

FOLIA FORESTALIA 144

METSÄNTUTKIMUSLAITOS • INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE • HELSINKI 1972

ESKO LEINONEN

PUUTAVARAN MITTAUS KUORMA- JA
OTANTAMENETELMILLÄ

MEASUREMENT OF TIMBER BY THE LOAD
AND SAMPLING METHODS

- N:ot 1—18 on lueteltu 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 lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 19—96.
 Nos. 19—55 are listed in publications 19—96 of the Folia Forestalia series.
- N:ot 56—98 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 56—133.
 Nos. 56—98 are listed in publications 56—133 of the Folia Forestalia series.
- 1971 No 100 Esko Leinonen ja Kalevi Pullinen: Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa. Gallringsmallar för icke planterade tall- och granbestånd i Finland. Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. 2,—
- No 100 Esko Leinonen — 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 tynkäkarsitun 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 jätepuusta valmistetun hakkeen ominaisuuksista. On the properties of chips prepared from plywood plant waste. 2,50
- No 108 Pentti Hakkila: Puutavaran vaurioitumisesta leikkuuterää korjuutyössä käytettäessä. On the wood damage caused by shear blade in logging work. 2,—
- No 109 Metsänviljelykustannusten toimikunnan mietintö. Report of the committee on the costs of forest planting and seeding. 9,—
- No 110 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin metsävarat vuosina 1969—70. Forest resources in the Forestry Board Districts of Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa, Koillis-Suomi and Lappi in 1969—70. 5,50
- No 111 Kauko Aho ja Klaus Rantapuu: Metsätraktorien veto- ja nousukyvyistä rinteessä. On slope-elevation performance for forest tractors. 2,—
- No 112 Erkki Ahti: Maaveden jännityksen mittaamisesta tensiometrillä. Use of tensiometer in measuring soil water tension. 1,—
- No 113 Olavi Huikari — Eero Paavilainen: Metsänparannustyöt ja luonnon moninaiskäyttö. Forest improvement works and multiple use of nature. 2,—
- No 114 Jouko Virta: Yksityismetsänomistajien puunmyyntialttius Länsi-Suomessa vuonna 1970. Timbers-sales propensity of private forest owners in western Finland in 1970. 6,—
- No 115 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikonen: Tukkien todellisen kiintomitan mittaamisessa käytettävät muunto- ja kuutioimisluvut. Sahatukkien mittaus- ja hinnoittelututkimukseen 1970 perustuvat taulukot. 1,—
- No 116 Veijo Heiskanen: Tyvitukkien ja muiden tukkien koesahauksia Pohjois-Suomessa. Test sawings of butt logs and top logs in Northern Finland. 2,50
- No 117 Paavo Tiihonen: Suomen pohjoispuoliskon mäntytukkipuusto v. 1969—70. Das Kiefernstarkholz der nördlichen Landeshälfte Finnlands i.J. 1969—70. 2,—
- No 118 Pertti Harstela: Moottorisahan värinän vaikutuksesta työntekijän käsiin. On the effect of motor saw vibration on the hands of forest worker. 1,50
- No 119 Lorenzo Runeberg: Plastics as a raw-material base for the paper industry in Finland. Muovit paperiteollisuuden raaka-aineena Suomessa. 2,50
- No 120 Esko Salo ja Risto Seppälä: Kiinteistöjen polttoraakapuun käytön väli-inventointi vuosina 1969/70. Fuelwood consumption on farms and in buildings, intermediate inventory, 1969/70. 3,—
- No 121 Heikki J. Kunnas: Forestry in national accounts. Metsätalouden kansantulo-osuuden laskenta. 2,—
- No 122 Pentti Kuokkanen: Metsänviljelytaimien kasvatuskustannukset vuosina 1969 ja 1972. Costs of growing forest-tree seedlings in nurseries in 1969 and 1972. 2,50
- No 123 Juhani Numminen: Puulevyjen käyttö Uudenmaan talousalueella v. 1967 valmistuneissa rakennuksissa. The use of wood-based panels in buildings completed in 1967 in the Uusimaa Economic Region. 2,50
- No 124 Markku Simula: An econometric model of the sales of printing and writing paper. 3,—
- No 125 Risto Seppälä: Simulation of timber-harvesting systems. Puun korjuuketjujen simulointi. 4,—

FOLIA FORESTALIA 144

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1972.

Esko Leinonen

PUUTAVARAN MITTAUS KUORMA- JA OTANTAMENETELMILLÄ

Measurement of timber by the load and sampling methods

Summary

ALKUSANAT

Käsillä olevan tutkimuksen kenttätyöt on suoritettu metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osaston toimesta vuosien 1968–70. Tutkimuksen aloittamisen vuonna 1968 teki ajankohtaiseksi varsinkin Ruotsissa, mutta myös meillä tapahtunut otantamittausmenetelmien käyttöönotto. Mittausmenetelmien kehittämistutkimuksen aineiston keruu on lähes kaikissa tapauksissa liittynyt muuntolukujen laadinnassa tarvittavien perustietojen keruuseen.

Vuonna 1971 sopivat puukaupan osapuolet tukkien mittauksen uudistamisesta niin, että mittayksiköksi tulee pölkyn latvaläpimitan ja muuntoluvun avulla määritetty todellinen kiintomitta. Tämä kehitys ei ollut tiedossa tutkimusta aloitettaessa ja aineistonkeruun päättyessä kesällä 1970 sitä saattoi vain aavistella. Tämän tutkimuksen tulokset ovat teknillistä

kiintomittaa käsitteleviltä osiltaan suureksi osaksi vanhentuneita, mutta puolustanevat silti paikkaansa julkaisussa.

Tutkimusaineiston keruun avunannollaan mahdollistaneet yritykset on lueteltu aineiston kuvauksen yhteydessä sivulla 11. Kaikille näille yrityksille sekä niitä edustaneille henkilöille esitän parhaimmat kiitokseni. Metsäteknologian osastolta on tutkimukseen eri vaiheissa osallistunut huomattava joukko kenttä- ja toimistohenkilökuntaa. Muita unohtamatta haluan mainita metsäteknikko PENTTI SAVILAMMEN sekä rouva AUNE RYTKÖSEN.

Merkittävää apua olen työssäni saanut professori VEIJO HEISKASELTA, tohtori PENTTI HAKKILALTA ja metsänhoitaja PENTTI RIKKOSelta. Kiitokseni.

Helsingissä, helmikuussa 1972.

Esko Leinonen

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY	3
TIIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	4
2. KUORMAMITTAUSMENETELMÄT	6
3. KUORMAOTANTAMITTAUS	7
31. Otannan periaate	7
311. Yleistä	7
312. Otantamenetelmät	7
313. Otoksen koko	8
314. Otoksen määrääminen	9
32. Kuormaotantamittausmenetelmät	9
4. TUTKIMUKSEN TAVOITE	11
5. AINEISTO JA MENETELMÄ	11
51. Yleistä	11
52. Mittaukset	11
521. Järeä puutavara	11
522. Vapaanpituinen kuitupuu	16
53. Laskenta	16
6. TUTKIMUSTULOKSIA	17
61. Järeä puutavara	17
611. Kappalemittaus	17
6111. Kuormien lukumäärään perustuva kappalemittaus	17
6112. Pölkkyjen lukumäärään perustuva kappalemittaus	19
612. Painomittaus	21
6121. Kuorman pituuden arviointi	21
6122. Pinotiheyden vaihtelu	22
6123. Pinotiheyden vaihteluun vaikuttavat tekijät	23
613. Painomittaus	23
6131. Kuorman painon vaihtelu	23
6132. Painoyksikön sisältämän kiintomitan vaihtelu	24
614. Upotusmittaus	26
615. Keskusläpimitan mukaisen ja todellisen kiintomitan vertailua	26
62. Vapaanpituinen kuitupuu	27
621. Kappalemittaus	27
622. Pinomittaus	27
623. Painomittaus	28
63. Otantamittaussovellutukset	28
631. Yleistä	28
632. Estimointimenetelmien vertailua	28
633. Puutavaran mittauksen tarkkuusvaatimus	29
634. Otoksen koko	30
64. Kuorma- ja otantamittauksen suorittamisessa esiintyviä vaikeuksia	32
65. Mittauskustannukset	33
7. UUSIEN PUUTAVARANMITTAUSMENETELMIEN MAHDOLLISUUDET	34
KIRJALLISUUSLUETTELO	35
Liite 1. Otantamittausmenetelmien laskentakaavat	37

Measurement of timber by the load and sampling methods

SUMMARY

Load measurement refers to determining the quantity of timber using a load or corresponding unit of transport as the unit of measurement. The load measurement methods available are calculation of the number of units, measurement of pile volume, weight scaling and determination of solid content in accordance with Archimedes' principle by immersion in water. In the load measurement system the total lot is measured. In the load sampling method the total lot is determined by a sample method and only a sample is actually measured. The measuring result for the sample can be converted by statistical methods to refer to the total lot. The load sampling measurement methods are unit sampling, pile sampling and weight sampling.

The aim of the study was to examine the suitability of the load and load sampling measurement for the measurement of timber. Accuracy, feasibility of performance and costs are taken as the criteria of suitability. The cost part is based solely on mearge information obtained from the literature.

To examine the accuracy and partly also the feasibility of performance a total of 799 loads of sawlogs and pulpwood of random length were measured. The main results were as follows: Calculation of the number of units is generally not suitable for determination of the solid measure of a timber lot. Measurement of pile volume and weight scaling are considerably more accurate. All these methods are serviceable in certain conditions when complemented with sampling measurement. The accuracy of the methods decreases in the order weight sampling, pile sampling, unit sampling. Examination of the accuracy of the immersion method was based only on the literature.

The greatest difficulty in applying the load and sampling methods is the small size of the lot to be measured and the poor suitability of measurement at the mill for the current timber logging methods in Finland. However, the load-sampling methods in particular are fully serviceable if these organisational obstacles can be overcome.

TIIVISTELMÄ

Kuormamittauksella tarkoitetaan puutavaran määrän selvittämistä mittaussyksikkönä kuorma tai muu vastaava kuljetusyksikkö. Käytettävissä olevat kuormamittausmenetelmät ovat kappalemittaus eli kappaleiden lukeminen, pinomittaus, painomittaus ja upotusmittaus. Kuormamittauksessa mittaus kohdistuu koko mitattavaan erään, kuormaotantamittauksessa sen sijaan tulokseen pyritään määrittämällä koko erä jollakin yksinkertaisella menetelmällä ja suorittamalla varsinainen mittaus ainoastaan näytteestä. Tilastotieteen menetelmiä käyttäen saadaan näytteen mittaustulos muunnetuksi koko erää koskevaksi. Kuormaotantamenetelmät ovat kappaleotanta, pino-otanta ja paino-otanta.

Tutkimuksessa on pyritty selvittämään kuorma- ja kuormaotantamittausmenetelmien soveltuvuutta puutavaran mittaukseen. Soveltuvuuden kriteereinä on pidetty tarkkuutta, käytännöllistä toteuttamismahdollisuutta ja kustannuksia. Viimeksi mainitun osalta selvittely perustuu pelkästään vähäisiin kirjallisuudesta saattuihin tietoihin.

Tarkkuuden ja osaksi myös käytännön toteuttamismahdollisuuksien selvittämiseksi mitattiin yhteensä 799 kuormaa tukkeja ja vapaanpituista kuitupuuta. Päätulokset ovat seuraavat. Kappalemittaus ei yleensä sovellu puutavaraerän kiintomitan määrittämiseen. Pinomittaus ja painomittaus ovat huomattavasti sitä tarkempia. Otantamittaukseksi täydennettyinä ovat kaikki nämä menetelmät tietyissä olosuhteissa käyttökelpoisia. Menetelmien tarkkuus vähenee järjestyksessä paino-otanta, pino-otanta, kappaleotanta. Upotusmittauksen tarkkuutta voitiin tarkastella vain kirjallisuuden perusteella.

Suurimpina vaikeuksina kuorma- ja otantamittausmenetelmien käyttöönotossa on mitauserän pienuus ja tehtaalla tapahtuvan mittauksen huono sopivuus Suomessa nykyisin käytettäviin puunhankintamenetelmiin. Kuitenkin ovat varsinkin kuorma-otantamenetelmät täysin käyttökelpoisia, jos nämä organisaatoriset esteet saadaan poistetuiksi.

1. JOHDANTO

Puutavaran mittaus on viime vuosina läpikäynyt huomattavia muutoksia. Metsä- ja puutaloudessa, erityisesti puunkorjuussa, tapahtunut kehitys on pakottanut kehittämään myös niitä menetelmiä, joilla puutavaran paljous määritetään.

Perinteellinen kuitupuun pinomitan mittaus vaatii puutavaran katkomista tarkasti määräpituiseksi, hyvälaatuista karsintaa sekä sijoittamista säännölliseen pinomuodostelmaan. Vastaavasti sahatukkien teknisen kiintomitan mittaus edellyttää ainakin periaatteessa tarkkaa pituudenmittausta apteerattaessa sekä varastointia säännöllisiin telakasoihin. Uudet puunkorjuumenetelmät, joissa on olennaista vajaa-

karsinta, vapaanpituinen katkonta, silmävarainen apteeraus sekä puun kulku metsästä ilman erityistä varastointia, mikäli mahdollista suoraan käyttöpaikalle, ovat tehneet nämä perinteelliset mittausmenetelmät huonosti käytännön sopiviksi. Vanha menetelmä voi olla epätarkka, kuten esimerkiksi vapaanpituisen kuitupuun pinomittaus, taikka hidastaa korjuuketjun kulkua, kuten esimerkiksi se, että tukit on sijoitettava telakasaan vain mittausta varten. Mittaus voi myös aiheuttaa rationalisointihyödyn menetyksen silloin, jos silmävaraisesti apteeratut tukit joudutaan mittaamaan pölkkyttäin. Myös mittauksesta aiheutuvien kustannusten korkeus vaikuttaa siihen, että uusia mittausmenetelmiä

on tarpeen kehittää. Kuitenkin on korostettava sitä, että rationalisoinnin mahdollistaminen muissa korjuun vaiheissa on ensisijainen mittausmenetelmien kehittämisen syy, mittauskustannusten alentaminen vasta toissijainen.

Puutavaranmittauksen kehittämisessä olisi otettava huomioon seuraavat periaatteet:

1. Puuta on alettava ajatella ja käsitellä yhä suuremmassa määrin massa-artikkelina, johon kuuluu kaikki luonnon puussa tuottama orgaaninen aine (runko, oksat, juuret, kuori, lehdet). Tämä koskee erityisesti kuitu- ja levyteollisuuden raaka-ainetta.

2. Mittauksen on kehityttävä yhä yksinkertaisemmaksi ja vähemmän ihmistyötä vaativaksi. Tämä edellyttää mittauksen koneellistamista ja suorittamista yhä suurempina yksikköinä.

3. Hakkuu- ja kuljetuspalkkojen määrittämistä ajatellen olisi otettava huomioon, että koneen tekemän työn arvo ei välttämättä riipu samoista tekijöistä kuin perinteellisen ihmistyön arvo.

4. Mittaus ei mitenkään saa vaikuttaa korjuumenetelmään, puutavaran työstöasteeseen tai valmiin tuotteen laatuun.

5. Mittausmenetelmän on oltava kaikkia osapuolia kohtaan mahdollisimman oikeudenmukainen.

Vaatus, ettei mittaus saa häiritä korjuuprosessia, on johtanut puutavaranmittauksen kehittymisen kahtaalle: puu pyritään mittaamaan joko ennen korjuuta tai vasta korjuuprosessin jälkeen. Ennen korjuuta suoritettavaa leimikon pystymittausta on kehittänyt TIIHONEN (1968, 1969). Menetelmää on selostettu yksityiskohtaisesti Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemissa monisteissa (Leimikon pystymittauksen . . . 1969 ja 1970).

Korjuun jälkeen tapahtuvaa mittausta on kehitetty erityisesti Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. Koska mittaus tapahtuu korjuuketjun loppupäässä, siis useimmiten tehtaalla, nimitetään näitä menetelmiä usein tehdasmittauksiksi. Tässä tutkimuksessa on näistä menetelmistä käytetty nimitystä *kuormamittaus*, koska mittausyksikkönä on ajoneuvon kuorma tai sen osa (tai vastaavasti uittonippu).

USA:ssa on puutavaranmittaus yleensä aina suoritettu tehtailla taikka keskitetyillä varastoalueilla, jotka usein on sijoitettu rautatieasemille. Yleisesti on mitattu kuitupuun pinomittaus vallitsevaksi kuitupuun mittausmenetelmäksi etelävaltioissa (PAGE 1961) ja levisi

sieltä pohjoisvaltioihin. Nykyään mitataan lähes kaikki USA:n itäosan kuitupuun painomittauksella. Menetelmä on yksinkertainen: ajoneuvo punnitaan kuormattuna. Koska samat autot tuovat puuta jatkuvasti, punnitaan ajoneuvon paino vain silloin tällöin tarkistuksen vuoksi. Tilavuuden ja painon välisissä muuntotehtävissä käytetään eri puolajeille laadittuja keskimäärisiä lukuja.

Myös sahapuun painomittaus on yleistynyt. Painon ja tilavuuden välistä riippuvuutta on tutkittu ja todettu, että kuorman painon ja pölkkyluvun avulla voidaan tilavuus määrittää riittävällä tarkkuudella (ROW ja GUTTENBERG 1966).

Kuitupuun painomittaus on levinnyt USA:n itäosista myös Kanadaan (PAQUET 1962).

Myös otantamittausta on USA:ssa kehitetty. Menetelmät ovat nimeltään ”simple sampling”, jossa luetaan kaikkien kuormien lukumäärä ja mitataan näytekuormien kiintomitta, sekä ”double sampling”, jossa punnitaan kaikki kuormat sekä mitataan näytekuormien kiintomitta (JOHANSON ym. 1963).

Ruotsissa alkoi kuormamittaus varsinaisesti vuonna 1960, kun Mo och Domsjö AB ja Örnköldsvikin ja Västerbottenin metsänomistajayhdistykset sopivat kilogramman käyttämisestä koivukuitupuun mittayksikkönä latvakuituometrin sijasta (GRIPENBERG 1960).

Purunäytteenottoon perustuva kuitupuun kuivapainomittaus aloitettiin vuonna 1964 Etelä-Ruotsissa Nymöllä AB:n tehtaalla (JANSSON 1964).

Myös muita kuorma- ja otantamittausmenetelmiä tutkittiin. Vuonna 1967 antoi Kungl. Skogsstyrelsen määräykset puutavaran mittauksesta (Virkesmättningsföreskrifter). Näihin sisältyy mm. määräykset kuorman pinomittauksen suorittamisesta, punnituksesta sekä otantamittausmenetelmistä. Punnitusta saadaan käyttää vain lehtikuitupuun mittaukseen. Otantamittausmenetelmät ovat UF-, TF- ja VF-mätning. Puutavaranmittausneuvosto (Virkesmättningsrådet) on lisäksi antanut yksityiskohtaisia ohjeita otantamittauksen käytännön suorituksesta (1967 ja 1970). Perustavaa laatua oleva teos otantamittauksen teoriasta on myös tämän neuvoston vuonna 1967 julkaisema ”Virkesmätning genom stickprov”.

1960-luvulla tapahtunut kehitys on tehnyt Ruotsin puutavaranmittauksen erittäin monipuoliseksi, sillä asianosaisilla on mahdollisuus

valita seitsemästä eri menetelmästä. Nämä eri mittausmenetelmät ovat FINNEN (1970) mukaan seuraavat:

- a) tottaalinen mittaus
 1. kappalelaskenta
 2. painomittaus
 3. pinomittaus
 4. kiintomittaus
- b) otantamittaus
 5. UF-mittaus
 6. TF-mittaus
 7. VF-mittaus

Menetelmä 4 ei kuulu kuormamittauksiin, sillä Ruotsissa ei ole käytössä kokonaisen kuorman (nipun) kuutioivaa laitteistoa, vaan kiintomittaus on suoritettava pölkkyttain. Myös menetelmät 1 ja 2 saattavat kohdistua muuhunkin kuin ajoneuvoissa olevaan puutavaraan. Otantamenetelmien osuus on ollut noin 1/3 mittausyhdistysten mittaamasta puumäärästä.

Suomessa on auto-, traktori- ja rautatievau-nukuormien mittausta suoritettu niin kauan kuin näitä kuljetusmuotoja on käytetty. Mittausmenetelmän on yleensä ollut tasapituisen kuitupuun pinomittaus ja saha- tai vanerituk-kien kappaleluku. Kysymyksessä ei yleensä ole ollut kaupallinen mittaus, vaan kuljetettujen tai luovutettujen puutavaramäärien karkea kontrollointi.

Huomattava edistysaskel kuormamittauksen alalla oli ns. upotusmittauslaitteen kehittäminen (KELTIKANGAS ym. 1964, AHONEN 1964, MICHELSEN ja KALLIO 1966). Menetelmä perustuu puutavaranipun punnitsemiseen ilmassa ja veteen upotettuna (hydrostaattinen punnitus). A. Ahlström Osakeyhtiön rakentamaa laitetta, joka on pontooneilla vedessä, käytetään etupäässä uittonippujen keskikoon selvittämiseen koenippuja mittaamalla. Viime aikoina on upotusmittauslaitteita rakennettu myös nosturisovitteisiksi (Kone Oy), jolloin ne soveltuvat myös maakuljetuspuun mittaukseen.

Ensimmäinen varsinainen otantamittausko-

keilu alkoi hankintavuonna 1967–68 Oy W. Rosenlew Ab:ssa v. SCHOULTZIN (1968) toimesta. Tässä ruotsalaisen TF-mittauksen periaatteen mukaisessa ns. R-mittauksessa mitataan kaikkien perusjoukon kuormien pinokuutio. Arvalla määrätystä näytekouromista mitataan tavalliseen tapaan pölkkyjen j^3 -määrä. Perusjoukon, jonka muodostaa leimikko, $p\text{-}m^3$ -määrä kerrotaan näytteen $j^3/p\text{-}m^3$ -suhteella, jolloin saadaan leimikon j^3 -määrän suhde-astimaatti. Näytteen koko on 5 %, kuitenkin vähintään 3000 pölkkyä. Vuosittain on tällä menetelmällä mitattu useita satoja tuhansia tukkeja yhtiön omista metsistä sekä suurista ostoeristä.

Pohjois-Suomessa on Uittoteho ry:n toimesta kehitelty rankatavaran (vapaanpituisen, vajaakarsitun kuitu- ja sahapuun) otantamittausta (pistokoemittausta) ruotsalaisiin menetelmiin perustuen. Kysymykseen tulevat menetelmät ovat pino-otanta ja kappale-otanta. Ensimmäiset kokeilut suoritettiin hankintavuonna 1967–68, vuonna 1970–71 näin mitattavaksi aiottu määrä oli noin 200 000 $k\text{-}m^3$ (HEMMI 1970). Uittoteho on laatinut Pohjois-Suomessa yleisesti käytettäväksi tarkoitetut pistokoemittauksen ohjeet. Nämä ovat ainoat Suomessa eri mittausosapuolten hyväksymät ohjeet otantamittauksen suorittamiseksi käytännössä.

Nykyisin käytössä oleville mittausmenetelmillä pyritään suoraan taikka välillisesti kiintomitan selvittämiseen. Sen vuoksi on myös eri kuormamittausmenetelmien soveltuvuutta tässä tutkimuksessa tarkasteltu siltä kannalta, miten hyvin ne soveltuvat mittauserän kiintomitan määrittämiseen. Myös tutkimuksessa käsiteltävät kuormaotantamenetelmät pyrkivät kiintomittaan. Toista kuormamittausten päälinjaa, jossa puutavaran määrän ja arvon ilmaisijana pidetään kuivapainoa, ei tässä tutkimuksessa käsitellä lainkaan. Kuivapainomittaus on kuitenkin jatkuvasti tiiviin tutkimustyön alaisena (ks. esim. BRAATHE ja OKSTAD 1964, HAKKILA 1970, LEINONEN 1970, OKSTAD 1971).

2. KUORMAMITTAUSMENETELMÄT

Kuormamittauksella tarkoitetaan puutavaran määrän (kiintomitan) välillistä tai välitöntä selvittämistä mittausyksikkönä kuorma tai vastaa-

va kuljetusyksikkö. Kuormamittauksen periaate perustuu siihen, että ollessaan kuormatuna ajoneuvoon puutavara on mittauskelpoi-

nessa muodostelmassa. Kun kuormaus on suoritettu kuljetusta varten, ei mittaus näin ollen aiheuta lisäjärjestelyjä korjuuprosessissa.

Kuormamittausmenetelmät ovat seuraavat:

1. *Kappalemittaus* eli kappaleiden lukeminen. Kysymyksessä on joko kuormien lukumäärä tai kuormissa olevien pölkkyjen lukumäärä.

2. *Pinomittaus* eli kuorman pinomitan määrittäminen, joka tapahtuu mittaamalla kuorman tai sen osien ulottuvuudet (pituus, korkeus ja leveys). Varsinkin vapaanpituisen kuorman pinomittaa nimitetään usein raamimitaksi.

3. *Painomittaus* eli kuorman punnitseminen. Kuorman paino voidaan määrittää siltavaa'alla,

nosturivaa'alla tai ajoneuvon pankkoon sijoituilla punnituselementeillä.

4. *Upotusmittaus* eli kuorman kiintomitan määrittäminen veteen upottamalla. Tavallisimmin menetelmä perustuu nipun punnitsemiseen ilmassa ja veden alla, jolloin nipun kiintomitta saadaan laskemalla yhteen nipun paino ilmassa ja se voima, jolla nippu pyrkii upoksissa ollessaan nousemaan ylös.

On olemassa monia muitakin menetelmiä, joilla kuorman puumäärä voidaan määrittää. Tällaisia ovat esimerkiksi fotogrammetriaan perustuva valokuvaus ja kaasunpaineen muutoksen mittaaminen, kun kuorma viedään kaasulla täytettyyn suljettuun tilaan. Näillä menetelmillä ei liene missään käytännön merkitystä.

3. KUORMAOTANTAMITTAUS

31. Otannan periaate

311. Yleistä

Tilastollinen perusjoukko eli populaatio koostuu määrätty vaatimukset täyttävistä yksiköistä, alkioista. Perusjoukkoa voidaan tutkia tutkimalla erikseen jokaista alkioita, mutta useimmiten on edullista kohdistaa tarkastelu vain osaan perusjoukkoa. Tämä tapahtuu ottamalla perusjoukosta näyte, joka tutkitaan ominaisuuden osalta. Näin menetellen ennenkaikkea säästetään aikaa ja kustannuksia, koska käsiteltävä materiaali muodostuu vain osaksi alkuperäisestä.

Jos perusjoukosta otettu näyte edustaa pienoisuudessa koko populaatiota, on kysymyksessä edustava näyte eli otos. Jotta näyte olisi edustava, on se otettava perusjoukosta tavalla taikka toisella sattumanvaraisesti, niin että kaikilla alkioidella on jossakin valinnan vaiheessa yhtäsuuret mahdollisuudet joutua näytteeseen. Tällöin voidaan näytteen perusteella saatuja tietoja käyttää edustamaan koko perusjoukkoa, ja lisäksi saatujen tulosten tarkkuus (luotettavuus) voidaan laskea. Menetelmää kutsutaan otannaksi.

Otantatutkimuksen kulku voidaan lyhyesti selittää seuraavalla tavalla: Määritetään perusjoukko ja siitä poimitaan sopivan näytteenotto-

menetelmän mukaan sattumanvaraisesti näytteeksi tulevat alkio eli otos. Otoksesta selvitetään halutut tiedot ja suurennetaan ne vastaamaan koko perusjoukkoa.

Saatuja tuloksia voidaan tutkia laskemalla erilaisia tunnuslukuja. Tavallisimmat otannan yhteydessä tarvittavat tilastolliset tunnuksat ovat keskihajonta, variaatiokerroin, keskiarvon keskivirhe, luotettavuusväli sekä korrelaatio- ja regressiokerroin. Näiden osalta viitataan tilastotieteen oppikirjoihin (mm. MATTILA 1964, ALAMERI ja PÖYHÖNEN 1967).

312. Otantamenetelmät

Otantamenetelmiä on useita (ks. esim. SEPÄLÄ 1970). Kuormaotannan yhteydessä käytettäväksi voidaan yleensä ajatella vain yksinkertaista satunnaisotantaa, suhde-estimointia ja regressioestimointia.

1. *Yksinkertainen satunnaisotanta* määritellään tavallisimmin niin, että jokaisella perusjoukon elementillä on sama, yhtä suuri todennäköisyys joutua poimituksi otokseen. Menettely on lyhyesti seuraava: Tunnetaan perusjoukon koko (alkioiden lukumäärä). Poimitaan perusjoukosta satunnaisotos, josta mitataan haluttu tunnus. Kun otosalkioiden keskiarvolla kerrotaan perusjoukon alkioiden lukumäärä, saadaan estimaatti halutulle perusjoukon tunnukselle.

$$Y' = N \cdot \frac{\sum y_i}{n}$$

jossa Y' = perusjoukon estimaatti
 N = perusjoukon alkioiden lukumäärä
 y_i = otosalkion mittaustulos
 n = otosalkioiden lukumäärä.

2. Usein on perusjoukosta tiedossa muutakin kuin koko (alkioiden lukumäärä), esimerkiksi tiedetään, että kahden muuttujan (y ja x) suhde y/x vaihtelee vähemmän kuin pelkkä y . Tällöin voidaan käyttää *suhde-estimointia*, jossa perusjoukosta mitataan mainittu apumuuttuja (X) sekä otoksesta x ja y . Perusjoukon estimaatti saadaan kaavalla

$$Y' = X \cdot \frac{\bar{y}}{\bar{x}}$$

jossa Y' = perusjoukon estimaatti
 X = perusjoukon apumuuttuja
 \bar{y} = otosalkioista määritetty muuttujan y keskiarvo
 \bar{x} = otosalkioista määritetty apumuuttujan x keskiarvo

Yleensä ei ole väliä, mikä x -muuttuja on, kunhan se on helppo määrittää. Suhde-estimoinnin käytölle ovat kuitenkin voimassa seuraavat ehdot (MATTILA 1966):

- muuttujien y ja x riippuvuuden tulee olla voimakkaasti positiivinen ja viivallinen
- riippuvuutta kuvaavan suoran tulee kulkea origon kautta
- muuttujan y varianssin regressiosuoran suhteen tulee olla verrannollinen muuttujaan x .

3. Ellei se suhde-estimoinnin käytön edellytys, että riippuvuutta kuvaavan suoran tulee kulkea origon kautta, ole täytetty, mutta muut kaksi ehtoa ovat voimassa, voidaan käyttää *regressioestimointia*. Regressioestimointi on aina vähintään yhtä tarkkaa kuin yksinkertainen satunnaisotanta tai suhde-estimointi. Regressioestimointi poikkeaa suhde-estimoinnista ainoastaan laskentakaavan osalta:

$$Y'' = N\bar{y} + b(X - N\bar{x})$$

jossa Y'' = perusjoukon estimaatti
 X = perusjoukon apumuuttuja
 N = perusjoukon alkioiden lukumäärä
 \bar{y} = otosalkioista määritetty muuttujan y keskiarvo
 \bar{x} = otosalkioista määritetty apumuuttujan x keskiarvo
 b = x :n ja y :n välinen regressiokerroin

Suhde-estimointia työläämmän laskennan ta-

kia regressioestimointi on saanut suhteellisen vähän käyttöä.

313. Otoksen koko

Otannan avulla saatavalle tulokselle (perusjoukon estimaatille) asetetaan yleensä jokin tarkkuusvaatimus, joka riippuu olennaisesti siitä tarkoituksesta, mihin tuloksia tarvitaan. Tarkkuusvaatimus ilmoitetaan estimaatin suurimpana todennäköisenä erona todelliseen arvoon, yleensä keskiarvon keskivirheenä tai luotettavuusvälinä (tarkkuusvälinä). Olennaisena osana tarkkuusvaatimukseen kuuluu todennäköisyystaso, jolle vaatimus asetetaan, sillä koskaan ei otantamenetelmällä päästä 100 %:n todennäköisyyteen tarkkuudessa, vaan aina jää jonkinlainen riski ellei "näyte" ole 100 % populaatiosta.

Äärellisestä perusjoukosta otettavan yksinkertaisen satunnaisnäytteen koko saadaan kaavasta (LÖNNER 1966):

$$n = \frac{Nt^2 \cdot S^2}{Nd^2 + t^2S^2} \quad \text{jossa}$$

n = näytealkioiden lukumäärä
 N = perusjoukon alkioiden lukumäärä
 S = perusjoukon alkioiden välinen keskihajonta
 t = todennäköisyystasoa vastaava t -jakautuman arvo
 d = $\frac{\text{luotettavuusväli}}{2}$

Suhde-estimoinnin otoskoolle ei ole olemassa eksakteja kaavoja. Likimäärin saadaan otoskoko määritetyksi vertaamalla yksinkertaisen satunnaisotannan ja suhde-estimoinnin tehokkuutta. Sama koskee myös regressioestimointia. Näitä laskelmia koskevia kaavoja on mm. SEPPÄLÄN (1970) laatimassa luentomonisteesa. Mikäli suhde- tai regressioestimoinnin edellytykset ovat olemassa, on otoskoko yleensä aina niissä pienempi kuin yksinkertaisessa satunnaisotannassa.

Yleisesti voidaan sanoa, että tulosten tarkkuus paranee, kun näytteen kokoa suurennetaan, ja että kuta pienempi on tutkittavan muuttujan hajonta perusjoukossa, sitä pienemmällä näytteellä saavutetaan määrätty tarkkuus. Näytteen avulla määrätty perusjoukon estimaatti onkin kompromissi toisaalta tarkkuus-

vaatimuksen ja toisaalta ajan, työmäärän ja kustannusten kesken. Pienestä perusjoukosta joudutaan ottamaan suhteellisesti suuri näyte, ja kovin pienet perusjoukot on tutkittava kokonaan. Otantamenetelmän edut tulevat näin ollen esille vasta suurilla perusjoukkoilla tutkittaessa.

314. Otoksen määrääminen

Otokseen tulevien alkoiden määräämiseen on olemassa useita eri menetelmiä. Puutavaran otantamittauksessa tulevat kysymykseen ainoastaan seuraavat (MATTILA 1964, JOHNSON ym. 1963):

1. *Rajoittamaton satunnaisotanta*, jolle on ominaista, että jokaisella alkiolla on sama, ennakolta tiedetty todennäköisyys joutua näytteeseen.

2. *Systemaattisessa* otoksen valinnassa jaetaan aineisto yhtäsuuriin luokkiin ja valitaan satunnaisesti yksi ensimmäisen luokan alkiosta. Lopullisen otoksen muodostavat tämän alkion lisäksi järjestyksessä vastaavat alkiot jokaisesta populaation luokasta.

3. *Ryhmittely satunnaisotanta*, jossa ryhmän muodostaa määrätynsuuruinen joukko peräkkäisiä kuormia, joiden kesken satunnaisotanta kulloinkin tapahtuu.

Systemaattista valintaa käytetään varsinkin uiton yhteydessä tapahtuvassa otantamittauksessa. Tällöin on kyllä ainakin teoriassa olemassa vaara, että käytetään etukäteen hyväksi tietoa siitä, mikä nippu joutuu otokseen. Ryhmittely satunnaisotanta on sikäli hyvä, että sen avulla saadaan otos jakautumaan tasaisesti koko perusjoukkoa edustavaksi myös ajallisesti, jolloin vuodenajoista ym. johtuvat virhetekijät eliminoiduvat (JOHNSON ym. 1963).

Yleisin otantamittauksessa käytetty näytteenottomenetelmä on satunnaisotanta. Käytännössä voidaan otanta järjestää usealla eri tavalla.

a) täpläläistä. Kun tiedetään perusjoukon kuormien lukumäärä ja tarvittava näytekuormien luku, voidaan satunnaislukujen avulla tai arpomalla määrätä, mitkä numeroista, jotka kukin edustavat yhtä perusjoukon kuormaa, kuuluvat näytteeseen. Näytekuormien numerot voidaan merkitä esimerkiksi väritäplällä määrätynlaisen shaploonan avulla pahville, jonka nimitys Ruotsissa on provtravelista. Sen jälkeen liimataan levyn päälle vastaavan kokoinen pah-

vi, joka on numeroitu samaan järjestykseen kuin shaploonassa. Kuormien saapuessa mitauspaikalle lävistetään jokaisen numeron vieressä oleva perforoitu reikä, jolloin mahdollinen näytekuormaa osoittava väritäplä paljastuu. Tällä menettelyllä saadaan poistetuksi mahdollisuus, että voitaisiin edeltäkäsintietää, mikä on näytekuorma, mutta silti saadaan näytteen suuruus edeltäkäsintarkasti määrättyksi.

b) arvonta. Jokaista kuormaa edustaa yksi arpa. Näytekuormia edustavat arvat on määrätty etukäteen. Perusmittauksen jälkeen otetaan yksi arpa kutakin kuormaa kohden. Arvat on yleensä pantu renkaaseen, josta valittu arpa leikataan irti.

c) nopanheitto. Edeltäkäsint määrätään silmä-luku tai silmälukujen yhdistelmä, jonka satuesssa ko. kuorma kuuluu näytteeseen. Pinosmittauksen jälkeen heitetään noppa (nopat) ja silmä-luku (tai niiden yhdistelmä) määrää, onko kysymyksessä näytekuorma. Tällä menetelmällä ei saada edeltäkäsint tarkasti määrättyä näytteen suuruutta. Näytteeseen joutumisen todennäköisyys saadaan kaavasta

$$p = \frac{a}{b^n}$$

p = otokseen joutumisen todennäköisyys
a = näytettä osoittavien silmälukuyhdistelmien lukumäärä
b = nopan eri silmälukujen lukumäärä
n = noppien lukumäärä.

32. Kuormaotantamittausmenetelmät

Kuormamittausmenetelmät ovat totaalisia mittauksia, ts. mittaus kohdistuu koko mitattavaan erään, sen jokaiseen kuormaan. Kuormaotantamittauksessa sen sijaan koko mittaus (perusjoukko) mitataan jollakin yksinkertaisella ja helpolla menetelmällä, joka yleensä on jokin mainituista kuormamittausmenetelmistä. Varsinkin mittaus suoritetaan ainoastaan näytteestä. Saatujen tunnusten avulla muunnetaan perusmittauksen tulos edellä esitettyjä tilastotieteen menetelmiä käyttäen haluttuun käytännön kannalta sopivampaan ja tarkempaan mitatysikköön.

Kuormaotantamittausmenetelmät ovat seuraavat (Virkesmätning... 1967, LEINONEN 1969):

1. Kappaleotanta, ruotsalaiselta nimeltään

UF-mätning (uppräknings-fast mått). Menetelmässä määritetään perusjoukko lukemalla kappalemäärä. Kappalelunun yksikkönä voi olla pölkky, kuorma, nippu, runko tai pituusyksikkö. Näytealkioista mitataan kiintomitta ja lasketaan suhde

$$\frac{\text{kiintomittojen summa}}{\text{kpl} - \text{luku}}$$

Kun suhdeluvulla kerrotaan kappaleluku, saadaan perusjoukon kiintomitalle estimaatti, Kysymyksessä on siis yksinkertainen satunnaisotanta.

Kappaleotantaa sovelletaan neljällä eri tavalla:

a) sekä näytteenotto- että kappalelukuyksikkönä on pölkky. Mittauserän kiintomitta saadaan kertomalla pölkkyjen lukumäärä näytteen avulla määritetyllä pölkyn keskikuutiolla.

b) näytteenottoyksikkönä on pölkky ja kappalelukuyksikkönä pituusyksikkö. Mittauserän kiintomitta saadaan kertomalla pituusyksikköjen lukumäärä näytteen avulla määritetyllä pituusyksikön keskikuutiolla.

c) näytteenottoyksikkönä on pölkkyryhmä (esim. kuorma) ja kappalelukuyksikkönä on pölkky. Mittauserän kiintomitta saadaan kertomalla pölkkyjen lukumäärä näytteen avulla määritetyllä pölkyn keskikuutiolla.

d) sekä näytteenotto- että kappalelukuyksikkönä on kuorma (nippu, pino). Mittauserän kiintomitta saadaan kertomalla kuormien lukumäärä näytteen perusteella määrättyllä kuorman keskikuutiolla.

Menetelmät a) ja b) ovat suhteellisen vaikeasti sovellettavissa kuormamittaukseen, sillä ne eivät välttämättä vaadi puutavaran olemista kuormassa.

Menetelmien laskentakaavat ovat liitteessä 1.

2. Pino-otanta, ruotsalaiselta nimeltään TF-mätning (travat mått-fast mått). Menetelmässä määritetään perusjoukko mittaamalla pinomitta. Näytealkioista mitataan kiintomitta ja lasketaan suhde

$$\frac{\text{kiintomittojen summa}}{\text{pinomittojen summa}}$$

Kun suhdeluvulla kerrotaan perusjoukon pi-

nomitta, saadaan perusjoukon kiintomitalle suhde-estimaatti. Myös regressioestimointi on teoriassa mahdollista. Sekä näytteenotto- että mittausyksikkönä on pino. Pino-otantaa sovelletaan useimmiten autokuljetuksena saapuvaan puutavaraan, joten ”pino” on yleensä auto-kuorma. Laskentakaava on liitteessä 1.

Ruotsin puutavaranmittausneuvosto (Virkesmättningsrådet) on julkaissut TF-mittausta varten kahdet ohjeet (Arbetsinstruktion...1967):

Toinen *menetelmä*, nimeltään 6 A on tarkoitettu mittaukseen, jossa perusjoukko muodostuu yhdestä toimituserästä. Mitattaessa ei selvitetä kuormien puutavaralajijakautumaa.

Menetelmä nimeltään 6 B on tarkoitettu mittaukseen, jossa perusjoukko muodostuu useammasta toimituserästä. Pinomitan mittauksen yhteydessä selvitetään jokaisesta pinosta tyhjättilänvähennys (tomrumsavdrag), tavaralajijakautuma sekä raakkien ja mittavähennysten määrä. Tyhjättilänvähennys aiheutuu erosta, mikä kyseisen pinon pinotiheydellä on ”tiheän ja hyvin ladotun, suoraa ja keskikokoista puutavaraa sisältävän pinon pinotiheyteen”. Tämä optimipinotiheyden lukuarvo on erikseen määrätty. Tavaralajijakautuma arvioidaan kaikista kuormista pinomittoina, otokseen kuuluvista kuormista taas arvioidaan pinomittoina ja lasketaan todellisten mittaustulosten perusteella kiintomittoina.

3. Paino-otanta, ruotsalaiselta nimeltään VF-mätning (vägning-fast mått). Menetelmässä määritetään perusjoukko punnitsemalla kaikki kuormat. Näytekuormista määritetään kiintomitta, ja lasketaan suhde

$$\frac{\text{kiintomittojen summa}}{\text{painojen summa}}$$

Kun suhdeluvulla kerrotaan perusjoukon paino, saadaan perusjoukon kiintomitalle suhde-estimaatti. Myös tässä menetelmässä on regressioestimoinnin käyttö teoriassa mahdollista. Sekä näytteenotto- että punnitsemisyksikkönä on kuorma (nippu). Laskentakaava on liitteessä 1. Ruotsalaisen VF-mittauksen ohjeet ovat periaatteessa samanlaiset kuin TF-menetelmän 6 A.

4. TUTKIMUKSEN TAVOITE

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kappale-, pino-, paino- ja upotusmittauksen sekä niistä johdettujen kappale-, pino- ja paino-otannan *soveltuvuutta* puutavaran mittaukseen. Tällöin on erityisesti kysymyksessä näiden menetelmien käyttö sahatukien sekä vapaanpituisen kuitupuun mittaukseen.

Soveltuvuuden toteamiseksi selvitetään ensinnäkin kunkin menetelmän *tarkkuutta* kiintomitan määrittämisessä. Tukien osalta tulee tällöin selvittäväksi sekä teknisen että todellisen kiintomitan, mutta kuitupuun osalta vain todellisen kiintomitan määrittämistarkkuus. Tarkkuus ilmaistaan kiintomitan ja kulloinkin kysymyksessä olevan perusmitan suhteen vaihteluna. Otantamenetelmien kohdalla esitetään

tämän vaihtelun suuruuden perusteella suosituksia käytännön mittaustoiminnassa käytettävissä oleviksi otosko'oisiksi. Myös korrelaatio- ja regressioanalyysi selvittää menetelmien käytön perusteita eri tapauksissa.

Toisena soveltuvuuden toteamiskeinona on mittausten menetelmän *käytännöllinen toteuttamismahdollisuus* ja siinä esiintyvät vaikeudet. Selvitys perustuu tutkimuksen kestäessä saatuihin kokemuksiin ja tehtyihin havaintoihin sekä kirjallisuuteen.

Kolmantena näkökohtana tarkastellaan eri mittausten menetelmien aiheuttamia *kustannuksia*. Selvittely jää suppeaksi saatavissa olevien tietojen vähyyden takia.

5. AINEISTO JA MENETELMÄ

51. Yleistä

Tutkimuksen kenttätyöt suoritettiin vuosina 1968–1970. Kaikkiaan mitattiin 447 ajoneuvo-kuormaa mäntysahatukkeja, 108 kuormaa kuusisahatukkeja, 78 kuormaa kuusikuitutukkeja ja 166 kuormaa vapaanpituista kuitupuuta. Mittauksia suoritettiin seuraavilla tehtaila aikajärjestyksessä.

Enso-Gutzeit Osakeyhtiö Kaukopää ja Uimaharju, Rauma-Repola Oy Joensuu, Oy W. Rosenlew Ab Pori, Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiö Kaipola, A. Ahlström Osakeyhtiö Varkaus, Oy Kaukas Ab Lappeenranta, Veitsiluoto Osakeyhtiö Kemi, Kemi Oy Kemi, Kajaani Oy Kajaani, Rauma-Repola Oy Lahti, Riihimäen Saha Oy Riihimäki ja Metsäliiton Selluloosa Oy Kirkniemi.

Aineiston kokoonpano ja erien koot on esitetty taulukoissa 1, 2 ja 3.

Kuten taulukoista käy ilmi, on tutkimuserien kuormat joko

a) otettu kaikki samasta leimikosta (eli leimikko on mitattu kokonaisuudessaan) tai

b) määrätty satunnaisnäytteenä koko hankinta-alueelta tulevista kuormista. Määrittäessä b-kohdan mukaan näytekkuormia pyrittiin sii-

hen, että yhden kunnan alueelta tulisi vain yksi kuorma. Aina ei tämä kuitenkaan kuljetusten suppeuden takia ollut mahdollista. Joskus oli myös mittausryhmän työllistämiseksi pakko ottaa samasta leimikosta useampia kuormia.

Tutkimusaineiston eristä 11–13 ja 21–23 on aikaisemmin julkaistu eräitä otantamittaukseen liittyviä tuloksia (RIKKONEN 1968 a ja b, HEISKANEN 1968, LEINONEN 1969). Erän 35 kuormat ovat osa HAKKILAN ja RIKKONEN (1970) kuusitukkeja puumassan raaka-aineena käsittelevän tutkimuksen aineistosta.

52. Mittaukset

521. Järeä puutavara

Järeällä puutavaralla tarkoitetaan tässä yhteydessä sahatukkeja ja kuitutukkeja. Kaikkiaan mitattiin tukkeja 633 kuormaa, yhteensä 53029 kappaletta. Tutkimuskuormista suoritettiin seuraavat määritykset:

I. Pinomitan mittaus

– Kuorman *pituus* mitattiin arvioimalla pölkyn kuutiomäärällä painotettu kuorman keski-

Taulukko 1. Tutkimusaineisto. Mäntysahapuu.
Table 1. The investigation material. Pine sawlog.

Erän numero ja nimi <i>Number and name of timber lot</i>	Kuormien lukumäärä <i>Number of loads</i>	j ³ <i>cu.ft.</i>	Kiintomittauk- sen suoritus- tapa <i>Method of per- forming the solid measure- ment</i>	Punnitus <i>Weight sealing</i> (x)	Erän luonne <i>Nature of the lot</i>	Mittausaika <i>Measuring time</i>	Erityishuomautuksia <i>Special remarks</i>
11. Honkalahti	57	30917.0	pölkyyt. <i>volume meas- ured by bolt</i>	x	leimikko <i>stand</i>	kesä -68 <i>summer -68</i>	vain I ja II lk:n tuk- keja - <i>only logs of grade I and II</i> -” -
12. Kivisilta	60	32062.7	pölkyyt. <i>volume meas- ured by bolt</i>	x	leimikko <i>stand</i>	kesä -68 <i>summer -68</i>	-” -
13. Mattarila	122	50441.5	upotus <i>immersion</i>	x	leimikko <i>stand</i>	kesä -68 <i>summer -68</i>	-” -
14. Utra	64	24346.4	pölkyyt. <i>volume meas- ured by bolt</i>	x	leimikko <i>stand</i>	talvi -68-69 <i>winter -68-69</i>	-” -
15. Uimaharju	34	17719.9	pölkyyt. <i>volume meas- ured by bolt</i>	x	alue <i>area</i>	talvi -69 <i>winter -69</i>	
16. Pori	28	13956.2	pölkyyt. <i>volume meas- ured by bolt</i>		alue <i>area</i>	talvi -69 <i>winter -69</i>	
17. Kemi	23	10742.9	pölkyyt. <i>volume meas- ured by bolt</i>		alue <i>area</i>	talvi -70 <i>winter -70</i>	
18. Kajaani	36	15326.8	pölkyyt. <i>volume meas- ured by bolt</i>	x	alue <i>area</i>	talvi -70 <i>winter -70</i>	
19. Varkaus	20	9337.3	upotus <i>immersion</i>		alue <i>area</i>	kesä -70 <i>summer -70</i>	

Taulukko 2. Kuormamittaustutkimuksen aineisto. Kuusisahapuu ja kuusikuitutukki.
 Table 2. The investigation material. Spruce sawlog and spruce pulpwood logs.

Erän numero ja nimi Number and name of the timber lot	Kuormien lukumäärä Number of loads	j ³ cu.ft.	Kiintomittauksen suoritustapa Method of perform- ing the solid meas- urement	Punnitus Weight scaling (x)	Erän luonne Nature of the lot	Mittausaika Measuring time	Eriyishuomautuksia Special remarks
Sahapuu — Sawlog 21. Honkalahti	8	3786.1	pölkyyt. volume measured by bolt	x	leimikko stand	kesä —68 summer —68	vain I ja II lk.N tuk- keja — only logs of grade I and II —” —
22. Kivisilta	14	6943.8	pölkyyt. volume measured by bolt	x	leimikko stand	kesä —68 summer —68	—” —
23. Mattarila	10	3914.5	upotus immersion	x	leimikko stand	kesä —68 summer —68	—” —
26. Pori	22	11579.0	pölkyyt. volume measured by bolt		alue area	talvi —69 winter —69	
27. Lahti	19	8302.8	pölkyyt. volume measured by bolt	x	alue area	talvi —70 winter —70	
28. Riihimäki	35	16292.5	pölkyyt. volume measured by bolt	x	alue area	talvi —70 winter —70	
Kuitutukki — Pulpwood logs 35. Kaipola	26	11151.1	pölkyyt. volume measured by bolt		alue area	syksy —68 autumn —68	
38. Lohja	24	9453.1	pölkyyt. volume measured by bolt	x	leimikko stand	talvi —70 winter —70	
39. Varkaus	28	12907.3	upotus immersion	alue	alue area	kesä —70 summer —70	pit. 13, 16 tai 19’ length 16, 16 or 19’

Taulukko 3. Kuormamittaustutkimuksen aineisto. Vapaanpitäinen kuitupuu.
 Table 3. The investigation material. Pulpwood of random length.

Erän numero ja nimi Number and name of the timber lot	Kuormien lukumäärä Number of loads	k-m ³ Solid volume cu.m.	Kiintomittauksen suoritustapa Method of perform- ing the solid meas- urement	Punnitus Weight scaling (x)	Erän luonne Nature of the lot	Mittausaika Measuring time	Eriyishuomautuksia Special remarks
Kuusi – Spruce							
41. Varkaus	34	667.7	upotus immersion		alue area	kesä –69 summer –69	3–6 –m
42. Lohja	11	151.1	pölkyyt. volume measured by bold	x	leimikko stand	talvi –70 winter –70	3–6 –m n. 4 –m about 4 – m
43. Varkaus	21	250.3	upotus immersion		alue area	kesä –70 summer –70	n. 3 –m about 3 – m
44. Varkaus	57	1084.7	upotus immersion		alue area	kesä –70 summer –70	4–6 –m 4–6 – m
Mänty – Pine							
55. Mattarila	43	556.2	upotus immersion	x	leimikko stand	kesä –68 summer –68	tukin latvuksia tops of sawlog trees

pituus (kuva 1). Tämä tapahtui siten, että arvioitiin kuorman päät tasoitetuksi niin, että ylijäävät pätkät mahdollisimman tarkoin täyttäsivät kuorman päähän jäävät kolot. Tasauskohta merkittiin kuorman sivuun liidulla. Tasaus suoritettiin molemmista päistä, ja liituvivojen väli mitattiin. Sama toistettiin kuorman toisella sivulla, ja kuorman pituutena pidettiin molempien sivujen mittaustulosten keskiarvoa.

– Kuorman korkeus mitattiin kuorman sivun keskikohdalta ajatellen kuorman yläosa tasoitetuksi (kuva 2). Korkeutena pidettiin molempien sivujen keskiarvoa.

– Kuorman leveys mitattiin molemmista päistä alhaalta, korkeuden puolivälistä ja päältä (kuva 2). Lopullisena leveytenä pidettiin näiden kuuden mittauksen keskiarvoa.

– ”Tyhjän tilan vähennys”. Mutkaisiuden, huonon kuormauksen, karsinnan laadun ym. pinotiheyteen vaikuttavien seikkojen vuoksi arvioitiin, paljonko kuormaa olisi tiivistettävä, jotta sen pinotiheys vastaisi suunnilleen suorien, hyvin karsittujen ja hyvin kuormattujen pölkkyjen pinotiheyttä. Vähennys ilmoitettiin prosentteina kuorman pinotilavuudesta. Sitä kos-

kevat tulokset jätetään julkaisematta, sillä mitamiehiä ei oltu koulutettu tähänt ehtävään, mikä on menetelmän onnistumisen ehdoton edellytys.

II. Punnitus

Nillä mittaustaikoilla, joilla oli autovaaka käytettävissä, punnittiin kaikki kuormat. Vaa'an koosta johtuen täytyi joitakin ajoneuvoja punnita useammassa osassa (akseleittain), mikä mahdollisesti aiheuttaa epätarkkuutta tuloksiin. Jokainen ajoneuvo punnittiin myös tyhjänä. Kuorman nettopaino saatiin bruttopainon ja ajoneuvon painon erotuksena. Vaakojen lukematarkeus oli ± 10 kg.

III. Pölkkytiset mittaukset

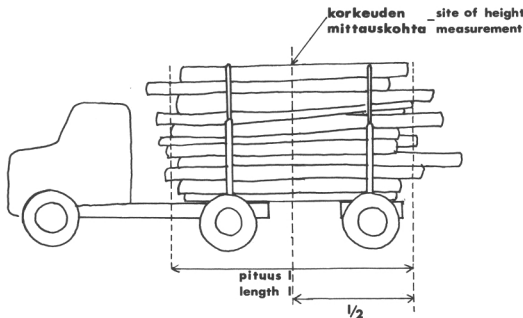
Jokaisesta pölkystä mitattiin (kuva 3)

– latvaläpimitta puolen tuuman alenevalla luokituksella

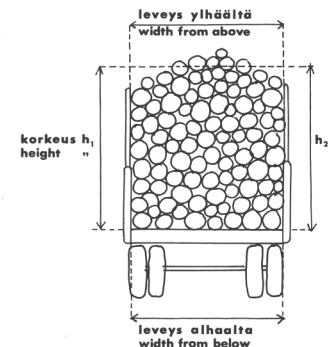
– pituus tuuman tarkkuudella

– keskusläpimitta pituuden puolivälistä kuoren päältä aluksi cm:n, myöhemmin mm:n tasavalla luokituksella.

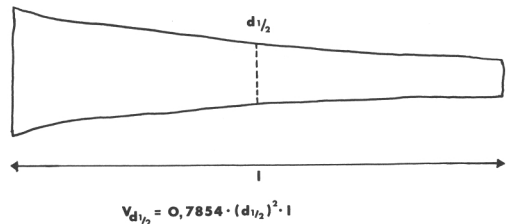
– Sydänpuun läpimitta pölkyn latvaleikkauksesta cm:n tasavalla luokituksella. Niistä eristä, joita ei voitu punnita, ei sydänpuuta mitattu. Kaikista kuusieristä ei sydänpuuta mitattu, koska sen määrittäminen osoittautui käytännössä vaikeaksi.



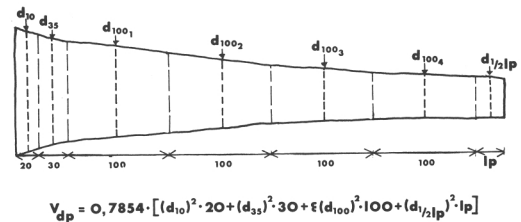
Kuva 1. Kuorman pituuden mittaus
Fig. 1. Measurement of the load length



Kuva 2. Kuorman korkeuden ja leveyden mittaus
Fig. 2. Measurement of the load height and width



Kuva 3. Tukien keskusläpimitan mukainen kuutiointi
Fig. 3. Volume measurement by mean log diameter



Kuva 4. Koepölkkyjen pätkittäin kuutiointi eli ns. tarkan todellisen kiintomitan määrittäminen
Fig. 4. Volume measurement of sample bolts by sections, i.e. determination of the so-called accurate actual solid volume

– kuoriutuneen pölkyn pinnan osuus koko pölkyn pinnan osuus koko pölkyn vaipan alasta arvioitiin prosentteina.

Aivan ensimmäisiä eriä (n:ot 11–13 ja 21–23) lukuuno ttamatta mitattiin joka kymmenennestä pölkystä taikka, mittausolosuhteista riippuen, 10 prosenttia pölkkyluvusta vastavasta pölkky määrästä peräkkäin (esimerkiksi viimeiset 10 % pölkkyistä) edellä lueteltujen tunnusten lisäksi (kuva 4):

– kuorelliset läpimitat 10 cm:n, 35 cm:n sekä tasametrien etäisyydeltä tyvestä mm:n tasaavalla luokituksella

– viimeisen tasametrin jälkeisen puolen metrin ja pölkyn latvapään väli latvapätkän pituutena

– latvapätkän keskusläpimitta mm:n tasaavalla luokituksella.

IV. Uputusmittaus

Niillä paikkakunnilla, joilla oli käytettävissä upotusmittauslaite, mitattiin kuorman todellinen kiintomitta tällä laitteella, jolloin pölkkytäinen kiintomitan mittaus jäi pois. Mikäli teknisesti oli mahdollista, rekisteröitiin tällöin myös nipun paino ilmassa. Käytetyt upotusmittauslaitteet olivat kaikissa tapauksissa A. Ahlström Osakeyhtiön valmistamia.

522. Vapaanpituinen kuitupuuh

Vapaanpituuisella kuitupuulla tarkoitetaan tässä kuituteollisuuden raaka-aineeksi tarkoitettua puutavaraa, joka on katkottu annettujen tavoitepituuksien mukaan silmävaraisesti ja karstittu mahdollisesti ns. vajaakarsinnalla.

Vapaanpituista kuitupuuta ei tutkimusaineistoon saatu kovinkaan runsaasti, sillä sen käyttö on vielä hyvin vähäistä. Metsätehon tekemien selvitysten mukaan (SAVOLAINEN 1970) hakattiin hankintavuonna 1969/70 vapaanpituista, vajaakarsittua kuitupuuta vain noin 7 % koko kuitupuumäärästä.

Mittauksia suoritettiin Imatralla, Varkaudessa ja Lohjan mlk:ssa. Varkaudessa v. 1970 kerätty aineisto muodostui likipituisesta noin 3-metrisestä ja vapaanpituuisesta 4–5-metrisestä kuitupuusta. Joissakin tapauksissa oli vaikeata määrittää, kumpaan ryhmään kuorma kuului. Rajana on laskelmissa pidetty arvioitua keskipituutta 350 cm.

Vapaanpituuisen kuitupuun mittaus suoritettiin seuraavasti:

I. Pinomittaus suoritettiin samalla tavalla kuin järeällä puulla. Lisäksi arvioitiin pölkky-luku kertomalla pankkoa varten olevien pölkkyjen luku sivutulppia varten olevien pölkkyrivien lukumäärän keskiarvolla (ks. kuva 2).

II. Punnitus suoritettiin niillä tehtailla, joilla oli vaaka käytettävissä. Menettely oli sama kuin järeällä puulla.

III. Kuorman kiintokuutio mitattiin upotusmittauslaitteella. Samalla rekisteröitiin myös nipun paino ilmassa. Lohjalla (erä n:o 42), jossa upotusmittauslaitetta ei ollut käytettävissä, mitattiin kuorman kiintokuutio pölkkyttäin. Pituudenmittauksessa käytettiin tällöin desimetrimin tasaavaa luokitusta, keskusläpimitan mitauksessa cm:n tasaavaa luokitusta.

53. Laskenta

Laskentatyöt suoritettiin pölkkyttäisten ja niistä johtuvien tietojen osalta kokonaan käsinlaskentana. Tällöin laskettiin:

a) pölkyn tekninen kiintomitta engl. jalan alenevalla luokituksella mitatun pituuden ja puolen engl. tuuman alenevalla luokituksella kuoren alta mitatun latvaläpimitan mukaan.

b) pölkyn todellinen kiintomitta senttimetrin tasaavalla luokituksella mitatun pituuden ja puolivälisestä aluksi senttimetrin, myöhemmin millimetrin tasaavalla luokituksella mitatun kuorellisen läpimitan mukaan (kuva 3). Pölkyn ns. tarkan todellisen kiintomitan laskenta selviää kuvasta 4.

c) kuorman keskimääräinen sydänpuuprosentti laskettiin aluksi latvaleikkauksista mitattujen sydänpuun läpimittojen neliöiden summasta, myöhemmin pölkyn latva- ja tyvileikkauksesta mitattujen sydänpuun läpimittojen keskiarvojen neliöiden suhteena keskusläpimittojen neliöiden summaan.

Pinomitta laskettiin pinon korkeuden ja pituuden sekä pölkkyjen arvioidun keskipituuden tulona (kuvat 1 ja 2). Joistakin pölkkyttäin mitatuista eristä laskettiin kuorman todellinen keskimääräinen pölkyn pituus seuraavalla kaavalla:

$$L = \frac{\sum v \cdot l}{\sum v}$$

L = kuorman pölkkyjen keskipituus

v = pölkyn kiintomitta

l = pölkyn pituus

Kysymyksessä on siis pölkyn kiintomitalla painotettu keskipituus.

Eri mittausmenetelmien yhteydessä käytettäviä suhteita tunnuslukuja laskettiin osaksi käsinlaskentana, koska tutkimuksessa avustaneille yhtiöille haluttiin antaa niistä ennakkotietoja. Osa tunnusluvuista laskettiin tietokoneella Valtion tietokonekeskuksessa "Valikoiva regressioanalyysi"-ohjelmalla. Tällä ohjelmalla laskettiin myös eri muuttujien väliset korrelaatiokerto-

met. Mallissa oli sekä pakollisia selittäjiä, joita ei voida poistaa, että valinnaisia selittäjiä. Farvo lisättävälle valinnaiselle selittäjälle oli 4.0.

Aineiston tietokonekäsitelyssä ilmeni jonkin verran vaikeuksia, koska kaikissa havainnoissa ei ollut samoja muuttujia; esimerkiksi joistakin eristä puuttui kokonaan paino. Sen vuoksi oli pakko yhdistää tutkimuseriä laajemmiksi kokonaisuuksiksi, ryhmiksi, joissa oli kaikissa havainnoissa samat muuttujat täydellisinä.

6. TUTKIMUSTULOKSIA

61. Järeä puutavara

611. Kappalemittaus

6111. Kuormien lukumäärään perustuva kappalemittaus

Yksinkertaisin kuormamittausmenetelmä on kuormien lukumäärän selvittäminen.

Kuormien lukumäärän toteaminen on helppo suorittaa hyvin suurella tarkkuudella, mutta puutavaramäärän selvittämisen tarkkuus tällä menetelmällä riippuu, kun päämääränä on kiintomitan määrittäminen, kuorman kiintomitan vaihtelun suuruudesta.

Kuorman suuruus eli sen sisältämän puutavaran kiintomitta riippuu ajoneuvon kantavuudesta tai muusta kuorman koon rajoituksesta, kuormatilan suuruudesta ja sopivuudesta ko. tavaralajin kuljetukseen (lähinnä pituuden suhteen), puutavaralajin tilavuuspainosta sekä kuormauksen suoritustavasta. Käytännössä tulee kuorman kokoa rajoittavaksi tekijäksi, ellei tien laatua tarvitse ottaa huomioon, yleensä aina kuorman korkeus. Kuorman kiintomitta ei siis käytännössä riipu puun tilavuuspainosta.

Kuorman kiintomitan vaihtelun laajuus riippuu siitä, onko kuormat ajettu yhdellä vai useammalla ajoneuvolla ja ovatko ajoneuvot olleet tyyppiltään erilaisia kuorman koon suhteen. Esimerkiksi autolla ja traktorilla on tässä mielessä selvä ero. Taulukossa 4 on esitetty tutkimuserien kuorman koon vaihtelu sekä käytettyjen ajoneuvojen lukumäärä.

Vaihteluvälin laajuus näyttää jossakin määrin riippuvan käytettyjen ajoneuvojen lukumäärästä. Kuorman keskimääräinen koko vaihtelee huomattavasti erien välillä, mutta ei näytä olevan riippuvainen ajoneuvotyypistä.

Kiintomitan kuormien väliset variaatiokerroimet on laskettu tutkimuserien muodostamille ryhmille.

	Kuorman kiintomitan keskimäärin, variaatiokerroin, %	
	k-m ³	
Mänty		
Kaikki eräs yhdessä	18.292	16.2
Erät 11–15, 18	18.027	17.0
Erät 17, 18	18.456	15.3
Kuusi		
Kaikki erät yhdessä	18.515	13.2
Erät 21–23, 27, 28, 38	18.030	14.8
Erät 27, 28, 38	17.845	15.3
Erät 27, 38	16.786	12.7

Kuorman kiintomitan vaihtelu näyttää siis olevan suhteellisen vakio ja perusjoukosta riippumaton.

Ruotsalaisissa UF-mittausta koskeissa tutkimuksissa (Virkesmätning... 1967) on saatu mäntysahapuulle kuorman kiintomitan variaatiokerroimien arvot välille 13–15 % ja kuusi-sahapuulle 9–16 %. Se, että arvot ovat hieman pienemmät kuin tässä tutkimuksessa, johtuu siitä, että jokainen perusjoukko on ruotsalaisissa tutkimuksissa käsitelty erillisinä.

Kuorman koon vaihtelu on edellä esitettyjen tulosten mukaan niin suuri, että *pelkkään*

Taulukko 4. Tukkikuormien koko ja käytetyt ajoneuvot.
Table 4. Size of sawlog loads and the vehicles used.

Erä Lot	Kuorman koko, kiintokuutiometriä Size of loads, solid volume cu.m.		Ajoneuvojen lukumäärä Number of the vehicles
	vaihteluväli range of variation	keskimäärin average	
Mänty – Pine			
11.	9.6–25.0	21.00	2 k-a.
12.	18.6–22.5	20.39	1 k-a.
13.	5.4–21.7	16.59	1 k-a, 3 tr.
14.	13.4–18.1	15.44	1 tr.
15.	13.9–22.8	19.26	15 k-a, 4 tr.
16.	17.8–21.6	19.43	5 k-a, 13 rtv.
17.	13.1–24.6	19.49	21 k-a.
18.	10.8–20.9	17.84	17 k-a, 3 tr.
19.	16.1–22.8	20.29	14 k-a, 1 tr.
Kuusi – Spruce			
21.	18.1–20.5	19.28	1 k-a.
22.	14.0–22.2	19.31	1 k-a.
23.	16.2–18.8	17.66	1 k-a, 2 tr.
26.	18.2–24.1	20.46	4 k-a, 15 rtv.
27.	11.8–21.6	18.19	11 k-a, 1 tr.
28.	11.6–23.1	19.24	9 k-a, 2 tr.
35.	15.3–22.2	18.57	19 k-a.
38.	15.0–17.3	15.66	2 k-a.
39.	14.7–22.3	18.83	11 k-a, 2 tr. 1 rtv.

k-a. = kuorma-auto – motor truck

tr. = traktori – tractor

rtv. = rautatievaunu – railroad car

kuormien lukumäärään perustuva mittaus ei antane mihinkään mittaustarpeeseen riittävän tarkkoja tuloksia. Myöskään kuormien ryhmitteleminen ajoneuvotyypin mukaan ei näytä olennaisesti vaikuttavan tulokseen. Jos kysymyksessä ovat vain yhdellä ajoneuvolla kuljetetut kuormat, saattaa kuormien lukumäärän toteaminen antaa joissakin tapauksissa riittävän tarkan tuloksen esimerkiksi kuljetusmaksun laskemista varten. Sen sijaan näytekkuormien (-nipujen) kiintomitan mittauksella kappaleotannaksi täydennettynä menetelmällä on varsinkin uiton yhteydessä laajat käyttömahdollisuudet. Näytenippujen mittaukseen soveltuu tällöin parhaiten upotusmittaus.

Teoriassa on mahdollista määrittää kuorman kiintomitan vaihtelua selittävien funktioiden

avulla kuorman keskikoko ja edelleen kuormien lukumäärällä kertoen mittausarän kiintomitta. Kuorman kiintomittaan vaikuttavia tekijöitä selvitettiin valikoivalla regressioanalyysillä. Tulokset esitetään taulukossa 5.

Pölkkyliku, pinomitta, keskipituus ja tyvien suhteellinen osuus selittävät siis 80–90 prosenttia kuorman kiintomitan vaihtelusta (yhtälöt 1 ja 3).

Yhtälöt 2 ja 4 eivät ole käytännössä mielekkäitä, koska pinotiheyden (x_5) tarkka määrittäminen edellyttää myös kiintomitan (y) tuntemista. Pelkästään pölkkyliku ja pinomitta yhdessä selittävät männyllä 81 % ja kuusella 74 % hajonnasta, mikä antaa viitteitä näiden helposti määritettävien tunnusten käyttökelpoisuudesta kiintomitan määrittämisessä.

Taulukko 5. Kuorman kiintomitan vaihtelua selittävät regressioyhtälöt

Table 5. Regression equations that explain the variation in the solid measure of the load.

selitettävä: — factor to be explained: kuorman kiintomitta, k-m ³ solid measure of load, solid cu.m.	Mänty Pine		Kuusi Spruce	
	1	2	3	4
vakio: — standard	-6.87	-18.80	-2.76	-16.81
pakolliset selittäjät: compulsory independent variables:				
pölkkylukuku, kpl number of bolts, units	0.0087	0.0039	0.0090	0.0002
pinomitta, p-m ³ piled volume, cu.m.	0.644	0.736	0.560	0.702
pölkyn keskipituus, jj mean length of bolt linear ft.	0.602	0.062	0.369	-0.012
tyvien osuus pölkkyluvusta proportion of butts in the number of bolts	-2.45	-0.003		0.152
valinnaiset selittäjät: elective independent variables:				
pinotiheys, k-m ³ /p-m ³ density of a pile, solid volume cu.m./cu.m.		23.9		24.0
piled volume				
selitysaste, % — degree of explanation, %	87	99	77	99

6112. Pölkkyjen lukumäärään perustuva kappalemittaus

Toinen kappalemittausmenetelmä perustuu pölkkyjen lukumäärän selvittämiseen.

Kuorman pölkkyluvun määrittäminen on huomattavasti vaikeampi tehtävä kuin kuormien lukumäärän toteaminen. Mittausmenetelmän tarkkuus, kun tavoitteena on kiintomitan määrittäminen, riippuu pölkkyluvun lukemistarkkuudesta ja pölkyn keskikoon vaihtelusta. Kuorman pölkky määrä vaikuttaa pölkkyluvun lukemistarkkuuteen siten, että pölkkyjen lukumäärän kasvaessa lukemistarkkuus huononee.

Taulukossa 6 esitetään tietoja tutkimuserien kuorman pölkkyluvun ja pölkyn keskikoon vaihteluista.

Tutkimusaineiston kuormissa oli siis keskimäärin yli 80 pölkkyä. Näin suuren, eri pituuskokoiselle karkotun pölkkyjoukon lukumäärän selvittäminen tarkasti ei ole helppoa. Erityisesti tutkittiin pölkkyluvun lukemistarkkuutta erän n:o mittausten yhteydessä. Pölkky luku luettiin ennen kuorman purkamista ko. sahalla normaalisti käytetyllä tavalla. Ehdottoman tarkka pölk-

kyluku saatiin pölkkyttäisten mittausten yhteydessä. Noin 3 200 tukkia käsittävän erän pölkkyluvuksi saatiin pölkkyttäisissä mittauksissa 9 pölkkyä enemmän kuin kuormassa tapahtuneessa kappaleluvussa. Ero oli 0.28 % oikeasta pölkkyluvusta. Suurin kuormakohtainen ero oli 4 pölkkyä. Eroja esiintyi molempiin suuntiin.

Esitetty tulos pölkkyluvun laskemisen tarkkuudesta soveltuu vain tukemaan sitä käsitystä, että pölkkyluvun lukemisessa, varsinkin kun se tapahtuu kuormassa, jää aina lukematta jonkin verran pölkkyjä. Virheen suuruuteen vaikuttaa kuormauksen laatu, pölkyn keskipituuden vaihtelu sekä työskentelyolosuhteet ja työvälineet. Luettujen pölkkyjen merkkkaus suoritetaan yleensä varren päähän kiinnitettyllä merkkkausliidulla tai maalisiveltimellä. Myös käytetään maalitöplällä merkintään käsikäyttöisiä ruiskuja. Lukumiehen työskentelyn helpottamiseksi rakennetuista telineistä ansaitsee erityisen maininnan Oy W. Rosenlew Ab:ssa tehty malli, joka on pyöriällä liikkuva ja myös perävaunun vetoaisan yli helposti siirrettävissä.

Pölkkyluvun kuormien välinen variaatiokerroin on koko aineistossa mäännellä 23.3 % ja

Taulukko 6. Tukkikuormien pölkkyluvun ja pölkyn keskikoon vaihtelu.

Table 6. Variation in the number of bolts in the sawlog loads and variation on the average bolt size.

Erä n:o Number of lot	Kuorman pölkkyluku, kpl Number of bolts in the load		Pölkyn keskikoko, j ³ Mean bolt size cu.ft.	
	vaihteluväli range of variation	keskimäärin average	vaihteluväli range of variation	keskimäärin average
Mänty – Pine				
11.	34–117	92.4	4.4–8.9	5.87
12.	66–121	93.3	3.8–8.0	5.73
13.	18–92	61.2	3.9–9.2	6.75
14.	74–107	89.0	3.5–5.1	4.27
15.	64–119	87.5	4.1–8.5	5.48
16.	66–104	90.4	3.9–9.0	5.52
17.	52–114	85.0	4.0–9.5	5.74
18.	43–125	86.1	3.8–8.3	4.95
19.	80–136	102.6	3.6–5.9	4.55
Keskim. Average		82.6		5.77
Kuusi – Spruce				
21.	73–92	81.9	5.1–6.3	5.78
22.	62–96	82.6	5.4–7.0	6.00
23.	49–78	63.0	5.2–9.6	6.90
26.	52–104	84.8	4.9–10.1	6.21
27.	51–112	80.4	4.1–9.6	5.44
28.	49–119	80.1	3.9–9.6	5.81
35.	76–136	101.4	..	4.23
38.	83–123	100.2	3.4–4.7	3.93
39.	62–120	90.0	3.6–7.1	4.94
Keskim. Average		86.7		5.40

kuusella 21.1 %. Ruotsalaisissa tutkimuksissa (Virkesmätning . . . 1967) on saatu vastaavasti variaatiokerroimiksi 19–26 % ja 17–19 %.

Pölkyn keskikoon variaatiokerroin on esitetty seuraavassa asetelmassa.

	Pölkyn keskikoko	
	keskimää- rin, j ³	variaatio- kerroin, %
Mänty		
Koko aineisto	5.77	23.1
Erät 11–15, 18	5.85	22.9
Erät 17, 18	5.35	24.4
Kuusi		
Koko aineisto	5.40	24.8
Erät 21–23, 27, 28, 38	5.58	24.2
Erät 27, 28, 38	5.29	26.5
Erät 27, 38	4.70	26.3

Ruotsalaisissa tutkimuksissa (Virkesmätning . . . 1967) on vastaaviksi variaatiokerroimiksi saatu mäntysahapuulle 22 % ja kuusisahapuulle 16 %.

Kuorman pölkkyluvun ja pölkyn keskikoon väliset korrelaatiokerroimet koko aineistossa ovat seuraavat:

	kpl-luku ja j ³ /kpl	kpl-luku ja k-m ³ /kpl
mänty	– 0.71	– 0.76
kuusi	– 0.81	– 0.82

Kuorman kiintomitan ja pölkkyluvun välinen korrelaatiokerroin oli männyllä 0.53 ja kuusella 0.20. Vastaavat ruotsalaiset tulokset (Virkesmätning . . . 1967) ovat välillä 0.05–0.63. Kiintomitan ja pölkkyluvun välinen riippuvuus on siis suhteellisen huono.

Edellä esitettyjen tulosten perusteella voi-

Taulukko 7. Tukkikuormien pölkyn keskikoon vaihtelua selittävät regressioyhtälöt.

Table 7. Regression equations which explain the variation in the average size of the sawlog loads.

Selitettävä: – Factor to be explained: pölkyn keskikoko, k-m ³ /kpl mean bolt size, solid cu.m.	Mänty Pine		Kuusi Spruce	
	1	2	3	4
vakio – standard	0.10	0.27	0.19	0.30
pakolliset selittäjät: compulsory independent variables:				
pölkyn keskipituus, j mean length of bolt, linear ft.	0.019	-0.001	0.014	-0.003
tyvien osuus pölkkyluvusta proportion of butts in the number of bolts	-0.016	-0.003	-0.055	-0.013
pölkkyluku, kpl number of bolts, units	-0.002	-0.003	-0.002	-0.000
valinnaiset selittäjät: elective independent variables:				
kiintomitta, k-m ³ solid volume, cu.m.		0.012		0.013
selitysaste, % degree of explanation, %	67	95	73	94

daan todeta, että pölkyn koon suuri vaihtelu ja pölkkyluvun lukemisessa esiintyvät epätarkkuudet aikaansaavat sen, ettei pelkkä pölkkyluku yleensä riitä tukkierän kiintomitan määrittämisen perustaksi.

Teoriassa voidaan pölkyn koon vaihtelua selittävien funktioiden avulla määrittää pölkyn keskikoko ja edelleen pölkkyluvun avulla päästä mittauserän kiintomittaan. Pölkyn keskikokoon vaikuttavia tekijöitä tutkittiin valikoivalla regressioanalyysillä. Tuloksia esitetään taulukossa 7.

Keskipituus, tyvien osuus ja pölkkyluku selittävät noin 70 % pölkyn keskikoon vaihtelusta. Kun lisäksi otetaan selittäjäksi kuorman kiintomitta, kohoaa selitysaste noin 95 prosenttiin.

612. Pinomittaus

6121. Kuorman pituuden arviointi

Pinomittaus suoritetaan mittaamalla kuorman pituus, leveys ja korkeus. Alkuun on pinomittauksen kohde ollut aina tasapituista, hyvin karsittua ja käsin pinottua puutavaraa. Poikkeamiset näistä vaatimuksista ovat aiheuttaneet

sen, että ”pinomitta”- ja ”pinotiheys”-käsitteet ovat uusilla puutavaralajeilla olennaisesti toiset kuin mitä niillä perinteisesti on ymmärretty.

Vapaanpituisten kuorman pinomittauksen suorituksessa on suurin vaihtelun aiheuttaja kuorman keskipituuden arvioinnissa tapahtuva virhe. Tässä tutkimuksessa on kuorman oikeana eli todellisena keskipituutena pidetty pölkkyjen kiintomitalla painotettua keskipituutta.

RIKKONEN (1968 a) on esittänyt erien 11, 12 ja 13 osalta vertailuja arvioitun ja todellisen keskipituuden välillä:

Erä	arvioitu pituus, cm	todellinen pituus, cm
11.	518	528
12.	519	535
13.	491	510
Keskimäärin	504	521

Kuormien pituus on siis mitattu keskimäärin pienemmäksi kuin todellinen pituus. Tapaukset, joissa pituus mitattiin todellista pituutta suuremmaksi, käsittivät vain 11 % aineistosta. Samasta aineistosta on HEISKANEN (1968) esittänyt piirroksen sekä pituuksien keskimääräisen eron, joka on 3.9 ± 0.25 %. Ruotsissa suoritetuissa laajahkoissa tutkimuksissa on kes-

Taulukko 8. Tukkikuorman pituudenmittauksessa aiheutunut virhe eri mittaajilla.
 Table 8. Error in the length measurement of a sawlog load resulting from different measurers.

Erä Lot	Mittaaja Measurer	Kuormien lukumäärä Number of loads	Suhteellisen virheen — The relative error	
			keskiarvo — mean prosenttiyksikköä — per cent units	keskihajonta — standard deviation
11.	A	41	3.24	± 1.97
	B	16	3.73	± 1.82
12.	A	39	3.01	± 1.99
	B	21	2.90	± 2.14
13.	C	22	3.92	± 2.98
	D	51	5.06	± 2.69
	E	13	3.04	± 2.33
	F	36	5.57	± 2.76

kinääräiseksi arvioidun pituuden aritmeettisen keskipituuden eroksi tullut männyllä 4 cm, kuusella 2 cm ja lehtipuulla 0 cm. Aritmeettisen keskipituuden vaihtelu kuormien välillä on ollut hieman suurempi kuin arvioidun keskipituuden. Kuitenkin huomautetaan tutkimuksessa, ettei aritmeettinen keskiarvo ole oikea, vaan todellinen pituus on varsinkin lyhyillä tavara-lajeilla sitä pienempi (Virkesmätning . . . 1967).

Erien 11, 12 ja 13 kohdalla on myös vertailtu eri henkilöiden tekemiä virheitä keskipituuden arvioinnissa.

6122. Pinotiheyden vaihtelu

Pinomitan avulla pyritään välillisesti määrittämään mittauserän todellinen puumäärä eli kiintomitta. Pinomitan sisältämää puumäärää kuvaa pinotiheysluku eli lyhyesti pinotiheys, joka on kiintomitan ja pinomitan suhde ($k \cdot m^3 / p \cdot m^3$). Kiintomitan määrittämisen tarkkuutta eli myös pinomittauksen tarkkuutta ilmaisee pinotiheyden vaihtelu. Tietojen tutkimusaineiston pinotiheyden vaihtelusta esitetään taulukossa 9.

Taulukko 9 perusteella voidaan päätellä, että useita kuormia käsittävän mäntysahapuurin pinotiheyden variaatiokerroin tuskin koskaan ylittää 8 %, vaan on yleensä 4–7 %.

Ruotsalaisissa TF-mittausta koskeissa tutkimuksissa (Virkesmätning . . . 1967) on saatu pinotiheyden variaatiokerroin mäntysahapuulle 4.8–5.6 % ja kuusisahapuulle 5.1–5.2 % eli samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa.

Taulukko 9. Tukkikuormien pinotiheys ja sen vaihtelu kuormien välillä.

Table 9. Pile density of sawlog loads and its variation between loads.

Erä — Lot	Pinotiheyden Pile density	
	keskiarvo mean	variaatio- kerroin, % coefficient of variation
Mänty — Pine		
11.	0.749	4.9
12.	0.749	3.6
13.	0.749	5.0
14.	0.704	4.7
15.	0.739	7.5
16.	0.686	3.7
17.	0.676	8.7
18.	0.704	2.7
19.	0.747	3.2
Kaikki yhteensä — Total	0.735	6.8
11–15, 18.	0.742	6.4
17, 18.	0.693	6.0
Kuusi — Spruce		
21.	0.711	2.2
22.	0.707	4.3
23.	0.680	6.5
26.	0.706	3.3
27.	0.669	6.7
28.	0.691	5.9
35.	0.679	5.3
38.	0.665	3.0
39.	0.730	3.0
Kaikki yhteensä — Total	0.699	7.4
21–23, 27, 28, 38	0.690	6.6
27, 28, 38	0.676	6.3
27, 38	0.670	5.0

Tässä yhteydessä voidaan mainita LEINONEN ja HEISKASEN (1970 ja 1971) Sahatukkien mittaus- ja hinnoittelututkimuksen aineistosta saama tulos, jonka mukaan tukkien lajitleminen tyvi- ja muihin tukkeihin pienensi pinotiheyden vaihtelua. Painoyksikön sisältämän kiintomitan kohdalla vastaavaa pienenemistä ei tapahtunut.

Kiintomitan ja pinomitan välinen korrelaatiokerroin oli koko aineistossa männyllä 0.91 ja kuusella 0.86. Ruotsalaisissa tutkimuksissa (Virkesmätning . . . 1967) ovat vastaavat korrelaatiokertoimet vaihdelleet välillä 0.77–0.96.

6123. Pinotiheyden vaihteluun vaikuttavat tekijät

Pinotiheyteen vaikuttavia tekijöitä tutkittiin valikoivalla regressioanalyysillä. Tuloksia esitetään taulukossa 10.

Taulukon 10 yhtälöt eivät ole käytännössä mielekkäitä, sillä esimerkiksi pinomitan teknisen sisällön tarkka määrittäminen vaatii tietoa

pinotiheydestä. Pelkästään esitetyillä pakollisilla selittäjillä ei kuitenkaan saatu minkäänlaisia selityssasteita. Mielenkiintoista on todeta, ettei pölkyn keskikoko ($k\text{-m}^3/\text{kpl}$) parantanut selityssastetta juuri ollenkaan, sen sijaan pölkyn keskikuutio (j^3/kpl) paransi selityssastetta tuntuvasti. Onkin todettava, että tässä analyysissä ei pinotiheyden vaihteluun vaikuttavia tekijöitä saatu tyydyttävästi esille.

613. Painomittaus

6131. Kuorman painon vaihtelu

Painomittaus yksinkertaisimmassa muodossa eli pelkkä puutavaran punnitseminen on teknisesti helppo suorittaa. Kuitenkaan ei kuormien punnitseminen ollut autovaa'an puutteen vuoksi mahdollista kaikilla tämän tutkimuksen aineistonkeruupaikoilla.

Puutavaran punnitsemiseen tarkoitettujen ajoneuvovaakojen tulee olla kapasiteetiltaan vähintään 60 tonnia. Vaa'an sillan on oltava 20–

Taulukko 10. Tukkikuormien pinotiheyden vaihtelua selittävät regressioyhtälöt.

Table 10. Regression equations that explain the variation in the pile density of sawlog loads.

Selitettävä: – Factor to be explained: pinotiheys, $k\text{-m}^3/p\text{-m}^3$ pile density, solid cu.m./cu.m. piled measure	Mänty Pine		Kuusi Spruce	
	1	2	3	4
vakio – standard	0.366	0.021	0.202	–0.016
pakolliset selittäjät: compulsory independent variables:				
pölkkylukku, kpl number of bolts, units	–0.0003	–0.000002	–0.0004	0.000026
tyvien osuus pölkkyluvusta proportion of butts in the number of bolts	–0.006	0.006	0.057	–0.006
pölkyn keskipituus, j mean length of bolt, linear ft.	–0.005	–0.001	–0.004	0.001
pölkyn keskikoko, $k\text{-m}^3/\text{kpl}$ mean bolt size, solid cu.m.	–0.045	–3.04	0.317	2.78
valinnaiset selittäjät: elective independent variables:				
pinomitan tekninen sisältö, $j^3/p\text{-m}^3$ solid cu.ft./piled volume, cu.m.	0.026	0.040	0.024	0.041
pölkyn keskikuutio, j^3/kpl mean volume of the bolt, cu.ft		–0.121		–0.113
selityssaste, % degree of explanation, %	75	98	61	98

Taulukko 11. Tukkipuormien painon vaihtelua selittävät regressioyhtälöt.

Table 11. Regression equations that explain the variation in the weight of sawlog loads.

Selitettävä: — Factor to be explained: kuorman paino, kg load weight, kg	Mänty Pine		Kuusi Spruce	
	1	2	3	4
vakio: — standard	359.9	54.6	1314.8	15155.1
pakolliset selittäjät: compulsory independent variables:				
pölkkyluku, kpl number of bolts, units	20.44	21.26	7.31	-2.30
tyvien osuus pölkkyluvusta proportion of butts in the number of bolts		1284.7		196.7
sydänpuuprosentti percentage of heartwood		-20.2		—
pinomitta piled volume	538.4	45.9	511.8	37.1
valinnaiset selittäjät: elective independent variables:				
kiintomitta, k-m ³ solid volume, cu.m.		674.8		
tekninen kiintomitta, j ³ top volume, cu.ft				32.4
painoyksikön sisältämä tekninen mitta, j ³ /tn cu.ft./ton				-519.6
selitysaste, % degree of explanation, %	86	95	85	99

24 metriä pitkän ja mielellään kaksiosaisen siten, että vetovaunun ja perävaunun erikseen punnitseminen on mahdollista.

Kuorman painoon vakiuttavia tekijöitä tutkittiin valikoivalla regressioanalyysillä. Tuloksia esitetään taulukossa 11.

Pelkästään pölkkyluvulla ja pinomitalla saatiin suhteellisen hyvä selitysaste (noin 85 %). Hieman yllättävää oli, ettei sydänpuuprosentti käytännöllisesti katsoen lainkaan vähentänyt kuorman painon jäännöshajontaa. Voidaan todeta, ettei ainakaan tässä tutkimuksessa käytetyllä tavalla määritetty sydänpuuosuus selitä kuorman painon vaihteluita. Huomattakoon vielä, että tyvipölkkyosuuden lisääminen selittäjäksi vielä hieman suurensi sitä jäännöshajontaa, jota pölkkyluku ja pinomitta eivät selittäneet.

6132. Painoyksikön sisältämän kiintomitan vaihtelu

Painoyksikön sisältämän kiintomitan (k-m³/

tn) vaihtelu kuvaa sitä tarkkuutta, jolla pelkkä kuormien punnitseminen ilmaisee kiintomitan. Taulukossa 12 esitetään tämän suhdeluvun keskiarvot ja variaatiokerroimet.

Variaatiokerroin on siis keskimäärin 3–5 %. Erän 18 variaatiokerroin on poikkeuksellisen suuri, mikä johtunee kuorman punnituksessa sattuneista epätarkkuuksista. Näihin taas lienevät vaikuttaneet ankarat sääolosuhteet mittausajankohtana tammikuussa 1970.

Ruotsalaisten tutkimusten (Virkesmätning . . 1967) variaatiokerroimet ovat olleet mäntysahapuulla välillä 6.8–9.7 % ja kuusella välillä 5.3–9.5 %. Tässä tutkimuksessa on keskimäärin saatu hieman pienempiä vaihteluita.

Kuorman painon ja kiintomitan korrelaatiokerroin oli männyllä 0.96 ja kuusella 0.88.

Painoyksikön sisältämän kiintomitan vaihtelua valikoivalla regressioanalyysillä tutkittaessa saatuja tuloksia esitetään taulukossa 13.

Painoyksikön sisältämän kiintomitan vaihtelu selittyy tyydyttävästi vain huomattavan suurella selittäjä määrällä. Saadut yhtälöt 2 ja 4

Taulukko 12. Tukkikuormien painoyksikköön sisältyvän kiintomitan keskiarvot ja kuormien väliset hajonnat.

Table 12. Means of the solid volume included in the weight unit of the sawlog loads and the deviations between the loads.

Erä – Lot	Tonniin sisältyvän kiintomitan ($k\text{-m}^3/\text{tn}$) – Solid volume, cu.m./load weight, tons	
	keskiarvo – mean	variaatiokerroin, % – coefficient of variation,
Mänty – Pine		
11.	1.191	3.5
12.	1.210	2.7
13.	1.241	2.4
14.	1.135	3.6
15.	1.162	4.8
18.	1.145	9.1
Kaikki – Total	1.194	5.3
Kuusi – Spruce		
21.	1.273	2.3
22.	1.265	4.7
23.	1.279	3.6
27.	1.121	4.7
28.	1.169	5.7
38.	1.160	5.0
Kaikki – Total	1.179	7.1
27, 28, 38	1.142	5.5
27, 38	1.124	3.5

Taulukko 13. Painoyksikön sisältämän kiintomitan vaihtelua selittävät regressioyhtälöt.

Table 13. Regression equations that explain the variation in the solid volume contained in a weight unit.

selitettävä: $k\text{-m}^3/\text{tn}$ faktor to be explained: solid cu.m./ton	Mänty – Pine		Kuusi – Spruce	
	1	2	3	4
vakio: – standard:	0.51	1.22	1.10	1.10
pakolliset selittäjät: compulsory independent variables:				
pölkkyyluku, kpl number of bolts, units	0.0063	0.0002	0.0002	0.0001
tyvien osuus pölkkyluvusta proportion of butts in the number of bolts	–0.071	–0.010	–0.077	–0.00001
sydänpuuprosentti percentage of heartwood	0.0018	0.00002	0.0528	0.00027
keskipituus, jj mean length, linear ft.	0.0066	–0.0026	–0.0007	0.0014
valinnaiset selittäjät: elective independent variables:				
kuorman paino, tn load weight, tons	–0.034	0.065	–0.009	0.062
pölkyn keskikoko, $k\text{-m}^3/\text{kpl}$ mean bolt size, solid cu.m.	2.41	–0.080		
kuorman kiintomitta, $k\text{-m}^3$ solid measure of load, solid cu.m.		0.124		–0.071
selityssaste, % degree of explanation, %	64	98	40	99

eivät ole käytännön kannalta mielekkäitä, koska ne sisältävät molemmat selitettävän suhdeluvun tekijät.

Tärkeimpänä syynä huonoon selittyvyyteen lienee se, että tutkimusaineisto käsitti eri vuodenaikoina ja eri puolilta maata hakattua puuta. Puun kosteushan vaihtelee vuodenaikojen mukaan, samoin saattaa myös puuaineen tiheyden maantieteellisellä vaihtelulla olla tässä yhteydessä merkitystä. Näiden tekijöiden vaikutuksen selvittäminen ei ole mahdollista tästä aineistosta, vaan vaatisi laajempia havaintosarjoja. Kuitenkin on todennäköistä, että analysoitaessa jokainen tutkimuserä erikseen olisi saatu selvempiä ja yksinkertaisempia painoyksikön sisältämän kiintomitan vaihtelua selittäviä regressioyhtälöitä. Painoon liittyviä tuloksia tarkasteltaessa on vielä muistettava punnituslaitteiston epätarkoituksenmukaisuudesta mahdollisesti aiheutuvat virheet.

Verrattaessa painomittausta edellä käsiteltyyn pinomittaukseen voidaan havaita, että painomittaus ilmaisee kiintomitan hieman tarkemmin kuin pinomittaus. Kun lisäksi otetaan huomioon edellä esitetyt, painomittauksen kannalta negatiiviset aineiston ominaisuudet, voidaan sanoa, että *painomittaus on järeän puun mittauksessa selvästi pinomittausta tarkempi.*

614. Uputusmittaus

Uputusmittauksella tarkoitetaan erityisellä laitteella Archimedeen lakiin perustuen suoritettua puutavarapipun kiintomitan määrittämistä. Tutkimusaineistossa oli upotusmittausta käytetty kiintomitan määrittämiseen tukkierissä no. 13, 19, 23 ja 39 sekä kuitupuuerissä 41, 43, 44 ja 55. Laajamittaista selvitystä upotusmittaukseen liittyvistä kysymyksistä ei tämän tutkimuksen yhteydessä suoritettu. Seuraavassa esitetään kuitenkin joitakin huomioita upotusmittauksen soveltuvuudesta.

SAVOLAISEN (1964) tekemässä tutkimuksessa "laitteen mittaustarkkuus on muihin käytettävissä oleviin menetelmiin verrattuna hyvä". Näin varmasti onkin, sillä puutavarapipun kiintomitan määrittämiseen ei meillä tällä hetkellä ole yhtä käyttökelpoista menetelmää. Kuitenkin on huomattava, että upotusmittauslaitteella saadaan aina suurempi nipun kiintomitta kuin pölkyttäin keskusläpimitan ja pituuden mukaan kuutioimalla (ks. myös sivu).

Erän no. 13 mittausten yhteydessä suoritet-

tiin kokeilu, jossa 16 kuorman kiintomitta mitattiin, paitsi upotusmittauksella, myös pölkyttäin keskusläpimitan mukaan. Tällöin saatiin seuraavia tuloksia:

upotusmittauksella saatu kiintomitta, yht. 307.8 k-m³

pölkyttäisillä mittauksilla saatu kiintomitta, yht. 293.0 k-m³

erotus 4.8 % upotusmittauksesta laskettuna kuormakohtaisen eron vaihteluväli - 12.0 - + 1.9 %.

Aineiston pienuuden takia ei tulosta voida pitää muuta kuin suuntaa antavana.

HEISKANEN (1970) on saanut upotusmittauksen ja pölkyttäisen mittauksen eroiksi männyllä Pohjois-Suomessa 4.4 %.

Edellä esitettyjen tulosten perusteella voidaan sanoa, että upotusmittauksella ja pölkyttäin määritettyjä kiintomittoja ei pidä verrata toisiinta. Myös on upotusmittaustuloksia pyrittävä käsittelemään vain useita kuormia käsittäviä eriä koskevinä.

615. Keskiläpimitan mukaisen ja todellisen kiintomitan vertailua

Puutavaramittaussäännön mukaan määritetään pölkyn todellinen kiintomitta keskusläpimitan ja pituuden perusteella. Tällainen kuutiointi ei kuitenkaan anna oikeaa pölkyn tilavuutta, vaan keskimäärin liian pienen (ks. esimerkiksi MAKKONEN 1961). Ero on tietysti tyvilaajentuman vuoksi tyvipölkkyillä suurempi kuin muilla.

Tämän tutkimuksen tukkiaineiston keruun yhteydessä mitattiin erikseen määrytyistä koepölkkyistä useita läpimittoja, ja näin kuutioitiin ne lyhyinä pätkinä (ks. kuva 4). Tarkoituksena oli saada jokaisen kuorman keskuskiintomitalle korjaustekijä, jolla se muutettaisiin oikeata kiintomittaa vastaavaksi. Koepölkkyjä otettiin noin 10 % kuorman pölkkyluvusta. Pätkinä mitatun kiintomitan ja keskuskiintomitan suhde vaihteli kuitenkin niin huomattavasti, ettei tällaista korjaustekijää ollut mahdollista kuormakohtaisena laatia. Toisaalta ei tässä vaiheessa ollut resursseja ruveta korjaamaan jokaisen pölkyn keskuskiintomittaa omalla, läpimitaluokittain lasketulla korjauskertoimella. On syytä olettaa, ettei tämä korjaus olisi olennaisesti muuttanut niiden suhdelukujen vaihteluita, jotka kuorma- ja otantamittauksessa ovat keskeisiä.

Yleisesti voidaan sanoa, että tyvipölkkyillä keskuskiintomitan korjaustekijä on keskimäärin välillä 1.03–1.06 ja muilla pölkkyillä 1.00–1.02. (vrt. HEISKANEN ja RIKKONEN 1971).

62. Vapaanpituinen kuitupuun

621. Kappalemittaus

Vapaanpituisen kuitupuun kuorman koon vaihtelusta esitetään ainoastaan esimerkkinä seuraava asetelma:

	Kuorman koko	
Erä	keskimää- rin, k-m ³	variaatio- kerroin, %
Erä 41.	19.64	22.9

Tämän erän 34 kuormaa oli ajettu kuudella kuorma-autolla. Eri kuormien pölkkyjen pituustavoitteissa on todennäköisesti ollut huomattavia eroja, sillä kuormien arvioitu pituus vaihteli 342–717 cm. Kuorman koon vaihtelu on suurempi kuin tukkiuormien vastaava vaihtelu. Onkin todettava, että kuormien lukumäärään perustuva kappalemittaus soveltuu kuitupuulle vielä huonommin kuin sahapuulle (vrt. s. 18).

Vapaanpituisen kuitupuukuorman pölkkyluvun tarkka selvittäminen ei ole helppoa, vaan vaatii runsaasti aikaa. Niinpä joidenkin jäi kuormien pölkkyluku laskematta ajoneuvojen ajanpuutteen vuoksi. Kuorman laskettu pölkkyluku oli keskimäärin

erässä 42.	367 pölkkyä
” 43.	284 ”
” 44.	164 ”

Pölkkylukua pyrittiin arvioimaan laskemalla sivutolppia vasten ja pankkoa vasten olevien pölkkyrivien tulo (ks. kuva 2). Verrattaessa näin saatua arviota tarkkaan pölkkylukuun saatiin seuraavat tulokset:

Erä	Kuormia	Todellisen ja arvioidun pölkky- luvun suhde	
		keskimäärin variaatiokerroin, %	
42.	11	1.069	10.9
43.	21	1.199	27.3
44.	54	1.323	21.3

Kuormakohtainen pölkkyluvun arvio verrattuna todelliseen vaihtelee niin huomattavasti, että vaikka tällainen arviointi onkin helppo ja nopea suorittaa, ei sitä voitane käyttää pölkkylukuun perustuvien mittausmenetelmien yhteydessä.

Pölkyn keskikoko on tutkimuserissä vaihdellut seuraavasti

Erä	Pölkyn koko	
	keskimää- rin, k-m ³ /kpl	variaatio- kerroin, %
42.	0.0375	46.1
43.	0.0468	45.7
44.	0.1303	36.5

Pölkyn koon vaihtelu on kuitupuulla huomattavasti suurempi kuin tukeilla. Ruotsissa on vastaavassa tapauksessa saatu pölkyn koon variaatiokertoimeksi jopa 72 % (Virkesmätning . . . 1967).

Edellä esitetyn perusteella on todettava, että suuren pölkkyluvun aiheuttama vaikeus kappalelaskennassa ja pölkyn koon suuri vaihtelu aiheuttavat sen, *ettei kappalemittaus voine missään tapauksessa tulla vapaanpituisen kuitupuun mittausmenetelmäksi*. Myös kappaleotannan mahdollisuuksiin on kuitupuun kohdalla suhtauduttava varauksella. Poikkeuksena tästä on kuitenkin nippujen lukumäärään ja näyttenippujen upotusmittaukseen perustuva sovellutus, joka on monessa tapauksessa täysin käyttökelpoinen.

622. Pinomittaus

Vapaanpituisen kuitupuukuorman pinomittauksen suoritustapa on esitetty sivulla 00). Pinomittauksessa on sama vaikeus kuin tukeillakin, nimittäin kuorman pituuden arviointi. Pituuden arvioinnissa syntyvää virhettä voitiin tutkia vain Lohjan aineistossa (no. 42), joka mitattiin pölkkyttäin. Kuormien pituuden arviointia helpotti se, että pölkkyt katkottiin noin 4-metriseksi. Todellinen pituus vaihteli välillä 389–413 cm. Todellisen ja arvioidun pituuden erotus vaihteli välillä –15–+10 cm. Keskimäärin oli arvioitu pituus 0.8 cm lyhyempi kuin todellinen pituus. Pölkkyjen vähäisen pituusvaihtelun takia antanevat edellä esitetyt tulokset liian hyvän kuvan vapaanpituisen kuitupuukuorman pituudenmittauksen tarkkuudesta. Pinotiheyden vaihtelu esitetään taulukossa 14.

Erän 42 pieni pinotiheys johtuu siitä, että kiintomitta mitattiin pölkkyttäin keskusläpimitan mukaan. Koska keskuskiintomittaan ei tehty mitään korjauksia, saatiin pienempi kiintomitta kuin upotusmittauksella olisi saatu. Kokonaan ei mittausapojen erilaisuus kuitenkaan selitä pinotiheyslukujen eroa.

Taulukko 14. Vapaanpituisen kuitupuun kuormien välinen pinotiheyden vaihtelu.
 Table 14. The variation of pile density between loads. Pulpwood of random length.

Erä – Lot	Pinotiheyden – Pile density	
	keskiarvo – mean	variaatiokerroin, % – coefficient of variation
Kuusi – Spruce		
41.	0.676	8.1
42.	0.583	5.7
43.	0.669	8.2
44.	0.692	6.9
Mänty – Pine		
55.	0.643	7.4

Vapaanpituisen kuitupuun pinotiheyden kuormien välinen variaatiokerroin on keskimäärin 7–8 %. Vaihtelu on siis hieman suurempi kuin tukeilla.

623. Painomittaus

Vapaanpituisten kuitupuukuormien punnitseminen oli mahdollista vain erien 42 ja 55 osalta. Muiden erien paino rekisteröitiin upotusmittauslaitteella, mutta koska niput olivat ennen punnitusta useita viikkoja vedessä, ei saatuja painoja voida käyttää lainkaan tässä yhteydessä. Nipun painon lisääntymistä vedessä ovat käsitelleet mm. LEINONEN ja HEISKANEN (1970).

Taulukossa 15 esitetään painoyksikön sisältämän kiintomitan vaihtelu. Erä 42 on talvella hakattua kuusta, 55 taas kesällä hakattua mäntyä, mikä selittää painoeron. Tämän suppean aineiston perusteella näyttää

Taulukko 15. Tonnin sisältämä kiintomitta.
 Table 15. The solid volume included in the weight unit.

Vapaanpituinen kuitupuu.
 Pulpwood of random length.

Erä Lot	Tonnin sisältämä kiintomitta (k-m ³ /tn) Solid volume, cu.m/load weight, tons	
	keskimäärin mean	variaatiokerroin, % coefficient of variation
42.	1.055	4.0
55.	1.234	3.1

painomittaus olevan selvästi pino- ja kappalemittausta tarkempi kiintomitan määrittämisessä.

63. Otantamittausovellutukset

631. Yleistä

Kuormanotantamittausmenetelmissä suoritetaan perusmittaus jollakin kuormamittausmenetelmällä. Käytännössä tulee tällöin kysymykseen kappalelaskenta, pinomittaus ja painomittaus, teoriassa myöskin upotusmittaus. Koska tavoitteena on estimoida perusjoukon kiintomitta, tulee kuormaotantamittauksen yhteydessä tärkeäksi kiintomitan ja perusmitan välinen riippuvuus sekä niiden muodostaman suhdeluvun hajonta. Otantamittauksen keskeisiä kysymyksiä ovat estimointimenetelmän valinta sekä otoksen koko.

632. Estimointimenetelmien vertailua

Puutavaran otantamittauksen yhteydessä käytettävät estimointimenetelmät ovat yksinkertainen satunnaisotanta, suhde-estimointi ja regressioestimointi. Yksinkertaista satunnaisotantaa käytetään kuormien lukumäärään perustuvassa kappaleotannassa. Muissa menetelmissä ovat sekä suhde- että regressioestimointi teoriassa mahdollisia.

Eri estimointimenetelmien keskinäinen tarkkuus riippuu siitä, millainen on muuttujien x ja y riippuvuus. Tärkeimpiä tunnuksia ovat korrelaatiokerroin ja regressiosuoran yhtälö. Taulukossa 16 on esitetty nämä tunnuksat koko tukkiaineistolle.

Taulukko 16. Suhde- ja regressioestimoinnin vertailussa tarvittavia tunnuslukuja.
 Table 16. Terms needed in the comparison of ratio estimation and regression estimation.

x	y	n	r	y = a + bx	Q
Mänty					
kpl-luku units	k-m ³ solid volume, cu.m.	447	0.59	y = 11.6 + 0.08x	0.073
	j ³ top volume, cu.ft.	"	0.45	y = 229.2 + 1.93x	2.398
p-m ³ piled volume	k-m ³ solid volume, cu.m.	"	0.91	y = 1.4 + 0.68x	0.067
	j ³ top volume, cu.ft.	"	0.85	y = 17.5 + 17.7x	3.231
kg weight	k-m ³ solid volume, cu.m.	373	0.96	y = 2.9 + 0.001x	0.00
	j ³ top volume, cu.ft.	"	0.92	y = - 26.6 + 0.032x	0.003
Kuusi					
kpl-luku units	k-m ³ solid volume, cu.m.	186	0.20	y = 16.2 + 0.03x	0.107
	j ³ top volume, cu.ft.	"	0.09	y = 421.6 + 0.31x	3.221
p-m ³ piled volume	k-m ³ solid volume, cu.m.	"	0.87	y = 2.0 + 0.62x	0.098
	j ³ top volume, cu.ft.	"	0.77	y = 60.6 + 14.6x	4.398
kg weight	k-m ³ solid volume, cu.m.	110	0.88	y = 2.7 + 0.001x	0.00
	j ³ top volume, cu.ft.	"	0.79	y = 78.4 + 0.024x	0.006

Korrelaatio on suhteellisen vahva kaikissa muissa tapauksissa, paitsi kappaleotannassa. Varsinkin kuusella ovat korrelaatiot tässä erittäin heikkoja. Regressioyhtälöistä käy ilmi, etteivät regressiosuorat yhdessäkään tapauksessa kulje täsmälleen origon kautta. Näin ollen pitäisi regressioestimoinnin antaa parempia tuloksia kuin suhde-estimoinnin. Taulukossa 18 esitetty virhekerroin $Q = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} - b$ kuvaa virhettä, joka suhde-estimoinnissa tapahtuu regressioestimointiin verrattuna. Virhekertoimien suuruudesta voi ainakin päätellä, että todelliseen kiintomittaan pyrittäessä ei suhde- ja regressioestimaateilla ole kovin suurta eroa, sensijaan tekniseen kiintomittaan pyrittäessä eroavuutta ilmenee.

633. Puutavaran mittauksen tarkkuusvaatimus

Otantamittausmenetelmiä käsiteltäessä on tulokselle asetettava tarkkuusvaatimus erittäin keskeisellä sijalla. Tarkkuusvaatimuksestahan riippuu suuresti näytteen koko, mikä taas olennaisesti vaikuttaa menetelmän käyttökelpoisuuteen.

Mittausmenetelmän tarkkuusvaatimusta tarkasteltaessa on lähdettävä siitä tarkoituksesta, mihin mittaustulosta käytetään. Puutavaran mittaustarpeita voidaan luokitella esimerkiksi seuraavalla tavalla:

1. metsänomistaja eli metsänmyyjä saattaa tarvita mittaustuloksia
11. metsätaloustoiminnan pitkäjänteiseen

suunnitteluun, jolloin tarkkuusvaatimus ei ole kovin suuri.

12. myydyin puutavaran määrän ja laadun selvittämiseen kauppahinnan laskemista varten, jolloin tarkkuusvaatimus on suuri.

2. ostaja eli puun käyttäjä saattaa tarvita mitaustuloksia

21. ostojen, hakkuun, kuljetusten ja valmistustoiminnan suunnitteluun, jolloin tarkkuusvaatimus ei ole kovin suuri.

22. hakkuu- ja ajopalkkojen laskemiseen, jolloin tarkkuusvaatimus nykyoloissa on suuri.

23. ostetun puutavaran määrän ja laadun selvittämiseen kauppahinnan laskemista varten, jolloin tarkkuusvaatimus on suuri.

24. jalostukseen käytetyn määrän selvittämiseen, jolloin tarkkuusvaatimus on suurta erää koskevana korkea.

3. hakkuun ja kuljetuksen suorittaja tarvitsee mitaustuloksia

31. palkan laskemista varten.

Mitaustuloksilla, joita käytetään toiminnan suunnitteluun, ei siis ole kovin suurta tarkkuusvaatimusta. Sen sijaan kauppahinnan ja työpalkan määräämiseen tarvittavien tietojen tarkkuusvaatimus on suuri. Prosessiin käytetyn raaka-ainemäärän tarkkuusvaatimus on tuskin tätä suurempi.

Jos työmittauksen merkitys saadaan tulevaisuudessa koneellistumisen ja työvoiman vakinaistumisen seurauksena vähenemään, voidaan sanoa, että korkeimman tarkkuusvaatimuksen aiheuttaa kauppahinnan määrittäminen. Kun määrättyyn tarkkuusvaatimukseen pääseminen on aina helpompaa mittauserän koon kasvaessa, auttaa metsänomistajien yhteistoiminta myös puutavaran mittauksen yksinkertaistamisessa.

Puutavaranmittauslainsäädännössä ei ole mitään mainintaa mittauksen tarkkuusvaatimuksesta. Ainoa tähän suuntaan viittaava on Puutavaran mittauslainsäädännön 17 §: ”Jos uudelleen pinoamisen jälkeen toimitetussa mittauksessa pinomitta on vähentynyt ennen uudelleen pinoamista mitatusta pinomitasta yli viisi prosenttia, kun kysymyksessä on polttopuu tai lehtipuusta valmistettu pinotavara, tai yli neljä prosenttia, kun kysymyksessä on muu pinotavara, suorittaa uudelleen pinoamisesta aiheutuneet kustannukset luovutusmittauksessa myyjä ja työmittauksessa työntekijä”.

Otantamittausmenetelmien käytön yhteydessä on tarkkuusvaatimuksella tärkeä osa. Ruotsissa käytettävissä otantamittausmenetelmissä

vaaditaan, että 15000 kuutiometriä suuremman mittauserän näytteen on oltava niin suuren, ettei erän kiintomitan arvioitu suhteellinen yksinkertainen keskivirhe nouse yli 1 prosentin. Tätä pienemmillä mittauserillä ei keskivirhe saa nousta yli 2 prosentin. 95 %:n todennäköisyydellä ilmaistuna nämä virherajat ovat noin 2 % ja noin 4 %. Oy W. Rosenlew Ab:n R-mittauksessa on keskivirhevaatimus $\pm 1\%$.

Tarkkuusvaatimukseen liittyvä olennaisesti kysymys näytteen minimikooosta, kun mittauserän koko on pieni. Ruotsin otantamittauslainsäädännössä on määrätty, että näytteen on oltava vähintään 30 yksikköä, mutta jos perusjoukko on pienempi kuin 7500 kuutiometriä, riittää 15 yksikköä, kunhan edellä esitetty tarkkuusvaatimus täytetään. R-mittauksessa on näytteen minimikoko 5 % tai 3000 tukkia.

Puutavaranmittauksen tarkkuusvaatimusta tai edes vaatimusosuudesta ei voi esittää, elleivät mitaustuloksen kaikki käyttötarpeet ole tiedossa. Kuitenkin on korostettava sitä, että ”viimeiset prosentit” tarkkuudessaakin ovat erittäin kalliita. Nykyinen mitaustarkkuus ei ehkä kaikissa tapauksissa ole aivan tarpeellista. Eräänä hyvänä ohjeena voidaan pitää Ruotsissa hyväksyttyä vaatimustasoa.

634. Otoksen koko

Otoksen koko riippuu käytettävästä estimointimenetelmästä, perusjoukon koosta, suhdeluvun hajonnan suuruudesta ja tarkkuusvaatimuksesta. Tavallisimmin käytetään näytteen koon laskemiseen sivulla 00 esitettyä kaavaa. Tällä kaavalla on laskettu Ruotsissa käytettävät otoskoot, samoin myös Uittoteho ry:n (1969) Pohjois-Suomessa käyttämät otoskoot.

Taulukossa 17 on esitetty yhteenveto kaikista tämän tutkimuksen tuloksena saaduista kiintomitan ja perusmitan suhteiden hajonnoista.

Otantamittausmenetelmien keskinäinen tarkkuus on suoraan nähtävissä käytettävien suhdelukujen vaihteluiden suuruudesta: mitä pienempi variaatiokerroin, sen tarkempi menetelmä. Taulukossa 17 esitettyjen variaatiokerrointen perusteella voidaan eri otantamittausmenetelmien keskinäisestä tarkkuudesta esittää seuraavaa:

1. Kappaleotanta on menetelmistä epätarkin. Vapaanpituisen kuitupuun variaatiokerroin on

Taulukko 17. Otantamittausmenetelmien yhteydessä esiintyvien suhdelukujen hajonta.
 Table 17. Deviation between the ratios of the sampling measurement methods.

Puutavaralaji Sortiment	Otantamittausmenetelmä Sampling measurement method	Tavoitekiintomitta Target volume	Käytettävän suhdeluvun variaatio-kerroin, % (mittauserän keskiarvo) Coefficient of variation for the ratio used, % (mean of the measuring lot)	
			vaihteluväli range of variation	"tyypillinen arvo" "typical value"
Mäntytukki Pine logs	Kappaleotanta Unit sampling Pino-otanta Pile sampling	j^3 top volume, cu.ft.	—	24
		j^3 top volume, cu.ft.	4.0–11.8	8
		$k\text{-}m^3$ solid volume, cu.m.	2.7– 8.7	7
	Paino-otanta Weight sampling	j^3 top volume, cu.ft.	3.5–10.1	5
		$k\text{-}m^3$ solid volume, cu.m.	2.4– 9.1	5
Kuusitukki Spruce logs	Kappaleotanta Unit sampling Pino-otanta Pile sampling	j^3 top volume, cu.ft.	—	25
		j^3 top volume, cu.ft.	1.6–10.9	8
		$k\text{-}m^3$ solid volume, cu.m.	2.2– 6.7	6
	Paino-otanta Weight sampling	j^3 top volume, cu.ft.	3.0–10.6	7
		$k\text{-}m^3$ solid volume, cu.m.	2.3–5.7	5
Kuusikuitupuu Spruce pulpwood	Kappaleotanta Unit sampling Pino-otanta Pile sampling	$k\text{-}m^3$ solid volume, cu.m.	36.5–46.1	45
		$k\text{-}m^3$ solid volume, cu.m.	5.7– 8.2	8
	Paino-otanta Weight sampling	$k\text{-}m^3$ solid volume, cu.m.	3.1– 4.0	4

Taulukon "tyypillinen" arvo on silmävaraisesti määrätty useimmin toistuva arvo.

jo sitä suuruusluokkaa, ettei menetelmän käyttö ole mielekästä.

2. Paino-otanta on lähes poikkeuksetta tarkempi kuin pino-otanta. Erityisen selvä on ero kuitupuulla. Paino-otannan eduksi on vielä sanottava se, että käytetyistä vaa'oista ei yksikään ollut rakennettu puutavarakuormien punnitsemiseen, ja muutenkin on varsinkin talvella suoritetuissa punnituksissa varmasti tekniikasta johtuvia epätarkkuuksia. Lisäksi useimpien erien kohdalla kaikkien kuormien pinomittauksen suoritti sama mittausryhmä.

3. Teknillisen kiintomitan määrittäminen on

hieman epätarkempaa kuin todellisen kiintomitan, mutta ero ei ole suuri.

Taulukkoon 18 on laskettu muutamia eri otantamittausmenetelmillä ja eri suuruisilla perusjoukoilla tarvittavia otoskokoja. Laskenta-kaavana on käytetty sivulla 8 esitettyä kaavaa, ja suhteiden variaatiokertoimet ovat seuraavat:

	$k\text{-}m^3/\text{kpl}$	$k\text{-}m^3/\text{p}\text{-}m^3$	$k\text{-}m^3/\text{kg}$
järeä puutavara	25 %	8 %	5 %
vapaanpituinen kuitupuu	—	8 %	4 %

Taulukko 18. Esimerkkejä eri kuormaotantamittausmenetelmien yhteydessä vaadittavasta otosko'osta.
Table 18. Examples of sample sizes needed with load sampling measurement methods.

Perusjoukon koko, kuormaa Size of the population, loads	Tarkkuusväli 95 %:n todennäköisyydellä Confidence interval in the probability of 95 %					
	± 3 %			± 5 %		
	Otoksen koko, kuormaa — Sample size, loads					
	Kappale- otanta Unit sampling	Pino- otanta Pile sampling	Paino- otanta Weight sampling	Kappale- otanta Unit sampling	Pino- otanta Pile sampling	Paino- otanta Weight sampling
Järeä puutavara 1. havutukit Coniferous logs						
10	10	8	6	9	6	4
50	42	18	9	33	9	4
100	74	22	10	50	9	4
200	114	24	10	65	10	4
Vapaanpituinen kuusikuitupuu 1. kuusiranka Spruce pulpwood of random lengths						
10	—	8	5	—	6	3
50	—	18	6	—	9	3
100	—	22	7	—	9	3
200	—	24	7	—	10	3

Korostettakoon vielä, että taulukon 18 luvut on esitetty esimerkinluontoisesti kuvaamaan eri otantamittausmenetelmien keskinäisiä suhteita sekä antamaan käsityksen niistä suuruusluokista, joissa otoskoot vaihtelevat.

64. Kuorma- ja otantamittauksen suorittamisessa esiintyviä vaikeuksia

Eri kuormamittausmenetelmien yhteydessä käytännössä esiintyvät vaikeudet voidaan periaatteessa jakaa kahtia:

- organisatoriset vaikeudet
- puun laadun muutokset.

Organisatoriset vaikeudet johtuvat isitä, että mittaus tapahtuu vasta kaukokuljetuksen jälkeen. Tällöin aiheutuu hankaluuksia eri leimikoiden, mutta varsinkin, jos työnmittaus halutaan saada samalla mittaustoimituksella, eri työntekijöiden tekemän puutavaran erilläänpitämisestä. Erityisesti on vaikeuksia silloin, kun toimituserä on pienempi kuin ajoneuvon kuor-

ma. Jos samassa kuormassa on useiden toimituserien puita, aiheutuu siitä aina lisäoperaatioita mittausvaiheessa. Tällaisten tapausten varalta on ehdottomasti oltava selvät toimintaohjeet. Vastaavanlaisia vaikeuksia aiheutuu otantamittauksista käytettäessä siitä, että toimituserä on niin pieni, ettei minkäänlaisen näytteen ottoon voida mennä. Ruotsissa on tämä vaikeus voitettu sillä, että yhdistetään useiden pienten toimittajien eriä. Tällöin mittaus ei suoranaisesti kohdistu yksityisen toimittajan puutavaraan, ja tulos on tietysti näin ainoastaan keskimääräinen.

Mikäli kuormassa on eri puutavaralajeja sekaissin, on ruotsalaisissa otantamittausmenetelmissä ohjeet, joiden mukaan vähemmistönä olevien pölkkyjen lukumäärän avulla pyritään arvioimaan niiden osuutta kuormasta. Kokemus on kuitenkin osoittanut, että yleensä aina arvioidaan vähemmistönä olevat puutavaralajit liian vähäisiksi. Puutavaran kokonaisarvossa virhe on yleensä kuitenkin ollut pieni (Virkesmätning... 1967).

Puutavaran laadussa ilmenevät muutokset

johtuvat pääasiassa siitä, ettei kuormamittauksen suorituksen yhteydessä käsitellä kaikkia pölkkyjä, vaan menetelmästä riippuen tarkastelun kohteena on vain osa puutavarasta.

Kun puutavara on kuormattuna, näkee mitaaja pölkkyjen pinnasta tukkuuormassa noin 20 % ja kuitupuukuormasta noin 15 % (HEMMI 1970). Jos tilannetta verrataan perinteiseen pinossa olevaan puutavaraan, ei ero ole kovinkaan suuri. Sensijaan entiseen pölkkyttaiseen mittaukseen verrattuna on ero huomattava. Raakkien osuuden kasvaminen on tällaisissa oloissa luonnollista. BURVALLIN (1968) mukaan on Ruotsissa saatu erään mittausyhdistyksen alueella seuraavia kokemuksia raakkien osuuden lisääntymisestä:

	tavanomainen mittaus (pitkän ajan keskiarvo)	TF-mittaus (v. 1966/67)
mänty-	0.3 %	2.0 %
kuitupuu		
kuusikuitupuu	0.8 %	2.8 %

Näin huomattavan raakkien osuuden lisääntyminen vaikuttaa tietysti olennaisesti myös käsittely- ja kuljetuskustannuksiin.

65. Mittauskustannukset

Puutavaran mittauskustannuksista on Suomessa saatavana erittäin vähän tietoja, ja nekin ovat perusteiltaan niin epämääräisiä, ettei vertailuja eri mittausmenetelmien kustannuksista voida niiden perusteella tehdä. Seuraavassa esitetään kuitenkin joitakin hajanaisia tietoja eri mittausmenetelmien kustannuksista.

Perinteellisen mittauksen kustannukset ovat VÄISÄSEN (1967) mukaan yli 700 k-m³:n leimikossa pinotavaralla n. 15 p/p-m³ ja tukeilla 1.4 p/j³. Leimikon koko vaikuttaa huomattavasti kustannuksiin, esim. 100 k-m³ leimikossa ovat em. luvut 60 p ja 4.5 p.

Pystymittaus maksaa n. 2.0 p/j³ ja metsässä suoritettu pölkkyttäinen mittaus saman verran. Sahalla tapahtuva pölkkyttäinen mittaus on halvempi, vain 1.0 p/j³ (v. SCHOULTZ 1968).

Otantamittaus alentaa kustannuksia huomattavasti. Rosenlewin R-mittauksen kustannukset ovat v. SCHOULTZIN (1968) mukaan 0.3 p/j³. On huomattava, että mittaus oli vielä tuolloin kokeiluluontoista. Ruotsissa on TF-mittaus alentanut mittauskustannukset 11 äyristä 2–2.5 äy-

Taulukko 19. Eri mittausmenetelmien kustannuksen hankintavuonna 1968/69 kolmessa Ruotsin mitausyhdistyksessä.

Table 19. Costs of the different measuring methods in the logging season 1968–69 in three measuring associations in Sweden.

Mittausmenetelmä <i>Measuring method</i>	Kustannus, p/j ³ – Costs, 0.01 Fmk/cu.ft.		
	Dalälvarnas	Umeå	Norrbotnen
Totaalimittaus: – <i>Total measurement:</i>			
1. kappalelaskenta – <i>calculation of units</i>	–	0.11	0.17
2. pinomittaus – <i>pile measurement</i>	0.63	0.14	0.21
3. painomittaus – <i>weight measurement</i>	–	0.14	–
4. kiintomittaus – <i>solid volume measurement</i>	3.29	1.76	1.60
Otantamittaus: – <i>Sampling measurement:</i>			
5. UF (metsä) – <i>unit sampling</i>	0.52 ^{x)}	1.82	1.70
UF (erottelu) – <i>unit sampling</i>		0.21	0.20
6. TF – <i>pile sampling</i>	0.31	0.32	0.30
7. VF – <i>weight sampling</i>	–	0.13	0.28
keskimäärin – <i>average</i>	1.39	0.54	0.49

x) mittausasemalla

Lähteet: Dalälvarnas Virkesmättningsförening ek. för. Årsredovisning 1968–1969. Falun.

FINNE, B. 1970. Havaintoja kuitupuun painomittauksesta Uumajan mittausyhdistyksen toimialueella. Metsähallitus, Kehittämisyhteisto. Moniste.

HEMMI, L. 1970. Puutavaran pistokoemittauksesta. Uittoteho ry. Moniste.

riin kuutiojalalta. Mittauksen aikaansaamat rationalisointisäästöt ovat Ruotsissa huomattavat, 10 äyrin suuruusluokkaa kuutiojalalta (BURVALL 1968).

Ruotsista on olemassa suhteellisen runsaasti ja oletettavasti tarkkoja tietoja eri mittausyhdistysten kustannuksista. Taulukossa 19 on esitetty kolmen ruotsalaisen mittausyhdistyksen eri mittausmenetelmien kustannukset.

Taulukon arvot eivät ole täydellä varmuudella eri mittausyhdistysten välillä täysin vertailukelpoisia lähteiden erilaisuudesta johtuen.

Halvin mittausmenetelmä on ollut pelkkä kappalelaskenta, mutta vastaavasti myös menetelmän tarkkuus on vähäinen.

Kiintomittaus, joka tapahtuu pölkyttäin, on

7. UUSIEN PUUTAVARAN MITTAUSMENETELMIEN MAHDOLLISUUDET

Käsillä olevassa tutkimuksessa on pyritty tarkastelemaan eri kuorma- ja otantamittausmenetelmien soveltuvuutta puutavaraerän kiintomitan määrittämiseen. Yhteenvetona tulokista voidaan esittää seuraavaa:

— Kuormamittausmenetelmistä kappale-, pino- ja painomittaus soveltuvat yksinään käytännössä hyvin harvoin puutavaraerän kiintomitan määrittämiseen. Syynä tähän on ennenkaikkea menetelmien epätarkkuus. Kappalemittaus molemmissa muodoissaan oli selvästi epätarkempi kuin pino- ja painomittaus. Painomittaus taas osoittautui hieman pinomittausta tarkemmaksi. Uputusmittauksen puutteena voidaan pitää käytettävissä olevien laitteiden vähyyttä.

Kuormamittausmenetelmien puutteellista tarkkuutta voidaan olennaisesti parantaa käyttämällä otantaa. Kappaleotannan käyttökelpoisuus osoittautui kyseenalaiseksi eräitä erikoissovellutuksia lukuunottamatta. Sen sijaan pino-otanta ja paino-otanta ovat erittäin soveliaita käytettäväksi ajoneuvoilla kuljetettavien puutavaraerien kiintomitan määrittämiseen.

Esimerkiksi seuraavia kuormaotantamittaussovellutuksia voidaan suositella käytäntöön:

1. Nippujen lukumäärä ja otoksen kiintomitta upotusmittauksella. Soveltuu suurille mittauserille, varsinkin uiton yhteydessä.

2. Tukkien kappaleluku ja otoskuormien pölkyttäinen kiintomittaus. Soveltuu vain hyvin suurille mittauserille.

3. Tukkikuormien pinomittaus ja otoskuor-

huomattavan kallista, samoin metsässä tapahtuva UF-mittaus eli kappaleotanta. Muiden otantamenetelmien käyttöönotto on alentanut mittauskustannuksia suunnilleen pinomittausta ja painomittausta vastaavaksi.

Puutavaranmittauksen kustannuksista saatavat tiedot ovat ainakin meillä Suomessa niin epämääräisiä, ettei ole mahdollista saada mitään selvää käsitystä nykyisten, saati sitten tulevien menetelmien aiheuttamista kustannuksista. Sen vuoksi olisi perusteltua suorittaa jonkinlainen yleisselvitys sekä varsinaisista mittauskustannuksista että eri menetelmien aiheuttamista kustannuksista tai säästöistä muissa puunkorjuun ja tuotteen valmistusprosessin vaiheissa.

mien pölkyttäinen kiintomittaus.

4. Tukkikuormien sekä vapaanpituisten kuitupuukuormien pinomittaus ja otoskuormien kiintomittaus upotusmittauksella.

5. Tukkikuormien painomittaus ja otoskuormien pölkyttäinen kiintomittaus.

6. Tukkikuormien sekä vapaanpituisten kuitupuukuormien painomittaus ja otoskuormien kiintomittaus upotusmittauksella.

Suurin vaikeus kuormaotantamittauksen käytössä on meillä mittauserän pienuus. Kun mittauserä on kovin pieni, ei otantaa voida lainkaan suorittaa. Olisi syytä vakaasti harkita mahdollisuutta, että pienistä yksityismetsien eristä muodostetaan yhdistämällä suurempia perusjoukkoja, kuten Ruotsissakin on asianlaita. Tämä seikka liittyy läheisesti vielä ratkaisemattomaan kysymykseen siitä, mikä on kussakin tapauksessa riittävä mittaustarkkuus.

Huomautettakoon vielä, että tässä esitettyjen mittausmenetelmien ei tarvitse kattaa mittauksen koko alaa. Perinteellisillä menetelmillä sekä upotusmittauksella, pystymittauksella, kuormaotantamenetelmillä ja painomittausmenetelmillä on kaikilla oma käyttöalansa. Tavoitteena tuleekin olla luoda näistä sarja käytäntöön soveltuvia mittausmenetelmiä, joista kulloinkin voidaan valita tapaukseen parhaiten soveltuva. Kuormaotantamenetelmät ovat tällä hetkellä uusista puutavaranmittausmenetelmistä kaikkein valmiimmat ja siten käyttökelpoisimmat.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- AHONEN, LEO. 1964. Menetelmä nipun puutilavuuden mittaamiseksi. Summary: A Method for Measuring Volume of a Timber Bundle. Pienpuualan toimikunnan julkaisu 161.
- ALAMERI, R. – PÖYHÖNEN, D. 1967. Johdusta tilastolliseen tutkimukseen. Helsinki. Arbetsinstruktion för TF-mätning mätmetoder 6 A och 6 B. 1967. Virkesmättningsrådet. Härnösand.
- BRAATHE, PEDER ja OKSTAD, TORBJÖRN. 1964. Omsetning av trevirke basert på veiing og tørrstoffbestemmelser. Trade of pulpwood based on weighing and dry-matter samples. Meddelelser fra Det norske Skogsforsøksvesen Nr. 72, Bind XX.
- BURVALL, TAGE. 1968. TF-mätning. introduktion, mottagande och erfarenheter. Esitelmä. Moniste.
- Dalälvarnas Virkesmättningsförening ek. för. Årsredovisning och revisionsberättelse. Verksamhetsåret 1968–1969. Falun.
- FINNE, BJÖRN. 1970. Havaintoja kuitupuun painomittauksesta Uumajan mittausyhdistyksen toimialueella. Metsähallitus, Kehittämisjaosto. Moniste.
- GRIPENBERG, N.B. 1960. Kilogram som redovisningsenhet vid virkesköp. Skogen 1960 nr. 20. s. 370.71.
- HAKKILA, PENTTI. 1970. Puutavaran painomittauksen tavoitteenasettelu. Suomen Puutalous no. 3/1970.
- HAKKILA, PENTTI ja RIKKONEN, PENTTI. 1970. Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Folia Forestalia 92.
- HEISKANEN, VEIJO. 1968. Pino- ja kiintomittauksen tarkkuudesta. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1968:11.
- HEISKANEN, VEIJO. 1970. Sahatukkien mittaus- ja hinnoittelututkimus IV. Moniste.
- HEISKANEN, VEIJO ja RIKKONEN, PENTTI. 1971. Havusahatukkien todellinen kiintomittamääritys latvaläpimitan perusteella. Summary: Determination of the true volume of coniferous saw logs on the basis of top diameter. Folia Forestalia 128.
- HEMMI, LAURI. 1970. Puutavaran pistokemittauksesta. Esitelmä mittauslautakuntien puheenjohtajille ja virallisille mittajille järjestetyllä kurssilla Kemissä. Uittoteho ry. Moniste.
- JANSSON, TAGE. 1964. Massavedsköp på basis av den absolut torra vedens vikt. Skogen 1964 nr 4. s. 102–3.
- JOHNSON, F. A. – RUTH, R. H. – MADISON, R. W. 1963. Sample Scaling for Timber Sales. Journal of Forestry. May 1963. s. 360–364.
- KELTIKANGAS, V. – AHONEN, L. – KORPPOO, S. 1964. Painoon ja nosteeseen perustuva nipun puutilavuuden mittausmenetelmä. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1964:1. s. 14. 19.
- Kungl. Skogsstyrelsen. Virkesmättningsföreskrifter.
- Leimikon pystymittauksen perusteita ja ohjeita. 1969 ja 1970. Metsäntutkimuslaitos. Puutavaran mittaustutkimusten neuvottelukunta. Monisteet.
- LEINONEN, ESKO. 1969. Puutavaran otantamittaus. Puumarkkinatieteen laudaturtyö. Konekirjoite.
- LEINONEN, ESKO. 1970. Paino puun arvon kuvaajaksi. Metsälehti 1970:44.
- LEINONEN, ESKO ja HEISKANEN, VEIJO. 1970. Sahatukkien mittaus- ja hinnoittelututkimus. IV. Autokuormamittausten tuloksia. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.
- LEINONEN, ESKO ja HEISKANEN, VEIJO. 1971. Sahatukkien mittaus- ja hinnoittelututkimus. VII. Autokuormamittausten tuloksia Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.
- LÖNNER, GÖRAN. 1966. Stickprovsmetoder. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Handling nr 1. 1966. Stockholm.
- MAKKONEN, OLLI. 1961. Pinotiheysmittareita käytettäessä huomioon otettavia seikoja. Metsätehon tiedotus 182.
- MATTILA, SAKARI. 1964. Tilastotiede I. Kauppakorkeakoulu. Helsinki.
- MATTILA, SAKARI. 1966. Tilastotiede II. Kauppakorkeakoulu. Helsinki.

- MICHELSEN, P. – KALLIO, H. 1966. Upotusmenetelmän käyttö puutavaranipun kuutioimisessa. Suomen Uittajainyhdistyksen vuosikirja XXXIV 1965. Vammala.
- Mättningsinstruktioner rekommenderade av virkesmättningsrådet. 1967. nr 1/67. Härnösand.
- Mättningsinstruktioner rekommenderade av virkesmättningsrådet. 1970. nr 1/70. Härnösand.
- OKSTAD, TORBJØRN. 1971. Bestemmelse av tørrstoffholdet i massavirke. Determination of the Dry Weight of Pulpwood. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen Nr 112. Bind XXIX, hefte 3.
- PAQUET, L. H. 1962. Measurement by weight of purchased truck pulpwood. Pulp and Paper Magazine of Canada. May 1962. s. WR 226–227.
- RIKKONEN, PENTTI. 1968 a. Tukkimittauksen rationalisointitutkimus. Ennakkotietoja. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.
- RIKKONEN, PENTTI. 1968 b. Puutavaran pistokoemittaus. Puutavaran mittauspäivien esitelmä. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1968:11.
- ROW, C. – GUTTENBERG, S. 1966. Determining Weight-Volume Relationships for Saw Logs. Forest Products Journal. May 1966. s. 39–47.
- SAVOLAINEN, RAIMO. 1964. Tutkimus A. Ahlström Oy:n nipunkuutioimislaitteen mitaustarkkuudesta. Metsätehon tiedotus 230.
- SAVOLAINEN, RAIMO. 1970. Puunkorjuumenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1969/70. Metsätehon katsaus 18/1970.
- v. SCHOULTZ, H. 1968. Käytännön mittausovellutuksia ja kokemuksia. Puutavaran mitauspäivien esitelmä. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1968:11.
- SEPPÄLÄ, RISTO. 1970. Otanta ja kokeen suunnittelu. Metsäntutkimuslaitoksen tilastokurssi. Luentomoniste.
- TIIHONEN, PAAVO. 1968. Leimikon pystymittauksen perusteita. Puutavaran mittauspäivien esitelmä. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1968:11.
- TIIHONEN, PAAVO. 1968. Leimikon pystymittaus. Metsäkalenteri 1970. ss. 285–292.
- Uittoteho ry. 1969. Ohjeet rankatavaran pistokoemittauksesta varten. Moniste.
- Virkesmätning genom stickprov. 1967. Virkesmättningsrådet. Stockholm.
- VÄISÄNEN, UNTO. 1967. Leimikon koon vaikutus puunkorjuun metsävaiheen kustannuksiin. Metsätehon tiedotus 269.

Liite 1. Otantamittausmenetelmien laskentakaavat

1. Kappaleotanta

Sovellutus 1. sekä näytteenotto- että kappalelukuyksikkönä on pölkky

$$y' = N \cdot \frac{\sum y_i}{n} = N\bar{y}$$

y' = perusjoukon kiintomittainen suhde-estimaatti

N = perusjoukon pölkkyluku

y_i = näytepölkyn kiintomitta

n = otoksen pölkkyluku

\bar{y} = otoksen pölkyn keskikuutio.

Sovellutus 2. Näytteenottoyksikkönä on pölkky ja kappalelukuyksikkönä pituusyksikkö

$$y: = Z \cdot \frac{N\sum y_i}{n} \cdot \frac{n}{N\sum z_i} = \frac{Z\sum y_i}{\sum z_i} = \frac{Z}{\bar{z}} \bar{y} = Z\bar{\bar{y}}$$

Z = perusjoukon pituusyksikköjen lukumäärä

z_i = näytepölkyn pituusyksiköiden lukumäärä

\bar{z} = otoksen pölkkyjen keskipituus

$\bar{\bar{y}}$ = otoksen pölkyn keskikuutio pituusyksikköä kohti

(muut termit: katso sovellutus 1.)

Sovellutus 3. Näytteenottoyksikkönä on pölkkyryhmä (nippu, kuorma) ja kappalelukuyksikkönä on pölkky

$$y'' = M \frac{N\sum y_i}{n} \cdot \frac{n}{N\sum m_i} = M \frac{\sum y_i}{\sum m_i} = \frac{M\bar{y}}{\bar{m}} = M\bar{\bar{y}}$$

y'' = perusjoukon kiintomittainen suhde-estimaatti

M = perusjoukon pölkkyluku

N = perusjoukon nippujen lukumäärä

y_i = näytenipun kiintomitta

m_i = näytenipun pölkkyluku

n = otoksen nippujen lukumäärä

\bar{y} = otoksen nipun keskikuutio

\bar{m} = otoksen nipun keskipölkkyluku

$\bar{\bar{y}}$ = otoksen nipun keskikuutio

Sovellutus 4. Näytteenotto- ja kappalelukuyksikkönä on nippu

$$y'' = \frac{N\sum y_i}{n} = N\bar{y}$$

(termit: katso sovellutus 3.)

2. Pino-otanta. Sekä näytteenotto- että mittausyksikkönä on kuorma

$$y'' = X \frac{N \sum y_i}{n} \frac{n}{N \sum x_i} = \frac{X \sum y_i}{\sum x_i} = \frac{X \bar{y}}{\bar{x}} = X \bar{\bar{y}}$$

y'' = perusjoukon kiintomittainen suhde-estimaatti

X = perusjoukon pinomitta

N = perusjoukon kuormien lukumäärä

y_i = näytekouman kiintomitta

x_i = näytekouman pinomitta

n = otoksen kuormien lukumäärä

\bar{y} = otoksen kuorman kiintomittainen keskikuutio

\bar{x} = otoksen kuorman pinomittainen keskikuutio

$\bar{\bar{y}}$ = otoksen keskimääräinen kiintomitta pinomittayksikköä kohti

3. Paino-otanta. Sekä näytteenotto- että punnitsemisyksikkönä on nippu (kuorma)

$$y'' = V \frac{N \sum y_i}{n} \frac{n}{N \sum v_i} = \frac{V \sum y_i}{\sum v_i} = \frac{V \bar{y}}{\bar{v}} = V \cdot \bar{\bar{y}}$$

V = perusjoukon paino

v_i = näytepinon paino

\bar{v} = otoksen kuorman keskipaino

$\bar{\bar{y}}$ = otoksen keskimääräinen kiintomitta painoyksikköä kohti

(muut termit: katso pino-otantaa)

Lähde: Virkesmätning genom stickprov. 1967. Virkesmättningsrådet. Tukholma.

- No 126 Matti Palo: Valtion metsäteollisuus- ja metsätalousyritysten koordinointi.
Coordination of State-owned forestry and forest-industry firms in Finland. 4,—
- No 127 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1969—71.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1969—71. 5,—
- No 128 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Havusahatukkiin todellisen kiintomitan määrittäminen latvaläpimitan perusteella.
Determination of the true volume of coniferous saw logs on the basis of top diameter. 5,—
- No 129 Bo Långström: Insektisidien käyttö havupuiden taimien suojaukseen tukkimiehitäin (Hylobius abietis L.) tuhoilta.
The use of insecticides for protection of coniferous planting stock against the large pine weevil (Hylobius abietis L.) 1,—
- No 130 Metsätilastollinen vuosikirja 1970.
Yearbook of forest statistics 1970. 10,—
- No 131 Pertti Harstela: Puunkorjuumenetelmien ergonominen kehitys ja eräät työntekijään kohdistuvat fyysiset vaikutukset.
The ergonomic development of the forest work methods and some physic effects on workers. 2,50
- No 132 Simo Poso ja Matti Kujala: Ryhmitetty ilmakuva- ja maasto-otanta Inarin, Utsjoen ja Enontekiön metsien inventoinnissa.
Groupwise sampling based on photo and field plots in forest inventory of Inari, Utsjoki and Enontekiö. 4,—
- No 133 Matti Palo: Metsällisten projektien verkkosuunnittelu.
Planning forestry projects by means of network analysis. 5,—
- 1972 No 134 Aarne Reunala — Iipo Tikkanen: Metsätilanomistajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila ja Olavi Saikku: Kuoriprosentin määrittäminen sahanhakkeesta.
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rakkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä.
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen ja Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla.
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talusmänniköiden kehityksestä.
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiuhonen ja Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzählaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 144 Esko Leinonen: Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä.
Measurement of timber by the load and sampling methods. 4,—
- No 145 Esko Leinonen: Tilavuuspaino-otanta sahatukkiin mittauksessa.
Green density sampling in sawlog scaling. 1,50
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus.
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila, Jouko Laasasenaho ja Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.
Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkapaun osuus hakkuupoistumasta Suomessa.
Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland.
Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmiöitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmänyt ja pluskuuset.
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela ja Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja värinäältistus pelkässä kaadossa.
Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in felling. 5,—
- No 152 Kari Keipi: Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa.
Profitability calculations in forest fertilization in Norway, Sweden and Finland.

- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetöissä syksyllä 1971.
The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukkipuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Eljas Pohtila: Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930—45 tehdyistä kuusi-viljelmistä.
Results of spruce cultivation from 1930—45 on State-owned in Perä-Pohjola.
- No 157 Eino Mälkönen: Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin.
Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. 1,50
- No 158 Kaarlo Kinnunen ja Erkki Lähde: Kylvöajankohdan vaikutus kennotaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana.
The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. 2,50
- No 159 Pentti Hakkila: Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa.
Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. 2,—
- No 160 Kullervo Etholén: Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä.
The succes of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed.
- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alku-kehitykseen.
The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50