu Osakeyhtiöstä. Käsikirjoituksen ovat Metsäntutkimuslaitoksen puolesta tarkastaneet ja arvokkain neuvoin työtä

ohjanneet professori VEIJO HEISKANEN ja tohtori PENTTI HAKKILA.

Kaikille tutkimuksessa avustaneille henkilöille Tehdaspuu Osakeyhtiössä, muissa tutkimuksen piiriin kuuluneissa teollisuuslaitoksissa sekä Metsäntutkimuslaitoksessa haluan lausua parhaat kiitokseni.

Helsingissä maaliskuussa 1971

Olli Uusvaara

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY IN ENGLISH	3
TIIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUSMENETELMÄ	7
3. AINEISTO	7
31. Hakkeen koostumus	7
32. Tutkimuspaikat ja kuormien määrät	7
4. TUTKIMUSTULOKSET	8
41. Kuljetuksen aikana tapahtuva painuma	8
42. Kosteus	9
43. Vanerihakkeen paino	10
44. Haketiheys	12
45. Vanerihakkeen laatu	13
451. Kuoren määrä	13
452. Palakokajakautuma	13
KIRJALLISUUTTA	17

ON THE PROPERTIES OF CHIPS PREPARED FROM PLYWOOD PLANT WASTE

SUMMARY

Deficiency of raw wood as well as technical development in the branch of forest industries have increased the importance of plywood plant waste as a raw material for pulp. Because of the diversity of the components of plywood plant waste and due to the special methods employed in chipping, veneer chips have certain properties which differ from those of the types of chips more frequently used. Until now these special features of veneer chips have not been studied to any extent deserving of mention.

In the summer of 1970, on the initiative of Tehdaspuu Ltd., the Department of Forest Technology, Finnish Forest Research Institute, carried out a study in order to obtain information on the special properties of veneer chips. The study was performed in southern Finland, and sampling was done on the chips delivered to one purchaser from four plywood plants, three of which used truck and one, railway transportation.

Data were collected by truck- and carloads by determining their weight and volume, on the basis of which the weight of one loose cubic meter of chips could further be determined. To find out the dry weight of the chips, five samples of one liter each were taken from various parts of the loads in connection with unloading; these were then mixed, and finally, one liter of these mixed chips taken for moisture content determinations. Dry matter content of the chips was determined in terms of kilograms per solid cubic meter on the same samples, whereby hydrostatic weighing was used in volume determinations. From the chips of each deliverer an additional sixteen liters of chips was taken, fifteen liters of which formed a screening sample and one, the material for bark percentage determinations.

Screening the chips into fractions both of length and of thickness was performed using a Williams screen.

The whole study material comprised 71 truck- or car loads, and from each of them moisture content samples were taken.

Of the results of the study, following are deserving of mention in this connection:

The material of the present study was too small for any far-reaching conclusions concerning the variation in settling of veneer chips due to transportation or concerning the differences in settling in comparison with, for example, sawmill chips. Although the material of the present study was both drier and lighter than average raw wood, the settling percentages obtained do not differ to any marked degree from those until now established for sawmill chips. For an average length of truck transportation of 55 km settling of veneer chips was 4.3 %, and for a distance of railway transportation of 200 km, 6.4 %.

The moisture content of veneer chips depends on the composition of the waste from which they have been made. As various loads of chips may contain different proportions of, for example, oven-dry turning waste, and on the other hand, core chips from water-stored logs, the moisture content of veneer chips may vary within broad limits.

The lowness of the moisture content (54 % of the dry weight) obtained in this study is due to the large proportion of dry veneer and plywood edges in the waste that was used in preparation of the chips.

The low moisture content, and partly also the relatively low chip density – i.e., the content of solid wood in a loose cubic meter of chips – affected the weight of the chips per cubic meter, which was 265 kg before and 272 kg after transportation. In addition, the weight of the chips is influenced by the wood density, and this may vary to some extent depending on the origin of the wood. The average dry matter content of one solid cubic meter of

chips, the glue possibly present included, was 494 kg. The dry weight of the chips was 175.8 kg/m³, loose measure, at the plywood plant and 184.7 kg/m³ at the pulp mill where it had been transported.

Chip density is affected by a variety of factors involved with the machines used for chipping, the quality of the raw wood and the method of transportation employed. The chip material of the present study was characterized by low moisture content and relatively high proportion of fractions consisting of short and thin chips, and these factors tend to decrease density. The average density of the chips of the present material was 0.357 solid m³/loose m³ at the plywood plant and 0.374 solid m³/loose m³ at the receiving plant.

The portion of outer bark of birch was negligible in the bark samples studied. The average bark per cent was 0.67.

In veneer chips the particle size distribution is clearly influenced by the proportions of turned veneer, plywood edges, log ends and cores of veneer bolts present. According to the present study, the average particle size distribution has been presented in tables 9 and 10 and figure 2.

The results indicate that average veneer chip particles are both shorter and thinner than those of other types of chips.

Minor differences in particle size distribution could be observed between the chips delivered from various plants. These were mainly due to differences in the composition of the waste, in screening and in the chippers used. About 82 % of the particles had a length between 6 and 32 mm, and those exceeding 32 mm in length were mostly long and thin sticks of veneer, which with further processing in mind probably are not harmful.

TIIVISTELMÄ

Metsäteollisuuden raaka-ainepula ja alan tekninen kehitys ovat lisänneet vaneritehtaan puujätteiden merkitystä muun teollisuuden raaka-aineena. Raaka-aineesta ja valmistustavasta johdun on vanerihakkeella muista yleisemmin käytetyistä hakelaaduista poikkeavia ominaisuuksia, joita tähän mennessä ei ole juuri lainkaan selvitetty.

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto suoritti tutkimuksen kesällä 1970 Tehdaspuu Oy:n aloitteesta. Tutkimus toteutettiin Etelä-Suomessa kolmen maantiekuljetusta ja yhden rautatiekuljetusta käyttävän vaneritehtaan ostajatehtaalte toimittamasta hakkeesta.

Tutkimusaineisto kerättiin suorittamalla kuormien punnitukset ja tilavuuden määritykset auto- ja vaunu kuormina, joiden perusteella määritettiin hakeirtokuutiometrin paino. Hakkeen kuivapainon selvittämiseksi jokaisesta kuormasta otettiin purkamisen yhteydessä vähintään viisi litran hake-erää käsittävä kosteusnäyte, josta sekoituksen jälkeen 1 litran erä muodosti lopullisen näytteen. Vanerihakkeen

kuiva-ainemäärä, kg/k-m³, selvitettiin samoista näytteistä käyttämällä hydrostaattista punnintusta tilavuuden mittaamisessa. Kunkin vanerihakkeen toimittajan kuormista otettiin lisäksi 16 litran suuruisia eräi haketta, joista kustakin 15 litraa käytettiin seulontanäytteenä ja 1 litra kuoriprosentin määrittämiseksi.

Hakkeen pituus- ja paksuusjakeitten seulonnan suoritettiin Williams-koeseulalla.

Aineisto käsitti yhteensä 71 auto- tai vaunu kuormaa haketta, joista jokaisesta otettiin kosteusnäyte.

Tärkeimmistä tutkimuksessa saaduista tuloksista mainittakoon seuraavat.

Vanerihakkeen kuljetuksessa syntyvän painuman vaihteluista ja painuman eroista esimerkiksi sahanhakkeeseen verrattuna ei näinkin suppean aineiston ollessa kyseessä voi tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Vaikka tutkimuksen hakemateriaali oli keskimäärin tavallista puuraaka-ainetta kuivempaa ja kevyempää eivät painumaproositit eroa selvästi tähän mennessä saaduista sahanhaketta koskevista tuloksista. Keskikuljetusmatkan ollessa autokuljetuksessa

55 km ja kuljetusmatkan rautateillä 200 km olivat vanerihakkeen painumat keskimäärin 4.3 ja 6.4 %.

Vanerihakkeen kosteus riippuu eri jätekomponenttien määrällisistä suhteista. Koska hakeerät saattavat sisältää erilaisia määriä esimerkiksi uunikuivaa pyörästysjätettä ja toisaalta vettyneistä tukeista peräisin olevaa purilashaketta, voivat myös vanerihakkeen kosteuserot muodostua suuriksi.

Käsillä olevassa tutkimuksessa saatu alhainen kosteuden keskiarvo 54 % kuivapainosta aiheutuu kuivan viulun ja vanerisyrijen suuresta osuudesta haketettavassa jätteessä.

Pieni kosteusprosentti sekä osittain myös suhteellisen alhainen haketiheys vaikuttivat puolestaan hakkeen kokonaispainoon, joka oli 264,5 kg/i-m³ ennen ja 272,1 kg/i-m³ jälkeen kuljetuksen. Edellämainittujen tekijöiden lisäksi hakkeen painoon vaikuttaa puuaineen tiheys, jonka suuruus vaihtelee jonkin verran puun alkuperästä riippuen. Kiintokuution keskimääräinen kuiva-ainemäärä, jossa oli mukana myös liima-aineen vaikutus, oli 494,4 kg/k-m³. Hakkeen kuivapainoksi saatiin 175,8 kg/i-m³ vaneritehtaalla ja 184,7 kg/i-m³ ostajatehtaalla mitattuna.

Haketiheyteen vaikuttavat useat käytettyihin koneisiin, raaka-aineen laatuun ja kuljetuk-

seen liittyvät tekijät. Vanerihakkeelle luonteenomaisia ja tiheyttä alentavia seikkoja tässä tutkimuksessa olivat alhainen kosteus, 13–3 mm:n pituisen lastujakeen suuri osuus sekä hakkeen ohutpalaisuus. Lähtömittauksen ja vastaanotto- mittauksen mukaiset haketiheyden keskiarvot olivat 0.357 ja 0.374 k-m³/i-m³.

Tuohi muodosti vain vähäisen osan tutkituista kuorinäytteistä, joiden perusteella laskettu kuoriprosentin keskiarvo oli 0.67.

Vanerihakkeen pituus- ja paksuusjakautumalle antavat oman leimansa haketettavien puujätteitten, sorvausviulun, vanerin syrijen, pöllinpäitten ja purilaitten määrälliset suhteet. Saadut keskimääräiset palakokojakaantumukset on esitetty taulukoissa 9 ja 10 sekä kuvassa 2.

Tulokset osoittavat tutkitun hakkeen olevan keskimäärin lyhytpalaista ja ohutta ja eroavan siten kokojakautumaltaan muista hakelaaduista.

Tehtaitten välisissä hakkeen palakokojakautumissa on kuitenkin jonkin verran eroja pääasiassa jätelaatujen suhteista, seulonnasta ja hakkureiden eroista johtuen. Jakeitten 6–32 mm:n osuus on 82 % keskimääräisestä pituusjakautumasta. Yli 32 mm pitkän karkean jakeen muodostavat kuitenkin vanerihakkeessa suurelta osin pitkät ohuet viulutikut, jotka käyttäjän kannalta eivät liene kovin haitallisia.

1. JOHDANTO

Vaneriteollisuus on ala, jolla vuosittain syntyy jalostusprosessin yhteydessä huomattavia määriä erilaisia puujätteitä. Puunjalostusalan tekninen kehitys, pyrkimykset lisätä tuotannon kannattavuutta ja metsäteollisuuden raaka-ainepula ovat luoneet edellytykset ja aiheuttaneet tarpeen saada tällaiset raaka-ainereservit edelleen jalostettavaan muotoon.

Merkittäviä tekijöitä vanerihakkeen käytön lisääntymiselle ovat olleet lehtipuuta käyttävän selluteollisuuden sekä lastu- ja kuitulevyteollisuuden voimakas laajentuminen 1950-luvulta lähtien.

Aikoinaan tämä vaneritehtailta sorvauksen ja vanerin valmistuksen yhteydessä käyttämättä jäävä puuaine oli todella jätettä, joka hävitettiin

polttamalla. Seuraava käyttömuoto oli voiman ja lämmön lähteenä. Nykyisin vaneritehtaan hake on jo arvokas raaka-aine, eikä sanaa jäte enää voida asiallisesti ottaa käyttöä. Käsillä olevassa tutkimuksessa kaikkea vaneritehtaalla sorvauksen yhteydessä syntyvää hakkeeksi valmistettua puuainesta kutsutaan nimikkeellä ”vanerihake”.

Vaneritukin sorvauksen yhteydessä tukin tilavuudesta saadaan vain kolmasosa talteen vanerina. Vanerin valmistuksen hyötysuhde on Suomessa 30–35 %. Kun lasketaan käytetystä raaka-aineesta 35 %:n mukaisesti saatu suhteellinen määrä vaneria v. 1968, oli erilaisten jätteiden määrä 1 013 000 k-m³. Siihen sisältyy myös noin 50 000 k-m³ männystä ja kuusesta sor-

vattua vaneria (vrt. HUTTUNEN 1970). Jos arvioidaan 20 % jätteistä menevän kuoren, purun ja hiomapölyn muodossa hukkaan (Mekaaninen Puuteollisuus I. 1964), vastaa puumäärä noin 2.1 miljoonaa m^3 :ä haketta tehtaalle toimitettuna.

Teollisuustilaston mukaan sahaus- ja vanerijätteistä meni teollisuuden käyttöön v. 1950 20 %, v. 1960 44 % ja v. 1968 jo 70 %. Saha-teollisuuden jätteiden jalostusprosentti on kuitenkin korkeampi kuin vaneriteollisuudessa. Vanerituotanto on ollut näihin päiviin asti jatkuvassa nousussa ja lisääntyy todennäköisesti edelleen, joskin raaka-ainepula on hidastava tekijä. Tällöin jättepuun ja siitä tehtävien sivutuotteitten määrätkin kasvavat. Niiden laatu tulee kuitenkin muuttumaan, sillä jo nyt on vaneriteollisuuden ollut pakko raaka-ainepulan johdosta siirtyä käyttämään myös kuusiviilua vanerin sisäkerroksissa.

Vaneritehtaalla syntyy valmistusprosessin yhteydessä pöllinpäitä, purilaita, viulun jätettä, vanerinsyrjiä, kuorta, purua sekä hiomapölyä, joista neljä ensimmäistä voidaan saattaa hakkeen muotoon. Koivun sorvauksessa syntyvien jätteiden jakautuma on suunnilleen seuraavan esimerkin mukainen (Mekaaninen Puuteollisuus I 1964):

Pöllinpäät ja purilaat	16.7 %
Kuori	22.7 %
Viilujätteet	42.4 %
Vanerinsyrjät	11.4 %
Puru	3.0 %
Hiomapöly	3.8 %

Kuori, puru ja hiomapöly menevät yleensä polttoon, joskin brikettien valmistus purusta ja hiomajätteestä on yleistymässä. Jälkimmäistä käytetään myös jossain määrin muovi- ja liima-teollisuuden lisäaineena.

Vanerihakkeen tärkeimmät käyttökohteet ovat kemiallinen ja kemimekaaninen koivumassa sekä lastu- ja kuitulevyt. Mikäli koivutukit kuoritaan ennen sorvausta, sopii pyörästysjäte hyvin keittohakkeeksi, ja erityisen hyvää tasapalaista haketta saadaan purilaista (Mekaaninen Puuteollisuus I 1964). Vanerihake on tehty massanvalmistusta suosivalla tavalla, sillä viilutuksessa on leikkausvoima kuidun suuntainen. Kuitujen säilyminen verrattain hyvin ehjinä sorvauksen ja haketuksen yhteydessä pienentää nollakuitumäärää keitossa. Etuja ovat lisäksi suuri puuaineen tiheys ja hakkeen tasainen

laatu sekä ehdoton puhtaus, mikäli kyseessä on purilashake.

Viiluhakkeen haittapuolia sen sijaan ovat pienen tilavuuspainon aiheuttama laitteistojen kapasiteetin vajaakäyttö, joskus suuri kuoripitoisuus, kosteuden ja hakkeen palakokajakautuman vaihtelu, sekä vanerin liima-aineet. Vanerihake sopii joka tapauksessa hyvin fluting-kartongin valmistamiseen, sillä urealiimattu viilu kypsyy kemimekaanisessa keitossa täysin liimaamattoman lastun tavoin (SALUNEN 1970). Purilaiden käyttö kemimekaanisen massan valmistuksessa on jäänyt verraten vähäiseksi, sillä vaneria valmistava yritys käyttää niistä saatavan hakkeen monissa tapauksissa omalla tehtaalla lastulevyn raaka-aineeksi.

Vaneritehtaan hake on puuaineeltaan korkealaatuista, sillä vaneripuiksi hyväksytään vain parhaat koivut. Puuaine on myös peräisin koivujen tyvipäistä ja vanhoista puista. Koska koivulla puuaineen tiheys nousee iän mukana ja laskee rungon tyvestä latvaan päin siirryttäessä, lienee vanerihakkeen tiheys korkeampi kuin koivukuitupuulla keskimäärin (vrt. HAKKILA 1966). Koska puun painon ja tilavuusyksikön sisältämän kuitumäärän välillä vallitsee positiivinen korrelaatio, on vanerihakkeen massasaanto kiintotilavuusyksikköä kohti koivupuun keskiarvoa korkeampi.

Hakkeen määrä ilmaistaan melkein poikkeuksetta irtokuutiometreinä, jonka todelliseen kuiva-ainesisältöön vaikuttavat haketiheys ja puuaineen tiheys. Näistä edellinen riippuu valmistusteknisistä ja kuljetukseen liittyvistä tekijöistä sekä raaka-aineen ominaisuuksista. Puuaineen tiheys puolestaan vaihtelee mm. kasvu- ja alkuperätekiijöistä riippuen. Kuiva-ainesisällön ohella hakkeen arvoa kuvaavia tunnuksia ovat mm. kosteus, kuoren määrä ja muu puhtaus sekä palakojakautuma.

Koska vanerihakkeen merkitys puunjalostusteollisuuden piirissä on jatkuvasti kasvanut ja koska sen ominaisuudet monessa suhteessa poikkeavat muista yleisemmin käytetyistä hakeladuista, ryhdyttiin metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osastolla kesällä 1970 Tehdaspuu Oy:n aloitteesta selvittämään vanerihakkeen erikoisominaisuuksia. Tutkimus toteutettiin yhteistyössä siten, että metsäntutkimuslaitos suunnitteli ja johti kenttätöitä sekä suoritti laboratorio- ja laskutyöt. Tehdaspuu Oy puolestaan järjesti tarvittavan aineiston ja teki kenttätöitä.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ

Hake punnittiin ja mitattiin autokuormina ostajatehtaalla kolmen vaneritehtaan toimittamasta raaka-aineesta. Lisäksi tehtiin selvityksiä yhden rautatiekuljetusta käyttävän tehtaan hakeesta, jolloin punnitus tapahtui rautatievaavalla lähtöpäässä. Hakkeen kastumisen ja varisemisen estämiseksi autolla kuljetetut koekuormat peitettiin kuljetuksen ajaksi. Hakekuorman pinta tasoitettiin vaneritehtaalla ennen kuljetusta laidan tasalle. Kuljetuksen päätyttyä määritettiin kuorman tilavuus ja paino ostajatehtaalla.

Autoa purettaessa otettiin kuorman eri osista vähintään viisi litran näytettä, joista sekoituksen jälkeen erotetusta litran näytteestä mää-

ritettiin kosteus ja puuaineen tiheys. Näin oli mahdollista laskea kuorman ja irtokuutiometrin kuivapaino.

Palakokajakautuman selvittämiseksi otettiin kunkin tutkittavan vaneritehtaan kuormista 16 litran hake-eriä, joista kustakin 15 litraa seulottiin Williams koeseulalla ja 1 litra muodosti kuorinäytteen. Koska hake tavallisesti lajittuu kuormassa täytön ja kuljetuksen aikana, otettiin myös seulontanäyte kuorman eri osista.

Rautateitse hakkeensa lähettävän tehtaan näytteet otettiin käytännön syistä lähtöpäässä, koska rautatievaaka sijaitsi siellä.

3. AINEISTO

31. Hakkeen koostumus

Sorvauksen yhteydessä syntyvät erilaiset jätteet antavat oman leimansa vanerihakkeelle ja vaikuttavat hakkeen laatuun ja ominaisuuksiin. Siksi on syytä esittää luettelomaisesti tutkimuksen piiriin kuuluneitten vaneritehtaitten hakkeen alkuperä. Eri aineosien prosenttisia osuuksia, jotka tietysti vaihtelivat jonkin verran eri kuormien välillä, ei pystytty selvittämään.

Tehdas A – purilashake
– tuore ja kuiva viilujäte
– havupuurimajäte ja rimalevyn reunat (vähän)
– liimaa

Tehdas B – tuore ja kuiva viilujäte
– vanerin syrjät
– liimaa

Tehdas C – kuiva viilujäte
– osa tuoretta viilujätettä
– katkaisupuru
– vanerin syrjät
– liimaa

Tehdas D – kuiva viilujäte
– vanerin syrjät
– purilashake } osa oppopuuta
– tuore viilujäte
– liimaa

Katkaisupätkiä ei millään tehtaalla haketettu, vaan ne käytettiin lämpö- tai voimalaitoksessa. Kahdella tehtaalla purilaat jäivät lastulevyjen raaka-aineksi.

32. Tutkimuspaikat ja kuormien määrä

Aineistoon sisältyi haketta neljältä eri vaneritehtaalta jotka olivat:

A. Ahlström Osakeyhtiö, Varkaus
Fennia Faneriosakeyhtiö, Lahti
Heinola Fanerfabrik, Heinola
Pellos Oy, Ristiina

Taulukossa 1 esitetään koekuormien määrä ja jakaantuminen kirjainten A, B, C ja D kuvaamien vaneritehtaitten kesken. Kaikki koekuormat pyrittiin sekä mittaamaan että punnitsemaan, mutta jotkut kuormat lähtivät tehtaalta tasaamattomina, jolloin hakemäärää ei tunnet-

Taulukko 1. Koekuormien lukumäärä.
Table 1. Chip loads covered by the study.

Tehdas Plywood plant	Kuormia, kpl – Number of truckloads			i-m ³ Loose m ³	Kuljetustapa Method of transportation
	Punnitut Weighed	Punnitsemattomat Unweighed	Yhteensä Total		
A	8	—	8	512.4	Maanteitse By truck
B	25	—	25	552.2	—”—
C	18	2	20	570.0	—”—
D	12	6	18	939.1	Rautateitse By railway
Yhteensä Total	63	8	71	2 573.7	

tu. Tällöin ei ollut tarkoituksenmukaista suorittaa punnitusta, vaan tyydyttiin pelkästään seulonta- ja kosteusnäytteen ottoon.

Hakkeen autokuljetuksessa käytettiin sekä 2- ja 3-akselisia hakkeen kuljetukseen tarkoitettua kuormatilalla varustettuja autoja että

perävaunulla varustettuja rekka-autoja. Autojen kuormatilavuuden aritmeettinen keskiarvo oli 41.4 i-m³. Rautatievaunut olivat metalliseinäisiä hakkeenkuljetusvaunuja, joiden keskitilavuus oli 54.0 i-m³.

4. TUTKIMUSTULOKSET

41. Kuljetuksen aikana tapahtuva painuma

Kuljetettavan hakekuorman painuma muodostuu hakepalasten varisemisesta, kuormatilan muuttumisesta sekä varsinaisesta vajoamasta. Mikäli kuormaa ei ole peitetty, voi kuivaa ja kevytpalaista vanerihaketta varista kuormasta huomattavastikin tielle. Kuormatilan muuttumista tapahtuu heikkorakenteisessa kalustossa, jonka seinämät antavat periksi tai taipuvat liian heikon kehikon takia. Varsinaiseen vajoamaan on todettu vaikuttavan mm. kuljetustavan, matkan, tien laadun, hakkeen kosteuden ja palakoon (vrt. UUSVAARA 1968 ja 1969).

Taulukossa 2 esitetyt painumien keskiarvot ilmeisesti kasvavat kuljetusmatkan pidentyessä. Poikkeuksen muodostanee tehdas B, jonka toimittamissa kuormissa tapahtui jo lyhyellä 5 km:n matkalla huomattavan suuri vajoama, 5,7 %. Se johtui suurimmaksi osaksi kuljettimelta pudottaen tapahtuneesta lastauksesta. Osittain kuivasta kevyestä viilujätteestä valmistettu hake jää kuormassa jo alunperin löyhäksi. Kyseessä oli lisäksi seulomaton hake, jolloin tikkuisuus aiheuttaa hakkeen holvautumista ja pienen tiheyden. Kaikissa esitettävissä taulukoissa teh-

Taulukko 2. Kuljetuksen aikana tapahtuva painuma.
Table 2. *Settling of loads during transportation.*

Tehdas <i>Plywood plant</i>	Kuormia <i>Number of truckloads</i>	Kulj. matka, km. <i>Distance of transportation, km</i>	Painuma, % – <i>Settling, pct.</i>			
			Vetov. <i>Truck</i>	Peräv. <i>Trailer</i>	Yht. <i>Total</i>	Vaihteluväli <i>Range of variation</i>
A	6	65	1.5	3.4	2.4	0.9–5.3
B	25	5	5.7	—	5.7	0.5–9.9
C	9	95	3.4	4.1	3.6	0.8–6.3
D	18	200			6.4	3.7–10.2
Autokulj. yht. <i>Trucking total</i>	40		4.6	3.8	4.3	0.5–9.9

taan D tulokset kuvaavat rautateitse kuljetetusta hakkeesta laskettuja arvoja.

Koska tien epätasaisuudet pääsevät helpommin vaikuttamaan perävaunun kuin vetovaunun liikkeisiin, muodostuu painuma suuremmaksi

perävaunussa (vrt. UUSVAARA 1968 ja 1969). Rautatiekuljetuksen painuma saattaa osaksi johduttaa myös hakkeen varisemisesta, koska vaunuja ei peitetty.

42. Kosteus

Elävän koivun vaneriosan kosteus vaihtelee kesä–tammikuun aikana 65–82 prosentin välillä (HAKKILA, HEIKKILÄ ja MICHELSEN 1970). Tehdasprosessiin tulevien tukkien kosteus on yleensä tasainen ja korkea, mutta vanerihakkeen kosteudessa esiintyy kuitenkin huomattavia vaihteluita, mikäli se koostuu toisaalta tuoreesta viilujätteestä tai purilaista ja toisaalta kuivatusta viilujätteestä. Talvella kaadetusta

tuoreesta puusta sorvatussa viilussa vaihtelee kosteus näet 75–85 prosentin välillä, kun taas kuivauskoneen läpi kulkiessaan viulun kosteus laskee vain 5–8 prosenttiin (Metsäkäsikirja II 1957). Hakkeen kosteus riippuu näinollen eri jätekomponenttien määrällisistä suhteista.

Myös nyt kerättyssä aineistossa oli havaittavissa kuormien ja tehtaiden välillä erittäin suuria vaihteluita, kuten nähdään taulukosta 3. Tu-

Taulukko 3. Vanerihakkeen kosteus.
Table 3. *Moisture content of veneer chips.*

Tehdas <i>Plywood plant</i>	Kosteus, % – <i>Moisture, pct.</i>		Näytteitä, kpl <i>Number of samples</i>	Vaihteluväli kuivapainosta, % <i>Range of variation in dry weight, pct.</i>
	Kuivapainosta <i>Of dry weight</i>	Tuorepainosta <i>Of green weight</i>		
A	55.2	35.5	9	48.6–60.2
B	60.4	37.5	25	40.5–81.4
C	26.1	20.5	13	19.3–35.7
D	66.4	37.3	16	6.3–173.0
Yhteensä <i>Total</i>	53.5	33.7	63	6.3–173.0

lostien selvitykseksi mainittakoon, että tehtaan C hake käsittää enimmäkseen kuivaa viilujätettä ja vanerisyrjiä, kun taas tehtaan D hake muodostuu huomattavalta osin oppopuun sorvauksessa syntyneistä tuoreesta viilujätteestä ja purilaista. Yleisesti voidaan todeta, että vanerihake on muihin hakelaatuihin verrattuna keskimäärin

kuivaa. Kuivapainosta lasketun kosteuden keskiarvoksi saatiin 54 %, kun esimerkiksi maalla varastoiduista tukeista saadun sahanhakkeen kosteus on yli 100 % (UUSVAARA 1969). Ilman tehtaan C poikkeuksellisen alhaista kosteusarvoa on aineiston keskiarvo 61.4 % kuivapainosta ja 37.1 % tuorepainosta ilmaistuna.

43. Vanerihakkeen paino

Hakeirtokuution paino riippuu pääasiassa puun kosteudesta sekä lisäksi puuaineen tiheydestä ja haketiheydestä, jotka ovat aiheuttaneet suuria vaihteluja myös esillä olevan tutkimuksen tuloksiin. Ne on esitetty taulukossa 4.

Vanerihakeirtokuution painon keskiarvoksi saatiin 272 kg ostajatehtaalla (taulukko 4), ja ilman tehtaan C muista poikkeavia arvoja 276 kg ja 291 kg/i-m³ lähtö- ja tulomittauksen mukaan. Vaikka koivun puuaine on suomalaisista puulajeista painavinta (vrt. sivu 11), on vanerihakkeen irtokuution paino alhainen pienestä kosteudesta johtuen. Esimerkiksi metsätuore kuusisahanhake on irtokuutiota kohti noin 40 kg ja mäntysahanhake noin 75 kg painavampaa kuin käsillä olevan tutkimuksen vanerihake (vrt. UUSVAARA 1969). Keskiarvon alhaisuus selittyy lisäksi paitsi pienen kosteuden myös pienen tiheyden perusteella (vrt. sivu 12).

Vertailuna mainittakoon, että kokeessa, jossa hakettiin purilaita ja pyörästysjätettä Karhula 1200/2-hakkurilla, oli purilaiden kosteus 66 % ja viilujätteen 77 % ja hakeirtokuution paino 345 kg/i-m³ (Anon. 1968). Metsäntutkimuslaitoksessa menneillään olevassa sahanhaketta koskevassa tutkimuksessa painoi kesän yli kentällä kuivuneista tukeista valmistettu koivusahanhake 25 km:n kuljetusmatkan jälkeen 312 kg/i-m³ (UUSVAARA 1971). Ohutpuusta kenttähakkurilla valmistetun koivuhakkeen painoksi on HEISKANEN (1963) saanut 376 kg/i-m³.

Hakeirtokuution kuivapaino oli tehtaalla keskimäärin 185 kg/i-m³, joka on 9 kg/i-m³ enemmän kuin paino ennen kuljetusta (taulukko 5). Paino muodostui korkeimmaksi pitkän kuljetusmatkan ja suuren painuman johdosta rautatiekuljetuksessa. Tehtailla B ja C irtokuutiopainon

Taulukko 4. Hakkeen kokonaispaino.
Table 4. Weight of veneer chips.

Tehtas <i>Plywood plant</i>	Paino lähtiessä, kg/i-m ³ <i>Weight at plywood plant, kg/loose m³</i>	Paino perillä, kg/i-m ³ <i>Weight at receiving plant, kg/loose m³</i>			Vaihteluväli <i>Range of variation</i>
		Vetov. <i>Truck</i>	Peräv. <i>Trailer</i>	Keskimäärin <i>Mean</i>	
A	285.4	288.4	296.2	292.3	268.7–343.5
B	263.2	278.9	—	278.9	255.9–304.1
C	226.5	230.6	236.7	233.3	217.4–259.6
D	293.6	310.2		310.2	212.1–350.0
Maantiekulj. yhteensä <i>By truck total</i>	257.8	269.0	264.5	267.8	217.4–343.5
Kaikki yht. <i>Total</i>	264.5	274.2		272.1	212.1–350.0

Taulukko 5. Hakkeen kuivapaino.
Table 5. Dry weight of veneer chips.

Tehdas Plywood plant	Kuivapaino, kg/i-m ³ Dry weight, kg/loose m ³		Kuormia, kpl Number of truckloads	Vaihteluväli perillä Range of variation at receiving plant
	Lähtiessä At plywood plant	Perillä At receiving plant		
A	186.4	190.0	14	175.8–218.4
B	164.8	174.7	25	137.5–196.4
C	179.2	186.9	19	156.8–205.3
D	185.2	198.3	10	184.7–205.6
Maantiekulj. yhteensä By truck total	174.0	182.4	58	137.5–218.4
Kaikki yhteensä Total	175.8	184.7	68	137.5–218.4

alhaisuus johtuu osittain kuormausten menetelmästä, jossa hake lastattiin kuljettimelta varistaen sekä osaksi ohuen viululastun runsaudesta koe-kuormissa. Suuren puuaineen tiheyden takia koivuvanerihaakkeen irtokuutiopainot ovat havupuiseen sahanhakkeeseen ja pinotavarahakkeeseen verrattuina korkeita siitäkin huolimatta, että haketiheys on alhainen (vrt. taulukot 6 ja 7). Eteläsuomalainen mänty- ja kuusihake esimerkiksi painavat keskimäärin 170 ja 154 kg/i-m³ tehtaalla mitattuina (UUSVAARA 1969).

Hakkeen kuivapainon määräävät itse puuaineen paino sekä hakkeen tiheys, joka saattaa huomattavastikin muuttua eri tekijöiden mukaan. Tehtaan A korkea irtokuutiopaino esimerkiksi johtuu korkeasta haketiheydestä (tau-

lukko 7) eikä sen sijaan puuaineen tiheydestä, jota tässä tapauksessa alentaa joukossa oleva havupuusta peräisin oleva puuaines (vrt. taulukko 6).

Taulukon 6 kuiva-ainemääriä tarkasteltaessa on otettava huomioon, että osa kiintokuution sisältämästä aineesta on ollut liimaa, joka on peräisin vanerilevyn syrjistä valmistetusta hakkeesta. Lisäksi hakkeessa on hieman kuorta, jonka merkitys tiheyden kannalta on kuitenkin erittäin vähäinen (vrt. HAKKILA 1967). Eroja puuaineen tiheydessä aiheuttavat mm. maantieteellinen sijainti, kasvupaikka, rungonosa sekä koivulaji.

HAKKILA (1966) on todennut suomalaisen rauduskoivun kuutiometrin kuivapainon noin 30 kg hieskoivun painoa suuremmaksi. Vaneri-

Taulukko 6. Kiintokuution sisältämä kuiva-ainemäärä.
Table 6. Content of dry matter of one cubic meter of veneer chips.

Tehdas Plywood plant	Kuiva-ainetta, kg/k-m ³ Dry matter content, kg/solid m ³	Näytteitä, kpl Number of samples	Vaihteluväli Range of variation
A	482.8	16	468.5–498.9
B	496.4	25	474.3–510.5
C	492.2	21	463.3–517.4
D	506.5	15	471.4–550.6
Yhteensä Total	494.4	77	463.3–550.6

tukkien puuaineen tiheydeksi saatiin kyseisessä tutkimuksessa noin 500 kg/k-m³. Uusvaaran (1971) mukaan koivutukkien pintaosien puuaineen tiheys oli 507 kg/k-m³. Vertailun vuoksi mainittakoon Norjassa koivupaperipuusta saatu tulos 502 kg/k-m³ (BRAATHE ja OKSTAD 1964).

Puuaineen painon merkitys puun käyttöön kannalta on monessa suhteessa merkittävä. Massateollisuudessa kuitusaanto riippuu puuaineen painosta, joten tunnettaessa tilavuusyksikön kuiva-ainemäärä, voidaan tehdä laskelmia jalosteen saannosta ja tarvittavista raaka-ainemääristä. Verrattaessa keskenään mäntyä, kuusta ja

koivua massan raaka-aineena saadaan näiden puulajien teoreettiseksi massasaannoksi sulfaattimenetelmässä 49, 50 ja 55 % (SOILA 1962). Lastulevyteollisuus voi käyttää raaka-aineena kaikkia kotimaisia puulajeja. Havupuiden korkeamman hinnan takia koivun käyttö lastulevy- ja kuitulevyteollisuudessa on yleistynyt. Kuoritusta puusta valmistettu vanerihake ja erityisesti purilaat ovat levyteollisuudelle erittäin hyvä raaka-aine, joskin koivuraaka-aineen käyttö lisää levyn kokonaispainoa. Myös levyn eristysominaisuudet heikentyvät jonkin verran koivulastua käytettäessä (LAJUNEN 1964).

44. Haketiheys

Hakkeen tiheyteen vaikuttavat mm. hakepalojen muoto ja koko sekä erilaiset kuljetukseen liittyvät olosuhteet, kuten edellä painuman yhteydessä tuli esille. Hakepalasten kokojakautuma puolestaan riippuu hakettavan raaka-aineen koostumuksesta sekä sen homogeenisuudesta, hakkurista ja haketusoloista (vrt. sivut 13 ja 15).

Vanerihakkeen alhainen tiheys, 0.357 lähtöpäässä ja 0.374 k-m³/i-m³ kuljetuksen jälkeen, (taulukko 7) johtunee kuten on jo mainittu pääasiassa alhaisesta kosteudesta, pienestä palakoosta ja erittäin ohuen lastun suuresta osuudesta (vrt. taulukot 9 ja 10). Hakkurin vaikutus palojen paksuuteen ja sen kautta hakkeen tihey-

teen jää tässä tapauksessa vähäiseksi koska viulun paksuus on verraten vakio.

ISOMÄKI (1969 b) on sahanhakkeen laboratorioskokeissa osoittanut, että hakkeen tiheys on sitä alhaisempi mitä ohuempaa hake on. Alle 4 mm lastuosuuden nousu 10 %-yksiköllä aiheutti yli 0,01 yksikön alenemisen hakkeen tiheydessä. Muita vanerihakkeen kokoa koskevia ja tiheyttä alentavia erikoisominaisuuksia ovat pitkän tikkumaisen lastun ja lyhyiden 3–13 mm:n lastujakeitten suuri osuus. Toisaalta verrattain runsas alle 3 mm:n hienomurskeen osuus on omiaan jonkun verran nostamaan tiheyttä. Taulukkoa 7 tarkasteltaessa havaitaan edelleen lastaustavan vaikutus tiheyteen (tehtaat B ja C).

Taulukko 7. Vanerihakkeen haketiheys.
Table 7. Chip density in veneer chips.

Tehdas <i>Plywood plant</i>	Tiheys, kg/i-m ³ <i>Density, solid cu.m/loose cu.m.</i>		Kuormia, kpl <i>Number of truckloads</i>	Vaihteluväli <i>Range of variation at receiving plant</i>
	Lähtiessä <i>At plywood plant</i>	Perillä <i>At receiving plant</i>		
A	0.384	0.394	14	0.354–0.424
B	0.333	0.352	25	0.280–0.403
C	0.364	0.378	20	0.308–0.420
D	0.369	0.393	10	0.365–0.418
Maantiekulj. yhteensä <i>By truck total</i>	0.355	0.371	59	0.280–0.424
Yhteensä <i>Total</i>	0.357	0.374	69	0.280–0.424

Perävaunussa tiheys oli myös suurempi veto-vaunuun verrattuna, joskaan ero ei ollut merkittävä.

Hakkeen tiheydellä on käytännön merkitys-
tä ensinnäkin kuljetuksessa, joka on sitä epä-
taloudellisempaa mitä pienempi kuljetettavan
kuorman tiheys on. Koska haketta myydään ir-

tokuutiokaupalla ja puuaineen kuiva-ainemäärä
riippuu tiheydestä, vaihtelee ostajan hakeirto-
kuutioissa saama puumäärä tiheyden mukaan.
Puun jalostajien puolella alhainen tiheys aiheut-
taa tehtaan laitteistojen toimimisen alikapasi-
teetilla ja niiden koon suurentamistarpeen (SA-
LUNEN 1970).

45. Vanerihakkeen laatu

451. Kuoren määrä

Hakkeen laadulla tarkoitetaan tässä yhtey-
dessä ulkoisia, silmin havaittavia ominaisuuksia
kuten kuoren määrää, hakkeen palakokoa, la-
hoa, sinistymää, oksaisuutta sekä puhtautta eli
hakkeen sisältämien vieraiden aineiden esiinty-
mistä. Tässä tutkimuksessa tehtiin selvityksiä
vanerihakkeen kuoren määrästä sekä hakkeen
pituus- ja paksuusjakautumasta. Muut ulkoiset
laadun tunnuksot sensijaan sivuutettiin vain
silmämääräisiä havaintoja tehden.

Taulukko 8. Vanerihakkeen kuoren määrä.
Table 8. Proportion of bark in veneer chips.

Tehdas Plywood plant	Kuorta, % - Bark, pct.		Näytteitä, kpl Number of samples
	Tuore- painosta Of green weight	Kuiva- painosta Of dry weight	
A	0.55	0.46	7
B	0.99	0.96	8
C	0.59	0.61	5
D	0.61	0.56	6
Kaikki All	0.71	0.67	26

Kaikilla käsillä olevan tutkimuksen vaneri-
tehtailla tukit kuorittiin ennen sorvausta root-
toriperiaatteella toimivilla VK-32 kuorimako-
neilla. Keskimääräinen kuoriprosentti 0.67 (tau-
lukko 8) on pieni verrattuna sitkeän tuohen
kuorinnalle asettamaan vaikeuteen. Kuoripro-
sentin alhaisuus johtunee osittain siitä, että va-
neritukit kuoritaan hautomossa tai vesivarastos-
sa säilytyksen jälkeen, mikä on omiaan hel-
pottamaan kuoren irtoamista. Hakkeen joukosta
puuttuivat myös katkaisupätkät, jotka kuorit-
tuinakin sisältänevät keskimääräistä enemmän
kuorta tyvilajajentumien johdosta.

Näytteissä tavattu kuori oli pääasiassa sisä-
kuorta, sillä vain kolmasosa näytteistä sisälsi
tuolta keskimäärin 0.2 % tuorepainosta. Vaik-
ka tuohi aiheuttaa koivulastujen keitossa enem-
män hankaluuksia kuin sisäkuori, jäänee sen
merkitys näinollen verrattain vähäiseksi.

452. Palakokojakautuma

Haketta ostavat tehtaot valvovat hakkeen laa-
tua kuori- ja seulonnanäytteiden muodossa. Hak-
keen laatu vaihtelee olosuhteista ja valmistus-
teknisistä seikoista riippuen. Tärkeimmät hak-
keen palakokojakaantumaan vaikuttavat teki-
jät ovat seuraavat:

- raaka-aine ja sen homogeenisuus
- hakkurin tekninen konstruktiot
- hakkurin terien kunto ja säätö
- seulonta

Pitkistä, muodoltaan säännöllisistä kappa-
leista, joiden syöttö koneeseen on tasaista, saa-
daan palakokojakautumaltaan tasaisempaa ha-
kettä kuin jätepuuraaka-aineesta. Vanerihak-
keen raaka-aineen epähomogeenisuus antaa lei-
mansa myös saatavalle tuotteelle (kuva 1). Eri-
lainen puujäte hakataan usein vaneritehtailla
eri hakkureilla, esimerkiksi toisaalta purilaat ja
toisaalta viilunkappaleet sekä vanerinsyrjät eri-
seen. Käsillä olevassa tutkimuksessa oli tällainen
käytäntö kahdella tehtaalla.

Hakkurin terätyyppi, terien leikkaustapa,
syöttö- ja leikkuukulma, terien sijainti ja hakun
pyörimisnopeus vaikuttavat hakkeen palako-
koon, jakeen tasaisuuteen ja hienomurskeen
määrään (ISOMÄKI 1969 a ja 1970, SILTA-
NEN 1970). Hakkurin terien kunto vaikuttaa
jaekokoon sekä vaurioitten määrään. Vaurioi-
tuneesta hakkeesta saadaan heikompa massaa
kuin lastuista, joissa solut ovat säilyneet ehjem-
pinä. Lyhytkuituisilla lehtipuilla hakevauriot
yleensä ovat kuitenkin pienempiä kuin pitkä-



1



2



3



4

Kuva 1. Erilaisista vaneritehtaan puujätteistä valmistettua haketta

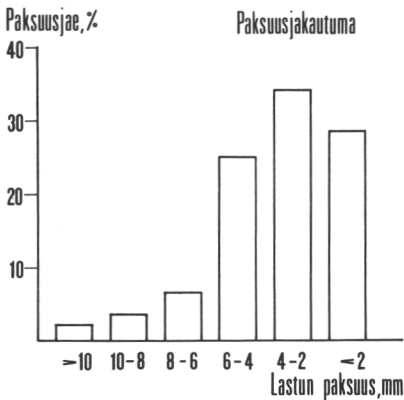
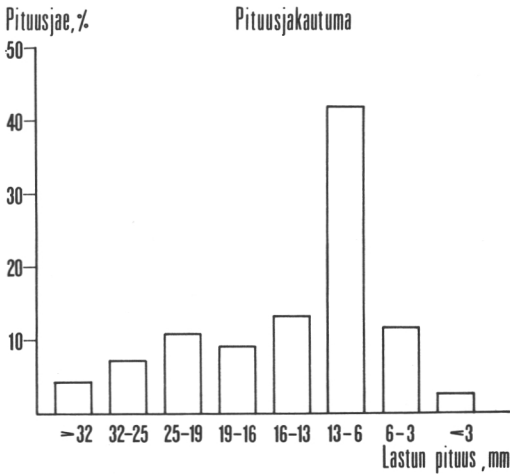
- 1 = viiluhaketta.
- 2 = purilashaketta.
- 3 = katkaisupätkistä valmistettua spiraalihaketta.
- 4 = vanerinsyrjähaketta.

Fig. 1. Chips prepared from various kinds of plywood plant waste.

- 1 = veneer chips.
- 2 = core chips.
- 3 = spiral chips from log ends.
- 4 = chips from plywood edges.

kuituisilla puilla eli lopullinen kuidunpituus jää suhteellisesti suuremmaksi (PALENIUS 1970). Tylsät terät aiheuttavat hakkeen tiheyden pienenemisen, ja huonosti hoidetulla hakulla hake-tushäviöt voivat nousta lähelle 10 prosenttia (SILTANEN 1970).

Seuloilla ei voida vaikuttaa hakelastun di-mensioihin, mutta liian suuret ja liian pienet jakeet voidaan seuloa pois. Ylisuuri jae aiheut-taa keitossa oksamassan määrän kasvua kun taas hienomurske lisää hukkaan menevien ja vesis-töihin joutuvien nollakuitujen määrää.



Kuva 2. Vanerihakkeen lastujakeen pituus- ja paksuusjakautuma seuloita-analyysien perusteella.

Fig. 2. Distribution of veneer chips into frac-tions of length and thickness according to screening analysis.

Kuvan 2 ja taulukoiden 9 ja 10 vanerihak-keen palakokojakautumat osoittavat tutkitun hakkeen olevan keskimäärin lyhytpalaista ja ohutta, sillä pituusjakautumasta jää 55 % lastu-pituuksien 3–13 mm välille ja paksuusjakeesta puolestaan 65 % alle 4 mm:n. Tulos on luonnol-linen, koska hake oli suurimmaksi osaksi tehty vaneriviilusta, jonka paksuus yleisimmin vaihtelee 1.2–2.5 mm:in. Myös liimatut vanerin syr-jät hajoavat osittain takaisin viiluksi haketet-taessa. On otettava kuitenkin huomioon, että hakkurin teräasetteella, syöttönopeudella sekä seulonnan tarkkuudella voidaan vaikuttaa erit-täin paljon hakkeen palapituuteen. Tässä ta-pauksessa yhdellä tehtaalla oli käytössä kiekko-hakkuri ja kolmella hakkeen toimittajalla Klöckner-rumpuhakkurit, joissa hakkeen pi-tuutta voidaan säätää seulapohjan reikäkokoa muuttamalla.

Niin paksuus- kuin pituusjakautumakin on luonnollisesti aivan toisenlainen, jos haketta valmistetaan purilaista ja pöllinpäistä. Eräissä kokeissa, joissa lastutettiin pääasiassa purilaita sekä jonkin verran viilu- ja särmäysjätettä, saa-tiin Karhula 1200/2 hakkurilla seuraava jakau-tuma (Anon. 1968):

		Pituusjake, mm						
yli	32–	25–	19–	16–	13–	6–	alle	
32	25	19	16	13	6	3	3	
								%
1.4	7.4	27.4	15.9	21.3	23.9	1.7	0.9	

Vanerihake eroaa kokojakautumaltaan muis-ta hakelaaduista ja huomattavaa on, että hake-palojen paksuutta ei raaka-aineesta johtuen aina voi lainkaan säädellä. Hakkeen paksuus ja pituus ovat sitä vastoin sahauspintoja ja pinotavaraa lastutettaessa määrättävissä kuitenkin niin, että paksuus pienenee yleensä vastaavasti palapi-tuutta pienennettäessä.

Tehtaitten välillä on jonkin verran eroja raaka-aineesta ja valmistustavasta johtuen. Teh-taan B hake on seulomatonta, joten on ymmär-rettäväissä lastujakeitten keskittyminen paksum-piin ja varsinkin pitempiin lastuluokkiin. Kun karkeampien fraktioitten vanerihake koostuu pääasiassa ohuista viilusuikaleista, ei se ole kui-tenkaan keitossa yhtä hankalaa kuin paksut tikut. Tehtaan C hanke sisältää myös katkaisupu-rua, joka voidaan selvästi havaita myös lastu-jakautumassa.

Taulukko 9. Vanerihakkeen pituusjakautuma tehtaattain.

Table 9. Length distribution of veneer chips from various plywood plants.

Tehdas Plywood plant	Pituusjake, mm – Fracktion of length, mm								Yhteensä Total	Näytteitä, kpl Number of samples
	> 32	32–25	25–19	19–16	16–13	13–6	6–3	< 3		
	%									
A	2.7	4.9	10.2	8.6	13.8	48.8	9.1	1.9	100.0	7
B	7.9	10.2	13.4	12.7	17.5	32.4	4.7	1.2	100.0	8
C	3.4	5.6	5.8	5.3	7.3	40.5	25.9	6.2	100.0	5
D	2.0	7.5	12.3	6.9	10.3	46.8	12.0	2.2	100.0	6

Taulukko 10. Vanerihakkeen paksuusjakautuma tehtaattain.

Table 10. Thickness distribution of veneer chips from various plywood plants.

Tehdas Plywood plant	Paksuusjake, mm – Fracktion of thickness, mm						Yhteensä Total	Näytteitä, kpl Number of samples
	>10	10–8	8–6	6–4	4–2	< 2		
	%							
A	3.1	3.8	6.8	26.8	39.1	20.4	100.0	7
B	3.3	4.6	8.3	35.7	32.8	15.3	100.0	8
C	1.4	1.8	3.5	9.8	32.4	51.1	100.0	5
D	1.4	2.5	6.8	20.8	32.0	36.5	100.0	6

Yleensä hakkeen sopivin palakoko riippuu käyttötarkoituksesta, mutta kokojakautuman suuri vaihtelu ei ole hyväksi millään edelleenjalostuksen alalla. Eri tarkoituksiin käytettävällä hakkeella on kuitenkin oma optimikokonsa. Mainittakoon, että laatuvaatimusten mukaan saa sahanhakkeella olla alle 6 mm ja yli 32 mm jakeita yhteensä enintään 5 %. Havupuusta valmistetun hakkeen ihannemittoina sulfaatti- ja sulfiittikeitossa pidetään 13–25 mm ja 19–25

mm pituutta, 3–5 mm ja noin 5 mm paksuutta sekä leveyttä pienempänä kuin pituutta (Haketkimustoimikunta 1969). Samoja tavoittemitoja lienee sovellettu myös lehtipuuhakkeeseen (SILTANEN 1970). Nämä mitat on kuitenkin tarkoitettu runkopuusta valmistetulle hakkeelle, ja voidaankin todeta, että tässä tapauksessa n. 55 % pituusjakautumasta ja n. 30 % paksuusjakautumasta on sulfaattihakkeen optimiarvojen ulkopuolella.

KIRJALLISUUTTA

- Anon. 1968. Laikkuhakkurilla vanerinjätteestä teollisuushaketta. Puumies 1–2: 29.
- BRAATHE, P. & OKSTAD, T. 1964. Omsetning av trevirke basert på veiing og tørrstoffbestemmelser. Trade of pulpwood based on weighing and dry-matter samples. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen. Bind 20.
- HAKKILA, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 61.5.
- HAKKILA, P. 1967. Vaihtelumalleja kuoren painosta ja painoprosentista. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 62. 5.
- HAKKILA, P., HEIKKILÄ, P. & MICHELSEN, P. 1970. Vanerikoivujen rasiinkaatoausi. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 70.2.
- HEISKANEN, V. 1963. Mittalaatikon suuruuden vaikutus hakkeen irtokuutiometripainoon. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 149.
- HUTTUNEN, T. 1970. Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1968–70. Folia Forestalia 90.
- ISOMÄKI, O. 1969 a. Tutkimuksia tasauspätkien ja tikkujen lastutuksesta. Paperi ja Puu 4: 369–372.
- ISOMÄKI, O. 1969 b. Sahanhakkeen tiheyden vaihtelut. Paperi ja Puu 11: 829–836.
- ISOMÄKI, O. 1970. Koneiden ja laitteiden vaikutus hakkeen saantoon ja laatuun. Saha-mies 2: 46–47.
- LAJUNEN, P. 1964. Kuitulevyjen raaka-aineet ja niiden vaikutus tuotteeseen ja laatuun. Puumies 9: 286–288.
- Mekaaninen Puuteollisuus I. 1964. p. 571–577. Joensuu.
- Metsäkäsikirja II: 1957. p. 877–888. Helsinki.
- PALENIUS, I. 1970. Tutkimukset hakkeen laadun vaikutuksesta massan ominaisuuksiin ja laadun määrittystavat. Sahamies 2: 34–38.
- Sahanhake ja paperipuuhake massan raaka-aineena. 1969. Haketutkimustoimikunta. Toimikunnan mietintö ja suositukset. Moniste. 17 p.
- SALUNEN, E. 1970. Aallotuskartonki jätepuun käyttäjänä. Esitelmä Sivutuotepäivillä Kuopiossa. Moniste. 10 p.
- SILTANEN, K. 1970. Hakut ja seulat. Esitelmä Sivutuotepäivillä Kuopiossa. Moniste. 18 p.
- SOILA, R. 1962. Koivun käytöstä selluloosan raaka-aineena. Puumies 10: 313–319.
- UUSVAARA, O. 1968. Hakkeen mittaus. Haketutkimustoimikunta. Moniste. 25 p.
- UUSVAARA, O. 1969. Sahanhakkeen tiheys ja paino. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 67.3.
- UUSVAARA, O. 1971. Tutkimuksia sahanhakkeen ominaisuuksista. Ennakkotietoja. Moniste. 34 p.

- No 83 Ole Oskarsson: Pluspuuiden fenotyypissä valinnassa sovellettuja valinnan asteita. Selection degrees used in the phenotypic selection of plus trees. 1,50
- No 84 Kari Keipi ja Otto Kekkonen: Calculations concerning the profitability of forest fertilization. Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta. 2,—
- No 85 S.—E. Appelroth — Pertti Harstela: Tutkimuksia metsänviljelytyöstä I. Kourukuokka, kenttälapio, taimivakka, taimilaukku sekä istutus koneet Heger ja LMD-1 istutettaessa kuusta peltoon. Studies on afforestation work I. The use of semi-circular hoe, the field spade, plant basket, plant bag and the Heger and LMD-1 tree planters in planting spruce in fields. 3,—
- No 86 Pertti Veckman: Metsäalan toimihenkilöiden koulutustarve 1970-luvulla. Educational requirements of professional forestry staff in the 1970s. 4,—
- No 87 Michael Jones and David Cope: Economics Research in the Finnish Forest Research Institute, 1969—1974. 4,—
- No 88 Seppo Ervasti, Lauri Heikinheimo, Kullervo Kuusela ja Veikko O. Mäkinen: Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970—2015. 6,—
- No 89 Risto Sarvas: Establishment and registration of seed orchards. 2,—
- No 90 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1968—70. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1968—70. 5,—
- No 91 Pertti Harstela ja Teemu Ruoste: Kokonaisten puiden esijuonto kaksirumpuvintturilla käytävä- ja riviharvennuksessa. Laitteiden ja menetelmien kehittelyä sekä tuotoskoikeita. Preliminary full-tree skidding by two-drum winch in strip and row thinning. 2,50
- No 92 Pentti Hakikila ja Pentti Rikkonen: Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Spruce saw logs as raw material of pulp. 1,50
- No 93 Kari Löytyniemi: Havupunkin ja kuusen neulaspunkin torjunta. Control of mites *Oligonychus ununguis* and *Nalepella haarlovi* var. *piceae-abietis*. 2,50
- No 94 Paavo Tiuhonen: Puutavaralajitaulukot 5. Koivun uudet paperipuutaulukot. Sortimentafeln 5. Neue Papierholztafeln für Birke. 2,50
- No 95 Jorma Rajala: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen eteläpuoliskossa vuosina 1964—68. 2,50
- No 96 Metsätilastollinen vuosikirja 1969. Yearbook of forest statistics 1969. 8,—
- No 97 Juhani Numminen: Short-term forecasting of the total drain from Finland's forests. Suomen metsien kokonaispoistuman lyhytjaksoinen ennustaminen. 1,50
- No 98 Juhani Nousiainen, Jukka Sorsa ja Paavo Tiuhonen: Mänty- ja kuusitukkipuiden kuutiomismenetelmä. Eine Methode zur Massenermittlung von Kiefern- und Fichtenblochholz. 4,—
- 1971 No 99 Yrjö Vuokila: Harvennussmallit luontaisesti syntyneille männikoille ja kuusikoille. Gallingsmallar för icke planterade tall- och granbestånd i Finland. Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. 2,—
- No 100 Esko Leinonen ja Kalevi Pullinen: Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa. Green density sampling in pulpwood scaling. 2,—
- No 101 IUFRO, Section 31, Working Group 4: Forecasting in forestry and timber economy. 5,—
- No 102 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1969/70. Stumpage prices in private forests during cutting season 1969/70. 1,—
- No 103 Matti Ahonen: Tutkimuksia kanto- ja juuripuun korjuusta I. Kokeilu puiden kaatamisesta juurakkoineen. Studies on the harvesting of stumps and roots in Finland I. Experiment with the felling of trees with their rootstock. 2,—
- No 104 Ole Oskarsson: Plusmetsiköiden valintaero ja jalostusvoiton ennuste. Selection differential and the estimation of genetic gain in plus stands. 1,50
- No 105 Pertti Harstela: Työjärjestyksen vaikutus tynkäärsitun ja likipituisen kuusikuitupuun teossa. The effect of the sequence of work on the preparation of approximately 3-m, rough-limbed spruce pulpwood. 2,50
- No 106 Hannu Vehviläinen: Metsätyömiesten moottorisahakustannukset 1969—1970. Power-saw costs of forest workers in 1969—1970. 3,—
- No 107 Olli Uusvaara: Vaneritehtaan jätetuusta valmistetun hakkeen ominaisuuksista. On the properties of chips prepared from plywood plant waste. 2,50

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää

