

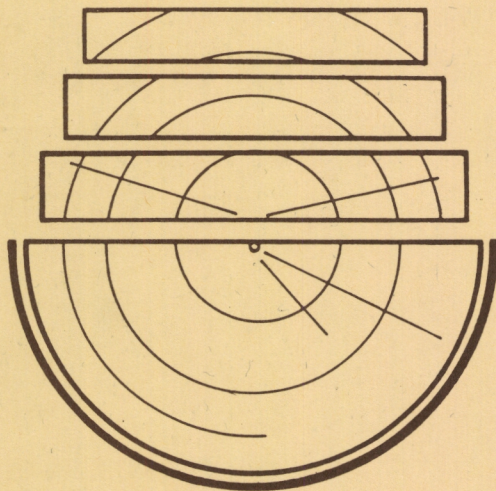
METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 174



METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO
PUUNTUTKIMUSSUUNTA

LAURI HEMMI, ESA OJALA JA JUHANI SALMI

MÄNTYKUITUPUUN KUORIU- TUMINEN KEMIJOEN UITOSSA



HELSINKI 1985

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 174

Metsäteknologian tutkimusosasto

Puuntutkimussuunta

Lauri Hemmi, Esa Ojala ja Juhani Salmi

MÄNTYKUITUPUUN KUORIUTUMINEN KEMIJOEN UITOSSA

Helsinki 1985

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

ISBN 951-40-0929-0

ISSN 0358-4283

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

BO...
1985

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	4
1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUKSEN TARKOITUS	6
3. TUTKIMUSMENETELMÄ	9
31. Yleistä	9
32. Puutavaran käsittely ja mittaukset	12
33. Kuorimäärän ilmaiseminen	16
34. Mittauslaitteet	19
4. AINEISTO	20
41. Perusaineisto	20
42. Tutkimusaineisto	21
43. Aineiston käsittely	26
5. TUTKIMUKSEN TULOKSET	28
51. Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti	28
52. Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti niputtain	28
53. Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti ero- tellulla puumäärällä painotettuna	31
54. Läpimittaluokittaiset kuoriprosentit	32
55. Kuoriprosentti rungon eri osista tehdyillä pölkyillä	33
56. Kuoren määrä massaprosentteina	34
6. MÄNTYKUITUPUUN KUORIUTUMINEN IRTOUITOSSA KEMIJOELLA	35
7. TULOSTEN TARKASTELUA	39
71. Tutkimustulosten luotettavuus	39
72. Tutkimustulosten erojen tarkastelua	44
8. PÄÄTELMIÄ	46
9. VERTAILU AIKAISEMPIIN TUTKIMUKSIIN	50
10. TIIIVISTELMÄ	52
KIRJALLISUUS	55
LIITTEET	60

ALKUSANAT

Tämä tutkimus tehtiin vuonna 1982 Metsäntutkimuslaitoksen johdolla yhteistyössä Kemijoen Uittoyhdistyksen kanssa.

Tutkimuksen alustavassa suunnittelussa oli mukana Metsäntutkimuslaitokselta professori Matti Kärkkäinen, joka luki myös käsikirjoituksen ja esitti eräitä varteenotettuja parannusehdotuksia.

Tutkimusaineiston tietojenkäsittelyn hoiti ohjelmoija Hannu Aaltio. Kemijoella tutkimusryhmän johtajana toimi ylioppilas Harri Kiesilä. Pirkko Kinanen ja Aune Rytönen huolehtivat puhtaaksikirjoituksesta.

Kaikkia yllä mainittuja sekä muita tutkimukseen eri tavoin osallistuneita henkilöitä haluamme kiittää saamastamme avusta ja myönteisestä suhtautumisesta työhömmme.

Helsingissä toukokuussa 1984

Lauri Hemmi, Esa Ojala, Juhani Salmi

1. JOHDANTO

Tässä julkaisussa esitetään tutkimustuloksia mäntykuitupuun kuoren määrästä Kemijokisuulla kesällä 1982. Tutkimus toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen ja Kemijoen Uittoyhdistyksen yhteistyönä.

Puun ja siitä valmistetun kuitupuutavaran kuoren määrää ovat tutkineet mm. Aro (1929 ja 1958), Eklund (1948), Tuovinen (1948), Andersson (1952), Nylinder (1959) ja Östlin (1963). Tärkeää lisätietoa on saatavissa mm. pystypuita koskevasta Ilvessalon (1947) julkaisusta sekä havusahatukkien kuoren määrää selvittävästä Heiskasen ja Rikkosen (1976) julkaisusta.

Ruotsalaisia tutkimuksia havusahatukkien kuoren määrästä ovat julkaisseet mm. Eklund (1949), Tamminen (1962) ja Zacco (1974).

Suomalaisista tutkijoista ovat mm. seuraavat sivunneet tutkimuksissaan puutavaran kuoren määrää: Hakkila (1967), Salminen (1968), Heiskanen (1970a ja 1970b) sekä Heiskanen ja Riikonen (1974). Riikonen (1973) on tutkinut myös kuoren kuivumista. Kärkkäinen (1976) on selvittänyt kuoren määrää oksissa.

Kuitupuun kuoren määrästä ovat tuoreimman tutkimuksen julkaisseet Saikku ja Rikkonen (1976). Heidän tutkimuksensa aineisto kerättiin vuosina 1972 ja 1973. Siinä pyrittiin selvittämään täysin ehjäkuorisen, pinotavaramittaisen kuitu-

puun kuoren määrä. Mittaukset toimitettiin joko palstalla tai välivarastolla. Tuloksia esitettiin mm. keskimääräisestä kokonaiskuoriprosentista, joksi saatiin Pohjois-Suomen mäntykuitupuulla 11,4 %, ja siihen vaikuttavasta tyvipölkkyjen osuudesta.

Hemmi (1965, 1966, 1968 ja 1975) on tutkinut kuitupuun kuoren määrää irtoutossa. Tutkimusaineistona oli Kemijoen Uittoyhdistyksen uittama, erottelema ja niputtama mänty- ja kuusikuitupuun. Mäntykuitupuun (2 - 2,3 m) kuoren tilavuusosuudeksi Kemijokisuulla saatiin vuonna 1965 6,39 %, v. 1966 7,14 % ja v. 1968 6,93 %. Tutkimus kuusella vuonna 1975 antoi kuoren osuudeksi 14,16 %. Tulokset on saatu mittaamalla niput ennen pölkkyjen kuorintaa ja kuorinnan jälkeen nipun tilavuuden määrittäyslaitteella m/Ahlström.

Lummpuro (1982) on tutkinut pro gradu-työssään kuoren kulumista puutavaran teossa ja kuljetuksessa. Kaukokuljetusmuodoissa oli mukana myös nippu-uitto. Hänen tutkimuksensa mukaan korjuu- ja kuljetusketjussa kuluu kuorta 1,1 - 2,6 % riippuen siitä, tehdäänkö puutavara manuaalisesti vai koneellisesti.

2. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Puutavaramäärän mittayksikkö on kuutiometri, m^3 (kuorellinen kiintotilavuus). Siinä on mukana siis sekä puu että kuori. Kuoren määrä on tiedettävä silloin, kun tarvitaan puutavaraerän absoluuttinen puun määrä sekä silloin, kun puutavaraerän tilavuus määritetään korjuun ja kulje-

tuksen eri vaiheissa. Kuoren määrä nimittäin vähenee korjuun ja kuljetuksen aikana kulumisesta ja kutistumisesta johtuen.

Kemi- ja Iijoen Uittoyhdistykset uittavat Pohjois-Suomen puuta vuosittain noin 2 miljoonaa m³. Tämä on noin 40 % alueen tehtaille tulevasta puumäärästä, ja kuljetussuoritteesta se on jopa 2/3. Puutavara uitetaan yhteisuittona, joten uittoyhdistykset hoitavat jokisuilla noin 350 miljoonan markan arvoisten puiden jaon.

Kemijoen Uittoyhdistyksessä on viisi jäsentä, jotka kaikki luovuttavat puunsa uittoon jokivarressa ja vastaanottavat ne erottelun ja niputuksen jälkeen jälleen itselleen. Osakkaiden kesken tapahtuu kuitenkin huomattavia puutavaran vaihtoja: toinen yhtiö toimittaa ja ilmoittaa puut uittoon, mutta ne luovutetaankin jokisuulla toiselle yhtiölle. Metsähallitus on siitä erikoinen osakas, että se on suurin puutavaran uittoon toimittaja, mutta vastaanottaa jokisuulla vain ratapölkkyaihioita ja myy muun puutavaransa suoraan uitosta muille osakkaille.

Osakkaat luovuttavat puutavaransa uittoon kuorellisena kiintotilavuutena (m³), mikä on saatu pino- tai pystymittauksella. Uittoyhdistys luovuttaa puutavaran takaisin yhtiöille erottelun ja niputuksen jälkeen nippuluvun ja keskimääräisen nipun tilavuuden perusteella. Nipun keskitilavuus määritetään niputetusta nippumäärästä 5 %:n otannalla. Ontanippujen tilavuus saadaan A. Ahlström Osakeyhtiön kehittämällä ja valmistamalla, upotusmittaukseen perustuvalla

tilavuuden määrittäyslaitteella, jota kutsutaan nipunkuutioimislaiteeksi m/Ahlström. Näiden mittaustulosten pohjalta lasketaan kumuloituva keskitilavuus erikseen kullekin puutavaralajille ja niputuskoneelle.

Nipunkuutioimislaite antaa tilavuuden Kemijokisuulla kuorellisena sen kuoren mukaisesti, mikä puutavarassa on jäljellä luovutushetkellä. Koska puutavara luovutetaan täyskuorisena, täytyy tilavuudet muuntaa metsäpään kuorellisia mittoja vastaaviksi kaupallisiksi mittoiksi. Tällä toimenpiteellä saadaan niputettujen puutavaroiden tilavuudet verrannollisiksi uittoon luovutettujen tilavuuksien kanssa sekä erottelulla tapahtuvat puutavaran myynnit ja vaihdot keskenään vertailukelpoisiksi.

Hemmi (1965, 1966 ja 1968) on tutkinut mäntykuitupuun kuoren määrää Kemijokisuulla 1960-luvun puolivälissä. Tuosta ajasta ovat kuitenkin irtouitto sekä etenkin erottelu ja niputus kehittyneet huomattavasti koneellistumisen myötä. Kehitystä ilmentävät mm. uusi koneellistettu erottelu- ja niputuslaitos sekä peränajo metsäkoneilla. Tämänsuuntainen kehitys aiheuttaa puutavaran kuoriutumista yhä enenevässä määrin.

Tähän asti on kuoriutuminen uitossa sovittu osakkaiden kesken Hemmin tutkimustulosten pohjalta. Mäntykuitupuulla kuoren määrä on ollut vuoteen 1981 saakka 8 % jokisuun mittaustuloksesta laskettuna ja vuonna 1982 myös 8 %, mutta nyt metsäpään kuorellisesta tilavuudesta. Kuoren määränä metsäpäässä on uitossa käytetty 15 % (Metsäntutkimuslaitoksen

...). Vaikka myöhemmät tutkimukset ovat osoittaneet (Saikku ja Rikkonen 1976), että metsäpäässä on mäntykuitupuussa kuorta huomattavasti vähemmän eli 12 %, ei kuoriprosentteja ole toistaiseksi ilman uusia tutkimustuloksia haluttu muuttaa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää mäntykuitupuun kuoren määrä Kemijokisuulla nykyisen (1982) erottelun ja niputuksen jälkeisessä luovutustilanteessa. Lisäksi pyritään selvittämään syitä puiden kuoriutumiseen ja kahden eri mittausmenetelmän eroihin.

3. TUTKIMUSMENETELMÄ

3.1. Yleistä

Käsillä olevassa tutkimuksessa tarkasteltava mäntykuitupuuta uitettiin Kemijokisuulle ensin Ounasjoen ja sitten Kemijoen alueelta. Tutkimus aloitettiin juhannuksen tienoilla, ja se päättyi syyskuun lopussa.

Aineistona ollut mäntykuitupuuta niputettiin uiton jälkeen Kemijokisuulla noin 18 m³ nippuihin. Tutkimusta varten teetettiin kuitenkin vain 5 - 10 m³ nippuja.

Tutkimusnippu tehtiin sattumanvaraisesti jollain niputuskoneella ja hinattiin (noin 500 m) tutkimuspaikalle Kemijoen Leukalan rantaan. Tarkoitus oli käsitellä yksi nippu viikossa siten, että nippu teetettiin edellisen viikon lop-

pupuolella ja uitettiin maanantaiksi tutkimuspaikalle. Nipun käsittely pyrittiin saamaan valmiiksi perjantaina, jotta uuden, tuoreen nipun tutkimuksiin päästäisiin heti seuraavana maanantaiaamuna.

Tutkimuspaikka perustettiin nimenomaan tätä tutkimusta varten, sillä paikassa täytyi olla syväystä yli 2 metriä ja rannalla tarvittiin varsin runsaasti tilaa tutkimuspölkkyjen mittaukselle. Lisäksi rannan piti olla kova ja luhistumaton, koska mittauksissa käytettiin apuna kourakuormaajalla varustettua puutavara-autoa. Ranta vahvistettiin junttapaa-luilla ja joki ruopattiin riittävän syväksi. Nipun käsittelyn helpottamiseksi paikalle kiinnitettiin myös kaplaita.

Tutkimusryhmänä toimi työnjohtaja ja kaksi apumiestä. Työnjohtajan tehtävänä oli hoitaa mittaukset, tulosten kirjaaminen ja työnjohto sekä erityisesti valvoa puutavarapölkkyjen kuorinnan laatua. Apumiehet olivat lähinnä pölkkyjen kuorintaan palkattuja.

Puutavaran kuoren määrä saatiin selville siten, että ensin määritettiin puutavaran tilavuus kuorellisena ja sitten kuorettomana. Näiden tilavuuksien erotus oli kuoren määrä.

Tilavuus voidaan määrittää monella eri tavalla. Tässä tutkimuksessa käytettiin upotuspunnitusmenetelmää (hydros-taattinen mittaus) sekä pölkkyjen läpimittoihin perustuvaa tilavuuden laskentaa (stereometrinen mittaus). Upotuspunnitusmenetelmässä puutavara joudutaan kuorimaan kokonaan mää-

ritettäessä kuoretonta tilavuutta. Lämpimittoihin perustuvassa tilavuuden laskennassa tarvitsee kuorettoman tilavuuden määrittämiseksi kuoria ainoastaan läpimitan mittauskohta.

Upotuspunnitusmittaus perustuu Arkhimedeen lakiin. Sen mukaan kappale menettää painostaan veteen upotettuna yhtä paljon kuin sen syrjäyttämä vesimäärä painaa. Veden tiheys on likimain 1 g/cm^3 , joten tulos saadaan suoraan tilavuusyksikköinä painojen erotuksesta (Heiskanen 1979).

Upotuspunnitusmittaus käsittää seuraavat vaiheet:

- puutavara punnitaan ilmassa
- puutavara upotetaan veteen
- puutavara punnitaan vedessä
- ilmassa saadun painon ja vedessä saadun painon erotuksen laskeminen. Tästä tuloksesta vähennetään upotuslaitteen kourien tilavuus. Näin saatu tulos on puutavaran todellinen kiintotilavuus (Heiskanen 1979).

Pölkystä mitattujen läpimittojen perusteella pölkyn tilavuus saadaan kuutiointikaavoilla.

Upotuspunnitusmenetelmässä puutavara voidaan mitata muutaman pölkyn erissä, mutta silloin kun tilavuudet laskeaan kuutiointikaavoilla, tutkimusaineisto joudutaan käsittelemään pölkkyittäin. Upotuspunnitusmenetelmässä puut siis mitataan sekä ilmassa että vedessä. Mittauksia varten teetettiin Uittoyhdistyksen pajalla 185 kg painava teline ri-

pustusketjuineen. Ilmassa punnituksessa telineen tehtävänä oli pitää puut sellaisessa asennossa, että yhdistelmän massa voitiin määrittää. Vedessä punnittaessa sen tehtävänä oli upottaa yhdistelmä. Telineen neljästä kulmasakarasta lähti ketjut, jotka yhdistettiin painonmittausanturin alapuolella yhdeksi ketjuksi. Painonmittausanturin yläpuolella koko yhdistelmä ripustettiin niinikään ketjuilla kuormaimen, jolla sitä voitiin nostella ja liikutella. Painonmittausanturista saatiin taakan paino selville näyttölaitteen avulla.

32. Puutavaran käsittely ja mittaukset

Nippu hajotettiin kaplaiden väliin ja nostettiin koura-kuormaimella rannalle tarkasti seuraten, että kaikki nipussa olleet puut tulivat mukaan. Nipussa oli erotteluteknisistä syistä mukana mäntykuitupuun lisäksi myös kuusikuitupuuta, keloja sekä mahdollisesti myös mäntytukkeja ja ratapölkkyaihioita. Koska tutkimuksessa selvitettiin ainoastaan tuoreen ja ylivuotisen mäntykuitupuun kuorimäärä, kaikki muut puutavaralajit eroteltiin pois tutkimusaineistosta. Ylivuotinen puutavara erotettiin tuoreesta sillä perusteella, että siinä oli toukansyömiä, pölkyn pää oli pihkottunut, ja väri oli harmahtava.

Pölkkyjen pituus vaihteli 2 - 6 m, ja mukana oli sekä määräpituista että likipituista puutavaraa.

Tutkittavasta puutavarasta muodostettiin muutamia pölkkyjä (1 - 10 kpl) käsittäviä taakkoja. Taakkojen koon määräsi mittauslaite, jonka punnitusalue oli 500 kg:aan asti.

Pölkkyluku vaihteli tämän takia yksittäisten pölkkyjen painojen mukaan. Taakat muodostettiin niin, että tuoreet ja ylivuotiset pölkkyt eroteltiin omiin taakkoihinsa. Kun puutavara oli nostettu maalle, sen kuivuminen pyrittiin alkukeksällä estämään muovipeitteellä. Tämä oli kuitenkin hankalaa ja tehotonta, joten melko pian muovin käyttö korvattiin pölkkyjen sadetuksella. Taakat erotettiin toisistaan maahan lyödyillä kepeillä, jotta ne eivät sekaantuisi keskenään.

Taakkojen muodostamisen jälkeen voitiin aloittaa upotuspunnitusmittaukset. Ennen mittauksiin ryhtymistä täytyi kuitenkin mittauslaitteisto kalibroida ja tutkimuksessa käytetyn telineen paino mitata sekä ilmassa että vedessä. Näistä kahdesta mittauksesta saatiin selville telineen tilavuus, joka jatkossa täytyi vähentää taakan painomittausten erotuksista puutavaran oikean kiintotilavuuden selvittämiseksi.

Tutkimuksen kulku oli seuraava. Taakka nostettiin telineeseen kuormaimella. Massa mitattiin ensin ilmassa ja välittömästi tämän jälkeen veteen upotettuna. Teline upotettiin aina samaan, ennalta määrättyyn syvyyteen. Upotussyvyys oli maalattu kettinkiin, jolla telinettä kannateltiin ja liikuteltiin.

Saadut punnitustulokset merkittiin mittauslomakkeelle kuten myös nipun ja taakan numero (liite 1). Taakan kuorellinen tilavuus saadaan punnitustuloksista seuraavasti:

$$V_{\text{kuorell.}} = A - B - T, \text{ jossa} \quad (1)$$

A = taakan massa ilmassa, kg

B = " " vedessä, kg

T = telineen tilavuus (= telineen massa ilmassa
- telineen massa vedessä)

(Ahonen 1964)

Vedessäpunnituksen jälkeen pölkyt asetettiin jatko-
toimia varten takaisin maalle telojen päälle. Pölkyjen
kuivuminen pyrittiin edelleen estämään kastelulla.

Kun kaikki taakat oli punnittu, tutkimusryhmän johtaja
aloitti pölkyjen läpimittojen mittaukset. Hän käsitteli
pölkyt yksitellen ja merkitsi mittauslomakkeelle tuloksen
laskentaa varten tarvittavat tiedot (liite 1).

Pölkystä merkittiin lomakkeelle ensin numero, asema ja
laatu. Numero oli juokseva 1 - 99. Asema saattoi olla
1 = tyvipölkkyy, 2 = välipölkkyy tai 3 = latvapölkkyy. Tyvi-
pölkyiksi eroteltiin silmävaraisen tarkastelun perusteella
sellaiset pölkyt, joissa oli esim. tyvilaajenema tai kaato-
kolo tai jotka pystyttiin paksun kaarnan perusteella erotta-
maan tyviksi. Latvapölkyt olivat runsasokksaisia, sileäkuo-
risia, usein nopeasti kapenevia pölkyjä, joiden latvaläpi-
mitta oli pieni. Välipölkyt olivat suurimmaksi osaksi tuk-
kiosan katkaisun jälkeen tehtyjä pölkyjä. Laatu oli joko
1 = tuore tai 2 = ylivuotinen.

Pölkystä mitattiin ensin pituus senttimetrin tarkkuudella (aleneva luokitus). Läpimitat mitattiin millimetrin tarkkuudella (aleneva luokitus) vaakasuorassa suunnassa 1/4-pituudelta, keskeltä ja 3/4-pituudelta tyvestä lukien. Ensin mitattiin kuorelliset läpimitat. Sitten kuori katkaistiin mittauskohdista (= pölkyn molemmilta sivuilta) noin 1,5 cm päähän toisistaan tehdyillä poikkisahauksilla. Kuori poistettiin sahausten väliltä taltalla tarkoin varoen, ettei puuainetta poistettu. Kuoreton läpimitta pyrittiin ottamaan täysin samasta kohdasta kuin kuorellinenkin ja välittömästi edellisen mittauksen ja kuorinnan jälkeen. Näiden mitausten lisäksi mitattiin vielä sydänpuun läpimitta millimetrin tarkkuudella vaakasuorassa suunnassa sekä pölkyn tyvestä että latvasta. Sydänpuun mahdollista vaikutusta kuorituskimustuloksiin ei kuitenkaan pyritty aineiston käsittelyvaiheessa selvittämään.

Tutkimusryhmän vetäjän mitatessa läpimittoja apumiehet aloittivat pölkkyjen kuorinnan. Puut kuorittiin nilapuh-taiksi ja kuten jo edellä mainittiin niin, että puosa säilyi ehdottomasti koskemattomana. Kuorinta aloitettiin kuorimaraudalla, jolla poistettiin pääosa kuoresta. Lop-puosa kuoresta ja nilasta poistettiin puukolla ja teräshar-jalla. Oksien ympäristö puhdistettiin huolellisesti lähinnä puukolla ja teräsharjalla.

Taakkojen kuoreton tilavuus määritettiin välittömästi, kun kaikki pölkkyt oli kuorittu tai viimeistään perjantaina iltapäivällä. Pölkkyjä ei voinut jättää rannalle viikonlo-puksi, sillä ne olisivat saattaneet kuivua liiaksi, ja toi-

saalta uuden nipun käsittelyyn oli hyvä päästä heti maanantaiaamuna aineiston edustavuuden parantamiseksi.

Kuoreton tilavuus mitattiin samalla tavalla kuin kuorellinenkin eli ensin määritettiin taakan massa ilmassa ja sitten vedessä. Näiden punnitusten erotus vähennettynä teelineen tilavuudella oli kuoreton tilavuus.

33. Kuorimäärän ilmaiseminen

Tutkittaessa puutavaran kuorimääriä tilavuuden perusteella tulokset voidaan esittää seuraavilla tavoilla.

- Kokonaiskuoriprosentti, joka Suomessa lasketaan kuorellisesta kiintotilavuudesta. Laskentakaava on tällöin seuraava.

$$K-\% = 100 \times \frac{V_k - V_p}{V_k}, \text{ jossa} \quad (2)$$

$K-\%$ = kokonaiskuoriprosentti

V_k = kuorellinen kiintotilavuus, m^3

V_p = kuoreton " " , m^3

(Heiskanen ja Rikkonen 1976)

Tässä tutkimuksessa on upotuspunnitusmenetelmän perusteella saadut, kuoren määrää kuvaavat prosentit laskettu esitetyllä tavalla Kemijokisuun kuorellisesta kiintotilavuudesta.

- Latvakuoriprosentti eli kuoriprosentti pölkyn latvassa lasketaan latvaläpimitan mukaisen kuorellisen poikki-leikkauksen pinta-alasta seuraavan kaavan mukaisesti.

$$K_{1-\%} = 100 \times \frac{G_k - G_p}{G_k}, \text{ jossa} \quad (3)$$

$K_{1-\%}$ = latvakuoriprosentti

G_k = latvaleikkauksen kuorellinen pinta-ala, cm^2

G_p = " " kuoreton pinta-ala, cm^2

(Heiskanen ja Rikkinen 1976)

- Keskuskuoriprosentti eli kuoriprosentti pölkyn pituuden puolivälissä lasketaan vastaavalla kaavalla keskusläpimitan mukaisen ympyrän pinta-alasta (Heiskanen ja Rikkinen 1976).

Läpimittoihin perustuvan kuoriprosentin määrittämiseen sovellettiin latva- ja keskuskuoriprosenttien laskenta-kaavaa.

$$K_{1\text{pm}-\%} = 100 \times \frac{(G_1+G_2+G_3) - (G_4+G_5+G_6)}{(G_1+G_2+G_3)}, \text{ jossa} \quad (4)$$

$K_{1\text{pm}-\%}$ = kuoriprosentti läpimittojen perusteella

G_1 = kuorellinen poikkipinta-ala pölkyn pituudelta 1/4

G_2 = " " " " " 1/2

G_3 = " " " " " 3/4

G_4 = kuoreton " " " " 1/4

G_5 = " " " " " 1/2

G_6 = " " " " " 3/4

Edellinen kaava on sievennettyä ja sellaisessa muodossa, jossa sitä käytettiin, seuraava.

$$K-\% = 100 \times \frac{(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2) - (d_4^2 + d_5^2 + d_6^2)}{(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2)}, \text{ jossa} \quad (5)$$

K-% = kuoriprosentti

d_1 = pölkyn läpimitta 1/4 pituudelta kuorellisena

d_2 = " " 1/2 " "

d_3 = " " 3/4 " "

d_4 = " " 1/4 " kuorettomana

d_5 = " " 1/2 " "

d_6 = " " 3/4 " "

Kuoren määrä voidaan ilmaista myös massaosuutena. Tunnuslukuna käytetään massaprosenttia, joka lasketaan seuraavan kaavan mukaan.

$$m-\% = 100 \times \frac{a}{A}, \text{ jossa} \quad (6)$$

m-% = massaprosentti

a = kuoren massa, kg

A = kuoren ja puuaineen massa, kg

(Kärkkäinen 1976)

34. Mittauslaitteet

Punnituksissa mittauslaitteena oli modifioitu Bofors BKI-2. Siinä oli digitaalinen näyttöyksikkö, josta taakan massan saattoi suoraan lukea. Laite oli verkkovirtakäyttöinen.

Näyttöyksikölle taakan paino tuli voimanmittausanturilta Bofors KRG-4. Anturin nimellispunnitusalue oli 500 kg:aan asti, mutta turvallinen ylikuormitus oli 75 % edellisestä. Laitteen rikkoutumatta sillä voitiin siis punnita jopa 875 kg taakkoja.

Laitteen tarkkuus oli sisäolosuhteissa jopa $\pm 0,05$ %, mutta ulkona noin ± 1 %. Lisäksi tuli ottaa huomioon tuulesta ja lämpötilanvaihteluista aiheutuvat virheet.

Mittausjärjestelmä kalibroitiin aina mittausten alettua sekä silloin, kun epäiltiin mittaustulosten oikeellisuutta. Kalibrointi tehtiin

joko laitteen sisään rakennetun vastuskalibroinnin avulla
tai punnitsemalla tunnetun painoista punnusta
(Kemissä punnus painoi 512 kg).

Läpimittojen mittauksiin käytettiin mittasaksia, joissa oli millimetriasteikko.

4. AINEISTO

41. Perusaineisto

Tutkimusaineistona oli Kemijoen Uittoyhdistyksen irtouittona kuljettava mäntykuitupuu. Uittoyhdistyksen koko uittomäärä oli vuonna 1982 noin 1,6 milj. m³, josta mäntykuitupuuta noin 650 000 m³. Keskimääräinen uittomatka oli 340 km, mutta puutavaraa uitettiin kauimpaa jopa noin 500 km päästä.

Uitettava puutavara ajettiin pääasiassa talven aikana uittovarastoihin jokien rantatörmille tai jäälle. Uitto aloitettiin toukokuun puolivälissä ja puutavara vyörytettiin rantatörmiltä veteen tehokkailla kourakuormajilla sekä aiemmin yleisesti käytetyillä puskutraktoreilla. Peränajo aloitettiin samanaikaisesti veteenpanon kanssa ja siinä käytettiin apuna isopyöräisiä, noin 1,5 m syvyisessä vedessä kulkevia metsätraktoreita.

Säännöstelemättömiltä jokien latvauomilta uitto eteni nopeasti pääväylän vastuille. Luiron, Kitisen ja Kemijoen latvan puut pysäytettiin vastuulla ennen Kemijärveä ja hinnattiin sitten järven yli noin 70 km matka kavennettuina kupopuomilauttoina, joiden keskikoko oli noin 7 000 m³.

Kemijärven alapuolelta uitto jatkui pääasiassa veden virtauksen myötä. Uittoväylä oli suurimmaksi osaksi erotettu rannoista ohjepuomituksilla. Voimalaitosten ohi puutavara uitettiin uittokouruja pitkin. Näitä oli yhteensä 11 kpl, joista pisin 5,2 km.

Kemijokisuun erottelulla puut eroteltiin neljä sisääntottoa käsittävällä pitkän puutavaran erottelulla (liite 2) seuraaviin yhteiserotteluryhmiin.

1. Mäntysahapuut
2. Mäntykuitupuut
3. Kuusikuitu- ja kuusisahapuut
4. Ratapölkkyaihiot

Erottelu alkoi sillä, että eroteltava suma painettiin neljälle kääntelykoneelle radio-ohjattavien laivojen avulla. Erottelukanaviin käännellystä sumasta eli niin sanotusta "lössistä" vedettiin erilleen omiin luikkuihinsa mäntytukit ja ratapölkkyaihiot niiden päissä olevien värimerkkien perusteella. Kuusitukit ja kuusikuitupuut vedettiin omaan yhteiseen luikkuunsa. Suurin erotteluryhmä, mäntykuitupuut, ohjattiin erottelukanavassa suoraan lössinä niputuskoneille, kun taas sivuun vedetyt puut jouduttiin uudelleen kääntelemään koneilla ennen niputusta. Kuitupuut saattoivat sekaantua jonkin verran keskenään.

Niputuksen jälkeen puutavaraniput tarakoitiin noin 200 nippua käsittäviin nippulauttoihin, jotka hinattiin osakkaiden tehtaille tai erilaisiin varastopaikkoihin.

42. Tutkimusaineisto

Tutkimusaineistoksi tästä uitetusta, erotellusta ja niputetusta mäntykuitupuumäärästä (noin 650 000 m³) otettiin 12 nippua (60 m³). Niput teetettiin tutkimusta varten satumanvaraisesti ja tasaisesti neljältä eri niputuskoneelta.

Ne tehtiin normaalia nippua (noin 18 m^3) paljon pienemmiksi (noin $5 - 10 \text{ m}^3$) aineiston edustavuuden parantamiseksi, sillä viikossa työryhmä ei ehtinyt käsitellä suurempaa puumäärää. Tutkimusaineisto oli siis erittäin pieni (noin $0,001 \%$) uitettuun puumäärään verrattuna.

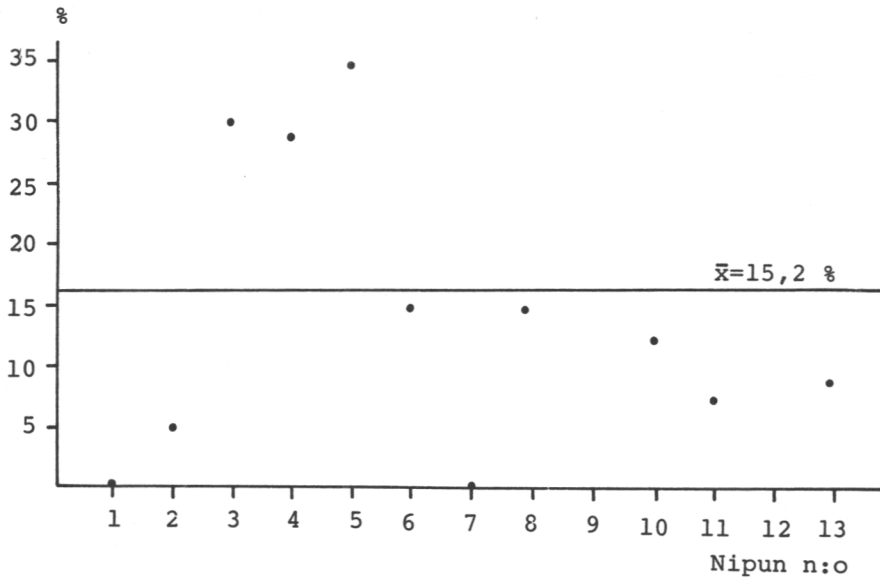
Tutkimukset päästiin aloittamaan tehokkaasti vasta 5. päivänä heinäkuuta, koska tutkimusryhmän opettamisessa ja ennen kaikkea tutkimuspaikan rakentamisessa meni runsaasti aikaa. Tutkimuksen aikana oli vaikeuksia mm. puiden kuivumisen ja vedenpinnan korkeuden kanssa. Veden pinta laski jopa niin alas, että taakat saattoivat koskettaa pohjaa upotusmittauksessa. Myös voimamittausanturissa esiintyi viikoja. Nippu n:o 5 jouduttiinkin mittaamaan $10\,000 \text{ kg}$:n anturilla normaalin 500 kg :n anturin sijasta. Tutkimusaikaan sattui myös paha syysmyrsky (Mauri), joka nosti veden pintaa noin 2 m . Vesi tulvi tutkimuspaikalle ja vei nipun n:o 12 valmiiksi kuoritun puutavaran mennessään. Tästä nipusta ei saatu kuoriprosentteja punnitusten perusteella, koska puuta ei oltu vielä ehditty mitata kuorettomina. Näin upotuspunnitusmittauksissa oli käytettävissä ainoastaan 11 nipun (55 m^3) aineisto, jonka rakenne selviää liitteestä 3. Samassa liitteessä on myös läpimittojen mittausaineisto.

Nippua n:o 9 ei ole olemassakaan, koska tutkimusryhmän johtaja vaihtui 8:nnen nipun jälkeen ja tutkimuksiin tuli viikon tauko. Muuten mittaus sujui nopeudella nippu/viikko, vaikka nippujen koko vaihteli huomattavasti. Ensimmäinen nippu tutkittiin siis viikolla 27 (5.- 9.7.) ja muut tasaisesti viikon välein. Viimeinen nippu n:o 13 käsiteltiin

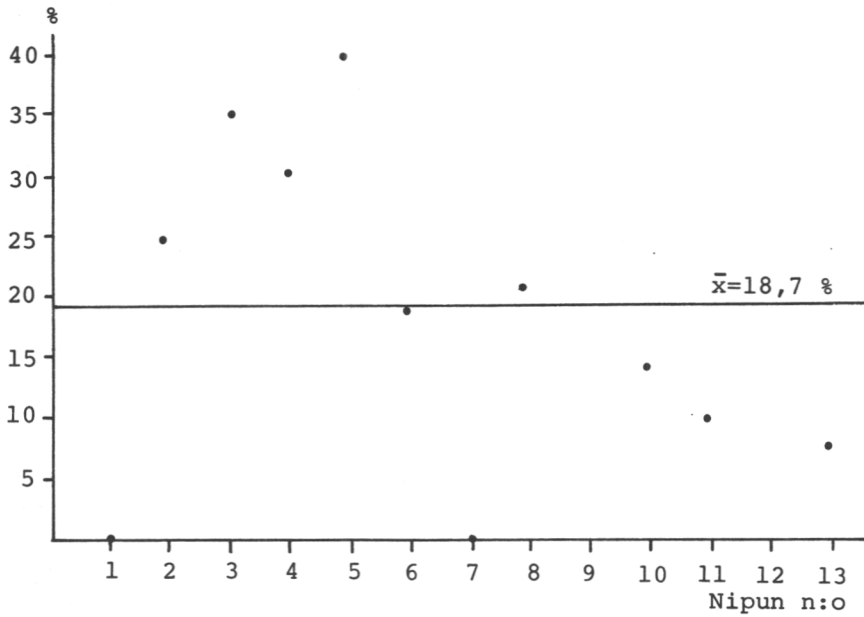
viikolla 39 (27.- 30.9.) (liite 3). Muutamien taakkojen punnitustulokset jouduttiin poistamaan epäselvyyksien vuoksi. Tästä johtuvat erilaiset taakkaluvut eri mittausmenetelmissä.

Upotuspunnitusmittauksella mitattiin 139 taakkaa, joista 26 oli ylivuotista ja 113 tuoretta puutavaraa. Ylivuotisten prosenttiosuudeksi taakkojen lukumäärästä tuli 18,7 %. Pölkkyjen läpimitat mitattiin vastaavasti 156 taakasta. Näistä 31 oli ylivuotista ja 125 tuoretta puutavaraa. Ylivuotisten prosenttiosuus oli täten 19,9 %. Pölkkyjä taakoissa oli 1038 kpl. Näistä 215 kpl oli ylivuotisia ja 823 kpl tuoreita. Ylivuotisia pölkkyjä oli siis 20,7 %. Upotuspunnitusmittauksissa ylivuotista mäntykuitupuuta oli 8,3 m³ eli 15,2 %. Uittoilmoitusten perusteella laskettuna uitossa oli ylivuotista mäntykuitupuuta 163 067 m³ eli 24,9 %.

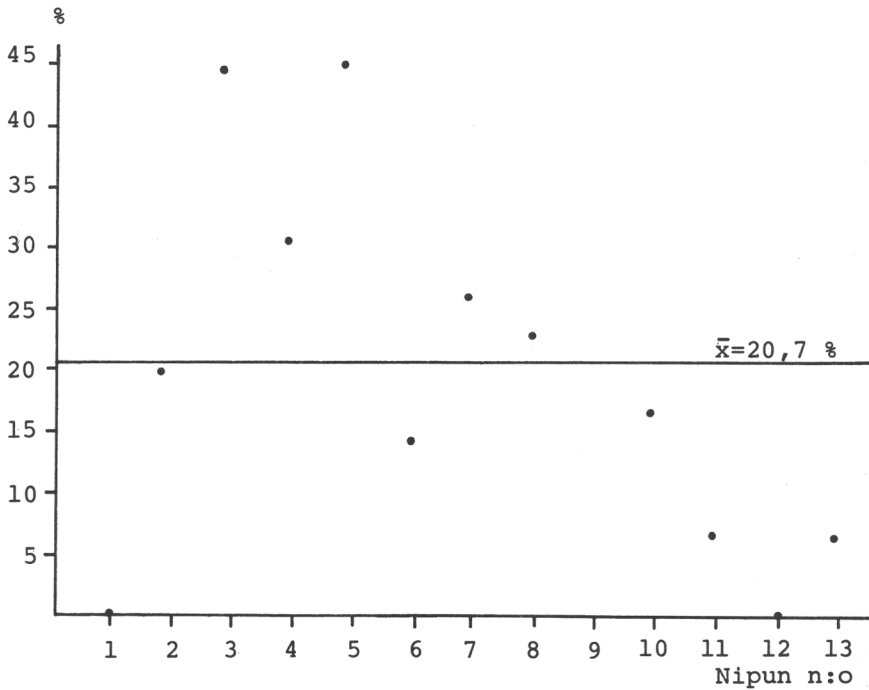
Ylivuotisten pölkkyjen prosentuaaliset osuudet niput-tain selviävät kuvista 1, 2 ja 3.



Kuva 1. Ylivuotisen puutavaran prosenttiosuus punnitsemalla tutkitusta puumäärästä (m^3).



Kuva 2. Ylivuotisen puutavaran prosenttiosuus punnitustaakoista.



Kuva 3. Ylivuotisen puutavaran prosenttiosuus mitatuista pölkyistä.

Kuten edellä mainittiin, uittoilmoitusten perusteella uitossa oli ylivuotista mäntykuitupuuta 24,9 %. Tutkimusaineistoon ei kuitenkaan saatu tätä määrää ylivuotista, vaan se jäi jonkin verran pienemmäksi. Tämä johtuu osaksi siitä, että tutkimusnipun otto oli täysin sattumanvaraista ja osaksi siitä, että ylivuotinen puutavara tulee uiton mukana ilmeisesti eräänlaisina sumina. On myös oletettavaa, että koska tutkimus alkoi melko myöhään, niin ylivuotiset puut ehtivät suureksi osaksi mennä uiton läpi jo alkukesästä. Tutkimusnippujen teossa epäonnistuttiin siinä mielessä, että niistä tuli hieman liian isoja. Nipun kaikkia puita ei täten voitu ottaa tutkimukseen mukaan ja ilmeisesti ylivuotisia puita jätettiin pois mieluummin kuin tuoreita, joita oli helpompi käsitellä.

Aseman suhteen pölkkyjen jakauma ilmenee taulukosta 1.

Taulukko 1. Pölkkyjen jakauma aseman suhteen.

Pölkkyjen laatu	Tyvi-pölkyt kpl	Väli-pölkyt kpl	Latva-pölkyt kpl	Yhteensä kpl
Tuore	320	289	214	823
Ylivuotinen	68	72	75	215
Yhteensä	388	361	289	1038

Pölkkyt jakautuvat melko tasaisesti aseman suhteen, joten minkään pölkkylaadun ei voida katsoa vaikuttavan dominoivasti saataviin kuoriprosentteihin.

Mitattujen pölkkyjen jakautuminen läpimittaluokkiin näkyy liitteestä 4. Jaottelu on tehty kuorettoman keskusläpimitan mukaan. Jakaumasta ilmenee, että ylivuotiset pölkkyt ovat olleet läpimitaltaan jonkin verran pienempiä kuin tuoreet pölkkyt. Molemmissa puutavaralajeissa ovat välipölkkyt olleet hiukan järeämpiä kuin muut pölkkyt. Välipölkkyjen suuruus johtuu siitä, että ne ovat yleensä tukkiosan katkaisun jälkeen tehtyjä pölkkyjä.

43. Aineiston käsittely

Kaikki aineiston käsittelyn vaatimat laskentatyöt tehtiin Metsäntutkimuslaitoksessa. Aineiston loogisuus tarkistettiin manuaalisesti. Tämän jälkeen tiedot tallennettiin mittausslomakkeilta tietokoneen muistiin.

Kokonaiskuoriprosentti laskettiin punnitustulosten perusteella sivulla 16 esitetyn kaavan (2) mukaan. Ensin tietokone laskee kuoriprosentit taakoittain ja yhdisti ne sitten nipuittain erikseen tuoreelle, ylivuotiselle ja koko nipulle. Lopuksi laskentatuloksena saatiin kuoriprosentti koko aineistolle sekä erikseen tuoreelle ja ylivuotiselle puutavaralle.

Läpimittojen mittausten pohjalta kuoriprosentti laskettiin sivulla 18 olevalla kaavalla (5). Ohjelma oli suunnitteen samanlainen kuin punnitustenkin perusteella laskettaessa. Erona oli ainoastaan se, että kuoriprosentti laskettiin ensin pölkyittäin ja tulokset yhdistettiin sitten taakojen kuoriprosentiksi. Näin saatiin ensimmäiset kahdella eri mittaustavalla lasketut tulokset vertailtaviksi keskenään. Laskenta jatkui samalla tavalla kuin punnitustulostenkin yhteydessä.

Pölkyttäisistä mittauksista pystyttiin laskemaan myös läpimittaluokittaiset kuoriprosentit sekä kuoriprosentit eri tavaralajeille.

Massaprosentti laskettiin sivulla 18 esitetyllä kaavalla (6).

5. TUTKIMUKSEN TULOKSET

51. Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti

Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti laskettiin sekä upotuspunnitusmittausten että läpimitan mittausten perusteella. Tulokset ilmenevät seuraavasta asetelmasta.

Pölkkyjen laatu	Punnitusten mukaan, %	Läpimittojen mukaan, %
Tuore	5,3	4,8
Ylivuotinen	2,4	1,9
Keskimäärin	4,9	4,3

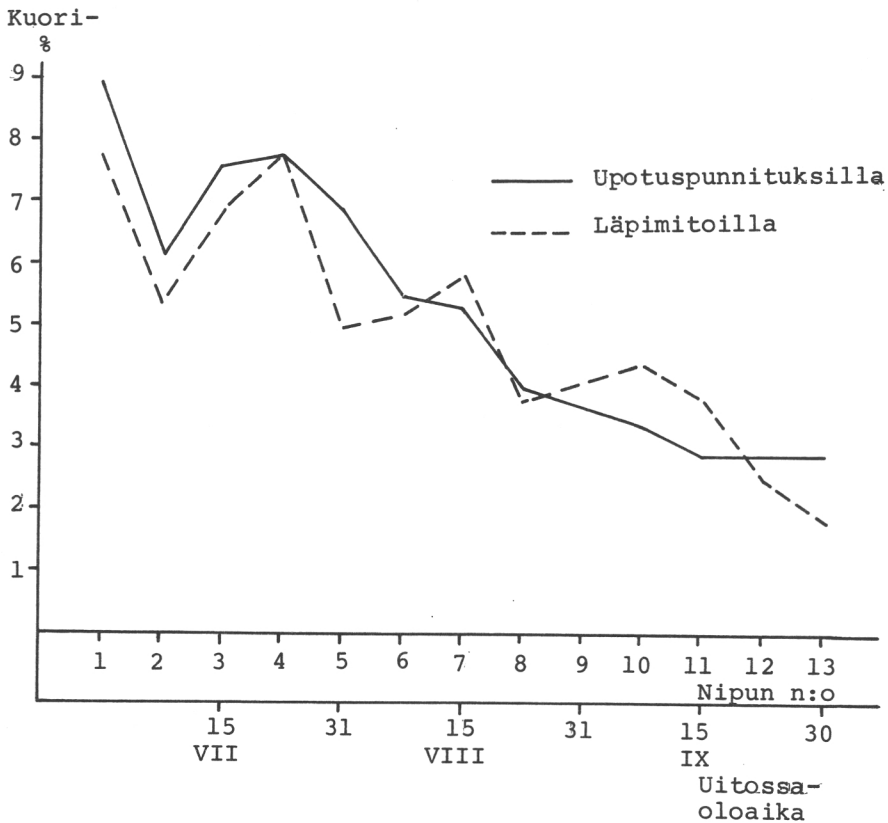
Punnituksilla saatu kuoriprosentti on 0,6 prosenttiyksikköä suurempi kuin läpimittojen perusteella laskettu. Eri mittaustavoilla saatujen tulosten ero pysyy suunnilleen samansuuruisena sekä tuoreella että ylivuotisella puutavaralla.

52. Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti nipuittain

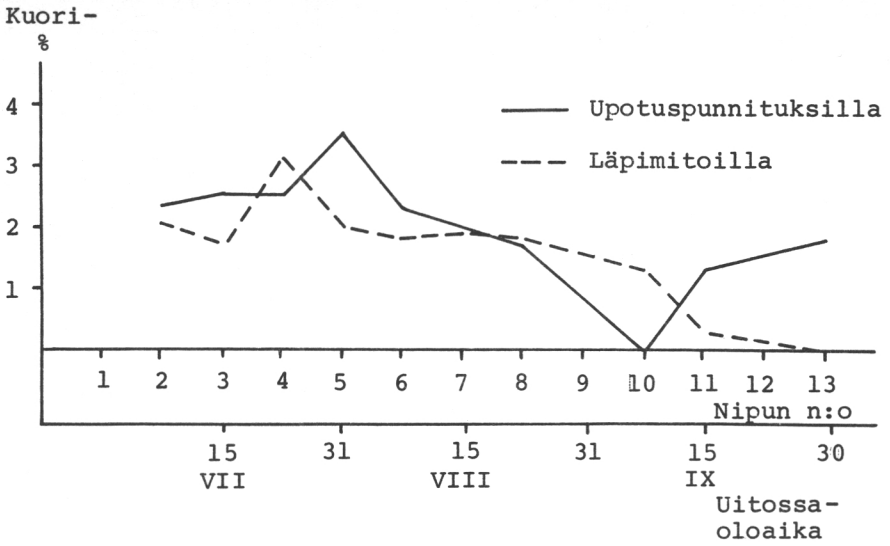
Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti nipuittain ja koko aineistossa selviää liitteestä 5. Nipuittainen kuoriprosentti laskee tuoreella mäntykuitupuulla nipun numeron suuretessa, eli mitä kauemmin puutavara on ollut uitossa. Poikkeuksena ovat niput n:o 2 ja 4 (kuva 4). Nippu n:o 2 on sattunut olemaan kuoriutuneempi kuin seuraavat. Neljännen nipun kuoriprosentin nousu on selitettävissä sillä, että tyvipölkkyjen osuus on siinä suurempi kuin muissa nipuissa. Ylivuotisessa puutavarassa on sama, selvästi aleneva suunta kuin tuoreessakin, mutta se ei ole yhtä säännöllinen. Ilmeisesti tämä johtuu osaksi pienemmästä tutkimusaineistosta ja osaksi siitä, että veden liottava vaikutus ei tehoa ylivuotiseen puutavaraan siinä määrin kuin tuoreeseen.

Kuoriprosentit uitossaoloajan funktiona näkyvät kuvista 4, 5 ja 6. Uitossaoloaika on suoraan verrannollinen nipun numeron kanssa siten, että ensimmäinen nippu on ollut uitossa heinäkuun alkuun asti ja seuraava aina viikon kauemmin. Viimeinen nippu on ollut uitossa syyskuun loppuun.

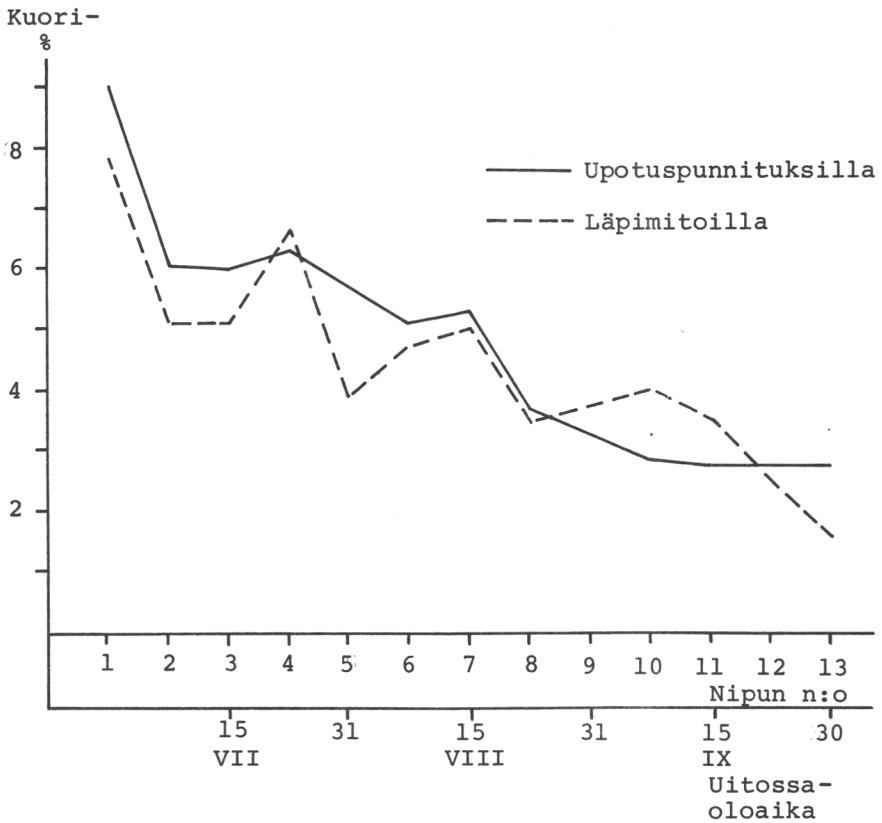
Upotuspunnitusmittauksilla saatiin tuoreen puutavaran nipuittaiset kuoriprosentit laskeviksi uitossaoloajan funktiona. Samoin kävi läpimittojen perusteella laskettujen kuoriprosenttien, mutta ne vaihtelivat enemmän kuin edelliset liikkuen upotuspunnitusmittauskäyrän molemmin puolin.



Kuva 4. Tuoreen puutavaran nipuittaiset kuoriprosentit.



Kuva 5. Ylivuotisen puutavaran nipuittaiset kuoriprosentit.



Kuva 6. Koko aineiston nipuittaiset kuoriprosentit (tuore ja ylivuotinen puutavara yhdistettynä).

Nipuittaisten kuoriprosenttien keskiarvoksihan saatiin upotuspunnitusmittauksilla 5,3 % ja läpimittojen perusteella 4,8 %.

Ylivuotisen puutavaran osalta saatiin kuoriprosentille myös sama laskeva suunta uitossaoloajan funktiona kuin tuoreellakin puutavaralla. Lasku ei ole kuitenkaan yhtä jyrkkä, vaan se tapahtuu huomattavasti loivemmin. Punnitusten perusteella saadut tulokset ovat yleisesti ottaen hiukan suurempia kuin läpimittojen pohjalla lasketut. Suurimman poikkeuksen tekee ainoastaan nippu n:o 10. Syynä on se, että tutkittavana oli ainoastaan yksi taakka. Koko aineistolle lasketut keskiarvot ovat punnituksilla 2,4 % ja läpimitoilla 1,9 %. Punnituksilla saadut tulokset ovat täten 0,5 prosenttiyksikköä suuremmat.

Kun puutavaralajit yhdistetään, nipuittaiset kuoriprosentit laskevat verrattain tasaisesti uitossaoloajan funktiona niin, että punnituksissa saadut tulokset ovat suurimmaksi osaksi isompia kuin läpimitoilla lasketut. Koko aineistolle lasketut keskiarvot ovat punnitusten mukaan 4,9 % ja läpimittojen mukaan 4,3 %. Kuoriprosentit laskevat ensimmäisen nipun 9,0 %:sta viimeisen nipun 1,6 %:iin.

53. Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti erotellulla puumäärällä painotettuna

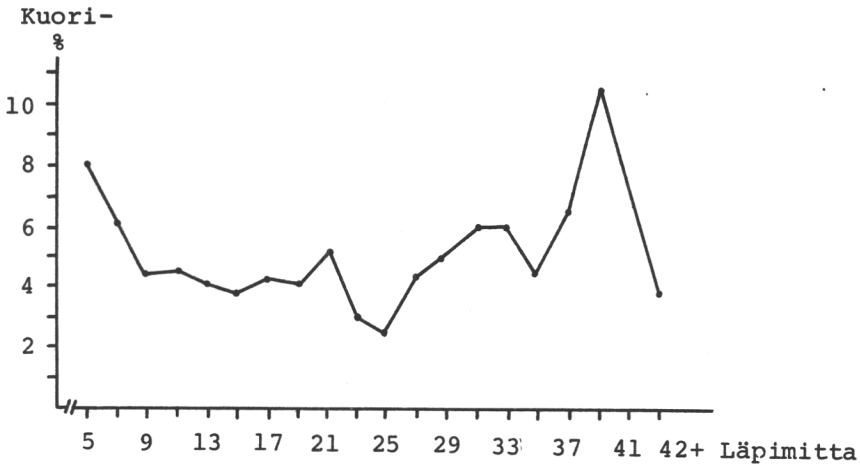
Tutkitun nipun kuoriprosenttia painotettiin edellisen viikon erotellulla mäntykuitupuumäärällä. Tulokset ilmenevät liitteestä 6. Tällöin keskimääräiseksi kokonaiskuo-

riprosentiksi saatiin upotuspunnitusmittausten perusteella 4,5 % ja läpimittojen mittausten perusteella 4,3 %. Koska erotteluteho nousi loppukesää kohti huomattavasti, niin lopussa saadut pienet prosentit painavat enemmän kuin alkukesän prosentit. Tästä johtuen kokonaiskuoriprosentti laskee hieman tai pysyy samana.

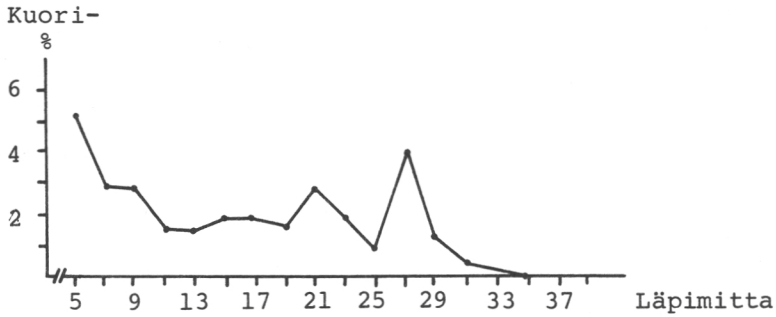
54. Läpimittaluokittaiset kuoriprosentit

Läpimittaluokittaiset kuoriprosentit näkyvät liitteestä 7. Ne on laskettu erikseen tuoreelle ja ylivuotiselle puutavaramalle ja esitetty graafisesti kuvissa 7 ja 8.

Läpimittaluokittaiset kuoriprosentit näyttävät käyttäytyvän samoin, kuin Saikku ja Rikkonen (1976) ovat tutkimuksessaan esittäneet täysin kuoriutumattoman mäntykuitupuun



Kuva 7. Läpimittaluokittaiset kuoriprosentit. Tuore mäntykuitupuun.



Kuva 8. Läpimittaluokittaiset kuoriprosentit.
Ylivuotinen mäntykuitupuu.

ollessa kyseessä. Kuoriprosentti laskee läpimitan kasvaessa, mutta suurilla läpimitoilla se nousee uudelleen. Tuoreet ja ylivuotiset pölkyt käyttäytyvät uitossa samalla tavalla. Tässä tutkimuksessa aineisto on kuitenkin sen verran pieni (varsinkin suurista läpimitoista) ja lukuarvojen hajonta vastaavasti suuri, ettei tuloksia voida pitää kovin luotettavina, mutta suuntaa antavina kylläkin.

55. Kuoriprosentti rungon eri osista tehdyillä pölkyillä

Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti tyvi-, väli- ja latvapölkyillä ilmenee taulukosta 2.

Taulukko 2. Kuoriprosentti pölkyn asema rungossa mukaan.

Pölkyn asema rungossa	Kuoriprosentti	
	Tuore %	Ylivuotinen %
Tyvipölkyt	7,9	1,9
Välipölkyt	2,7	1,9
Latvapölkyt	2,8	1,7
Keskimäärin	4,8	1,9

Tuoreella mäntykuitupuulla tyvipölkkyjen kuoriprosentti on huomattavasti korkeampi kuin muilla pölkyillä. Ero tyvipölkkyjen ja muiden pölkkyjen välillä on yli 5 %. Sen sijaan ylivuotisella puutavaralla kuoriprosentit ovat melkein samat eri pölkkylajeilla. Nipuittaisissa kuoriprosenteissa tyvipölkkyjen osuus saattaa aiheuttaa vaihtelua, mutta koko aineistossa pölkkyjen jakauma eri lajeihin oli niin tasainen, ettei sen katsota vaikuttavan tuloksiin.

56. Kuoren määrä massaprosentteina

Kuoren määrä voidaan ilmaista myös massaprosenttina, mutta tässä tutkimuksessa saatu tulos on erittäin epämääräinen, koska puutavaran kosteutta ei pystytty pitämään samana koko tutkimuksen ajan. Ensimmäisen punnituksen aikana puutavara oli vesimärkää, mutta seuraavaan punnitukseen mennessä puuaineesta ehti haihtua vettä melkoisesti ja näin tuloksiin saattoi tulla huomattavaakin kuoriprosentin yliarviointia. Seuraavassa asetelmassa esitetään käsillä olevan tutkimuksen aineistosta laskettu kuoren määrä massaprosentteina verrattuna Hakkilan (1967) tutkimuksen tuloksiin.

	Pölkkyjen laatu	Kuoriprosentti tilavuudesta massasta	
Hakkila (1967)		12,3	9,2
Tämä tutkimus	Tuore	5,3	5,4
	Ylivuotinen	2,4	3,5

Asetelmasta huomataan, että oletus yliarvioinnista ilmeisesti pitää paikkansa.

6. MÄNTYKUITUPUUN KUORIUTUMINEN IRTOUITOSSA KEMIJOELLA

Saikun ja Rikkosen (1976) tutkimuksen mukaan mäntykuitupuussa on kuorta Pohjois-Suomessa 11,4 %. Kuoriprosentin laskennassa oli aluejakona Pohjois-Suomessa Lappi ja Kainuu. Lappiin, josta käsillä olevan tutkimuksen aineisto oli, luettiin Lapin ja Koillis-Suomen piirimetsälautakunnat. Lapin kuoriprosentiksi saatiin 10,8 %.

Tehtäessä päätelmiä mäntykuitupuun kuoriutumisesta uitossa lähdetään tässä tutkimuksessa siitä, että ennen korjuun aloittamista mäntykuitupuussa on kuorta 10,8 %. Ennen kuin puutavara saadaan uittoon, siitä kuluu kuorta korjuussa (puutavaran teko + lähikuljetus) ja alkukuljetuksessa (yleensä puutavara-autolla).

Lumpepuron (1982) tutkimusten mukaan kuorihävikki on mäntykuitupuulla koko korjuu- ja kuljetusketjussa 1,1 % silloin, kun puutavara valmistetaan manuaalisesti ja maastokuljetuksessa käytetään kuormatraktoria ja kaukokuljetuksessa kuorma-autoa. Tässä tutkimuksessa mäntykuitupuun lähtöpään kuoriprosentti oli 13 %, ja puutavara oli metsävarastossa 2,5 kuukautta. Varastoinnin aikana puut ilmeisesti kuivuvat jonkin verran, ja näin kuori irtosi helpommin seuraavissa puun käsittelyissä. Suurin osa kuorihävikistä syntyi kuljetusvaiheen aikana (metsä- ja kaukokuljetus). Koneellisen puutavaran valmistuksen ja autokuljetuksen aiheuttamaksi kuorihävikiksi saatiin jopa 2,6 %.

Mäntykuitupuun kuoriutumista Kemijoen irtouitossa tarkasteltaessa on tiedossa seuraavaa:

- puutavaran lähtökuoriprosentti on 10,8 %
- puutavara valmistetaan manuaalisesti, kuten Lapissa suureksi osaksi tapahtuukin
- korjuu- ja kuljetusketjun kuorihävikki uittovarastoon asti on Lummeপুরon (1982) tutkimusten mukainen 1,1 % (kaukokuljetusmatka oli suunnilleen yhtä pitkä uiton alkukuljetuksen kanssa)
- kaukokuljetusmuotona on irtouitto
- Kemijokisuulla niputuksen jälkeen puutavarassa on kuorta jäljellä 4,9 % jokisuulla mitatusta puutavaran tilavuudesta laskettuna eli 4,6 % metsäpään kuorellisesta tilavuudesta.

Kemijokisuulla mitatusta puutavaran tilavuudesta laskettu kuoriprosentti muunnetaan metsäpään kuorellisesta puumäärästä lasketuksi kuoriprosentiksi seuraavasti:

$$\frac{(100 - 10,8) \times 4,9}{100,0 - 4,9} = 4,6 \%$$

Näin kokonaiskuorihävikiksi saadaan $10,8 - 4,6 = 6,2 \%$, josta uitolle kuuluu 5,1 prosenttiyksikköä.

Saikun ja Rikkosen (1976) tutkimuksessa kuoren määrä selvitettiin läpimittojen mittauksiin perustuen, joten puiden kuoriutumista on tässä yhteydessä syytä tarkastella myös läpimittojen perusteella laskettujen tulosten pohjalta.

Kemijokisuun tilavuudesta laskettu kuoriprosentti (4,3 %) on metsäpään kuorellisesta tilavuudesta laskettuna 4,0 %:

$$\frac{(100 - 10,8) \times 4,3}{100,0 - 4,3} = 4,0 \%$$

Näin kokonaiskuorihävikiksi tulee $10,8 - 4,0 = 6,8$ %, josta uiton osuus on 5,7 prosenttiyksikköä.

Jos kuoriutumista tarkastellaan erotelluilla puumäärillä painotetuista prosenteista lähtien, niin kuorihävikki on punnitusten perusteella 6,6 ja läpimitoilla laskettuna 6,8 prosenttiyksikköä. Näistä jää uiton kuorihävikiksi vastaavasti 5,5 ja 5,7 %.

Kuorta kuluu irtouiton monissa eri vaiheissa. Puutavaraveteenpano eli vyörytys hoidetaan nykyään yleensä kou-rakuormaajilla, jotka kuluttavat kuorta. Varsinaisen uiton aikana kuorta irtoaa lähinnä puiden hiertyessä toisiaan sekä uittolaitteita vasten erityisesti koskissa ja peränajossa. Hiertymistä ilmenee myös silloin, kun puutavara pysäytetään vastuilla ennen Kemijärveä ja voimalaitoksia. Kemijärven ylihinauksessa ja uittokouruissa puut hiertyvät erittäin voimakkaasti.

Suurin kuoren kuluttaja on kuitenkin erottelulaitos. Sen yläpuolella puut ovat paksuna sumana, joka on koko ajan liikkeessä. Hiertävä liike ja puiden puristuminen toisiaan vasten irrottavat ja kuluttavat kuorta voimakkaasti. Puut irrotetaan sumasta veneellä ja painetaan kääntelykoneelle,

jonka toistakymmentä piikkirullaa kääntelevät puut keskenään samansuuntaisiksi. Tämän jälkeen on kaksi "lössipyörää", jotka liikuttavat sumaa eli "lössiiä" eteenpäin. Sivuuon otettavat puut vedetään syrjään piikkirullien avulla ja käännellään lajikääntelijällä, jossa on muutama piikkirulla sekä lössipyörä. Ennen niputuskonetta on vielä yksi lössipyörä. Kaikki nämä erottelulaitoksen koneet rikkovat ja kuluttavat kuorta.

Puutavaran kuoriutumiseen vaikuttaa hyvin paljon sen uitossaoloaika. Kuoriutuminen vaihtelee alkukesän 2,0 %:sta loppukesän 9,3 %:iin. Kuori likoaa vedessä, joten mitä kauemmin puut ovat uitossa sitä enemmän kuorta irtoaa. Loppukesästä erottelulle tulevat puut ovat uineet pitemmän matkan kuin alkukesästä niputetut. Täten ne ovat olleet alttiina hiertymiselle huomattavasti kauemmin. Ne joutuvat lisäksi sumassa odottelemaan pitemmän aikaa alaspääsyä voimalaitosten altailta.

Pölkkyjen läpimitalla ja pituudella ei ole vaikutusta kuoriutumiseen, vaan se on hyvin satunnaista. Läpimittaluokittaiset kuoriprosentit osoittavat kylläkin sen, että verrattaessa niitä Saikun ja Rikkosen (1976) saamiin tuloksiin pölkkyt ovat kuoriutuneet suunnilleen yhtä paljon kussakin läpimittaluokassa.

Puutavaran kuoriutuminen vaihtelee myös vuosittain. Tämän vaihtelun aiheuttavat erilaiset sääolot uiton ja erottelun aikana.

7. TULOSTEN TARKASTELUA

71. Tutkimustulosten luotettavuus

Ensinnä todettakoon, että tutkimusaineisto oli erittäin pieni (0,001 %), mutta se edustaa hyvin koko kesän ajan erottelulle tullutta puutavaraa. Toisaalta tutkimusaineiston edustavuutta huonontaa se, että viikossa voitiin tutkia ainoastaan 5 - 10 m³ puuta. Tämän sattumanvaraisesti otetun nipun katsotaan sitten edustavan koko viikon eroteltua puutavaramäärää.

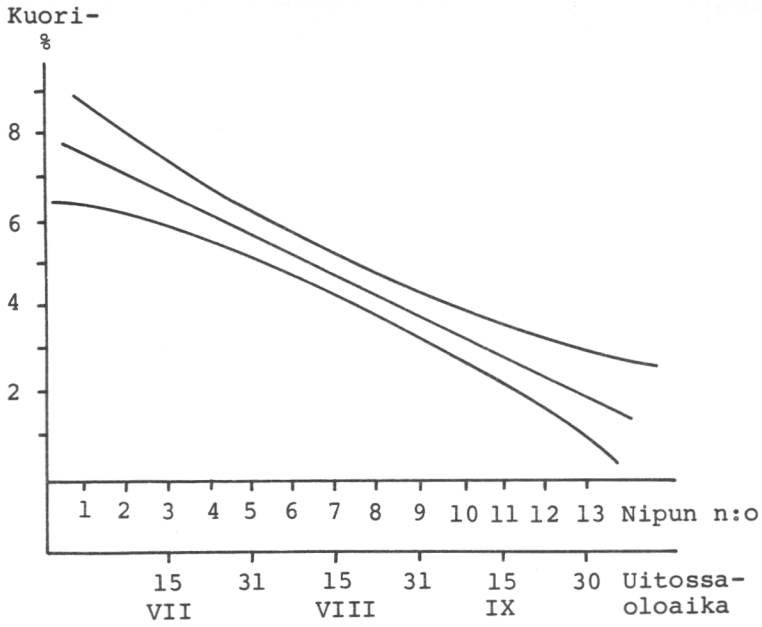
Erottelulle tullut puutavara on erittäin epähomogeenista. Jotkut pölkyt ovat täysin kuoriutuneet, toiset taas miltei kuorellisia. Tähän väliin mahtuu suuri joukko eri tavoin kuoriutuneita puita. Erilaisista kuoriutumisasteista johtuen mittaustulosten hajonta on suuri ja täten myös keskiarvon keskiarvon keskivirhe melkoinen (taulukko 3 ja liite 8).

Taulukko 3. Taakoittaisista mittaustuloksista lasketut keskihajonnat (s) ja keskiarvon keskivirheet ($s_{\bar{x}}$) koko aineistolle molemmissa tutkimusmenetelmissä.

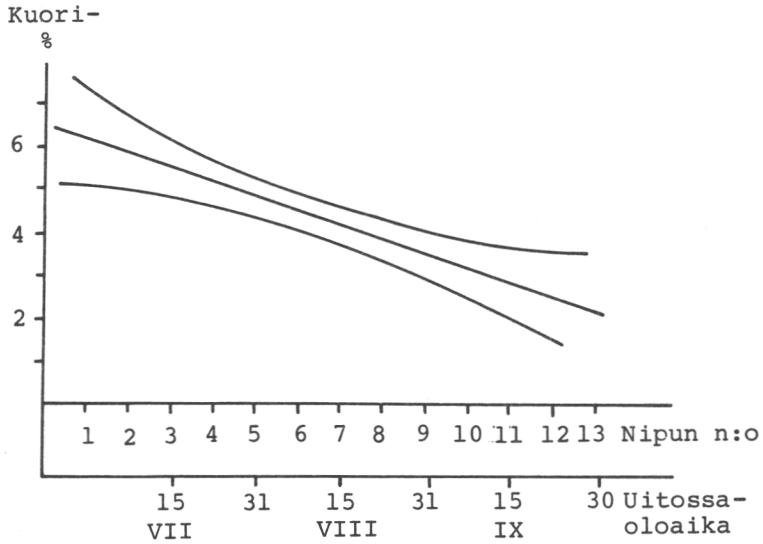
Pölkkyjen laatu	Punnitusmittaus			Läpimitan mittaus		
	Kuori-%	s	$s_{\bar{x}}$	Kuori-%	s	$s_{\bar{x}}$
Tuoreet	5,3	3,2	0,3	4,8	2,7	0,2
Ylivuotiset	2,4	1,6	0,3	1,9	1,1	0,2
Kaikki	4,9	3,2	0,3	4,3	2,7	0,2

Liitteessä 8 on esitetty nipuittain aineiston keskihajonta sekä keskiarvon keskivirhe. Hajonta on punnitustauksissa keskivaiheen nipuilla jonkin verran suurempi kuin muilla nipuilla. Tästä voidaan tehdä sellainen johtopäätös, etteivät puut alussa ole kuoriutuneet paljoakaan, mutta lopussa sen sijaan hyvin paljon. Aineiston keskellä taas on runsaasti eri tavoin kuoriutuneita puita, mistä johtuu myös suuri hajonta. Nipun n:o 6 suuri hajonta aiheutuu siitä, että mittaukset jouduttiin tekemään epätarkalla 10 000 kg:n anturilla. Lämpimitan mittausten perusteella laskettujen kuoriprosenttien hajonnat käyttäytyvät samalla tavalla kuin punnitustulostenkin pohjalta lasketut, mutta ero ei ole yhtä selvä. Tämä johtuu mittauksen satunnaisuudesta, eli siitä, sattuuko kapeassa mittauskohdassa olemaan kuorta vai ei.

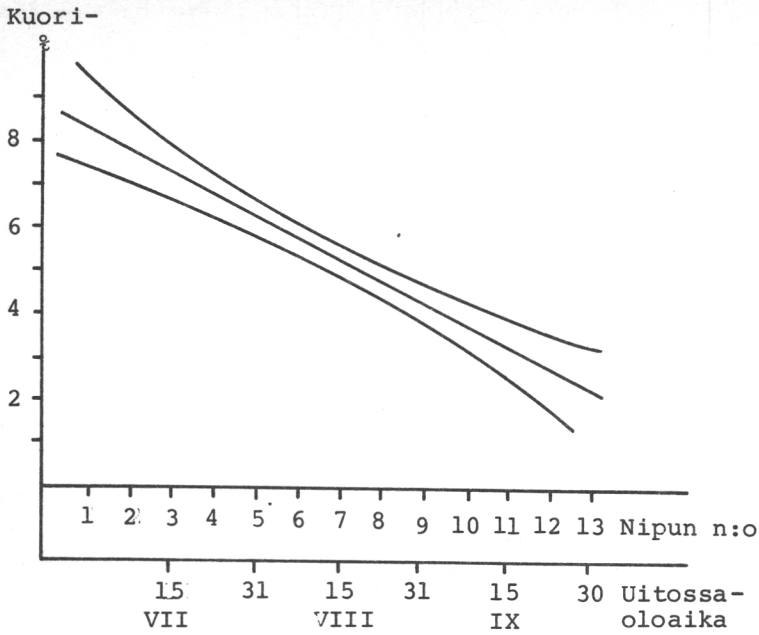
Kuoriprosenttien käyttäytyminen uitossaoloajan mukaan riippuvana, tasoitettuna regressiokäyränä ilmenee kuvista 9 - 14. Niihin on piirretty myös regressioarvojen 5 %:n luotettavuusvyö.



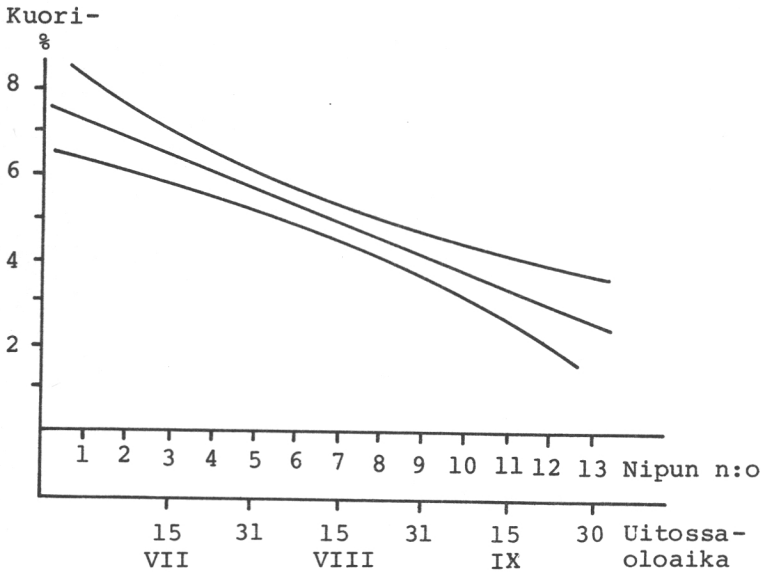
Kuva 9. Kuoriprosentti uitossaoloajan funktiona upotuspunnitusmittausten perusteella. Koko aineisto.



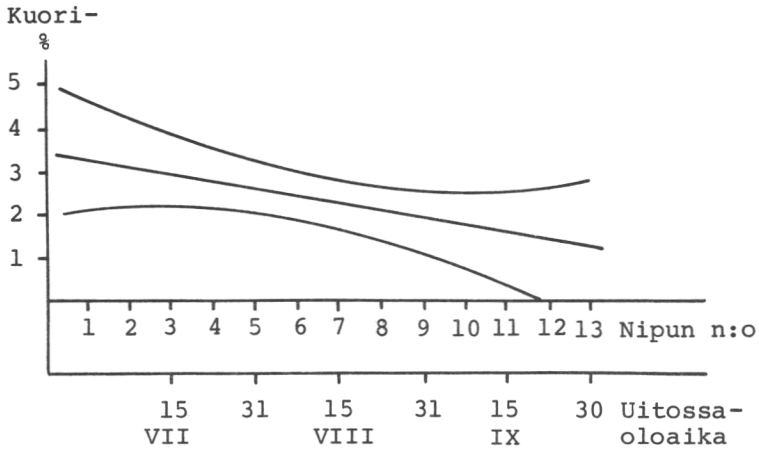
Kuva 10. Kuoriprosentti uitossaoloajan funktiona upotuspunnitusmittausten perusteella. Tuore mäntykuitupuu.



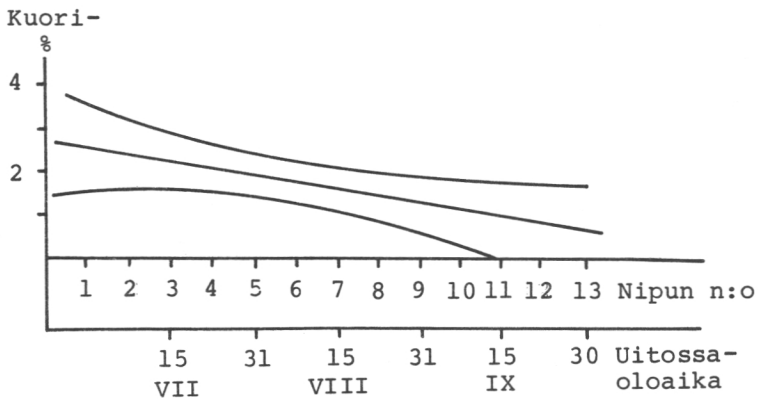
Kuva 11. Kuoriprosentti uitossaloajan funktiona upotuspunnitusmittausten perusteella. Ylivuotinen mäntykuitupuu.



Kuva 12. Kuoriprosentti uitossaloajan funktiona läpimittojen mittausten perusteella. Koko aineisto.



Kuva 13. Kuoriprosentti uitossaoloajan funktiona läpimittojen mittausten perusteella. Tuore mäntykuitupuu.



Kuva 14. Kuoriprosentti uitossaoloajan funktiona läpimittojen mittausten perusteella. Ylivuotinen mäntykuitupuu.

Regressioarvojen luotettavuus on kaikilla puutavaraladuilla suunnilleen yhtä hyvä. Ainoastaan ylivuotisen puun punnitusmittauksissa se on selvästi muita heikompi.

Kuoriprosenttien keskiarvojen 95 %:n luotettavuus vaihtelee $\pm 0,42$ - $\pm 0,61$ välillä, eli se on melko hyvä.

Kuoriprosenttien keskiarvojen luotettavuus näkyy taulukosta 4.

Taulukko 4. Kuoriprosenttien keskiarvojen luotettavuus.

Mittaus- tapa	Pölkkyjen laatu	Kuori- %	Luotettavuusväli		
			95 % tod.näk.	99 % tod.näk.	
Punnittu	Tuoreet	5,3	+0,49	(4,81 - 5,79)	4,65 - 5,95
	Ylivuot.	2,4	+0,61	(1,79 - 3,01)	1,58 - 3,22
	Kaikki	4,9	+0,47	(4,43 - 5,37)	4,27 - 5,53
Läpim.	Tuoreet	4,8	+0,43	(4,37 - 5,23)	4,23 - 5,37
	Ylivuot.	1,9	+0,42	(1,48 - 2,32)	1,33 - 2,47
	Kaikki	4,3	+0,43	(3,87 - 4,73)	3,73 - 4,87

72. Tutkimustulosten erojen tarkastelua

Läpimitan mittauksilla saatiin 0,5 - 0,6 prosenttiyksikköä pienempiä tuloksia kuin upotuspunnitusmittauksilla. Mittaustulokset eivät tietenkään ole aivan suoraan verrannollisia, sillä kyseessä on kaksi erilaista mittausmenetelmää. Eron syitä voitaneen siitä huolimatta tarkastella.

Läpimitan mittauksen heikkona puolena kuoren määrän määrittämisessä on, että mittauskohta edustaa perin pientä osaa pölkystä. Luultavaa on myös, että mittaja pyrkii siirtämään mittauskohtaa kuorettomaan paikkaan, koska hän saa tällöin molemmat läpimitat samalla kertaa. Kuorellista mittaa otettaessa mittasaksia saatetaan puristaa niin lujaa, että märkä ja ehkä jonkin verran paisunut kuori painuu kasaan. Silloin kun kuorta puuttuu vain pölkyn toiselta puolelta, tässä tutkimuksessa käytetty ympyrän kaava antaa pienemmän kuorellisen pinta-alan kuin se todellisuudessa on.

Näiden lisäksi myös kuoren kuivuminen aiheuttaa läpimittojen perusteella laskettujen kuoriprosenttien pienemmyyttä punnituksella saatuihin tuloksiin verrattuna, koska myös kuori kutistuu kuivuessaan, ja vieläpä eri tavalla kuin puuaine. Pölkyt saattoivat rannallaoloaikanaan päästä kastelusta huolimatta kuivumaan pinnaltaan niin paljon, että kuori kutistui. Puuaine alkaa kutistua vasta silloin kun sen kosteus laskee puun syiden kyllästymispisteen eli noin 30 %:n alapuolelle (Kärkkäinen 1979). Tätä ei luultavasti päässyt tässä tutkimuksessa tapahtumaan.

Upotuspunnitusmittaus on periaatteessa läpimittojen mittausta tarkempi, koska siinä otetaan huomioon koko pölky. Kuoriprosenttien yliarviointia aiheuttaa kuitenkin mm. kuorinta. Kuorellisessa mittauksessa tulevat tilavuuteen kaikki kohoumat, oksat ym. Kuorinnan yhteydessä saateen poistaa myös puuainetta ja oksia. Puutavaran kuorellinen tilavuus on tässä menetelmässä lähellä todenmukaista, sillä mittausta tehdään välittömästi vedestänoston jälkeen, joten tuuli ja aurinko eivät ehdi kuivattaa puutavaraa. Myös kuoreton tilavuus saadaan lähemmäksi todellista, sillä kastelun ansiosta puuaine ei oletettavasti pääse kutistumaan tutkimuksen aikana (puun syiden kosteus pysyy kyllästymispisteen yläpuolella).

Mittaukset olivat sinänsä tarkkoja, joskin aina on pieniä virhemahdollisuuksia olemassa. Läpimitan mittauksissa on hyvin luultavaa, että vaikka mittauskohta edustaakin vain hyvin pientä osaa pölkystä, niin virheet kumo-

avat toisensa. Upotuspunnitusmittauksissa saattavat virheellisiä tuloksia aiheuttaa mm. tuuli ja veden virtaukset, mutta näiden mahdolliset vaikutukset lienevät kuitenkin vähäisiä.

Alun perin läpimitan mittauksilla haluttiinkin vain kontrolloida upotuspunnitusmittaustuloksia. Täten voidaan tulosten perusteella pitää upotuspunnitusmittaustuloksia lähinnä oikeaa, kun otetaan huomioon läpimitan mittausten aliarvioiva vaikutus.

8. PÄÄTELMIÄ

Tässä tutkimuksessa saatiin eri puutavaralaatujen kuoren määräksi Kemijokisuun kuorellisesta tilavuudesta laskettuna seuraavat prosenttiluvut, jotka on esitetty taulukossa 5.

Lisäksi laskettiin kuoriprosentit erotelluilla puumäärillä painotettuna. Näiksi saatiin upotuspunnitusmenetelmällä 4,5 % ja läpimitan mittaumenetelmällä 4,3 %.

Taulukko 5. Kuoriprosentit Kemijokisuun kuorellisesta tilavuudesta laskettuna.

Pölkkyjen laatu	Kuoren määrä	
	Upotusmittaus- menetelmä, %	Läpimitan mittausmenetelmä, %
Tuoreet	5,3	4,8
Ylivuotiset	2,4	1,9
Koko aineisto	4,9	4,3

Taulukko 6. Kuoren määrä metsässä ja Kemijokisuulla sekä kuoriutumisen eri menetelmillä laskettuna.

	Kuoren määrä		Kuoriutuminen
	metsässä %	Kemijoki- suulla, %	%-yksikköä
Käytössä 1982			
Tämä tutkimus	15	8	7
- Upotuspunn.	10,8	4,6	6,2
- " , painotettu	10,8	4,2	6,6
- Läpimitat	10,8	4,0	6,8
- " , painotettu	10,8	4,0	6,8

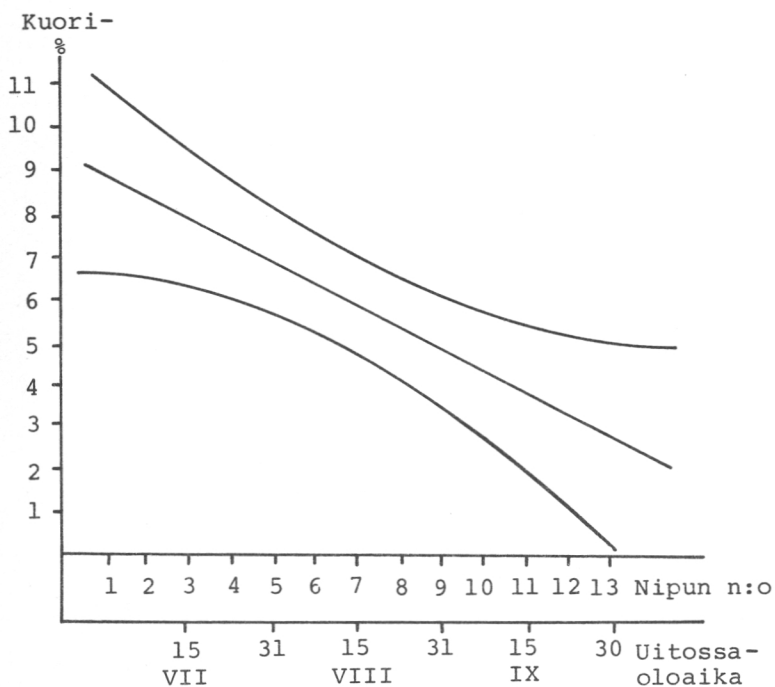
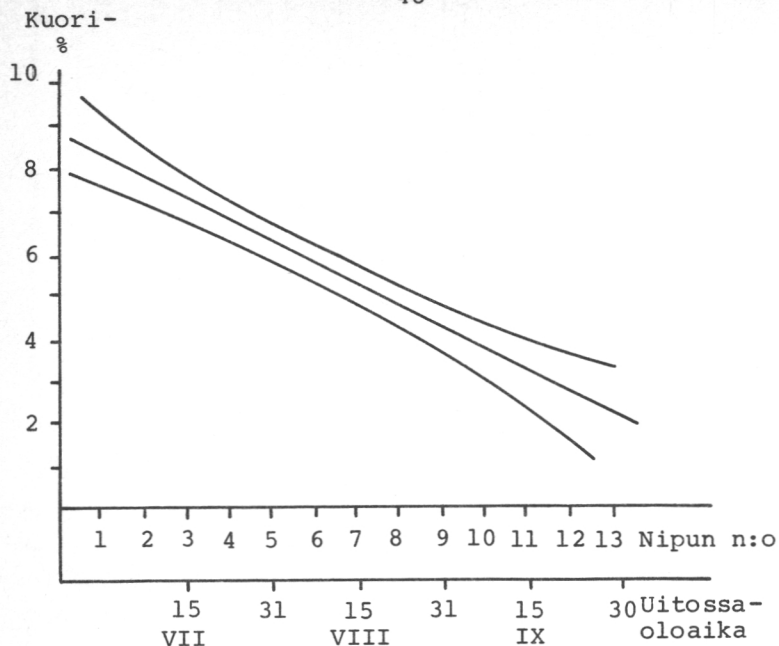
Kun oletetaan, että lähtöpäässä metsässä kuorta on Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusten mukainen 10,8 %, niin puut ovat kuoriutuneet jokisuulle saapuessaan upotuspunnitusmittausten perusteella 6,2 - 6,6 % ja läpimitan mittausten perusteella 6,8 %. Tämä on suunnilleen samansuuruinen lukuarvo (7 %) kuin mitä vuonna 1982 on käytetty (taulukko 6).

Kun otetaan huomioon, että nykyisin käytössä oleva, Teollisuuden Puuyhdistyksen (TPY) käyttämä mäntykuitupuun kuoriprosentti on Pohjois-Suomessa 12 %, niin Kemijoella käytettäväksi uusiksi mäntykuitupuun kuoriprosenteiksi voidaan tämän tutkimuksen perusteella ehdottaa seuraavia:

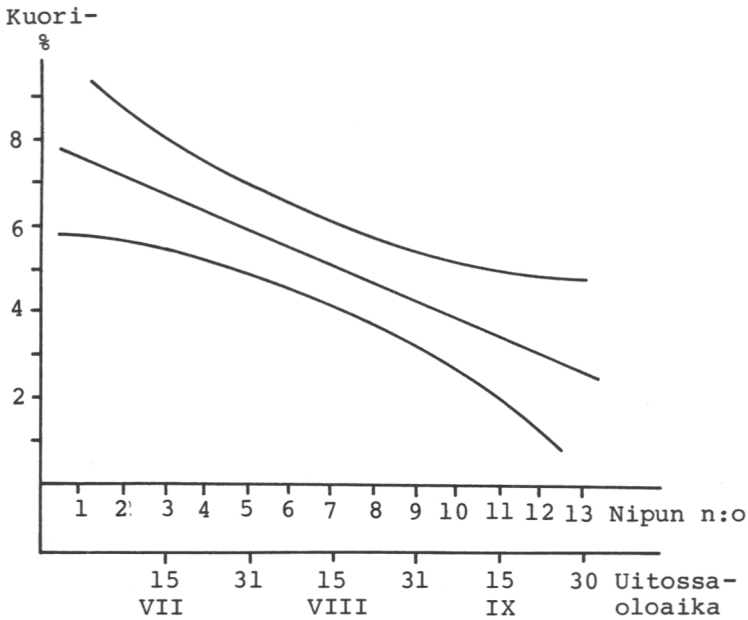
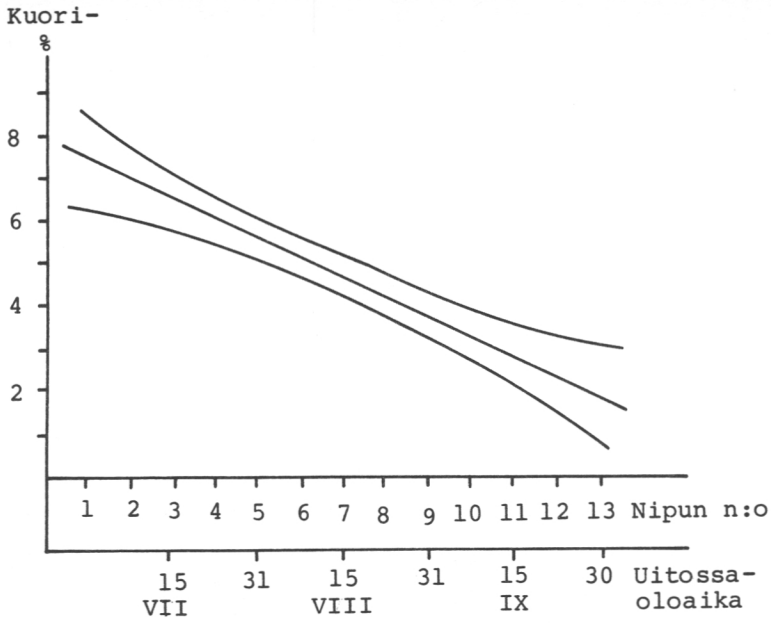
metsäpäässä 12 (ennen 15)

erottelulla 5 (" 8).

Upotuspunnitusmittausten kalleuden vuoksi päätettiin jatkotutkimuksia silmälläpitäen tutkia myös sitä, paljonko tulosten luotettavuus heikkenee, jos upotuspunnitusmittauksia vähennetään esimerkiksi kolmasosaan. Luotettavuudet ilmenevät kuvista 15 ja 16. Kuvissa on ylinnä ensin luotettavuusvyö kaikkien punnitusten mukaan ja sitten sen mukaan, että oltaisiin punnittu ainoastaan joka kolmas taakka.



Kuva 15. Kuoriprosentit uitossaoloajan funktiona upotuspun-
nitusmittausten perusteella. Tuore mäntykuitupuu.
Yläosa: kaikki taakat.
Alaosa: joka kolmas taakka.



Kuva 16. Kuoriprosentit uitossaoloajan funktiona läpimitan mittausten perusteella. Koko aineisto.
Yläosa: kaikki taakat.
Alaosa: joka kolmas taakka.

Taulukko 7. Kuoriprosenttien keskiarvojen luotettavuus upotuspunnitusmenetelmällä.

Punnitut taakat	Pölkkyjen laatu	Kuori- %	Luotettavuusväli	
			95 % tod.näk.	99 % tod.näk.
Kaikki	Tuoreet	5,3	+0,49	(4,81 - 5,79) 4,65 - 5,95
Joka 3:s	"	6,1	+1,14	(4,96 - 7,24) 4,56 - 7,64
Kaikki	Koko aineisto	4,9	+0,47	(4,43 - 5,37) 4,27 - 5,53
Joka 3:s	"	5,4	+0,94	(4,46 - 6,34) 4,14 - 6,66

Kuten kuvista 15 ja 16 näkyy, niin luotettavuus heikkenee jonkin verran aineistoa vähennettäessä. Keskiarvojen luotettavuusväli suurenee myös noin kaksinkertaiseksi aineiston pienetessä (taulukko 7).

Luotettavuudet ovat kuitenkin sen verran hyviä, että niiden voidaan katsoa riittävän Kemijoen Uittoyhdistyksen laskentatarkoituksiin, joten seuraavissa tutkimuksissa voidaan kustannusten pienentämiseksi vähentää upotuspunnitusmittauksen aineistoa.

9. VERTAILU AIKAISEMPIIN TUTKIMUKSIIN

Mäntykuitupuun kuoriutumista irtouitossa on tutkinut ainoastaan Hemmi (1965, 1966 ja 1968). Tutkimukset tehtiin tällöin Uittoteho ry:n toimesta. Myös kuusikuitupuun kuoriutumista on tutkittu, mutta saatuihin tuloksiin ja menetelmiin ei tässä kajota. Samoin jätetään käsittelemättä ehjäkuorisesta kuitupuusta tehdyt tutkimukset. Mainittakoon ainoastaan Saikun ja Rikkosen (1976) tutkimuksesta se, että tulokset on saatu läpimitan mittauksilla.

Hemmi teki vuonna 1965 Kemijoella kuoritutkimuksen pinoitehuuhtelun yhteydessä. Aineisto, 2 - 2,3 m mäntykuitupuun, kuorittiin puolipuhdaksi. Tutkimuksen mukaan Kemijokisuulla oli kuorta jäljellä 6,4 %. Prosentti vaihteli alkukesän 10 %:sta loppukesän 5 %:iin. Tuona vuonna käytettiin metsäpään kuoriprosenttina 18 % ja kuorimishäviö puolipuhdaksi oli Uittoteho ry:n (Pertovaara 1960) mukaan keskimäärin noin 15 %. Kuorinnan jälkeen puuhun siis jäi kuorta vielä 3 %. Näin ollen puut kuoriutuivat uittossa noin 8,5 %.

Kemijoella tehtiin seuraavana vuonna jatkotutkimus samasta aiheesta. Tässä yhteydessä kuoren määräksi Kemijokisuulla saatiin 7,1 %. Kuoriprosentit vaihtelivat suunnitteen samoissa rajoissa kuin edellisessäkin tutkimuksessa. Samoin perusteiden edellä saatiin kuoriutumiseksi yli 7 %. Mittaukset tehtiin molemmissa tutkimuksissa nipunkuutiointilaitteella m/Ahlström.

Tässä tutkimuksessa saatu mäntykuitupuun kuoren määrä Kemijokisuulla, noin 5 %, on pienempi kuin Hemmin tutkimustulosten osoittama, noin 7 %, mutta kuoriutumista tarkasteltaessa on muistettava, että metsäpään kuoriprosentti oli tällöin mänyllä 15 ja nyt 12, joten lopputulos jää vain hieman Hemmin esittämää pienemmäksi. Pienempi kuoriprosentti on täysin selitettävissä uiton koneellistumisesta sekä tarkemmasta kuorinnasta johtuvaksi.

Myös nippu-uittossa on tutkittu kuorihävikkiä. Lumme-puro (1982) sai uittokuljetuspuiden kuorihävikiksi noin 1 %, joka on irtouittopuuhun verrattuna vähäinen.

10. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mäntykuitupuun kuoren määrä Kemijokisuulla nykyisen (1982) erottelun ja niputuksen jälkeisessä luovutustilanteessa. Tämän lisäksi pyrittiin etsimään syitä puiden kuoriutumiseen ja kahden erimittausmenetelmän eroihin.

Perusaineistona oli Kemijoella uitettava tuore ja ylivuotinen mäntykuitupuun (noin 50 000 m³), josta otettiin satunnaisesti yksi nippu viikossa tutkimusaineistoksi. Nippu hinattiin sille varattuun paikkaan ja ennen varsinaisten mittausten aloittamista siitä eroteltiin pois muut puutaveralajit.

Tutkittavasta puutavarasta muodostettiin muutamia pölkkyjä (1 - 10 kpl) käsittäviä taakkoja niin, että tuore ja ylivuotinen puutavara tulivat omiin taakkoihinsa. Tämän jälkeen määritettiin taakoissa olevien puiden tilavuus upotuspunnitusmittauksilla. Seuraavaksi tutkimusryhmän johtaja mittasi jokaisen pölkyn sekä kuorellisen että kuorettoman läpimitan kolmesta eri kohdasta. Välittömästi läpimitan mittausten jälkeen puut kuorittiin ja niiden tilavuus määritettiin upotuspunnitusmittauksella. Kuorellisen tilavuuden ja kuorettoman tilavuuden erotus on kuoren määrä.

Tutkimusaineistoksi uitetusta, erotellusta ja niputetusta mäntykuitupuumäärästä (noin 650 000 m³) otettiin 12 nippua (60 m³ eli noin 0,001 %). Aineiston rakenne selviää liitteestä 3. Upotuspunnitusmittauksilla mitattiin 139

taakkaa, joista ylivuotisia 18,7 %. Lämpimittoja mitattiin 1038:sta pölkystä, joista ylivuotisia 20,7 %.

Kuoren määrä ilmaistiin kokonaiskuoriprosenttina, joka laskettiin seuraavasti.

$$K-\% = 100 \times \frac{V_k - V_p}{V_k}, \text{ jossa}$$

$K-\%$ = kokonaiskuoriprosentti

V_k = kuorellinen kiintotilavuus, m^3

V_p = kuoreton " " , m^3

Kuoriprosentit laskettiin erikseen sekä tuoreelle että ylivuotiselle puutavaralle kuten myös koko aineistolle.

Pölkkyjen laatu	Punnitusten mukaan, %	Lämpimittojen mukaan, %
Tuore	5,3	4,8
Ylivuotinen	2,4	1,9
Keskimmäärin	4,9	4,3

Nipuittaiset kuoriprosentit saatiin laskeviksi uitossa-oloajan funktiona molemmilla mittausmenetelmillä. Ylivuotisella puutavaralla lasku ei ole läheskään yhtä jyrkkä kuin tuoreella, mikä johtunee osaksi siitä, että veden liottava vaikutus ei tehoa ylivuotiseen puutavaraan siinä määrin kuin tuoreeseen. Kuoriprosentti laskee ensimmäisen nipun 9,0 %:sta viimeisen nipun 1,6 %:iin.

Tuloksina laskettiin sekä läpimittaluokittaiset että myös rungon eri osista tehtyjen pölkkyjen kuoriprosentit.

Kuoriprosentti laskee läpimitan kasvaessa, mutta suurilla läpimitoilla se nousee uudelleen. Rungon eri osista tehdyissä pölkyissä on eniten kuorta tyvipölkyissä.

Puutavaran kuorihävikiksi metsäpään ja niputuksen välillä saatiin upotuspunnitusmittausten perusteella 6,2 prosenttiyksikköä ja läpimitan mittausten perusteella 6,8 prosenttiyksikköä. Kuoriutumisen laskettiin myös erotelluilla puumäärillä painotettuna, jolloin vastaavat kuoriutumiset olivat 6,6 ja 6,8 prosenttiyksikköä.

Kuorta kuluu puutavaran veteenpanossa eli vyörytyksessä sekä uiton aikana puiden hiertyessä toisiaan ja uittolaitteita vasten. Hiertymistä tapahtuu myös pysäytettäessä puut vastuilla sekä etenkin uittokouruissa. Suurin kuoren kuluttaja on kuitenkin koneellistettu erottelulaitos. Kuoren irtoamista helpottaa veden liottava vaikutus.

Nykyisin käytössä oleva, Teollisuuden Puuyhdistyksen (TPY) käyttämä mäntykuitupuun kuoriprosentti on Pohjois-Suomessa 12 %. Tämän tutkimuksen perusteella esitetään Kemijoella käytettäväksi uusiksi mäntykuitupuun kuoriprosenteiksi

metsäpäässä 12 (ennen 15)

erottelulla 5 (" 8).

KIRJALLISUUS

- Ahonen, L. 1964. Menetelmiä nipun puutilavuuden mittaamiseksi. Summary: A method for measuring volume of a timber bundle. Pienpuualan Toimik. Julk. 161:1-21.
- Andersson, S-O. 1952. Barkmasseprocenter för timmer och massaved av tall och gran i Norrland. Summary: Bark percentages for timber and pulpwood of pine and spruce in Northern Sweden. Medd. Stat. SkogsforsknInst. 41(5):1-40.
- Aro, P. 1929. Tutkimuksia kuusipaperipuiden ja kaivospölkkyjen kuorimäärästä ja kuorimishukasta. Summary: An investigation into the quantity of bark and the wastage of barking in spruce pulp-wood and pit-props. Commun. Inst. For. Fenn. 14(4):1-38.
- 1958. Pohjois-Suomen 2 m kuusi- ja mäntypaperipuiden pinotiheydestä, kuorimishäviöstä ja kuutiosuh-teista. Referat: Über den Festgehalt der Stösse, den Entrindungsverlust und die Kubikmassenverhältnisse von 2 M Fichten- und Kiefernzellstoffholz aus Nordfinnland. Commun. Inst. For. Fenn. 50(8):1-44.
- Eklund, B. 1948. Undersökningar över fastmasseprocenter, åtgångstal m.m. vid mätning av 2- och 3-meters tall och granmassaved. Summary: Solid volume in stacked pulpwood of pine and spruce (length of sticks 2 and 3 metres) and the volume of solid roughwood (with bark) in relation to stacked volume. Medd. Stat. SkogsforsknInst. 37(1):1-42.
- 1949. Relationstal för transformering av toppmätt volym sågtimmer av tall och gran till verklig kubik-

massa. Summary: On the relation between solid volume and the volume by top measurement in saw logs of pine and spruce. Medd. Stat. SkogsforsknInst. 38(2):1-40.

Hakkila, P. 1967. Vaihtelumalleja kuoren painosta ja painoprosentista. Summary: Variation patterns of bark weight and bark percentage by weight. Commun. Inst. For. Fenn. 62(5):1-37.

Heiskanen, V. 1970a. Sahatukkien mittaus- ja hinnoittelututkimus I. Ennakkotietoja pölkyttäisten ja upotusmittausten tuloksista. Metsäntutkimuslaitos. Konekirjoite. Helsinki. 12 s.

----- 1970b. Sahatukkien mittaus- ja hinnoittelututkimus VI. Ennakkotietoja pölkyttäisten ja upotusmittausten tuloksista Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. Helsinki. 46 s.

----- 1979. Puutavaran mittaus. Oppi- ja käsikirja. Kirjayhtymä. Helsinki. 173 s.

----- ja Riikonen, J. 1974. Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella. Summary: Sorting of logs according to the top diameter on bark. Folia For. 214:1-35.

----- ja Rikkinen, P. 1976. Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät. Summary: Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. Folia For. 250:1-67.

Hemmi, L. 1965. Paperipuun pinotiheysmittauksia Kemijoella 1965. Uittoteho r.y. Tied. 214:1-72.

----- 1966. Jatkotutkimus paperipuun pinotiheyksistä Kemijoella 1966. Uittoteho r.y. Tied. 222:1-55.

- 1968. Ennakkotietoja mäntypaperipuun kuoren määrästä Kemijoen erotteluilla 1968. Uittoteho r.y. Moniste B 17. Kemi. 8 s.
- 1975. 3-metrisen kuusikuitupuun kuori- ja mittaus- tapatutkimuksen tuloksia Kemijokisuulla 1975. Kemijoen Uittoyhä. Moniste. Kemi. 23 s.
- Ilvessalo, Y. 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. Commun. Inst. For. Fenn. 34(4):1-149.
- Kärkkäinen, M. 1976. Puun ja kuoren tiheys ja kosteus sekä kuoren osuus koivun, kuusen ja männyn oksissa. Summary: Density and moisture content of wood and bark, and barks percentage in the branches of birch, Norway spruce, and Scots pine. Silva Fenn. 10(3):212-236.
- 1979. Puu, sen rakenne ja ominaisuudet. Helsingin yliopiston monistuspalvelu. Helsinki. 442 s.
- Lummpuro, V-M. 1982. Hakkuu- ja kuljetusvaiheen aiheuttama puun ja kuoren kuluminen. Metsäteknologian pro gradu-työ. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Konekirjoite. Helsinki. 85 s.
- Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista. Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberingstabellerna, som används vid virkesmätning. 1969. Folia For. 57:1-242.
- Mäkinen, Y. 1974. Tilastotiedettä biologeille. 4. p. SYNAPSI r.y. Kurssimoniste. Turku. 306 s.
- Nylinder, P. 1959. Fastmasseprocenten hos några klenvir- kessortiment. Summary: Solid volume of some small

- wood assortments. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 21:1-12.
- Pertovaara, H. 1960. Pitkän pinotavaran pinotiheysmittauksia Pohjois-Suomessa. Uittoteho r.y. Tied. 183:1-31.
- Riikonen, J. 1973. Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa. Summary: The volumetric shrinkage of pulpwood bark. Folia For. 174:1-13.
- Saikku, O. ja Riikonen, P. 1976. Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät. Summary: Bark amount of pulpwood and factors affecting it. Folia For. 262:1-22.
- Salminen, T. 1968. Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella. Summary: On cubing coniferous saw logs on the basis of measurements taken on the bark. Folia For. 51:1-30.
- Tamminen, Z. 1962. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark I Tall. Summary: Moisture content, density and other properties of wood and bark. I Scots pine. Rapp. Instn. Virkeslära. Skogshögsk. 41:1-118.
- Tuovinen, A. 1948. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. I Kuorimishukka ja kuutiosuhteet. Summary: Investigations into logging of pulpwood in North-Finland. I Barking waste and volume ratios. Metsäteho Julk. 11 a:1-38.
- Zacco, P. 1974. Barktjockleken hos sågtimmer. Summary: The bark thickness of saw logs. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 90:1-86.
- Östlin, E. 1963. Barkuppgifter för tall, gran, björk m.fl. Del 2. Barkuppgifter för bonitets- och åldersklasser

och för olika sortiment. Summary: Bark data for pine, spruce, birch, etc. Part 2. Bark data for site- and age- classes and for sawlogs and pulpwood. Rapp. Uppsats. Instn. Skogstax. Skogshögsk. 6:1-67, 1-44.

Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto (Juhani Salmi)
 Kemihoen Uittoyhdistys (Lauri Hemmi)

Mittausa: _____
 Pvm: 1982
 Pvm: 1982
 Pvm: 1982

NIP. KOETAAKKA				PÖLKKY				HUOMAUTUKSIA	
No	No	Paino, kg	Kuorelta Kuoressa	Pituus cm	Lämpimittä, mm	Kuorelta Kuoressa	Sydän- pöy, mm		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230
231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250
251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270
271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290
291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330
331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350
351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370
371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
381	382	383	384	385	386	387	388	389	390
391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
401	402	403	404	405	406	407	408	409	410
411	412	413	414	415	416	417	418	419	420
421	422	423	424	425	426	427	428	429	430
431	432	433	434	435	436	437	438	439	440
441	442	443	444	445	446	447	448	449	450
451	452	453	454	455	456	457	458	459	460
461	462	463	464	465	466	467	468	469	470
471	472	473	474	475	476	477	478	479	480
481	482	483	484	485	486	487	488	489	490
491	492	493	494	495	496	497	498	499	500
501	502	503	504	505	506	507	508	509	510
511	512	513	514	515	516	517	518	519	520
521	522	523	524	525	526	527	528	529	530
531	532	533	534	535	536	537	538	539	540
541	542	543	544	545	546	547	548	549	550
551	552	553	554	555	556	557	558	559	560
561	562	563	564	565	566	567	568	569	570
571	572	573	574	575	576	577	578	579	580
581	582	583	584	585	586	587	588	589	590
591	592	593	594	595	596	597	598	599	600
601	602	603	604	605	606	607	608	609	610
611	612	613	614	615	616	617	618	619	620
621	622	623	624	625	626	627	628	629	630
631	632	633	634	635	636	637	638	639	640
641	642	643	644	645	646	647	648	649	650
651	652	653	654	655	656	657	658	659	660
661	662	663	664	665	666	667	668	669	670
671	672	673	674	675	676	677	678	679	680
681	682	683	684	685	686	687	688	689	690
691	692	693	694	695	696	697	698	699	700
701	702	703	704	705	706	707	708	709	710
711	712	713	714	715	716	717	718	719	720
721	722	723	724	725	726	727	728	729	730
731	732	733	734	735	736	737	738	739	740
741	742	743	744	745	746	747	748	749	750
751	752	753	754	755	756	757	758	759	760
761	762	763	764	765	766	767	768	769	770
771	772	773	774	775	776	777	778	779	780
781	782	783	784	785	786	787	788	789	790
791	792	793	794	795	796	797	798	799	800
801	802	803	804	805	806	807	808	809	810
811	812	813	814	815	816	817	818	819	820
821	822	823	824	825	826	827	828	829	830
831	832	833	834	835	836	837	838	839	840
841	842	843	844	845	846	847	848	849	850
851	852	853	854	855	856	857	858	859	860
861	862	863	864	865	866	867	868	869	870
871	872	873	874	875	876	877	878	879	880
881	882	883	884	885	886	887	888	889	890
891	892	893	894	895	896	897	898	899	900
901	902	903	904	905	906	907	908	909	910
911	912	913	914	915	916	917	918	919	920
921	922	923	924	925	926	927	928	929	930
931	932	933	934	935	936	937	938	939	940
941	942	943	944	945	946	947	948	949	950
951	952	953	954	955	956	957	958	959	960
961	962	963	964	965	966	967	968	969	970
971	972	973	974	975	976	977	978	979	980
981	982	983	984	985	986	987	988	989	990
991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

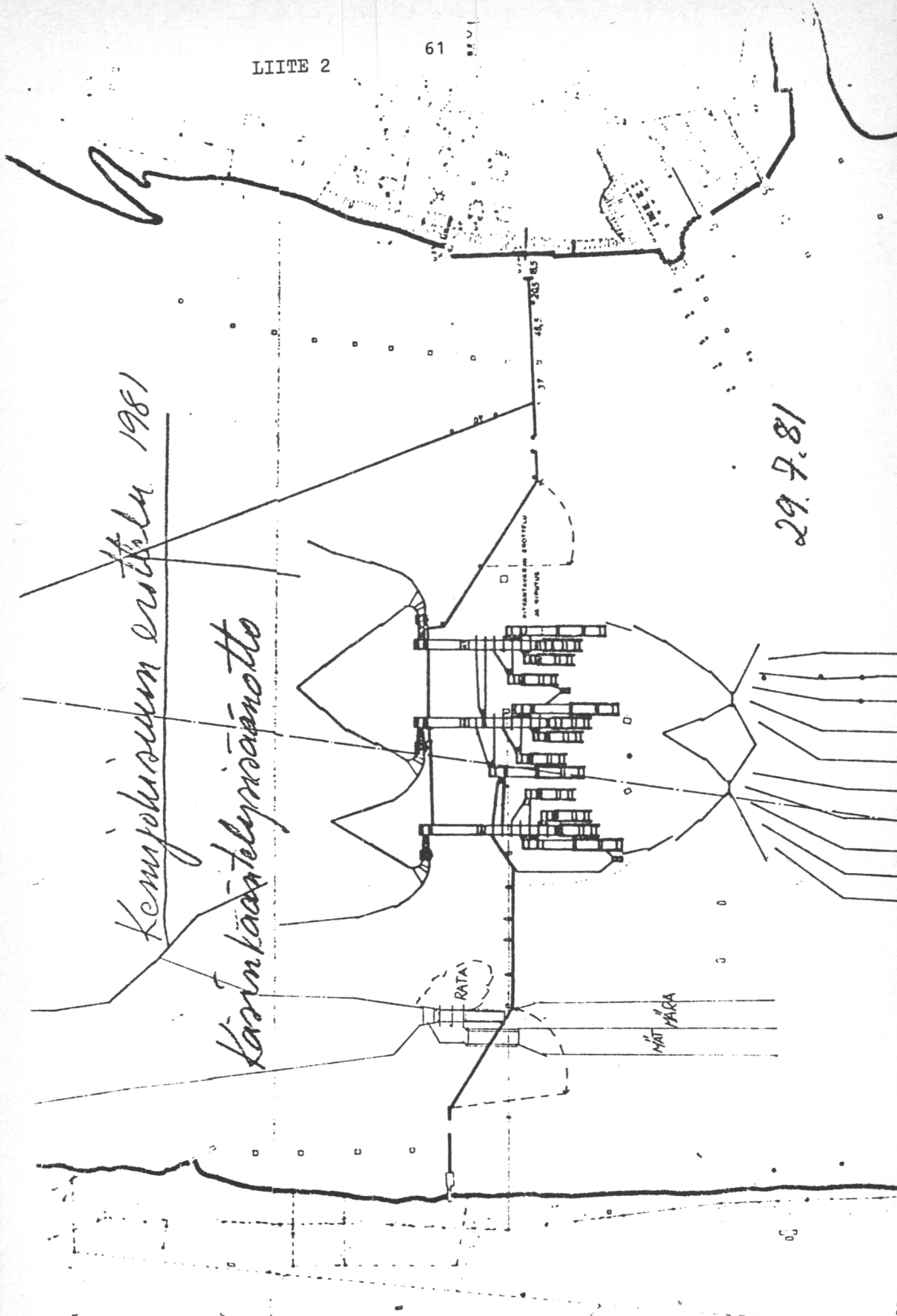
60 LIITE 1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

Kempeleksen eräalue 1981

Käsitteilylaitos

29.7.81



LIITE 3. Tutkimusaineiston rakenne ja tutkimusaika.

Nippu n:o	Tutkimus- aika	Laatu	Upotuspunnitus- mittaus		Läpimittojen perusteella			
			Taakkoja kpl	yht.	Taakkoja kpl	yht.	Pölkkyjä kpl	yht.
1	5.-9.7.	Tuore	10	10	10	10	57	57
2	12.-16.7.	Tuore Ylivuotinen	10 1	11	11 2	13	75 18	93
3	19.-23.7.	Tuore Ylivuotinen	9 5	14	9 6	15	57 50	107
4	26.-30.7.	Tuore Ylivuotinen	9 4	13	10 4	14	66 28	94
5	2.-6.8.	Tuore Ylivuotinen	9 6	15	9 7	16	56 50	106
6	9.-13.8.	Tuore Ylivuotinen	13 3	16	13 3	16	85 14	99
7	16.-20.8.	Tuore Ylivuotinen	9	9	6 2	8	37 13	50
8	23.-27.8.	Tuore Ylivuotinen	11 3	14	12 3	15	79 23	102
10	6.-10.9.	Tuore Ylivuotinen	6 1	7	6 1	7	36 7	43
11	13.-17.9.	Tuore Ylivuotinen	16 2	18	16 2	18	105 7	112
12	20.-24.9.	Tuore			12	12		90
13	27.-30.9.	Tuore Ylivuotinen	11 1	12	11 1	12	80 5	85
Koko aineisto		Tuore Ylivuotinen	113 26	139	125 31	156	823 215	1038

LIITE 4. Tutkimusaineiston jakautuminen läpimittaluokkiin kuorettoman keskusläpimitan ja tasaavan 2 cm luokituksen perusteella.

Tuore mäntykuitupuu

Läpimitta- luokka cm	Tyvi- pölkyt kpl	Väli- pölkyt kpl	Latva- pölkyt kpl	Yhteensä kpl
5	6	0	0	6
7	37	0	18	55
9	53	4	62	119
11	51	23	61	135
13	42	43	43	128
15	44	55	19	118
17	32	64	7	103
19	15	28	2	45
21	8	20	0	28
23	6	17	1	24
25	2	12	1	15
27	6	7	0	13
29	6	3	0	9
31	2	2	0	4
33	1	3	0	4
35	2	2	0	4
37	2	4	0	6
39	4	1	0	5
41	0	0	0	0
42+	1	1	0	2
Yhteensä	320	289	214	823

Ylivuotinen mäntykuitupuu

5	4	0	0	4
7	10	0	16	26
9	26	2	25	53
11	5	9	21	35
13	3	7	8	18
15	7	22	3	32
17	4	13	1	18
19	4	5	0	9
21	0	6	0	6
23	1	3	1	5
25	1	2	0	3
27	1	0	0	1
29	2	1	0	3
31	0	1	0	1
33	0	0	0	0
35	0	1	0	1
37	0	0	0	0
Yhteensä	68	72	75	215

LIITE 5. Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti nipuittain.

Nippu	Laatu	Kuoriprosentti			
		Upotuspunnitusmittaus		Läpimittojen perusteella	
n:o		%	Keskim.	%	Keskim.
1	Tuore	9,0		7,8	
2	Tuore	6,2		5,4	
	Ylivuotinen	2,3	6,1	2,0	5,1
3	Tuore	7,6		6,9	
	Ylivuotinen	2,5	6,0	1,7	5,1
4	Tuore	7,8		7,8	
	Ylivuotinen	2,5	6,3	3,1	6,6
5	Tuore	6,9		5,0	
	Ylivuotinen	3,5	5,7	2,0	3,9
6	Tuore	5,5		5,2	
	Ylivuotinen	2,3	5,1	1,8	4,7
7	Tuore	5,3		5,8	
	Ylivuotinen	-	-	1,9	5,0
8	Tuore	4,0		3,8	
	Ylivuotinen	1,7	3,7	1,8	3,5
10	Tuore	3,4		4,4	
	Ylivuotinen	0,0	2,9	1,3	4,0
11	Tuore	2,9		3,8	
	Ylivuotinen	1,3	2,8	0,3	3,5
12	Tuore			2,5	
13	Tuore	2,9		1,8	
	Ylivuotinen	1,8	2,8	0,0	1,6
Koko aineisto	Tuore	5,3		4,8	
	Ylivuotinen	2,4	4,9	1,9	4,3

LIITE 6. Erotellut mäntykuitupuumäärät nippua kohti sekä
nippujen keskimääräiset kuoriprosentit.

Nippu n:o	Nipun käsitte- lyviikon lop- puun mennessä eroteltu mänty- kuitupuu. Yhteensä m ³	Nipun käsittely- viikon aikana ero- teltu mäntykuitu- puu, m ³	Keskimääräinen kuoriprosentti	
			Upotuspunni- tusmittaus %	Läpimittojen perusteella %
1	25 952	25 952	9,0	7,8
2	64 363	38 411	6,1	5,1
3	112 152	47 789	6,0	5,1
4	159 351	47 199	6,3	6,6
5	206 705	37 354	4,7	3,9
6	254 218	47 513	4,1	4,7
7	306 755	52 537	5,3	5,0
8	361 239	54 484	3,7	3,5
10	415 996	54 757	2,9	4,0
11	517 460	101 464	2,8	3,5
12	566 359	48 899		2,5
13	602 894	36 535	2,8	1,6
Eroteltu mäntykuitupuu yhteensä m ³ sekä keskim. kuoriprosentti		602 894	4,9	4,3

Erotellulla puumäärällä painotetut kokonaiskuoriprosentit:

upotuspunnitusmittaus 4,5 %
läpimittojen perusteella 4,3 %

LIITE 7. Kuoriprosentit sekä niiden keskihajonnat
läpimittaluokittain.

Läpimittaluokka cm	Tuoreet		Ylivuotiset	
	Kuori- %	Keski- hajonta	Kuori- %	Keski- hajonta
5	8,0	4,2	5,1	3,9
7	6,1	5,3	2,8	3,1
9	4,5	4,6	2,7	3,1
11	4,8	4,9	1,6	1,8
13	4,2	4,6	1,5	1,7
15	3,8	4,0	1,8	1,6
17	4,3	4,1	1,8	1,9
19	4,1	3,6	1,6	3,1
21	5,1	4,0	2,7	0,8
23	3,0	3,6	1,9	2,6
25	2,5	2,4	1,1	1,6
27	4,4	4,2	4,0	0,0
29	4,9	5,2	1,3	2,2
31	6,0	3,8	0,5	0,0
33	6,0	5,5		
35	4,4	2,3	0,0	0,0
37	6,4	3,7		
39	10,3	5,0		
41				
42+	3,8	3,5		

LIITE 8. Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti, keskihajonta ja keskiarvon keskivirhe nipuittain.

Nippu	Laatu	Kuoriprosentti					
		Upotuspunnitusmittaus			Läpimittojen perusteella		
n:o		%	S	$S_{\bar{x}}$	%	S	$S_{\bar{x}}$
1	Tuore	9,0	2,6	0,8	7,8	2,9	0,9
2	Tuore	2,6	1,5	0,5	5,4	1,0	0,3
	Ylivuotinen	2,3	0,0		2,0	1,2	0,8
	Keskimäärin	6,1	1,9	0,6	5,1	1,6	0,4
3	Tuore	7,6	1,7	0,6	6,9	1,7	0,6
	Ylivuotinen	2,5	0,6	0,3	1,7	0,7	0,3
	Keskimäärin	6,0	2,9	0,8	5,1	2,9	0,7
4	Tuore	7,8	3,2	1,1	7,8	2,9	0,9
	Ylivuotinen	2,5	1,0	0,5	3,1	1,6	0,8
	Keskimäärin	6,3	3,7	1,0	6,6	3,3	0,9
5	Tuore	6,9	3,4	1,1	7,8	2,9	0,9
	Ylivuotinen	3,5	2,5	1,0	2,0	1,1	0,4
	Keskimäärin	5,7	3,4	0,9	3,9	1,9	0,5
6	Tuore	5,5	4,7	1,3	5,2	2,5	0,7
	Ylivuotinen	2,3	1,8	1,0	1,8	1,2	0,7
	Keskimäärin	5,1	4,4	1,1	4,7	2,7	0,7
7	Tuore	5,3	1,9	0,6	5,8	2,6	1,1
	Ylivuotinen				1,9	1,1	0,8
	Keskimäärin				5,0	2,7	1,0
8	Tuore	4,0	1,8	0,5	3,8	1,4	0,4
	Ylivuotinen	1,7	0,4	0,2	1,8	0,8	0,5
	Keskimäärin	3,7	1,9	0,5	3,5	1,5	0,4
10	Tuore	3,4	1,2	0,5	4,4	2,8	1,1
	Ylivuotinen	0,0	0,0		1,3	0,0	
	Keskimäärin	2,9	1,2	0,5	4,0	2,8	1,1
11	Tuore	2,9	1,5	0,4	3,8	2,7	0,7
	Ylivuotinen	1,3	0,7	0,5	0,3	0,5	0,4
	Keskimäärin	2,8	1,5	0,4	3,5	2,8	0,7
12	Tuore				2,5	1,1	0,3
13	Tuore	2,9	1,4	0,4	1,8	1,3	0,4
	Ylivuotinen	1,8	0,0		0,0	0,0	
	Keskimäärin	2,8	1,4	0,4	1,6	1,3	0,4
Koko aineisto	Tuore	5,3	3,2	0,3	4,8	2,7	0,2
	Ylivuotinen	2,4	1,6	0,3	1,9	1,1	0,2
	Keskimäärin	4,9	3,2	0,3	4,3	2,7	0,2

ISBN 951-40-0929-0
ISSN 0358-4283