

KIINTOMITAN MÄÄRITTÄMINEN PINOSTA

Eri menetelmien tarkastelua

1973/1

Veijo Heiskanen

1973-07-06

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto 7

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. Johdanto.....	1
2. Käytettävissä olevat menetelmät.....	2
3. Menetelmien tarkastelua.....	3
31. Keskimääräinen pinotiheysluku.....	3
32. Tyhjän tilan arviointi.....	4
33. Pinotiheysluvun arviointi.....	6
331. Silmävaraisesti.....	6
332. Pinotiheystekijäin avulla.....	8
34. Pinotiheyden mittaaminen.....	11
341. Kylkitiheyksen menetelmä.....	11
35. Kiintomitan mittaaminen.....	14
351. Kappaleittainen mittaus.....	14
352. Kappaleotanta.....	15
353. Punnitseminen.....	17
354. Ksylometri.....	19
355. Upotusmittarit.....	20
4. Vertailua.....	21

KIRJALLISUUTTA

LIITTEET

PIIRROKSET

1. JOHDANTO

Pinon kehysmitta on viime aikoina sekä tutkimuksissa että käytännössä todettu epävarmaksi ja epäluotettavaksi mittayksiköksi puutavaran laatuvaatimusten ja karsinnan heikennyttyä sekä pinoille asetettavien vaatimusten muututtua. Käsin ladottujen pinojen rinnalle on tullut mm. kourakuormaajalla tehtyjä pääpuuttomia kasoja. Vuonna 1972 suoritettiin laaja Pinomittauksen kehittämistutkimus, jonka tarkoituksena oli pinomitan kiintomitaksi muuntamisen tärkeimpien vaihtoehtojen selvittäminen riittävän laajoin aineistoin. Tutkittavaksi otettiin itse kehysmitan mittaaminen ns. tyhjän tilan vähennyksen arviointi, pinotiheyslukujen arviointi ja pinotiheystekijäin arviointi sekä kylkitiheyden mittaaminen. Ohjelmaan kuului myös pinotiheyden, siis kiintomitan mittaaminen ns. keskipölkyn ominaisuuksien perusteella, mutta sitä koskevat tutkimukset ovat vielä ajanpuutteen takia suorittamatta. Myös selvitettiin mahdollisuuksia kiintomitan määrittämiseksi keskimääräisen pinotiheysluvun avulla.

Saatujen tutkimustulosten perusteella laati Mittausneuvoston asettama työryhmä pinomittausohjeen, joka tähtää ns. pinotiheystekijäin arvioinnin perusteella pinotiheyslukuun. Järjestelmän mukaan ei lasketa tarkkaa pinotiheyslukua, vaan ns. kiintomittaluokka (pinotiheysluokka), joita on erotettu kaikkiaan viisi (Uudistuva ...). Mainittakoon, että jo aiemmin oli maan eräissä osissa alettu suorittaa "kurssauksia" pinomitasta, tyhjän tilan vähennyksiä sekä koepinouksia mitattavien pinojen pinotiheyden saamiseksi vastaamaan ns. normaalia pinotiheyttä.

Mittausneuvoston suosittama uusi pinomenetelmä ei ole kuitenkaan saavuttanut vielä kaikkialla sellaista suosiota kuin alunperin toivottiin. Päinvastoin sitä on monilla tahoilla arvosteltu erittäin ankarasti - usein aiheetta - mutta myös aiheellisesti. Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolle onkin annettu laitoksen neuvottelukunnan toimesta tehtäväksi menetelmän edelleen kehittäminen. Metsähallituksen liikeosasto on pukenut tätä koskevan toivomuksen seuraavaan asuun:

"Liikeosasto esittää, että metsäntutkimuslaitos kehittää pinomitan kiintomitaksi muuntamista varten otantaan perustuvan pinotiheysluvun määrittämistavan. Menetelmän tulisi perustua mittauksiin ja

matemaattisesti perusteltavan otannan käyttöön. Mittausneuvoston kehittämä menetelmä voisi olla sopimuksenvarainen "pikamenetelmä", jonka tuloksen osapuoli voi vaatia tarkistettavaksi mittausmenetelmällä."

Tätä taustaa vasten on pidetty tarpeellisena esitellä pääasiassa kirjallisuuden ja jo nyt saatujen kokemusten perusteella kaikki pinomitan kiintomitaksi muuntamisessa ja kiintomitan määrittämisessä pinosta kyseeseen tulevat menetelmät, niiden käyttömahdollisuudet ja rajoitukset. Selvityksen perusteella esitetään suunnitelma jatkotutkimusten tarpeellisuudesta ja valitaan menetelmä tai menetelmät, joita suositellaan edelleen kehitettäväksi.

2. KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAT MENETELMÄT

Pinossa mitattavan kuitupuun kiintomitan määrittämisessä voidaan käyttää seuraavia menetelmiä:

1. Pinomitan muuntaminen kiintomitaksi keskimääräisiä pinotiheyslukuja käyttäen
2. Kiintomitan arvioiminen ns. tyhjän tilan vähennysmenetelmää käyttäen
3. Pinotiheysluvun arvioiminen
 31. Silmävarainen arvioiminen
 32. Silmävarainen arvioiminen ns. pinotiheystekijäin avulla
4. Pinotiheyden mittaaminen
 41. Kylkitiheyden välityksellä
5. Kiintomitan mittaaminen
 51. Kappaleluvun ja kappaleotannan avulla
 52. Kaikkien pölkköjen mittaamisella
 53. Punnitsemalla
 54. Ksylometrillä tai upotusmittarilla.

Monissa näistä menetelmistä on useita vaihtoehtoja ja variaatioita. Useimmista on myös saatavissa tutkimustuloksia, joiden perusteella voidaan tehdä päätelmiä menetelmien tarkkuudesta ja sopivuudesta käytäntöön. Menetelmiä tarkastellaan seuraavassa etupäässä suomalaisten tutkimustuloksien pohjalta, mutta eräissä kohdin on jouduttu turvautumaan myös ruotsalaisiin tutkimustuloksiin.

3. MENETELMIEN TARKASTELUA

31. Keskimääräinen pinotiheysluku

Menetelmällä tarkoitetaan sitä, että pinomitan kiintomittaksi muuntaminen suoritetaan koko maassa tai maan suuremmissa osissa kullekin kuitupuulajille yhtä ja samaa pinotiheyslukua käyttäen. Menetelmän kulku on esitetty kuvassa 1. Menetelmä voidaan esittää myös seuraavalla kaavalla

$$V_k = p_l \cdot V_{keh},$$

jossa V_k = tod. kiintomitta,

p_l = keskim. pinotiheysluku kullekin kuitupuulajille ja

V_{keh} = kehysmitta.

Tällaisia pinotiheyslukuja on meillä julkaistu mm. Tapion taskukirjassa (ARO 1965, RIKKONEN 1970) ja metsäntutkimuslaitoksen muuntolukupäätöksissä (Folia Forestalia 57 ja 172). Pinomittauksen kehittämisryhmä totesi tämän menetelmän v. 1972 syksyllä antamassaan lausunnossa kaupallisissa muuntotehtävissä liian epätarkaksi pinotiheyksien suuren hajonnan perusteella. On syytä mainita, että RIKKOSEN (1972) mukaan esimerkiksi 2-m. kuitupuun pinotiheyksien variaatiokertoimet ovat puulajeittain seuraavat:

Puulaji	Keskiarvo	Hajonta	Variaatio- kerroin
Mänty	65.3	4.7	7.20
Kuusi	65.9	4.0	6.07
Koivu	56.5	4.4	7.79

HEISKANEN ja RIIKONEN (1973) totesivat, että yhden ja saman pinon kehysmitta ja siten myös pinotiheys vaihtelee korjuun eri vaiheissa hyvin paljon ja että tästä syystä koko maata varten annettavat muuntoluvut eli pinotiheysluvut eivät ole suositeltavia kaupallisiin muuntotoimituksiin.

Onkin todettava edellisiin viitaten, e t t e i k e s k i m ä ä r ä i s e n p i n o t i h e y s l u v u n k ä y t t ö p i n o m i t t a a k i i n t o m i t a k s i m u u n n e t t a e s s a o l e k a u p a l l i s i i n t a i t y ö p a l k k o j a k o s k e v i i n m i t t a u k s i i n s o p i v a m u u n t o t a p a .

32. Tyhjän tilan arviointi

Tyhjän tilan arviointi tarkoittaa menetelmää, jossa mitataan pinon kehysmitta ja arvioidaan silmävaraisesti kuinka paljon kehysmittaa olisi pienennettävä tai suurennettava, jotta sen pinotiheys vastaisi kulloinkin voimassaolevia ns. virallisia pinotiheyslukuja. Saatu tulos, ns. nettopinomitta, muunnetaan kiintomittaan pyrittäessä kiintomitaksi käyttämällä yhtä ja samaa muuntolukua koko maalle tai suurelle sen osalle.

Menetelmä voidaan esittää myös seuraavan kaavan muodossa:

$$V_k = pl \cdot (V_{keh} \pm V_{tt}), \text{ jossa}$$

V_k = todellinen kiintomitta,
 pl = keskim.pinotiheysluku kullekin kuitupuulajille,
 V_{keh} = pinon kehysmitta ja
 V_{tt} = tyhjä tila pinokuutiometreinä.

Menetelmän kulku nähdään kuvassa 2 esitetystä kaaviosta.

Tyhjän tilan arviointiin perustuva mittaus on siis menetelmä, jossa ei saada tulokseksi suoraan pinon kiintomittaa. Iin. tästä syystä Pinomittauksen kehittämisryhmä ei pitänyt menetelmää käyttökelpoisena esillä olevan ongelman ratkaisemiseen. Menetelmää on paljon käytetty Ruotsissa ja sielläkin ollaan siitä jo luopumassa. Myös Pohjois-Suomen metsäteollisuusyhtiöt sovelsivat aiemmin tyhjän tilan vähennysmenetelmää mittauksissaan, mutta myös siellä on ainakin vastaanottomittauksissa luovuttu tästä menetelmästä Lit-tausneuvoston suosittaman menetelmän hyväksi.

Tyhjän tilan arviointiin perustuva menetelmä on kuitenkin yksittäisissä pinoissa tarkempi ja oikeudenmukaisempi kuin pelkkä keskimääräiseen muuntolukuun perustuva tapa. Menetelmän käytön vaikeutena on sen tarpeettoman monimutkaisuuden lisäksi arviointeihin perustuminen.

HEISKASEN (1973) tyhjän tilan kokonaisvähennyksen arviointia koskevat tutkimustulokset osoittavat mm. että tyhjän tilan vähennyksen tarve on arvioitu havupuissa 6 - 7 %:ksi ja lehtipuissa yli 10 %:ksi.

HEISKANEN (1973) toteaa lisäksi seuraavaa:

"Lähtemällä koehenkilöiden mittausten keskiarvon mukaisen pinomitan ja todellisen kiintomitan osoittamasta pinotiheysluvusta, laskettiin jokaisesta pinosta erikseen ns. mitattu eli 'todellinen' tyhjän tilan vähennys määrittämällä, montako prosenttia bruttopinomitaa (kehysmittaa) olisi vähennettävä, jotta pinotiheys vastaisi tavoitteeksi asetettua pinotiheyttä. Tulokset osoittavat, että yleensä on tyhjän tilan vähennys arvioitu oikeaa alhaisemmaksi. Toisin sanoen on tapahtunut aliarviointia.

Eri puulajit eroavat toisistaan siten, että aliarviointi on ollut suurinta kuusipinoissa suurilla arvoilla. Koivupinoissa aliarviointi on ollut aivan vähäistä. Lisäksi havaitaan, että vähäinen tyhjän tilan tarve on keskimäärin yliarvioitu ja suuri taas aliarvioitu.

Tyhjän tilan vähennyksen arvioitu tarve riippuu puulajin lisäksi ennen kaikkea pinoamistavasta siten, että koneella ladotuissa pinoissa se on suurempi kuin käsin ladotuissa pinoissa. Myös alueittaisia eroja on olemassa.

Arvioinnin tarkkuus on osoittautunut tulosten hajonnan valossa erittäin heikoksi, jonkin verran heikommaksi kuin Ruotsissa järjestetyissä kokeissa (KARLSSON 1971)."

Tyhjän tilan vähennyksen suorittamiseen käytännössä on kaksi mahdollisuutta:

1. Vähennys tehdään koko pinosta yhtenä prosenttivähennyksenä.
2. Vähennys tehdään erikseen kustakin korkeusmittauksesta cm-vähennyksenä.

HEMMI (1970) mainitsee myös, että jonkin verran on käytetty koko pinon keskikorkeuteen kohdistuvaa cm-vähennystä. Hänen mukaansa yhtenäiset lumikerrokset vähennetään erikseen.

Menetelmää valittaessa on otettava huomioon, että sen tulee olla helposti omaksuttavissa, mikäli mahdollista myös tarkistettavissa ja helposti sekä vähin kustannuksin toteutettavissa. Parhaiten käytäntöön sopii koko pinosta tehtävä prosenttivähennys, jonka varjopuolena on kuitenkin yksityiskohtaisen tarkistuksen mahdollisuuden puuttuminen. Tietenkin korkeusmitoista tehtävä cm-vähennys voi tulla kyseeseen, mutta se vaikuttaa menetelmänä hieman monimutkaiselta. Tarkistusta varten näet on otettava huomioon sekä brutto- että nettokorkeus (vrt. kuitenkin Uudistuva..). _/

Tyhjän tilan vähennyksen käytäntöön soveltamisen perusedellytyksenä on mittamiesten perusteellinen koulutus, sillä niin suuri tulosten hajonta, mikä tehdyissä kokeissa todettiin, ei voi olla tarkoituksenmukaista käytännön kaupallisissa mittauksissa. Vaikka tutkimusta suoritettaessa annettu koulutus ei ollutkaan lisännyt arvioimistarkkuutta, on kuitenkin varmaa, että oikein suunnitelluilla ja toistuvalla koulutuksella sekä harjoituksella voidaan tulokset saada huomattavastikin paranemaan.

Eri työnantajien palveluksessa olevien mittamiesten suorittamaan tyhjän tilan vähennykseen voidaan periaatteessa suhtautua epäilevästi, vaikka tutkimuksessa ei ilmennytäkään työnantajan etuun tähtäävää pyrkimystä. Käytännössä kuitenkin esiintyy tällaisia erimielisyyksiä, joista mm. HMMI mainitsee. Lisäksi on kyseenalaista, voidaanko suuri "sivutoimisten" mittamiesten joukko kouluttaa niin perusteellisesti kuin tämä vähennysmenetelmä näyttää edellyttävän.

Menetelmän varjopuolet ovat samat kuin pinotiheystekijäin arviointiin liittyvät vaikeudet, joihin palataan jäljempänä. Lisäksi on todettava, että kun menetelmä kulkee kiertotietä kiintomittaan, se ei voi kilpailla pinotiheysluvun tai pinotiheystekijäin arviointiin perustuvan menetelmän kanssa. Se voidaankin jättää pois laskelmista yritettäessä löytää uutta, hyvää ja subjektiivisesta arvioinnista vapaata pinomitan kiintomitaksi muuntavaa menetelmää.

33. Pinotiheysluvun arviointi

331. Silmävaraisesti

Pinotiheysluvun arviointiin perustuva menetelmä on seuraava. Mitataan pinon kehysmitta ja arvioidaan silmävaraisesti pinotiheysluku, jolla kehysmitta kerrotaan ja tulokseksi saadaan pinon kiintomitta. Kaava on seuraava:

$$V_k = pl \cdot V_{keh}, \text{ jossa}$$

$$V_k = \text{kiintomitta,}$$

$$pl = \text{mitattavan pinon yksilöllinen pinotiheysluku ja}$$

$$V_{keh} = \text{pinon kehysmitta.}$$

Kuvassa 3 on esitetty tämän mittausmenetelmän kulkukaavio. /

Menetelmän vaikeutena on arviointeihin perustuminen. Arviointien tarkkuudesta ja menetelmän käyttökelpoisuudesta on HEISKANEN (1973b) todennut mm. seuraavaa.

Pinotiheysluvun arviointia koskevat tutkimustulokset osoittavat, että pinotiheysluku on pystytty arvioimaan riittävän hyvällä luotettavuudella kaikissa puulajeissa, joskin myös karkeita virheitä on esiintynyt. Arviointien tulosten koehenkilöiden välisestä hajonnasta ja tähän hajontaan vaikuttavista tekijöistä mainittakoon seuraavat:

- Eri koehenkilöiden koetulokset vaihtelevat lehtipuupinojen arvioinnissa enemmän kuin havupuupinojen arvioinnissa.
- Eri pinotyypit eivät eroa kovin selvästi toisistaan.
- Koneellisesti ladottujen pinojen pinotiheyksien arvioinnit vaihtelivat vähemmän kuin käsipinojen arvioinnit.
- Annettu koulutus ei pienentänyt tulosten hajontaa.
- Työnantajan etuun tähtäävää tendenssiä ei ollut havaittavissa.

Mitatun ja arvioidun pinotiheysluvun vertailu osoitti, että keskimäärin on tehty 0.036 yksikön virhe ja arvioitu pinotiheys on saatu 0.016 yksikköä oikeaa pienemmäksi. Sama suunta havaittiin kaikissa pinotiheysluokissa. Havupuissa kuitenkin vain tiheet pinot on aliarvioitu, mutta harvoissa pinoissa esiintyy pinotiheyden yliarviointia. Muista tuloksiin vaikuttavista tekijöistä mainittakoon.

- Pinotyypin vaikutus on erittäin vähäinen.
- Pinoamistavankin vaikutus on lähes olematon. Käsillä ladotut pinot ovat ehkä aavistuksen verran tarkemmin arvioitu.
- Annettu koulutus on pienentänyt arvioinnin virhettä oikeaan verrattuna.

Suoritettavat laskelmat osoittavat, että kokeissa on pinotiheyden pinojen välisen hajonnan vaikutusta pystytty vähentämään n. 40 %:lla siitä, että olisi jokaiselle pinolle käytetty koko aineiston keskiarvoa. Tästä ilmenee, että haluttaessa määrittää kiintomittaan pinomitasta lähtemällä, on pinotiheysluvun silmävarainen arviointi helppo ja myös kohtuullisen tarkka menetelmä. Sen käytäntöön so-

veltamisessa on kuitenkin syytä pitää mielessä seuraavat seikat:

- Menetelmää varten on luotava käyttökelpoinen valvonta- ja tarkastusjärjestelmä.

- Menetelmä on opetettava sen käyttäjille tarkoituksenmukaisin, toistuvien kursseihin, joiden kouluttajat ensin perehdytetään hyvin tehtäväänsä.

Menetelmää mahdollisesti käytäntöön sovellettaessa on pidettävä mielessä, että käytännön mittaustehtävissä saattaa kaikesta huolimatta esiintyä työnantajan etuun tähtäävää pyrkimystä.

Silmävarainen arviointi saattaa olla hyvin koulutettujen mittamiesten käsissä yhtä tarkka ja tarkoituksenmukaisempi menetelmä kuin meillä nyt kokeiltavana oleva kiintomittaluokan määrittämiseen pinotiheystekijäin avulla tähtäävä menetelmä, johon palataan jäljempänä. Silmävarainen pinotiheysluvun arviointi on kuitenkin puhdas arviomenetelmä, joka perustuu subjektiivisiin määrittäksiin. Se ei siis voi tulla kysymykseen ainakaan Mittausneuvoston suositettaman menetelmän tarkistusmenetelmänä.

332. Pinotiheystekijäin avulla

Kiintomittan määrittäminen pinosta ns. pinotiheystekijäin avulla tapahtuu seuraavasti: Mitataan kehysmitta ja arvioidaan eri pinotiheystekijäin luokka, joille kullekin on annettu tietty niiden vaikutusta pinotiheyteen osoittava pistearvo. Tämä pistearvo ilmaistaan pinotiheyden prosenttiyksikköinä. Lasketaan pistearvojen summa ja se vähennetään tai lisätään keskimääräiseen pinotiheyslukuun, jolloin tulokseksi saadaan ko. pinon pinotiheysluku. Sillä kerrotaan kehysmitta ja tulokseksi saadaan pinon kiintomitta.

Laskentakaava on seuraava:

$$V_k = (pl - pa) \cdot V_{keh}, \text{ jossa}$$

$$V_k = \text{todellinen kiintomitta,}$$

$$pl = \text{ko. kuitupuulajin keskimääräinen pinotiheysluku,}$$

joka vastaa pistearvojen summaa 0,

$$pa = \text{kunkin pinotiheystekijän pistearvo mitattavassa pinossa}$$

ja

$$V_{keh} = \text{pinon kehysmitta.}$$

Kulkukaavio on esitetty piirroksessa 4.

Pinotiheystekijöinä tulevat tai voivat tulla kyseeseen seuraavat pinon ja pinossa olevan puutavaran ominaisuudet: ladonta, pinossa olevat vieraat esineet sekä lumi ja jää, pölkkyjen keskiläpimitta, suurimman^{ja} / pienimmän pölkyn läpimittojen erotus, läpimittojen hajonta, erikokoisten pölkkyjen sekoittuminen, tyvipölkkyjen osuus, karsinta, mutkaisuus ja puulaji sekä käsiteltäessä kaikki puulajit yhdessä lehtipuun osuus. Lisäksi pinotiheyteen vaikuttavat mm. mittauksen suorituspaikka (esim. maassa vai ajoneuvossa) sekä pinon ikä (vrt. HEISKANEN ja RIIKONEN 1973). Viimeksimainittuja tekijöitä on vaikea kuitenkin ottaa tässä mittausjärjestelmässä huomioon.

Pinotiheysluvun määrittäminen pinotiheystekijäin avulla edellyttää tietoa mittaus- ja arviointitarkkuudesta sekä eri tekijöiden vaikutuksesta pinotiheyteen. Arviointien tarkkuudesta on HEISKANEN (1973b) todennut mm. seuraavaa:

"Eri tekijöistä on jo arvioinnin yhteydessä mittauksin mahdollisuus tarkistaa seuraavat:

- Keskiläpimitta voidaan mitata, mutta oikeaan tulokseen pääsemiseksi tarvitaan ainakin huonosti sekoittuneissa pinoissa erittäin suuri 'näyte'. Lisäksi on huomattava, että keskiläpimitta joudutaan arvioimaan pölkyn päiden läpimittojen perusteella. Kylkitiheystutkimuksissa on kuitenkin todettu, että myös sillä tavoin saadaan keskiläpimitta selville käytännöllisesti katsoen samanaikaisena kuin keskusläpimitan perusteella (NIKKILÄ 1972).

- Läpimittojen erotus on myös tarkistettavissa, ja siinä on helposti käytännön arvioinnissakin mahdollisuus päästä täsmälleen oikeaan tulokseen.

- Tyvien osuus voidaan samoin mittauksin tarkistaa, mutta aivan oikean tuloksen saaminen edellyttää verraten huolellisia mittauksia. Samaa on sanottava myös vieraan puulajin osuuden arvioinnista."

Onkin odotettavissa, että tarkoituksenmukaisella koulutuksella saadaan näiden tekijöiden arviointi- ja mittauksien tarkkuus hyvinkin korkeaksi. Tutkimuksen tulokset osoittavat kuitenkin, että näiden tekijöiden arvioinnissa ei ole päästy lainkaan sen parempiin tuloksiin kuin muidenkaan tekijöiden arvioinnissa. Läpimittojen erotusta arvioidessa arviointitulosten hajonta on ollut suhteellisesti pienin, mutta vertailu mitattuihin tuloksiin osoitti myös sen arvioinnissa erittäin suuria ja systemaattisia virheitä.

Tutkimustulokset voidaan tulkita siten, että pinotiheystekijöihin perustuva pinomitan mittausjärjestelmä ei ole helposti käytäntöön sovellettavissa arvioinnin vaikeuden takia. On kuitenkin selvää, että koko menetelmän käyttökelpoisuus riippuu lisäksi ennenkaikkea siitä, kuinka selvä korrelaatio vallitsee eri tekijöiden ja pinotiheyden välillä, kuten edellä mainittiin ja johon palataan jäljempänä. Tässä yhteydessä on syytä tuoda esille seuraavat näkökohdat menetelmästä suorana lainauksena HEISKASEN (1973b) työstä:

"-Pinotiheystekijäin arviointi vaatii perustellisemman koulutuksen kuin pinotiheysluvun arviointi, koska muutoin tuloksia ei saada riittävän luotettavalle tasolle.

-Tässä vaiheessa ei ole pystytty selvittämään niitä käytännön etuja, joita menetelmä mittausjärjestelmänä tarjoaa. Tarkkuus tuskin lisääntyy pinotiheysluvun yksinkertaiseen arviointiin nähden. Tosin mahdollisuudet mittaustulosten yksityiskohtaiseen tarkistukseen ja valvontaan paranevat pinotiheysluvun arviointiin verrattuna. Pinotiheystekijämenetelmä on myös käyttökelpoinen koulutuksessa."

Eri tekijöiden vaikutusta pinotiheyden suuruuteen ovat tutkineet mm. NYLINDER ja PETERSON (1967), KARLSSON (1971) sekä RIKKONEN (1972) pinomittauksen kehittämisyörymän aineistoista. Lisäksi on metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla tehty pitemmälle meneviä analyysejä Mittausneuvoston asettamaa työryhmää varten. Nämä tulokset ovat vasta julkaisuvaiheessa.

Kaikki tutkimukset ovat osoittaneet, että muutamat pinon ja pinossa olevan puutavaran ominaisuudet vaikuttavat hyvin selvästi pinotiheyteen. Tällaisia ovat ladonnan huolellisuus ja pölkkyjen keskim. läpimitta, mutkaisuus sekä karsinnan huolellisuus. Myös lehtipuusekoitus on merkittävä tekijä, jos kaikki puulajit arvostellaan saman asteikon mukaisesti. Satunnaisista tekijöistä, jotka olisi ehdottomasti otettava huomioon, on mainittava lumi ja jää sekä pinossa oleva vieras aines.

"Puhdasoppinen" pinotiheystekijäin arviointiin perustuva menetelmä antaa tulokseksi pinotiheysluvun prosenttiyksikön tarkkuudella, siis samalla tarkkuudella kuin silmävarainen arviointikin. Meillä on kuitenkin omaksuttu kokeiltavaksi menetelmä, jossa määritetään vain kiintomitta- eli pinotiheysluokka, kuten johdannossa mainit-

tiin. Myös silmävaraisessa arvioinnissa voidaan tietenkin soveltaa vastaavanlaista luokitusta.

Suomalainen menetelmä on pääpiirteissään seuraava:

Kunkin pinotiheystekijän luokan vaikutus kiintomittaprosenttiin eli pinotiheyteen käy ilmi liitteestä 1. Vaikutus on määritelty erikseen havupuulle ja lehtipuulle.

Kun mitattavan pinon pinotiheystekijät on luokiteltu, otetaan liitteestä 1 näiden luokkien vaikutus kyseessä olevan puulajin kohdalta. Vaikutusarvot lasketaan yhteen plus- ja miinusmerkki huomioon ottaen. Liitteen 1 alaosan asetelmasta nähdään, mihin kiintomittaluokkaan (pinotiheysluokkaan) ja kiintomittaprosenttiin (pinotiheysprosenttiin) edellä mainitulla tavalla laskettu summa johtaa.

Kiintomittaluokat ja niitä vastaavat kiintomittaprosentit on esitetty liitteessä 2.

Esitetynlaisen luokiteltuun tulokseen tähtäävän menetelmän varjopuolena on se, että hyvin tiheet pinot tulevat aliarvioiduiksi ja hyvin harvat taas yliarvioiduiksi. Voitaisiinkin päästä tarkoitukseenmukaisempiin tuloksiin, jos pinotiheysluku eli kiintomittaprosentti laskettaisiin arviointien perusteella prosenttiyksikön tarkkuudella. Siis samalla tavoin kuin Ruotsissa tehdään. Varjopuolena tällaisesta menettelystä olisi entistä suurempien vaatimusten asettaminen mittaajille, mikä edellyttää tehostettua koulutusta ja valvontaa.

34. Pinotiheyden mittaaminen

341. Kylkitiheysmenetelmä

Kylkitiheysmenetelmällä tarkoitetaan seuraavaa menetelmää kiintomittan määrittämiseksi pinosta: Mitataan pinon kehysmitta ja määritetään pinon kylkitiheys, jolla tarkoitetaan pinon kyljessä näkyvien pölkyn päiden pinta-alan suhdetta pinon kyljen pinta-alaan. Muunnetaan kylkitiheys pinotiheydeksi tutkimuksista saatavilla muuntoluvuilla. Kehysmitta muunnetaan saadulla pinotiheysluvulla kiintomitaksi.

Laskentakaava on tässä menetelmässä seuraava:

$$V_k = k \cdot kt \cdot V_{keh}, \text{ jossa}$$

$$V_k = \text{kiintomitta,}$$

k = vakio, joka osoittaa pinotiheyden ja kylkitiheyden suhteen ko. kuitupuulajissa,

kt = kylkitiheys ko. pinossa ja

V_{keh} = pinon kehysmitta.

Mittauksen kulkukaavio on kuvan 5 osoittama.

Perusteellisimmin on kylkitiheysmenetelmää tutkinut NIKKILÄ (1973) ja hän toteaa menetelmästä mm. seuraavaa:

"Tutkimuksessa todettiin pinotiheyden ja kylkitiheyden välillä vallitseva voimakas korrelaatio ($R = 0.957$). Pinotiheyden ja kylkitiheyden suhde vaihtelee välillä 0.90 - 1.00 ja sen suuruus riippuu lähinnä tyvien osuudesta (kuutiomäärästä), mutta vaihtelee samankin tyviusuuden kohdalla tyvilaajenemien suuruudesta riippuen. Yleisenä "nyrkkisääntönä" pätee, että kylkitiheys on sama kuin pinotiheys, kun erässä ei ole tyvipölkkyjä. Tyvien kiintokuutiomäärästä lasketun osuuden kasvaessa 10 prosenttia pinotiheys alenee 100 prosentista 99 prosenttiin kylkitiheydestä. Pinotiheyden osuus prosentteina kylkitiheydestä alenee jokaista tyviusuuden 10 prosentin lisäystä kohti edelleen yhden prosentin.

Pino- ja kylkitiheyden suhde vaatinee vielä lisäselvittelyä. Mm. alueelliset ja puulajien väliset erot jäivät nyt esillä olevalla aineistolla osittain selvittämättä.

Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta on laajaa ja oikukkaasti vaihtelevaa. Tutkituista kylkitiheyden näytteenottomenetelmistä parhaiten selvitetynä voidaan pitää ympyräkoealoja (pinta-ala n. 0.5 m^2). Ympyräkoealoilla mitattu kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta on sitä suurempi, mitä pienempi on kylkitiheys. Sama pätee muihinkin näytteenottomenetelmiin. Kylkitiheyden ollessa 70 - 75 prosenttia hajonta on 5.9 prosenttia. Kylkitiheyden pienentyessä 10 prosenttiyksikköä pinonsisäinen hajonta kasvaa 4.4 prosenttiyksikköä (ks. kuva 9). Mitä harvempi siis pino on, sitä enemmän siitä on mitattava näytteitä tietyn tarkkuuden saavuttamiseksi.

Kylkitiheysmenetelmällä tapahtuvassa kiintokuutiomäärityksessä on kolme eri virhetekijää: kehysmittauksen virhe (hajonta 2 prosenttia), pino- ja kylkitiheyden suhteen virhe (hajonta 4 prosent-

tia) ja kylkitiheyden likiarvon määrittämisen virhe, joka riippuu siitä, miten monta kylkitiheysnäytettä kuitupuerästä mitataan ja mikä on ko. erän kylkitiheys. Jos kylkitiheyden likiarvo määritetään ± 5 prosentin tarkkuudella ($P = 95 \%$), menetelmän antaman kiintokuution virhe on yksinkertaisena ± 5 prosenttia. Kiintokuution virhe on joka tapauksessa ± 4 prosenttia.

Nykyisin näytteenottomenetelmin kylkitiheyden avulla tapahtuva kiintokuution määrittäminen on työläs ja epätarkkakin. Jos pystytään kehittämään riittävän halpa ja käyttökelpoinen kylkitiheydenmittauslaite, menetelmä puolustaa hyvin paikkaansa muiden kiintomittausmenetelmien rinnalla. Tiedossa olevista menetelmistä ja -laitteista vaikuttavat lupaavimmilta kanadalainen valokuvausmenetelmä, joka kuitenkin edellyttää hyvin ladottuja pinoja, kanadalainen hiusviivaristikko sekä kylkitiheydenmittari m/Kajaani Oy, joka on tarkkuudeltaan ilmeisesti paras tähän mennessä esitetyistä ratkaisuksista. Kaikki nämä soveltuvat vain keskitettyihin mittauksiin. Pölkkyjen mittaukseen perustuvista menetelmistä ympyräkoealat ovat käytäntöön soveltamiskelpoisia. Kylkitiheyskiilat saattavat soveltua käytäntöön, mutta vaativat vielä lisäselvittelyä."

Kylkitiheysmenetelmä ei voi tulla kysymykseen yleisenä kiintomittausmenetelmänä kylkitiheyden määrittämisen hankaluuden takia. Se voi olla eräissä olosuhteissa kuitenkin tarkistusmenetelmä, jota käytettäisiin esim. erimielisyystapauksissa. Ilmeisesti tarkin käytettävissä olevista laitteista, Kajaani Oy-mittari on niin kallis, että sen käyttö on mahdollista vain silloin kun mittausmäärät nousevat erittäin korkeiksi. Ei näet voitane olettaa, että ko. laitetta hankittaisiin edes kaikille alueellisille mittausneuvostoilta, joka on yleisen tarkistumenetelmän kannalta minimivaatimus.

Muut käyttökelpoisilta näyttäneet laitteet vaativat joko hyvin ladottuja pinoja tai ovat työläitä. Pino- ja kylkitiheyden suhdetta voidaan soveltaa käytäntöön myös silloin, kun mitataan kaikkien pinossa olevien pölkkyjen kummatkin päät ja näiden poikkileikkausalojen puolikas halutaan muuntaa pölkkyjen todellista kuutiota vastaavaksi poikkileikkauksalaksi ja sitä tietä todelliseksi kiintomittaukseksi. Tässä tapauksessa tarvitaan vain yksi muuntoluku, ja virheet jäävät vähäisiksi. Menetelmä on kuitenkin vaivalloinen ja vaatii paljon mittauksia.

Totaalinen kylkitiheyden mittaaminen on kaikkialla sovellettavissa, mutta se on vaivalloinen, kuten NIKKILÄ on todennut. Se täyttää kuitenkin hyvin tarkistusmenetelmälle asetettavat vaatimukset siinä mielessä, että subjektiivista harkintaa ei jouduta suorittamaan. Myös eräät otantamenetelmät vaikuttavat lupaavilta, mutta niiden osalta on suoritettava lisäselvityksiä mm. otoksen suuruuden ja pinotiheys/kylkitiheyssuhteen selvittämiseksi.

35. Kiintomittan mittaaminen

351. Kappalettainen mittaaminen

Kappalettainen mittaaminen tarkoittaa sitä, että kuitupuerän jokaisen pölkyn kiintomitta määritetään pölkyn läpimitan ja pituuden mittaamisen avulla. Läpimitta voidaan mitata seuraavista kohdista:

1. Pituuden puolivälistä, jolloin saadaan tulokseksi ns. keskuskiintomitta. Se on vielä muunnettava todelliseksi kiintomitaksi ns. keskusmuotoluvulla. Tämä muotoluku vaihteli esim. pinomittauksen kehittämistutkimuksen 1. vaiheessa välillä 1.012 ja 1.046 eri näytepinoissa.

Laskentakaava yhden pölkyn kuutioimiseksi on tässä tapauksessa seuraava:

$$V_k = k_{ml} \cdot V_{kk}, \text{ jossa}$$

$$V_k = \text{pölkyn todellinen kiintomitta,}$$

$$k_{ml} = \text{keskusmuotoluku ja}$$

$$V_{kk} = \text{pölkyn keskuskiintomitta.}$$

2. Pölkyn latvasta, josta saatava teknillinen kiintomitta on muunnettava todelliseksi kiintomitaksi joko muuntoluvuilla tahi muuntotaulukoilla. Suomessa on käytettävissä ARON ja NISULAN (1958) laatimat tähän tarkoitukseen soveltuvat taulukot.

Laskentakaava on tätä menetelmää käytettäessä seuraava:

$$V_k = l_{ml} \cdot k_{ml} \cdot V_l, \text{ jossa}$$

$$V_k = \text{todellinen kiintomitta,}$$

$$k_{ml} = \text{keskusmuotoluku,}$$

$$l_{ml} = \text{latvamuotoluku ja}$$

$$V_l = \text{latvakiintomitta.}$$

3. Pölkyn tyvestä ja latvasta, jolloin laskentakaava on seuraava:

$$V_k = (1-k) \cdot G_l^2 + k \cdot G_t^2, \text{ jossa}$$

V_k = todellinen kiintomitta,

k = vakio, joka on tutkimuksin määritettävä (Ruotsissa on sen arvoksi saatu 0.485. Myös käytetään arvoja 0.505 ja 0.500 (NYLINDER 1972)),

G_l = latvaläpimittaa vastaava pinta-ala ja

G_t = tyviläpimittaa vastaava pinta-ala.

Kaikkien näiden menetelmien varjopuolena on työläys varsinkin lyhyen kuitupuun ollessa kyseessä. Erityisistä hankaluuksista on mainittava, kun mitataan jo pinossa olevaa kuitupuuta, kappaleen tyvi- ja latvapään toteaminen sekä epätasaisissa pinoissa myös läpimitan mittaaminen syvällä pinon sisällä olevasta pölkyn päästä. Kappalettainen mittaus ei voinekaan tulla kuitupuun mittauksessa totaalisenä mittauksena, vaan se on aina suoritettava otantana. Silloin määritetään vain kappaleluku sekä tehdään tarpeelliset läpimittojen mittaukset osasta pölkkyjä. Määräpituaisen kuitupuun ollessa kyseessä ei tarvita lainkaan pituushavaintoja.

Menetelmän etuna on se, ettei pinon kehysmittaa tarvitse määrittää, jolloin säästytään kehysmittauksen virheeltä, joka on HEISKASEN (1973a) mukaan 2 - 3 %:n luokkaa. Varjopuolet ovat toki suuremmat, joten siitä ei ole apua käytännön mittauksiin. PERTOVAARA (1964) toteaaakin, että 3 metrin ja sitä lyhyempi tavara on ehdottomasti mitattava pinoissa, ja että yli 3 metrin pituinen kuitupuu olisi mahdollisesti jo edullisempaa mitata pölkkyttäin latvaläpimitan ja kuutioimistaulukoiden perusteella. Hänkin esittää käytettäväksi otantaa.

352. Kappaleotanta

Kuten edellä todettiin, ei pinon mittauksessa voida soveltaa totaalista kappalettaista mittauksista, vaan on turvauduttava otantaan. Kyseessä on sama perusmenetelmä, mutta lisävaiheeksi tulee otoksen suuruuden määrittäminen. Tästä syystä on otantamenetelmä käsitelty eri otsikon alla.

Menetelmän kulkukaavio on esitetty kuvassa 6.

Ruotsissa on aiemmin käytetty paljon tyvi-latvamittausta ja siihen on sovellettu otantaa, jossa kaikkien pölkkyjen pituus ja latvaläpimitta mitataan ja näytepölkkyistä, joiden määrä on kuitupuuerissä 60 kpl ja jotka valitaan objektiivisesti, mitataan tyvi- ja latvaläpimitat. Keskimääräinen kapeneminen pituusyksikköä kohden lasketaan tyviläpimittojen summan ja latvaläpimittojen summan erotuksen ja näytepölkkyjen kokonaispituuden osamääränä. Erityisistä taulukoista saadaan kiintomitta (NYLINDER 1972). Kun kyseessä ovat määräpituiset kuitupuut, on todennäköistä, että näytteen suuruus saadaan pienenemään.

FINNE (1966) on tutkinut viivanäytteen perusteella otettujen koe-pölkkyjen läpimitan mittausta koko pinon kiintomitan selvittämiseksi. Suppeassa kokeessaan hän totesi mm., että viivaotanta ei antanut käyttökelpoisia tuloksia ja hän suosittelleekin pinta-alaotannan käyttöä joko kaistalta tai ympyrästä.

Tämän tyyppinen otantamenetelmä on ainakin teoriassa hyvin käytökelpoinen menetelmä, koska se perustuu mittauksiin. Perustietoina tarvitaan mitattavan erän pölkkyjen lukumäärä ja otoksesta selvitetään niiden jakautuminen läpimitalluokkiin kiintomitan laskemista varten. Tätä varten olisi tutkimuksin selvitettävä seuraavat seikat:

- Pölkkyjen päistä mitatun läpimitan suhde keskusläpimittaan. Tähän liittyy myös kysymys siitä, voidaanko näytteeseen kuuluvien pölkkyjen läpimitta mitata vain pinon toiselta puolelta. Ongelma on siis sama kuin kylkitiheysmenetelmässä (vrt. NIKKILÄ 1973). Näytepölkkyjen mittausta ei voida ilmeisesti perustaa vain latvaläpimittaan, vaikka käytettävissä onkin ARON ja NISULAN kuutioimistaulukot.

- Otoksen suuruus, joka riippuu pölkkyjen läpimitan hajonnasta.

- Otoksen suoritustapa. Edellä todettiin, että viivanäyte ei voi tulla kyseeseen. Myös kappaleiden mittausta pinon eri osista määrä- tai satunnaisvälein ei voine tulla kysymykseen käytännöllisten vaikeuksien vuoksi. Jäljelle jäävät, kuten edellä mainittiin, kaistalta tai ympyrältä mitattavat näytteet.

- Pölkkyjen laskemisen vaatima työaika olisi myös asiallista selvittää, koska se saattaa ratkaista menetelmän käytännölliset soveltamismahdollisuudet. Menetelmä voisi olla myös sellainen,

että pölkköjä laskettaessa ne luokiteltaisiin silmävaraisesti karkeisiin läpimittaluokkiin, jolla tavoin tarvittava näyte olisi pienempi kuin muutoin.

353. Punnitseminen

Kiintomitan määrittämistä punnitsemalla kuvaavat LEINONEN ja PULLINEN (1971) seuraavasti. He kutsuvat menetelmää nimellä: Tuorepainon muuntaminen kiintotilavuudeksi (=kiintomitaksi) painotannalla (tilavuuspaino-otanta).

"Menetelmä perustuu puuerän tuorepainoon ja näytteestä määritettyyn tilavuuspainoon. Näyteyksikkönä voi olla kokonainen kuorma tai nippu (LEINONEN ja RIKKONEN 1969) tai osa mitattavan kuorman pölkyistä (NISULA 1967). Ensin mainitussa tapauksessa tulos saadaan useita kuormia käsittävää erää koskevana, viimeksi mainitussa tapauksessa sen sijaan on mahdollista myös kuormakohtaisten kuutiomäärien selvittäminen. Mikäli näyte on edustava, parantaa otanta ratkaisevasti painomittauksen tarkkuutta. Olennaista menetelmässä on se, että tehtaalle saapuvan puun tilavuuspainoa jatkuvasti seurataan. Menetelmän tavoitteena on puuerän kiintomitta."

Piirroksesta 7 ilmenee tämän kiintomitan määrittämismenetelmän kulkukaavio.

Sanotussa tutkimuksessa saatujen hajontalukujen perusteella tehdyt päätelmät osoittavat, että 1 p-m³:n tilavuuspainonäyte antaa tyydyttäviä tuloksia kaksimetriselle kuusikuitupuulle. Useita kuormia käsittävässä perusjoukossa tarvittava näytteen suuruus edellyttää kustakin kuormasta pienemmän määrän näytteitä.

Menetelmän käyttökelpoisuudesta eri tapauksissa lainattakoon LEINONEN ja PULLISEN em. tutkimuksen tärkeimmät päätelmät.

"Näyttää siltä, että tilavuuspaino-otanta on kehittämiskelpoinen etenkin silloin, kun kuormakohtaisten mittaustulosten tarkkuusvaatimukset eivät ole kovin suuret. Suuremmilla kuormaryhmillä ja rankatavaralla menetelmä on tarkkuutensa puolesta täysin kilpailukykyinen pinomittauksen kanssa."

"Siirtyminen uusiin tavaralajeihin parantaa tilavuuspaino-otantamenetelmän edullisuutta. Tällöin painoon perustuvan mittaustmenetelmän tarkkuus ei huonone, vaan päinvastoin paranee, koska

vapaanpituinen kuitupuu saapuu tehtaille tuoreempuna ja siten kosteudeltaan tasaisempuna kuin tasapituinen kuitupuu. Tilavuuspaino-otanta mahdollistaa mittauksen keskittämisen tehtaille, tarjoaa otantamenetelmien etuja, koneellistamismahdollisuudet sekä hyvät työskentelyolosuhteet.

"Menetelmä vaatii mittauspaikalle kuormien punnituksessa ja näytteen tilavuuspainon määrittämisessä tarvittavat välineet."

"Näytekuormien määräämisessä ovat voimassa samat yleiset periaatteet kuin kaikissa otantamenetelmissä. Valinnan on tapahduttava täysin objektiivisesti. Tärkeintä on se, ettei ajoneuvon kuljettajalla kuormausvaiheessa ole tietoa kuorman joutumisesta näytekuormaksi."

"Näytteenotto on käytännössä suoritettava erityisellä sitä varten suunnitellulla hydraulikahmaimella. Se on mahdollista tehdä mm. seuraavissa vaiheissa:

1. kuorman punnituksen yhteydessä mittausasemalla
2. erillisenä toimituksena kuorman punnituksen jälkeen ennen purkamista
3. kuorman purkamisen yhteydessä
4. kuorman purkamisen jälkeen tehtaan hajoituspöydällä (etuna näytteenottomahdollisuus mistä kuorman osasta tahansa).

Pölkkynäytteen tilavuuspainon määrittämisessä on olemassa useita mahdollisuuksia (vrt. NISULA 1967). Pölkkyttäinen mittaus ei käytännössä voine tulla kysymykseen. Parhailta vaihtoehdoilta tuntuvat erilaiset ksylometriratkaisut. Näytepölkkyjen paino voidaan määrittää esimerkiksi hydraulikahmaimeen sijoitetulla vaakalla taikka ksylometrillä. Tällöin pölkkyjen kelluessa vapaasti vedessä ne ovat syrjäyttäneet painonsa suuruisen vesimäärän. Näytepölkkyjen tilavuus voidaan määrittää vastaavasti mittaamalla syrjäytetty vesimäärä ksylometriin upottamalla tai noste hydrostaattisella punnituksella. Tilavuus voidaan myös teoriassa määrittää niputtamalla näytepölkkyerät perusjoukoittain ja mittaamalla kiintokuutio upotusmittauslaitteella.

Tilavuuspaino-otanta on tehdasmittausmenetelmä. Uittopuun mittaaminen sitä käyttäen saattaa olla vaikeata ja epätarkoituksenmukaista. Koska menetelmä vaatii kiinteät ja verraten kalliit

välineet, on mitattavien puumäärien oltava suuria, jotta yksikkökustannukset eivät nousisi liian korkeiksi. Parhaiten tilavuuspaino-otanta soveltuu tehtaan vastaanottomittaukseen, mutta sitä voidaan käyttää myös luovutusmittauksessa ja kaukokuljetusmaksujen perusteena, mikäli osapuolet sen hyväksyvät."

Tilavuuspaino-otantaa käytäntöön sovellettaessa on kuitenkin kuten LEINONEN ja PULLINEN totesivat tehdaskohtaisesti selvítettävä mitattavaksi aiotun puutavaralajin tilavuuspaino-otantaan vaikuttavat ominaisuudet sekä menetelmän käyttötarve. Sanottu tutkimus osoittaa tarkkuusrajat, joiden sisällä ilmeisesti aina liikutaan. Yhteenvetona on vielä korostettava sitä, että kyseessä on tehdasmittausmenetelmä, joka ei voi tulla yleisenä tarkistusmittauksena käyttöön. Sen tarkkuusrajatkin ovat ilmeisesti sellaiset, että se ei täytä tarkistukseen tarkoitettulle menetelmälle asetettavia kohtuullisia vaatimuksia.

354. Ksylometri

Ksylometrin käyttöön perustuvan menetelmän periaatteena on se, että puutavarakappale tai -erä upotetaan jotakin nestettä tavallisimmin vettä täynnä olevaan säiliöön ja sen syrjäyttämä vesimäärä mitataan. Tällainen säiliö, ksylometri, on varustettu tavallisesti läpinäkyvällä putkella, jonka asteikosta luetaan syrjäytetty vesimäärä tilavuusmittoina. Menetelmän kulku nähdään kuvassa 8 esitetystä kaaviosta.

Ksylometrimittauksen eräs virhelähde stereometrisiin menetelmiin verrattuna muodostuu siitä vesimäärästä, joka tunkeutuu puun halkeamiin sekä poikkileikkauspintojen kautta puuhun. Jälkimmäinen virhelähde on kuitenkin täysin merkityksetön. Mysökään halkeamia ei esiinny sanottavasti kuorellisessa tavarassa. NYLINDER (1972) mainitseekin, että halkeamiin tunkeutuneen veden määrä on pahimmillaankin korkeintaan 1 - 2 % kappaleen tilavuudesta. Kuorellisen puutavaran, nimenomaan kaarnaisten pölkyjen mittauksessa syntyy ksylometrimittauksen tulokseen eroja mittasaksilla mitattuun tulokseen kaarnan väleihin tunkeutuneesta vedestä.

Kaiken kaikkiaan on ksylometrimenetelmää kuitenkin pidettävä erittäin tarkkana menetelmänä. Vaikeutena on se, että yleensä meillä käytetyt ksylometrit on tarkoitettu vain yhden tai kor-

keintaan parin kolmen pölkyn kerrallaan mittaamiseen. Nämä laitteet eivät voikaan tulla käytännössä kyseeseen. On olemassa kuitenkin myös suurempia mittausaltaita, mutta ne ovat yleensä kiinteitä. Kaukas Oy:llä oli 1950-luvulla tehdasalueellaan kiinteä ksylometri. Ruotsissa on myös ollut tällaisia laitteita käytössä ja NYLINDERin (1972) mukaan ksylometrimittauksista sovelletaan käytännön mittauksiin Norjassa. Mainittakoon kuitenkin metsänhoitaja Snellmanin konstruoima siirrettävä ksylometri, jolla saattaa olla paikallista merkitystä tarkistusmittauksissa. Sekin on kuitenkin niin kallis ja vaikeasti liikuteltava, että yleistä tarkistuslaitetta siitä ei saada. Lisäksi on huomattava, että talvella kovilla pakkasilla laitteen käyttö on vaikeata ja jopa mahdotontakin.

355. Upotusmittarit

Upotusmittareilla mittaus tapahtuu siten, että puutavaranippu punnitaan ensin ilmassa ja sitten veteen upotettuna. Arkimedeen lain mukaan kappale menettää painostaan veteen upotettuna yhtä paljon kuin sen syrjäyttämä vesimäärä painaa. Kun veden ominaispaino on 1, voidaan painojen erotuksesta saada tulos suoraan tilavuusyksikköinä. Laskentakaava on seuraava:

$$V_k = P_i - (P_v - P_l), \text{ jossa}$$

V_k = todellinen kiintomitta,

P_i = nipun paino ilmassa (kg),

P_v = nipun ja mittauslaitteen paino vedessä (kg) ja

P_l = mittauslaitteen paino vedessä (kg).

Menetelmän kulkukaavio on esitetty kuvassa 9.

Upotusmittareiden käyttöön perustuva kiintokuutiomittaus on nopea ja tarkka menetelmä. Virhelähteet ovat samat kuin ksylometrimittauksessa.

Menetelmää varten on konstruoitu Suomessa kaksi laitetyyppiä Ahlströmin Varkauden Konepajan sekä Kone Oy:n laitteet. Edellinen voi toimia myös siirrettävänä, mutta jälkimmäinen on konstruoitu kiinteäksi. Ne ovat molemmat varsin kalliita ja niiden käyttö on sidottu vesistöihin.

Upotusmittarit voivatkin tulla kysymykseen vain satunnaisina tarkistusvälineinä niiden sijaintipaikkojen lähialueita varten.

Tällaisessakin järjestelyssä voi esiintyä käytännöllisiä järjestelyvaikeuksia.

4. VERTAILUA

Edellä käsitellyjä mittausmenetelmiä vertailtaessa voidaan ne jakaa usealla eri tavalla vertailun pohjaksi. Aluksi on syytä jakaa menetelmät sen mukaan joudutaanko suorittamaan subjektiivisia arviointeja vai ei. Tällöin saadaan subjektiivisia päätelmiä edellyttävien menetelmien ryhmä seuraavaksi:

- tyhjän tilan arviointia käyttävä menetelmä
- pinotiheysluvun silmävaraista arviointia käyttävä menetelmä
- pinotiheysluvun arviointia pinotiheystekijöiden avulla käytävä menetelmä.

Kaikki nämä menetelmät voidaankin sulkea pois mahdollisen tarkistusmenetelmän valinnassa. Ne voivat palvella kuitenkin perusmittausmenetelmänä, kuten Mittausneuvoston suosittaman uuden menetelmän antamat kokemukset ovat kaikesta siihen kohdistuneesta arvostelusta huolimatta ammattimiehille osoittaneet. Kuitenkin on todettava, että niitä voidaan kehittää paremmin pinojen tiheyden todelliset vaihtelut huomioonottaviksi. Tällöin on käytettävissä kaksi mahdollisuutta:

1. Muutetaan pinotiheystekijäin arviointiin perustuva menetelmä siten, että tulos otetaan luokittamattomana. Tällä tavoin saadaan Mittausneuvoston suosittaleman menetelmän pinotiheyslukujen raja-arvot esim. 2 m havupuupinoissa nykyisten 72 %:n ja 57 %:n sijasta 75 %:iin ja 53 %:iin.

2. Siirrytään pinotiheystekijäin arviointiin perustuvasta menetelmästä pinotiheysluvun silmävaraiseen arviointiin, jolloin mitattavien pinojen pinotiheyden todelliset vaihtelut voidaan huomioida koko laajuudessaan.

Toinen jakojärjestelmä on jako keskiarvoisuuteen tai jokaisen pinon erityisominaisuudet huomioonottaviin menetelmiin. Keskiarvoihin yksinomaan perustuu keskimääräisen pinotiheysluvun käyttö muuntotehtävissä. Se ei tietenkään voi olla tarkistusmenetelmänä eikä myöskään käytännön kuitupuun mittauksen perusmenetelmänä.

Kolmanneksi voidaan vielä jäljelle jääneitä menetelmiä tarkastella sen perusteella mitataanko niissä kaikki pölkyt tai koko erä vai noudatetaanko otantamittausta. Sellaisia menetelmiä, jotka periaatteessa antavat tulokseksi hyvin tarkan pinon kiintomitan ovat seuraavat:

1. Kappalettainen mittaus joko keskusläpimitaan tai latva- ja tyviläpimittoihin perustuvana
2. Ksylometrimittaus
3. Mittaus Arkimedeeseen lakiin perustuvilla laitteilla eli upotusmittareilla.

Ensimmäinen näistä tavoista on kaikkialla sovellettavissa, mutta sen kustannukset lienevät niin korkeat, ettei se totaalisenä voi tulla lainkaan kyseeseen pinossa jo olevan kuitupuun mittauksessa. Se on siis hylättävä yksinomaan kustannussyistä, vaikka voimassa oleva puutavaran mittaussääntö tunteeikin menetelmän.

Ksylometrimittaus tuntuu tällä hetkellä vielä aivan teoreettiselta käytännön sovellutusten kannalta. On odotettava mh. Snellmanin laitteesta saatavia kokemuksia, joita selvitetään parhailaan Metsätehon toimesta. Parhaassakin tapauksessa ksylometri-menetelmä voi kuitenkin olla ainoastaan paikallinen tarkistusmenetelmä. Jos nyt käynnissä olevat kokeilut johtavat jatkokehittelyihin innostaviin tuloksiin, on ensi tilassa selvitettävä riittävällä aineistolla ksylometrimittauksen ja kappalettaisen kiintomittauksen väliset mahdolliset erot.

Upotusmittarimittaus on jo käytännössä ratkaistu A. Ahlström Oy:n ja Kone Oy:n laittein. Ne ovat tarkkoja, mutta niiden käyttömahdollisuudet ovat paikallisesti ja omistajan mukaan rajoitettuja. Jotta niitä voitaisiin käyttää edes paikallisesti pinoittauksen tarkistuksessa, on ensi tilassa tutkittava niiden antaman kuutiotuloksen ja kappalettaisen stereometrisen mittauksen antamien tuloksien erot.

Vielä käsittelemättä olevat menetelmät perustuvat otantaan. Tällaisia menetelmiä ovat seuraavat:

1. Tilavuuspaino-otanta
2. Kylkitiheysmenetelmä
3. Kappaleotanta.

Punnitseminen on välillinen keino kiintomitan määrittämiseksi. Mm. tästä syystä se ei voi tarkkuudessa kilpailla muiden tähän ryhmään kuuluvien kanssa. Sitä ei myöskään voi soveltaa kuin keskitetyillä mittauspaikoilla.

Kylkitiheysmenetelmää voidaan soveltaa myös niin, että pinon kaikki pölkyt mitataan, mutta tällaisena se lienee liian kallis ja työläs käytännössä sovellettavaksi.

Kylkitiheys- ja kappaleotantamenetelmät ovat sellaisia, että niitä voidaan soveltaa missä tahansa. Tosin kylkitiheyden tarkka toteaminen käy nopeasti päinsä vain kalliilla laitteilla, mutta ympyränäytteiden mittaus voidaan suorittaa verraten halvalla kaikissa olosuhteissa. Kuitenkin menetelmä on parhaassakin tapauksessa niin vaivalloinen, että pinossa olevan tavaran perusmittausmenetelmäksi siitä ei ole. Sama koskee myös kappaleotantaa, joka on teoriassa parempi menetelmä kuin kylkitiheyden kautta kiintomittaan pyrkiminen. Se on kuitenkin vielä enemmän aikaa vievä, koska se edellyttää kaikkien pinossa olevien pölkyjen lukumäärän määrittämisen.

Tarkastelun ja vertailujen perusteella on todettava, että pinossa olevan kuitupuun mittauksessa on siis edelleenkin pitäydyttävä pinotiheystekijäin tai pinotiheysluvun arviointilinjalla. Nyt kokeiltavana olevaa menetelmää voidaan ja on mahdollisesti välttämätöntäkin kehittää. Ko. subjektiivisiin arviointeihin perustuvan menetelmän antamien tulosten tarkistamiseen sopivia yleis- menetelmiä ovat kappalemittaus, kylkitiheysmenetelmä ja kappaleotanta. Kahta jälkimmäistä on edelleen kehitettävä ja tutkimuksin selvitettävä niissä tarvittavat perustiedot mm. otoksen suuruus. Erikoistapauksiin voidaan suositella myös seuraavia menetelmiä:

- Ksylometrimittaus ja
- Upotusmittaus.

Niiden osalta on selvitettävä saatujen tulosten suhde stereometrisin menetelmin saatavaan kiintomittaan.

KIRJALLISUUTTA

- ARO , Paavo. 1965. Puutavaran kuutioiminen. Tapion taskukirja 15.p.
- ARO , Paavo ja NISULA , Pentti. 1958. Kuusi- ja mäntypaperipuurunkojen kuutio- ja mittaustaulukoita. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 49.8.
- FINNE , Björn. 1966. Koetuloksia paperipuun mittauksesta pinosta otetun kappalenäytteen perusteella. Uittotoho ry:n tiedote n:o 225.
- HEISKANEN , Veijo. 1973a. Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus. Folia Forestalia 169.
- HEISKANEN , Veijo. 1973b. Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus. Folia Forestalia 170.
- HEISKANEN , Veijo ja RIIKONEN , Jorma. 1973. Pinotavaran kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa. Folia Forestalia 182.
- HEMMI , Lauri. 1970. Kouraladottujen pinojen mittauksesta Pohjois-Suomessa. Moniste.
- KARLSSON , Jerker. 1971. Mätning av massaved i travat mått. Skogshögskolan. Institutionen för Virkeslära. Rapporter 73. Stockholm.
- LEINONEN , Esko ja PULLINEN , Kalevi. 1971. Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa. Folia Forestalia 100.
- LEINONEN , Esko ja RIIKONEN , Pentti. 1969. Puutavaran kuorma- ja kuorma-otantamittaus. Silva Fennica Vol. 3. N:o 4.
- Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista. Folia Forestalia 57.

- √ Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2. päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Folia Forestalia 172.
- √ NIKKILÄ , Heikki. 1972. Kylkitiheyden pinon sisäinen hajonta. Pinomittauksen kehittämisryhmä. Moniste IX.
- " - 1973. Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä. Folia Forestalia 183.
- NISULA , Pentti. 1967. Käytäntöön soveltuvia menetelmiä puutavaran kiintokuutiomäärän selvittämiseksi tilavuuspainon avulla. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 64.6.
- √ NYLINDER , Per. 1972. Virkesmätning. Skogshögskolan. Institutionen för Virkeslära. Kompendium nr 5.
- √ NYLINDER , Per och PETERSON, Olav. 1967. Relativa fastvolymen hos tre-meters massaved av tall, gran och björk. Institutionen för Virkeslära. Rapporter Nr R 59.
- √ PERTOVAARA , Heikki. 1964. Tasapituaisen paperipuun pinotiheys- ja kuutiointimittauksia Pohjois-Suomessa. Uittoteho ry:n tiedote n:o 209.
- RIKKONEN , Pentti. 1970. Valmiin puutavaran mittaus. Tapion taskukirja 16. uudistettu painos.
- √ - " - 1972a. Pinomittauksen tarkkuus ja sen parantamismahdollisuudet. Pinotiheystekijäin vaikutus pinotiheyteen. Pinomittauksen kehittämisryhmä. Moniste VII.
- √ - " - 1972b. Suomalaisen kuitupuun keskimääräinen pinotiheys. Pinomittauksen kehittämisryhmä. Moniste X.
- √ Uudistuva puutavaran mittaus II. Kuitupuu.

Liite 1. Pinon kiintomittaprocentin määrittäminen

		Vaikutus kiintomittaprocenttiin		
			havupuu	lehtipuu
1. Keskiläpimittaluokka	2 cm:n tasaava luokitus			
	9 ja alle		-3	--3
	11		0	0
	13		+2	+2
	15		+3	+4
	17 ja yli		+4	+6
2. Ladontaluokka	I Tiivis		+2	+1
	II Keskinertainen		0	0
	III Harva		-2	-1
	IV Erittäin harva		-4	-3
3. Karsinta- ja oksaisuusluokka	I Oksaton		+2	+1
	II Keskimääräinen		0	0
	III Oksainen		-2	-1
	IV Erittäin oksainen		-4	-2
4. Mutkaisuusluokka	I Suora		+1	+2
	II Keskimääräinen		0	0
	III Mutkainen		-1	-2
	IV Erittäin mutkainen (-2)		-4	-4

Kiintomittaluokka

Pinot luokitetaan em. tekijäluokkiin ja saadut vaikutusarvot lasketaan yhteen.

Pinon kiintomittaluokka ja luokan kiintomittaprocentti määräytyy seuraavasti.

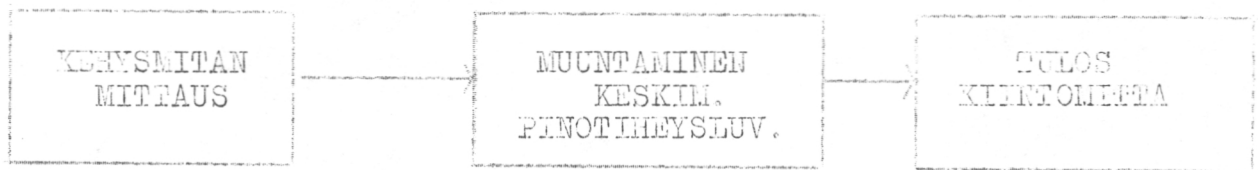
		Havupuu			Lehtipuu				
Pinotiheys- tekijäin vaikutus kiintomitta- prosenttiin, yhteensä	Kiinto- mitta- luokka	k %			Pinotiheys- tekijäin- vaikutus- kiintomitta- prosenttiin, yhteensä	Kiinto- mitta- luokka	k %		
		2 ja 2.2m	2.4m	3m			2 ja 2.2m	2.4m	3m
+ 5...+9	I	72	71	69	+ 6...+10	I	64	63	61
+ 2...+4	II	69	68	66	+ 3...+ 5	II	61	60	58
- 1...+1	III	66	65	63	- 2...+ 2	III	57	56	54
- 6...-2	IV	62	61	59	- 6...- 3	IV	53	52	50
-13...-7	V	57	56	54	-12...- 7	V	48	47	45

Liite 2. Kiintomittaluokat ja niitä vastaavat kiintomittaprocentit.

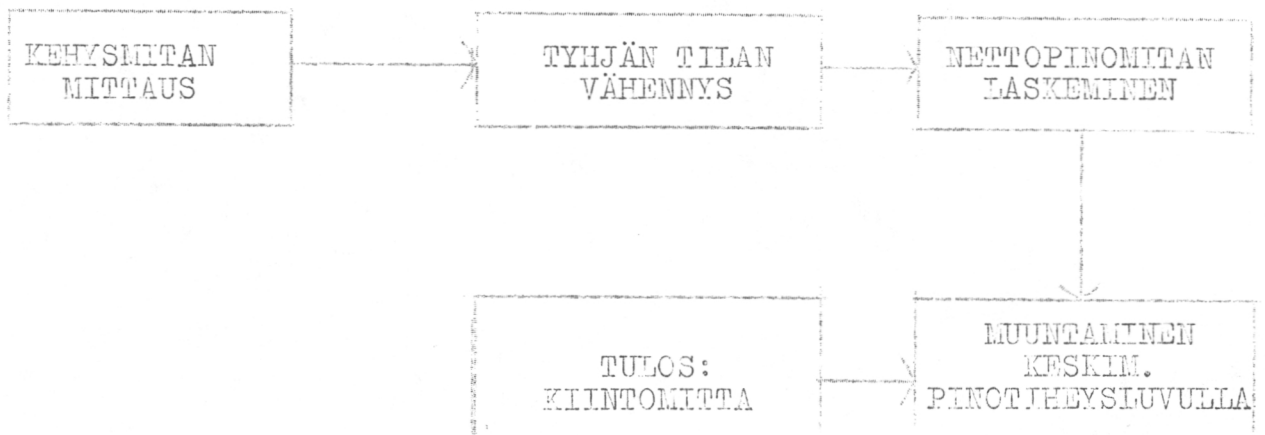
		Kiintomittaprocentti		
		2 ja 2.2 m	2.4 m	3 m
Havupuu				
I	Erittäin tiheä	72	71	69
II	Tiheä	69	68	66
III	Keskimääräinen	66	65	63
IV	Harva	62	61	59
V	Erittäin harva	57	56	54
Lehtipuu				
I	Erittäin tiheä	64	63	61
II	Tiheä	61	60	58
III	Keskimääräinen	57	56	54
IV	Harva	53	52	50
V	Erittäin harva	48	47	45

Kiintomittaprocentteina käytetään ainoastaan edellä esitettyjä prosenttilukuja.

Piirros 1.



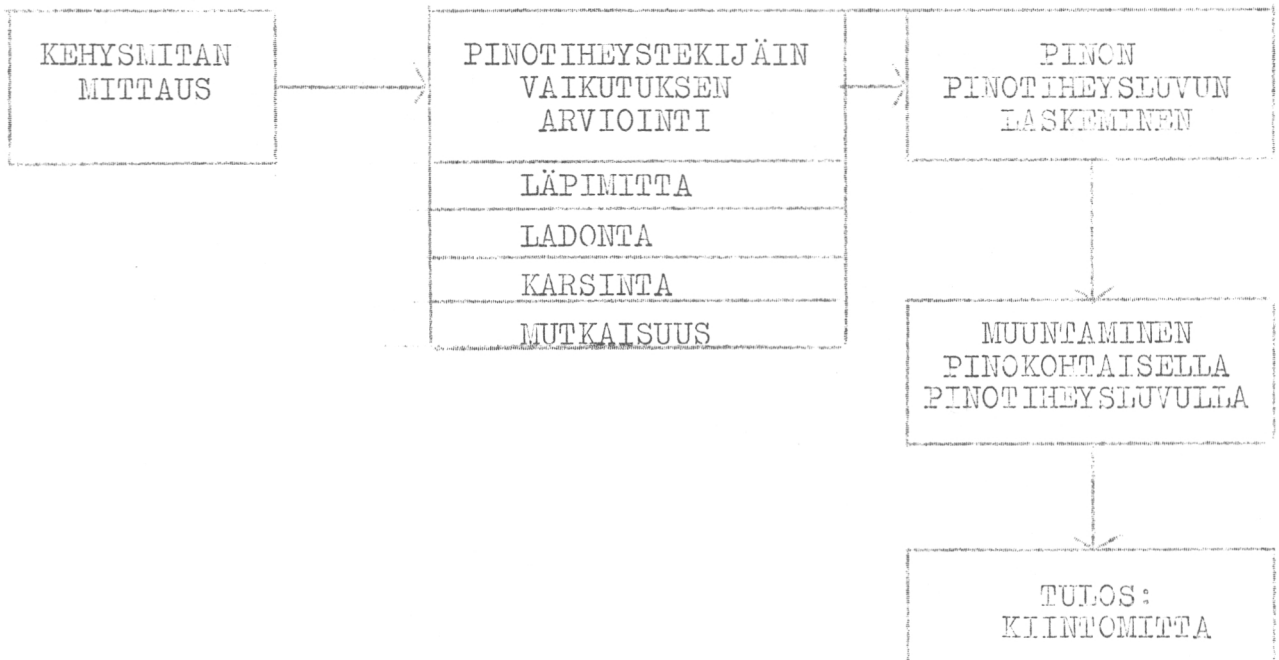
Piirros 2.



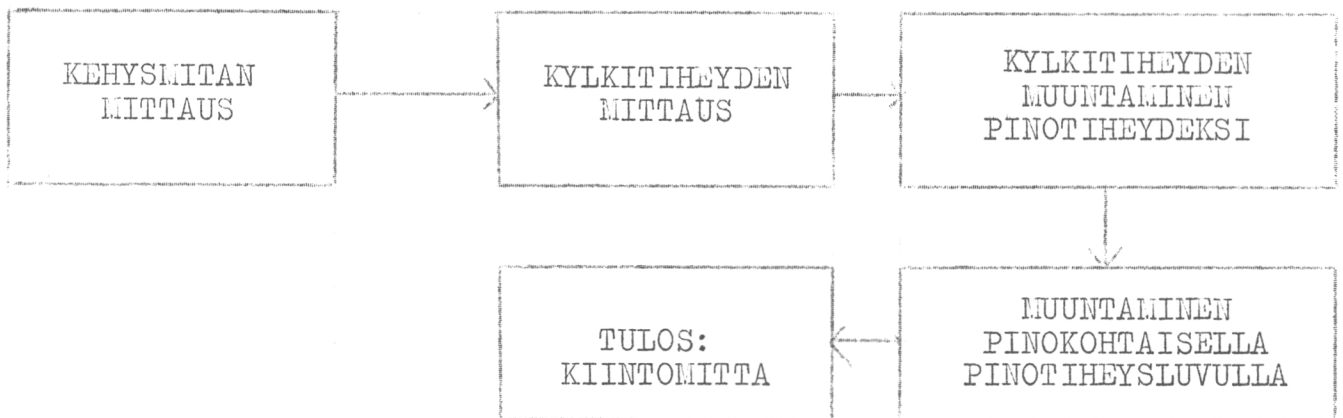
Piirros 3.



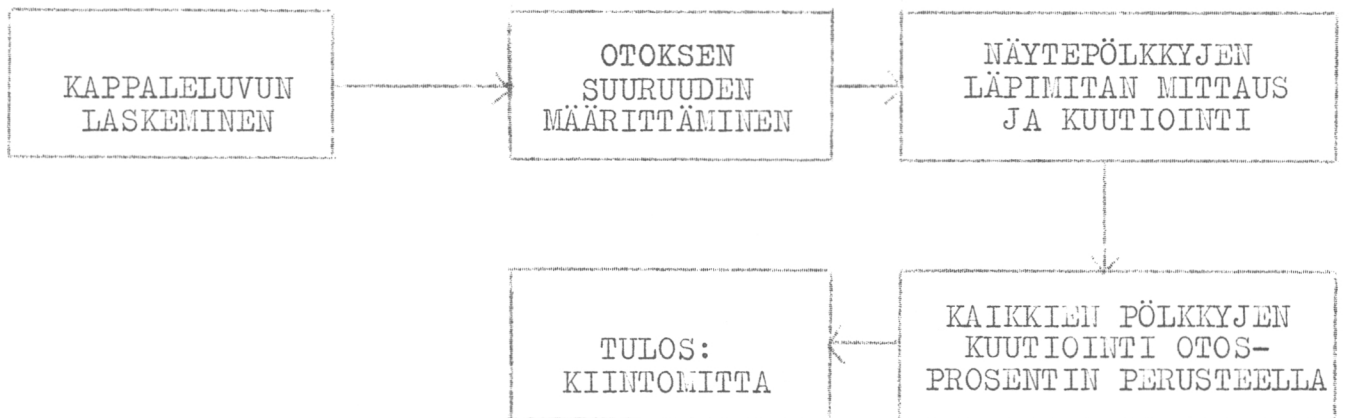
Piirros 4.



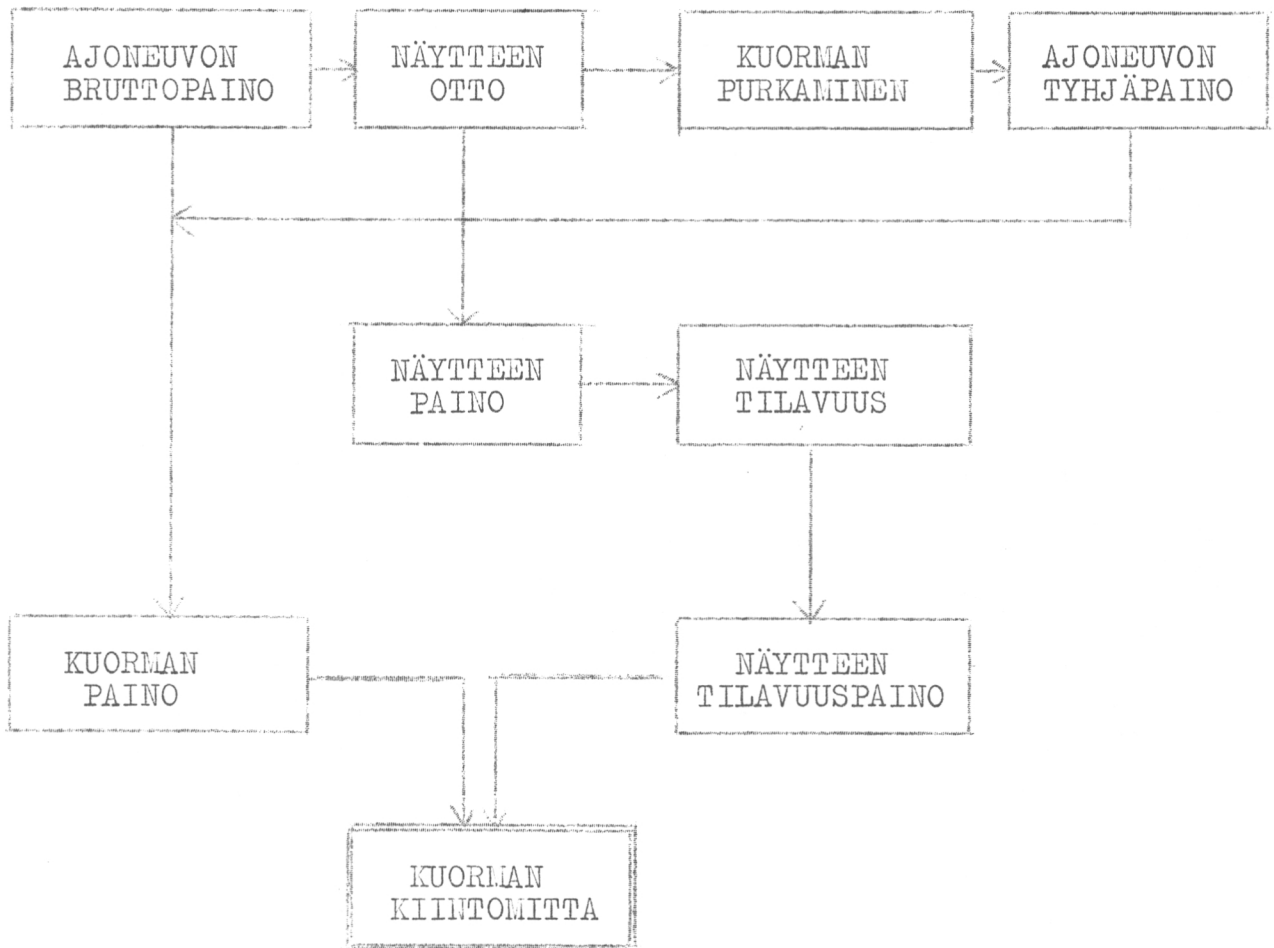
Piirros 5.



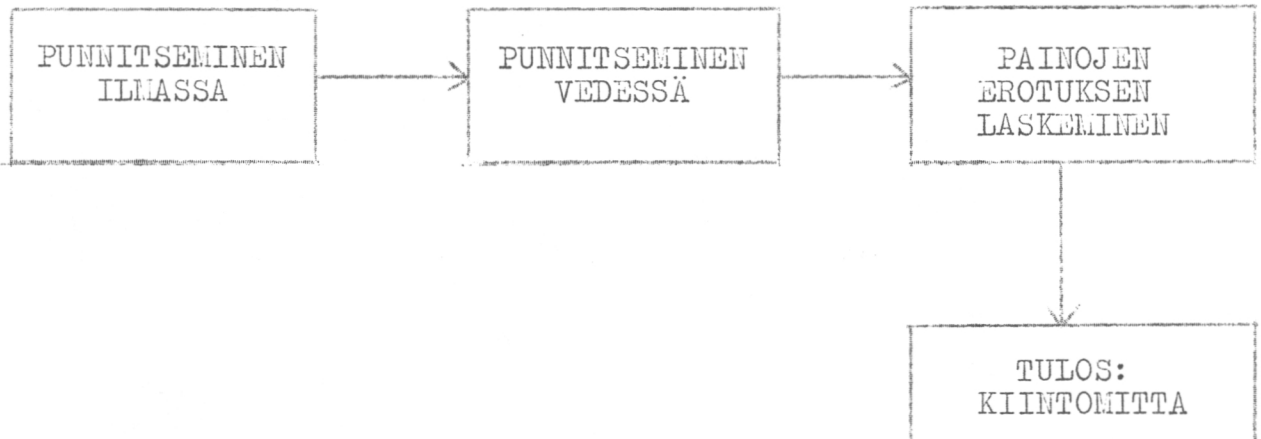
Piirros 6.



Piirros 7.



Piirros 8.



Piirros 9.

